Министерство образования и науки Российской Федерации
Балтийский государственный технический университет «Военмех»

СПРАВОЧНИК ПО ТЕХНОЛОГИИ ПАТРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В двух томах

Под общей редакцией Н.П. Агеева,
В.И. Зиновкина, Н.М. Масляева

Том 2

Санкт-Петербург
2011

А в т о р ы: *Н.П. Агеев*, канд. техн. наук, проф; *Г.А. Данилин*, д-р техн. наук, проф; *Ю.И. Гуменюк*, д-р техн. наук, проф; *Л.Ф. Голодникова*; *Т.С. Дадонова*; *В.И. Зиновкин*, зам. ген. конструктора по технологии КБАЛ им. Л.Н. Кошкина; *Н.М. Масляев*, канд. военных наук, проф., ген. дир. КБАЛ им. Л.Н. Кошкина; *В.В. Игнатенко*; *Т.А. Кондрашова*; *В.А. Ландик*; *Б.С. Никольский*; *М.Г. Наумов*; *В.Г. Трошин*; *И.Т. Юдин*

УДК 623.455.01(035)
С74

С74 **Справочник** по технологии патронного производства: в 2 т. Т.2 / Под ред. Н.П. Агеева; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2011. – 345 с.
ISBN 978-5-85546-583-9

Во втором томе изложены сведения о сопутствующих процессам штамповки методах термической, химической обработки, механической обработки резанием металлических элементов патронов, в совокупности составляющих комплексную технологию изготовления, а также описана технология сборки (монтажа) узлов патронов способами пластического деформирования.

Предназначен для инженерно-технических работников патронных заводов, КБ и НИИ. Может быть полезен студентам вузов, специализирующимся в области проектирования и производства боеприпасов, при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 623.455.2/6.01(035)

Р е ц е н з е н т ы: заслуженный деятель науки и техники РФ, д-р техн. наук, проф. *Н.А. Усенко*, управляющий директор Барнаульского патронного завода *Н.В. Степанов*

ISBN 978-5-85546-583-9

© БГТУ, 2011
© Авторы, 2011

О Г Л А В Л Е Н И Е

Основные термины и определения 7
Основные условные обозначения и сокращения 10
Ч А С Т Ь III. ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА 13
12. ВЫДАВЛИВАНИЕ (*Ю.И. Гуменюк, В.Г. Трошин, В.А. Ландик*) 13
12.1. Способы выдавливания 13
12.2. Технологические особенности и возможности процесса выдавливания 24
12.3. Технологические особенности и возможности комбинированных процессов выдавливания 27
12.4. Технологические расчеты 28
12.4.1. Исходные данные и последовательность расчетов 28
12.4.2. Материалы, применяемые для холодного выдавливания 31
12.4.3. Определение формы и размеров заготовки 31
12.4.4. Способы изготовления и подготовки заготовок к выдавливанию 33
12.4.5. Оценка предельной величины деформации и количества операций 38
12.4.6. Расчет технологических сил, размеров и прочности инструмента 42
12.4.7. Конструирование штампов и выбор технологического оборудования 49
12.4.8. Контроль точности и качества штампуемых деталей (полуфабрикатов) 52
12.5. Примеры конкурирующих вариантов начального этапа ресурсосберегающей технологии изготовления 5,45-мм гильзы из прутковой заготовки с использованием процесса выдавливания 54
Библиографический список 56
13. ВЫТЯЖКА–ВЫДАВЛИВАНИЕ (*Г.А. Данилин*) 57
13.1. Способы и технологические особенности процесса 57
13.2. Технологические параметры процесса вытяжки–выдавливания 61
13.3. Расчет формы и размеров заготовки перед вытяжкой–выдавливанием 66
13.4. Расчет размеров заготовки после вытяжки–выдавливания 71
13.5. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента 73
13.6. Расчет силовых параметров процесса 76
13.7. Пример расчета параметров процесса вытяжки–выдавливания 78
Библиографический список 82
14. ШТАМПОВКА ДНА ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ (*Н.П. Агеев*) 83
14.1. Способы штамповки 83
14.2. Технологические особенности процессов предварительной (первой) штамповки 86
14.3. Технологические особенности процессов окончательной (второй) штамповки 96
14.4. Обеспечение качества штампуемых деталей 100
14.5. Технологические расчеты 104
14.5.1. Исходные данные и последовательность расчетов 104
14.5.2. Расчет размеров и механических свойств дна конечной штампованной заготовки 107
14.5.3. Расчет размеров дна исходной заготовки 114
14.5.4. Оценка количества операций 116
14.5.5. Расчет размеров дна заготовки после предварительной штамповки 122
14.5.6. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента 124
14.5.7. Расчет силовых параметров процесса 131
Библиографический список 135

15. ШТАМПОВКА СЕРДЕЧНИКОВ И РУБАШЕК (*Н.П. Агеев, В.В. Игнатенко, Л.Ф. Голодникова*) 136
15.1. Виды процессов и способы штамповки 136
15.2. Штамповка сердечников выдавливанием 144
15.3. Штамповка сердечников редуцированием 151
15.4. Процессы комбинированной штамповки сердечников 154
15.5. Технологические расчеты процессов штамповки стальных сердечников 166
15.5.1. Исходные данные и последовательность расчетов 166
15.5.2. Формирование технологического маршрута изготовления сердечника 166
15.5.3. Расчет размеров заготовки 171
15.5.4. Расчет количества операций штамповки сердечника 172
15.5.5. Расчет размеров заготовок после выполнения штамповочных операций 174
15.5.6. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента 176
15.5.7. Расчет технологических усилий 177
15.5.8. Обеспечение и контроль качества изготовления сердечников 178
15.6. Технологические особенности процессов штамповки свинцовых сердечников и рубашек 180
15.7. Технологические расчеты процессов штамповки свинцовых сердечников и рубашек 187
15.7.1. Исходные данные и последовательность расчетов 187
15.6.2. Формирование и корректировка технологического маршрута 190
15.7.3. Расчет размеров конечной штампованной заготовки 190
15.7.4. Расчет размеров исходной заготовки 191
15.7.5. Расчет количества штамповочных операций 192
15.7.6. Расчет размеров заготовки на предварительной операции 193
15.7.7. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента 194
15.7.8. Расчет технологических усилий 198
Библиографический список 198
Ч А С Т Ь IV. МЕХАНИЧЕСКАЯ, ТЕРМИЧЕСКАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА. СБОРКА 199
16. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ (*И.Т. Юдин, Н.М. Масляев*) 199
16.1. Классификация и характеристика процессов 199
16.2. Токарная обработка 205
16.2.1. Технологические особенности процесса 205
16.2.2. Проектирование резцов для токарной обработки 206
16.3. Сверление 218
16.4. Зенкерование и зенкование 221
16.5. Шлифование 225
16.6. Обеспечение качества изготавливаемых деталей 229
Библиографический список 233
17. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА (*Н.П. Агеев*) 234
17.1. Классификация процессов и способов термической обработки 234
17.2. Отжиг рекристаллизационный 238
17.3. Влияние рекристаллизационного отжига на структуру и механические свойства металлов 241
17.4. Закалка и отпуск 251
17.5. Режимы термической обработки 253
17.5.1. Выбор режима рекристаллизационного отжига 254
17.5.2. Выбор режима закалки и отпуска стальных элементов патрона 257
17.6. Контроль процессов термической обработки 259
Библиографический список 260

18. ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА (*М.Г. Наумов, Т.А. Кондрашова*) 261
18.1. Классификация процессов химической обработки 261
18.2. Обезжиривание 261
18.3. Травление 265
18.3.1. Травление черных металлов 265
18.3.2. Травление меди и медных сплавов 267
18.3.3. Электролитическое травление 267
18.3.4. Струйное травление 268
18.4. Декапирование 269
18.5. Фосфатирование 270
18.6. Пассивирование 274
18.7. Промывка 275
18.8. Омыление 278
18.9. Сушка 279
18.10. Лакирование 282
18.11. Латунирование 283
18.12. Контроль качества полуфабрикатов и готовых деталей 283
Библиографический список 285
19. СБОРКА (МОНТАЖ) ПУЛЬ (*Н.П. Агеев, В.И. Зиновкин, Н.М. Масляев, Т.С. Дадонова*) ..286
19.1. Классификация монтажных операций 286
19.2. Технологические особенности и возможности процессов обжима пуль 287
19.2.1. Продольный обжим в конической матрице 287
19.2.2. Продольный обжим в матрице с криволинейной образующей 289
19.3. Калибровка пуль 290
19.4. Накатка пуль 291
19.4.1. Способы накатки 291
19.4.2. Технологические особенности процессов накатки 293
19.4.3. Определение степени деформации при накатке 297
19.4.4. Расчет усилий при накатке 298
19.5. Запрессовка 299
19.6. Расчет числа операций, исполнительных размеров рабочего инструмента 301
19.6.1. Выбор количества операций 301
19.6.2. Определение исполнительных размеров рабочего инструмента 303
19.7. Контроль точности и качества узлов, пуль и патронов 311
20. СБОРКА (СНАРЯЖЕНИЕ) ПАТРОНОВ (*Н.П. Агеев, В.И. Зиновкин, Б.С. Никольский*)....314
20.1. Характеристика маршрутного технологического процесса сборки 314
20.2. Штампосборочные операции 315
20.2.1. Капсюлирование гильз 315
20.2.3. Кернение 317
20.3. Подготовка, дозирование и наполнение гильз порохом 319
20.3.1. Подготовка пороха 319
20.3.2. Дозирование 319
20.4. Герметизация патронов 321
20.5. Окраска вершин пуль специального назначения 322
20.6. Контроль точности и качества патронов 323
20.6.1. Выборочный контроль 324
20.6.2. 100%-ный контроль элементов и готовых патронов 325
20.6.3. Выемочный контроль ОТК завода при передаче элементов патронов на сборку и готовых патронов заказчику 328

21. ПРОИЗВОДСТВО ТАРЫ И УПАКОВКА ПАТРОНОВ (*В.И. Зиновкин, Н.М. Масляев*)....330
21.1. Виды тары 330
21.2. Маркировка патронов 332
21.2.1. Маркировка гильз и пуль....333
21.2.2. Маркировка пороха....333
21.2.3. Маркировка упаковки с патронами....334
21.3. Технология изготовления тары 337
21.4. Контроль качества металлической и неметаллической тары 341
21.5. Контроль качества упаковывания патронов....343

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Изделие – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Изделия в зависимости от назначения делят на изделия основного и вспомогательного производства.

К изделиям основного производства относят изделия, предназначенные для поставки (реализации), к изделиям вспомогательного производства – изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия, изготавливающего их.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями.

Комплекс – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Комплект – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

Комплектующее изделие – изделие предприятия-поставщика, применяемые как составная часть изделия, выпускаемая другим предприятием.

Типовое изделие – изделие, принадлежащее к группе близких по конструкции изделий и обладающее наибольшим количеством конструктивных и технологических признаков этой группы.

Полуфабрикат – изделие предприятия-поставщика, подлежащее дополнительной обработке или сборке.

Заготовка – предмет производства из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхностей и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу.

Исходная заготовка – заготовка перед первой технологической операцией.

Конечная заготовка – заготовка после последней формоизменяющей операции определенного вида.

Основной материал – материал исходной заготовки.

Вспомогательный материал – материал, расходуемый при выполнении технологического процесса дополнительно к основному материалу.

Сборочный комплект – группа составных частей изделия, которые необходимо подать на рабочее место для сборки изделия или его составной части.

Качество объекта технологии – совокупность его свойств, обуславливающая его пригодность к выполнению своих функций в соответствии с назначением и предъявляемыми к нему требованиями.

Технологическое обеспечение качества объекта технологии - обеспечение технологичности его конструкции и определенного уровня качества технологического процесса изготовления изделия.

Технологичность конструкции изделия – совокупность свойств этой конструкции, определяющая пригодность изделия, к изготовлению, эксплуа-

тации и ремонту с оптимальными затратами всех видов ресурсов при обязательном обеспечении всех заданных эксплуатационных свойств для принятых условий изготовления, эксплуатации и ремонта.

Различают технологичность производственную, эксплуатационную, при техническом обслуживании, ремонтную, заготовки, детали, сборочной единицы, изделия и др.

Производственный процесс – совокупность действий исполнителей и средств производства, необходимых на данном предприятии для изготовления изделий.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства.

Различают технологические процессы: проектные, рабочие, единичные, типовые, групповые, стандартизованные, временные, перспективные, маршрутные, операционные, маршрутно-операционные.

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на данном рабочем месте.

Рабочее место – часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица технологического оборудования или часть конвейера, а так же оснастка и (на ограниченное время) предметы производства.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящей из действия человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Установка – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхностей или свойств заготовки.

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхностей или свойств заготовки, но необходимого для выполнения рабочего хода.

Технологическое оборудование – орудия производства, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются

материалы или заготовки, средства воздействия на них и при необходимости источники энергии.

Технологическая оснастка – орудия производства, добавляемые к технологическому оборудованию для выполнения определенной части технологического процесса.

Средства технологического оснащения – совокупность технологического оборудования, оснастки и средств механизации вспомогательных переходов.

Наладка – подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению определенной технологической операции.

Подналадка – дополнительная регулировка технологического оборудования и (или) оснастки в процессе работы для восстановления достигнутых при наладке значений параметров.

Качество технологического процесса изготовления изделия – совокупность свойств процесса, обусловливающая его пригодность к выполнению своих функций.

Функция технологического процесса – изготовление изделия с заданным комплексом свойств при нормированных затратах всех видов ресурсов.

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Схема базирования – схема расположения опорных точек на базах заготовки или изделия.

База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

По назначению базы делят на конструкторские, технологические, измерительные.

Конструкторская база – база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

Технологическая база – база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта.

Измерительная база – база, используемая для определения положения заготовки или изделия и средств измерения.

Различают установочные, направляющие и опорные базы.

Технологическая подготовка производства – совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделия заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) – установленная государственными стандартами система организации и управления технологической подготовки производства, непрерывно совершенствуемая на основе достижений науки и техники и управляющая развитием технологической подготовки производства на уровнях государственном, отраслевом и предприятий (объединений).

Единая система технологической документации (ЕСТД) – установленная государственными стандартами система оформления технологических процессов на изготовление изделий.

Программа выпуска изделий – перечень наименований изготовляемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска и срока выполнения по каждому наименованию.

Объем выпуска изделий – количество изделий определенных наименований, типоразмера и исполнения, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием в течении планируемого интервала времени.

Единичное производство – производство, характеризуемое широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом выпуска изделий.

Серийное производство – производство, характеризуемое ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска.

Массовое производство – производство, характеризуемое узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течении продолжительного времени.

Опытное производство – производство образцов, партий или серии изделий для проведения исследовательских работ или разработки конструкторской и технологической документации для установившегося производства.

Поточная организация производства – форма организации производства, характеризуемая расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и специализации рабочих мест.

Групповая организация производства – форма организации производства, характеризуемая совместным изготовлением или ремонтом групп изделий различной конфигурации на специализированных рабочих местах.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

D_0, S_0 – диаметр и толщина исходной плоской листовой заготовки;

D_0, H_0 – диаметр и высота исходной цилиндрической заготовки, получаемой отрезкой из прутка;

a_4, a_6 – сторона соответственно квадратной и шестигранной исходной плоской листовой заготовки;

D_0, S_0, H_0 – наружный диаметр, толщина стенки и высота исходной трубной заготовки;

D, H, S – наружный диаметр, высота, толщина стенки готовой полой детали;

$S^{в}$,.S^{j},.$S^{н}$, $S^{д}$ – толщины стенок полой с дном детали в верхнем, промежуточном, нижнем расточном (контрольном) сечениях и толщина дна соответственно;

$h^{в}$,..h^{j},..$h^{н}$ – расстояния верхнего, промежуточного и нижнего расчетных сечений от внутренней поверхности дна в полой заготовки;

d_i, $S_i^{в}$,..., S_i^{j},...$S_i^{н}$, $S_i^{д}$, $h_i^{в}$, h_i^{j}, $h_i^{н}$ – наружный диаметр, толщины стенок в верхнем, промежуточном и нижнем расчетном сечении соответственно, толщина дна и расстояния этих расчетных сечений от внутренней поверхности дна полой заготовки на промежуточной *i*-й операции;

d_n, $S_n^{в}$,..., S_n^{j},..., $S_n^{н}$, $S_n^{д}$, $h_n^{в}$,..., h_n^{j},..., $h_n^{н}$ – наружный диаметр, толщины стенок в расчетных сечениях (верхнем, промежуточном, нижнем) и их расстояния от внутренней поверхности дна полой заготовки на конечной штамповочной операции;

α, β , α_n, β_n, α_i, β_i – углы конусности готовой детали, конечной и промежуточной заготовок соответственно;

R_ρ, R_θ – радиусы кривизны заготовки в меридиональном и окружном направлениях;

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$ – абсолютная разнотолщинность (разностенность) в поперечном сечении заготовки;

S_{max}, S_{min} – максимальная и минимальная толщина стенки в одном поперечном сечении заготовки;

$\delta_s = \Delta S/S_{ср}$ – относительная разностенность заготовки в одном поперечном сечении;

$S_{ср} = (S_{max} + S_{min})/2$ – средняя в поперечном сечении толщина стенки;

$\rho^{ос}$, $\rho^{гр}$ – радиусы "опасного" и "граничного" сечений заготовки;

$d_м$, $d_п$ – диаметры матриц и пуансона соответственно;

р.с. – расчетное сечение;

z – односторонний технологический зазор между поверхностями рабочего инструмента;

$h_п$ – ход инструмента;

$П_д = T^{В} – T^{Н}$ – поле допуска на размер детали;

$T^{В}$, $T^{Н}$ – верхнее и нижнее допускаемое отклонения на размер детали;

$П_и$ – припуск на износ инструмента;

E – модуль упругости;

G – модуль сдвига;

μ – коэффициент Пуассона;

$\sigma_Т$, $\sigma_{0.2}$ – физический и условный пределы текучести;

$\sigma_В$ – временное сопротивление;

σ_{iy} – интенсивность напряжений в момент начала образования шейки при испытании образцов на растяжение;

σ_{ip} – интенсивность напряжений в момент разрушения при испытании образцов на растяжение;

ε_{iy}, ε_{ip} – интенсивность деформаций в момент образования "шейки" и разрушения при испытании образцов на растяжение;

δ, ψ – полное относительное удлинение и сужение при испытании образцов на растяжение;

ε_i, $\dot{\varepsilon}_i$ – интенсивности деформации и скорость деформации;

$\lambda = \sqrt{3}\,\varepsilon_i$ – интенсивность деформации сдвига;

e_i – степень деформации;

$e_{i\text{эф}}$, $e_{i\Sigma}$ – эффективная и накопленная степени деформации;

ε_1, ε_2, ε_3, $(\varepsilon_1 \geq \varepsilon_2 \geq \varepsilon_3)$ – главные компоненты деформации;

ε_ρ, ε_θ, ε_n – компоненты деформации в меридиональном, тангенциальном направлениях и в направлении нормали к срединной поверхности заготовки;

ν_ε, ν_σ – характеристики вида деформированного и напряженного состояния соответственно;

σ_i – интенсивность напряжений;

$\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ – функциональная зависимость между σ_i и ε_i;

σ_1, σ_2, σ_3 – главные нормальные напряжения;

A – работа;

$A_{\text{уд}}$ – удельная работа формоизменения;

$K = -3p/\sigma_i = \sqrt{3}\,\sigma/T$ – показатель жесткости схемы напряженного состояния;

$p = -\sigma = -(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$ – гидростатическое давление;

$T = \sigma_i/\sqrt{3}$ – интенсивность касательных напряжений;

$\sigma_{\text{кр}}$ – критическое напряжение;

$P_{\text{кр}}$ – критическая нагрузка;

ω_i – коэффициент использования запаса (ресурса) пластичности;

$[\sigma]$, $[e_i]$, $[\omega_i]$, $[P]$ – допустимые значения напряжения, деформации, ресурса пластичности, усилия;

P – технологическое усилие;

$E_{\text{к}}$, $E_{\text{с}}$ – касательный и секущий модули;

f – коэффициент трения;

ρ_0 – плотность материала;

t, τ – температура и длительность нагрева;

НДС – напряженно-деформированное состояние;

ОМД – обработка металла давлением;

ХШ – холодная штамповка;

ОПД – очаг пластической деформации;

ТКИ – технологичность конструкции изделия;

ЕСТД – единая система технологической документации;

ЕСТПП – единая система технологической подготовки производства.

Ч А С Т Ь III. ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

12. ВЫДАВЛИВАНИЕ

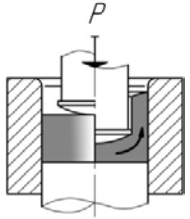
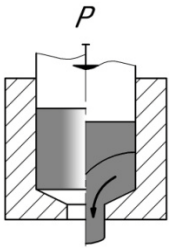
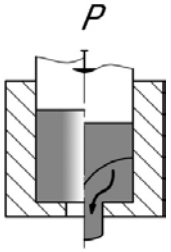
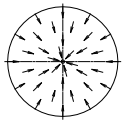
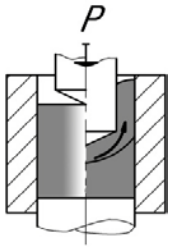
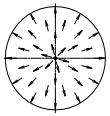
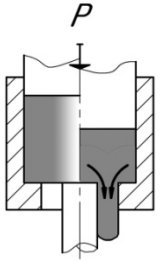
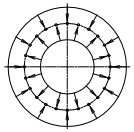
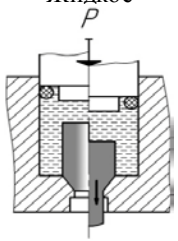
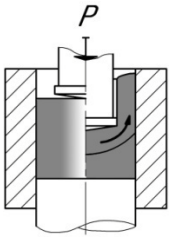
12.1. Способы выдавливания

Выдавливание, в соответствии с классификацией, относится к классу процессов объемной штамповки (кл. 2) и может быть представлено в виде условно простого и комбинированных в пределах класса процессов (осадка–выдавливание, высадка–выдавливание). Кроме того, на основе выдавливания могут быть сформированы комбинированные процессы при совмещении с процессами, относящимися к листовой штамповке (кл. 3) (вытяжка–выдавливание).

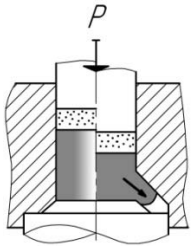
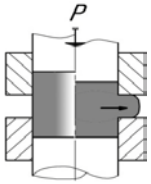
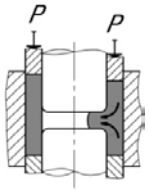
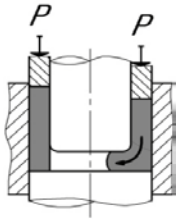
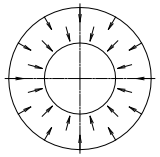
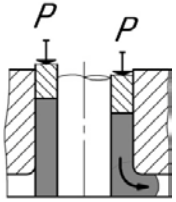
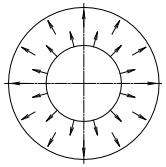
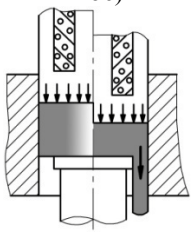
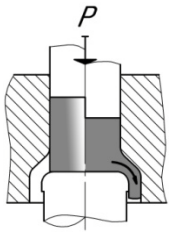
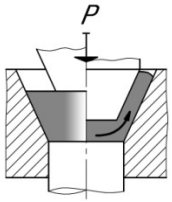
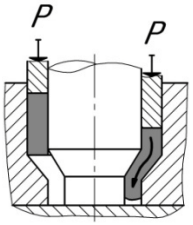
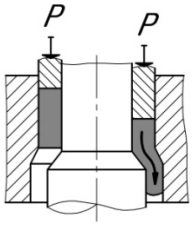
В табл. 12.1 представлены основные способы процесса выдавливания с изображением принципиальных схем деформирования и их характерных особенностей в зависимости от конкретного классификационного признака [1]. Классификация включает различные процессы выдавливания, применяемые в машиностроении для изготовления деталей машин и приборов, в металлургии – для производства различных профилей, а также деталей инструмента (например, при формообразовании фигурных полостей в деталях штампов и пресс-форм). В табл. 12.2 приведены в качестве примера схемы одновременного (совмещенного) или последовательного деформирования осесимметричных заготовок выдавливанием в комбинации с другими процессами ОМД. На основе классификации общего вида могут быть выделены способы выдавливания для технологических процессов патронного производства. Разновидности – способы процесса выдавливания, так же как и другие процессы штамповки, различают по виду исходных полуфабрикатов (листовой, сортовой, прокат, трубы), штампуемых деталей, типу технологической среды, передающей давление на заготовку, по схеме приложения основных и дополнительных сил, направлению течения металла относительно инструмента, виду движения заготовки и инструмента (поступательного, вращательного, качательного и др.), условиям деформации (температуре, скорости процесса, характеру нагружения, условиям контактного трения), типу технологической оснастки и оборудования.

Таблица 12.1

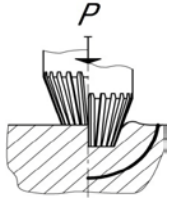
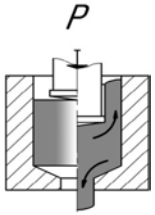
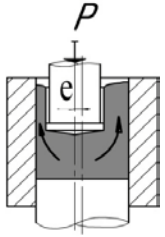
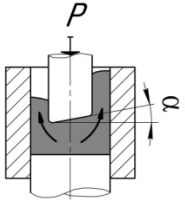
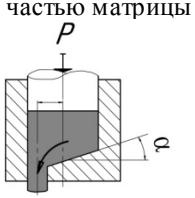
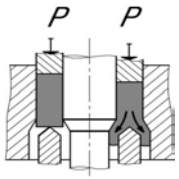
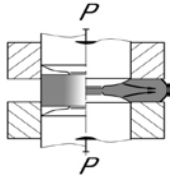
Классификация процессов выдавливания

I. Физическое состояние		**II. Условия деформирования**			
материала заготовки	технологической среды, передающей нагрузку на заготовку	Направление течения материала			
		вытесненного в полость инструмента относительного направления приложения нагрузки	в ОПД заготовки		
1	2	3	4		
1.1. Холодное $T<T_{н.р.}$	2.1 Твердое (инструмент) 	3.1  Продольное	 4.1. Внутрь со стоком  «Сток»	 4.2. Наружу с истечением  «Источник»	 4.3. Внутрь-наружу Совмещенное  «Сток-источник»
	2.2 Жидкое  (гидростатическое, (гидродинамическое)	3.2 			

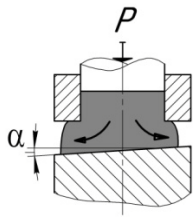
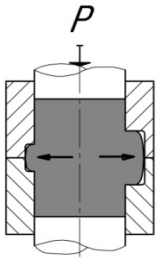
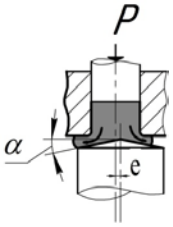
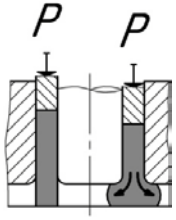
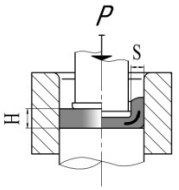
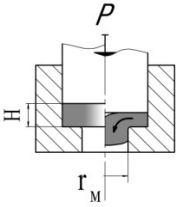
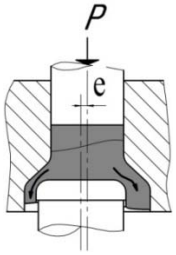
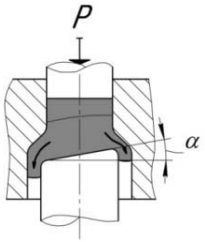
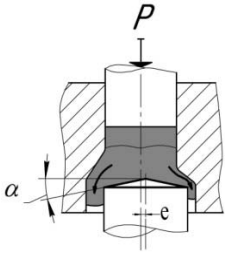
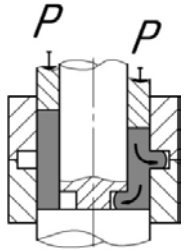
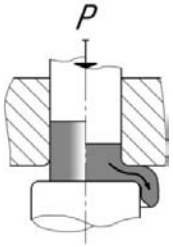
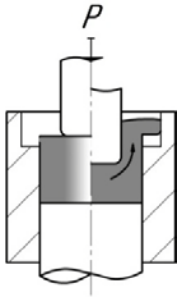
Продолжение табл. 12.1

1	2	3			4	
1.2. Полу-горячее $T_{Н.Р.}<T<T_{К.Р}$	2.3 Газообразное  (Пороховые газы и в.в.)	3.3  Поперечное 3.4 			4.4   Внутрь «сток»	4.5   Наружу «источник»
1.3. Горячее $T>T_{К.Р.}$	2.4 Силовое поле (электромагнитное) 	3.5  Поперечно-продольное	Совмещенное (угловое)	3.6 	Последовательное	4.6  Внутрь «сток»	4.7  Наружу «источник»

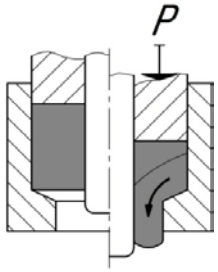
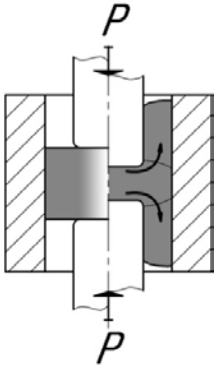
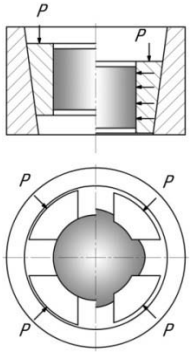
Продолжение табл. 12.1

II. Условия деформирования				
Состояние формы очага (зоны) пластической деформации заготовки			Количество и расположение заполняемых каналов	Наличие ограничения очага (зоны) пластической деформации
5			6	7
5.1. Симметричное (аксиальное) (схемы 4.1, 4.2)			6.1. Одноканальное (схемы 4.1, 4.2)	7.1. Свободное выдавливание (ОПД не ограничен ни в осевом ни в радиальном направлении) 
5.2. Ассиметричное			6.2. Многоканальное	
	5.2.2. С косым торцом инструмента		6.2.1. Продольное 	
5.2.1. Дезаксиальное 	5.2.2 С косым торцом пуансона 	5.2.3 С косой заходной частью матрицы 	6.2.2. 	7.2. ОПД стеснен инструментом только в радиальном направлении (схемы 4.1., 4.2)
				7.3. ОПД стеснен только в осевом направлении 
				Относительно низкие заготовки

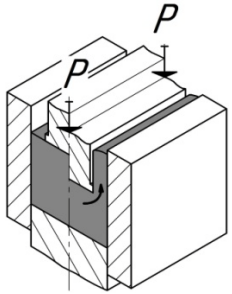
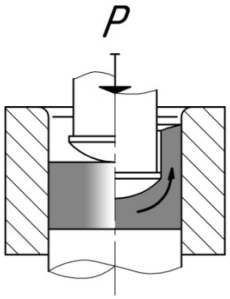
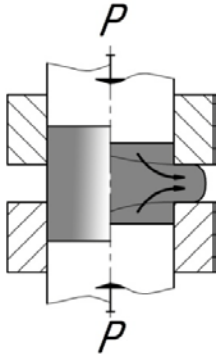
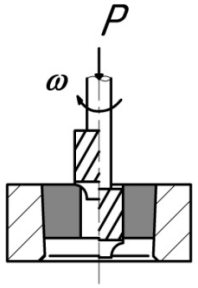
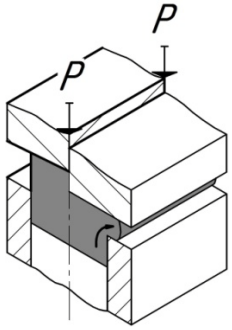
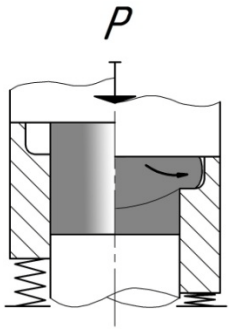
Продолжение табл. 12.1

5			6	7
С истечением материала наружу в кольцевой канал переменного сечения 5.2.4  5.2.5  		5.2.6. Дезаксиальное с коническим торцом противопуансона  	6.2.3. Поперечное  	7.4. ОПД стеснен в радиальном и осевом направлениях 7.4.1  7.4.2 
5.2.7  Дезаксильное с плоским торцом противопуансона	5.2.8  С косым торцом противопуансона	5.2.9  Дезаксиальное с коническим торцом противопуансона	6.2.4  	7.5. ОПД частично стеснен в радиальном направлении 7.5.1  7.5.2 

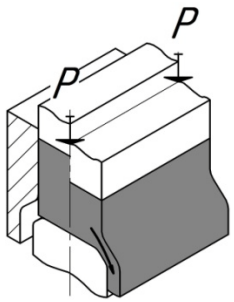
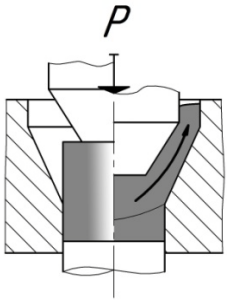
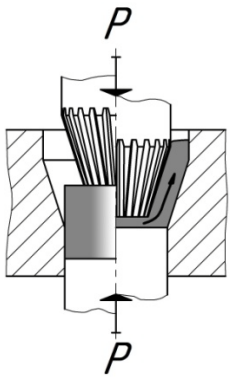
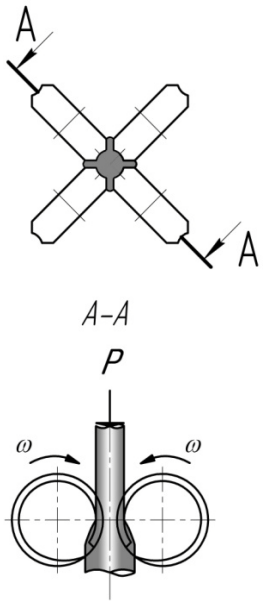
Продолжение табл. 12.1

III. Характер деформации		**IV. Условия нагружения**		
Схема деформации	Наличие этапа стационарной деформации	Направление приложения нагрузки		Скорость нагружения
8	9	10		11
8.1. Объемная осесимметричная	9.1. Стационарное 	10.1. Торцовое (Схемы 3.1…4.7.) 10.1.1. Одностороннее (Схема 3.1…4.3.) 10.1.2. Двухстороннее 	10.2. Боковое 10.2.1. Радиальное 	11.1. Статическое $\upsilon \leq 0{,}3$ м/с Выдавливание на механическом и гидравлическом прессе

Продолжение табл. 12.1

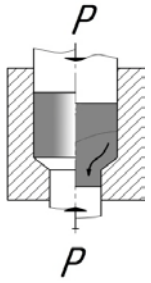
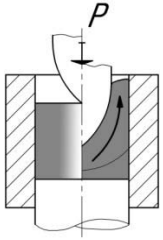
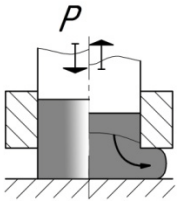
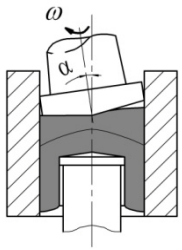
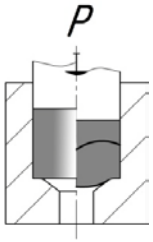
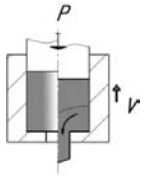
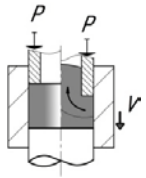
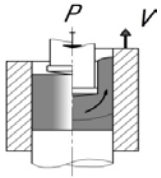
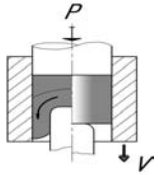
8	9	10		11
8.2. Плоская 8.2.1. Детали коробчатой формы  	9.2. Нестационарное 9.2.1  	10.1.3  	10.2.2. Тангенциальное  	11.2. Скоростное $\upsilon \geq 0{,}3$ м/с
8.2.2  	9.2.2  			

Продолжение табл. 12.1

8	9	10		11
			1	
8.2.3	9.2.3	10.1.4	10.2.3. Совмещенное	
				

Продолжение табл. 12.1

IV. Условия нагружения

Характер нагружения			Наличие и характер воздействия на часть заготовки, вытесненную в полость	Регулирование сил контактного трения	
12			13	14	
12.1. Нагружение непрерывное			13.1. Со свободным истечением	14.1. Без регулирования (в неподвижной матрице)	
12.2. Нагружение прерывистое, с разгрузкой			13.2. С противодавлением	14.2. С регулированием	
	12.2.2. С нарушением в период разгрузки контакта заготовки со средой, передающей нагрузку		13.2.1 	14.2.1. За счет изменения схемы приложения нагрузки	
12.2.1. С сохранением контакта заготовки со средой, передающей нагрузку 	12.2.2.1. С воздействием на всю номинальную поверхность контакта 	12.2.2.2. С воздействием в каждый момент на часть номинальной поверхности контакта 	13.2.2. С конической полостью матрицы 	14.2.1.1.  Прямая схема	14.2.1.2.  Обратная схема
				14.2.2. За счет подвижной матрицы	
				14.2.2.1.  Свободная матрица	14.2.2.2.  Принудительное движение матрицы

Окончание табл. 12.1

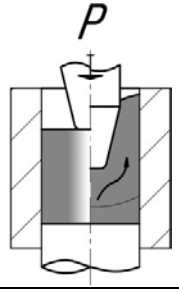
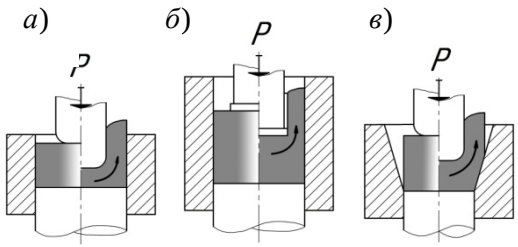
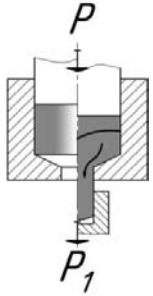
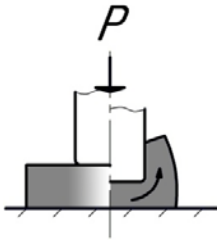
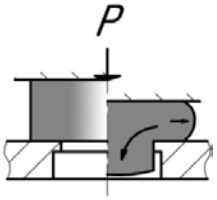
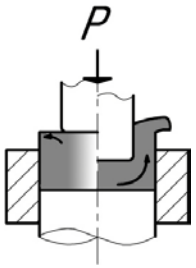
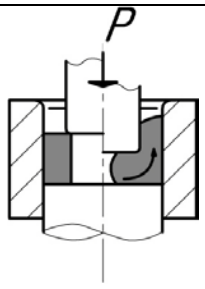
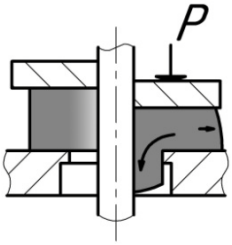
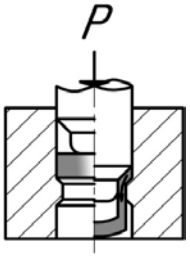
12			13	14
			13.2.3. Коническим пуансоном 	14.2.3. За счет конструкции инструмента  Уменьшение контакта заготовки с инструментом
			13.3. С тянущей силой 	

Таблица 12.2

Совмещение процессов выдавливания с другими процессами ОМД

Вид заготовки	Временная характеристика течения металла		
	Совмещенное произвольное		Последовательное принудительное
	С истечением (наружу) “Прошивка”	Со стоком (внутрь)	
Сплошная (одноконтурная)			
	Осадка–выдавливание		Высадка–выдавливание
Полая (кольцевая) трубчатая или в виде стакана (двухконтурная)			
	Осадка–выдавливание		Вытяжка–выдавливание

Наряду с полной классификацией при описании процесса выдавливания обычно пользуются элементарной классификацией основных его видов, различающихся по направлению принудительного течения, вытесненного в полость материала относительно направления приложения нагрузки, на продольное, поперечное и поперечно-продольное (комбинированное). В свою очередь в каждом из этих видов процесса можно выделить преимущественное течение материала в ОПД заготовки:

- внутрь (от периферии к центру, т.е. выдавливание «со стоком» материала);
- наружу (от центра к периферии, т.е. выдавливание «с истечением» материала);
- совмещенное «внутрь» и «наружу» (т.е. выдавливание «со стоком» и «с истечением» материала одновременно).

Такое двойное указание на характер течения материала исключает неоднозначные и лингвистически неточные термины – «прямое» и «обратное» выдавливание, хотя до сих пор они широко применяются в теории и практике процесса выдавливания.

В патронном производстве процесс выдавливания нашел свое применение по схемам:

- продольного выдавливания при изготовлении исходных полых заготовок;
- вытяжки–выдавливания полых с фланцем полуфабрикатов гильз;
- штамповки дна гильз;
- продольного выдавливания сердечников, свинцовых рубашек;
- выдавливания рабочего инструмента для изготовления элементов патрона.

12.2. Технологические особенности и возможности процесса выдавливания

Характерной особенностью процесса холодного выдавливания деформируемой заготовки является создание значительного по величине положительного гидростатического давления

$$p = -\frac{\sigma_z + \sigma_r + \sigma_\theta}{3},$$

где σ_z, σ_r, σ_θ – осевой, радиальный и окружной компоненты напряжений соответственно.

Это положение является следствием того, что деформирование заготовки происходит в почти замкнутом объеме. Известно, что с увеличением гидростатического давления пластичность материала возрастает, растет сопротивление деформированию, что и определяет основные особенности процесса:

1) большую величину допустимой деформации (по условиям прочности заготовки);

2) большую величину общей и удельной силы деформирования (по условиям прочности рабочего инструмента).

Из указанных особенностей вытекают главные достоинства и недостатки процесса по сравнению с другими процессами ОМД и одновременно с обработкой резанием, с которой он успешно конкурирует. К достоинствам процесса выдавливания следует отнести:

• экономное использование металла при раскрое прутков (отход металла не превышает 3…5 %);

• возможность формообразования сложных по форме деталей за малое число операций (переходов), что обеспечивает высокую производительность;

• высокие, по сравнению с другими процессами ОМД, допустимые величины деформации (ε = 0,7…0,9), позволяющие за один переход получать детали с относительной высотой h/d = 2…8;

• значительное деформационное упрочнение деталей (табл. 12.3);

• высокое качество деталей.

Таблица 12.3

Твердость стаканов при холодном выдавливании

Сталь	Деформация ε, %	Место измерения твердости, HRB		
		наружная поверхность	середина	внутренняя поверхность
10	0	–	70…71	–
	40	89…90	95…98	90…99
	65	92…93	99…101	101…102
18ЮА	0	–	70…78	–
	85	90…93	98…100	100…102
11ЮА	0	–	85…89	–
	85	93…94	99…101	100…102

Вместе с тем, следует отметить тяжелые условия работы инструмента вследствие большой нагрузки и значительных сил трения на контактных поверхностях.

Анализ напряженного состояния по данным [2] свидетельствует о возникновении схемы всестороннего неравномерного сжатия по всему объему ОПД при значительной величине сжимающих напряжений, в 2…3 раза превосходящих предел текучести исходного материала заготовки, что приводит к созданию значительных по величине удельных сил деформирования, которые достигают 1000…2800 МПа. Этим обусловлены особые технологические требования к исходному материалу, применяемому для холодного выдавливания, к подготовке заготовок и полуфабрикатов, к материалам и конструкции рабочего инструмента и штампам, к схемам выдавливания и прессовому оборудованию. Выполнение всех этих условий возможно только при высокой культуре производства.

К основным (базовым или простым) видам процесса выдавливания относятся те, в которых принудительное течение материала в один зазор, образованный деталями штампа, предопределено формой инструмента и характером НДС в ОПД заготовки при условии ее всестороннего сжатия в замкнутом объеме. Это прежде всего так называемое обратное, а точнее – продольное выдавливание с истечением материала из ОПД от центра к периферии (нару-

жу) с затеканием его в кольцевой зазор у одного из торцев заготовки и образованием полости и стенки у детали в виде стакана (колпачка, чашки).

Второй основной вид продольного выдавливания со стоком материала от периферии к центру заготовки (внутрь) формирует сплошной стержень на одном из торцев детали при затекании металла в центральное отверстие матрицы. Такой вид выдавливания, в отличие от обратного, до сих пор называют прямым выдавливанием.

При поперечном выдавливании, под давлением пуансона на один или оба торца заготовки одновременно, материал вытесняется в кольцевой зазор на ее боковой поверхности с истечением либо наружу с образованием фланца, либо внутрь трубчатой заготовки. Широкие технологические возможности указанных видов процесса достаточно полно проиллюстрированы различными схемами выдавливания (см. табл. 12.1).

Практический интерес представляет разделение исходных заготовок по высоте на относительно низкие и высокие [3, 4]. На начальном этапе деформирования низких заготовок ОПД сразу охватывает весь объем заготовки, а не часть его по высоте, как у относительно высоких заготовок. Критерием деления является отношение исходной высоты заготовки (H) к толщине стенки детали (S) при продольном выдавливании стаканов и к радиусу центрального отверстия в матрице (r) при выдавливании деталей со стержнем. Для низких заготовок это отношение равно: $H/S \leq 3…3{,}5$ и $H/r \leq 2…2{,}5$ соответственно. Главным преимуществом выдавливания низких заготовок является отсутствие стационарной стадии процесса и снижение на 20…25% общей и удельной силы деформирования за счет уменьшения общего объема деформируемого материала и контактной поверхности трения заготовки с инструментом.

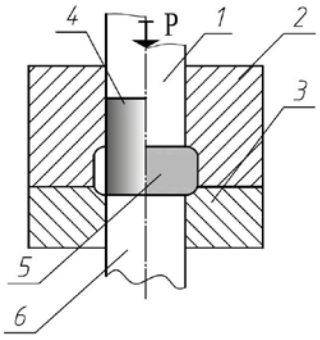


Рис. 12.1. Поперечное выдавливание сплошной заготовки с истечением материала наружу: *1* – пуансон; *2* – верхняя матрица; *3* – нижняя матрица; *4* – заготовка; *5* – полуфабрикат; *6* – противопуансон

Особый интерес для патронно-гильзового производства представляет схема поперечного выдавливания сплошной заготовки в торцевой кольцевой зазор с полным вытеснением материала из приемной части матрицы в полость большего диаметра по схеме, представленной на рис. 12.1. Деформирование по такой схеме позволяет относительно высокую заготовку малого диаметра превратить в относительно

низкую большего диаметра и устранить искажение формы торцев, неизбежное при отрезке заготовки в штампе со втулочными матрицами.

12.3. Технологические особенности и возможности комбинированных процессов выдавливания

В отличие от совмещенных процессов выдавливания с другими процессами ОМД, представленными в табл. 12.2, к комбинированным процессам выдавливания относятся такие, которые характеризуются произвольным течением материала в два и более канала одновременно (схемы п. 6.2, табл. 12.1). Сложный и нерегламентированный характер течения материала в таких процессах вносит дополнительные трудности в технологические расчеты кинематических и силовых параметров выдавливания.

Наиболее исследованными и получившими практическое применение являются схемы продольного выдавливания сплошной заготовки в два канала, расположенные на обоих торцах заготовки, или даже на одном торце, как при штамповке дна гильз с формированием сложного профиля полости с наковаленкой под капсюль-воспламенитель.

Для превращения сплошной заготовки в колпачок, кроме основного вида продольного выдавливания детали типа стакан с толстым дном, возможно эффективное использование комбинированного выдавливания по схеме п. 3.3 (табл. 12.1), с последовательным течением материала сначала в поперечном направлении в торцовой кольцевой зазор, а затем в продольном направлении с образованием колпачка (чашечки).

Новые технологические возможности открывает комбинированное двустороннее продольное выдавливание металла из стенки полой заготовки с дном в двух противоположных направлениях с формированием, например, ступенчатого стакана с дном по схеме, представленной на рис. 12.2.

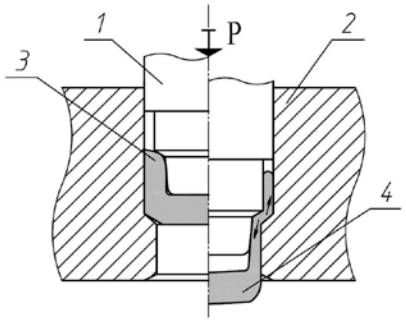


Рис. 12.2. Схема комбинированного двустороннего продольного выдавливания ступенчатой детали с дном: *1* – пуансон; *2* – матрица; *3* – заготовка; *4* – полуфабрикат

По предлагаемой схеме, в стенке заготовки одновременно формируются два очага деформации: на верхнем свободном торце металл вытесняется в кольцевой зазор по схеме продольного выдавливания наружу, а на нижнем – по схеме продольного выдавливания внутрь.

Как основные, так и комбинированные процессы выдавливания деталей типа стаканов с дном, из сплошных или пустотелых заготовок с дном, могут конкурировать с процессом вытяжки толь-

ко при изготовлении неглубоких колпачков (чашек) с достаточно толстой стенкой из относительно низких заготовок. Поэтому деформирование пустотелой заготовки с дном по схеме, представленной на рис. 12.2, эффективно только для толстостенных неглубоких чашек, когда оба ОПД сразу охватывают весь объем в стенке заготовки.

12.4. Технологические расчеты

12.4.1. Исходные данные и последовательность расчетов

Исходные данные:

- чертеж детали;
- тип производства и объем выпуска деталей.

Технология изготовления деталей выдавливанием в принципе не отличается от таковой для других процессов холодной штамповки. Однако, как и каждый процесс, холодное выдавливание обладает отмеченными выше особенностями, которые необходимо учитывать, чтобы обеспечить достижение цели с наименьшими затратами.

Основные этапы разработки технологии:

1. Анализ чертежа детали на технологичность.
2. Составление чертежа полуфабриката.
3. Определение объема, формы и размеров заготовки и профиля исходного материала.
4. Выбор способа разделения исходного материала на заготовки.
5. Определение числа и последовательности выполнения формоизменяющих операций.
6. Определение числа, места и режима термических операций.
7. Выбор способа подготовки поверхности к деформированию и определение числа и режима вспомогательных операций.
8. Разработка принципиальной схемы штампов и конструирование их рабочих деталей.
9. Конструирование штампов и средств механизации (или разработка технического задания на конструирование штампов и средств механизации).
10. Выбор оборудования для выполнения намеченных операций (или разработка технологических требований к оборудованию).
11. Экономическое обоснование предлагаемых технических решений.

Последовательность выполнения этих этапов примерно соответствует порядку их перечисления. Однако необходимо иметь в виду следующее:

1) разрабатывать технологию приходится, как правило, в два приема (предварительно и окончательно);

2) может быть несколько конкурирующих вариантов технологии, различающихся числом, последовательностью и характером операций, а также профилем исходного материала;

3) при выполнении начальных этапов необходимо иметь перечень основных формоизменяющих операций.

Анализ чертежа детали на технологичность конструкции. Если при конструировании детали было предусмотрено изготовление ее холодной штамповкой, то технологичность, как правило, обеспечена.

Однако чаще конструкторы предусматривают изготовление деталей резанием, поэтому чертежи таких деталей, удовлетворяя технологическим требованиям обработки резанием, не отвечают технологическим требованиям холодной штамповки. Поэтому необходимо проанализировать чертеж с целью всесторонней оценки его с технологических позиций.

В процессе анализа должно быть установлено:

1) можно ли заданную форму детали обеспечить штамповочными операциями:

– если можно, то является ли эта форма оптимальной с учетом эксплуатационных и технологических требований;

– если нельзя, то какие должны быть сделаны изменения, чтобы форма детали стала приемлемой для ее изготовления выдавливанием в окончательном виде или в виде полуфабриката;

2) можно ли обеспечить холодным выдавливанием заданные размеры и допуски на них:

– если нельзя, то какие должны быть сделаны изменения;

3) приемлема ли принятая система указания размеров (размерная цепочка и база простановки размеров):

– если не приемлема, то какие должны быть сделаны изменения, чтобы они удовлетворяли как конструктивным, так и технологическим требованиям;

4) можно ли удовлетворить штамповкой требования чертежа по шероховатости поверхности на тех поверхностях, которые намечено изготовить штамповкой окончательно;

5) является ли технологичной предусмотренная чертежом марка материала детали:

– если нет, то каким материалом можно заменить заданный при обеспечении эксплуатационных требований (при этом должно быть учтено изменение физико-механических свойств материала в результате холодной деформации).

В результате анализа должен быть составлен новый чертеж, полностью удовлетворяющий эксплуатационным требованиям и в наибольшей мере технологическим.

Очевидно, что успешное выполнение этой работы возможно не только в случае обеспечения оптимальных технологических решений, но и с учетом условий работы детали.

В результате выполненного анализа необходимо составить предварительную технологию, так как технологические требования к чертежу могут быть разными, в зависимости от намеченного варианта технологии.

Составление чертежа полуфабриката. Вариант изготовления детали только штамповочными операциями является идеальным. В этом случае нет необходимости в составлении чертежа полуфабриката.

Однако чаще всего формообразование детали только штамповкой осуществить не удается и приходится сочетать ее с обработкой резанием. Следовательно, на некоторые (или на все) поверхности необходимо предусмотреть припуск на доработку снятием стружки. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы он был наименьшим, а полуфабрикат имел наиболее технологичную форму. В этом случае технологические требования можно учесть значительно полнее. Надо назначить такую форму и придать такие размеры, которые обеспечат наименьшее значение силы деформирования. При этом следует обратить внимание на толщину стенки (при выдавливании полости детали в виде колпачка, чашки или стакана); форму и толщину дна; форму контура внутреннего и наружного, значения радиусных переходов и сопряжения поверхностей;

Пример конструктивных изменений при составлении чертежа выдавливаемой детали показан на рис. 12.3.

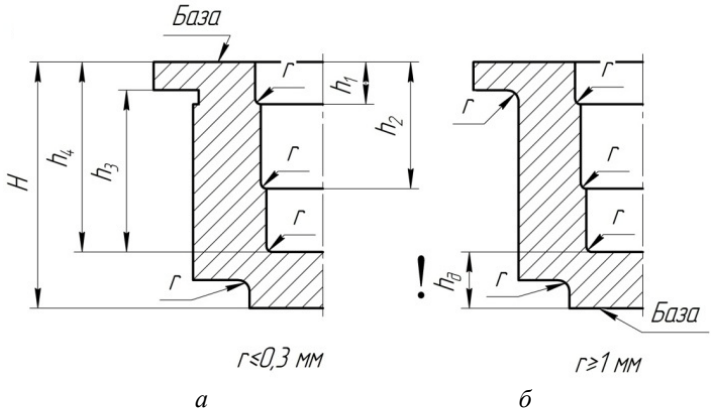


Рис. 12.3. Конструктивные изменения в чертежах деталей, изготавливаемых: *а* – резанием; *б* – холодным выдавливанием (штамповкой)

При назначении припуска на доработку, а также допусков на «обрабатываемые» размеры следует учитывать технологические возможности и особенности холодного выдавливания. В справочной литературе указаны ориентировочные значения отклонений размеров, но, используя их, следует учитывать конкретные условия производства (оборудование, возможности изготовления инструмента с определенной точностью).

12.4.2. Материалы, применяемые для холодного выдавливания

Стали, применяемые для холодного выдавливания, должны обладать возможно более низким пределом текучести, малой склонностью к упрочнению и достаточной пластичностью.

По технологическим соображениям необходимо, чтобы обрабатываемый материал имел наименьшую сопротивляемость и высокую пластичность.

Этим требованиям удовлетворяют цветные металлы и сплавы, а также малоуглеродистые стали, стали со средним содержанием углерода, низколегированные и, в меньшей степени, среднелегированные стали.

Стали по их сопротивлению деформированию могут быть разделены на четыре основные группы: с низким, средним, повышенным и высоким сопротивлением деформированию.

Группу сталей с низким сопротивлением деформированию достаточно полно характеризуют стали 08кп, 10, 15. К этой же группе следует отнести стали 11кп, 11ЮА, 15ФЮА, 18ЮА и биметаллы-1 и 3, применяемые в патронном производстве. К группе сталей со средним сопротивлением деформированию (средней твердости) относятся легированные конструкционные стали с низким содержанием углерода и легирующих элементов (15Х, 20Х, 20ХН, 18ХГН и др.). Группу сталей с повышенным сопротивлением деформированию составляют стали 30, 45, 40Х; группу сталей с высоким сопротивлением – У7-У12А, ХВГ, 5ХНМ, 3Х12.

Возможности холодного выдавливания биметаллов ограничены в основном изготовлением полых деталей выдавливанием из колпаков, полученных сверткой листовых заготовок, имеющих одностороннюю и двустороннюю плакировку томпаком.

При этом следует учитывать возможность нарушения сплошности поверхностного слоя («оголение») при значительных величинах деформации.

Применение сталей с высоким сопротивлением деформированию ограничено вследствие склонности их к интенсивному деформационному упрочнению, роста удельных сил и необходимости подбора специальных смазок и покрытий.

12.4.3. Определение формы и размеров заготовки

По чертежу полуфабриката (детали), который необходимо изготовить штамповкой, зная основные (формоизменяющие и термические) операции (по предварительно намеченной технологии), необходимо вычислить объем заготовки исходя из условия равенства его объему штампуемого полуфабриката (детали) с учетом отходов.

Так как на размеры штампуемого полуфабриката (детали) всегда указаны допуски, то необходимо вычислить наибольшее и наименьшее значения его объема. Это необходимо не только для установления номинального объема заготовки, но и для назначения допусков на ее размеры.

Если разница между V_{max} и V_{min} относительно большая (что бывает довольно часто), то при назначении допусков на размеры заготовки можно использовать только часть диапазона изменения объема полуфабриката (детали).

Наибольшее значение объема заготовки следует принимать, как правило, равным наибольшему значению объема полуфабриката (детали) плюс объем отходов, который должен быть вычислен отдельно.

Допуск на объем заготовки при этом может быть назначен ориентировочно (равным разнице между наибольшим и наименьшим значениями объема полуфабриката или меньшим этой разницы). В последующем при назначении размеров заготовки этот допуск должен быть уточнен.

При выборе формы и установлении размеров поперечного сечения заготовки необходимо обеспечить:

1) наименьшее число операций (как формоизменяющих, так и термических);

2) наилучшие условия для применения высокопроизводительных способов отделения заготовки;

3) наименьшую нагрузку на инструмент;

4) экономное расходование металла;

5) наилучшие условия для механизации и автоматизации подачи заготовки (и полуфабрикатов) в штамп и удаления из него штампованных полуфабрикатов.

На практике удовлетворение этих требований зависят от конкретных условий. Учет их не всегда приводит к однозначному решению, чаще всего приходится намечать несколько вариантов, так как некоторые положения требуют принятия взаимоисключающих решений.

При продольном выдавливании наружу деталей типа стаканов в подавляющем большинстве случаев форму заготовки целесообразно принимать такой, какую имеет штампуемый полуфабрикат (деталь) в наибольшем поперечном сечении (круг, прямоугольник, многогранник и т.д.). При продольном выдавливании внутрь форма заготовки может быть более простой, чем у штампуемого полуфабриката (детали). Назначая поперечные размеры заготовки, следует принимать во внимание действующие стандарты на сортамент, а также эконо-

мические соображения (горячекатаный, калиброванный, термообработанный или без термообработки и т.д.).

В качестве исходного материала можно применять пруток, проволоку, трубу, лист (полосу), периодический прокат.

При изготовлении полых деталей во многих случаях наиболее экономичным в отношении использования металла и наиболее технологичным является применение трубы. Однако существует не всегда оправданное мнение, что, ввиду бóльшей стоимости и дефицитности по сравнению с другими профилями, применение трубы нецелесообразно. Более того, считают экономически выгодным применять пруток вместо трубы даже для изготовления полых деталей в форме трубы.

Выбрав форму и размеры поперечного сечения заготовки и зная ее объем, можно вычислить высоту заготовки, а также назначить допуски на размеры.

По размерам заготовки следует оценить намеченную технологию с точки зрения возможности применения наиболее экономичного профиля исходного материала и способа отделения заготовки. В случае необходимости следует внести в технологию изменения.

12.4.4. Способы изготовления и подготовки заготовок к выдавливанию

В зависимости от конфигурации детали (полуфабриката) и способов ее получения заготовки для холодного выдавливания могут быть различной формы: цилиндрические, конические, фасонные, сплошные, полые.

Наибольшее распространение получили осесимметричные цилиндрические заготовки, представленные на рис. 12.4.

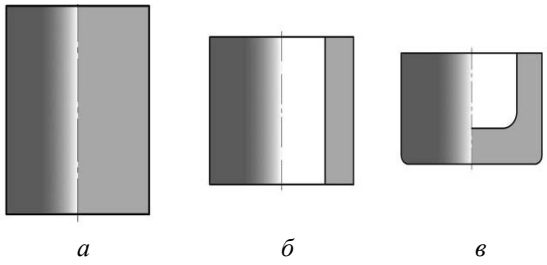


Рис. 12.4. Типовые заготовки, применяемые для выдавливания: *а* – сплошные; *б* – полые (трубные); *в* – полые в виде толстодонных колпачков

Исходя из особенностей холодного выдавливания к заготовкам предъявляют следующие требования:

- колебание размеров (объема) в пределах, обеспечивающих получение заданной точности изделия;
- высокая производительность процесса получения заготовок;

- минимальный отход металла при изготовлении заготовок;
- достаточно высокая чистота боковой и торцевой поверхностей полученных заготовок;
- перпендикулярность торцев заготовки оси симметрии (в пределах 0,1…0,2 на 50 мм);
- форма заготовок благоприятная для последующего деформирования и автоматизации процесса холодного выдавливания.

Способы изготовления заготовок. На практике применяют различные способы отделения заготовок от исходного материала:

1) отрезка заготовок от прутка (проволоки) на токарных полуавтоматах, пресс-ножницах, специальных отрезных станках и пилах;
2) высадка на холодновысадочных автоматах;
3) вырубка из листа в штампах;
4) изготовление заготовок методом поперечно-винтовой прокатки.

Отрезкой можно получать заготовки с полым профилем без нарушения размеров сечения, с торцами, перпендикулярными оси, с точностью по длине в пределах 0,1…0,3 мм при относительно коротких заготовках $(H_0/d_0 \le 0{,}5)$. Однако из-за низкой производительности, больших потерь металла в стружку и невысокой чистоты поверхности реза использование резки в массовом производстве нецелесообразно.

Для получения коротких сплошных заготовок в ряде случаев применяют высадку на холодновысадочных автоматах. Этот способ позволяет получать точные заготовки с колебаниями размеров по высоте и диаметру порядка 0,1…0,2 мм с перпендикулярными оси торцами и требуемой чистотой поверхности реза при высокой производительности (до 2000 заготовок в час).

Круглые в плане заготовки малой высоты (*H/D* до 0,25…0,4) обеспечивает вырубка в штампе из листа. Несмотря на высокую производительность и точность вырубаемых кружков этот способ обладает одним существенным недостатком – низким коэффициентом использования материала, так как в отход в виде высечки при шахматном раскрое полосы на заготовки уходит от 45 до 50% исходного материала.

Наиболее производительным способом является отрезка пруткового материала в специальных штампах с подвижным ножом или в штампах со втулочными матрицами. В процессе отрезки нарушается форма цилиндрической заготовки. Искажение формы заготовки зависит от соотношения ее размеров, физико-механических свойств материала прутка и от конструкции штампов.

Повысить качество отрезаемых в штампе заготовок удается за счет использования специальных приемов:

1) наклона прутка относительно плоскости реза;
2) зажима (подпора) прутка вдоль оси;
3) зажима прутка в поперечном направлении;

4) увеличением скорости деформации;

5) отрезкой кручением.

Однако эти приемы, повышающие качество заготовок и расширяющие технологические возможности резки, требуют специальных технических средств, которые непригодны для массового производства.

Способ изготовления заготовок отрезкой в штампах и на пресс-ножницах, обладая высокой производительностью, простотой конструкции штампов и возможностью использования существующих на заводах прессов, позволяет рекомендовать его для получения большинства заготовок для холодного выдавливания деталей, к которым предъявляют невысокие требования по точности и качеству.

Большой интерес представляет получение исходных заготовок из прутка способом поперечно-винтовой прокатки [5]. При этом способе непрерывное формообразование заготовок происходит за счет пропускания обрабатываемого прутка между вращающимися валками, на поверхности которых по винтовой линии расположены ручьи (реборды).

В результате такой обработки пруток на небольшом участке непрерывно деформируется в относительно короткие тела вращения заданной конфигурации. Высокая точность заготовок по диаметру, длине и массе обеспечивается прокаткой их в калибровочных валках, а непрерывность процесса позволяет его полностью автоматизировать, что очень важно в массовом производстве деталей.

Наиболее производительным из всех перечисленных способов является отрезка в штампе. Себестоимость отрезки в штампе в 4…6 раз меньше, чем на пилах или металлорежущих станках, даже специализированных.

Поэтому при разработке технологии необходимо стремиться к тому, чтобы использовать этот способ. Наибольший эффект он дает в случае применения прутка (проволоки), так как отход при раскрое не превышает 3…5%. Однако качество отрезанных в штампе заготовок получается не всегда удовлетворительным вследствие искажения формы, неперпендикулярности торцев оси заготовки и неровности их поверхности. Чем меньше относительная длина заготовки, тем больше эти дефекты. Величина дефектов зависит также от механических свойств разрезаемого материала. Дефекты тем больше, чем выше пластичность. Практикой установлено, что при отрезке в штампах со втулочными ножами удовлетворительное качество заготовок получается при отношении ее высоты к поперечному размеру (диаметру) не менее 0,7.

При изготовлении заготовок из проволоки самым производительным является способ разрезки ее на заготовки в роторном станке (рис. 12.5).

Производительность такого станка достигает 2300 шт/мин при изготовлении заготовок для пульных сердечников.

От проволоки *1*, непрерывно подаваемой роликами *2* через матрицу *3* до упора *6*, ножи *4* полуматриц установленные на ободе маховика *5* при вращении его с постоянной угловой скоростью, отрезают заготовки *7*.

Отмеченное указывает на то, что после определения высоты заготовки на этапе выбора способа ее отделения (или изготовления) может потребоваться существенное изменение первоначально намеченной технологии.

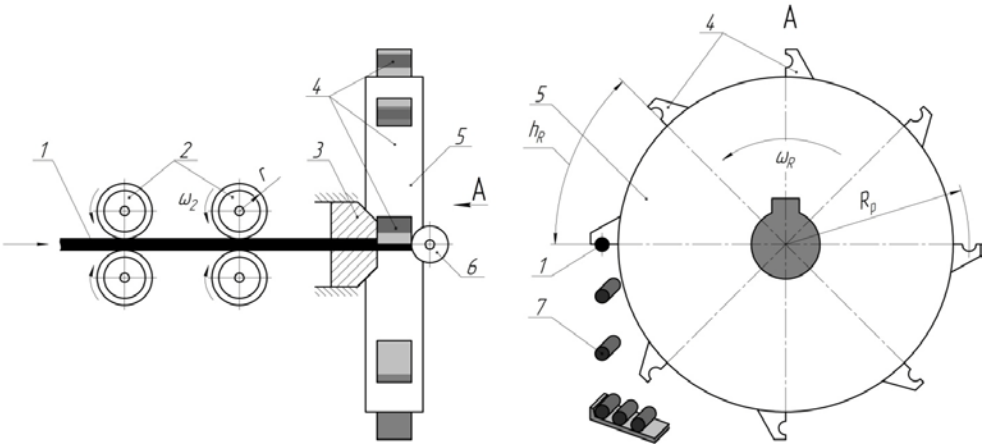


Рис. 12.5. Роторный станок резки проволоки на заготовки: *1* – проволока; *2* – подающие ролики; *3* – матрица; *4* – ножи; *5* – маховик; *6* – упор; *7* – заготовки

Подготовка заготовок к выдавливанию. Необходимым условием изготовления деталей методом холодного выдавливания является подготовка заготовок.

Ввиду тяжелых условий работы инструмента (большие перемещения материала при значительных удельных силах давления и трения с повышенными температурами деформируемого материала) особое внимание следует уделять подготовке поверхности заготовки (полуфабрикатов) перед выдавливанием, которая включает три этапа:

а) удаление дефектов и очистка поверхности от загрязнений, окалины;

б) образование на поверхности заготовки носителя смазки (промежуточного слоя);

в) нанесение технологической смазки.

Очистить поверхность можно различными способами: механическим путем, термической и химической обработкой. Механическая обработка заготовок – это обдирка, шлифование, дробеструйная обработка, галтовка, гидрополирование, ультразвуковая обработка и другие способы. Термическая под-

готовка подразумевает нагрев заготовки перед выдавливанием, химическая – травление поверхности или обработку растворителем.

Промежуточный слой как носитель смазки на заготовках из малоуглеродистой и низкоуглеродистой стали образуется в результате фосфатирования. На легированных сталях такой же слой обеспечивается оксалатированием (обработкой солями щавелевой кислоты). Последующее омыление стальных заготовок является технологической смазкой между промежуточным слоем и инструментом.

Медные сплавы (латуни, бронзы) подвергают оксалатированию обработкой в хромовом ангидриде и сульфате аммония. Перед выдавливанием заготовок из алюминиевых сплавов применяют анодирование или анодное оксидирование – образование на поверхности пленки окислов того же металла при электролизе в растворе серной кислоты.

Комплекс вспомогательных химико-термических операций по подготовке стальных заготовок к выдавливанию включает очистку поверхности, термическую обработку, обезжиривание, промывки (в холодной и горячей воде), фосфатирование, омыление, сушку. Процесс подготовки заготовок из цветных металлов состоит из отжига, травления, очистки, промывки и сушки.

Термическая обработка предназначена для улучшения структуры исходного материала, уменьшения твердости и сопротивления деформированию и повышения пластических свойств металла заготовки. Основным видом термической обработки является отжиг. Он обязателен во всех случаях, когда используют заготовки, изготовленные из калиброванного прутка высадкой, осадкой или калибровкой, т.е. при наличии наклепа металла заготовки. Наименьшую твердость для большинства сталей обеспечивает рекристализационный отжиг. Очистку полуфабрикатов от окалины осуществляют в галтовочных барабанах или травлением в кислотном растворе.

Одной из основных формоизменяющих операций по подготовке заготовок к выдавливанию является калибровка. Калибровка применяется для придания заготовкам необходимой формы и размеров и обеспечения параллельности торцевых поверхностей за счет предварительной деформации в штампе по различным схемам [6] (рис. 12.6).

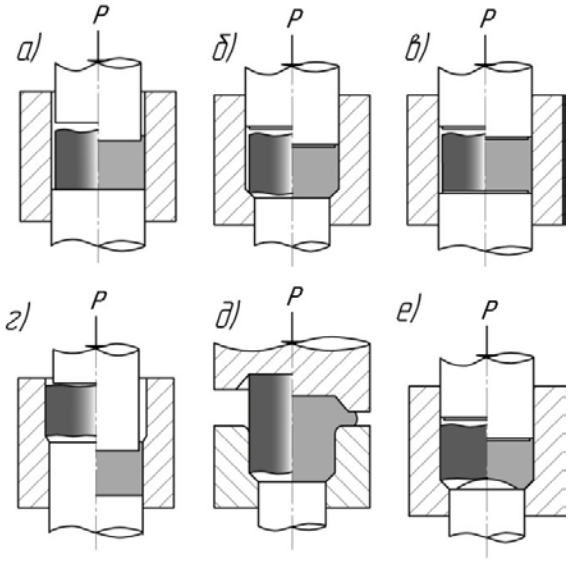


Рис. 12.6. Схемы калибровки: *а, б, в* – осадкой торцевых поверхностей с выдавливанием неглубоких полостей (наметок); *г* – обжатием; *д* –высадкой; *е* – осадкой с кернением торцев

Однако предпочтительным способом калибровки заготовок, отрезанных из прутка (проволоки), является их поперечное выдавливание по схеме, представленной на рис. 12.1. Экспериментально проверенная в лаборатории кафедры ОМД БГТУ «Военмех» и отработанная в производственных условиях предприятий патронно-гильзового производства, эта схема позволила решить многие проблемы изготовления высокоточных и качественных прутковых заготовок.

12.4.5. Оценка предельной величины деформации и количества операций

Определение допустимой величины деформации. Основным показателем величины деформации заготовки в процессе выдавливания служит относительное изменение площади поперечного сечения заготовки:

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100\%$$

или логарифм отношения

$$\varepsilon_i = \ln \frac{F_0}{F}.$$

Большинство материалов, пригодных для холодного выдавливания, ввиду «мягкой» схемы напряженного состояния, обладает таким запасом пластич-

ности, что требуемую величину деформации можно получить за один переход, не опасаясь появления трещин.

Однако современные инструментальные стали, применяемые для изготовления рабочего инструмента, выдерживают в основном удельные силы не более 2500 (250) МПа (кгс/мм^2), что ограничивает допустимые величины деформации.

Таким образом, сопротивление деформированию является в большинстве случаев основным критерием оценки штампуемости материала при холодном выдавливании. Однако для металлов и сплавов, обладающих пониженной пластичностью (дюралюмин, бронза, легированные латуни и др.), основным ограничением величины допустимой деформации могут быть их низкие пластические характеристики. В этом случае на деталях возможно появление трещин или других видов разрушения.

При величинах деформации больше допустимых (из условия прочности инструмента) деталь (полуфабрикат) штампуется за несколько операций с введением промежуточных отжигов для снятия наклепа.

Допустимые и предельные степени деформации при продольном выдавливании приведены в табл. 12.4.

Предельно допустимая величина деформации – это такая величина деформации, при которой отсутствует опасность разрушения материала заготовки, а потребные удельные силы деформирования близки к предельным нагрузкам на инструмент, хотя и не превосходят их.

Таблица 12.4

Допустимые и предельные степени деформации при продольном выдавливании [6]

Материал	Марка или химический состав (в порядке снижения штампуемости)	Допустимая степень деформации ε, %		Предельная степень деформации, ε_{max}, %	
		внутрь	наружу	внутрь	наружу
Алюминий и его сплавы	АО	95	90	98	95
	АД, АД1, АМц, АМг	90	85	95	90
	Д1, АМг5	80	75	85	80
	В95	–	–	60	50
Железо, сталь и биметалл	Армко-железо	75	70	85	80
	08, 10; биметаллы 1 и 3; 18ЮА, 11ЮА, 15, 15Х	70	60	80	75
	20, 20Х, 20Г, 25, 30Х, 20ХН, 30, 35Х	60	50	70	60
	35, 38ХА, 40Х, 45Х, 18ХГ,	40	–	65	40

	12ХГН3А, 30ХМ, 30Г, 20ХГ, 45, 18ХГН, 35ХМ, 35Г, 18ХГТ				

Определение числа и последовательности выполнения формоизменяющих операций. Ввиду разнообразия форм деталей и большого различия в свойствах металлов, в литературе нет строгих рекомендаций по определению числа и последовательности выполнения формоизменяющих операций, которым необходимо следовать, чтобы технология была совершенной.

При решении этой задачи чаще всего приходится опираться на практический опыт использования процесса выдавливания, накопленный промышленностью.

Не менее важным является глубокое знание теоретических основ этого процесса и его технологических возможностей. Однако следует указать несколько наиболее общих положений, которым необходимо следовать при определении числа и последовательности выполнения формоизменяющих операций.

1. При использовании заготовок, изготовленных отрезкой от прутка в штампе, в большинстве случаев целесообразно ввести так называемую операцию калибровки, предназначенную для выравнивания торцев, ликвидации искажений формы и приданию заготовке формы, наиболее благоприятной для последующего деформирования.

2. На начальном этапе разработки технологии, намечая формоизменяющие операции, необходимо исходить не только из формы детали (полуфабриката), которую должны получить штамповкой, но и из рекомендуемых значений величины деформации (см. табл. 12.4), а также учитывать особенности процесса.

3. При назначении операций, в которых материал заготовки имеет несколько направлений перемещения (произвольное течение), например при комбинированном выдавливании, необходимо расчетом определить (хотя бы ориентировочно) последовательность заполнения отдельных частей полости штампа. Это можно сделать по величине сопротивления заполнению каждой из частей штампа в отдельности. Результат расчета может указать на возможность или невозможность практического осуществления намеченной операции.

4. Необходимо с наибольшей точностью вычислить величину удельной силы или давления на наиболее нагруженных частях инструмента на всех операциях.

5. В тех случаях, когда деформация происходит с наличием растягивающих напряжений (например, при поперечном выдавливании внутрь), следует расчетом установить, не произойдет ли разрушение заготовки при осуществлении намеченной операции.

6. Следует учитывать возможность использования сил трения в качестве активных за счет подвижных частей рабочего инструмента.

7. Размеры исходной заготовки и полуфабрикатов по переходам должны быть назначены с учетом необходимых зазоров, износа инструмента, температурной и упругой деформации и центрирования полуфабрикатов на последующих операциях.

Установление размеров необходимо вести от конечной формы и размеров детали (полуфабриката) к исходной заготовке. При выдавливании за один переход диаметр исходной цилиндрической заготовки D_0 назначают меньше диаметра последующего полуфабриката с учетом свободного вхождения заготовки в матрицу:

$$D_0 = d_n - 2z_0,$$

где $2z_0 = 0{,}05\ldots0{,}2$ – двусторонний диаметральный зазор между заготовкой и матрицей.

При необходимости изготовления деталей более высокой точности применяют легкую запрессовку заготовки в матрицу, т.е. $2z_0 = -(0{,}10\ldots0{,}15)$ мм.

Количество операций определяют методом подбора в зависимости от итоговой, требуемой величины деформации ε_Σ в заданном контрольном сечении заготовки и допустимых значений величины деформации, рекомендуемых из условия допустимых нагрузок на инструмент. При этом необходимо соблюдать равенство

$$(1-\psi_\Sigma) = (1-\psi_1)(1-\psi_2)\ldots(1-\psi_n)$$

и условие

$$\psi_1 > \psi_2 > \ldots > \psi_n \ ,$$

где $\psi_1, \psi_2, \ldots \psi_n$ – величины деформации по операциям.

Основными расчетными размерами полуфабрикатов являются наружный ($d_i^{\text{н}}$) и внутренние ($d_i^{\text{в}}$) диаметры, толщина стенки S_i в заданном контрольном сечении, толщина дна $S_{\text{дні}}$ и высота h_i. При применении пуансонов с цилиндрической рабочей частью достаточно вести расчет по нижнему расчетному сечению.

Для определения размеров полуфабрикатов рассчитывают площади поперечного сечения по операциям:

$$F_i = F_{i-1}(1-\psi_i),$$

где F_i, $F_{i\text{-}1}$ – площади поперечного сечения заготовки на предыдущей и последующих операциях; ψ_i – величина деформации на данной операции.

Наружные диаметры заготовок по операциям при многооперационном процессе определяют в зависимости от соотношения диаметров исходной заготовки и детали (полуфабриката):

$$(\Delta d)_\Sigma = D_0 - d_n;$$

$$(\Delta d)_{\Sigma} = (\Delta d)_1 + (\Delta d)_2 + ... + (\Delta d)_{n-1};$$
$$d_i = d_{i-1} - (\Delta d)_{i-1}.$$

Уменьшение диаметров полуфабриката на последующих операциях достигается путем применения обжатия или вытяжки с утонением стенки. Внутренние диаметры определяют в зависимости от величины деформации по операциям и рассчитанных площадей поперечного сечения в контрольных сечениях:

$$d_i^{/} = \sqrt{d_i^2 - \frac{4}{\pi} F_i}\ .$$

Высоты и толщины дна полуфабрикатов по операциям определяют из условия равенства объемов полуфабрикатов до и после проведения операции, при обязательном выполнении условия:

$$S_{\text{дн}} > S\ .$$

Процесс выдавливания не может конкурировать с вытяжкой тонкостенных деталей (полуфабрикатов). Поэтому, если после выдавливания требуются операции вытяжки для утонения стенки, то расчет их следует вести по изложенной ранее методике (см. разд. 8,9).

Определение числа, места и режима термических операций. Термические операции придают обрабатываемому материалу определенные «технологические свойства» и формируют эксплуатационные характеристики. Особенно это важно в тех случаях, когда изготавливают сложные детали с большой величиной деформации при предельно допустимых нагрузках на инструмент. Поэтому необходимо предусмотреть термические операции и их режим. Каких-либо специальных требований к термообработке не существует, но иногда желательно иметь равномерные свойства по объему заготовки (полуфабриката). Поэтому может потребоваться термическая обработка для выравнивания свойств.

Общим правилом является необходимость термической обработки заготовки (полуфабриката) перед операцией со значительной величиной пластической деформации, если заготовка (полуфабрикат) получила наклеп на предыдущей операции. Как и при других процессах, следует избегать термической обработки заготовок (полуфабрикатов) с критическими значениями величины деформации.

12.4.6. Расчет технологических сил, размеров и прочности инструмента

Расчет технологических сил. Исследованиями установлено, что характер диаграмм «сила–путь инструмента» при продольном выдавливании деталей

из различных материалов наружу и внутрь и при различных скоростях деформирования (0,05…0,15 до 300 мм/с) один и тот же.

Основные факторы, влияющие на величину общей и удельной силы при холодном выдавливании:

- физико-механические свойства материала заготовки;
- величина деформации;
- толщина стенки детали;
- высота заготовки;
- форма инструмента и состояние его поверхности;
- контактное трение;
- скорость деформации.

Установлена прямо пропорциональная зависимость силы выдавливания от предела текучести материала $\sigma_т$. С увеличением предела текучести исходного материала и способности его к упрочнению сила выдавливания возрастает.

Как показали исследования, геометрическая форма инструмента также оказывает значительное влияние на величину силы выдавливания.

Известно, что наилучшими формами пуансона при продольном выдавливании наружу, соответствующими минимальной силе (матрица с плоским дном), является коническая с углом конуса $\varphi = 90°…120°$. Оптимальные (обеспечивающие наименьшую силу) значения угла φ у различных авторов разные: по данным Прозорова, $\varphi = 120°…150°$; Фаворского – $\varphi = 125°…130°$; Фельдмана – $\varphi = 164°…166°$.

Такая конструкция пуансона позволяет снижать силу до 30% по сравнению с пуансоном, имеющим плоский торец.

При высоких скоростях деформирования (свыше 300 мм/с) форма инструмента больше влияет на величину силы выдавливания, чем при деформировании с малыми скоростями [8].

При продольном выдавливании большое влияние на течение металла оказывает профиль матрицы. Наиболее благоприятной является матрица, имеющая входной конус с углом $\alpha = 90° – 110°$. Матрицы с большим значением угла входного конуса увеличивают удельную силу до 15%.

Форма поперечного сечения матрицы практически не влияет на величину силы выдавливания.

С увеличением контактного трения (т.е. с ухудшением контактных условий) потребная удельная сила деформирования возрастает. На величину сил контактного трения, кроме свойств материала, влияет состояние поверхности инструмента и качество смазки. Эффективное использование покрытий и смазок значительно (до 30% и более) уменьшает величину общей и удельной силы при продольном выдавливании [9].

Влияние скорости деформации на удельную силу изучено недостаточно. В работе [10] указаны факторы, оказывающие более сложное влияние высокоскоростного выдавливания в сравнении со статическим. Максимальные динамические удельные силы несколько ниже, чем при статическом выдавли-

вании, что связано с разогревом металла при деформировании. В то же время опытные данные свидетельствуют о том, что при холодном выдавливании на тихоходных и быстроходных прессах потребные максимальные силы примерно одинаковы.

Расчетные формулы для определения максимальных значений общей и удельной силы приведены в табл. 12.5.

Конструирование и расчет размеров рабочего инструмента. При проектировании рабочего инструмента необходимо учитывать следующие основные положения:

- строго выдерживать концентричность внутренних и наружных (посадочных) поверхностей матриц – биение поверхностей не должно превышать 0,02…0,03 мм;
- неперпендикулярность опорных торцов матриц оси отверстия не должна превышать 0,02…0,03 мм на 100 мм;
- оси пуансонов выдерживать перпендикулярными к их опорным торцам также в пределах 0,02…0,03 мм на 100 мм;
- биение посадочных диаметров и диаметров калибрующих поясков пуансонов не должно превышать 0,02…0,03 мм;
- все рабочие элементы полируют до чистоты Ra 0,32 и выше.

Таблица 12.5

Формулы для расчета максимальной силы выдавливания

Расчетная формула	Способ выдавливания	Схема (по табл. 12.1)
Формула Д. П. Кузнецова [11] $P = (0{,}7 \dots 0{,}8) \cdot n \cdot \sigma_i \left[\frac{\pi d_П^2}{4} \left(4{,}14 + 4{,}65f + 1{,}25 \frac{h_П \cdot f}{S} \right) \right]$	Продольное выдавливание стакана с истечением металла наружу	Схема II.3.2
Формула С. И. Губкина [12] $P_{max} = F_П \cdot k_1 \cdot \sigma_в \cdot n \cdot \left[ln \frac{F_0}{F} + e^{\frac{4f \cdot h_M}{d_M}} \right]$	Продольное выдавливание стержня и пустотелой (трубной) заготовки со стоком материала внутрь	Схема II.3.1
Формула Д. П. Кузнецова [11] $P = 0{,}4\sigma_i \cdot F_П \left[\left(1{,}48 + 1{,}15\alpha + 2{,}67c \cdot lg \frac{S_0}{S} \right) cos\alpha + \frac{4f \cdot h_M d_M}{d_M^2 - d_П^2} + 2{,}67 lg \frac{S_0}{S} \right]$		Схема III.9.1
$P = 2{,}16\sigma_i \cdot F_0 \left[\frac{r_\varphi^2}{r_0^2 \cdot e} + f \cdot \frac{h_П}{r_0} \cdot \frac{\sigma_T}{1{,}08\sigma_i} \right]$	Поперечное выдавливание сплошной заготовки с истечением материала наружу	Схема II.3.3
$h_м$, $h_п$ – высота калибрующей части матрицы и пуансона, мм; K = 1,2…1,5 – коэффициент, учитывающий влияние скорости деформации (деформационное упрочнение металла); c = 1,5…1,37 – при изменении угла матрицыα от 45 ^{0} до 55^0; n – коэффициент формы, n = 0,85…1.		

Исполнительными размерами рабочего инструмента при холодном выдавливании являются диаметр цилиндрического пояска матрицы, диаметр рабочей части пуансона, диаметр оправки (при прямом выдавливании).

При применении холодного выдавливания как промежуточной операции исполнительные размеры назначают по соответствующим номинальным размерам полуфабриката с учетом допуска на изготовление инструмента.

При задании допуска на наружный размер, когда основным инструментом является матрица,

$$d_{\text{ì}\,i} = (d_i)^{+\delta_{\text{ì}}}; \qquad d_{\text{ï}\,i} = (d_{\text{ì}\,i} - 2S_i)_{-\delta_{\text{ï}}}.$$

При задании допуска на внутренний диаметр, когда основным инструментом является пуансон,

$$d_{\text{ï}\,i} = \left(d_i^{/}\right)_{-\delta_{\text{ï}}};$$

$$d_{\text{ì}\,i} = \left(d_i^{/} + 2S_i\right)^{+\delta_{\text{ì}}}.$$

Если операция холодного выдавливания применяется как завершающая, то учитывают припуск на износ инструмента и возможные упругие и температурные деформации инструмента и заготовки:

$$d_{\text{ì}\,i} = \left(d_{\max} - \text{Ï}_{\text{èçí}} - \delta_y - \delta_t\right)^{+\delta_{\text{ì}}};$$

$$d_{\text{ï}\,i} = \left(d_{\text{ì}\,i} - 2S_i\right)_{-\delta_{\text{ï}}};$$

$$d_{\text{ï}\,i} = \left(d_{\min} + \text{Ï}_{\text{èçí}} + \delta_y + \delta_t\right)_{-\delta_{\text{ï}}};$$

$$d_{\text{ì}\,i} = \left(d_{\text{ï}\,i} + 2S_i\right)^{+\delta_{\text{ì}}},$$

где $d_{\max} = d_i + \Delta_1$; $d_{\min} = d_i + \Delta_2$; $П_{\text{изн}} = 0{,}8П_{\text{д}}$ – припуск на износ; $П_{\text{д}} = \Delta_1 - \Delta_2$ – поле допуска; Δ_1, Δ_2 – верхнее и нижнее отклонения на размер; $\delta_{\text{y}}, \delta_t$ – упругие и температурные деформации заготовки и инструмента.

Основные конструктивные размеры рабочего инструмента для продольного выдавливания внутрь показаны на рис. 12.7 и составляют:

для пуансонов

$d_1 = 1{,}5d_{\text{ï}}$; $h_1 = 0{,}2D$;

$D = 2{,}0d_{\text{ï}}$; $H = 1{,}0...1{,}5d_1$;

$r = 0{,}1d_{\text{ï}}$;

для матриц

$2\alpha = 90...110^0$; $h_1 = h_0 + (3...5)$ мм;

$h = 0{,}2d_{\text{ì}}$; $r = 2...3$ мм.

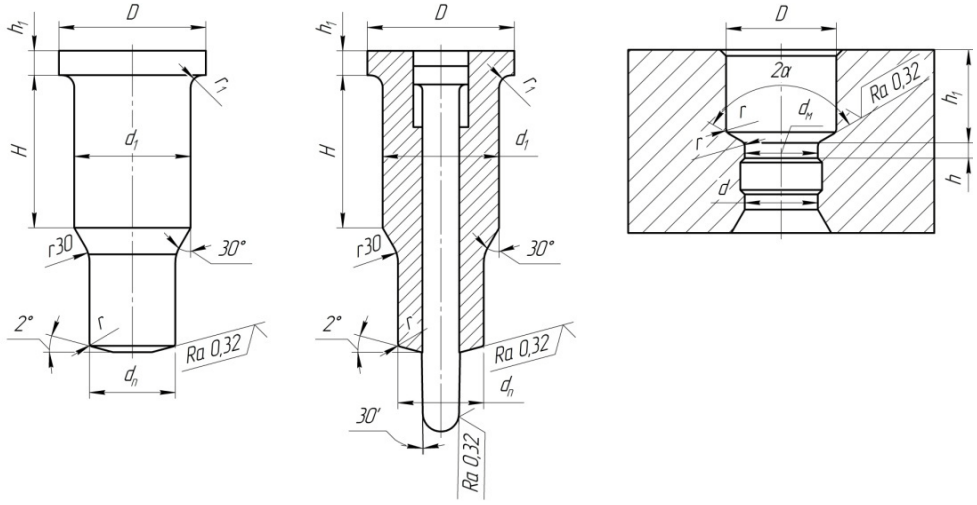


Рис. 12.7. Конструкция пуансонов (*а*, *б*) и матрицы (*в*) для продольного выдавливания внутрь

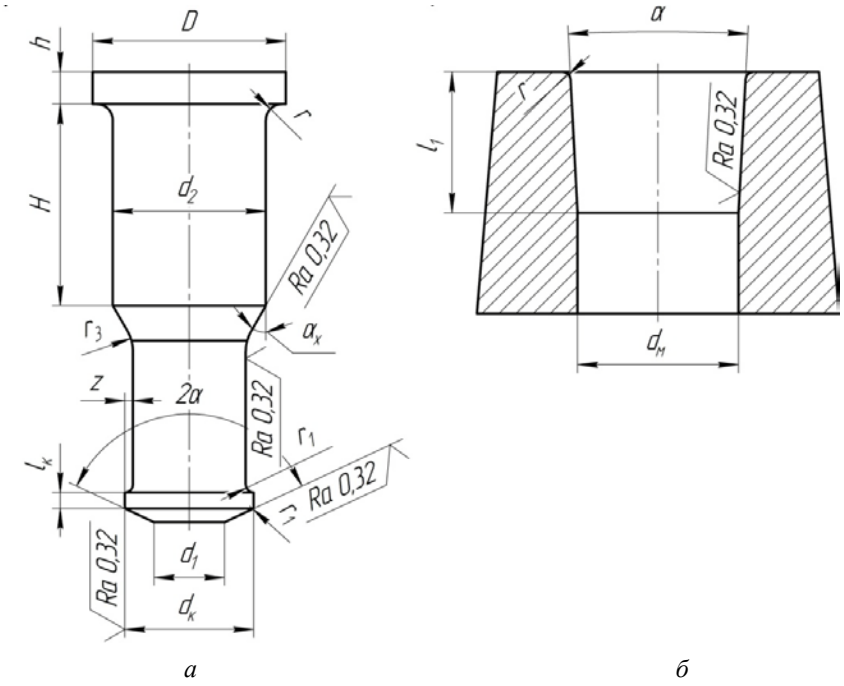


Рис. 12.8. Конструкция пуансона (*а*) и матрицы (*б*) для продольного выдавливания наружу

Форма и конструктивные размеры инструмента для продольного выдавливания наружу показаны на рис. 12.8 и составляют:

для пуансонов

$2\alpha = 120...150^0$; $r_1 = 0{,}1d_п$;

$d_1 = 0{,}3...0{,}5d_п$; $h = 0{,}2D$;

$d_2 = 1{,}5d_1$; $H = 1{,}0...1{,}5d_2$;

$D = 2d_п$; $l_ê = 0{,}05...0{,}15d_п$;

для матриц

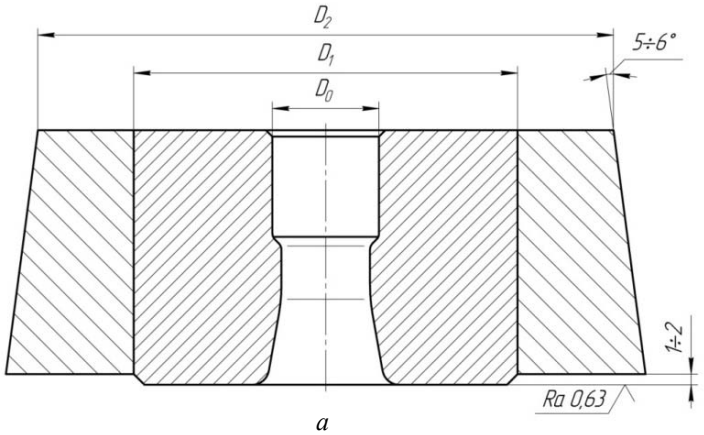
$d_м = d_0 + (0{,}1...0{,}2)$ мм; $r = 3...5$ мм;

$\alpha = 1...1^0 30^/$; $l_1 = h_0 + (3...5)$ мм.

Расчет на прочность рабочего инструмента. При изготовлении инструмента особое внимание следует обращать на плавность переходов от одного диаметра к другому. Резкие переходы, поднутрения, подрезы, риски, царапины ведут к образованию зон концентрации напряжений и снижают стойкость инструмента.

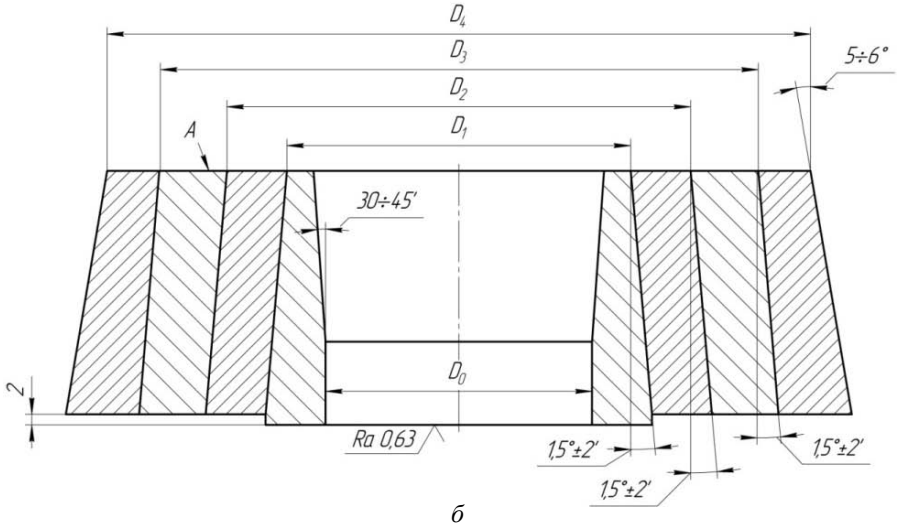
Чтобы избежать концентрации напряжений в местах резкого изменения сечения, иногда целесообразно делать детали составными. По этой причине на пуансонах и выталкивателях недопустимы центровые отверстия, а плавные переходы необходимо обеспечить до термообработки.

Наиболее опасными, приводящими к разрушению матриц, являются тангенциальные растягивающие напряжения. Повышение прочности матриц достигается путем напрессовки на них бандажей, создающих с матрицей предварительно напряженную конструкцию (рис. 12.9).



а

Рис. 12.9. Матрицы для холодного выдавливания: *а* – однобандажная; *б* – многобандажная



б

Рис. 12.9 (окончание)

Размеры бандажей и вставки рассчитывают по следующим соотношениям:

$D_2 = 2D_1$; $D_1 = 2D_0$ – для однобандажных матриц (рис. 12.9,*а*);

$D_1 = 1{,}6D_0$; $D_2 = 2{,}2D_0$; $D_3 = 3{,}0D_0$ – для многобандажных (рис. 12.9,*б*).

Величина натяга составляет: для однобандажных матриц – 0,3…0,4 мм, для многобандажных – $\Delta_1 = 0{,}025D_1$; $\Delta_2 = 0{,}008D_2$ и $\Delta_3 = 0{,}004D_3$.

Расчет пуансонов основан на определении допустимых напряжений сжатия делением максимальной силы выдавливания на наименьшую площадь поперечного сечения пуансона. Полученная величина средней удельной силы на инструмент должна быть меньше предела текучести закаленной инструментальной стали.

Материал и термообработку рабочего инструмента следует назначать в зависимости от условий работы с учетом величины удельной силы деформации.

Стойкость стального инструмента зависит от типа изготавливаемой детали, марки обрабатываемого материала, марки инструментальной стали и качества ее термической обработки, величины деформации, качества смазки и других факторов.

Выбор инструментальной стали зависит, главным образом, от условий и режимов выдавливания, от конфигурации выдавливаемой детали и ее материала, от конструкции, сложности формы и размеров пуансонов и матриц.

Надо иметь в виду, что работоспособность деталей инструмента зависит не только от марки, но и от структуры их материала. Для легированных сталей необходимо обращать внимание на карбидную неоднородность:

для пуансонов ее величина должна быть не выше 3-го класса, а для матриц – не выше 4-го.

Как показала практика, эффективным средством повышения механических свойств штамповых сталей и стойкости инструмента является предварительная всесторонняя ковка заготовок с применением многократной осадки и протяжки с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском инструмента [6, 7, 13].

Кроме стали, для матриц, особенно бандажированных, может быть использован твердый сплав ВК20 или ВК20КС.

12.4.7. Конструирование штампов и выбор технологического оборудования

Процесс холодного выдавливания деталей проводят в штампах различной конструкции в зависимости от способа выдавливания.

Основное отличие штампов для холодного выдавливания от штампов для листовой штамповки состоит в большей их жесткости и точности. Так, толщину плит и диаметр направляющих колонок необходимо увеличивать на 30…50%. Особое требование к изготовлению плит и опорных прокладок состоит в соблюдении строгой параллельности рабочих поверхностей (отклонение 0,01 мм на 100 мм) и перпендикулярности к оси действия нагрузки (~ 0,01…0,02 мм на 100 мм) с шероховатостью поверхности не менее Ra 0,63. Весьма важным требованием является соосность рабочего инструмента.

В зависимости от способа ее обеспечения применяют штампы для холодного выдавливания с направляющими колонками, с направлением пуансона по матрице, с направляющим съемником или направляющим кольцом, с комбинированным направлением и т.п. Применение штампов с направлением пуансона по матрице наиболее эффективно для получения невысоких деталей типа стаканчиков. Такие штампы позволяют изготавливать детали с разностенностью не более 0,05…0,10 мм.

Конструкции штампов для холодного выдавливания не имеют принципиальных отличий от конструкций штампов для выполнения других процессов объемной штамповки. Целесообразно отметить лишь особенности условий работы штампа для холодного выдавливания, которые следует учитывать при конструировании. Эти особенности заключаются в том, что его детали испытывают большие нагрузки, при этом происходит значительное перемещение материала заготовки на контактной поверхности, в результате чего намного повышается температура приконтактного слоя.

В силу тяжелых условий работы штампа к нему предъявляются следующие требования:

1) высокая жесткость и максимально возможная прочность наиболее нагруженных деталей;

2) надежное центрирование и крепление рабочих деталей;

3) возможность быстрой смены рабочих деталей;

4) безопасность обслуживания;

5) возможность механизации и автоматизации подачи и удаления полуфабрикатов;

6) возможность подачи технологической смазки и охлаждения в рабочую зону штампа.

Средства, используемые для удовлетворения указанным требованиям, те же, что при конструировании штампов другого назначения.

1. Как правило, необходимо применять штампы с направляющими устройствами (втулки с колонками, плавающая втулка, жесткая втулка, направление пуансона по матрице). Иногда применяют двойное направление (колонки со втулками и пуансон по матрице). Следует обеспечить надежное направление инструмента до начала деформации.

2. Необходимо предусмотреть устройства для удаления полуфабрикатов из матрицы и съема детали с пуансона, что осуществляют с помощью обычных общеизвестных конструкций выталкивателей и съемников. Для обеспечения надежной работы выталкивателя необходимо учитывать, что сила выталкивания может составлять весьма большую величину – до 15% от силы деформирования.

3. Чтобы обеспечить требуемую жесткость, необходимо опорные плиты штампа делать большой толщины (до 70…75 мм) из материала высокого качества. Иногда целесообразно делать их составными, предусматривая опорные части из инструментальной стали (с закалкой). Большое внимание следует уделять опорным подкладкам (плитам). Под пуансоны они должны быть достаточно толстыми (20…40 мм), под матрицы 20…25 мм и выполнены из высококачественной инструментальной стали.

4. Диаметр колонок должен быть достаточно большим (больше, чем в штампах другого назначения).

5. Штампы могут быть не только однопозиционными, но и многопозиционными.

На рис. 12.10 представлена типовая конструкция универсального штампа для выдавливания с нижним выталкивателем оригинальной конструкции и верхним съемником.

Основные требования к прессам, определяемые технологическими особенностями процесса холодного выдавливания, следующие:

а) обеспечение номинальной силы на большей части рабочего хода;

б) повышенная жесткость;

в) надежное направление ползуна;

г) наличие выталкивателей (нижнего и верхнего при вертикальном расположении пресса);

д) наличие надежных и удобных защитных ограждений штампового пространства;

е) наличие универсальных средств механизации и автоматизации подачи и удаления полуфабрикатов.

