

Б.И.ШТЕЙНБЕРГ, Б.М.БРАЙНМАН, В.И.ИЛЬЧЕНКО

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА- КОНСТРУКТОРА

СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК
 СПРАВОЧНИК



Штейнберг Б. И. и др.

Ш 88 Справочник молодого инженера-конструктора./
Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман, В. И. Ильченко.—К.:
Техніка, 1979.— 150 с., ил.— Библиогр.: с. 145—148.

В пер.: 75 к. 75000 экз.

В справочнике приведены краткие общие рекомендации по проектированию изделий и технологической оснастки, применяемых в машиностроении с учетом физико-механических свойств и технологических особенностей различных конструкционных материалов, даны сведения о применении некоторых высокоэффективных процессов, о расчете и проектировании ряда элементов механизмов и машин, о термической обработке, защитно-декоративных покрытиях, допусках и посадках, взаимозаменяемости, шероховатости поверхностей. Рассчитан на молодых инженеров-конструкторов, а также может быть полезен техникам и студентам вузов соответствующих специальностей.

Ш 31302-126 125-79 2702000000
М202(04)-79

6П5.2(083)

Рецензенты канд. техн. наук М. Я. Левицкий, А. Б. Невский
Редакция литературы по машиностроению и транспорту
Зав. редакцией М. А. Василенко

© Издательство «Техніка», 1979.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы подчеркивается необходимость всемерно снижать материалоемкость продукции путем более широкого применения прогрессивных конструкторских решений, совершенствования технологических процессов. Конструкторское решение прогрессивно только в том случае, если инженер при проектировании использует новейшие достижения науки и техники, всесторонне обосновывает свое решение с экономической и технической точек зрения. Для выбора наилучшего решения конструктор должен пользоваться большим количеством информации, рассредоточенной иногда в многочисленной технической и справочной литературе, что усложняет его работу. Еще с большими трудностями сталкивается начинающий конструктор, который не имеет опыта работы с литературой. Поэтому авторы справочника стремились обобщить, систематизировать, дополнить и разъяснить технические данные, приведенные в различных источниках, и, кроме того, ознакомить читателей с новыми прогрессивными материалами и технологическими методами обработки.

При составлении справочника наибольшее внимание уделялось тем вопросам, которые менее широко освещены в справочной литературе (например, более широко рассмотрены приводные муфты механического действия) или требуют разъяснений при выборе оптимального варианта

конструкции (например, шпоночных и зубчатых соединений, подшипников).

В справочнике сосредоточены основные сведения по комплексу вопросов, решаемых при проектировании, и даны необходимые разъяснения и методические указания по правильному их использованию.

В то же время справочник не может и не должен быть единственным пособием при работе конструктора. По каждому конкретному вопросу при его углубленном изучении следует пользоваться рекомендуемой дополнительной литературой, перечень которой приведен в конце книги.

Общее редактирование справочника выполнил канд. техн. наук Б. М. Брайнман на общественных началах.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252601, Киев, 1, ГСП, Крещатик, 5, издательство «Техніка».

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В соответствии с ГОСТ 2.103—68 разработка конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности осуществляется в следующем порядке. Начальной стадией и исходным документом для разработки является *техническое задание*, устанавливающее основное назначение, технические характеристики, показатели качества, технико-экономические и другие требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, а также состав конструкторской документации.

В соответствии с ГОСТ 15.001—73 основанием для разработки технического задания могут быть результаты научно-исследовательских и экспериментальных работ, анализ передовых достижений и технического уровня отечественной и зарубежной техники, изучение патентной документации, а также заявка заказчика. В своей заявке заказчик предъявляет разработчику исходные требования к продукции, подлежащей разработке, включая лимитную цену с ее обоснованием. Заказчик отвечает за предъявляемые требования к заказываемой продукции и обеспечивает полную ее реализацию или использование, согласовывает техническое задание, осуществляет совместно с разработчиком приемку опытного образца (опытной партии) продукции.

Разработчик на основе достижений отечественной и зарубежной науки и техники, с учетом потребностей народного хозяйства и в соответствии с требованиями заказчика разрабатывает техническое задание, согласовывает и утверждает его в установленном порядке; разрабатывает и вносит предложения по стандартизации продукции, используемым материалам, методам испытаний, средствам и способам транспортирования и хранения; разрабатывает необходимую техническую документацию; выявляет новые технические решения; представляет заявки на предполагаемые изобретения; организует приемочные испытания опытного образца (опытной партии); обеспечивает выполнение работ в установленные сроки, технический уровень и качество разрабатываемой продукции.

На стадии *технического предложения* разрабатываются конструкторские документы, обосновывающие предлагаемые варианты решений изделия на основе анализа технического задания, с учетом возможности и целесообразности реализации указанных в нем характеристик и требований, дается сравнительная оценка решений разрабатываемых и существующих изделий, а также патентных материалов. Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного или технического проекта.

На стадии *эскизного проекта* разрабатываются конструкторские документы, которые содержат принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также определяются назначение изделия, основные параметры и габаритные размеры. По конструкторским документам, разработанным на стадии эскиз-

ного проекта, изготавливаются макеты, на которых проверяются принципы работы изделия и его составных частей. Согласованный и утвержденный всесторонний проект служит основанием для разработки технического проекта.

Совокупность конструкторских документов, разработанных на стадии *технического проекта* (чертеж общего вида, пояснительная записка и т. п.), содержит окончательные технические решения и дает полное представление об устройстве разрабатываемого изделия. На макетах, изготовленных по документации технического проекта, проверяются основные конструктивные решения разрабатываемого изделия или его составных частей. Согласованный и утвержденный технический проект является основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

Стадия *рабочей конструкторской документации* предусматривает разработку чертежей деталей, сборочных чертежей, спецификаций, а при необходимости — также монтажных, габаритных чертежей, схем, ведомостей покупных изделий, технических условий, таблиц, методики расчетов и других документов, необходимых для промышленного изготовления изделий.

На этой стадии на первом этапе разрабатывается документация для изготовления и испытаний опытного образца (опытной партии). По результатам заводских испытаний документация корректируется. Затем вновь изготавливается опытный образец (опытная партия) для проведения государственных, межведомственных и других испытаний, с последующей повторной корректировкой документации.

На следующем этапе изготавливается и испытывается установочная серия изделий, с последующей корректировкой конструкторских документов с учетом результатов изготовления и испытания изделий и оснащенности технологического процесса.

На заключительном этапе изготавливается и испытывается головная (контрольная) серия, с последующей корректировкой конструкторских документов, окончательно отработанных и проверенных в условиях полностью оснащенного технологического процесса.

В соответствии с утвержденными Госстандартом СССР, ГКНТ и Госпланом СССР 17.06.1974 г. «Основными положениями о порядке аттестации продукции машиностроения и других отраслей промышленности» вся промышленная продукция, определяющая профиль министерства и ведомства, и другая продукция, постоянно выпускаемая объединениями, предприятиями и организациями, подлежит аттестации. Аттестация предусматривает проведение комплекса организационно-технических и экономических мероприятий, направленных на своевременное внедрение в производство научно-технических достижений и повышение качества выпускаемой продукции.

Аттестация промышленной продукции проводится по трем категориям качества: высшей, соответствующей по технико-экономическим показателям лучшим отечественным или мировым достижениям либо превосходящей их (с присвоением продукции государственного Знака качества); первой, соответствующей современным требованиям стандартов (технических условий) и удовлетворяющей потребности народного хозяйства; второй, не соответствующей требованиям народного хозяйства и подлежащей модернизации или снятию с производства.

Важнейшей характеристикой в области качества продукции является уровень качества. В соответствии с ГОСТ 15467—70 уровнем качества продукции является относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей, т. е. показателей качества продукции, принятой за исходную при сравнительных оценках.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Приступая к проектированию, конструктор должен глубоко изучить и проанализировать эксплуатационные требования, предъявляемые к данному изделию или его составной части, существующие конструкции аналогов, патентно-информационные материалы, а также технологические возмож-

ности изготовления требуемого изделия в условиях данного производства, с учетом применения наиболее прогрессивных материалов и современных технологических процессов, обеспечивающих высокую технико-экономическую эффективность и высшую категорию качества.

Эксплуатационные, технологические и экономические требования к проектируемой конструкции часто носят противоречивый характер, и задача конструктора заключается в том, чтобы из множества возможных решений выбрать одно, наилучшее, с наибольшей полнотой отвечающее всему комплексу требований в целом.

Для решения этой задачи рекомендуется:

обосновывать применение и конструктивное решение каждого механизма и его элементов, с учетом эксплуатационных требований, технологии изготовления, экономного расходования материалов при сохранении необходимой прочности;

обеспечивать удобство сборки, разборки и регулировки, по возможности исключать подбор и пригонку деталей, выверку и регулировку их при сборке; в необходимых случаях предусматривать надежную автоматическую смазку трущихся поверхностей, избегать применения периодической смазки;

не предусматривать трущихся поверхностей непосредственно на корпусных деталях;

предупреждать коррозию деталей, учитывая условия эксплуатации; избегать открытых механизмов и передач, предотвращать проникновение грязи, пыли и влаги на трущиеся поверхности;

предотвращать самоотвинчивание резьбовых соединений;

предусматривать блокирующие устройства, устраняющие возможности поломки и аварий в результате неумелого или небрежного обращения;

учитывать рекомендации эргономики и технической эстетики.

Качество изделия в значительной степени зависит от качества конструкторской документации. Основные требования к рабочим чертежам регламентированы соответствующими ГОСТами. При выполнении рабочих чертежей необходимо учитывать следующие рекомендации: на рабочих чертежах указывать размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости и другие технические требования, относящиеся к деталям перед сборкой или перед дополнительной обработкой по чертежам других изделий; количество размеров на чертежах должно быть минимальным, но достаточным для однозначного чтения чертежа; каждый размер должен указываться только один раз, причем должна обеспечиваться возможность его выполнения и контроля при изготовлении детали или изделия; для всех размеров должны быть указаны (или оговорены в технических требованиях) предельные отклонения; при простановке размеров необходимо учитывать, что наиболее точный из них должен иметь наименьшую накопленную погрешность при изготовлении; выбранная для простановки размеров конструктивная база должна обеспечивать минимальные погрешности изготовления и быть удобной для контроля; в деталях, имеющих оси симметрии, размеры рекомендуется проставлять не от осей симметрии, а от поверхностей детали; дополнительные данные по изготовлению деталей указываются в технических требованиях.

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ, ЖЕСТКОСТИ И НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

На всех стадиях проектирования необходимо стремиться к созданию максимально прочных и надежных конструкций, обладающих повышенной работоспособностью. Прочность детали определяется механическими свойствами материала и геометрическими размерами сечения и характеризуется способностью выдерживать нагрузку без разрушения. Основными механическими характеристиками материала, определяющими его прочность, являются: предел прочности (временное сопротивление) $\sigma_{\text{в}}$, кгс/см², — напряжение, возникающее в материале при максимальной нагрузке; предел пропор-

циональности $\sigma_{\text{н}}$, кгс/см², — наибольшее напряжение, до которого практически сохраняется прямая пропорциональная зависимость между напряжениями и деформациями, вызванными ими; предел текучести $\sigma_{\text{т}}$, кгс/см², — наименьшее напряжение, при котором деформации материала растут без заметного увеличения нагрузки.

Перечисленные выше показатели прочности для различных материалов приведены на с. 13—32.

Предел прочности применяется при расчетах на прочность деталей из хрупких материалов, предел текучести — из пластических. Предел пропорциональности используется при расчетах на деформирование.

При расчетах на прочность решается одна из следующих задач: определение допускаемой нагрузки, при которой будет обеспечена прочность конструкции; определение поперечных размеров деталей, обеспечивающих их прочность (проектный расчет); определение фактического коэффициента запаса прочности для имеющейся конструкции при заданных нагрузках (проверочный расчет).

Ряд деталей и конструкций испытывает действие переменных напряжений. В этом случае разрушение может произойти при напряжениях ниже предела прочности. Напряжения в таких деталях изменяются во времени, как правило, циклично — от некоторого максимального значения σ_{max} до минимального σ_{min} . Способность материала выдерживать без разрушения определенное число циклов нагружений характеризуется его циклической прочностью, а наибольшая величина напряжений при таком нагружении — пределом выносливости материала.

Циклическая прочность деталей зависит от местных напряжений, развивающихся вблизи так называемых геометрических концентраторов напряжений: отверстий, выточек, шпоночных канавок, галтелей, резьбы, рисок, лысок, а также в местах внутренних дефектов материала (технологических концентраторов — трещин, включений и т. д.). Для повышения циклической прочности деталей и конструкций рекомендуется устранить или свести к обособленному минимуму количество геометрических концентраторов напряжения, а также искусственно усилить места, ослабленные наличием концентраторов. Это достигается, например, путем применения плавных переходов и галтелей, введения центрирования в резьбовых соединениях, увеличения диаметра вала на участке резьбы, размещения концентраторов в различных плоскостях сечения и т. п.

Для повышения циклической прочности можно также рекомендовать термическую, химико-термическую и термо-механическую обработку сталей (см. с. 74) с целью создания в поверхностных слоях предварительных напряжений сжатия; полирование, притирку, суперфиниширование поверхностей деталей с целью уменьшения высоты микронеровностей; дробеструйную обработку, накатывание роликами, алмазное выглаживание, ультразвуковое упрочнение, импульсный гидронаклеп с целью упрочнения поверхностного слоя пластической деформацией. Прочность деталей из пластмасс может быть повышена в результате их термообработки, в процессе которой меняется структура полимерного материала и снимаются внутренние напряжения, путем их армирования, введения волокнистого наполнителя, совмещения с другими полимерами. Существенное влияние на прочность пластмассовых деталей оказывает точность соблюдения технологических режимов при их изготовлении.

В проектируемых конструкциях действительные напряжения не должны доходить до опасного предела. Отношение предела прочности или предела текучести к наибольшему фактическому напряжению в детали называется фактическим коэффициентом запаса прочности. Значение этого коэффициента зависит, прежде всего, от методики расчета, т. е. от степени соответствия принятых в расчетной схеме предположений действительным условиям работы. Коэффициент запаса прочности должен учитывать неточность в экспериментальном или расчетном определении величин напряжений и нагрузок, неточность принятых методов расчета, неточность изготовления деталей; степень однородности материала, его качество и другие факторы.

Прочность оценивается путем сравнения фактического коэффициента запаса с допускаемым значением прочности для различных условий.

При предварительной оценке коэффициентов запаса могут быть использованы данные табл. 1.

1. Ориентировочные значения коэффициентов запаса прочности

Условия изготовления	Условия расчета	Требования к надежности, долговечности, экономичности		
		пониженные	средние	повышенные
Повышенные	Повышенные	(1,0...1,1)	1,1...1,2	1,2...1,4
	Средние	(1,2...1,4)	1,4...1,6	1,5...1,8
	Пониженные	(1,4...1,7)	1,6...2,0	1,8...2,3
Пониженные	Повышенные	2,2...2,9	2,6...3,5	(3,0...4,0)
	Средние	2,4...3,2	2,8...3,9	(3,3...4,5)
	Пониженные	2,6...3,5	3,1...4,2	(3,6...5,0)

Примечания: 1. Условия изготовления считаются повышенными, если стабильность механических свойств материала и уровень технологии высокие.

2. Условия расчета тем выше, чем более достоверны данные о нагрузках и напряжениях и чем более расчетная схема соответствует действительному распределению нагрузок.

3. Данные в скобках по возможности не применять.

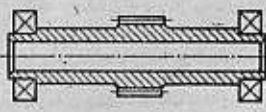
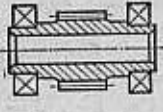
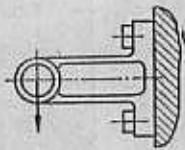
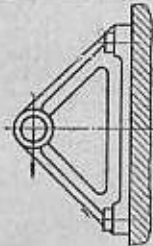
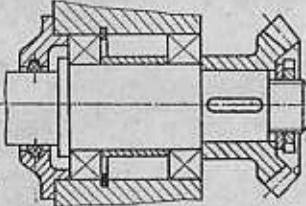
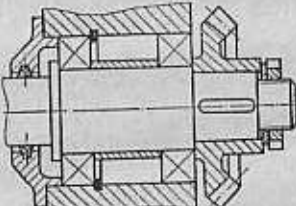
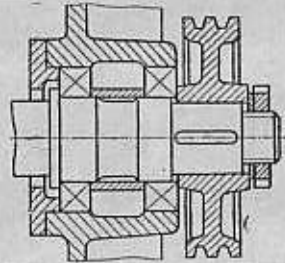
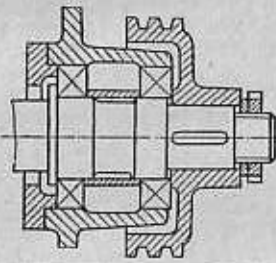
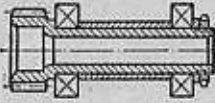
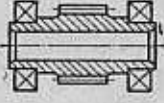
В процессе конструирования изделий из пластмасс рекомендуется для определения допускаемых напряжений при кратковременных статических нагрузках понижать пределы прочности: для реактопластов в 1,2...1,5 раза, для термопластов в 1,8...2,0 раза. При кратковременных ударных нагрузках допускаемые напряжения рекомендуется дополнительно снижать: для реактопластов — на 50...60% и для термопластов — на 20...30%.

Одной из важнейших характеристик конструкций является жесткость, т. е. способность сопротивляться процессу образования деформаций под действием нагрузок. При недостаточной жесткости в конструкции могут возникнуть повышенные деформации, являющиеся причиной нарушения равномерного распределения нагрузки и появления опасных местных напряжений, интенсификации трения и износа подвижных соединений, нарушения нормальных условий эксплуатации. Вследствие недостаточной жесткости может возникнуть фрикционная коррозия или произойти сварка контактирующих поверхностей. Можно рекомендовать такие основные пути повышения жесткости: замена напряжений изгиба напряжениями сжатия и растяжения; оптимальная расстановка опор для деталей, работающих на изгиб; исключение видов нагружения, при которых возникают повышенные деформации; обоснованное увеличение моментов инерции сечений; применение рациональных форм сечений, фасонного проката, гнутых профилей; введение в конструкцию ребер жесткости; усиление мест заделки; применение материалов, обладающих повышенной жесткостью.

Для некоторых материалов, в частности, термопластических полимеров кристаллической группы (полипропилен, полиформальдегид, полиамиды) повышение жесткости отформованных деталей может быть достигнуто в результате их термообработки. Действенной мерой увеличения жесткости пластмасс является также их армирование и введение волокнистых наполнителей. Рекомендации по возможному увеличению жесткости конструкций представлены в табл. 2.

Комплексным показателем, характеризующим изделие в целом, является надежность. В соответствии с ГОСТ 13377—75 надежность определяется как вероятность безотказной работы изделия с заданными функциями при сохранении его эксплуатационных показателей в течение требуемого срока

2. Рекомендуемые варианты увеличения жесткости конструкций

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Уменьшение пролета между опорами
		Замена напряжений изгиба напряжениями растяжения и сжатия
		Уменьшение вылета консоли
		Ликвидация консоли
		Ликвидация консоли

службы. Надежность прежде всего зависит от конструктивных особенностей машины или механизма, правильности выбора технических решений. Повышению надежности способствуют упрощение конструкции, автоматическая смазка, защита от абразивного износа и вредных воздействий окружающей среды, применение более совершенных материалов.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВЕСА КОНСТРУКЦИИ

Наиболее действенными средствами снижения веса конструкций и уменьшения расхода материалов являются: рациональная компоновка изделия; выработка новых принципиальных решений по упрощению кинематики машин и других облегченных профилей, проката периодического профиля, сварных конструкций, легированных конструкционных сталей, специальных сплавов, пластмасс.

Снижению веса способствует также рациональный выбор сечения. Для сечений различной формы, имеющих одну и ту же площадь, значения прочности и жесткости различны. Например, для круглого сечения $d = 2$ см (рис. 1) с площадью $F = \pi d^2/4 = 3,14$ см² осевой момент сопротивления $W_x \approx 0,1d^3 = 0,8$ см³, момент инерции $I_x \approx 0,05d^4 = 0,8$ см⁴; полярный момент сопротивления $W_p \approx 0,2d^3 = 1,6$ см³, полярный момент инерции $I_p \approx 0,1d^4 = 1,6$ см⁴.

Для кольцевого сечения той же площади $F = 3,14$ см² при $a = \frac{d_1}{d} = 0,9$ зна-

чение $d = \sqrt{\frac{4F}{(1-a^2)\pi}} = 4,6$ см; $W_x \approx 0,1d^3(1-a^4) = 3,33$ см³; $I_x \approx 0,05d^4 \times (1-a^4) = 7,68$ см⁴; $W_p \approx 0,2d^3(1-a^4) = 6,66$ см³; $I_p \approx 0,1d^4(1-a^4) = 15,36$ см⁴. Значения I и W для второго сечения значительно больше, т. е.

прочность и жесткость его больше сплошного круглого. Но в случае применения кольцевого сечения увеличивается габаритный размер сечения, что не всегда возможно из конструктивных соображений.

При одинаковых значениях моментов сопротивления и моментов инерции можно подобрать сечения меньшего веса. Например, для круглого сплошного сечения при $W_x = 2,7$ см³ диаметр $d = \sqrt[3]{\frac{W_x}{0,1}} = 3$ см; площадь сечения $F = \frac{\pi d^2}{4} = 7,1$ см². Для кольцевого сечения при том же значении момента

сопротивления и $a = 0,9$ диаметр $d \approx \sqrt[3]{\frac{W_x}{0,1(1-a^4)}} = 4,3$ см; $F = \frac{\pi d^2}{4}(1-a^2) = 2,8$ см². В данном случае при одной и той же прочности вес снизился, но габаритный размер увеличился.

Из приведенных примеров видно, что вопрос снижения веса конструкции должен решаться в комплексе с другими вопросами, в том числе и с учетом компоновки деталей в изделии.

УЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

На всех этапах проектирования необходимо стремиться к созданию конструкций, требующих наименьших затрат при их производстве. Приступая к проектированию, конструктор должен помнить, что правильный выбор материала и изготовления, конструктивных форм и размеров деталей, шероховатости и точности обработки в значительной степени определяют экономичность изделия — трудозатраты при его изготовлении, стоимость и затраты на эксплуатацию. Например, если материал без ущерба для эксплуатационных качеств проектируемой конструкции может быть заменен другим, то выгода более дешевый материал, в результате чего снижаются суммарные затраты на изготовление изделия.

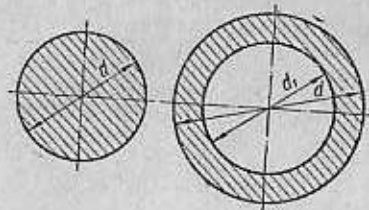


Рис. 1. Сечения одинаковой площади.

При проектировании изделий необходимо укладываться в пределы лимитной цены, указываемой заказчиком на основе анализа существующих ценников и прейскурантов.

Устанавливая размеры и форму деталей, конструктор должен думать о том, какими методами они могут быть изготовлены. От принятой формы и размеров деталей и заготовок часто зависит метод их обработки и, наоборот, технологические возможности могут предопределять ту или иную форму деталей. Выбор рационального метода обработки деталей определяется с учетом объема их выпуска и возможности применения наиболее прогрессивных и экономичных методов. Если объем выпуска изделия большой, то может быть оправдано применение более сложных деталей, несмотря на то, что подготовка их производства потребует более дорогих средств. В каждом конкретном случае нужен соответствующий технико-экономический расчет.

Одним из перспективных путей повышения экономичности конструкций является обоснованное и рациональное применение прогрессивных полимерных материалов, пластмасс. Экономический эффект от применения 1 пластмасс взамен металла в различных отраслях машиностроения и электротехнической промышленности составляет от 160 до 2260 р. (в среднем — 520 р.). Коэффициент использования материала при переработке пластмасс составляет 0,95...0,98, в случае применения металлов — 0,2...0,6 при механической обработке и 0,6...0,8 при литье. Поэтому там, где это возможно по условиям прочности, надежности и других эксплуатационных показателей, применение пластмасс является целесообразным с экономической точки зрения.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Все применяемые в технике металлы и сплавы можно разделить на две основные группы: черные и цветные.

К черным металлам и сплавам относятся материалы, основным составным компонентом которых является железо, т. е. сталь — сплав железа с углеродом в количестве не более 2% и чугун — сплав железа с углеродом в количестве более 2%.

К цветным металлам и сплавам относятся материалы, основным компонентом которых являются любые металлические элементы, кроме железа.

Сталь классифицируется по различным признакам: по назначению (конструкционная и инструментальная); по химическому составу (углеродистая, легированная и высоколегированная); по качеству (обыкновенного качества, качественная и высококачественная).

Условные обозначения основных марок конструкционных сталей, их механические и технологические характеристики и области применения приведены в табл. 3, примеры применения сталей для отливок — в табл. 4, сведения по инструментальным сталям — в табл. 5. Примерное назначение сталей указано с учетом соответствующей термообработки, описанной на с. 74 (там же приведены достигаемые в процессе термообработки значения твердости).

Принятые буквенные обозначения легирующих элементов в марках сталей и сплавов приведены ниже:

Название элемента	Обозначение
Марганец	Г
Кремний	О
Хром	Х
Никель	Н
Молибден	М
Медь	Д
Вольфрам	В
Титан	Т
Ванадий	Ф
Алюминий	Ю

Таблица 5. Примерное назначение сталей и сплавов в зависимости от их назначения

Марка	Механические свойства			Свариваемость	Технологические свойства	Обработка давлением	Примерное назначение
	σ _в , кгс/см ²	σ _т , кгс/см ²	δ, %				
Ст0	≥31	—	—	ВВ	РДС, АДС (под флюсом и в среде защитных газов), ЭШС и КТС	—	Неответственные и малонагруженные детали (паялки, угольники, тяги, шайбы, прокладки, рычаги, ступорные кольца)
Ст1 Ст2	31...43 33...45	—	19...23	—	То же, рекомендуется подогрев и последующая термообработка	—	Детали высокой вязкости, не подвергающиеся действию больших напряжений (крепежные детали, кронштейны, детали шапулов, заклепки)
Ст3 Ст4	38...50 41...54	22...25 23...26	—	—	—	—	Малответственные детали машин не подвергаемые термообработке (хомуты, болты, гайки, серьги, прокладки, а также детали, подвергаемые цинкованию, — валики, шестерни, толкатели, червяки)
Ст5	46...60	26...28	—	—	То же, кроме КТС	—	Умеренно нагруженные детали машин (валы, оси, детали строительных конструкций, оправки, штифты)
Ст6	≥60	30...34	Н	—	—	—	Детали машин повышенной твердости, подвергаемые термообработке (валы, оси, коленчатые валы, шпиндели, червяки, крупные локовки, шпонки)

Материал	Марка	Свойства			Обработка давлением	Примерное назначение	
		механические		технологические			
		σ_p , кгс/см ²	σ_T , кгс/мм ²	Свариваемость			Способ сварки
Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050—74)	08 10	33	20	ВВ	РДС, АДС (под флюсом и в среде защитных газов), КТС	Слитически умеренно нагруженные детали, не подвергаемые термообработке, и детали, подлежащие химико-термической обработке (тяги, вилки, прокладки, трубки, ушки, втулки)	
		34	21				
	15	38	23		Малонагруженные динамическими нагрузками детали, получаемые ковкой, горячей штамповкой, вытяжкой, сваркой, подвергаемые термической и химико-термической обработке (вилки, тяги, кулачковые валки, ключи, шайбы, пальцы, шпильки, болты)		
	20	42	25		Износостойчивые детали, подвергаемые химико-термической обработке и работающие при наличии ударных нагрузок (зубчатые колеса, кулачковые муфты, втулки, вкладыши, кондукторные втулки)		
	25	46	28	В	Детали, не испытывающие больших нагрузок, изготовляемые ковкой, подвергаемые термообработке (оси, валы, соединительные муфты, грузовые винты)		

Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71)	30	50	30	У	РДС, АДС (под флюсом и в среде защитных газов), ЭПКС (с подогревом и последующей термообработкой), КТС	Детали, не испытывающие больших нагрузок и подлежащие термообработке (траверсы, звездочки, оси, серьги, балки, диски, тяги, кондукторные плиты, прихваты, шпindelи)
	35	54	32			
	40	55	34	У		Умеренно нагруженные детали, подвергаемые термообработке (штоки, шлицевые валы, звездочки, бандажи, ободья зубчатых колес)
	45	61	36	У	РДС и КТС (с подогревом и последующей термообработкой)	Умеренно нагруженные детали высокой прочности и твердости, или детали, работающие на истирание (зубчатые колеса, упоры, рейки, ключи, муфты, шпильки, фрикционные диски)
	50	64	38	Н	КТС (с последующей термообработкой)	Детали высокой прочности, испытывающие средние нагрузки (плужоры, шпонки, ленточные пружины, холодные винты, тормозные ленты, эксцентрики, шестерни, зубчатые колеса)
	55	66	39			То же, а также детали, получаемые холодной штамповкой (прокатные валки, регулировочные прокладки, клананые пружины, шпindelи, оси)
	60	69	41			Детали, подвергаемые химико-термической обработке, от которых требуется высокая поверхностная твердость (сухари клапанов, рычаги, подвески)
	20Г	46	28	В		Детали, работающие на износ под действием повышенных нагрузок (фланцы, вилки переключения, кронштейны)
	30Г	55	32	ВВ	КТС	

Материал	Марка	Свойства				Обработка давлением	Примерное назначение	
		механические		технологические				
		σ _т , кгс/мм ² при рас- тяжении	к _{тс} σ _т , мм ²	Сва- ривае- мость	Способ сварки			
Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71)	50Г	66	40	Н	КТС	Н	Крупные детали высокой прочности и упругости, работающие на истирание (диски трения, валы, валки, ресоры, шестерни)	
		70	50	В		В		Износостойчивые детали, работающие при больших скоростях (шестерни, кулачковые муфты, сменные кондукторные втулки)
		80	65	ВВ	РДС, КТС	—		
	35Х	93	75	Н	РДС, ЭШС (с подогревом и последующей термообработкой)	У	Детали высокой прочности и вязкости, работающие при средних давлениях и небольших скоростях (валы, оси, колечные валы, шестерни, пальцы, шпиндели, ролики, втулки)	
		100	80					Детали высокой прочности, подтверждающиеся истиранию (шевронные шестерни, пальцы, редукторные валы, шестерни, пальцы, пружины)
	45Х	105	85			Н	Детали высокой прочности и повышенной износостойкости (звездочки, пальцы, траки)	
		110	90			У		
	35Г2	63	37			Н		
	45Г2	70	41			Н		

Материал	Марка	Свойства				Обработка давлением	Примерное назначение	
		механические		технологические				
		σ _т , кгс/мм ² при рас- тяжении	к _{тс} σ _т , мм ²	Сва- ривае- мость	Способ сварки			
Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71)	30ХГТ	100	90	ВВ	РДС, КТС	—	Детали, работающие при больших скоростях и средних давлениях при наличии ударных нагрузок (шестерни, шатуны, ходовые винты, пальцы, валы)	
		130	130					Детали высокой прочности и вязкости, работающие при повышенной температуре, для сварных конструкций (роторы и диски турбин, валы, оси, крепежные детали)
	30ХМ	95	75	У	РДС, АДС (под флюсом и в среде защитных газов), АрДС (рекомендуется подогрев и последующая термообработка)	У	Мелкие и средние детали высокой прочности и повышенной пластичности, работающие при высоких удельных давлениях и ударных нагрузках (шестерни, кулачковые муфты, червяки)	
		95	75					
	40ХН	100	80		РДС, АДС (под флюсом), ЭШС (с подогревом и последующей термообработкой)	Н	Детали повышенной прочности (валки, рычаги, оси, шестерни, ролики, муфты)	
		110	90	Н		У		
	50ХН	110	90	ВВ	РДС, АДС (под флюсом)	У		
	12ХН3А	95	70					
		80	65					
		110	85	У	РДС, АДС (под флюсом), АрДС, ЭШС, КТС	У		
	35ХГСА	165	130			Н		

Материал	Марка	Свойства				Обработка давлением	Примерное назначение
		механические		технологические			
		в кгс/см ² при растяжении	кгс/см ²	Свариваемость	Способ сварки		
Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71)	15ХФ	75	55	—	РДС (с подогревом и последующей термообработкой), КТС (с последующей термообработкой)	У	Детали, подвергаемые термической и химико-термической обработке (шестерни, распределительные валы, поршневые пальцы)
	40ХФА	90	75	Н			Детали ответственного назначения, подвергаемые термообработке (валы, шестерни, оси, втулки, траверсы)
	38ХГН	80	70	Н	РДС (с подогревом и последующей термообработкой)	Н	Детали ответственного назначения (валы, оси, крепежные детали)
	38ХЮ	90	75		—	—	Детали с высокой поверхностной твердостью и износостойкостью (высоконагруженные червяки, копии, эксцентрики, кулачки, втулки, матрицы и пуансоны сложных форм)
	38ХМЮА	85	100	HeC			

Материал	Марка	Свойства				Обработка давлением	Примерное назначение
		механические		технологические			
		в кгс/см ² при растяжении	кгс/см ²	Свариваемость	Способ сварки		
Сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости (ГОСТ 1414—75)	А12	42	—	HeC	У	Детали с высокой износостойкостью и твердостью (копиры, ролики, шарики, стержневые пружины вибробункеров, собачки храповых механизмов)	
	А20	46	—		Н		
Сталь высоколегированная (ГОСТ 5632—72)	20Х13	66	45		У	Мелкие и средние малонагруженные детали, к которым предъявляются требования низкой шероховатости поверхности и высокой износостойкости (винты, гайки, оси, кольца, шаровые опоры)	
	12Х13	60	42				
	40Х13	—	—				
12Х18Н9	50	20				Детали повышенной пластичности, подвергаемые ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, изделия домашнего обихода)	
	17Х18Н9	58	22				
						Детали повышенной твердости (режущий и мерительный инструмент, пружины, карбюраторные иглы)	
						Холоднокатаные листы и ленты повышенной прочности (детали и конструкции, изготавливаемые при помощи сварки)	

Материал	Марка	Свойства				Примерное назначение
		механические		технологические		
		σ_p , кгс/мм ² при растяжении	σ_T , кгс/мм ²	Свариваемость	Способ сварки	
Сталь рессорно-пружинная (ГОСТ 1459—69)	65	100	80	—	Н	Детали высокой прочности и упругости (рессоры, пружинные кольца, эксцентрики)
	70	105	85	У		
	65Г	100	80	HeC	—	Детали высокой упругости (пружины) Крупные детали высокой прочности, работающие при знакопеременных нагрузках (фрикционные диски, тормозные диски, пружины, цанги)
	50ХФА	130	110	—		
	60С2ХА	130	160	—		

Примечания: 1. Принятые обозначения свойств: HeC — не сваривается; Н — низкая; У — удовлетворительная; В — высокая; BV — весьма высокая. Для способов сварки введены следующие обозначения: PDC — ручная дуговая сварка; ADC — автоматическая дуговая сварка; ЭШС — электрошлаковая сварка; КТС — контактная сварка; АрДС — аргодуговая сварка; ТС — точечная сварка.

2. Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества указаны для группы А в горячекатаном состоянии после нормализации, а свариваемость и способ сварки для групп В и В.

4. Примерное назначение стальных отливок (ГОСТ 977—75)

Сталь		Примерное назначение	
Название	Марка		
Нелегированная: малоуглеродистая	15Л 25Л	Детали железнодорожных вагонов, корпуса и детали электродвигателей постоянного тока Детали железнодорожных вагонов, грузовых автомобилей, станков, прокатных станов, строительных машин; шестерни, задвижки Гибочные, вырубные, отделочные штампы; детали, работающие в условиях абразивного износа	
	среднеуглеродистая		30Л 35Л 45Л
	высокоуглеродистая		50Л 55Л
Легированная: низколегированная	20ГЛ 30ГСЛ 45ФЛ 32ХО6Л 30ХНМЛ 13ХНДФТЛ		
	высоколегированная		20Х13Л 110Г13Л 10Х18Н4Г4Л
			Детали элеваторов, транспортеров, сельскохозяйственных машин, автомобилей; инструментарий для обработки давлением
		Детали с особыми свойствами (жаростойкие, коррозионностойкие, окалиностойкие)	

5. Технологические свойства и примерное назначение инструментальных сталей

Материал	Марка	Прокаливаемость	Примерное назначение
Сталь углеродистая инструментальная (ГОСТ 1435—74)	У7	Низкая	Детали, обладающие большой вязкостью и умеренной твердостью, хорошей сопротивляемостью ударам (кузнечные штампы, обжимки, пальцы установочные, центры токарные)
	У7А		
	У8		
	У8А		
	У10		
	У10А	Хорошая	Детали, не подвергающиеся сильным ударам (штампы, вставки матриц, втулки, пуансоны, накатные ролики, калибры)
	У12		
	У12А		
	У13А		

Материал	Марка	Прокаливаемость	Примерное назначение
Сталь легированная инструментальная (ГОСТ 5950—73)	X	Повышенная	Детали высокой твердости (гладкие калибры, кулачки, эксцентрики высокой твердости)
	XBG		Детали, обладающие очень малой деформируемостью при закалке (эталонные шестерни, измерительный инструмент, матрицы и пуансоны с тонкими выступами)
	9XBG		
	9XC	Детали, обладающие повышенной износостойкостью в условиях, не вызывающих значительного разогрева (клейма для холодных работ, плашки, фрезы, метчики)	

Примечание. Указанные в таблице инструментальные стали характеризуются низкими свариваемостью и пластичностью.

В марках углеродистой стали обыкновенного качества буквы «Ст» и цифры от 1 до 6 указывают условный номер марки в зависимости от химического состава и механических свойств. Строчные буквы, добавленные в конце марки, обозначают степень раскисления металла: кл — кипящая сталь (например, Ст3кл), пс — полуспокойная (например, БСт1пс), сп — спокойная (например, Ст2сп). Буква Г после марки стали указывает на повышенное содержание марганца (например, Ст3Г). Буквы Б или В перед буквами Ст определяют группу стали по назначению. Отсутствие этих букв указывает на то, что сталь относится к группе А.

Для углеродистой конструкционной стали цифры от 05 до 85 показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Строчные буквы, добавленные после обозначения, указывают степень раскисления металла: если сталь кипящая — после цифры ставятся буквы кл (08кл), полуспокойная — пс (20пс), спокойная — без индекса. Буква Г после цифры свидетельствует о наличии марганца (15Г).

Для легированной конструкционной стали первое двузначное число показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буква справа от этих чисел — входящие в состав стали легирующие элементы. Цифра, стоящая после буквы, показывает примерное его содержание в целых процентах (например, 35Г2, 30Х2, ГН2). Если содержание легирующего элемента менее 1%, цифра отсутствует (например, 50Х, 15Х). Буква А в конце марки указывает на повышенное качество стали (например, 20ХН3А, Н3А). Для высоколегированной и рессорно-пружинной стали обозначение аналогично.

В марках шарикоподшипниковой стали есть буква Ш, показывающая, что сталь относится к этому классу. Буква Х и цифра после нее показывают среднее содержание хрома в десятых долях процента (например, ШХ15).

Для конструкционной стали повышенной и высокой обрабатываемости буква А обозначает принадлежность стали к данной группе. Цифры показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента (например, А12), а буква Г после цифр — наличие марганца (например, А40Г).

В марках углеродистой инструментальной стали буква У и цифры показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента (например, У7, У8).

В конце марок высококачественной углеродистой инструментальной стали ставится буква А (например, У8А).

Для легированной инструментальной стали цифра слева от букв показывает среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его в стали меньше 1% (например, 9Х, 4ХС, 5ХГН). Если количество углерода больше 1%, то оно не указывается (например, Ф, Х, ХВГ). Цифры после букв, обозначающих легирующий элемент, показывают примерное его содержание в целых процентах (например, Х12, ХВ5, 8Х3).

В процессе проектирования при выборе материала для конструкции необходимо учитывать его физико-механические и технологические свойства, которые часто, особенно у легированных сталей, определяются химическим составом. Зная влияние легирующих элементов (табл. 6), можно более обоснованно выбрать марку стали, соответствующую эксплуатационным и технологическим требованиям.

6. Влияние легирующих элементов на свойства стали

Элемент	Склонность к наугреву	Прокаливаемость	Температура нагрева при термобработке	Пластичность	Твердость при нормальной температуре	Прочность при температуре		Сопротивление окислению при повышенной температуре
						нормальной	повышенной	
Алюминий		МВ	3Ув	Ув (при низких содержаниях)			Ув	Ув
Ванадий	3Ум	3Ув		Ув	Ув	МВ	МВ	
Вольфрам	Ум	Ув	Ув			Ув	3Ув	МВ
Кобальт		Ум	МВ	Ум	3Ув	МВ		НУв
Кремний			Ув				НУв	Ув
Марганец	НУв	3Ув	Ув		3Ув			
Медь		НУв	НУв	Ув (при содержании до 0,5%) Ум (при содержании более 0,5%)	Ув		МВ	
Молибден	МВ	3Ув	Ув	Ув (при содержании до 0,6%)	МВ	Ув	Ув	МВ

Продолжение табл. 6

Элемент	Склонность к нагреву	Прокаливаемость	Температура нагрева при термообработке	Пластичность	Твердость при нормальной температуре	Прочность при температуре		Сопротивление окислению при повышенной температуре
						нормальной	повышенной	
Никель		Ув	Ум	Ув	Ув			НУв
Ниобий		Ум	Ув	НУв				
Титан	Ум	ЗУв (при малом содержании); Ум (при большом содержании)	ЗУв		МВ	МВ	НУв	
Хром	НУм	ЗУв	Ув	Ум (при содержании более 15%)	Ув	Ув	Ув	

Примечания: 1. Влияние легирующих элементов на температуру нагрева при термообработке указано для отжига, нормализации и закалки.
2. Принятые условные обозначения: ЗУм — значительно уменьшает; Ум — уменьшает; НУм — незначительно уменьшает; МВ — мало влияет; НУв — незначительно увеличивает; Ув — увеличивает; ЗУв — значительно увеличивает.

Чугун. Благодаря хорошим технологическим свойствам (литейным, обрабатываемости резанием) и относительно невысокой стоимости чугун является наиболее распространенным материалом для изготовления отливок. Недостаток чугунов — низкая свариваемость. По структуре, в зависимости от вида входящего в чугун углерода (цементит или графит), чугуны делятся на белые и серые. Белый чугун из-за плохих технологических свойств применяется только для получения ковкого чугуна.

В конструкциях применяются следующие виды чугуна: серый, ковкий, высокопрочный с шаровидным графитом и легированный. Легированные чугуны, в свою очередь, делятся на антифрикционные (ГОСТ 1585—70), жаростойкие и коррозионностойкие (ГОСТ 7769—75). Свойства чугуна определяются структурой основной металлической массы, формой, количеством и расположением графитных включений.

Условные обозначения наиболее широко применяемых чугунов, их механические характеристики и области применения приведены в табл. 7.

Серый чугун обозначается буквами СЧ. Первое двузначное число обозначает предел прочности при растяжении, кгс/мм², а второе — предел прочности при изгибе, кгс/мм² (например, СЧ 12—28).

Ковкий чугун обозначается буквами КЧ. Первое двузначное число обозначает предел прочности при растяжении, кгс/мм², а второе — относительное удлинение, % (например, КЧ 30—6).

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом обозначается бувами ВЧ. Первое двузначное число обозначает предел прочности при растяжении, кгс/мм², второе — ударную вязкость, кгс/мм² (например, ВЧ 50—2).

Цветные металлы и сплавы, антифрикционные материалы. Основные сведения о цветных металлах и сплавах и области их применения приведены в табл. 8, данные по антифрикционным материалам — в табл. 9.

7. Механические свойства и примерное назначение чугунов

Чугун	Марка	Пределы прочности			Твердость НВ	Примерное назначение
		при растяжении σ _р , кгс/мм ²	при изгибе σ _и , кгс/мм ²	при растяжении при нагреве σ _н , кгс/мм ²		
Серый (ГОСТ 1412—70)	СЧ 00	—	—	—	—	Неответственное литье без оговоренных требуемых механических свойств (плиты, грузы, стойки, небольшие шпильки и маховики, фланцы) Умеренно нагруженные, работающие без трения детали, к которым предъявляется главным образом требование легкости, а не прочности (плиты, крышки, планшайбы, корпуса, шкивы, стойки) Умеренно нагруженные детали, работающие при удельном давлении между трущимися поверхностями 5 кгс/см ² (поршневые кольца, салазки, шкивы, корпуса, основания) Умеренно нагруженные детали, работающие на износ, и отливки больших габаритных размеров (штулки подшипников тихоходных передач, корпуса пневмоцилиндров, зубчатые колеса, шкивы) Высоконагруженные детали, работающие на износ в узлах высокой герметичности (гидроцилиндры, гильзы, корпуса, головки цилиндров) Ответственные высоконагруженные детали, работающие на износ, а также детали с толщиной стенки 20—60 мм (тяжелонагруженные зубчатые колеса, кокильные формы, станины, отливки сложной конфигурации)
	СЧ 12—28	12	28	143...229		
	СЧ 15—32	15	32	163...229		
	СЧ 18—36	18	36	170...229		
	СЧ 21—40	21	40	170...241		
	СЧ 24—44	24	44	170...241		
	СЧ 28—48	28	48			

Чугун	Марка	Пределы прочности		Твердость НВ	Примерное назначение
		при растяжении $\sigma_{\text{р}}$, кгс/мм ²	при изгибе $\sigma_{\text{н}}$, кгс/мм ²		
Серый (ГОСТ 1412—70)	СЧ 32—52	32	52	187...255	Ответственные отливки с толщиной стенок 20—100 мм, работающие при больших нагрузках (коленчатые валы, зубчатые колеса, крышки цилиндров)
	СЧ 36—56	36	56	197...269	
	СЧ 40—60	40	60	207...269	
	СЧ 44—64	44	64	229...289	
	КЧ 30—6	30			
Ковкий (ГОСТ 1215—59)	КЧ 33—8	33	60...110	163	Детали, работающие при низких статических и динамических нагрузках (хомутки, клапаны, муфты, пальцы, гайки, звенья цепей)
	КЧ 35—10	35			
	КЧ 37—12	37			
	КЧ 45—6	45	60...110		

Высокопрочный с шаровидным графитом (ГОСТ 7293—70)	Марка	Пределы прочности		Твердость НВ	Примерное назначение
		при растяжении $\sigma_{\text{р}}$, кгс/мм ²	при изгибе $\sigma_{\text{н}}$, кгс/мм ²		
Детали, работающие при высоких статических и динамических нагрузках в тяжелых условиях износа (коленчатые валы, ступицы, муфты, пальцы, дифференциалы, вилки, ролики цепей)	ВЧ 50—4	50		241	Детали, работающие при высоких статических и динамических нагрузках в тяжелых условиях износа (коленчатые валы, ступицы, муфты, пальцы, дифференциалы, вилки, ролики цепей)
	ВЧ 56—4	56		269	
	ВЧ 60—3	60			
	ВЧ 63—2	63			
	ВЧ 50—2	50	90	180...260	
	ВЧ 60—2	60	110	200...280	
	ВЧ 45—5	45	33	160...220	
	ВЧ 38—17	38	24	140...170	

8. Механические, технологические свойства и примерное назначение цветных металлов и сплавов

Материал	Марка	Механические свойства		Технологические свойства*			Примерное назначение
		$\sigma_{\text{в}}$, кгс/см ²	Твердость НВ	Обрабатываемость резанием	Обрабатываемость давлением	Свариваемость	
Алюминиевые сплавы: литейные (ГОСТ 2685—75) **	АЛ2	15	50	Н	В	—	Ответственные отливки и детали, к которым предъявляются требования высокой коррозионной стойкости (планшайбы, шкивы, корпуса пневмоцилиндров)

* Условные обозначения технологических свойств см. в табл. 3.
 ** Механические свойства указаны для закаленного и искусственно состаренного сплава.

Материал	Марка	Механические свойства		Технологические свойства*			Примерное назначение
		σ _в , кгс/см ²	Твердость НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Обрабатываемость давлением	
деформируемые (ГОСТ 4784—74)	АЛ4	20	70	Н	В	—	Крупные отливки, на которые действуют ударные нагрузки, и детали, к которым предъявляются требования высокой коррозионной стойкости (корпуса, блоки цилиндров)
	АЛ9	20	50	У			
	АЛ21	18	65	В			Детали сложной конфигурации, а также детали, к которым предъявляются требования герметичности, повышенной коррозионной стойкости или хорошей свариваемости
	АЛ13	17	55		У		Детали, обладающие антифрикционными свойствами (втулки подшипников при сопряжении с термически обработанными валами)
	АМц	13	30	Н	В	ВВ	Умеренно нагруженные детали, работающие в контакте с химически активными средами, т. е. обладающие высокой коррозионной стойкостью
Магнeвые сплавы: литейные (ГОСТ 2856—68) **	АМг2 АМг3	17 19	45 —				Сварные и средненагруженные детали, а также детали, обладающие высокой коррозионной стойкостью в отожженном состоянии
	В95 **	53	150	В	Н	В	
	Д1 ** Д1П **	41	115	У	У	У	Силловые элементы конструкций и высоконагруженные детали
	АК6 **	42	105			В	Высоконагруженные детали, работающие при комнатной температуре, характеризующиеся невысоким сопротивлением коррозии, средней пластичностью и деформируемостью в холодном состоянии (штампованные узлы креплений, заклепки, фланцы)
	АК8 **	48	135	В	В	У	Кованые и штампованные детали сложной формы, обладающие высокой пластичностью в горячем состоянии
	МЛ3	16	45	ВВ	У	—	Высоконагруженные штампованные детали конструкций, для которых допустима пониженная пластичность в горячем состоянии
	МЛ4	16	50	У	У	—	Детали простой конфигурации и повышенной герметичности
							Детали, подвергаемые средним статическим и динамическим нагрузкам, а также детали, к которым предъявляются требования коррозионной стойкости

* Условные обозначения технологических свойств см. в табл. 3.

** Механические свойства указаны для закаленного и искусственно состаренного сплава.

Материал	Марка	Механические свойства		Технологические свойства *			Примерное назначение
		$\sigma_{\text{в}}$, кгс/см ²	Твердость НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Обрабатываемость давлением	
деформируемые (ГОСТ 14957—76)**	МЛ5	15	50	ВВ	У	—	Высоконагруженные детали сложной конфигурации, к которым не предъявляются требования высокой коррозионной стойкости (корпуса приборов и аппаратуры) Малонагруженные сварные детали несложной конфигурации, в том числе детали, изготовленные методом деформирования Умеренно нагруженные, кованные и штампованные детали сложной конфигурации, сварные конструкции Высоконагруженные кованные детали Детали, нагревающиеся в процессе эксплуатации Высоконагруженные детали
	МА1	20	45				
	МА2	27	55	ВВ	В	В	
	МА5	32	65			Н	
	МА11	23	—	—	Н	У	
	МА14	33	—	—		В	
	ЦАМ4—1	30	90	В			
ЦАМЧ	25	75			—	Литые детали средней прочности с устойчивыми размерами	
Цинковые сплавы: для литья под давлением (ГОСТ 19424—74)							

антифрикционные
(ГОСТ 21437—75)

Медные сплавы: латуни деформируемые (ГОСТ 15527—70)***	ЦАМ10—5	40	110				У	Моно- и биметаллические детали в конструкциях подшипников скольжения (вкладыши, втулки)
	ЦАМ9—1,5	80	90					
Латунные (ГОСТ 17711—72)***	Л63	40	60	У	—	В	Прокат (листы, ленты, полосы, трубки, прутки, фольга, проволока) Детали, изготовляемые штамповкой, листы, полосы, ленты Полосы и ленты специального назначения, детали химической аппаратуры Обрабатываемые давлением детали морских судов и самолетов, вкладыши подшипников Детали простой конфигурации, а также детали машин, обрабатываемые давлением (гайки, болты, арматура) Детали, изготовляемые путем механической обработки	
	Л68	32	55			ВВ		
	Л70							
	ЛЖМц 59-1-1	45	88					
	ЛМц 58-2	40	85	Н	—	—		
	ЛС59-1		90	ВВ	—	В		
	ЛЖС58-1-1		—					
ЛК80—3Л	30	60	У			Коррозионностойкие детали машин		

* Условные обозначения технологических свойств см. в табл. 3.

** Механические свойства указаны для закаленного и искусственно состаренного пруткового материала.

*** То же, для мягкого сплава.

Материал	Марка	Механические свойства		Технологические свойства*			Примерное назначение	
		$\sigma_{\text{в}}$, кгс/см ²	Твердость НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Обрабатываемость давлением		
Латуни литейные (ГОСТ 17711—72)	ЛАЗЖЦ 66—6—3—2	65	160	У	—	—	Высоконагруженные детали (гайки нажимных винтов, работающих в тяжелых условиях, массивные червячные винты) Коррозионностойкие детали Арматура, втулки, подшипники Фасонное литье, втулки, сепараторы Зубчатые колеса Несложные по конфигурации детали ответственного назначения, работающие при температуре до 300°С Детали арматуры и детали, работающие в морской среде Детали, работающие на износ (втулки и вкладыши подшипников, работающие в сопряжении с термически обработанными валами при средних скоростях; червячные колеса в сопряжении с термически обработанными червяками; трущиеся детали насосов, фрикционные диски, упорные кольца) Упругие элементы, работающие при повышенной температуре (пружины, клеммы) Детали, работающие на износ при больших нагрузках и высоких скоростях (втулки и вкладыши подшипников, работающие в сопряжении с термически обработанными валами) Детали, работающие на износ (подшипники шпинделей, венцы червячных колес в сопряжении с незакаленным червяком) То же, втулки подшипников, гайки ходовых винтов	
	ЛА67—2,5	35	90	—	—	—		
	ЛАЗЖ 60—1—1Л	40	90	—	—	—		
	ЛС59—1Л	—	85	ВВ	—	—		
	ЛМЦОС 58—2—2—2	30	95	—	—	—		
	ЛМЦЖ 55—3—1	50	110	У	—	—		
	ЛК80—3Л	35	100	—	—	—		
	БрАЖ9—4	40	100	Н	В	—		
	» (ГОСТ 493—54)	БрБ2**	50 75	140 350	—	—		В
		БрС80	6	25	В	—		—
» (ГОСТ 613—65)	БрОЦС 5—5—5	18	60	ВВ	Н	—		
	БрОЦС 4—4—17	15	—	—	—	—		

9. Свойства и области применения антифрикционных материалов

Материал	Марка	Допускаемое удельное давление [р], кгс/см ²	Допускаемая скорость скольжения [v], м/с	[рv]	Область применения
Бронза (ГОСТ 613—65)	БрОЦС5—5—5	80	3	120	Подшипники редукторов, работающие при спокойных нагрузках и нормальных температурах То же
	БрОЦС6—6—3	50	3	100	

* Условные обозначения технологических свойств см. в табл. 3.

** Механические свойства указаны в числителе для мягкого сплава, в знаменателе — для твердого.

Материал	Марка	Допускаемое удельное давление [р], кгс/см ²	Допускаемая скорость скольжения [с], м/с	[р]	Область применения
Бронза (ГОСТ 613—65)	БрОЦС4—4—17	100	4	120	Подшипники быстроходных редукторов, работающие при спокойных нагрузках и нормальных температурах
Бронза (ГОСТ 493—54)	БрАЖ9—4	150	4	120	Подшипники, работающие при ударных нагрузках и температуре до 300°С
	БрАЖМц10—3—1,5	200	5	120	То же
Заменили баббитов (ГОСТ 21437—75)	Б83 Б88	200 150	60 50	150 750	Подшипники моторов и редукторов всех мощностей, несущие большую нагрузку и работающие при больших скоростях скольжения
	Б16	100	30	300	Подшипники, работающие без резких изменений нагрузки
	БС6	150	—	—	Подшипники, работающие при умеренной нагрузке
	БН	100, 76	30	300, 200	Подшипники, работающие с переменной и ударной нагрузкой
Заменили баббитов (ГОСТ 21437—75)	ЦАМ 10—5, ЦАМ 9—1,5	120	10	120	Подшипники машин, работающие с умеренной нагрузкой без резких ударов
Чугун (ГОСТ 1585—70)	АСЧ-1 АСЧ-2	25 90	5 0,2	100 90	Неответственные подшипники, работающие при малых скоростях и удельных давлениях
Железобитумные металлокерамические материалы (не стандартизованы)	—	100 100 100	4 4 4	6 6...25 25...100	Подшипники, работающие при средних скоростях и нагрузках

Полимеры — это высокомолекулярные соединения, содержащие многократно повторяющиеся структурные элементарные звенья, соединенные силами химической связи. Под часто применяемым термином «пластические массы» (пластмассы, пластики) подразумевают материалы на основе высокомолекулярных органических веществ, которые на известных этапах переработки становятся пластичными, в результате чего из них можно отформовать изделие.