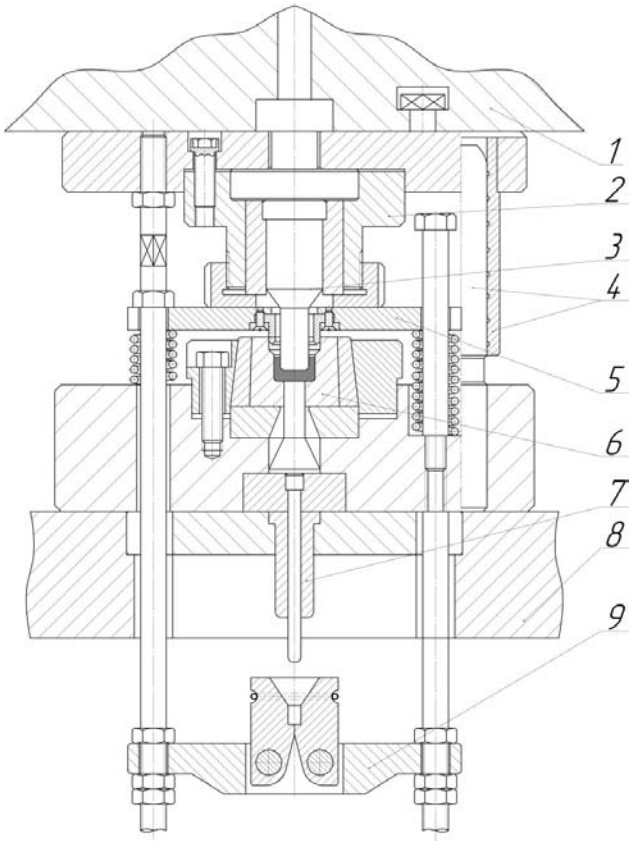


Рис. 12.10. Штамп для холодного выдавливания: *1* – ползун пресса; *2* – пуансонодержатель; *3* – пуансон; *4* – направляющие колонка и втулка; *5* – съемник; *6* – матрица; *7* – копир; *8* – стол пресса; *9* – выталкивающее устройство

Перечисленным требованиям в полной мере удовлетворяют специальные прессы, выпускаемые отечественной промышленностью. В табл. 12.6 представлены четыре модели вертикальных механических прессов, выпускаемых Барнаульским заводом механических прессов.

Таблица 12.6

Прессы для холодного выдавливания, выпускаемые Барнаульским заводом механических прессов

Модель	КА 0030	К 0032	К 0034	К 0036
Номинальная сила, т	100	160	250	400
Ход ползуна, мм	130	160	200	240
Число ходов ползуна в мин	70	40	32	25
Расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении, мм	500	560	630	750
Регулируемое расстояние между столом и ползуном, мм	15	15	15	20
Толщина подштамповой плиты, мм	125	140	130	150
Мощность эл. мотора, кВт	18,5	28 (40)	40	55
Габариты спереди – назад, слева – направо, высота, мм	1400 × 1465 × 2720	1620 × 1720 × 3050	2030 × 1950 × 3654	2500 × 2260 × 4515
Масса, кг	7181	12150	20850	36950

Кроме указанных в табл. 12.6, можно использовать чеканочные кривошипно-коленные прессы от 100 до 4000 т по ГОСТ 5384–89; холодно–высадочные автоматы, а также гидравлические прессы, которые обеспечивают безударное приложение нагрузки.

Не существует принципиальных препятствий к применению прессов иного назначения, если они по основным характеристикам удовлетворяют предъявляемым требованиям, однако их применение связано с решением ряда дополнительных задач и потому может быть менее успешным.

12.4.8. Контроль точности и качества штампуемых деталей (полуфабрикатов)

Правильный выбор исходного материала и тщательный контроль его качества являются обязательными условиями успешного освоения процессов холодного выдавливания. Выполнение этих требований обеспечивает высокую стойкость рабочих деталей штампа и хорошее качество изготавливаемых деталей.

Следует отметить целесообразность введения механических испытаний на осадку (по ГОСТ 8817–82) и технологических испытаний на выдавливание колпачков в штампе для оценки пригодности поставляемого материала к выдавливанию.

Качество готовых деталей (полуфабрикатов) оценивают их точностью по поперечным и осевым размерам и состоянием наружных и внутренних поверхностей.

Точность деталей по поперечным размерам зависит от следующих факторов [14]:

- износа инструмента;
- изменения температуры инструмента и деформируемой заготовки;
- упругих деформаций инструмента и заготовки.

Точность деталей по осевым размерам зависит в основном от точности объема исходных заготовок и упругих деформаций системы «пресс–штамп».

Колебание объема исходных заготовок зависит от величины поля допуска на прокат и точности по длине заготовок. Поэтому использование калиброванного прутка в качестве исходного материала требует применения более точных способов рубки его по длине.

Что касается уменьшения упругих деформаций системы пресс-штамп, то чрезмерное увеличение жесткости прессов очень мало влияет на точность осевых размеров выдавливаемых деталей, которые находятся в пределах 7…9-го классов точности (ОСТ 1013).

Шероховатость поверхности выдавленных деталей достигает Ra 0,32…0,63 по ГОСТ 2789–73 и зависит от чистоты поверхности инструмента и заготовки. Недеформированные части заготовок практически не меняют чистоту поверхности после выдавливания.

Основные виды брака при холодном выдавливании и причины их возникновения приведены в табл. 12.7.

Таблица 12.7

Виды и причины брака при холодном выдавливании

Вид	Причина
При продольном выдавливании наружу	
Поперечные мелкие трещины на наружной боковой поверхности детали.	Низкие пластические характеристики деформируемого металла. Неправильный подбор смазки и покрытий, низкое их качество. Задиры или налипание на рабочем инструменте. Несоосность пуансона и матрицы.
Поперечные мелкие трещины на внутренней боковой поверхности детали.	Низкая пластичность деформируемого материала. Отсутствие радиуса закругления на пуансоне. Большое отношение высоты детали к ее диаметру.
Продольные царапины на боковой поверхности детали.	Низкое качество смазки. Царапины или трещины на пуансоне или в матрице, их износ. Большая высота рабочего пояска пуансона.
Глубокая кольцевая трещина в углу дна.	Предельная величина деформации. Толщина дна меньше толщины стенки детали.
Большая величина разностенности детали.	Плохое центрирование рабочего инструмента в штампе. Недостаточно надежное направляющее устройство пресса.

Окончание табл. 12.7

Вид	Причина
Неровный верхний торец детали.	Неравномерность деформации по периметру детали. Неперпендикулярность торца пуансона оси приложения нагрузки. Непараллельность торцов заготовки, высокая анизотропия материала.
При продольном выдавливании внутрь	
Поперечные мелкие трещины на наружной боковой поверхности детали.	Плохое качество смазки. Большая величина деформации. Высокий калибрующий поясок матрицы. Низкая пластичность деформируемого материала.
Кольцевой скол в углу фланца.	Угол конусности матрицы больше оптимального.
Поперечная складка в зоне фланца.	Большая величина деформации. Большой зазор между заготовкой и приемником.
Осевая утяжка в зоне фланца.	Недопустимо мала высота фланца. Большая величина деформации.

12.5. Примеры конкурирующих вариантов начального этапа ресурсосберегающей технологии изготовления 5,45-мм гильзы из прутковой заготовки с использованием процесса выдавливания

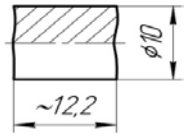
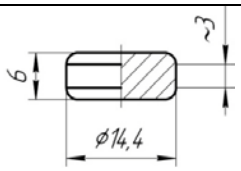
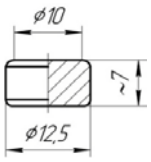
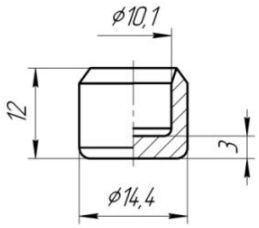
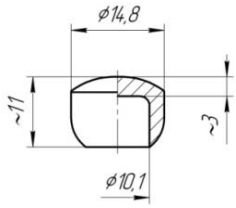
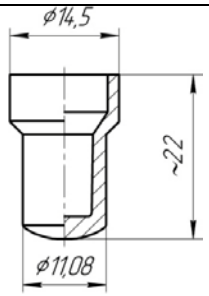
Начиная с 1970-х годов на кафедре ОМД БГТУ «Военмех» разрабатывалась и совершенствовалась ресурсосберегающая технология изготовления гильз к патронам стрелкового оружия разного калибра из пруткового материала, которая не только экономит исходный материал путем замены профиля с полосы на пруток (проволоку), но и использует новые технологические возможности эффективного процесса выдавливания.

В ходе исследования различных видов процесса выдавливания и экспериментальных проверок были разработаны три конкурирующих варианта начального этапа изготовления 5,45-мм гильзы из стальной проволоки (табл. 12.8).

Успешные испытания гильз на прочность и безотказность работы автоматики при испытании ударом всех трех партий патронов с этими гильзами подтвердили правильность принятых технических решений и возможность их дальнейшего совершенствования.

Таблица 12.8

Конкурирующие варианты формоизменения прутковой заготовки нового технологического процесса изготовления 5,45 мм гильзы из проволоки

<table>
<tr><th>Вариант I</th><th>Вариант II</th><th>Вариант III</th></tr>
<tr><td colspan="3">1. Отрезка заготовки из проволоки
 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Калибровка поперечным выдавливанием</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Отжиг 1-й, травление, промывка, фосфатирование, сушка</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. Продольное выдавливание
 
</td><td>4. Поперечно-продольное выдавливание
 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">5. Отжиг 2-й, травление, промывка, фосфатирование, сушка</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Далее по действующей технологии, начиная со 2-й вытяжки на линии МЛГ-1р-56</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">6. Отжиг, травление, промывка, фосфатирование, сушка</td></tr>
<tr><td colspan="2">Далее по действующей технологии, начиная с 3-й вытяжки на линии МЛГ-205 без обрезки полуфабрикатов 3-й вытяжки</td></tr>
</table>

Библиографический список

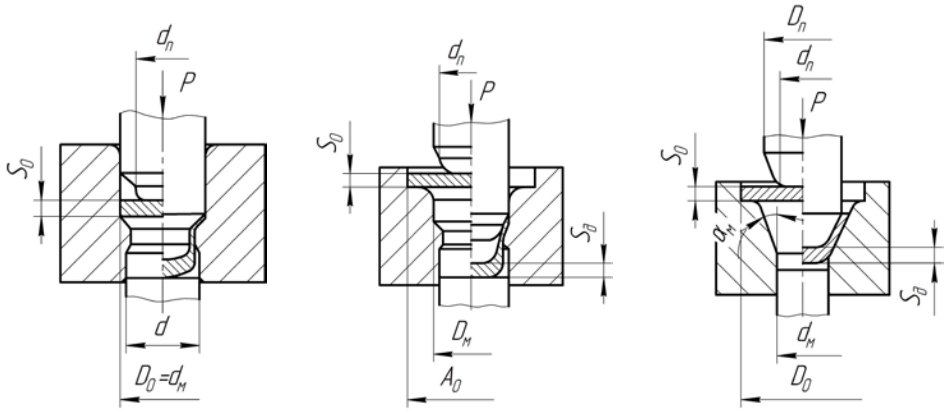
1. *Гуменюк Ю.И.*, Кузнецов Д.П. Общая и специальная терминология ОМД на примере классификации основных видов процесса выдавливания // Заготовительные производства в машиностроении. 2005. №2. С. 26 – 35.
2. *Кузнецов Д.П.* Напряженно-деформированное состояние заготовок при обратном выдавливании полых цилиндрических деталей // Вестник машиностроения. 1959. №2. С. 40 – 44.
3. *Кузнецов Д.П.*, Гуменюк Ю.И. Исследование напряженно-деформированного состояния низких заготовок при холодном обратном выдавливании // КШП. 1974. №4. С. 5 – 7.
4. *Гуменюк Ю.И.*, Даниленко С.В. Напряженно-деформированное состояние низких заготовок при холодном продольном выдавливании «со стоком» // Актуальные вопросы ракетно-космической техники и технологий: Сб. тр. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых БГТУ. СПб., 2003. С. 158 – 161.
5. *Шур М.Б.* Безотходное изготовление заготовок из прутка // Прогрессивные методы изготовления, отделки и упрочнения металлических деталей пластическим деформированием. М., Машгиз, 1962.
6. *Головин В.А.* и др. Технология холодной штамповки выдавливанием. М.: Машиностроение, 1970. С. 152.
7. *Шмыков А.А.* Справочник термиста. М.: Машгиз, 1961. С. 358.
8. *Прозоров А.В.* Холодное выдавливание тонкостенных изделий // Сб. ЦНИИТМАШ. 1950. Кн. 32. С. 87-96.
9. *Барановский М.А.* и Булах В.Н. Опыт холодного выдавливания стали. Минск, 1960. С. 27.
10. *Прозоров А.В.* Прессование стали, М.: Машгиз, 1956. С. 264.
11. *Кузнецов Д.П.* Расчет усилий холодного выдавливания полых цилиндрических деталей // Новое в кузнечно-штамповочных цехах Ленинграда. Л.: Лениздат, 1958. С. 137 – 153.
12. *Губкин С.И.* Пластическая деформация металлов. В 3 т. Т. 1. Металлургиздат, 1960. С. 376.
13. *Геллер Ю.А.* Инструментальные стали. М.: Металлургиздат, 1961. С.526.
14. *Филимонов Ю.Ф.* и Кузнецов Г.В. О точности стальных деталей, изготовляемых холодным прессованием // Новое в технологии обработки металлов давлением. Вып. 15. М.: ЭНИКМАШ, 1967.

13. ВЫТЯЖКА–ВЫДАВЛИВАНИЕ

13.1. Способы и технологические особенности процесса

Вытяжка–выдавливание – наиболее сложный комбинированный процесс штамповки, в зависимости от формы исходной заготовки и конструкции рабочего инструмента – имеет несколько разновидностей, которые применяют в производстве патронов при изготовлении гильз, пиростаканов, втулок и т.д. Возможность перераспределения металла по периметру в процессе штамповки позволяет применять заготовки квадратной и шестигранной формы, получать полуфабрикаты с минимальной косиной и разностенностью, значительно экономить металл. Форма и размеры заготовки не только существенно влияют на коэффициент использования металла, но во многом определяют величину допустимой степени деформации, характер формоизменения, максимальные технологические нагрузки. Например, применение квадратной или шестигранной заготовки приводит к образованию неоднородно деформированных по периметру и высоте зон, может служить причиной образования продольных складок – трещин во фланце.

Свертка–выдавливание (так в дальнейшем будем называть процесс вытяжки–выдавливания, в котором применяют плоские заготовки) в зависимости от соотношения поперечных размеров заготовки и приемной части матрицы, имеет три основные разновидности (рис. 13.1).



а *б* *в*

Рис. 13.1. Схема свертки–выдавливания: *а*, *б* – в ступенчатых матрицах ($а – A_о > D_м$; $б – D_о = D_м$); *в* – в конической матрице

В производстве гильз часто встречается вариант свертки–выдавливания, когда диаметр заготовки равен диаметру приемной части матрицы $D_0 = D_м$ (рис. 13.1,*а*). В этом случае весь процесс может быть представлен состоящим

из трех этапов. На первом этапе происходит деформирование заготовки по схеме вытяжки сдвигом, когда практически нет уменьшения диаметра, а сразу начинается утонение стенки заготовки в зазоре между пуансоном и матрицей. Первый этап продолжается до соприкосновения кромки заготовки с уступом пуансона; второй этап – вытяжка с высадкой кромки, а затем третий – прямое выдавливание.

Свертка–выдавливание в матрицах с коническим рабочим профилем (рис. 13.1,*в*) предназначена для изготовления конусных деталей с переменной или постоянной толщиной боковой стенки и утолщенным дном. Закон изменения толщины вдоль образующей зависит от соотношения углов конусности матрицы и пуансона и степени деформации на этапе выдавливания. При равенстве углов $\alpha_м = \alpha_п$ толщина стенки будет неодинаковой, увеличиваясь к дну.

Весь процесс штамповки может быть условно разделен на два этапа. На первом втягивание заготовки в рабочее пространство матрицы подобно начальному этапу процесса вытяжки без утонения плоской заготовки. На втором этапе боковая стенка подвергается сжатию и принудительному утонению за счет перемещения пуансона и сближения его с поверхностью матрицы.

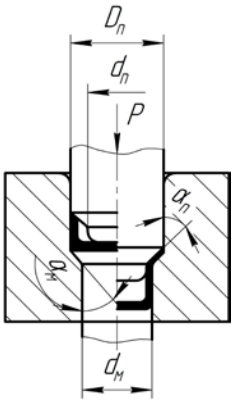


Рис. 13.2. Схема вытяжки–выдавливания полой заготовки

Этот способ свертки–выдавливания применяется для изготовления гильз к малокалиберному артиллерийскому патрону. Внешним признаком, отличающим процесс вытяжки–выдавливания от свертки–выдавливания, является применение для штамповки не плоских, а полых заготовок с дном и различной формой торца, которые изготавливают вытяжкой, либо вырубкой–сверткой, используя раскрой полосы на квадраты, шестигранники или кружки. Процесс применяют для изготовления различных элементов патронов: пиростаканов, корпусов трассеров, капсюлей, оболочек и других деталей (рис. 13.2).

На основании результатов поэтапной деформации плоских и полых заготовок и анализа характера изменения усилия штамповки процесс вытяжки–выдавливания может быть условно разделен на два этапа: первый – вытяжка–высадка, второй – выдавливание.

При движении пуансона вниз на первом участке происходит высадка с уменьшением высоты и увеличением толщины; наружный диаметр, ограниченный стенкой матрицы, не изменяется. Высадка идет до момента заполнения металлом зазора приемной части. В некоторых случаях при большом зазоре приемной части и небольшом утонении стенки процесс высадки остается незавершенным до конца штамповки. На втором участке происходит втягивание заготовки в матричную воронку, где уменьшаются диаметр и толщи-

на стенки. Под действием выступающей части пуансона в выходном сечении заготовки возникает тянущая сила, которая достигает наибольшей величины к моменту образования конического участка ОПД. По мере продвижения пуансона вниз граничные слои металла, претерпевшие высадку, переходят в конической участок. Причем в каждый последующий момент в конический очаг деформации переходит постоянно увеличивающаяся толщина стенки. При заполнении зазора приемной части металлом возрастает усилие со стороны верхней деформирующей ступени пуансона, а тянущая сила от выступающей его части постепенно уменьшается. Нижнее опасное сечение разгружается. Наступает момент выдавливания, когда металл уже заполнил приемную часть и дно заготовки движется с опережением торца пуансона. В зоне основного ОПД действует схема всестороннего неравномерного сжатия. Усилие деформирования резко возрастает и стабилизируется. Условно стационарный этап выдавливания продолжается до момента соприкосновения уступа пуансона с верхней границей очага деформации. Дальнейшее утонение фланца заготовки вызывает возрастание усилия деформирования. При этом степень деформации металла, особенно в верхней части штампованной детали, достигает большой величины. В связи со схожестью начального этапа с вытяжкой можно предположить, что одним из ограничений для рассматриваемого процесса является возможность отрыва дна при втягивании заготовки в рабочую часть матрицы. Другим ограничением, или критерием допустимой деформации, уже на этапе выдавливания следует считать высокие технологические усилия и удельные нагрузки на инструмент, которые при превышении допустимых могут привести к его поломке. Кроме того, при использовании призматических заготовок и полых с корончатым торцем не исключена опасность образования продольных складок из-за недостаточной высадки фестонов, что также ограничивает возможность процесса и может быть принято в качестве одного из критериев допустимой степени деформации.

Рис. 13.3. Характер изменения машинных диаграмм *P-l* при различных углах конусности матриц: $\alpha_м$=30° (*1*); 40° (*2*); 50° (*3*); 60° (*4*); материал – биметалл-1; m_d=0,55; m_s=0,90

Характер изменения и величина технологического усилия на этапе выдавливания также зависит от целого ряда факторов (рис. 13.3). Кроме абсолютных размеров заготовки, механических свойств материала, условий трения, особо следует выделить относительную толщину стенки заготовки, соотношение степеней деформации по уменьшению диаметра и толщины стенки, форму торца заготовки, углы конусности матрицы и пуансона и соотношение между ними.

Некоторые из перечисленных факторов взаимосвязаны. Например, относительная толщина стенки и также ее утонение и изменение диаметра. Другие оказывают самостоятельное влияние, например форма заготовки, угол конусности матрицы и т.д.

Усилие деформирования возрастает при увеличении толщины стенки, степени утонения и уменьшении диаметра (рис. 13.4). Видно, что при прочих равных условиях уменьшение коэффициента m_d приводит к более резкому возрастанию усилия, чем при таком же уменьшении коэффициента m_s, определяющего степень утонения стенки. Такой эффект объясняется увеличением зазора приемной части матрицы, большим объемом металла, деформируемого на этапе выдавливания.

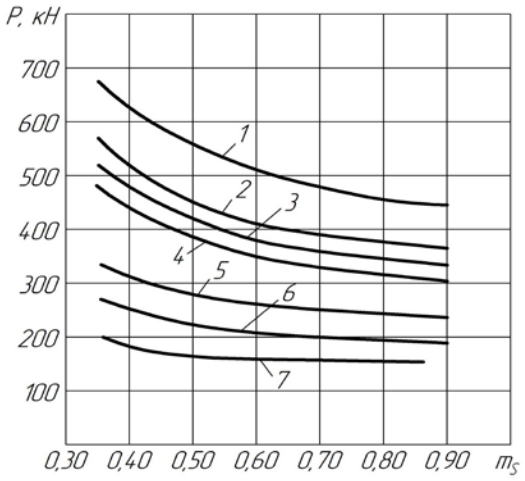


Рис. 13.4. Зависимость усилия вытяжки–выдавливания на стационарном этапе деформирования от показателей степени деформации m_s и m_d: *1* – m_d=0,45; *2* –0,55; *3* – 0,58; *4* – 0,61; *5* – 0,70; *6* – 0,75; *7* – 0,79

Угол конусности уступа пуансона $\alpha_п$ целесообразно принимать равным или большим угла конусности матрицы. В случае положительной разности, т.е. $\alpha_п - \alpha_м > 0$, условия течения металла более благоприятны, чем тогда, когда эта разность отрицательна. Следовательно, и затрат усилия требуется меньше. Для матриц с указанным оптимальным диапазоном углов конусности наиболее благоприятной следует считать конструкцию пуансонов, когда $\alpha_п = 45°…60°$. Другие сочетания углов ведут либо к росту усилия штамповки, либо к увеличению объема металла в пресс-остатке. В некоторых случаях целесообразно уменьшать угол конусности пуансона или же применять такую его конструкцию, в которой предусмотрена кольцевая выточка по пери-

метру уступа. Так следует поступать при штамповке относительно коротких заготовок с корончатым торцем в целях предотвращения складок или трещин в верхней части полуфабриката.

Вытяжка–выдавливание по точности размеров изготавливаемых деталей и шероховатости поверхности не уступает процессу вытяжки с утонением стенки и нередко превосходит возможности выдавливания. Точность размеров соответствует 9…10-му квалитетам, а шероховатость поверхности R_a = 1,25…0,63 мкм . После штамповки детали имеют незначительную разностенность. Существенное влияние на разностенность штампуемых деталей оказывают точность формы заготовки, т.е. непараллельность и неперпендикулярность торцевой поверхности, наличие исходной разностенности, а также величина зазоров между матрицей и пуансоном. В ряде случаев качество деталей значительно ухудшается из-за появления на внутренней поверхности трещин и надрывов. Причиной указанных дефектов является либо достижение предельной степени деформации, либо неблагоприятные условия трения в зоне контакта заготовки с пуансоном, уменьшение толщины слоя смазки и нарушение его сплошности и, как следствие этого, налипание металла на инструмент. Кроме того, появление продольных трещин и складок на вытяжке–выдавливании чаще всего наблюдается при использовании призматических плоских или полых с корончатым торцем заготовок при неправильном соотношении степени утонения стенки и уменьшения диаметра. Эти соотношения также следует считать критерием ограничения допустимой степени деформации для указанной формы заготовок. Если применять круглые или полые с плоским торцем заготовки, то продольные трещины и складки практически отсутствуют. В типовых технологических процессах с применением вытяжки–выдавливания используются, как правило, наиболее экономичные с точки зрения расхода металла, снижения трудоемкости и повышения производительности труда квадратные и шестигранные листовые заготовки. Комбинированные процессы обусловливают не только высокий коэффициент использования металла, но и сравнительно короткий технологический цикл обработки. В результате снижается вероятность сбоев, отказов, наработок полуфабрикатов с отклонениями от заданного уровня качества.

13.2. Технологические параметры процесса вытяжки–выдавливания

Основными технологическими параметрами процесса вытяжки–выдавливания являются:

- предельная и допустимая степени деформации;
- максимальное технологическое усилие и удельные нагрузки на инструмент;
- показатели точности и шероховатости поверхностей штампуемых деталей.

Критериями предельной степени деформации на вытяжке–выдавливании приняты:

- возможность отрыва дна заготовки на этапе вытяжки-высадки;
- появление продольных трещин и складок на этапе выдавливания в конце процесса;
- деформация или разрушение инструмента в конце процесса штамповки.

Максимальное технологическое усилие, развиваемое на вытяжке–выдавливании, примерно соответствует процессам объемной штамповки полых деталей. Удельные нагрузки на инструмент, как правило, достаточно высоки и в отдельных случаях могут достигать предела прочности материала инструмента при сжатии (2500…3000МПа).

Точность размеров штампуемых деталей после вытяжки–выдавливания соответствует 9…10-му квалитетам, шероховатость поверхностей не ниже R_a = 1,25…0,63 мкм .

Основные факторы, влияющие на параметры процесса:

- форма и размеры заготовки;
- применяемая технологическая схема процесса;
- степени утонения стенки и уменьшения диаметра;
- форма и размеры рабочих частей инструмента;
- материал заготовки и его состояние;
- условия трения;
- тип технологической оснастки и применяемого оборудования.

Форма заготовки влияет на величину предельной степени деформации и силовые параметры процесса. Например, применение круглых или полых с плоским торцом заготовок для вытяжки–выдавливания позволяет достигать большей степени деформации, исключает образование продольных трещин, но требует и большего технологического усилия. Штамповка шестигранных и квадратных заготовок требует меньших силовых затрат, но предельная деформация ограничивается не только возможностью отрыва дна, но и при определенных условиях деформации образованием продольных трещин или складок.

Увеличение степени деформации повышает вероятность отрыва дна и ведет к возрастанию технологического усилия и удельных нагрузок на инструмент. Небольшая степень деформации (особенно небольшое утонение) может привести к образованию продольных трещин при штамповке квадратных и шестигранных заготовок и полых заготовок с корончатым торцем.

Увеличение угла конусности матрицы снижает величину допустимой степени деформации и приводит к росту технологического усилия. Оптимальное значение одностороннего угла конусности матрицы $\alpha_м$ лежит в пределах 40°…50°. Уменьшение угла конусности уступа пуансона относительно рабочего конуса матрицы ведет к росту технологического усилия.

Высота выступающей части пуансона $h_{п1}$ должна быть равна глубине полости заготовки (при штамповке плоских заготовок эта высота не должна быть меньше глубины полости заготовки после этапа свертки). Уменьшение

высоты пуансона $h_{п1}$ приводит к образованию кольцевых наплывов металла на внутренней поверхности штампуемой детали. Увеличение высоты $h_{п1}$ может привести к отрыву дна.

Увеличение радиусов сопряжения на пуансоне и матрице способствует уменьшению технологического усилия и повышению стойкости рабочего инструмента, но может вызвать появление продольных трещин во фланце и повысить разностенность в изготавливаемой детали.

С повышением характеристик сопротивляемости материала заготовки ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_в$) технологическое усилие и удельные нагрузки на инструмент возрастают. Уменьшение характеристик пластичности ($\varepsilon_у$, $\varepsilon_р$, ψ, δ) ведет к снижению допустимой степени деформации.

Ухудшение условий трения неблагоприятно сказывается на параметрах вытяжки–выдавливания: увеличивается усилие штамповки, снижается допустимая степень деформации, возможно образование задиров на наружной и внутренней поверхностях детали. Поэтому целесообразно применять заготовки с прочным антифрикционным покрытием (фосфатированные, омедненные, латунированные и др.).

Тип технологической оснастки и оборудования влияет на жесткость системы «пресс–штамп–инструмент–заготовка» и на точность центрирования заготовок в штампе, а следовательно, на качество штампуемых деталей. Например, применение горизонтальных прессов с жестким закреплением ползуна на всей длине хода позволяет вдвое уменьшить разностенность штампуемых полуфабрикатов по сравнению с вертикальными прессами.

Для оценки степени деформации следует принимать следующие показатели:

- коэффициент утонения стенки m_s:

$$m_s = S_1/S, \tag{13.1}$$

где S_1 – толщина стенки полуфабриката после операции; $S = S_0$ – толщина стенки полой заготовки перед вытяжкой–выдавливанием; $S = S_л$ – толщина листовой заготовки перед сверткой–выдавливанием;

- коэффициент уменьшения диаметра m_d:

$$m_d = d_1/A, \tag{13.2}$$

где d_1 – диаметр полуфабриката после деформации; A – поперечный размер заготовки; $A = D_0$ – для полой заготовки перед вытяжкой–выдавливанием; $A = a_4$ – сторона квадрата листовой заготовки; $A = 1{,}73a_6$ – диагональ шестигранной заготовки; $A = D$ – диаметр круглой заготовки;

- обобщенный показатель степени деформации ψ:

$$\psi = 1 - m_d m_s; \tag{13.3}$$

- логарифмическая степень деформации e_i:

для верхней части штампуемой детали в зоне фланца

$$e_i = \ln \frac{(A - d_{п1})^2}{(d_м - d_{п1})^2 m_s m_d}; \tag{13.4}$$

для нижней части корпуса штампуемой детали

$$e_i = \ln \frac{1}{m_s m_d}. \qquad (13.5)$$

По форме и размерам готовой детали нередко сложно установить пригодность ее к изготовлению с применением вытяжки–выдавливания. Поэтому предварительно составляется эскиз расчетной детали (конечной заготовки).

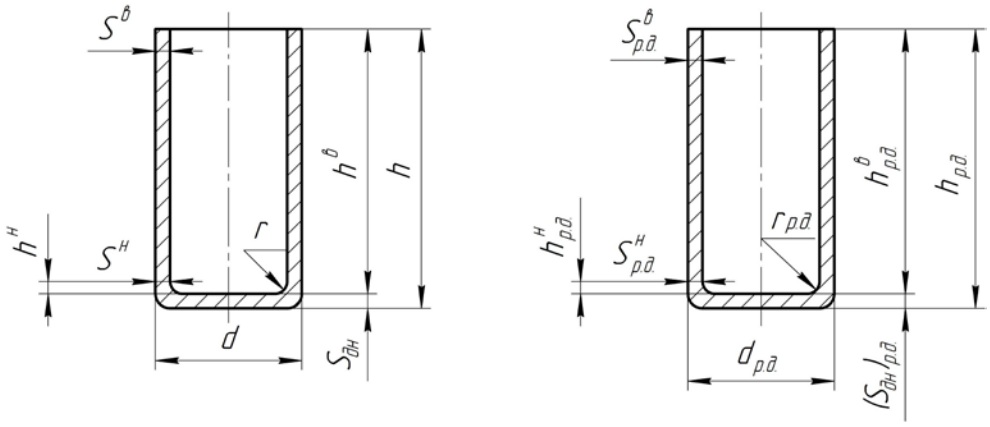
Расчетная деталь необходима для оценки возможности применения вытяжки–выдавливания и назначения оптимальных степеней деформации по операциям. Расчетные размеры определяют по номинальным размерам готовой детали с учетом припусков на обрезку и возможного изменения размеров при последующей обработке: штамповке или механической обработке резанием. Чаще всего за расчетную деталь принимают полуфабрикат (конечную заготовку) после заключительной вытяжной операции технологического процесса.

В случае если готовое изделие подобно по форме полуфабрикату после вытяжки–выдавливания, то размеры расчетной детали определяют по размерам готового изделия с учетом припуска на механическую обработку. Если готовое изделие по форме отличается от полуфабриката, то размеры расчетной детали могут быть назначены, например, по размерам полуфабриката после финишной вытяжки в предлагаемом (или применяемом) технологическом процессе.

Перед определением размеров расчетной детали на чертеже изделия выделяют три сечения: верхнее, среднее и нижнее. Верхнее (в.р.с.) располагают на верхней кромке детали, нижнее (н.р.с.) соответствует сечению сопряжения стенки с дном. Местоположение расчетного сечения определяется расстоянием от внутренней поверхности дна. Среднее расчетное сечение (с.р.с.) располагают в месте сопряжения верхнего конструктивного элемента с нижним, либо принимают условно там, где толщина стенки равна среднему арифметическому между толщиной в в.р.с. и н.р.с. В последнем случае размеры с.р.с. можно не назначать.

Конструктивные размеры расчетной детали (рис. 13.5):

- наружный диаметр $d_{\text{р.д.}}$;
- толщина стенки в верхнем $S^{\text{в}}_{\text{р.д.}}$ и нижнем $S^{\text{н}}_{\text{р.д.}}$ сечениях;
- толщина дна $(S_{\text{д}})_{\text{р.д.}}$;
- высота детали $h_{\text{р.д.}}$;
- расстояние от внутренней поверхности дна до верхнего $h^{\text{в}}_{\text{р.д.}}$ и нижнего $h^{\text{н}}_{\text{р.д.}}$ расчетных сечений;
- внутренний радиус сопряжения корпуса и дна $r_{\text{р.д}}$



а *б*

Рис. 13.5. Размеры изделия (*а*) и расчетной детали (*б*)

Если размеры расчетной детали определяются исходя из размеров готового изделия, рекомендуется использовать следующий алгоритм вычислений:

$$d_{\text{р.д.}} = d.$$

Размеры $S^{\text{в}}_{\text{р.д.}}$ и $S^{\text{н}}_{\text{р.д.}}$ определяют по размерам $S^{\text{в}}$ и $S^{\text{н}}$ с учетом припусков на механическую обработку (если она предусмотрена):

$$(S_{\text{д}})_{\text{р.д.}} = (0{,}95\ldots0{,}97)S_0.$$

Если $S_{\text{д}} \geq S^{\text{н}}$, то должно быть выполнено условие $S_0 \geq S_{\text{д}}$, если $S_{\text{д}} < S^{\text{н}}$, то $S_0 \geq S^{\text{н}}$.

Толщину заготовки S_0 выбирают по сортаменту листового материала.

Если радиус сопряжения r задан на чертеже изделия, то $r_{\text{р.д.}} = r$, если не задан, то $r_{\text{р.д.}} = (0{,}1\ldots0{,}2)d$.

Местоположение нижнего и верхнего расчетных сечений:

$$h^{\text{н}}_{\text{р.д.}} = r_{\text{р.д.}};\ \ h^{\text{в}}_{\text{р.д.}} = h - S_{\text{д}} = h^{\text{в}}.$$

Полная высота расчетной детали с учетом возможной штамповки дна готовой детали равна: $h_{\text{р.д.}} = h^{\text{в}}_{\text{р.д.}} + (S_{\text{д}})_{\text{р.д.}}$.

После определения размеров расчетной детали производят оценку уровня технологичности ее конструкции с целью установления возможности применения для ее изготовления вытяжки–выдавливания. Уровень технологичности конструкции детали оценивают по следующим показателям:

- относительной высоте детали $h_{\text{р.д.}} / d_{\text{р.д.}}$;
- относительной толщине степени в в.р.с. $S^{\text{в}}_{\text{р.д.}} / (S_{\text{д}})_{\text{р.д.}}$;
- отношению толщины стенки в верхнем и нижнем расчетных сечениях $S^{\text{в}}_{\text{р.д.}} / S^{\text{н}}_{\text{р.д.}}$.

В табл. 13.1 приведены значения показателей и соответствующие им уровни технологичности.

Таблица 13.1

Уровни технологичности конструкций деталей, изготавливаемых с применением вытяжки–выдавливания

Уровни технологичности	Показатели технологичности		
	$h_{р.д.}/ d_{р.д.}$	$S^{в}_{р.д.} / (S_{д})_{р.д.}$	$S^{в}_{р.д.} / S^{н}_{р.д.}$
Высокая	0,4…1,5	0,5…0,7	0,7…0,9
Средняя	1,5…10,0	0,3…0,5 0,7…1,1	0,4…0,7 0,9…1,0
Низкая: менее более	 0,4 10,0	 0,3 1,1	 0,4 1,0

Для изготовления детали с высокими уровнем технологичности достаточно только одной операции вытяжки–выдавливания без применения дополнительных операций. Деталь со средним уровнем технологичности может быть изготовлена с применением вытяжки–выдавливания, но для окончательного формообразования корпуса требуются дополнительные, как правило вытяжные, операции. Детали с низким уровнем технологичности изготавливать с помощью вытяжки–выдавливания нецелесообразно.

13.3. Расчет формы и размеров заготовки перед вытяжкой–выдавливанием

Форма заготовки перед сверткой–выдавливанием – плоская (квадрат, шестигранник, кружок), перед вытяжкой–выдавливанием – полая с плоским (свернутая из кружка) или корончатым (свернутая из квадрата или шестигранника) торцом.

Расчетные размеры заготовки (рис. 13.6):

- объем V_0;
- наружный диаметр заготовки D_0;
- толщина боковой стенки S_0;
- высота заготовки H_0;
- высота заготовки до уровня впадины $H_в$;
- толщина дна $(S_д)_0$;
- поперечные размеры плоской заготовки a_4, a_6, D.

Выбор формы плоской заготовки определяется эффективностью раскроя полосы. Наименьший отход металла при вырубке квадрата и шестигранника, наибольший – при вырубке кружка.

В верхней части фланца полуфабриката после выполнения вытяжки (свертки)–выдавливания возможно сосредоточение микротрещин или складок, поэтому фланец или его часть следует удалять непосредственно после

вытяжки–выдавливания или после одной из последующих вытяжных операций, что требует задания припуска на обрезку.

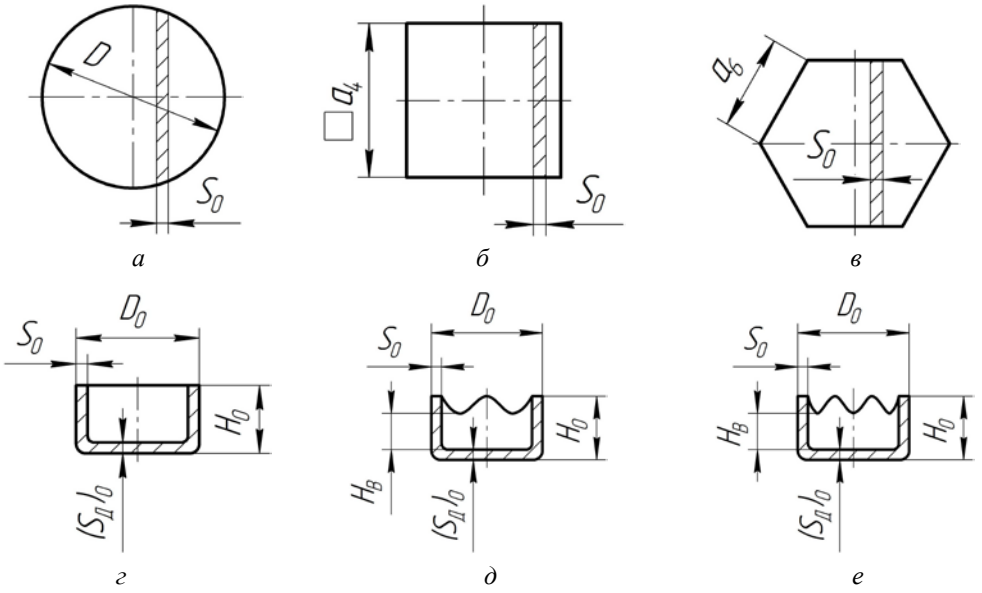


Рис. 13.6. Заготовки для свертки–выдавливания (*а*, *б*, *в*) и вытяжки–выдавливания (*г*, *д*, *е*)

Порядок расчета размеров заготовки перед вытяжкой (сверткой)–выдавливанием и расчетные формулы приведены в табл. 13.2.

Таблица 13.2

Расчет размеров заготовки перед вытяжкой (сверткой)–выдавливанием

Определяемая величина	Расчетная формула
1	2
Объем заготовки V_0	$V_0 = V_д + D \cdot V_1 + V_2$
Объем готовой детали $V_д$	$V_д = G / \rho$
Масса готовой детали G	Задана чертежом детали
Удельный вес металла деталир	Справочная величина
Объем припуска на механическую обработку ΔV_1	Определяется по чертежу готовой детали
Объем припуска на обрезку ΔV_2	$\Delta V_2 = (0{,}15\ldots0{,}20) \cdot V_д$
Толщина боковой стенки полой заготовки для вытяжки–выдавливания S_0	$S_0 = (0{,}90\ldots0{,}95) \cdot S_0$
Толщина исходной листовой заготовки для вытяжки–выдавливания S_0	$S_0 = (S_д)_0$
Высота заготовки перед вытяжкой–выдавливанием H_0	$H_0 = (S_д)_1 + h_1^н + (A^2 - D_0^2) / 4(D_0 - S_0) + \Delta H_0$

Окончание табл. 13.2

1	2
Толщина дна полуфабриката $(S_д)_1$	См табл.13.3
Расстояние от дна до нижнего расчетного сечения полуфабриката $h_1^н$	См табл.13.3
Поперечный размер заготовки A:	
квадрат	$A = a_4$
шестигранник	$A = 1{,}73 \cdot a_6$
кружок	$A = D$
Наружный диаметр заготовки D_0	$D_0 = A \cdot m_{св}$
Коэффициент свертки $m_{св}$	$m_{св} = 0{,}6 \ldots 0{,}8$
Высота фестона заготовки ΔH_0:	
для заготовки из квадрата	$\Delta H_0 = 0{,}20 \cdot a_4$
для заготовки из шестигранника	$\Delta H_0 = 0{,}15 \cdot a_6$
Радиус сопряжения стенки с дном полуфабриката r_1	См. табл. 13.3
Высота заготовки от дна до впадины	$H_в = r_1 + (A^2 - D_0^2) / 4(D_0 - S_0)$
Размер плоской заготовки (после вырубки) для вытяжки (сверки)–выдавливания:	
для квадрата a_4	$a_4 = \sqrt{V_0 / S_л}$
для шестигранника a_6	$a_6 = 0{,}62 \sqrt{V_0 / S_л}$
для кружка D_0	$D = 1{,}13 \sqrt{V_0 / S_л}$

Для предотвращения образования продольных складок при использовании заготовок с корончатым торцем необходимо выполнение 1-го условия:

$$H_в / D_0 > 0{,}135.$$

Если условие не выполняется, то принимают новое значение высоты заготовки от дна до впадины $H_в'$:

$$H_в' = 0{,}135 \cdot D_0$$

и соответствующую величину объема заготовки V_0':

$$V_0' = V_0 + \pi \cdot D_0 \cdot S_0 \cdot (H_в' - H_в). \qquad (13.6)$$

После этого уточняют поперечные размеры плоской заготовки по формулам, приведенным в табл. 13.2.

Если 1-е условие выполнено, то проверяют 2-е условие, обеспечивающее возможность свертки плоской заготовки:

$$H_0 / D_0 < 1{,}0.$$

Если 2-е условие выполняется, то принимают рассчитанные H_0 и D_0 как окончательные.

Если 2-е условие не выполняется, то задается $D_0' = H_0$, и по этому значению уточняют размеры заготовок в соответствии с порядком расчета, приведенным в табл. 13.2.

После того как рассчитаны размеры детали и исходной заготовки, определяют показатели степени деформации на вытяжке (свертке)–выдавливании

и последующих операциях (если они необходимы). Для этого сначала находят суммарные коэффициенты утонения стенки ($m_{s\Sigma}$) и уменьшения диаметра ($m_{d\Sigma}$) на всех операциях для каждого из выделенных расчетных сечений:

$$m_{s\Sigma} = S_к / S; \tag{13.7}$$

$$m_{d\Sigma} = d_к / A. \tag{13.8}$$

Затем определяют показатели степени деформации на вытяжке (свертке)–выдавливании. Для этого используют специальные номограммы, где указана область допустимой деформации (рис. 13.7 и 13.8).

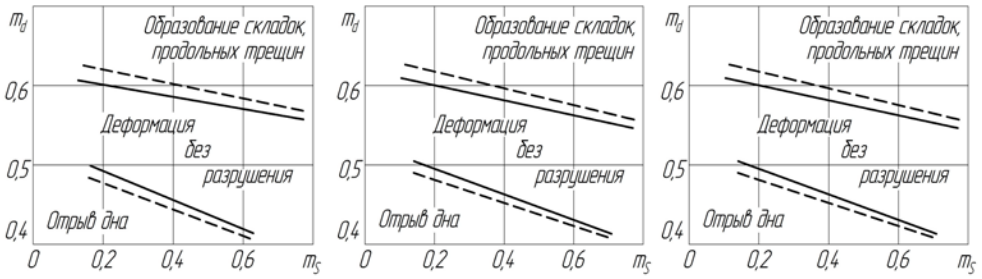


Рис. 13.7. Зоны допустимой деформации на свертке–выдавливании квадратных(—) и шестигранных(- - -) заготовок из стали18 ЮА (*а*), латуни Л70 (*б*) и биметалла-1 (*в*)

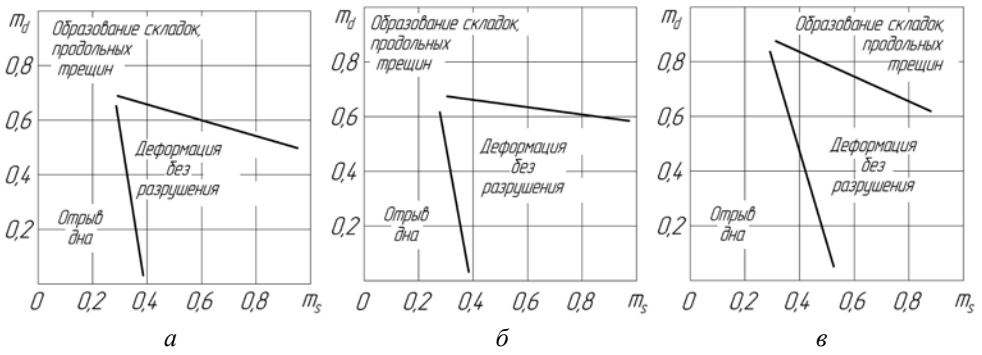


Рис. 13.8. Зоны допустимой деформации на вытяжке–выдавливании корончатой формы заготовок из стали 18 ЮА (*а*), латуни Л70 (*б*) и биметалла-1 (*в*)

Суммарные значения показателей $m_{s\Sigma}$ и $m_{d\Sigma}$ обозначают точкой на графике в координатах m_s, m_d, а затем кратчайшим путем (перпендикулярно) перемещают ее к верхней границе допустимой области (рис. 13.9). Координаты пересечения перпендикуляра с граничной линией являются показателями степени утонения стенки m_s и уменьшения диаметра m_d на вытяжке (свертке)–выдавливании при изготовлении заданной детали с учетом, что остальное

формоизменение осуществляется на вытяжке. Такой порядок необходимо повторить для каждого расчетного сечения.

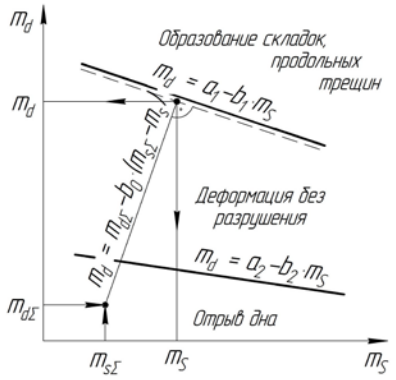


Рис. 13.9. Схема определения показателей степени на вытяжке (свертке)–выдавливании

Процедура определения оптимальных коэффициентов m_s и m_d достаточно легко формализуется и может быть использована при автоматизированном проектировании. Для этого достаточно верхнюю (i = 1) и нижнюю (i = 2) границы области допустимой деформации, а также вектор поиска задать уравнениями прямых (рис. 13.9):

$$m_d = a_i - b_i \cdot m_s; \qquad (13.9)$$

$$m_d = m_{d\Sigma} - d_0 \cdot (m_{s\Sigma} - m_s), \qquad (13.10)$$

где a и b – коэффициенты, зависящие от материала и формы заготовки.

На последующих вытяжных операциях показатели степени деформации определяются следующим образом:

$$m^{в}_{s\Sigma} = m_{s\Sigma} / m_s ; \qquad (13.11)$$

$$m^{в}_{d\Sigma} = m_{d\Sigma} / m_d . \qquad (13.12)$$

Коэффициенты $m^{в}_{s\Sigma}$ и $m^{в}_{d\Sigma}$ могут быть представлены в виде

$$m^{в}_{s\Sigma} = \prod_{j=1}^{n} m^{в}_{Sj}; \qquad (13.13)$$

$$m^{в}_{d\Sigma} = \prod_{j=1}^{n} m^{в}_{Sj} . \qquad (13.14)$$

где n – количество последующих вытяжных операций.

Показатели степени деформации на заключительной операции ($m^{в}_{sn}$, $m^{в}_{dn}$) определяют механические свойства готовой детали. Если чертежом заданы требуемые механические свойства, то коэффициенты $m^{в}_{sn}$ и $m^{в}_{dn}$ известны.

Такого порядка определения m_s и m_d следует придерживаться в том случае, если координаты их суммарных значений расположены под нижней границей или даже в области допустимой деформации. В последнем случае изготовление цилиндрической части детали возможно и без последующих вытяжных операций.

Если координаты показателей суммарной деформации расположены над верхней границей допустимой области, то применение квадратных и шестигранных заготовок невозможно и следует использовать круглые заготовки, исключающие образование на свертке фестонов.

Указанная последовательность определения показателей степени деформации на вытяжке (свертке)–выдавливании гарантирует невозможность от-

рыва дна, образования продольных складок или трещин и минимальные силовые затраты.

13.4. Расчет размеров заготовки после вытяжки–выдавливания

После того как рассчитаны размеры заготовки перед вытяжкой (сверткой)–выдавливанием и показатели степени деформации, определяют размеры полуфабриката после вытяжки (свертки)–выдавливания.

Типы полуфабрикатов и расчетные размеры показаны на рис. 13.10. Форму с кольцевой выточкой во фланце принимают для изготовления деталей из заготовок с корончатым торцем. В случае изготовления деталей из заготовок с плоским торцем принимают форму полуфабрикатов без выточки.

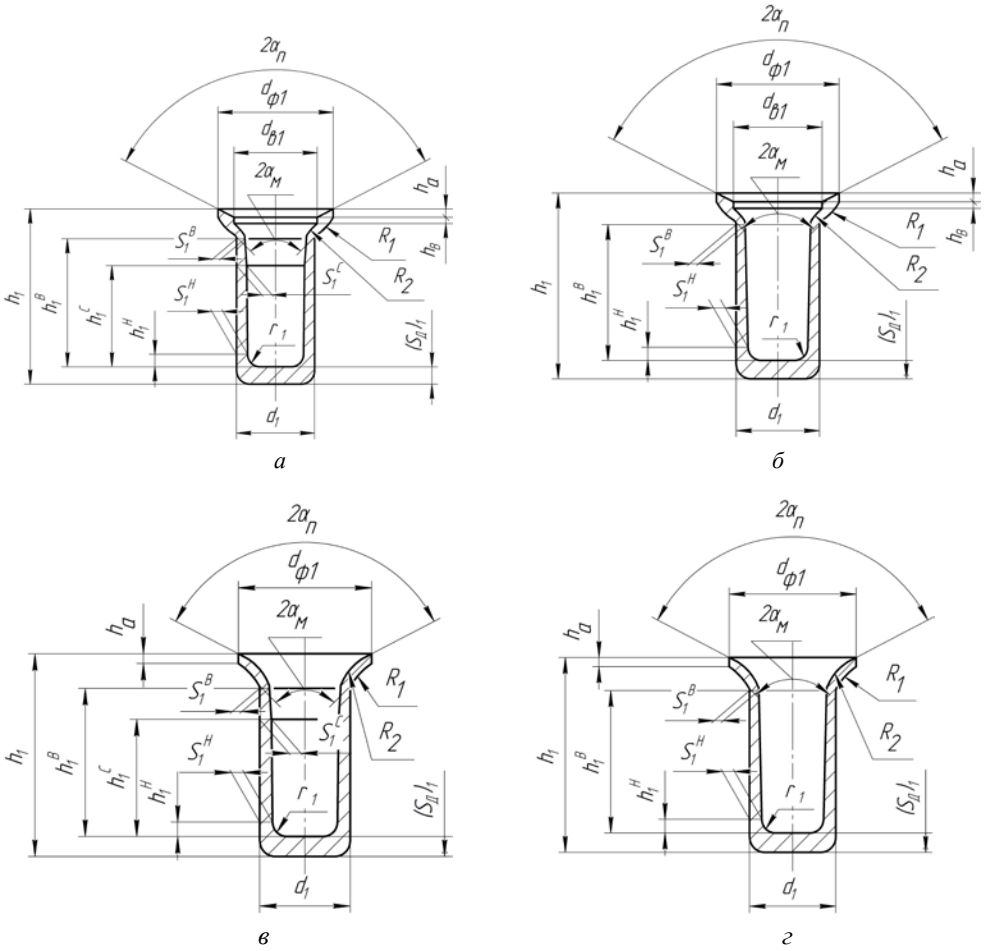


Рис. 13.10. Полуфабрикаты после вытяжки (свертки)–выдавливания: со ступенчатой (*а*, *б*) и прямой (*в*, *г*)образующей внутренней поверхности, с кольцевой выточкой(*а*, *б*) и без нее (*в*, *г*)

Последовательность расчета и расчетные формулы приведены в табл. 13.3.

Таблица 13.3

Расчет размеров полуфабриката после вытяжки (свертки)–выдавливания

Определяемая величина	Расчетная формула
Наружный диаметр корпуса d_1	$d_1 = d_к / m^{в}_{d\Sigma}$
Диаметр фланца $d_{ф1}$:	
для полуфабрикатов, изготовляемых вытяжкой–выдавливанием	$d_{ф1} = D_0$
для полуфабрикатов, изготовляемых сверткой–выдавливанием:	
квадрат	$d_{ф1} = a_4$
шестигранник	$d_{ф1} = 1{,}73 \cdot a_6$
кружок	$d_{ф1} = D$
Диаметр выточки $d_{в1}$	$d_{в1} = d_{ф1} - (1{,}8 \ldots 1{,}9) \cdot S_0$
Толщина боковой стенки заготовки:	
в.р.с. $S_1^{в}$	$S_1^{в} = S_0 \cdot m^{в}_s$
с.р.с. $S_1^{с}$	$S_1^{с} = S_0 \cdot m^{с}_s$
н.р.с. $S_1^{н}$	$S_1^{н} = S_0 \cdot m^{н}_s$
Расстояние от дна до н.р.с. $h_1^{н}$	$h_1^{н} = r_1$
Радиус сопряжения стенки с дном r_1:	
для деталей с высоким уровнем технологичности	$r_1 = r_к$
для деталей со средним уровнем технологичности	$r_1 = (1{,}2 \ldots 1{,}5) \cdot r_к$
Расстояние от дна до с.р.с. $h_1^{с}$	$h_1^{с} = (h_к^{с} - r_к) \cdot n^{с} + r_1$
Коэффициент изменения объема между н.р.с. и с.р.с. $n^{с}$	$n^{с} = \dfrac{S_к^{с} \cdot S_1^{н} \cdot (S_r^{с} + S_к^{н})}{S_1^{с} \cdot S_к^{н} \cdot (S_1^{с} + S_1^{н})}$
Расстояние от дна до в.р.с. $h_1^{в}$	$h_1^{в} = (h_к^{в} - h_к^{с}) \cdot n^{в} + h_1^{с}$
Коэффициент изменения объема между с.р.с. и в.р.с. $n^{в}$	$n^{в} = \dfrac{S_к^{в} \cdot S_1^{с} \cdot (S_r^{в} + S_к^{с})}{S_1^{в} \cdot S_к^{с} \cdot (S_1^{в} + S_1^{с})}$
Наружный радиус сопряжения фланца с корпусом R_1	$R_1 = (2 \ldots 3) \cdot S_0$
Внутренний радиус сопряжения фланца с корпусом R_2	$R_2 = (2{,}5 \ldots 3{,}5) \cdot S_0$
Глубина выточки во фланце $h_в$	$h_в = (0{,}3 \ldots 0{,}4) \cdot S_0$
Толщина кромки фланца h_a	$h_a = S_1^{в}$
Толщина дна заготовки $(S_д)_1$	$(S_д)_1 = (S_д)_к$
Внутренний угол конусности фланца $\alpha_{п1}$	$\alpha_{п1} = 40° \ldots 60°$
Наружный угол конусности фланца $\alpha_{м1}$	$\alpha_{м1} = 40° \ldots 50°$
Высота заготовки h_1	$h_1 = h_1^{в} + (S_д)_1 + h_a + 0{,}5 \operatorname{ctg} \alpha_{м1} \cdot (d_{ф1} - d_1)$

13.5. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента

Расчетные исполнительные размеры рабочего инструмента на вытяжке (свертке)–выдавливании (рис. 13.11, 13.12):

- диаметры приемной и рабочей частей матрицы $D_м$, $d_{м1}$;
- высота приемной и рабочей частей матрицы $H_м$, $h_{м1}$;
- диаметр выточки в матрице под призматическую заготовку (в случае свертки–выдавливания) $D_в$;
- глубина выточки в матрице $H_в$;

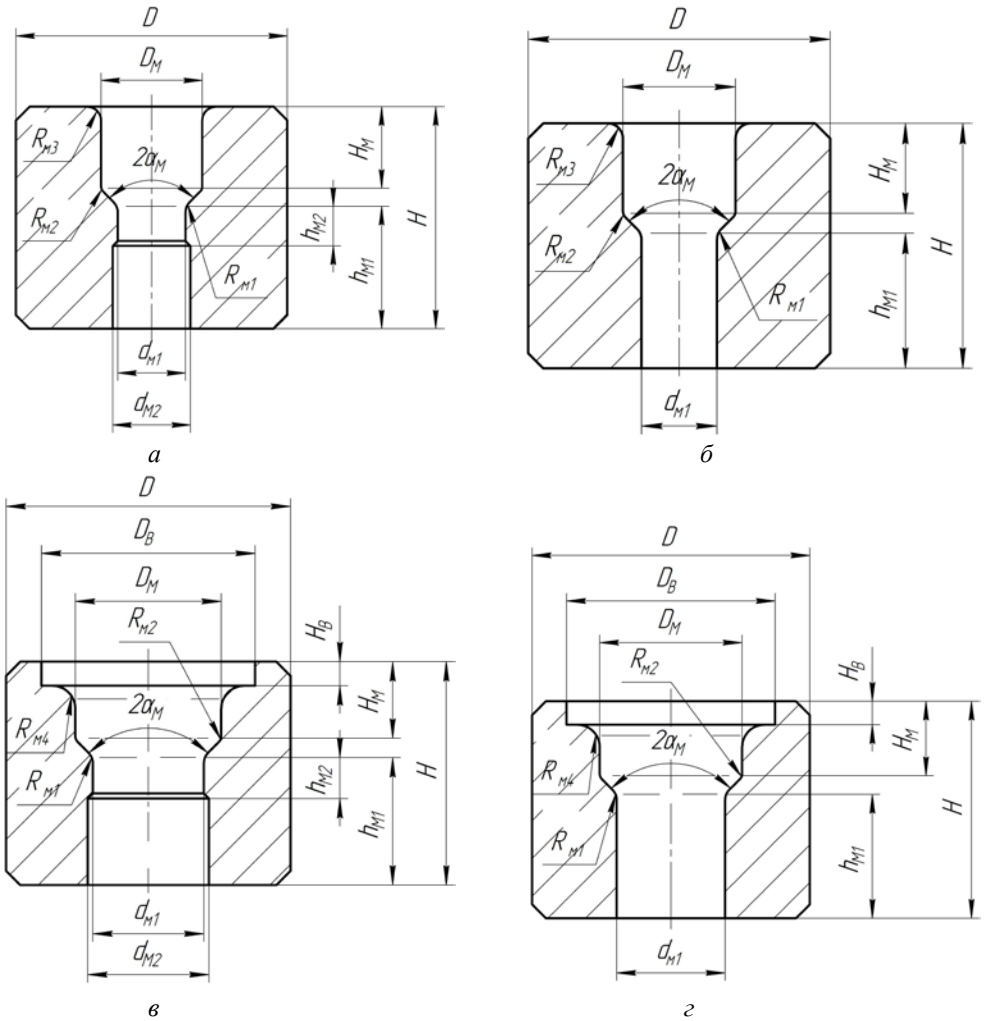


Рис. 13.11. Матрицы для вытяжки–выдавливания (*а*, *б*) и свертки–выдавливания (*в*, *г*) с цилиндрическим пояском (*а*, *в*) и без него (*б*, *г*)

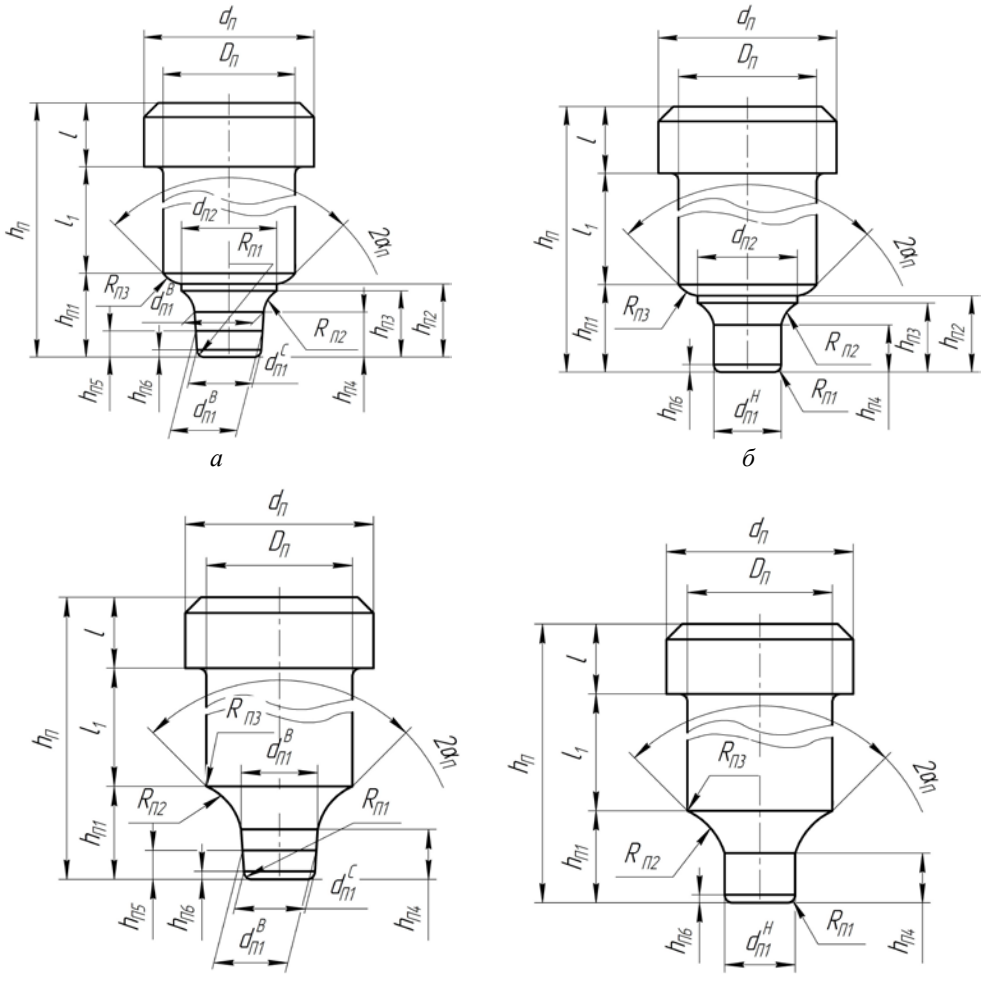


Рис. 13.12. Пуансоны для вытяжки (свертки)–выдавливания: с конической (*а*, *в*) и прямой (*б*, *г*) образующей рабочей части, с кольцевой выточкой (*а*, *б*) и без нее (*в*, *г*)

- радиус перехода выточки в приемную часть матрицы $R_{мв}$;
- угол конусности ската матрицы $2\alpha_м$;
- радиусы сопряжения ската с цилиндрическими частями матрицы $R_{м1}$, $R_{м2}$;
- радиус закругления приемной части матрицы $R_{м3}$;
- диаметры направляющей и выступающей частей пуансона $D_п$, $d_{п1}$;
- диаметр выточки пуансона $d_{п2}$;
- радиусы сопряжения рабочих частей пуансона $R_{п1}$, $R_{п2}$, $R_{п3}$;
- высота элементов рабочей части пуансона $h_{п1}$, $h_{п2}$, $h_{п3}$, $h_{п4}$, $h_{п5}$, $h_{п6}$;
- угол конусности рабочей части пуансона $2\alpha_п$.

Исполнительные размеры рабочего инструмента назначаются по соответствующим размерам заготовок до и после вытяжки (свертки)–выдавливания с учетом допусков на точность изготовления. Для свертки–выдавливания четырех и шестигранных заготовок применяются матрицы с выточками под заготовку. Матрицы для свертки–выдавливания круглых в плане заготовок и вытяжки–выдавливания полых заготовок таких конструктивных элементов не имеют. Для вытяжки–выдавливания заготовок с корончатым торцем уступ пуансона выполняют ступенчатым с кольцевой выточкой. В остальном конструкции матриц, а также пуансонов для данных операций практически идентичны. Для стабилизации операции вырубки–свертки целесообразно использовать пуансон с торцевым коническим выступом, который фиксирует заготовку, не давая ей радиально смещаться.

Порядок расчета и расчетные формулы для определения исполнительных размеров рабочего инструмента приведены в табл. 13.4.

Таблица 13.4

Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента

Определяемая величина	Расчетная формула
Диаметр выточки в матрице $D_в$:	
под квадратную заготовку	$D_в = (1{,}42 \cdot a_4)^{+\delta в}$
под шестигранную заготовку	$D_в = (2 \cdot a_6)^{+\delta в}$
Предельное отклонение на диаметр выточки $\delta_в$	Назначается по 5-8-му квалитетам
Глубина выточки $H_в$	$H_в = 1{,}2 \cdot S_0$
Диаметр приемной части матрицы $D_м$	$D_м = d_{ф1}^{+\delta м}$
Предельное отклонение на диаметр приемной части $\delta_м$	Назначается по 5-8-му квалитетам
Высота приемной части матрицы $H_м$	$H_м = 1{,}2 \cdot H_0$
Диаметр рабочей части матрицы $d_{м1}$	$d_{м1} = d_1^{+\delta м}$
Диаметр выходной части матрицы $d_{м2}$	$d_{м2} = [d_{м1} + (0{,}1 \ldots 0{,}2)]^{+\delta м}$
Высота рабочей части матрицы $h_{м1}$	$h_{м1} = 1{,}2[h_1^в + (S_д)_1]$
Высота цилиндрического пояска матрицы $h_{м2}$:	
при $S_1^c / d_1 > 0{,}15$	$h_{м2} = 0{,}5 \cdot d_{м1}$ – рис. 13.19,*а*,*в*
при $S_1^c / d_1 < 0{,}15$	$h_{м2} = h_{м1}$ – рис. 13.19 *б*,*г*
Угол конусности ската матрицы $2\alpha_м$	$2\alpha_м = 80° \ldots 100°$
Радиус перехода выточки в приемную часть матрицы $R_{мв}$	$R_{мв} = (3 \ldots 6) \cdot S_0$
Радиус сопряжения конуса матрицы с приемной частью $R_{м1}$	$R_{м1} = R_1$
Радиус сопряжения конуса матрицы с приемной частью $R_{м2}$	$R_{м2} = 0{,}1 \cdot d_{м1}$
Радиус закругления приемной части матрицы $R_{м3}$	$R_{м3} = (2 \ldots 3)$мм
Диаметр направляющей части пуансона $D_п$	$D_п = (D_0 - \delta_п)_{-\delta п}$
Предельное отклонение на диаметр пуансона $\delta_п$	Назначается по 5-8-му квалитетам
Угол конусности пуансона $2\alpha_п$	$2\alpha_п = 80° \ldots 120°$
Диаметр кольцевой выточки пуансона $d_{п2}$	$d_{п2} = d_{в1} = [D_п - (1{,}8 \ldots 1{,}9) \cdot S_0]_{-\delta п}$
Высота рабочей части пуансона $h_{п1}$	$h_{п1} = H_0 - (S_д)_1$
Высота рабочей части пуансона до конуса $h_{п2}$	$h_{п2} = h_{п1} - S_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_п$
Высота части пуансона до кольцевой выточки $h_{п3}$	$h_{п3} = h_{п2} - (0{,}3 \ldots 0{,}4) \cdot S_0$
Высота выступающей части пуансона $h_{п4}$	$h_{п4} = h_{п3} - \sqrt{2} / 2R_{п2}$
Радиус сопряжения $R_{п1}$	$R_{п1} = r_1$

Окончание табл. 13.4

Определяемая величина	Расчетная формула
Радиус сопряжения $R_{п2}$	$R_{п2} = (1{,}5…2{,}5)\cdot S_0$
Радиус сопряжения $R_{п3}$	$R_{п3} = (2…3)$мм
Диаметр пуансона в н.р.с. $d_{п1}{}^{н}$	$d_{п1}{}^{н} = (d_1 - 2\cdot S_1{}^{н})_{-\delta п}$
Диаметр пуансона в с.р.с. $d_{п1}{}^{с}$	$d_{п1}{}^{с} = (d_1 - 2\cdot S_1{}^{с})_{-\delta п}$
Диаметр пуансона в в.р.с. $d_{п1}{}^{в}$	$d_{п1}{}^{в} = (d_1 - 2\cdot S_1{}^{в})_{-\delta п}$
Расстояние от торца пуансона до н.р.с. $h_{п5}$	$h_{п5} = h_{п4} \cdot h_1{}^{с} / h_1{}^{в}$
Расстояние от торца пуансона до с.р.с. $h_{п6}$	$h_{п6} = R_{п1}$
Наружный диаметр матрицы D	$D \le (2{,}5…3{,}0)\cdot D_м$
Высота матрицы H	$H = 1{,}2[H_0 + h_1{}^{в} + (S_д)_1 + 0{,}5\cdot d_{м1}]$

13.6. Расчет силовых параметров процесса

Максимальное технологическое усилие определяют по формуле

$$P = P_{ст} \cdot K_1 \left[1 + (b - a \cdot m_d) \cdot \frac{C_1 - S_ф / D_м}{C_1 - 0{,}45} \right], \qquad (13.15)$$

где $P_{ст} = q \cdot F$ – усилие стационарного этапа штамповки; q – удельное усилие на стационарном этапе, определяется по номограммам рис. 13.13; F – площадь поперечного сечения пуансона; $S_ф$ – толщина фланца a, b – коэффициенты пропорциональности:

$a = 1{,}25$; $b = 1{,}0$ – для стали 18ЮА;

$a = 1{,}56$; $b = 1{,}25$ – для латуни Л70;

$a = 1{,}75$; $b = 1{,}40$ – для биметалла-1;

$$C_1 = \sqrt{1 - (d_{п1} / D_м)^2 \cdot \sin^2 \alpha_м} - \cos \alpha_м ; \qquad (13.16)$$

k_1 – 1,18…1,25 – для заготовок с плоским торцем ($n = 0$);

k_1 – 1,08…1,10 – для шестигранных заготовок ($n = 6$);

k_1 – 1,0…1,25 – для четырехгранных заготовок ($n = 4$).

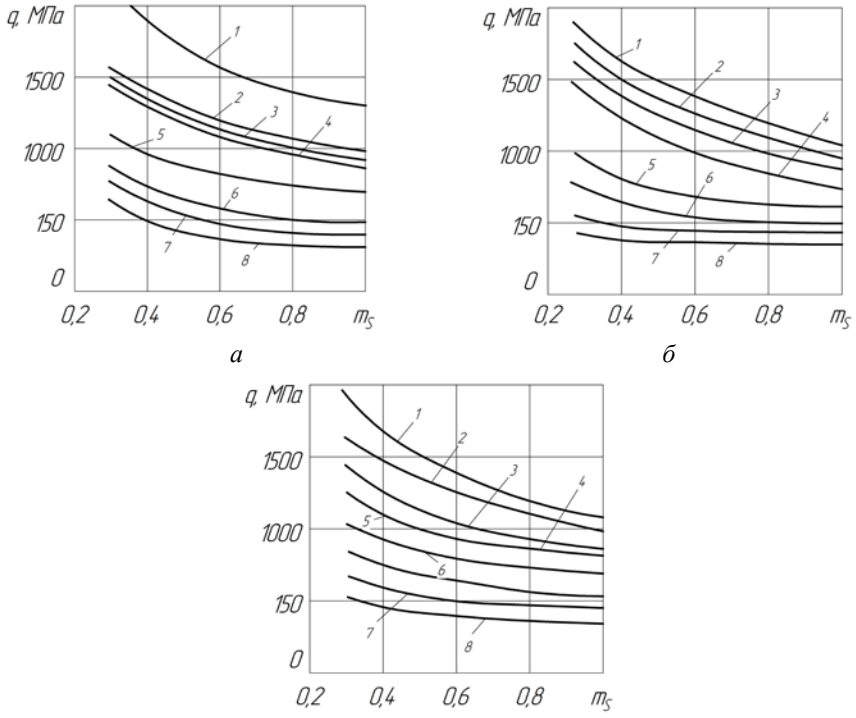
Приведенная расчетная зависимость получена на основе обобщения аналитического исследования и результатов эксперимента и позволяет учесть все основные технологические факторы, оказывающие влияние на силовые параметры вытяжки (свертки)–выдавливания.

Удельные нагрузки на пуансон $p_п$ и на матрицу $p_м$ определяют по формулам

$$p_п = 4p/\pi \cdot D_п^2 \le [\sigma_{сж}]; \qquad (13.17)$$

$$p_м = 4p/\pi \cdot (D_м^2 - d_м^2) \le [\sigma_{сж}], \qquad (13.18)$$

где $[\sigma_{сж}]$ – допустимая удельная нагрузка на инструмент при сжатии, определяется по табл. 13.5.



а *б* *в*

Рис. 13.13. Номограммы для определения удельных усилий на вытяжке (свертке)–выдавливании: *а* – сталь ст. 18ЮА; *б* – латунь Л70; *в* – биметалл-1; *1, 2,* 3, *4, 5, 6, 7, 8* – m_a =0,45; 0,55; 0.59; 0,61; 0,70; 0,75; 0,80; 0,84 соответственно

Таблица 13.5

Прочностные характеристики инструментальных сталей

Марка стали	Предел прочности при сжатии $\sigma_в$, МПа	Допустимое напряжение на инструмент при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	Твердость после закалки и отпуска, *HRC*
У8, У8А	2700…2750	2500	58…62
У10, У10А	2900…3000	2500	61…62
У12, У12А	2600…2650	2500	58…62
ХВГ	2500…2550	2200	60…63
9ХС	2450…2500	2200	56…57
Х12М,Х12Ф1	2700…2800	2600	59…61
ШХ15	2700…2800	2600	59…61

Проверку пуансона на возможность продольного изгиба производят по формуле:

$$P \le 1/K_у \cdot P_{кр}\ , \qquad (13.19)$$

где $K_у$ – коэффициент запаса устойчивости (для закаленной стали принимают $K_у = 2…3$); $P_{кр} = 2\pi^2 \cdot E{\cdot}J / l_1^2$ – критическая нагрузка; $J = 0{,}05{\cdot}D_п^4$ – осе-

вой момент инерции поперечного сечения пуансона; $l_1 = 0{,}8 \cdot D_п$ – длина незакрепленной части пуансона; E – модуль нормальной упругости, $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа – для инструментальной стали.

На основе выполнения условия предотвращения продольного изгиба определяем максимально допустимую высоту пуансона:

$$h_п \le \left[\sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E \cdot J \cdot}{K_у \cdot P \cdot D_п^2} + 1{,}2 \cdot h_{п1} + l_1} \right]. \qquad (13.20)$$

13.7. Пример расчета параметров процесса вытяжки–выдавливания

Последовательность расчета параметров процесса вытяжки–выдавливания рассмотрим на примере технологии изготовления цилиндрического корпуса трассера (рис. 13.14) из биметаллической квадратной заготовки. Последовательность проведения технологических операций представлена в табл. 13.6.

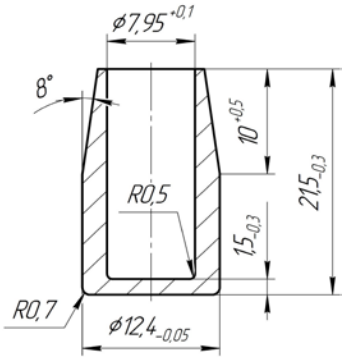


Рис. 13.14. Эскиз детали “корпус”

Эскизы полуфабрикатов после формоизменяющих операций показаны на рис. 13.15.

Результаты проектирования процесса вытяжки–выдавливания, выполненного в соответствии с предлагаемой методикой, представлены в табл. 13.7-13.11.

Таблица 13.6

Технологический процесс изготовления корпуса

№	Наименование операции	Оборудование
1	Расправка пачек полос, осмотр и укладка полос в кассеты	Специальная площадка, стол, кассета
2	Вырубка–свертка заготовки	Пресс вертикальный ВР-120
3	Отжиг	Печь ОКБ-355
4 – 7	Травление, промывка, омыление, сушка	Агрегат АТ-2
8	Вытяжка–выдавливание	Станок Ш-71
9	Обрубка фланца	Пресс горизонтальный О-81
10	Отжиг	Печь ОКБ-355
11 – 14	Травление, промывка, омыление, сушка	Агрегат АТ-2
15	Вытяжка	АРЛ ЛСТ-214
16	Обрезка-1	АРЛ ЛСТ-214
17	Штамповка дна	АРЛ ЛСТ-214
18	Обжим конуса	АРЛ ЛСТ-214
19	Обрезка-2	Станок ОШ-41
20	Калибровка	Станок ОШ-41
21 – 24	Обезжиривание, промывка, омыление, сушка	Агрегат 1АОС-1М
25	Контроль	Станок СА-41

Внедрение разработанного технологического процесса в производство не только существенно уменьшит расход дефицитного металла, но также позволит сократить цикл обработки, снизить расходы на штамповую оснастку и содержание оборудования и получить значительный экономический эффект.

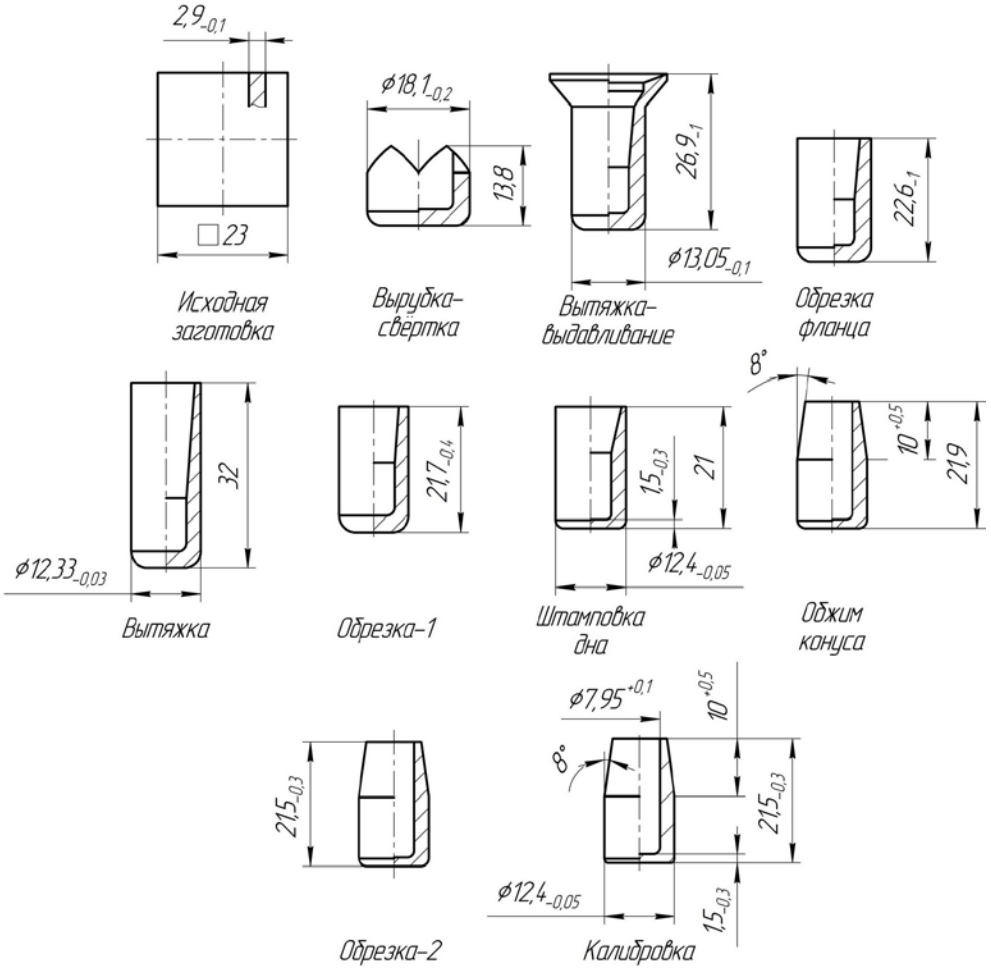


Рис. 13.15. Эскизы полуфабрикатов после выполнения штамповочных операций

Таблица 13.7

Расчетные размеры детали

Определяемая величина	Значение
Расчетный наружный диаметр корпуса $d_к$, мм	12,4
Расчетная толщина стенки в в.р.с. $S_к^в$, мм	0,59
Расчетная толщина стенки в н.р.с. $S_к^н$, мм	1,91
Расчетная толщина стенки в с.р.с. $S_к^с$, мм	1,25
Расчетная толщина дна $(S_д)_к$, мм	2,7
Толщина исходной листовой заготовки $S_д$, мм	2,9
Расчетный внутренний радиус сопряжения корпуса с дном $r_к$, мм	0,5
Расстояние от дна до н.р.с. $h_к^н$, мм	0,5
Расстояние от дна до с.р.с. $h_к^с$, мм	12,5
Расстояние от дна до в.р.с. $h_к^в$, мм	24,7
Расчетная высота детали $h_к$, мм	27,4
Относительная высота детали $h_к / d_к$	2,21
Относительная толщина стенки корпуса детали $S_к^с / (S_д)_к$	0,46
Отношение толщины стенки в верхнем и нижнем расчетных сечениях $S_к^в / S_к^н$	0,31
Уровень технологичности конструкции детали	Средний

Таблица 13.8

Размеры заготовки перед вытяжкой–выдавливанием

Определяемая величина	Значение
Объем заготовки V_0, мм^3	3508,8
Объем готовой детали $V_д$, мм^3	1210,2
Вес готовой детали G, г	9,5
Плотность металла детали ρ, г/см^3	7,85
Объем припуска на механическую обработку ΔV_1, мм^3	0
Объем припуска на обрезку (равен объему фланца) ΔV_2, мм^3	2298,6
Толщина боковой стенки S_0, мм	2,8
Толщина исходной полосы $S_д$, мм	2,9
Высота заготовки перед вытяжкой–выдавливанием H_0, мм	13,8
Толщина дна заготовки $(S_д)_0$, мм	2,7
Сторона квадратной заготовки a_4, мм	23,0
Наружный диаметр заготовки D_0, мм	18,1
Коэффициент свертки $m_{св}$	0,79
Высота заготовки от дна до впадины $H_в$, мм	4,85
Высота фестона заготовки ΔH_0, мм	5,25
Проверяем: 1-е условие – $H_в / D_0 > 0{,}135$	0,27
2-е условие – $H_0 / D_0 < 1{,}0$	0,76
Коэффициент утонения стенки в н.р.с. $m_s^н$	0,71
Коэффициент утонения стенки в в.р.с. $m_s^в$	0,22
Коэффициент утонения стенки в с.р.с. $m_s^с$	0,71
Суммарный коэффициент уменьшения диаметра $m_{d\Sigma}$	0,54
Коэффициент уменьшения диаметра m_d	0,715

Таблица 13.9

Размеры полуфабриката после вытяжки–выдавливания

Определяемая величина	Значение
Наружный диаметр корпуса d_1, мм	13,05
Диаметр фланца $d_{ф1}$, мм	18,1
Диаметр выточки $d_в$, мм	13,1
Толщина боковой стенки полуфабриката после вытяжки–выдавливания, мм:	
в в.р.с. $S_1^в$	0,63
в н.р.с. $S_1^н$	2,03
в с.р.с. $S_1^с$	1,33
Радиус сопряжения стенки с дном r_1, мм	0,5
Расстояние от дна до н.р.с. $h_1^н$, мм	0,5
Расстояние от дна до с.р.с. $h_1^с$, мм	11,5
Расстояние от дна до в.р.с. $h_1^в$, мм	20,1
Наружный радиус сопряжения фланца с корпусом R_1, мм	4,0
Внутренний радиус сопряжения фланца с корпусом R_2, мм	11,0
Глубина выточки во фланце $h_в$, мм	0,5
Толщина кромки $h_а$, мм	1,0
Толщина дна заготовки $(S_д)_1$, мм	2,7
Внутренний угол конусности фланца $\alpha_{п1}$	60°
Наружный угол конусности фланца $\alpha_{м1}$	45°
Высота заготовки h_1, мм	26,9

Таблица 13.10

Исполнительные размеры рабочего инструмента

Определяемая величина	Значение
Диаметр приемной части матрицы $D_м$, мм	$18{,}1^{+0{,}027}$
Высота приемной части матрицы $H_м$, мм	20,0
Диаметр рабочей части матрицы $d_{м1}$, мм	$12{,}95^{+0{,}027}$
Высота рабочей части матрицы $h_{м1}$, мм	25,5
Диаметр выходной части матрицы $d_{м2}$, мм	$13{,}05^{+0{,}027}$
Высота цилиндрического пояска матрицы $h_{м2}$, мм	6,5
Угол конусности ската матрицы $2\alpha_м$	90°
Радиус сопряжения конуса матрицы с рабочей частью $R_{м1}$, мм	4,0
Радиус сопряжения конуса матрицы с приемной частью $R_{м2}$, мм	0,3
Радиус закругления приемной части матрицы $R_{м3}$, мм	2,0
Диаметр направляющей части пуансона $D_п$, мм	$18{,}0_{-0{,}027}$
Угол конусности пуансона $2\alpha_п$	120°
Диаметр кольцевой выточки пуансона $d_{п2}$, мм	$13{,}1_{-0{,}027}$
Высота рабочей части пуансона $h_{п1}$, мм	12,9
Высота рабочей части пуансона до конуса $h_{п2}$, мм	11,5
Высота рабочей части пуансона до кольцевой выточки $h_{п3}$, мм	11,0
Высота выступающей части пуансона $h_{п4}$, мм	5,1
Радиус сопряжения $R_{п2}$, мм	1,5
Радиус сопряжения $R_{п2}$, мм	11,0
Радиус сопряжения $R_{п3}$, мм	1,0
Диаметр пуансона в н.р.с. $d_{п1}^н$, мм	$9{,}1_{-0{,}036}$
Диаметр пуансона в в.р.с. $d_{п1}^в$, мм	$9{,}5_{-0{,}036}$
Диаметр пуансона в с.р.с. $d_{п1}^с$, мм	$9{,}3_{-0{,}036}$
Расстояние от торца пуансона до н.р.с. $h_{п6}$, мм	1,5
Расстояние от торца пуансона до с.р.с. $h_{п5}$, мм	4,82
Наружный диаметр матрицы D, мм	60,0
Высота матрицы H, мм	55,0

Таблица 13.11

Максимальное технологическое усилие и удельные нагрузки на инструмент

Определяемая величина	Значение
Диаметр приемной части матрицы $D_м$, мм	18,1
Диаметр пуансона в в.р.с. $d_{п1}^{в}$, мм	9,5
Односторонний угол конусности ската матрицы α	45°
Диаметр направляющей части пуансона $D_п$, мм	18,0
Толщина боковой стенки заготовки после вытяжки–выдавливания $S_1^{с}$, мм	1,33
Наружный диаметр заготовки D_0, мм	18,1
Диаметр рабочей части матрицы $d_{м1}$, мм	12,95
Толщина фланца заготовки $S_ф$, мм	1,0
Коэффициенты: a	1,75
b	1,40
k	1,0
Коэффициент утонения стенки в в.р.с. $m_s^{в}$	0,22
Коэффициент уменьшения диаметра m_d	0,715
Коэффициент утонения фланца заготовки C	0,182
Площадь поперечного сечения пуансона F, мм^2	254,3
Удельное усилие штамповки q, МПа	1000
Максимальное технологическое усилие P, кН	248
Удельное усилие на пуансоне $p_п$, МПа	975

Библиографический список

1. *Данилин Г.А.,* Огородников В.П. Теория и расчеты процессов комбинированного пластического формоизменения // Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2004. 304 с.

2. *Агеев Н.П.,* Данилин Г.А., Огородников В.П. Вытяжка в штампах полых тонкостенных деталях машино- и приборостроения. В двух частях. Ч. 1. Механические основы процесса вытяжки. Тверь: Изд-во ГЕРС, 1997. 336 с.

3. *Агеев Н.П.,* Данилин Г.А., Огородников В.П. Вытяжка в штампах полых тонкостенных деталях машино- и приборостроения. В двух частях. Ч. 2. Проектирование технологических процессов. Тверь: Изд-во ГЕРС, 1998. 256 с.

14. ШТАМПОВКА ДНА ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ

14.1. Способы штамповки

Штамповка дна – это процесс формообразования полой детали с профильным дном путем местного выдавливания центральной полости и (или) осадки (высадки) дна заготовки в штампе. По схеме НДС заготовки этот процесс относится к классу холодной объемной комбинированной штамповки.

Штамповка предназначена для придания донной части детали требуемых чертежом формы, окончательных размеров и механических свойств, обеспечивающих жесткость дна и безотказность функционирования при сложных условиях нагружения.

Применяемые технологические процессы штамповки позволяют изготавливать детали с точностью 8…10 кв. (4…5 кл.), шероховатостью поверхностей до R_a 0,63 при значительном деформационном упрочнении металла в зоне дна ($\sigma_в \geq$ 450…600 МПа, *HV* до 220…240).

Место операции штамповки в технологическом процессе изготовления гильз определяется тем, что дно гильзы после нее должно иметь не только предусмотренные чертежом форму и окончательные размеры, но и окончательные механические свойства. Поэтому дно полуфабриката после штамповки не должно подвергаться термической обработке, вызывающей изменение полученной структуры металла и его механических свойств. Обычно для гильз с упором в скат (т.е. без выступающего фланца) операции первой и второй штамповок следуют друг за другом после всех вытяжных операций. При изготовлении гильз с выступающим фланцем первую штамповку производят перед последней вытяжкой, а вторую – после нее, при этом термическая обработка не проводится. Штамповке должна предшествовать обрезка открытого торца, чтобы обеспечить бесперебойную работу питателей, оборудования и легкое вхождение опорного пуансона в полуфабрикат. Кроме того, полуфабрикаты должны быть хорошо обезжирены и просушены.

Способы штамповки дна заготовок классифицируют по следующим признакам:

- соотношению свободных и контактирующих с инструментом поверхностей заготовок;
- форме исходной заготовки и порядковому номеру операции;
- скорости процесса и характеру нагружения;
- точности штампуемых деталей;
- степени сложности штамповой оснастки;
- типу применяемого оборудования.

По соотношению свободных $F_{св}$ и контактных $F_к$ поверхностей деформируемой заготовки выделяют способы открытой ($F_{св}/F_к \geq$ 0,3…0,5), полу-

закрытой ($F_{св}/F_к$ = 0,15…0,30), закрытой ($F_{св}/F_к \leq$ 0,03…0,10) штамповки (рис. 14.1).

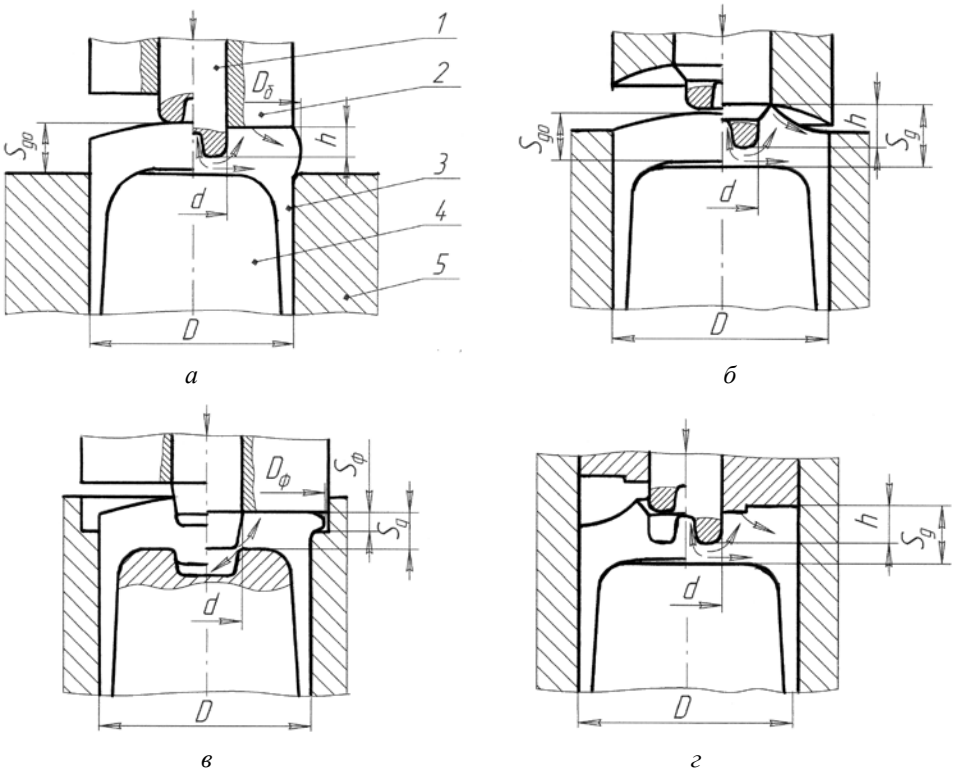


Рис. 14.1. Способы штамповки дна полых деталей: *а* – открытая; *б*, *в* – полузакрытая; *г* – закрытая; *1*, *2* – ступенчатый пуансон; *3* – заготовка; *4* – опорный пуансон; *5* – матрица

Существенные особенности открытой штамповки – невысокие технологические усилия и удельные нагрузки на рабочий инструмент ($p \leq$ 1000…1100 МПа) при низкой точности формы, размеров детали и повышенных отходах металла на последующую механическую обработку, что практически исключает ее применение в патронном производстве.

В отличие от открытой при закрытой штамповке обеспечивается возможность изготовления деталей с относительно высокой степенью точности, почти полностью исключающей последующую токарную обработку. Однако, ввиду затрудненных условий течения металла в закрытом штампе, в конце процесса возникают значительные технологические усилия и удельные нагрузки, близкие к предельным допустимым значениям (до 2200 … 2400 МПа) для материала инструмента в закаленном (с последующим высоким отпуском) состоянии. Полузакрытая штамповка по силовым параметрам и точности занимает промежуточное положение по сравнению с рассмотренными выше способами.

При многооперационном процессе следует различать первую и последующие операции штамповки (например, предварительную и окончательную двухоперационную). При этом, как правило, на первой штамповке применяется исходная полая, полученная на вытяжке с утонением заготовка с плоским или полусферическим дном, а на последующей – с профилированным дном. Первая штамповка обычно выполняется в полузакрытых, а последующая – в закрытых или также в полузакрытых штампах.

По скорости процесса различают способы статической ($\upsilon \le 0{,}1 \ldots 0{,}5$ м/с, $\dot{\varepsilon}_i = 10^{-1} \ldots 10^{-5}$ с$^{-1}$, $\tau \ge 60$ с), скоростной (υ до 0,5…10,0 м/с, $\tau \ge 10^{-1} \ldots 10^{-3}$ с), высокоскоростной штамповки ($\upsilon \ge$ 10,0 м/с, $\dot{\varepsilon}_i = 10^{2} \ldots 10^{5}$ с$^{-1}$, $\tau \ge 10^{-3} \ldots 10^{-6}$ с).

По характеру нагружения можно выделить способы штамповки с непрерывным и прерывистым (например, циклическим) нагружением; по точности штампуемых деталей – с большими, малыми припусками и без припусков на последующую механическую обработку.

По степени сложности штамповой оснастки и применяемому технологическому оборудованию следует различать формообразование в штампах на механических прессах вертикального исполнения, на горизонтально-высадочных прессах, в инструментальных штамповых блоках на автоматических роторных линиях (АРЛ).

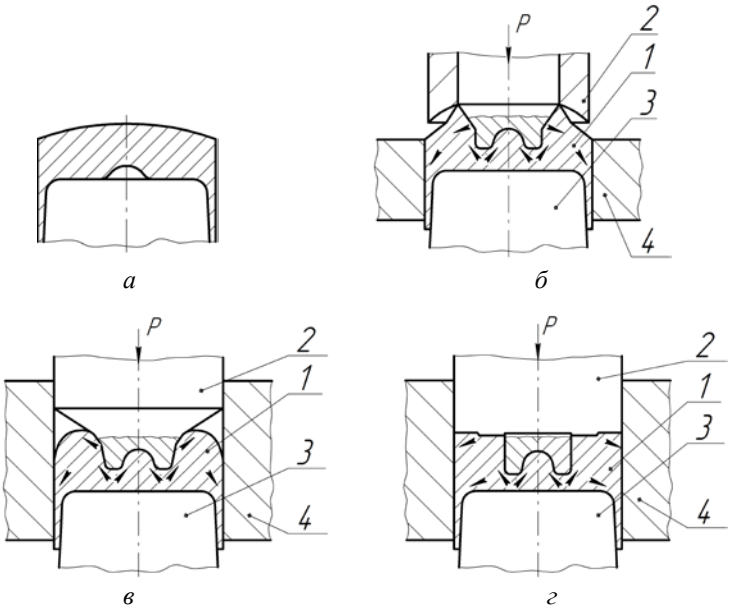


Рис. 14.2. Технологические схемы двухоперационной штамповки дна гильз: *а* – исходная заготовка; *б, в* – первая (предварительная) штамповка; *г* – вторая (окончательная) штамповка; *1, 2, 3, 4* – заготовка, ступенчатый пуансон, опорный пуансон, матрица

На рис. 14.2 показан основной способ штамповки дна гильз без выступающего фланца. Известны также способы так называемой точной штамповки гильз с экстракторной канавкой, разработанные авторами, которые могут быть применены для изготовления гильз к патронам крупных калибров (рис. 14.3). Этот способ предполагает применение на второй штамповке разъемной матрицы *4*.

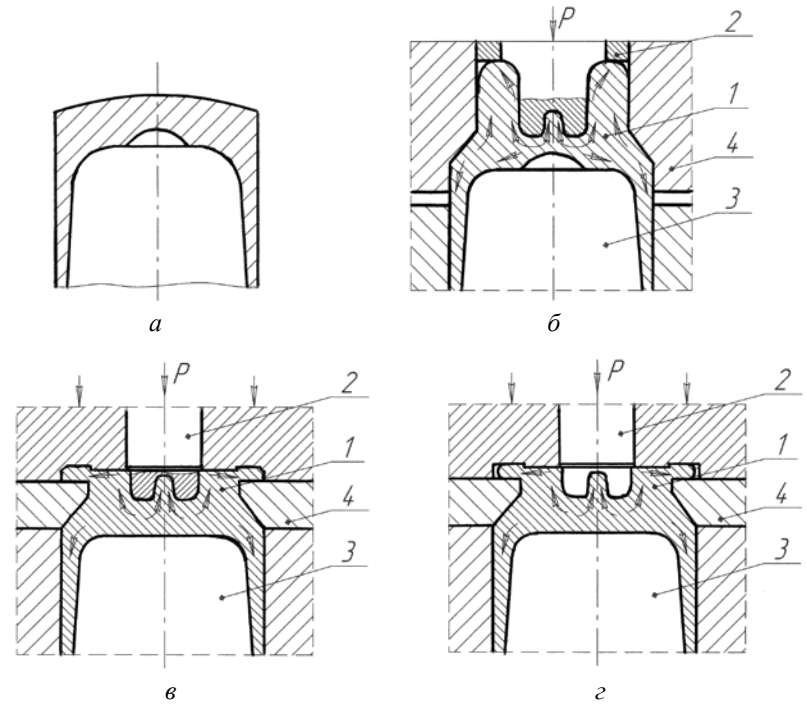


Рис. 14.3. Технологические схемы двухоперационной точной штамповки дна гильз:
а – исходная заготовка; *б* – первая штамповка; *в* – вторая штамповка с калибровкой фланца; *г* – вторая штамповка без калибровки фланца; *1*, *2*, *3*, *4* – заготовка, ступенчатый пуансон, опорный пуансон, матрица

14.2. Технологические особенности процессов предварительной (первой) штамповки

На первой штамповке осуществляется предварительное формообразование дна заготовки путем выдавливания цилиндрической или конической полости с плоским или рельефным дном при внедрении, как правило, ступенчатого пуансона (штампа). В общем случае процесс первой штамповки (при традиционном способе формообразования дна) проходит три характерные стадии: начальную неустановившуюся *I*, условно установившуюся *II* и конечную неустановившуюся *III* (рис. 14.4).

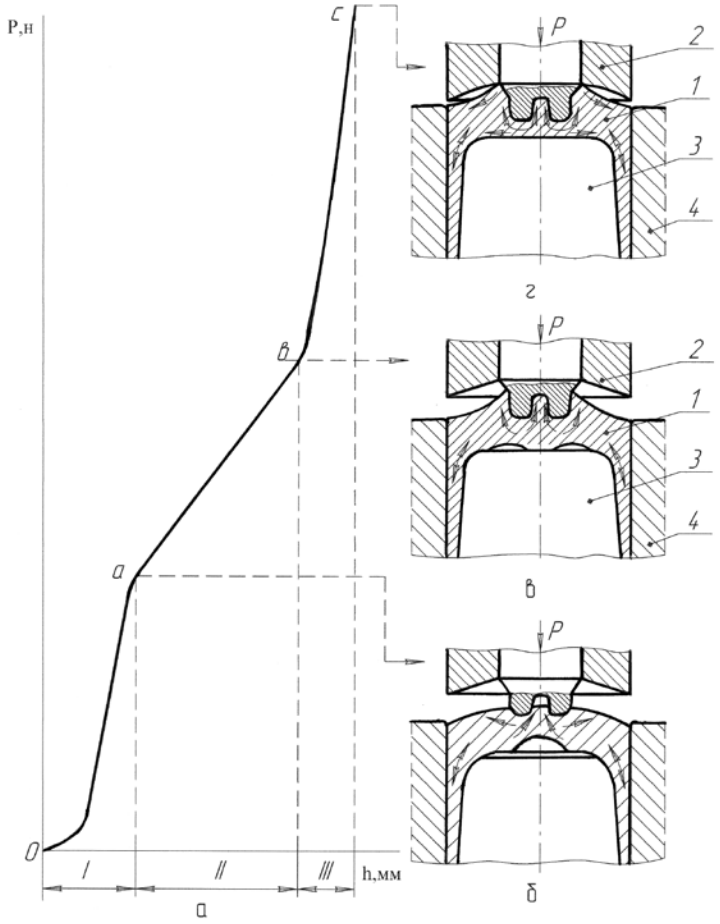


Рис. 14.4. Схемы машинной диаграммы «усилие–путь инструмента» *P–h* (*а*) и формоизменения дна заготовки (*б*, *в*, *г*)

Во время первой стадии процесса (рис. 14.4, *б*) осуществляется внедрение ступенчатого пуансона на участке радиусного закругления и частичное прилегание внутренней поверхности дна заготовок к торцевой поверхности опорного пуансона.

На второй стадии (рис. 14.4, *в*) наблюдается устойчивое протекание процесса выдавливания полости при относительно небольшом изменении усилия, заполнение рельефа на торцевой поверхности давящего пуансона с формообразованием наковальни, а также дальнейшее прилегание внутренней поверхности дна заготовки к торцу опорного пуансона.

Третья стадия (рис. 14.4, *г*) характеризуется резким возрастанием усилия в связи с увеличением площади поверхности контакта при внедрении следую-

щей ступени вдавливаемого пуансона (ступенчатый пуансон может быть выполнен цельным или составным).