Если для получения пластмассы с определенным сочетанием свойств в качестве исходного продукта подбирают не один полимер, а два или более, то такой процесс получения пластмассы называется сополимеризацией, а конечный продукт — сополимером.

По характеру изменения свойств при нагревании полимеры делятся на термопласты (термопластические материалы) и реактопласты (термореактивные материалы). Термопласты при многократном нагревании и охлаждении сохраняют способность размягчаться, плавиться, вновь затвердевать и не теряют растворимости. Реактопласты при нагревании необратимо переходят в неплавкое и нерастворимое состояние. Термопластичные материалы (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиформальдегид, полиамиды, поликарбонат и др.) перерабатываются в изделия методами литья под давлением, вакуумного и пневмоформования, экструзии, сваривания. Термореактивные материалы (фенопласты, аминопласты, стекловолкниты и др.) перерабатываются в изделия в основном путем прессования, некоторые из них — также и методом литья под давлением.

В состав пластмасс, кроме полимера, обычно входят наполнители, пластификаторы, красители и пигменты, стабилизаторы, смазывающие вещества и другие добавки, влияющие на физико-механические и технологические свойства материала.

Пластичность и прочность пластмассовых деталей существенно зависят от времени и температуры эксплуатации. При постоянной температуре с увеличением напряжения время до разрушения материала уменьшается (или, наоборот, при возрастании времени эксплуатации образец полимерного материала разрушается при меньшем напряжении). При постоянном напряжении с увеличением температуры эксплуатации время до разрушения материала уменьшается.

Анализ основных свойств пластмасс как конструкционных материалов показывает, что по многим показателям они превосходят металлы, дерево и другие конструкционные материалы. Пластмассы могут быть жесткими и эластичными, плотными и газонаполненными. Плотность пластмасс колеблется от 0,02...0,1 г/см³ у пено- и поропластов до 0,9...2,2 г/см³ у полипропилена и фторопластов. В среднем пластмассы в 5—7 раз легче стали, меди и в 2 раза легче алюминия.

Большинство пластмасс значительно превосходит сталь и ряд других металлов по устойчивости к атмосферной коррозии и к воздействию различных кислот, щелочей, солей, растворителей.

Из многообразия пластмасс можно выделить ряд материалов (капрон, фторопласт, текстолит, древесностружечные пластики и др.), обладающих низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью. Такие материалы применяют для подшипников как с применением смазки, так и без нее. Например, износостойкость капрона в 10...20 раз выше, чем износостойкость бронзы и баббита при использовании смазки.

Некоторые пластмассы (например, асбестотекстолит) обладают высоким коэффициентом трения и могут применяться в тормозных устройствах.

Благодаря исключительно высокому диэлектрическим свойствам многие пластмассы широко применяются в электрических и радиотехнических приборах, в высокочастотных устройствах.

Поликарбонат, полиметилметакрилат, полистирол и некоторые другие полимеры прозрачны, бесцветны и способны пропускать световые лучи

в широком диапазоне волн, в том числе ультрафиолетовые. Этим они выгодно отличаются от силикатных стекол. Так, органическое стекло полиметилакрилат пропускает около 73% ультрафиолетовых лучей, а обычное, силикатное — только 1...3%. Достоинством многих органических стекол является также высокая прочность. Все это обусловило широкое применение их в оптической промышленности.

Изделия из пластмасс могут иметь различную поверхность: твердую и мягкую, блестящую и матовую, гладкую и фактурированную, в зависимости от вида материала и характера обработки поверхности формы.

Наряду с перечисленными достоинствами пластмасс, а также наряду с доступностью сырья для их производства и простотой переработки, необходимо помнить и о недостатках полимерных материалов: низкой теплостойкости, низкой твердости, недостаточно высокой прочности (для многих пластмасс), а также ползучести и старении.

Наиболее устойчивыми к ползучести как при нормальных, так и при повышенных температурах являются реактопласты, а также полиформальдегид и его сополимеры. Хорошо противостоят ползучести поликарбонат,

10. Свойства

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, г/см ³	Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	Относительное удлинение при разрыве, %	Предел прочности, кгс/см ² , при		
						статическом изгибе	сжатии	
Полиэтилен низкой плотности	ГОСТ 16337-77	Всех марок	0,913...0,9290	95...140	100...600	120...170	—	
	ГОСТ 16338-77	То же	0,949...0,955	110...250	200...800	200...380	500	
Полиэтилен высокой плотности	ТУ-05-1105-73	>>	0,90...0,91	250...400	200...800	500...800	700	
								Полипропилен
Полистирол ударопрочный Пластики акрилонитрилбутадиенстирольные	ОСТ 6-05-1105-406-75 ТУ 6-05-1587-74	>>	1,06	200...250	12...30	350...450	500	
			АБС-09031, АБС-11063	1,03	350	25	675...750	—
			АБС-1308	1,04	450	15	—	—
			АБС-1530	1,4	320	18	—	—
			АБС-2020	1,04	300...350	20	400...500	—
			АБС-0804Т, АБС-1002Т	1,05	350...400	20	800...1000	—
Винипласт листовой	ГОСТ 9639-71	Всех марок	1,38	500...550	10...15	900...1200	850	
Сополимеры формальдегида Смола поликарбонатная (дифлон) Полиамид	ТУ 6-05-1543-72 ТУ 6-05-1668-74 ГОСТ 10589-73	СФД, СТД Всех марок	1,39...	550...600	15...20	1000...1100	1050...1150	
			1,42	600	—	770...1200	800...1000	
			1,2	560...700	20...100	770...1200	800...1000	
			1,1	500...600	100...150	450	700...900	
Смола капроновая первичная	ОСТ 6-06-14-70	Всех марок	1,13	600...700	20...40	900...1000	850 1000	

* Данные указаны для испытаний при растяжении.

АБС-пластики. Сопротивление пластмасс ползучести повышается при армировании их неорганическими материалами (стеклотканью, стекловолокном). При проектировании изделий из пластмасс, особенно изделий, подверженных атмосферным воздействиям, фактор старения необходимо учитывать. Резко снижаются физико-механические свойства в результате старения у таких пластмасс, как, например, ударопрочный полистирол, винипласт, полипропилен. Процесс старения пластмасс замедляется (но не устраняется) при введении в пластмассу светостабилизаторов (например, сажи). Из всех полимерных материалов наиболее стойкими к старению являются композиции на основе фенопластов и некоторых других реактопластов, а также полиформальдегид и его сополимеры, поликарбонат.

В табл. 10 и 11 представлены основные свойства пластмасс, наиболее широко применяемых в различных отраслях промышленности. Значения показателей для каждой марки полимерного материала приведены в соответствующих ГОСТ и технических условиях. Специальные свойства пластмасс приведены в табл. 12, 13, 14.

термопластов

Удельная ударная вязкость, кгс·см/см ² , образцов	Модуль упругости при изгибе, кгс/см ²	Твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	Теплостойкость, +°С	Температура хрупкости (морозостойкость), —°С	Коэффициент теплопроводности, ккал/(ч·м·°С)	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ⁶ Гц	Усадка при литье, %
Не бьется	Не бьется	1500...2500	1,7...2,3	80...90 (по Вика)	4,5...120	0,22...0,28	1·10 ¹⁶ ...1·10 ¹⁷	2,2...2,3
То же	То же	6500...8500	4,9...5,5	120...125 (по Вика)	0,28...0,36	10 ¹⁶ ...10 ¹⁷	2,3...2,4	1...3,5
Более 30	4...6	6700...11 900	4...7	85...100 (по Вика)	5-10	0,12...0,18	10 ¹⁶ ...10 ¹⁷	2,2
30...50	3...11	20 000...25 000	10...13	75...95 (по Вика)	40	0,08...0,12	10 ¹⁶	2,6...2,8
75...90	11	—	—	—	40	—	5·10 ¹⁶	2,8...3,0
—	13	20 000	11,2	—	40	—	—	2,9
—	15	—	9,6	61 (по Мартенсу)	40	—	—	0,8
—	15...20	15 000	15,6	70 (по Мартенсу)	40	—	—	0,8
—	—	—	—	76 (по Мартенсу)	40	—	4·10 ¹⁴	2,9
80...100	—	23 000...24 000	10,7...11,6	95...100 (по Мартенсу)	60	—	1·10 ¹⁶	2,9
50...100	—	До 40 000*	13...16	70...85 (по Вика)	10	0,13...0,14	10 ¹⁴ ...10 ¹⁶	3
80	5...6	22 000...25 000	10...11	150...155 (по Вика)	60	—	2·10 ¹⁴	3,7
120...140	—	22 000...24 000*	15...16	150...160 (по Вика)	100	0,17	2,1·10 ¹⁶	3,0
100	5	15 000...17 000	10...15	200...220 (по Вика)	50	0,2...0,22	4·10 ¹⁴	3,4...4,0
100...130	4,9...8,0	7000...10 000	10...12	200 (по Вика)	50	0,2...0,3	5·10 ¹⁴ ...1·10 ¹⁵	3,6...4,0

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, г/см ³	Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	Относительное удлинение при разрыве, %	Предел прочности, кгс/см ² , при	
						статическом изгибе	сжатии
Полнакиды стеклонеподвижные Сополимеры полнакида литьевые	ГОСТ 17648-72	П168С-30	1,28...1,30	1000...1100	Не более 8	1600...1750	Не менее 25
	ГОСТ 19459-74	АК-93/7	1,14	600...700	80...100	—	—
		АК-85/15, АК-80/20	1,13	600...700	200...300	—	—
Фторопласт-4	ГОСТ 10007-72		2,19...2,20	210...240	350	110...140	—
Фторопласт модифицированный в блоке	ТУ 6-05-1447-71	Ф4МБ	2,14...2,16	220...280	280...400	200...300	—

11. Свойства

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, г/см ³	Предел прочности, кгс/см ² , при		
				растяжении	статическом изгибе	сжатии
Фенопласты	ГОСТ 5669-73	03-010-02	1,40	300...450	700	1200...1600
		У2-301-07 (волокнит)	1,45	300...600	800	1200
		Ж2-010-60	1,75	300...400	500	—
Материал прессовочный АГ-4	ГОСТ 20437-75	В	1,7...1,9	800	1500	1300
		С	1,7...1,9	5500	4500	2000
Амниопласты	ГОСТ 9359-73	Всех марок	1,65...0,2	—	350...750	1000
Масса древесная прессовочная (пресс-крошка) Дозированная стекловолкнит	ГОСТ 11368-69	МДПК-А, МДПК-В, МДПК-В ₂	1,30...1,38	—	800...1200	800...1000
	ГОСТ 17478-72	ДСВ-2-Р-2М-0	1,7...1,85	—	2400	1300
		ДСВ-4-Р-2М-0	1,7...1,85	—	2000	1300
Стеклотекстолит	ГОСТ 10292-74	КАСТ-В	1,85	По основе 2100...2300, по утку 1100...1400	По основе 1400	400
Гетинакс	ГОСТ 2718-74	Всех марок	1,28...1,45	700...1600	750...1500	—
Декоративный бумажностойкий пластик	ГОСТ 9590-76	» »	1,4	700	1000...1200	—

* Данные указаны для испытаний при растяжении.

Удельная ударная вязкость, кгс-см/см ² , образцов	Твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	Теплостойкость, +°С	Температура хрупкости (морозостойкость), -°С	Коэффициент теплопроводности, ккал/(ч·м·°С)	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Диэлектрическая прочность при частоте 10 ⁴ Гц	Усадка при литье, %
—	—	—	—	—	—	—	—
—	Не менее 3	10...12	220...230	—	1·10 ¹² ...1·10 ¹³	Не более 3,3	0,4...0,5
—	То же	10...12	210...220	—	Не менее 1·10 ¹²	4,0...5,0	1,4...1,8
100	—	5...6	140...143	200	Не менее 1·10 ¹²	5,0	1,4...1,8
125	—	3...4	(по Вика)	200	1·10 ¹² ...1·10 ¹³	—	—

реактопластов

Удельная ударная вязкость, кгс-см/см ² , образцов без надреза	Модуль упругости при изгибе, кгс/см ²	Твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	Теплостойкость по Мартенсу, +°С	Морозостойкость, -°С	Коэффициент теплопроводности, ккал/(ч·м·°С)	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Диэлектрическая прочность при частоте 10 ⁴ Гц	Усадка при литье, %
6	70 000...90 000	30...40	130	—	0,18...0,20	1·10 ¹¹	—	0,4...0,8
9	85 000	25	140	—	0,18...0,20	1·10 ¹⁰	—	0,3...0,6
3,5	—	40	140	—	—	1·10 ⁹	5,3...5,7	0,2...0,7
50	—	30...50	280	60	—	1·10 ¹¹	8	0,15
200	350 000* (вдоль волокон)	30...50	280	60	0,52	1·10 ¹²	8	0,10
6...7	—	35...55	300...200	—	—	1·10 ⁹ ...1·10 ¹¹	—	0,2...0,8
10...15	—	16...20	120...160	—	0,15...0,30	—	—	0,3...0,6
70	—	—	280	180	0,31...0,34	—	7	0,15
70	—	—	280	180	0,31...0,34	—	—	0,15
По основе 60...115, по утку 50...85	—	24...35	—	—	—	2·10 ¹²	5,3	—
8...20	—	25	150	—	—	1·10 ¹¹	8	—
—	—	25	—	—	—	—	—	—

12. Коэффициент трения антифрикционных пластмасс по стали

Материал	Смазка		Без смазки
	маслом	водой	
Капрон, наполненный графитом	0,009	—	0,140
Масса древесная прессовочная (пресскрошка)	0,015	0,120	0,340
Фторопласт Ф4	0,027	0,020	0,049
Текстолит, волокнит	0,030	0,050	0,330
Поликарбонат	0,034	—	—
Полиуретан ПУ-1	0,040	—	—
Текстолитовая крошка	0,050	0,070	0,340
Древеснослойный пластик	0,060	0,70	—
Полиамиды неплаполненные	0,080	0,095	0,240
Сополимеры формальдегида	0,100	—	—

* Трение по латуниной сетке при удельном давлении $p = 5,1$ кгс/см².

14. Стойкость пластмасс в различных средах

Материал	Кислота				Щелочь		Бензин	Масло минеральное	Растворитель	
	неорганическая		органическая		концентрированная	разбавленная			алкилативный	ароматический
	концентрированная	разбавленная	концентрированная	разбавленная						
Фторопласт (Ф3, Ф4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Полиэтилен НП	○	+	+	+	+	+	+	+	+	
Полиэтилен ВП	○	+	+	+	+	+	+	+	+	
Фаолит	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Винилпласт	○	+	+	+	+	+	+	○	○	
Полипропилен	○	+	+	+	○	○	×	×	○	
Полиизобутилен	○	+	○	+	○	○	×	×	○	

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: + — стойкие; ○ — относительно стойкие; × — нестойкие (растворяются, разрушаются).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПЛАСТМАСС И ДРУГИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В табл. 15, 16 даны рекомендации по применению наиболее широко используемых пластмасс и других неметаллических материалов, а также краткая обобщающая качественная оценка их свойств.

13. Износостойкость пластмасс

Материал	Средний износ, мг/см ² ·м*
Полиамид АК-7	0,014
Полиамид 610	0,015
Капрон	0,022
Фторопласт Ф4	0,054
Текстолит	0,112
Масса древесная прессовочная (пресскрошка)	0,133
Сополимеры формальдегида	0,150
Винилпласт	0,160
Полипропилен	0,180
Древеснослойный пластик	0,300

15. Области применения пластмасс и других неметаллических материалов

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Свойства *	Методы изготовления деталей	Области применения	Цена за 1 кг, р.
Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)	ГОСТ 16337-77	Всех марок	Термопласты Кристаллическая структура, низкое водопоглощение, стабильность во влажной среде, невысокая прочность, стойкость к растрескиванию	Литье под давлением, экструзия, раздув, напыление	Детали общетехнического назначения, малонагруженные детали, пленочные изделия, трубы, защитные антикоррозионные покрытия	0,36... 0,45
Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП)	ГОСТ 16338-77	То же	Кристаллическая структура, более высокая прочность и теплоустойчивость, чем у ПЭНП	То же	То же	0,68... 0,815
Полипропилен	ТУ 6-05-1105-73	То же	Кристаллическая структура, более высокая жесткость по сравнению с ПЭВП, неморозостойкий	То же	То же	0,85
Поливинилхлорид (ПВХ): винилпласт (непластифицированный ПВХ)	ГОСТ 9639-71, ТУ 6-01-787-72	»	Аморфная структура, более высокая жесткость и более низкая теплоустойчивость, чем у полипропилена, высокая химическая стойкость	Экструзия, прессование, сварка, механическая обработка	Футеровка металлической аппаратуры, воздуховоды, химические аппараты, ванны, трубы	0,5...0,9
пластикат (пластифицированный ПВХ с 30...40% пластификатора)	ГОСТ 14332-69	»	Аморфная структура, высокая эластичность и химическая стойкость	Экструзия, сварка	Футеровка ванн, пленка, гибкие трубы, профильные детали	0,5...0,9

* Цифровые значения физико-механических свойств основных пластмасс

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Свойства*	Методы изготовления деталей	Области применения	Цена за 1 кг, р.
гидропласт (пластифицированный ПВХ с 70...80% пластификатора)	ТУ МХП 2742—53	СМ, ДМ	Студнеобразная масса (в холодном состоянии), равномерно передающая давление во всех направлениях	Заливка с предварительным подогревом	Масса для заполнения полостей приспособлений станков, зажимов	0,7
Полистирол	ГОСТ 20282—74	Всех марок	Аморфная структура, высокая жесткость, хорошие диэлектрические свойства, хрупкость, являющаяся причиной Аморфная структура, более высокая ударная вязкость и более низкая жесткость, чем у полистирола	Литье под давлением	Корпусные детали приборов, радиоэлектронной аппаратуры, изоляторов	0,52... 0,59
Полистирол ударопрочный	ОСТ 6—05—406—75	То же	Аморфная структура, высокая ударная вязкость, теплостойкость	Литье под давлением, экструзия, вакуумное формование, раздув	Изделия общего технического назначения, емкости холодильников	0,85
Акрилонитрилбутадиенстирольные пластики — АБС-пластики (сополимеры стирола, акрилонитрила и бутадиена)	ТУ 6—05—1587—74	Всех марок	Аморфная структура, высокая ударная вязкость, теплостойкость	То же	Корпуса телевизоров и приемников	1,03... 1,8
Фторопласт-4 (поролон)	ГОСТ 10007—72	АБС-09031 АБС-11063 АБС-1308 АБС-1530 АБС-2020	Высокая прочность Повышенная гигиеничность Высокая жесткость и твердость Высокая текучесть Высокая текучесть, способность к металлизации	» » » » »	Изделия, контактирующие с пищевыми продуктами Детали автомобилей, приборов Крупные тонкостенные изделия То же, металлизированные детали	4,5...9,0
Стекло органическое колеструкционное	ГОСТ 15809—70	СОЛ, СТ-1,2—55	Аморфная структура, хорошая прозрачность, высокая жесткость	Вакуумное и пневматическое формование, механическая обработка, склеивание, сварка	Стекла машины и приборов, светопрозрачные корпуса и кожухи, экраны в гальванотехнике	1,11... 3,6
Смола капроновая первичная (капрон)	ОСТ 6—06—14—70	Всех марок	Кристаллическая структура высокой полярности, высокие механические и антифрикционные свойства, нестабильность линейных размеров во влажной среде	Литье под давлением	Подшипники скольжения, сепараторы подшипников качения, зубчатые колеса, корпусные детали, лопасти вентиляторов	1,95
Сырье капроновое вторичное	ОСТ 63—78—5—72	Всех марок	Более низкие свойства, чем у капрона	То же	Менее ответственные детали, чем из капрона	1,48
Полиамид	ГОСТ 10589—73	610	То же, что у капрона, но более высокой стабильности	»	Ответственные антифрикционные и конструкционные детали	2,5
Сополимеры полиамида литьевые	ГОСТ 19459—74	Всех марок	Кристаллическая структура, высокие механические показатели	»	Вкладыши подшипников, шестерни, втулки	4,2
Сополимеры формальдегида	ТУ 6—05—1543—72	СФД, СТД	Кристаллическая структура, высокие жесткость и прочность, устойчивость к ползучести	»	Подшипник скольжения, зубчатые колеса, седла клапанов, болты, гайки	3,0

* Цифровые значения физико-механических свойств основных пластмасс приведены в табл. 11.

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Свойства*	Методы изготовления деталей	Области применения	Цена за 1 кг, р.
Поликарбонат (диф-лон)	ТУ 6-05-1668-74	Все х марок	Кристаллическая структура, высокие тепло- и морозостойкость, устойчивость к ползучести, низкая усадка, прозрачность	Литье под давлением	Корпусные детали, трубы, вентили, зубчатые колеса, подшипники скольжения, рабочие органы насосов, прозрачные детали	8,0
Полиамид стеклонеполненный	ГОСТ 17648-72	П68С-30	Кристаллическая структура, более высокие физико-механические характеристики, чем у капрона, низкий коэффициент трения	То же	Корпуса топливных насосов, крыльчатки вентиляторов, фильтров масляных насосов, крышки карбюраторов, статоры и роторы турбобура	11,8
Полууретан	ТУ В-189-70	ПУ-1	Аморфная структура. Тепло- и морозостойкость, стойкость к действию разбавленных минеральных кислот и щелочей, углеводов, органических кислот, масел, стойкость к старению, износостойкость	Литье под давлением, прессование	Конструкционные детали, работающие при температуре от -60 до +100°С, материал для покрытий	5
Массы прессовочные фенольные (фенопласты): общего назначения (композиция на основе фенолальдегидной смолы и борошкообразного наполнителя)	ГОСТ 5689-73	03-010-02	Высокие тепло- и электроизоляционные свойства, стойкость к старению	Прессование, литье под давлением	Ненагруженные детали общестроительного назначения	0,35
Ударопрочные (композиция на основе фенолальдегидной смолы и волокнистого наполнителя) Материал прессовочный АГ-4: однонаправленная лента из стекляных нитей, пропитанная фенолформальдегидной смолой композиция на основе срезов стеклонити и фенолальдегидной смолы	ГОСТ 20437-75	У2-301-07	Повышенная ударная вязкость, стойкость к старению	Прессование	Направляющие втулки, шквы, рукоятки, болты, гайки	0,64
Масса древесная прессовочная (композиция на основе дробленых отходов древесного шпона, пропитанных фенолальдегидной смолой)	ГОСТ 11368-69	С	Высокая прочность и стойкость к старению	"	Корпуса, детали насосов, кулачки	3,55
Дозвряющийся стекловолокнистый (композиция на основе рубленых стекляных нитей и фенолальдегидной смолы)	ГОСТ 17478-72	В	Прочность ниже, чем у материала АГ-4 марки С	"	Изделия технического назначения средней прочности	2,4
Дозвряющийся стекловолокнистый (композиция на основе рубленых стекляных нитей и фенолальдегидной смолы)	ГОСТ 17478-72	МДПК-А, МДПК-В ₂ , МДПК-В ₃	Высокие механические характеристики, доступность сырья, экономичность, стойкость к старению	"	Детали технического назначения: шквы, рукоятки, подшипники скольжения, направляющие, зубчатые колеса, шестерни	0,45
Дозвряющийся стекловолокнистый (композиция на основе рубленых стекляных нитей и фенолальдегидной смолы)	ГОСТ 17478-72	ДСВ-2-Р-2М	Высокие механические характеристики, стойкость к старению	"	Изделия сложной конфигурации, рабочие органы вентиляторов, насосов, гидромашин, кожухи, корпусы, кулачки	3,4

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Свойства *	Методы изготовления деталей	Области применения	Цена за 1 кг, р.
Текстолит конструкционный (композиция на основе хлопчатобумажной ткани и фенолальдегидной смолы)	ГОСТ 5—72	ПТ	Высокие прочность и антифрикционные показатели	Механическая обработка	Подшипники скольжения, зубчатые колеса, шкивы, направляющие станков, кулачки, клапаны	3,37 (при толщине 11—22 мм)
Текстолитовая крошка	ТУ П—400—69	Всех марок	Более низкие механические характеристики, чем у конструкционного текстолита	Прессование	Зубчатые колеса	2,5
Асбестолит (композиция на основе асбеста и фенолальдегидной смолы)	ТУ 6—05—898—71	То же	Высокие антифрикционные показатели, теплостойкость	Механическая обработка	Тормозные устройства, фрикционные диски	2,75
Ангелит (композиция на основе графита и фенолальдегидной смолы)	ТУ 35—XII—715—64	»	Антифрикционные свойства	Прессование	Перишневые кольца, сальниковые устройства	4
Стекловолокнистый анизотропный материал (композиция на основе стекляных волокон и фенолальдегидной смолы)	МРТУ 6—11—129—69	СВАМ-ЭР	Высокие механические и электроизоляционные показатели, стабильность размеров, стойкость к старению	То же	Зубчатые колеса, шкивы, детали вентиляторов, насосов, кулачки	10,9

Примечание: * Цифровые значения физико-механических свойств основных пластинок приведены в табл. 11.

16. Назначение других неметаллических материалов

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Методы изготовления деталей	Примерное назначение
Картон прокладочный	ГОСТ 9347—74	А, Б	Механическая обработка	Прокладки
Паронит	ГОСТ 481—71	ПОН	»	»
Пластмассы резиновые и резиноканевые	ГОСТ 7335—77	Всех марок	»	Диафрагмы, прокладки, буфера
		ТМКЩ	»	»
		ОМБ	»	»
Резина для деталей	МРТУ 38—5—204—65	Всех марок	Прессование	Уплотнения
		»	Механическая обработка	Манжеты, прокладки
Кожа техническая	ГОСТ 20836—75	ПС	»	Сальники
Войлок технический полуберстный	ГОСТ 6308—71	—	Свободная заливка	Материал для заполнения пустот в штампах

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ И ПЛАСТМАСС

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Детали, получаемые литьем. Металлоемкие детали, имеющие сложную форму, обычно изготавливают методом литья. Наиболее широко применяются следующие способы литья: в песчаные разовые формы, в кокили, под давлением, в оболочковые формы, по выплавляемым моделям и центробежное литье. Все чаще в промышленности применяются также и такие способы, как литье под низким давлением, с направленно-последовательной кристаллизацией, выжиманием.

Выбор способа изготовления отливки определяется ее размерами и сложностью, серийностью выпуска, составом сплава и достигаемыми экономическими показателями с учетом последующей механической обработки.

Допускаемые отклонения от номинальных размеров чугуновых и стальных отливок, получаемых в песчаных формах, установлены ГОСТ 1855—55 и 2009—55, причем под номинальным размером понимают размер отливки, включающий припуск на механическую обработку и формовочный уклон.

Для получения качественных и экономичных отливок необходимо выполнять следующие требования:

1. Стенки литой детали следует выполнять одинаковой толщины, что способствует одновременному затвердению металла, при этом толщина внутренних стенок должна составлять 0,7...0,8 толщины наружных стенок.

Для деталей из серого чугуна и углеродистых сталей, отливаемых в песчаные формы, толщину стенок S рекомендуется выбирать по графику, представленному на рис. 2, в зависимости от приведенного размера H , определяемого по формуле

$$H = \frac{2l + b + h}{3},$$

где l , b , h — длина, ширина и высота отливки, мм.

Для деталей из модифицированного чугуна толщину стенок следует принимать на 15...20% больше, чем для серого чугуна; для деталей из легированных сталей пониженной жидкотекучести — на 20...30% больше, чем для однопольных деталей из углеродистых сталей.

2. Отливка должна иметь плавные переходы между различными сечениями, а также ребра жесткости в опасных

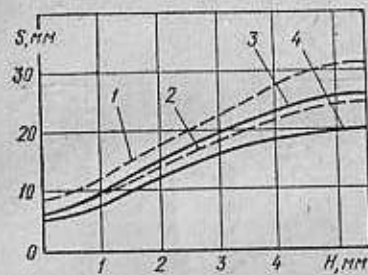


Рис. 2. Рекомендуемая минимальная толщина стенок литых деталей:

1 — наружные стенки стальных деталей; 2 — внутренние стенки стальных деталей; 3 — наружные стенки чугуновых деталей; 4 — внутренние стенки чугуновых деталей.

сечениях, что предотвращает возникновение внутренних напряжений и трещин. Угловые сопряжения наружных и внутренних поверхностей должны быть скруглены.

При отношении толщин сопрягаемых стенок до $1/2$ переход может быть оформлен в виде галтели с радиусом от $1/6$ до $1/3$ средней арифметической суммы толщин сопрягаемых сечений, при большем различии толщин переход следует оформлять клинообразно.

Высоту ребер жесткости необходимо выбирать такой, чтобы она не превышала пятикратную толщину стенки. Толщина ребра у стенки составляет

обычно 0,7...0,9 толщины стенки и уменьшается за счет уклона до 0,5 ее толщины.

3. Конфигурация наружных и внутренних контуров отливки должна быть такой, чтобы число разъемов было минимальным и по возможности исключалось применение съемных частей на моделях. Отсутствие теневых участков при воображаемом освещении детали параллельными лучами в направлении, перпендикулярном к плоскости разъема формы (рис. 3), свидетельствует о технологически правильной конструкции детали.

4. Отливка должна располагаться в одной (лучше нижней) полуформе либо иметь один плоский разъем, при этом внутренние контуры полостей отливки должны быть такими, чтобы оформление их происходило в самой форме, без дополнительного применения стержней.

5. Поверхности отливок, перпендикулярные к плоскости разъема формы, должны иметь конструктивные уклоны, обеспечивающие свободное извлечение моделей (табл. 17).

При выполнении местных невысоких утолщений стенок (бобышек, приливов, платиков) уклон увеличивается до 30...50°.

При отсутствии конструктивных уклонов необходимо предусматривать в моделях и стержневых ящиках формовочные уклоны.

Детали, получаемые горячим пластическим деформированием. В машиностроении широко применяются кузнечные заготовки в виде кованых или штампованных поковок. Это объясняется более высокими

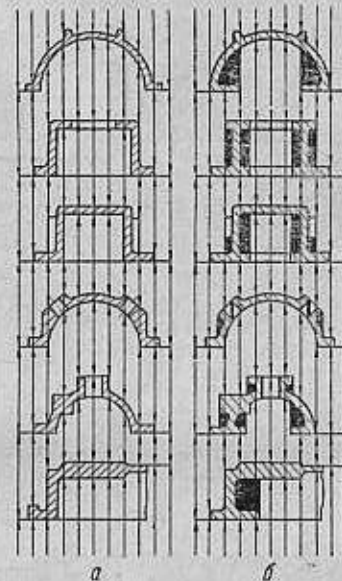


Рис. 3. Конфигурация отливок: а — правильная; б — неправильная.

механическими свойствами термообработанных поковок по сравнению с механическими свойствами других видов заготовок, которые могут быть получены из данного материала.

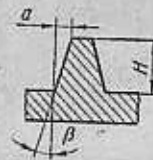
Основными способами формообразования поковок являются ковка и штамповка на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Методом горячего пластического деформирования могут быть получены из всех пластических металлов поковки массой от десятков граммов до нескольких тонн.

Кованые поковки. Некоторые рекомендации по конструированию кованых деталей даны в табл. 18.

Припуски и допуски для поковок из углеродистой и легированной стали, изготавливаемых ковкой на молотах, установлены ГОСТ 7829—70, а на поковки, изготавливаемые ковкой на прессах, — ГОСТ 7062—67.

Поковки, получаемые в открытых штампах на молотах и прессах. Одной из задач, решаемых конструктором, является определение формы и размеров

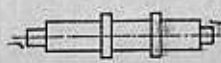
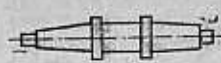
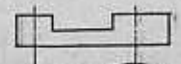

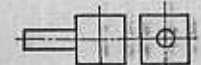


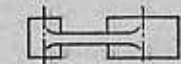
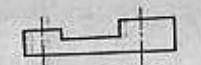
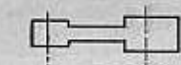
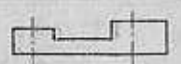

17. Конструктивные уклоны на отливках

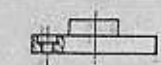
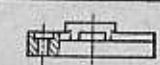
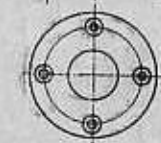
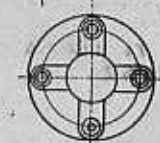
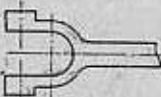
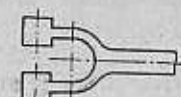
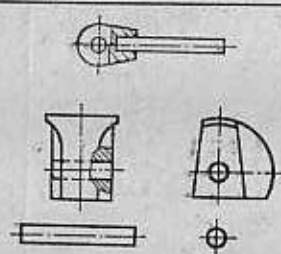
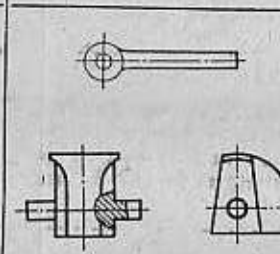


H , мм	a/H	β
До 25	1:5	11° 30'
Св. 25 до 50	1:10	5° 30'
» 50 » 100	1:15	4°
» 100 » 200	1:20	3°
» 200 » 500	1:30	2°
» 500	1:50	1°

детали, соответствующих ее функциональному назначению, а также обеспечивающих возможность нормального формования и легкого извлечения детали из штампа. Для этого желательно, чтобы плоскость двух наибольших габаритных размеров детали совпадала с поверхностью разреза. В этом случае уменьшается глубина полостей штампа, облегчается выемка поковки из него и увеличивается его стойкость.

18. Рекомендации по конструированию деталей, изготавливаемых ковкой

Рекомендации	Сквозь выполнения	
	рекомендуемого	не рекомендуемого
Избегать конических форм, особенно с малой конусностью		
Избегать клиновых форм, особенно с малым уклоном		
Избегать взаимных пересечений цилиндрических поверхностей		
Избегать взаимных пересечений цилиндрических поверхностей с призматическими участками деталей		
По возможности назначать односторонние выступы взамен двусторонних (особенно для мелких деталей)		
Избегать ребристых сечений, ребра жесткости в поковках не назначать		

Рекомендация	Сквозь выполнения	
	рекомендуемого	не рекомендуемого
Не предусматривать бобышек, платников, выступов и других подобных элементов на основном теле поковки, а также внутри вильчатых деталей		
		
Детали с большой разницей в сечениях заменять сочетанием нескольких сварных простых деталей		
		

Детали с большой разницей в сечениях заменять сочетанием нескольких сварных простых деталей

Припуски и допуски на стальные поковки назначают по ГОСТ 7505—74 в зависимости от массы и размеров поковки, применяемого оборудования, требуемой точности детали и серийности ее изготовления. Этим же ГОСТ установлены максимальные штамповочные уклоны и размеры закруглений. Поковки, получаемые на ГКМ. Наиболее удобны для штамповки на ГКМ детали, имеющие форму правильных или усложненных выступами тел вращения. Особенности конструирования поволок, получаемых на ГКМ, приведены в табл. 19.

Припуски и допуски назначают по ГОСТ 7505—74. По этому же ГОСТ устанавливают максимальные штамповочные уклоны и радиусы закруглений наружного контура. Радиусы закруглений внутренних контуров указаны в РТМ—39—61.

Детали, получаемые холодной штамповкой. В современном машиностроении широко применяют детали, штампованные из листового металла, отличающиеся высокой прочностью и жесткостью при относительно малом весе, законченностью и совершенством конструктивных форм.

Конструкция элементов деталей, получаемых холодной штамповкой, зависит от материала, из которого изготавливаются детали, и вида штамповки. Конфигурацию и размеры деталей необходимо выбирать такими, чтобы обеспечивался наиболее рациональный раскрой материала.

Вырубка, пробивка. Для изготовления деталей различной конфигурации и габаритных размеров из листового материала толщиной 0,05...25 мм применяют вырубку и пробивку. Для обеспечения достаточной стойкости рабочего инструмента и экономичности штамповки при конструировании детали необходимо учитывать рекомендации, приведенные в табл. 20.

19. Рекомендации по конструированию деталей, получаемых на ГКМ

Рекомендации	Эскиз выполнения	
	правильного	неправильного
Назначать штамповочные уклоны		
Назначать радиусы сопряжения (не менее 2 мм)		
Обязательно предусматривать прошивку отверстий или углублений диаметром больше 30 мм		
Толщину стенок поковок с глубокими сквозными или глухими отверстиями назначать не менее 0,15d		

20. Конструктивные элементы деталей, изготовляемых вырубкой и пробивкой

Конструктивный элемент	Эскиз	Размеры элементов
Выступ		$B \geq 1,5S$ $h \geq 1,5KS$ $K = 1,3...1,5$ для твердой стали; $K = 1$ для мягкой стали; $K = 0,75...0,8$ для меди, латуни и алюминий

Продолжение табл. 20

Конструктивный элемент	Эскиз	Размеры элементов
Паз или окно		$B \geq 1,5S$ $h \geq 1,5S$
Скругленные контура		$R \geq 0,6B$ $R \geq 0,25S$
		Для наружного контура: при $\alpha \geq 90^\circ$ $R_3 \geq 0,25S$, при $\alpha < 90^\circ$ $R_2 \geq 0,5S$. Для внутреннего контура: при $\alpha \geq 90^\circ$ $R_1 \geq 0,35S$, при $\alpha < 90^\circ$ $R > 0,6S$

Минимальные расстояния между пробиваемыми отверстиями, а также между отверстиями и контуром детали следует принимать в соответствии с рекомендациями РТМ 34—65 по холодной листовой штамповке.

Гибка. В месте изгиба происходит растяжение наружных слоев материала, причем тем больше, чем меньше радиус изгиба. При значительном растяжении может произойти разрушение материала. Поэтому для каждого материала существует определенный минимальный радиус изгиба зависящий от механических свойств материала, размеров и формы заготовки, а также от многих других факторов (табл. 21).

Для получения вертикальных полок при гибке П-образных деталей должно быть выдержано условие $H - r > 2S$ (рис. 4, а). При $H - r < 2S$ вертикальные полки можно получить методом гибки с предварительным выдавливанием канавок (рис. 4, б). Размеры канавок следует принимать, учитывая соотношения $b = (0,4...1,0) S \geq 2$ мм, $h = (0,1...0,3) S \geq 3$ мм.

Если гибку детали, имеющей форму скобы с горизонтальными полками (рис. 4, в), производят в одном штампе, то радиус R , обращенный в сторону матрицы, должен быть больше $3S$. Если необходимо получить меньший радиус, то гибку производят в две операции (гибка в матрице с радиусом $R > 3S$ и посадка до заданного радиуса).

Вытяжка. В процессе вытяжки плоская заготовка в течение одной или нескольких операций превращается в полую деталь. Формоизменение происходит при сложном напряженно-деформированном состоянии материала. При конструировании деталей, изготовляемых методом вытяжки, необходимо учитывать ряд технологических требований:

для вытяжки рекомендуются следующие материалы: углеродистые стали марок Ст3, 0,8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50; легированные стали марок 25ХГСА, 30ХГСА, 30ХГСНА; высоколегированные стали марок 12Х17Г9АН4; 12Х18Н10Т, 12Х21Н5Т; ХН38ВТ; 10Х11Н20ТЗР; алюминиевые сплавы АД, АД1, АМЧ3, Д16; магниевые сплавы МА1, МА2-1, МА8;

21. Минимальные радиусы r_{min} гибки листовых заготовок (для угла гибки $\alpha \geq 90^\circ$)

Расположение ребра изгиба относительно волокон проката	Материал заготовки				
	Алюминий, Л68, медь	Сталь 10, 20	Сталь 55, дюралюминий	Сталь 65, 70	Дюралюминий закаленный, бронза
Перпендикулярно	—	0,1S	0,5S	1,0S	2,0S
Параллельно	0,4S	0,5S	1,5S	2,0S	3,5S

Примечания: 1. Приведенные значения относятся к радиусам, оформляемым пуансонами.

2. Для гибки под углом до 45° к направлению проката следует брать средние промежуточные значения r_{min} в зависимости от угла наклона линий гибки.

3. При гибке наклепанного материала значение r_{min} увеличивать в 1,5... 2 раза.

4. Для гибки узких заготовок, полученных путем вырубки или резки без последующего отжига, радиусы гибки выбирать, как для наклепанного металла.

5. При гибке под углом $\alpha < 90^\circ$ значения r_{min} увеличивать в 1,1...1,3 раза.

6. При наличии заусениц на углах гибки значения r_{min} увеличивать в 1,5...2 раза.

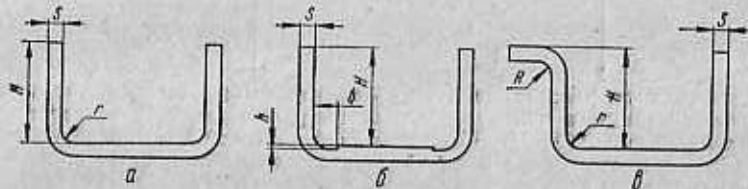


Рис. 4. Примеры гибки деталей из листа.

деталь должна иметь наиболее простую геометрическую форму: цилиндрическую, ступенчатую в виде тела вращения или прямоугольную; детали не должны быть большой высоты с широким фланцем, так как для изготовления таких деталей необходимо выполнить много операций, что экономически нецелесообразно; наименьший диаметр фланца (рис. 5, а) $d_{fmin} = d + 2r_{min} + (4 \dots 5) S$;

если угол наклона боковых стенок $\alpha < 3^\circ$ (рис. 5, б), удаление детали из штампа облегчается, а при $\alpha > 3^\circ$ для вытяжки деталей необходимо увеличение числа операций;

сопряжения стенок с дном и фланцем следует выполнять по радиусам. Рекомендуются следующие радиусы сопряжения полых цилиндрических деталей (рис. 5, а): для сопряжения дна и стенок — $r = (2 \dots 1,5) S$, для сопряжения фланца и стенок $r_{min} = (3 \dots 2) S$. Чем меньше толщина стенок, тем большим должен быть коэффициент при S . У полых коробчатых деталей радиус сопряжения стенок должен быть больше $3S$, а дна и стенок — больше $1,5S$;

в тех случаях, когда конструктивные условия не позволяют делать закругления между дном и стенками, детали из материала толщиной до 2 мм можно штамповать с сопряжениями, показанными на рис. 5, в. При этом канавки получают за счет растяжения материала ($R \geq S \geq 1,5$ мм, $k \geq S_1$,

$b \geq 2S \geq 1,5$ мм). Для деталей из более толстого материала канавки можно получить подчеканкой (рис. 5, з). В этом случае размеры выбирают, исходя из таких соотношений: $k = (0,1 \dots 0,3) S \geq 1,5$ мм, $b = 3 \dots 6$ мм. При этом необходимо учитывать, что технология изготовления деталей с канавками значительно дороже, поэтому такая технология может применяться только в экономически обоснованных случаях;

минимальные расстояния между отверстиями во фланце следует определять из соотношения (рис. 5, д) $A \geq D + 2S + 2r_{min} + d_1$. Диаметр отверстия в дне $d < D - 2r_1$;

для уменьшения расхода металла при изготовлении деталей методом вытяжки необходимо применять более тонкие материалы с одновременным введением в конструкцию деталей ребер жесткости. На рис. 6 показаны примеры конфигурации профилей ребер, а в табл. 22 — размеры, при которых ребра формируются за одну операцию.

Отбортовка. Процесс образования борта вокруг отверстия называется отбортовкой.

Степень деформации материала при отбортовке круглых отверстий опре-

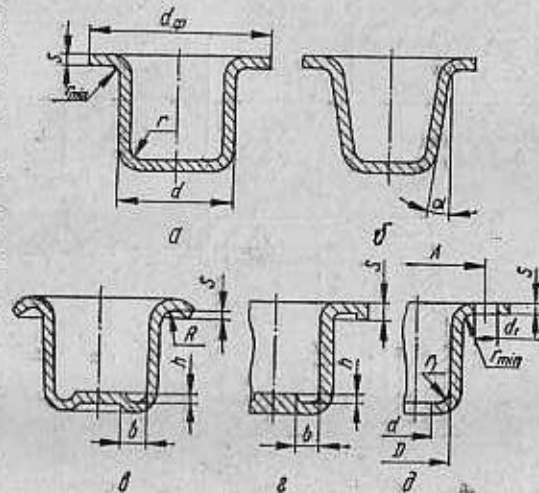


Рис. 5. Детали, получаемые при помощи вытяжки.

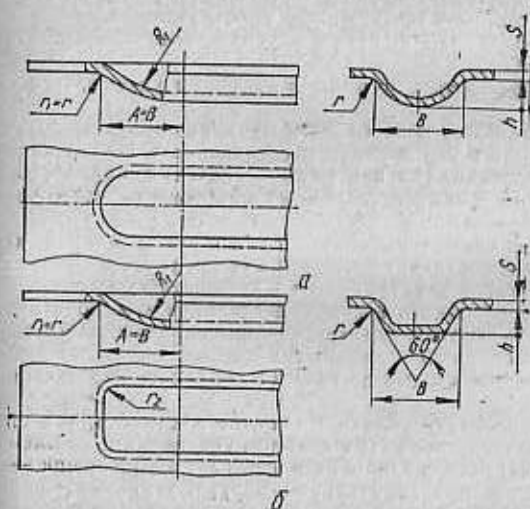


Рис. 6. Технологические формы ребер жесткости: а — со скругленным дном; б — с плоским дном.

деляется коэффициентом отбортовки $k_{от} = \frac{d}{D}$, где d и D — диаметры отверстия соответственно до и после отбортовки по средней линии (рис. 7). Коэффициент отбортовки зависит от материала детали, качества среза деформируемой кромки, толщины материала и формы отверстия.

Ориентировочную высоту H детали после отбортовки и толщину стенки S_1 по краю борта можно рассчитать по таким формулам:

$$H = \frac{(D-d)}{2} + 0,43R + 0,72S, \quad S_1 = S \sqrt{\frac{d}{D}}$$

Радиус закруглений при отбортовке r определяется пластическими свойствами материала и обычно

выбирается по соотношению $r \geq (2...4) S$. Меньшие значения радиуса закругления соответствуют более пластичному материалу.

Для получения большей высоты борта или уменьшения величины материала на кромке борта следует применять вытяжку с последующей отрезкой дна или вытяжку, пробивку отверстия в дне и отбортовку отверстия (рис. 8).

22. Размеры ребер жесткости (рис. 6)

Тип	h , мм	B , мм	r_1 , мм	R_{12} , мм	r_2 , мм
Нормальный	3S	10S	S	10S	5S
Уменьшенный	2S	5S	0,5S	5S	4S

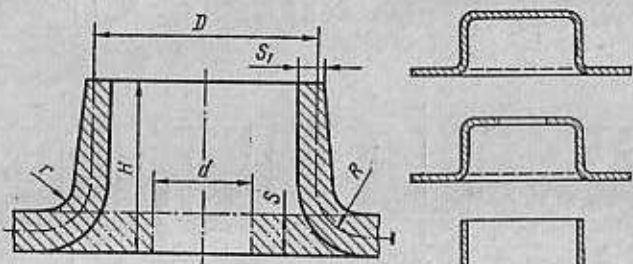


Рис. 7. Отбортовка предварительно полученного отверстия.

Детали, получаемые при помощи сварки. Одним из широко применяемых в машиностроении технологических процессов является сварка. В результате применения сварки при изготовлении деталей во многих случаях ускоряется и удешевляется процесс производства. Перспективными являются также сварно-литые и сварно-штампованные конструкции.

Свариваемость различных сталей и рекомендуемые для них способы сварки приведены на с. 13—20.

При проектировании сварной конструкции необходимо учитывать следующие рекомендации:

- количество сварных соединений должно быть наименьшим;
- габаритные размеры сварных узлов должны обеспечивать возможность их обработки в термических печах, так как для обеспечения наибольшей прочности сварных соединений и снятия сварочных напряжений часто требуется последующая термообработка;
- если по каким-либо причинам термообработка сварных деталей исключается, прочность сварных соединений может быть увеличена в результате утолщения кромок элементов конструкции на небольшой ширине;
- необходимо симметрично располагать сварные соединения в конструкции и предусматривать минимально возможные сечения сварочных швов для предотвращения чрезмерных сварочных деформаций;
- во избежание возникновения трещин не следует допускать пересечения сварных швов;

сварные швы нельзя располагать вблизи элементов жесткости, так как в этом случае могут образоваться трещины в сварном соединении.

В зависимости от вида сварного соединения и шва на свариваемых деталях должна быть выполнена предварительная разделка кромок. Типы и конструктивные элементы швов в зависимости от способов сварки указаны в следующих ГОСТ: 5264—69, 8713—70, 11533—75, 11534—75, 14776—69, 14806—69, 15164—69, 15878—70 и 16098—70, а условные обозначения швов сварных соединений — в ГОСТ 2.312—72.

Детали, получаемые при помощи пайки. Пайка — это процесс соединения деталей в твердом состоянии сравнительно легкоплавким припоем, который в жидком состоянии смачивает соединяемые поверхности, заполняя капиллярный зазор между ними, а застывая, образует шов. Этим способом соединяют однородные и разнородные материалы, а также стекло и графит. Пайка может применяться для изготовления ответственных конструкций во всех областях техники.

Наиболее распространенные типы паяных соединений в соответствии с ГОСТ 19249—73 приведены в табл. 23. Кроме приведенных типов, этот ГОСТ предусматривает соединения вугол, соприкасающиеся, а также комбинированные.

23. Наиболее распространенные типы паяных соединений

Тип соединения	Эскиз	Примерное назначение
Внахлестку	<p>$L = (2...5) S$</p>	Для равнопрочных паяных соединений (достигается путем изменения величины перекрытия деталей L)
Встык		Для получения соединений с неизменной толщиной стенки, если равнопрочность конструкции не требуется
Вскос		То же, но при более высокой требуемой прочности соединения
Втавр		Только в технически обоснованных случаях с целью рациональной компоновки изделия, когда к прочности соединения не предъявляются повышенные требования
		То же, но при более высоких требованиях к прочности шва

Тип соединения	Эскиз	Примерное назначение
Телескопическое		Если не требуется сохранение диаметра трубы неизменным
		При необходимости сохранить неизменным внутренний или внутренний и наружный диаметры трубы

При конструировании паяных изделий необходимо учитывать такие рекомендации:

- число паяных соединений в конструкции должно быть ограниченным, если это не противоречит требованиям экономичности или другим заданным условиям;
- паяные соединения следует равномерно располагать по изделию, по возможности, в менее нагруженных местах;
- необходимо правильно назначать основной металл, учитывая реальные условия работы проектируемой конструкции и требования по герметичности, прочности и другим показателям;
- следует правильно выбирать припой (рекомендации по назначению припоя приведены в табл. 24);

24. Назначение припоев

ГОСТ	Припой		Примерное назначение
	Тип	Марка	
21930—76, 21931—76	Оловянно-свинцовый	ПОС 61	Для ответственных деталей в электро- и радиотехнике, приборостроении, когда соединяемые детали нельзя нагревать выше 200° С
		ПОС 40	Для деталей с герметичными швами
		ПОСК 50-18	Для пайки ответственных деталей, чувствительных к перегреву
		ПОССу 5-1	Для пайки деталей, работающих при повышенных температурах
19738—74	Серебряный	ПСр3	Для деталей, работающих при температуре до 150° С

ГОСТ	Припой		Примерное назначение
	Тип	Марка	
19738—74	Серебряный	ПСр72	В тех случаях, когда место спая должно обладать высокой электропроводностью
		ПСр65	В тех случаях, когда предъявляются повышенные требования к прочности шва
		ПСр45	Припой общего назначения
		ПСр25	
		ПСр40	В тех случаях, когда паяные детали нельзя нагревать до высоких температур и одновременно требуется высокая прочность соединения, когда необходима повышенная коррозионная стойкость соединения
		ПСр37,5	Для деталей, работающих при повышенных температурах
15527—70	На основе меди	Латунь Л63	Для получения прочных и пластичных паяных соединений деталей из стали, работающих при ударных и знакопеременных нагрузках
		ЛОК 62-0,5-04 ЛНМц-9-5	Для нагруженного металлорежущего инструмента

при необходимости проведения сварки после пайки необходимо применять припой, представляющие собой пластичные сплавы, не подверженные растрескиванию (например, припой на никель-хромовой основе);

в соединении следует обеспечивать капиллярный зазор, при котором создаются требуемые условия течения припоя (табл. 25), поскольку с увеличением зазоров выше определенного значения прочность соединения уменьшается;

в зоне соединения не должно быть замкнутых полостей, в которых воздух или другие газы при пайке могут собираться, увеличиваться в объеме и служить причиной появления неспаев, пор и раковин;

при конструировании паяных соединений из элементов разной толщины необходимо предусматривать плавный переход от одного сечения к другому в месте соединения (рис. 9), так как в этом случае в паяных швах под нагрузкой возникают значительно меньшие напряжения;

Припой	Соединяемый материал				
	Медь	Медные сплавы	Сталь углеродистая и низколегированная	Сталь нержавеющая	Алюминий и алюминиевые сплавы
Оловянно-свинцовый	0,07...0,20	0,07...0,20	0,05...0,50	0,20...0,75	0,05...0,15
Медный	—	0,041...0,20	0,001...0,05	0,01...0,10	—
Медно-цинковый	0,04...0,20	0,04...0,20	0,05...0,25	0,02...0,12	—
Медно-фосфористый	0,04...0,20	0,04...0,20	—	—	—
Серебряно-медно-фосфористый	0,02...0,15	0,02...0,15	—	—	—
Серебряный	0,04...0,25	0,04...0,25	0,02...0,15	0,05...0,10	—
Алюминиевый	—	—	—	—	0,12...0,25
Цинковый	—	—	—	—	0,10...0,25

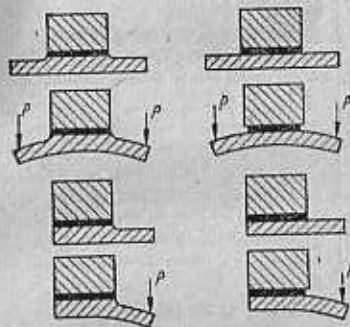


Рис. 9. Конструкция паяных соединений элементов разной толщины:

а — правильная; б — неправильная.

Точность и стабильность получения геометрических размеров и шероховатости поверхности обуславливаются простотой конструктивных форм обрабатываемой детали, правильным выбором конструктивных, технологических и измерительных баз и жесткостью крепления детали под обработку, отсутствием деформаций под действием усилий резания и закрепления, что возможно при достаточной жесткости конструкции деталей.

При проектировании деталей, подвергаемых механической обработке, необходимо учитывать следующие рекомендации: обрабатываемые поверхности должны быть доступны для режущего инструмента и для измерения; обрабатываемые и необрабатываемые поверхности следует четко разграничивать;

точные и соосные отверстия должны быть сквозными, гладкими, и располагать их следует так, чтобы обеспечивалась возможность обработки их на проход с одной установки (разные по величине соосные отверстия должны быть убывающими по диаметру в одном направлении);

точные валы и оси целесообразно обрабатывать в центрах, при этом следует оставлять центры в готовой детали;

конструкцией паяного изделия должна предусматриваться возможность закрепления элементов в процессе пайки (некоторые возможные способы закрепления приведены на рис. 10).