Во время третьей стадии происходит перемещение материала к периферии и заполнение зазоров, образованных пуансонами, матрицей и стенками исходной заготовки. Повышение усилия от первой к последней стадии вызвано увеличением площади поверхности контакта, пластически деформируемого объема металла, деформационным упрочнением металла, ужесточением контактных условий. По мере протекания процесса штамповки пластическая деформация охватывает все больший объем металла дна. Однако и на заключительной стадии этот объем будет меньше или в предельном случае равен объему дна заготовки. Соотношение указанных объемов зависит от относительной глубины выдавливаемой полости $h_{кг}/d_{кг}$ ($h_{кг}, d_{кг}$ – глубина и диаметр капсюльного гнезда), отношения наружного диаметра заготовки D к диаметру $d_{кг}$ выдавливаемой полости ($D/d_{кг}$), формы вдавливаемого пуансона, формы исходной заготовки.

С увеличением $h_{кг}/d_{кг}$, уменьшением $D/d_{кг}$, при применении конического ступенчатого пуансона, уменьшении прогиба дна исходной заготовки и, в частности, уменьшении объема полости (типа облегчающей камеры) относительные размеры очага интенсивной пластической деформации A/D и $A/d_{кг}$ увеличиваются (на рис. 14.5 ОПД заштрихован).

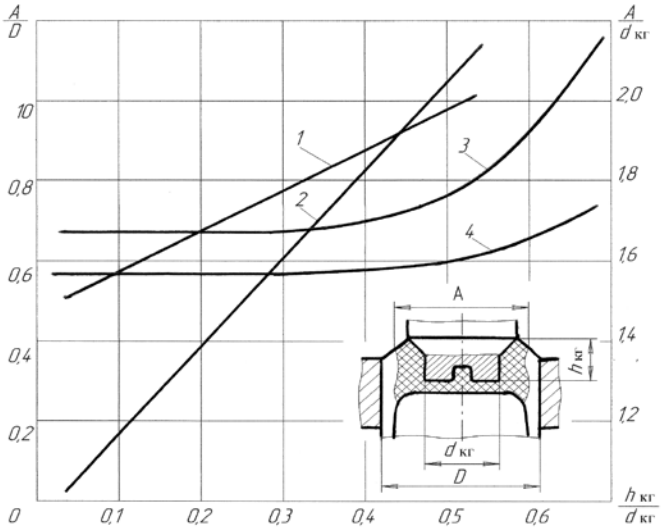


Рис. 14.5. Зависимость относительных размеров ОПД от относительной глубины выдавливаемой полости: *1, 2* – $A/D = f_1(h_{кг}/d_{кг})$ и $A/d_{кг} = f_2(h_{кг}/d_{кг})$ для гильз клб. 7,62 мм; *3, 4* – $A/D = f_1(h_{кг}/d_{кг})$ и $A/d_{кг} = f_2(h_{кг}/d_{кг})$ – для гильз клб. 14,5 мм

При штамповке дна детали с отношением $D/d_{кг}$ = 1,8…2,0 в конечной стадии процесса $A/D \approx 1{,}0$, а $A/d_{кг} \geq 2{,}0$.

Неравномерная деформация по сечению дна штампуемой заготовки приводит к характерному изменению профиля дна с образованием наплыва высотой ΔH и утяжины высотой $\Delta H_у$ на наружной поверхности, «развала» (угол α_p) выдавленной полости (рис. 14.6,*а*,*в*), а также к формированию по границам ОПД зон сдвиговой деформации. При вдавливании ступенчатого конического пуансона искажение профиля выдавленной полости (вследствие утяжины и «развала») исключается (рис. 14.6,*б*). С уменьшением отношения $D/d_{кг}$ увеличиваются высоты наплывы и утяжины и уменьшается высота «развала».

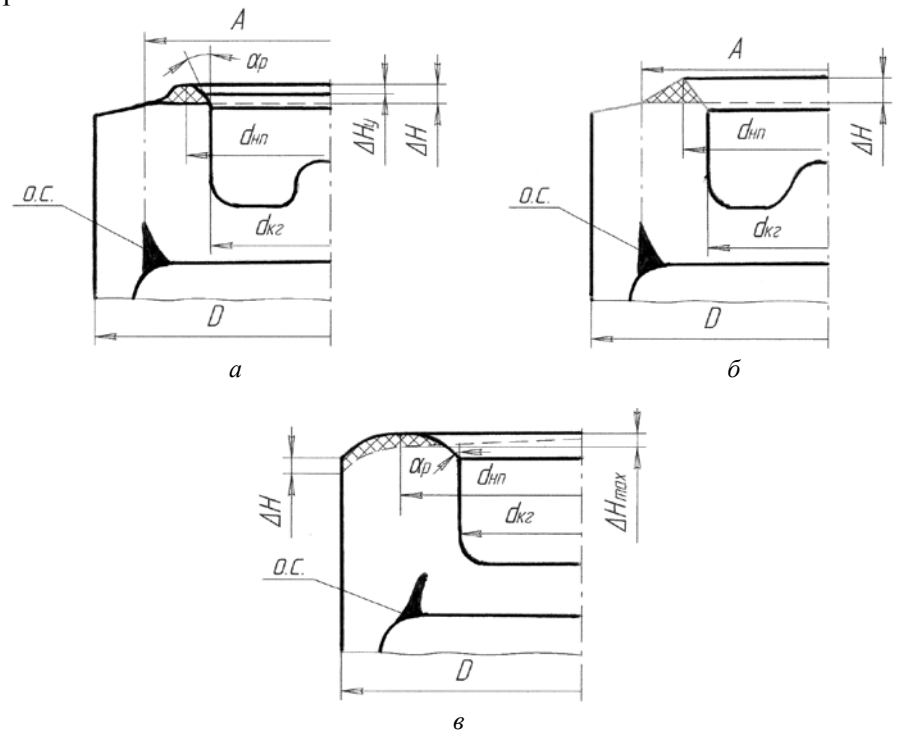
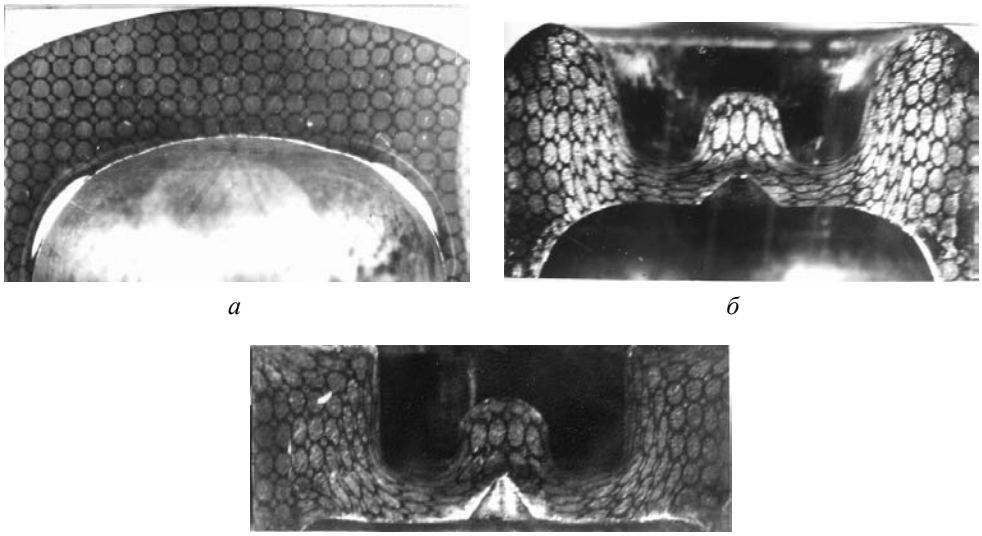


Рис. 14.6. Схемы изменения профиля дна заготовки: *а* – выдавливание цилиндрическим пуансоном (*A*<*D*); *б* – выдавливание ступенчатым коническим пуансоном (*A*<*D*); *в* – выдавливание цилиндрическим пуансоном (*A*=*D*); о.с. – потенциально опасное сечение

К особенностям процесса первой штамповки по указанной схеме относятся следующие:

1) осуществление формообразования заготовки в основном в результате выдавливания полости при внедрении ступенчатого пуансона;

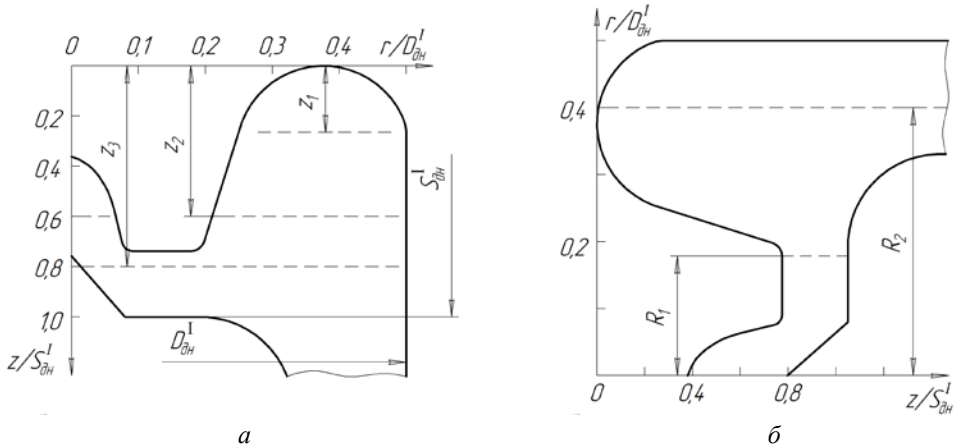
2) неравномерность НДС по объему дна заготовки (рис. 14.7);



а *б* *в*

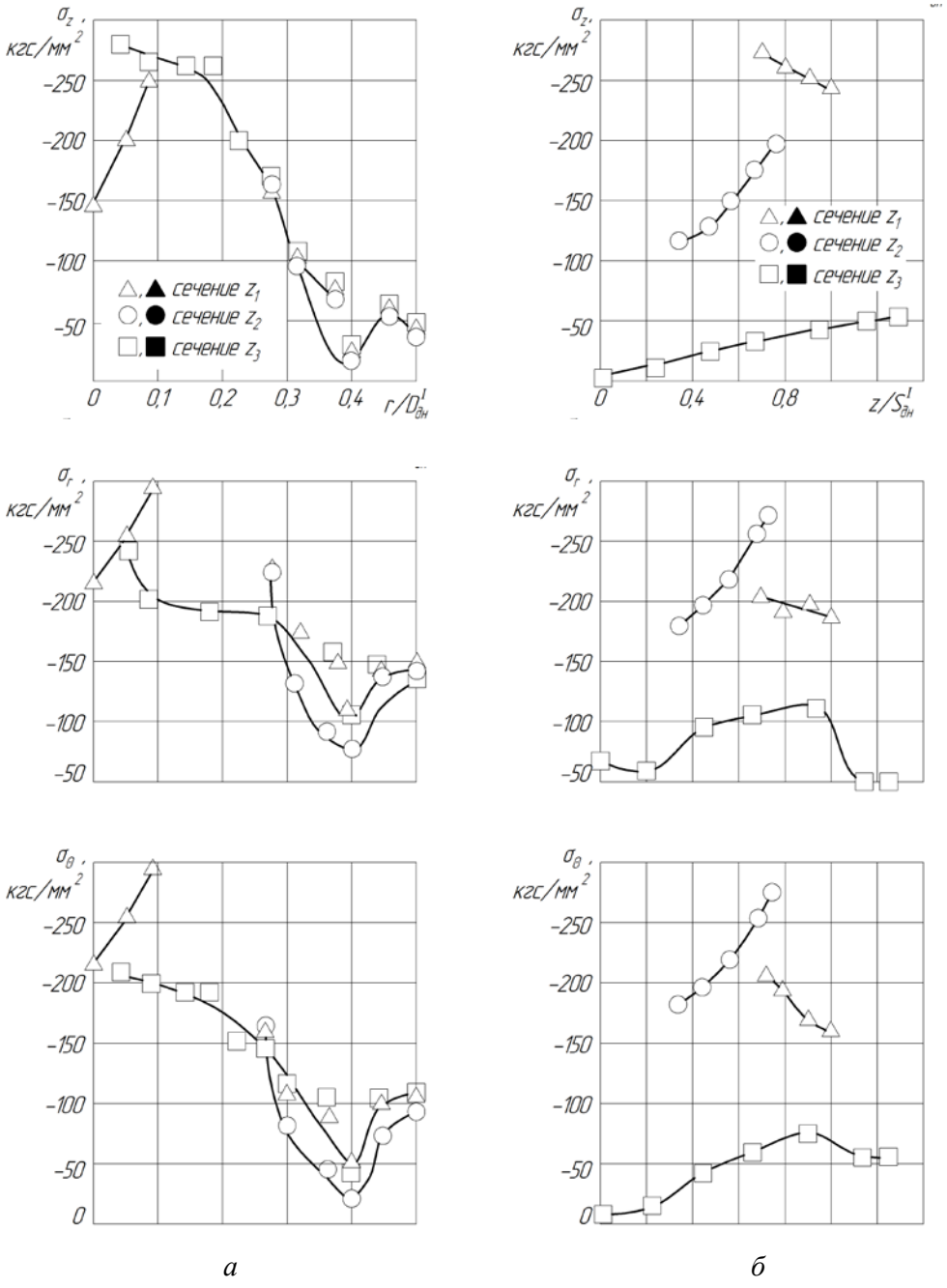
Рис. 14.7. Характер искажения делительной сетки, нанесенной на плоскость физического реза исходной заготовки (*а*); после первой (*б*) и второй (*в*) штамповки дна гильзы клб. 7,62 мм

3) возникновение в зоне очага интенсивной пластической деформации схемы напряженного состояния, соответствующей всестороннему неравномерному сжатию (рис. 14.8);



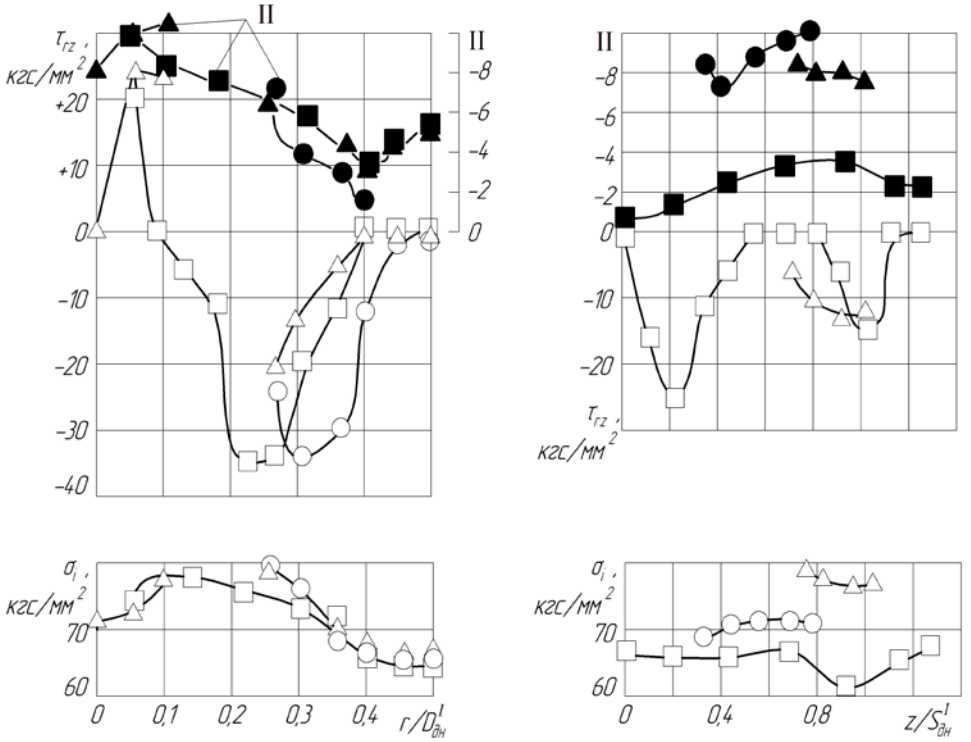
а *б*

Рис. 14.8. Изменение параметров напряженного состояния по сечению заготовки при первой штамповке дна гильзы клб. 7,62 мм: *а* – по радиусу; *б* – по толщине



а *б*

Рис. 14.8 (продолжение)



а *б*

Рис. 14.8 (окончание)

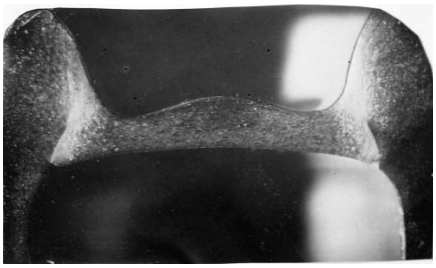


Рис. 14.9. Образование складок и трещин по поверхности сдвиговой деформации при первой штамповке латунных гильз с фланцем малого калибра

4) возникновение на внешних границах ОПД потенциально опасных узких зон сдвиговой деформации, которые могут, при определенных условиях, сопровождаться разрушением (рис. 14.6, 14.9);

5) неравномерное распределение микроструктуры металла и механических свойств ($\acute{I}V$, σ_i) по сечению штампуемых заготовок (табл. 14.1).

Таблица 14.1

Влияние скорости процесса штамповки на микротвердость дна биметаллической гильзы к патрону обр. 43 г., клб. 7,62 мм

Скорость деформирования υ, м/с	Скорость деформации $\dot{\varepsilon}_i$, с$^{-1}$	Зоны замера твердости											
		Наковальня			Перегородка			Угол капсюльного гнезда			Угол дна		
		H_0	H	H/H_0	H_0	H	H/H_0	H_0	H	H/H_0	H_0	H	H/H_0
Первая штамповка													
0,0001	$5{,}5\cdot10^{-2}$	150	190-200	1,30	140-160	200	1,33	140	200	1,43	160-180	200	1,18
20	$1{,}2\cdot10^{4}$	125-145	170-210	1,40	135-145	205	1,45	150	205	1,37	145-155	200	1,33
Вторая штамповка													
0,0001	$2{,}0\cdot10^{-2}$	170-180	190-200	1,12	170-190	205	1,14	175	205	1,17	180-200	205	1,08
20	$1{,}2\cdot10^{4}$	125-130	180-190	1,45	135-150	200-210	1,47	135	230	1,70	160-180	200-210	1,21

Примечание. 1. H_0, H – значения микротвердости до и после штамповки.
2. Величина отношения H/H_0 рассчитана по средним значениям микротвердости.

На форму и размеры ОПД, параметры деформированного состояния, форму и размеры штампуемой детали, величину и степень равномерности распределения механических свойств, усилие и среднее контактное давление влияют следующие технологические факторы: механические свойства материала исходной заготовки; способ штамповки; форма и размеры пуансонов, в частности форма их торцевых поверхностей (плоская или рельефная); величины радиусов сопряжения поверхностей пуансонов r_i/d_i; относительная глубина внедрения давящего пуансона h_i/d_i; относительная толщина дна исходной заготовки $S_0^{д}/D$; отношение наружного диаметра исходной заготовки D/d_i; форма исходной заготовки; условия деформации (скорость деформации, характер нагружения, условия контактного трения).

Наиболее деформированными зонами металла заготовки являются зоны перегородки и внутренней поверхности стенок выдавливаемой полости капсюльного гнезда, составляющие вместе зону очага интенсивной пластической деформации. Наименее деформированы переходная зона от дна к стенкам корпуса и периферийные участки донной части заготовки.

Анализ деформированного состояния свидетельствует о выраженной неоднородности распределения интенсивности ε_i и степени деформации e_i по сечению дна штампуемой заготовки (рис. 14.10).

Ввиду малых размеров заготовки (гильзы клб. 7,62 мм) определение параметров деформированного состояния во всех точках затруднено. С достаточ-

ной достоверностью можно утверждать, что в зоне срединного (*IV*) слоя перегородки деформированное состояние соответствует сжатию ($\nu_\varepsilon \cong 1{,}0$), процесс деформации приближенно монотонный; в зоне формирующейся наковальни (ряд *II*, т. *O*) деформированное состояние близко на промежуточной стадии к простому растяжению ($\nu_\varepsilon = 0{,}8\ldots1{,}0$). В других продольных и радиальных сечениях оно колеблется от растяжения, через сдвиг, к простому сжатию. На графиках сплошными линиями показаны значения e_i, а пунктирными ε_i, рассчитанные по отношению начальных и конечных размеров делительной сетки. Различие числовых значений e_i и ε_i несущественно, что позволяет принять предположение о приближенной монотонности процесса.

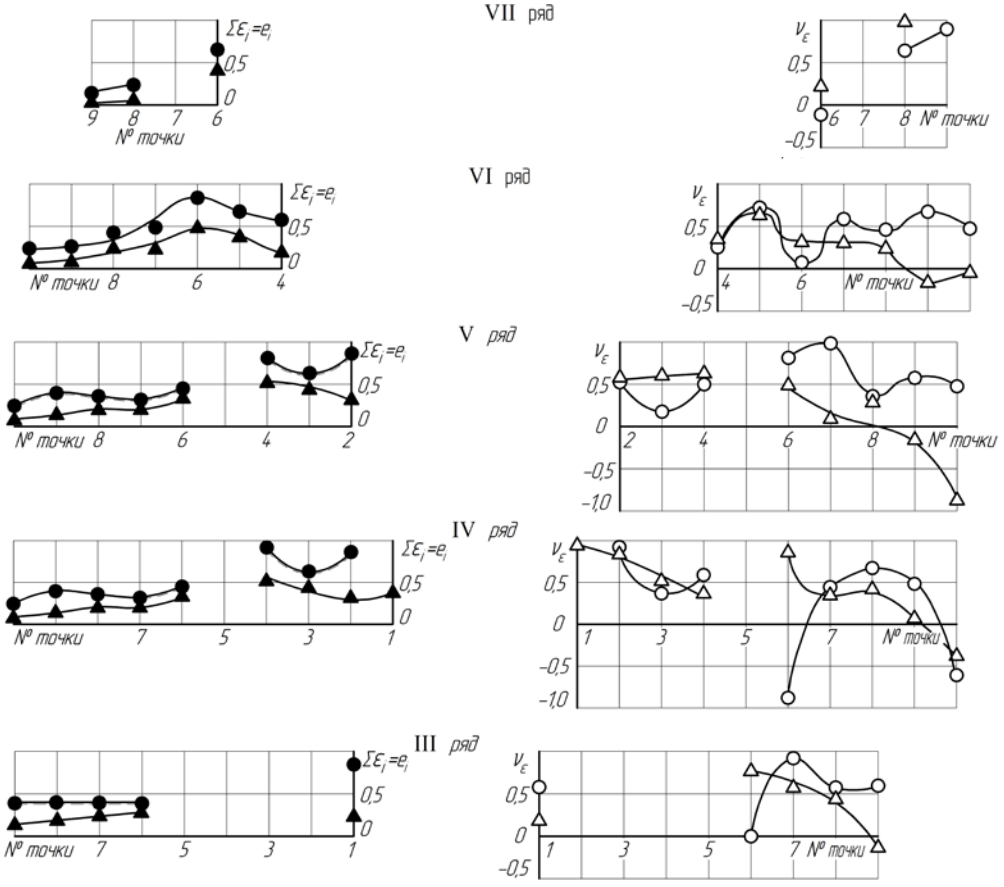


Рис. 14.10. Распределение интенсивности ε_i, степени e_i деформации и характеристики вида ν_ε по сечению дна деформируемой заготовки на первой штамповке и графики ε_i, e_i, ν_ε по рядам и точкам делительной сетки на промежуточной (Δ, Δ) и окончательной (•, о) стадиях процесса

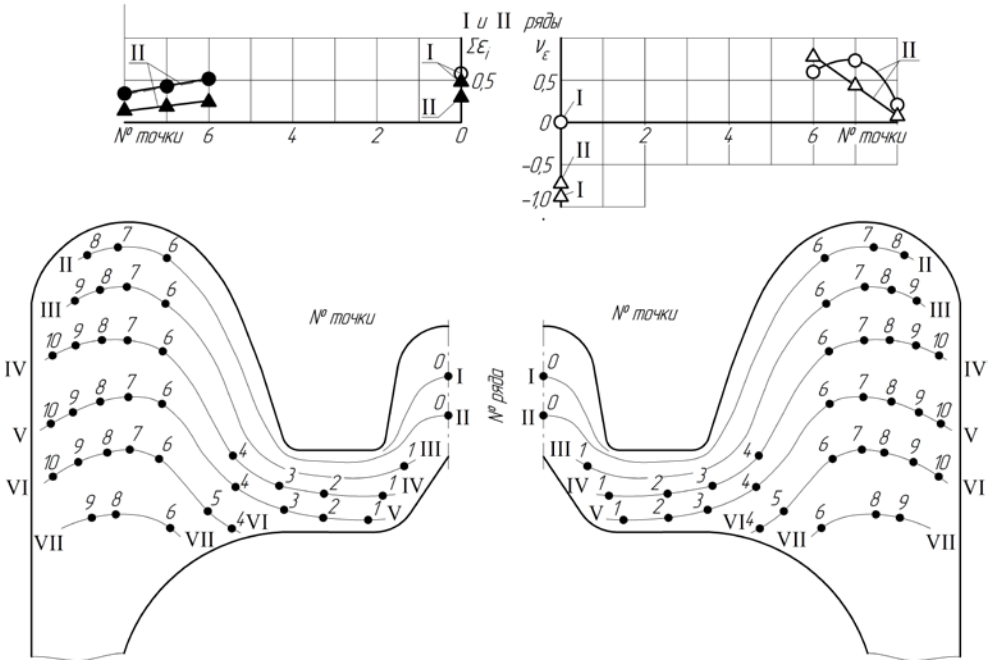


Рис. 14.10 (окончание)

В соответствии с изменением интенсивности ε_i (степени e_i) деформации формируется неоднородность распределения характеристик механических свойств (например, *HV*) по сечению дна отштампованной заготовки (см. табл. 14.1).

Анализ напряженного состояния свидетельствует о возникновении нормальных ($\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta$) сжимающих напряжений во всех точках сечения дна при наибольших по модулю значениях осевых σ_z и тангенциальных σ_θ напряжений в зоне перегородки ($r_i / D_д$ = 0,1…0,2). Показатель жесткости схемы напряженного состояния $K << 0$, что соответствует всестороннему неравномерному сжатию.

На рис. 14.11,*а* показан характер изменения усилий, воспринимаемых каждым из четырех инструментов согласно технологической схеме (рис. 14.11,*б*), площадей поверхностей контакта, контактных давлений и удельных усилий (контактное давление q_i определяется как отношение усилия P_i к действительной площади поверхности контакта $F_{кi}$ $q_i = P_i / F_{кi}$; удельное усилие – как отношение усилия P_i к площади поперечного сечения несущей части пуансона $F_{пi}$, т.е. $P_i = P_i / F_{пi}$) в зависимости от пути инструмента.

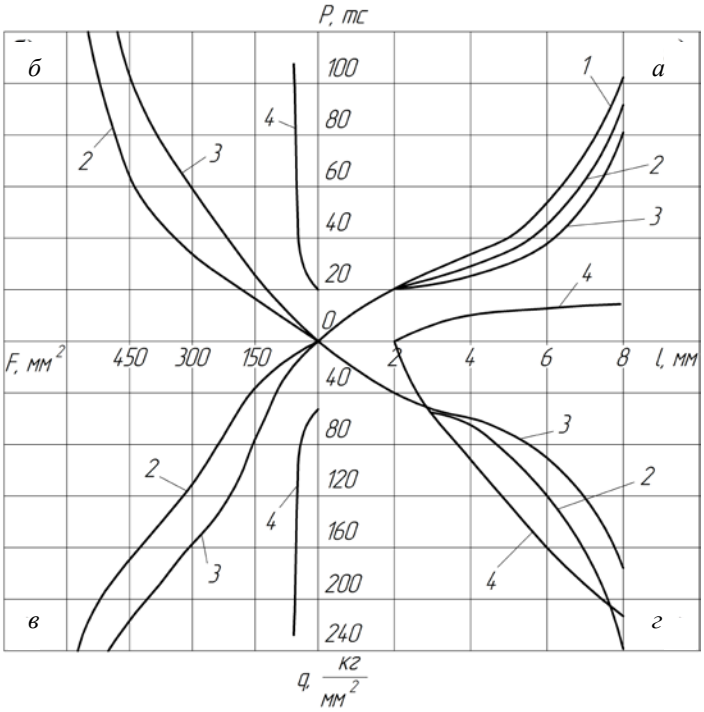


Рис. 14.11. График изменения усилий (*а*); площади поверхности контакта (*б*); контактных давлений (*в*) и удельных усилий (*г*) в зависимости от пути инструмента

14.3. Технологические особенности процессов окончательной (второй) штамповки

В отличие от первой операции при последующей штамповке деформируется заготовка с предварительно выдавленной в дне цилиндрической или конической полостью с наковальней или без нее.

При глубине полости исходной заготовки, меньшей глубины полости на данной операции, процесс штамповки, так же как и на первой операции, протекает в три стадии. Однако в этом случае на третьей стадии одновременно с выдавливанием полости осуществляется закрытая осадка с высадкой или без высадки периферийной части заготовки. При глубине полости исходной заготовки, большей глубины полости на данной операции, в начале процесса последующей штамповки осуществляется осадка или объемная формовка металла в зоне, прилегающей к наружной поверхности дна, а затем формирование дна заготовки путем одновременной осадки и выдавливания полости (рис. 14.12).

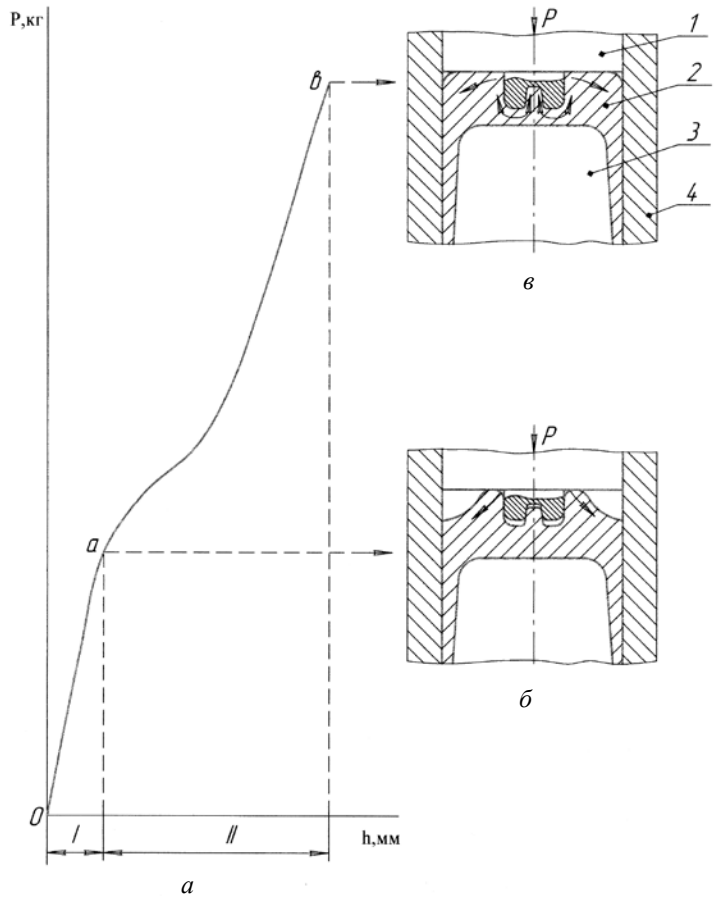


Рис. 14.12. Схема процесса последующей штамповки: *а* – схема машинной диаграммы «усилие–путь инструмента» *P–h*; *б*, *в* – схемы формоизменения дна заготовки по стадиям; *1* – пуансон; *2* – заготовка; *3* – опорный пуансон; *4* – матрица

При последующей штамповке металл, находящийся вне зоны перегородки, подвергается знакопеременной (немонотонной) деформации (вначале удлинение в осевом направлении, а затем укорочение).

Существенной особенностью последующей штамповки в закрытом штампе является возможность возникновения зон пониженной твердости в периферийной части заготовки, вследствие создания в этой зоне схемы напряженного состояния, близкой к всестороннему равномерному сжатию, исключающей течение металла и его значительное деформационное упрочнение. Деформированное состояние по сечению дна неоднородно, что иллю-

стрируется видом плоскости физического реза заготовки, изготовленной из слоистого металла (рис. 14.13).

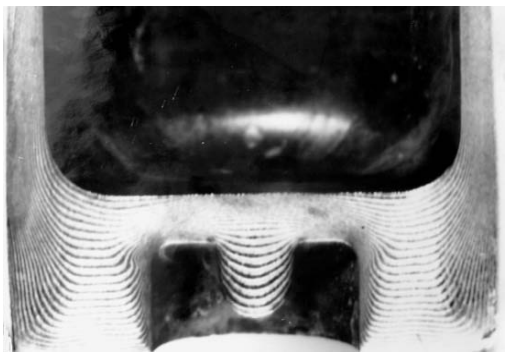


Рис. 14.13. Плоскость физического реза отштампованной заготовки, изготовленной из слоистого металла

В целом схема напряженного состояния заготовки на последующей операции соответствует всестороннему неравномерному сжатию при создании высокого гидростатического давления и больших удельных усилиях, действующих на рабочий инструмент (рис. 14.14).

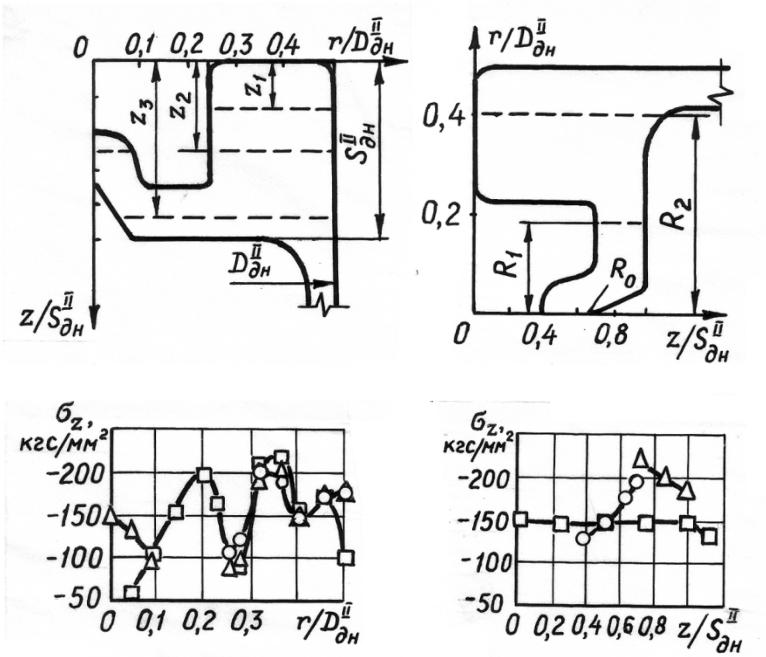


Рис. 14.14. Распределение параметров напряженного состояния по сечению дна заготовки при второй штамповке стальной гильзы клб. 7,62 мм

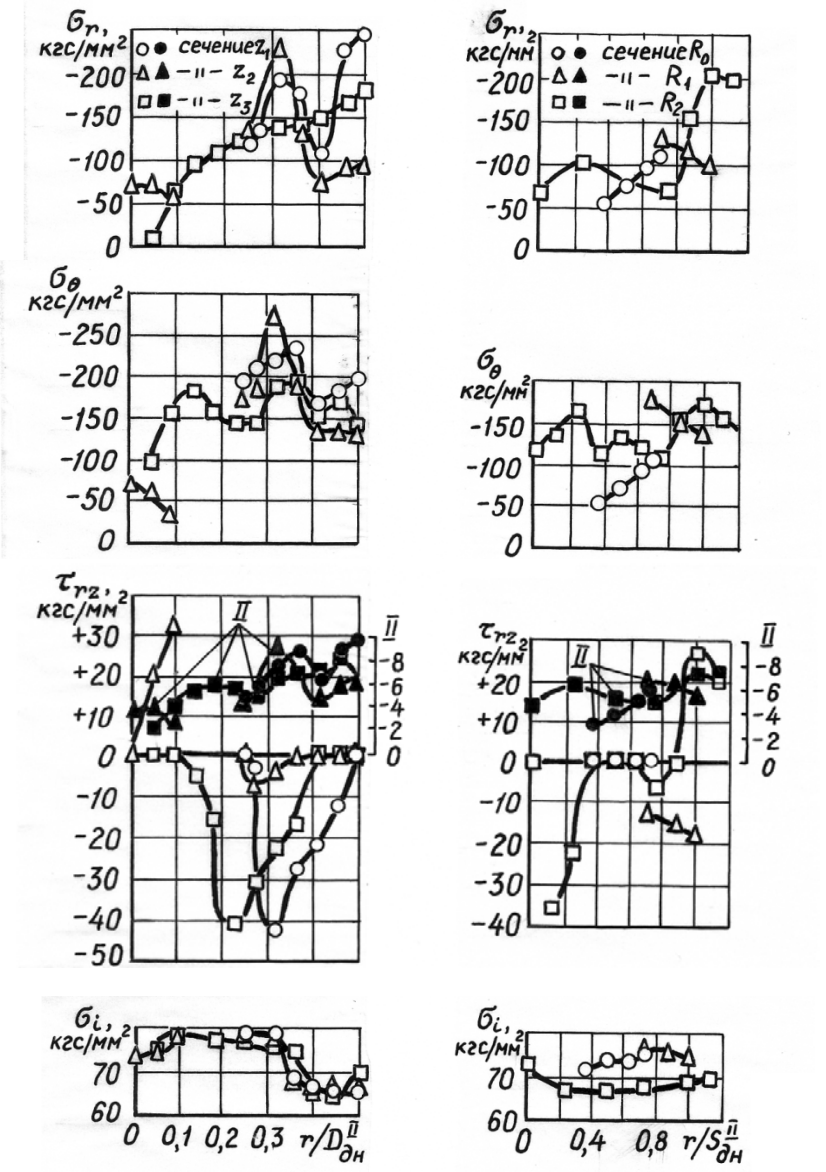


Рис. 14.14 (окончание)

На рис. 14.15 показана схема второй штамповки детали с фланцем. Особенностями этой схемы являются свободное течение металла в зоне фланца и наличие кольцевого углубления (камеры) в пуансоне, способствующего некоторому снижению удельных усилий, действующих на вдавливаемый пуансон, а также наличие потенциально опасных зон сдвиговой деформации.

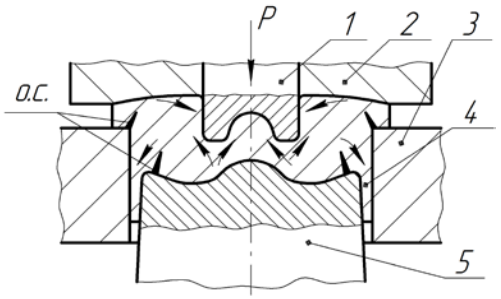


Рис. 14.15. Схема второй штамповки детали с фланцем:
1, 2 – составной ступенчатый пуансон; *3* – матрица; *4* – заготовка;
5 – опорный пуансон; *о.с.* – потенциально опасные сечения

14.4. Обеспечение качества штампуемых деталей

Точность и качество отштампованных деталей зависят от следующих основных факторов:

- правильности и точности установки рабочего инструмента и наладки оборудования;
- точности и качества изготовления рабочего инструмента, состояния его поверхностей и стабильности этих параметров в процессе работы;
- механических свойств материала детали;
- состояния поверхностей полуфабриката перед штамповкой;
- организации и культуры производства.

Технический контроль на участке штамповки гильз включает следующие основные стадии: контроль поступающих на штамповку полуфабрикатов; контроль при наладке операции штамповки и в процессе производства; контроль качества изготовленной на участке продукции.

Технический контроль включает визуальный осмотр и лекальный обмер. При визуальном осмотре проверяют состояние поверхности полуфабрикатов: на их наружной и внутренней поверхностях не должно быть царапин, отпечатков, забоин и т.п. Во время лекального обмера проверяют соответствие чертежу наружного диаметра полуфабриката, толщины перегородки, глубины капсюльного гнезда, высоты наковальни, а также кривизны полуфабриката.

По объему технический контроль бывает выборочным, периодическим, и сплошным (100%-ным). Периодический контроль заключается в том, что в начале работы и в процессе ее контролер отбирает несколько полуфабрикатов и производит их наружный осмотр и лекальный обмер. Периодичность контроля указывается в технологической карте в виде определенного промежутка времени, длительность которого обычно составляет 1,5…2 часа. Этот вид контроля называют также выборочным.

Сплошной (100%-ный) контроль заключается в проверке каждого полуфабриката на соответствие чертежу по тому или иному параметру.

При визуальном выборочном контроле большую роль играют эталонные образцы на полуфабрикаты: путем сравнения с ними удается своевременно выявить и изолировать брак.

Лекальный обмер производят набором специализированного измерительного инструмента, номенклатура которого определяется формой и размером проверяемых элементов. Так, кривизна проверяется каморой, наружный диаметр полуфабриката – калибром в виде кольца, размеры наковальни – специальным прибором и т.д.

При массовом производстве для повышения производительности контрольных операций введена автоматизация, что имеет большое значение при осуществлении 100%-ного контроля. Для этих целей имеются контрольно-измерительные роторы и роторные линии, применяемые при лекальном обмере гильз малого калибра.

Виды контроля точности и качества штамповки гильз и средства контроля приведены в табл. 14.2, основные виды брака при штамповке гильз, причины их появления и меры по устранению – в табл. 14.3.

Таблица 14.2

Виды контроля точности и качества штамповки полуфабрикатов стальных 7,62 и 14,5 мм гильз

Операция контроля	Контролируемые размеры, мм		Контрольно-измерительный прибор или инструмент
	7,62-мм клб.	14,5-мм клб.	
1	2	3	4
Первая штамповка			
Наружный осмотр на отсутствие царапин, отпечатков, забоин и др. поверхностных дефектов	–	–	Визуально путем сравнения с эталонами
Лекальный обмер:			
наружного диаметра	∅ 11,22	∅ 26,73	Кольцо однопредельное, проходное
глубины капсюльного гнезда	3,00–3,18	6,30–6,70	Прибор или шаблон на глубину капсюльного гнезда
высоты наковальни (измеряемой от плоскости торца гильзы)	1,25–1,50	–	Прибор на высоту наковальни
толщины перегородки	0,9–1,2	–	Прибор на толщину перегородки
толщины дна	–	9,5 не менее	Прибор на толщину дна
кривизны корпуса	–	–	Камора или втулка на кривизну корпуса (полуфабрикат должен свободно или под легким нажимом входить в камору заданных размеров)
эксцентричности капсюльного гнезда	–	Более 0,1	Прибор на эксцентричность капсюльного гнезда

Окончание табл. 14.2

1	2	3	4
Наличие капсюльного гнезда у полуфабрикатов 7,62 мм калибра (100%-ный контроль)	–	–	Ротор контроля наличия капсюльного гнезда
Вторая штамповка			
Осмотр наружной и внутренней поверхности на отсутствие царапин, отпечатков, забоин и др.	–	–	Визуально путем сравнения с эталонами
Лекальный обмер:			
наружного диаметра	∅11,26–11,32	∅26,86–26,98	Кольцо–калибр
глубины капсюльного гнезда	3,02–3,12	4,90–4,95	Прибор или шаблон на глубину капсюльного гнезда
диаметра капсюльного гнезда	∅5,42–5,46	Ø 8,96–9,01	Калибр на диаметр капсюльного гнезда
эксцентричности капсюльного гнезда	0,1 не более	0,1 не более	Прибор на эксцентричность капсюльного гнезда
высоты наковальни (измеряемой от плоскости торца гильзы)	1,47–1,54	2,08–2,15	Прибор на высоту наковальни
толщины перегородки	0,7–1,1	–	Прибор на толщину перегородки
толщины дна	3,9–4,2	8,0–9,5	Прибор на толщину дна
косины наружной поверхности дна полуфабриката	0,1 не более	0,1 не более	Прибор на косину
Наличие фасок у дна и у капсюльного гнезда	–	–	Визуально, эталоны, лупы
Приемка готовой продукции			
Лекальный обмер по всем проверяемым элементам (производится как специальная контрольная операция для окончательно готовой продукции малого калибра) 100%-ный контроль	–	–	Автоматическая роторная линия типа 1Л4К

Примечание. Для всех операций контроль производится выборочно (4–6 шт.) в начале смены и в процессе работы через каждый час.

Таблица 14.3

Виды и причины брака при штамповке

Операция возникновения брака	Вид брака	Причина брака
1	2	3
Первая и вторая штамповка	Царапины или отпечатки на наружной или внутренней поверхности гильз	Выкрашивание инструмента; налипание металла на инструмент; низкого качества термообработка; загрязненная матрица
Первая и вторая штамповка	Грубые кольцевые отпечатки по корпусу	Неправильное изготовление матрицы или попадание в нее масла
Первая штамповка	Мелкое капсюльное гнездо при завышенной толщине перегородки	Неправильная наладка оборудования и инструмента; деформация пуансона вследствие некачественной термообработки
Первая штамповка	Мелкое капсюльное гнездо при нормальной толщине перегородки	Заниженная толщина дна поступающего на штамповку полуфабриката; неправильное сечение размеров пуансонов последней вытяжки и первой штамповки (пуансон входит свободно в полуфабрикат)
Первая штамповка	Заниженная толщина перегородки при нормальной глубине капсюльного гнезда	То же
Первая и вторая штамповка	Эксцентричность капсюльного гнезда	Неправильная наладка оборудования; износ его узлов; пуансон изготовлен неправильно или деформировался вследствие некачественной термообработки
Первая и вторая штамповка	Заниженная или завышенная высота наковальни	Засорение полости пуансона первой штамповки; неправильное изготовление глубины полости пуансона (соска)
Первая штамповка	Искривление оси полуфабриката	Неправильное центрирование инструмента
Первая штамповка	Завышен наружный диаметр полуфабриката	Неправильное изготовление или износ матрицы штамповки
Первая штамповка	Кольцевая складка («карманчики») в донной части полуфабриката	Большая сферичность дна полуфабриката вытяжки, образование наплыва металла в зоне перехода от дна к стенкам вследствие износа сверточного пуансона или пуансона последней вытяжки
Первая штамповка	Боковики	Неправильное центрирование пуансона и питательного лотка
Первая и вторая штамповка	Царапины, отпечатки в капсюльном гнезде	Налипание металла на пуансон; некачественная термообработка; выкрашивание пуансона
Первая и вторая штамповка	Разрывы полуфабриката при штамповке	Не был снят отштампованный полуфабрикат и захвачен пуансоном следующий; попадание внутрь полуфабриката колечка после обрезки, опилок и др.
Вторая штамповка	Большая фаска дна гильзы	Недоштамповка дна гильзы вследствие нехватки металла, вызванной заниженной толщиной исходного материала или неправильными размерами вытяжных инструментов (малые радиусы пуансонов, завышенные углы конусности матриц, изношенные пуансоны)

Окончание табл. 14.3

1	2	3
Вторая штамповка	Отсутствие фаски у дна гильз малого калибра	Избыток металла в донной части; неправильная форма штампа первой штамповки
Вторая штамповка	Завышенный размер или отсутствие фаски в капсюльном гнезде	Неправильная наладка оборудования, инструмента
Вторая штамповка	Надрывы дна и провалы капсюльного гнезда	Малый радиус пуансона; наличие глубокой кольцевой складки после первой штамповки; заниженная толщина перегородки
Вторая штамповка	Гофрировка («гармошка») дульцевой части полуфабриката	Несоответствие размеров матрицы и полуфабриката; загрязнение поверхности заготовок; налипание металла на рабочую часть матрицы или неправильная форма отверстия матрицы
Вторая штамповка	Завышенный диаметр капсюльного гнезда	Неправильная форма штампа первой штамповки; осаживание пуансона вследствие плохой термообработки
Вторая штамповка	Спрессование двух полуфабрикатов	Полуфабрикат после штамповки остался на пуансоне вследствие недостаточной твердости дна; осадки пуансона или неправильной настройки оборудования, что привело при обратном ходе к спрессованию с другим, поданным в матрицу, полуфабрикатом
Вторая штамповка	Обратная конусность капсюльного гнезда	Неправильная установка пуансона
Первая и вторая штамповка	Гильза не имеет капсюльного гнезда	Произошла поломка пуансона
Вторая штамповка	Гильза имеет капсюльное гнездо от первой штамповки	Произошла поломка пуансона второй штамповки или засорение полуфабриката после первой штамповки
Вторая штамповка	Воздушные хлопки («выстрелы») при штамповке	Запирание воздуха в матрице последующим, плотно в нее входящим, полуфабрикатом (эффект компрессии)
Вторая штамповка	Косина фланца (для гильз с выступающим фланцем)	Косое дно у полуфабриката вытяжки или неперпендикулярность торца матрицы штамповки
Вторая штамповка	Завышенный диаметр фланца или завышенная толщина перегородки (у гильз с выступающим фланцем)	Избыток металла в донной части

14.5. Технологические расчеты

14.5.1. Исходные данные и последовательность расчетов

Исходные данные:

- чертеж детали;
- заданные техническими условиями механические свойства детали;
- маршрутный технологический процесс изготовления детали;

• технологические схемы выполнения штамповочных операций;

• установленные опытом или расчетом значения допустимых степеней деформации;

• тип применяемой технологической оснастки и оборудования.

По объектам проектирования весь расчет технологического процесса делится на два основных этапа: 1) расчет размеров и механических свойств заготовок с оценкой количества операций; 2) расчет исполнительных размеров рабочего инструмента и технологических усилий с оценкой обеспечения прочности штампового инструмента (рис. 14.16).

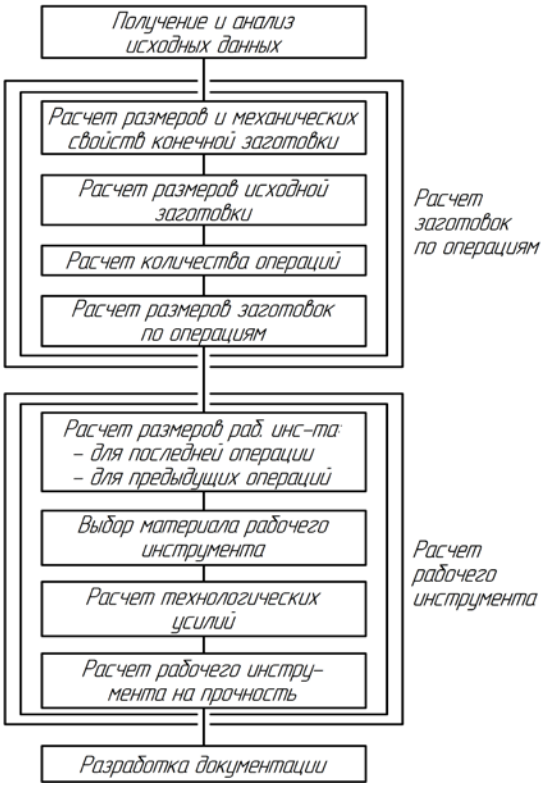


Рис. 14.16. Основные этапы проектирования ТП штамповки дна

При проектировании технологических процессов штамповки дна технологический маршрут в соответствии с исходными данными предполагается заданным.

Тем не менее при планировании последовательности выполнения основных и дополнительных операций необходимо иметь в виду и соблюдать следующие условия:

1) обеспечение кратчайшего технологического цикла обработки для формирования заданных геометрических и физико-механических свойств детали;

2) последовательно выполняемые формоизменяющие операции (штамповочные и механические) должны обладать общностью и преемственностью установочных технологических баз;

3) применение совместной обработки по возможности нескольких одновременно конструктивных элементов детали;

4) обеспечение на отдельных, например штамповочных, операциях нескольких разнородных свойств детали (геометрических, структуры и механических).

Реализация первого положения предполагает выбор такой последовательности, при которой на каждой последующей операции уровень свойств заготовки, например твердости, приближается к заданному чертежом и ТУ на готовую деталь. В силу этого при формообразовании дна гильзы за две штамповочные операции для достижения заданного высокого уровня прочностных свойств дна при минимальной толщине дна исходной заготовки используется немонотонное изменение толщины на предшествующей и последующей операциях, т.е. знакопеременная деформация. На первой штамповке толщина дна увеличивается за счет выдавливания полости в полузакрытом штампе, а на второй, наоборот, уменьшается за счет осадки. При сохранении минимального деформируемого объема дна за счет знакопеременной деформации значительно увеличиваются степень деформации и наклеп металла, что и обеспечивает получение достаточно высокой твердости дна. По этой же причине недопустимо введение термической обработки как между штамповочными операциями, так и после второй штамповки.

В развитие второго положения должны соблюдаться следующие условия:

а) для каждой последующей операции необходимо оформлять на предшествующих операциях надежную установочную технологическую базу, состоящую из минимального количества поверхностей по возможности правильной геометрической формы (плоскости, цилиндра, конуса и т.п.);

б) технологические операции, имеющие общие установочные технологические базы, могут выполняться в любой последовательности;

в) для окончательной (чистовой) обработки различных поверхностей, связанных между собой определенными размерными параметрами, наиболее целесообразно применять одну установочную технологическую базу.

Примерами установочных технологических баз на формоизменяющих операциях являются: при вытяжке с утонением – внутренние поверхности дна и зоны сопряжения стенки и дна; на штамповке дна – внутренние поверхности дна и придонного участка; при обжиме – наружная поверхность дна; при пробивке – внутренние поверхности дна и придонного участка; при точении (проточке канавки) и сверлении – наружная коническая поверхность корпуса гильзы.

Из перечисленных примеров следует, что для каждой последующей вытяжки установочная технологическая база формируется на предшествующей вытяжке, для штамповки дна – на вытяжке, для пробивки и обжима – на второй штамповке дна. Так как вытяжка и штамповка дна имеют общие установочные технологические базы, то они могут выполняться в любой последовательности. Обычно при изготовлении гильз без выступающего фланца первая и вторая штамповки следуют после последней вытяжки. При изготовлении гильз с выступающим фланцем (например, винтовочных, клб. 7,62 мм) первую штамповку выполняют перед последней, а вторую – после последней вытяжки. Между ними термическая обработка не проводится.

Штамповке должна предшествовать обрезка края заготовки, чтобы обеспечить бесперебойную работу питателей оборудования и легкое вхождение опорного пуансона в полуфабрикат. Кроме того, предварительно полуфабрикаты должны быть обезжирены, промыты, омылены, просушены, чтобы исключить попадание внутрь масла, влаги, опилок и других инородных частиц, которые могут привести к появлению технологического брака или даже к разрывам при выстреле. Поэтому в технологическом маршруте перед первой штамповкой должны быть предусмотрены следующие технологические операции: обрезка (выполняется на АРЛ), обезжиривание, промывка, омыление, сушка (в промывочно-сушильном агрегате), после второй штамповки – пробивка затравочных отверстий и снятие крупки (на АРЛ).

14.5.2. Расчет размеров и механических свойств дна конечной штампованной заготовки

При расчете на первом этапе принята следующая последовательность решения задач:

- расчет размеров и механических свойств конечной заготовки (после последней операции штамповки);
- расчет размеров исходной заготовки;
- расчет количества операций;
- расчет размеров заготовок по операциям.

Исходные данные для этого этапа:

- чертеж дна готовой детали (рис. 14.17);
- заданные ТУ механические свойства дна детали;
- принятый маршрутный технологический процесс изготовления детали и технологические схемы выполнения основных формоизменяющих операций;
- схемы формирования механических свойств готовой детали в контрольных сечениях;
- рекомендуемые припуски на токарную обработку и обрезку;

• технологические требования, предъявляемые процессом штамповки к конструкции деталей;

• теоретические или эмпирические зависимости показателей механических свойств от условий предварительной обработки (степени деформации, температуры и длительности отжига).

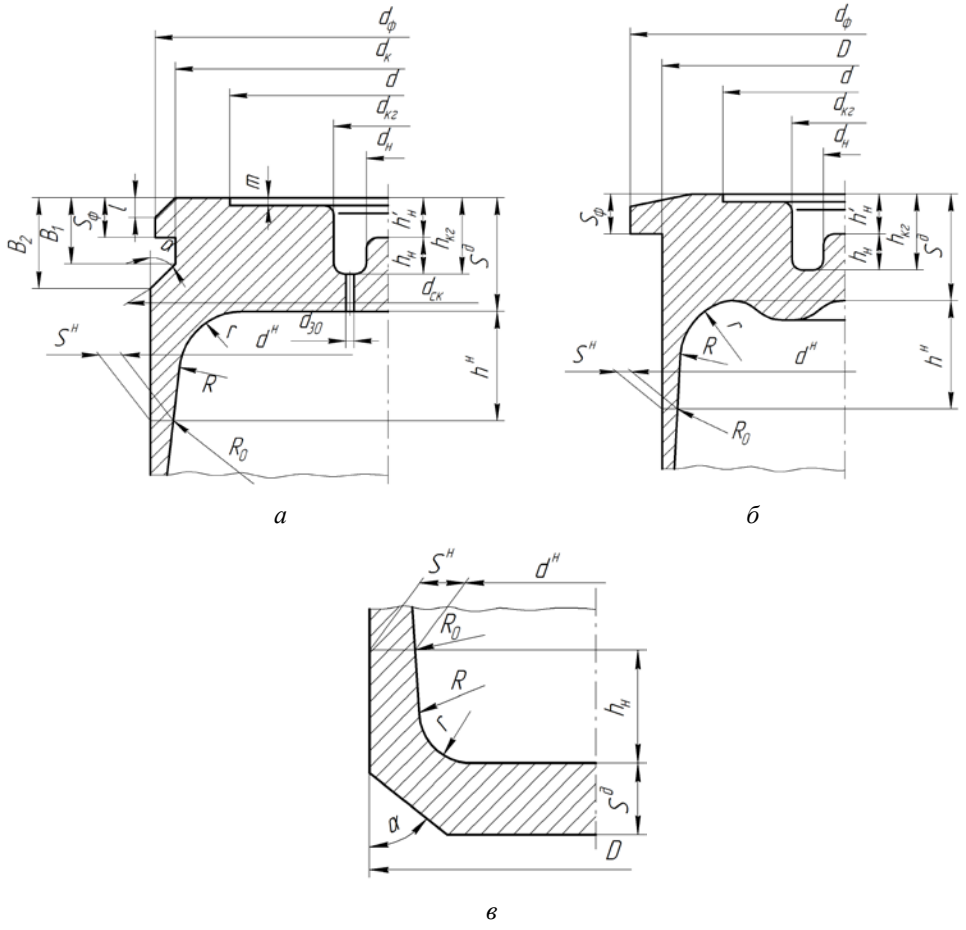


Рис. 14.17. Эскизы дна готовых гильз: с невыступающим фланцем (*а*); с фланцем (*б*) и дна пиростакана (*в*)

Расчетные размеры (рис. 14.18):

• наружный диаметр дна заготовки $d_{нп}$;

• внутренний диаметр заготовки в нижнем расчетном сечении $d_n^н$;

• толщина дна $S_{дп}$;

- толщина перегородки $S_{пп}$;
- размеры капсюльного гнезда: глубина $h_{кгп}$, диаметр $d_{кгп}$, радиусы сопряжения поверхностей $r_{1п}, r_{2п}, r_{3п}$, высота наковальни $h_{нп}$;
- радиусы сопряжения стенки и внутренней поверхности дна $r_п, R_п$;
- толщина фланца $S_{фп}$;
- диаметр фланца $d_{фп}$;
- диаметр канавки $d_{кп}$;
- ширина экстракторной канавки $B_п$;
- радиус сопряжения фланца и корпуса детали $r_{фп}$ и др.

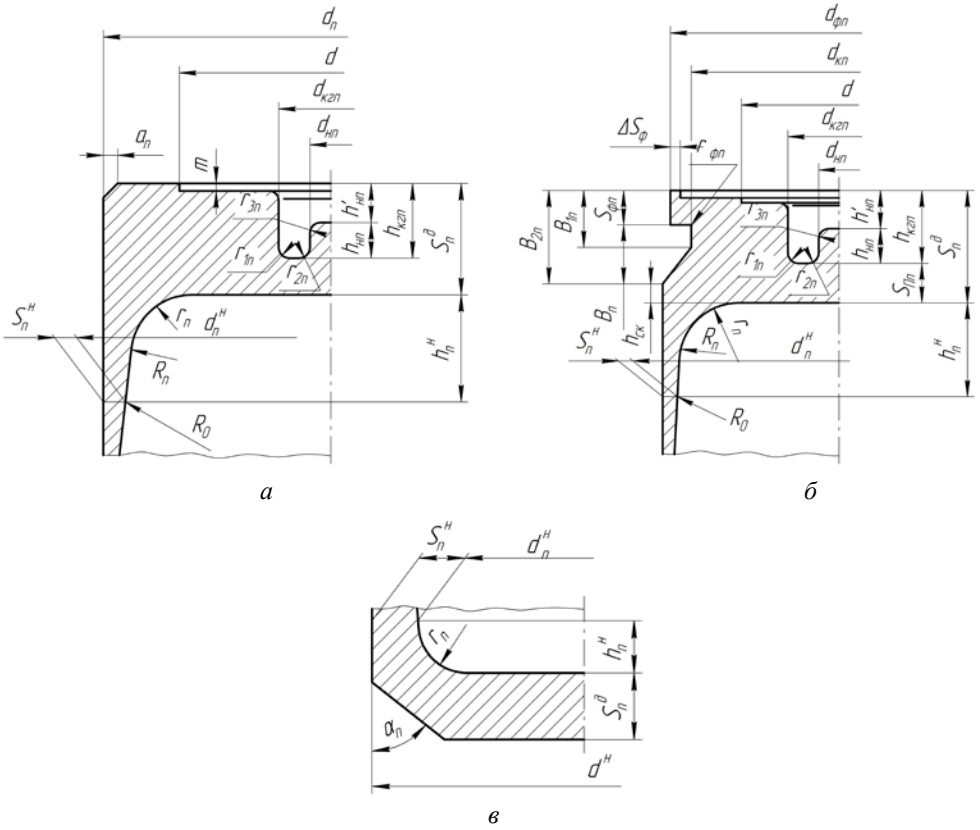


Рис. 14.18. Эскизы конечных заготовок гильз с заданными припусками на проточку канавки и пробивку затравочных отверстий (*а*); без припусков на проточку канавки, (получаемой точной штамповкой в разъемной матрице) (*б*) и конечной заготовки пиростакана (*в*)

Внутренний диаметр заготовки в нижнем расчетном сечении рассчитывается по соответствующему диаметру готовой детали с учетом поправки на изменение размера при последующем обжиме заготовки:

$$d_n^{\text{н}} = d^{\text{н}} + 2\left(h^{\text{н}} + S_{\text{д}} - S_{\text{ф}}\right)\text{tg}\beta, \qquad (14.1)$$

где $d^{\text{н}}$ – внутренний диаметр готовой детали в нижнем расчетном сечении; $h^{\text{н}}$ – расстояние нижнего расчетного сечения детали от внутренней поверхности дна; $S_{\text{д}}$, $S_{\text{ф}}$ – толщины дна и фланца детали соответственно; $\text{tg}\beta = \dfrac{d_{\text{н}}^{\text{н}} - d_{\text{ск}}}{2(h^{\text{с}} - h^{\text{н}})}$, $d_{\text{н}}^{\text{н}} = d^{\text{н}} + 2S^{\text{н}}$ – наружный диаметр детали в нижнем расчетном сечении; $d_{\text{ск}}$ – наружный диаметр ската; $h^{\text{с}}$, $h^{\text{н}}$ – расстояние ската и нижнего расчетного сечения от внутренней поверхности дна детали; $S^{\text{н}}$ – толщина стенки детали в нижнем расчетном сечении.

Наружный диаметр дна заготовки назначается равным наружному диаметру дна готовой детали

$$d_{\text{н}n} = d_n^{\text{н}} + 2S_{n-1}^{\text{н}} = D. \qquad (14.2)$$

Толщины дна и перегородки заготовки, размеры капсюльного гнезда, радиусы сопряжения и расстояния от расчетных сечений до внутренней поверхности дна после штамповки принимаются равными с соответствующими размерами детали:

$$\begin{aligned} &S_{\text{д}n} = S_{\text{д}};\ S_{\text{п}n} = S_{\text{п}};\ d_{\text{кг}n} = d_{\text{кг}};\ h_{\text{кг}n} = h_{\text{кг}};\ h_{\text{н}n} = h_{\text{н}};\ h'_{\text{н}n} = h'_{\text{н}};\\ &d_{1n} = d_1;\ r_{1n} = r_1;\ r_{2n} = r_2;\ r_{3n} = r_3;\ r_n = r;\ R_n = R. \end{aligned} \qquad (14.3)$$

Размеры фланца и экстракторной канавки принимаются равными:

$$\begin{aligned} &d_{\text{ф}n} = d_{\text{ф}} + \Pi_d;\ S_{\text{ф}n} = S_{\text{ф}} + \Pi_S;\ r_{\text{ф}n} = r_{\text{ф}};\\ &d_{\text{к}n} = d_{\text{к}} + \Pi_{\text{к}};\ B_{1n} = B_1;\ B_{2n} = B_2;\ \alpha_n = \alpha, \end{aligned} \qquad (14.4)$$

где Π_d, Π_S, $\Pi_{\text{к}}$ – двусторонние припуски на токарную обработку по диаметру, толщине фланца и диаметру экстракторной канавки соответственно.

При изготовлении гильз с фланцем и без экстракторной канавки принимается

$$\Pi_d = (18-30)\% \cdot d_{\text{ф}}. \qquad (14.5)$$

При изготовлении гильз с экстракторной канавкой способом точной штамповки $\Pi_d = (8-10)\% \cdot d_{\text{ф}}$; $\Pi_S = (14-16)\% \cdot S_{\text{ф}}$; $\Pi_{\text{к}} = (8-10)\% \cdot d_{\text{к}}$ – при штамповке без калибровки фланца; $\Pi_d = 0$ – при штамповке с калибровкой фланца; $\Pi_S = 0$, $\Pi_{\text{к}} = 0$.

Если известны размеры исходной для первого обжима заготовки, то размеры конечной штампованной заготовки будут им равны.

При изготовлении деталей типа пиростаканов припуски на механическую обработку дна, как правило, не назначаются.

Механические свойства дна заготовки при отсутствии последующей термообработки назначаются равными соответствующим значениям механических свойств готовой детали в установленных расчетных сечениях, т.е.

$$HV_n^{\text{в}} = HV^{\text{в}}; HV_n^{\text{с}} = HV^{\text{с}}; HV_n^{j} = HV^{j}; HV_n^{\text{н}} = HV^{\text{н}}; \; HV_n^{\text{д}} = HV^{\text{д}}.$$

После определения размеров целесообразно оценить технологичность конструкции конечной штампованной заготовки и, соответственно, готовой детали. Под технологичностью конструкций детали (заготовки) следует понимать степень ее пригодности к изготовлению способами штамповки дна за наименьшее количество операций при обеспечении прочности и устойчивости инструмента, исключающих его преждевременное разрушение, и заданного уровня качества штампуемой детали по всем контролируемым свойствам.

Технологические возможности процессов штамповки дна ограничиваются главным образом прочностью рабочего инструмента, ввиду больших удельных нагрузок на него и в меньшей степени прочностью самой заготовки.

Основными показателями технологичности являются штампуемость материала; степень геометрической сложности; степень сложности механических свойств. Общая методика оценки ТКИ описана в подразд. 1.7.

К показателям штампуемости материала относятся сопротивление материала деформированию $\left(\sigma_{0,2}\ (\sigma_{\text{т}}),\ \sigma_{\text{в}}\right)$, способность материала к деформационному упрочнению (n), предельная до разрушения интенсивность деформации $\varepsilon_{i\text{p}}$, определяемая по результатам испытания образцов на растяжение.

К показателям, характеризующим степень геометрической сложности штампуемой детали относятся форма дна детали, относительные (безразмерные) и абсолютные габаритные размеры дна и его конструктивных элементов, допускаемые отклонения на размеры и форму.

По форме дна к высокотехнологичным можно отнести детали без полостей в дне, детали с полостью в дне цилиндрической или слабо конической формы с плоским основанием, с центральным или кольцевым выступом на внутренней поверхности дна, с радиусными сопряжениями поверхностей, с выступающим фланцем или без него (рис. 14.19,*а–е*).

Введение в конструкцию дна наковален в капсюльном гнезде, торцевых и радиальных канавок, например под экстрактор, плоского дна на внутренней поверхности полой детали (рис. 14.19,*д,ж,з,и*) снижает технологичность конструкции, так как повышает, при прочих равных условиях, удельные нагрузки на инструмент и уменьшает его стойкость.

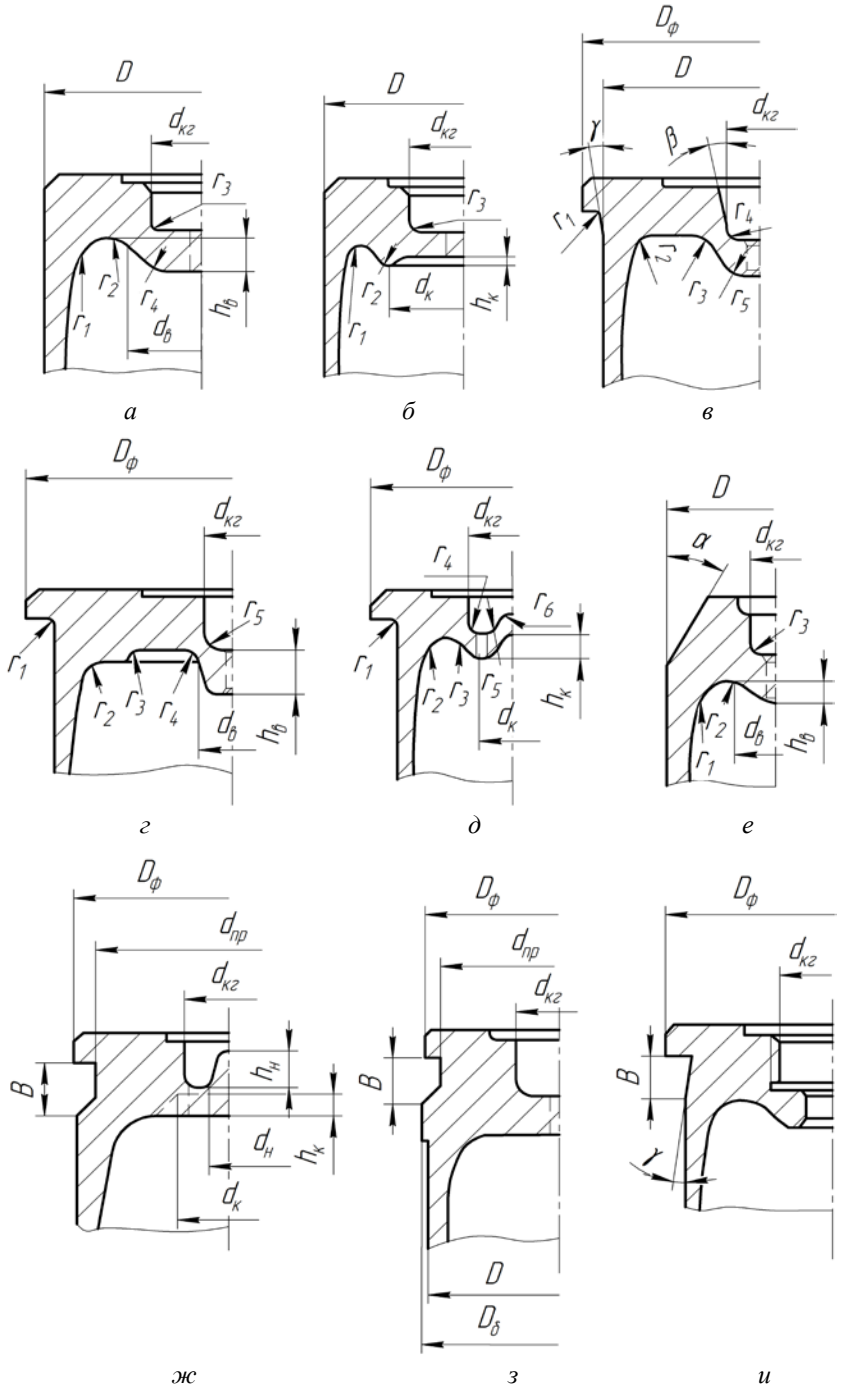


Рис. 14.19. Конструкция штампуемых деталей

Введение в дно конструктивных элементов типа радиальных канавок, резьб, сквозных отверстий и т. п. исключает возможность их получения при штамповке дна и требует введения в технологический процесс других методов или способов обработки, что повышает трудоемкость и себестоимость изготовления детали. Такие детали следует относить к деталям низкой технологичности.

Основными безразмерными геометрическими параметрами, характеризующими технологичность конструкции дна, являются относительная толщина дна $S_д/D$, перепад диаметров $D_ф/D, D/d_{кг}$, относительная глубина выдавливаемой полости $h_{кг}/d_{кг}$, относительная высота наковальни $h_н/d_н$, относительная высота выступа на внутренней поверхности дна полой детали $h_в/d_в$, относительный радиус сопряжения стенки и дна полости капсюльного гнезда $r_с/d_{кг}$, относительная толщина перегородки $S_п/d_{кг}$, отношение толщины фланца к толщине дна $S_ф/S_д$, отношение диаметра канавки к диаметру под фланцем $d_к/D$, отношение радиуса сопряжения внутренних поверхностей стенки и дна r_2/S (см. рис. 14.19).

С увеличением параметров $D_ф/D$, $h_{кг}/d_{кг}$, $h_н/d_н$, $h_в/d_в$, r_2/S и уменьшением $D/d_{кг}$, $S_п/d_{кг}$, $r_с/d_{кг}$, $S_ф/S_д$, $d_к/D$ технологичность конструкции дна штампуемых деталей ухудшается.

При конструировании гильз следует учитывать установленные опытом рекомендации по отдельным размерам. Так, радиусы сопряжения стенки с дном капсюльного гнезда и дна с наковальней (r_3, r_4, r_5, рис. 14.19,*а – е*) должны назначаться не менее 0,4…0,5 мм. Нарушение этого условия может привести к появлению надрывов. Не рекомендуется назначать толщину перегородки $S_п < 2...3$ мм, так как это приводит к резкому увеличению удельных нагрузок на пуансон («сосок»). Размеры выступов на внутренней поверхности должны, по возможности, удовлетворять следующим соотношениям:

$$d_в = (0{,}8...0{,}9)d_{кг};\ h_в \geq 4\frac{V_{кг}}{\pi d_в^2};\ \alpha_в = 10...20°;\ r_в \geq 2\ мм, \qquad (14.6)$$

где $V_{кг}$ – объем полости капсюльного гнезда; $\alpha_в$ – односторонний угол конусности выступа; $r_в$ – радиус сопряжения дна и стенки выступа (рис. 14.19,*а–в*).

Рекомендуется назначать $D_ф/D \leq 1{,}2$, так как несоблюдение этого условия может привести к растрескиванию фланца. Увеличение радиусов сопряжения внутренних поверхностей стенки и дна может вызвать образование складок в этой зоне, отрицательно влияющих на прочность детали при функционировании.

Допускаемые отклонения на размеры дна штампуемой детали не должны быть меньше, чем отвечающие квалитетам $H9(h9)\ldots H11(h11)$.

Уровни технологичности конструкции по шероховатости должны приближенно соответствовать следующим значениям для процессов холодного выдавливания:

R_z, мкм:	R_a, мкм:
более 10 – высокий;	более 2,5 – высокий;
10…6,3 – средний;	2,5…1,25 – средний;
менее 6,3 – низкий;	менее 1,25 – низкий.

Степень сложности механических свойств дна штампуемых деталей может быть оценена по отношению характеристик прочности и твердости материала готовой детали и заготовки в отожженном состоянии: $\frac{\sigma_{\text{в}}^{\text{д}}}{\sigma_{\text{в}0}}$ и $\frac{HV^{\text{д}}}{HV_0}$. При увеличении этого отношения требуются большие степени деформации, увеличивается количество штамповочных операций, возрастают удельные нагрузки на инструмент и снижается его стойкость.

Можно принять следующие уровни технологичности по этому показателю K_{HV}: менее 1,5 – высокий; 1,5…2,0 – средний; более 2,0 – низкий.

Формализованная оценка технологичности конструкции дня штампуемых деталей может быть выполнена в соответствии с методикой, изложенной в разд. 1 (п. 1.7.2).

14.5.3. Расчет размеров дна исходной заготовки

Форма дна исходной заготовки устанавливается с учетом принятого типа маршрутного технологического процесса и технологических схем формоизменяющих операций (рис. 14.20).

Исходные данные:

- чертеж конечной заготовки;
- заданный контрольный размер исходной заготовки;
- механические свойства дна готовой детали и конечной заготовки.

Расчетные размеры:

- наружный диаметр d_0;
- толщина дна $S_{\text{д}0}$;
- радиусы сопряжения внутренних поверхностей r_0, R_0;
- расстояние от внутренней поверхности дна до нижнего расчетного сечения $h_0^{\text{н}}$ и некоторые другие размеры.

За контрольный размер исходной заготовки принимается наружный диаметр, определяемый наружным диаметром конечной заготовки:

$$d_0 = d_n C_d, \qquad (14.7)$$

где $C_d = 0{,}98\ldots0{,}99$ – коэффициент, учитывающий увеличение наружного диаметра дна заготовки при штамповке.

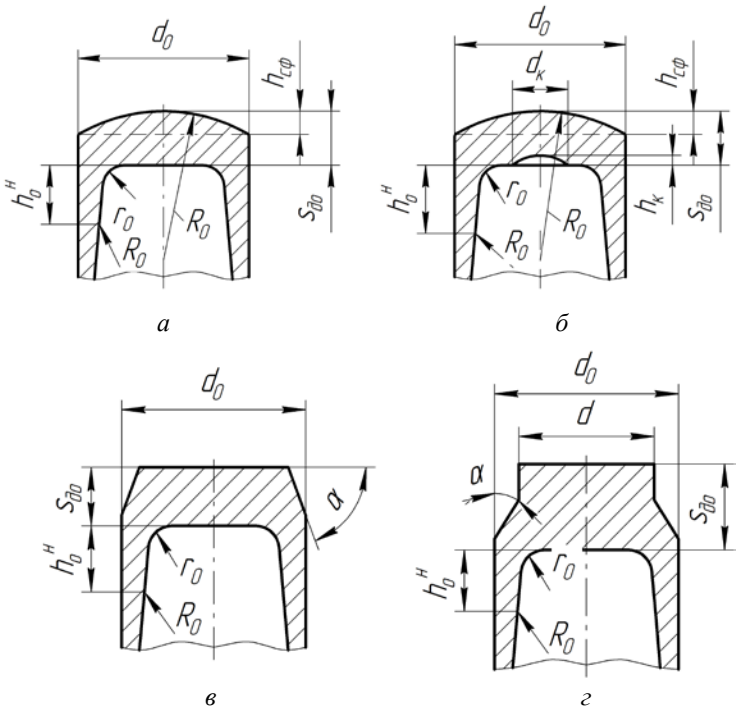


Рис. 14.20. Форма дна исходных заготовок: *а, б* – заготовки, получаемые вытяжкой; *в, г* – заготовки, получаемые выдавливанием

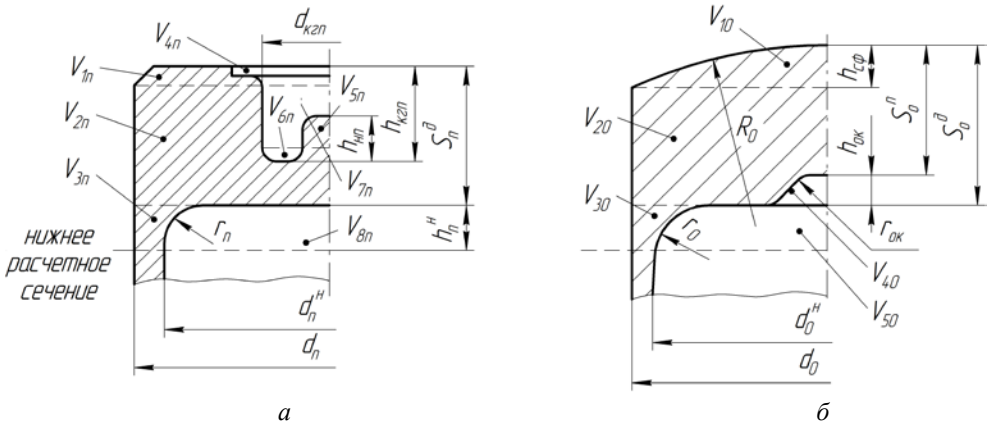
Толщина дна исходной заготовки рассчитывается из условия равенства объемов конечной и исходной заготовок:

$$\sum_{i=1}^{Nn} V_{in} = \sum_{i=1}^{N_0} V_{i0}, \qquad (14.8)$$

где V_{in} – объем i-го конструктивного элемента конечной заготовки; V_{i0} – объем i-го конструктивного элемента исходной заготовки; N_n – количество конструктивных элементов в донной части конечной заготовки; N_0 – количество конструктивных элементов в донной части исходной заготовки.

При расчете размеров исходной заготовки приравниваются объемы, ограниченные нижним расчетным сечением.

Для определения объемов конечной и исходной заготовок их чертежи разбиваются на отдельные конструктивные элементы простой геометрической формы (рис. 14.21). Объемы этих элементов рассчитываются по формулам для определения объемов элементарных геометрических фигур.



а *б*

Рис. 14.21. Схема разбивки дна заготовки на конструктивные элементы:
а – эскиз конечной заготовки; *б* – эскиз исходной заготовки

Расчет объема конечной заготовки может быть также выполнен с применением теоремы Гюльдена.

Радиус сопряжения стенки и дна исходной заготовки r_0 назначается равным соответствующему радиусу конечной заготовки:

$$r_0 = r_n. \tag{14.9}$$

Для ориентировочных расчетов при изготовлении деталей типа гильз можно принимать

$$S_0^д = C_S S_n^д, \tag{14.10}$$

где $C_S = 0{,}70...0{,}90$ – коэффициент, учитывающий изменение толщины дна заготовки при штамповке (меньшие значения коэффициента назначаются, как правило, для меньших калибров).

Для исходных заготовок со сферической наружной поверхностью

$$h_{сф} \cong 0{,}14 d_0. \tag{14.11}$$

14.5.4. Оценка количества операций

Исходные данные:

- размеры исходной заготовки;
- размеры конечной заготовки;
- механические свойства (твердость *HV*) материала готовой детали и конечной заготовки в контрольных сечениях (обычно нормируется твердость в зоне фланца).

Определение количества операций заключается в последовательной проверке возможности изготовления конечной заготовки за наименьшее число операций из анализа основного условия ограничения деформации – обязательного обеспечения заданного ТУ уровня механических свойств (твердости $HV_n^{\text{д}}$ в зоне фланца):

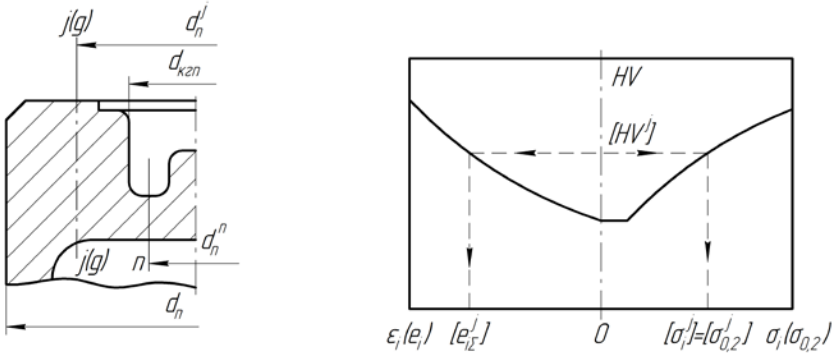
$$\left(HV_{\text{ту}}^{\text{д}}\right)_{\max} \geq HV_n^{\text{д}} \geq \left(HV_{\text{ту}}^{\text{д}}\right)_{\min}, \qquad (14.12)$$

где $\left(HV_{\text{ту}}^{\text{д}}\right)_{\max}$, $\left(HV_{\text{ту}}^{\text{д}}\right)_{\min}$ – максимальное и минимальное значения твердости, заданные техническими условиями (ТУ) на изготовление.

Принимая во внимание, что твердость $HV_n^{\text{д}}$ есть функция от степени деформации $e_{in}^{\text{д}}$ (рис. 14.22) , условие (14.12) можно записать в другом виде:

$$\left(e_{i\,\text{ту}}^{\text{д}}\right)_{\max} \geq e_{in\Sigma}^{\text{д}} \geq \left(e_{i\,\text{ту}}^{\text{д}}\right)_{\min}, \qquad (14.13)$$

где $(e_{i\,\text{ту}}^{\text{д}})_{\max}$, $(e_{i\,\text{ту}}^{\text{д}})_{\min}$ – максимальное и минимальное значения степени деформации в расчетном сечении «*д*», обеспечивающие заданные ТУ граничные значения твердости материала детали; $e_{in\Sigma}^{\text{д}}$ – суммарная степень деформации, накапливаемая в расчетном сечении «*д*» за все предшествующие операции, не сопровождаемые отжигом заготовок.



а *б*

Рис. 14.22. Схемы расположения контрольных сечений в конечной заготовке (*а*) и определения допустимых значений параметров $[e_{i\Sigma}^j]$ и $[\sigma_i^j]=[\sigma_{0,2}^j]$ в зависимости от заданных значений $[HV^j]$ (*б*)

Согласно типовому технологическому маршруту изготовления деталей типа гильз такими операциями могут служить последние вытяжки (например, 3-я и 4-я) и одна или две операции по штамповке дна:

$$e^{д}_{in\Sigma} = e^{д}_{i0} + e^{д}_{i}. \quad (14.14)$$

Тогда

$$e^{д}_{i} = e^{д}_{in\Sigma} - e^{д}_{i0}, \quad (14.15)$$

где $$\left(e^{д}_{in}\right)_{\Sigma} = f\left(HV^{д}_{n}\right) \quad (14.16)$$

определяется по графической (рис. 14.23) или математической однофакторной модели.

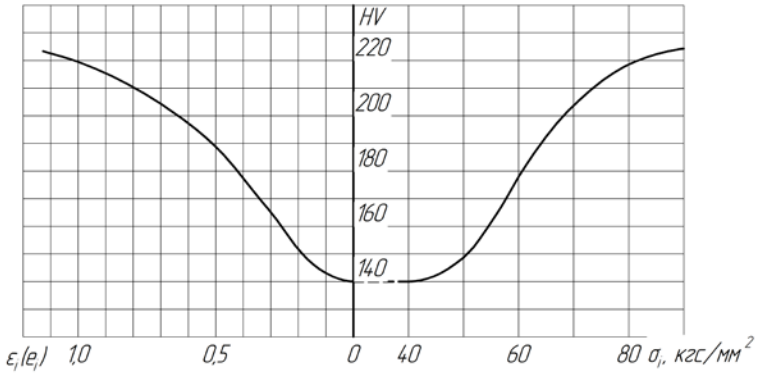


Рис. 14.23. Тарировочный график HV–σ_i–$\varepsilon_i(e_i)$ для стали 18ЮА

Степень предварительной деформации дна на вытяжных операциях в зоне формируемого фланца можно принять равной:

$$e^{д}_{i0} = 0{,}10\ldots0{,}15. \quad (14.17)$$

При штамповке за одну операцию (n = 1) в зоне ОПД деформация протекает немонотонно, на начальной стадии, при выдавливании полости пуансоном – «соском», металл перемещается на периферию дна, и за счет этого ее толщина увеличивается, а на заключительной стадии, при осадке пуансоном – «штампом», эта толщина дна будет уменьшаться. Поэтому величина степени деформации при штамповке за одну операцию будет равна сумме двух составляющих:

$$e^{д}_{i} = \varepsilon^{д}_{i1} + \varepsilon^{д}_{i2}, \quad (14.18)$$

где $\varepsilon^{д}_{i1} = \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{S^{д}_{1}}{S^{д}_{0к}}$ – интенсивность деформации на первой стадии процесса;

$\varepsilon^{д}_{i2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{S^{д}_{1}}{S^{д}_{n}}$ – интенсивность деформации на второй стадии процесса;

$S_{0к}^{д} = S_0^{д} - \dfrac{h_{сф}}{2}$ – откорректированное значение толщины дна исходной заготовки; $h_{сф}$ – высота сферической части дна исходной заготовки (рис.14.21,*б*) (определяется по (14.11)).

Толщина $S_1^{д}$ определяется из условия равенства объемов металла V_{7n}, V_{6n}, вытесняемых при выдавливании полости капсюльного гнезда конечной штампованной заготовки (рис. 14.21, *а*) и перемещаемых в периферийную часть дна заготовки ΔV_1 и в полость пуансона – «соска», формирующую наковальню ΔV_2:

$$\Delta V_1 + \Delta V_2 = V_{6n} + V_{7n}; \qquad (14.19а)$$

$$\Delta V_1 = \frac{\pi}{4}\left(d_n^2 - d_{кгп}^2\right)\Delta S_1^{д}; \qquad (14.19б)$$

$$\Delta V_2 \cong \frac{\pi d_н^2}{4} h_{нп}; \qquad (14.20)$$

$$\Delta S_1^{д} = \frac{4}{\pi}\left(\frac{V_{6n} + V_{7n} - \Delta V_2}{d_n^2 - d_{кгп}^2}\right); \qquad (14.21)$$

$$S_1^{д} = S_{ок}^{д} + \Delta S_1^{д}. \qquad (14.22)$$

Если выдавливается полость капсюльного гнезда без наковальни, то

$$\Delta V_2 = 0. \qquad (14.23)$$

В том случае, если при расчетном значении толщины дна исходной заготовки S_0 условие (14.13) не выполняется, возможны два варианта решения:

1) увеличивается толщина дна исходной заготовки до значения S_0' по сравнению с расчетной S_0 (по (14.10)), т.е. принимается

$$S_0' > S_0; \qquad (14.24)$$

2) штамповка выполняется за две операции при сохранении расчетного значения толщины дна исходной заготовки.

Для первого варианта рассчитывается новое, удовлетворяющее условию (14.24) значение толщины дна исходной заготовки:

$$S_0' = S_0^{д} + \Delta S_0^{д} \qquad (14.25)$$

и

$$S_{0к}' = S_0^{д} + \Delta S_0^{д} - \frac{h_{сф}}{2}, \qquad (14.26)$$

где $\Delta S_0^{д}$ – приращение абсолютной толщины дна, необходимое для обеспечения требуемой дополнительной деформации.

Величина $\Delta S_0^{д}$ определяется приближенно:

$$\Delta S_0^{д} = (0{,}65...0{,}75) S_n^{д} \exp \frac{\sqrt{3}}{2} e_i^{\partial} - S_{ок}. \qquad (14.27)$$

Так как $S_0' > S_0$, то образуется избыточный объем металла, который при штамповке должен вытесняться в виде «напуска» в формируемые технологические элементы конечной заготовки (фланец, уступ, бурт и т.п.), удаляемые в отход при последующей токарной обработке. Такой способ применяется при изготовлении гильз к артиллерийским выстрелам малого калибра.

В патронном производстве применяется, как правило, второй вариант – двухоперационный процесс штамповки. В этом случае величина деформации $e_{in\Sigma}^{д}$ в условии (14.13) определяется как сумма степеней деформации на каждой из операций и предварительной деформации согласно (14.14):

$$e_{in\Sigma}^{д} = e_{i0}^{д} + e_{i1}^{д} + e_{i2}^{д}, \qquad (14.28)$$

где $e_{i1}^{д}, e_{i2}^{д}$ – степени деформации на 1-й и 2-й штамповках.

Для определения $e_{i1}^{д}$ и $e_{i2}^{д}$ необходимо выбрать технологическую схему штамповки и конструкцию дна заготовки на каждой из операций (рис. 14.19):

1) предварительная, первая, полузакрытая штамповка с выдавливанием одноступенчатой цилиндрической полости:

а) с плоским дном, без наковальни;

б) с плоским дном, с наковальней;

в) с рельефным дном, с наковальней;

г) с рельефным дном, без наковальни;

2) предварительная, первая, полузакрытая штамповка с выдавливанием одноступенчатой конической полости (варианты *а*...*г*);

3) предварительная, первая, полузакрытая штамповка с выдавливанием двухступенчатой (цилиндро-конической полости (варианты *а*...*г*));

4) окончательная, вторая, закрытая штамповка с осадкой дна и калибровкой цилиндрической (слабоконической) полости: с плоским без наковальни (*а*), с плоским с наковальней (*б*), с фигурным без наковальни (*в*), с фигурным с наковальней (*г*);

5) окончательная, вторая, полузакрытая штамповка с осадкой дна, высадкой фланца и калибровкой цилиндрической (слабоконической) полости по вариантам *а*...*г*.

На первой штамповке по любой из схем величина деформации рассчитывается по формуле

$$e_{i1}^{д} = \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{S_1^{д}}{S_{ок}^{д}}. \qquad (14.29)$$

Толщины $S_1^{д}, S_{ок}^{д}$ определяются по (14.17)…(14.23) с учетом принятой технологической схемы (по вариантам 1…3).

Для определения объемов V_{6n}, V_{7n} в уравнениях (14.18), (14.21) необходимо задать толщину перегородки $S_1^{п}$ и размерные параметры выдавливаемой полости (рис. 14.23) в соответствии со следующими ориентировочными значениями:

$$S_1^{п} = (1{,}2...1{,}5)S_2^{п} = (1{,}2...1{,}5)S_n^{п}; \qquad (14.30)$$

$$d_{н1} = d_{нп} - \Delta d; \qquad (14.31)$$

$$\Delta d = \frac{d_{нп} - d_0}{2}; \qquad (14.32)$$

$$(d_{кг})_1 = (d_{кг})_2 + 2Z; \qquad (14.33)$$

$2Z = 0{,}01...0{,}14$ – для деталей с плоским дном; (14.34а)

$2Z = 0{,}20...0{,}24$ – для деталей с фигурным дном; (14.34б)

$d_{1(n-1)} = d_{11} = (0{,}8...1{,}0)d_{1n} = (0{,}8...1{,}0)d_{11}$ – для деталей с плоским дном; (14.35а)

$d_{1(n-1)} = d_{11} = 2{,}0d_{1n} = 2{,}0d_{12}$ – для деталей с фигурным дном; (14.35б)

($h_{н(n-1)} = h_{н1} = (1{,}10...1{,}15)h_{нп} = (1{,}10...1{,}15)h_{н2}$ – для деталей с плоским дном; (14.36а)

$h_{н(n-1)} = h_{н1} = 0{,}3h_{нп} = 0{,}3h_{н2}$ – для деталей с фигурным дном; (14.36б)

$r_{1(n-1)} = r_{11} = 0{,}5...1{,}0$ мм; (14.37)

$r_{2(n-1)} = r_{21} = r_{2n} + (0...0{,}8)$ мм $= r_{22} + (0...0{,}8)$ мм; (14.38)

$r_{3(n-1)} = r_{31} = r_{3n} + (0{,}10...0{,}25)$ мм $= r_{32} + (0{,}10...0{,}25)$ мм; (14.39)

$r_{4(n-1)} = r_{41} = (0{,}77...1{,}0)r_{4n} = (0{,}77...1{,}0)r_{42}$ – для деталей с плоским дном; (14.40)

$r_{4(n-1)} = r_{41} = 2{,}5r_{4n} = 2{,}5r_{42}$ – для деталей с фигурным дном; (14.41)

$$\left(R_{сф}\right)_{n-1} = R_{сф1} = R_{сф0}. \qquad (14.42)$$

На окончательной, второй штамповке, выполняемой по схемам 4 и 5, степень деформации рассчитывается по формуле

$$e_{i2}^{д} = \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{S_1^{д}}{S_2^{д}}. \qquad (14.43)$$

14.5.5. Расчет размеров дна заготовки после предварительной штамповки

Исходные данные:

- размеры исходной заготовки ($d_0, S_0, r_0, R_0, h_{сф}$ и др.);
- количество операций n;
- принятые значения степеней деформаций в расчетных сечениях по операциям ($e_{i(n-1)}^{п}, e_{in}^{п}, e_{i(n-1)}^{д}, e_{in}^{д}$);
- принятая схема штамповки и форма рабочего инструмента;
- рекомендации по выбору радиусов сопряжения поверхностей и других геометрических параметров.

Расчетные размеры (рис. 14.24):

- наружный диаметр дна заготовки $d_{н(n-1)}$;
- внутренний диаметр заготовки в нижнем расчетном сечении $d_{n-1}^{н}$;
- толщина дна $S_{n-1}^{д}$;
- толщина перегородки $S_{n-1}^{п}$;
- размеры капсюльного гнезда $d_{кг(n-1)}, h_{кг(n-1)}$;
- размеры наковальни $d_{1(n-1)}, h_{н(n-1)}$;
- радиусы сопряжения поверхностей капсюльного гнезда и наковальни $r_{1(n-1)}, r_{2(n-1)}, r_{3(n-1)}, r_{4(n-1)}$;
- радиусы сопряжения стенки и внутренней поверхности дна r_{n-1}, R_{n-1} и некоторые другие размеры.

Размеры заготовки после первой штамповки определяются по формулам (14.22), (14.27), (14.28)…(14.42).

Радиусы сопряжения конического и криволинейного участков стенки $R_1 = R_{n-1}$ и сопряжения стенки и внутренней поверхности дна $r_{n-1} = r$ (рис. 14.24) определяются по следующим соотношениям:

$$r_{n-1} \cong \frac{r_0 + r_n}{n} \text{ или } r_1 = \frac{r_0 + r_2}{2}; \qquad (14.44а)$$

$$R_{n-1} \cong \frac{R_0 + R_n}{n} \text{ или } R_1 = \frac{R_0 + R_n}{2}. \qquad (14.44б)$$

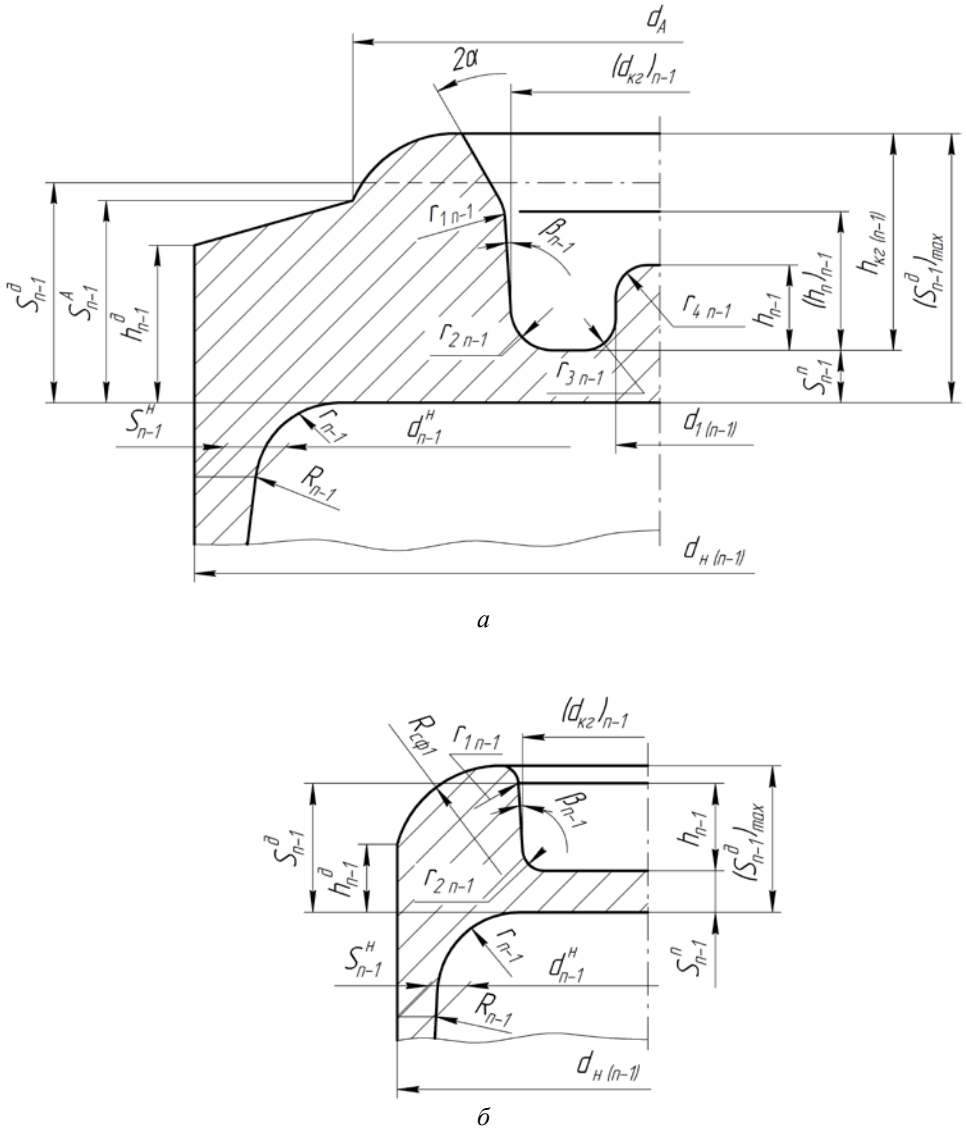


Рис. 14.24. Эскизы заготовки после предварительной штамповки:
а – заготовка с наковальней; *б* – заготовка без наковальни

Окончательные значения радиусов r_{n-1}, R_{n-1} устанавливаются после корректировки профилей пуансонов на последних вытяжных и штамповочных операциях (рис. 14.25).

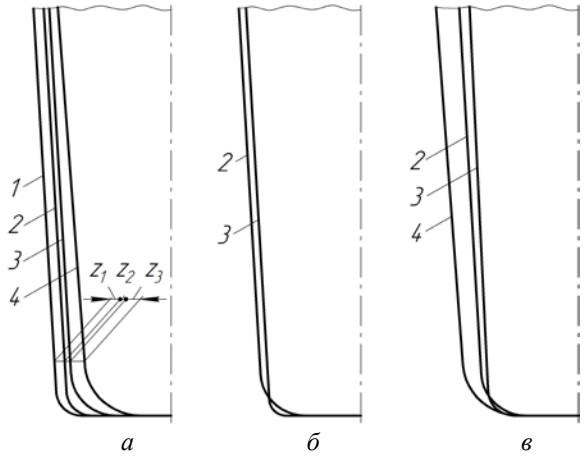


Рис. 14.25. Схемы сопряжения профилей опорных пуансонов: *а* – оптимальное сопряжение; *б, в,* – сопряжения при образовании наплывов на внутренней поверхности заготовки при вытяжке; *1, 2, 3, 4* – профили пуансонов на *n*–1-й, *n*-й вытяжках, 1-й и 2-й штамповках соответственно

Допуски на неточность изготовления заготовок по диаметральным и линейным размерам назначаются для конечной заготовки (после *n*-й операции) по допускам на готовую деталь. Допуски на неточность на предварительной штамповке на диаметральные размеры назначаются по таблицам допусков по ЕСДП СЭВ, стандартам СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам, на линейные размеры – по 14-15-му квалитетам и производственным данным.

14.5.6. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента

Исходные данные:

- номинальные размеры заготовок после выполнения каждой из операций;
- допуски на неточность изготовления заготовок на каждой из операций.

Рабочим инструментом на операции штамповка дна являются штамп (может быть выполнен цельным или составным), пуансон, матрица.