Детали, подвергаемые механической обработке. Основными критериями технологичности деталей, подвергаемых механической обработке, являются точность и стабильность получения геометрических размеров и шероховатости поверхности, а также трудоемкость обработки.

Для уменьшения трудоемкости механической обработки необходимо предусматривать максимальное количество поверхностей, не требующих механической обработки, возможно меньшие размеры поверхностей, подвергаемых обработке, а также минимальные припуски под обработку.

сторону квадрата, образуемого на середине вала или оси, необходимо делать больше диаметра примыкающей шейки, а если квадрат выполняется на конце вала или оси, то сторону квадрата следует делать меньше диаметра примыкающей шейки;

длина отверстий не должна превышать 10 диаметров сверла; поверхности детали, соприкасающиеся со сверлом в начале сверления и на выходе сверла, необходимо располагать перпендикулярно к оси сверла и, желательно, параллельно базовой поверхности;

резьбовые отверстия должны иметь со стороны входа метчика фаску, придающую началу витка резьбы прочность и облегчающую центрирование метчика;

желательно все отверстия выполнять сквозными.

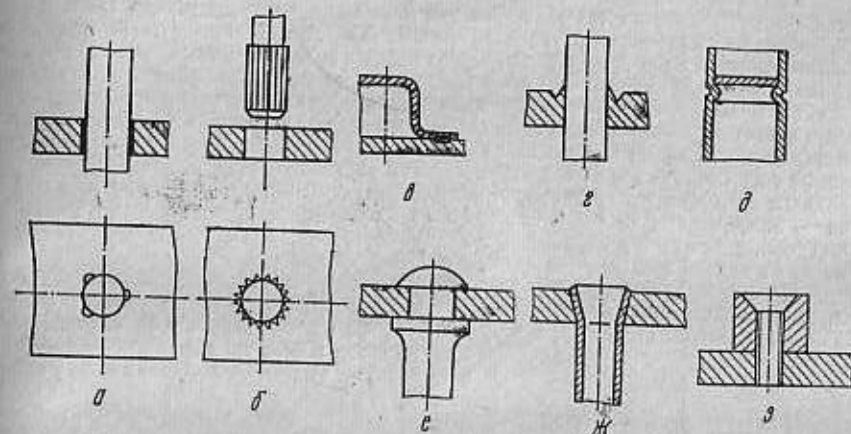


Рис. 10. Способы закрепления элементов изделия при сборке и пайке:

а — кернение в трех точках; б — накатка; в — точечная сварка; г — кернение по контуру; д — зиговка; е — расклепывание; ж — развальцовка; з — крепление винтом.

Кроме того, при конструировании отдельных элементов деталей (например, канавок, пазов, галтелей и т. п.) следует использовать имеющиеся стандарты, что позволяет унифицировать и нормализовать режущий инструмент, сократить его номенклатуру и, в конечном результате, повысить производительность труда.

Детали, подвергаемые термообработке. Одним из основных критериев технологичности деталей, подвергаемых термообработке, является правильный выбор материала. Выбирая материал и назначая его твердость, необходимо учитывать прокаливаемость и возможную деформацию детали при термообработке. Следует учитывать, что чем выше назначаемая твердость, тем вероятнее появление трещин вследствие остаточных напряжений; мелкие, простые по форме детали менее склонны к короблению, поводке и образованию трещин.

Для уменьшения объема брака по трещинам и поводке в качестве материала, применяемого для термообработки деталей, необходимо применять низколегированные стали, отличающиеся большей технологичностью при термообработке по сравнению с другими сталями. Для деталей сложной конфигурации с переменными сечениями и элементами, вызывающими концентрацию напряжения, следует предусматривать закалку в масле.

Назначаемая твердость должна иметь интервал возможных значений: для материала средней твердости 6...7 единиц HRC (например, сталь 30ХГСА, HRC 34...39), для материала высокой твердости — 4...5 единиц HRC (например, сталь ХВГ, HRC 58...62).

Детали, поддаваемые электрофизической и электрохимической обработке. Общими характерными особенностями электрофизических и электрохимических методов обработки, обусловившими их развитие и широкое практическое применение в машиностроении, являются: независимость обрабатываемости материала от твердости и вязкости его (кроме ультразвуковой обработки); возможность копирования формы инструмента одновременно по всей поверхности заготовки при простом поступательном перемещении инструмента, благодаря чему повышается производительность процесса; широкий диапазон технологических показателей процесса; практически отсутствие силового воздействия на обрабатываемое изделие, что позволяет обрабатывать тонкостенные и ажурные детали; возможность автоматизации процесса обработки.

Характеристика основных электрофизических и электрохимических методов обработки и их технологические возможности приведены в табл. 26.

Детали, получаемые гальванопластикой. Гальванопластика является одним из самых прогрессивных, эффективных и экономичных методов изготовления металлических изделий сложной формы, с рельефной и фактурированной поверхностью. Гальванопластика представляет собой процесс получения точных негативных металлических копий путем электроосаждения металла или сплава металлов на соответствующую модель. Модель, выполненная из токопроводящего материала или из пластмассы, покрытой токопроводящим слоем, служит катодом, а пластины осаждаемого металла или сплава — анодом. После завершения электрохимического осаждения металла полученную копию отделяют от модели. Металлическая копия точно воспроизводит макро- и микрорельеф модели и ее размеры.

Преимуществом метода гальванопластики при изготовлении матриц литейных форм и других выгнутых изделий является то, что необходимые для них модели выпуклые, т. е. более простые в изготовлении. Пластмассовые модели можно отлить в формах, их легче обработать, чем металлические матрицы или другие изделия. В качестве модели можно использовать готовое изделие и таким образом избежать трудоемкого процесса выполнения сложной формообразующей поверхности методом механической обработки.

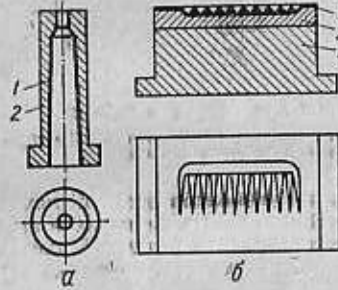


Рис. 11. Вставки матриц, полученные методом гальванопластики:

а — круглая; б — плоская; 1 — рабочий слой (никель — кобальт или никель); 2 — конструктивный слой (медь); 3 — подкладная стальная плита (сращивается с гальванопластическим слоем на клею, пайкой или при помощи крепежных деталей).

На рис. 11 представлены характерные конструкции вставок матриц, полученных методом гальванопластики. В результате применения гальванопластики для изготовления технологической оснастки можно: снизить трудоемкость и повысить производительность труда при изготовлении сложнофасонных вставок в 3...10 раз; снизить разряд работ и высвободить значительное число слесарей-инструментальщиков; ликвидировать операцию хромирования при осаждении сплава никель — кобальт; снизить себестоимость изготовления матриц на 30...50%, причем экономический эффект тем выше, чем более сложная поверхность должна быть у матрицы; обеспечить точность размеров в пределах $IT7...IT9$, за исключением размеров, проверяемых от плоскости разъема как от базы (ввиду необходимости ее шлифования на $0,1...0,5$ мм), для этих размеров может быть достигнута точность в пределах $IT8...IT14$; получить вставки со сложным мелким рельефом, выступающей травировкой и фактурой, имитирующей дерево, шагреньевую кожу и т. п.

В то же время методу гальванопластики присущи следующие недостатки, ограничивающие или затрудняющие в некоторых случаях его применение:

Производительность, $мм^3/мин$

($2...15$) $\cdot 10^3$
50...500
До 220 (для твердых сплавов)

500...600
До 1000 (для твердых сплавов)
50...100
0,1...10

($2...16$) $\cdot 10^3$
25...150
1...20

($0,5...3$) $\cdot 10^3$
(1...8) $\cdot 10^3$
 $1 \cdot 10^3...1 \cdot 10^4$
 $(0,5...1,5) \cdot 10^3$

Обработка

Электроэрозсионная:
электронимпульсная
черновая
чистовая

электронскрапная
черновая

чистовая
прецизионная

анодно-механическая
черновая
чистовая
отделочная

электроконтактная

Производительность, $мм^3/мин$

Выполняемые операции

Точность обработки (кавалит)

Шероховатость поверхности (Ra)

Прошивка сквозных и глухих отверстий, фигурных полостей и каналов

Сквозные копировально-прошивочные работы, шлифование конических и цилиндрических отверстий, прошивка отверстий $0,1...1,5$ мм, изготовление тонкостенных деталей, сеток, про- резка щелей шириной $0,1...0,3$ мм

Разрезание заготовок вращающимся диском толщиной $0,1...0,2$ мм или лентой, шлифование, фасонное долбление профильным инструментом

Заготовительные операции:
обдирка
разрезание
точение
прошивка

50...12,5
6,3...1,6

25...12,5
3,2...0,80
0,40...0,10

25...6,3
6,3...0,80
0,40...0,025

50...25
50...12,5
3,2...0,40
25...12,5

10...13
7...10

8...10
6...7
6...7

8...10
6...7
6...7

10...11
7...10
7...8

26. Характеристика электрофизических и электрохимических методов обработки

* Данные, приведенные в столбце, относятся к процессу обработки стали.

Обработка	Производительность, мм ² /мин*	Выполняемые операции	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности (Ra)
Ультразвуковая; черновая чистовая	(1,2...1,8) · 10 ³	Прошивка круглых и фасонных сквозных и глухих отверстий размерами более 0,3 мм, шлифование, гранирование, прорезка пазов, щелей	6...10 6...10	1,6...0,40 0,40...0,025
Лучевая	—	Прошивка отверстий \varnothing 0,02 мм и более, прорезка пазов, щелей	7...11	0,80...0,20
Магнитноимпульсная	—	Пробивка отверстий, вырубка, опрессовка или раздача заготовок	—	—
Электрохимическая:				
анодно-образная	2...20	Очистка внутренних сложных полостей в алюминиевых деталях	—	1,6...0,80
электроалмазная	100...200	Шлифование	6...7	0,10
в проточном электролите	2 · 10 ³ ...5 · 10 ⁴	Копировально-прошивочная обработка фасонных полостей и криволинейных поверхностей, скругление острых углов, хонингование	8...11**	До 0,012

* Данные, приведенные в столбце, относятся к процессу обработки стали.

** При хонинговании размерная точность не измеряется.

в инструментальном производстве: большая длительность процесса изготовления формирующих вставок (от 10 до 30 сут при непрерывной работе гальванической установки); сложность подготовки тыльной стороны металлической копии — устранение перепадов по высоте, подготовка плоскости и крепление ее к металлической подкладке (эти операции могут быть выполнены как специальными приемами гальванопластики, в частности, наращиванием конструкционного слоя из меди, так и металлической напылением, пайкой, заливкой легкоплавкими сплавами); гальванопластические вставки из сплава никель — кобальт применяются только в формах для литья или прессования термопластичных полимеров из-за сравнительно низкой теплоустойчивости (250...300° С); методом гальванопластики невозможно или весьма затруднительно изготовить детали удовлетворительного качества с высокими выступами, глубокими впадинами, узкими пазами.

При гальванопластике металл осаждается неравномерно: на наружных острых углах модели осаждается наибольшее количество металла, на внутренних углах и в узких пазах — наименьшее. При осаждении металла на больших плоскостях, кроме неравномерности по толщине, могут возникнуть значительные деформации из-за внутренних напряжений.

Для получения более равномерного осаждения металла необходимо, чтобы глубина паза не превышала половины его ширины, а внутренние и наружные углы имели радиусы закругления. Кроме конструкторских приемов, существуют также и технологические приемы увеличения равномерности толщины осаждаемого металла и снижения внутренних напряжений — применение специальных мягких режимов электроосаждения, способов подвески моделей, фигурных анодов и т. п.

Детали, получаемые плазменным напылением. Плазменное напыление — прогрессивный метод изготовления сложных матриц. Матрицы, получаемые плазменным напылением, могут быть использованы в формах для литья пластмассовых и резинотехнических изделий, изделий из алюминия, стекла, воска, парафина.

Сущность процесса изготовления матриц плазменным напылением заключается в следующем. На модель, представляющую собой негатив изготавливаемой матрицы, напыляется в плазменной струе слой металла толщиной 5...15 мм. Затем модель удаляется, а напыленный слой закрепляется в обойму и используется в качестве матрицы.

Методом плазменного напыления можно наносить слои из тугоплавких и жаропрочных материалов. Модели изготавливаются из металлов (многократного использования) и керамики или гипса (однократного использования).

При использовании плазменного напыления производительность труда повышается в несколько десятков раз по сравнению с механической обработкой при изготовлении оснастки. Нарращивание слоя 5...7 мм на установке УПУ-2М на вставку площадью около 100 см² длится 20...30 мин. Получаемая при этом шероховатость поверхности — до Ra 0,20, точность размеров — до 1/7.

Недостатки метода плазменного напыления следующие: напыленный материал, особенно тугоплавкий и твердый, очень хрупкий и склонен к растрескиванию под действием внутренних напряжений, поэтому плазменное напыление не применяется для изготовления оснастки, работающей при высоких динамических нагрузках и давлениях (наиболее пластичными являются напыленные слои никеля); плазменным напылением нельзя получить матрицы с глубокими пазами, выступами, труднодоступными местами, так как в этих элементах конструкции не выдерживаются оптимальные углы напыления, понижаются механические свойства напыленных материалов, снижается шероховатость рабочей поверхности (отношение глубины паза к ширине не должно превышать 1/3; при плазменном напылении нельзя использовать пластмассовые модели ввиду высокой температуры нагрева (500...700° С).

Метод плазменного напыления рекомендуется для изготовления матриц замкнутого контура, не имеющих глубоких пазов, больших углублений и выступов (типа чашек, стаканов, и т. п.), так как при изготовлении деталей

открытого контура возможно сильное коробление напыленного слоя, а также для изготовления матриц из жаропрочных, тугоплавких и износостойких материалов.

Детали, получаемые путем выдавливания мастер-пуансоном. Сущность процесса заключается во вдавливании закаленного инструмента (мастер-пуансона) в отожженную заготовку с помощью тихоходного пресса (скорость 0,06...0,07 мм/с).

Схема процесса выдавливания мастер-пуансоном представлена на рис. 12.

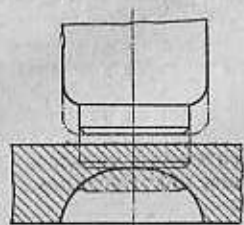


Рис. 12. Схема выдавливания мастер-пуансоном.

Этот метод выдавливания применяется в основном для получения сложных матриц и других вогнутых фасонных стальных деталей, которые трудно изготовить путем механической обработки.

При использовании этого метода изготовления изделий в 10...12 раз снижается трудоемкость; достигается высокая прочность и износостойкость матриц в результате применения углеродистых и легированных сталей и упрочнения поверхностного слоя детали; обеспечивается полная идентичность поверхности всех деталей.

К недостаткам метода относятся трудоемкость изготовления мастер-пуансонов (по сравнению, например, с трудоемкостью изготовления моделей, применяемых в гальванопластике); невозможность получения или большие трудности при изготовлении тонкого рельефа, узких глубоких пазов или узких выступов.

При проектировании изделий, изготавливаемых выдавливанием мастер-пуансоном, необходимо учитывать следующие рекомендации:

заготовки для выдавливания изготавливают в соответствии с габаритными размерами и конфигурацией требуемого изделия (характерные формы заготовок представлены на рис. 13);

все размеры заготовки задают по IT12...IT14, шероховатость рабочей поверхности назначают в пределах Ra 0,20...0,025;

заготовку перед выдавливанием отжигают до заданной твердости.

При назначении твердости материала заготовок для выдавливания мастер-пуансоном можно использовать следующие данные:

Материал	Твердость HB
Армированный 910	От 95 до 100
Сталь 10, 20	> 110 > 120
Сталь 45, 12ХНЗА	> 135 > 150
40Х, У10А	> 160 > 180
ШХ15, ЗХ2ВВ	> 196 > 215

Мастер-пуансоны изготавливают методом слесарно-механической обработки. Размеры рабочей части выполняют по IT7...IT8, остальные — по IT12...IT14. Шероховатость рабочей части находится в пределах Ra 0,20...0,025.

Мастер-пуансоны изготавливают из стали У10А, Х12М, Х6ВФ, Р18 и подвергают закалке до твердости HRC 59...62.

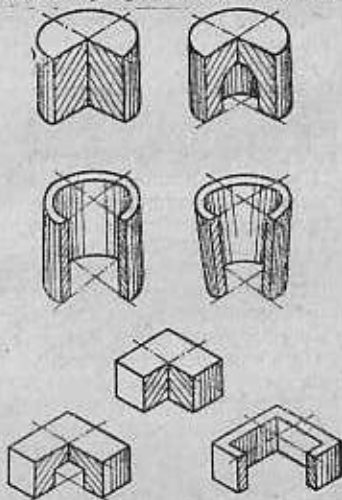


Рис. 13. Заготовки для выдавливания мастер-пуансоном.

Стойкость мастер-пуансонов находится в пределах от 10 до 200 ходов, в зависимости от требуемой формы детали, материала заготовки и мастер-пуансона.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

Общие требования. При проектировании пластмассовых деталей необходимо стремиться к обеспечению рациональных условий течения материала в форме, уменьшению внутренних напряжений и степени коробления, повышению точности изготовления, облегчению извлечения детали из формы. Это достигается при выполнении следующих требований, предъявляемых к конструкции:

деталь должна иметь технологические уклоны;

допуски на деталь должны быть технически обоснованными, выбранными с учетом условий эксплуатации детали, усадки материала и высоты детали, влияющей на величину уклона;

в деталях не должно быть поднутрений, препятствующих извлечению их из формы;

конфигурация деталей должна быть по возможности наиболее простой, чтобы не возникла необходимость в применении разъемных матриц и пуансонов;

детали должны иметь закругления, при наличии которых повышается прочность, облегчается формование детали и улучшается ее внешний вид; толщины стенок детали должны быть одинаковыми или близкими по значению;

детали, особенно прессованные, должны быть по возможности компактными, без консольных выступов значительной длины;

при выборе материала должно быть учтено влияние среды, в которой будет находиться деталь при эксплуатации.

При проектировании необходимо учитывать, что наибольшая степень коробления наблюдается у больших плоских деталей, не имеющих ребер жесткости, у разнотолщинных деталей или деталей с односторонней арматурой, при несоответствии выбранной пластмассы условиям эксплуатации. Трещины возникают вследствие чрезмерных внутренних напряжений в деталях со значительной разнотолщиностью, при отсутствии достаточных радиусов закруглений и неправильной установке металлической арматуры. Трещины и коробление могут проявиться не сразу после изготовления детали, а при ее эксплуатации.

Толщина стенок. Для определения наименьшей допускаемой толщины стенок деталей S , мм, рекомендуются следующие эмпирические формулы: для терморезистивных материалов —

$$S = \frac{2h}{L-20} + \frac{1}{1g a};$$

для термопластичных материалов —

$$S = 0,8 \sqrt[3]{h} - 2,1,$$

где h — высота стенки, мм; L — текучесть по Рашигу, мм; a — удельная ударная вязкость пластмассы, кгс · см/см².

Формула для реактопластов дает удовлетворительные результаты при высоте детали до 200 мм, текучести по Рашигу от 50 до 200 мм и удельной ударной вязкости от 2,5 до 100 кгс · см/см².

Разнотолщинность формируемых деталей должна быть не более 2,1 : 1.

Переходы от большего сечения стенки к меньшему рекомендуется округлять или выполнять в виде наклонных поверхностей.

Технологические уклоны. При проектировании пластмассовых деталей рекомендуются следующие уклоны:

Поверхности	Углы технологических уклонов
Наружние	15°, 30°, 1°
Внутренние	30°, 1°, 2°
Внутренние отверстия глубиной до 1,5 <i>S</i>	15°, 30°, 45°
Ребра жесткости, выступы	2°, 3°, 5°, 10°, 15°

Технологические уклоны не назначают, если деталь имеет конусную или сферическую поверхность, так как при этом обеспечивается легкое извлечение ее из формы. Если деталь необходимо оставить при раскрытии формы на каком-либо ее элементе, например, на пуансоне, с которого затем она сбрасывается тем или иным способом, то на детали предусматривают обратный уклон.

Элементы повышения жесткости. В пластмассовых деталях часто применяют ребра жесткости, фланцы, буртики, значительно повышающие жесткость и уменьшающие коробление. Толщина ребер жесткости обычно не превышает 0,6...0,8 толщины стенок изделия. Разнообразности формы ребер жесткости и их размеры представлены на рис. 14.

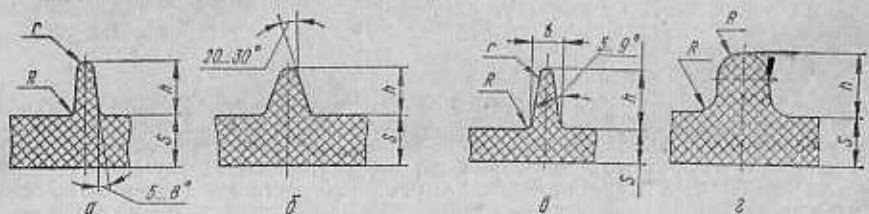


Рис. 14. Ребра жесткости в пластмассовых деталях:

$a - r = 0,25S, R = 3S, h = 3S$; $б - h = (0,7...1,0) S$; $в - b = (0,7...0,9) S, h = (1...3) S, R > 1,5 \text{ мм}, r = (0,25...0,35) S$; $г - R = (0,5...0,6) S, h_{\text{max}} = 2,5S$.

Радиусы закруглений. При наличии радиусов закруглений облегчается течение массы в форме (особенно у термопластов), уменьшается износ пресс-формы, облегчается извлечение деталей из формы, улучшается их внешний вид.

Радиусы закруглений не предусматриваются, в основном, только на элементах, находящихся в плоскости разреза форм.

Наименьший допускаемый радиус наружного закругления для деталей из реактопластов составляет 0,8 мм, для термопластов — 1...1,5 мм; внутреннего закругления для деталей из полистирола и полиметакрилата — 1,0...1,6 мм, из полиамидов — 0,5...1,0 мм, из фенопластов и амфиопластов — 0,5...1,6 мм.

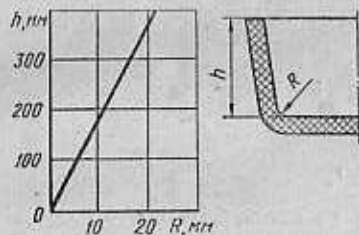


Рис. 15. Рекомендуемые радиусы закругления в зависимости от высоты стенки прессуемой детали.

Номинальные радиусы закруглений внутренних углов для фенолформальдегидных пресспорошков типа 03—010—02 и 32—330—02 при толщине стенок деталей 1,0; 2,5 и 3,0...4,0 мм составляют соответственно 0,5; 1,0 и 1,6...3,0 мм.

Рекомендуемые значения радиусов закруглений R в зависимости от высоты стенки детали h представлены на рис. 15.

Отверстия. Рациональное конструктивное оформление отверстий весьма

важно для обеспечения нормальной работы пресс-форм и получения изделий высокого качества. При неправильно выбранном отношении глубины отверстия к диаметру и недостаточном расстоянии от края отверстия до края изделия может разрушиться при прессовании формирующий отверстие знак или

произойдет растрескивание детали. Допустимая глубина отверстия при заданном диаметре зависит от расположения отверстия в изделии, способа крепления знака, направления оси отверстия, технологии изготовления.

27. Параметры отверстий, оси которых параллельны направлению прессования

Диаметр отверстия, мм	Наибольшее отношение глубины отверстия к его диаметру		Наименьшая величина переменной, мм		Минимальная толщина для глухих отверстий, мм
	для отверстий по краям изделия	для отверстий в центре изделия	между отверстиями	между краем отверстия и краем изделия	
До 2,5	2,0	2,5	0,5...0,7	1,00	1,0
Св. 2,5 до 3,0	2,3	3,5	0,8...1,0	1,25	1,0
» 3,0 » 4,0	2,5	3,8	0,8...1,0	1,50	1,2
» 4,0 » 5,0	2,8	4,2	1,0...1,2	1,75	1,5
» 5,0 » 6,0	3,0	4,8	1,0...1,2	2,00	1,5
» 6,0 » 8,0	3,4	5,0	1,2...1,5	2,25	2,0
» 8,0 » 10,0	3,8	5,5	1,2...1,8	2,75	2,5
» 10,0 » 12,0	4,2	6,0	2,0...2,2	3,25	2,5
» 12,0 » 14,0	4,6	6,5	2,2...2,5	3,75	3,0
» 14,0 » 18,0	5,0	7,0	2,5...3,0	4,00	3,0
» 18,0 » 30,0	—	—	4,0	4,00	4,0
» 30,0 » 50,0	—	—	5,0	5,00	5,0

28. Параметры отверстий, оси которых параллельны направлению литья

Диаметр отверстия, мм	Отношение глубины отверстия к его диаметру при креплении знаков	
	одно-стороннем	двух-стороннем
До 2,5	1,5...	4
Св. 2,5 до 4,0	1,8	5
» 4,0 » 6,0	2,0	6
» 6,0 » 8,0	2,5	7
» 8,0 » 10,0	3,0	8
» 10,0 » 14,0	3,5	9
» 14,0 » 18,0	4,0	10

29. Параметры отверстий, оси которых перпендикулярны к направлению прессования или литья

Диаметр отверстия, мм	Наибольшее отношение глубины отверстия к его диаметру			
	Прессование при креплении знаков		Литье при креплении знаков	
	одно-стороннем	двух-стороннем	одно-стороннем	двух-стороннем
До 2,0	1...	4	2,5	6
Св. 2,0 до 4,0	1,2	5	3,0	7
» 4,0 » 6,0	1,5	6	3,5...	8
» 6,0 » 8,0	1,8	7	4	9
» 8,0 » 10,0	2,0	8	4,5	10
» 10,0 » 14,0	2,5	9	5,5	11

Для увеличения длины отверстий рекомендуется предусматривать в детали дополнительные технологические отверстия под специальные знаки — опоры, поддерживающие основной формирующий знак при прессовании или литье.

Для получения в пластмассовых деталях отверстий сложной конфигурации, в том числе овальных, треугольных, фигурных, которые выполнить путем механической обработки невозможно или трудно, можно рекомендовать метод формования.

Резьба. При формировании пластмассовых деталей обычно выполняют и резьбу, но она может быть получена и путем механической обработки или установки металлических элементов с резьбой в прессованном изделии.

Для пластмассовых деталей в большинстве случаев резьбу по ГОСТ 11709-71 или 9150-59. Допускается также применение прямоугольной, трапециевидной, упорной и круглой резьбы. При этом необходимо учитывать следующие рекомендации:

отношения диаметров формирующих резьбовых знаков к глубине формования выбираются такими же, как и для гладких знаков, формирующих отверстия, но за расчетный диаметр знака принимается внутренний диаметр резьбы; если это не противоречит специальным требованиям, длину нарезанной части отверстия следует принимать равной 1,5...2 диаметрам резьбового знака;

не рекомендуется формировать в пластмассовых деталях резьбовые отверстия диаметром менее 3 мм и шагом менее 0,45 мм; их следует выполнять методом механической обработки;

для терморезистивных материалов с порошкообразным наполнителем максимальная прочность резьбы обеспечивается при шаге 1,5 мм, который и следует применять для несущих деталей (при более крупном шаге резьба выкрашивается, а при шаге менее 1,5 мм элементы резьбы перебогачаются смолой, в результате чего снижается прочность на срез); особо крупную резьбу по ГОСТ 11709-71 целесообразно назначать при малых диаметрах отверстий;

для термопластичных материалов из условий прочности следует назначать оптимальный шаг резьбы 2...3 мм (при меньшем шаге может произойти соскальзывание витков в сопряжении даже в случае действия сравнительно небольших нагрузок); наружный диаметр гаек из реактопластов следует назначать предпочтительно равным 1,75...2 диаметра резьбы;

для обеспечения достаточной прочности резьбовых деталей и формирующих резьбовых знаков необходимо предусматривать цилиндрические пояски на входе и на выходе резьбы (рис. 16);

высота поясков выбирается в зависимости от шага резьбы:

Шаг резьбы, мм	Высота поясков h , мм
От 0,5 до 0,8	0,6
> 0,75 > 1,25	0,8
> 1,25 > 1,5	От 1,0 до 1,5
> 1,5 > 2,5	> 1,5 > 2,5
> 2,5 > 5	> 2,5 > 5

В пластмассовых деталях можно получить методом формования резьбу с точностью 176...1711. Более высокая точность может быть достигнута при механической нарезке резьбы.

При расчете прочности резьбовых элементов деталей из пластмасс необходимо учитывать коэффициент концентрации напряжений, который для винтов и гаек из полиамидов и других термопластов достигает 2,0, а для реактопластов — 5,5.

Арматура. Для повышения прочности и жесткости пластмассовых деталей или для сборки отдельных элементов в изделие применяется арматура.

Обычно арматуру устанавливают в детали непосредственно во время формования. При этом в результате усадки материала, разности коэффициентов теплового линейного расширения пластмассы и металла или другого армирующего материала создается прочное неразъемное соединение.

Для увеличения сил сцепления на поверхности армирующих вставок предварительно выполняют рифления, выштамповку, разрез (вилку), отгиб и т. п. (рис. 17).

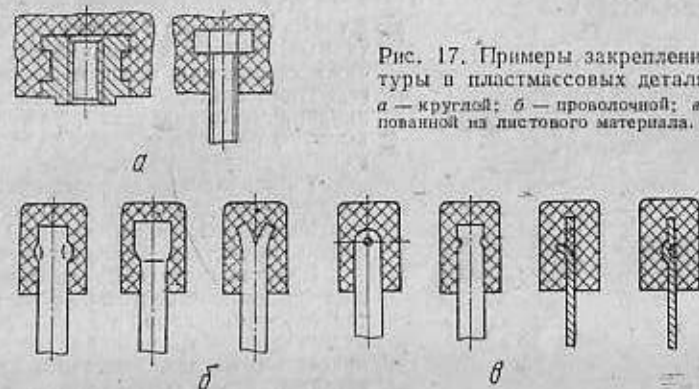


Рис. 17. Примеры закрепления арматуры в пластмассовых деталях: а — круглой; б — проволоочной; в — штампованной из листового материала.

Существует также метод установки арматуры в отверстие изделия сразу же после извлечения его из пресс-формы. В этом случае соединение обеспечивается в результате продолжающейся после извлечения из пресс-формы усадки материала, плотно охватывающего арматуру.

Арматуру можно установить и в охлажденное изделие, используя отгибку, расклепывание, оплавление (для термопластов) или крепление на винтах и на клею.

ТРЕБОВАНИЯ К СВАРНЫМ И КЛЕВЫМ СОЕДИНЕНИЯМ ПЛАСТМАССОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Сварные соединения. Сварка широко применяется для соединения термопластичных материалов, в основном пленок и листов. Преимуществом сварного соединения по сравнению с клепаным или клеевым является высокая прочность (50...100% прочности основного материала), кроме того, сварка характеризуется более высокой производительностью и меньшей трудоемкостью, чем клепка и склеивание.

При сварке пластмассовые детали в месте контакта нагревают до вязкотекучего состояния различными источниками тепла (нагревательными элементами, газовыми теплоносителями, экструдированными присадками) или при помощи энергии ультразвуковых колебаний, трения, нейтронного облучения. С помощью нагревательных элементов можно сваривать пластмассы, которые не свариваются ТВЧ (фторопласт 4, полистирол, полиэтилен). Наиболее распространенный метод — сварка газовыми теплоносителями (подогретыми воздухом, азотом, аргоном или продуктами сгорания горючих газов — подорода, ацетиленом и др.). Этим методом сваривают винилпласт, полиамиды, полиэтилен, оргстекло.

Сварка обычно применяется для соединения пленок внахлестку, в том числе по скошенным кройкам. Разделка кромок под сварку стыковых соединений показана на рис. 18.

Если толщина листов S не превышает 2 мм, разделку кромок не производят, провар обеспечивается при зазоре в стыке до 1,5 мм. V-образная разделка кромок применяется при $S = 2...8$ мм (при $S = 2...6$ мм $\alpha = 55...$

60°, при $S > 6$ мм $\alpha = 70 \dots 90^\circ$; с увеличением α прочность соединения возрастает). Х-образная разделка кромок более прочна и экономична, чем V-образная. При V-образной разделке и $\alpha = 90^\circ$ прочность шва на растяжение составляет 250 кгс/см², а при Х-образной разделке — 400 кгс/см².

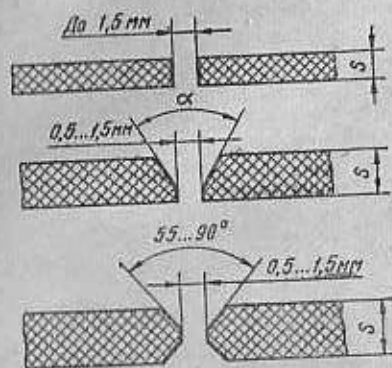


Рис. 18. Разделка кромок под сварку.

Клеевые соединения. Основным преимуществом клеевых соединений является возможность склеивания при помощи синтетических полимерных материалов различных пластмасс между собой, а также пластмасс с металлом, деревом, тканью, стеклом, керамикой и т. п. Клеевые соединения отличаются хорошей герметичностью, сопротивляемостью вибрационным нагрузкам, но имеют невысокую прочность, особенно при повышенных температурах.

Термопластичные полимерные материалы (полистирольные пластики, поливинилхлорид, оргстекло и др.) можно склеивать раствором того же материала.

Процесс склеивания состоит обычно из трех этапов: подготовки поверхностей (обезжиривание, а для некоторых материалов — химическая обработка), нанесения клея и выдержки клеевого соединения под давлением.

В клеевых соединениях зазор между склеиваемыми поверхностями составляет 0,1...0,2 мм.

При проектировании клеевых соединений следует стремиться к тому, чтобы при нагрузке в них возникали лишь равномерные напряжения сдвига. При неравномерном приложении нагрузки прочность для большинства клеев не превосходит 50 кгс/см². Высокой прочностью обладают клеи в виде двусторонней накладки и внахлестку. Для увеличения прочности клеевые соединения часто комбинируют с соединением на заклепках.

Многие пластмассы (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид) являются химически инертными материалами, поэтому перед склеиванием требуется их специальная химическая и химико-термическая обработка. Так, перед склеиванием полиэтилена и полипропилена эпоксидными клеями производят обработку склеиваемых поверхностей хромовой кислотой при 75° С в течение 1 мин; в случае применения резиновых клеев предварительную обработку производят раствором синтетического каучука в четыреххлористом углероде, трихлорэтилене или бензине.

Рекомендации по применению клеев для соединения различных материалов приведены в табл. 30 и 31.

30. Основные виды клеев

Порядковый номер	Клей	ГОСТ или ТУ	Марка	Свойства клеевого шва
1	Фенолполивинилбурачный	ГОСТ 12172—74	БФ-2	Водо- и кислотостойкий
2	Полиуретановый	АМТУ 342—54	БФ-4 ПУ-2	Водостойкий Устойчив к ударным нагрузкам, водостойкий

Продолжение табл. 30

Порядковый номер	Клей	ГОСТ или ТУ	Марка	Свойства клеевого шва
3	Синтетический	МРТУ 6—М—800—61	МПФ-1	Неводостойкий, эластичный
4	"	МРТУ 6—05—1100—68	ФЛ-ИС	Устойчив в кислых и щелочных ваннах аэрирования, водостойкий
5	Акриловый	ТУ ПВН 453—66	Циакрил 30	Ограниченно водостойкий (при эксплуатации во влажной среде рекомендуется герметизировать шов герметиком У-3096)
6	Эпоксидный компаунд	ТУ 6—05—1584—72	К-153	Стойкий к действию переменных температур ±60° С в течение 30 сут, водостойкий
7	Синтетический	ГОСТ 5.581—70	ВС-10Т	Стойкий к действию органических растворителей, ограниченно водостойкий
8	Виниловый	МРТУ 6—17—223—67	ВК-32-200	Водостойкий
9	Наиритовый	ТУ 6—05—251—02—73	КЛН-1	"
10	Фенолформальдегидный	Инструкция № 45—60	ВИАМ-БЗ	"
11	То же	ТУ—ГХП № М—160—59	РАФ-10	Не вызывает изменения поверхности на оргстекле, водостойкий
12	Полиэфирный	ТУ 84—23—68	ПФЭ-2/10	Водостойкий
13	Полиуретановый	Инструкция № 822—66	ПУ-2М	Имеет высокую прочность при склеивании полиэтилена и полипропилена между собой и с металлом
14	Эпоксидно-фурановый	ВТУ № П—240—61	БОВ-1	Водостойкий, устойчив в среде органических растворителей, имеет высокую прочность при отрыве в случае склеивания металлов (300...450 кгс/мм ²)
15	Синтетический	Инструкция ВИАМ № 822—66	ПК-10	Водостойкий
16	Хлоропреновый (наиритовый)	МРТУ 38—5—880—66	88Н	Водо- и светостойкий
17	Синтетический	ТУ 38—5—227—67	88НП 78ВЦС	Водостойкий
18	Мочевинно-формальдегидный	МРТУ 6—05—1106—22	МФ-17, М-60	Стойкий в среде слабых растворов кислот и щелочей, водостойкий
19	Перхлорвиниловый	ТУ 6—15—185—68	Всех марок	Ограниченно водостойкий

31. Рекомендации по выбору клеев

Склеиваемые материалы	Сталь	Алюминий и его сплавы	Полистирол	Полиметилметакрилат	Полиамид
Сталь	1...8	1...8	1, 2, 14	6	2, 3
Алюминий и его сплавы	1...8	1...8	1, 2, 14	6	2, 13
Полистирол	1, 14	1, 14	2, 6, 14	2, 6, 14	—
Полиметилметакрилат	6	6	2, 6, 14	2, 8, 11, 12	—
Полиамид	1, 2, 14	13	—	—	3, 11, 12
Поливинилхлорид	2, 10, 16	2, 10, 13, 16	—	—	1
Фторопласт 4	2, 6, 8	2, 6, 8	2, 6, 8	—	—
Пенопласт	1, 2, 6, 7, 8, 10, 11, 14	1, 2, 6, 8, 10, 11, 14	1, 2, 6, 14, 16	—	—
Прессматериал (фено- и аминопласты)	1, 5, 6	2, 5, 8	2, 6, 14	6, 14	13
Стеклопластик	1, 2	2, 6, 7, 8	14	1, 2	1, 13
Асбестостолит	1, 2, 6	6, 7	14	1, 2	1, 13
Древесные материалы	1, 2, 5, 11	1, 2	—	—	—
Керамика, силикатное стекло	1, 5, 6, 8	1, 5, 6, 8	14	2, 6	13
Резина на основе НК, СКН, СКБ	5, 16	5, 16	16	5, 16	—

Примечание. Цифрами указаны порядковые номера клеев согласно материалов.

НАЗНАЧЕНИЕ СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТЕРМООБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Термообработка заключается в изменении структуры и, следовательно, механических, физических и химических свойств металлов и сплавов в результате превращений, протекающих при их нагреве и охлаждении.

Изменение температуры обрабатываемого изделия в процессе термообработки во времени можно изобразить графически в координатах температура — время (рис. 19).

Регулируя температуру нагрева и скорость охлаждения, можно в очень широких пределах изменять свойства материала, подвергаемого термообработке.

Термообработку можно назначать для полуфабрикатов (слитков, заготовок, проката) с целью изменения их свойств, определяемых требованиями последующих стадий технологического процесса (предварительная, или про-

в зависимости от склеиваемых материалов

Поливинилхлорид	Фторопласт	Пенопласт	Прессматериал (фено- и аминопласты)	Стеклопластик	Асбестостолит	Древесные материалы	Керамика, силикатное стекло	Резина на основе НК, СКН, СКБ
6, 10, 16	2, 6, 8	1, 2, 6, 7, 8, 10, 14	1, 5, 7	1, 2, 6, 7, 8	1, 2, 11	1, 2, 5, 11	1, 5, 6, 8	5, 16
2, 10, 13	2, 6, 8	1, 2, 6, 7, 8, 10, 14	2, 5, 6	2, 6, 7, 8	6, 7	1, 2, 5, 11	1, 5, 6, 8	5, 16
—	2, 6, 8	2, 6, 14, 16	2, 6, 14	14	14	—	14	16
—	—	—	6, 11, 14	1, 2	1, 2	—	2, 6	5, 16
15, 19	2	15	—	1, 13	1, 13	13	13	—
2	—	—	2	1	1	2, 13	—	—
15	—	2, 7, 14, 16	2, 14	1, 6, 11, 14	1, 6, 11, 14	2, 11	1, 6, 14	16
—	2	2, 14	1, 2, 6, 10, 11, 14	6	6	1, 6	1, 6	—
1	—	1, 6, 11, 14	6	1, 2, 6, 14	1, 2, 6	11	6, 14	16
1	—	1, 6, 11, 14	6	1, 2, 6	1, 2, 6	11	6, 14	16
2, 13	—	11, 2	1, 6	11	11	1, 10, 14, 18	—	5, 16
—	—	1, 6, 14	1, 6	6, 14	6, 14	—	1, 5, 6, 14	—
—	—	16	—	16	16	5, 16	—	16, 17

табл. 30. Прочерк обозначает отсутствие данных о возможности склеивания

межуточная термообработка), или для готовых изделий с целью придания им свойств, определяемых условиями эксплуатации изделия (окончательная термообработка).

Виды термической обработки стали. В соответствии с классификацией академика А. А. Бочвара и рекомендациями по терминологии термообработки комиссии по стандартизации СЭВ, основными видами термообработки, при использовании которых изменяется структура и свойства стали, являются отжиг, нормализация, закалка, отпуск и старение. В табл. 32 приведены некоторые основные виды термообработки стали.

Твердость сталей, получаемая в результате термической обработки. В зависимости от вида термообработки можно получить различные механические свойства, в том числе и твердость. Конструктор обычно указывает твердость на рабочем чертеже детали, подвергаемой термообработке. Для каждого вида стали существует максимальная твердость, которая может быть получена после термообработки. Однако не всегда она задается на рабо-

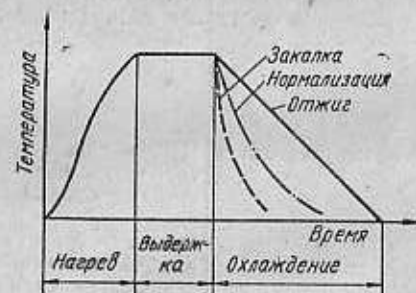


Рис. 19. Схема термической обработки.

чем чертеже. Назначаемая твердость зависит от формы детали: чем сложнее конфигурация и тоньше элементы сечения, тем должна быть ниже назначаемая твердость.

Например, при изготовлении пружин из стали 65Г назначается твердость *HRC* 42...48, а при изготовлении Цанг из той же стали — *HRC* 57...62.

32 Характеристика основных видов термообработки стали

Вид термообработки	Процессы, выполняемые при термообработке	Назначение
Отжиг	Нагрев и последующее медленное охлаждение	Снятие остаточных напряжений в стальных деталях после дутья, сварки, пластической деформации или механической обработки
Нормализация (отжиг нормализационный)	Нагрев, выдержка и последующее охлаждение на спокойном воздухе	Исправление структуры перегретой стали, снятие внутренних напряжений в деталях из конструкционных сталей и улучшение их обрабатываемости; увеличение глубины прокаливаемости инструментальных сталей перед закалкой
Закалка:		
непрерывная	Нагрев, выдержка и последующее резкое охлаждение	Получение, в сочетании с отпуском, высокой твердости и износоустойчивости стальных деталей
прерывистая	Нагрев, выдержка и последующее охлаждение в воде, а затем в масле	Уменьшение остаточных напряжений и деформаций в деталях из высокоуглеродистой инструментальной стали
изотермическая	Нагрев, выдержка и последующее охлаждение в расплавленных солях, а затем на воздухе	Получение после закалки минимальной деформации изделий, повышение пластичности, предела выносливости и сопротивления изгибу деталей из легированной инструментальной стали
отдувчатая	То же (отличается от изотермической закалки меньшим временем пребывания изделия в охлаждающей среде)	Уменьшение напряжений, деформаций (коробления) и предупреждение образования трещин в мелком инструменте из углеродистой инструментальной стали, а также в более крупном инструменте из легированной инструментальной и быстрорежущей стали (P18, P12, P9 и др.)
поверхностная	Нагрев поверхностного слоя и последующее быстрое охлаждение	Для деталей, к которым предъявляются требования поверхностной твердости
с самоотпуском	Отличается от непрерывной закалки тем, что детали охлаждаются не полностью, вследствие чего под воздействием тепла, сохранившегося внутри детали, обеспечивается отпуск закаленного наружного слоя	Для местной закалки ударного инструмента несложной конфигурации, изготовленного из углеродистой инструментальной стали, а также при индукционном нагреве

Продолжение табл. 32

Вид термообработки	Процессы, выполняемые при термообработке	Назначение
с обработкой холодом	Глубокое охлаждение после закалки до температуры -20°C ... -80°C	Повышение твердости и получение стабильности размеров деталей из высоколегированных сталей
с подстуживанием	Нагретые детали перед погружением в охлаждающую среду некоторое время охлаждаются на воздухе или выдерживаются в термостате с пониженной температурой	Сокращение цикла термической обработки стали; применяется обычно после цементации
светлая	Отличается от непрерывной закалки применением контролируемых сред при нагреве и охлаждении	Защита от окисления и обезуглероживания сложных деталей прессформ, штампов и приспособлений, не подвергаемых шлифованию
Отпуск:		
низкий	Нагрев в интервале температур 150°C ... 250°C и последующее ускоренное охлаждение	Снятие внутренних напряжений и уменьшение хрупкости режущего и мерительного инструмента после поверхностной закалки, после закалки цементруемых изделий
средний	Нагрев в интервале температур 350°C ... 500°C и последующее медленное или ускоренное охлаждение	Повышение предела упругости пружин, рессор и других упругих элементов
высокий	Нагрев в интервале температур 500°C ... 680°C и последующее медленное или быстрое охлаждение	Для деталей из конструкционных сталей, как правило, при термическом улучшении
Термическое улучшение	Закалка стали и последующий высокий отпуск	Обеспечение сочетания высокой прочности и пластичности при окончательной термообработке деталей из конструкционных сталей, испытывающих в работе ударные и вибрационные нагрузки
Термомеханическая обработка	Нагрев, быстрое охлаждение до 400°C ... 500°C . Многократное пластическое деформирование, закалка и отпуск	Обеспечение для проката и деталей простой формы, не подвергаемых сварке, повышенной прочности по сравнению с прочностью, получаемой при обычной термической обработке
Старение	Нагрев и длительная выдержка при повышенной температуре	Стабилизация размеров деталей и инструментов из различных сталей

Числа твердости назначают по одной из следующих шкал:
HB — для нормирования твердости всех материалов, ГОСТ 9012—59;
HV — для нормирования твердости тонких образцов толщиной 0,3...0,5 мм или поверхностных слоев толщиной 0,03...0,05 мм, ГОСТ 2999—75;
HRC — для нормирования твердости твердых материалов (термообработанной стали, в том числе и закаленной), ГОСТ 9013—59;

HRA — для нормирования твердости очень твердых материалов (твердых сплавов), ГОСТ 9013—59;
HRB — для нормирования твердости мягких материалов (незакаленная сталь), ГОСТ 9013—59.
 Сравнительные значения чисел твердости по основным шкалам представлены в табл. 33.

В табл. 34 указаны рекомендуемые виды термообработки и значения достижимой максимальной твердости при условии обеспечения оптимальных свойств металла для наиболее широко используемых сталей. Упомянутый в этой таблице процесс цементации рассмотрен ниже.

Рекомендации по термической обработке чугуна и цветных сплавов. Основные виды термообработки, которые целесообразно назначить при конструировании деталей из чугуна, приведены в табл. 35.

Широко применяется также и термообработка цветных металлов и сплавов (табл. 36).

33. Сравнительные значения чисел твердости

Твердость									
по Бри- неллю (ГОСТ 9012—59)	по Вик- керу (ГОСТ 2999—75)	по ГОСТ 9013—59			по Бри- неллю (ГОСТ 9012—59)	по Вик- керу (ГОСТ 2999—75)	по ГОСТ 9013—59		
		HRC	HRB	HRA			HRC	HRB	HRA
—	1076	70	—	86,5	372	393	40	—	70,5
—	1004	69	—	86	363	—	—	—	—
—	942	68	—	85,5	352	373	38	—	—
—	894	67	—	85	341	—	—	—	—
—	854	66	—	84,5	332	353	36	—	—
—	820	65	—	84	321	—	—	—	—
—	789	64	—	83,5	312	334	34	—	—
—	763	63	—	83	302	—	—	—	—
—	739	62	—	82,5	297	317	32	—	—
—	715	61	—	81,5	293	—	—	—	—
—	695	60	—	81	280	—	—	—	—
—	675	59	—	80,5	283	301	30	—	—
—	655	58	—	80	277	—	—	—	—
—	636	51	—	79,5	270	285	28	—	—
—	617	56	—	79	260	271	26	—	—
—	598	55	—	78,5	255	—	—	—	—
—	580	54	—	78	250	257	24	—	—
—	562	53	—	77,5	248	—	—	—	—
—	545	52	—	77	241	—	—	—	—
—	528	51	—	76,5	240	246	22	100	—
—	513	50	—	76	235	—	—	—	—
—	498	49	—	75,5	234	—	—	99	—
—	485	48	—	74,5	230	236	20	—	—
—	471	47	—	74	229	—	—	—	—
—	—	—	—	—	228	—	—	98	—
444	—	—	—	—	223	—	—	—	—
437	458	46	—	73,5	222	—	—	97	—
429	—	—	—	—	217	—	—	—	—
426	446	45	—	73	216	—	—	96	—
415	435	44	—	72,5	212	—	—	—	—
401	—	—	—	—	210	—	—	95	—
393	413	42	—	71,5	207	—	—	—	—
388	—	—	—	—	205	—	—	—	—
375	—	—	—	—	—	—	—	94	—

Твердость									
по Бри- неллю (ГОСТ 9012—59)	по Вик- керу (ГОСТ 2999—75)	по ГОСТ 9013—59			по Бри- неллю (ГОСТ 9012—59)	по Вик- керу (ГОСТ 2999—75)	по ГОСТ 9013—59		
		HRC	HRB	HRA			HRC	HRB	HRA
201	—	—	—	—	147	—	—	—	79
200	—	—	93	—	144	—	—	—	78
197	—	—	—	—	143	—	—	—	—
195	—	—	92	—	141	—	—	—	77
192	—	—	—	—	140	—	—	—	—
190	—	—	91	—	139	—	—	—	76
187	—	—	—	—	137	—	—	—	75
185	—	—	90	—	135	—	—	—	74
180	—	—	89	—	131	—	—	—	—
179	—	—	—	—	130	—	—	—	72
176	—	—	88	—	128	—	—	—	—
174	—	—	—	—	126	—	—	—	—
172	—	—	87	—	125	—	—	—	70
170	—	—	—	—	123	—	—	—	—
167	—	—	—	—	121	—	—	—	—
165	—	—	85	—	118	—	—	—	—
163	—	—	—	—	117	—	—	—	66
162	—	—	84	—	116	—	—	—	—
159	—	—	83	—	114	—	—	—	64
156	—	—	82	—	111	—	—	—	—
153	—	—	81	—	110	—	—	—	62
152	—	—	—	—	109	—	—	—	—
150	—	—	80	—	107	—	—	—	60
149	—	—	—	—	—	—	—	—	—

34. Достижимая максимальная твердость сталей

Сталь	Марка	Твердость HRC	Рекомендуемый вид термообработки			
			Отжиг	Цементация	Закалка	Отпуск
Конструкционная углеродистая	25	27...33	—	—	+	+
	40	40...45	—	—	+	+
	45	48...52	—	—	+	+
	50	50...55	—	—	+	+
	65	50...58	—	—	+	+
Легированная конструкционная	65Г	57...62	—	—	+	+
	38ХА	45...50	—	—	+	+
	40Х	50...54 (HV 610*)	—	—	+	+
	35Г2	48...56	—	—	+	+
	45Г2	43...49	—	—	+	+
	40ХГР	38...45	—	—	+	+
	40ХГ	48...55	—	—	+	+
	38ХС	52...55	—	—	+	+
	40ХС	50...55	—	—	+	+
	15ХМ	28...30	—	—	+	+

Продолжение табл. 34

Сталь	Марка	Твердость HRC	Рекомендуемый вид термообработки			
			Отжиг	Цементация	Закалка	Отпуск
Легированная конструкционная	35XM	45...50	—	—	+	+
	20XH	26...30	—	—	+	+
	40XH	50...54	—	—	+	+
	30XГC	45...50	—	—	+	+
	30XГCНА	44...47	—	—	+	+
	38XГM	33...38	—	—	+	+
	40XHBA	35...39 (HV 640*)	—	—	+	+
	40XHMA	35...39 (HV 600*)	—	—	+	+
	30XГНА	35...39	—	—	+	+
	38XMОА	HV 850...1000*	—	—	+	+
Конструкционная цементируемая	10	56...62	—	+	+	+
	20	56...62	—	+	+	+
	15Г	56...62	—	+	+	+
	20Г	56...62	—	+	+	+
	15X	58...62	—	+	+	+
	20XГ	56...60	—	+	+	+
	20XГР	58...63	—	+	+	+
	18XГH	56...62	—	+	+	+
	18XГM	58...62	—	+	+	+
	18XГT	58...62	—	+	+	+
Углеродистая инструментальная	12XH3A	56...62	—	+	+	+
	20X2H4A	58...63	—	+	+	+
	У7, У7А	61...63	+	—	+	+
	У8, У8А	61...63	+	—	+	+
	У9, У9А	62...64	+	—	+	+
	У10, У10А	62...64	+	—	+	+
	У11, У11А	62...63	+	—	+	+
	У12, У12А	62...63	+	—	+	+
	У13, У13А	62...63	+	—	+	+
	Легированная инструментальная	X12	58...62	+	—	+
X12M		62...63 (HV 1200*)	+	—	+	—
XГ		61...64	+	—	+	—
X		61...64	+	—	+	—
X09		60...62	+	—	+	—
9XC		63...64	+	—	+	—
6XC		60...62	+	—	+	—
Ф		60...64	+	—	+	—
8XФ		62...64	+	—	+	+
85XФ		50...60	+	—	+	+
B1		58...60	+	—	+	+
3X2B8		49...52 (HV 1100*)	+	—	+	+
4X2B8		40...48 (HV 1200*)	+	—	+	+
XB5		60...64	+	—	+	+
4XB2C		51...53	+	—	+	+
6XB2C	53...58	+	—	+	+	

Продолжение табл. 34

Сталь	Марка	Твердость HRC	Рекомендуемый вид термообработки			
			Отжиг	Цементация	Закалка	Отпуск
	XBG	62...63	+	—	+	+
	9XBG	60...62	+	—	+	+
	5XBG	52...55	+	—	+	+
	5XHM	50...58	+	—	+	+
	5XGM	52...57	+	—	+	+
	5XHT	40...47	+	—	+	+
	X12Ф1	59...63	+	—	+	+

Примечания: 1. Для инструментальных сталей твердость после закалки на 2...3 единицы выше указанной в таблице.
2. Звездочкой отмечены значения твердости после азотирования.