Расчетные исполнительные размеры на каждой из операций (рис. 14.26, 14.27):

- диаметры рабочей части матрицы ($d_{\text{м}i}, d_{\text{мк}i}, d_{\text{мф}_i}$);
- высота пояска матрицы $h_{\text{м}i}$;
- диаметр пуансона в нижнем расчетном сечении ($d^{\text{н}}_{\text{п}i}$);
- радиусы сопряжения поверхностей пуансона ($r_{\text{п}i}, R_{\text{п}i}$);
- диаметры штампа ($d_{\text{ш}i}, d_{\text{с}i}, d'_{\text{с}i}$);

- радиусы сопряжения поверхностей штампа (r_{1i}, r_{2i}, r_{3i}, r_{4i});
- углы конусности матриц ($\alpha_{мi}$) и пуансонов ($\beta_{пi}$);
- расстояние расчетных сечений от торца пуансонов ($h^{н}_{пi}$, $h^{н}_{сi}$ и др.).

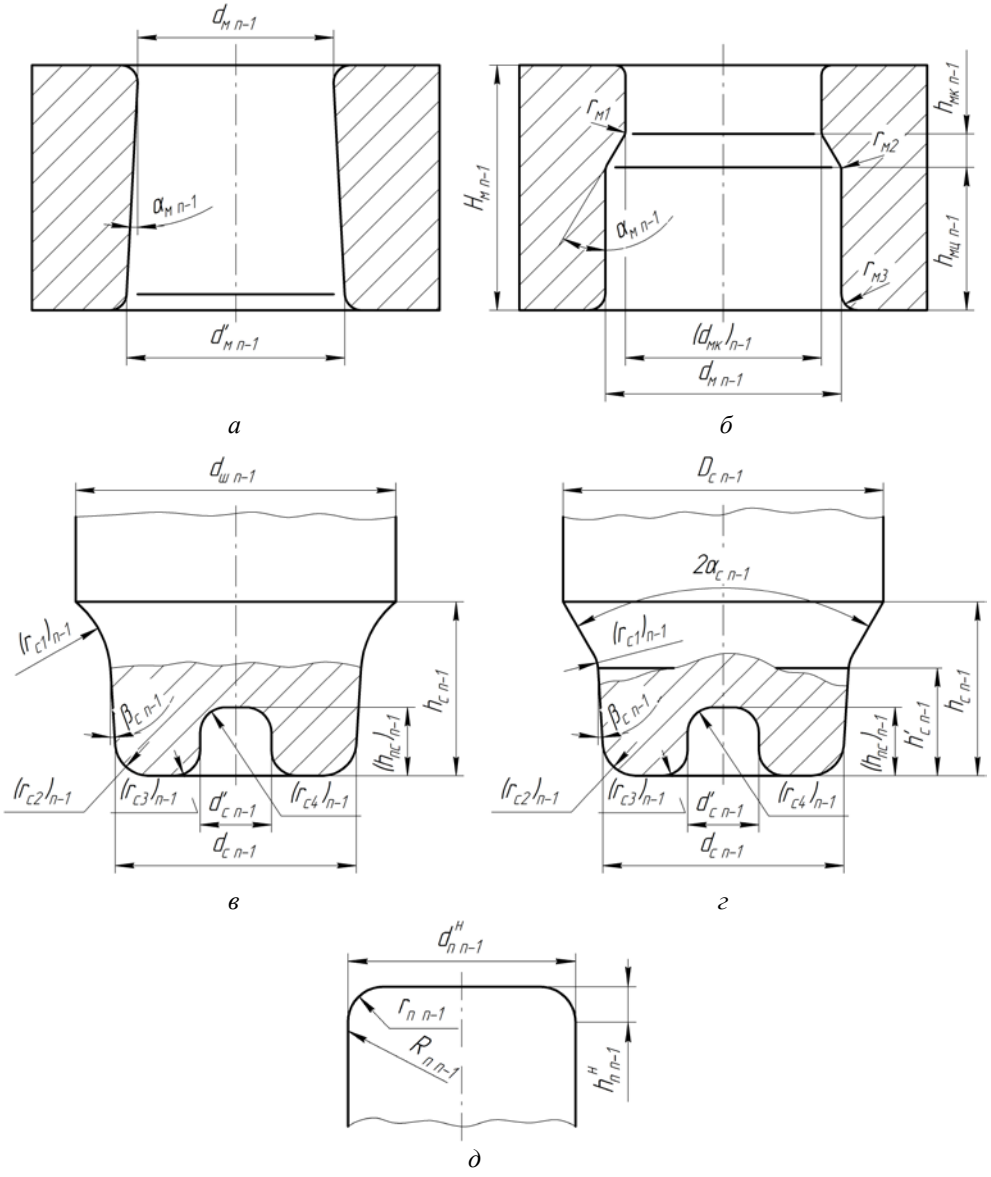


Рис. 14.26. Исполнительные размеры рабочего инструмента на предварительной (первой) штамповке: *а* – матрица для штамповки цилиндрической заготовки; *б* – матрица для штамповки ступенчатой заготовки; *в*, *г* – ступенчатые пуансоны – «штампы; *д* – пуансон опорный

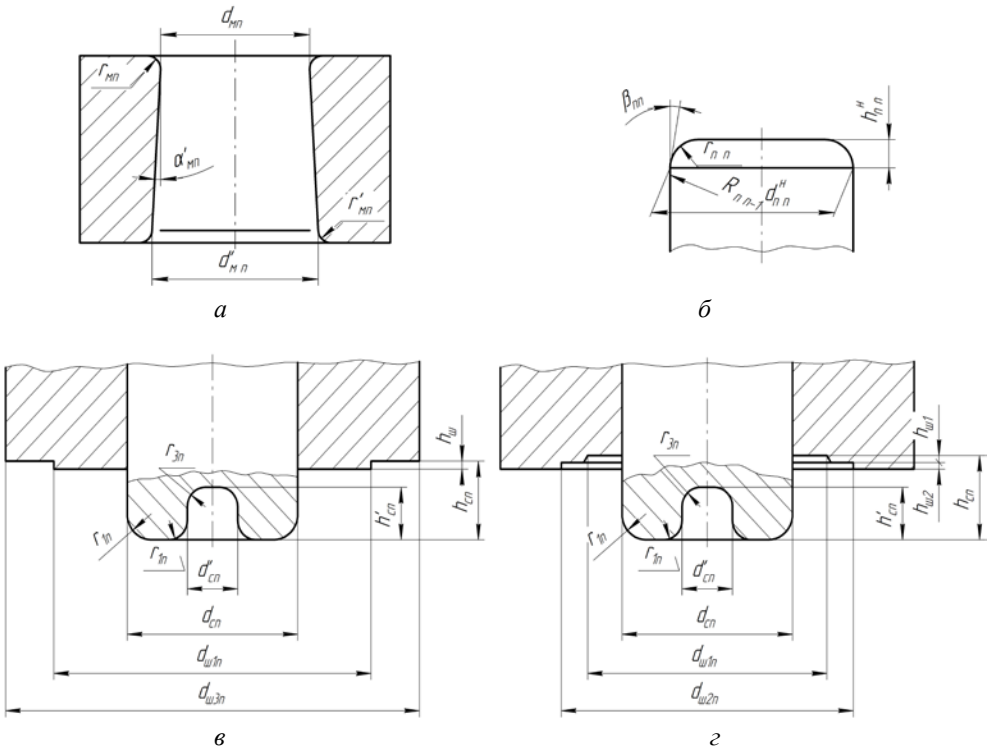


Рис. 14.27. Исполнительные размеры рабочего инструмента на окончательной (второй) штамповке: *а* – матрица; *б* – пуансон опорный; *в, г* – составной ступенчатый пуансон – «штамп»

Перечисленные размеры определяют размеры получаемых заготовок и деталей.

Исполнительные размеры рабочего инструмента рассчитываются по номинальным размерам заготовки с учетом допустимых отклонений на размеры заготовки и инструмента, степени и направления износа инструмента, а также упругих деформаций заготовки и инструмента. Проектируемый инструмент должен в начале эксплуатации обеспечивать изготовление заготовки (детали) с максимальным приближением к ее номинальным размерам. В процессе эксплуатации наблюдается износ рабочей части инструмента и, как следствие этого, увеличение наружных и уменьшение внутренних диаметральных размеров. Принимаемые в расчетах припуски на износ инструмента должны назначаться в зависимости от допустимых отклонений на размеры и с учетом упругих деформаций заготовки и инструмента. При этом предусматривается, что суммарный припуск на износ может включать в себя и припуски на механическую обработку инструмента при его восстановлении (например, с целью удаления поверхностных дефектов типа царапин, задиров, появляющихся при его эксплуатации).

Рекомендуется последовательно рассчитывать размеры рабочего инструмента для последней и предпоследней операций. Порядок расчета и расчетные формулы приведены в табл. 14.4.

Таблица 14.4

Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента

Определяемая величина	Расчетная формула	Примечание
1	2	3
1. Последняя операция		
Диаметр матрицы, $d_{мп}$	$d_{мп} = (d_{н\max} - \Delta d_п - \delta_{уп})^{+T_М}$	Рис. 14.27, *а*
Максимальный наружный диаметр заготовки, $d_{н\max}$	$d_{н\max} = d_{нп} + \Delta d_{пв}$	при $\Delta d_{пв}=0$ $d_{н\max} = d_н$
Номинальное значение наружного диаметра, $d_{ín}$	–	–
Верхнее отклонение наружного диаметра заготовки, $\Delta d_{пв}$	–	Допуски на неточность изготовления конечной заготовки (после второй штамповки) назначаются по допускам на готовую деталь
Допуск на наружный диаметр заготовки, $\Delta d_п$	–	Определяет величины припуска на износ матрицы
Суммарная упругая деформация матрицы и заготовки, $\delta_{уп}$	$\delta_{уп} = (0{,}0076...0{,}0091)d_{нп}$	–
Допуск на неточность изготовления матрицы, $T_м$	–	Назначается по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-му квалитету
Диаметр пуансона в нижнем расчетном сечении, $d^н_{пп}$	$d^{í}_{ín} = (d^{í}_{n\min} + Ï^{\ í}_{ín})_{-Ò_í}$	Рис. 14.27, *б*
Минимальный внутренний диаметр заготовки в нижнем расчетном сечении, $d^н_{n\min}$	$d^н_{n\min} = d^н_n + \Delta d^н_n$	При $\Delta d^н_п = 0$ $d^н_{n\min} = d^н_n$
Нижнее допускаемое отклонение на внутренний диаметр заготовки в нижнем расчетном сечении, $\Delta d^н_n$	–	$\Delta d^н_n$ назначается по допускам на готовую деталь
Припуск на износ инструмента, $П^н_{пп}$	$П^н_{пп} = (0...0{,}25)\lvert h_8\rvert$	$\lvert h_8\rvert$ назначается на диаметр $d^н_{пп}$ пуансона по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 8-му квалитету
Допустимое отклонение на размер опорного пуансона, $T_п$	–	Назначается на диаметр $d^н_{пп}$ пуансона по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 и по 7-8-му квалитетам

Продолжение табл. 14.4

1	2	3
Радиусы сопряжения стенки и внутренней поверхности дна пуансона, $r_{\text{п}n}$, $R_{\text{п}n}$	$r_{\text{п}n} = r_n$, $R_{\text{п}n} = R_n$	R_n, r_n назначаются по рекомендациям п. 14.5.2
Расстояние нижнего расчетного сечения от торца пуансона, $h^{\text{н}}_{\text{п}n}$	$h^{\text{н}}_{\text{п}n} = h^{\text{н}}_n$	См. п. 14.5.2
Расстояние нижнего расчетного сечения от внутренней поверхности дна заготовки, $h^{\text{н}}_n$		
Угол конусности пуансона, $\beta_{\text{п}}$	$\beta = 3{,}5...7^\circ$	
Диаметр пуансона («соска»), $d_{\text{с}n}$	$d_{\text{ñ}n} = (d_{\text{êã}n} \pm \Delta d_{\text{êã}n})_{-T_{\text{ñ}}}$	Рис. 14.26 *в, г*. См. п. 14.5.2 Знак (+) назначается для деталей клб. 7,62 мм, знак (–) для деталей клб. ≥ 12,7 мм
Суммарная величина припуска на износ, упругие деформации инструмента и заготовки, и возможный зазор, $\Delta d_{\text{кг}n}$	$\Delta d_{\text{кг}n} = 0{,}02...0{,}04$ мм	–
Допускаемое отклонение на диаметр пуансона («соска»), $T_{\text{с}}$	–	Назначается на диаметр $d_{\text{с}n}$ пуансона по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам
Диаметр полости пуансона («соска»), $d'_{\text{с}n}$	$d'_{\text{с}n} = (d_{1n} - T'_{\text{с}})^{+T'_{\text{с}}}$	См. п. 14.5.2
Диаметр основания наковальни, d_{1n}		
Допускаемое отклонение на диаметр полости соска, $T'_{\text{с}}$	–	Назначается на диаметр d_{1n} по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам
Глубина полости соска, $h'_{\text{с}n}$	$h'_{\text{ñ}n} = (h_{\text{í}\,n} + \delta'_{\text{у}h})^{+T'_{\text{ñ}}} = (h_{\text{êã}n} - h'_{\text{í}\,n} + \delta'_{\text{у}h})^{+T'_{\text{ñ}}}$	См. п. 14.5.2
Номинальная высота наковальни, $h_{\text{н}n}$	$h_{\text{н}n} = h_{\text{кг}n} - h'_{\text{н}n}$	
Номинальная глубина капсюльного гнезда, $h_{\text{кг}n}$	–	
Номинальный размер расстояния между торцевой плоскостью дна заготовки и вершиной наковальни, $h'_{\text{н}n}$		
Допускаемое отклонение, $h_{\text{н}n}$, $T'_{\text{с}}$		Назначается на $h_{\text{н}n}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам

Продолжение табл. 14.4

1	2	3
Упругая деформация инструмента в осевом направлении, δ_{yh}	$\delta_{yh} = (0{,}5...1{,}0)\Delta h'_{нл}$	См. п. 14.5.2
Допуск на расстояние между торцевой плоскостью дна заготовки и вершиной наковальни, $\Delta h'_{нл}$		
Высота цилиндрической части штампа, $h_{сл}$	$h_{сл} = (h_{кгл} + \delta_{yh})^{+T'_{с}}$;	–
Упругая деформация цилиндрической части штампа в осевом направлении, δ_{yh}	$\delta_{yh} = h_{кгл}\dfrac{P_{сл}}{E}$	–
Удельное усилие, действующее на сосок, $P_{сл}$	$P_{сл} = 3{,}35\sigma^{п}_{il}$	–
Интенсивность напряженного состояния в зоне перегородки, $\sigma^{п}_{i}$	–	См. п. 14.5.4
Допускаемое отклонение, $h_{сл}$, $T_{с}$	–	Назначается на $h_{сл}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 8 квалитету
Модуль нормальной упругости материала инструмента в закаленном состоянии, E	–	Для инструментальной стали $E = 2{,}15\cdot10^{4}$ кгс/мм^2
Радиусы сопряжения поверхностей штампа, $r_{с1}, r_{с2}, r_{с3}$	$r_{с1} = r_{1л}$, $r_{с2} = r_{2л}$, $r_{с3} = r_{3л}$	–
Диаметры штампа, $d_{ш1л}, d_{ш2л}, d_{ш3л}$,	$d_{ø\,1л} = (d_{1л})_{-T_{ø\,d1}}$, $d_{ø\,2л} = (d_{2л})_{-T_{ø\,d2}}$	Рис. 14.27, *в*
Номинальный диаметр выступающего рельефа, $d_{1л}$		См. п. 14.5.2
Допускаемое отклонение на диаметр рельефа, $T_{ш d1}, T_{ш d2}$		Назначается на диаметры $d_{ш d1}, d_{ш d2}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 8-му квалитету
Наружный диаметр штампа, $d_{ш3л}$	$d_{ш3л} = (d_{н} - 0{,}01...0{,}02)_{-T_{ш3}}$	Рис. 14.27, *в*
Допускаемое отклонение на наружный диаметр $T_{ш3}$		
2. Предварительная (первая) штамповка		
Диаметр матрицы, $d_{м(л-1)}$	$d_{м(n-1)} = [d_{н(n-1)} - \Delta d_{n-1} - \delta_{y(n-1)}]^{+T_{м}(n-1)}$	См. п. 14.5.5, рис. 14.24,*а*,*б*
Номинальный диаметр заготовки, $d_{н(л-1)}$	–	
Допуски на наружный диаметр, $\Delta d_{л-1}$	–	

Окончание табл. 14.4

1	2	3
Суммарная упругая деформация матрицы и заготовки, $\delta_{у(n-1)}$	$\delta_{у(n-1)} = (0{,}0061...0{,}0095)d_{n-1}$	
Допуск на неточность изготовления матрицы, $T_{м(n-1)}$	–	Назначается на размер $d_{м(n-1)}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам
Диаметр пуансона в нижнем расчетном сечении, $d^{н}_{п(n-1)}$	$d^{н}_{п(n-1)} = (d^{н}_{(n-1)} + П^{н}_{п(n-1)} + T^{н}_{п(n-1)}) - T^{н}_{п(n-1)}$	Рис. 14.27, *д*
Припуск на износ пуансона в нижнем расчетном сечении, $П^{н}_{п(n-1)}$	$П^{н}_{п(n-1)} = (0...0{,}25)\lvert h_8 \rvert$	$\lvert h_8 \rvert$ назначается на диаметр $d^{н}_{п(n-1)}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75
Допуск на неточность изготовления пуансона, $T^{п}_{п(n-1)}$	–	Назначается на размер $d^{н}_{п(n-1)}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам
Расстояние нижнего расчетного сечения от торца опорного пуансона, $h^{н}_{п(n-1)}$	$h^{н}_{п(n-1)} = h^{н}_{n-1}$	–
Диаметр пуансона («соска»), $d_{с(n-1)}$	$d_{с(n-1)} = [d_{кг(n-1)} + T_{с(n-1)}]_{-T_{с(n-1)}}$	Рис. 14.26, *в*, *г*
Допуск на изготовление соска, $T_{с(n-1)}$	–	Назначается на размер $d_{с(n-1)}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам
Допуск на неточность изготовления полости, $T_{с(n-1)}$	–	Назначается на размеры $d_{с(n-1)}$, $h_{н(n-1)}$ по ЕСДП СЭВ, стандарты СЭВ 144-75 и СЭВ 145-75 по 7-8-му квалитетам
Глубина полости, $h_{пс(n-1)}$	$h_{пс(n-1)} = [h_{н(n-1)} - T_{сh}] = T'_{сh}$	–
Допускаемое отклонение на размер, $h_{н(n-1)}$, $T'_{сh}$	–	–
Высота рабочей части штампа, $h_{с(n-1)}$	$h_{с(n-1)} = [h_{кг(n-1)} - T_{сh}] = T_{сh}$	
Допуск на неточность изготовления штампа, $T_{сh}$		
Радиусы сопряжения поверхностей соска, $r_{с1(n-1)}$, $r_{с2(n-1)}$, $r_{с3(n-1)}$, $r_{с4(n-1)}$	$r_{с1(n-1)} = r_{1(n-1)}$, $r_{с2(n-1)} = r_{2(n-1)}$; $r_{с3(n-1)} = r_{3(n-1)}$, $r_{с4(n-1)} = r_{4(n-1)}$	–

Конструктивные размеры рабочего инструмента назначаются из условия его прочности и жесткости и с учетом принятого типа оборудования.

Матрицы изготавливаются из инструментальных углеродистых сталей типа У10А, У12А или с применением твердосплавных вкладышей из сплавов ВК-8, ВК-10. Стальные матрицы подвергаются термообработке и хромируются по рабочей поверхности на глубину слоя 0,01 мм. Твердость стальных матриц назначается в пределах *HRC*=60–64, твердость вкладышей – из твердого сплава *HRA*≥86.

Пуансоны опорные изготавливают из сталей У10А, У12А, ШХ12, ШХ15, ХВГ и др., подвергают термообработке и хромируют на толщину слоя 0,01…0,02 мм. Твердость рабочей части пуансонов назначают в пределах *HRC* = 58…64. Пуансоны-штампы изготавливают из сталей марок У10А, У12А, ШХ12, ШХ15, подвергают термообработке (*HRC* = 54…63).

14.5.7. Расчет силовых параметров процесса

Исходные данные:

- размеры заготовок: исходной после предварительной и окончательной штамповок;
- механические свойства материала в отожженном состоянии и кривые упрочнения $\sigma_i - \varepsilon_i$;
- технологические схемы штамповки.

Расчет усилий штамповки выполняется по формулам, приведенным в табл. 14.5.

Усилие выталкивания заготовки из матрицы рассчитывается из следующего приближенного соотношения: $P_{\text{вт}} = (0{,}07 - 0{,}12)P_{\max}$ – для предварительной, $P_{\text{вт}} = (0{,}04 - 0{,}05)P_{\max}$ – для окончательной штамповки.

Расчет штампов на прочность по допускаемым нагрузкам на сжатие выполняется по формулам

$$p_i = \sigma_{\text{ñæ}i} = \frac{P_i}{F_{\min}} \le [\sigma_{\text{ñæ}}],$$

где p_i – удельное усилие, действующее на рабочий инструмент на i-й стадии процесса (табл. 14.6); $[\sigma_{\text{сж}}]$– допускаемое напряжение на сжатие материала инструмента с учетом его термической обработки.

При применении штампа составной конструкции производится проверка на прочность каждого из инструментов с учетом усилий, действующих на него, и формы поперечного сечения:

$F_{\min} = \frac{\pi}{4} d_{ci}^2$ – для стержневого инструмента;

$F_{\min} = \frac{\pi}{4}(d_{\text{ш}i}^2 - d_{\text{н}i}^2)$ – для втулочного инструмента.

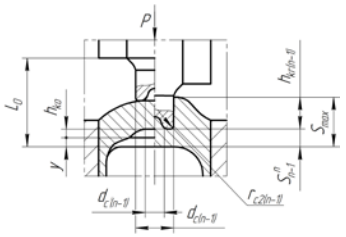
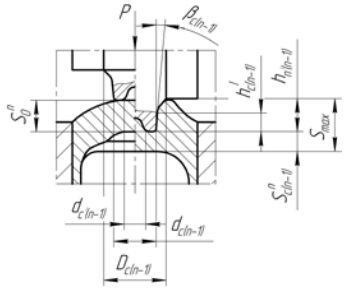
Расчет пуансонов на прочность по допускаемым нагрузкам на продольный изгиб выполняется по формулам

$$P_{\max} \le \frac{1}{K_{\text{у}}} P_{\text{кр}},$$

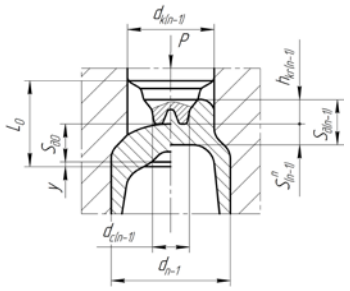
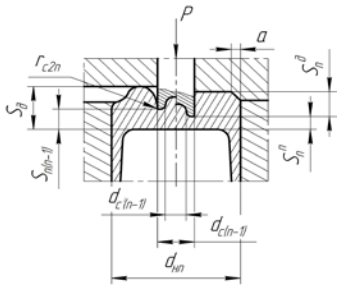
где $P_{\text{кр}} = \eta \frac{EJ}{l^2}$ – критическая нагрузка; $K_{\text{у}}$ – коэффициент запаса устойчивости (для закаленной стали принимается $K_{\text{у}} = 2…3$).

Таблица 14.5

Расчет максимальных усилий деформирования

Способ штамповки	Технологическая схема	Расчетные формулы
1	2	3
Предварительная штамповка		
Выдавливание цилиндрическим пуансоном в полузакрытом штампе		$P_{\max} = 2{,}63\sigma_i(d_{\text{с}(n-1)}^2 - d_{\text{с}(n-1)}'^2)$, где $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ – интенсивность напряженного состояния; $\varepsilon_i = \ln\frac{S_0}{S_{n-1}^{\text{п}}}$ – интенсивность деформированного состояния
Выдавливание ступенчатым пуансоном в полузакрытом штампе		$P_{\max} = 2{,}63\{\sigma_i'[(d_{\text{с}(n-1)} + 2h_{\text{с}(n-1)}'\text{tg}\beta_{\text{с}(n-1)})^2] + \sigma_i''[D_{\text{с}(n-1)}^2 - (d_{\text{с}(n-1)} + 2h_{\text{с}(n-1)}'\text{tg}\beta_{\text{с}(n-1)})^2]\}$, где $\sigma_i' = f(\varepsilon_i')$ – интенсивность напряженного состояния в зоне перегородки; $\varepsilon_i = \ln\frac{S_0^{\text{п}}}{S_{n-1}^{\text{п}}}$ – интенсивность деформированного состояния в зоне перегородки; $\sigma_i'' = f(\varepsilon_i'')$ – интенсивность напряженного состояния в зоне фаски; $\varepsilon_i'' = \ln\frac{S_0^{\text{д}}}{S_{n-1}^{\text{п}} + h_{\text{с}(n-1)}'}$ – интенсивность деформированного состояния в зоне фаски; $\beta_{\text{с}(n-1)} = 4-6^\circ$ – угол конусности соска

Продолжение табл. 14.5

1	2	3
Комбинированное выдавливание в полузакрытом штампе		$P_{\max} = P_{\text{тр}} + P_{\text{ос}} + P_{\text{выд}}$; $P_{\text{тр}} = \frac{\pi}{2}\left[(h_{\text{кг}(n-1)}(f+0,5)(d_{\text{к}(n-1)} + d_{\text{с}(n-1)})\sigma_{i\text{пр}} + + d_{\text{н}(n-1)}\sigma_{i\,\text{угл}}\right]$; $P_{\text{ос}} = F_{\text{кг}}\sigma_{in}\left(2 + \ln m + \frac{1}{6}\frac{d_{\text{с}(n-1)}}{S_{\text{п}}}\right)$; $P_{\text{выд}} = F_{\text{н}(n-1)}\sigma_{i\text{пр}}e_{i\text{пр}}\left(\frac{f+0,5}{2\cos\alpha} + \frac{2}{1+\sin\alpha}\right)$, где $P_{\text{тр}}, P_{\text{ос}}, P_{\text{выд}}$ – усилия трения, осадки и выдавливания; $F_{\text{кг}} = \frac{\pi d^2_{\text{с}(n-1)}}{4}$ – площадь капсюльного гнезда; $F_{\text{н}(n-1)} = \frac{\pi}{4} d^2_{\text{н}(n-1)}$ – площадь нижней части корпуса; $m = \frac{d_{\text{н}(n-1)}}{d^2_{\text{н}(n-1)}\, d^2_{\text{с}(n-1)}}$; $\sigma_{i\text{пр}}, \sigma_{i\,\text{угл}}, \sigma_{i\text{п}}$ – интенсивность напряженного состояния в зоне проточки, угла и нижней части корпуса; $\sigma_i = f(e_i)$; f – 0,05 – 0,1 – коэффициент трения; α – угол конусности зоны проточки
Осадка и выдавливание ступенчатым пуансоном в закрытом штампе		$P_{\max} = 2,63\left[\sigma'_i d^2_{\text{сп}} + 0,89\sigma''_i \times \right.$ $\left. \times \left(0,82 + 0,07\frac{d_{\text{нп}}}{S_{\text{дп}}} + \lg\frac{S_{\text{дп}}}{4a}\right)\left(d^2_{\text{нп}} - d^2_{\text{сп}}\right)\right]$, где $\sigma'_i = f(\varepsilon'_i)$ – интенсивность напряженного состояния; $\varepsilon'_i = \ln\frac{S_0}{S^{\text{п}}_n}$ – интенсивность деформированного состояния в зоне перегородки;

Окончание табл. 14.5

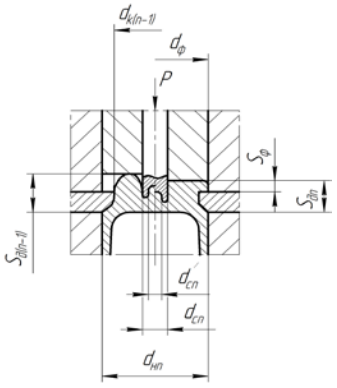
1	2	3
Осадка и выдавливание ступенчатым пуансоном в закрытом штампе		$\sigma_i'' = f(\varepsilon_i'')$ – интенсивность напряженного состояния в зоне дна; $\varepsilon_i = \ln\frac{S_{n-1}^{д}}{S_{0д}} + 1{,}15\ln\frac{S_{n-1}^{д}}{S_n^{д}}$ – интенсивность деформированного состояния в зоне дна

Таблица 14.6

Расчет удельных усилий

Способ штамповки	Расчетные формулы
Выдавливание цилиндрическим пуансоном в полузакрытом штампе	$P = 3{,}35\sigma_i\left(1 - \frac{d'^2_{c(n-1)}}{d^2_{c(n-1)}}\right)$
Выдавливание ступенчатым пуансоном в полузакрытом штампе	$P = 3{,}35\sigma_i\left[1 - \frac{d'^2_{c(n-1)}}{(d_{c(n-1)} + 2h'_{c(n-1)}\mathrm{tg}\beta_{c(n-1)})^2}\right]$
Комбинированное выдавливание в полузакрытом штампе	$P = 3{,}35\sigma_i\left(1 - \frac{d'^2_{c(n-1)}}{d^2_{c(n-1)}}\right)$
Окончательная штамповка	$P_1 = 3{,}35\sigma_i'$ – для соска
Осадка ступенчатым пуансоном в закрытом штампе	$P_2 = 2{,}336\sigma_i''\left(0{,}82 + 0{,}07\frac{d_{нл}}{S_n^{д}} + \lg\frac{S_n^{д}}{4a}\right)$ – для штампа, где σ_i' и σ_i'' – интенсивность напряженного состояния в зоне перегородки и дна; $\varepsilon_i' = \ln\frac{S_{д0}}{S_n^{н}}$ – интенсивность деформированного состояния перегородки; $\varepsilon_i'' = \ln\left(1 + \frac{\Delta H_{n-1}}{S_{д0}}\right) + 1{,}15\ln\frac{S_{д0} + \Delta H_{n-1}}{S_{дn}}$ – интенсивность деформированного состояния в зоне дна; ΔH_{n-1} – высота наплыва

Примечание. Расшифровка обозначений величин и рекомендации по их определению приведены в табл. 14.5.

$J = \frac{\pi(d_{\text{пі}}^{\text{н}})^4}{64} = 0{,}05(d_{\text{пі}}^{\text{н}})^4$ – осевой момент инерции; l – длина незакрепленной части пуансона; E – модуль нормальной упругости (для инструментальной стали принимается $E = 2{,}1 \cdot 10^4 - 2{,}2 \cdot 10^4$ кгс/мм^2); $\eta = 4\pi^2$ – коэффициент закрепления.

Допускаемая из условия прочности на продольный изгиб длина незакрепленной части пуансона равна:

$$l \le \sqrt{\frac{4\pi^2 EJ}{K_{\text{у}} P_{\max}}}.$$

Библиографический список

1. *Лясников А.В.,* Агеев Н.П., Кузнецов Д.П., Данилин Г.А. и др. Сопротивление материалов пластическому деформированию в приложениях к процессам обработки металлов давлением / Под ред. А.В. Лясникова. СПб.: Внешторгиздат-Петербург, 1995. 527 с.

2. *Агеев Н.П.,* Афанасьев А.С., Богатырев А.В., Майер А.В. Автоматизированное проектирование технологических процессов штамповки дна полых заготовок: учебное пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 1995. 72 с.

3. *Агеев Н.П.*, Данилин Г.А., Огородников В.П. Технология производства патронов стрелкового оружия. Ч. 1.: учебное пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2006.

15. ШТАМПОВКА СЕРДЕЧНИКОВ И РУБАШЕК

15.1. Виды процессов и способы штамповки

Для изготовления сердечников пуль в соответствии с классификацией могут применяться условно простые и комбинированные процессы объемной штамповки [1].

К простым процессам относятся осадка, высадка, продольное выдавливание, редуцирование (рис. 15.1). В отличие от выдавливания при редуцировании часть поверхности заготовки является свободной ($F_{\text{ñâ}}$), т.е. не контактирует с поверхностями рабочего инструмента и не подвергается воздействию внешних сил (рис. 15.1 *в*, *г*).

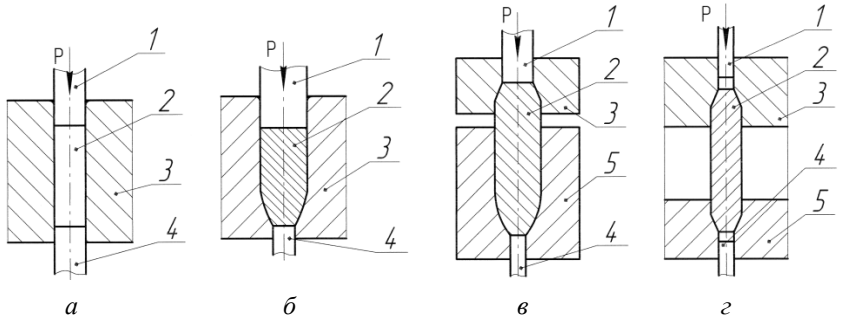


Рис. 15.1. Технологические схемы штамповки сердечников: *а* – закрытая осадка цилиндрической заготовки; *б* – продольное (прямое) выдавливание оживальной части сердечника в закрытом штампе; *в*, *г* – продольное выдавливание (редуцирование) в полузакрытом штампе
1 – пуансон; *2* – заготовка; *3* – верхняя матрица; *4* – выталкиватель; *5* – нижняя матрица

Комбинированные процессы могут быть созданы на основе сочетания перечисленных простых процессов, например, редуцирование–высадка, выдавливание–высадка и др.

Каждый из перечисленных видов процессов может иметь разновидности, именуемые способами штамповки, которые следует различать по основным признакам:

- виду исходного полуфабриката;
- виду и состоянию материала;
- виду исходной заготовки и способу ее получения;
- виду штампуемой детали (сердечника);
- схеме приложения основных и дополнительных сил;
- виду движения заготовки и рабочего инструмента;

• условиям деформации (температуре, скорости процесса, характеру нагружения, условиям контактного трения);

• типу технологической оснастки;

• типу технологического оборудования.

По виду исходных полуфабрикатов можно выделить способы штамповки из компактных (проволоки, прутка) и дискретных (порошковые смеси) материалов. Наибольшее применение в производстве имеют способы изготовления сердечников из проволоки и прутка. Порошковые смеси в основном используют для изготовления сердечников из металлокерамических твердых сплавов на основе карбида вольфрама (типа ВК8 и ВК6М).

По виду материала применяют способы штамповки из черных (стали, металлокерамические твердые сплавы) и цветных (свинец, алюминий, медь) металлов.

Стали могут быть доэвтектоидные (мало- и среднеуглеродистые, с повышенным, до 0,75%, содержанием углерода) и заэвтектоидные (инструментальные углеродистые, с высоким содержанием углерода и др.) качественные и повышенного качества.

По виду исходной заготовки, поступающей на штамповочную операцию, различают способы штамповки из стержневых заготовок:

• цилиндрических;

• ступенчатых конических;

• с криволинейной образующей;

• с образующей комбинированной формы.

Исходные заготовки могут быть изготовлены различными способами:

• отрезкой в штампах на прессах и пресс-ножницах;

• отрезкой с последующей штамповкой на холодновысадочных прессах-автоматах;

• на станках роторного типа (см. рис. 12.5);

• способами периодической поперечно-клиновой прокатки [2].

Механизм нагружения станка роторного типа выполнен в виде вращающегося маховика большой массы с жестко закрепленными на нем ножами незамкнутого контура.

Высокая скорость деформации способствует получению заготовок с хорошим качеством поверхности среза при относительной высоте заготовки $H_0/D_0 > 0{,}8$ (H_0, D_0 – высота и диаметр отрезаемой заготовки). Этот способ успешно реализован на автоматической линии модели ЛРВ, имеющей механизм рихтовки проволоки, подачи ее в рабочую зону и нагружения инструментальным блоком. Производительность таких линий – от 1000 до 2300 шт/мин.

Многооперационные процессы штамповки на холодновысадочных одно- и многопозиционных автоматах широко применяются для изготовления сту-

пенчатых деталей стержневого типа в метизном производстве (аналогов сердечников).

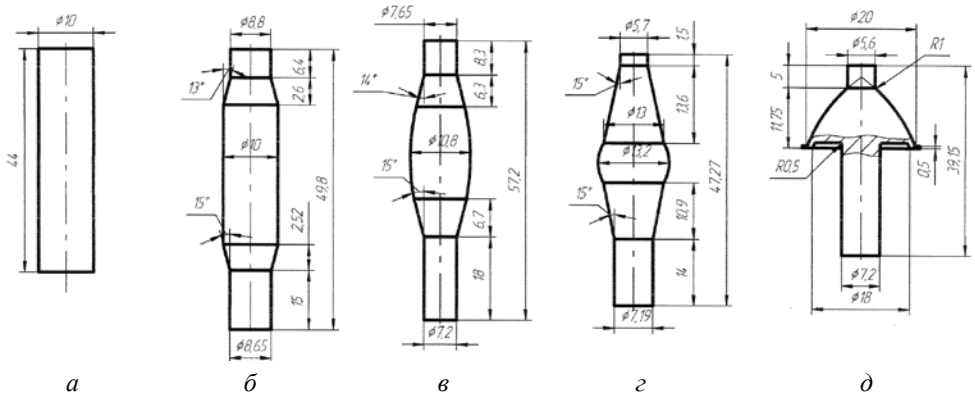
Однако во всех известных способах закрытой и полузакрытой штамповки получение радиусной остроконечной формы деталей способами пластического формообразования связано со значительными трудностями.

При необходимости остроконечную форму деталям придают либо путем выполнения операции “отрезка–заострение”, применяемой в гвоздильном производстве, либо способами механической обработки резанием.

Интересным примером изготовления стальной детали (сталь 20–25) с радиусной остроконечной вершиной (аналога сердечника) служит многооперационный процесс холодной штамповки носков челноков.

Технологический процесс включает следующие операции: 1) отрезку штучной цилиндрической заготовки; 2) двухстороннее редуцирование в пуансоне и матрице; 3) повторное редуцирование в пуансоне и матрице; 4) свободную осадку части заготовки с выдавливанием цилиндрического отростка; 5) выдавливание стержня–высадку сферы.

Чтобы создать определенную направленность процессов на первой и второй штамповочных операциях, степень деформации и углы под редуцирование в пуансонах приняты меньшими, чем в соответствующих матрицах (рис. 15.2, 15.3).



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 15.2. Эскизы исходной (*а*), промежуточных (*б*, *в*, *г*) и конечной (*д*) заготовок после штамповки

После второй операции диаметр нередуцированной части заготовки в средней ее части увеличивался на 0,5…0,8 мм. Для повышения устойчивости от продольного изгиба при свободной осадке на третьей штамповочной операции углы конусности инструмента принимаются такими, чтобы образующая бочки служила продолжением ранее оформленных конических поясков.

Тогда заключительная операция также осуществляется путем дальнейшей осадки с выдавливанием утолщенной части заготовки в полузакрытом штампе с вытеснением избыточного металла в зазор между частями штампа (рис.15.3). Заострение вершины осуществляется способами резания.

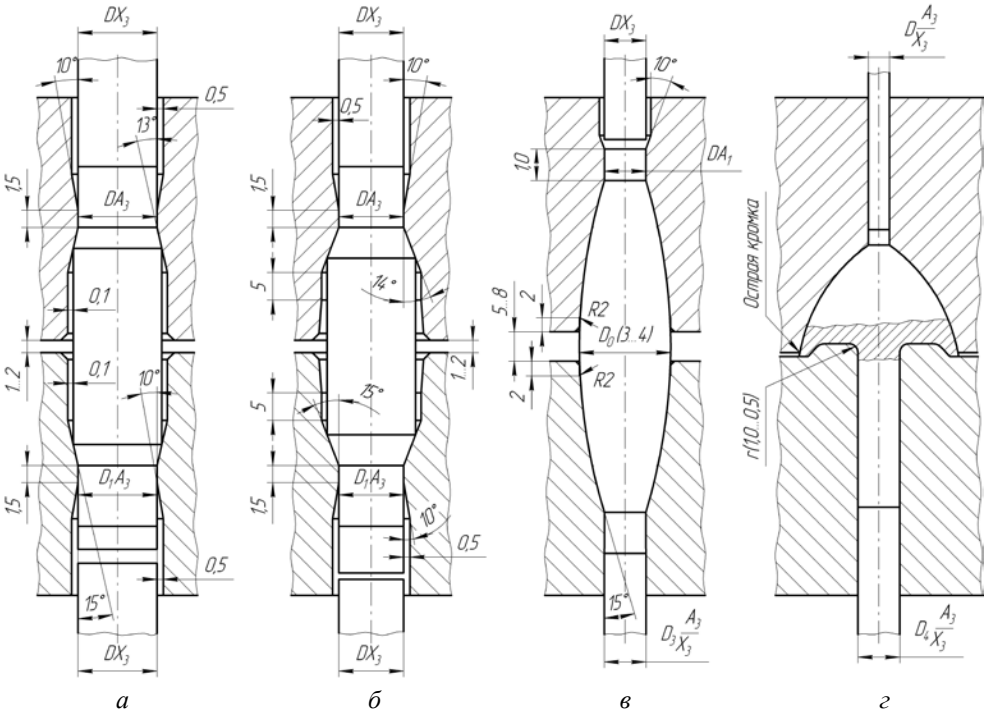


Рис. 15.3. Технологические схемы штамповки: *а, б* – редуцирование; *в* – высадка; *г* – осадка–высадка–выдавливание

В развитие указанного способа предлагается создать дополнительную установочную технологическую базу путем предварительного заострения механическим способом высаживаемого конца заготовки под углом, равным соответствующему углу заострения готовой детали (рис. 15.4). Это повысит устойчивость заготовки при высадке в глухой матрице и точность радиусной части детали. Заострение может выполняться обрезкой полукруглыми ножами в штампах, протяжкой на ковочных вальцах, поперечно-винтовой прокаткой или резанием (например, фрезерованием).

Отметим принципиальную возможность изготовления заготовок сердечников известными способами поперечно-клиновой прокатки.

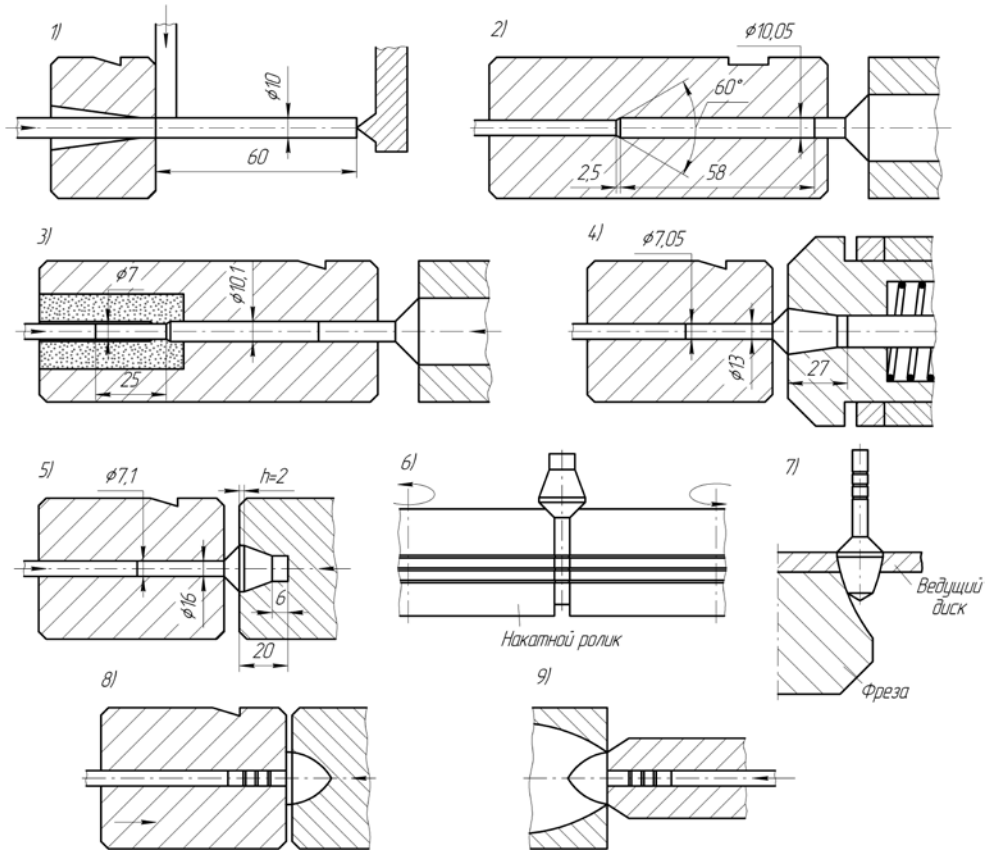


Рис. 15.4. Технологические переходы холодной высадки остроконечной детали: *1* – отрезка; *2* – штамповка заходной фаски; *3* – редуцирование стебля; *4,5* – предварительная и окончательная высадка; *6* – накатка стержня; *7* – заточка; *8* – высадка; *9* – обрезка облоя

Преимущества процесса поперечно-клиновой прокатки:

- высокий коэффициент использования металла;
- высокая производительность;
- высокая точность обеспечения формы получаемых заготовок, позволяющая максимально приблизить конфигурацию прокатываемой заготовки к форме детали;
- возможность полной автоматизации процесса.

Сущность процесса заключается в прокатке цилиндрической заготовки между двумя перемещающимися относительно друг друга клиновыми инструментами (рис. 15.5 *а*,*б*), которые внедряются в заготовку, вызывая ее вращение. В результате последующего обжатия и раскатывания металла наклонными гранями клинового инструмента происходит уменьшение диаметра

заготовки при увеличении ее длины (рис. 15.5 *в,г*) и разделение на две симметрично расположенные заготовки [2].

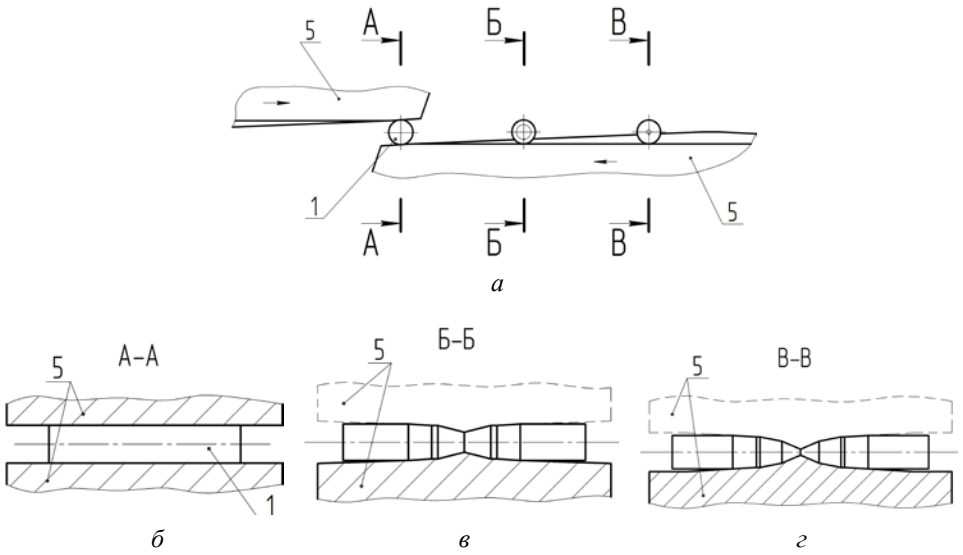


Рис. 15.5. Схема плоской поперечно-клиновой прокатки ступенчатых заготовок

Известны технологические процессы изготовления деталей аналогов, например дюбелей, способами поперечно-клиновой прокатки [3,4]. Технологические операции штамповки и острения дюбелей выполняют на автомате-комбайне А1918 (К25) при небольших конструктивных изменениях существующего инструмента резьбонакатного устройства автомата-комбайна.

В промышленности находят применение специальные автоматические линии серии WRL белорусского производства для поперечно-клиновой прокатки диаметром от 2 до 125 мм при длине от 2 до 800 мм.

Характерной особенностью процесса поперечно-клиновой прокатки является цикличность процесса и возникающие знакопеременные деформации при формировании локального ОПД. Это определяет возможность достижения в этом очаге больших деформаций без разрушения материала заготовки.

Перед отрезкой штучных заготовок проволока (пруток) калибруется волочением на специальных станках за один или два прохода для обеспечения заданных диаметральных размеров.

При изготовлении проволоки в качестве заготовки под холодную объемную штамповку сердечников следует предусматривать применение технологических способов устранения поверхностных дефектов, возникающих при волочении, или их нейтрализацию.

Заготовки, поступающие на штамповку, подвергаются предварительной обработке, которая может включить в себя следующие подготовительные операции:

- рекристаллизационный отжиг;
- химическую обработку (обезжирование промывка, травление, фосфатирование, омыление, сушку, охлаждение);
- сортировку по размерам (массе);
- протирку.

Химическая обработка выполняется в специальных агрегатах, а протирка – во вращающихся металлических барабанах, заполняемых березовыми опилками.

Вид штампуемой детали по конструктивно-технологическим признакам характеризует технологичность ее конструкции и определяет выбор вида и способа выполнения возможной штамповочной операции.

Наиболее существенными признаками сердечников являются безразмерные геометрические параметры (относительная высота H/D, относительный диаметр головной части d/D, форма образующей, углы конусности α, относительный радиус кривизны R/D), показатели штампуемости материала ($\sigma_{0,2}/\sigma_в, n, \varepsilon_{ip}, \psi$), марка материала, габаритные размеры и масса (рис. 15.6) (см. подразд. 1.7, 1.8)

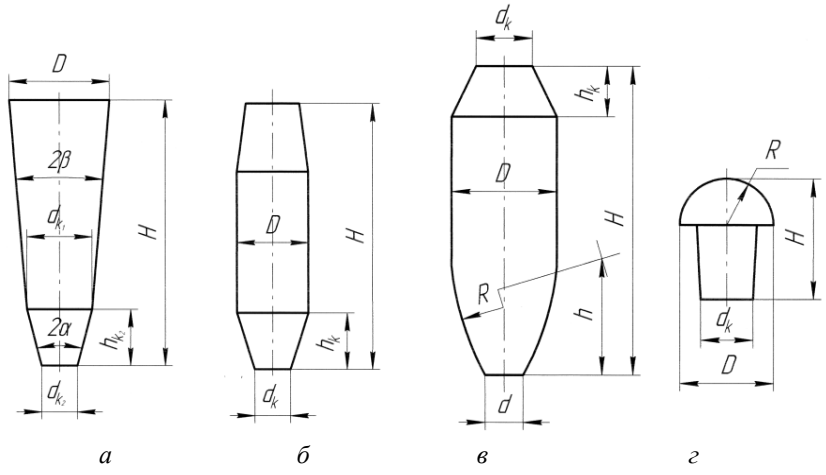


Рис. 15.6. Типы штампуемых сердечников: *а* – с двойной конусностью; *б* – с двусторонней конусностью; *в, г* – с радиусной головной частью и коническим хвостовиком

На рис. 15.7 дана классификация сердечников по безразмерным геометрическим параметрам, а в табл. 15.1 – пример классификации сердечника.

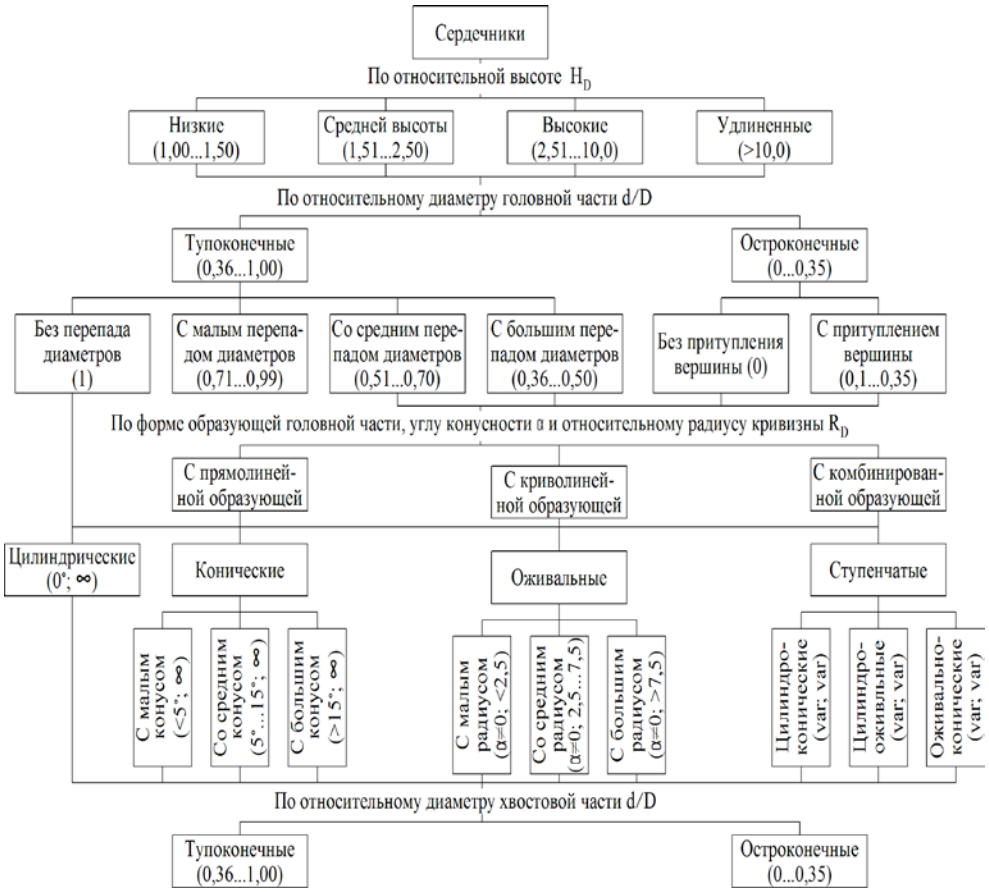


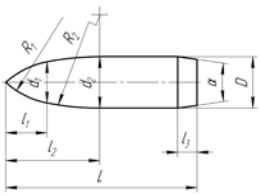
Рис. 15.7. Технологическая классификация сердечников по безразмерным геометрическим параметрам

По схеме приложения основных сил применяют способы штамповки с приложением сил, направленных вдоль оси заготовки (осадка, продольное выдавливание, редуцирование и др.). Некоторые исключения составляют способы так называемого ротационного обжима [5] и поперечно-клиновой прокатки. В первом случае, по существу, схема процесса соответствует выдавливанию, но выполняемому при приложении поперечных (радиальных) сил в результате действия на заготовку вкладышей разъемной матрицы радиально-обжимного станка. Возможно применение для этой цели ротационно-обжимных станков с вращающейся матрицей.

При поперечно-клиновой прокатке реализуется сложная схема одновременного действия продольной силы и крутящего момента.

Таблица 15.1

Классификация и характеристика бронебойного сердечника по основным конструктивно-технологическим признакам

Эскиз и модель сердечника	Безразмерные геометрические параметры головной части				Код сердечника по технологическому классификатору	Характеристика сердечников по технологическому классификатору
	$\frac{H}{D}$	$\frac{d_{i+1}}{d_i}$	$\frac{R_\rho}{D}$	α		
 Сталь У12А	3,78	0	2,12 (5,61)	$\alpha \neq 0$	30724001504 22532	Сердечник высокий, остроконечный без притупления вершины, с комбинированной образующей, ступенчатый, без рельефа, без полости, из материала средней штампуемости, с весьма высоким упрочнением, без заданных требований по шероховатости, с высокой точностью на размеры, со средним диаметром, средней высотой, со средним сопротивлением деформированию, из углеродистой инструментальной стали, малой массы

По условиям деформации применяют способы холодной штамповки, условно статические и скоростные при непрерывном нагружении и реализации условий граничного трения.

Известны способы полугорячей штамповки стальных бронебойных сердечников (при нагреве заготовок до 750…780 °С) [6].

По типу применяемой технологической оснастки и технологического оборудования следует различать способы штамповки в штампах на прессах, в инструментальных блоках на автоматических линиях АРЛ, РКЛ и др.

15.2. Штамповка сердечников выдавливанием

Штамповка выполняется по схеме продольного выдавливания, при которой происходит истечение металла заготовки, заключенной в закрытой полости штампа, контейнере матрицы, через отверстие в ней (от периферии к центру), форма которого и определяет форму продольного сечения штампуе-

мого сердечника детали стержневого типа (см. рис. 15.1,*б*). Характерной особенностью этого процесса является создание в зоне ОПД схемы напряженного состояния, соответствующей всестороннему неравномерному сжатию, обеспечивающей деформируемому металлу высокую пластичность.

При изготовлении стальных сердечников следует соблюдать следующие условия:

1) диаметральные размеры прутка выполнять по 3-му классу точности;

2) диаметральный зазор между заготовкой и цилиндрической частью матрицы должен быть не более 0,04 мм;

3) оси пуансона и матрицы должны совпадать.

Невыполнение первых двух условий приводит к искривлению сердечника, а третьего – к получению косого торца. Сердечники штампуются на холодновысадочных прессах и автоматических роторных линиях с цельной матрицей с предварительным фосфатированием и омыливанием заготовки.

В наиболее общем случае для штамповки сердечников применяется матрица, состоящая из трех участков (рис. 15.8): выходного цилиндрического *3*, калибрующего стержневую часть заготовки малого диаметра *d*, заходного конического или оживального участка *2*, обеспечивающего основное формообразование, и цилиндрического участка *1*, являющегося приемником (“контейнером”) исходной цилиндрической заготовки с размерами D_0, H_0. В соответствии с этой схемой будут различаться и условия деформации материала заготовки.

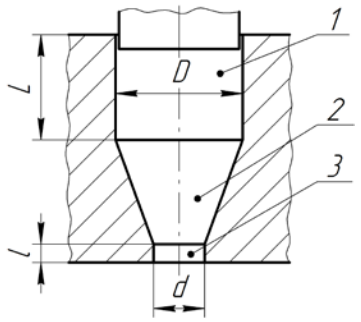


Рис. 15.8. Технологическая схема процесса продольного выдавливания конического сердечника

На выходе из ОПД, на участке *3* матрицы, цилиндрическая часть заготовки малого диаметра *d* не претерпевает пластической деформации и находится в упругом напряженном состоянии. Пластическая деформация этой части заготовки завершается в конце предыдущей стадии процесса на коническом участке матрицы. Поэтому нормальное контактное радиальное напряжение не может превысить величину интенсивности напряженного состояния на этом участке, т.е. $|\sigma_{r1}| \le \sigma_i$. Сопротивление движению металла будут оказывать силы трения

$$P_1 = f_1 \sigma_{i1} \pi d l . \qquad (15.1)$$

Тогда удельное усилие на выходном сечении цилиндрической части матрицы будет равно:

$$p_1 = \frac{P_1}{F_1} = \frac{P_1}{\pi d^2 / 4} = \sigma_{i1} 4 f_1 \frac{l}{d} . \qquad (15.2)$$

В коническом участке матрицы *2* осуществляется основное формообразование заготовки за счет пластической деформации и уменьшения диаметра заготовки от первоначального значения D_0 до наименьшего d. Напряженное состояние на этом участке соответствует всестороннему неравномерному сжатию, на контактных поверхностях действуют значительные силы трения, препятствующие течению металла от периферии к отверстию матрицы. Кроме того, дополнительное сопротивление оказывают также и силы трения, возникающие на участке *3* матрицы. Следовательно, работа активной силы на этой стадии процесса будет равна сумме работ: формоизменения $A_{ф2}$, сил контактного трения на коническом участке матрицы $A_{т2}$ и сил сопротивления A_1 со стороны цилиндрического участка *3*: $A_2 = A_{ф2} + A_{т2} + A_1$.

При штамповке выдавливанием оптимальное значение одностороннего угла конусности матрицы α не должно превышать 55°, что исключает образование угловых зон торможения металла. Для малых α углов ($\alpha \le 30°$) М.В. Сторожев и Е.А. Попов предложили приближенное соотношение для оценки удельного усилия на коническом участке матрицы в следующем виде:

$$p_2 = \sigma_{i2}\left(1 + \frac{f_2}{\sin\gamma}\right)e_{i2} + p_1, \qquad (15.3)$$

где $\sigma_{i2} = f(e_{i2})$ – максимальное значение интенсивности напряженного состояния; e_{i2} – максимальное значение степени деформации; p_1 определяется по (15.2).

Максимальная степень деформации в зоне ОПД соответствует минимальному сечению заготовки и будет равна:

$$e_{i2}^{j} = 2\ln\frac{d_{i-1}^{j}}{d_i^{j}}. \qquad (15.4)$$

По высоте ОПД степень деформации может изменяться от минимальной (иногда $e_{i\min} = 0$) до максимальной величины. В этих случаях при расчете напряжений и усилий может приниматься ее среднее арифметическое значение:

$$e_{i2\text{ср}}^{j} = \frac{e_{i\min}^{j} + e_{i\max}^{j}}{2}.$$

Условия течения металла в приемной части (контейнере) матрицы существенно зависят от условий контактного трения на стенках этой части. При небольших значениях коэффициента трения f_3 и однородных по сечению свойствах металла заготовки она достаточно свободно проталкивается пуансоном по контейнеру и в ней практически будет отсутствовать пластическая деформация, т.е. ОПД не формируется.

Однако при высоких значениях коэффициента трения f_2 и значительной неоднородности структуры и механических свойств металла заготовки ОПД охватывает не только деформируемую коническую часть заготовки, но и ее цилиндрическую часть исходного диаметра D_0 до $D_к$ за счет осадки:

$$D_к = D_0 + 2z_к, \tag{15.5}$$

где $z_к$ – односторонний зазор на свободное вхождение заготовки в матрицу.

При этом согласно М.В. Сторожеву и Е.А. Попову максимальное удельное усилие будет равно:

$$p_3 = p_2 + \sigma_{i3} 2 \frac{L_к}{D_к}, \tag{15.6}$$

где $L_к$, $D_к$ – глубина и диаметр приемной части матрицы; $\sigma_{i3} = f(e_{i3})$; e_{i3} – степень деформации в очаге деформации приемной части матрицы (определяется опытным путем).

В соответствии с формулами (15.2)–(15.6) при штамповке конических сердечников максимальное удельное усилие будет равно:

$$p_{\max} = \sigma_{i2}\left(1 + \frac{f_2}{\sin\gamma}\right)e_{i2} + 2\sigma_{i3}\frac{L_к}{D_к} + \sigma_{i1} 4 f_1 \frac{l}{d}. \tag{15.7а}$$

При отсутствии в детали цилиндрического участка малого диаметра d в (15.7) следует принять l=0.

При штамповке сердечников с оживальным профилем образующей для расчета удельных усилий можно применять формулы для конических сердечников, но с определением так называемого “эквивалентного” угла конусности:

$$\alpha_{эк} = \operatorname{arctg}\frac{D-d}{2h_{ож}}, \tag{15.7б}$$

где D, d – наибольший и наименьший диаметры оживальной части сердечника; $h_{ож}$ – ее высота.

Основным условием ограничения деформации при продольном прямом выдавливании сердечников следует считать прочность пуансонов на сжатие:

$$p_{\max} \le [\sigma_{сж}] = \frac{\sigma_{всж}}{K_{з.п.}}, \tag{15.8}$$

где $[\sigma_{сж}]$ – допускаемое напряжение материала пуансона; $\sigma_{всж}$ – временное сопротивление (предел прочности) на сжатие материала инструмента после закалки и отпуска; $K_{з.п.}$ – коэффициент запаса прочности ($K_{з.п.}$=2…3).

Технологические возможности этого процесса будут определяться величиной достижимой, без разрушения инструмента, деформации $e_{i\text{доп}}$ при обеспечении требуемого качества сердечников.

Какие технологические факторы и каким образом влияют на $e_{i\text{доп}}$, можно установить из анализа уравнений (15.7) и (15.8), если приравнять значения $p_{\max}$ и $[\sigma_{\text{сж}}]$. Для случая штамповки конического сердечника при $l = 0$ получим

$$e_{i2\text{доп}} = \left(\frac{\sigma_{\text{всж}}}{K_{\text{з.п.}}} - 2\sigma_{i3} \frac{L_{\text{к}}}{D_{\text{к}}} \right) \frac{1}{\sigma_{i2}\left(1 + f/\sin\alpha\right)}. \qquad (15.9)$$

Для оценки σ_{i2} и σ_{i3} воспользуемся аналитической аппроксимацией в виде степенной функции

$$\begin{aligned} \sigma_{i2} &= A\left(e_{i2\text{доп}}\right)^n; \\ \sigma_{i3} &= A\left(e_{i3}\right)^n, \end{aligned} \qquad (15.10)$$

где $A=\sigma_{iy}/(\varepsilon_{iy})^n$ – значение постоянной для заданной марки материала; $e_{i3} \approx 0{,}002$ при отсутствии заметной пластической деформации в контейнере матрицы; n – коэффициент, учитывающий способность материала к деформационному упрочнению.

После подстановки значений σ_{i2} и σ_{i3} из (15.10) в (15.9)

$$e_{i2\text{доп}} = \left[\left(\frac{\sigma_{\text{всж}}}{A \cdot K_{\text{з.п.}}} - 2\left(0{,}002\right)^n \frac{L_{\text{к}}}{D_{\text{к}}} \right) \frac{1}{\left(1 + f/\sin\alpha\right)} \right]^{\frac{1}{1+n}}. \qquad (15.11)$$

Из этого выражения следует, что допустимая степень деформации $e_{i2\text{доп}}$ есть функция четырех безразмерных параметров: отношения характеристик прочности материалов инструмента и деформируемой заготовки: $\sigma_{\text{всж}}/A$, условий контактного трения $f/\sin\alpha$, относительной глубины приемной части матрицы $L_{\text{ê}}/D_{\text{ê}}$ и способности материала заготовки к деформационному упрочнению n. Допустимая степень деформации $e_{i\text{доп}}$ снижается с уменьшением $\sigma_{\text{всж}}/A$, $f/\sin\alpha$, n и увеличением $L_{\text{ê}}/D_{\text{ê}}$. Это существенно затрудняет штамповку сердечников с большим перепадом диаметров D/d и, в частности, с оживальным профилем образующей при его большой относительной высоте h_2/D_0.

Авторами исследована возможность формообразования оживальной части сердечников из стали ст. 20 (диаметр исходной заготовки $D_0 = 4{,}4$ мм) в штампе (рис. 15.9) на кривошипном прессе простого действия усилием 0,1 МН. Верхняя часть штампа состоит из верхней плиты *8*, пуансонодержателя *3*, разрезной втулки *4*, прокладки *7*, пуансона *2* и крепежных деталей *21*, нижняя часть – из бандажированной матрицы *1*, гайки-матрицедержателя *10* и колодки *12*. Колодка *12* установлена на прижиме *13*, который при помощи болтов *22* и штифтов *24* крепится к нижней плите пресса *7*. Для обеспечения соосности верхней и нижней частей штампа и привода выталкивателя служат тяги *5*. Бандажированная матрица *1* состоит из наружного и внутреннего бандажа и вкладыша. Заготовка устанавливается в контейнер матрицы. При ходе ползуна вниз пуансон *2* осуществляет заталкивание и выдавливание концевой части заготовки за две или три операции с промежуточными отжигами ($t = 720\ldots740^{\circ}$C, τ = 20 мин). Для удаления отштампованных деталей служит выталкивающее устройство. Оно состоит из выталкивателя *6*, установленного в направляющей втулке *17*, направляющих ножей *15*, собачки-выталкивателя *18*, закрепленных в поперечине *16*.

Результаты исследования показали, что получить заданную форму и размеры оживальной части опытного сердечника с диаметром вершины 1,45 мм, радиусом кривизны $R = 55$ мм и относительной высотой оживала $h_{ож}/D$=2,9 за две и три операции не представляется возможным. Полного заполнения полости матрицы не происходит. Диаметры вершины полуфабрикатов при штамповке за две операции – 2,92 … 3,31 мм, а за три – 2,84…3,09 мм (рис. 15.10).

Соответственно рассчитанные значения коэффициентов деформации $K_{d_\Sigma} = \dfrac{D_0}{d}$ и степени накопленной деформации $e_{i_\Sigma} = 2\ln\dfrac{D_0}{d}$ будут равны:

- при штамповке за две операции

$$K_{d_\Sigma} = 1{,}33\ldots1{,}50\,, \quad e_{i_\Sigma} = 0{,}57\ldots0{,}70\,;$$

- за три операции

$$K_{d_\Sigma} = 1{,}42\ldots1{,}54\,, \quad e_{i_\Sigma} = 0{,}70\ldots0{,}86\,.$$

Усилие штамповки ограничивалось условием прочности инструмента и не превышало 30 кН (3000 кгс), а удельное усилие, передаваемое через пуансоны, составляло 1900…2000 МПа (190…200 кгс/мм^2), что меньше допускаемого напряжения на сжатие материала (ст. У10) закаленного инструмента (*HRC* 58…62).

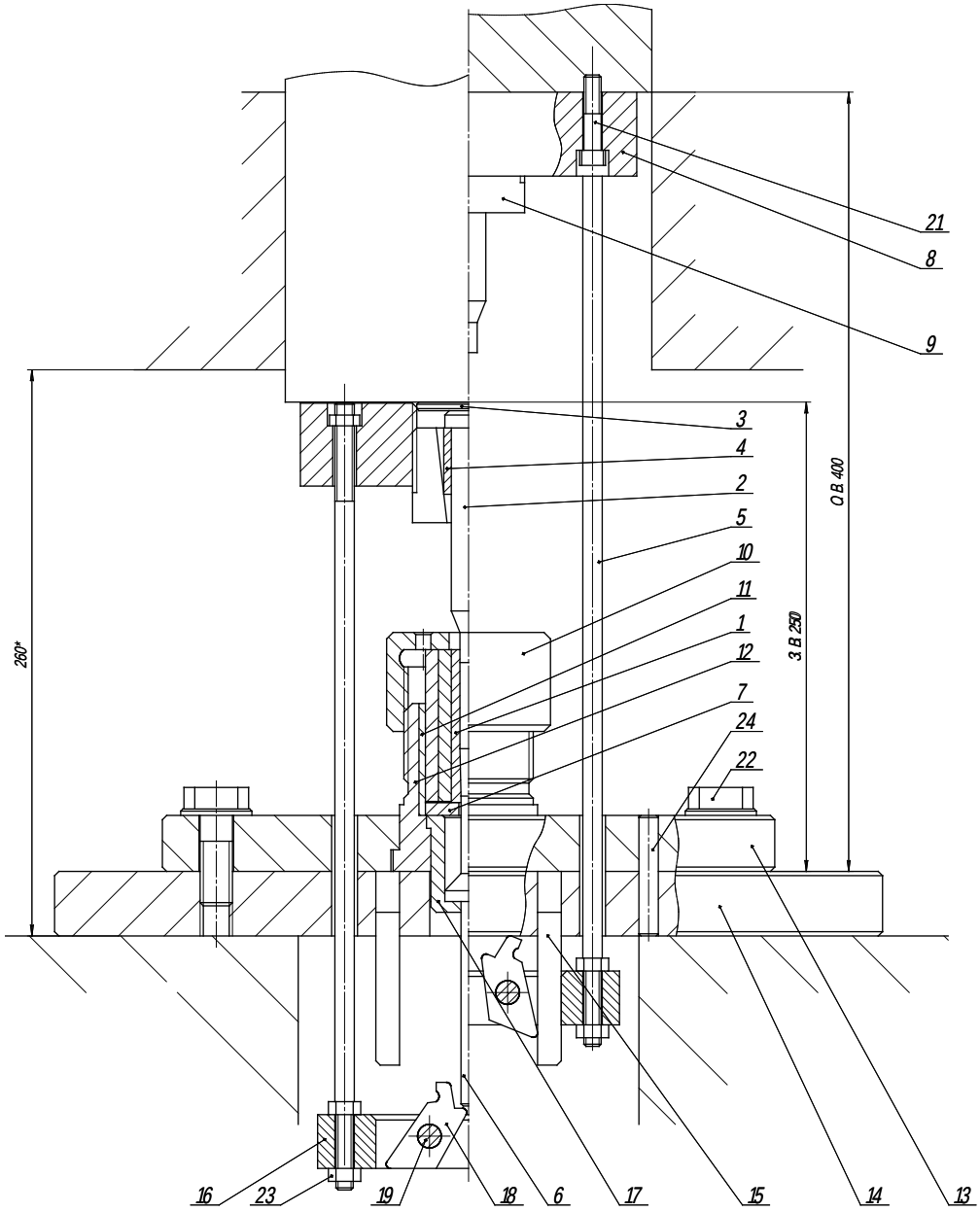
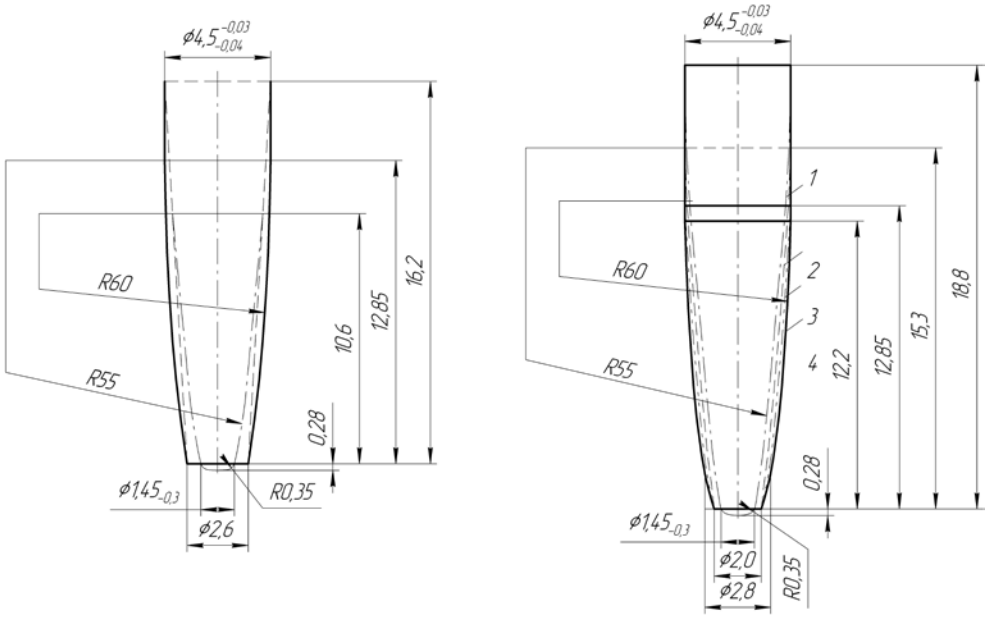


Рис. 15.9. Штамп для формообразования оживальной части сердечника



а *б*

Рис. 15.10. Эскизы заготовок и деталей, отштампованных за две (*а*) и три (*б*) операции: *1, 2, 3* – заготовки после промежуточных операций; *4* – заготовка после последней операции

Известны работы [7,8] по исследованию процессов штамповки сердечников, иллюстрирующие ограниченные технологические возможности классической схемы продольного прямого выдавливания.

15.3. Штамповка сердечников редуцированием

В отличие от выдавливания при штамповке редуцированием часть исходной заготовки по высоте находится вне матрицы и не контактирует с ее поверхностью. Применяют схемы одностороннего (см. рис. 15.1,*в*) и двустороннего (см рис. 15.1,*г*) редуцирования с формированием конического (оживального) и цилиндрического (малого диаметра) участков сердечника (рис. 15.11).

Редуцирование может быть одно- и многооперационным (многопереходным). Многопереходное редуцирование может осуществляться с двух концов заготовки за один ход ползуна пресса. При этом целесообразно при равных степенях деформации в верхней и нижней матрицах угол конусности верхней матрицы $2\alpha_в$ выполнять на 5° меньше угла конусности нижней матрицы $2\alpha_н$ или при равных углах конусности матриц $\alpha_в = \alpha_н$, в верхней матрице назнача-

ется меньшая степень деформации, т.е. $e_{i\text{в}} = e_{i\text{н}} - 0{,}05$. В этом случае усилие редуцирования верхнего участка заготовки будет меньше, чем нижнего, и сначала деформируется этот участок до упора, а затем нижний участок до остановки ползуна пресса.

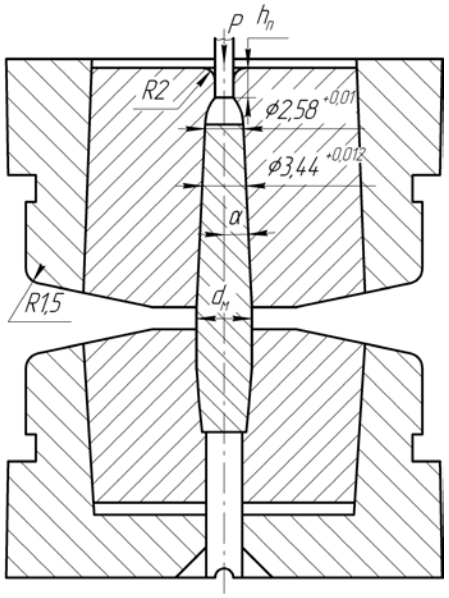


Рис. 15.11. Схема двустороннего редуцирования стального конического сердечника

Схема НДС заготовки в ОПД соответствует процессу выдавливания, однако основным условием ограничения деформации будет не прочность инструмента, а устойчивость пластического деформирования части заготовки, передающей усилие, но не контактирующей с матрицей (матрицами).

Предполагается, что при деформировании, например, обоих торцевых участков цилиндрической заготовки в конических матрицах ее средняя по высоте часть, находящаяся между матрицами, не должна во-первых, терять продольной устойчивости (не должна искривляться), а во-вторых, испытывать деформацию с увеличением диаметра (выпучиваться). Это ограничивает величину степени деформации e_i за одну операцию (переход) (на первых операциях e_i=0,25…0,30, на последующих 0,30…0,33). В процессе деформации только небольшая часть объема заготовки находится в пластическом состоянии, что уменьшает величину требуемого усилия деформирования. Основным рабочим инструментом при редуцировании является матрица, обычно выполняемая из рабочей вставки и бандажа, обеспечивающего ее прочность. Вставка

должна иметь приемную часть для центрирования заготовки, деформирующую часть коническую с углом 2α (или оживальную) и калибрующую. Глубина приемной части назначается равной: $h_1 \approx (0{,}3\ldots0{,}5)d_{i\text{-}1}$, угол конусности $\alpha=12\ldots15^{\circ}$. Применение меньших углов конусности ведет к уменьшению удельных усилий q, но одновременно увеличивает высоту матриц, что нерационально. Увеличение угла конусности до $20\ldots25^{\circ}$ приводит к увеличению удельных усилий и, как следствие, к потере устойчивости недеформируемой части заготовки.

Условие продольной устойчивости:

$$\frac{H_0}{D_0} \le \left[\frac{H}{D}\right] = \frac{1}{K_{\text{з.у.}}}\left(\frac{H}{D}\right)_{\text{кр}}, \qquad (15.12)$$

где H_0/D_0 – относительная высота исходной заготовки; $[H/D]$, $(H/D)_{\text{кр}}$ – допустимое и критическое значение относительной высоты; $K_{\text{з.у.}}$ – коэффициент запаса устойчивости ($K_{\text{з.у.}}>1{,}0$).

Согласно работам А.Г. Овчинникова и А.Х. Грайфера

$$\left(\frac{H}{D}\right)_{\text{кр}} \approx \frac{\pi}{4\nu}\sqrt{n}\,\frac{1}{(1-\psi)\sqrt{(1-\psi)\psi}}, \qquad (15.13)$$

где n – показатель степенной функции $\sigma_i = A\varepsilon_i^n$ (для различных металлов и сплавов $n=0{,}15\ldots0{,}40$); ν – коэффициент приведения длины, зависящий от условий закрепления краев штампуемой заготовки (при шарнирном закреплении обоих концов $\nu=1$, при жестком $\nu=0{,}5$); $\psi = \dfrac{F-F_0}{F}$ – относительное увеличение площади поперечного сечения заготовки на свободном участке.

Условие устойчивости второго вида может быть выражено в напряжениях

$$\sigma_z \le [\sigma_{\text{сж}}] \le \sigma_{0,2}, \qquad (15.14)$$

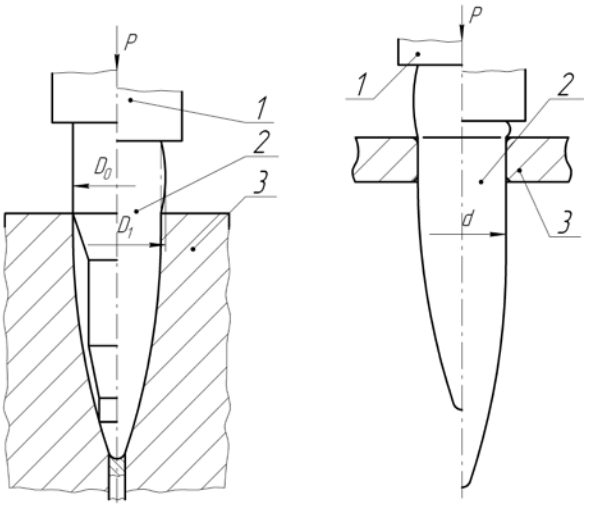
где $\sigma_z = \dfrac{P_{\max}}{F_0}$ – осевое напряжение пластически недеформируемой части заготовки; $\sigma_{0,2}$ или $\sigma_{\text{т}}$ – предел текучести материала исходной заготовки; $[\sigma_{\text{сж}}]$ – допускаемое напряжение на сжатие материала заготовки.

На рис. 15.12 показан вариант последовательной локальной высадки ступенчатой заготовки в полузакрытом штампе с последующей калибровкой цилиндрической части сердечника в кольцевой матрице.

На основании условия устойчивости второго вида (15.14) максимальное усилие деформирования $P_{i\max}$ не должно превышать критическое значение усилия $P_{i\text{кр}}$, отвечающее моменту начала потери устойчивости:

$$P_{i\max} \le P_{i_{\text{кр}}} = F_{i-1} \cdot \sigma_{0,2}, \qquad (15.15)$$

где $F_i = \pi d_{i-1}^2 / 4$ – площадь поперечного сечения исходной заготовки, поступающей на i-ю операцию.



а *б*

Рис. 15.12. Технологические схемы полузакрытой штамповки (*а*) и редуцирования (*б*) сердечников: *1* – пуансон; *2* – заготовка; *3* – матрица

Максимальное усилие деформирования будет равно (Н.Т. Деордиев, Ю.Ф. Филимонов):

$$P_{i\max} = q_i \cdot F_{i-1}; \qquad (15.16)$$

$$q_i = 2\sigma_{i\text{ср}}\left[e_i\left(0{,}5 + 0{,}1\text{tg}\alpha_i + f \Big/ \sin 2\alpha\right) + 0{,}33\text{tg}\alpha_i + 2f\, h_{\text{пі}} \Big/ d_i\right], \qquad (15.17)$$

где $\sigma_{i\text{ср}} = f\left(e_{i\text{ср}}\right)$ – среднее сопротивление деформированию; $e_{i\text{ср}} = \frac{1}{2}\ln\frac{d_{i-1}}{d_i}$ – средняя в зоне очага деформации степень деформации; α – односторонний угол конусности матрицы; $h_{\text{пі}}$ – высота калибрующего цилиндрического пояска матрицы; f – коэффициент трения.

15.4. Процессы комбинированной штамповки сердечников

Простые процессы объемной штамповки, продольное выдавливание и редуцирование, имеют ограниченные технологические возможности по формообразованию остроконечных, в особенности бронебойных, изготавливаемых из высокоуглеродистых конструкционных качественных и инструментальных

сталей сердечников. Основным ограничением применения традиционного процесса продольного выдавливания являются высокие технологические усилия и удельные нагрузки, действующие на рабочий инструмент и исключающие достижение больших деформаций при штамповке сердечников, ввиду разрушения инструмента.

Авторами предложен новый комбинированный процесс объемной штамповки остроконечных сердечников – «редуцирование–промежуточная высадка–продольное выдавливание» из стержневой ступенчатой заготовки, реализующий принцип последовательной локальной пластической деформации [2,9].

Принципиальной особенностью способа является формообразование заготовки путем локальной деформации в чередующихся в определенной последовательности малых по объему ОПД за счет торможения пластической деформации на всех других участках заготовки. Это позволяет уменьшить на всех стадиях процесса работу формоизменения, силы трения, полные и удельные технологические усилия и, как следствие, обеспечить выполнение условий устойчивости заготовок и прочности инструмента. Действительно, работа пластической деформации определяется известным интегральным выражением

$$A_D = \iiint \sigma_i \cdot \varepsilon_i \cdot dV , \qquad (15.18а)$$

где $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ – интенсивность напряжений; ε_i – интенсивность деформации; V – объем очага пластической деформации. При условии $\sigma_i = \text{const}$ (гипотеза идеальной пластичности)

$$A_D = \sigma_i \int_0^{\varepsilon_i} \int_{V_0}^{V} \varepsilon_i \cdot dV . \qquad (15.18б)$$

Работа внешних сил при высадке (осадке) элемента осесимметричной заготовки на малую величину будет равна:

$$A_p = P \cdot \Delta h , \qquad (15.19)$$

где P – усилие деформирования; Δh – величина осадки локального элемента заготовки. Из условия равенства работ внешних и внутренних сил следует, что при локализации деформации уменьшаются полные и удельные усилия, т.е.

$$P = \frac{A_D + A_T}{\Delta h};\ q = \frac{P}{F_П}, \qquad (15.20)$$

где A_T – работа сил трения; q – среднее удельное усилие, действующее на пуансон; $F_{\text{п}}$ – минимальная площадь поперечного сечения пуансона.

При условии защемления краев деформируемой заготовки и реализации схемы высадки работа внешних сил трения будет минимальной.

Принцип последовательной локальной деформации может быть реализован за счет применения исходной заготовки как неравнопрочного, так и равнопрочного по длине сечения.

Во втором случае применяется процесс многооперационной штамповки в матрицах с последовательным увеличением кривизны оживальной части $1/R_{\rho}$ (рис. 15.13) или одностороннего угла конусности α конической части матриц.

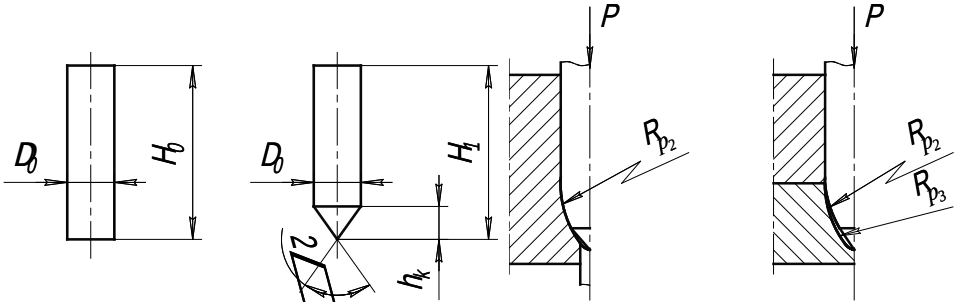


Рис. 15.13. Технологические схемы штамповки исходной равнопрочной заготовки: *а* – исходная цилиндрическая; *б* – с заостренным торцем; *в*, *г* – схемы первой и последующей операции

При этом на первой операции целесообразно выполнить заострение одного из торцев заготовки, например, совмещенное с отрезкой заготовки из проволоки на холодновысадочном автомате (рис. 15.13,*б*). Тогда на последующих операциях заготовка заостренным конусом упирается в дно глухой матрицы и происходит высадка промежуточной части заготовки рис. 15.13,*г*).

Необходимо выполнить следующие геометрические условия:

$$R_{\rho i} < R_{\rho i-1} \qquad (15.21а)$$

или

$$\frac{R_{\rho i}}{R_{\rho i-1}} < 1{,}0 \qquad (15.21б)$$

или

$$\frac{\alpha_{\rho i}}{\alpha_{\rho i-1}} < 1{,}0\,; \qquad (15.21в)$$

$$\frac{F_i^{\,j}}{F_i^{\,j-1}} < 1{,}0\,, \qquad (15.22)$$

где j, $j-1$ – номера соседних расчетных сечений заготовки на промежуточных операциях; i – номер штамповочной операции; F_i^j, F_i^{j-1} – площади поперечного сечения заготовки.

В первом случае применяется для штамповки исходная заготовка неравнопрочного по длине сечения. Неравнопрочность заготовки может быть создана за счет:

а) ступенчатой формы с ориентированным в определенном направлении (от деформируемого к недеформируемому торцам заготовки) увеличении площади поперечного сечения при одинаковых механических свойствах по ее длине и сечению (рис. 15.14);

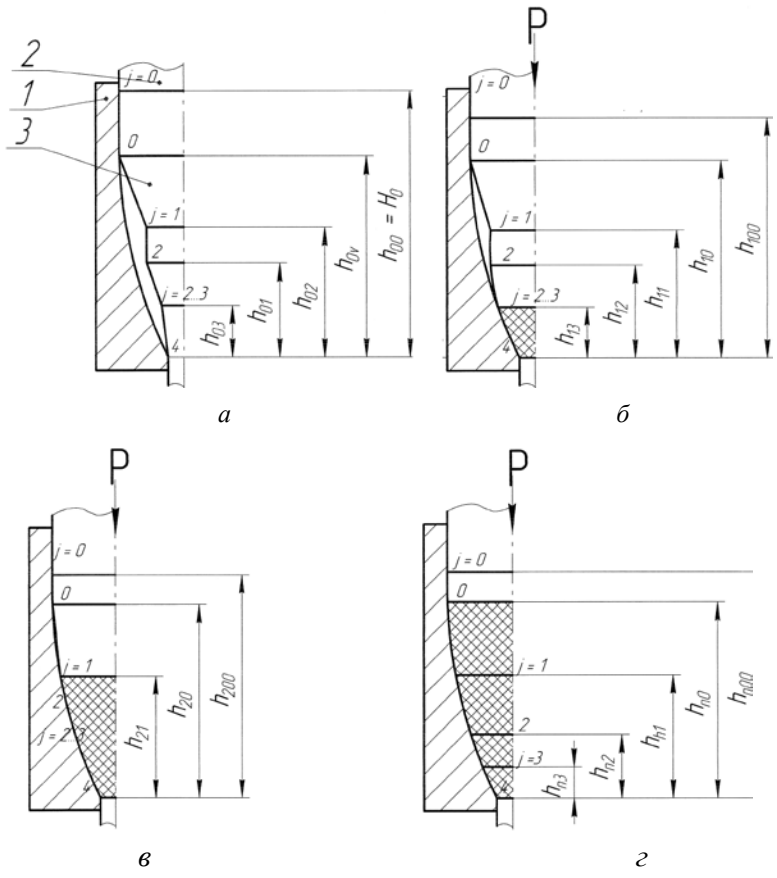
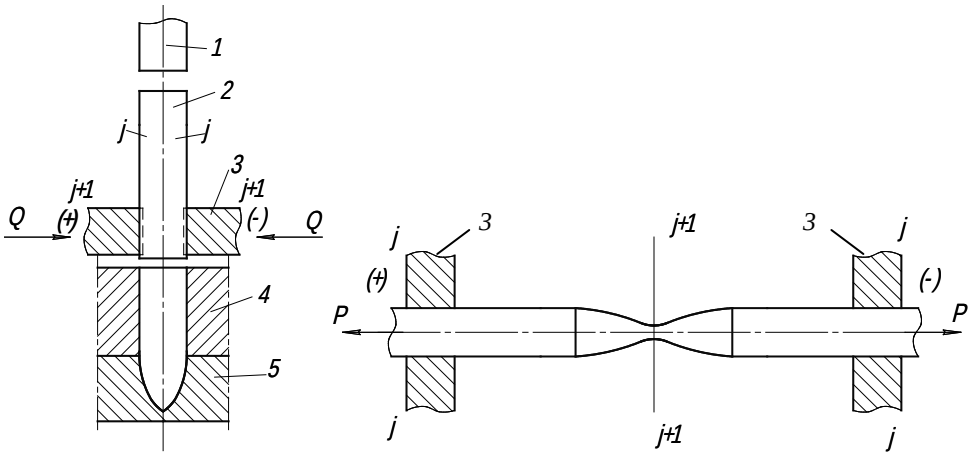


Рис. 15.14. Технологическая схема процесса последовательной локальной деформации ступенчатой заготовки: *а* – исходное положение; *б, в, г* – 1-я, 2-я, 3-я стадии процесса; *1* – матрица; *2* – пуансон; *3* – заготовка; *4* – выталкиватель

б) изменения механических свойств материала (сопротивление деформированию $\sigma_{0,2}$, $\sigma_в$ и пластичности $\varepsilon_{i\rho}$, ψ) по определенному закону в направлении образующей при постоянстве площади ее поперечного сечения по всей длине в результате предшествующей термообработки;

в) применения местного нагрева заготовки с переменной по ее длине температурой нагрева в штампе (при наибольшем значении температуры в зоне деформируемого торца) (рис. 15.15).

Возможна и комбинация перечисленных способов.



а *б*

Рис. 15.15. Схема местного электроконтактного нагрева заготовки перед штамповкой (*а*) и при деформировании растяжением (*б*): *1* – пуансон; *2* – заготовка; *3* – радиальная контактная головка; *4,5* – матрица разъемная

Реализация указанного принципа возможна при выполнении условий:

- последовательной локальной деформации ступеней заготовки;
- продольной устойчивости ступеней заготовки, исключающей искривление оси заготовки;
- устойчивости пластического деформирования ступени заготовки, предшествующей деформируемой ступени заготовки, исключающей ее «бочкообразование»;
- прочности деформируемой заготовки;
- прочности инструмента, прежде всего пуансона.

Технологическая схема процесса последовательной локальной высадки показана на рис. 15.14. В ступенчатой заготовке отношение площадей поперечных сечений соседних ступеней всегда должно увеличиваться при перемещении к наименьшему диаметру ступени независимо от формы образующей (прямолинейной или криволинейной), т.е. условие локализации деформации записываются в виде неравенства

$$K_{F_i}^{j,j-1} = \frac{F_i^{j-1}}{F_i^{j}} > 1, \qquad (15.23)$$

где 0,1,…, j, j–1 – номера расчетных сечений в исходной заготовке; i – номер стадии процесса. Значение коэффициента $K_{F_i}^{j,j+1}$ должно удовлетворять двум условиям:

а) локального пластического деформирования

$$P_{i\max}^{j} < P_{i_{\text{кр}}}^{j-1}; \qquad (15.24а)$$

б) продольной устойчивости пластического деформирования

$$\frac{h_{i-1}^{j-1} - h_{i-1}^{j}}{d_{i-1}^{j}} \le 4{,}8\sqrt{n}\,, \qquad (15.24б)$$

где $P_{i_{\text{кр}}}^{j-1}$ – критическое значение усилия, вызывающего пластическую деформацию в предшествующей j–1-й ступени заготовки на i-й операции; $\frac{h_{i-1}^{j-1} - h_{i-1}^{j}}{d_{i-1}^{j}}$ – относительная высота j–1-й деформируемой ступени.

Критическое значение усилия определяется как начальное значение усилия высадки предшествующей, j–1-й ступени по формуле

$$P_{i_{\text{кр}}}^{j-1} = \sigma_{i(i-1)}^{j-1}\left[1 + \frac{f}{3}\frac{d_{i-1}^{j-1}}{(h_{i-1}^{j-1} - h_{i-1}^{j})}\right]F_{i-1}^{j-1}. \qquad (15.25а)$$

Максимальное усилие деформирования $P_{i\max}^{j}$ определяется так же, как усилие высадки j-й ступени:

$$P_{i\max}^{j} = K\sigma_i^{j}\left[1 + \frac{f}{3}\frac{d_i^{j}}{(h_i^{j-1} - h_i^{j})}\right]F_i^{j}, \qquad (15.25б)$$

где K – коэффициент, учитывающий влияние сложности формы высаживаемой части заготовки, степени деформации и схемы напряженного состояния (K=1,05…1,15).

Интенсивность напряжений исходной i–1-й заготовки, поступающей на i-ю операцию, зависит от степени предварительной деформации на i–1-й операции $e_{i(i\text{-}1)}$ и режима возможной термической обработки (t, τ).

Интенсивность напряжений σ_i^{j} на i-й операции есть функция от максимальной степени деформации j-й ступени заготовки, т.е. $\sigma_i^{j} = f\left(e_i^{j}\right)$.

При соблюдении условий (15.21а,б) происходит последовательное пластическое деформирование по схемам редуцирования и высадки по направлению от каждой ступени заготовки меньшего диаметра к соседней ее ступени большего диаметра с образованием жестких заторможенных зон (заштрихованные участки) в продеформированных ступенях. Этот принцип может быть реализован и на конических заготовках.

Условие последовательной локализации деформации (15.23) может быть выражено и через усилие деформирования:

$$K_{P_i}^{j,j-1} = \frac{P_i^j}{P_{iкк}^{j-1}} < 1{,}0, \qquad (15.26)$$

где P_i^j, $P_{iкр}^{j-1}$ – максимальное усилие деформирования, требующееся для пластической деформации последующей j-й и предыдущей j–1-й ступеней заготовки.

Условие локализации деформации (15.26) может быть реализовано и в случае равнопрочной по геометрическим размерам заготовки, но с отличающимися по длине механическими свойствами.

Действительно, принимая в первом приближении

$$P_i^j = F_i^j \cdot \sigma_{0,2}^j, \quad P_i^{j-1} = F_i^{j-1} \cdot \sigma_{0,2}^{j-1}, \quad F_i^j = F_i^{j-1}, \quad \text{а } \sigma_{0,2}^j \neq \sigma_{0,2}^{j-1},$$

запишем условие (15.26) в другом виде:

$$K_{\sigma_{0,2}}^{j,j-1} = \frac{\sigma_{i0,2}^j}{\sigma_{i0,2}^{j-1}} < 1{,}0, \qquad (15.27)$$

где $\sigma_{0,2}^j$, $\sigma_{0,2}^{j-1}$ – пределы текучести материала заготовки в сечениях (j и j–1).

Определенный закон изменения сопротивления деформированию по длине заготовки можно обеспечить, например, за счет применения местной термообработки или нагрева в штампе при использовании электроконтактного или индукционного способов нагрева (см. рис. 15.15, Q – усилие прижима, P – усилие растяжения).

На рис. 15.16 показаны технологические схемы однооперационной штамповки сердечников с оживальным профилем образующей из ступенчатых заготовок различной формы, а на рис. 15.17 – форма и размеры ступенчатых заготовок и отштампованных деталей.

Разновидностью технологических схем 15.16, *а*, *б* будут схемы с редуцированием цилиндрической ступени заготовки малого диаметра в сквозной полости матрицы с истечением металла как в отверстие, так и в обратном направлении, что способствует формообразованию оживальной части.

На рис. 15.17 показаны результаты экспериментального исследования технологических возможностей штамповки бронебойных сердечников типа 7Н23 из инструментальной углеродистой стали У12А из ступенчатых заготовок различной формы.

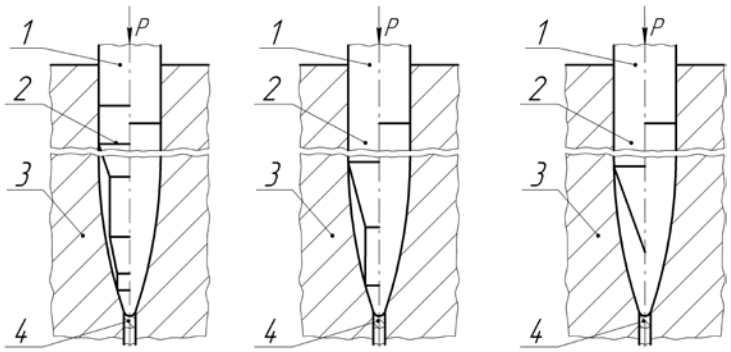


Рис. 15.16. Технологические схемы однооперационной штамповки сердечников из ступенчатых заготовок: *1* – пуансон; *2* – заготовка; *3* – матрица; *4* – выталкиватель

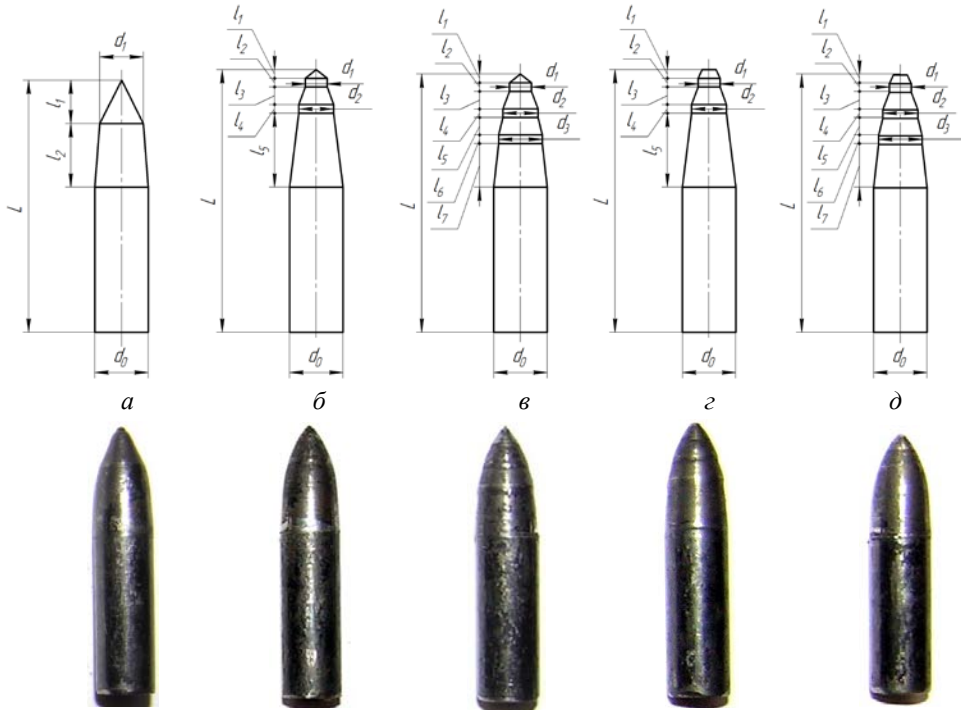


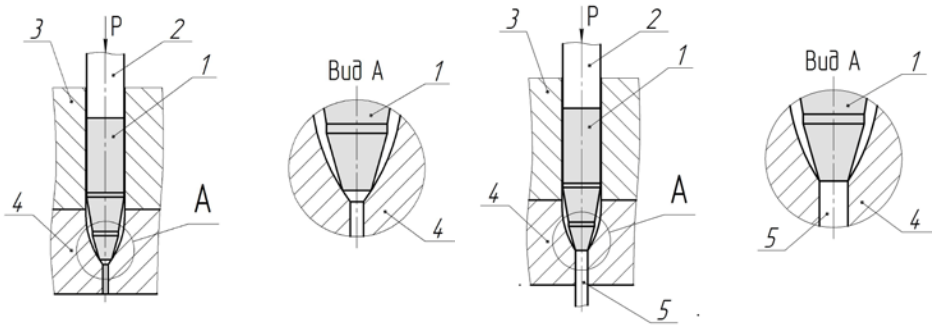
Рис. 15.17. Форма и размеры ступенчатых заготовок и отштампованных из них деталей: *а* – двухступенчатая с конусом; *б*, *в* – трехступенчатая и четырехступенчатая с коническими торцами; *г*, *д* – четырехступенчатая и трехступенчатая с плоскими торцами; l – длина заготовки; $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$ – длины конических и цилиндрических ступеней; d_0 – диаметр заготовки; d_1, d_2, d_3 – диаметры цилиндрических ступеней

Результаты исследования показали, что по варианту *а* при деформировании происходит вдавливание остроконечной части в заготовку.

Наилучшее соответствие по форме оживальной части матрицы имеют детали, отштампованные из ступенчатых заготовок по вариантам *б*, *д*. Ступенчатая часть этих заготовок продеформировалось полностью до полного контакта поверхности заготовки с поверхностью полости оживальной части матрицы. При штамповке заготовок по варианту *д* не формируется остроконечный носик сердечника. После корректировки размеров заготовки по этому варианту была получена деталь с требуемой точностью формы и размеров.

Детали, отштампованные из заготовок по вариантам *а*, *в*, *г*, имеют заметные отклонения от формы оживальной части матрицы ввиду неполной деформации ступеней заготовки при заданных технологических усилиях.

Анализ экспериментальных данных показал, что при штамповке сердечников из ступенчатых заготовок способом последовательной локальной деформации на начальной стадии при деформировании вершинки заготовки процесс происходит по двум схемам (рис. 15.18).



а *б*

Рис. 15.18. Технологические схемы одноопераційной штамповки сердечников из ступенчатых заготовок с упором торца заготовки в стенки матрицы (*а*) и в глухой торец матрицы (*б*): *1* –заготовка; *2* – пуансон; *3,4* – верхняя и нижняя матрица соответственно, *5* – выталкиватель

При штамповке по первой схеме (рис. 15.18,*а*) заготовка на начальной стадии плоским (заостренным) торцем упирается в стенки матрицы, и при возрастании усилия деформирования осуществляется пластическая деформация ступени заготовки наименьшего сечения, в то время как все предыдущие ступени с большими сечениями деформируются в упругой области при сохранении первоначального зазора между заготовкой и стенками матрицы. Такая схема характерна для процесса редуцирования. После заполнения металлом деформируемой ступени заготовки полости «донной» части матрицы пластическая деформация переключается на вышележащую ступень. При этом реализуется условие высадки промежуточной по высоте части заготовки. По терминологии [10] этот процесс назван высадкой поперечного сечения.

При штамповке по второй схеме (рис. 15.18,*б*) условие высадки реализуется с начальной стадией процесса.

Представляется, что вторая схема есть частный случай первой, более общей схемы. В целом этот процесс следует отнести к группе нестационарных комбинированных совмещенно-последовательных процессов редуцирования–высадка промежуточного сечения – калибровка.

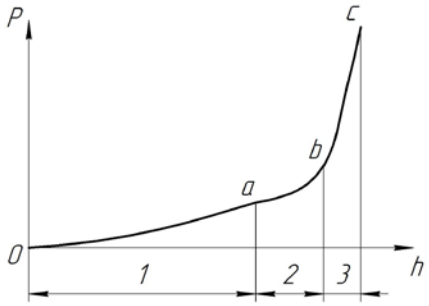
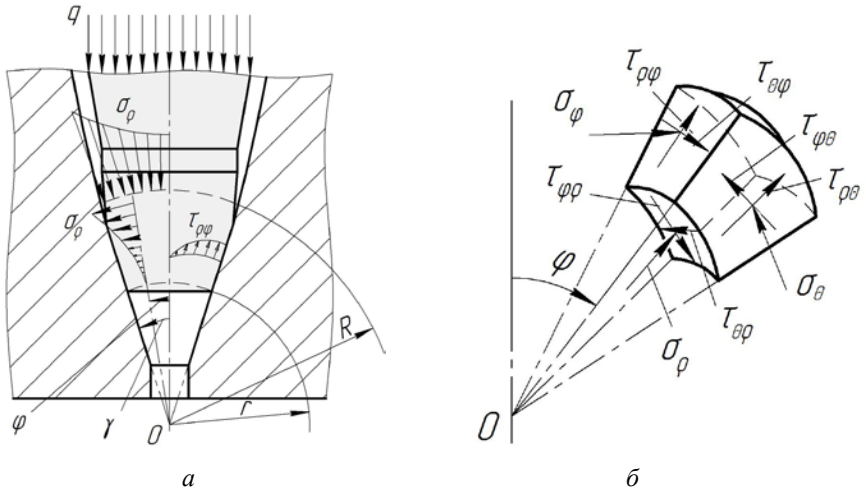


Рис. 15.19. Диаграмма «усилие–путь инструмента» *P-h* при штамповке сердечника по схеме «редуцирования–высадка –калибровка»

При применении исходной ступенчатой заготовки типовая диаграмма «усилие–путь инструмента *P-h*» при штамповке будет иметь вид (рис. 15.19).

Согласно этой схеме выделено три характерных стадии процесса: 1 – редуцирование; 2 – высадка промежуточного сечения; 3 – высадка–калибровка.

На рис. 15.20 показаны схема напряженного состояния и эпюры распределения напряжений σ_ρ в ОПД на стадии редуцирования.



а *б*

Рис. 15.20. Эпюры распределения напряжений (*а*) и схема напряженного состояния (*б*) на стадии редуцирования

На рис. 15.21 представлена расчетная схема начальной стадии процесса по первой схеме редуцирования.

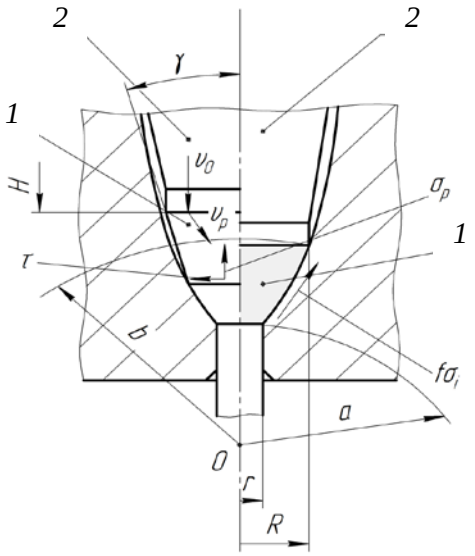


Рис. 15.21. Расчетная схема редуцирования первой ступени заготовки

Полная сила редуцирования определяется выражением

$$P = F \cdot q, \tag{15.28}$$

где $F = \pi R^2$ – площадь поперечного сечения деформируемой ступени, q – удельная сила деформирования, рассчитываемая по формуле

$$q = \sigma_i \left[\left(2 + f \frac{1+\cos\gamma}{\sin\gamma} \right) \ln \frac{R}{r} + \frac{\sin\gamma}{1+\cos\gamma} \right], \tag{15.29}$$

где σ_i – интенсивность напряжения $\sigma_i = f(e_i)$.

На последующих стадиях пластическая деформация ступенчатой заготовки происходит по схеме последовательной локальной высадки и расчет усилий выполняется по формулам (15.30)–(15.32).

На рис. 15.22 представлена схема начальной стадии процесса по второй схеме – высадки.

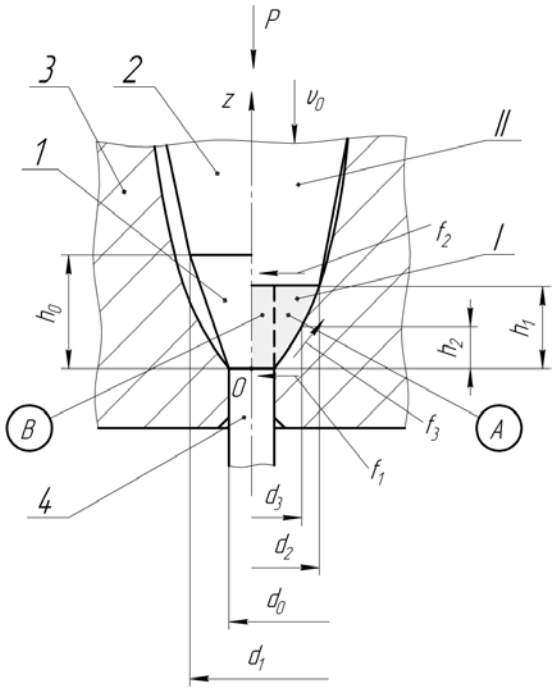


Рис. 15.22. Расчетная схема высадки первой ступени заготовки на начальной стадии процесса штамповки

Полная сила высадки определяется выражением

$$P = F_3 \cdot q, \tag{15.30}$$

где $F_3 = \pi d_3^2 / 8$ – площадь поперечного сечения; q – удельная сила деформирования, рассчитываемая по формуле:

$$q = \sigma_i \cdot \left(1 + \frac{d_0^3 d_3 (f_1 + f_2) + (f_2 + f_3)(d_3^4 - d_0^4)}{8 d_3^3 h_1}\right), \tag{15.31}$$

где $\sigma_i = A - Be^{-e_i} - Ce^{-Ne_i}$ – интенсивность напряжений в ОПД; e_i – накопленная степень деформации (аппроксимации Г.А. Смирнова-Аляева и В.М. Розенберг).

Расчет полных сил для последующих стадий высадки записывается в следующем виде:

$$P = F_3 \cdot \sigma_i \cdot \left(1 + \frac{d_{i-1}^3 d_{i\text{ср}} \left(f_{i+2} + f_{i+3} \right) + \left(f_{i+3} + f_{i+4} \right) \left(d_{i\text{ср}}^4 - d_{i-1}^4 \right)}{8 d_{i\text{ср}}^3 h_1} \right). \quad (15.32)$$

15.5. Технологические расчеты процессов штамповки стальных сердечников

15.5.1. Исходные данные и последовательность расчетов

Исходные данные:

- чертеж детали;
- маршрутный технологический процесс изготовления детали;
- технологические схемы выполнения штамповочных операций;
- установленные опытом или расчетом значения допустимых степеней деформации;

Рекомендуемая последовательность расчетов:

- размеров конечной заготовки;
- размеров исходной заготовки;
- количества операций штамповки сердечника;
- размеров заготовок по операциям;
- исполнительных размеров рабочего инструмента;
- технологических усилий.

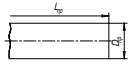
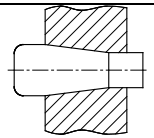
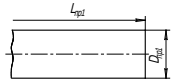
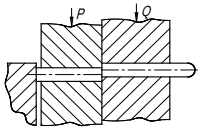
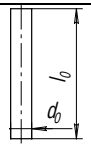
15.5.2. Формирование технологического маршрута изготовления сердечника

Формирование технологического маршрута изготовления заключается в уточнении состава основных и подготовительных операций по заданному в исходных данных полному технологическому маршруту изготовления сердечника.

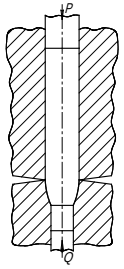
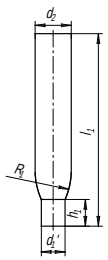
Типовой технологический маршрут изготовления сердечника с оживальным профилем образующей представлен в табл. 15.2.

Таблица 15.2

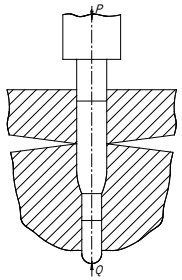
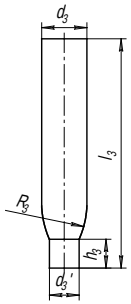
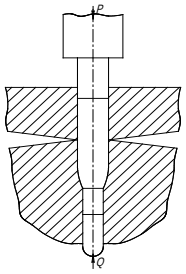
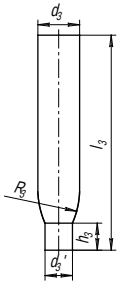
Технологический маршрут изготовления сердечника

№ п/п	Метод обработки	Вид операции	Способ выполнения операции	Эскиз исходной заготовки	Технологическая схема	Эскиз штампованной заготовки	Тип технологической оснастки	Тип оборудования
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Химическая обработка	Обезжиривание	Химическая	–	–	–	–	Ванна
2	Химическая обработка	Травление	В растворе кислот	–	–	–	–	
3	Химическая обработка	Промывка	Промывка холодной водой в ванне	–	–	–	–	
4		Контроль	Ручной	–	–	–	–	Стол ОР-14А
5	Обработка металлов давлением	Волочение	Протягивание проволоки через фильеру (матрицу)				–	Волочильный станок ВСМ 1/550
6		Контроль	Ручной				Скоба	
7	Обработка металлов давлением	Отрезка	Отрезка	См. п. 9.7			Штамп отрезки простого действия	Автоматическая линия М-АРЛ-56
8		Контроль	Ручной	–	–	–	Контрольные образцы	Стол
9	Химическая обработка	Химическое обезжиривание	Прохождение полуфабриката по бункеру с помощью шнека, обработка щелочью	–	–	–	Ванна	Автоматическая линия ЛТС-Ш
10		Промывка	Промывка в теплой воде	–	–	–		

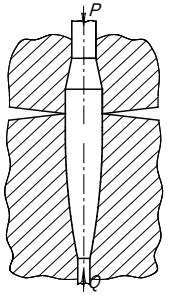
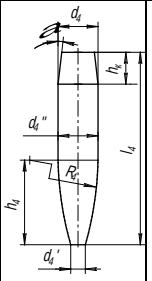
Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Химическая обработка	Химическое травление	Обработка раствором H_2SO_4 (10–15%)	–	–	–	Ванна	Автоматическая линия ЛТС-Ш
12		Промывка	Промывка в холодной воде	–	–	–		
13		Фосфатирование		–	–	–		
14		Промывка	Промывка в холодной воде	–	–	–		
15		Омыливание	Обработка мыльной эмульсией	–	–	–		
16		Сепарирование		–	–	–	Бункер	Автоматическая линия ЛТС-Ш
17	Тепловая	Сушка	Обработка горячим воздухом t=120–160°С	–	–	–		
18	Тепловая	Охлаждение	Обработка холодным воздухом	–	–	–		
19		Контроль		–	–	–	–	Стол
20	Обработка давлением	Штамповка первая	Выдавливание в полузакрытом штампе (редуцирование)				Инструментальный блок штамповки	Автоматическая линия ЛС-56

Продолжение табл. 15.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Обработка давлением	Штамповка вторая	Редуцирование	См. п. 27.7			Инструментальный блок штамповки	Автоматическая линия ЛС-56
22		Контроль	–	–	–	–	–	Стол
23	Термическая	Отжиг	Полный рекристаллизационный отжиг	–	–	–	–	Электропечь ОКБ-35
24		Контроль	Измерение твердости по Роквеллу	–	–	–	–	Твердомер
25	Обработка давлением	Штамповка третья	Редуцирование	См. п. 28.7			Инструментальный блок штамповки	Автоматическая линия ЛС-56

Окончание табл. 15.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	Обработка давлением	Штамповка четвертая	Выдавливание в полузакрытом штампе (редуцирование)	См. п. 3.7			Инструментальный блок штамповки	Автоматическая линия ЛС-56
27		Контроль	Контроль длины и диаметра	–	–	–	–	Автоматическая линия ЛС-56
28		Контроль		–	–	–	Шаблон, скоба, образцы	Стол
29	Термическая	Закалка	Закалка на мартенсит	–	–	–	–	Линия термообработки сердечников пуль
30	Тепловая	Охлаждение	Охлаждение в масле	–	–	–	–	
31		Промывка	Промывка в теплой воде	–	–	–	–	
32	Термическая	Отпуск	Высокий отпуск	–	–	–	–	
33		Контроль	–	–	–	–	Твердомер	Стол
34	Механическая	Протирка	–	–	–	–	–	Линия протирки М-АПС
35		Контроль	–	–	–	–	Кольцо	Стол

15.5.3. Расчет размеров заготовки

Исходные данные:

- чертеж готовой детали;
- заданный контрольный размер исходной заготовки
- принятый маршрутный технологический процесс изготовления детали и технологические схемы выполнения основных формоизменяющих операций;
- рекомендуемые припуски на токарную обработку и обрезку.

Расчет размеров проводится в соответствии с эскизом конечной заготовки, приведенным в качестве примера на рис. 15.23 и табл. 15.3.

Таблица 15.3

Расчетные размеры конечной заготовки

Наименование размера	Обозначение
Наименьший диаметр оживальной части	d'_{n4}
Наибольший диаметр оживальной части	d''_{n4}
Длина оживальной части	h_n
Радиус оживальной части	R_n
Угол конусности хвостовой части	α
Наибольший диаметр хвостовой части	d_{n2}
Длина хвостовой конической части	$h_{nк}$
Высота детали	H_n

В соответствии с принятым маршрутом исходная заготовка для штамповки имеет цилиндрическую форму.

Расчетные размеры – диаметр d_0, высота исходной заготовки H_0.

Расчет размера d_0 выполняется исходя из обеспечения заданного значения суммарной деформации:

$$\varepsilon_{i\Sigma} = \ln\frac{F_n}{F_0}, \qquad (15.33)$$

где F_0, F_n – начальное и конечное значение площади поперечного сечения полуфабриката:

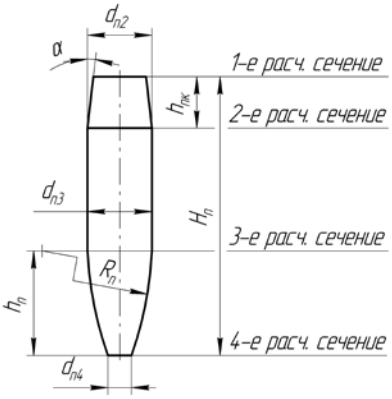


Рис. 15.23. Эскиз конечной заготовки

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4},\ F_n = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4}. \qquad (15.34)$$

При многопереходном редуцировании предельное суммарное обжатие

$$\left[\varepsilon_{i\Sigma}\right] = 0{,}96 - 1{,}36\,.$$

Исходные данные для расчета $d - \varepsilon_{i\Sigma}$; диаметр конечной заготовки d_n. Получаем следующее равенство:

$$\frac{F_0}{F_n} = e^{\varepsilon_{i\Sigma}} \qquad (15.35а)$$

или

$$d_0 = \sqrt{\frac{d_n^2}{e^{\varepsilon_{i\Sigma}}}}\,. \qquad (15.35б)$$

Расчет размера H_0 исходной заготовки выполняется из условия равенства объемов до $V_0^{\text{д}}$ и после штамповочных операций $V_n^{\text{д}}$ с учетом отхода металла $V_{\text{отх}}$ на штамповочных операциях:

$$V_0^{\text{д}} = V_n^{\text{д}} + V_{\text{отх}}. \qquad (15.36)$$

Объем $V_n^{\text{д}}$ определяется как сумма объемов элементарных фигур $V_{ni}^{\text{д}}$:

$$V_n^{\text{д}} = \sum_i V_{ni}^{\text{д}}\,. \qquad (15.37)$$

Схема разбиения конечной заготовки на элементарные фигуры показана на рис. 15.23.

С учетом потерь металла на окалину (≈1%) определяется объем отхода:

$$V_{\text{отх}} = 0{,}01 \cdot V_n^{\text{д}}. \qquad (15.38)$$

Тогда объем исходной заготовки:

$$V_0^{\text{д}} = V_n^{\text{д}} + 0{,}01 \cdot V_n^{\text{д}}. \qquad (15.39)$$

Выражаем объем исходной заготовки через объем цилиндра:

$$V_0^{\text{д}} = \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} \cdot H_0\,, \qquad (15.40)$$

откуда

$$H_0 = \frac{4 \cdot V_0^{\text{д}}}{\pi \cdot D_0^2}\,. \qquad (15.41)$$

15.5.4. Расчет количества операций штамповки сердечника

Исходные данные:

- размеры исходной заготовки;
- размеры конечной заготовки;
- способы и технологические схемы штамповки;
- технологический маршрут изготовления детали;
- механические свойства материала исходной заготовки (HV_0, $\sigma_{в0}$, ε_{ip}, n, ψ);
- режимы промежуточной термообработки при необходимости.

Расчет количества операций производится в зависимости от принятых способов штамповки либо из условия прочности деформирующего инструмента (пуансонов) (15.8) (при выдавливании), либо из условия локального пластического деформирования и продольной устойчивости пластического деформирования (15.12)–(15.15), (15.24), (15.25).

Алгоритм оценки количества операций.

1. Определение исходных данных.

2. Выбор способов штамповки хвостовой конической части сердечника и (или) его вершины (конической или оживальной) и соответствующих условий ограничения деформации.

3. Предварительный выбор по технологическому маршруту количества штамповочных операций.

4. Расчет требуемой для формообразования сердечника степени деформации в каждом j-м расчетном сечении (j=0, 1, 2, 3, см. рис. 15.23) по формулам (15.33), (15.34).

5. Оценка технологических возможностей штамповки сердечника за предварительно принятому по технологическому маршруту n операций:

5.1. Проверка условия прочности инструмента (15.8).

5.2. Проверка условия локального пластического деформирования (15.24а) и продольной устойчивости при локальном деформировании (15.24б).

5.3. Проверка условий устойчивости заготовок (15.12)–(15.17).

6. При выполнении условий ограничения деформации, перечисленных в п. 5 принимается $n = n_{\text{тм}}$ – по технологическому маршруту (тм).

7. При невыполнении условий ограничения деформации для принятых способов штамповки рассматриваются следующие возможности:

7.1. Изменение на отдельных или на всех операциях способов штамповки в соответствии с п. 15.1 при сохранении количества штамповочных операций по технологическому маршруту.

7.2. Увеличение количества операций при сохранении принятых способов штамповки до $n = n_{\text{тм}}+1$.

8. Проверка условий прочности инструмента и устойчивости заготовок, поименованных в п. 5 как при оценке технологических возможностей по п. 5.1, так и по п. 5.2, 5.3 и, при необходимости, возврат к п. 2.

9. Принятие окончательного решения по выбору способов штамповки сердечника и количеству штамповочных операций.

10. Распределение степеней деформации в каждом расчетном сечении j согласно условиям

$$e_{i1}^{j} \geq e_{i2}^{j} \geq \ldots \geq e_{in}^{j} \text{ и } e_{i\Sigma}^{j} = \sum_{i=1}^{n} e_{ii} \,. \qquad (15.42)$$

15.5.5. Расчет размеров заготовок после выполнения штамповочных операций

Исходные данные:

- размеры конечной заготовки;
- размеры исходной заготовки;
- количество операций – n;
- степени деформации по операциям.

Эскиз заготовки с обозначением размеров после промежуточной штамповочной операции дан на рис. 15.24.

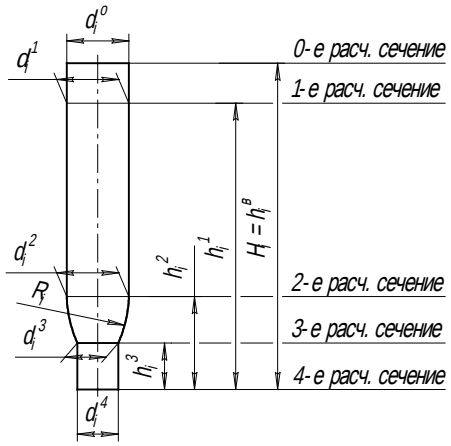


Рис. 15.24. Эскиз заготовки после промежуточной штамповочной операции

Расчетными размерами заготовок являются диаметры в расчетных сечениях и расстояния расчетных сечений от установочной технологической базы, за которую следует принять торец сердечника наименьшего диаметра d_i^4, фиксируемый положением выталкивателя в матрице.

При этом диаметры соседних расчетных цилиндрических участков (1, 2) заготовки принимаются одинаковыми, т.е. $d_i^0 = d_i^1 = d_i^2 = d_{ц1}$ и $d_i^3 = d_i^4 = d_{ц2}$.

Диаметр отштампованной заготовки определяется в зависимости от диаметра исходной заготовки d_{i-1}^j в расчетном сечении j, степени деформации в этом сечении на данной операции e_i^j и двустороннего зазора на свободное вхождение исходной заготовки в матрицу $z_{кi}^j$, а также с учетом возможной упругой разгрузки $\delta_у$:

$$d_i^j = d_{i-1}^j \exp\left(-\frac{1}{2}e_i^j\right) + 2z_{\text{к}i}^j. \qquad (15.43)$$

Зазор $z_{\text{к}i}^j$ на свободное вхождение заготовки в матрицу можно принять равным:

$$z_{\text{к}i}^j = 0{,}05...0{,}1 \text{ мм}. \qquad (15.44)$$

Линейные размеры заготовки (расстояния между расчетными сечениями и полная высота) определяются из условия равенства перемещаемых объемов заготовки, заключенных между одинаковыми расчетными сечениями, до и после штамповки:

а) полная высота

$$H_i = \frac{H_0 K_d^2}{C_{\phi i}}, \qquad (15.45)$$

где H_i – полная высота отштампованной на *i*-й операции заготовки; H_0 – высота исходной цилиндрической заготовки (15.57); $K_{di} = D_0/d_{i\max}$ – коэффициент уменьшения диаметра заготовки на *i*-й операции по сравнению с диаметром D_0 исходной заготовки; $C_{\phi i}$ – коэффициент формы (вычисляется по формулам (15.46)–(15.48)):

$$C_{\phi i} = [1-(n_1+n_2)+1/3n_1(1+m_1+m_1^2)+1/3n_2(1+m_2+m_2^2)] \quad (15.46)$$

– для трехступенчатого конического сердечника с различным соотношением размеров ступеней;

$$C_{\phi i} = [1-2/3n(2-m-n_1^2)+1/3n_2(1+m_2+m_2^2)] \qquad (15.47)$$

– для трехступенчатого конического сердечника с одинаковыми размерами конических частей;

$$C_{\phi i} = 1/3[(1-n)(1+m_1+m_1^2)+n(m_1+m_1^2+m_2^2)] \qquad (15.48)$$

– для двухступенчатого конического сердечника с различным соотношением размеров, где $m_1 = d_1/D$; $m_2 = d_2/D$; $m = d/D$; $n = h/H$; $n_1 = h_1/H$; $n_2 = h_2/H$; D – размер базового конструктивного элемента сердечника; H – высота сердечника; d, d_1, d_2 – диаметральные размеры отдельных конструктивных элементов; h, h_1, h_2 – линейные размеры конструктивных элементов;

б) расстояния между расчетными сечениями

$$\left(h_i^j - h_i^{j+1}\right) = \left(h_{i-1}^j - h_{i-1}^{j+1}\right) C_{hi}^{j,j+1}, \qquad (15.49)$$

где $C_{hi}^{j,j+1}$ – коэффициент изменения высоты между расчетными сечениями *j* и *j*+1 на *i*-й операции (определяется из условия равенства соответствующих объемов металла на *i*-й и *i*–1-й операциях).

Углы конусности конических участков заготовки должны назначаться с учетом применения на промежуточных операциях оптимальных углов конусности матриц при выдавливании и редуцировании.

Целесообразно придерживаться правила увеличения углов конусности α_i и уменьшения радиусов кривизны R_i матриц от первой к последней операции, т.е.

$$\alpha_1 < \alpha_2 < \ldots < \alpha_n; \quad R_1 < R_2 < \ldots < R_n. \qquad (15.50)$$

15.5.6. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента

Исходные данные:

- номинальные размеры заготовок после выполнения каждой из операций;
- допуски на неточность изготовления заготовок на каждой из операций;
- припуски на износ инструмента;
- допуски на неточность изготовления инструмента.

Рабочими инструментами на операциях являются матрица, пуансон, выталкиватель. Так как допуски на неточность изготовления сердечников заданы на наружные диаметры, то основным инструментом служит матрица.

Исполнительные размеры матриц на финишных операциях назначают по номинальным размерам d_i^j штампуемой детали (заготовки) с учетом допусков на неточность ее изготовления T_i^j, степени и направления износа матрицы $П_{им}$, а также возможной упругой деформации матрицы $\delta_{ум}$ и упругой разгрузки заготовки $\delta_{уд}$.

Проектируемый инструмент должен в начале эксплуатации обеспечивать изготовление детали с максимальным приближением к ее номинальным размерам, т.е. с наименьшими из допустимых значений диаметрами в заданных расчетных сечениях. В процессе эксплуатации происходит износ рабочих поверхностей матрицы и, как следствие, некоторое увеличение диаметров матрицы и штампуемых деталей. Упругая деформация матрицы под действием

внутреннего давления и упругая разгрузка заготовки (детали) после завершения процесса штамповки также способствуют увеличению поперечных размеров детали.

Расчетная формула:

$$d_{\text{ì}\,n}^{j} = (d_{n\max}^{j} - \ddot{I}_{\text{èì}}^{j} - \delta_{\text{у}}^{j})^{+T_{\text{ì}}^{j}}, \qquad (15.51)$$

где $d_{n\max}^{j} = d_{n}^{j} + T_{\text{дв}}^{j}$ – максимальный диаметр конечной заготовки в расчетном сечении j; d_{n}^{j} – номинальный диаметр конечной заготовки в расчетном сечении j; $\Pi_{\text{изд}}^{j} = (0{,}3...1{,}0)\Pi_{\text{д}}^{j}$; $\Pi_{\text{д}}^{j} = T_{\text{дв}}^{j} - T_{\text{дн}}^{j}$ – поле допуска на размер детали; $T_{\text{дв}}^{j}, T_{\text{дн}}^{j}$ – верхнее и нижнее допускаемые отклонения на размер детали; $\delta_{\text{у}}^{j} = \delta_{\text{ум}}^{j} + \delta_{\text{уд}}^{j} = 0{,}001...0{,}003 d_{n}$; $\delta_{\text{ум}}^{j}, \delta_{\text{уд}}^{j}$ – упругая деформация матрицы и упругая разгрузка детали; $T_{\text{м}}^{j}$ – допускаемое отклонение на неточность изготовления матрицы.

Для промежуточных операций диаметры матрицы могут назначаться по номинальным диаметрам заготовки d_i на соответствующей, i-й, операции с учетом допускаемых отклонений на неточность изготовления инструмента:

$$d_{\text{ì}\,i}^{j} = (d_{i}^{j})^{+T_{\text{ì}\,i}}. \qquad (15.52)$$

Линейные размеры, углы конусности и радиусы кривизны матриц назначаются равными линейным размерам, углам конусности и радиусам кривизны заготовок на каждой из операций.

15.5.7. Расчет технологических усилий

Исходные данные:

- размеры штампованных заготовок по операциям;
- степени деформации e_i^j в расчетных сечениях заготовок;
- аналитическая или графическая зависимость $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ для материала штампуемой детали;
- способ и технологическая схема штамповки;
- условия контактного трения (f).

Алгоритм расчета.

1. Определение исходных данных для каждой i-й, штамповочной операции ($i = 1, 2, \ldots, n$).

2. Выбор расчетных формул для определения усилий из набора (15.1)–(15.8), (15.15) – (15.17), (15.30).

3. Расчет полных технологических усилий.

4. Определение схем нагружения инструмента.

5. Расчет удельных усилий, действующих на рабочий инструмент.

6. Проверка инструмента на прочность по условию (15.8).

7. При невыполнении условия (15.8) корректировка параметров процесса штамповки и технологического процесса изготовления детали.

15.5.8. Обеспечение и контроль качества изготовления сердечников

При изготовлении сердечников применяется осмотр по наружному виду и контроль правильности линейных размеров. В процессе изготовления полуфабрикаты подвергают выборочному контролю наружной поверхности и линейных размеров.

Технический контроль включает визуальный осмотр и лекальный обмер. При визуальном осмотре проверяют состояние поверхности полуфабрикатов: на их наружной и внутренней поверхностях не должно быть царапин, отпечатков, забоин и т.п. Во время лекального обмера проверяют соответствие чертежу диаметра, а также кривизны полуфабриката.

По объему технический контроль бывает периодическим и 100%-ным. Периодический контроль заключается в том, что в начале и в процессе работы контролер берет выемку из нескольких полуфабрикатов и производит их наружный осмотр и лекальный обмер. Периодичность контроля указывается в технологической карте в виде определенного промежутка времени, длительность которого составляет 1,5…2 часа. Этот вид контроля называют также выборочным.

100%-ный контроль заключается в проверке каждого полуфабриката на соответствие чертежу по тому или иному параметру.

При визуальном выборочном контроле большую помощь оказывают эталонные образцы на полуфабрикаты. Путем сравнения с ними удается своевременно выявить и изолировать брак.

Лекальный обмер проводят набором специального измерительного инструмента. Номенклатура инструмента определяется формой и размером проверяемых элементов.

При массовом производстве для повышения производительности контрольных операций введена автоматизация, что имеет большое значение при осуществлении 100%-ного контроля. Для этих целей имеются контрольно-измерительные роторные линии, применяемые при лекальном обмере.

Примеры контролируемых размеров и тип применяемого контрольно-измерительного инструмента приведены в табл. 15.4.

Таблица 15.4

Контроль размеров сердечников

Вид операции	Контролируемые параметры	Контрольно-измерительный инструмент	Вид отклонения
Отрезка	Внешний вид, заусенцы, косой торец	Контрольные образцы	–
	Длина	Скоба МБП-1	Более 23,43 мм Менее 23,05 мм
	Диаметр	Скоба МБ-18	Более 6,12 *мм* Менее 6,04 мм
	Прямолинейность	Камора МБЗ-100	Не удовлетворяющие каморе
Калибровка	Длина	Скоба МБП-2	Более 23,5 мм Менее 22,98 мм
Фосфатирование	Внешний вид	Визуально	Цвет заготовки от серого до темно-серого цвета
Штамповка сердечника	Длина	Скоба МБП-18-1	Более 23,80 мм Менее 22,98 мм
	Диаметр	Скоба МБ-18	Более 6,12 мм Менее 6,04 мм
	Прямолинейность	Камора МБЗ-100	Не удовлетворяющие каморе
	Высота хвостовой части	Калибр МБП-11 Калибр МБП-11-01	Не удовлетворяющие калибру МБП-11, при условии удовлетворения калибру МБП-11-01
	Внешний вид	Визуально	Темные (оксидные пятна), без конуса, отпечаток на конусе, наплыв на конусе и заусенец, равный наплыву, продольный заусенец на конусе
Механическая обрабока	Фигура головной части	Калибр 57-Б-222-14НЕ Калибр 57-Б-222-14ПР	
	Длина	Скоба МБП-3	Более 23,18 мм Менее 23,70 мм
	Внешний вид		Дробленость на головной части, поперечные риски на головной части, уступ на головной части, косообточенная головная часть, оставшаяся иголка на вершине, надорванная и отломленная вершина, отпечаток на цилиндре

Виды брака и их причины приведены в табл. 15.5.

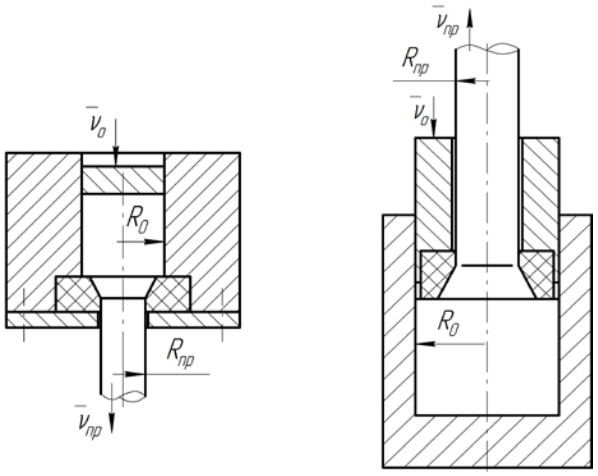
Таблица 15.5

Виды и причины брака при штамповке сердечников

Операция	Вид	Причина
Отрезка	Заусенец, косой торец	Износ матрицы
Штамповка сердечника	Разновес сердечника. Заусенцы, задиры, царапины. Сердечник без носика. Забитый сердечник. Грязный сердечник	Неправильно установлен инструмент. Износ инструмента, налипание металла в матрице. Неправильная настройка штампа. Большое время галтовки. Грязные опилки
Механическая обработка	Поперечные риски. Дробленость на головной части. Косая фигура. Короткий или длинный сердечник. Фигура головной части, не соответствует шаблону	Выкрошенный резец. Биение заготовки. Неправильно установлен резец. Неправильная подача резцов

15.6. Технологические особенности процессов штамповки свинцовых сердечников и рубашек

Для изготовления сердечников и рубашек применяют свинцовую проволоку, получаемую способами горячего и холодного прессования (выдавливания). В зависимости от направления движения рабочего инструмента и от направления течения металла прессование подразделяется на прямое и обратное (рис. 15.25). Оба способа широко применяются в патронно-гильзовом производстве. Однако при получении свинцовой проволоки обратный способ имеет некоторые преимущества по сравнению с прямым.



а *б*

Рис. 15.25. Технологические схемы прямого (*а*) и обратного (*б*) прессования

Расход энергии меньше, чем при прямом, примерно на 25…30%, так как отсутствует сопротивление трению, возникающее на поверхности контакта слитка и контейнера матрицы. При обратном прессовании можно избежать попадания окислов и загрязнений, достигнуть большей однородности строения прессуемого изделия, а также постоянной скорости истечения металла. При изготовлении свинцовой проволоки для сердечников и рубашек патронов калибра 7,62…14,5 мм на отечественных патронных заводах предпочтение отдают обратному прессованию.

Для определения усилия деформирования при прессовании может быть применена расчетная схема, предложенная Д.П. Кузнецовым и Ю.И. Гуменюком (рис. 15.26), предполагающая следующие допущения:

- деформируемый материал жесткопластичный, упрочняемый;
- деформация во всем объеме очага деформации монотонная; граница ОПД, отделяющая его от недеформируемой части заготовки, представляет собой параболоид вращения с вершиной на оси симметрии;
- контактные касательные напряжения на всей площади контакта каждого участка постоянны, а величина касательного напряжения $\tau_к$ пропорциональна максимально возможному нормальному напряжению на соответствующем участке.

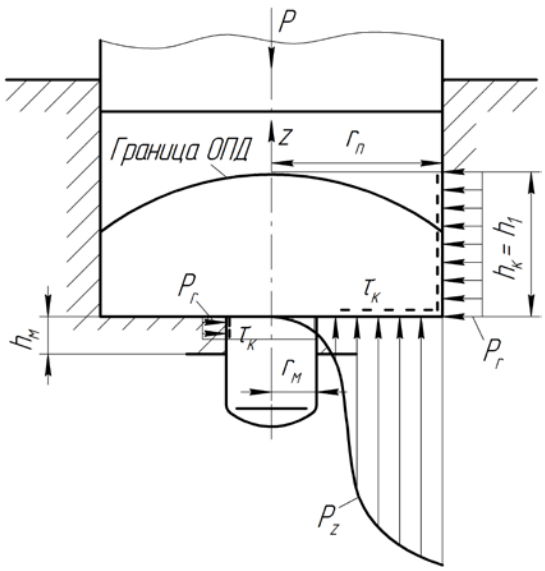


Рис. 15.26. Расчетная схема к определению усилия деформирования

Усилие деформирования определяется по формуле

$$P = 2\sigma_{i\max} F_0 \left[2\left(\frac{R_0}{R_{\text{пр}}} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \left(0{,}63 + \frac{2R_{\text{пр}} h_{\text{м}} f}{R_0^2} \right) \sin\varphi_{\text{м}} + \frac{h_{\text{к}} f}{2R_0} \right], \qquad (15.53)$$

где $h_к = \pi R_{\text{пр}} \left(1 - \frac{R_{\text{пр}}^2}{R_0^2} \right)$; $F_0 = \pi R_0^2$.

Интенсивность напряжений при прессовании свинца есть функция от температуры процесса t, степени e_i и скорости ε_i деформации. В табл. 15.6 приведены, по данным Л.Д. Соколова, значения сопротивления деформированию свинца при различных температурах и степенях деформации.

Таблица 15.6

Сопротивление деформированию σ_{i0} свинца при $\dot{\varepsilon}_{i0} = 5{,}0 \cdot 10^{-4}\,\text{с}^{-1}$ и различных степенях деформации, кгс/мм^2

Температура, °С	Степень деформации ε, %				
	10	20	30	40	50
20	1,25	1,26	1,28	1,25	1,25
100	0,66	0,66	0,58	0,55	0,55
200	0,21	0,24	0,21	0,18	0,20
250	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18

На основании этих данных можно пренебречь деформационным упрочнением и учитывать только влияние скорости деформации

При расчете усилий прессования и штамповки свинцовых элементов следует учитывать скорость относительной деформации заготовки в зоне ОПД, так как сопротивление деформированию свинца значительно зависит от скорости деформации:

$$\sigma_i = \sigma_{i0} \cdot \left(\frac{\dot{\varepsilon}_i}{\dot{\varepsilon}_{i0}} \right)^n, \qquad (15.54)$$

где σ_i – сопротивление деформированию при скорости деформации $\dot{\varepsilon}_i$; σ_{i0} – сопротивление деформированию при меньшей скорости деформации $\dot{\varepsilon}_{i0}$ (табл. 15.7); n – показатель скоростной зависимости.

При значениях скорости деформации $\dot{\varepsilon}_i < \dot{\varepsilon}_{i1}$ принимается $n = n_1$, при $\dot{\varepsilon}_i > \dot{\varepsilon}_{i1}$ $n = n_2$.

При этом

$$n_1 = m_1\left(\frac{T}{T_{\text{пл}}}\right)^{-K_1};\ n_2 = m_2\left(\frac{T}{T_{\text{пл}}}\right), \qquad (15.55а)$$

где T, $T_{\text{пл}}$ – температуры испытания и плавления, °К; m_1, m_2, K_1 – температурные коэффициенты (табл. 15.7).

$$\lg \dot{\varepsilon}_{i1} = a_1 + b_1 \frac{T}{T_{\text{пл}}}, \qquad (15.55б)$$

где a_1, b_1 – коэффициенты, зависящие от степени деформации.

Таблица 15.7

Коэффициенты m_1, m_2, K_1, a_1, b_1 для свинца при различных степенях деформации

Степень деформации ε, %	m_1	m_2	K_1	a_1	b_1
10	0,228	0,815	0,031	–5,34	10,1
20	0,228	0,061	0,039	–5,20	9,6
30	0,302	0,046	0,042	–4,69	9,3
40	—	—	—	–4,30	9,2
50	—	—	—	–4,10	9,1

Скорость деформации для случая прессования определится выражением

$$\left(\dot{\varepsilon}_i\right)_{\max} = V_0\left(\frac{R_0}{R_{\text{пр}}}\right)^2 \frac{\sin\alpha}{R_{\text{пр}}}\sqrt{1{,}0 - 0{,}92\sin^2\alpha}\ . \qquad (15.56)$$

В табл. 15.8 приведены основные характеристики механических свойств свинца С2 и сплава свинца С2 с сурьмой (1%) при различных скоростях деформации, на рис. 15.27 – диаграммы $\sigma_i - \varepsilon_i$ для этих же металлов.

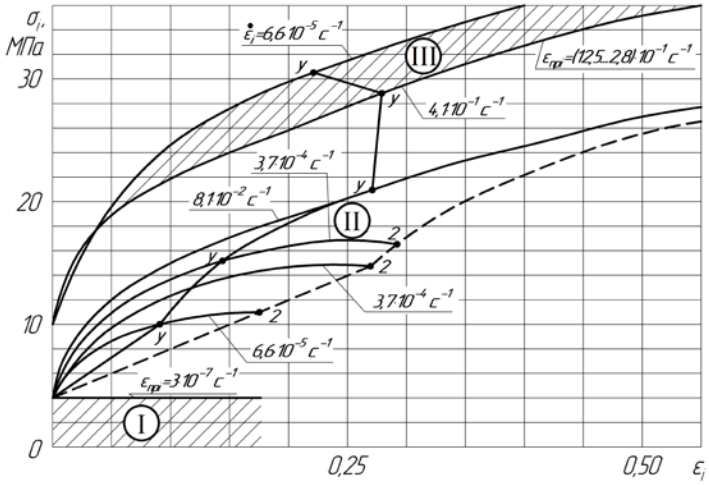


Рис. 15.27. Диаграммы $\sigma_i - \varepsilon_i$ свинца С2 (*а*) и сплава «свинец С2–сурьма» (*б*)

Таблица 15.8

Характеристики механических свойств свинца при различных скоростях деформации

Материал	Скорость деформирования, мм/с	Скорость деформации, $с^{-1}$	Характеристики прочности, кгс / $мм^2$			Характеристики пластичности			
			$\sigma_{0,2}(\sigma_т)$	$\sigma_в$	$\sigma_у$	$\varepsilon_у$	$\varepsilon_р$	δ, %	ψ, %
Свинец С2	$5\cdot10^{-2}$	$7{,}3\cdot10^{-4}$	0,65	1,30	1,50	0,14	–	73,3	94,2
	4,0	$8{,}1\cdot10^{-2}$	0,70	1,53	2,10	0,27	–	48,1	100
	$2{,}45\cdot10^{1}$	$4{,}1\cdot10^{-1}$	1,34	2,17	2,90	0,28	–	44,25	91,6
	$1{,}06\cdot10^{2}$	1,9	1,30	2,80	3,00	0,20	–	38,40	98,1
Свинец С2 – 1% сурьма	$5\cdot10^{-2}$	$6{,}4\cdot10^{-4}$	1,40	2,30	2,85	0,28	–	73,0	70,2
	5,2	$9\cdot10^{-2}$	1,45	2,30	2,90	0,23	–	45,5	94,0
	$2{,}6\cdot10^{1}$	$4{,}5\cdot10^{-1}$	1,70	2,90	3,50	0,24	–	42,0	89,5
	$8{,}7\cdot10^{1}$	1,6	1,85	2,85	3,50	0,23	–	38,8	88,1

Штамповка свинцового сердечника, стакана и рубашки относится к числу операций, осуществляемых по схеме объемной штамповки в закрытой полости.

Деформирование заготовки при штамповке сердечника осуществляется в результате ее осаживания и прямого выдавливания (рис. 15.28). Штамповка стаканчиков по схеме НДС близка к комбинированному выдавливанию, а штамповка рубашки – в большей степени к продольному обратному выдавливанию (рис. 15.29, 15.30).

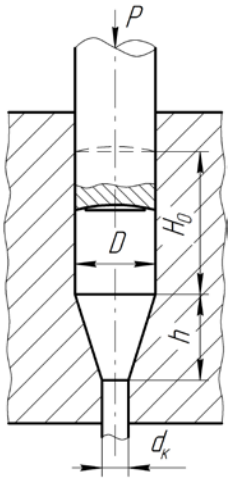


Рис. 15.28. Технологическая схема штамповки свинцового сердечника

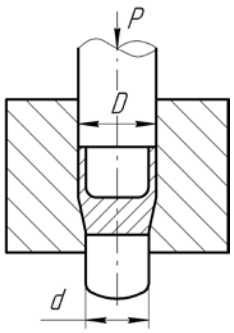


Рис. 15.29. Технологическая схема штамповки полой заготовки свинцовой рубашки

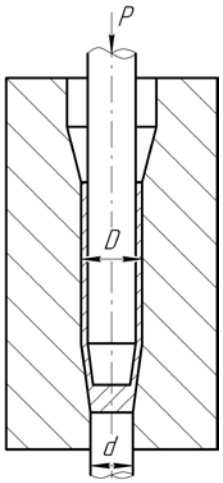


Рис. 15.30. Технологическая схема окончательной штамповки свинцовой рубашки

При штамповке свинцовой рубашки металл заготовки, заключенный между рабочими поверхностями пуансона и матрицы, выдавливается в верхнюю часть матрицы. Характерные особенности, значительно усложняющие про-

цесс по сравнению с холодным выдавливанием цилиндрических деталей (рис. 15.28…15.30):

- значительные поверхности контакта заготовки и инструмента, увеличивающие силы трения;
- переменная толщина стенки получаемой детали (рубашки) вдоль образующей.

Так как деформация заготовок осуществляется во всех операциях почти в закрытой полости штампа, важное значение имеет точная дозировка массы и объема заготовки. Так, при изготовлении рубашки без отрезки весовой допуск не превышает 2…3% от веса рубашки. При изготовлении сердечников в матрице предусматривают отверстия для выхода избытка металла. Форма и размеры отштампованных элементов должны обеспечивать легкое вхождение в оболочку при монтаже элементов. Форма и размеры рабочего инструмента должны исключать образование заусенцев.

Усилие деформирования может быть определено по формуле Д.П. Кузнецова и Ю.И. Гуменюка:

$$P = \sigma_{i\max} F_{\text{п}} \left(\frac{0{,}56}{\bar{r}_{\text{м}}^2 - 1} + 3{,}14 \right) \left(1 + 0{,}96 \frac{h_{\text{п}}}{r_{\text{п}}} f \right), \qquad (15.57)$$

где $\sigma_{i\max} = f\left(\varepsilon_{i\max}, \dot{\varepsilon}_i\right)$ – максимальные значения интенсивности напряженного состояния в зоне ОПД; $\varepsilon_{i\max}$ – максимальное значение интенсивности деформации в зоне ОПД; $\dot{\varepsilon}_i$ – интенсивность скорости деформации; $F_{\text{п}}$ – площадь торца пуансона; $\bar{r}_{\text{м}} = r_{\text{м}} / r_{\text{п}}$ – относительный радиус матрицы; $h_{\text{п}}$ – высота рабочего участка пуансона, контактирующего с заготовкой (рис. 15.31).

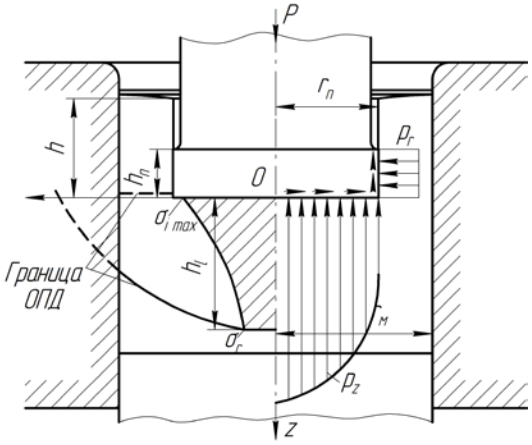


Рис. 15.31. Расчетная схема к определению напряжений и усилий деформирования при продольном выдавливании

Интенсивность напряжений $\sigma_{i\max}$ определяется в зависимости от степени ($e_i \approx \varepsilon_i$) и скорости ($\dot{\varepsilon}_i$) деформации для свинца по данным табл. 15.4, 15.5, формулам (15.54)–(15.56), (см. рис. 15.27).

Величина интенсивности деформации

$$e_i^j \approx \varepsilon_i^j = \ln \frac{F_{i-1}^j}{F_i^j}, \qquad (15.58)$$

где F_{i-1}^j, F_i^j – площадь поперечного сечения заготовки в расчетном сечении j до и после штамповки.

Накопленная за несколько операций степень деформации $e_{i\Sigma}^j$ определяется суммированием значений e_{ii}^j на каждой из операций, т.е.

$$e_{i\Sigma}^j = \sum_{i=1}^{n} e_{ii}, \qquad (15.59)$$

где n – число операций (переходов). В некоторых случаях для оценки степени деформации принимают коэффициенты

$$\psi = 1 - \frac{F_i}{F_{i-1}}; \; m_{Si}^j = \frac{S_i^j}{S_{i-1}^j},$$

где S_{i-1}^j, S_i^j – толщины стенок полой штампуемой заготовки в расчетном сечении j до и после штамповки.

При расчете степени деформации заготовки переменного сечения для определения удельных усилий следует принимать во внимание среднюю арифметическую величину в зоне очага интенсивной деформации, а при выборе числа операций – максимальную величину деформации по объему заготовки.

При выборе числа операций и проектировании инструмента важное значение имеет знание допустимых деформаций. Рассмотренные способы штамповки сердечников и стаканчиков относятся к группе процессов обработки давлением с мягкой схемой напряженного состояния, допускающих большие деформации. Штамповка сердечников и рубашек и прессование свинцовой проволоки близки по схеме к выдавливанию. Как показывает практика, при холодном выдавливании деталей (полуфабрикатов) из алюминия А-00 и менее прочных сплавов допустимая деформация за одну операцию составляет $\varepsilon_{доп}$ = 0,96...0,98, при выдавливании из сталей 10 и 20–45 $\varepsilon_{доп}$ =0,6÷0,7. Пластические свойства свинца С1–С4 выше, чем у перечисленных материалов, поэтому для свинца $\varepsilon_{доп} \geq$ 0,96...0,98.

Практически из свинца можно штамповать детали с большим перепадом площадей поперечного сечения. Штамповка свинцовой рубашки непосредственно из прутковой заготовки без предварительного получения исходной полой заготовки из-за отсутствия строгой ориентации заготовки в полости мат-

рицы приводит к получению недоштампованных деталей с большой разностенностью и косиной. Следующим обстоятельством, ограничивающим допустимые деформации за один переход, являются допустимые удельные и полные усилия, которые может выдержать инструмент.

Степени деформации по переходам, применяемые в заводской практике, приведены в табл. 15.9.

Таблица 15.9

Максимальные степени деформации e_i, применяемые при штамповке элементов пули, %

Вид операции	Калибр пули, мм		
	7,62	12,7	14,5
Прессование свинцовой проволоки	40,5–44,5	33,3	33,8
Штамповка свинцового стаканчика (рубашка)	64,0 (к патрону образца 1943 г.)	60,4	60,4
Штамповка (вытяжка) свинцовой рубашки	—	47,5	47,5

Итоговые (за две операции) деформации при штамповке свинцовых рубашек достигают величин, близких к предельным: $\varepsilon_\Sigma \approx 140\%$. Применение таких степеней деформации может заметно повысить удельные усилия на инструмент.

Следует иметь в виду возможное размягчения свинца в процессе кратковременной деформации из-за влияния теплового эффекта.

15.7. Технологические расчеты процессов штамповки свинцовых сердечников и рубашек

15.7.1. Исходные данные и последовательность расчетов

Исходные данные:

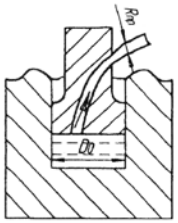
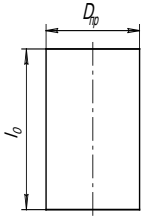
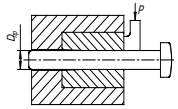
- чертеж детали;
- маршрутный технологический процесс изготовления детали (табл. 15.10);
- технологические схемы выполнения штамповочных операций;
- установленные опытом или расчетом значения допустимых степеней деформации.

Рекомендуемая последовательность расчета:

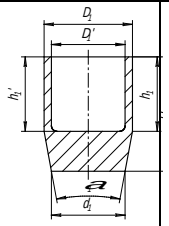
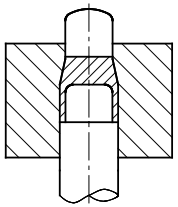
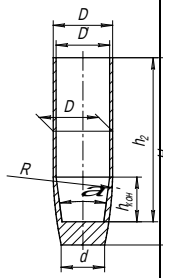
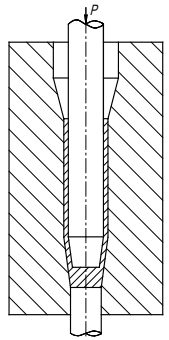
- определение размеров конечной заготовки;
- оценка и, при необходимости, обеспечение ТКИ конечной штампованной заготовки и готовой детали;
- расчет размеров исходной заготовки;
- расчет количества операций выдавливания;
- расчет размеров заготовок по операциям;
- расчет исполнительных размеров рабочего инструмента;
- расчет технологических усилий.

Таблица 15.10

Технологический маршрут изготовления свинцовой рубашки

№ п/п	Метод обработки	Вид операции	Способ выполнения операции	Эскиз исходной заготовки	Эскиз штампованной заготовки	Технологическая схема	Тип технологической оснастки	Тип оборудования
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тепловая обработка	Плавление свинцовых чушек	В чугунных ваннах, электронагрев t=400…500°С	Шихта	—	—	Чугунная ванна	Электропечь П246
2	Обработка давлением	Прессование (выдавливание) свинцовой проволоки	По схеме продольного обратного выдавливания	Кристаллизующийся металл	Проволока диаметром $D_{пр}$		Контейнер-матрица-пуансон	Пресс гидравлический
3	Химическая обработка	Омыливание свинцовой проволоки	0,2…0,3% жирных кислот, температура 85…95°С, время 1,5…2ч.	Проволока	–	–	–	Ванна
4	Обработка давлением	Отрезка свинцовой проволоки	В штампе полукруглым ножом	Проволока диаметром $D_{пр}$			Штамп	Механический пресс

Окончание табл. 15.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Обработка давлением	Штамповка стаканчика	По схеме продольного обратного выдавливания	П. 4.6.			Инструментальный блок ротора штамповки	М-АРЛП-56
6	Тепловая обработка	Сушка рубашки	125…140°С	П. 5.6.	—	—		
7	Обработка давлением	Выдавливание	По схеме продольного выдавливания	П. 5.6.			Инструментальный блок ротора штамповки	М-АРЛП-56
8		Контроль						

15.6.2. Формирование и корректировка технологического маршрута

Технологический процесс изготовления рубашки включает основные формоизменяющие операции:

- прессование свинцовой проволоки;
- отрезка цилиндрической заготовки;
- выдавливание стаканчика;
- выдавливание рубашки.

Характеристика полного технологического маршрута изготовления детали дана в табл. 15.10.

15.7.3. Расчет размеров конечной штампованной заготовки

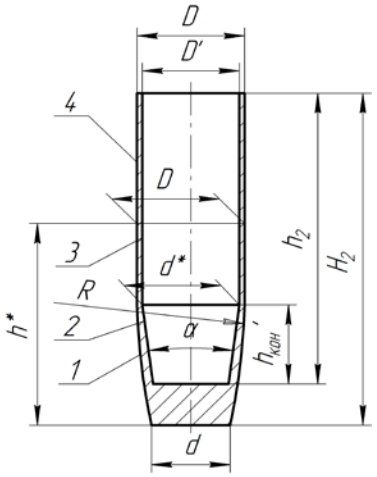


Рис. 15.32. Эскиз конечной заготовки свинцовой рубашки

Исходные данные:

- чертеж готовой детали;
- заданные ТУ механические свойства детали;
- принятый маршрутный технологический процесс изготовления детали и технологические схемы выполнения основных формоизменяющих операций;
- рекомендуемые припуски на обрезку.

Расчет размеров проводится в соответствии с эскизом конечной заготовки (рис. 15.32).

Расчетные размеры конечной заготовки приведены в табл. 15.11.

Таблица 15.11

Размеры конечной заготовки

Наименование размера	Обозначение
Наименьший наружный диаметр	d
Наибольший наружный диаметр (у торца)	D
Наибольший внутренний диаметр (у торца)	D'
Наибольший диаметр внутренней конической полости	d^*
Угол конусности внутренней конической поверхности	α
Высота внутренней конической полости	$h'_{кон}$
Высота внутренней полости	h_2
Радиус оживальной части	R
Расстояние от переднего торца, задающее радиус оживальной части	h^*
Высота детали	H_2

15.7.4. Расчет размеров исходной заготовки

Исходные данные:

- чертеж конечной заготовки;
- заданный контрольный размер исходной заготовки.

Расчетные размеры (рис. 15.33):

- диаметр исходной заготовки d_0;
- высота исходной заготовки H_0.

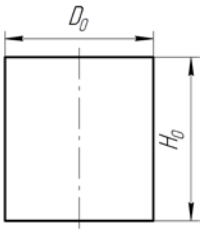


Рис. 15.33. Эскиз исходной заготовки

Расчет размеров исходной заготовки выполняется из условия равенства объемов до (V_0) и после штамповочных операций (V_n):

$$V_0 = V_n, \tag{15.60}$$

где $V_0 = \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} \cdot H_0$ – объем цилиндра;

$$V_n = \sum_i V_{ni} - \sum_j V_{nj}, \tag{15.61}$$

где V_{ni} – объемы элементарных сплошных тел конечной заготовки; V_{nj} – объемы элементарных полостей конечной заготовки; i, j – номера выделенных элементарных фигур.

Конечная заготовка разбивается на элементарные фигуры (см. рис. 15.32), объемы которых вычисляются по формулам, приведенным в справочных данных.

За базовый размер исходной заготовки принят ее наружный диаметр D_0, рассчитываемый по формуле

$$D_0 = K_{\text{ш}} \cdot D, \tag{15.62}$$

где $K_{\text{ш}}$ – итоговый коэффициент изменения диаметра, выбирается в соответствии с табл. 15.12; D – диаметр рубашки по ведущей части, назначается по чертежу готовой детали.

Таблица 15.12

Коэффициенты $K_{\text{ш}}$ и x

Тип рубашки	$K_{\text{ш}}$	x, %
Глухая, изготавливаемая без обрезки	0,90…0,92	2…3
Открытая, изготавливаемая без обрезки	0,92…0,94	2…3
Глухая, обрезаемая после штамповки	0,86…0,92	8…10
Открытая, обрезаемая с двух концов после штамповки	0,73…0,92	55…60

Высота заготовки H_0 вычисляется по формуле

$$H_0 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_0^2} \cdot \left(1 + \frac{x}{100}\right), \qquad (15.63)$$

где V – объем рубашки; x – величина потерь металла на обрезке, выбирается по табл. 15.10.

15.7.5. Расчет количества штамповочныхопераций

Исходные данные:

- размеры исходной заготовки;
- размеры конечной заготовки.

Количество операций (переходов) при штамповке свинцовых рубашек принимается, как правило, равным двум (n=2): штамповка стаканчика и штамповка (выдавливание) рубашки.

Суммарная степень деформации определяется как

$$e_{i\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} e_{ii}\,, \qquad (15.64)$$

где $e_{i\Sigma} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\psi_\Sigma}\right)$; (15.65)

$$e_{ii} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\psi_i}\right), \qquad (15.66)$$

где $\psi_\Sigma = \frac{F_0 - F_n}{F_0}$ – суммарное относительное сужение; $\psi_i = 1 - \frac{F_i}{F_{i-1}}$ – относительное сужение по операциям, ψ_Σ и ψ_i связаны следующим соотношением:

$$\left(1-\psi_\Sigma\right) = \prod_{i=1}^{n}\left(1-\psi_i\right). \qquad (15.67)$$

Площадь поперечного сечения заготовки $F_0 = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4}$, где D_0 – диаметр исходной заготовки.

Площадь поперечного сечения в зоне кромки по операциям будет равна:

$$F_i = \frac{\pi}{4} \cdot \left(D_i^2 - D_i'^2\right),$$

где D_i – наружный диаметр в зоне кромки; D_i' – внутренний диаметр в зоне кромки.

Исходные данные для расчета: D_0, D, D', ψ_1, значения интенсивности деформации для штамповки стаканчика выбираются по рекомендациям табл. 15.9.

Последовательно находим F_0, F_n, ψ_Σ.

Для n=2

$$(1-\psi_\Sigma)=(1-\psi_1)\cdot(1-\psi_2). \quad (15.68)$$

Находим ψ_2; $e_{i\Sigma}$; e_{i1}; e_{i2}.

Как показывает практика, при холодном выдавливании деталей (полуфабрикатов) допускаемая деформация за одну операцию свинца составляет:

$$\varepsilon_{\text{доп}} \geq 0{,}96-0{,}98. \quad (15.69)$$

Принимаем $e_i \approx \varepsilon_i$, считая процесс деформации приближенно монотонным.

Проверяем условие обеспечения заданной деформации по операциям:

$$\varepsilon_i = e_i \leq \varepsilon_{\text{доп}}. \quad (15.70)$$

15.7.6. Расчет размеров заготовки на предварительной операции

Исходные данные:

- размеры детали;
- размеры исходной заготовки.

Эскиз стаканчика приведен на рис. 15.34.

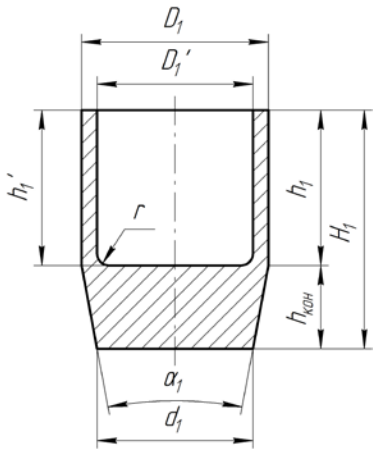


Рис. 15.34. Эскиз полуфабриката

Высоту стаканчика h находим из условия равенства объемов исходной заготовки V_0 и отштампованного стаканчика $V_{ст}$:

$$V_0 = V_{ст}, \quad (15.71)$$

$$V_{ст} = V_{ст1} + V_{ст2} - V_{ст3}, \quad (15.72)$$

где $V_{ст1}$, $V_{ст2}$, $V_{ст3}$ – объемы соответствующих элементов стаканчика, показанного на рис. 15.34:

$$V_{ст1} = \frac{\pi}{12}\cdot h_{кон}\cdot\left(D_1^2 + D_1\cdot d_1 + d_1^2\right); \quad (15.73)$$

$$V_{ст2} = \frac{\pi}{4}\cdot D_1^2\cdot h_1; \quad (15.74)$$

$$V_{ст3} = \frac{\pi}{4}\cdot D_1'^2\cdot h_1'. \quad (15.75)$$

Принимаем соотношение

$$h_1 = h_{\text{кон}} = h_1' = H\,, \tag{15.76}$$

из которого найдем высоту H:

$$\frac{\pi}{12}\cdot H\cdot(D_1^2 + D_1\cdot d_1 + d_1^2) + \frac{\pi}{4}\cdot D_1^2\cdot H - \frac{\pi}{4}\cdot D_1'^2\cdot H = V_0,$$

$$H = \frac{4}{\pi}\frac{V_0}{(1/3\cdot(D_1^2 + D_1\cdot d_1 + d_1^2) + D_1^2 - D_1'^2)}. \tag{15.77}$$

Тогда полная высота стаканчика будет равна:

$$H_1 = 2H\,. \tag{15.78}$$

Формулы для расчета размеров полуфабриката приведены в табл. 15.13.

Таблица 15.13

Расчет размеров полуфабриката

Определяемая величина	Расчетная формула
Наружный диаметр торцевой кромки D_1	$D_1 = \dfrac{D}{K_{\text{ш}1}}$
Итоговый коэффициент изменения диаметра $K_{\text{ш}\Sigma}$	$K_{\text{ш}\Sigma} = K_{\text{ш}1}\cdot K_{\text{ш}2}$ $K_{\text{ш}\Sigma}$ – по табл. 15.9
Внутренний диаметр торцевой кромки D_{1B}	$D_{1B} = \sqrt{D_1^2 - \dfrac{4}{\pi}\cdot F_1}$
Площадь поперечного сечения на первой операции F_1	$\psi_1 = 1 - \dfrac{F_1}{F_0}$, т.е. $F_1 = F_0\cdot(1-\psi_1)$
Наружный диаметр нижнего расчетного сечения d_1	$d_1 = d_2$, см. п. 15.5.3
Высота конической части $h_{1\text{кон}}$	Задаем:
Высота цилиндрической части h_1	$h_1 = h_{\text{кон}} = h_1' = H$
Высота цилиндрической части полости h_1'	H находим из условия равенства объемов исходной заготовки и стаканчика
Общая высота детали H_1	$H_1 = 2H$
Радиус сопряжения стенки и дна r	Задаем

15.7.7. Расчет исполнительных размеров рабочего инструмента

Исходные данные:

- номинальные размеры заготовок после выполнения каждой из операций;
- допуски на неточность изготовления заготовок на каждой операции.

Рабочим инструментом на операциях являются матрица и пуансон. Эскизы рабочего инструмента показаны на рис. 15.35–15.37 соответственно для прессования, предварительной и окончательной штамповки.

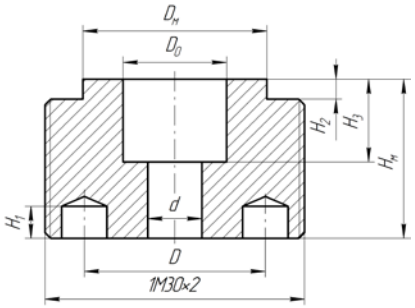
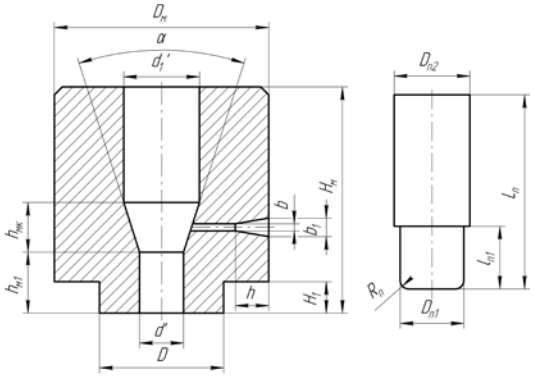
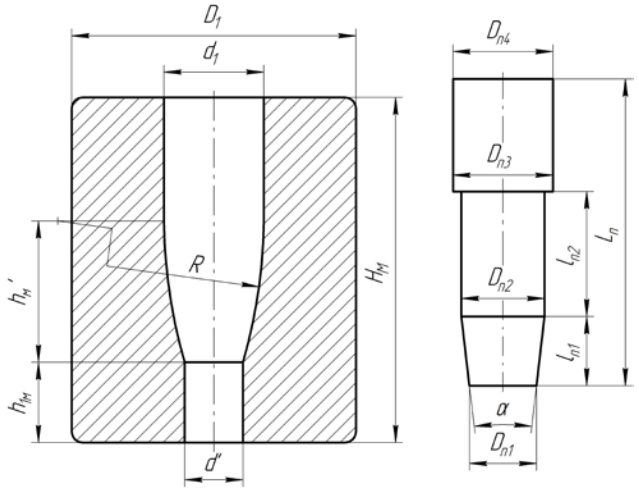


Рис. 15.35. Эскиз матрицы для прессования проволоки



а *б*

Рис. 15.36. Эскиз матрицы (*а*) и пуансона (*б*) для штамповки стакана



а *б*

Рис. 15.37. Эскиз матрицы (*а*) и пуансона (*б*) на окончательной штамповке

Необходимые для расчета размеров инструмента рекомендации даны в табл. 15.14.

Т а б л и ц а 15.14

Расчет исполнительных размеров инструмента при штамповке рубашки по операциям

Определяемая величина	Расчетная формула
1	2
Прессование проволоки (см. рис. 15.35)	
Диаметр матрицы $D_м$	$D_м$= (2,2…4,5)d, где d – наружный диаметр цилиндрической части штампуемого элемента
Диаметр и шаг резьбы	По справочным данным 1М30×2
Диаметр канавки D	D = (2…3,5)d

Окончание табл. 15.14

1	2
Высота канавки H_1	По справочным данным H_1=5 мм
Высота проточки H_2	По справочным данным H_2=2,5 мм
Высота участка H_3	По справочным данным H_3=8 мм
Высота матрицы $H_м$	$H_м$= (2,5…3)d
Внутренний нижний диаметр матрицы d'	$d'=(d_{пр})^{+\delta м}$
Внутренний верхний диаметр матрицы D_0	$D_0=(d_0)^{+\delta м}$
Штамповка стаканчика (см. рис. 15.36)	
Верхний наружный диаметр матрицы $D_м$	$D_м$= (2,5…3)d
Нижний внутренний диаметр матрицы d'	По размеру детали
Верхний внутренний диаметр матрицы d'_1	То же
Нижний наружный диаметр матрицы D	D= (2…3)d
Диаметр отверстия b_1	b_1=1,5…2 мм
Диаметр отверстия b	b =0,8…0,75 мм
Длина отверстия h	По справочным данным h=7 мм
Высота проточки H_1	По справочным данным H_1=5 мм
Высота матрицы $H_м$	$H_м$= (4,0…4,5)d
Высота конической части матрицы $h_{мк}$	По размеру детали
Угол конусности матрицы α	То же
Высота отверстия $h_{м1}$	$h_{м1}$=1,5 d
Диаметр пуансона $D_{п1}$	По размеру детали
Диаметр пуансона $D_{п2}$	То же
Длина пуансона $L_п$	$L_п$ =(8…8,5)d
Окончательная штамповка (см. рис. 15.37)	
Диаметр матрицы наружный $D_м$	$D_м$= (3…3,5)d
Внутренний меньший диаметр матрицы d'	По размеру детали
Внутренний больший диаметр матрицы d_1	То же
Высота матрицы $H_м$	$H_м$= (4,0…4,5)d
Радиус кривизны детали R по длине $h'_м$	Принимаются равными размерам штампуемой детали
Диаметр пуансона $D_{п1}$	
Диаметр пуансона $D_{п2}$	
Диаметр пуансона $D_{п3}$	
Диаметр пуансона $D_{п4}$	
Длина конической части пуансона $l_{п1}$	
Длина цилиндрической части пуансона $l_{п2}$	
Длина пуансона $L_п$	$L_п$ =(4,5…5)d
Угол конусности пуансона $α_п$	$α_п$ = α

На рис. 15.38 и в табл. 15.15 даны дополнительные рекомендации по выбору размеров инструмента различного конструктивного исполнения.

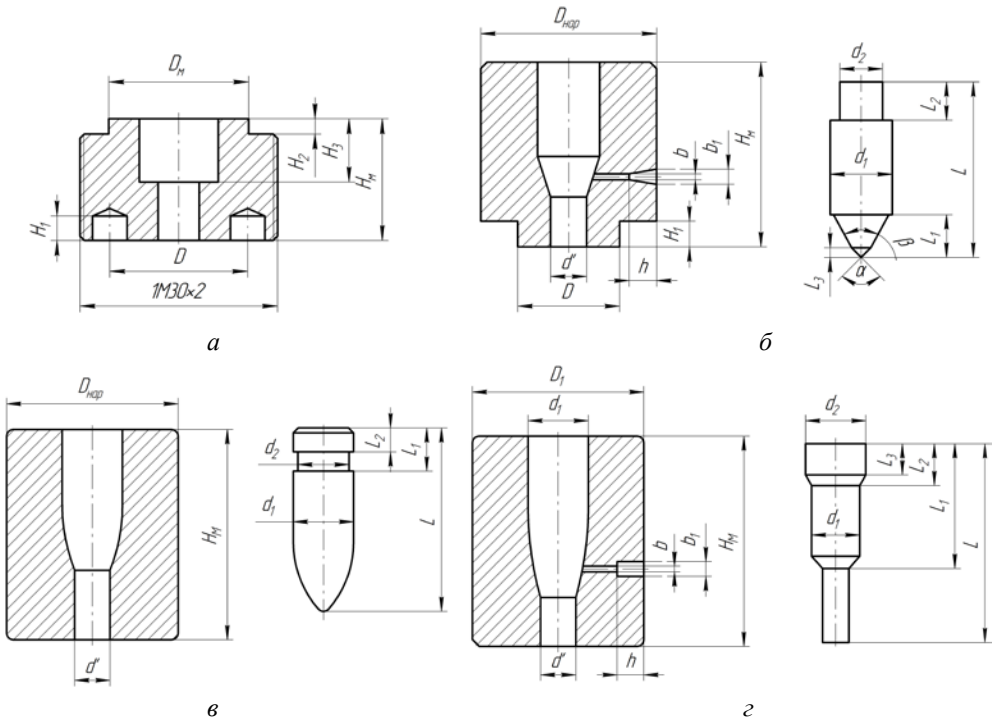


Рис. 15.38. Эскизы рабочего инструмента различного конструктивного исполнения для штамповки свинцовых сердечников и рубашек

Таблица 15.15

Размеры типового инструмента для изготовления свинцовых рубашек и сердечников

Тип инструмента	Матрица									Пуансон					
	A	A_1	H	B, мм	B_1, мм	H_1/d	H_2/d	H_3/d	h, мм	B	B_1	C	L_1/d	L_2/d	L_3/d
а	2,2–4,5	2,0–3,5	2,5–3,0	–	–	5,0	2,5	80,	7,0	–	–	–	–	–	–
б	2,5–3,0	2,0–3,0	4,0–4,5	0,8–0,75	1,5–2,5	5,0	–	–	–	1,2–1,3	1,05–1,1	8,0–8,5	1,2–1,5	3,0–3,2	0,5
в	3,0–3,5	–	4,0–4,5	–	–	–	–	–	–	1,0–1,02	0,75–0,80	1,2–1,5	0,8–1,0	0,5	–
г	3,5–4,0	–	4,5–5,0	0,8	1,5	–	–	–	7,0	1,15–1,1	1,6–1,5	4,5–5,0	2,5–3,0	0,8–1,0	0,5

$$A=\frac{D_{\text{нар}}\left(D_{\text{м}}\right)}{d};\ A_1=\frac{D}{d};\ H=\frac{H_{\text{м}}}{d};\ B=\frac{d_1}{d};\ B_1=\frac{d_2}{d};\ C=\frac{L}{d},$$

где d – наружный диаметр цилиндрической части штампуемого элемента, мм.

При необходимости исполнительные размеры рабочего инструмента могут быть определены с учетом поправок на износ инструмента на последних операциях по известным рекомендациям:

$$D^j_{\text{мн}} = \left(D^j - П^j_{\text{им}}\right)^{+\delta\text{м}},$$

где $П^j_{\text{им}} = 0{,}3\ldots1{,}0П^j_{\text{д}}$; $П^j_{\text{д}} = 0{,}3\ldots1{,}0П^j_{\text{д}}$; $П^j_{\text{д}} = T^{\text{в}}_{\text{д}} - T^{\text{н}}_{\text{д}}$; $П^j_{\text{д}}$, $T^{\text{в}}_{\text{д}}$, $T^{\text{н}}_{\text{д}}$ – поле допуска, верхнее и нижнее отклонение на размер штампуемой детали.

15.7.8. Расчет технологических усилий

Исходные данные:

- размеры заготовок: исходной, после предварительной и окончательной штамповок;
- механические свойства в отожженном состоянии и краевые упрочнения $\sigma_i - \varepsilon_i$;
- технологические схемы штамповки.

Расчет технологических усилий выполняется по (15.53)–(15.59).

Библиографический список

1. *Агеев Н.П.*, Данилин Г.А., Огородников В.П. Технология производства патронов стрелкового оружия. Ч. 1. Технологические основы проектирования патронов. СПб., 2005. 352 с.

2. *Патент № 2398649*. Российская федерация. Способ изготовления сердечника бронебойного патрона/ Спасенко Н.В., Агеев Н.П., Игнатенко В.В., Яшкин В.А., Степанов Н.В, Захарящев В.В., Каинов Н.Г. – N20009119541; заявл. 22.05.2009, опубл. 10.09.2010.

3. *Технология* и энергосиловые параметры изготовления высокопрочных дюбелей – винтов/ Никифоров Б.А., Поварич В.В. и др. // Сталь. 1985. Вып.2. С. 61.

4. *Манин В.П.*, Пыхтунова С.В. Особенности применения поперечно-клиновой прокатки при изготовление металлоизделий, имеющих форму тел вращения // Перспективные материалы, технологичность конструкции: Мат. всерос. науч.-техн. конф. Красноярск, 1999. С. 323-325.

5. *Патент № RU 112110353* (13) C1. Российская федерация. Способ изготовления стальных бронебойных сердечников [Лянин В.М. и др.]. Опубл. 05.10.1998.

6. *Патент RU (11) 2094161 (13) C1*. Российская федерация. Способ изготовления стальных бронебойных сердечников [Лялин В.М., Токмаков В.С. и др.]. Опубл. 27.10.1997.

7. *Исакин Д.Н.*, Панфилов Г.В., Груздев С.С. Многопереходная холодная штамповка остроконечных сердечников // Прикладные задачи механики и газодинамики. Сб. науч. тр. Тула, 1999. С. 54-58.

8. *Технологические* особенности штамповки разъемным инструментом бронебойных сердечников пуль // Проблемы проектирования и производства систем и комплексов: Мат. докладов. Тула, 1999. Вып. 2. С. 423-426.

9. *Агеев Н.П.*, Данилин Г.А., Огородников В.П. Технология производства патронов стрелкового оружия. Ч. 2. Процессы штамповки. СПб., 2006. 533 с.

10. *Ковка* и штамповка: Справочник в 4 т. Т. 3. Объемная штамповка / Под ред. Г.А. Навроцкого. М.: Машиностроение, 1987. 384 с.

Ч А С Т Ь IV. МЕХАНИЧЕСКАЯ, ТЕРМИЧЕСКАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА. СБОРКА

16. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ

16.1. Классификация и характеристика процессов

Обработка элементов патронов резанием производится как на автоматических роторных и роторно-конвейерных линиях, выполняющих две и более операций, так и на раздельном оборудовании – специальных автоматических станках, каждый из которых выполняет одну операцию.

При изготовлении элементы патронов подвергаются обработке резцами, зенкерами, зенковками, сверлами и абразивными кругами. Процессы классифицируются по применяемому инструменту и оборудованию на два класса: резцовой и абразивной обработки (табл. 16.1). Процессы резцовой обработки делят на токарные и сверлильные.

Резание металлов сопровождается большими давлениями на режущий инструмент и тепловыделением, что вызывает его износ и выкрашивание. Основные требования, предъявляемые к материалам для изготовления режущей части инструмента, следующие:

1) износоустойчивость при высокой температуре нагрева;

2) прочность режущей кромки;

3) сохранение износоустойчивости и прочности в течение длительного времени.

Таблица 16.1

Классификация процессов обработки элементов патронов резанием

Вид процесса (операции)	Обрабатываемый элемент патрона	Элемент крепления	Рабочий инструмент	Характеристика процесса
1	2	3	4	5
Токарная обработка				
Подрезка дульца и снятие фаски в отверстии	Гильза	Втулка	Тангенциальный резец, специальный	Обработка полой торцевой поверхности вращения с одновременным снятием фасок с внутренней и наружной поверхностей при относительно совмещенных движениях: вращения деталей и осевого перемещения детали или инструмента.
Подрезка торца	Гильза	Втулка	Дисковый резец, специальный	Обработка полой торцевой поверхности вращения при относительно совмещенных движениях: вращения детали и радиального перемещения детали или инструмента.

Продолжение табл. 16.1

1	2	3	4	5
Проточка фланца	Гильза	Цанга	Дисковый резец, специальный	Проточка канавки специального профиля у фланца гильзы совмещенным движением гильзы и резца: вращения гильзы и радиального перемещения резца или гильзы
Обточка фланца («шляпки»)	Гильза (винтовочная)	Цанга	Дисковый резец, специальный	Образование цилиндрической поверхности и притупление острой кромки на «шляпке» при совмещенных движениях обрабатываемой детали и резца: вращения гильзы, поперечного перемещения инструмента.
Снятие заусенцев с затравочных отверстий (шарошение)	Гильзы к патронам 12,7 и 14,5 мм калибра	Втулка	Зенковка	Снятие заусенцев, полученных сверлением затравочных отверстий при совмещенных движениях обрабатываемой гильзы и зенковки: вращения гильзы и осевого перемещения зенковки.
Обточка конуса	Сердечник бронебойный	Цанга	Резец призматический, специальный	Образование конуса на стержне при совмещенных движениях обрабатываемой детали и резца: вращения стержня, поперечного перемещения инструмента.
Предварительная и окончательная обточка оживала	Сердечник бронебойный	Цанга	Резец тангенциальный, специальный. Резец круглый, специальный	Образование фасонного профиля на поверхности цилиндрического стержня при совмещенных движениях обрабатываемой детали и резца: вращения стержня, осевого перемещения инструмента.
Подрезка торца и снятие фаски	Сердечник бронебойный	Цанга	Резец специальный	Обработка торцовой поверхности вращения с одновременным образованием фаски при совмещенных движениях обрабатываемой детали и резца: вращения стержня, поперечного перемещения инструмента.
Проточка канавки	Стаканчик	Цанга	Резец круглый, специальный	Образование резанием канавки необходимого профиля при совмещенных движениях детали и инструмента: вращения детали, поперечного перемещения резца.
		Сверлильная обработка		
Сверление затравочных отверстий	Гильзы к патронам 12,7 и 14,5 мм калибра	Втулка	Сверло	Образование цилиндрических сквозных отверстий в сплошном металле (одновременно 4 отверстия у 4-х гильз) при относительно совмещенных движениях обрабатываемой детали и инструмента: вращения сверла и осевого перемещения сверла или детали.

Окончание табл. 16.1

1	2	3	4	5
Зенкование торца	Оболочка	Цанга	Зенкер	Обработка торцовой поверхности при относительно совмещенных движениях обрабатываемой детали и инструмента: вращения детали, осевого перемещения инструмента.
		Шлифование		
Шлифование цилиндра	Сердечник бронебойный	-	Шлифовальные круги	Снятие слоя металла вращающимся абразивным инструментом с автоматической продольной подачей ведущим кругом при различных относительных и совмещенных движениях обрабатываемой поверхности и круга.
		Вихревое точение		
Проточка фланца	Гильзы к патронам 12,7- и 14,5-мм калибра	Втулка	Специальная головка с резцами	Образование канавки специального профиля вращательным движением гильзы и головки с резцами с относительно смещенными осями и последовательным резанием каждым резцом.
Проточка ожи-вальной части	Сердечник бронебойный	Втулка	Специальная головка с резцами	Образование фасонного профиля на поверхности стержня вращательным движением стержня и резцовой головки с относительно смещенными осями и поперечным движением головки с последовательным резанием каждым резцом.

Обработка элементов патронов резанием выполняется на станках-автоматах и на автоматических роторных линиях. Время обработки измеряется секундами, а перестановка инструмента – минутами. Поэтому в патронном производстве экономически оправданно применение материала, обеспечивающего максимальную стойкость инструмента, даже если он окажется более дорогостоящим.

Для изготовления режущего инструмента применяются быстрорежущие стали, твердые сплавы, абразивные материалы и конструкционные стали (табл. 16.2). К быстрорежущим относятся стали Р18, Р18Ф2, Р6М3, Р6М36, содержащие 6,0…19% вольфрама, 3…5% хрома. Инструмент, изготовленный из быстрорежущей стали, выдерживает температуру нагрева до 600…650˚С, не теряя при этом своих режущих свойств.

Абразивные материалы используются для изготовления шлифовальных кругов.

Таблица 16.2

Материалы для изготовления режущих инструментов

Марка стали или твердого сплава	Режущий инструмент	Сравнительная режущая способность
Р18	Резцы всех типов, сверла	1,0
Р18	Зенкеры, зенковки	1,0
Р6М36, Р6М3	Зенкеры, зенковки	0,8
Р18Ф2	Резцы фасонные	1,0
Т15К6	Резцы призматические, обычные (радиальные)	4,6
Т5К10	Резцы для вихревого резания	3,0
ВК6М	Резцы для вихревого резания	4,6
ВК6М	Резцы круглые всех типов и тангенциальные с фасонным профилем	4,6
ВК8	Сверла	4,6

Конструкционные стали 45 и 40Х используются для изготовления державок инструментов.

Основной характеристикой процесса резания является режим резания. Режим резания включает в себя: скорость резания, подачу и глубину резания. Скорость резания – это скорость перемещения режущей кромки инструмента относительно поверхности резания. Фактическая скорость резания определяется по формулам:

- для всех видов резания при вращении детали или инструмента, кроме шлифования

$$\upsilon = \frac{\pi d n}{1000} \text{ м/мин}, \qquad (16.1а)$$

- при шлифовании

$$\upsilon = \frac{\pi d n}{60 \cdot 1000} \text{ м/с}, \qquad (16.1б)$$

где d – наибольший диаметр поверхности резания, мм; n – число оборотов полуфабриката или инструмента, об/мин.

Подача – перемещение режущей кромки вдоль обработанной поверхности в течение определенного времени (S мм/мин) или за 1 оборот детали или инструмента (S мм/об). Глубина резания z – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями в направлении, перпендикулярном к последней, а следовательно, к направлению подачи.

Весьма важным параметром процесса резания является стойкость инструмента.

Инструмент теряет стойкость вследствие трения задних поверхностей о заготовку и снаружи о переднюю поверхность, что вызывает износ и нагре-

вание инструмента. Вибрации и удары разрушают режущую кромку инструмента.

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), смазывая трущиеся поверхности, уменьшает трение, что способствует уменьшению тепловыделения. Кроме этого СОЖ оказывает физико-химическое воздействие на процесс резания. При резании впереди режущей кромки в металле заготовки образуется опережающая трещина. При работе всухую после снятия нагрузки микротрещины смыкаются. При деформировании в среде СОЖ смыкание микротрещин задерживается, что снижает прочность и как бы «разрыхляет» поверхностный слой твердого тела, облегчая его дальнейшее разрушение.

Химико-механическое воздействие при резании особенно проявляется при добавлении в СОЖ в количестве 0,1…1% олеиновой, стеариновой или полиметиновой кислот и их солей.

Составы основных СОЖ, применяемых в патронном производстве, приведены в табл. 16.3.

Таблица 16.3

Составы основных СОЖ

Компоненты состава	Содержание, %	Применение
1	2	3
На водяной основе		
Мыло Сода кальцинированная	4,00 1,50	Чистовое точение стальных деталей.
Мыло Сода кальцинированная или тринатрийфосфат Нитрит натрия	0,50–1,00 0,50–0,75 0,25	Чистовое точение, сверление, зенкерование стальных деталей.
Сода кальцинированная Нитрит натрия	0,80–1,00 0,50–0,25	Сверление, зенкерование стальных деталей, шлифование латунных деталей
Сода кальцинированная	2,00–3,00	Сверление, зенкерование стальных деталей
Мыло Сода кальцинированная или тринатрийфосфат	1,00–2,00 0,50	Сверление, зенкерование, шлифование стальных деталей
Петролатум эмульсионный окисленный (ТУ 173-45) Асидол масляный (содержание нафтеновых кислот 32% с коэффициентом нейтрализации 189) Масло индустриальное 20 (веретенное 3) Едкий натр (удельный вес 1,38)	1,12 0,025 3,110 0,170	Чистовое точение стальных деталей
5%-ная эмульсия из пасты: мыло жидкое с содержанием жировой части 20–30% вода мазут	 1,5–2 1–1,25 2,5–1,75	Сверление, зенкерование стальных деталей

Окончание табл. 16.3

1	2	3
5%-ная эмульсия из пасты:		Сверление, зенкерование стальных деталей
олифа	1,20	
сода каустическая	1,80	
вода	1,22	
мазут	0,78	
Осерненная 7%-ная эмульсия из пасты:		Чистовое точение латунных деталей
сульфофрезол	0,098–0,35	
эмульсол	0,294–1,05	
скипидар	0,098–0,35	
вода	остальное	
Осерненная 25%-ная эмульсия из пасты:		Чистовое точение латунных деталей
сульфофрезол	0,35–1,25	
эмульсол	1,05–3,75	
скипидар	0,35–1,25	
вода	остальное	
Графитизированные 5%-ные и 15%-ные эмульсии из эмульсола:		Чистовое точение стальных деталей
асидол масляный, содержащий 32% нафтеновых кислот	1,365–4,95	
графит масляный коллоидный	0,275–0,825	
масло индустриальное 20 (веретенное 3)	2,725–8,175	
едкий натр (удельный вес 1,345)	0,180–0,540	
вода	остальное	

На основе сульфофрезола

Сульфофрезол	87	Чистовое точение, сверление, зенкерование латунных деталей
Керосин	10	
Окисленный петролатум	3	

Ориентировочный расход СОЖ составляет, л/мин: при чистовом точении 8…10, при сверлении 4…10, при зенкеровании 5…6, при шлифовании 30…60.

Существенное влияние на стойкость инструмента оказывают геометрия и степень притупления инструмента, материал и режимы резания.

Увеличение угла резания, радиуса скругления режущей кромки, шероховатости поверхности приводит к увеличению износа. Инструмент, изготовленный из твердых сплавов, обладает максимальной стойкостью при нагревании выше температуры 820°С, что требует работы при высоких скор остях резания.

При увеличении в n раз глубины резания, подачи и скорости снижается стойкость инструмента соответственно примерно в n, $n^{5/2}$ и n^5 раз. Таким образом, при необходимости улучшения режимов резания в первую очередь следует снизить скорость, а затем подачу и глубину резания.

16.2. Токарная обработка

16.2.1. Технологические особенности процесса

На токарных станках можно получить шероховатость обработанной поверхности 6…7-го классов чистоты и 1…2-го классов точности (6…8-й квалитеты). Чем больше жесткость системы «станок–приспособление–инструмент–деталь» (СПИД), тем выше классы чистоты и точность обработки.

Способ и место (база) закрепления элемента патрона в процессе обработки резанием диктуется принципом: база обработки должна совпадать с базой обмера, т.е. элемент нужно закрепить за ту поверхность, от которой требуется выдержать размер до обработанной поверхности. Допускается за базу обработки принять другую поверхность, но при условии, что эта поверхность жестко связана размером с поверхностью обмера.

Способ закрепления элемента определяется также формой элемента, т.е. крепление должно быть максимально жестким, надежным, быстрым. Элементы патрона крепятся в цангах. Гильзы почти на всех операциях крепятся во втулках, которые имеют коническую поверхность и удерживаются от проворота во втулках трением.

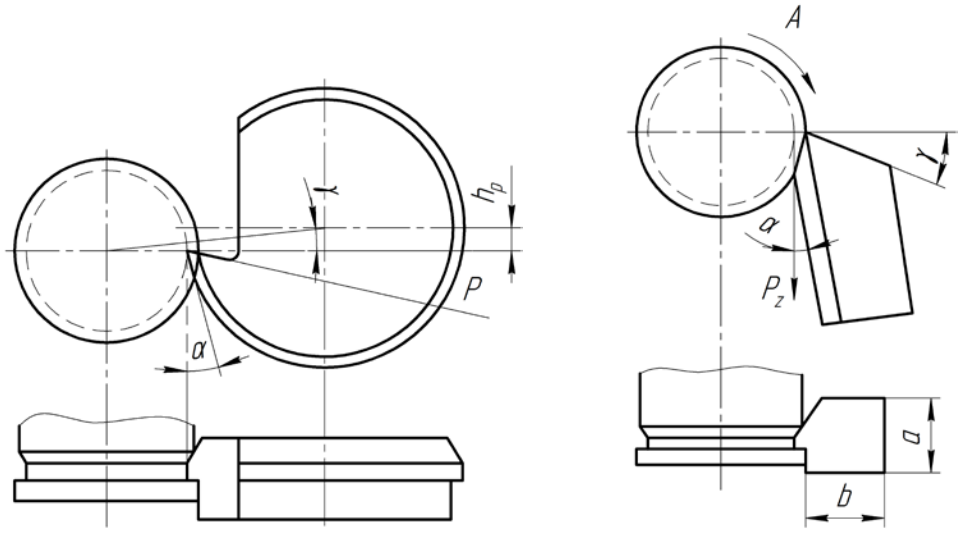
Место (последовательность) выполнения операции определяется следующим: операция токарной обработки поверхности назначается только после формообразования донной поверхности на штамповочной операции. Подрезка дульца должна производиться только после обжима дульца, так как этой операцией устраняют неровности после обжима и получают заданные размеры гильзы. В то же время нельзя обрабатывать поверхность до операции, которая может изменить обработанную поверхность. Проточку фланца следует проводить только после штамповки дна. Проведение операций в обратном порядке (при штамповке капсюльного гнезда после проточки) приведет к изменению формы канавки на фланце.

Для обработки элементов патронов применяются радиальные (обычные) призматические, тангенциальные и дисковые резцы.

Для подрезки торца и нанесения фасок на изделиях, где не требуется фасонный профиль режущей части, применяются радиальные (обычные) призматические резцы.

Для операций, где требуется фасонный профиль режущей части инструмента, используются призматические тангенциальные или дисковые резцы (рис. 16.1).

Тангенциальный резец имеет профиль, соответствующий профилю обработанной детали (рис. 16.1,*б*). Дисковые резцы (рис. 16.1,*а*) выполняются с кольцевыми образующими фасонных поверхностей.



а *б*

Рис. 16.1. Фасонные дисковый (*а*) и призматический (*б*) резцы

Призматические резцы (особенно тангенциальные) выгодно отличаются от дисковых надежностью крепления, более широким выбором заднего угла, большой прочностью режущей кромки, лучшим отводом тепла, а также обеспечивают большую точность обработки детали.

Преимущество круглых резцов – простота их изготовления как тел вращения, поэтому в практике они получили широкое распространение.

16.2.2. Проектирование резцов для токарной обработки

Проектирование резцов заключается в определении и выборе размеров и геометрических параметров резцов, материала, шероховатости обработки и т.д.

Определение размеров призматических резцов. Сечение срезаемого слоя стружки определяется по формуле

$$F = s \cdot t, \qquad (16.2)$$

где s – подача, мм/об; t – глубина резания, мм.

По сечению срезаемого слоя и обрабатываемому материалу выбирается поперечное сечение резцов (табл. 16.4). Длина фасонных резцов принимается равной 75…100 мм. Длина стандартных резцов выбирается по соответствующим ГОСТам.

Таблица 16.4

Поперечное сечение призматических резцов, мм²

Обрабатываемый материал	Резцы	Поперечное сечение резцов при срезаемом слое								
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	9,0	12,0
Латунь гильзовая. Сталь низкоуглеродистая	Автоматные	6х6	8х8	10х10	12х12	16х16	20х20	25х25	30х30	40х40
	Полуавтоматные	8х12	8х12	8х12	10х16	12х20	16х25	20х30	25х40	–
Стали высокоуглеродистые (У12А и др.)	Автоматные	8х8	10х10	12х12	16х16	20х20	25х25	30х30	–	–
	Полуавтоматные	8х12	8х12	10х16	12х20	16х25	20х30	25х40	–	–

Определение размеров дисковых резцов. Общая ширина дискового резца (рис. 16.2) определяется по формуле

$$L = l + 2m + h_c, \qquad (16.3)$$

где l – длина фасонного профиля; m = 3–5 мм – удлинение резца в обе стороны; h_c = 3–4 мм – высота ступицы резца.

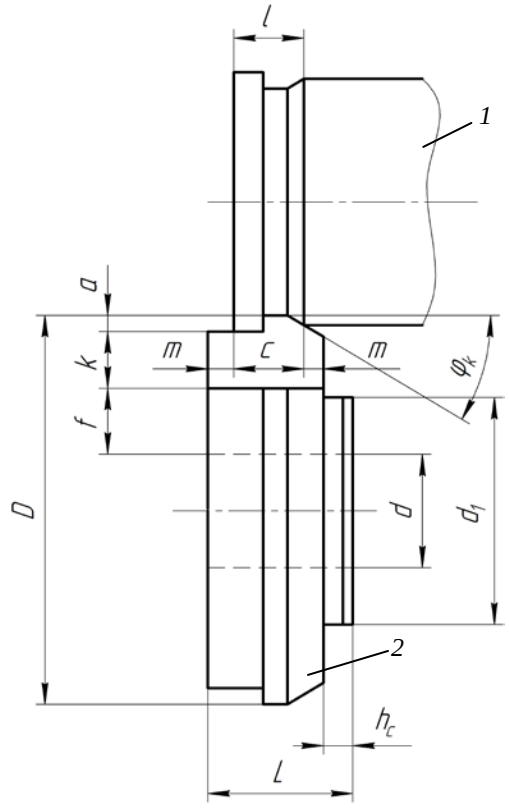


Рис. 16.2. Схема точения дисковым резцом: *1* – заготовка; *2* – резец

Для предохранения резца от проворота на торце его ступицы делается насечка с шагом 1,00…1,75 мм, притупленная до 1,0 мм, или радиально расположенные зубья с шагом в 1,75 мм по наружному диаметру ступицы, которые также притупляются.

Наружный диаметр дискового резца определяется из следующих соотношений:

$$D = 2(d + k + c + d/2), \tag{16.4}$$

где d – диаметр отверстия резца, мм; $d = 16{,}8\sqrt[4]{st}$; k – глубина заточки передней поверхности резца, мм; $k = 120 \cdot s$; $3 \le k \le 12$; c – толщина стенки резца, мм; $c = 13{,}5\sqrt[3]{s}$; $5 \le c \le 8$.

Полученное расчетное значение d увеличивают до ближайшего из ряда: 13, 16, 22 мм.

По расчетному значению диаметра D выбирается ближайший диаметр из ряда: 30–35–40–45–50–55–60–65–70–75 мм с соответствующим пропорциональным увеличением размеров k и f.

Профилирование фасонных резцов. Для построения профилей фасонных резцов используются два способа: графический и аналитический.

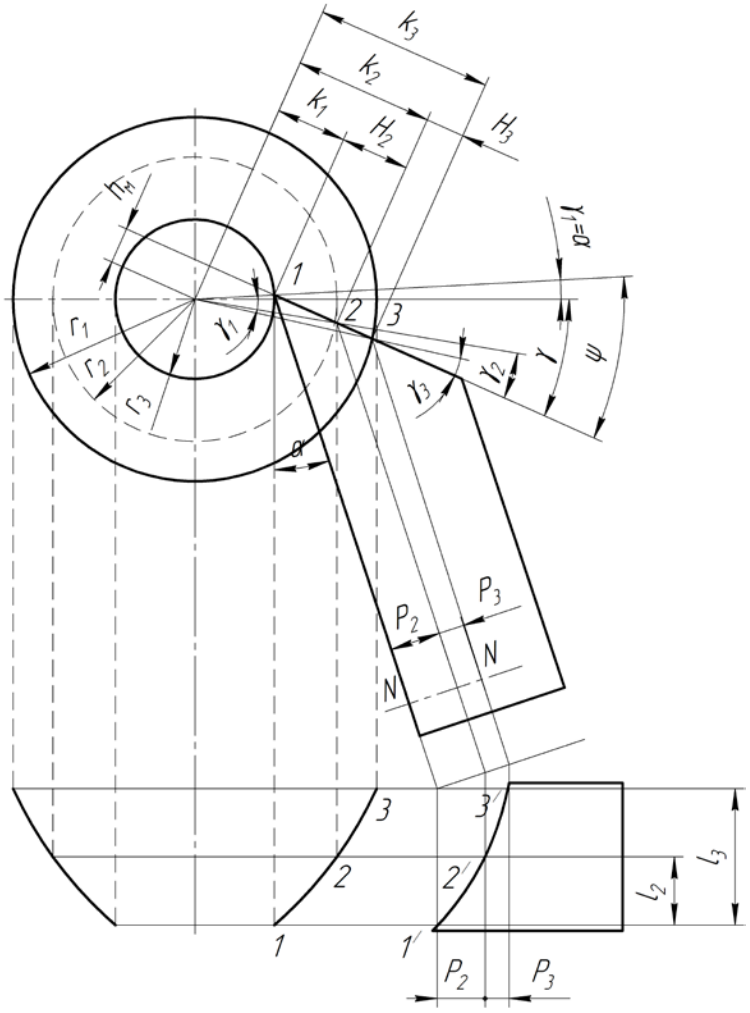
При аналитическом способе для расчета профиля резца принимается, что передняя поверхность расположена параллельно оси детали. В этом случае вдоль оси детали размеры у детали и у профиля будут совпадать.

Размеры резца в направлении, перпендикулярном оси детали, будут отличаться от радиальных размеров детали. Профиль резца рассчитывается по характерным точкам профиля детали (рис. 16.3). Это точки 1, 2, 3,…, положение которых определено радиусами r_1, r_2, r_3 и осевыми размерами l_2, l_3.

Размеры профиля резца определяются по формулам

$$\begin{aligned}
&h_u = r_1 \sin\gamma;\ \sin\gamma_3 = \frac{h_u}{r_3};\\
&k_1 = r_1 \cos\gamma; k_3 = r_3 \cos\gamma_3;\\
&\sin\gamma_2 = \frac{h_u}{r_2};\ H_3 = k_3 - k_2;\\
&k_2 = r_2 \cos\gamma_2;\ P_2 = H_2 \cos(\alpha + \gamma);\\
&H_2 = k_2 - k_1; P_3 = H_3 \cos(\alpha + \gamma),
\end{aligned} \tag{16.5}$$

где γ – передний угол резания, полученный с учетом поворота резца; α – задний угол, полученный поворотом резца.



а *б*

Рис. 16.3. Расчетная схема тангенциального фасонного резца: *а* – профиль детали; *б* – профиль резца в плоскости *NN*

Установка и схема расчета дискового резца, который имеет передний угол, показана на рис. 16.4:

$$\psi_1 = \gamma + \gamma_1,$$

где $\gamma_1 = \alpha$.

Задний угол α зависит от установки резца относительно детали. При этом

$$\sin\alpha = h_p / R_1,$$

где h_P – длина перпендикуляра, опущенного из центра резца на прямую, проходящую через центр детали и рассматриваемую точку главной режущей кромки резца; R_1 – радиус наружной окружности резца.