35. Рекомендации по термообработке чугуна

Чугун	Вид термообработки	Назначение
Серый	Низкотемпературный отжиг	Снятие внутренних напряжений, повышение вязкости, стабилизация размеров
	Нормализация	Повышение прочности и износостойкости
Ковкий антифрикционный	Графитизирующий низкотемпературный отжиг	Улучшение обрабатываемости, снижение твердости, повышение пластичности и ударной вязкости
Серый, ковкий антифрикционный	Графитизирующий высокотемпературный отжиг	Улучшение обрабатываемости, снижение твердости, повышение пластичности
Серый, ковкий	Улучшение	Повышение твердости серых чугунов до HRC 50—60, ковких — до HRC 52—58, повышение прочности и износостойкости
Высокопрочный	Изотермическая закалка	Повышение твердости, прочности и износостойкости при минимальном короблении
	Отпуск	Снятие закалочных напряжений, повышение вязкости, пластичности, предела выносливости
	Снятие внутренних напряжений Отжиг	Снятие внутренних напряжений в отливках сложной формы То же, для отливок из чугуна ВЧ 40—10
	Нормализация и отпуск	Повышение прочности и износостойкости
	Изотермическая закалка	Повышение износостойкости мелких деталей простой конфигурации, работающих в тяжелых условиях
	Поверхностная закалка токами высокой частоты	Повышение износостойкости высоконагруженных деталей сложной конфигурации

36. Рекомендации по термической обработке цветных металлов и сплавов

Цветной металл или сплав	Вид термообработки	Назначение
Латунь: всех марок ЛАНКМц 75—2—2,5 —0,5	Низкотемпературный отжиг Закалка и старение	Уменьшение остаточных напряжений Упрочнение
Бронзы: оловянистые безоловянистые	Низкотемпературный отжиг Закалка и старение Отжиг	Повышение упругих свойств Повышение твердости* Снятие нагартовки или повышение пластичности
Деформируемые алюминиевые сплавы, содержащие марганец Деформируемые алюминиевые сплавы, содержащие магний, конструкционные деформируемые алюминиевые сплавы (дюралюминий)	Закалка и старение	Упрочнение

* В частности, бериллиевая бронза БрВ2 после оптимальной термообработки (закалка от 800...820°С и отпуск при 320°С) имеет при обычной температуре твердость, прочность и упругие свойства, превосходящие соответствующие показатели высококачественной стали.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Химико-термическая обработка — это поверхностное насыщение стали тем или иным элементом (например, углеродом, азотом, бором и др.) путем нагрева изделия до заданной температуры в твердой, газообразной или жидкой среде, легко выделяющей диффундирующий элемент, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения.

В процессе химико-термической обработки меняется не только структура, но и химический состав поверхностного слоя, что позволяет в более широких пределах изменять свойства стали.

Химико-термическая обработка стали применяется главным образом для повышения усталостной прочности деталей.

Характеристика некоторых видов химико-термической обработки стали приведена в табл. 37.

37. Основные виды химико-термической обработки стали

Химико-термическая обработка	Процессы, протекающие при химико-термической обработке	Назначение
Цементация (науглероживание)	Насыщение поверхностных слоев углеродом на заданную глубину (после цементации рекомендуется закалка и низкий отпуск)	Получение поверхностного слоя высокой твердости (HV 500..600) и износостойкости при наличии вязкой сердцевины для деталей из любых сталей

Продолжение табл. 37

Химико-термическая обработка	Процессы, протекающие при химико-термической обработке	Назначение
Азотирование	Насыщение поверхностных слоев азотом на заданную глубину (перед азотированием производится закалка и высокий отпуск)	Повышение поверхностной твердости (HV 800...1200), износостойкости, предела выносливости, коррозионной и эрозионной стойкости деталей из любых сталей
Высокотемпературное цианирование (азотоуглероживание)	Насыщение поверхностных слоев азотом и углеродом на заданную глубину (после цианирования рекомендуется поверхностный наклеп)	Повышение поверхностной твердости (HV 650...850), износостойкости, предела выносливости при изгибе и контактной выносливости деталей из низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей (например, 35, 40, 35Х, 40Х и др.)
Борирование	Насыщение поверхностных слоев бором при нагревании в соответствующей среде (после борирования целесообразно производить закалку и отпуск для упрочнения сердцевины)	Повышение износостойкости, твердости (HV 1500...1800), окислительной, термостойкости и коррозионной стойкости деталей из любых сталей

Примечание. В скобках приведены наименования видов химико-термической обработки, рекомендуемых Институтом СЭВ по стандартизации.

ТЕРМООБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

В результате температурного воздействия можно изменить надмолекулярную структуру полимерных материалов, увеличить или уменьшить содержание кристаллической фазы, снять внутренние напряжения, повысить прочность, увеличить жесткость или эластичность, стабилизировать размеры деталей.

Нагрев и быстрое охлаждение кристаллизующихся термопластов способствуют получению преимущественно эластичной аморфной структуры, а медленное охлаждение — образованию более жесткой кристаллической структуры. Рекомендации по термообработке деталей из термопластичных полимерных материалов приведены в табл. 38.

Химико-термическая обработка пластмасс, применяемая обычно перед склеиванием и нанесением лакокрасочных покрытий, рассмотрена в соответствующих разделах справочника.

38. Термическая обработка деталей из термопластов

Среда	Температура, °С	Время обработки		Достижимый эффект
		Нагрев	Охлаждение	
Полиамиды				
Парафин	150...160	5...8 мин/мм	0,1...1 град/мин	Уменьшается хладотекучесть
Парафин, затем нейтральное минеральное масло	160	2...2,5 ч	В воде	Повышается износостойкость
		7 ч	На воздухе	
Пар	100	1...2 ч	» »	Повышается стойкость к динамическим нагрузкам

Среда	Температура, °С	Время обработки		Достижимый эффект
		Нагрев	Охлаждение	
Полиэтилен ВП				
Дистиллированный глицерин	110...130	2 мин/мм	В воде	Повышается стойкость к динамическим нагрузкам, эластичность
То же	110...130	2 мин/мм	На воздухе или вместе с глицерином	Повышается жесткость
Полипропилен				
Кремнийорганическая жидкость № 5	130	2 мин/мм	В воде	Повышается стойкость к динамическим нагрузкам
То же	130	2 мин/мм	На воздухе	Повышается жесткость
Глицерин	130	1...2 ч	» »	Повышается на 20...30% твердость и жесткость литых изделий
Полиформальдегид				
Нейтральное минеральное масло	155	1 мин/мм + + 5 мин	На воздухе	Повышается механическая прочность
Полистирол				
Вода или минеральное масло	65...70	Постепенный нагрев в течение 4...5 ч	На воздухе	Повышается механическая прочность

Примечание. Дополнительно к указанному достижимому эффекту во всех случаях термообработка снимает внутренние напряжения и стабилизирует размеры.

НАЗНАЧЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ И ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ

В зависимости от назначения все покрытия металлов, применяемые в машиностроении, делятся на защитные и защитно-декоративные. Существуют следующие основные виды покрытий, отличающиеся способом нанесения и свойствами: лакокрасочные, гальванические, химические, оксидные, фосфатно-оксидные и металлизация распылением.

Лакокрасочные покрытия регламентированы ГОСТ 9825—73, в котором приведены их классификация и обозначения. Вид лакокрасочного покрытия назначается конструктором в зависимости от требований, предъявляемых к детали, с учетом условий ее эксплуатации.

Стойкость лакокрасочных покрытий в различных средах приведена в табл. 39.

Агрессивная среда	Лакокрасочное покрытие									
	Битумное	Масляное	Глифталевое, модифицированное горячей сушкой	Пентафталеное	Фенолформальдегидное, модифицированное	Виниловое	Мелалюмоакриловое	Нитроцеллюлозное	Кремнийорганическое	Спектральное
Атмосфера: средних широт	Н	У	ВВ	ВВ	ВВ	ВВ	У	Х	Х	ВВ
тропических широт	Н	Н	Х	Х	ВВ	ВВ	Н	Х	У	ВВ
Вода: пресная	Х	У	У	У	Х	ВВ	У	У	Х	ВВ
морская	У	Н	У	У	У	Х	Н	У	У	Х
Минеральное масло	Н	Н	Х	Х	Х	Х	ВВ	У	ВВ	Х
Бензин	Н	Н	У	У	Х	Х	Х	Х	Х	ВВ
Углеводороды	Н	Н	У	У	Х	У	Х	Х	Н	ВВ
Кислота	У	Н	У	Н	Х	ВВ	У	У	У	Х
Щелочь	Н	Н	Н	Н	Х	У	У	У	Н	ВВ

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: Н — низкая, У — удовлетворительная, Х — хорошая, ВВ — весьма высокая стойкость.

Гальванические (электролитические) покрытия применяются в основном для защиты металлических деталей и изделий от коррозии, придания им декоративного вида, а также для повышения износостойкости и восстановления деталей машин, механизмов и приборов, для улучшения антифрикционных свойств.

Вид гальванического покрытия и его толщину выбирают в зависимости от материала, условий эксплуатации (по ГОСТ 14007—68) и назначения детали, назначения, свойства и способа нанесения покрытия, возможности контактирования сопрягаемых металлов и экономических соображений (ГОСТ 14623—69).

В машиностроении и других отраслях промышленности наиболее широко применяют следующие виды гальванических покрытий: меднение, хромирование, никелирование, цинкование, кадмирование, железнение.

Хромирование используют в основном для повышения работоспособности деталей, испытывающих различные виды трения скольжения (шейки валов, шлицевые валы, оси, рейки, детали литейных форм и т. п.). Применение хрома для этой цели обусловлено исключительно высокой твердостью осадков хрома (HV 1200...1300), малым коэффициентом трения и высокой прочностью сцепления хрома с основным металлом. Хром стоек против действия влаги, азотной кислоты и растворов щелочей, длительное время сохраняет свой цвет и блеск, хорошо выдерживает равномерно распределенную по поверхности нагрузку (под действием ударной нагрузки быстро разрушается), обладает антиадгезионными свойствами. Хромированную поверхность можно шлифовать.

Защитно-декоративное хромирование применяется для защиты деталей от коррозии и истирания при эксплуатации, а также для получения декоративных блестящих поверхностей.

Никелирование широко применяется в машиностроении, приборостроении, производстве изделий домашнего обихода для защиты от коррозии и придания изделиям красивого внешнего вида. Никель применяется также в многослойных покрытиях медь — никель и медь — никель — хром.

Электролитическое железнение при толщине слоя 20...100 мкм применяется в полиграфической промышленности для повышения стойкости медных клише, печатных досок и стереотипов, при толщине слоя до 1...3 мкм — для восстановления изношенных деталей машин, автомобилей, тракторов и повышения их износостойкости, так как твердость электролитического железа значительно выше твердости металлургического и приближается к твердости стали. Железнение применяется также для покрытия пластинок твердого сплава перед напайкой их на держатели инструмента для повышения прочности сцепления (толщина покрытия 150...200 мкм).

Химические покрытия. Наиболее широко применяемым процессом нанесения покрытий химическим путем (без применения электрического тока) является химическое никелирование. Получаемое при этом покрытие, являющееся сплавом никеля с фосфором, характеризуется высокой твердостью и износостойкостью.

Толщина покрытия зависит от времени обработки детали в растворе для химического никелирования и составляет обычно 3...30 мкм. После химического никелирования детали подвергают термообработке на воздухе при температуре 300...350° С в течение 1 ч, что обеспечивает высокую твердость (до 800...950 кгс/мм²), адгезию к основе и коррозионную стойкость.

Химическое никелирование рекомендуется назначать для деталей технологической оснастки (матриц, пуансонов и т. п.) вместо хромирования, так как при этом толщина осаждаемого слоя никеля одинакова на всех участках детали, в том числе на глубоких впадинах, чего нельзя или очень трудно достичь при гальванических процессах.

Оксидные и фосфатно-оксидные покрытия. Процессы оксидирования и фосфатирования заключаются в создании на поверхности металлов неорганической пленки в результате химической или электрохимической обработки изделий в специальных растворах.

Стальные изделия оксидируют для защиты от коррозии при эксплуатации их в легких условиях (ГОСТ 14007—68). Если оксидные пленки применяют для защиты от атмосферной коррозии, защитные свойства их можно повысить путем дополнительной обработки маслами. Пленки обладают малым сопротивлением на истирание.

Металлизация распылением. Покрытие металлических деталей путем металлизации распылением применяется для защиты от коррозии, для наращивания толщины изношенных деталей, а также для декоративных целей.

Технология металлизации распылением несложная. С помощью простого оборудования можно покрывать различными материалами крупные детали сложной конфигурации, а также крупные конструкции и изделия в собранном виде.

К недостаткам покрытия, нанесенного методом распыления, относятся невысокая прочность сцепления покрытия с основным металлом, значительно зависящая от способа подготовки поверхности, большие потери напыляемого материала, а также пористость его в тонких слоях.

Виды, ряды толщин и обозначение покрытия указаны в ГОСТ 9791—68. Группы условий эксплуатации покрытий и общие технические требования к выбору защитных и защитно-декоративных покрытий приведены в ГОСТ 14623—69.

ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

В тех случаях, когда пластмассовым деталям необходимо придать декоративные свойства металлов, повысить поверхностную твердость, прочность и стойкость к старению, конструктор может предусмотреть нанесение на них металлизационных покрытий. Известны различные виды металлизации пластмасс: вакуумная, химико-гальваническая, металлизация распылением металла струей сжатого воздуха (шопифирование) и др. В отечественной и зару-

бежной промышленной практике для изготовления различных технических деталей и товаров народного потребления наибольшее распространение получили два вида металлизации: вакуумная и химико-гальваническая.

Вакуумная металлизация. Сущность метода заключается в нанесении на подготовленную поверхность пластмассы, покрытую грунтовочным составом, тонкого (примерно 0,1 мкм) слоя металла путем испарения его в вакууме и последующей защиты металлизационного покрытия лаком.

Достоинства вакуумной металлизации — простота технологического процесса, состоящего из небольшого числа операций, небольшой расход металла при хорошем качестве и блеске покрытия; недостатки — очень малая толщина и невысокая прочность собственно металлизационного покрытия, высокая стоимость оборудования (вакуумных установок), большая трудоемкость операций подготовки поверхности, меньшая возможность механизации и автоматизации процесса, чем, например, при химико-гальваническом методе нанесения покрытия.

Химико-гальваническая металлизация. Этот метод заключается в том, что на поверхность пластмассовых деталей вначале химическим способом получают токопроводящий слой, а затем наносят на нее гальванические металлизационные покрытия (медь, никель, хром). Толщина получаемого при этом методе слоя составляет не менее 30 мкм. При металлизации пластмассовых деталей с целью придания им декоративных свойств латуни после блестящего меднения осуществляется электрохимическое окрашивание под цвет латуни, сушка и лакирование с последующей сушкой лакового покрытия. Наиболее износостойкие лаки, применяемые в этом случае, полиуретановые УР-268, УР-256 и эпоксидные Э-4100.

Хорошая адгезия металлизационного покрытия к пластмассе обеспечивается в результате специальной химико-термической обработки, повышающей активность поверхности пластмассы, ее смачиваемость.

Для металлизации АБС-пластиков применяют травление в растворе, содержащем хромовый ангидрид и серную кислоту, при температуре 60...70°С.

К достоинствам химико-гальванической металлизации относятся возможность получения большой толщины, высокой прочности слоя металла, повышенная износостойкость при никелировании и хромировании, отсутствие необходимости в специальном дорогостоящем оборудовании, а при никелировании и хромировании — также и в процессе лакирования, к недостаткам — большое число процессов, а соответственно и большое число ванн, необходимость применения некоторых дефицитных реактивов (солей драгоценных металлов, блескообразователей).

К конструкции изделий, подлежащих химико-гальванической металлизации, предъявляются специальные требования. Важнейшие из них следующие: изделие не должно иметь больших плоских поверхностей; на изделиях не допускаются острые кромки, глухие отверстия, щели; выступы и соседние углубления не должны сильно отличаться по высоте; изделия должны быть жесткие, компактные.

При конструировании изделия и оснастки необходимо рационально располагать литник и плоскость разреза формы. Литник детали, подлежащей металлизации, не следует располагать под тонким плоским элементом лицевой поверхности, так как в этом случае утяжины над литником после металлизации будут видны особенно отчетливо. Литник на лицевой поверхности детали желательно располагать так, чтобы его можно было использовать для удобного монтажа деталей на подвесных монтажных рамках с пружинными контактами, применяемых при нанесении гальванического покрытия. Плоскость разреза формы обычно совмещают с кромкой, выходящей на нелицевую поверхность детали.

Оптимальной для химико-гальванической металлизации является криволинейная поверхность с плавным рельефом, не имеющим резких перепадов по высоте.

На больших плоских поверхностях трудно достичь равномерности блеска покрытия, на них могут проявиться дефекты литья (утяжины, следы стыка массы). На острых кромках может образоваться пригар металла, ухудшаю-

щий внешний вид; в глухих щелях покрытие может отсутствовать. Недостаточно жесткие изделия больших габаритов после металлизации могут покоробиться из-за внутренних напряжений.

**ДОПУСКИ И ПОСАДКИ.
КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСАДОК**

**ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ
И ПОСАДОК СЭВ**

К 1 января 1980 г. промышленность СССР должна перейти на единую систему допусков и посадок (ЕСДП) СЭВ. Внедрение этой системы, кроме упрощения решения вопросов, связанных с расширением внешней торговли и международного научного и технико-экономического сотрудничества, обеспечит для промышленности СССР ряд технических преимуществ по сравнению с системой ОСТ, действовавшей в стране с 1929 г. Эти преимущества определяются большим диапазоном и более равномерной градацией числовых значений допусков, зазоров и натягов, которые можно получить по ЕСДП СЭВ.

Краткая характеристика и области применения посадок. ЕСДП СЭВ предусмотрены допуски в 19 качествах (рядах точности) — 01, 0,1, 2, ... 17 — для размеров до 3150 мм, которые могут быть использованы при нормировании точности, начиная от самых точных концевых мер до самых неответственных размеров. Качество обозначается буквами IT и порядковым номером качества (например, IT6; IT9).

В ЕСДП СЭВ (СТ СЭВ 145—75) поле допуска образуется различным сочетанием основного отклонения, т. е. верхнего или нижнего отклонения, ближайшего к номинальному размеру, и допуска любого качества.

Величина допуска (величина поля) зависит только от качества и номинального размера, а положение поля допуска определяется основным отклонением, зависящим только от номинального размера.

40. Рекомендации по применению наиболее распространенных предпочтительных посадок (система отверстия)

Обозначение посадки по ЕСДП	Краткая характеристика и рекомендуемая область применения
-----------------------------	---

Посадки с натягом

$\frac{H7}{s6}$	Обеспечивает передачу небольших крутящих моментов при ударных нагрузках. Используется для чугунных и бронзовых ступиц толщиной не менее 0,5 диаметра вала и при длине поверхности соприкосновения не менее диаметра вала, например, для втулок, помещаемых в шестерни, шкивы, шатуны, рычаги, для постоянных втулок, устанавливаемых в кондукторах и др.
$\frac{H8}{u8}$	Обеспечивает передачу больших крутящих моментов без дополнительного крепления. Применяется для насадных зубчатых венцов, бандажей колес, кривошипных пальцев в дисках кривошипа
$\frac{H7}{p6}$	Обеспечивает относительное расположение деталей без дополнительного крепления при небольших крутящих моментах или осевых силах. Применяется для насадных бронзовых венцов червячных колес, сборных шестерен, для втулок, помещаемых в шестерни и шкивы

Обозначение посадки по ЕСДП	Краткая характеристика и рекомендуемая область применения
-----------------------------	---

Переходные посадки

$\frac{H7}{h6}$	Обеспечивает прочное соединение при передаче больших усилий и наличии вибраций и ударов. При очень больших усилиях необходимо дополнительное закрепление для предотвращения проворачивания и продольного смещения. Применяется для зубчатых венцов, устанавливаемых на шестерни, постоянных втулок в подшипниках и шестернях, шкивов на валах и т. п.
$\frac{H7}{k6}$	Обеспечивает хорошее центрирование. Применяется в сочетании с дополнительным креплением от проворачивания и осевого сдвига для деталей, туго устанавливаемых на шпонках и редко снимаемых (шестерни, маховики, рукоятки и др.)
$\frac{H7}{js6}$	Обеспечивает менее точное центрирование, чем посадка $\frac{H7}{k6}$
$\frac{H7}{js6}$	Применяется в часто разбираемых соединениях, к которым предъявляются повышенные требования к центрированию, или для неподвижных сопряжений длинных деталей при $l > (3..4)d$, например, для зубчатых колес шпиндельной головки шлифовальных станков, для подшипников качения

Посадки с зазором

$\frac{H6}{h5}$	Обеспечивает высокую точность сборки. Применяется, когда необходимо обеспечить подвижность деталей при минимальных зазорах, например, для шпоны, устанавливаемой в корпусе задней бабки токарного станка.
$\frac{H7}{h6}$	Допускает относительное перемещение деталей вручную после смазки. Применяется для сменных шестерен на валах, шпинделей задних бабок, передвигающихся на валах муфт, установочных колес с винтами
$\frac{H8}{h7}$ / $\frac{H8}{h8}$	Допускает относительное перемещение деталей вручную после смазки. Используется вместо посадки $\frac{H7}{h6}$ при большей длине сопрягаемых поверхностей и более низких требованиях к точности сопряжения
$\frac{H11}{h11}$	Не обеспечивает центрирования. Используется для относительно грубо центрированных неподвижных соединений и для неответственных шарниров, например, для установки фланцевых крышек, фиксации накладных кондукторов и др.
$\frac{H7}{r6}$	Обеспечивает центрирование высокой точности. Используется для ответственных подвижных соединений с небольшим гарантированным зазором, например, для подшипников скольжения, направляющих втулок, подвижных шестерен
$\frac{H7}{f7}$	Обеспечивает перемещение одной детали в другой с заметным зазором при достаточном центрировании. Применяется для подшипников скольжения, распорных колес, направляющих втулок, направляющих ползунов, цапф эксцентриков
$\frac{H8}{d9}$ / $\frac{H9}{d9}$	Обеспечивает менее точное центрирование, чем посадка $\frac{H7}{f7}$. Применяется для эксцентриков, валов прессов в опорах, для валов в длинных или далеко расставленных подшипниках, для передвигных зубчатых колес и сменных муфт при высоких скоростях вращения валов и больших нагрузках

41. Рекомендуемые посадки в системе отверстия

Основное от- верстие	Основание											
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	
	Посадки с зазором							Переходные посадки				
H5								$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$
H6							$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$, $\frac{H7^*}{e8}$	$\frac{H7^*}{f7}$	$\frac{H7^*}{g6}$	$\frac{H7^*}{h6}$	$\frac{H7^*}{js6}$	$\frac{H7^*}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8^*}{e8}$	$\frac{H8}{f7}$, $\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8^*}{h7}$, $\frac{H8^*}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	
			$\frac{H8^*}{d9}$	$\frac{H8^2}{e9}$	$\frac{H8^2}{f9}$		$\frac{H8^2}{h9}$					
H9			$\frac{H9^*}{d9}$	$\frac{H9}{e8}$, $\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}$, $\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9^2}{h8}$, $\frac{H9}{h9}$					
H10			$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h9}$, $\frac{H10}{h10}$					
H11	$\frac{H11^2}{a11}$	$\frac{H11^2}{b11}$	$\frac{H11^2}{c11}$	$\frac{H11^{*2}}{d11}$				$\frac{H11^{*2}}{h11}$				
H12		$\frac{H12^2}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$				
	$\frac{A}{Ш}$	$\frac{A}{Л}$	$\frac{A}{ТХ}$	$\frac{A}{Ш}$	$\frac{A}{П}$	$\frac{A}{Х}$	$\frac{A}{Д}$	$\frac{A}{С}$	$\frac{A}{П}$	$\frac{A}{Н}$	$\frac{A}{Т}$	

Посадки по системе ОСТ (класс точности здесь условно не обозначен)

- Примечания: 1. Звездочкой отмечены предпочтительные посадки.
 2. Посадки, отмеченные цифровыми индексами, близко (индекс 1), прибли-
 посадкам системы ОСТ, а посадки ЕСПИ без цифрового индекса полностью
 3. Для сопоставления посадок ЕСПИ и системы ОСТ в нижней части
 посадок в системе ОСТ и классов точности посадок.

при номинальных размерах от 1 до 500 мм

отклонения валов											
p	r	r	s	t	u	y	x	z			
Посадки с натягом											
$\frac{H5}{n4}$											1
$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$		$\frac{H5}{s5}$							
$\frac{H7^*}{n6}$	$\frac{H7^{*2}}{p6}$		$\frac{H7^{*2}}{r6}$	$\frac{H7^{*2}}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7^2}{u7}$				2
$\frac{H8}{n7}$				$\frac{H8}{s7}$	—		$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8^2}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$		2a
											3
											3a
											4
											5
$\frac{A}{Г}$	$\frac{A}{Пл}$	$\frac{A}{Пр1}$		$\frac{A}{Пр}$	$\frac{A}{Пр1}$	$\frac{A}{Гр}$	$\frac{A}{Пр2}$	$\frac{A}{Пр3}$			Класс точности посадки

женно (индекс 2) и грубо приближенно (индекс 3) соответствуют указанным
 или весьма близко соответствуют указанным посадкам системы ОСТ,
 таблицы и справа даны соответственно шапка и боковик с обозначениями

42. Рекомендуемые посадки в системе вала

при номинальных размерах от 1 до 500 мм*

Основной вал	Основные отклонения							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Посадки с зазором							
h4							G5 h4	H5 h4
h5						F7 h5	G6 h5	H6 h5
h6				D8 ¹ h6	E8 ¹ h6	F7 F8* ¹ h6' h5	G7 ¹ h5	H7* h6
h7				D8 h7	E8 h7	F8 h7		H8* h7
h8				D8 D9 h8' h8	E8 E9* h8' h8	F8 F9 h8' h8		H8* H9 ² h8' h8
h9				D9 D10 h9' h9	E9 h9	F9 h9		H8 ² H9 H10 h9' h9' h9
h10				D10 h10				H10 h10
h11	A11 ² h11' h11	B11 ² h11	C11 ² h11	D11 ¹ h11				H11* ¹ h11
h12		B12 h12						H12 h12
	III B	X B	J B	III B	J B	X B	D B	C B

Посадки по системе ОСТ (класс точности здесь условно не обозначен)

отверстий									Класс точности посадки
J5	K	M	N	P	R	S	T	U	
Переходные посадки				Посадки с натягом					
J5 h4	K5 h4	M5 h4	N5 h4						
J6 h5	K6 h5	M6 h5	N6 h5	P6 h5					1
J7* h6	K7* h6	M7 h6	N7* h6	P7* h6	R7 h6	S7 ² h6	T7 h6		2
J8 h7	K8 h7	M8 h7	N8 h7					U8 h7	2a
									3
									3a
									4
									5
II B	H B	T B	Г B	Пл B	Пр B	Гр B	Пр2 B		Класс точности посадки

* См. примечания к табл. 41.

Положение поля допуска обозначается буквами латинского алфавита (строчными — для валов и прописными — для отверстий). Основное отверстие в системе отверстия обозначается *H*, а основной вал в системе вала — *h*.

Для практического пользования ЕСПД СЭВ на всю совокупность полей допусков установлены ограничительные отборы (СТ СЭВ 144—75), различные для диапазонов номинальных размеров до 1 мм, от 1 до 500 мм и св. 500 до 3150 мм.

Так как в ЕСПД СЭВ посадки образуются сочетанием любых полей допусков отверстий и валов, то для предотвращения необоснованного многообразия в посадках, для наиболее важного диапазона от 1 до 500 мм (СТ СЭВ 144—75) выделены рекомендуемые посадки, из числа которых выделены посадки предпочтительного применения.

Рекомендуемые посадки в системе отверстия приведены в табл. 41, а в системе вала — в табл. 42. В этих же таблицах даны ориентировочные сопоставления с посадками по системе ОСТ. Цифры справа от строчных и прописных букв латинского алфавита соответствуют номеру качества. Области применения посадок приведены в табл. 40.

Для несоответствующих несопрягаемых размеров рекомендуется принимать следующие расположения полей допусков: для отверстий — в плюс (обозначается *H*); для валов — в минус (обозначается *h*); для размеров, не относящихся к отверстиям и валам, — симметричное (обозначается $\pm \frac{IT}{2}$). При этом поля допусков следует назначать по 12—17-му качествам.