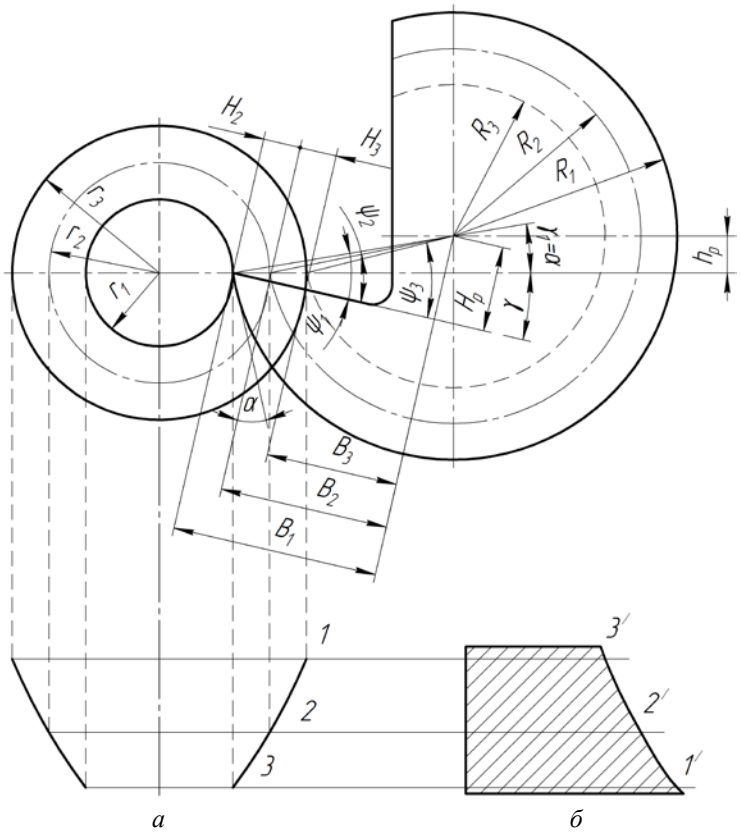


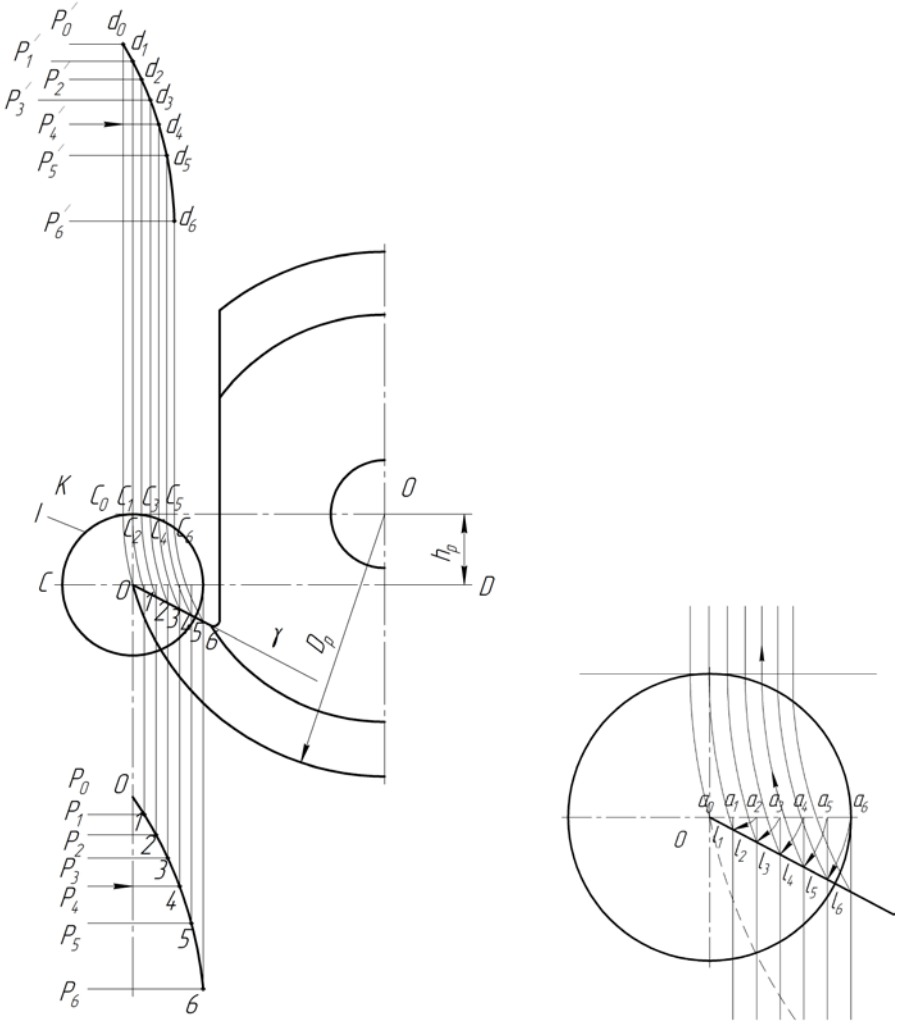
Рис. 16.4. Расчетная схема дискового фасонного резца: *а* – профиль детали; *б* – профиль резца в радиальном сечении

Размеры H_2 и H_3 рассчитываются так же, как при профилировании тангенциального резца.

Дальнейшие расчеты ведутся по формулам

$$\varphi_1 = \alpha + \gamma;\ B_2 = B_1 - H_2;\ B_3 = B_2 - H_3;$$
$$H_P = R_1 \sin\varphi_1;\ \mathrm{tg}\varphi_2 = \frac{H_\mathrm{p}}{B_2};\ \mathrm{tg}\varphi_3 = \frac{H_\mathrm{p}}{B_3}; \qquad (16.6)$$
$$B_1 = R_1 \cos\varphi_1; R_2 = \frac{H_\mathrm{p}}{\sin\varphi_2};\ R_3 = \frac{H_\mathrm{p}}{\sin\varphi_3}.$$

Графический способ рационально применять для профилирования резцов со сложной криволинейной режущей кромкой, типа резца для обточки ожи-вала сердечников (рис. 16.5).



а *б*

Рис. 16.5. Графический способ профилирования дискового фасонного резца:
а – профиль резца; *б* – профиль изделия

Диаметр детали D принимается по чертежу, диаметр резца $D_р$ рассчитывается по приведенной выше формуле. Задаются задним углом α и рассчитывают высоту смещения резца $h_р$. Построение ведут в масштабе 5:1 или 10:1. Чем крупнее масштаб, тем точнее профилирование.

Вычерченный фасонный профиль детали рассекают плоскостями P_1, P_2, P_3, …, P_6, перпендикулярными оси, точки пересечения указанных плоскостей с профилем детали *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* переносят на ось изделия *CD* и получают точки a_0, a_1, … , a_n. Дугами из центра детали O_1 переносят точки $a_1, a_2,..., a_6$ на переднюю плоскость резца с получением точек *1*, *2*, *3*, … , *6*. Далее из центра резца *O* проводят дуги радиусами *01*, *02*, *03*, …, *06* до пересечения с осью резца *OK* в точках C_0, C_1, C_2, … , C_6. Проектированием точек C_0, C_1, … , C_6 на горизонтальные секущие линии $P_0', P_1', ..., P_6'$ определяют точки пересечения d_0, d_1, …, d_6 и профиль резца.

Выбор геометрических параметров резцов

Рекомендации по выбору углов резцов приведены в табл. 16.5, а на рис. 16.6 и 16.7 – примеры конструктивного оформления тангенциального и дискового резца.

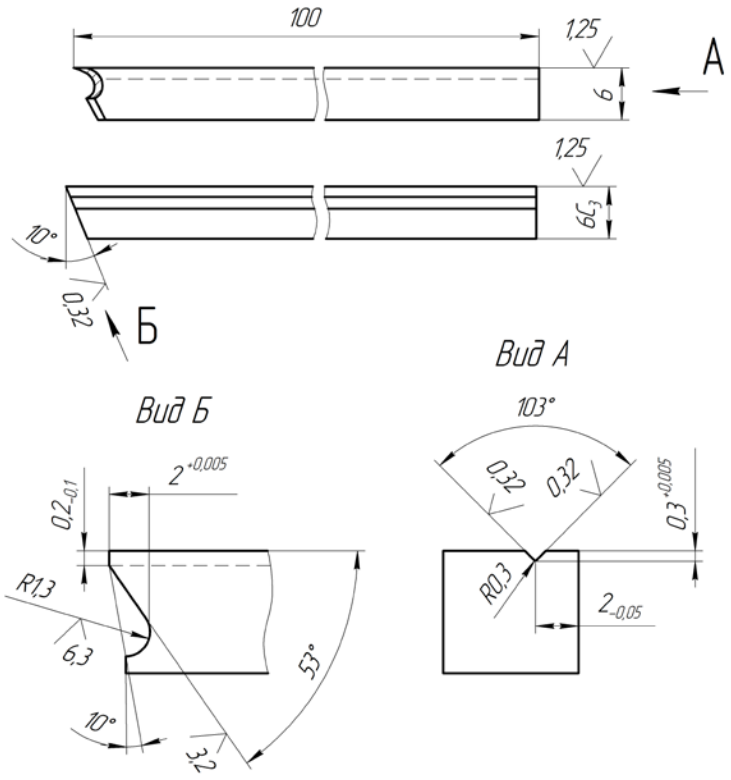


Рис. 16.6. Тангенциальный резец подрезки дульца

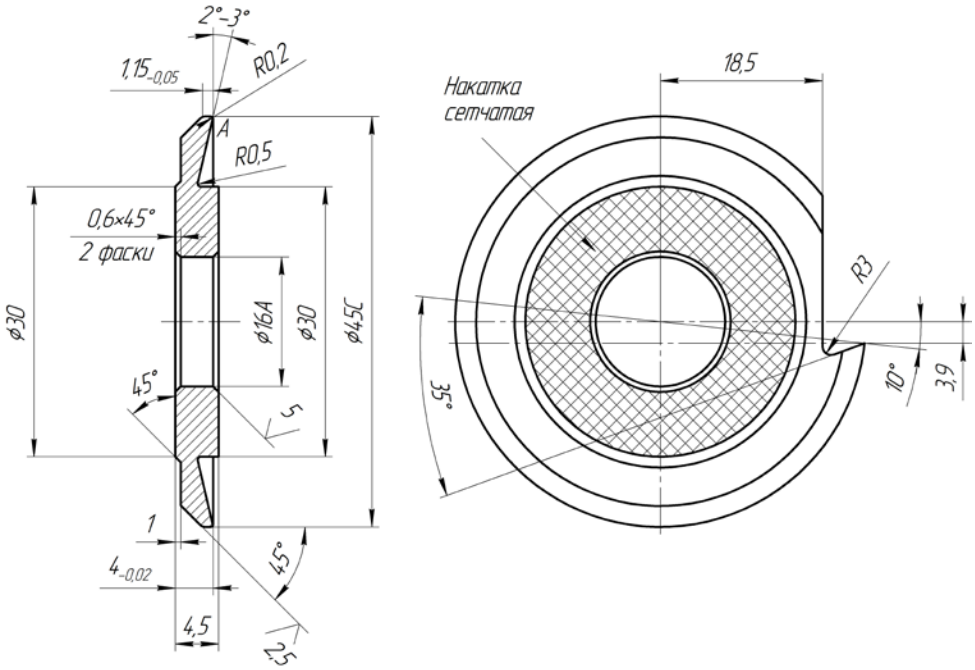


Рис. 16.7. Дисковый резец проточки фланца

Таблица 16.5

Углы заточки токарных резцов, град

Обрабатываемый материал	Временное сопротивление σ_B, МН/м^2 (кгс/мм^2)	Нормальные (радиальные)								Фасонные			
		проходной				отрезной				тангенциальный		круглый	
		γ	α	φ	φ_1	γ	α	φ_1	λ	γ	α	γ	α
Резцы из быстрорежущей стали													
Сталь	≤400 (≤40)	35	12	45	30	30	8	2	–3+5	30	12-15	25	30
	400-600 (40-60)	30	12	45	30	25	8	2	–3+5	25	12-15	20	10-15
	600-800 (60-80)	25	12	45	30	18	8	2	–3+5	18	12-15	15	10-15
	>800 (>80)	20	12	45	30	12	8	2	–3+5	12	12-15	10	10-15
Латунь		12	12	–	–	12	12	–	–	12	12	10	12
Резцы с пластинками твердого сплава													
Сталь	≤400 (≤40)	15	12	60	30	15	8	–	–	15	8	15	8
	400-600 (40-60)	12	12	60	30	12	8	–	–	12	8	12	8
	600-800 (60-80)	10	12	60	30	10	8	–	–	10	8	10	8
	>800 (>80)	10	12	60	30	10	8	–	–	10	8	10	8

Примечание. Для отрезных резцов принимается: для черновых работ λ = 3…5°, для чистовых λ = -3…0° и учитывается необходимое направление схода стружки.

Для прорезных и канавочных резцов типа резцов проточки фланца, которыми обработка ведется поперечной подачей, вспомогательная режущая кромка *AC* (см. рис. 16.7) изготавливается под углом $\varphi_1 = 2…3°$ к направлению подачи. Это делается для уменьшения трения кромки об обработанную поверхность.

Несмотря на введение вспомогательного угла в плане φ_1 у дисковых резцов трение об обработанную поверхность остается велико, так как в точке пересечения главной и вспомогательной режущих кромок задний угол будет равен нулю, и в этой точке резец будет нагреваться и терять стойкость. Для получения заднего угла в точке *A* ось дискового резца поворачивается в плоскости, перпендикулярной основной плоскости, параллельно оси, на угол $\alpha_1 = 2…3°$ и в плоскости, параллельной основной плоскости.

Искажение профиля канавки определяется по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi_k = \operatorname{tg}\varphi \cdot \cos\alpha_1, \qquad (16.7)$$

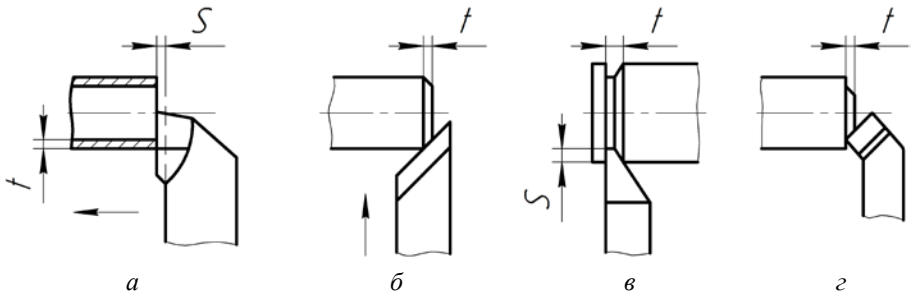
где φ_k – угол, который необходимо выполнить у резца с учетом поворота; φ – угол, полученный у резца после профилирования без учета поворота; α_1 – угол поворота оси резца.

Искажение профиля канавки будет незначительным, поэтому им можно пренебречь.

В плоскости, параллельной основной плоскости, угол поворота δ принимается равным 15…20°. В этом случае искажение профиля будет значительным. Угол φ_k, который необходимо выполнить с учетом поворота резца, равен:

$$\varphi_k = \varphi - \delta.$$

Выбор режимов резания. Глубина резания *t* при токарной обработке элементов патронов определяется: при продольном точении гильзы – толщиной обрабатываемой стенки, при поперечном – длиной части режущей кромки, принимающей непосредственное участие в резании, измеренной в направлении, перпендикулярном направлению подачи (рис. 16.8).



а *б* *в* *г*

Рис. 16.8. Схемы к определению величины подачи: *а* – продольной; *б, в, г* – поперечной

Подача S выбирается: при подрезании торцев и снятии фасок – по табл. 16.6, при обтачивании фасонными и прорезными (канавочными) резцами – по табл. 16.7.

Таблица 16.6

Подача при подрезке торцев и снятии фасок при глубине резания < 1 мм, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр детали, мм	Твердость HV			
		Несвободное резание		Свободное резание	
		< 160	> 160	< 160	> 160
Сталь	≤ 15	0,08	0,06	0,2–0,3	0,2
	≥ 15	0,10	0,08	0,2–0,3	0,2–0,3
Латунь	≤ 15	0,08	–	0,2–0,3	–
	≥ 15	0,10	–	0,2–0,3	–

Таблица 16.7

Величина подачи при обтачивании стали и латуни фасонными и прорезными канавочными резцами, мм/об

Ширина резания, мм	Диаметр обрабатываемой детали, мм				
	до 7	10	12	14	> 14
До 5	0,04	0,05	0,06	0,065	0,070
8	0,04	0,05	0,06	0,065	0,070
10	0,04	0,04	0,05	0,060	0,065
15	0,03	0,04	0,05	0,060	0,065
20	0,03	0,03	0,04	0,050	0,060
25	0,03	0,03	0,04	0,040	0,060
30	–	–	0,03	0,040	0,050

Примечания. 1. Табличные значения подач умножаются на поправочный коэффициент K_S = 0,7–1,0.

2. Верхние значения коэффициента принимаются для мягких сталей.

Скорость резания υ_0 выбирается по табл. 16.8–16.12, которые корректируются приведенными в табл. 16.13 поправочными коэффициентами:

$$\upsilon = K_\upsilon \cdot \upsilon_0.$$

Таблица 16.8

Скорость резания при продольном точении стали (σ_B = 750 МН/м^2 (75 кгс/мм^2)) тангенциальными резцами из стали Р18 с охлаждением (операция типа подрезки дульца гильзы)

Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об, при глубине резания, мм			Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об, при глубине резания, мм		
	0,5	1,0	2,0		0,5	1,0	2,0
77	0,09	0,07	0,05	58	0,19	0,15	0,11
70	0,11	0,09	0,07	53	0,25	0,19	0,15
64	0,15	0,11	0,09	48	0,33	0,25	0,19

Таблица 16.9

Скорость резания при точении стали (σ_B = 700 МН/м^2 (70 кгс/мм^2) нормальными резцами из стали Р18 с охлаждением (операции типа обточки конуса, снятие фасок у сердечника и подрезка дульца гильзы)

Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об, при глубине резания, мм				Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об, при глубине резания, мм			
	0,50	0,75	1,00	1,70		0,50	0,75	1,00	1,70
72	0,100	0,075	0,055	0,040	56	–	0,250	0,180	0,130
63	0,130	0,100	0,075	0,055	45	–	0,350	0,250	0,180
59	0,180	0,130	0,100	0,075	49	–	–	0,350	0,250
54	0,250	0,180	0,130	0,100					

Таблица 16.10

Скорость резания при точении латуни (*HV* = 60–100) нормальными резцами из стали Р18 с охлаждением (операции типа подрезки дульца гильзы)

Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об, при глубине резания, мм			Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об, при глубине резания, мм		
	0,5	1,2	3,0		0,5	1,2	3,0
139	0,09	0,06	–	92	0,45	0,30	0,20
130	0,14	0,09	0,06	84	–	0,45	0,30
115	0,20	0,14	0,09	75	–	0,70	0,45
104	0,30	0,20	0,14				

Таблица 16.11

Скорость резания при обработке резцами из стали Р18 с охлаждением, м/мин

Подача, мм/об	Операция		Подача, мм/об	Операция	
	Отрезка, прорезка, подрезка	Обточка		Отрезка, прорезка, подрезка	Обточка
0,015	–	62,0	0,060	–	33,0
0,020	–	55,0	0,062	45,5	–
0,025	71,0	50,0	0,075	42,5	29,0
0,030	65,0	43,0	0,090	38,5	–
0,036	60,0	–	0,095	–	27,0
0,040	–	40,0	0,110	35,0	–
0,043	55,0	–	0,120	–	24,0
0,050	–	36,5	0,130	31,5	–
0,052	50,0	–	0,160	29,0	–

Примечания. 1. Отрезка, прорезка, подрезка соответствуют операциям проточки фланца гильзы, канавки втулки и подрезке торца сердечника.

2. Операция «обточка» соответствует обточке оживальной части сердечника фасонными резцами.

3. Влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания учитывается поправочным коэффициентом K_v (табл. 16.13).

Таблица 16.12

Скорость резания при прорезании латуни резцами из стали Р18 (при проточке фланца гильзы)

Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
0,030	120	0,090	71
0,043	101	0,110	66
0,052	93	0,130	59
0,062	85	0,160	55
0,075	77	0,200	50

При работе твердосплавными резцами табличные значения скоростей резания умножаются на коэффициент K_υ = 1,5…4,6 в соответствии с табл. 16.13.

Расчетное число оборотов $n_\text{р}$ определяется по формуле

$$n_\text{р} = \frac{1000\upsilon_0}{\pi d}. \qquad (16.8)$$

Фактическое число оборотов $n_\text{ср}$ берут ближайшее меньшее по паспорту станка.

Таблица 16.13

Поправочный коэффициент K_υ для определения скорости резания материала при работе с охлаждением

Операция	Поправочный коэффициент K_υ при различных значениях $\sigma_\text{В}$, МН/м^2 (кгс/мм^2)					
	450 (45)	550 (55)	650 (65)	750 (75)	850 (85)	950 (95)
Продольное точение	2,45	1,71	1,28	1,00	0,80	0,50
Отрезка, прорезка, подрезка	2,50	1,70	1,25	1,00	0,85	–
Обточка	2,50	1,70	1,25	1,00	0,85	–

Примечания. 1. При работе без охлаждения K_υ = 0,80.
2. При обточке для резцов сложной конфигурации K_υ = 0,85.
3. При чистовой обточке K_υ = 0,80.

16.3. Сверление

Элементы патронов, в которых отверстие нельзя получить штамповкой, подвергают операции сверления.

К таким операциям относится сверление затравочных отверстий в гильзах патронов 12,7- и 14,5-мм калибров и сверление отверстия во втулке пули МДЗ 14,5-мм патрона. Принято считать, что затравочные отверстия следует сверлить, если толщина перегородки гильзы больше одного диаметра отверстия.

В основном в деталях затравочные отверстия параллельны между собой и оси гильзы. Однако встречаются случаи, когда затравочные отверстия расположены под некоторым углом друг к другу. Такие отверстия сверлят одновременно на специальных станках.

В гильзах с параллельным расположением отверстий из-за малого межцентрового расстояния сверлить одновременно оба отверстия нельзя. Сверление затравочных отверстий производится на специальных станках СО–72 Ульяновского машиностроительного завода, за два прохода сверлятся четыре гильзы. Так как капсюльное гнездо штампуется с базой от корпуса гильзы, то за базу при сверлении берут поверхность корпуса, что также обеспечивает определенное положение затравочных отверстий относительно капсюльного гнезда.

Гильза зажимается в цанге и при сверлении неподвижна. Сверло имеет вращательное движение – движение резания и поступательное – движение подачи. Инструментом для сверления затравочных отверстий служат обычные спиральные сверла с цилиндрическим хвостовиком.

Следует иметь в виду, что в каждой точке режущей кромки сверла передний угол является величиной переменной. Без учета ширины перемычки он определяется по формуле

$$\operatorname{tg}\gamma_x = \frac{r_x}{R}\frac{\operatorname{tg}\omega}{\sin\varphi}, \qquad (16.9)$$

где r_x – радиус окружности, на котором расположена рассматриваемая точка; R – радиус сверла; ω – угол наклона винтовой канавки; φ – половина угла при вершине сверла.

Действительный задний угол резания α_p уменьшается на величину μ вследствие перемещения точки режущей кромки сверла не по окружности, а по винтовой линии:

$$\alpha_p = \alpha - \mu,$$

где $\operatorname{tg}\mu = \frac{s}{\pi D}$.

По этой же причине действительный передний угол будет увеличен на величину μ, т.е. $\gamma_p = \gamma + \mu$ (рис. 16.9).

Задний угол α в крайней наружной точке назначается в пределах 7…10°, угол при вершине 2φ = 115…130° (нижние значения – для стали, верхние – для латуни).

Спиральное сверло имеет ряд особенностей, отрицательно влияющих на процесс резания:

- уменьшение переднего угла в различных точках режущих кромок по мере приближения рассматриваемой точки к оси сверла;

• неблагоприятные условия резания у поперечной кромки (так как угол резания более 90°);

• отсутствие заднего угла у ленточки сверла, что создает большое трение об обработанную поверхность.

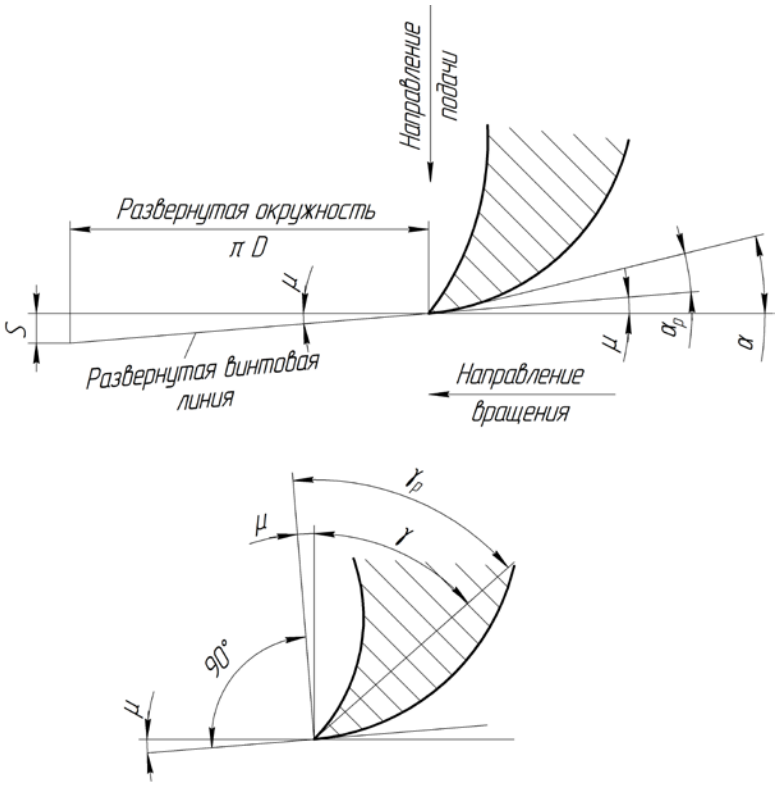


Рис. 16.9. Углы сверла в процессе резания

Для уменьшения трения ленточек сверла по мере его углубления делается обратный конус, т.е. диаметр сверла уменьшается по мере удаления от вершины к хвостовику.

Уменьшение диаметра составляет от 0,03 до 0,12 мм на 100 мм длины сверла (большие значения для больших диаметров сверла).

Во избежание увода сверла в сторону от оси отверстия и разбивания отверстия сверло должно иметь после заточки симметрично расположенные режущие кромки одинаковой длины.

При изготовлении элементов патронов применяются стандартные сверла, спиральные с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 10902-64 из быстроре-

жущей стали Р18. Обычно диаметр сверла берется равным номинальному размеру отверстия. При сверлении малых отверстий (до 5…8 мм) диаметр сверла $d_{св}$ берут равным:

$$d_{св} \cong d + \frac{2}{3}\Delta,$$

где d – номинальный диаметр отверстия; Δ – допуск на диаметр отверстия.

С увеличением диаметра сверла режимы резания повышаются.

При сверлении глубина резания равна радиусу сверления, при рассверливании – разности радиусов отверстий после сверления и до сверления.

За величину подачи принимается величина перемещения сверла вдоль оси за один его оборот (или за один оборот заготовки, если она вращается, а сверло только перемещается вдоль оси).

Скорость резания назначается по табл. 16.14, и в соответствии с паспортом станка уточняются фактические режимы резания.

Таблица 16.14

Скорость резания при сверлении стальных и латунных элементов патрона, м/мин

Подача, мм/об, при диаметре сверла, мм								Скорость резания, м/мин	
2,0	2,5	3,1	3,9	4,9	6,1	7,6	9,5	Сталь	Латунь
0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,060	0,070	33,0	73,0
0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,060	0,070	0,080	30,0	66,0
0,035	0,040	0,045	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	27,0	59,0
0,040	0,045	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,100	24,5	55,0
0,045	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,100	0,120	22,5	49,5

Примечание. При работе без охлаждения поправочный коэффициент K_0 = 0,80.

16.4. Зенкерование и зенкование

Операция зенкерования предназначена для образования цилиндрического отверстия, предварительно прошедшего обработку штамповкой, сверлением или каким-либо другим способом. Зенкерованием получают отверстия правильной цилиндрической формы, а их оси выправляются в соответствии с осью жестко закрепленного зенкера (при рассверливании ось отверстия почти не изменяет первоначальной формы и направления).

Операция зенкования предназначена для снятия излишков металла с торцевой поверхности и получения плоскостности и перпендикулярности этой поверхности к отверстию, для снятия заусенцев и нанесения притуплений у кромок отверстий, для образования цилиндрических и конических углублений под головки болтов и винтов.

При зенкеровании и зенковании может вращаться инструмент или деталь, либо инструмент и деталь при разности скоростей, не равных нулю.

Зенкеры и зенковки, которые при резании вращаются по часовой стрелке, называют праворежущими (или правыми), а против часовой стрелки – леворежущими (или левыми).

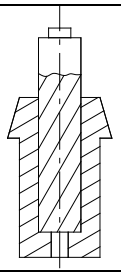
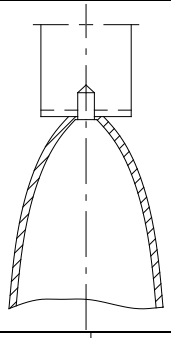
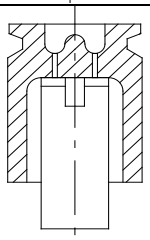
Шероховатость поверхности после зенкерования (зенкования) соответствует 5…6-му классам чистоты.

Операции зенкерования подвергаются детали типа «втулка» к пулям патрона 14,5-мм калибра.

Операции зенкования подвергаются оболочки к пулям патрона 14,5-мм калибра и гильзы к патронам 12,7- и 14,5-мм калибра (табл. 16.15).

Таблица 16.15

Зенкерование и зенкование при изготовлении элементов патронов

Операция	Обрабатываемая поверхность	Инструмент	Схема обработки
Зенкерование отверстия втулки	Отверстие штамповано в несколько переходов	Специальный цилиндрический двухзубый зенкер	
Торцевое зенкерование отверстия оболочки	Оболочка штампована, отверстие просверлено	Специальная торцевая зенковка	
Зенкование (снятие заусенцев у гильзы)	Заусенцы образованы при сверлении затравочных отверстий	Леворежущая торцевая зенковка	

Во втулке пули 14,5-мм патрона отверстие $\varnothing 5{,}1^{+0{,}05}$ мм зенкеруется на токарном полуавтоматическом станке при обрезке, сверлении отверстия и снятии фаски. Деталь вращается, закрепленная в цанге. Инструменты также закреплены в цангах. Инструментом служит специальный двухзубый зенкер из стали Р18. Стандартный зенкер для выполнения этой операции не подходит, так как он имеет минимальный диаметр 11 мм, а у многозубого при зенкеровании между зубьями забивается стружка. Торец отверстия и оболочки пули 14,5-мм патрона зенкуется на специальном горизонтальном станке-автомате. Как инструмент, так и деталь закрепляются в цангах. Инструментом служит двухзубая специальная зенковка из стали Р18.

Снятие заусенцев, образовавшихся при сверлении затравочных отверстий в гильзах 12,7- и 14,5-мм патронов, выполняется на горизонтальном станке-автомате ОШ–73 Ульяновского машиностроительного завода. Снятие заусенцев при проточке фланца и с затравочных отверстий выполняется специальной двухзубой зенковкой. Зенковки леворежущие, что связано с конструкцией станка. Материал зенковок – сталь Р18.

Конструкции и геометрические параметры зенкера для обработки отверстия во втулке 14,5-мм патрона показаны на рис. 16.10. Для уменьшения трения зенкеры имеют обратный конус, равный 0,04…0,10 мм на 100 мм длины.

Как и все режущие инструменты, зенкеры имеют передний γ и задний α углы, которые рассматриваются в сечении, перпендикулярном к режущей кромке.

При зенкеровании и зенковании не учитываются искажения заднего и переднего углов наличием осевой подачи инструмента.

Для улучшения условий резания на направляющей части каждого пера зенкера имеется ленточка шириной 0,5…1 мм. Задний угол α_1 у ленточек равен нулю. Передний угол у зубьев направляющей части зенкера γ_1 также равен нулю. У режущей части зенкера принимают

$$\alpha = 8\ldots10^\circ; \quad \gamma = 12\ldots15^\circ.$$

Для уменьшения поверхности чистовой обработки на режущих зубьях имеется дополнительный задний угол $\alpha_2 = 20\ldots25^\circ$. Для увеличения стойкости на режущих зубьях делается фаска $f = 0{,}03\ldots0{,}05$ мм. Задний угол у фасок равен нулю. Обычно зенкера имеют три зуба, реже – два. У приведенных конструкций два зуба.

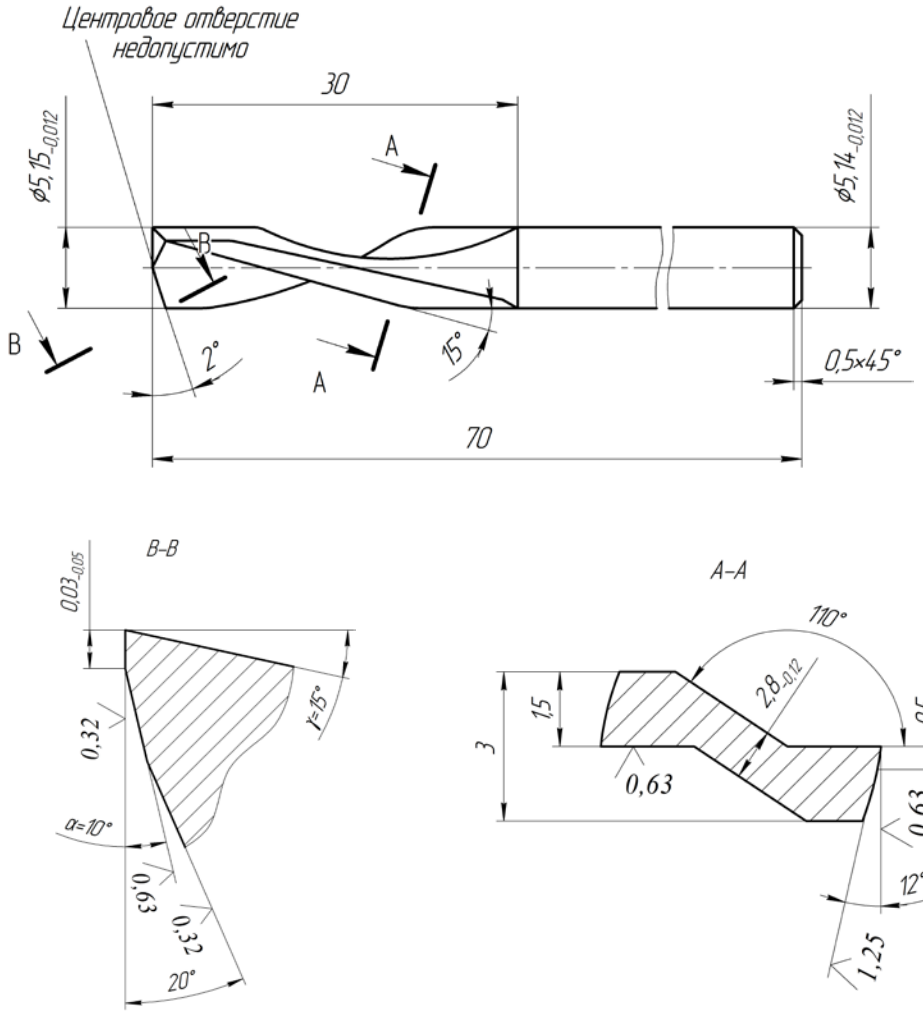


Рис. 16.10. Зенкер для зенкерования отверстия у втулки МДЗ

Конструкция зенковки из стали Р18 для торцевания отверстия у оболочки показана на рис. 16.11.

На цилиндрической части приведенной конструкции зубьев нет, так как вся работа выполняется торцевыми зубьями. Геометрия зуба у зенковок такая же, как у режущих зубьев цилиндрических зенкеров.

Глубина резания при зенкеровании, как при рассверливании, равна разности радиусов отверстия после и до зенкерования; для зенкования торцевых поверхностей – разности наибольшего и наименьшего радиусов зенкования.

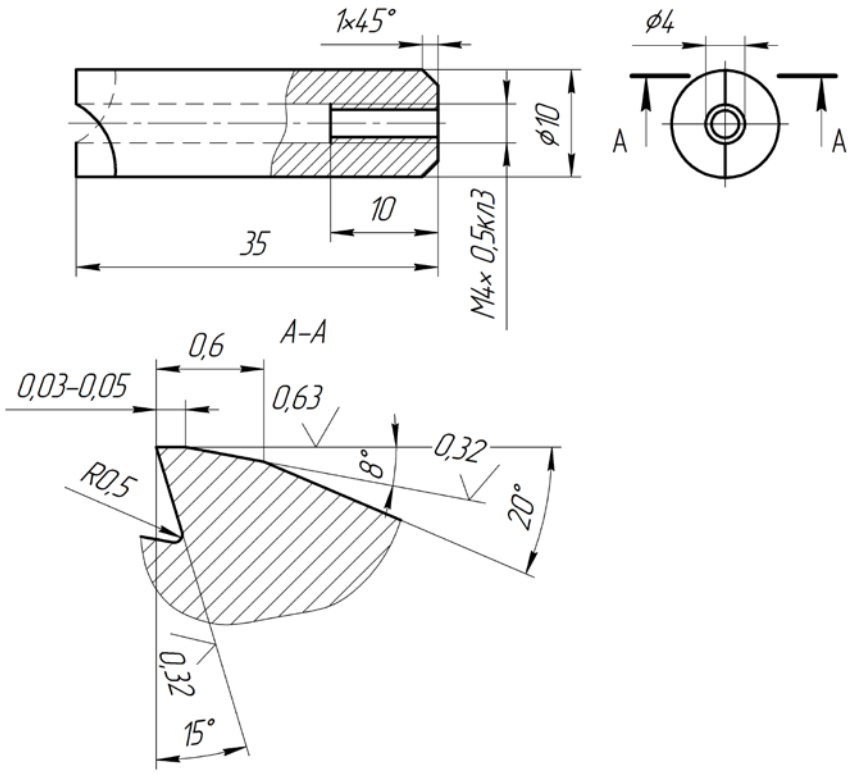


Рис. 16.11. Зенковка двухзубая

Подача – величина перемещения зенкера (или зенковки) вдоль оси за один оборот инструмента или за один оборот заготовки, если она вращается, а зенкер (или) зенковка только перемещается вдоль оси.

Скорость резания при зенкеровании и зенковании определяется по общей формуле резания.

Скорость резания при зенковании инструментами из быстрорежущей стали при подаче до 0,15 мм/об: для стали 20…22 м/мин; для медных сплавов 45…50 м/мин. При зенковании стали без охлаждения скорость резания уменьшается на 20%. Зенкование медных сплавов выполняется без охлаждения.

Заточка зенкера производится по передней поверхности. Величину подачи при зенкеровании и зенковании выбирают по табл. 16.16, скорости резания – по табл. 16.17.

Таблица 16.16

Подачи при зенкеровании глухих отверстий и зенковании, мм/об

Диаметр инструмента, мм	Зенкерование		Зенкование	
	Сталь с $\sigma_в$ < 800 МН/м^2 (80 кгс/мм^2)	Медные сплавы	Сталь с $\sigma_в$ < 800 МН/м^2 (80 кгс/мм^2)	Медные сплавы
До 5	0,15–0,20	0,30–0,35	0,03–0,05	0,06–0,08
5–9	0,20–0,25	0,35–0,40	0,06–0,08	0,08–0,10
9–15	0,25–0,30	0,40–0,45	0,08–0,10	0,1–0,15

Примечания. 1. При зенкеровании сквозных отверстий значения подач увеличиваются на 30%.

2. При высоких требованиях к чистоте зенкованной поверхности рекомендуется заканчивать зенкование 2–5 зачистными оборотами при выключенной подаче.

Таблица 16.17

Скорость резания при зенкеровании отверстий в стали зенкерами из стали Р18 с охлаждением, м/мин

Глубина резания, мм	Диаметр зенкера, мм	Подача S, мм/об		
		0,15–0,20	0,20–0,25	0,25–0,30
0,5–1,0	До 6	38,97	34,34	31,03
	6–9	43,32	38,18	34,49
	9–12	48,23	42,50	38,40
1,1–2,0	До 6	41,49	36,57	33,00
	6–9	46,13	40,65	36,73
	9–12	51,35	45,26	40,89
> 2	До 9	55,35	48,79	44,08
	9–12	61,63	54,32	49,07
	12–15	64,67	57,00	21,50

Примечания. 1. При работе без охлаждения скорость резания меньше приведенной на 20%.

2. Скорость резания для медных сплавов равна скорости резания для стали, умноженной на 1,3…2,0 (большие значения для меньших диаметров).

16.5. Шлифование

Шлифованию подвергаются в основном термически обработанные заготовки, имеющие твердость по Виккерсу порядка 746–868, трудно поддающиеся обработке другими способами резания металлов. Детали, имеющие форму тел вращения, обрабатывают на круглошлифовальных и бесцентровошлифовальных станках; плоскости – на плоскошлифовальных станках; отверстия – на внутришлифовальных и универсально-шлифовальных станках.

Шлифование – процесс резания металла при помощи абразивного инструмента.

Из элементов патронов шлифованию подвергают только стальной бронебойный сердечник для получения стабильных размеров наружного диаметра с допуском 0,02…0,06 мм.

Для шлифования стального бронебойного сердечника следует использовать современные бесцентрово-шлифовальные станки с автоматическими устройствами питания заготовками. Бесцентровое шлифование может выполняться с поперечным или с продольным врезанием круга – шлифование на проход.

При шлифовании на проход заготовка (рис. 16.12), опираясь на нож, пропускается между шлифовальным и ведущим кругами, установленными на расстоянии, которое обеспечивает получение после шлифования за один проход требуемый диаметр детали d. Круги вращаются по часовой стрелке, а заготовка, получающая вращение от ведущего круга и имеющая ту же окружную скорость, – против часовой стрелки. Для увеличения трения между заготовкой и ведущим кругом последний делается обычно на вулканитовой, реже на бакелитовой, связке достаточно твердым (твердостью СТ3-Т1) и мелкозернистым (зернистостью 10…16).

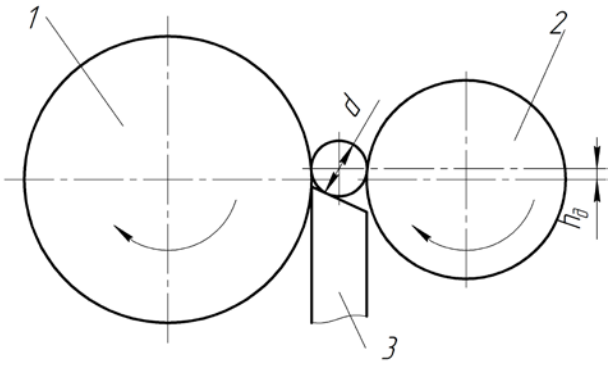


Рис. 16.12. Бесцентровое шлифование на проход: *1* – шлифовальный круг; *2* – ведущий круг; *3* – нож

Ведущий круг устанавливается под углом наклона $\varepsilon_1 = 1…6°$ к оси шлифовального круга.

Скорость ведущего круга $\upsilon_{вк}$ раскладывается на скорость вращения заготовки ($\upsilon_з$) и на скорость, дающую продольную подачу (υ_s), таким образом, υ_s равна минутной продольной подаче $S_{пр}$.

Минутная продольная подача заготовки определяется по формуле

$$S_{пр} = \upsilon_{вк} \circ к \circ \sin \varepsilon_1 = \pi \circ D_{вк} \circ n_{вк} \circ к \circ \sin \varepsilon_1 \text{ мм/мин}, \qquad (16.10)$$

где $D_{вк}$ – диаметр ведущего круга, мм; $n_{вк}$ – число оборотов ведущего круга, об/мин; $к$ – коэффициент, учитывающий проскальзывание заготовки по ведущему кругу ($к$ = 0,95…0,99); ε_1 – угол поворота ведущего круга, град.

Режущим инструментом при шлифовании являются абразивные круги.

Основные характеристики абразивного инструмента – марка абразивного материала, зернистость, связка, твердость, структура, форма и размеры.

Абразивные материалы делятся на естественные и искусственные. К естественным относятся алмаз (А), корунд (К) и др., к искусственным – алмаз синтетический (АС), электрокорунд нормальный (Э), электрокорунд белый (ЭБ), карбид кремния зеленый (КЗ), карбид кремния черный (КЧ), карбид бора (B_4C).

Абразивный материал назначается в зависимости от обрабатываемого материала. При этом устанавливается тип связки, твердость, зернистость, структура, форма и размеры круга.

Зернистость (крупность зерна) устанавливается по ГОСТ и имеет следующие размеры (в 0,01 мм): 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200. Чем выше номер зернистости, тем выше производительность круга и ниже класс чистоты обработанной поверхности.

В качестве связок применяются неорганические: керамические (К), магнезиальные (М) и др. – и органические: бакелитовые (Б), вулканитовые (В) и др.

Выбор круга связан с технологическими требованиями. Так, круги с керамической связкой хорошо держат острую кромку, но они хрупки. Для разрезки деталей используются круги на вулканитовой связке: они упруги и не ломаются даже при толщине в 0,5 мм.

Твердость круга назначается в зависимости от твердости обрабатываемого материала.

Структура характеризует строение абразивного инструмента в зависимости от количественного соотношения между зернами, связкой и порами. Абразивный инструмент имеет до 12 номеров структур. Чем меньше номер структуры, тем плотнее расположены абразивные зерна. Чем мягче шлифуемый материал, тем выше должен быть номер структуры.

Форма и размеры абразивных инструментов регламентированы ГОСТ. Выбор определенной формы круга диктуется характером обработки и оборудованием.

Для бесцентрового шлифования рекомендуется применять шлифовальные круги по табл. 16.18. Форма обоих кругов – прямого профиля (ПП). Размеры кругов выбираются по ГОСТ в соответствии с выбранным внутришлифовальным станком.

Таблица 16.18

Выбор шлифовальных кругов при бесцентровом шлифовании высокоуглеродистой стали

Термическая обработка	Шлифование	Характеристика круга			
		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Без термической обработки	Предварительное	Э	32–50 32–40	С2–СТ1 СТ1–СТ2	К
	Чистовое		20–40 20–25	С2–СТ1 СТ1–СТ2	
	Комбинированное		32–40 20–25	С2–СТ1 СТ1–СТ2	
Закалка	Предварительное	Э	32–40 20–40	С2–СТ1 СТ2	К
	Чистовое		20–25 16–25	С2–СТ1 СТ1	
	Комбинированное		20–25 20–40	СТ1–СТ2 С2	

Примечание. Для всех случаев принимается ведущий круг Э16 СТ1-В.

Припуск при бесцентровом шлифовании (назначается по табл. 16.19) на 20…30% меньше, чем при круговом.

Скорость резания определяется диаметром и числом оборотов шлифовального круга. В современном бесцентрово-шлифовальном станке шлифовальный круг может быть диаметром от 480 до 600 мм и иметь 1086…1566 об/мин, что соответствует окружной скорости шлифовального круга от 35 до 50 м/с. Работать следует на скорости, максимально допустимой для круга и станка. Ведущий круг на станке может быть 300…350 мм при числе оборотов 10…300 в минуту.

Таблица 16.19

Припуски на бесцентровое шлифование валов (допуск по C_4)

Номинальный диаметр, мм	Припуск на диаметр при длине до 100 мм, мм	
	Заготовка не закалена	Заготовка закалена
До 6	0,20	0,25
6–10	0,25	0,30
10–18	0,30	0,35

Величина продольной подачи определяется требуемой величиной шероховатости, классом точности обработанной поверхности и диаметром заготовки. Фактическая продольная подача определяется углом поворота оси ведущего круга (табл. 16.20).

Таблица 16.20

Углы поворота оси ведущего круга

Шлифование	Класс точности	Угол поворота, град
Чистовое и получистовое	1	1,5–2,0
	2	2,0–2,5
	3	2,5–3,5
Грубое	–	3,0–4,0
Обдирка прутков	–	3,5–6,0

Для нормального процесса шлифования очень важно правильно установить направляющий нож для получения определенного расстояния от оси детали до линии центров круга (табл. 16.21).

Таблица 16.21

Расстояние от оси детали до линии центров круга h_q, мм

Шлифование	Диаметр детали, мм			
	1,5–4,0	4,0–8,0	8,0–11,5	15,0–25,0
Предварительное	2,00	4,00	6,00	8,00
Окончательное	0,75	2,00	3,00	5,00

Величину h_q можно определить по формуле

$$h_q = d/10 + 6 \text{ мм},$$

где d – диаметр детали.

Установлено, что чем меньше твердость круга и величина продольной подачи, чем выше расположена ось детали над линией центров, тем меньше опасность появления гранности на детали.

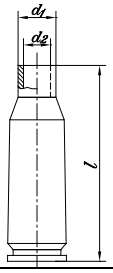
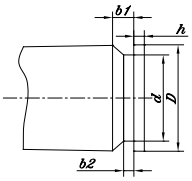
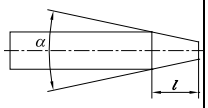
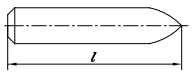
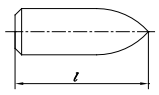
Гранность детали может быть следствием затупления ведущего круга. Овальность изделия, получаемая при шлифовании, ликвидируется с уменьшением величины h_q. Угол скоса на опорном ноже обычно равен 30°.

16.6. Обеспечение качества изготавливаемых деталей

Способы контроля элементов патронов, прошедших наиболее характерные операции обработки резанием, виды и причины брака на этих операциях приведены в табл. 16.22 и 16.23.

Таблица 16.22

Контроль при обработке элементов патронов резанием

Вид операции	Эскиз обработки	Измерительный инструмент		Технические условия приемки
		Наименование	Измеряемый размер	
1	2	3	4	5
1. Подрезка дульца и снятие фасок у гильзы		Кольцо Пробка Скоба Эталон	d_1 d_2 l Качество обработанной поверхности	Проверяются 5-10 шт. (15-20 мин). Не допускаются заусенцы, надрывы, косой срез, круговые риски на корпусе и фланце.
2. Проточка фланца гильзы		Калибр «салазки» со щупом Кольцо Кольцо Скоба Шаблон Шаблон	h D $D_б$ d b_1 b_2	Проверяются 10 шт. (8 мин). Допускается равномерный просвет между шаблоном и профилем. Не допускаются засветления на корпусе, заусенцы на фланце и грубые риски на выточке.
3. Обточка конуса сердечника		Шаблон	l α	Проверяются 5-6 шт. (10-12 мин). Не допускаются большие поперечные риски, заусенцы у торца, надрез цилиндрической части.
4. Обточка оживальной части сердечника		Скоба Шаблон	l Профиль	Проверяются 10 шт. (25-30 мин). Не допускаются крупные риски, уступы, дробленность обработанной поверхности, косые фигуры, тупые вершинки.
5. Подрезка торца		Скоба Весы технические Эталон	l Масса Обработанная поверхность	Проверяются 10-12 серд. (10-15 мин). Не допускаются грубые заусенцы и притупление вершинки.

Продолжение табл. 16.22

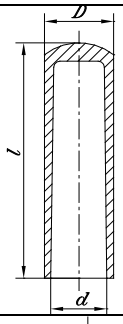
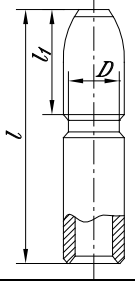
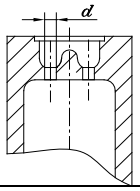
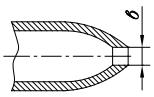
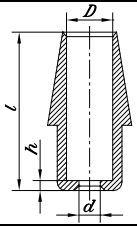
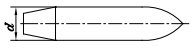
1	2	3	4	5
6. Подрезка стаканчика после 2-й вытяжки		Скоба Пробка Кольцо	*l* *d* *D*	Проверяются по 10-15 шт. (непрерывно). Не допускаются недорезы, неровные срезы, трещины, заусенцы, царапины, помятости. В стаканчике не должно быть отрезанных колечек.
7. Проточка канавки и снятие фаски в отверстии стакана		Угольник с риской Скоба Пробка Кольцо	l_1 *l* *d* *D*	Проверяются по 5-10 шт. (10 мин). Не допускаются царапины, задиры и грубые заусенцы.
8. Сверление затравочных отверстий		Пробка	*d*	Проверяются 4-6 шт. (3-4 мин). Не допускаются грубые заусенцы.
9. Зенкерование кромки отверстия у оболочки		Калибр Пр Калибр Не	*b* $b_б$	Проверяются 1-2 шт. (20-40 мин).
10. Подрезка, сверление отверстия и снятие фаски		Пробка Скоба Пробка коническая с риской Специальный калибр	*d* *l* *D* *h*	Проверяются 10 шт. (8 мин). Не допускаются грубые отпечатки на цилиндрической части. Неравномерная фаска.
11. Шлифование бесцентровое		Скоба	*d*	Проверяются по 10-12 шт. (10-15 мин). По наружному виду обработанная поверхность должна быть гладкой, без захватов. Эллипсность и огранка в пределах допуска диаметра.

Таблица 16.23

Виды и причины брака при обработке элементов патронов резанием

Вид	Причина
1	2
Рваная обработанная поверхность	Тупой резец. Резец стоит ниже центра детали.
Заусенцы, надрывы на дульце	Тупой резец. Неправильная заточка резца. Плохое крепление гильзы.
Косой срез	Преждевременный подход резца.
Круговые риски на гильзе	Слабое крепление гильзы.
Короткая или длинная гильза	Неправильная установка упора у заталкивателя.
Неправильный профиль проточки фланца гильзы	Неправильно заточен резец.
Дробленая обработанная поверхность	Вибрация резца. Износ узлов крепления резца и гильзы. Режущая кромка резца стойки выше центра детали.
Засветление на корпусе фланца	Не вращается упорный ролик подающего пуансона. Слабое крепление гильзы.
Заусенцы на фланце	Затупился резец. Провертывание гильзы в цанге. Неправильно заточен резец.
Грубые риски на выточке	Затупился резец.
Косой конус сердечника	Биение шпинделя или цанги.
Большие поперечные риски, заусенцы на торце	Затупился резец. Неправильная заточка резца.
Подрез цилиндрической части	Неправильная установка резца.
Крупные риски, уступы; заусенцы на оживальной части сердечника	Затупился резец. Неправильная заточка резца.
Дробленая обработанная поверхность	Вибрации резца. Затупился резец. Слабое крепление резца или сердечника. Резец установлен не по центру сердечника.
Эксцентричное расположение обработанной поверхности (косая фигура)	Биение шпинделя или цанги.
Обточка с подрезкой цилиндрической части	Неправильно установлен резец.
Грубые заусенцы на торце	Затупился резец.
Притупление вершинки	Неправильная заточка резца. Неправильная подача сердечника в цангу.
Заусенцы на торце стаканчика	Затупился резец. Неправильная заточка резца.
Неровный срез	Преждевременный подход резца.
Царапины на поверхности стаканчика	Неплотное крепление стаканчика в цанге.
Царапины, задиры на поверхности крепления	Слабое крепление стакана.
Дробленная обработанная поверхность	Слабое крепление стакана или резца. Затупился резец. Резец установлен не по центру стакана.
Грубые заусенцы	Затупился резец. Неправильно заточен резец.
Грубые заусенцы в затравочных отверстиях	Затупились сверла.
Большой диаметр затравочного отверстия	Биение сверла, несимметрично заточены перья сверла.

Окончание табл.16.23

1	2
Одно или более двух затравочных отверстий	Сломалось сверло или гильза попала на вторичное сверление.
Заусенцы по кромке торца оболочки	Провертывание оболочки в цанге. Тупая или неправильная заточка зенковки.
Дробленная обработанная поверхность	Вибрация зенковки или изделия. Слабое крепление инструмента или детали. Затупилась зенковка.
Грубые отпечатки на цилиндрической части	Мал размер цанги.
Косая фаска	Биение шпинделя или цанги.
Эллипсоидность обработанной поверхности сверх допуска	Велико расстояние от поверхности скоса ножа до линии центров.
Огранка обработанной поверхности сверх допуска	Малое расстояние от поверхности скоса до линии центров. Высокая твердость шлифующего круга. Затупился ведущий круг.

Библиографический список

Справочник технолога-приборостроителя: В 2 т. Т. 1 / Под ред. П. В. Сыроватченко. М.: Машиностроение, 1980. 607 с.

17. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

17.1. Классификация процессов и способов термической обработки

Термической обработкой называют процесс обработки металлических деталей путем регулируемого теплового воздействия и охлаждения с целью формирования определенной структуры и свойств металла детали в заданном направлении и в выделенных контролируемых зонах. Это воздействие может сочетаться также с деформационным, химическим и другими воздействиями.

Термическая обработка является одним из важнейших методов обработки, реализуемых совместно с методом обработки металлов давлением, в частности холодной штамповкой, в комплексной технологии изготовления металлических элементов патронов.

Основное назначение термической обработки при изготовлении гильз, оболочек, сердечников и других элементов патронов:

- восстановление пластических свойств (штампуемости) металла после холодной обработки давлением;
- придание готовым деталям совместно с операциями холодной штамповки заданных механических свойств;
- устранение остаточных вредных напряжений, приводящих к самопроизвольному растрескиванию латунных гильз и закаленных стальных сердечников.

От успешного проведения термической обработки зависят:

- качество выпускаемых элементов патронов и патронов в целом, определяемое надежностью их функционирования;
- продолжительность технологического цикла;
- стойкость рабочего инструмента.

Вид термообработки определяется типом фазовых и структурных изменений в металле при нагреве и охлаждении. Термическая обработка в целом подразделяется на собственно термическую, термомеханическую и химико-термическую. Собственно термическая обработка заключается только в термическом воздействии на металл или сплав, термомеханическая – в сочетании термического воздействия и пластической деформации, химико-термическая – в сочетании термического и химического воздействия.

Термическая обработка включает следующие основные виды: отжиг, закалку, отпуск и старение. Эти виды термической обработки относятся и к сталям, и к цветным металлам и сплавам. Каждый из видов термообработки подразделяется на подвиды, разновидности и способы выполнения.

Производственные названия отдельных процессов термообработки складывались исторически и основывались не на характере внутренних превращений в металле или сплаве, а на чисто внешних признаках. В связи с этим при употреблении некоторых производственных названий термической обработки, например «нормализация», иногда трудно понять, какова физическая природа процессов, о которых идет речь. В таких случаях следует применять, или вместо производственного термина, или параллельно с ним, термин по принятой, научнообоснованной классификации (рис. 17.1) [1].

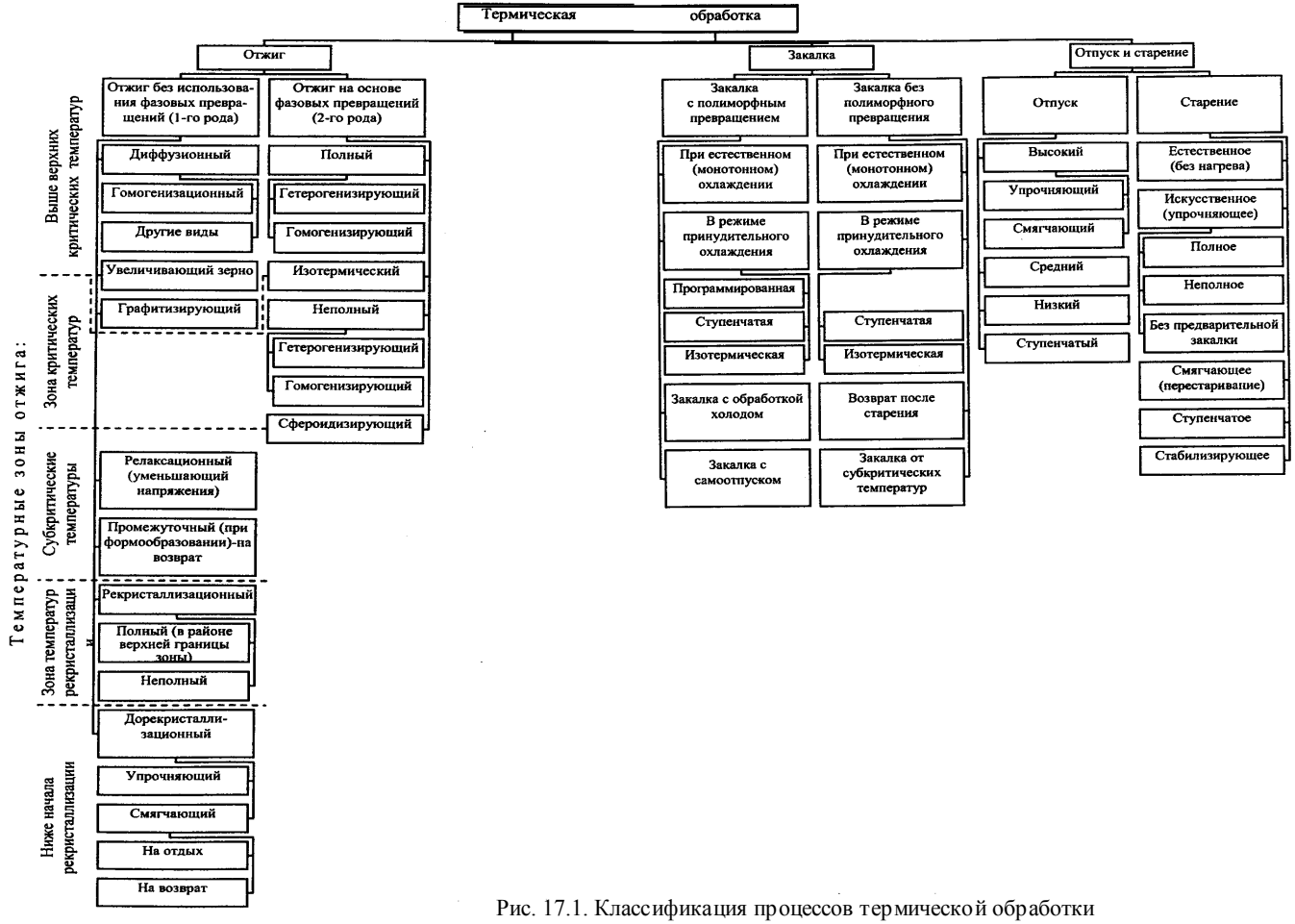


Рис. 17.1. Классификация процессов термической обработки

Подвидами отжига являются отжиг 1-го рода и отжиг 2-го рода. Отжиг 1-го рода частично или полностью устраняет отклонения от равновесного состояния, возникшие при предыдущей обработке, например штамповке, причем его проведение не обусловлено фазовыми превращениями. Его основные разновидности, применяемые в производстве: отжиг промежуточный, рекристаллизационный, дорекристаллизационный.

Отжиг промежуточный – различные частные варианты отжига при субкритических температурах (например, ниже критической точки AC_1, для сталей), выполняемые с целью устранения наклепа металла, полученного на предшествующей штамповочной операции и затрудняющего деформацию на последующей штамповочной операции.

Рекристаллизационный отжиг – это термическая обработка деформированного металла или сплава, при которой главным процессом является рекристаллизация. Рекристаллизационный отжиг может быть полным (в районе верхней температурной границы рекристаллизации) и неполным (при температурах начала рекристаллизации).

Дорекристаллизационный отжиг – это термическая обработка деформированного металла или сплава при температуре ниже температуры начала рекристаллизации, при которой главным процессом, протекающим в металле, будет возврат. Возврат есть совокупность любых самопроизвольных процессов изменения плотности и распределения дефектов в деформированных кристаллах до начала рекристаллизации. Если возврат протекает без образования и миграции субграниц внутри деформированных зерен, то его называют отдыхом. Если же при возврате внутри деформированных кристаллитов формируются и мигрируют малоугловые границы, то его называют полигонизацией. Различают дорекристаллизационный отжиг упрочняющий, смягчающий и для снятия остаточных напряжений в детали.

Отжиг дорекристаллизационный упрочняющий – отжиг наклепанного металла или однофазного сплава при температуре ниже температуры начала рекристаллизации с целью повышения предела упругости и прочностных свойств.

Отжиг дорекристаллизационный смягчающий проводится при тех же температурах, но для других металлов и сплавов, с целью частичного устранения наклепа.

Отжиг дорекристаллизационный для уменьшения остаточных напряжений в отштампованных деталях, изготавливаемых, например, из латуней, содержащих более 20% цинка, позволяет предотвратить коррозионное растрескивание, но при этом сохранить высокие прочностные свойства.

Отжиг 2-го рода основан на использовании диффузионных фазовых превращений при охлаждении металлов и сплавов.

Отжиг 2-го рода можно проводить с полным или неполным изменением фазового состава, когда фазы, стабильные при повышенной температуре, исчезают при охлаждении, например, распад аустенита с образованием перлитной структуры после полной или неполной перекристаллизации (отжиг гетерогенизирующий). Отжиг полный гомогенизующий – отжиг, например, с целью измельчения зерна, устранения текстуры, получения равномерного распределения структурных составляющих.

Закалка, как и отжиг 2-го рода, может применяться только к тем металлам и сплавам, в которых протекают фазовые превращения в твердом состоянии. Температура нагрева и время выдержки при закалке должны быть такими, чтобы произошли необходимые структурные изменения, например образование высокотемпературной фазы в результате полиморфного превращения, растворение избыточной фазы в матричной и др. Скорость охлаждения при закалке должна быть достаточно велика, чтобы при понижении температуры не успели произойти обратные фазовые превращения, связанные с диффузией или самодиффузией. Существуют два вида закалки: без полиморфного превращения и с полиморфным превращением.

Закалка без полиморфного превращения – это термическая обработка, фиксирующая при более низкой температуре состояние сплава, свойственное ему при более высокой температуре. Этот вид закалки применим к любым сплавам, в которых одна фаза полностью или частично растворяется в другой. Но в зависимости от вида сплавов она может по-разному влиять на его свойства: либо повышать прочность и снижать пластичность, либо снижать прочность и повышать пластичность, либо повышать и прочность, и пластичность.

Закалка с полиморфным превращением (закалка на мартенсит) – это термическая обработка метала или сплава, при которой главным процессом является мартенситное превращение высокотемпературной фазы. Эта закалка в принципе применима к любым металлам и сплавам, в которых при охлаждении перестраивается кристаллическая решетка.

Отпуску подвергают сплавы, закаленные на мартенсит. Структура закаленной стали метастабильна. При нагреве после закалки вследствие увеличивающейся подвижности атомов создаются условия для процессов, изменяющих структуру стали в направлении к более равновесному состоянию. Главный процесс при отпуске стали – распад мартенсита с выделением карбидов. В отличие от отпуска старение – это термическая обработка, при которой в сплаве, подвергнутом закалке без полиморфного превращения, главным процессом является распад пересыщенного твердого раствора.

Применение основных процессов термообработки в патронном производстве показано в табл. 17.1.

Таблица 17.1

Процессы термообработки, применяемые в производстве патронов

Вид	Назначение	Элементы патронов, подвергаемые термической обработке	Технологическая операция, после которой производится термообработка
Рекристаллизационный отжиг	Для снятия наклепа и повышения пластичности, устранения или уменьшения структурной неоднородности	Полуфабрикаты гильз, оболочек, стаканов, втулок и т.п.	Вырубка и свертка колпака, выдавливание чашки; промежуточные вытяжки. Рубка стальной заготовки.
Местный рекристаллизационный отжиг	Для снятия наклепа и повышения пластических свойств полуфабриката гильзы перед обжимом и для обеспечения определенных механических свойств верхней части готовой гильзы	Гильза	Вторая штамповка. Пробивка затравочных отверстий.
Закалка	Для получения высокой твердости и повышенной прочности	Сердечник	Предварительная и окончательная обточка оживальной части
Цианирование-закалка	Для повышения твердости поверхностного слоя детали	Рубящая трубка	Штамповка и пробивка трубки
Отпуск	Для полного или частичного устранения внутренних напряжений, снижения твердости и повышения вязкости	Рубящая трубка, сердечник	Штамповка и пробивка трубок. Окончательная обточка оживальной части сердечника.
Сушка*	Для удаления влаги после промывки в воде, мыльном растворе, растворе лака	Гильза, оболочка, стакан и т.п.	Промывка. Лакирование.

* Сушка есть процесс тепловой, но не термической обработки, так как она не изменяет структуру металла

17.2. Отжиг рекристаллизационный

Рекристаллизационный отжиг заключается в нагреве упрочненного (наклепанного) в результате пластической деформации металла до температур рекристаллизации, выдержке при заданной температуре и охлаждении на воздухе.

Различают две основные стадии процесса устранения следов наклепа при нагреве: возврат и рекристаллизацию.

Стадия возврата включает все процессы до начала рекристаллизации, а именно уменьшение концентрации точечных дефектов и перераспределение дислокаций без образования границ (отдых) или с образованием и миграцией малоугловых границ зерен и заметным изменением структуры (полигонизация).

После больших степеней холодной деформации полигонизация, как правило, не наблюдается.

Рекристаллизация – самый распространенный из процессов, формирующих структуру металлов и сплавов, а следовательно, изменяющих механические и физические свойства и их анизотропию.

Различают первичную, собирательную и вторичную стадии рекристаллизации.

Первичная рекристаллизация представляет собой процесс формирования и роста в деформированном объеме (матрице) новых зерен, свободных от искажений или значительно более совершенных, чем деформированный объем (матрица), и отделенных от него границами с большими углами разориентировки. Первичная рекристаллизация протекает при нагреве материала, подвергнутого деформации определенной степени, величина которой зависит от условий деформации и нагрева.

Основными параметрами рекристаллизации являются скорость зарождения центров N (число зародышей, образующихся в единицу времени$\Delta N / \Delta\tau$) и скорость роста G (увеличение линейного размера зародыша в единицу времени – $\Delta D / \Delta\tau$). Скорость рекристаллизации и характер структуры к концу первичной рекристаллизации определяются соотношением скоростей N и G. Конечный размер зерна тем меньше, чем больше N и меньше G.

На протекание процесса и на его параметры (скорость, температуры начала и конца рекристаллизации $Т_{р}^{н}$ и $Т_{р}^{к}$, длительность процесса τ) влияют следующие основные факторы: степень деформации, температура нагрева, длительность отжига, скорость нагрева, скорость деформации, величина исходного зерна, нерастворенные включения и негетерогенность сплава.

С повышением степени деформации выше начальной (ε_0) повышаются значения N и G и в целом скорость рекристаллизации.

Как правило, с увеличением значения ε выше 15…20% рост G прекращается. Если степень деформации ниже начальной, то при нагреве идет только полигонизация, которая уменьшает перепад искажений между соседними кристаллитами и затрудняет рекристаллизацию.

Повышение температуры нагрева, а также все факторы, усиливающие неоднородность деформации, смещают начальную деформацию в сторону меньших степеней деформации.

При медленном нагреве с повышением температуры увеличивается продолжительность пребывания металла при высокой температуре и частичное протекание собирательной рекристаллизации, что в свою очередь увеличивает зерно. Длительность отжига также увеличивает зерно.

Повышение скорости нагрева уменьшает или исключает возможность протекания отдыха металла, что облегчает зарождение и рост новых зерен; способствует увеличению параметров N и G при преимущественном росте

величины N, что приводит к измельчению структуры, увеличивает температуру начала $T_{рн}$, и конца $T_{рк}$ рекристаллизации.

Влияние скорости нагрева может быть эффективно использовано для измельчения структуры; для этого комбинируют кратковременный высокотемпературный скоростной нагрев, при котором возникает большое число зародышей, и последующую изотермическую выдержку при более низкой температуре.

Увеличение скорости деформации смещает величину ε_0 в сторону меньших деформаций. Уменьшение величины исходного зерна ускоряет процесс первичной рекристаллизации.

Растворимые примеси и легирование существенно влияют на скорость первичной рекристаллизации.

Наличие дисперсных частиц в сплаве тормозит процесс рекристаллизации. Наиболее высоким температурным уровнем рекристаллизации обладают стареющие сплавы, в которых частицы дисперсных фаз, выделяющихся из раствора при нагреве, резко уменьшают параметр G. С другой стороны, относительно малое число частиц карбида типа Fe_3C в малоуглеродистой стали снижает температуру начала рекристаллизации на 50° по сравнению с армкожелезом. При этом неравномерное распределение дисперсных частиц, растворяющихся при рекристаллизационном отжиге, может резко ускорить рост отдельных зерен и вызвать разнозернистость к концу первичной рекристаллизации и огрубление структуры при последующей вторичной рекристаллизации.

Наличие нерастворенных примесей уменьшает величину зерна при рекристаллизации после критической степени деформации и уменьшает влияние скорости деформации на величину ε_0.

При собирательной рекристаллизации наблюдается сравнительно равномерный рост одних новых зерен за счет других после окончания первичной рекристаллизации. Эта стадия наступает после того, как выросшие центры рекристаллизации приходят во взаимное соприкосновение. Основной термодинамической движущей силой является стремление к уменьшению зернограничной энергии, реализуемое в сокращении границ при их миграции.

На собирательную рекристаллизацию оказывают влияние температура и длительность отжига, растворимые примеси, дисперсные включения, толщина заготовки.

С повышением температуры и увеличением длительности отжига средний размер зерен увеличивается.

Введение в твердый раствор чужеродных атомов резко снижает скорость миграции границ и тормозит процесс собирательной рекристаллизации.

Дисперсные частицы избыточных фаз могут резко тормозить рост зерен вплоть до полного его прекращения.

Чем больше объемная доля включений, чем они меньше и чем хуже сопряженность решеток фазы и матрицы, тем сильнее тормозящее влияние частиц.

В изделиях (полуфабрикатах), имеющих малые размеры (толщину), рост зерен затормаживается или даже прекращается и при отсутствии дисперсных включений.

При вторичной рекристаллизации наблюдается рост зерен после окончания первичной рекристаллизации при последующем нагреве до более высоких температур, в результате которого возникает структура с неоднородными размерами зерен.

Разнозернистость может исчезнуть только после завершения процесса рекристаллизации.

17.3. Влияние рекристаллизационного отжига на структуру и механические свойства металлов

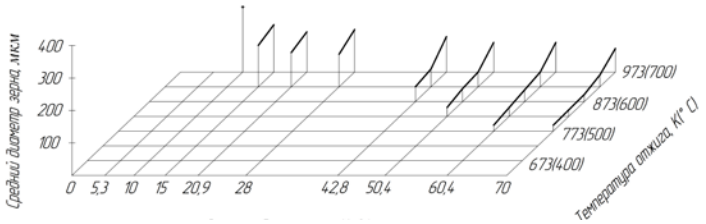
Влияние различных факторов на рекристаллизацию, в частности на величину зерна после рекристаллизации, определяют по трехмерным диаграммам рекристаллизации, на которых показана зависимость средней величины зерна $D_{ср}$ от средней степени деформации ε_i и температуры отжига T°К (диаграммы первого рода) или температуры горячей деформации (диаграмма второго рода).

Диаграммы рекристаллизации широко используются при выборе режимов отжигов для промежуточных и окончательных операций и технологических режимов обработки давлением.

Анализ диаграмм рекристаллизации показал следующее:

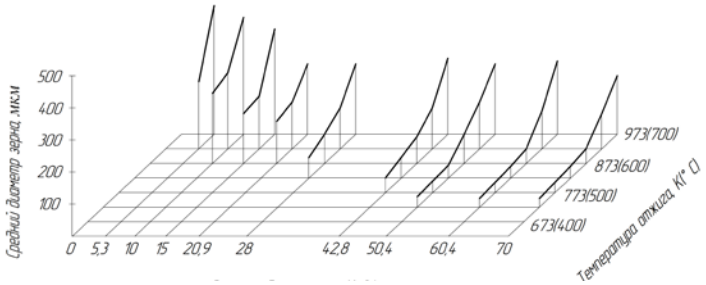
- повышение температуры отжига или нагрева при горячей обработке давлением приводит к росту зерна;
- с увеличением степени деформации температура начала рекристаллизации понижается и уменьшается интенсивность роста зерен с повышением температуры отжига;
- с уменьшением степени деформации температура начала рекристаллизации повышается, а рост зерен становится более интенсивным;
- для латуней критическая степень деформации равна $\varepsilon_{кр}$ = 3…8%;
- увеличение длительности отжига понижает температуру начала рекристаллизации и почти исключает влияние степени деформации на величину зерна при высоких температурах.

На рис. 17.2 показаны диаграммы рекристаллизации латуни Л70 состава, %: 70,12 Cu; 29,85 Zn; 0,01 Pb; 0,01 Fe. Слитки подвергались горячей, первичной холодной прокатке, отжигу при 923 К (650°С). Величина исходного зерна 500 мкм, окончательная обработка – холодная прокатка.



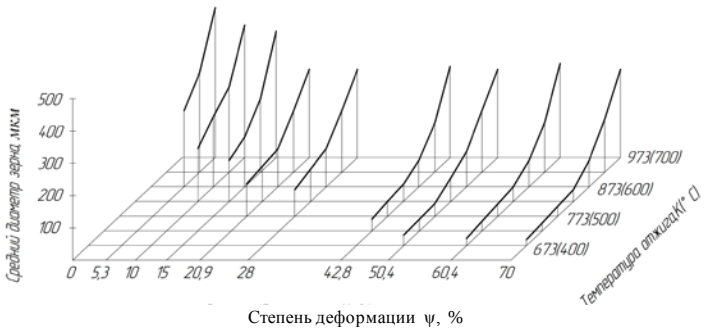
Степень деформации ψ, %

а



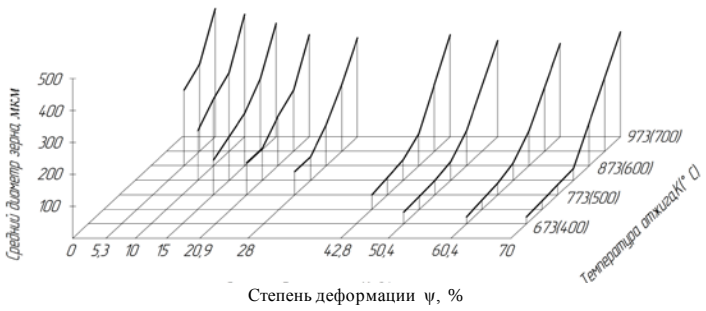
Степень деформации ψ, %

б



Степень деформации ψ, %

в



Степень деформации ψ, %

г

Рис. 17.2. Диаграммы рекристаллизации латуни Л70 при длительности отжига, мин: *а* – 0,5; *б* – 2; *в* – 32; *г* – 60

Исследованием механических свойств гильзовой латуни Л67/33, подвергнутой предварительной деформации при различных температурах отжига, было установлено пять характерных температурных зон (рис. 17.3): *1* – 473-548 К (200-275°С); *2* – 548-623 К (275-350°С); *3* – 623-1023 К (350-740°С); *4* – 1023-1103 К (750-830°С); *5* – 1103 К (830°С) до температуры плавления.

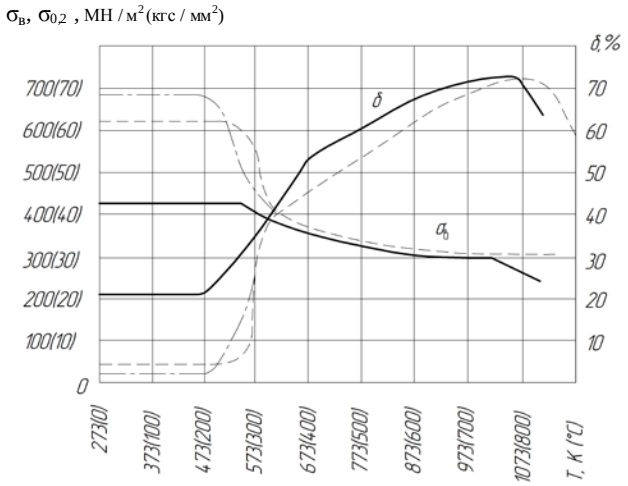


Рис. 17.3. Влияние температуры рекристаллизационного отжига на механические свойства гильзовой латуни при различных степенях предварительной деформации ψ,%:
1 – 28,6; *2* – 55,5; *3* – 75

В первой зоне при всех степенях деформации $\psi = (1 - F/F_0)100\%$ механические свойства латуни практически не изменяются с повышением температуры нагрева.

При нагреве в интервале температур второй зоны наблюдается интенсивное уменьшение временного сопротивления $\sigma_в$, пределов упругости σ_e и текучести $\sigma_{0,2}$ и повышение показателей пластичности (δ, ψ и др.). В этом интервале температуры механические свойства латуни нестабильны.

Вторая зона соответствует нижней границе рекристаллизации и определяет температуру начала рекристаллизации. При нагреве в интервале температуры третьей зоны происходит более равномерное изменение механических свойств, являющееся следствием интенсивного протекания процесса рекристаллизации, сопровождающегося ростом зерен.

Верхняя граница температур третьей зоны определяет верхнюю границу рекристаллизации, температуру $T_{\text{р}}^{\text{в}}$, на практике за верхний предел темпера-

туры рекристаллизации для гильзовой латуни принимают температуру 873…1023 К (600…750°С).

Изменение твердости *HV* наклепанной латуни Л68 в зависимости от температуры отжига, характеризующее температуры начала $T_{р}^{н}$ и конца рекристаллизации $T_{р}^{к}$ показано на рис. 8.54 т. 1.

Изменение временного сопротивления $\sigma_в$ и относительного удлинения δ гильзовой латуни Л68 в зависимости от температуры и продолжительности отжига при толщине заготовок 0,3 мм и степени предварительной деформации ψ = 65% показано на рис. 17.4–17.7.

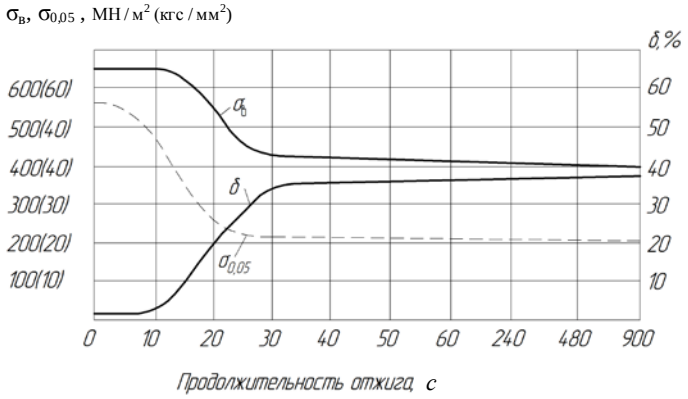


Рис. 17.4. Зависимость механических свойств латуни (Cu 67%) от продолжительности отжига при температуре 673 К (400°С)

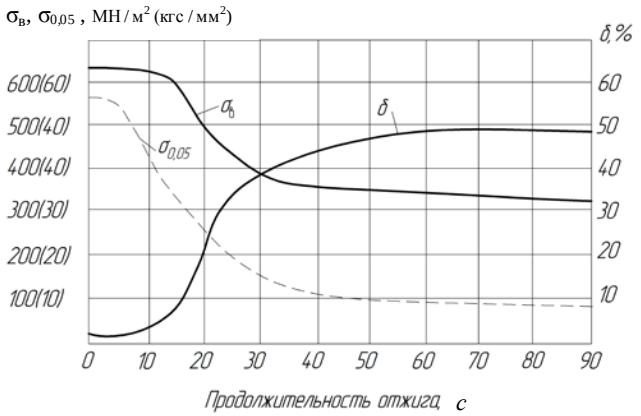


Рис. 17.5. Зависимость механических свойств латуни (Cu 67%) от продолжительности отжига при температуре 823 К (550°С)

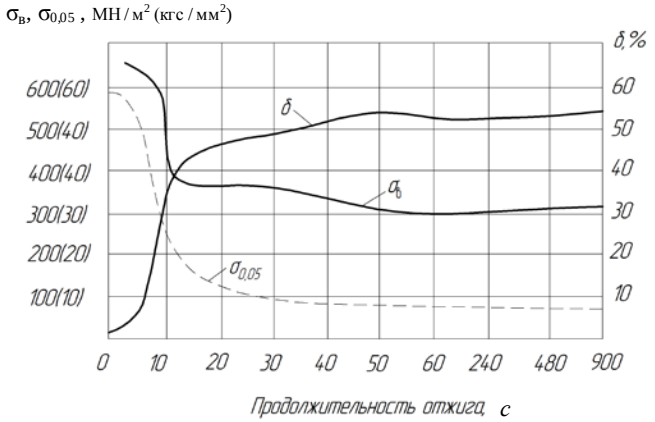


Рис. 17.6. Зависимость механических свойств латуни (Cu 67%) от продолжительности отжига при температуре 923 К (650°С)

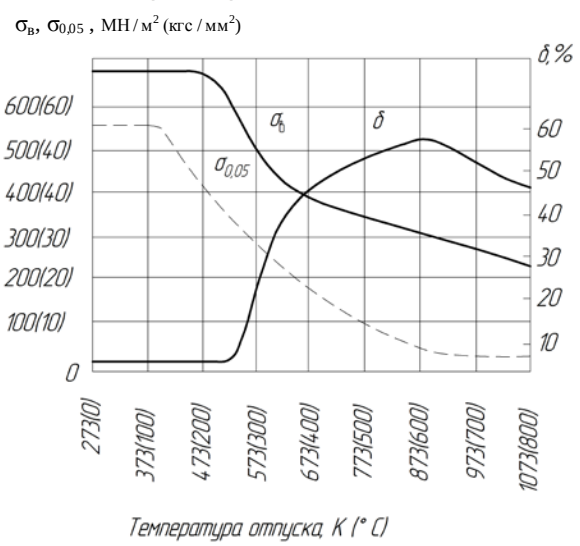


Рис. 17.7. Зависимость механических свойств латуни (Cu 67%) от температуры отжига при его продолжительности 5 мин

Диаграммы рекристаллизации низкоуглеродистых сталей, близких по составу к сталям, применяемым в патронном производстве, показаны на рис. 17.8–17.9. Исходными заготовками служили катанные прутки диаметром 20 мм, нормализованные при 1273 К (1000°С) с применением окончательной обработки холодным осаживанием.

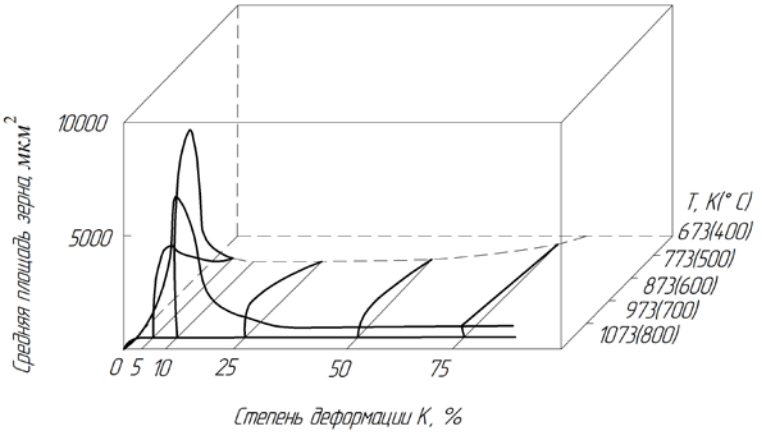


Рис. 17.8. Диаграмма рекристаллизации малоуглеродистой стали (0,09% C; 0,16% Si; 0,33% Mn; 0,009% P; 0,005% S) с величиной исходного зерна 1550…1800 мкм

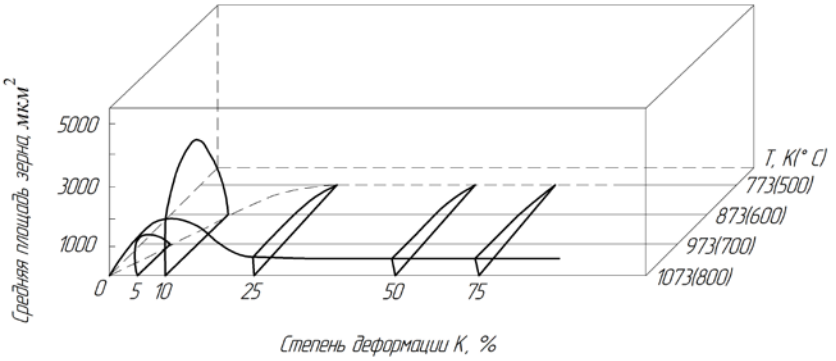


Рис. 17.9. Диаграмма рекристаллизации малоуглеродистой стали (0,18% C; 0,18% Si; 0,52% Mn; 0,46% P; 0,123% S) с величиной исходного зерна 1450…1550 мкм

Отмеченные выше закономерности влияния степени предварительной деформации и температуры отжига на величину зерна справедливы и для сталей. Величина критической степени деформации для малоуглеродистых сталей находится в пределах 8…10%.

Зависимости твердости *HV* малоуглеродистых сталей 11кп и 18ЮА от температуры отжига при различных степенях деформации $\psi = (1 - F/F_0)100\%$ показаны на рис. 8.52–8.53 т. 1, откуда следует, что с повышением температуры нагрева в интервале от 273 К (0°С) до 423…473 К (150…200°С) твердость сталей не изменяется; в интервале от 423…473 К (150…200°С) до 573…623 К (300…350°С) с повышением температуры наблюдается некоторое увеличение твердости; в интервале от 573…623 К

(300…350°С) до 923 К (650°С) с повышением температуры твердость малоуглеродистых сталей резко уменьшается; интервал 773…873 К (500…600°С) является нижней границей температуры рекристаллизации $Т_{р}^{н}$ для малоуглеродистых сталей.

На структуру и механические свойства малоуглеродистых сталей существенное влияние оказывает скорость электронагрева и скорость охлаждения (рис. 17.10 и 17.11).

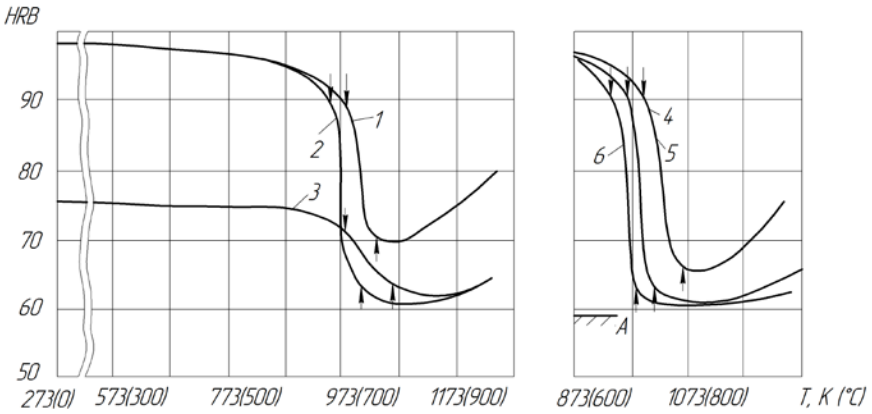


Рис. 17.10. Изменение твердости при отжиге малоуглеродистой стали с различными скоростями нагрева и охлаждения: *1* – ε = 60%; *а* – 300 град/с; охлаждение в воде; *2* – ε = 60 %; *а* – 300 град/с; охлаждение на воздухе; *3* – ε = 9,8 %; *а* – 300 град/с; охлаждение на воздухе; *4* – ε = 60 %; *а* – 1000 град/с; охлаждение в воде; *5* – ε = 60 %; а – 1000 град/с; охлаждение на воздухе; *6* – ε = 60 %; *а* – 10 град/с; охлаждение на воздухе; *А* – твердость перед деформацией; ↓ – начало рекристаллизации; ↑ – конец рекристаллизации

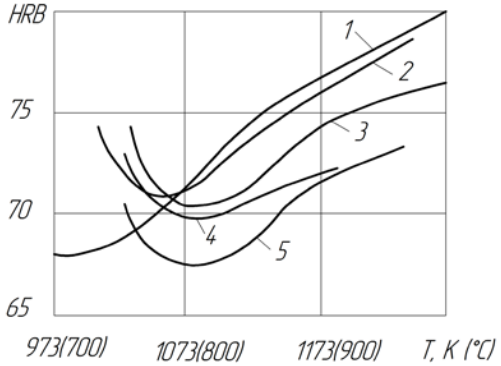


Рис. 17.11. Зависимость твердости малоуглеродистой стали от температуры при различных скоростях нагрева (охлаждение в воде), град/с: *1* – 03; *2* – 30; *3* – 1000; *4* – 4000; *5* – 5000

При нагреве выше температур окончания рекристаллизации 973…1073 К (700…800°С) и при охлаждении заготовок на воздухе независимо от скорости нагрева достигается почти полное разупрочнение. Полученные при этом значения твердости всего на несколько единиц выше минимальных значений, которые могут быть достигнуты при отжиге в печи в течение одного часа.

Твердость образцов из малоуглеродистой стали при охлаждении их в циркулирующей воде получается значительно выше, чем при охлаждении на воздухе (рис. 17.10). Твердость при охлаждении в воде повышается с увеличением температуры отжига и с понижением скорости нагрева (рис. 17.11). Изменение твердости при увеличении скорости охлаждения обусловлено закалкой локальных объемов аустенита, образовавшихся при нагреве выше точки AC_1.

При больших увеличениях видно, что структура этих участков состоит из тросто-мартенсита или тросто-сорбита с микротвердостью соответственно 5880 и 3920 МН/м^2 (600…400 кгс/мм^2).

При замедленном охлаждении полуфабрикатов на воздухе образовавшиеся объемы аустенита полностью распадаются с образованием сравнительно крупных зерен феррита и с выделением цементита по границам зерен.

В случае многократных промежуточных отжигов в интервале AC_1–AC_3 и охлаждения полуфабрикатов из малоуглеродистой стали в воде дисперсность цементита постепенно увеличивается, а твердость отожженного металла возрастает. Эти данные свидетельствуют о том, что для малоуглеродистой стали при ускоренном ее охлаждении в воде трудно подобрать технологически стабильный режим отжига, который обеспечивал бы достаточно низкую твердость. Особенно это трудно осуществить в случае многократных промежуточных отжигов, чередующихся с пластической деформацией.

Изменение механических свойств малоуглеродистой стали (С – 0,09; Si – 0,20; Mn – 0,23; P – 0,011; S – 0,012; Cr – 0,09; Ni – 0,15%) при нагреве со скоростями 50 и 1000 град/с показано на рис. 17.12. При нагреве выше 1023 К (750°С) на образцах с деформациями, равными 10 и 54%, достигается полное восстановление пластических свойств. При дальнейшем повышении температур отжига до 1273 К (1000°С) механические свойства низкоуглеродистой стали существенно не изменяются. Сравнение средних значений временного сопротивления $\sigma_в$ и предела текучести $\sigma_{0,2}$, получаемых при продолжительном (1 час) отжиге в печи и при кратковременном контактном электронагреве, показывает, что в первом случае получаемые значения $\sigma_в$ и $\sigma_{0,2}$ всего на 9,8…19,6 МН/мм^2 (1…2 кгс/мм^2) меньше, чем в последнем случае, а относительное удлинение при электронагреве при температурах 1023…1223 К (750…950°С) оказалось на 1…2% выше, чем при отжиге в печи.

При отжиге низкоуглеродистых сталей в интервале критических температур A_1–A_3 наблюдается понижение ударной вязкости при пониженных температурах от -40 до -60°С.

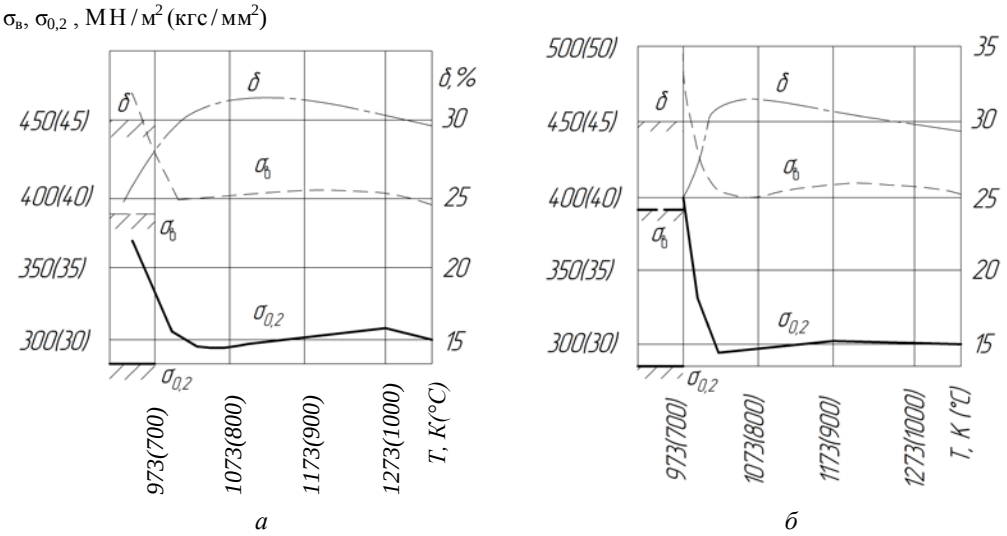


Рис. 17.12. Изменение механических свойств малоуглеродистой стали в зависимости от температуры отжига при различных скоростях нагрева (охлаждение на воздухе): *а* – скорость нагрева 50 град/с; *б* – скорость нагрева 1000 град/с

Микроструктура и механические свойства гильзовой стали 18ЮА (Н18) после различной термообработки приведены в табл. 17.2–17.5 (по данным Института металлов).

Таблица 17.2

Микроструктура и твердость холоднокатаной стали 18ЮА (Н18) после термической обработки

Вид термической обработки	Микроструктура	Твердость *НВ*
1	2	3
Исходное состояние	Равномерно распределенный мелкозернистый цементит в ферритной массе. Мелкое ферритное зерно	140-150
Закалка при T = 953…993 К (680…720°С)	Ферритно-перлитная структура. Перлит сорбитовидный	145
Закалка при T = 1013-1133 К (740…860°С)	Ферритно-перлитная структура в микроструктуре из сорбитовидного перлита. В ферритной массе появляются участки тростита	220…250 (при температуре закалки 1013 К) 280…340 (при температуре закалки 1133 К)

Окончание табл. 17.2

1	2	3
Закалка при T = 1233 К (960°С)	В ферритной массе появляется мартенсит и тросто-сорбит	300…370
Закалка при T = 1193 К (920°С) с последующим отпуском при T = 373…573 К (100…300˚С)	В ферритной массе мартенсит и тросто-сорбит	360
Закалка при T = 1193 К (920°С) с последующим отпуском при T = 673…873 К (400…600°С)	Образуется сорбит, ориентированный по мартенситу	290…300 (при температуре отпуска 673 К) 170…180 (при температуре отпуска 873 К)
Закалка при T = 1193 К (920°С) с последующим отпуском при T = 923…973 К (650…700°С)	Сорбит	150

Таблица 17.3

Механические свойства отожженных полос из стали 18ЮА с различной степенью обжатия в зависимости от положения образца по высоте слитка

Степень обжатия при холодной прокатке, %	Место отбора пробы по высоте слитка	$\sigma_в$, МН/м^2 (кгс/мм^2)	δ, %	a_K, Дж/м^2 10^{-5} (кгс/см^2)
10	Верх	406 (41,5)	21,0	170 (17,3)
	Середина	430 (43,8)	20,5	195 (19,9)
	Низ	428 (43,7)	20,3	210 (21,4)
30	Верх	391 (39,9)	27,5	242 (24,7)
	Середина	380 (38,9)	27,1	199 (20,3)
	Низ	405 (41,2)	23,5	235 (24,0)
56	Верх	407 (41,6)	28,4	216 (22,1)
	Середина	395 (40,8)	30,0	187 (19,1)
	Низ	384 (39,2)	30,3	196 (20,0)

Таблица 17.4

Механические свойства холоднокатаной стали 18ЮА (Н18) после различной термической обработки

Вид термической обработки	$\sigma_{пц}$, МН/м^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_{0,2}$, МН/м^2 (кгс/мм^2)	$\sigma_в$, МН/м^2 (кгс/мм^2)	δ, %	ψ, %	a_K, Дж/м^2 (кгс/см^2)
1	2	3	4	5	6	7
Отпуск T=923 К (650°С)	247 (25,2)	262 (26,7)	372 (37,9)	35,8	86,2	292 (29,8)
Закалка T=978 К (570°С)	296 (30,3)	314 (32,0)	440 (44,8)	35,6	85,6	266 (27,1)
Закалка-отпуск Т=1193 К (920°С) $T_{отл}$=923 К (650°С)	294 (30,0)	349 (35,6)	460 (46,8)	35,2	84,0	245 (25,0)

Окончание табл. 17.4

1	2	3	4	5	6	7
После предварительного растяжения на 10%						
Отпуск 923 К (650°С)	352 (35,9)	425 (43,3)	457 (46,7)	25,2	84,0	212 (21,6)
Закалка Т=978 К (570°С)	438 (44,6)	482 (49,2)	506 (51,6)	22,5	84,1	174 (17,8)
Закалка-отпуск T=1193 К (920°С) $T_{отл}$=923 К (650°С)	456 (46,4)	505 (51,5)	520 (53,0)	19,1	84,1	169 (17,2)
После предварительного растяжения на 10% и отпуска при T=523 К (250°С)						
Отпуск 923 К (650°С)	400 (40,9)	434 (44,2)	466 (47,5)	20,8	84,1	188 (19,2)
Закалка T=978 К (705°С)	460 (46,8)	475 (48,5)	507 (51,7)	21,2	84,1	184 (18,8)
Закалка-отпуск T=1193 К (920°С) Tотл=923 К (650°С)	484 (49,3)	490 (49,8)	520 (53,1)	19,6	84,1	172 (17,5)

Таблица 17.5

Механические свойства горячекатаной стали 18ЮА

Степень деформации ψ, %	Без термической обработки			После улучшения		
	$\sigma_в$, МН/м^2 (кгс/мм^2)	δ, %	a_K, Дж/м^{2}10^{-5} (кгс/см^2)	$\sigma_в$, МН/м^2 (кгс/мм^2)	δ, %	a_K, Дж/м^{2}10^{-5} (кгс/см^2)
Наклепанное состояние						
10	518 (52,8)	20,3	146 (14,9)	550 (56,1)	19,5	135 (13,8)
30	611 (62,3)	15,0	135 (13,8)	663 (67,7)	13,5	100 (10,2)
60	783 (79,9)	12,6	94 (9,6)	820 (82,5)	10,8	94 (9,6)
Отожженное состояние						
10	460 (47,0)	32,9	240 (24,4)	478 (48,7)	32,4	185 (18,9)
30	392 (40,0)	35,1	318 (32,5)	415 (42,2)	42,2	274 (28,0)
60	402 (41,0)	40,0	302 (30,8)	410 (41,7)	41,2	246 (25,1)

17.4. Закалка и отпуск

Закалкой называется нагрев стали выше критической точки AC_3 или AC_1 с последующим быстрым охлаждением.

Назначение закалки – получение высокой твердости. Нагрев под закалку производится при температурах на 30…50° выше линии *GSK*-диаграммы «железо–цементит». На процесс закалки влияют четыре основных фактора: скорость нагрева, температура нагрева, продолжительность выдержки и скорость охлаждения. Однако основным и решающим фактором, определяющим получение различной твердости и различных физико-механических свойств стали, является скорость охлаждения.

Минимальная скорость охлаждения, при которой образуется структура мартенсита, называется критической скоростью закалки ($\upsilon_{кр}$). Мартенсит имеет характерное игольчатое строение и является основной структурой закаленной стали, поэтому знание скорости охлаждения, при которой в стали образуется структура мартенсита, имеет очень большое значение. Если охлаждение происходит со скоростью меньшей $\upsilon_{кр}$, то мартенситное превращение осуществляется не полностью. Быстрое охлаждение при закалке на мартенсит необходимо только для того, чтобы с достаточной скоростью пройти участок с наименьшей устойчивостью аустенита, во избежание распада его на более мягкую ферритно-цементитную смесь. В патронно-гильзовом производстве бронебойные сердечники обычно изготавливаются из углеродистых инструментальных сталей, имеющих достаточно высокую критическую скорость охлаждения; закалочной средой для таких сталей обычно служит водный раствор. Сердечники к пулям повышенной пробиваемости изготавливают из высокоуглеродистых сталей.

Отпуском называется нагрев закаленной стали до температуры ниже критической точки AC_1 996 К (723°С) с последующим охлаждением.

Целью отпуска является частичное или полное устранение внутренних напряжений, снижение твердости и повышение вязкости.

Отпуску обычно подвергается закаленная сталь со структурой тетрагонального мартенсита и остаточного аустенита.

Находясь в напряженном состоянии, закаленная сталь стремится к своему устойчивому стабильному состоянию, т.е. к превращению мартенсита и остаточного аустенита в ферритно-цементитную смесь.

Изменение структуры при отпуске вызывает изменение механических свойств в закаленной стали. В закаленном состоянии сталь (с содержанием углерода более 0,5%) обладает высокой твердостью (60…64 *HRC*), но небольшой пластичностью и находится в сильно напряженном состоянии. Высокая твердость закаленной стали объясняется искаженностью кристаллической решетки мартенсита.

Если в процессе эксплуатации деталь должна обладать высокой твердостью, то производится низкотемпературный отпуск 423…453 К (150…180°С), в результате которого уменьшаются внутренние напряжения; твердость почти не изменяется, а пластичность несколько повышается.

Если высокая твердость не нужна, а необходимо иметь определенное сочетание прочности и пластичности, то производится высокотемпературный отпуск.

Влияние температуры отпуска на механические свойства углеродистой стали показано на рис. 17.13. По сравнению со свойствами, получаемыми после закалки с повышением температуры отпуска, происходит понижение твердости и прочности и повышение вязкости.

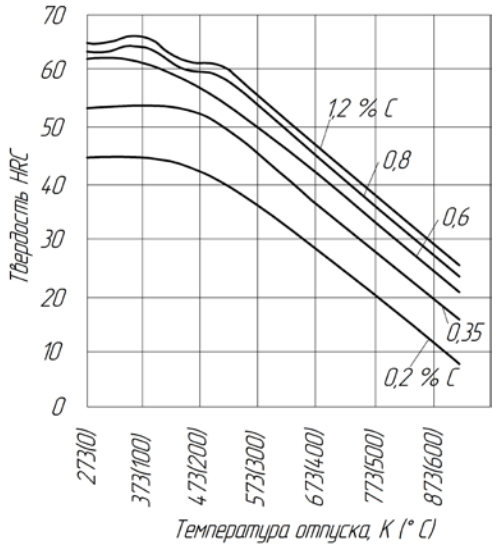


Рис. 17.13. Изменение твердости углеродистой стали в зависимости от температуры отпуска

17.5. Режимы термической обработки

Основными параметрами, определяющими режим термообработки, являются температура нагрева, длительность изотермической выдержки, скорость нагрева и скорость охлаждения.

На выбор режима термической обработки влияют следующие факторы:

- химический состав материала и его состояние;
- вид предшествующей обработки;
- степень деформации при проведении предварительной пластической деформации;
- размеры и конфигурация полуфабрикатов (деталей), подвергаемых термической обработке;
- тип оборудования, применяемого для термической обработки;
- механические свойства и структура готовой детали, устанавливаемые по чертежу.

Как правило, получение необходимых свойств элементов патрона возможно при условии сочетания холодной обработки давлением и термической обработки. Высокое качество элементов патрона может быть достигнуто только при условии однородности структуры и свойств исходного материала в виде полос, лент, прутков и штучных заготовок, поступающих на обработку.

17.5.1. Выбор режима рекристаллизационного отжига

Выбор режима рекристаллизационного отжига представляет одну из наиболее сложных технологических задач, что связано с необходимостью учета влияния различных факторов.

Неправильно выбранный режим отжига приводит к росту брака, снижению стойкости рабочего инструмента, а иногда к совершенной непригодности готовых патронов к стрельбе.

Следует различать два вида рекристаллизационного отжига:

1) полный, предназначенный для полного снятия наклепа и восстановления пластических свойств полуфабрикатов;

2) неполный, предназначенный для частичного восстановления пластических свойств и для формирования необходимых механических свойств совместно с завершающей пластической обработкой.

Полный рекристаллизационный отжиг применяется после промежуточных штамповочных формоизменяющих операций при изготовлении всех металлических элементов патронов.

Неполный рекристаллизационный отжиг применяется иногда перед последней вытяжкой полуфабриката гильзы. В этом случае механические свойства формируются в результате совместной термической и пластической обработки на последней вытяжке. Этот вид отжига часто применяется в производстве артиллерийских гильз. Непосредственно на функционирование гильз существенное влияние оказывает последний рекристаллизационный отжиг.

Режим полного отжига назначается на основании диаграмм изменения механических свойств в зависимости от температуры отжига и диаграммам рекристаллизации с учетом требований по величине допустимого зерна и равномерности структуры.

Для полуфабрикатов из гильзовой латуни температура отжига принимается равной средней температуре рекристаллизации, находящейся в интервале $Т_{р}^{н} - Т_{р}^{к}$ (753…773 – 923…993 К), в зависимости от толщины полуфабриката и порядкового номера операции. Температура отжига должна обеспечить полное протекание рекристаллизации и по возможности исключить рост крупного зерна в зонах полуфабриката с критической деформацией.

Меньшие значения температур рекомендуются для последних вытяжек и более тонкостенных полуфабрикатов. Значительное повышение температур отжига приводит к перегреву и резкому снижению пластических свойств. Увеличение скорости нагрева смещает $Т_{р}^{н}$ и $Т_{р}^{к}$ в сторону более высоких температур. Длительность выдержки при заданной температуре определяется температурой отжига и размерами полуфабриката. При повышении температуры отжига и уменьшении толщины полуфабриката продолжительность отжига сокращается.

Температура полного рекристаллизационного отжига для сталей и биметаллов находится также в интервале $Т_д^н - Т_д^к$ (773…873 – 973…1023 К). Из анализа данных по изменению механических свойств (рис. 8.52-8.53 т. 1, рис. 17.10–17.12 т. 2) видно, что при нагреве выше температур окончания рекристаллизации (973…1023 К) и при охлаждении полуфабрикатов на воздухе независимо от скорости нагрева достигается почти полное разупрочнение.

Существенное значение при штамповке стальных и биметаллических полуфабрикатов имеет получение структуры «феррит–мелкозернистый перлит», что обеспечивает хорошую штампуемость, достаточно высокую стойкость штампового инструмента, а в готовом изделии – необходимую прочность и упругость.

Наиболее простым способом получения зернистого перлита является кратковременный отжиг при температуре выше критической точки.

При условии жесткого контроля интервал температур полного рекристаллизационного отжига для сталей лежит в пределах 993…1023 К (660…750°С). При изготовлении биметаллических гильз на первых термических операциях верхний предел доходит до 1103…1123 К (830…850°С). При трудности обеспечения строгого контроля за температурой рекомендуется снижать температуру отжига до 873…973 К. Высокие температуры отжига приводят к росту крупного зерна в зонах полуфабриката (зонах «угла»), получивших критическую степень деформации ($\varepsilon_{кр}$ = 10…15%).

Металл, получивший критическую степень деформации, после рекристаллизации имеет крупные и неравномерные по величине ферритные зерна.

Следующим фактором, ограничивающим применение более высоких температур нагрева, является повышение твердости полуфабриката при охлаждении в воде. Повышение твердости нарастает с увеличением температуры и уменьшением скорости нагрева.

При больших скоростях нагрева 2000 град/с возможно подобрать температуры отжига, при которых не происходит увеличение твердости при охлаждении в воде.

Значительное повышение температур нагрева до 1173 К и выше приводит к сильному окислению полуфабрикатов и большому расходу электроэнергии.

С увеличением скорости нагрева происходит повышение температур $Т_д^н$ и $Т_д^к$, а следовательно, и температур рекристаллизационного отжига. Длительность отжига определяется необходимостью полного разупрочнения и предотвращения значительного роста ферритного зерна. Разновидностью рекристаллизационного отжига является местный отжиг гильз (отжиг дульца).

Как правило, применяется один местный отжиг полуфабриката штамповки дна перед обжимом дульца.

При обжиме латунных гильз с коэффициентом бутылочности больше 1,2 отжиг применяется для снятия наклепа и облегчения проведения обжима. Местный отжиг после обжима снимает остаточные напряжения, которые мо-

гут привести к самопроизвольному растрескиванию гильз при хранении, и создает условия для прочного соединения пули и гильзы.

Температура первого местного отжига дульца определяется температурой рекристаллизации и для сталей находится в интервале 903…973 К (630…700°С). Длительность выдержки минимальна вследствие малой толщины дульцевой части полуфабрикатов гильз.

Температурный режим второго местного отжига зависит от:

- прочности соединения пули и гильзы (чем прочнее соединение, тем выше температура отжига);
- способа крепления пули в дульце (при запрессовке температура должна быть ниже, чем при завальцовке, при кернении – выше);
- формы накатки на пуле (чем острее переходы, тем выше температура отжига).

Длина зоны местного отжига зависит от:

- условий работы гильзы при выстреле;
- коэффициента бутылочности гильзы (чем больше коэффициент бутылочности, тем длиннее зона отжига, считая от торцовой кромки дульца);
- размера дульца, ската и толщины дульца.

Переход от зоны наклепанного металла к зоне отжига должен быть плавным, в противном случае увеличивается брак при эксплуатации. Для устранения остаточных напряжений в готовых гильзах в некоторых случаях применяется низкотемпературный отжиг (НТО), что наиболее характерно для производства артиллерийских гильз. Температура НТО не должна приводить к значительному изменению свойств и превышать температуру начала рекристаллизации $T_{\text{р}}^{\text{н}}$.

Для латуни Л68, Л70 температура НТО назначается не выше 473…498 К, для стали – 498…543 К.

Целью промежуточного, после штамповки, отжига высокоуглеродистых доэвтектоидных (ст.70, 75) и заэвтектоидных, в том числе инструментальных (У12, У12А), является перекристаллизация для измельчения зерна и получения низкой твердости и структуры зернистого перлита. У некоторых сталей отжиг устраняет карбидную сетку. Температуры нагрева должны быть лишь немного выше Ac_1 (для сталей У11А…У13А – 750…780°С), что позволяет сохранить нерастворенными большую часть избыточных карбидов и образовать структуру зернистого перлита. Поэтому при более низких температурах отжигают эвтектоидные и близкие к ним стали, имеющие мало избыточных карбидов. Если надо устранить карбидную сетку температуру отжига повышают на 10…20°С, но не более. Более высокий нагрев вызывает рост зерен, образование участков пластинчатого перлита, что нежелательно.

Охлаждение в перлитной области (до 620…650°С) должно обеспечить распад аустенита в феритно-карбидную смесь и достаточную степень коагуляции выделившихся цементных частиц. Для предупреждения остаточных напряжений достаточно замедленно охлаждать сталь до 550…600°С.

Условия охлаждения полуфабрикатов после отжига могут оказывать влияние на их свойства.

Латунь можно быстро охлаждать после отжига, не опасаясь фазовых превращений при применяемых температурах.

Быстрое охлаждение латуни до некоторой степени выгодно, так как исключает значительный рост зерна вследствие собирательной рекристаллизации и ускоряет процесс производства.

Быстрое охлаждение стальных полуфабрикатов при температурах выше критической точки AC_1 нежелательно, так как при этом осуществляется закалка. Закалка приводит к повышению твердости полуфабрикатов, снижению стойкости инструмента и возможности обрывов полуфабрикатов на последующих вытяжках.

17.5.2. Выбор режима закалки и отпуска стальных элементов патрона

Нормальной температурой закалки заэвтектоидных сталей (У10–У12 и т.д.) является температура критической точки AC_1 + (30…50°). При этом нагреве возникает структура аустенит и цементит, после охлаждения – мартенсит и цементит. В связи с тем, что быстрое охлаждение необходимо только в интервале наименьшей устойчивости аустенита 923…823 К, а при дальнейшем понижении температуры, особенно в мартенситном интервале, быстрое охлаждение не только не нужно, но и нежелательно, наилучший закалочной средой будет та, которая быстро охлаждает в интервале температур 923…823 К и медленно охлаждает ниже 573…473 К – область мартенситного превращения.

Закалка сердечников, изготавливаемых из материала У12А, производится следующим образом: подогрев до T=473…673 К (200…400°С); нагрев под закалку в среде (78% BaCl + 22% NaCl) до T=1063…1083 К (790…810°С); охлаждение в подогретой (T=292 К) воде; промывка в 3%-ном растворе Na_2CO_3 в воде; отпуск в кипящем 1%-ном растворе соды в воде.

Цианированием называется процесс одновременного насыщения поверхности стали углеродом и азотом; применяется для повышения твердости поверхностного слоя, глубина которого при жидком цианировании не превышает 0,25…0,05 мм.

Температура цианирования 1113…1133 К, время 50…60 мин. Для придания цианированному слою высокой твердости детали подвергаются закалке в масле или воде (в зависимости от марки стали). После закалки производят отпуск при температуре 443…473 К или 553…573 К.

Микроструктура закаленного цианированного слоя – азотистый мартенсит (поверхностный слой), мартенсит – тростит (переходная зона); твердость 63…65 или 44…50 *HRC* в зависимости от температуры отпуска. Цианирование–закалка

Таблица 17.6

Режимы термической обработки

Технологическая операция, предшествующая термической обработке	Сталь 18ЮА		Сталь 11 кп		Биметалл 1		Биметалл 3		Л68		Л70	
	нагрев, *Т* К (°С)	охлаждение	нагрев, *Т* К (°С)	охлаждение	нагрев, *Т* К (°С)	охлаждение	нагрев, *Т* К (°С)	охлаждение	нагрев, *Т* К (°С)	охлаждение	нагрев, *Т* К (°С)	охлаждение
Рекристаллизационный отжиг												
Вырубка кружка	1003±10 (730)	На воздухе	–	–	–	–	–	–	–	–	903-923 (630-650)	На воздухе
Свертка–выдавливание чашки	1003±10 (730)	То же	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Вырубка–свертка колпака	1053-1073 (780-800)	»	1033±10 (760)	На воздухе	1103-1123 (830-850)	На воздухе	1013±20 (746)	На воздухе	993±20 (720)	На воздухе	903-923 (630-650)	На воздухе
Первая вытяжка	1033-1053 (760-780)	»	1033±10 (760)	То же	1083-1103 (810-830)	То же	1013±20 (740)	То же	853±28 (580)	То же	793-813 (520-540)	То жее
Вторая вытяжка	953±10 (680)	»	1033±10 (760)	»	903-923 (630-650)	»	–	–	753±10 (480)	»	773-793 (500-520)	»
Третья вытяжка	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	723-743 (450-470)	»
Четвертая вытяжка	–	–	993±10 (720)	На воздухе	–	–	–	–	–	–	–	–
Электроотжиг дульца												
Вторая штамповка дна	893-913 (630-640)	На воздухе	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пробивка заправочных отверстий	903-973 (630-700)	На воздухе	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Проточка шейки	–	–	–	–	–	–	–	–	903-923 (630-650)	На воздухе	–	–

Примечание. При электроотжиге дулец крупнокалиберных гильз степень отжига определяется по цвету побежалости, которые должны распространяться от среза дульца на I отжиге на 60…65 мм, на II отжиге – 40…45 мм.

рубящих трубок производится в среде: 50%-ного хлористого бария, 50%-ного хлористого натрия с добавлением $K_4Fe(CN)_6$, температура ванны 1113…1133 К (840…860°С), закалку ведут в 10…12%-ном растворе поваренной соли в воде. Отпуск после цианирования–закалки проводят в селитровой ванне при температуре 583…573 К (310…300°С), промывка при T= 363…373 К (90…100°С) в растворе кальцинированной соды. Режимы термической обработки основных элементов патрона, составленные по заводским данным, приведены в табл. 17.6.

17.6. Контроль процессов термической обработки

Во избежание появления брака в результате термической обработки контролируются:

- температура рабочего пространства печи и времени отжига полуфабрикатов;
- твердость полуфабрикатов и готовых деталей;
- микроструктура отожженных полуфабрикатов и готовых деталей.

Для замера температуры печи при термообработке элементов патрона (гильз, оболочек, трубок и др.) применяются потенциометры класса точности 0,5; 0,2 с погрешностью измерения ±2,5°.

Потенциометрами контролируется температура печи перед началом работы и периодически в процессе работы. Правильность показаний потенциометра проверяется один раз в смену пирометром с контрольной термопарой. Показания потенциометра не должны отклоняться от показания пирометра с контрольной термопарой более чем на ±15%. Время отжига полуфабриката контролируется секундомером.

При термообработке сердечников для контроля температуры охлаждающей среды применяется термометр (от 273 до 398 К); температура нагревательной ванны контролируется контактным гальванометром. Через каждый час контролер проверяет температуру нагрева охлаждающей среды и промывочной ванны.

Контроль твердости позволяет быстро и своевременно установить возможные отклонения в режиме термической обработки.

В заводской практике принят периодический цеховый контроль твердости полуфабрикатов после термообработки (один-два раза в смену) и приемочный контроль твердости в ЦЗЛ готовых металлических элементов.

Твердость в основном измеряется по методам Виккерса и Роквелла.

После рекристаллизационного отжига твердость полуфабрикатов должна находиться в пределах 120…140 *HV*.

Нормы твердости готовых гильз различных калибров по длине определены техническими условиями на изготовление.

Установлены нормы твердости и для некоторых других элементов патронов, например, для оболочки пули 95…120 *HV* при *P* = 3 кгс на расстоянии 13 мм от линии обреза оболочки; для наконечника 125…150 *HV* при *P* = 1 кгс; для рубящей трубки – 45…52 *HRC*; для бронебойных сердечников – 58…64 *HRC*.

Контроль микроструктуры осуществляется металлографическим анализом, при котором устанавливается величина и форма зерен, наличие посторонних включений в характерных зонах термически обработанных полуфабрикатов и готовых деталей. Контроль микроструктуры осуществляется также по заводским эталонам.

При электроотжиге дулец через каждый час контролируется температура отжига. Один раз в смену с каждого круга берут два полуфабриката для проверки микроструктуры.

Контроль длины зоны отжига осуществляется по длине зоны цвета побежалости шаблоном. Для стальных 7,62-мм гильз длина зоны отжига 2…10 мм, а для стальных 14,5-мм гильз – 10…30 мм (от среза дульца). После промежуточных отжигов стальных полуфабрикатов должна быть следующая микроструктура:

- для исходной плоской заготовки в виде кружка, квадрата «феррит–мелкозернистый перлит» (величина зерна феррита Б №7);
- для полуфабриката после свертки с выдавливанием – «феррит – мелкозернистый перлит–участки сорбитовидного перлита» (величина зерна феррита Б №7);
- для полуфабрикатов 1-, 2-й вытяжек – «феррит–мелкозернистый перлит» (зерно феррита Б №7).

Элементы патронов должны иметь следующую структуру:

- оболочки к пулям – «феррит–мелкозернистый перлит» (зерно феррита Б № 6 и 7);
- готовые сердечники к бронебойным пулям (типа Б-32) – «тонкоигольчатый мартенсит–мелкозернистый равномерно распределенный цементит»;
- рубящие трубки к пулям типа МДЗ – «азотистый мартенсит»;
- латунные полуфабрикаты – структура α-фазы.

Библиографический список

1. *Термическая* обработка в машиностроении: справочник / Под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г. Рахштадта. М.: Машиностроение, 1980. 783 с.

2. *Калачев Б.А.*, Габидуллин Р.М., Пигузль Ю.В. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов: учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1980. 280 с.

3. *Мальцев М.В.* Металлография промышленных цветных металлов и сплавов (с приложением атласа макро- и микроструктуры). М.: Металлургия, 1970. 364 с.

4. *Агеев Н.П.,* Данилин Г.А., Огородников В.П. Технология производства патронов стрелкового оружия. Ч.3 / Балт. гос. техн. у-т. СПб., 2006. 220 с.

18. ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

18.1. Классификация процессов химической обработки

Химическая обработка элементов патронов ведется с целью получения покрытий, предохраняющих готовые изделия от коррозии, а также покрытий, являющихся технологической смазкой при выполнении вытяжных и штамповочных операций.

Химическая обработка складывается из основных и вспомогательных процессов.

К основным относятся процессы получения различного рода покрытий. Покрытия классифицируют по основному назначению, способу нанесения и виду.

По основному назначению покрытия делятся на защитные (фосфатирование, лакирование, латунирование, пассивирование) и технологические (фосфатирование, омыление, латунирование и т.д.).

Защитные покрытия применяются для защиты изделий от коррозии в различных условиях.

Технологические покрытия предназначены для защиты от коррозии при межоперационном хранении и являются технологической смазкой на штамповочных операциях.

По способу нанесения покрытия делятся на химические (фосфатирование, пассивирование), покрытия прямого нанесения, гальванические.

Химические покрытия получаются путем химической обработки поверхности в соответствующих растворах.

Гальванические покрытия получаются путем катодного восстановления постоянным током катионов металла из соответствующих электролитов.

Покрытия прямого нанесения – лакировочные, покрытия пастами и т.д.

По виду покрытия делятся на металлические (латунирование) и неметаллические (фосфатирование, лакирование).

Вспомогательные операции служат для очистки поверхности изделий перед нанесением покрытий, а также для улучшения качества покрытий. К вспомогательным операциям относятся следующие процессы химической обработки: обезжиривание, травление, декапирование, промывка, омыление.

18.2. Обезжиривание

Обезжиривание осуществляют в органических растворителях и в растворах щелочей или щелочных солей с добавлением и без добавления эмульгаторов.

Обезжиривание в органических растворителях сводится к процессу растворения жиров, как омыляемых, так и неомыляемых. Для этой цели применяют керосин, бензин, толуол, трихлорэтилен, четыреххлористый углерод и др.

Наиболее эффективно действующими жирорастворителями служат трихлорэтилен C_2HCl_3, тетрахлорэтилен (перхлорэтилен) C_2Cl_4, четыреххлористый углерод CCl_4, дихлорэтилен $\tilde{N}_2H_2Cl_2$ и др. В отличие от бензина, бензола, керосина и толуола эти вещества не воспламеняются и позволяют производить обезжиривание при повышенной температуре. Они хорошо растворяют жиры и масла и не оказывают разъедающего действия на металлы.

Металлами, с которыми реагируют некоторые растворители, особенно трихлорэтилен, являются магний, алюминий и их сплавы. Для обезжиривания последних лучше применять тетрахлорэтилен.

Существенными недостатками, ограничивающими применение органических растворителей, особенно хлорированных, являются токсичность и относительно высокая стоимость.

Обезжиривание в легковоспламеняющихся органических растворителях производится погружением деталей в жидкость последовательно в нескольких ваннах. Последняя ванна должна содержать совершенно чистый растворитель, непрерывно сменяемый свежими порциями. Для улучшения качества обезжиривания может быть применена протирка волосяными щетками.

Обезжиривание деталей негорючими органическими растворителями производится различными способами: погружением в растворитель, обработкой парами и распылением растворителями.

Способ химического обезжиривания в щелочных растворах основан на том, что животные и растительные жиры разрушаются при действии на них горячих щелочных растворов. Образующиеся при этом мыла легко растворяются в воде особенно при повышенной температуре 333…353 К (60…80°С).

Минеральные масла или неомыляемые жиры химически не разлагаются щелочами, но могут при известных условиях давать с ними эмульсии и благодаря этому сравнительно легко отделяться от поверхности металла. Для уменьшения силы сцепления масляной пленки в раствор щелочи вводят поверхностно-активные вещества – эмульгаторы (жидкое стекло, жирные кислоты, декстрин, желатин, клей, различные белковые вещества и т.д.).

Эффективными эмульгаторами являются ОП-7 и ОП-10, в присутствии которых растворы обладают лучшей моющей способностью. Количество добавляемого эмульгатора 0,5…10 Г/л.

Одним из очень важных условий, гарантирующих полное удаление с поверхности изделий омыляемых и неомыляемых жиров, является повышенная температура.

С повышением температуры увеличивается скорость химической реакции омыления жиров и гидролизу щелочных солей. Рекомендуется вести обезжиривание при температуре не ниже 333 К (60°С).

Ускорению процессов удаления масла с поверхности изделий способствует перемешивание раствора. При этом происходит обновление слоев эмульгирующей жидкости вокруг металла и как бы механическое сбивание отдельных капелек масла с его поверхности. Особый эффект дает струйное обезжиривание. Время обезжиривания снижается до 0,5…1 мин.

Состав обезжиривающих растворов выбирается в зависимости от природы обрабатываемого металла и степени зажиренности поверхности.

Изделия из цинка, алюминия, олова, свинца и их сплавов обезжириваются в слабощелочных растворах.

Для обезжиривания стальных изделий необходимо применять более концентрированные растворы.

Кроме химического существует электрохимическое обезжиривание.

В щелочных растворах оно протекает быстрее, чем химическое, при этом достигается высокое качество очистки. Наиболее распространено катодное обезжиривание, но в отдельных случаях прибегают к анодному обезжириванию.

Механизм процесса электрохимического обезжиривания сводится в основном к эмульгированию жиров выделяющимися пузырьками водорода на катоде или кислорода на аноде. Температура поддерживается высокая 333…353 К (60…80°С), плотность тока 3…10 а/дм^2.

В настоящее время для интенсификации обезжиривания и улучшения качества очистки в промышленности применяется ультразвук. Он обеспечивает высокую степень очистки поверхности, дает высококачественное обезжиривание сложнопрофилированных деталей, имеющих глубокие и глухие отверстия малого диаметра, а также ускоряет процесс обезжиривания. Обезжиривание при помощи ультразвука можно производить в органических растворителях и щелочных растворах с добавлением и без добавления эмульгаторов.

При изготовлении элементов патронов в основном применяется химическое обезжиривание благодаря его экономичности и возможности использования сравнительно простого и надежного в эксплуатации оборудования.

Контроль и корректировка ванн обезжиривания осуществляется на основании химического анализа.

Типовые растворы, применяемые для обезжиривания при изготовлении элементов патронов, приведены в табл. 18.1.

Таблица 18.1

Типовые растворы, применяемые для обезжиривания

Обрабатываемая деталь (полуфабрикат)	Раствор (концентрация), г/л	Температура растворов, К (°С)	Время обработки	Метод обработки	Применяемое оборудование
1	2	3	4	5	6
Стальная 7,62-мм гильза					
Полуфабрикаты 4-й вытяжки Полуфабрикаты после обжима	Na_3PO_4 (10 - 50) Na_2CO_3 (10 - 50)	333 - 363 (60 - 90)	2 - 5 мин	Окунание	Шнековый агрегат ДВМ, У-1 и У-2
Полуфабрикаты после обжима	NaOH (10 - 50) Na_2CO_3 (10 - 50)	323 - 343 (50 - 70)	2 - 5 мин	То же	Шнековый агрегат ДВМ, У-1 и У-2
Полуфабрикаты 4-й вытяжки	Na_3PO_4 (100 -150)	293 - 313 (20 - 40)	3 - 4 мин	- “ -	Агрегаты 1АОС-1, АОС-7/200, М-АОС, М-АОС-1
Полуфабрикаты после обжима	Na_3PO_4 (50 -100)	343 - 363 (70 - 90)	30 с	Орошение	1ЛГ-407
Готовая гильза	Na_3PO_4 (30 -50) Na_2CO_3 (30 - 50)	333 - 363 (60 - 90)	2 - 3 мин	Окунание	Шнековый агрегат У-2
Готовая гильза	Na_3PO_4 (100 -150)	343 - 363 (60 - 90)	3,5 мин	То же	Агрегаты АФ-1, АФ-7/200, М-АФ-1, М-АФ
Стальная 14, 5-мм гильза					
Полуфабрикаты 4-й и 5-й вытяжек, полуфабрикаты после выполнения механических операций	NaOH (40 - 80) Na_2CO_3 (30 - 80) Na_3PO_4 (90 -100)	333 - 353 (60 - 80)	3 мин	- “ -	Шнековый агрегат
Готовая 14,5-мм гильза	Na_2CO_3 (50 - 75) Na_3PO_4 (50 -75)	333 - 353 (60 - 80)	1,5 - 2,5 ч	- “ -	Вращающийся колокол
Готовая 14,5-мм гильза	Na_3PO_4 (50 -75) или Na_3PO_4 (100 -150)	333 - 353 (60 - 80)	4 мин	- “ -	АФГ-14
Биметаллическая 7, 62-мм гильза					
Полуфабрикаты 3-й и 4-й вытяжек, полуфабрикаты обжима	NaOH (2 - 10) Na_2CO_3 (2 - 10)	323 - 353 (50 - 80)	1,5 - 3,5 ч	- “ -	Шнековый агрегат ДВМ

Окончание табл. 18.1

1	2	3	4	5	6
Полуфабрикаты после обжима	Na_3PO_4 (15 - 30) Na_2CO_3 (15 - 30) или Na_3PO_4 (50 -100)	333 - 353 (60 - 80)	20 - 40 с	Орошение	1ЛГ-407
	Na_3PO_4 (50 - 100) Na_2CO_3 (100 - 150)	333 - 353 (60 - 80)	2 мин	Окунание	Шнековый агрегат 8-секционный
Готовая гильза	Na_3PO_4 (50 -100)	333 - 353 (60 - 80)	1 мин 30 с	То же	АФ-7Б/200
Биметаллическая 9-мм гильза					
Полуфабрикаты 3-й вытяжки, полуфабрикаты после обжима	Na_2CO_3 (10 - 20)	353 - 373 (80 - 100)	1,5 - 3 мин	- “ -	Шнековый агрегат ДВМ
Готовая гильза	Na_3PO_4 (100 -200)	333 - 353 (60 - 80)	2,5 мин	- “ -	Шнековый агрегат ДВМ
Латунная 12,7-мм гильза					
Полуфабрикаты 4-й вытяжки; полуфабрикаты 2-й штамповки дна; полуфабрикаты после сверления затравочных отверстий; полуфабрикаты после обточки фланца и обжима	Na_2CO_3 (15 - 30)	333 - 353 (60 - 80)	3 мин	- “ -	Промывочно-сушильный агрегат

18.3. Травление

18.3.1. Травление черных металлов

Травление – удаление с поверхности металлов окислов (окалины и ржавчины).

Раствор для травления выбирается в зависимости от обрабатываемого металла и имеющейся на его поверхности пленки окислов, ее толщины и строения.

Травление сталей осуществляется, как правило, в растворах кислот.

Травление сталей обычно производится растворами серной, соляной или смесью этих кислот. Кислоты действуют на окислы, покрывающие металл, растворяют их с образованием солей железа.

Благодаря тому, что при травлении в серной кислоте выделяется больше водорода, способствующего удалению окислов, ее применение является более экономичным. К тому же соляная кислота глубже проникает в поры металла, ухудшая условия промывки.

С повышением температуры в пределах 323…353 К (50…80°С) скорость травления в серной кислоте значительно возрастает, поэтому при травлении в серной кислоте широко применяют подогрев.

Летучесть соляной кислоты не позволяет применять подогрев травильных ванн выше 303…313 К (30…40°С).

Растворы серной 25%-ной кислоты обладают наибольшей скоростью травления. Однако во избежание сильного разъедания металла обычно применяют 10…20%-ную концентрацию кислоты. При концентрации более 25% скорость травления замедляется.

Более выгодна 10…15%-ная концентрация соляной кислоты.

Часто для удаления окалины применяют комбинированные растворы кислот следующего состава: 5…10% серной и 15…10% соляной (например, для углеродистой стали, покрытой толстой окалиной).

При изготовлении элементов патронов в основном применяется серная кислота.

Необходимо считаться с замедляющим действием накапливающихся в травильном растворе солей, особенно в серной кислоте.

В процессе травления вследствие насыщения раствора железным купоросом интенсивность травления постепенно снижается и раствор “стареет“. При накоплении в растворе железного купороса свыше 30% травление прекращается даже при добавлении свежей порции кислоты.

Во избежание образования сульфата железа и улучшения растворения окислов Fe_3O_4 и Fe_2O_3 травление можно производить в серной кислоте с добавлением в нее азотносолянокислых солей, например $NaNO_3$ и NaCl.

В процессе травления возникает ряд нежелательных явлений, вредно отражающихся на свойствах металла, например перетравливание и разрушение самого металла и наводораживание его.

Для борьбы с этими явлениями в травильный раствор добавляют различные вещества, чаще органического происхождения. Введенные в незначительных количествах (2…5 г/л), они существенно замедляют скорость растворения металла, вплоть до полного его прекращения, не оказывая заметного влияния на скорость растворения окислов. Эти вещества получили название ингибиторов или присадок. К таким замедлителям травления относятся жиры, смолы, ржаная мука, пивные дрожжи. Широкое распространение получили также присадки КС, ЧМ, “Уникол“, НБ.

Применение присадок значительно снижает брак от перетравливания и экономит расход кислоты.

При травлении в серной и соляной кислотах на поверхности стальных изделий остается темный порошкообразный налет – шлам, который приходится удалять механически (щетками). Для получения бесшламного травления в раствор серной кислоты следует добавить поваренную соль (100…250 г/л).

Наилучшее качество очистки от шлама достигается при травлении с наложением ультразвука. Травление с ультразвуком может применяться для удаления окалины, продуктов коррозии, травильного шлама (после обычного химического травления), где это экономически оправданно.

18.3.2. Травление меди и медных сплавов

Различают два метода травления изделий из меди и медных сплавов: удаление окислов промежуточного и окончательного отжига и придание готовым деталям товарного внешнего вида.

Широко распространен метод удаления окислов, заключающийся в травлении деталей в 5..10%-ном растворе серной кислоты. Этот метод имеет ряд преимуществ:

- окислы быстро растворяются или настолько разрыхляются, что легко удаляются механически при последующей промывке;
- травление не сопровождается выделением вредных газов или паров;
- серная кислота практически не воздействует на основной металл, растворяя только окислы.

Наилучшее травление готовых изделий из меди и медных сплавов достигается в смеси концентрированных серной и азотной кислот при добавлении небольшого количества соляной кислоты.

18.3.3. Электролитическое травление

Электролитическое травление проводят различными способами. Можно включать изделия в сеть постоянного тока в качестве анода или катода или через определенные промежутки времени попеременно присоединять к ним положительный и отрицательный полюсы источника постоянного тока. Применяют также переменный ток или же постоянный с наложением переменного при плотности тока 5…10 А/дм^2.

В качестве электролитов применяются растворы кислот или щелочей, а также смеси этих соединений с солями соответствующих металлов.

При электролитическом травлении достигается наилучшая чистота поверхности, но ввиду сложности процесса при изготовлении элементов патронов применяется химическое травление металлов.

18.3.4. Струйное травление

В производстве патронов нашло применение химическое травление струйным способом.

Струйное травление ускоряет процесс, повышает его производительность примерно в 5…10 раз по сравнению с травлением методом окунания, снижает наводораживание металла и количество шлама на поверхности обрабатываемых изделий.

Контроль и корректировка растворов травления ведется на основании химических анализов.

Типовые растворы, применяемые для травления при изготовлении элементов патронов, приведены в табл. 18.2.

Таблица 18.2

Типовые растворы, применяемые для травления

Обрабатываемая деталь (полуфабрикат)	Раствор (концентрация), %	Температура растворов, К(°С)	Время обработки	Метод обработки	Применяемое оборудование
1	2	3	4	5	6
Стальная 7,62-мм гильза					
Полуфабрикаты свертки, 2-й вытяжки, после отжига дулец	H_2SO_4 (8 - 18)	323 - 343 (50 - 70)	2 - 5 мин	Окунание	Шнековый агрегаты У-1 и У-2
Полуфабрикаты после отжига дулец	H_2SO_4 (10 - 20)	348 - 363 (75 - 90)	20 с	Орошение	Автоматическая роторная линия 1ЛГ-407
Полуфабрикаты свертки, 2-й вытяжки, после отжига дулец	H_2SO_4 (10 - 18)	323 - 343 (50 - 60)	8 - 12 мин	Окунание	Агрегаты 1АТ-1, АТ-7/200, АТ-1, М-АТ М-АТ1К
Готовая гильза	H_2SO_4 (15 - 18) присадка КС-1 – 2,5 г/л H_2SO_4 (10 - 15) H_2SO_4 (8 - 15)	323 - 343 (50 -70) 313 - 353 (40 - 80) 323 - 333 (50 - 60)	4 мин 2 - 5 мин 3 - 4 мин	То же - “ - - “ -	Шнековый агрегат У-2 Шнековые агрегаты У-1 и У-2 Агрегаты АФ-7/200, М-АФ, АФ-1, М-АФ-1
Стальная 14,5-мм гильза					
Кружок, чашка, полуфабрикаты 1-4-й вытяжек, полуфабрикаты после отжига и обжима дулец	H_2SO_4 (8 - 20)	313 – 333 (40 - 60)	3 - 5 мин	- “ -	Шнековый агрегат У-2

Окончание таблицы 18.2

1	2	3	4	5	6
Кружок, чашка, полуфабрикаты 1-й и 2-й вытяжек, полуфабрикаты после отжига дулец	H_2SO_4 (10 - 16)	323 - 333 (50 - 60)	5 мин	- “ -	Агрегат 2АТФ-14
Готовая гильза	H_2SO_4 (10 - 20)	323 - 333 (50 - 60)	6 - 8 мин	- “ -	АФГ-14
Оболочка к пуле МДЗ					
Полуфабрикаты свертки, 1, 2, 3-й, вытяжек	H_2SO_4 (10 - 15)	333 - 353 (60 - 80)	1,5 - 3 мин	- “ -	9-секционный агрегат с сушильной печью
Полуфабрикаты свертки, 4-й вытяжки	H_2SO_4 (10 - 18) присадка КС – 1 кГ на 10 кГ кислоты	333 - 353 (60 - 80)	1,5 - 3 мин	- “ -	Травильно-промывочный агрегат
Биметаллическая 7,62-мм гильза					
Полуфабрикаты свертки, 2-й вытяжки, отжига дулец	H_2SO_4 (3 - 10)	323 - 333 (50 - 60)	6 - 8 мин	- “ -	Шнековый агрегат, агрегаты АТ-2, М-АТ-2
Полуфабрикат после отжига дулец	H_2SO_4 (8 - 15)	328 - 353 (55 - 80)	30 с	Орошение	1ЛГ-407
Биметаллическая 9-мм гильза					
Полуфабрикат свертки, 2-й вытяжки	H_2SO_4 (5 - 8)	333 - 343 (60 - 70)	2 - 5 мин	Окунание	Шнековый травильно-промывочный агрегат
Биметаллическая гильза к винтовочному патрону					
Полуфабрикаты свертки, 2-й вытяжки	H_2SO_4 (2 - 7)	333 - 353 (60 - 80)	2,5 мин	То же	Агрегат травильно-промывочный “ Салем“
Латунная 12,7-мм гильза					
Исходная заготовка: полуфабрикаты 1 - 3-й вытяжек	H_2SO_4 (5 - 10)	333 - 353 (60 - 80)	2 - 2,5 мин	- “ -	Шнековый агрегат

18.4. Декапирование

Тонкие окисные пленки всегда образуются на металле при обезжиривании и промывках, являясь как бы изолирующим слоем, ухудшающим прочность сцепления покрытия с основным металлом. Декапирование применяется для повышения прочности сцепления покрытий с основным металлом, которое заключается в легком протравливании в слабых растворах кислот с целью снятия небольших окислов с очищенной и обезжиренной поверхности.

Типовые растворы, применяемые для декапирования при изготовлении элементов патронов, приведены в табл. 18.3.

Таблица 18.3

Типовые растворы, применяемые для декапирования

Обрабатываемая деталь	Раствор (концентрация, г/л)	Температура, К(°С)	Время обработки	Метод обработки	Применяемое оборудование
Готовая стальная 14,5-мм гильза	H_3PO_4 (30 - 50)	288 - 298 (15 - 25)	1 - 3 мин	Окунание	Ванна для декапирования*
Готовая биметаллическая 7,62-мм гильза	H_3PO_4 (5 - 7)	288 - 298 (15 - 20)	1 мин 30 сек	То же	Агрегат АФ-7Б/200
Оболочка пуль к 14,5-мм патронам перед латунированием	NaCN (30 - 40)	283 - 298 (10 - 25)	5 - 10 мин	- “ -	Вращающийся барабан и ванна

***** После декапирования промывка не производится.

Кроме химического, существует электрохимическое декапирование, которое заключается в том, что детали перед нанесением покрытия обрабатывают постоянным током на аноде в чистых растворах кислот (серной, фосфорной, хромовой), а также в растворах сернокислых солей при комнатной температуре.

18.5. Фосфатирование

Фосфатирование металлов ведется с целью получения антикоррозионных покрытий и покрытий, уменьшающих трение и снижающих усилия на штамповочных операциях (после пропитки мыльной эмульсией).

Фосфатные покрытия представляют собой пленку из нерастворимых солей марганца, цинка и железа.

В настоящее время в отечественной и зарубежной промышленности применяется горячее и холодное фосфатирование. Применение того или иного метода фосфатирования определяется требованиями, предъявляемыми к покрытию. Для фосфатирования деталей с последующей пропиткой маслом применяется горячий метод.

При горячем фосфатировании образуется толстый слой фосфатов. Этот способ имеет следующие недостатки:

- для получения мелкокристаллического фосфатного покрытия необходимо в узком интервале поддерживать высокую температуру 370…371 К (97…98°С);

• при снижении температуры образуется крупнокристаллический слой фосфата с пониженной коррозионной стойкостью;

• повышение температуры до 373 К (100°С) приводит к взмучиванию осадка со дна ванны и образованию белого налета на поверхности деталей; ведение процесса фосфатирования в узком интервале температур осложняет работу.

Введение в фосфатный раствор различных добавок (окиси меди, окиси кальция, хлоратов, нитратов, нитритов, фтористых соединений), а также органических ускорителей (аналина, мочевины, ализарина) позволяет вести процесс при низких температурах. Соблюдая требования, предъявляемые к концентрации основного препарата, значению pH, соотношению между свободной и общей кислотностью, к концентрации ускорителя, можно получить при низких температурах (20…50°С) прочные, весьма мелкокристаллические покрытия. Такие покрытия характеризуются высокой адгезией по отношению к лакам и краскам, обладают удовлетворительными защитными свойствами, высокой прочностью сцепления с основным металлом.

Холодное фосфатирование обеспечивает стабильность состава рабочего раствора, устраняет недостатки, имеющиеся при горячем фосфатировании. Наилучшими ускорителями при холодном фосфатировании служат нитриты и нитраты.

Основными компонентами, применяемыми при холодном фосфатировании, являются окись цинка, фосфорная кислота, азотная кислота, азотнокислый цинк.

Разработанный для фосфатирования стальных элементов патронов концентрат КЦФ-1 имеет следующий состав: 14,6% окиси цинка; 15% – азотной кислоты в пересчете на 100%; 17,9% – ортофосфорной кислоты в пересчете на 100%; 52,5% – умягченной воды. Температура рабочего раствора при фосфатировании 293…323 К (20…50°С); время фосфатирования 6…15 мин.

Применяемый состав концентрата находится на уровне отечественных и зарубежных достижений. Для фосфатирования проточки биметаллических гильз используется оксифосфат следующего состава, г/л: 7…30 ортофосфорной кислоты; 20…40 азотнокислого марганца; 0,5…2 окиси кальция; 10…20 перекиси марганца. Температура раствора 313…323 К (40…50°С).

Типовые растворы, применяемые для фосфатирования при изготовлении элементов патронов, приведены в табл. 18.4.

Таблица 18.4

Типовые растворы для фосфатирования

Обрабатываемая деталь (полуфабрикат)	Состав и концентрация рабочих растворов	Температура растворов, К (°С)	Время обработки	Метод обработки	Применяемое оборудование
1	2	3	4	5	6
Стальная 7,62-мм гильза					
Полуфабрикат свертки, 2-й вытяжки, после отжига дульца	1 ч. концентрата на 20 - 25 ч. воды	293 - 303 (20 - 30)	4 мин	Окунание	Шнековые агрегаты У-1 и У-2
	Кислотность: свободная - 4 - 8 общая - 40 – 50	313 - 318 (40 - 45)	8 - 12 мин	То же	Агрегат АТ-1, М-АТ-1
	Нитрит натрия - 2 г/л	313 - 318 (40 - 45)	8 мин	-“-	АТ-7/200, М-АТ
Полуфабрикат после отжига дульца	1 ч. концентрата на 15 - 20 ч. воды Кислотность: свободная-1,5-2,6 общая - 48 - 52	293 - 303 (20 -30)	20 с	Орошение	Автоматическая роторная линия 1ЛГ-407
Готовая гильза	1 ч. концентрата на 15 - 20 ч. воды Кислотность: свободная - 1,5- 4 общая - 48 - 52 Нитрит натрия – 1 - 2 г/л	303 - 323 (30 - 50)	4,5 мин	Окунание	Шнековый агрегат
Готовая гильза	1 ч. концентрата на 15 - 20 ч. воды Кислотность: свободная - 4 - 9 общая - 40 - 90 Нитрит натрия - 0,3 - 1 г/л	313 - 323 (40 - 50)	8 - 12 мин	То же	АФ-7/20, М-АФ, АФ-1, М-АФ-1
Готовая биметаллическая гильза к 7,62-мм патрону	H_3PO_4 20-30 г/л $Mn(NO_3)_2$ 20-40 г/л MnO_2 10-20 г/л	333 - 343 (60 -70)	2 мин	-“-	Шнековый агрегат
	CaO 1 -2 г/л	313 - 323 (40 - 50)	1 мин 30 с	-“-	Агрегат АФ-7Б/200
Стальная 14,5-мм гильза					
Полуфабрикаты различных переходов	1 ч. концентрата на 20 - 30 ч. воды Кислотность: свободная- 0,6 - 2 общая - 18 - 30 Нитрит натрия – 0,5 - 2 г/л	303 - 323 (30 - 50)	-	-“-	Шнековый агрегат

Окончание табл. 18.4

1	2	3	4	5	6
Полуфабрикаты различных переходов	1 ч. концентрата на 25 - 30 ч. воды Кислотность: свободная -0,6 - 2 общая - 18 -30 Нитрит натрия - 0,5 - 2 г/л	303 - 313 (30 - 40)	5 мин	-“-	Агрегат 2АТФ-14
Готовая гильза	1 ч. концентрата на 15 - 20 ч. воды Кислотность: свободная - 4 - 8 общая - 40 - 100 Нитрит натрия - 1 - 3 г/л	313 - 323 (40 - 50)	18 мин	-“-	АФГ-14

П р и м е ч а н и е. Кислотность свободная и общая выражается в пунктах или точках.

Наряду с обычным методом фосфатирования окунанием применяется метод орошения – струйное фосфатирование.

Струйное фосфатирование ускоряет образование фосфатной пленки, но значительно усложняет конструкцию оборудования.

Ускорение процесса образования фосфатной пленки может быть достигнуто наложением переменного тока, а также при помощи ультразвука.

Контроль растворов для фосфатирования осуществляется с помощью химических анализов. Анализ ванны фосфатирования стальных гильз сводится к определению свободной и общей кислотности методом объемного анализа и определению ионов PO_4^{III}, NO_3^{I} и Zn^{II}.

Анализ ванны фосфатирования проточки биметаллических гильз состоит в определении процентного содержания ортофосфорной кислоты, азотнокислого марганца и окиси кальция.

Для антикоррозионной защиты стальных фосфатированных изделий в КБАЛ имени Л.Н. Кошкина разработано полимерное покрытие на кремнеорганической основе. Покрытие толщиной 3…5 мкм имеет глянцевый от светло-серого до темно-серого цвет.

Нанесение антикоррозионного покрытия состоит из следующих операций: 1 – фосфатирование; 2 – нанесение полимерного состава; 3 – сушка. Продолжительность сушки 7…10 минут при температуре 210±10°С. Разработана линия нанесения покрытия «ЛПП». Стойкость покрытия: 1 – в дистиллированной воде – свыше 10 суток при постоянном погружении, 2 – в 3%-ном растворе поваренной соли (NaCl) – свыше 24 часов при постоянном погружении; при 100% влажности воздуха (в эксикаторе) – свыше 10 суток.

18.6. Пассивирование

При обработке деталей в фосфатном растворе на поверхности металла образуется равномерный, но весьма пористый слой фосфатов. Наличие микропор несколько снижает коррозионную стойкость фосфатного покрытия.

Для повышения коррозионной стойкости детали после фосфатирования проводят операцию пассивирования, т.е. обрабатывают их в водном растворе бихромата калия.

Бихромат пассивирует нефосфатированные участки и заполняет поры, тем самым повышая коррозионную стойкость фосфатного слоя. Концентрация бихромата может быть различна (от 0,5 до 50 г/л). Температура раствора от 303…353К (30…80°С). Время пассивирования 1…5 мин.

Иногда в качестве пассиватора используют хромовый ангидрид.

Для защиты от коррозии нефосфатированного полуфабриката при межоперационном хранении в качестве пассиватора применяется нитрит натрия. После обработки в растворе нитрита натрия на поверхности полуфабриката образуется окисная пленка, защищающая металл от коррозии. Концентрация нитрита натрия колеблется от 2 до 50 г/л в зависимости от назначения обработки и срока хранения после обработки.

Следует иметь в виду, что пассивация в растворе нитрита натрия должна осуществляться не позже чем через 2…3 мин после окончания той или иной операции во избежание начала процесса коррозии на поверхности полуфабриката.

Пленка нитрита натрия только ограничивает коррозию на участках, где она началась, но не прекращает ее.

Типовые растворы, применяемые для пассивирования в производстве элементов патронов, приведены в табл. 18.5.

Таблица 18.5

Типовые растворы для пассивирования

Обрабатываемая деталь (полуфабрикат)	Раствор (концентрация, г/л)	Температура, К(°С)	Время обработки	Метод обработки	Применяемое оборудование
Полуфабрикаты различных переходов стальной 7,62-мм гильзы	$NaNO_2$ (2 - 50)	288 - 298 (15 - 25)	1,5 - 3 мин	Окунание	Шнековые агрегаты Бак для пассивирования
Готовая 7,62-мм гильза	$K_2Cr_2O_7$ (0,3 - 10)	333 - 353 (60 - 80)	1,5 - 3 мин	То же	Шнековые агрегаты Агрегаты АФ-1, АФ-7/200, М-АФ-1, М-АФ
Пассивирование проточки биметаллической гильзы	$K_2Cr_2O_7$ (30 - 50)	288 - 298 (15 - 25)	2 мин	- “ -	Шнековый агрегат
	$K_2Cr_2O_7$ (7 - 12)	303 - 323 (30 - 50)	1 мин 30 с	- “ -	Агрегат АФ-7Б/200
Оболочка пуль патронов крупного калибра после латунирования	CrO_3 (11 - 15) и H_2SO_4 (1,00 - 1,75)	288 - 298 (15 - 25)	-	- “ -	Вращающийся барабан и ванна

18.7. Промывка

К процессам подготовки поверхности деталей перед нанесением покрытий относится промывка в воде.

Качество подготовки поверхности зависит не только от надлежащей очистки изделий от жиров и окислов, но также от того, насколько тщательно произведена их промывка от остатков различных загрязнений и той среды, в которой производилась очистка (щелочь или кислота).

Промывка осуществляется в горячей или холодной проточной воде.

Промывка изделий после обезжиривания должна обязательно производиться в горячей проточной воде. Горячая вода необходима для того, чтобы удалить оставшиеся на поверхности деталей мыла или пленки эмульсий жиров (неомыляемых). Горячая вода способствует более быстрому и легкому удалению с поверхности деталей самого обезжиривающего раствора. Недостаточная промывка после обезжиривания ведет к увеличению шлама, выпадающего в ванне фосфатирования.

После травления необходимо тщательно промывать детали в холодной проточной воде. Перед погружением в ванну для покрытия не следует промывать их в горячей воде. Промытые в горячей воде детали быстро высыхают и могут покрыться на поверхности окисной пленкой, ухудшающей прочность сцепления покрытия с основным металлом.

Промывка деталей после фосфатирования осуществляется в горячей или холодной проточной воде. Недостаточная промывка после фосфатирования ведет к снижению коррозионной стойкости фосфатной пленки. Опыт некоторых заводов показал, что концентрация фосфатного раствора в промывных водах не должна превышать 0,2 точки.

Промывка деталей после пассивирования должна осуществляться в горячей проточной воде.

Перед сушкой рекомендуется горячая промывка при температуре 323…343 К (50…70°С), так как это способствует лучшему высыханию деталей, улучшает условия сушки, создает значительную экономию электроэнергии.

Во всех случаях промывка должна осуществляться в проточной воде с 2-, 3- кратным обменом за цикл обработки.

С целью экономии водных ресурсов в производстве патронов проводится внедрение промывок методом противотока (так называемая каскадная промывка). Сущность метода заключается в последовательной промывке в двух ваннах с подачей чистой воды по встречному маршруту, т.е. начиная с последней ванны.

Указанный метод позволяет уменьшить расход воды при промывках в 5…10 раз и более в зависимости от сложности конфигурации промываемых изделий.

Типовые виды промывок и их режим приведены в табл. 18.6.

Таблица 18.6

Типовые виды промывок и их режимы

Обрабатываемый полуфабрикат	Вид промывки	Температура, К(°С)	Время обработки, мин	Метод обработки	Применяемое оборудование
1	2	3	4	5	6
Стальная 7,62-мм гильза					
Полуфабрикаты различных переходов:					
после обезжиривания	Холодная проточная вода	Температура сети	4 - 8	Окунание	Агрегаты АОС-1, АОС-7/200, М-АОС-1, М-АОС
после травления	То же	То же	0,3	Орошение	Автоматическая роторная линия 1ЛГ–407
	- “ -	- “ -	4 - 8	Окунание	Агрегат барабанно-лоткового типа АТ-1, М-АТ-1
после фосфатирования	- “ -	- “ -	0,3	Орошение	Автоматическая роторная линия 1ЛГ-407
Готовая гильза: после обезжиривания	- “ -	- “ -	3 - 6	Окунание	Агрегаты АФ-1, АФ-7/200, М-АФ-1, М–АФ
после травления	Холодная проточная вода	Температура сети	3 - 6	То же	Агрегаты АФ-1, АФ-7/200, М-АФ-1, М-АФ
после фосфатирования	То же	Температура сети	3 - 6	»	Агрегаты АФ-1, АФ-7/200, М-АФ-1, М-АФ
Стальная 14,5-мм гильза					
Полуфабрикаты различных переходов:					
после обезжиривания	Горячая проточная вода	323 - 353 (50 - 80)	3 - 4,5	- “ -	Шнековые агрегаты
	Холодная проточная вода	Температура сети	4	- “ -	То же
					- “ -
после травления	То же	- “ -	-	- “ -	Агрегат
	- “ -		2,5	- “ -	2АТФ-14
					Шнековые агрегаты
после фосфатирования	- “ –	- “ -	2	- “ -	Агрегат
	- “ -	- “ -	2,5	- “ -	2АТФ – 14

Продолжение табл. 18.6

1	2	3	4	5	6
Готовые гильзы:					
после обезжиривания	- “ -	- “ -	-	- “ -	Ванна для промывки
	- “ –	- “ –	4	- “ –	АФГ-14
после травления	Холодная проточная вода	Температура сети	4	Окунание	Агрегат АФГ-14
после фосфатирования	Горячая проточная вода	343 - 353 (70 - 80)	1	-	Железный барабан с ванной
	Холодная проточная вода	323 - 333 (50 - 60)	4	Окунание	Агрегат АФГ
Биметаллическая 7,62-мм гильза					
Полуфабрикаты различных переходов:					
после обезжиривания	Горячая проточная вода	313 - 353 (40 - 80)	2	Окунание	Шнековые агрегат Автоматическая
	Горячая проточная вода	313 - 353 (40 - 80)	0,33 - 0,50	Орошение	роторная линия 1ЛГ-407
после травления	Холодная проточная вода	Температура сети	0,33 - 0,50	- “ -	Автоматические роторные линии 1ЛГ-407, 2Л-1, 3Л-1
Готовая гильза:					
после обезжиривания	Горячая проточная вода	313 - 333 (40 - 60)		Окунание	Шнековые агрегаты
после фосфатирования	Холодная проточная вода	Температура сети	2	Орошение	Шнековый агрегат
после пассивирования	То же	То же	2	То же	То же

Окончание табл.18.6

1	2	3	4	5	6
Оболочка к пуле МДЗ 14,5-мм патрона и к пуле Б32					
Полуфабрикаты различных переходов:					
после обезжиривания	Холодная проточная вода	- “ -	1 - 2	Окунание	То же
после травления	То же	- “ -	1 - 2	То же	- “ -
после фосфатирования	- “ –	- “ –	1 - 2	- “ –	- “ –
Готовая оболочка:					
после обезжиривания	Горячая проточная вода	333 - 353 (60 - 80)	8 - 10	- “ -	Вращающийся барабан и ванна
	Холодная проточная вода	Температура сети	8 - 10	- “ -	
после латунирования	Непроточная холодная вода	Комнатная	8 - 10	- “ -	То же
	Холодная проточная вода	Температура сети	8 - 10	- “ -	- “ -
	То же	То же	-	- “ -	- “ -
после пассивирования	Горячая проточная вода	333 - 353 (60 - 80)	-	- “ -	- “ -

П р и м е ч а н и е: В агрегатах с индексом М промывка двойная противопоточная.

18.8. Омыление

Омыление полуфабриката применяется как смазка при выполнении штамповочных операций.

Омыление может производиться двумя способами:

1) подачей мыльной эмульсии на полуфабрикат и рабочий инструмент непосредственно при выполнении операции;

2) образованием тонкой высушенной пленки мыла на поверхности полуфабриката перед его обработкой.

В первом случае омыление выполняет еще дополнительную функцию – охлаждение рабочего инструмента.

Для омыления применяется раствор мыла в воде, содержащий 10…30 г/л 72- или 60%-ного хозяйственного мыла. Оптимальная температура мыльной эмульсии при омылении 313…333 К (40…60°С).

Применение более высокой температуры мыльной эмульсии ведет к быстрому испарению раствора.

Типовые растворы, применяемые для омыления при изготовлении элементов патронов, приведены в табл. 18.7.

Таблица 18.7

Типовые растворы, применяемые для омыления

Обрабатываемый полуфабрикат	Раствор (состав и концентрация, г/л)	Температура, К(°С)	Время обработки, мин	Метод обработки	Применяемое оборудование
Полуфабрикаты различных переходов 7,62- и 9-мм патронов	Мыло хозяйственное (10 - 30)	313 - 333 (40 - 60)	0,5 - 4	Окунание	Шнековые агрегаты. Агрегаты барабанно-лоткового типа АТ-1, М-АТ, АТ-7/200, АОС-1, М-АОС-1, М-АТ-2 и др.
				Орошение	Роторные автоматические линии
Полуфабрикаты различных переходов 12,7- и 14,5-мм патронов	Мыло хозяйственное (10 - 30)	313 - 333 (40 - 60)	2 - 3	Окунание	Шнековые агрегаты. Агрегаты барабанно-лоткового типа 2АТФ-14

18.9. Сушка

Сушка деталей после химической обработки производится с целью удаления с их поверхности влаги и предупреждения образования коррозии; сушка лакированных деталей – с целью удаления летучих растворителей и последующей полной полимеризации лаковой пленки. Типовые режимы сушки, применяемые при изготовлении элементов патронов, приведены в табл. 18.8.

Сушка производится в проходных сушильных печах с обдувом горячим воздухом.

Для более быстрого высыхания деталей необходим обмен воздуха до 20…30% от всего циркулирующего потока.

Таблица 18.8

Режимы сушки полуфабрикатов и изделий

Обрабатываемый полуфабрикат	Применяемое оборудование	Температура, К(°С)	Время сушки, мин
1	2	3	4
Стальная 7,62-мм гильза			
Полуфабрикаты различных переходов	Сушильная печь ДВМ	473 – 573 (200 - 300)	-
	Сушильная печь “Салем“	393 – 453 (120 - 180)	-

Продолжение табл.18.8

1	2	3	4
Полуфабрикаты различных переходов	Ротор сушки автоматической роторной линии ЛГ-207	423 – 453 (150 - 180)	1,66
	Ротор сушки автоматической роторной линии 1ЛГ-407	453 – 473 (180 - 200)	1,66
	Сушильная печь агрегатов: АТ-1, АТ-7/200, АОС–1, АОС-7/200, М-АТ, М-АТ-1К, М-АОС, М-АОС-1, М-АТ-1Р	473±30 (200±30) 393 – 453 (120 - 180) 453 – 473 (180 - 200)	8,2
	Шнековая печь агрегатов У-1 и У-2	553 – 573 (280 - 300)	8
Готовая гильза: после фосфатирования и пассивирования	Сушильная печь “Салем“	393 – 453 (120 - 180)	-
	Сушильная печь ДВМ	473 – 553 (200 - 280)	-
	Шнековая печь агрегатов У-1 и У-2	453 – 573 (180 - 300)	-
	Сушильная печь агрегатов АФ-1 и АФ-7/200, М-АФ-1, М-АФ	383 – 393 (110 - 120)	8 - 12
	Сушильная печь агрегата Sprimag		30 - 35
после лакирования	Ротор сушки автоматических роторных линий ЛЛГ-107 и ЛЛГ-107М	448 – 458 (175 - 185)	1,75 (в индукторе)
	Печь подсушки камерного типа КС	453±5 (180±5)	-
Стальная 14,5-мм гильза			
Полуфабрикаты различных переходов	Сушильная печь ДВМ Сушильная печь 4-секционного агрегата Сушильная печь агрегата 2АТФ - 14	523 - 573(250 - 300) 423 - 473(150 - 200) 413 - 443(140 - 170)	- 3,5 6 - 7
Готовая гильза: после фосфатирования и пассивирования	Сушильный шкаф	423 – 453 (150 - 180)	15
после лакирования	Сушильная печь агрегата лакирования АЛ-1	433 – 453 (160 - 180)	30 - 35

Окончание табл. 18.8

1	2	3	4
Биметаллическая 7,62-мм гильза			
Полуфабрикаты различных переходов	Сушильная печь ДВМ	413 – 523 (140 - 250)	-
	Сушильная печь “Салем“	413 – 453 (140 - 180)	-
	Ротор сушки автоматической роторной линии 1ЛГ-407	473±30 (200±30)	1,66
Готовая гильза:			-
после фосфатирования проточки	Сушильная печь ДВМ	413 - 423 (140 - 150)	
	Сушильная печь ДВМ (число оборотов шнека - 0,5 об/мин)	413 - 423 (140 - 150)	-
после лакирования проточки	Роторы сушки автоматической роторной линии 1Л - 4Б	Сушка ТВЧ 552±20 (280±20) 573±7 (300±7) 383 - 443 (115 - 170)	3,33
Оболочка пули Б32 14,5-мм патрона			
Полуфабрикаты различных переходов	Сушильная печь типа ДВМ	523 (250)	-
	Электропечь шнековая	Температура, необходимая для подсушивания	
	Сушильная печь “Малер “	473 – 573 (200 - 300)	-
	Сушильная печь “Салем “	423 – 573 (150 - 300)	-
Готовая оболочка после латунирования	Сушильная печь (число оборотов печи – 5 - 6 об/мин)	433 – 473 (160 - 200)	-
Оболочка пули 7,62-мм патрона			
Полуфабрикаты различных переходов	Сушильная печь 5 - секционного шнекового агрегата	393 – 423 (120 - 150)	-
	Шнековый агрегат с сушильной печью ДВМ		
	Агрегат АФ - 1, М - АФ - 1 Агрегат АФ - 7/200, М - АФ	473 – 553 (200 - 280)	- 7,5 - 13,5
Стальные гильзы к 7,62- и 14,5-мм патронам			
Готовая гильза после лакирования	Автоматическиероторные линии ЛЛГ - 107, ЛЛГ - 107М с печью досушки камерного типа ПС - 2	453±5 (180±5)	1,75 (сушка в индукторе) 30 (сушка в печи)

18.10. Лакирование

После фосфатирования в целях повышения коррозионной стойкости детали покрывают лаковой пленкой. Лаковая пленка должна быть сплошной, газоводонепроницаемой, химически стойкой, обладать высокой адгезией, а также механической прочностью и твердостью.

Для лакирования стальных элементов патронов применяется лак ВЛ-51, который представляет собой раствор крезолальдегидной смолы К-212-01, поливинилбутираля и моноглицерида льняного масла в смеси этилового спирта и циклогексанона.

Лак должен наноситься на детали одним или двумя слоями методом окунания. Рабочая вязкость лака колеблется в пределах 12,5…14 с по вискозиметру ВЗ-4 и подбирается технологически. Разбавление лака до рабочей вязкости производится растворителем Р-7 (50% этилового спирта +50% циклогексанона). Толщина лаковой пленки должна быть не менее 4 мкм.

Для полимеризации лака ВЛ-51 температура сушки должна находится в пределах 453 К (180ºС) ±5ºС, а время сушки не менее 30 мин. Типовые режимы лакирования, применяемые на заводах отрасли, приведены в табл. 18.9.

Таблица 18.9

Типовые режимы лакирования стальных гильз

Применяемое оборудование	Лак	Время лакирования, с	Температура лака, К(°С)	Вязкость, сек	Температура сушки, К(°С)	Время сушки
Установка АЛ-1	ВЛ-51	20 - 25	291 - 293 (18 - 20)	12,5 - 14,0	448 - 458 (175 - 185)	30 - 35 мин
Автоматическая роторная линия ЛЛГ-107 и ЛЛГ-107М с печью досушки камерного типа ПС-2	ВЛ-51	15	291 - 293 (18 - 20)	12, 5 - 14,0	453 ±5 (180±5)	Сушка в индукторе 1 мин 45 с Сушка в печи 30 мин

Лакирование проточки биметаллических гильз производится фенолополивинилбутиральным клеем БФ-2.

Рабочая вязкость клея 80-110 с по вискозиметру ВЗ-4. Клей БФ-2 разбавляют этиловым спиртом и наносят на проточку кисточкой. Режимы сушки даны в табл. 18.9.

Лакирование проточки также осуществляется лаком ЭП-524. Вязкость лака по вискозиметру ВЗ-4 35-40 с.

Время сушки 10 мин при температуре помещения. Лак наносят на проточку кисточкой на линии 1Л-4Б.

18.11. Латунирование

Латунирование применяется как пластичная металлическая смазка в производстве пульных оболочек к патронам 14,5-мм калибра, а также как антикоррозионное покрытие, повышающее живучесть стволов стрелкового оружия. Это покрытие представляет собой сплав, полученный электролитическим путем. Условия электролиза подобраны так, что допускают совместное осаждение двух металлов. Изменяя условия электролиза (плотность тока, температуру), можно регулировать одновременное осаждение меди и цинка и получить сплав с большим или меньшим относительным содержанием этих металлов. В качестве анода и катода лучше всего применять латунные пластинки с содержанием железа не более 0,1%. Поверхность анодов обязательно должна в два-три раза превышать поверхность катодов – это одно из основных условий при латунировании.

Цвет отложения зависит от напряжения и плотности тока и может переходить от светло-желтого, золотистого цвета до медно-красного.

Электролиты для латунирования могут работать при разных температурах в режиме постоянного тока, плотность тока 0,3…0,59 А/дм^2, температура электролита 298…323 К (25…50ºС).

Вновь составленная ванна латунирования до начала работы требует обязательной проработки и регулировки.

Латунирование второй вытяжки и оболочки осуществляется в электролите следующего состава, г/л: $CuSO_4$ – 78; $NaCO_3$ – 40; NaCN – 60 или KCN – 78.

Электрический режим: напряжение 7…10 В; плотность тока 0,3…0,5 А/дм^2. Температура рабочего раствора 303…313 К (30…40ºС). Время латунирования 8…11 час.

18.12. Контроль качества полуфабрикатов и готовых деталей

Качество полуфабрикатов и деталей после обезжиривания. Качество очистки деталей от жировых и масляных загрязнений определяется по степени смачивания их поверхности водой.

Контроль заключается в следующем: тщательно промытая после обезжиривания деталь погружается в холодную воду, затем осторожно вынимается и ставится в вертикальном положении или под углом 45. Прерывность водной пленки (т.е. места, не смоченные водой) означает, что полная очистка детали от жира не достигнута.

Качество полуфабрикатов и деталей после травления. Качество очистки полуфабрикатов и деталей от окислов после отжига определяется по внешнему виду. Полуфабрикаты и детали, тщательно промытые после травления, подвергаются осмотру. Если на поверхности не окажется остатков окалины, деталь протравлена хорошо.

Качество фосфатного покрытия. Условия приемки фосфатных пленок определяются их назначением (покрытие в целях защиты от коррозии, грунт под лак, нанесение электроизоляционной пленки или фосфатирование листового, трубчатого или профильного железа для улучшения условий протяжки).

Фосфатная пленка должна отвечать следующим требованиям:

- иметь мелкокристаллическую структуру (наличие крупных, рыхлых и легко осыпающихся кристаллов не допускается);
- цвет и оттенок пленки от светло-серого до темно-серого (различие оттенков на отдельных участках не является признаком брака);
- должна полностью равномерно покрывать все участки, подлежащие покрытию, за исключением точек контакта с приспособлением и трудно доступных участков (узкие зазоры, глубокие несквозные отверстия и т.д.);
- не допускаются ржавые пятна и налет взмученного осадка со дна фосфатной ванны, а также черный, мажущийся налет, оставляющий следы на руках или хлопчатобумажной салфетке;
- при внешнем осмотре толщина фосфатной пленки должна быть достаточной, не допускающей просвечивания металла;
- на фосфатированной поверхности допускается белесый налет фосфатов и желтый налет после пропитки хромпиком.

Наличие фосфатной пленки во всех сомнительных случаях при внешнем осмотре проверяется путем проведения двух перекрещивающихся штрихов по фосфатированной поверхности ногтем или палочкой, изготовленной из дерева или пластмассы. При этом на поверхности должны оставаться светлые, отчетливо заметные следы.

Упрощенный метод проверки пористости и сплошности фосфатной пленки заключается в погружении фосфатированных деталей в холодную проточную воду с последующей сушкой на воздухе. После высыхания на покрытой поверхности не должно быть ржавых точек и пятен.

Пористость покрытия определяют погружением в раствор 3%-ного медного купороса, нейтрализованного окисью меди или нанесением капли этого раствора на поверхность изделий. Время до появления пятна выделившейся меди должно быть не менее 15 с.

Сплошность фосфатной пленки определяют с помощью реактива “Уокера “следующего состава: $K_3[Fe(CN)_6]$ – 40 г/л и Na_2SO_4 – 15 г/л. Детали заворачиваются в фильтрованную бумагу, смоченную этим реактивом, и выдерживаются в течение 60 с. Допускается не более 6 точек на 1 $см^2$.

Лабораторная проверка коррозионной стойкости фосфатной пленки заключается в погружении деталей на шелковых или капроновых нитях в 3%-ный раствор NaCl при T = 293 К (20°С) с выдержкой до пожелтения раствора и появления признаков коррозии на поверхности полуфабрикатов и элементов. При этом фосфатная пленка, пассивированная в бихромате калия,

не должна иметь пятен или точек ржавчины после выдержки в указанном растворе в течение двух часов.

Качество лаковой пленки. Качество лаковой пленки гильз после лакирования контролируется по внешнему виду на соответствие эталонам.

Определение сплошности фосфатно-лакового покрытия производится в соответствии с ТУ реактивом следующего состава: NaCl – 20 г/л, $K_3Fe(CN)_6$ – 7,6 г/л.

Гильзы заворачиваются в бумагу, смоченную в реактиве, и выдерживаются в течение 5 мин. На бумаге не должно быть синих пятен.

Контроль сплошности лаковой пленки на фосфатированной проточке осуществляется следующим образом: гильза проточкой погружается в 1%-ный раствор серной кислоты и выдерживается в течение 60 с. Затем промывается водой и погружается на 60 с в 3%-ный раствор медного купороса. После этого проточка протирается фильтрованной бумагой и осматривается. Наличие оголений на проточке (цвет чистой стали) указывает на несплошность лаковой пленки.

Качество латунного покрытия. Контроль качества заключается в следующем: на сухой участок латунного покрытия наносят каплю раствора азотнокислого серебра концентрации 22 г/л и выдерживают в течение 15 с. Затем каплю промокают фильтрованной бумагой.

Эту операцию повторяют до обнажения сплошного участка основного металла. Местную толщину слоя латунного покрытия в микронах рассчитывают по формуле

$$h = 0{,}3 \cdot n ,$$

где 0,3 – толщина латунного покрытия в микронах, снимаемая одной каплей за 15 с при температуре 283…298 К (10…25°С); n – число капель раствора, израсходованного на растворение латуни.

Библиографический список

1. *Гриллихес С.Я.* Обезжиривание, травление и полирование металлов. Л.: Машиностроение, 1977. 112 с.

2. *Гриллихес С.Я.* Оксидирование и фосфатирование металлов. Л.: Машиностроение, 1971. 120 с.

3. *Билибин И.К.*, Голиков В.И. и др. Справочник технолога-приборостроителя: в 2 т. Т. 2 / Под ред. Е.А. Скороходова. М.: Машиностроение, 1980. 463 с.

19. СБОРКА (МОНТАЖ) ПУЛЬ

19.1. Классификация монтажных операций

В соответствии со схемой (рис. 4.1) технологический процесс сборки патрона включает в себя сборку (монтаж) пули и сборку (снаряжение) базовой сборочной группы «гильза – капсюль воспламенитель – пороховой заряд».

В зависимости от назначения и конструктивного исполнения пуль технологические процессы их сборки могут существенно различаться по степени сложности и включать в себя процессы изготовления сборочных единиц пули первой, второй, третьей ступени, выполняемых последовательно (рис. 4.2, 4.8…4.10).

Процессы сборки базовой сборочной группы для всех видов патронов практически одинаковы (рис. 4.11). Некоторое исключение представляют процессы сборки холостых и учебных патронов ввиду отсутствия отдельных элементов патрона.

Неразъемные соединения отдельных элементов, в том числе узлов и пуль в целом выполняются с применением рассмотренных в разделе 5 процессов штамповки. Поэтому штампосборочные процессы подчиняются той же классификации, что и формоизменяющие процессы штамповки.

Во многих случаях процессы сборки штамповкой реализуют две функции: соединение элементов и их окончательное формообразование, например, при изготовлении пуль.

В зависимости от степени совмещения сборочные (монтажные) процессы подразделяются на простые и комбинированные. К простым процессам относятся следующие: запрессовка наконечника в оболочку, запрессовка алюминиевого колпачка во втулку, запрессовка втулок в пиростаканы, капсюлирование, загибка кромок оболочек, образование конуса, калибровка пуль, накатка, кернение, расправка, запрессовка пули в дульце гильзы, обжим и некоторые другие.

К комбинированным процессам относятся догонка сердечника и предварительная загибка кромок оболочки, окончательная загибка кромок оболочки и штамповка хвостовой части пули и некоторые другие.

Обжим и загибка оболочки, накатка канавок в оболочках в предварительно подготовленную канавку в пиростакане, калибровка по диаметру, запрессовка капсюлей, пуль в дульце гильзы и другие подобные процессы по схемам напряженного состояния близки к процессам листовой штамповки с плоской схемой НДС и характеризуются сравнительно невысокими контактными давлениями.

Накатка канавки в сплошной заготовке (пуле), калибровка по фигуре, кернение характеризуются объемными схемами напряженного состояния и сравнительно большими контактными давлениями в зонах пластической дефор-

мации, т.е. соответствуют процессам объемной штамповки. Поэтому технологические возможности процессов сборки, относящихся к разным классам, определяются соответствующими условиями ограничения деформации, свойственными либо листовой, либо объемной штамповке.

19.2. Технологические особенности и возможности процессов обжима пуль

К процессам обжима пуль относятся следующие штампосборочные операции:

- загибка кромки (предварительная и окончательная) оболочки хвостовой части пули;
- образование конуса (конусование) хвостовой части;
- обжим оживальной части полуоболоченных пуль.

Формообразование конической хвостовой части пули выполняется по схемам продольного обжима (см. поразд.10.1) в конических матрицах, а загибка кромок и формообразование оживальной части пули – по схемам продольного обжима в матрицах с криволинейной образующей.

19.2.1. Продольный обжим в конической матрице

Процесс формообразования конуса пули является нестационарным и осуществляется, как правило, за две характерные стадии (рис. 19.1):

1) свободный обжим кромки оболочки (от момента начала деформирования до момента контакта с рубашкой – сердечником);

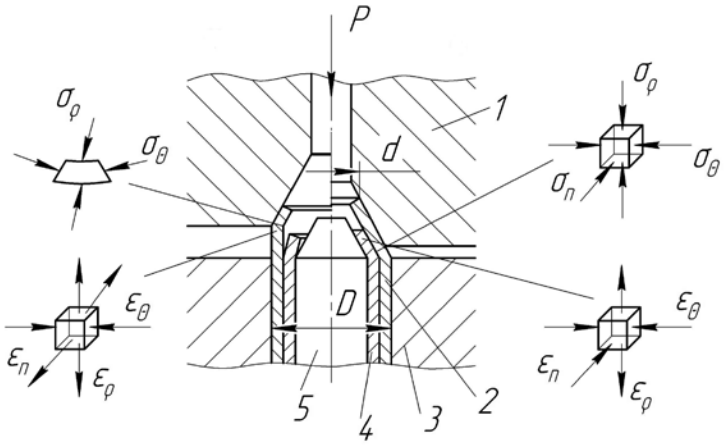
2) обжим с подпором по внутренней поверхности оболочки (от конца первой стадии и до завершения процесса).

На первой стадии деформирования напряженное состояние заготовки плоское двухосное сжатие, деформированное состояние объемное (в зоне кромки соответствует простому сжатию): в направлении образующей заготовка испытывает удлинение, в окружном направлении – укорочение и в направлении, перпендикулярном первым двум, – удлинение (утолщение).

Максимальное меридиональное сжимающее напряжение $\sigma_{\rho\max}$ может быть определено как напряжение при обжиме трубной заготовки без образования дульца в конической матрице (см. разд. 10).

На конечной (второй) стадии деформирования давление подпора будет равно величине нормального компонента напряжений σ_n, небольшого по величине вследствие малого сопротивления свинцовой рубашки, что исключает утонение оболочки (возможно утонение свинцовой рубашки в зоне контакта с сердечником, стаканом или другим более жестким элементом).

Технологические особенности продольного обжима изложены в разд. 10.



а *б*

Рис. 19.1. Технологическая схема процесса предварительного образования «конуса» пули способом обжима: *а* – первая стадия процесса; *б* – вторая стадия процесса; *1* – пуансон-матрица; *2* – оболочка; *3* – матрица; *4* – рубашка; *5* – сердечник

Технологические возможности этого процесса по допустимым степеням деформаций и заданной точности геометрической формы определяются устойчивостью оболочки пули при обжиме, исключающей появление поперечных и продольных складок (волнистости, гофр). Приближенные значения продольных (меридиональных) напряжений $\sigma_{\rho\max}$ и технологического усилия обжима может быть определенно по следующим формулам:

$$\sigma_{\rho\max} = \sigma_{i\,\text{ñð}}\left(1+ f\cdot\operatorname{ctg}\alpha\right)\cdot\left(1-m\right)\left(1+1/\sqrt{m}\right)\left(3-2\cos\alpha\right);$$

$$P_{\max} = \pi\cdot d\cdot S_0\,\frac{\sigma_{\rho\max}}{\cos\alpha},$$

где $\sigma_{i\,\text{ср}} = \frac{1}{2}A\cdot\varepsilon_i^n$ – среднее сопротивление деформированию материала оболочки; A, n – характеристики материала (см. п. 2.6.4); α – односторонний угол конусности матрицы; $m = d/D$ – коэффициент обжима; d, D – минимальный и максимальный наружный диаметр обжимаемой оболочки пули; f – коэффициент трения.

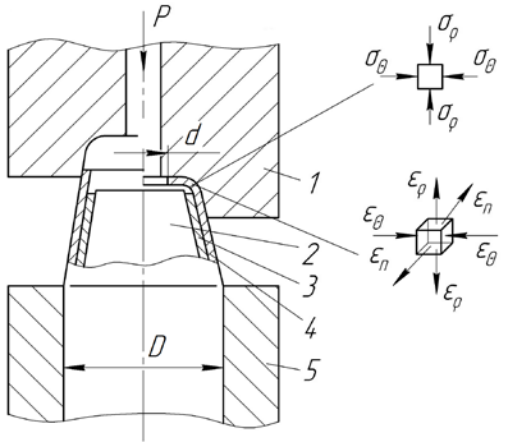
19.2.2. Продольный обжим в матрице с криволинейной образующей

В общем случае при обжиме в матрице с криволинейной образующей радиусы кривизны матрицы и деформируемой оболочки пули в меридиональных R_ρ и широтных R_θ сечениях конечны и являются функциями координат. Так как напряжения в меридиональном σ_ρ и широтном σ_θ направлениях сжимающие, то в такой матрице силы трения на контактных поверхностях будут больше по модулю по сравнению с обжимом в конической матрице.

При обжиме в матрице с криволинейной образующей с выходом края заготовки (оболочки пули) на плоский участок матрицы (рис. 19.2) напряжения $\sigma_{\rho\max}$ можно определить по приближенной формуле Е.А. Попова:

$$\sigma_{\rho\max} = -\sigma_{i\,\text{ñð}}\left[(1+f)\cdot\left(1-\frac{r_{\text{ãð}}}{R_0}\right)+1-\frac{r_0}{r_{\text{ãð}}}+\frac{S}{2R_\rho}\right],$$

где $r_{\text{гр}}$ – радиус оболочки на границе плоского и криволинейного участков матрицы; $R_0 = D/2$; $r_0 = d/2$; S – толщина стенки оболочки, R_ρ – радиус кривизны матрицы и оболочки в меридиональном направлении.



а *б*

Рис. 19.2. Технологическая схема штамповки на операции предварительной загибки торцевой кромки оболочки: *а* – начало процесса; *б* – конец процесса; *1* – пуансон – матрица; *2* – стальной сердечник; *3* – свинцовая рубашка; *4* – оболочка; *5* – матрица

В случае обжима без образования плоского участка напряжение $\sigma_{\rho\max}$ будет меньше, чем в предыдущем случае, и может быть приближенно рассчитано по формуле

$$\sigma_{\rho\max} = -\sigma_{i\,\text{ñð}}(1+f)\cdot(1-m).$$

Загибка края оболочки относится к частному случаю обжима: металл в очаге деформации подвергается двустороннему сжатию и поперечные размеры кромки оболочки уменьшаются (см. рис. 19.2).

Меридиональные напряжения изменяются от нуля в зоне кромки до $\sigma_{\rho max}$ в зоне сопряжения цилиндрической части пули с конической. Тангенциальное напряжение во всех случаях равно пределу текучести упрочненного материала заготовки: $\sigma_\theta = \sigma_{SH}$.

Деформированное состояние заготовки при загибке края оболочки аналогично деформированному состоянию при обжиме трубных заготовок.

Возможности формоизменения за одну операцию в холодном состоянии определяются также допустимыми коэффициентами обжима.

Окончательное образование конуса производится пуансоном-матрицей, имеющим коническую формующую полость. Пуля пуансоном заталкивается в фигурную матрицу, соответствующую фигуре оживальной части пули.

Расчет усилий на операциях предварительной и окончательной загибки кромки и обжима оживальной части оболочки производится по формуле

$$P = \pi \cdot D_{0\,\text{ср}} \cdot S_0 \cdot \sigma_{\rho max},$$

где $\sigma_{\rho max}$ определяется по приведенным выше формулам.

19.3. Калибровка пуль

Калибровка узлов пуль и готовых пуль предназначена для обеспечения плотности монтажа и заданных чертежных размеров пули по наружному контуру.

Различают два вида калибровки: калибровку ведущей части узла или пули и калибровку оживальной и конической частей пули.

Калибровка ведущей части узла и пули служит для обеспечения заданных диаметральных размеров и осуществляется путем проталкивания пули или узла по схеме редуцирования через калибровочные матрицы, имеющие определенный размер, защищенный минимальным допуском.

Количество калибровок определяется технологическими требованиями обеспечения заданных размеров отдельных узлов. Так, после загибки и подгибки кромок оболочки вследствие некоторой потери устойчивости оболочки вне зоны контакта с инструментом возможно «раздувание» пули по наружному диаметру. При калибровке ликвидируется «бочка» и выправляется цилиндричность ведущей части пули.

После накатки пояска производится калибровка не только по диметру ведущей части, но и по конусу и длине с целью окончательного оформления фигуры пули.

В результате калибровки крупнокалиберной пули наружный диаметр на каждой калибровке уменьшается на 0,05…0,10 мм (меньшие значения характерны для завершающих операций).

Калибровка по фигуре пули осуществляется за счет незначительных местных деформаций в закрытой матрице и близка по схеме к объемной формовке.

Величина потребного усилия может быть определена по приближенной формуле

$$P = q \cdot F,$$

где q – удельное сопротивление, принимаемое равным среднему значению предела текучести упрочненного материала оболочки, МН/м^2 (кгс/мм^2); F – проекция поверхности оживальной или конической части пули на плоскость, перпендикулярно оси пули (мм^2).

Среднее значение предела текучести определяется как среднеарифметическое значение в цилиндрической части оболочки $\sigma_{i\text{ц}}$ и с учетом деформационного упрочнения в зоне вершинки $\sigma_{i\text{в}}$:

$$q \approx \sigma_{i\,\text{ср}} = \frac{\sigma_{i\,\text{ц}} + \sigma_{i\,\text{в}}}{2}.$$

19.4. Накатка пуль

19.4.1. Способы накатки

При монтаже пуль применяется накатка двух видов: накатывание пояска (канавки) в сплошной заготовке (элементе) и накатывание пояска по готовым профилям элементов.

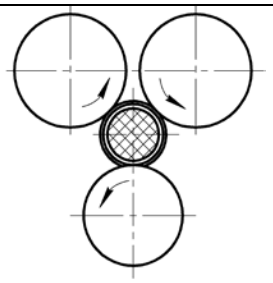
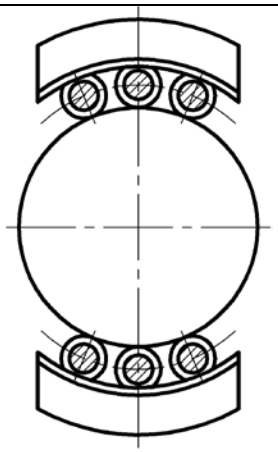
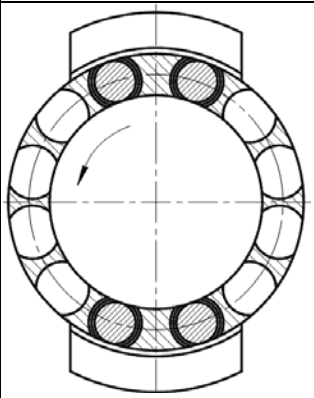
К первому виду операции относится накатка поясков на винтовочной пуле 7,62-мм калибра; на пулях к патрону БЗТ, Б-30, Б-32 к патронам 12,7- и 14,5-мм калибра. Ко второму виду относится, например, накатывание пояска на пуле, стакане для пиротехнического состава, которые имеют готовый профиль канавок.

Основные способы накатки пуль, их схемы, характеристика и область применения приведены в табл. 19.1.

Процесс накатывания пояска по готовому профилю относится к давильным операциям. Ввиду малых относительных толщин деформируемых оболочек в зоне очага деформации возникает плоская схема напряженного состояния: в меридиональном направлении (вдоль образующей) растягивающие напряжения σ_ρ, в тангенциальном (окружном) направлении – сжимающие напряжения σ_θ, в направлении нормали – незначительные по величине по сравнению с пределом текучести материала сжимающие нормальные напряжения σ_n и контактные давления q.

Таблица 19.1

Основные способы накатки пуль

Способ накатки	Схема процесса	Характеристика процесса	Область применения
Роликами		Накатка производится при помощи трех роликов, один из которых является накатным с принудительным вращением, а два другие – направляющими, получающими вращение от накатного ролика. Наряду с высоким качеством и точностью накатки данный способ малопроизводителен, связан с большими давлениями на опорные ролики.	Пули калибром 14,5-, 12,7- и 7,62-мм
Двухручьевая поточная накатка плашками без разделяющего сепаратора		Двухручьевая поточная накатка без разделяющего сепаратора при помощи непрерывно вращающегося диска и двух неподвижных накатных плашек. Способ обеспечивает высокую производительность станка и уравновешенность сил давления на опорный диск. При накатке пуля опирается хвостовой частью на поверхность стола, а поэтому на положение пояска от вершины пули оказывает влияние допуск на ее длину.	Крупнокалиберные пули
Двухручьевая поточная накатка плашками с разделяющим сепаратором		Двухручьевая поточная накатка с разделяющим сепаратором производится при помощи непрерывно вращающегося диска и двух неподвижных накатных плашек. Во время накатки пули разделяются или свободно вращающимся сепаратором или выступом диска. При этом способе получается более высокое качество накатки, строгое положение пояска от вершины пули независимо от допуска на ее длину, так как во время накатки пуля может опираться вершиной.	Крупнокалиберные пули

19.4.2. Технологические особенности процессов накатки

Процесс накатывания пояска по готовому профилю относится к давильным операциям. Ввиду малых относительных толщин деформируемых оболочек в зоне очага деформации возникает плоская схема напряженного состояния: в меридиональном направлении (вдоль образующей) растягивающие напряжения σ_ρ, в тангенциальном (окружном) направлении – сжимающие напряжения σ_θ, в направлении нормали – незначительные по величине по сравнению с пределом текучести материала сжимающие нормальные напряжения σ_n и контактные давления q.

Деформированное состояние заготовки в зоне очага деформации соответствует растяжению, вызванному двухосным укорочением.

Процесс накатывания поясков в сплошной заготовке заключается во вдавливании вращающихся роликов в тело вращающейся заготовки (пули, дульца гильзы) в радиальном направлении.

Накатка пояска на роторной линии выполняется следующим образом. В роторе накатки пуля при помощи стержня *3* доводится до упора *1* и становится между трех роликов: двух гладких *4*, которые придают пуле вращательное движение, и одного фигурного *2*, который производит накатку пояска пули (рис. 19.3).

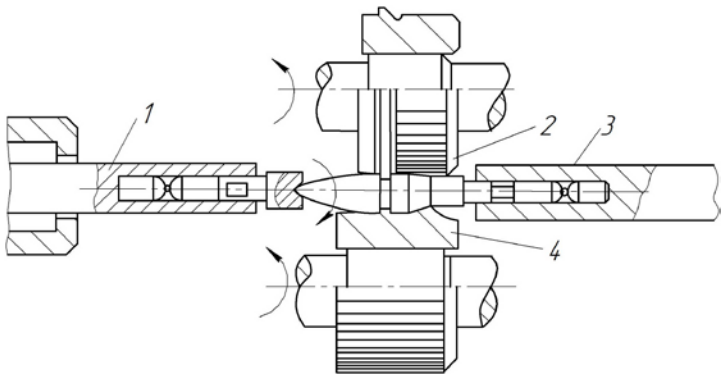


Рис. 19.3. Технологическая схема накатки пояска в пуле

В отличие от рассмотренного выше процесса накатки по готовым профилям (канавкам) в этом случае напряженное состояние заготовки близко к объемному.

Учитывая весьма небольшие степени деформации при накатке пули и ограниченность зоны контакта ролика и пули, давление на поверхности приближенно можно принять равным пределу текучести материала оболочки

$\sigma_{Sн}$ с учетом деформационного упрочнения как в результате предшествующих деформаций, так и в результате деформации при накатке:

$$q \approx \sigma_{Sн}.$$

Составляющие усилия (рис. 19.4) могут быть рассчитаны по формулам

$$N = ql\frac{D_p}{2}\gamma_{ïð}\,; \quad F = fN = fql\frac{D_p}{2}\gamma_{ïð}\,; \quad P = ql\frac{D_p}{2}\gamma_{ïð}\sqrt{1+f^2}\cos\psi;$$

$$Q = -ql\frac{D_p}{2}\gamma_{ïð}\sqrt{1+\psi^2}\sin\psi,$$

где ψ – угол трения; N – нормальное усилие; F – сила трения, направленная по касательной к окружности ролика; P, Q – горизонтальная и вертикальная составляющие равнодействующей силы T.

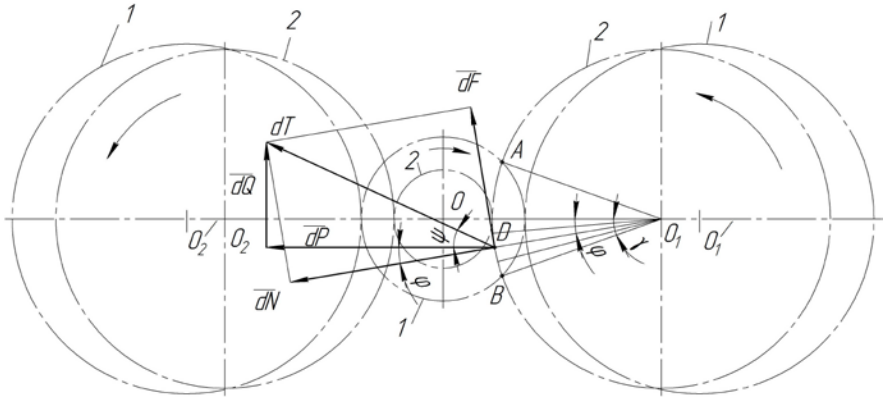


Рис. 19.4. Действие сил при накатке: *1* – начальное положение роликов; *2* – конечное положение роликов

Из приведенных уравнений следует, что абсолютные величины усилий P и Q находятся в прямой зависимости от удельного давления q, размеров накатываемого профиля (l, b), диаметра ролика D_p, углов охвата $\gamma_{пр}$ и трения ψ и коэффициента трения.

В начальный момент накатывания ролик незначительно внедряется в металл заготовки (пули) и величина $\gamma << \psi$. При этом на всей длине дуги контакта AB преобладают силы, которые стремятся захватить и повернуть заготовку (пулю) относительно вращающихся роликов. По мере дальнейшего внедрения ролика в заготовку условия захвата изменяются: на заготовку воздействуют как захватывающие (Q), так и выталкивающие P силы; угол охвата $\gamma_{пр}$ стремится к углу трения ψ. Условие нормального протекания процесса:

$$\gamma_{пр} \le \psi.$$

Основными параметрами, характеризующими размеры очага деформации, являются длина l и ширина b. При этом длина назначается равной ширине канавки изделия по чертежу, а ширина очага деформации:

$$b = \frac{D_\text{р}}{2}\gamma_\text{пр},$$

где $\gamma_\text{пр} = 2\sqrt{2}d\sqrt{\frac{q}{E}\frac{1}{D_\text{р}(D_\text{р}+d)}}$, откуда следует, что относительная ширина очага деформации равна:

$$\frac{b}{d} = \sqrt{2}\sqrt{\frac{q}{E}\frac{D_\text{р}}{(D_\text{р}+d)}}.$$

Зависимость $\gamma_\text{пр} = f\left(D_\text{р}/d\right)$ для различных материалов показана на рис. 19.5.

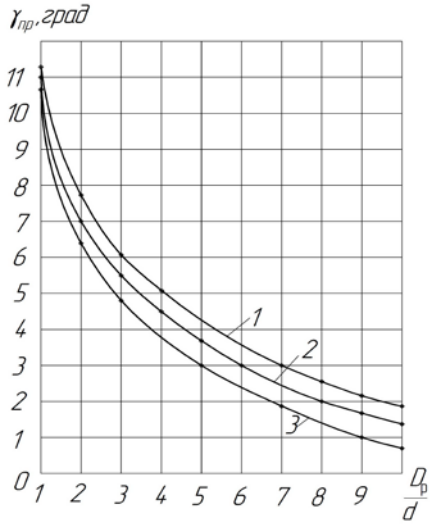


Рис. 19.5. Зависимость приведенного угла охвата $\gamma_\text{пр}$ от величины отношения $D_\text{р}/d$: *1* – алюминий; *2* – латунь; *3* – низкоуглеродистая сталь

Как показали экспериментальные исследования различных материалов, на предельную величину относительной ширины очага деформации значительное влияние оказывают условия трения (рис. 19.6, 19.7):

$$\frac{b}{d} = f\frac{D_\text{р}}{(D_\text{р}+d)}.$$

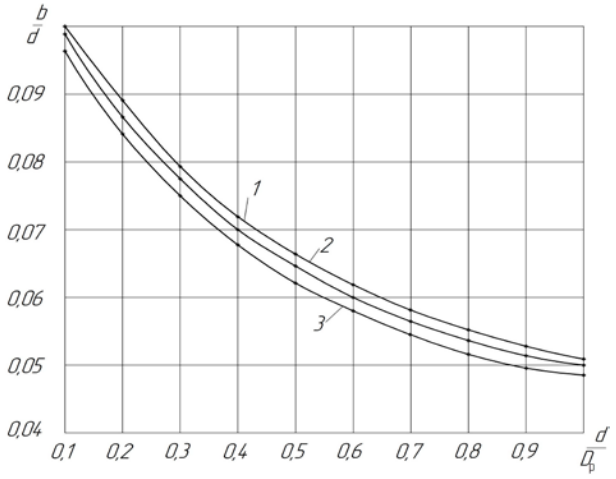


Рис. 19.6. Зависимость предельной ширины поверхности контакта b/d от величины отношения $d/D_\text{р}$ для различных материалов: *1* – алюминий; *2* – латунь; *3* – низкоуглеродистая сталь

Так как процесс накатки осуществляется в результате сближения формирующих роликов, то важным параметром является радиальная подача ролика Δh.

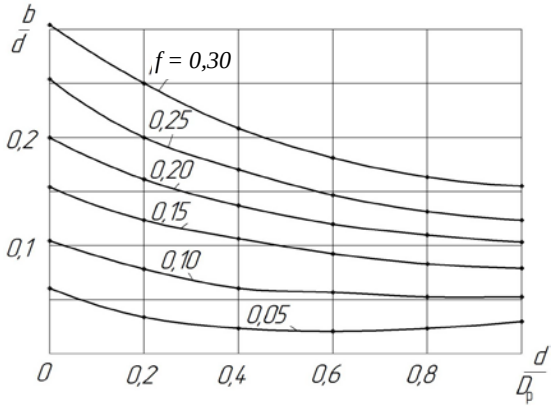


Рис. 19.7. Зависимость предельной ширины поверхности контакта b/d для стали при различных значениях f от величины отношения $d/D_р$

Радиальная подача зависит от значений $\gamma_{пр}$, $D_р/d$ и упругих свойств материала заготовки:

$$\Delta h = \frac{1}{2}\left[\frac{\gamma_{пр}^2}{8}D_р + d\left(1+\frac{q}{E}\right)\right] - \sqrt{\left[\frac{\gamma_{пр}^2}{8}D_р + d\left(1+\frac{q}{E}\right)\right]^2 - \left[\frac{\gamma_{пр}^2}{4}D_р + d\left(1+\frac{q}{E}\right)\right]}$$

и

$$\Delta h = f\frac{D_р}{D_р + d}d.$$

Для нормального протекания процесса накатки необходимо соблюдать следующие условия:

- центр накатываемой заготовки должен быть ниже центра роликов на небольшую величину:

$$D_р/d = 4-8;$$

- окружная скорость при минимальной радиальной подаче Δh = 0,03…0,04 мм/об должна быть v >3 м/с;
- коэффициент трения f = 0,08…0,12 (при применении в качестве смазки машинного масла, эмульсии);
- при применении смазывающих веществ радиальную подачу следует уменьшить на 20…40%;
- не применять интенсивную смазку (так как излишнее количество смазки вызывает повышенное скольжение заготовки между роликами);

- не производить накатку без смазки (так как в этом случае происходит интенсивное налипание металла заготовки на рабочую часть ролика, вследствие чего при обработке уменьшается стойкость инструмента).

Следует иметь в виду, что уменьшение отношения $D_{\text{р}}/d < 4{,}0$ приводит к резкому увеличению усилия, а увеличение $D_{\text{р}}/d > 8{,}0$ несколько усложняет конструкцию устройства.

19.4.3. Определение степени деформации при накатке

При накатке поясков по готовым профилям степень деформации можно оценивать компонентом деформации в осевом направлении по формулам

$$\varepsilon_i \approx (1{,}10-1{,}15)\varepsilon_{\rho} = (1{,}10-1{,}15)\left(\frac{l_1}{l_0}-1\right);$$

$$\varepsilon_i \approx (1{,}10-1{,}15)\varepsilon_{\rho} = (1{,}10-1{,}15)\ln\frac{l_1}{l_0},$$

где $l_1 = \frac{\pi}{180}(r_2\varphi_2 + 2r_1\varphi_1) + 2c$ – длина образующей канавки после деформации; $l_0 = 2\left(2r_2\sin\frac{\varphi_2}{2} + r_1\sin\varphi_1 + c\cos\varphi_1\right)$ – длина образующей до деформации (рис. 19.8).

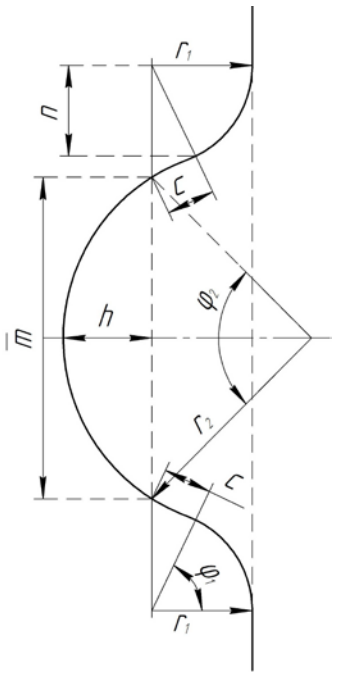


Рис. 19.8 Схема к определению удлинения заготовки в осевом направлении

При форме канавки, отличающейся от приведенной на рис. 19.8, для определения l_1 необходимо воспользоваться соответствующими геометрическими соотношениями, приводимыми в справочниках. Величина l_0 принимается равной ширине канавки с учетом радиусных закруглений.

При накатке поясков в сплошных заготовках (при отсутствии предварительно подготовленных канавок в одном из соединяемых элементов) степень деформации может быть определена по следующим формулам:

$$\varepsilon_i \approx \varepsilon_{\theta} = \frac{F_0 - F_{\text{к}}}{F_0}; \quad \varepsilon_i \approx \varepsilon_{\theta} = \ln\frac{F_0}{F_{\text{к}}} = 2\ln\frac{R_0}{R_1},$$

где F_0 – площадь поперечного сечения ведущей части пули, определяемая по наружному диаметру пули d_0; $F_{\text{к}}$ – площадь поперечного сечения пули, определяемая по диаметру пули $d_{\text{к}}$.

При закатке материала оболочки или дульца гильзы в предварительно подготовленную канавку величину допустимой деформации приближенно можно оценить по предельной деформации $\varepsilon_р$, $\varphi_р$, определяемой при испытании плоских образцов на растяжение.

При накатке канавок в сплошных заготовках предельная деформация должна определяться из условия допустимых деформаций при объемной схеме напряженного состояния. В этом случае предельные деформации могут достигать больших величин. Степени деформации, имеющие место в практике монтажа способом накатки, весьма незначительны и не превышают 3…5%.

19.4.4. Расчет усилий при накатке

При расчете усилий предел текучести материала оболочки или дульца гильзы принимается с учетом степени деформации на предшествующих стадиях обработки, например при вытяжках, если при этом не применялся предварительный отжиг. Расчетные формулы для определения усилий по различным схемам накатки приведены в табл. 19.2. Во всех случаях накатки схема действия сил одинакова.

Таблица 19.2

Формулы для определения усилия накатки

Операция	Способ накатки	Расчетная формула
Накатка (закатка) оболочки в канавку на соединяемом элементе	Накатка канавки вращающимися роликами	$P = nKql0{,}5D_р\sqrt{1+f^2}\gamma_{пр}\cos\psi;$ $Q = nql0{,}5D_р\sqrt{1+f^2}\gamma_{пр}\sin\psi;$ $q = \dfrac{1{,}15\sigma_S S_0}{\left[1-\dfrac{(R_1+h)^2-R_1^2}{2R_1}\left(\dfrac{1}{r_2}+\dfrac{1}{R_1}\right)\right]R_1}$
Накатка (закатка) оболочки в канавку на соединяемом элементе	Закатка оболочки в канавки способом обжима по всему периметру канавки	$P = qF_n;\ F = \pi d_к b;$ $q = \dfrac{1{,}15\sigma_S S_0}{\left[1-\dfrac{(R_1+h)^2-R_1^2}{2R_1}\left(\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_1}\right)\right]R_1}$
Накатка канавки в сплошной заготовке (пуле)	Накатка вращающимися роликами.	$P = nк\sigma_i l0{,}5D_р\sqrt{1+f^2}\gamma_{пр}\cos\psi;$ $Q = nк\sigma_i 0{,}5D_р\sqrt{1+f^2}\gamma_{пр}\sin\psi$
	Двухручьевая накатка	$P = 2nK\sigma_i l0{,}5D_р\sqrt{1+f^2}\gamma_{пр}\cos\psi$

n – число канавок; $D_р$ – диаметр ролика; k – число роликов; $\gamma_{пр}$ – приведенный угол охвата; ψ, f – угол и коэффициент трения; $d_к$ – диаметр канавки пули; b – ширина контактной поверхности соприкосновения роликов и заготовки; S_0 – толщина стенки оболочки; K – число одновременно деформируемых пуль; σ_i – предел текучести материала с учетом деформационного упрочнения.

19.5. Запрессовка

Запрессовка применяется для соединения некоторых элементов пуль обыкновенного и специального действия, а также при монтаже патронов.

Примерами могут служить операции запрессовки:

- наконечника в оболочку пули специального назначения;
- алюминиевого колпачка во втулку пули специального назначения;
- втулки в стакан с пиротехническим составом пули специального назначения;
- стального сердечника в рубашку;
- пиростакана в рубашку и др.

Запрессовка колпачка во втулку для пули специального назначения осуществляется на ручном вертикальном прессе. В результате осмотра выделяются втулки с рваными колпачками, с надрывами стенок и прорывами дна, с грубыми вмятинами на дне, с неправильной запрессовкой.

Запрессовка втулок в стаканы с пиросоставами производится на прессах с револьверной подачей.

Аналогично производится соединение запрессовкой и других металлических элементов.

Технологические требования на сборку и догонку узла в оболочку определяются требованиями обеспечения чертежных размеров узла и пули.

Сборка узла «стальной сердечник–свинцовая рубашка» производится следующим образом. Стальной сердечник и свинцовая рубашка засыпаются в бункеры автоматов, откуда по питательным трубкам поступают в ротор сборки узла. Рубашка фиксируется в матрице. Сердечник с помощью пуансона заталкивается в рубашку и досылается до упора в ее дно (рис. 19.9).

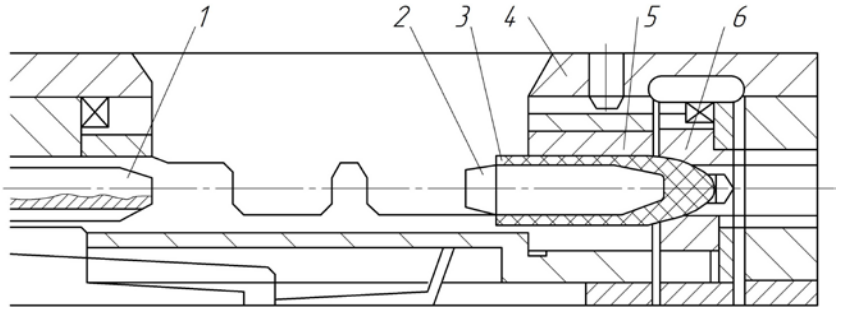


Рис. 19.9. Вставка и запрессовка (догонка) стального сердечника в свинцовую рубашку:
1 – пуансон; *2* – сердечник; *3* – свинцовая рубашка; *4* – блок ротора; *5*, *6* – матрицы

Соединение элементов в этом случае осуществляется за счет небольших по величине упругопластических деформаций элементов.

Догонка узла в оболочку производится в два приема: предварительная и окончательная догонки узла.

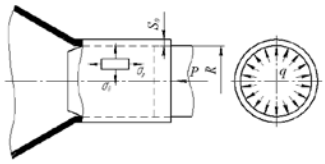
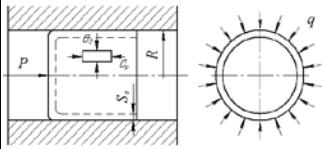
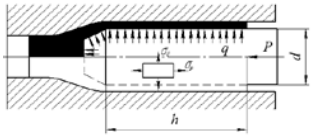
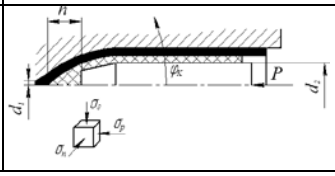
Предварительная догонка выполняется по схеме, близкой к сборке узла. В этом случае соединение узла и оболочки осуществляется за счет упругих деформаций оболочки.

Окончательная догонка узла близка по схеме к операции «объемная штамповка в закрытом штампе». Стенки оболочки и сердечника выполняют функции штамповочного инструмента.

Расчет усилий формоизменения приведен в табл. 19.3.

Таблица 19.3

Формулы для определения основных параметров формоизменения при запрессовке

Номер подгруппы	Схема запрессовки	Расчет деформаций	Расчет напряжений	Расчет усилий
I		$\varepsilon_\rho = \frac{qR}{ES_0}\left(\frac{1}{2} - f\right)$ $\varepsilon_\theta = \frac{qR}{ES_0}\left(1 - \frac{1}{2}f\right)$ $\omega = \frac{qR^2}{ES_0}\left(1 - \frac{1}{2}f\right)$	$\sigma_\rho = \frac{qR}{2S_0}$ $\sigma_\theta = \frac{qR}{2S_0}$ $q = \frac{ES_0\Delta}{2R^2(1-0{,}5\mu)} = 0{,}6\frac{ES_0\Delta}{R^2}$	$P = 1{,}85\frac{ES_0\Delta\mu l}{R}$
II		$\varepsilon_\rho = \frac{qR}{ES_0}\left(\frac{1}{2} - f\right)$ $\varepsilon_\theta = \frac{qR}{ES_0}\left(1 - \frac{1}{2}f\right)$ $\omega = \frac{qR^2}{ES_0}\left(1 - \frac{1}{2}f\right)$	$\sigma_\rho = \frac{qR}{2S_0}$ $\sigma_\theta = \frac{qR}{S_0}$ $q = 0{,}6\frac{ES_0\Delta}{R^2}$	$P = 1{,}85\frac{ES_0\Delta\mu l}{R}$
III		–	$q = \sigma_{S_0}$	$P = q(F + \mu F_{\text{ò}\delta}) = \sigma_S(F + \mu F_{\text{ò}\delta})$ $F = \frac{\pi d^2}{4}$ $F_{\text{ò}\delta} = \pi dh$
IV		$\varepsilon = \ln\frac{F_0}{F_3}$	$q \geq \sigma_{S_0}$	$P = \pi h d_2^2 \frac{\sigma_i}{\sqrt{3}} \frac{m_1 m_2}{\frac{1}{2}(d_1 + d_2)}$ $m_1 = f(tg\varphi_K)$ $m_2 = \frac{1}{2}\frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1}\ln\frac{d_2}{d_1}$

ω – радиальное перемещение, мм; σ_{S_0} – предел текучести исходного материала элемента, МН/м^2 (кгс/мм^2); $\Delta = d_1 - d$ – диаметральный натяг, мм.

К первой подгруппе относятся следующие операции по сборке пули: запрессовка втулки в стакан, предварительная догонка узла в оболочку, характеризующиеся деформацией одного из сопрягаемых элементов (пульная оболочка), который можно представить как тонкостенную оболочку под воздействием внутреннего равномерного (контактного) давления.

Ко второй подгруппе относится запрессовка колпачка во втулку и другие элементы, которые испытывают упругую деформацию тонкостенной оболочки (капсюль и др.) под воздействием внешнего равномерного давления (контактного давления).

К третьей подгруппе относится догонка сердечника в свинцовую рубашку. Эта подгруппа по схемам нагружения близка к первой, однако, в этом случае свинцовая рубашка может испытывать небольшие по величине пластические деформации.

К четвертой подгруппе относится окончательная догонка узла в оболочку. Четвертая подгруппа операций резко отличается от предыдущих большими пластическими деформациями вершинки свинцовой рубашки и объемной схемой напряженного состояния заготовки в этой зоне.

19.6. Расчет числа операций исполнительных размеров рабочего инструмента

Исходные данные:

- чертеж пули;
- чертежи или эскизы деталей и узлов с основными номинальными размерами и допусками на их изготовление;
- механические свойства материала металлических элементов.

Порядок расчета:

1. Выбор или расчет количества операций.
2. Расчет размеров полуфабрикатов (узлов) и готовых изделий (пуль).
3. Расчёт исполнительных размеров рабочего инструмента.
4. Выбор конструкции инструмента и его конструктивных размеров.

19.6.1. Выбор количества операций

Большинство монтажных операций производится за одну операцию и расчёт количества операций на практике не требуется.

Расчёт количества операций может производиться на операциях обжима конуса и загибки краёв оболочки по следующему приближенному соотношению:

$$n \cong \frac{\lg m_{\Sigma}}{\lg m_{\text{ср}}},$$

где n – количество операций; m_{Σ} – итоговый коэффициент обжима; $m_{\text{ср}} = m_{\text{доп}}$ – средний коэффициент обжима, допустимый за одну операцию для определенной марки материала (табл. 19.4).

Итоговый коэффициент обжима равен:

$$m_{\Sigma} = \frac{d_{\text{к max}}}{d_{\text{к min}}},$$

где $d_{\text{к max}}$, $d_{\text{к min}}$ – максимальный и минимальный наружные диаметры конической части пули.

Таблица 19.4

Итоговые m_{Σ} и допустимые $m_{\text{доп}}$ коэффициенты обжима при образовании конуса и загибке края оболочки

Тип пули	m_{Σ}	$m_{\text{доп}}$
Обыкновенная, 7,62-мм к патрону образца 1943 г.	$\frac{0{,}80}{0{,}87}$	0,68 – 0,71
Пистолетная, 7,62 мм	$\frac{1{,}00}{0{,}70}$	0,68 – 0,71
Б-30, 12,7 мм	$\frac{0{,}76}{0{,}76}$	0,62 – 0,64
Б-32, 12,7 мм	$\frac{0{,}76}{0{,}76}$	0,62 – 0,64
БЗТ, 12,7 мм	$\frac{0{,}76}{1{,}00}$	0,62 – 0,64
МДЗ, 14,5 мм	$\frac{0{,}77}{1{,}00}$	0,62 – 0,64
БЗТ, 14,5 мм	$\frac{1{,}00}{0{,}40}$	0,62 – 0,64
БЗ-42, 14,5 мм	$\frac{0{,}77}{1{,}00}$	0,62 – 0,64

Примечание. В числителе даны коэффициенты для образования конуса, в знаменателе – для загибки кромки оболочек.

Как правило, общий или итоговый коэффициент обжима

$$m_{\Sigma} \geq m_{\text{ср}} = m_{\text{доп}}.$$

Поэтому образование конуса и загибка торцевой кромки осуществляется за одну операцию. В то же время для получения необходимой точности размеров весь процесс иногда разбивают на две или три операции.

Так, образование конуса на пулях типа БЗТ, Б-42 14,5-мм калибра; Б-30, Б-32, БЗТ 12,7-мм калибра и к промежуточному патрону образца 1943 г. осуществляется за две операции. При изготовлении некоторых образцов пуль применяют три операции.

Загибка кромок оболочек пуль типа БЗТ, Б-30, Б-32 к патрону 12,7-мм калибра и к пистолетным пулям осуществляется за две операции.

Количество операций калибровки определяется числом штамповочных монтажных операций, так как калибровка пуль предназначена для исправления изменений диаметральных размеров и формы оживальной и конической частей пули.

19.6.2. Определение исполнительных размеров рабочего инструмента

Рабочий инструмент на штамповочно-сборочных операциях следует разбить на две группы:

1) изменяющий размеры и форму полуфабриката, изделия;

2) не изменяющий размеров и формы поданного на операцию узла изделия и предназначенный для фиксации узла и передачи усилия.

К первой группе относится основной инструмент для предварительных и окончательных операций: образование конуса, загибка кромки оболочки, калибровка, накатка пуль и патронов, обжим патронов.

К первой группе можно отнести и неосновной инструмент, применяемый на операциях «образование конуса и загибка кромки оболочки».

Под основным инструментом понимается инструмент, размеры которого определяют размеры узла (детали).

Ко второй группе относится инструмент для проведения следующих операций: запрессовка пиросостава в стакан, запрессовка отдельных деталей в узлы (запрессовка втулки в стакан, догонка стакана с рубашкой или сердечника с рубашкой в оболочку и др. операции).

При определении размеров инструмента первой группы необходимо учитывать не только номинальные размеры узла или его элементов, но и допуск на их изготовление.

Для того чтобы вся партия деталей укладывалась в заданные допуски, необходимо задавать исполнительные размеры инструмента с учетом направления его износа во время эксплуатации.

В большинстве случаев износ инструмента при монтаже приводит к увеличению соответствующих размеров пуль и патронов.

В некоторых случаях необходимо корректировать исполнительный размер инструмента на величину возможного пружинения узла, пули, патрона, устанавливаемого опытным путем.

При назначении допуска на наружный размер детали основным инструментом является матрица, ее исполнительный размер определяется по формуле

$$d_{\text{м}} = (d_{\max} - П_{\text{изн}} - \delta_y)^{+\delta_{\text{м}}},$$

где $d_{\max}$ – максимальный размер узла, пули; $П_{\text{изн}}$ – припуск на износ; δ_y – величина пружинения; $\delta_{\text{м}}$ – допуск на изготовление матрицы; $d_{\max} = d_{\text{н}} + \Delta_1$, где $d_{\text{н}}$ – номинальный размер узла (детали); Δ_1 – верхнее отклонение размера узла (детали), в большинстве случаев $\Delta_1 = 0$.

При изготовлении деталей по 5-9-му классам точности принимается равным:

$$П_{\text{изн}} = 0{,}60П_{\text{д}},$$

где $П_{\text{д}} = \Delta_1 - \Delta_2$ – поле допуска на размер, в большинстве случаев $\Delta_1 = 0$ и $П_{\text{д}} = \Delta_2$, Δ_2 – нижнее отклонение на размер узла (детали). Тогда

$$d_{\text{м}} = \left[d_{н} - (0{,}6 - 0{,}8)\Delta_2 - \delta_y\right]^{+\delta_{\text{м}}}.$$

Величину пружинения рекомендуется учитывать лишь при выполнении условия $\delta_y > \Delta_2/2$.

При определении размеров на промежуточных операциях припуск на износ можно не учитывать.

При определении размеров инструментов второй группы исполнительные размеры назначаются по соответствующим номинальным размерам с учетом зазора на свободное вхождение узла в матрицу и пуансона в отверстие детали (узла).

В общем случае

$$d_{\text{м}} = \left(d_{н} + 2z\right)^{+\delta_{\text{м}}}; \quad d_{\text{п}} = (d_{\text{п}}^{'} - 2z') - \delta_{\text{п}},$$

где $d_{\text{п}}$ и $d_{\text{п}}^{'}$ – номинальные наружный и внутренний диаметры, мм; z – односторонний зазор между матрицей и деталью, мм; z' – односторонний зазор между пуансоном и деталью, мм (по заводским данным z = 0,025…0,030 мм; $z' = 0{,}050...0{,}080$ мм).

На калибрующих операциях принимаются меньшие значения зазора.

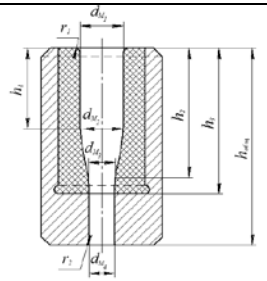
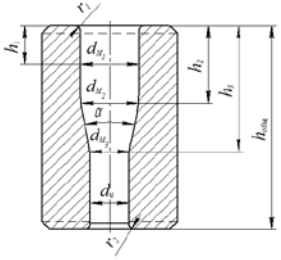
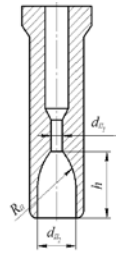
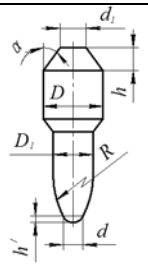
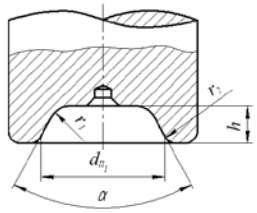
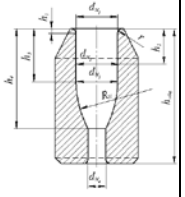
Допуски на изготовление матриц и пуансонов выбираются по 3-4-му классам точности (A_3, C_3), на калибровочных операциях – по 2-му классу точности.

Типовые формы рабочего инструмента на штамповочно-сборочные операции и расчетные формулы для определения исполнительных размеров приведены в табл. 19.5.

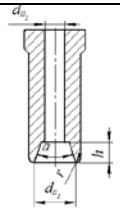
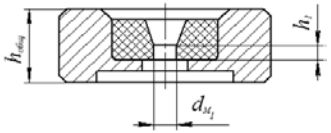
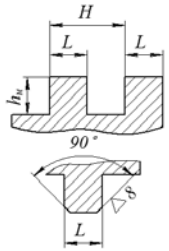
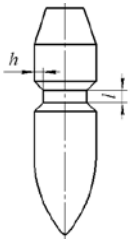
Основные конструктивные размеры рабочего инструмента в абсолютных и относительных величинах приведены в табл. 19.6, составленной по заводским данным.

Таблица 19.5

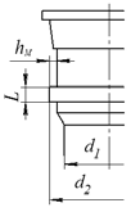
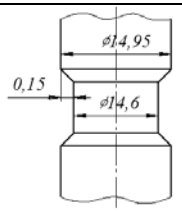
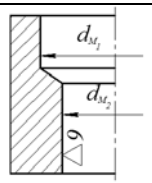
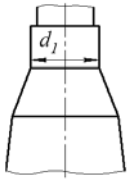
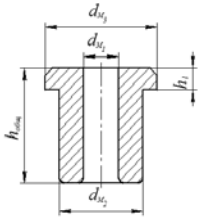
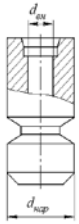
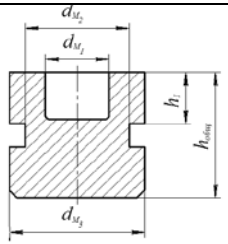
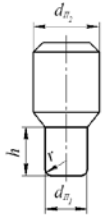
Определение исполнительных размеров рабочего инструмента

Операция	Рабочий инструмент		Схема узла (детали)	Формулы для расчета рабочего инструмента	
	основной	неосновной		основного	неосновного
1	2	3	4	5	6
I. Группа инструмента					
Предварительное образование конуса		–	–	$d_{\text{ì}\,3} = (d_1)^{+\delta_{\text{ì}}}$ $d_{\text{ì}\,2} = (D)^{+\delta_{\text{ì}}}$	$d_{\text{ï}\,2} = (D_1)^{+\delta_{\text{ï}}}$ $d_{\text{ï}\,1} = (d)^{+\delta_{\text{ï}}}$ $R_{\text{ï}} = R$
Окончательное образование конуса				$d_{\text{ì}\,3} = (d_1 - 0{,}6\Delta - \delta_y)^{+\delta_{\text{ì}}}$ $d_{\text{ì}\,2} = (D)^{+\delta_{\text{ì}}}$	$d_{\text{ï}\,2} = (D_1 - 0{,}6\Delta - \delta_y)^{+\delta_{\text{ï}}}$ $d_{\text{ï}\,1} = (d - 0{,}6\Delta - \delta_y)^{+\delta_{\text{ï}}}$
Предварительная загибка			$\alpha_{\text{ï}} = \alpha$	$d_{\text{ì}\,1} =$ $= (D + 2z)^{+\delta_{\text{ï}}}$	$d_{\text{ì}\,2} = (D)^{+\delta_{\text{ï}}}$ $d_{\text{ì}\,4} = (d)^{+\delta_{\text{ï}}}$ $R_{\text{ì}} = R$

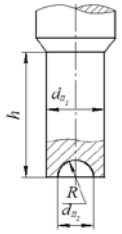
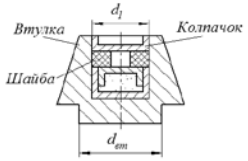
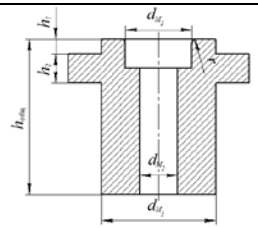
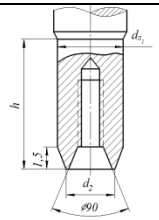
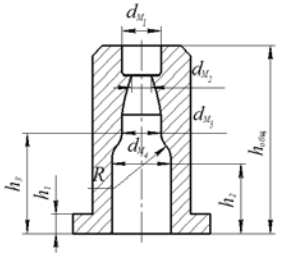
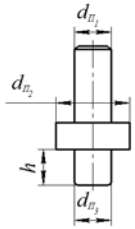
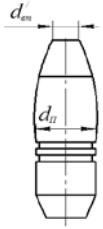
Продолжение табл. 19.5

1	2	3	4	5	6
Окончательная загибка		–	–	$\alpha_{\text{i}} = \alpha$	–
Предварительная калибровка				$d_{\text{i}} = (d)^{+\delta_{\text{i}}}$	–
Окончательная калибровка	–	–		$d_{\text{i}} = [d - (0{,}6 - 0{,}8\Delta) - \delta_y]^{+\delta_{\text{i}}}$	–
Накатка пояска пуль обыкновенного действия		–		$L = [l + (0{,}6 - 0{,}8)\Delta - \delta_y]_{-\delta_{\text{i}}}$ $h_{\text{i}} = [h + (0{,}6 - 0{,}8)\Delta]_{-\delta_{\text{i}}}$	–

Продолжение табл. 19.5

1	2	3	4	5	6
Накатка пояска пули специального назначения		–		–	–
Обжим патронов		–		$d_{\text{ì}1} = (d_1)^{+\delta_{\text{ì}}}$	–
Запрессовка смеси в стакан				$d_{\text{ì}1} = (d_{\text{íàð}} + 2z)^{+\delta_{\text{ì}}}$	$d_{\text{ì}1} = (d_{\text{âí}} - 2z')_{-\delta_{\text{ì}}}$
Запрессовка шайб во втулки				$d_{\text{ì}1} = (d_{\text{âò}} + 2z)^{+\delta_{\text{ì}}}$	$d_{\text{ì}1} = (d_1 - 2z')_{-\delta_{\text{ì}}}$

Продолжение табл. 19.5

1	2	3	4	5	6
Вставка и запрессовка алюминиевого колпачка	–			$d_{м1} = (d_{вт} + 2z)^{+\delta_м}$	$d_{п1} = (d_1 - 2z')_{-\delta_п}$
Кернение втулок			–	$d_{м1} = (d_{вт} + 2z)^{+\delta_м}$	–
Запрессовка втулок в стакан				$d_{м4} = (d_{п} + 2z)^{+\delta_м}$	$d_{п3} = d'_{вт}$

Окончание табл. 19.5

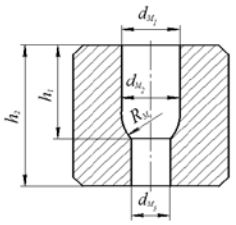
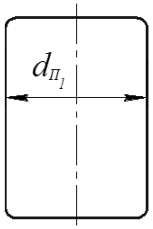
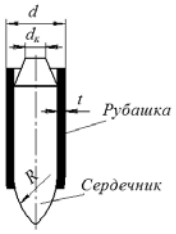
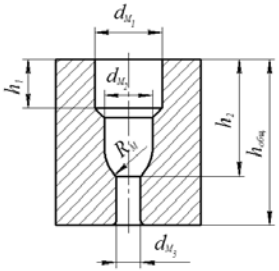
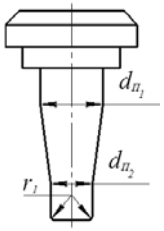
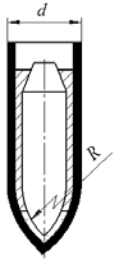
Вставка и догонка стакана (сердечника) в свинцовую рубашку				$d_{\text{ì}1} = (d + 2z)^{+\delta_{\text{ì}}}$ $R_{\text{ì}} = R$	$d_{\text{ï}1} = d_{\text{ê}}$
Запрессовка (догонка) сердечника (стакана) с рубашками в оболочку				$d_{\text{ì}1} = (d)^{+\delta_{\text{ì}}}$ $R_{\text{ì}} = R$	–

Таблица 19.6

Относительные конструктивные размеры рабочего инструмента

Операция	Основной инструмент										Неосновной инструмент						
	$d_{м1}/D$	$d_{м2}/D$	$d_{м3}/D$	$d_{м4}/D$	h_1/D	h_2/D	h_3/D	$h_{общ}$, мм	r_1, мм	r_2, мм	$D_{п1}/D$	$d_{п2}/D$	$d_{п3}/D$	$R_п/D$	h/D	r_1, мм	r_2, мм
Предварительное образование конуса	1,001	0,996	0,78–0,97	0,760	0,330	1,54–0,80	2,4–1,2	1,80–2,40	5,0	1,0	0,195	0,93	–	7,3	1,9	–	–
Окончательное образование конуса	1,000	0,998	0,98	0,780	0,160–0,180	0,70–0,75	1,2–1,4	1,80–2,40	2,5	1,0	0,195	0,93	–	7,3	1,9	–	–
Предварительная загибка	1,000	0,995	0,99	0,834	0,167	0,73	1,2–1,4	2,93	1,5	1,0	0,920	–	–	–	0,4	1,0	6,3
Окончательная загибка	1,000	0,995	0,99	0,834	0,167	0,73	1,2–1,4	2,15	1,5	1,0	1,000	0,22	–	–	0,8	0,5	–
Предварительная калибровка	0,940	–	–	–	0,180	–	–	1,17	–	–	0,780	–	–	–	–	–	–
Окончательная калибровка	0,950	–	–	–	0,180	–	–	1,17	–	–	0,780	–	–	–	–	–	–
Запрессовка смеси в стакан	1,002	1,520	2,35	–	0,440	–	–	2,42	–	–	0,780	–	–	–	–	–	–
Запрессовка шайбо втулки	1,002	2,540	3,20	–	0,570	–	–	2,88	–	–	0,980	–	–	–	–	0,6	–
Вставка и запрессовка алюминиевого колпачка	1,002	2,540	3,20	–	0,570	–	–	2,88	–	–	1,002	1,45	–	–	4,0	0,2	–
Кернение втулок	1,020	0,805	2,07	–	0,575	0,92	–	3,56	–	–	1,450	0,88	–	–	4,0	0,2	–
Запрессовка втулок в стакан	0,965	0,596	0,85	1,002	0,400	2,62	3,8	7,20	–	–	0,69	0,760	–	–	2,2	–	–
Вставка и догонка стакана в свинцовую рубашку	1,020	1,002	0,67	–	1,84	3,60	–	–	–	–	0,850	1,39	0,85	–	0,8	–	–
Запрессовка стаканов с рубашками в оболочку	1,000	0,965	0,60	–	1,340	2,10	–	3,40	–	–	0,920 0,980	– 0,86	– –	– –	– –	– 0,5	– –

Примечания: 1. D – наружный диаметр узла. 2. Остальные обозначения размеров соответствуют схемам табл. 2.7.

При проведении операций «образование конуса» и «загибка кромки оболочки» расчет размеров оболочки (утолщения) и инструмента можно вести по схеме расчета для обжима гильз.

19.7. Контроль точности и качества узлов, пуль и патронов

Сборка пуль представляет собой совокупность технологических операций соединения отдельных элементов, получения окончательной формы и размеров изделия и является заключительной частью технологического процесса изготовления пуль. От условия проведения монтажных операций зависит в значительной степени качество пуль и патронов.

Поэтому после каждой штамповочной монтажной операции осуществляется, как правило, выборочный контроль с выемкой 10…15 штук изделий через 10…15 мин работы станка.

Контроль осуществляется визуальным осмотром и замером контролируемых размеров специальными измерительными инструментами.

Контроль визуальным осмотром включает:

- осмотр узлов (сердечник – рубашка, стакан с пиротехническим составом – рубашка, оболочка – наконечник и др.);
- осмотр пуль после штамповочных сборочных операций;
- осмотр патронов после сборочных операций.

Контроль по линейным размерам включает:

- контроль узлов по диаметрам;
- контроль узлов по высоте выступающей из рубашки вершинки сердечника, втулки;
- контроль по фигуре хвостовой и головной части пули;
- контроль пули по диаметру и длине;
- контроль пули по диаметру накатки и др.

В комплект контрольно-измерительного инструмента на штамповочных монтажных операциях входят калибры на диаметры отверстий, кольца на диаметральные размеры, приборы для контроля длин и диаметров, скобы на длину элементов, лекала и шаблоны на фигуры элементов узлов, пуль.

Основные виды брака и их причины приведены в табл. 19.7.

Таблица 19.7

Виды и причины брака

Операция	Вид	Причина
1	2	3
Вставка и запрессовка наконечника в оболочку	Перекос наконечника. Вмятины. Царапины, отпечатки, забоины. Переломы, наплывы.	Износ инструмента. Неправильно установлен инструмент. Выкрошился уступ пуансона. Налипание металла на матрицу.
Вставка рубящих трубок в оболочку	Перекос рубящих трубок. Перевернутая трубка. Мала или велика догонка трубки. Отсутствие трубки.	Неточное ориентирование трубки. Не отрегулирован ход пресса.

Продолжение табл. 19.7

1	2	3
Вставка и догонка шайб во втулку	Втулки с малым отверстием в шайбе. Втулки без шайбы. Втулки с перекошенной шайбой.	Отклонение размеров шайбы от чертежных. Отсутствие подачи. Неточное ориентирование шайбы.
Вставка и запрессовка алюминиевого колпачка	Втулки с рваным колпачком. Втулки с неправильно запрессованным колпачком. Втулки с надрывами стенок и прорывами дна колпачка. Втулки с грубыми вмятинами на дне колпачка.	Некачественные колпачки. Неправильная подача колпачка.
Кернение втулок	Втулки с мелким кернением. Втулки с большим или малым диаметром отверстия.	Не отрегулирован рабочий инструмент.
Запрессовка втулки в стакан	Перекос втулки. Грубые царапины на втулке и стакане.	Не сцентрирован рабочий инструмент. Загрязнение инструмента, изделий.
Вставка и догонка стального сердечника в свинцовую рубашку, обжим и калибровка узла	Узлы с раковинами, свищами, рваной рубашкой.	Брак с предыдущих операций изготовления свинцовой рубашки, брак проволоки.
	Царапины и засветления.	Попадание грязи или неправильное центрирование инструмента.
	Задиры торцовых кромок рубашек.	Помятость свинцовой рубашки.
	Поперечные надрывы рубашки.	Врезание сердечника в свинцовую рубашку при большой запрессовке и малой длине оживальной части.
	Выпадание сердечника из рубашки.	Выработка матрицы.
	Помятости узла.	Неправильная работа питателя.
	Больший или меньший диаметр узла.	Строгая или изношенная матрица.
	Неточная длина узла.	Большой или малый ход пуансона.
Предварительная и окончательная догонка (запрессовка) узла в оболочку и вставка колечек в трассирующие пули	Забоины, царапины, отпечатки на оболочке.	Загрязнение инструмента и налипание металла на поверхность инструмента.
	Смятие и частичный отрыв кромок рубашки.	Догоночный пуансон имеет завышенные размеры.
	Попадание масла внутрь оболочки.	Обильная смазка на поверхности оболочки.
	Малая или большая глубина догонки узла в оболочку.	Большой или малый ход пуансона.
	Тяжелый или легкий вес узла.	Неправильный вес рубашки.
	Без колечка, с перевернутым колечком, с двумя колечками, сбитое колечко.	Нечеткая работа автомата питания колечками.
Предварительная и окончательная загибка краев оболочки	Царапины, отпечатки.	Налипание металла или грязная рабочая часть матрицы, разлаженность рабочих клещей.
	Венчик на вершине или помятость наконечника.	Высокая посадка выталкивателя.
	Засвинцовка.	Длинная рубашка.
	Наплывы на оживальной части.	Неправильная фигура матрицы.
	Неплотный монтаж.	Неправильное изготовление рабочего инструмента.

Окончание табл. 19.7

1	2	3
Предварительная и окончательная загибка краев оболочки	Короткие или длинные пули.	Острая или тупая вершинка оболочки. Большая или малая загибка.
	Большой или малый диаметр ведущей части.	Строгая или выработанная матрица.
	Увеличенная несоосность оживальной части.	Неточно изготовлен или сцентрирован рабочий инструмент.
	Надрывы на загнутой кромке оболочки.	Некачественная оболочка, большая степень деформации.
Предварительное и окончательное образование конуса	Царапины, отпечатки на конусе.	Налипание металла в матрице, отслоение хромового покрытия инструмента, загрязнение матрицы.
	Перелом на конусе.	Износ матрицы или неправильная ее конфигурация.
	Раздутие оживальной части.	Большой ход пуансона.
	Перелом на оживальной части.	Большой ход пуансона.
	Длинные или короткие пули.	Не отрегулирован станок.
Калибровка пули по диаметру	Большой или малый диаметр ведущей части пули.	Неточно изготовлены калибрующие матрицы.
	Пули с царапинами, отпечатками, забоинами, помятостями.	Налипание металла на поверхность матриц, загрязнение матриц, отслаивание хромового покрытия с поверхности матриц, неудовлетворительная работа питателей.
	Пули со стянутым конусом или накаткой.	Строгая матрица. Не сцентрированы матрицы.
	Большой или малый диаметр ведущей части пули.	Неточно изготовлены калибрующие матрицы.
	Пули с царапинами, отпечатками, забоинами, помятостями.	Налипание металла на поверхность матриц, загрязнение матриц, отслаивание хромового покрытия с поверхности матриц, неудовлетворительная работа питателей.
	Пули со стянутым конусом или накаткой.	Строгая матрица. Не сцентрированы матрицы.
Накатка пояска на пуле	Царапины и отпечатки.	Налипание металла или забоины на роликах или плашках.
Накатка пояска на пуле	Задиры и заусенцы на накатке.	Выработался накатной поясок круга.
	Завальцованная накатка.	Выработались кромки накатного пояска круга.
	Винтовая или двойная накатка.	Не сцентрирован рабочий инструмент.
	Мелкая или глубокая накатка.	Неправильно установлены колодки, выработался круг.
	Высокая или низкая накатка.	Неправильно установлен круг.
	Эллипсная накатка.	Выработались колодки, неправильно установлены колодки.
	Неравномерная накатка.	Неправильно установлен инструмент.
	Помятость вершинки, наконечника пули.	Не отлажен процесс.

20. СБОРКА (СНАРЯЖЕНИЕ) ПАТРОНОВ

20.1. Характеристика маршрутного технологического процесса сборки

В соответствии с технологической схемой сборки патрона (см. рис. 4.1) и общей структурой технологического процесса изготовления патрона (см. рис. 4.2) сборка патрона составляет заключительный этап технологии его изготовления.

В общем случае технологический процесс сборки патрона представляет собой совокупность основных, подготовительных технологических операций и операций вспомогательного назначения.

К основным следует отнести операции соединения элементов патрона (гильзы, капсюля-воспламенителя, пули), т.е. штампосборочные операции (капсюлирование гильз, раздача дульца гильзы, запрессовка пуль в гильзы, обжим патронов).

К подготовительным относятся операции, обеспечивающие подготовку полуфабрикатов к проведению основных операций: наборка капсюлей в кассеты, подготовка пороха к снаряжению (просеивание, рассыпка в емкости), а также герметизация патронов и окраски вершин пуль специального действия.

К операциям вспомогательного назначения относятся транспортные операции, операции выдержки полуфабрикатов и контрольные операции (осмотр капсюлей и капсюлированных гильз, контроль высоты посадки капсюля, наличия пороха в гильзе, веса и длины патронов, контроль конфигурации патрона – каморение 1 и 2, осмотр патронов по внешнему виду и некоторые другие виды контроля).

Структурная схема типового технологического процесса сборки патрона показана на рис. 4.11.

Типовой технологический процесс сборки патрона включает в себя три основных этапы:

1) подготовка к сборке элементов патрона: пороха (выдержка, просеивание, насыпка); капсюлей (осмотр, наборка в кассеты); гильз;

2) сборка базовой сборочной единицы «гильза - капсюль» (капсюлирование, кернение для крупного калибра, осмотр, контроль высоты посадки капсюля, расправка (раздача) дульца гильзы);

3) снаряжение патрона (дозирование и насыпка пороха, контроль наличия пороха, запрессовка пули, обжим, калибровка 1 и 2, взвешивание, герметизация, контроль длины и внешнего вида).

20.2. Штампосборочные операции

20.2.1. Капсюлирование гильз

Капсюли-воспламенители перед вставкой в гильзы осматриваются по наружному виду, набираются в кассеты и подаются к станкам или линиям капсюлирования гильз. Капсюль вставляется в гнездо гильзы с некоторым натягом, чтобы исключить возможность выпадения его из капсюльного гнезда.

Глубина посадки капсюля в капсюльном гнезде гильзы для различных видов патронов имеет следующие размеры, мм:

7,62-мм образца 1943 г……..	0,1 – 0,25
7,62-мм винтовочный……..	0,25 – 0,38
7,62-мм пистолетный……....	0,05 – 0,2
9-мм пистолетный…….	0,07 – 0,18
12,7-мм……..	0,13 – 0,25
14,5-мм……..	0,13 – 0,25

Для исключения случаев выпадения капсюлей из гильз и прорывов пороховых газов по окружности капсюльного гнезда в технологический процесс монтажа некоторых видов патронов вводится операция «кернение».

Кернение может быть точечное и кольцевое по окружности капсюльного гнезда. Наиболее распространенным видом является кольцевое. Кернение должно быть выполнено концентрично по отношению к образующей стенок капсюльного гнезда. Качество кернения зависит от качества рабочего инструмента и точности его установки.

На качество вставки капсюля существенно влияет наличие и качество фаски по окружности капсюльного гнезда в гильзе. При малой фаске возможны повреждения стенок капсюля, что приводит к прорыву газов при стрельбе. Недостаточная центрация гильзы и односторонняя фаска вызывают косую посадку капсюля, что также является причиной прорывов пороховых газов. Прорыв газов по окружности капсюльного гнезда при стрельбе может возникнуть из-за эксцентричного кернения гильз.

Высокая посадка капсюля может привести к преждевременному выстрелу в момент заряжания оружия. Гильзы с низкой и высокой посадкой капсюля к производству не допускаются.

Вставка пули в гильзу может производиться на роторных линиях или раздельном станочном оборудовании.

Основные требования к этой операции – обеспечение точного центрирования пули относительно гильзы для исключения возможности перекосов.

При вставке и догонке пули в дульце натяг, как правило, не задается, так как велики допуски на внутренний диаметр дульца и наружный диаметр пули.

В заводской практике наблюдаются случаи проваливания пули, поэтому целесообразно обеспечить небольшой натяг, что улучшает условия последующей сборки.

Вставка пули не должна сопровождаться подпресовкой порохового заряда. Уплотнение заряда при сборке не допускается.

Обжим дульца гильзы в смонтированном патроне производится для лучшего крепления пули в дульце гильзы. Прочность крепления пули определяется способом обжима дульца и характеризуется усилием, которое нужно приложить к пуле, чтобы извлечь ее из гильзы.

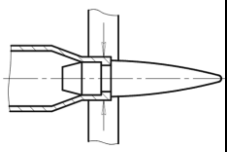
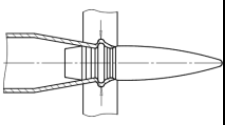
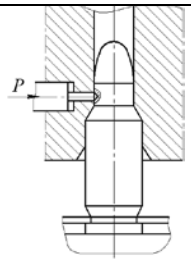
Обжим дульца патронов 7,62-мм калибра осуществляется на длине 1,0…1,5 мм при уменьшении диаметра на величину порядка 0,25 мм; патроны 14,5-мм калибра обжимаются на длине 2…3 мм при уменьшении наружного диаметра дульца на несколько сотых миллиметра (≈ 0,03 мм).

Величина извлекающего усилия для каждого калибра патронов определена чертежом и имеет пределы для патронов калибров: 7,62-мм – 350…1000 Н (35…100 кгс), 12,7-мм – 2500…5500 Н (250…550 кгс), 14,5-мм – 1500…6500 Н (150…650 кгс) со стальной гильзой и 1500…1000 Н (150…400 кгс) с латунной гильзой; для пистолетных патронов – 150…800 Н (15–80 кгс).

Основные способы обжима патрона, их характеристика и область применения приведены в табл. 20.1.

Таблица 20.1

Основные способы обжима патронов при запрессовке пуль в дульце гильзы

Способ обжима	Схема	Характеристика	Область применения
Обжим патрона радиальными плашками, сдавливающими дульце гильзы, с одновременной загибкой кромки дульца в канавку пули		Обжим осуществляется в результате радиального перемещения секторов (плашек), обеспечивающих прочное крепление пули	Крупнокалиберные 12,7- и 14,5-мм патроны
Обжим патрона радиальными плашками с одновременной загибкой кромки дульца в первую канавку пули и вдавливанием стенок дульца во вторую канавку		Обжим осуществляется в результате радиального перемещения секторов (плашек), обеспечивающих прочное крепление пули	Крупнокалиберные патроны, предназначенные для стрельбы из скорострельного оружия с большим пулеизвлекающим усилием
Обжим патрона с кернением в трех точках по окружности дульца при помощи устройства накольного типа		Операция кернения совмещена с операциями догонки пули и обжима патрона по дульцу, обеспечивает получение небольших по величине пулеизвлекающих усилий	Пистолетные, револьверные патроны с малой величиной пулеизвлекающего усилия

20.2.3. Кернение

Патроны крупного калибра и патроны, предназначенные для стрельбы из скорострельного оружия, подвергаются кернению капсюля для лучшего его закрепления в гильзе.

Кернение может быть точечное или кольцевое по окружности капсюльного гнезда. Наиболее распространенным является кольцевое кернение.

Важное значение при этом имеет точное направление рабочего инструмента, исключающее эксцентричное кернение.

Операцию кернения можно рассматривать как операцию вдавливания абсолютного твердого тела в другое тело, обладающее пластическим свойствами.

Качественный анализ деформации вдавливания устанавливает интенсивное утонение слоев, расположенных под отпечатками и заметное утолщение под наружным контуром отпечатка.

Потребное усилие при (Н) точечном кернении ориентировочно можно рассчитывать по эмпирической формуле

$$P = 500\,d,$$

где d – диаметр отпечатка керна, мм.

Более точно усилие кернения при точечном отпечатке может быть рассчитано по формуле

$$P = (2{,}3 - 3{,}3)F_{\text{ï}}\,C_V HV,$$

где $F_{\text{п}}$ – площадь проекции выдавленного углубления на плоскость, перпендикулярную направлению перемещения давящего инструмента; C_V – коэффициент перевода числа твердости в истинное сопротивление деформированию; HV – твердость материала заготовки по Виккерсу.

При круговом кернении коническим или сферическим инструментом для приближенной оценки величины усилия также можно воспользоваться приведенной формулой. Основные вида брака на штампосборочных операциях приведены в табл. 20.2.

Таблица 20.2

Виды брака на штампосборочных операциях

Вид операции	Вид брака	Причины брака
1	2	3
Кернение капсюлированных гильз	Косое кернение.	Сработался пуансон кернения.
	Эксцентричное кернение.	Сработались прорези барабана. Брак пуансона кернения.
	Глубокое или мелкое кернение.	Не отрегулирована длина пуансона кернения.
	Глубокая или мелкая посадка капсюля.	Не отрегулирована длина догоночного пуансона.

Окончание табл.20.2

1	2	3
Расправка дульца	Царапины, трещины, вмятины на поверхности дульца.	Загрязнение инструмента, неудовлетворительная работа питателя, недостаточный отжиг перед обжимом гильзы.
	Эллипсность дульца.	Эллипсность инструмента, неравномерность отжига дульца гильзы.
Вставка и догонка (запрессовка) пули в дульце гильзы	Продольные царапины на корпусе и скате гильзы.	Износ матрицы, загрязнение матрицы.
	Срыв вершины, засечки, царапины на пуле.	Выкрошилась или износилась рабочая часть пуансона.
	Осажен скат, завернулся край дульца.	Износ расправочного пуансона.
	Мятые гильзы.	Не отрегулирована длина рабочего инструмента.
	Одностороннее выпучивание дульца.	Износ матрицы.
	Кривые патроны.	Не сцентрирован рабочий инструмент, несоосность дульца и пули.
	Перекрытая или недокрытая накатка пуль.	Не отрегулирован ход рабочего инструмента (догоночного пуансона).
	Длинные или короткие патроны.	Высоко установлен догоночный пуансон, низко установлен догоночный пуансон.
	Малый или большой вес заряда.	Не отлажены весы. Не отрегулирован объем мерок, износилась мерка, неправильное положение пороховых трубок.
Обжим патрона	Царапины, забоины, помятости на гильзе и пуле.	Выкрошилась рабочая часть втулки, загрязнение и засорение инструмента.
	Отворот краев дульца.	Не отрегулирован ход рабочего инструмента (рабочих плашек).
	Дробление и неравномерная завальцовка, неравномерный обжим.	Некачественный профиль рабочих плашек. Не отрегулирован ход плашек.
	Патрон без кернения.	Не отрегулирован ход пуансона кернения, неисправность накольного прибора.
	Патрон с неравномерными кернами по глубине.	Не отрегулирован ход пуансона кернения. Большая или меньшая длина пуансона кернения. Несцентрированность инструментов в призме и наклонного круга.
	Малый или большой диаметр обжатого дульца.	Неправильно изготовлены плашки. Отступление размеров дульца гильзы или пули от чертежных размеров.
	Малый диаметр накатки.	Неправильно изготовлены плашки (рабочий профиль).
	Короткие или длинные патроны.	Неправильная наладка догоночного пуансона, выработка нижнего круга.
	Патроны неудовлетворяющие каморе и коробочке.	Неправильная наладка обжимных матриц и их выработка.
	Патроны с малыми или большими извлекающими усилиями.	Сработался пуансон расправки или неправильная регулировка цанги.

20.3. Подготовка, дозирование и наполнение гильз порохом

20.3.1. Подготовка пороха

Порох перед подачей его на снаряжательный участок выдерживается не менее 6 час в специальном помещении при температуре 288…303 К (15…30°С) и затем подвергается просеиванию с целью удаления посторонних механических примесей.

Просеянный порох подается к снаряжательным станкам или автоматическим линиям в емкостях в количестве не более 2 кг для 7,62-мм патронов и не более 6 кг для 12,7- и 14,5-мм патронов и высыпается в бункеры дозаторов.

20.3.2. Дозирование

В производстве патронов стрелкового оружия существуют три способа дозирования пороха: объемная, весовая и объемно-весовая. В настоящее время применяются объемная (при снаряжении 7,62- и 9-мм патронов) и объемно-весовая дозировки (для 12,7- и 14,5-мм патронов).

Объемное дозирование производится без последующей проверки заряда по весу. Дозировка осуществляется с помощью дозирующего прибора, состоящего из бункера (емкость для пороха) и шиберных пластин. Отмеренная доза пороха высыпается через воронку в гильзу. Дозирующий прибор имеет два шибера, и насыпка пороха производится сразу в две гильзы.

При отсутствии гильзы в блоке воронка встает под матрицу насыпки пороха, и порох высыпается в специальный бункер. Так происходит дозировка пороха на снаряжательных автоматических линиях Л-8А и ЛСП-107.

В этом же роторе одновременно проверяется наличие заряда щуповым пуансоном и точность дозировки.

Наличие заряда и правильность его дозирования проверяется по уровню пороха в гильзе. Гильзу с неправильным зарядом фиксирует запоминатель, и, подойдя под сбрасыватель, гильза сбрасывается.

Техническими условиями допускаются следующие отклонения в массе заряда, для патронов, г:

5,45-мм автоматных……..	±0,01
7,62-мм пистолетных……..	±0,02
7,62-мм образца 1943 г……	±0,02
7,62-мм винтовочных…….	±0,05
12,7- и 14,5-мм калибра……	±0,05

Объемное дозирование без последующей проверки заряда по весу обеспечивает указанную точность. Для дозировки и точности навески большое значение имеют эластичность пороховых зерен, однородность пороха по влажности и гравиметрической плотности. Подбор заряда осуществляется для

каждой партии пороха путем отстрелов на удовлетворение чертежным баллистическим характеристикам.

Объемно-весовое дозирование применяется при снаряжении патронов стрелкового оружия крупного калибра на автоматических роторных линиях Л-8К.

Дозирование производится следующим образом. Порох засыпается в бункер, из которого по двум трубкам поступает в объемный дозирующий прибор. Дозирующий прибор имеет четыре окна-мерки. Величина двух передних мерок может регулироваться. Шибер, двигаясь возвратно-поступательно с одновременной тряской, двумя мерками встает под трубки, идущие от бункера, которые заполняются порохом, а в это время две другие мерки шибера переносят отмеренный заряд в воронку блок-весов.

Настройка шибера производится таким образом, чтобы отмеренный заряд был менее установленного, но в пределах возможной досыпки досыпщиками, т.е. от 20 до 40 зерен или от 0,5 до 1 г.

В момент высыпания пороха из мерок шибера в воронку весов коромысла последних должны быть закреплены с помощью специального рычага, чтобы исключить колебания, которые могут происходить в момент пересыпки пороха. Затем, при повороте весов, рычаг освобождает их коромысла и происходит центрация положения воронки с порохом на весах для исключения неточности показания. Если шибером отмерен заряд, по весу равный или более установленного, то плечо коромысла, на которое давит заряд, опускается и замыкает ртутный контакт, соединенный с коллекторной щеткой, откуда сигнал подается узлу запоминателя. На запоминателе с помощью электромагнита выбивается фиксатор забракованного заряда, последний доходит до контактора, командующего одновременно магнитами гильзы и пули.

Гильзовый магнит передает команду на сброс гильзы, а пульный перекрывает пульный питатель. Если шибером отмерен заряд менее установленного веса, то он проходит далее и досыпщики производят досыпку заряда до нормального. Как только заряд досыпан до установленного веса, весы через ртутный контактор и коллекторные щетки передают сигнал о прекращении досыпки. Последующие досыпщики перекрываются, а заряд после прохождения последнего досыпщика и последнего контроля высыпается в коронку и при подходе к блоку засыпки высыпается в гильзу. При отсутствии гильзы в блоке засыпки заряд с помощью щупа, проверяющего наличие гильзы, направляется дальше и высыпается в специальный бункер для забракованных зарядов. Если, пройдя все досыпщики, заряд не достигает установленного веса, то коллектор через фиксатор запоминателя дает команду магниту на высыпку заряда в бункер забракованных зарядов. Одновременно дается команда на сбрасыватель гильзы и пули с данных позиций.

Величина заряда должна быть такой, чтобы обеспечить получение чертежных баллистических характеристик: скорости пули, давления пороховых газов (табл. 20.3).

Таблица 20.3

Масса порохового заряда некоторых патронов стрелкового оружия

Тип патрона	Масса заряда (средняя), г	Тип патрона	Масса заряда (средняя), г
7,62-мм образца 1943 г. с пулей со стальным сердечником	1,60	7,62-мм образца 1943 г. с зажигательной пулей	1,61
7,62-мм образца 1943 г. с пулей Т-45	1,61	9-мм пистолетный	0,45
7,62-мм винтовочный с пулей со стальным сердечником	3,15	12,7-мм с пулей Б-32 12,75-мм с пулей МДЗ	16,00
7,62-мм винтовочный с пулей Т-46М	3,10	12,7-мм с пулей БЗТ-44	16,00
7,62-мм пистолетный с трассирующей пулей	0,50 – 0,55	14,5-мм с пулей Б-32	31,00
7,62-мм винтовочный с пулей Б-32	3,08	14,5-мм с пулей БЗТ	30,00
7,62-мм пистолетный ТТ со стальным сердечником	0,53 – 0,58	14,5-мм с пулей МДЗ	31,00

20.4. Герметизация патронов

Герметизация патронов производится с целью обеспечения герметичности порохового заряда (защиты от воздействия внешних условий, в основном влажности) в местах соединения гильзы с пулей и гильзы с капсюлем. На герметизацию патроны поступают после выдержки при нормальной температуре не менее одного часа. Выдержка необходима для выхода воздуха из внутренней полости гильзы, где в момент вставки пули внутри гильзы создается повышенное давление воздуха. Для герметизации 7,62-мм патронов и патронов крупного калибра (12,7- и 14,5-мм) применяется герметизатор на основе смолы АС с добавкой ацетонорастворимого красителя «бордо С».

Состав герметизатора:

- смола АС(МРТУ-6-01-370-69) – 200 г;
- разбавитель Р-5 (ТУМХП 2191-50) – 1 л;
- краситель – ацетонорастворимый «бордо С» – 2…3 г.

Вязкость герметизатора по вискозиметру ВЗ-4 должна быть в пределах 21…30 с для 7,62-мм патронов и 23…25 с для 12,7- и 14,5-мм патронов. Доведение герметизатора до необходимой вязкости производится путем разбавления его разбавителем с последующим перемешиванием.

Кроме смолы АС для герметизации патронов применяются смола АСН (МРТУ-6-С1-304-69) и лак ЭП-524 (МРТУ-6-10-618-66). Вязкость применяемых герметизаторов колеблется в пределах 18-25 с. Ширина полосы герметизатора на стыке пули с гильзой должна быть не более 2 мм. Для герметизации 14,5-мм патронов также применяется герметизатор на основе смолы АСН с

добавками раствора смолы АСН в разбавителе Р-5 пластифицированного дибутил- или диоктифталатом с добавлением эпоксидной смолы ЭД-20 и отвердителя полиэтиленполиамина, подкрашенного ацетонорастворимым красителем «бордо С».

20.5. Окраска вершин пуль специального назначения

Для отличия патронов с пулями специального назначения применяется окраска вершин пуль в различные цвета.

Вершинка трассирующих пуль имеет зеленую окраску. Вершинка пуль двойного действия (бронебойно-зажигательных) окрашивается в два цвета: красный и черный; вершинка пуль тройного действия – в красный и фиолетовый, а пуль ЦДЗ – в белый.

К краскам предъявляют следующие требования:

- способность к быстрому высыханию, что имеет большое значение в условиях массового производства патронов;
- механическая прочность слоя краски и сцепление ее с окрашенной поверхностью;
- стойкость против действия влаги;
- невысокая стоимость и недефицитность.

Вершинки пуль окрашиваются в готовых патронах. Окраска вершин трассирующих пуль Т-45, пистолетных, а также пуль Т46М и СТ к винтовочным патронам производится на линии ЛГП-107; пуль к патронам крупного калибра – на линиях ЛГОН-П2 и ЛГОН-114.

Нанесение отличительной окраски на пули патронов всех калибров должно осуществляться красками в соответствии с отраслевым стандартом на основе смолы АСН и смолы АСН с добавками смолы ЭД-20 и полиэтиленполиамина. Для приготовления красок может применяться, например рецептуры с добавлением соответствующих красителей:

Рецептура №1:

смола АСН – 30…50% (МРТУ-6-01-304-69);

разбавитель Р-5 (или растворитель 646) – 50…70%;

краситель – 0,5…1,5%;

вязкость по вискозиметру ВЗ-4 – 12…15 с.

Для приготовления красок по рецептуре №1 применяются следующие красители:

- черная краска – ацетонорастворимый сине-черный ТУ-6-14-508-70;
- красная краска – ацетонорастворимый «бордо С» МРТУ-6-10-897-69;
- фиолетовая краска – спирторастворимый фиолетовый ТУ6-14-931-73;
- желтая краска – спирторастворимый желтый ТУ6-14-814-72;
- серебристая краска – алюминиевая пудра ПАК- ГОСТ 5494-71.

Рецептура № 2:

смола АСН – 35…50%;

разбавитель Р-5 (или растворитель 646) – 45…65%;

смола ЭД-20 – 2…3 %;

полиэтиленполиамин – 0,2…0,3%;

краситель – 0,3…1,5%;

вязкость по вискозиметру ВЗ-4– 12…15 с.

Для приготовления рецептуры № 2 применяются следующие красители:

- зеленая краска – органический жирорастворимый штрахиноновый Н2С-ТУ6-14-13-74-73. При упаковке патронов в гермоупаковку из влагонепроницаемой бумаги можно для получения меленой краски использовать краситель ярко-зеленый основной ТУ МХП 2379-60;
- красная краска – ацетонорастворимый «бордо С»;
- серебристая краска – алюминиевая пудра ПАК.

Нанесение всех красок на патроны должно производиться в соответствии с требованиями к отличительной окраске одним или двумя слоями.

Рецептура № 2 в основном используется для нанесения первого слоя.

Рецептура № 1 может быть использована для нанесения как первого, так и второго слоев.

Приготовление красок осуществляется следующим образом.

Взвешивают необходимое по рецептуре количество красителя, растворяют в небольшом количестве разбавителя Р-5 (или растворителя 646) в течение 30…60 мин и процеживают.

Растворенный краситель соединяют со смолой АСН, добавляют необходимое по рецептуре количество разбавителя, тщательно перемешивают вручную или с помощью механической мешалки. Измеряют вязкость по вискозиметру ВЗ-4.

Добавка полиэтиленполиамина в рецептуру № 2 осуществляется после доведения краски до требуемой вязкости.

Для нанесения отличительной окраски белого цвета можно использовать готовую белую эмаль С-598 (1.1РТУ-6-10-897-69), разбавляя ее до необходимой вязкости(12…15 с) по вискозиметру ВЗ-4 разбавителем Р-5. Белая отличительная окраска наносится на вершину пули МДЗ.

20.6. Контроль точности и качества патронов

Применяемые в производстве технологические процессы изготовления элементов патронов и патронов в целом должны обеспечивать полную взаимозаменяемость; детали и патроны должны быть изготовлены с одинаковыми размерами в пределах заданных допусков.

Величина допуска определяется в зависимости от условий работы того или иного элемента патрона и патрона в целом. Помимо линейных размеров важное значение имеет хорошее состояние поверхности элементов патронов, т.е. отсутствие поверхностных недостатков, отрицательно влияющих на снижение прочности (гильз, оболочек), боевых действий и баллистических характеристик патронов.

Основное назначение контроля – обеспечение взаимозаменяемости, надежности и хорошего качества элементов патрона и патрона в целом.

В производстве патронов применяются три вида контроля:

1) выборочный;

2) 100%-ный контроль элементов и готовых патронов по размерам;

3) выемочный контроль ОТК завода при передаче элементов патрона на снаряжение и готовых патронов заказчику.

20.6.1. Выборочный контроль

Выборочному (профилактическому) контролю подвергаются элементы патрона на всех операциях технологического процесса их изготовления. В практике производственного контроля приходится иметь дело с наружным осмотром полуфабриката, контролем геометрических размеров и геометрии фигурных поверхностей, механических качеств полуфабриката, с микроанализом структуры, продолжительностью нахождения полуфабриката на операции, с контролем качества патронов отстрелом.

Контрольные операции выборочного контроля классифицируются на следующие группы:

- контроль правильности геометрических размеров элементов патронов и патронов в целом;
- осмотр по наружному виду;
- контроль по массе.

Контроль правильности геометрических размеров пуль и патронов должен обеспечить:

- расположение элементов в пулях и патронах в соответствии с чертежом;
- удовлетворение заданным величинам динамических характеристик пуль (полярный и экваториальный моменты инерции, положение центра массы и др.);
- вхождение патрона в патронник оружия при заряжании.

Геометрические размеры патронов и их элементов контролируются на операциях технологического процесса с целью выделения полуфабрикатов и готовых элементов, не удовлетворяющих требованиям технологического процесса и чертежа.

Выборочному контролю на технологических операциях подвергаются следующие параметры готовых элементов пуль и патронов:

- оболочка: наружный и внутренний диаметры; длина оболочки; диаметр оживальной части; фигура оживальной части; масса оболочки, разностенность.
- стальной сердечник: диаметр сердечника; фигура оживальной части сердечника (к пулям Б-32 и БЗТ); фигура конуса (длина, угол конуса); диаметр грибка сердечников (9-мм пистолетный патрон), длина сердечника.
- свинцовая рубашка: наружный и внутренний диаметры; длина рубашки; вес рубашки, разностенность.
- гильза: диаметр полуфабриката вытяжек; разностенность; длина обрезки полуфабриката вытяжек; диаметр капсюльного гнезда; глубина капсюльного гнезда; высота наковальни; наличие затравочных отверстий; диаметр проточки; диаметр фланца; диаметр и высота шляпки; длина гильзы.
- узел: наружный диаметр узла; длина узла; величина выступающей вершинки сердечника из рубашки (пули Б-32 и БЗТ).
- трассер: наружный диаметр; длина трассера; вес трассера.
- пуля: диаметр ведущей части; диаметр оживальной части: диаметр вершины; длина пули; фигура оживальной части; диаметр и высота накатки.
- патрон: длина патрона; длина корпуса гильзы; правильность фигуры патрона, вес патрона.

Выборочный контроль линейных размеров элементов пуль и патронов осуществляется межоперационным контрольно-измерительным инструментом.

20.6.2. 100%-ный контроль элементов и готовых патронов

Наряду с выборочным контролем на операциях технологических процессов изготовления патронов и их элементов производится 100%-ный контроль наиболее ответственных параметров.

При изготовлении, например, гильз к патронам образца 1943 г. на автоматических роторных линиях на операции «штамповка дна» и при проведении механической обработки гильз 100%-ному контролю подвергаются следующие параметры: диаметр и глубина капсюльного гнезда, высота наковальни, диаметр проточки, высота фланца, длина гильз.

В процессе изготовления патронов и их элементов при выборочном контроле не исключена возможность попадания в поток изделий с отклонениями по размерам. С целью выявления таких изделий производится 100%-ный контроль по наружным размерам: длине, диаметру ведущей части пуль, высоте корпуса гильзы патронов и др.

В процессе выполнения операций технологического процесса сборки возникает местная деформация элементов пуль и патронов. Так, например, при

сборке пуль, на операциях загибки и подгибки краев оболочки, увеличивается наружный диаметр пули. Последующая калибровка пуль по диаметру не всегда обеспечивает получение чертежного размера диаметра, а при выполнении калибровки пуля может удлиниться.

По наружному диаметру пули сортируются на три группы:

- нормальные (диаметр в чертежных размерах);
- с малым диаметром (так называемые тощие), не удовлетворяющие кольцу «Не»;
- с большим диаметром , не удовлетворяющие кольцу «Пр».

Масса пули является одним из наиболее важных факторов влияния на баллистические характеристики патронов. От массы зависят скорость и дальность полета пули, характер траектории, кучность боя при стрельбе, давление пороховых газов.

По массе пули и патроны подразделяются на тяжелые, легкие и нормальные.

Контроль пуль и патронов по массе выполняется на весовых станках коромыслового типа. При выполнении монтажа на автоматических линиях весовые станки являются приставкой к линии.

Нормальная масса патронов свидетельствует о соответствии чертежному весу его элементов: пули, гильзы, капсюля, порохового заряда.

Массы пуль различного назначения приведены в табл. 20.4.

Таблица 20.4

Масса пуль

Тип пули	Масса по чертежу, г	Тип пули	Масса по чертежу, г
Со стальным сердечником к 7,62-мм образца 1943 г.	7,75-8,05	Бронебойно - зажигательная к 7,62-мм патрону образца 1943г.	7,47-7,87
СТ со стальным сердечником к 7,62-мм винтовочному патрону	9,45-9,75	Б-32 к 12,7-мм патрону	47,40-49,00
К 9-мм пистолетному патрону	5,85-6,15	Б-32 к 14,5-мм патрону	63,00-64,80
ТТ к 7,62-мм пистолетному патрону	5,32-5,58	БЗТ – 44 к 12,7-мм патрону	43,20-44,80
Т-45 трассирующая к 7,62-мм патрону образца 1943 г.	7,45-7,67	БЗТ к 14,5-мм патрону	58,40-60,40
Т-46 трассирующая к 7,62-мм винтовочному патрону	9,40-9,90	МДЗ к 14,5-мм патрону	58,00-60,00
Трассирующая к 7,62-мм пистолетному патрону	5,72-5,88		

По длине пули сортируются на длинные, короткие и нормальные.

Выделенные длинные и короткие патроны проверяют по длине допускным контрольно-измерительным инструментом. Длинные патроны направляют на

исправление, после чего снова проверяют по длине, короткие бракуют и направляют на разрядку. Готовые патроны подвергают каморению, т.е. проверяют на вхождение в камору, имеющую форму патронника оружия.

Каморение производится двумя каморами: каморой № 1 – для выявления патронов с высоким корпусом гильз (т.е. не входящих в камору) и № 2 или «коробочкой» – для выявления патронов с низким корпусом гильз.

Причиной невхождения патронов в камору является изменение формы дульца при обжиме, искажение формы патрона по скату и корпусу гильз при их изготовлении. У гильз со шляпкой причиной невхождения патронов в камору может быть большой радиус под шляпкой (винтовочные патроны).

Патроны, не входящие в камору, подвергаются исправлению и повторному контролю.

Для исправления невходящих патронов производится обжим по дульцу, скату и корпусу. При этом исправляются патроны, не входящие в камору из-за увеличенной длины корпуса гильзы. Патроны, не входящие в камору по этой причине, не подлежат исправлению и являются окончательным браком На рис. 20.1 приведена схема переработки условного брака патронов.

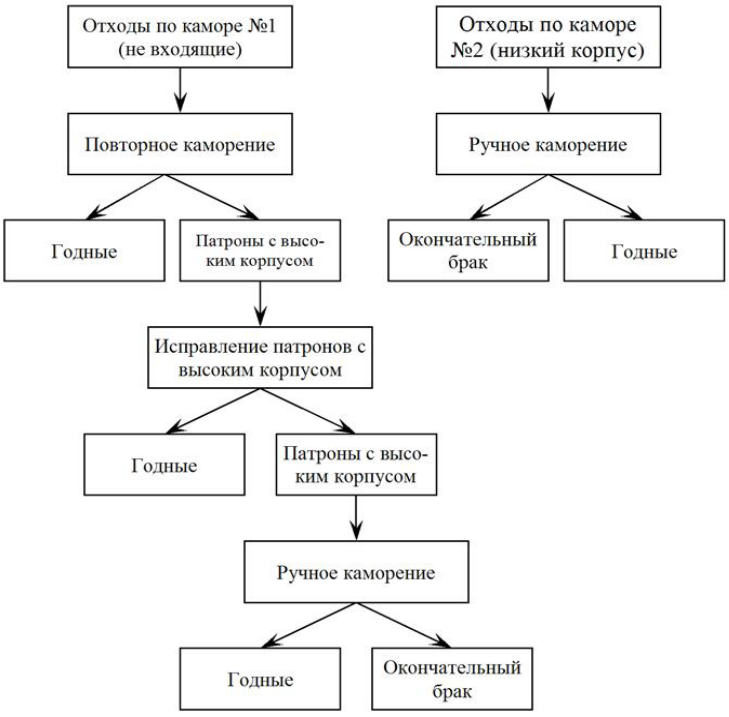


Рис. 20.1. Схема переработки условного брака патронов по каморе

100%-ный осмотр является конечной операцией технологического процесса изготовления патронов.

Осмотром выявляются все патроны, имеющие дефекты по наружному виду, образовавшиеся в процессе изготовления.

Выявляются патроны, имеющие следующие дефекты:

- пуля – со срезанной вершинкой; с царапинами на ведущей и оживальной поверхностях; с пленами на металле; с раковинами; помятостями; трещинами; отпечатками; венчиком на вершинке и др.;
- гильза – с царапинами на корпусе, скате, дульце; с отпечатками, забоинами, складками, пленами, раковинами; с темными и зелеными пятнами по корпусу, скату, дульцу; с надрывом шляпки (для винтовочных); без завальцовки (обжима) и другими дефектами; грубые нарушения лаковой поверхности стальных гильз и др.;
- капсюль – с царапинами, отпечатками, забоинами; с зелеными, темными и другими пятнами; с пленками; мятый капсюль; косовставленный капсюль и др.;
- по герметизации – без лакировки по месту герметизации; с неполной лакировкой как по месту обжима, так и по капсюлю, для патронов крупного калибра – по месту кернения;
- по окраске вершинки пуль специального назначения – с длинной и короткой окраской; с косой окраской; с натеками краски; с посторонними включениями в краске и др.

20.6.3. Выемочный контроль ОТК завода при передаче элементов патронов на сборку и готовых патронов заказчику

Контроль и испытание патронов для определения их соответствия чертежу и ТУ производится отделом технического контроля.

Основанием для проведения испытаний патронов служат чертежи и технические условия на приемку.

В технических условиях указаны метод и порядок проведения испытаний, размер выемок для каждого вида испытаний и предъявляемые к ним требования, а также перечень наружных дефектов по патрону и его элементам: недопустимых, допустимых без ограничения (несущественные дефекты) и допустимых в определенном проценте. На каждый вид дефекта имеются два эталона: с минимальной и максимальной степенью дефекта.

Патроны, имеющие дефект менее минимальной степени, допускаются без ограничения, более максимальной – совсем не допускаются.

На патроны со степенью дефекта в пределах эталонов установлен определенный процент допуска. Установлены также допуски на отклонения разме-

ров и массы патрона и отдельных его элементов, на баллистические характеристики патрона и дефекты его при стрельбе.

Допуски на все виды дефектов, выраженные в процентах к выемке, сведены в специальную таблицу, называемую таблицей допусков.

От каждой партии патронов берется выемка в соответствии с техническими условиями на каждый вид патрона. Патроны выемки подвергаются следующим основным видам испытаний:

- взвешиванию;
- проверке каморой;
- наружному осмотру;
- обмеру по линейным размерам;
- проверке длины корпуса гильз;
- определению давления пороховых газов;
- определению скорости полета пули; определению кучности боя;
- стрельбе на срыв пуль с нарезов и на демонтажи;
- на прочность гильз;
- на прочность пульных оболочек;
- на безотказность автоматического оружия;
- на безотказность и дальность трассирования (для трассирующих пуль);
- на бронепробиваемость (для патронов с бронебойными пулями);
- на зажигаемость бензина (для патронов с зажигательным пулями);
- на синхронность (для 12,7-мм патронов);
- испытаниям после разрядки патронов (контроль весов заряда, гильзы и пули, определение твердости гильз, пульных оболочек, бронебойных сердечников, определение внутреннего объема после обжима гильз);
- на саморастрескивание латунных гильз в парах аммиака;
- на сплошность лаковой пленки (для патронов со стальной лакированной гильзой);
- на герметичность.

С внедрением статистических методов контроля приемка продукции ОТК производится непосредственно на потоке.

21. ПРОИЗВОДСТВО ТАРЫ И УПАКОВКА ПАТРОНОВ

21.1. Виды тары

Упаковка для патронов представляет собой совокупность транспортной тары, внутренней упаковки и средств амортизации и крепления патронов в таре.

Для внутренней упаковки применяются потребительская (групповая) тара (металлические коробки, картонные коробки или бумажные пакеты), вспомогательные упаковочные средства (прокладки, тканевые ленты и т.п.).

Металлические штампованные коробки из малоуглеродистой стали окрашиваются защитной эмалью.

Для патронов с пулями, содержащими трассирующие составы, кроме патронов калибров 12,7 и 14,5 мм, применяют коробки с клапаном для стравливания избыточного давления газов, выделяющихся в процессе хранения патронов.

Металлические коробки с патронами укупориваются закатыванием. В металлические коробки помещаются картонные коробки или бумажные пакеты с патронами. Патроны калибров 12,7 и 14,5 мм в картонные коробки и бумажные пакеты не упаковывают, а укладывают непосредственно в металлические коробки. В коробках (металлических, картонных) и бумажных пакетах патроны укладываются рядами, между которыми помещаются бумажные или картонные прокладки.

Для удобства извлечения картонных коробок (бумажных пакетов) из металлической коробки под одну из картонных коробок или под один из пакетов каждого ряда закладывается тканевая лента, концы которой выводятся на поверхность коробок (пакетов).

В качестве транспортной тары для патронов используются деревянные ящики, изготовленные из пиломатериалов хвойных пород (сосны, ели, пихты, кедра), кроме дна и крышки, которые изготавливаются из древесно-волокнистой плиты. Допускается боковую и торцевую стенки ящика изготавливать из пиломатериалов лиственницы. Крышка у ящиков откидная и крепится к его корпусу при помощи металлической арматуры.

В каждый ящик помещаются две металлические коробки с патронами, под одну из которых закладывается тканевая лента, и нож для вскрытия металлических коробок. В ящиках с крышкой из древесно-волокнистой плиты нож размещается (режущей частью) в гнезде на внутренней стороне торцевой стенки ящика, а с крышкой из древесины – в соответствующем гнезде на внутренней стороне крышки.

Учебные патроны, упакованные в картонные коробки или бумажные пакеты, и учебные патроны калибров 12,7 и 14,5 мм укладываются рядами непо-

средственно в деревянный ящик (без металлических коробок). Учебные патроны калибра 5,45 мм в бумажных пакетах могут упаковываться в металлические коробки, уложенные в деревянный ящик.

Крепление и амортизация патронов в таре осуществляются при помощи прокладок, каркасов, перегородок из различных материалов (бумаги, картона, фанеры, древесины, древесно-волокнистой плиты и др.), а также отходов бумаги или картона в различных сочетаниях, определяемых требованиями защиты патронов от механических повреждений при транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах.

Ящики с патронами плотно обвязываются стальной упаковочной лентой. Концы ленты соединяются механическим способом с пломбированием или сваркой.

В картонную коробку (бумажный пакет), металлическую коробку и ящик укладываются патроны в количестве, установленном для каждой номенклатуры.

Для упаковывания 5,45-мм патронов и 7,62-мм обр. 1943 г. наряду с металлическими коробками используются взамен последних влагонепроницаемые пакеты. Во влагонепроницаемые пакеты упаковываются патроны со стальными гильзами.

Кроме того, влагонепроницаемые пакеты могут применяться для упаковки в особый период всех номенклатур патронов калибра 5,45–14,5 мм со штатными капсюлями.

Влагонепроницаемый пакет изготавливается из водонепроницаемой бумаги, имеющей с наружной стороны покрытие из полиэтилентерефталатной (лавсановой) пленки и с внутренней стороны, обращенной к патронам, покрытие парафинполиизобутиленовой смесью.

Внутрь влагонепроницаемого пакета укладываются в один или два ряда картонные коробки или бумажные пакеты с последующим свариванием швов влагонепроницаемого пакета и загибанием клапанов. Между внутренней стороной влагонепроницаемого пакета и картонными коробками (бумажными пакетами) помещается по периметру пакета прокладка из оберточной бумаги.

Влагонепроницаемые пакеты с патронами укладываются в ящик, в котором на дно, по стенкам и под крышку помещаются прокладки из водонепроницаемой бумаги с двусторонним или односторонним покрытием парафинполиизобутиленовой смесью. Прокладки стороной с парафинполиизобутиленовым покрытием обращены к дну, стенкам и крышке ящика.

На рис. 21.1 и 21.2 показаны влагонепроницаемый пакет с патронами и схема укладки этих пакетов в деревянный ящик.

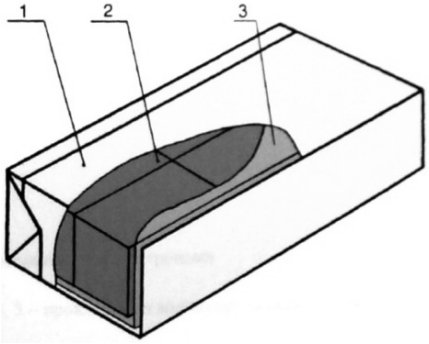


Рис. 21.1. Влагонепроницаемый пакет с патронами: *1* – пакет; *2* – картонная коробка; *3* – прокладка из оберточной бумаги

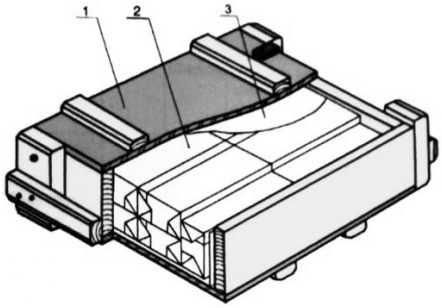


Рис. 21.2. Схема укладки влагонепроницаемых пакетов с патронами в деревянный ящик: *1* – ящик; *2* – влагонепроницаемый пакет; *3* – прокладка из водонепроницаемой бумаги

21.2. Маркировка патронов

Маркировка патронов состоит в общем случае из соответствующей отличительной окраски, знаков и надписей, наносимых как на составные части патронов, так и на упаковку с патронами. Маркировка наносится:

- на гильзу – на торец донной части;
- на пулю – на головную часть;
- на упаковку – на деревянный ящик, металлическую коробку, влагонепроницаемый пакет, картонную коробку и бумажный пакет.

Кроме отличительной окраски, на патроны, за исключением указанных ниже, по окружности стыков гильзы с пулей и капсюлем-воспламенителем наносится в виде ободка (кольца) красного цвета тонкий слой лака-герметизатора, представляющего собой раствор смолы АСН в растворителе Р-5, или лак ЭП-524, разбавленный растворителем 646 или 648, подкрашенные красителем красного цвета "бордо С".

Для герметизации холостых патронов 12,7-мм и 14,5-мм калибров по окружности стыков гильзы с колпачком и капсюлем-воспламенителем применяется герметизатор, подкрашенный красителем зеленого цвета.

Герметизатор не наносится на 7,62-мм пистолетные и револьверные патроны и на 7,62-мм винтовочные холостые патроны, а также на патроны с усиленным зарядом и высокого давления, кроме патронов этих номенклатур 12,7-мм и 14,5-мм калибров.

Герметизация патрона производится для предотвращения проникновения внутрь гильзы ружейной смазки (масла) и влаги.

21.2.1. Маркировка гильз и пуль

На торец донной части гильзы наносится способами штамповки маркировка, содержащая условный номер предприятия-изготовителя и год изготовления (две последние цифры года).

На торец донной части отдельных номенклатур гильз могут дополнительно наноситься знаки в виде двух диаметрально расположенных пятиконечных звездочек или треугольников.

Образец маркировки на торец донной части гильзы приведен на рис. 21.3.

Маркировка на головную часть пуль наносится в виде отличительной окраски.

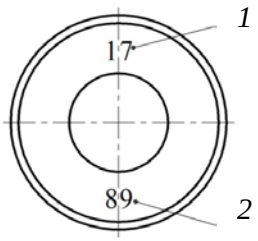


Рис. 21.3. Образец маркировки на торец донной части гильзы: *1* – условный номер предприятия; *2* – год изготовления (две последние цифры года)

21.2.2. Маркировка пороха

Маркировка партии пороха состоит из обозначения марки пороха, номера партии и года изготовления, указанных дробью, и условного обозначения предприятия-изготовителя пороха.

В маркировке пироксилиновых порохов приняты следующие обозначения марок пороха:

ВУфл – винтовочный под укороченный патрон зерненый одноканальный флегматизированный и графитованный к 7,62-мм патронам обр. 1943 г.;

ВУфлВД – то же, к патронам высокого давления;

ВТ – винтовочный зерненый одноканальный флегматизированный и графитованный к 7,62-мм винтовочным патронам;

ВТЖ – винтовочный зерненый одноканальный графитованный к холостым патронам;

П-45, П-125 – пористый зерненый одноканальный, число после буквы указывает количество в процентах введенных в пороховую массу водорастворимых солей для создания пористости;

Х (Пл 10-12) – холостой пластинчатый; 10 – толщина пластинки в сотых долях мм; 12 – длина пластинки в десятых долях мм;

$\frac{4}{7}, \frac{4}{7}$Цгр, $\frac{5}{7}$НА – зерненые семиканальные; в числителе – примерная толщина горящего свода в десятых долях мм, в знаменателе – число каналов в зерне (семь); Ц – с содержанием церезина; гр – графитованный; НА – изготовленный из низкоазотного пироксилина;

$\frac{4}{1}$фл, $\frac{4}{1}$гр – зерненые одноканальные; в числителе – примерная толщина горящего свода в десятых долях мм, в знаменателе – число каналов в зерне (один); фл – флегматизированный, гр – графитованный.

В маркировке лаковых порохов марка пороха состоит из сочетания буквенных и цифровых обозначений. В буквенных обозначениях лаковых порохов:

ССНф – первая буква обозначает назначение пороха (С – для патронов стрелкового оружия), вторая буква – форму пороховых элементов (С – сфероидная), третья и четвертая буквы – наличие в порохе соответственно нитроглицерина (Н) и'флегматизатора (ф);

ПСН – первая буква обозначает плотность пороха (П – пористый), вторая буква – форму пороховых элементов (С – сфероидная) и третья (Н) – наличие в порохе нитроглицерина.

Цифровое обозначение порохов ССНф и ПСН состоит из дроби, в числителе которой указывается толщина горящего свода (для пороха ССНф) или насыпная плотность (для пороха ПСН), а в знаменателе – удельная теплота горения.

21.2.3. Маркировка упаковки с патронами

Маркировка упаковки патронов состоит из цветных отличительных полос, знаков и надписей черного цвета. Маркировка на упаковку с патронами наносится:

- на деревянном ящике – на крышке и на одной боковой стенке;
- на металлической коробке – на крышке;
- на влагонепроницаемом пакете – на продольных сторонах пакета;
- на картонной коробке или бумажном пакете – на одной из сторон коробки или пакета.

Маркировка на упаковку наносится окрашиванием по трафарету, штемпелеванием, типографским способом или специальной маркировочной машиной. Маркировка на крышке ящика содержит:

- брутто, кг;
- транспортный знак, указывающий разряд груза (цифра 2 в равностороннем треугольнике со стороной 150 мм, вершина которого направлена в сторону крепления петель). В треугольнике наносится условный номер опасного груза (для боевых и вспомогательных патронов, кроме патронов с пулей МДЗ и холостых, – 450; для патронов с пулей МДЗ – 263 и для холостых патронов – 471);
- знак опасности или классификационный шифр, характеризующие транспортную опасность груза по ГОСТ 19433-88. Знак опасности выполня-

ется типографским способом на бумажном ярлыке размером 50×50 мм, который прикрепляется клеем к крышке ящика.

Ярлык со знаком опасности применяется только для 12,7- и 14,5-мм патронов с пулей МДЗ и МДЗМ. На знаке опасности для этих патронов согласно ГОСТ 19433-88 наносится на оранжевом фоне: в верхней его части – изображение символа опасности (черная взрывающаяся бомба), в нижней – номер подкласса (1.2), группа совместимости (F) и номер класса (1).

Для остальных видов боевых патронов и для вспомогательных патронов, кроме учебных, вместо знака опасности наносится краской черного цвета классификационный шифр 1.4S, образованный из двух цифр, соответствующих номеру подкласса опасного груза – 1.4, и буквенного обозначения группы совместимости – S.

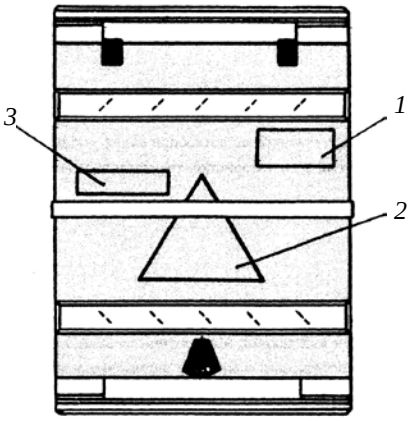


Рис. 21.4. Образец маркировки на крышке деревянного ящика: *1* – брутто; *2* – знак разряда груза; *3* – ярлык со знаком опасности груза или классификационный шифр

На ящик с учебными патронами знак разряда груза или условный номер опасного груза и маркировка о транспортной опасности груза не наносятся.

Образец расположения маркировки на крышке ящика приведен на рис. 21.4.

На боковой стенке приводятся:

- условное обозначение патронов;
- надписи "ОБР. 43", "СНАЙПЕРСКИЕ", "ВИНТОВОЧНЫЕ", "ПИСТОЛЕТНЫЕ";
- номер партии;
- год изготовления (две последние цифры);
- условный номер предприятия-изготовителя;
- маркировка партии пороха;
- количество патронов;
- количество обтюраторов (для 7,62-мм патронов обр. 1943 г. с уменьшенной скоростью пули УС);
- отличительная полоса, знак или надпись, характеризующие вид пули и (или) патрона.

На боковой стенке ящика, содержащего влагонепроницаемые пакеты с патронами, дополнительно наносится в две строки надпись "ВЛАГОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ПАКЕТЫ".

Условное обозначение патронов включает:

- обозначение калибра – в виде числовой величины в миллиметрах (без указания размерности);
- условное обозначение вида пули или вида патрона;
- условное обозначение гильзы (по материалу, из которого она изготовлена).

Для холостых патронов взамен условного обозначения вида пули, патрона и гильзы наносится надпись "ХОЛОСТЫЕ".

Номер партии патронов состоит из буквы, обозначающей шифр группы партии патронов и двузначного числа, указывающего порядковый номер партии в группе.

Для образцовых патронов буквенное обозначение шифра группы партии заменяется обозначением "ОБ". Маркировка на крышке металлической коробки содержит те же данные, какие наносятся на боковую стенку ящика.

При этом указываемое в маркировке количество патронов и обтюраторов соответствует количеству их в металлической коробке.

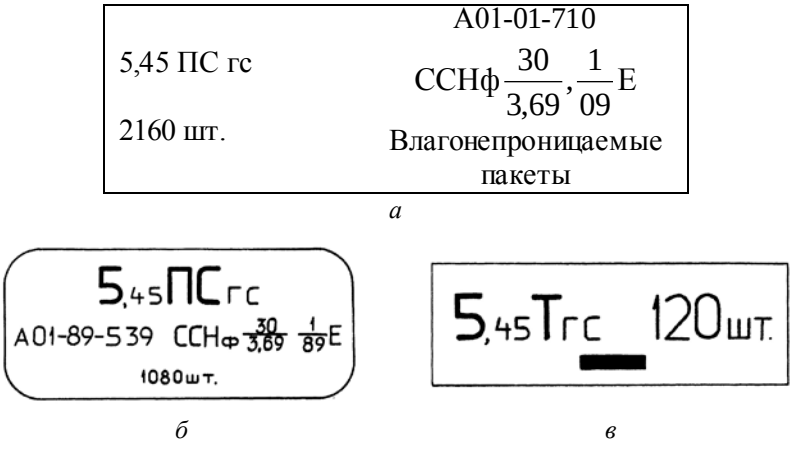
Маркировка на влагонепроницаемом пакете содержит:

- условное обозначение патронов;
- надпись "ОБР. 43" (для 7,62-мм патронов обр. 1943 г.);
- количество патронов в пакете;
- отличительную полосу, характеризующую вид пули.

На картонные коробки и бумажные пакеты маркировка наносится в виде отличительной полосы или надписи. Отличительная полоса наносится на коробки и пакеты, содержащие патроны с трассирующей пулей и с уменьшенной скоростью пули УС.

На бумажном пакете с 7,62-мм винтовочными снайперскими патронами наносится надпись "СНАЙПЕРСКИЕ" .

Типовые образцы маркировки на деревянном ящике, на металлической коробке и влагонепроницаемом пакете с патронами 5,45-мм клб., с обыкновенной пулей приведены на рис. 21.5.



а

б *в*

Рис. 21.5. Образцы маркировки на: *а* – боковой стенке деревянного ящика; *б* – на крышке металлической коробки; *в* – на влагонепроницаемом пакете

На этом рисунке образцы маркировки на металлических коробках означают:

5,45 ПС гс – 5,45-мм патроны с обыкновенной пулей (ПС) и стальной гильзой (гс);

АО 1-89-539 – номер партии патронов (А01), год изготовления (1989) и условный номер предприятия-изготовителя патронов (539);

$\text{ССНф}\frac{30}{3{,}69}, \frac{1}{89}\text{Е}$ – марка пороха $\text{ССНф}\frac{30}{3{,}69}$, номер партии (1), год изготовления (1989) и условное обозначение предприятия-изготовителя (Е).

Таблица 21.1

Характеристика упаковки 5,45-мм патронов с обыкновенной пулей

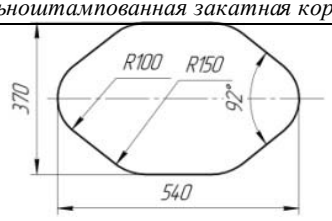
<table>
<tr><td rowspan="2">Масса патрона, г</td><td colspan="2" rowspan="2">10,5</td><td rowspan="4">Количество патронов, шт</td><td>в бумажном пакете</td><td>30</td></tr>
<tr><td>во влагонепроницаемом пакете</td><td>120</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Масса заряда, г
Масса пороха</td><td rowspan="2">1,38
ВУ фл 545</td><td rowspan="2">1,44
ССНф 30/3,69</td><td>в металлической коробке</td><td>1080</td></tr>
<tr><td colspan="3">Количество влагонепроницаемых пакетов, шт.</td><td colspan="2">18</td></tr>
<tr><td colspan="3">Количество патронов в ящике с влагонепроницаемыми пакетами, шт/масса, кг</td><td colspan="2">2160
28</td></tr>
<tr><td colspan="3">Количество патронов в ящике с металлическими коробками, шт/масса, кг</td><td colspan="2">2160
29</td></tr>
</table>

21.3. Технология изготовления тары

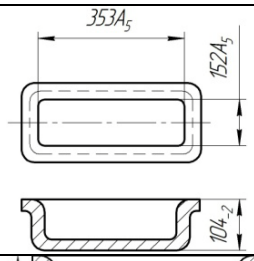
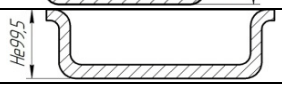
Технология изготовления металлических коробок основана на применении штамповочных операций вырубки и вытяжки без утонения с обрезкой и операцией по подготовке поверхности к окраске (табл. 21.2).

Таблица 21.2

Технология изготовления металлической упаковки

Операция (вид выполнения)	Эскиз	Оборудование (тип, фирма, завод-изготовитель, модель)
1	2	3
Цельноштампованная закатная коробка		
Протирка ленты и вырубка заготовки (автоматическое)		Автомат АПЛ Пресс механический простого действия

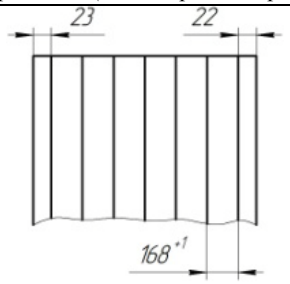
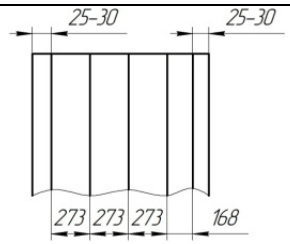
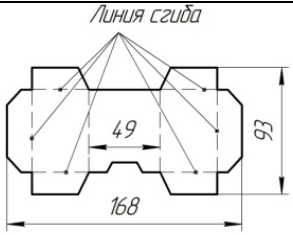
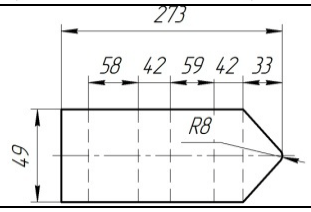
Окончание табл. 21.2

1	2	3
Смазывание заготовки и вытяжка корпуса коробки (механизированное)		Пресс механический для вытяжки двойного действия
Калибровка корпуса коробки и обрезка бортов (механизированное)		Пресс фрикционный
Протирка ленты, вырубка заготовки и штамповка крышки коробки (автоматическое)	–––	Автомат АПЛ Пресс механический двойного действия
Осмотр коробки и приемка ОТК	–––	Стол
Химическая обработка цельноштампованной коробки		
Подготовка агрегата к работе (механизированное)	–––	Агрегат М-АФС
Загрузка конвейера. Химическая обработка поверхности коробки (механизированное)	–––	
Окраска цельноштампованной коробки		
Подготовка и пуск агрегата (механизированное)	–––	Агрегат М-КЭОС
Загрузка конвейера (вручную)	–––	
Нанесение 1-го слоя эмали (автоматическое)	–––	
Сушка 1-го слоя эмали (автоматическое)	–––	
Перевешивание коробок на конвейере (вручную)	–––	
Нанесение 2-го слоя эмали (автоматическое)	–––	
Подкраска внутренних углов коробок и желобов крышек (вручную)	–––	Пульверизатор
Сушка 2-го слоя эмали (автоматическое)	–––	Агрегат М-КЭОС
Разгрузка конвейера, осмотр коробок и укладка в штабеля (вручную)	–––	
Приемка ОТК	–––	Стол
Очистка подвесок (вручную)	–––	Ванна
Подкраска оставшихся следов от подвесок и повторная покраска – 8% (вручную)	–––	Стол
Снятие 5 % краски (вручную)	–––	Ванна

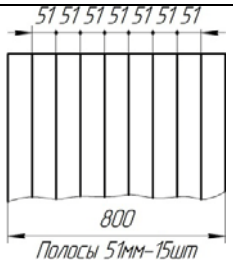
Технологические особенности процесса вытяжки без утонения металлических коробок изложены в разд.7. При изготовлении картонных пачек применяют штамповочные операции отрезки и вырубки заготовок из неметаллических материалов (табл. 21.3).

Таблица 21.3

Технология изготовления неметаллической тары

Операция (вид выполнения)	Эскиз	Оборудование (тип, фирма, завод-изготовитель, модель)
1	2	3
Пачка картонная (для патронов образца 1943г.)		
Резка рулонного картона на полосы для корпусов пачки (автоматическое)		Бобинорезка БЛП-3
Резка рулонного картона на полосы для крышек		
Вырубка заготовки корпуса пачки (автоматическое)		Автомат вырубки пачки 2 АВП-107
Вырубка заготовки крышки пачки (автоматическое)		
Нанесение трафарета на крышку пачки (автоматическое)	–––	Специальный станок
Осмотр заготовок	–––	Стол

Окончание табл. 21.3

1	2	3
Резка рулонной бумаги на полосы (автоматическое)		Бобинорезка БЛП-3

П р и м е ч а н и е. 1. Нарезанные бумажные рулоны для прокладок поступают к упаковочной машине

2. ЛУ-107, на которой производится формовка пачки и укладка патронов.

Типовой технологический процесс упаковывания патронов приведен в табл. 21.4.

Т а б л и ц а 21.4

Технология упаковывания патронов

Операция	Оборудование (тип, фирма, завод-изготовитель, модель)
Сушка форматок, покрышек, бумажных лент, прокладок	Сушильный шкаф
Упаковка патронов в картонные пачки	Упаковочная машина 2 ЛУ-107, КБАЛ
Укладка картонных пачек с патронами в штампованную коробку	Стол
Взвешивание штампованных коробок с патронами	Стол, весы
Подкраска желоба крышек штампованных коробок	Стол
Надевание крышки на коробку и подгибка крышки к корпусу коробки	Линия М-АУЛ-1
Закатка коробки и проверка герметичности	
Зачистка поврежденных мест краски, подкраска шва и сушка коробок	
Осмотр и укладка коробок в деревянные ящики	
Маркировка крышек штампованных коробок с патронами	
Привинчивание ножа к крышке	Стол
Укладывание прокладки и накрывание ящика крышкой	Линия М-АУЛ-2
Крепление крышки шурупами	
Маркировка крышки и боковых стенок ящика	
Ошиновка ящика	
Формирование партии	Штабелер
Вскрытие закатных коробок (4%)	Стол
Проверка герметичности вручную (10%)	Вакуумметр образцовый

21.4. Контроль качества металлической и неметаллической тары

Контроль качества металлической и неметаллической тары производится по чертежам и ТУ, утвержденным ГРАУ, и технологическому процессу (контрольным картам), утвержденному директором или главным инженером завода.

Материалы и полуфабрикаты, применяемые при изготовлении тары, должны удовлетворять соответствующим ГОСТам и ТУ.

При изготовлении металлической коробки производится периодический контроль по следующим параметрам:

- внешнему виду и размерам заготовок корпуса и крышки;
- внешнему виду и размерам корпуса после вытяжки и крышки после штамповки;
- внешнему виду и размерам высоты корпуса коробки после калибровки;
- внешнему виду и размерам ширины корпуса коробки после обрезки.

Одновременно контролируются:

- режим обезжиривания, концентрация растворов при обезжиривании коробок;
- концентрация растворов, режим травления и промывок, режим сушки коробок;
- внешний вид коробок после химической обработки;
- вязкость эмали и внешний вид после первого окрашивания коробок;
- режим сушки окрашенных коробок и внешний вид; вязкость эмали и внешний вид после второго окрашивания коробок;
- режим сушки и внешний вид после второго окрашивания коробок;
- режим при снятии краски и повторной окраски бракованных коробок.

Металлические коробки формируются в партии и проверяются ОТК.

В коробках не допускаются:

- наличие кислотности и щелочности;
- присутствие хлористых соединений больше норм, предусмотренных методикой, приложенной к ТУ ГРАУ;
- трещины и пробитые места;
- нарушения покрытия.

В коробках допускаются (по эталонам):

- волнистость и помятость дна;
- наплывы краски;
- помятость на корпусе и крышке;
- неоднотонность покрытия.

При изготовлении картонных заготовок корпусов и крышек пачки, бумажных заготовок пакетов контролируются следующие параметры:

- наружный вид и размеры заготовок при резке рулонного картона и бумаги на полосы;

- чистота резки и четкость линий сгиба при вырубке картонных заготовок корпуса и крышки пачки;
- окончательные размеры заготовок корпуса и крышки пачки, заготовки пакета;
- внешний вид и размеры отличительной полосы на крышке пачки;
- влажность заготовок картонной пачки, заготовок бумажного пакета и прокладок, которая должна быть не выше 9%;
- реакция водной вытяжки картона и бумаги при испытании на кислотность и щелочность по методике ТУ ГРАУ, которая должна быть нейтральной;
- содержание в картоне и бумаге хлоридов в пересчете на хлор-ион в воздушно-сухом картоне и бумаге (допускается не более 0,005%).

Цвет бумаги для пакетов допускается белый, желтый, коричневый, различных оттенков. Допускаются другие сорта бумаги, не уступающие по своим качествам ГОСТам и требованиям ТУ ГРАУ.

Качество ящиков должно соответствовать требованиям ГОСТ.

При изготовлении ящиков периодически контролируются следующие параметры:

- правильность сортировки ящичных комплектов по эталонам влажности дощечек;
- размеры крайней доски дна и крышки и чистота поверхности;
- размеры средней доски дна и крышки и чистота поверхности;
- размеры шпонки, ручки, стойки и чистота поверхности;
- размер шага, профиль шипов и другие размеры торцевых стенок ящика и чистота поверхности;
- размер шага, профиль пазов и другие размеры боковых дощечек и чистота поверхности;
- режим работы галтовочного барабана и чистота поверхности гвоздей;
- размеры гвоздей и шурупов;
- качество клея, качество обмазки клеем шипов торцевых дощечек и заполнение ванночки клеем;
- внешний вид и внутренние размеры после сборки и сушки корпуса ящика;
- чистота поверхности, размеры, перпендикулярность торцевых поверхностей к боковым после фуговки рамки;
- внешний и внутренний вид корпуса, количество гвоздей, правильность их забивки в углы корпуса ящика;
- правильность прибивки стоек и ручек к корпусу ящика;
- размеры щитка дна и крышки, внешний вид, расстояние между шпонками, крепление шпонок шурупами; расположение отверстий, диаметр сверла, положение выемки и чистота поверхности;

- плотность прилегания дна к корпусу ящика;
- размеры винтов;
- поверхность боковых и торцевых сторон и дна ящика, размеры ящика.

Деревянные ящики формируются в партии и проверяются ОТК. Количество ящиков в партии, имеющих порок синевы, не должно превышать 15%. Допускается крепление шпонок гвоздями.

Отверстия для шурупов или гвоздей должны находиться в середине толщины стенки. Головки ввинчиваемых шурупов или забиваемых гвоздей должны быть заподлицо с древесиной или утоплены. Допускаются вмятины древесины или волосовые трещины, получающиеся в месте крепления ящика шурупами или гвоздями. Гвозди длиной, превышающей общую толщину скрепления деталей, загибаются поперек волокон с углублением конца гвоздя в древесину. Прочность крепления поручней и дна ящика проверяется периодически. Влажность ящиков (ящичных комплектов) не должна превышать 18%. Принятые ОТК партии металлических коробок, деревянных ящиков, заготовки картонных пачек, бумажные и картонные прокладки поступают на укладку и упаковку патронов стрелкового оружия.

21.5. Контроль качества упаковывания патронов

Контроль качества упаковывания патронов производится по чертежам и ТУ, утвержденным ГРАУ, и технологическому процессу (контрольным картам), утвержденному директором или главным инженером завода.

При укладке патронов в картонные пачки, металлические коробки и деревянные ящики производится периодический контроль.

Проверяются:

- правильность и качество нанесенной на пачках маркировки;
- размеры бумажной прокладки;
- правильность запирания пачки с уложенными патронами;
- отсутствие повреждений пачки и количество патронов, уложенных в пачки;
- качество укладки пачек с патронами в металлические коробки по установленной схеме;
- наличие тесьмы под одной из пачек в коробке (в каждом ряду);
- количество коробок в ящике, наличие в них покрышек и номера укладчицы;
- вес коробки с патронами и наличие номера весовщицы;
- окраска желоба крышки коробки и вязкость эмали;
- качество закатного шва коробки и номер закатчика;
- герметичность коробки;
- правильность исправления поврежденных мест, краски на закатном шве;

- качество сушки подкрашенных коробок и наружный вид коробок;
- качество маркировки деревянных ящиков, крышек и применяемых красок;
- качество маркировки коробок с патронами, применяемых красок, наличие тесьмы под одной из коробок;
- качество крепления ножа в крышке ящика, крепления крышки шурупами, качество ошиновывания и пломбирования ящика, наличие номера ошиновщика и контролера ОТК, вес ящика с патронами, наружный вид ящика.

При завертке патронов в бумажные пакеты, укладке их в металлические коробки и деревянные ящики производится аналогичный контроль.

Патроны 12,7- и 14,5-мм калибра укладываются непосредственно в металлические коробки с применением соответствующих прокладок и перегородок, затем в деревянные ящики.

Кроме пооперационного контроля, качество укладки и упаковывания патронов проверяется ОТК завода на выемке, взятой для испытания патронов, согласно соответствующим ТУ на патроны.

Окончательная проверка качества укладки и упаковывания патронов производится заказчиком на выемке, взятой для испытания патронов, согласно соответствующим ТУ. При этом проверяется правильность укладки, наличие и соответствие чертежу и ТУ всех элементов упаковки согласно схеме укладки.

Контроль качества производится по наружному виду, размерам и другим параметрам, аналогично пооперационному контролю.

Надрывы бумаги на пакетах допускаются в количестве до 20%.Количество негерметичных металлических коробок допускается не более 5%. Для упаковывания патронов допускаются ящики, бывшие в употреблении, при условии удовлетворения их требованиям ТУ ГРАУ.

Справочник по технологии патронного производства

В двух томах

Том 2

Редактор *Г.М. Звягина*
Корректор *Л.А. Петрова*
Компьютерный набор *В.А. Игнатенко*
Компьютерная верстка *С.В. Кашуба*

Подписано в печать 28.01.2011. Формат бумаги 70х100/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 27,825. Тираж 200 экз. Заказ № 263.
Балтийский государственный технический университет
190005, С.-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д.1

Типография «СОТ»
198097, С.-Петербург, ул. Трефолева д. 2