Эти рекомендации не исключают возможности назначения в конструктивно и технологически обоснованных случаях симметричных отклонений для отверстий (обозначаются J_s) или валов (обозначаются j_s), а также односторонних отклонений для размеров, не относящихся к отверстиям и валам.

Нанесение предельных отклонений на чертежах. Ниже приведены рекомендации по обозначению предельных отклонений размеров в соответствии с СТ СЭВ 177—75.

Предельные отклонения линейных размеров могут быть указаны на чертежах одним из трех способов:

- 1) условными обозначениями полей допусков, например 18 *H7*; 12 *e8*;
- 2) числовыми значениями предельных отклонений, например $18^{+0,018}$; $12^{-0,032}$; $-0,059$;
- 3) условными обозначениями полей допусков с указанием справа, в скобках, числовых значений предельных отклонений, например 18 *H7*($+0,018$); 12 *e8*($-0,032$); $(-0,059)$.

Данные по неуказанным предельным отклонениям размеров до разработки специальных стандартов СЭВ следует излагать в технических требованиях в виде общих записей, например таких: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий *H14*, валов *h14*, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ »; «Неуказанные предельные отклонения размеров диаметров *H12*, *h12*, остальных $\pm \frac{IT12}{2}$ ».

В первом примере отклонения *H14* относятся к размерам всех внутренних (в соединениях — охватываемых) элементов, а отклонения *h14* — к размерам всех наружных (в соединениях — охватываемых) элементов.

Во втором примере отклонения *H12* относятся только к диаметрам круглых отверстий, отклонения *h12* — только к диаметрам круглых валов.

В общих записях могут указываться любые качества из числа рекомендуемых, а также комбинации разных качеств для разных категорий размеров.

ОСОБЕННОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

Основным параметром, принятым для норм точности в соответствии с ГОСТ 11710—71 «Допуски и посадки деталей из пластмасс», является колебание усадки ΔS .

В табл. 43 приведены достижимые качества в зависимости от колебаний усадки для различных категорий размеров. Размеры детали A_1 опреде-

43. Качества для размеров деталей из пластмасс

Интервалы размеров, мм	Качество IT при ΔS , %						
	до 0,06	св. 0,06 до 0,10	св. 0,10 до 0,16	св. 0,16 до 0,25	св. 0,25 до 0,40	св. 0,40 до 0,60	св. 0,60 до 1,00
							св. 1,60

Размеры типа A_1

До 3	8	9	10	11	12	13	14	15
Св. 3 до 30	8	9	10	11	12	13	14	15
» 30 » 120	9	10	11	12	13	14	15	16
» 120 » 250	10	11	12	13	14	15	16	17
» 250 » 500	11	12	13	14	15	16	17	18

Размеры типа A_2 и A_3

До 3	10	11	12	13	14	15	16	17
Св. 3 до 30	9	10	11	12	13	14	15	16
» 30 » 120	10	11	12	13	14	15	16	17
» 120 » 250	11	12	13	14	15	16	17	18
» 250 » 500	12	13	14	15	16	17	18	—

Примечание. В таблице приведены данные для деталей простой геометрической формы, изготавливаемых в условиях промышленного производства. При изготовлении деталей сложной формы достигается меньшая точность (обычно принимается на один класс ниже).

ляются размерами формующих ячеек оснастки, а A_2 и A_3 — взаимным расположением этих элементов (рис. 20). Качество 18 включен в СТ СЭВ 179—75 специально для изделий из пластмасс, изготавливаемых литьем.

Как следует из табл. 43, точность пластмассовых деталей находится в пределах от 8-го до 18-го качества.

Большое влияние на точность изготовления оказывают технологические уклоны, вызывающие дополнительную погрешность размеров $A_{ук}$. Меньшие значения уклонов следует назначать для материалов с малым колебанием ΔS (до 0,4%), большие — для

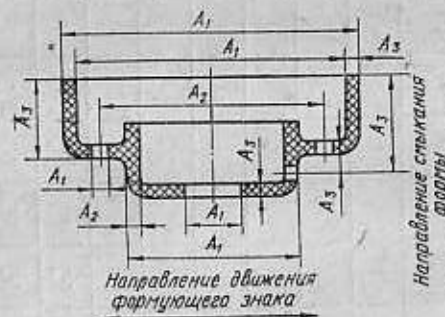


Рис. 20. Типы размеров литых деталей из пластмасс.

материалов с большим колебанием ΔS (свыше 0,4%).

Для сопрягаемых ответственных размеров пластмассовых деталей устанавливаются 8—13-й качества, а погрешность от уклона должна распо-

гаться в поле допуска, если угол уклона $\alpha \leq 1^\circ$, и должна быть за пределами поля допуска (сопряжение рассматривается как коническое), если $\alpha > 1^\circ$.

Точность несопрягаемых размеров находится в пределах 14—17-го квалитетов. Для этих размеров погрешность $\Delta_{ук}$ определяется по формуле $\Delta_{ук} = 2H \text{tg } \alpha$, где H — высота элемента детали, имеющего уклон.

Для достижения заданного уровня взаимозаменяемости деталей из пластмасс необходимо руководствоваться соответствующими стандартами. Так, для гладких соединений разработан стандарт СТ СЭВ 179—75 «Поля допусков деталей из пластмасс».

Приведенные в табл. 44 ряды полей допусков являются ограничительным отбором по СТ СЭВ 144—75, а также включают новые поля допусков, полученные по рекомендациям СТ СЭВ 145—75. В отдельных технологически обоснованных случаях могут быть применены и другие поля допусков. Для образования таких дополнительных полей допусков устанавливаются следующие основные отклонения, не предусмотренные СТ СЭВ 145—75: для валов — ay, az, ze ; для отверстий — AU, AZ, ZE .

44. Рекомендуемые поля допусков для деталей из пластмасс

Квалитет точности	Основные отклонения отверстий														
	A	B	C	D	E	F	H	J _s	N	U	X	Z	ZA	ZB	ZC
8				+	+	+	+	+	+	+					
9				+	+	+	+	+	+						
10				+			+	+	+		+	+	+	+	
11	+	+	+	+			+	+	+						+
12		+					+	+							
13							+	+							
14							+	+							
15							+	+							
16							+	+							
17							+	+							
Квалитет точности	a	b	c	d	e	f	h	js	n	u	x	z	za	zb	zc

Основные отклонения вала

Примечание. Звездочкой отмечены основные отклонения, как правило, не предназначенные для посадок.

Для соединения пластмассовых деталей с пластмассовыми или с металлическими следует применять посадки по СТ СЭВ 179—75, приведенные в табл. 45. Для металлических деталей, соединяемых с пластмассовыми, по СТ СЭВ 144—75 рекомендуются поля таких допусков: для валов — $h7, h8, h9, h10, h11$ и $h12$; для отверстий — $H7, H8, H9, H10, H11$ и $H12$.

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности деталей и рассматриваемых в пределах базовой длины l .

Базовой длиной l называется длина участка поверхности, выбираемого для измерения шероховатости без учета других видов неровностей (например, волнистости), имеющих шаг более l .

Основные параметры и характеристики шероховатости поверхности регламентированы ГОСТ 2789—73, по которому шероховатость в зависимости от функционального назначения поверхности определяется одним или несколькими из следующих параметров:

- Ra — среднее арифметическое отклонение профиля;
- Rz — высота неровностей профиля по десяти точкам;
- R_{max} — наибольшая высота неровностей профиля;
- Sm — средний шаг неровностей профиля по средней линии;
- S — средний шаг неровностей по вершинам;
- lp — относительная опорная длина профиля, т. е. отношение опорной длины профиля к базовой длине, где p — числовое значение уровня сечения профиля.

В соответствии с ГОСТ 2789—73 требования к шероховатости поверхности должны быть установлены путем указания значения параметра (параметров) и значения базовой длины, на которой производится определение параметра, для чего в стандарте приведены ряды числовых значений для каждого параметра и для базовой длины l .

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ И ИХ ЧИСЛОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Параметры шероховатости следует выбирать в каждом конкретном случае в зависимости от функционального назначения деталей и их конструктивных особенностей, в соответствии с «Методическими указаниями по внедрению ГОСТ 2789—73».

В некоторых случаях для полного соответствия шероховатости поверхности требуемым эксплуатационным свойствам необходимо также задавать направление неровностей в соответствии с ГОСТ 2789—73.

Рекомендации по выбору параметров приведены ниже:

Эксплуатационное свойство поверхности	Нормируемые параметры и характеристики
Износостойчивость при всех видах трения	$Ra (Rz), lp$, направление неровностей
Виброустойчивость	$Ra (Rz), Sm, S$, направление неровностей
Контактная жесткость	$Ra (Rz), lp$
Прочность соединений	$Ra (Rz)$
Прочность конструкций при циклических нагрузках	R_{max}, Sm, S , направление неровностей
Герметичность соединений	$Ra (Rz), R_{max}, lp$
Сопротивление в волноводах	Ra, Sm, S

Основное отверстие	Система отверстия													Основной вал					
	Основные отклонения вала																		
	ay	a	a	b	c	d	e	f	h	k	n	s	zc	zc	ZE				
H8					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		h8			
H9					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		h9			
H10					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	h10			
H11	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	h11			
H12				+					+							h12			
H13									+							h13			
	AU	AZ	A	B	C	D	E	F	H	N	—	U	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	ZE

Примечания: 1. Посадки, обозначенные одной звездочкой, относятся только к системе отверстия $\left(\frac{H8}{c8}, \frac{H8}{x8}, \frac{H8}{z8}\right)$.
 2. Для посадок, отмеченных двумя звездочками, основное отверстие (основной вал) на один квалитет точнее основного отклонения вала (основного отклонения отверстия), например, $\frac{H9}{x10}, \frac{H10}{zc11}, \frac{H9}{h9}, \frac{H10}{zc11}$.

Кроме вышеизложенного, рекомендуется учитывать следующие общие положения:

эксплуатационные свойства сопрягаемых поверхностей зависят от величины параметра f_p ;

коэффициент трения и износ трущихся деталей минимальный в том случае, если направление движения деталей не совпадает с направлениями неровностей;

способ получения назначаемых числовых значений параметров шероховатости должен быть экономически обоснованным;

требования к шероховатости поверхности устанавливаются без учета дефектов поверхности (царапин, раковин и т. п.), оговариваемых отдельно;

в тех случаях, когда требования к шероховатости поверхности устанавливаются по аналогии с ранее спроектированными изделиями, в которых нормирование производилось при помощи классов, для выбора числовых значений параметров R_a и R_z можно пользоваться табл. 46, причем применение параметра R_a предпочтительно. В этой таблице также указана связь между параметрами R_a , R_z и базовой длиной l .

46. Числовые значения шероховатости поверхности при установленных классах шероховатости

Классы шероховатости поверхности	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина l , мм
	R_a	R_z	
1	80; 63; 50* [*] ; 40	320; 250; 200; 160	8,0
2	40; 32; 25* [*] ; 20	160; 125; 100; 80	
3	20; 16,0; 12,5* [*] ; 10,0	80; 63; 50; 40	
4	10,0; 8,0; 6,3* [*] ; 5,0	40; 32; 25; 20	2,5
5	5,0; 4,0; 3,2* [*] ; 2,5	20; 16,0; 12,5; 10,0	
6	2,5; 2,0; 1,6* [*] ; 1,25	10,0; 8,0; 6,3	0,8
7	1,25; 1,00; 0,80* [*] ; 0,63	6,3; 5,0; 4,0; 3,2	
8	0,63; 0,50; 0,40* [*] ; 0,32	3,2; 2,5; 2,0; 1,60	0,25
9	0,32; 0,25; 0,20* [*] ; 0,160	1,60; 1,25; 1,00; 0,80	
10	0,160; 0,125; 0,10* [*] ; 0,080	0,80; 0,63; 0,50; 0,40	
11	0,080; 0,063; 0,050* [*] ; 0,040	0,40; 0,32; 0,25; 0,20	
12	0,040; 0,032; 0,025* [*] ; 0,020	0,20; 0,16; 0,125; 0,100	
13	0,020; 0,016; 0,012* [*] ; 0,010	0,10; 0,080; 0,063; 0,050	0,08
14	0,010; 0,008	0,050; 0,040; 0,032	

Примечание. Звездочкой обозначены предпочтительные значения параметра R_a .

ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ЧЕРТЕЖАХ

ГОСТ 2.309—73 устанавливает следующие правила обозначения шероховатости:

шероховатость поверхностей деталей из металлов, пластмасс и других материалов обозначают на чертеже одним из трех знаков: ✓ —

когда вид обработки не устанавливается, \checkmark — при обработке со сня-

тием стружки, ∇ — при обработке без снятия стружки, а также для

поверхностей в состоянии поставки, с указанием над ним числового значения в микрометрах одного из выбранных параметров шероховатости. Величину Ra указывают без символа, а Rz , R max и другие параметры — с символом,

например: $\frac{1,6}{\checkmark}$ $\frac{Rz 3,2}{\nabla}$;

при задании двух и более параметров шероховатости их значения записываются в обозначении сверху вниз в следующем порядке: Ra , Rz или R max, после него Sm или S , затем tp .

Числовое значение шероховатости поверхности ограничивает только наибольшую величину по параметрам Ra или Rz . При необходимости можно указывать диапазон значений параметров шероховатости, записывая пределы значений в две строки, или задавая одностороннее либо симметричное процентное отклонение параметра от номинального значения из ряда 10; 20; 40%, например:

$\frac{1,2}{\checkmark}$ $\frac{Rz 0,2}{\nabla}$ или $\frac{0,80 \pm 20\%}{\checkmark}$ $\frac{Rz 0,10\%}{\nabla}$ $\frac{Sm 0,5 \pm 10\%}{\nabla}$; значение базовых длин l , не

предусмотренных для соответствующего класса шероховатости, указывают под горизонтальной чертой знака шероховатости, над обозначением направления

рисок, например: $\frac{Rz 6,3}{\checkmark} \frac{2,5}{\nabla}$; способы обработки поверхностей указывают

только в тех случаях, когда они являются единственными, гарантирующими

требуемое качество изделия, например: $\frac{1,25}{\checkmark} \frac{\text{Шлифовать}}{0,9}$.

НАЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ

В табл. 47 и 48 приведены соответственно примеры шероховатости поверхностей типовых машиностроительных деталей и рекомендации по назначению шероховатости поверхности для деталей гладких соединений. Шероховатость поверхности в этих таблицах нормирована параметром Ra .

47. Шероховатость поверхности некоторых типовых машиностроительных деталей, мм

А. Рабочие поверхности кулачков и копиров

Сопряжение	Шероховатость поверхности при точности профиля			
	до 6	до 30	до 50	св. 50
С ножами или сухарями	0,20	0,40	0,80	1,6
С роликами	0,40	0,80	1,6	3,2

В. Рабочие поверхности конических соединений

Соединения	Шероховатость поверхности
Герметические	0,20...0,10
Центрирующие	0,80...0,40
Прочие	3,2 ...1,6

В. Рабочие поверхности соединений с сегментной и призматической шпонкой

Соединение	Шероховатость поверхности		
	шпонки	паза вала	паза втулки
Неподвижное	1,6	3,2...1,6	3,2...1,6
С направляющей шпонкой	1,6...0,80	3,2...1,6	1,6...0,80

Г. Зубчатые (шлицевые) соединения

Соединение	Шероховатость поверхности					
	впадины отверстия	зуба вала	центрирующей		нецентрирующей	
			отверстие	вал	отверстие	вал
Неподвижное	1,6...0,80	1,6...0,80	0,80...0,40	0,80...0,40	3,2...1,6	1,6...0,80
Подвижное	0,80...0,40	0,40...0,20	0,80...0,40	0,40...0,20	1,6	1,6...0,80

Д. Рабочие поверхности резьбовых соединений

Резьба	Шероховатость поверхности при степени точности резьбы (ГОСТ 16093—70)		
	4	6	8
Ходовых и грузовых винтов	0,20	0,40	0,80
Гаск ходовых и грузовых винтов	0,40...0,20	0,80	1,6

Е. Зубчатые и червячные передачи

Поверхность	Шероховатость поверхности при степени точности (ГОСТ 1643—72)									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Профиля зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических и червячных колес	0,20...0,10	0,40...0,20	0,40...0,20	0,40	0,80...0,40	1,6	3,2	6,3	6,3	
Профиля зубьев прямозубых, косозубых и криволинейных конических колес	—	—	0,40...0,20	0,40	0,40	0,80	1,6	3,2	6,3	
Профиля витков червяка	0,10	0,20	0,20	0,40	0,40	0,80	1,6	—	—	

Такая же, как у рабочих поверхностей, или незначительно ниже

6,3...1,6

По диаметру впадин

По диаметру выступов

Ж. Поверхности направляющих

Продолжение табл. 47

Направляющие	Точность	Шероховатость поверхности
Скольжения	Повышенная	0,40
Качения	Нормальная	0,80
	Повышенная	0,20...0,10
	Нормальная	0,40

З. Формы для литья металлов, сплавов и пластмасс

Поверхности	Шероховатость поверхности
Оформляющей полости и соприкасающиеся с заливаемой массой	0,10
То же, при литье пластмасс под химико-гальваническую металлизацию	0,025
Работающие на трение, но не участвующие в формообразовании изделия (например, выталкиватели и отверстия под них в матрицах)	0,40
Плоскости прилегания плит, посадочные места втулок, колонок и т. п.	0,80

И. Штампы для холодной штамповки

Рабочие поверхности	Шероховатость поверхности
Матриц, прижимов и выталкивателей вытяжных штампов, вырубных штампов при штамповке тонколистовых мягких цветных металлов и сплавов и неметаллических материалов; пуансонов и матриц зачистных штампов	0,10
Рабочие поверхности матриц и пуансонов, оформляющие контур вырубаемых или изгибаемых деталей, а также поверхности вытяжных пуансонов	0,40

48. Шероховатость поверхности деталей гладких соединений, мкм

Номинальные размеры, мм	Валы											
	Поля допусков качества точности											
	5		6		7		8					
	<i>g, h, js, k, m, n, u</i>	<i>s, f</i>	<i>g, h, js, k, m, n, p, r</i>	<i>t</i>	<i>u, f</i>	<i>h, js, k, m, n, r</i>	<i>h</i>	<i>u, f</i>	<i>e</i>	<i>d, c</i>		
От 1 до 3	0,10	0,10	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80	
Св. 3 до 6	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	
» 6 » 10	0,20	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	
» 10 » 18	0,20	0,20	0,40	0,40	0,80	0,80	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	
» 18 » 30	0,20	0,20	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
» 30 » 50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	1,6	0,80	1,6	
» 50 » 80	0,40	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	
» 80 » 120	0,40	0,40	0,80	0,80	1,6	1,6	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	
» 120 » 180	0,40	0,40	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
» 180 » 260	0,80	0,80	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
» 260 » 360	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	1,6	1,6	
» 360 » 500	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	1,6	1,6	

Номинальные размеры, мм	Отверстия							
	Поля допусков качества точности							
	6		7			8		
	<i>G, H, js, K, M, N</i>	<i>F</i>	<i>g, h, js, k, m, n, r</i>	<i>T</i>	<i>F</i>	<i>H, js, K, M, N, U</i>	<i>E</i>	<i>D</i>
От 1 до 3	0,20	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80	0,80
Св. 3 до 6	0,40	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
» 6 » 10	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
» 10 » 18	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,6
» 18 » 30	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6
» 30 » 50	0,40	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
» 50 » 80	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
» 80 » 120	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
» 120 » 180	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	1,6	3,2
» 180 » 260	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2
» 260 » 360	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
» 360 » 500	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

Продолжение табл. 48

Номинальные размеры, мм	Валы и отверстия									
	Поля допусков качества точности									
	9					10		11	12	
	<i>s, u, z, x, y, Z, X, Y</i>	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>h, f, e, d, H</i>
От 1 до 3	—	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2
Св. 3 до 6	0,80	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2
» 6 » 10	0,80	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2
» 10 » 18	0,80	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3
» 18 » 30	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3
» 30 » 50	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3
» 50 » 80	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3
» 80 » 120	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3
» 120 » 180	1,6	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	12,5
» 180 » 260	1,6	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	12,5
» 260 » 360	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	12,5
» 360 » 500	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	12,5

СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ И СПОСОБЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Отклонение формы — это несоответствие между формой реальной поверхности или реального профиля, получаемой в результате обработки, и формой геометрической поверхности или геометрического профиля, заданной чертежом.

Отклонение расположения — это смещение от номинального расположения поверхности, ее оси или плоскости симметрии относительно баз или смещение от номинального (заданного чертежом) взаимного расположения рассматриваемых поверхностей.

Отклонения формы и расположения поверхностей устанавливаются ГОСТ 10356—63.

Допуски расположения охватывающих и охватываемых поверхностей могут быть двух видов — зависимые и независимые.

Зависимый — это допуск расположения, величина которого зависит не только от заданного предельного отклонения расположения, но и от действительных отклонений размеров рассматриваемых поверхностей. Зависимые допуски расположения назначают для деталей, которые сопрягаются с контрдеталью одновременно по двум или нескольким поверхностям и для которых требования взаимозаменяемости сводятся к обеспечению собираемости, т. е. к соединению деталей по всем сопрягаемым поверхностям с соблюдением заданных условий сборки (например, гарантированного зазора).

Зависимые допуски рассчитывают, исходя из наименьших зазоров сопряжения.

Применение зависимых допусков дает возможность при изготовлении и приемке продукции превышать проставленные на чертеже предельные отклонения расположения на величину, компенсируемую действительными отклонениями размеров, что удешевляет изготовление и упрощает приемку продукции. Например, для планки с двумя отверстиями $\varnothing 6,2^{+0,3}$ мм под крепежные детали $\varnothing 6$ мм (рис. 21) предельные отклонения расположения осей отверстий заданы $\pm 0,2$ мм (допуск зависимый). Эти отклонения рассчитаны с учетом наименьшего зазора сопряжения, равного $6,2 - 6 = 0,2$ мм. При наибольших предельных диаметрах отверстий (6,5 мм) зазоры увеличиваются на 0,3 мм, и в этом случае без ущерба для собираемости деталей можно допустить отклонение расстояния между их осями в пределах $\pm (0,2 + 0,3) = \pm 0,5$ мм.

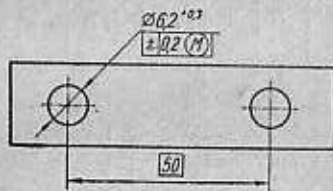


Рис. 21. Деталь с зависимыми допусками.

Зависимые допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей приведены в ГОСТ 14140—69.

Независимый — это допуск расположения, величина которого определяется только заданным предельным отклонением расположения (назначенным из условий правильной работы детали и узла) и не зависит от действительных отклонений размеров рассматриваемых поверхностей, например, когда необходимо выдержать соосность посадочных гнезд под подшипники качения, ограничить колебание межосевых расстояний в корпусах редукторов и т. п.

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей обычно назначают лишь тогда, когда по условиям эксплуатации или изготовления

детали величина отклонений должна быть меньше допуска на размер. Если отклонения формы и расположения поверхностей возможны в пределах всего поля допуска на размер, то они на чертежах не оговариваются.

Условные обозначения предельных отклонений формы и расположения на чертежах приведены в ГОСТ 2.308—68. В частности, зависимые допуски обозначают знаком (M) после величины отклонения (рис. 21). Если зависимые допуски расположения составляют большинство, то независимые допуски обозначают знаком (S) после предельного отклонения, а в технических требованиях делают соответствующую запись, например: «Все предельные отклонения от симметрии — зависимые».

Если в чертеже (или в технических требованиях) не оговорено, что допуски расположения зависимые, их рассматривают как независимые.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ СТЕПЕНЕЙ ТОЧНОСТИ

Нормируя отклонения формы и расположения поверхности, конструктор должен стремиться назначать степени точности, не только обеспечивающие конструктивно требуемое отклонение, но также соответствующие экономической точности обработки данной поверхности (табл. 49, 50), для чего он должен знать технологию обработки и используемое оборудование.

49. Соответствие степеней точности отклонений форм цилиндрических поверхностей квалитетам изготовления изделий*

Квалитеты основных деталей	Степень точности							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
5	++	+	+	+				
6		++	+	+	+			
7			++	+	+	+		
8				++	+	+	+	
8, 9				++	++	+	+	+
10						++	+	+
11							++	+

* В таблице приняты следующие обозначения: + — степень точности формы, рекомендуемая для данного квалитета изготовления изделия; ± — степень точности формы, рекомендуемая для ответственных сопряжений, требующих стабильности зазоров или повышенной точности натягов.

50. Рекомендации по назначению степеней точности отклонений форм и расположения и способы обработки, используемые для их достижения

Продолжение табл. 50

Степень точности *	Пример применения	Способ обработки
I—II	Отклонение от плоскости и прямолинейности Направляющие особо высокой точности	Доводка, суперфиниширование, тонкое шлифование, тонкое шабрение
III—IV	Направляющие повышенной точности; рабочие поверхности высокой точности	Доводка, шлифование, шабрение повышенной точности
V—VI	Направляющие нормальной точности; рабочие поверхности повышенной и нормальной точности	Шлифование, обтачивание повышенной точности
VII—VIII	Базовые поверхности кондукторов и других технологических приспособлений; опорные поверхности корпусов подшипников; разъемы корпусов редукторов; упорные подшипники машин малой мощности	Грубое шлифование, фрезерование, строгание, протягивание, обтачивание
IX—X	Кронштейны и основания вспомогательных и ручных механизмов; опорные поверхности корпусов, устанавливаемых на клиньях и амортизирующих прокладках; присоединительные поверхности арматуры, фланцев (с использованием мягких прокладок)	Грубое фрезерование, строгание, обтачивание, долбление
Отклонения от параллельности плоскостей		
I—II	Основные рабочие поверхности прецизионных станков и измерительных приборов высокой точности	Доводка, суперфиниширование, шабрение повышенной точности
III—IV	Особо точные направляющие, основные рабочие поверхности станков высокой и повышенной точности	Доводка, тонкое шлифование, шабрение
V—VI	Направляющие высокой точности, опорные торцы крышек и дистанционные кольца под подшипники классов 4 и 5; базовые поверхности приспособлений	Шлифование, тонкие фрезерование и строгание, шабрение
VII—VIII	Рабочие поверхности кондукторов средней точности, опорные торцы крышек и колец подшипников качения классов точности 0,6 и 5	Шлифование, фрезерование, строгание, опиловка, протягивание, литье под давлением
IX—X XI—XII	Стыковые поверхности без взаимного перемещения при невысоких требованиях к герметичности и точности соединений; нерабочие поверхности	Фрезерование, строгание, долбление (другие грубые способы обработки обеспечивают XI—XII степени точности)
Отклонение от перпендикулярности и торцевого биения		
I—II	Основные направляющие и базовые поверхности станков высокой точности; поверхности прецизионных инструментов и приборов	Доводка, тонкое шлифование

* В числителе указаны степени точности при непараллельности оси поверхности вращения относительно плоскости, в знаменателе — при непараллельности оси относительно оси.

Степень точности	Пример применения	Способ обработки
III—IV	Основные направляющие и базовые поверхности станков нормальной и повышенной точности; точные инструменты и измерительные приборы, заплечики валов под подшипники качения классов точности 4 и 5	Доводка, тонкое шлифование, шабрение повышенной точности
V—VI	Ответственные детали точных станков, измерительных инструментов и приборов средней точности; заплечики валов под подшипники качения классов точности 0,6 и 5 и корпусов под подшипники качения классов точности 4 и 5; фланцы валов и соединительных муфт	Чистовое шлифование, шабрение, фрезерование, строгание, растачивание повышенной точности
VII—VIII	Ответственные машиностроительные детали; направляющие и базовые поверхности корпусов, торцы станочных втулок; заплечики валов, корпусов под подшипники качения классов точности 0 и 6; торцы ступиц и распорных втулок	Шлифование, фрезерование, строгание, долбление, растачивание
IX—X	Машиностроительные детали средней точности; торцы подшипников валов в механизмах с ручным приводом; оси отверстий корпусов конических редукторов	Обтачивание, грубое фрезерование, строгание, растачивание
XI—XII	Поверхности неотчетливых соединений; свободные поверхности, грубые машиностроительные детали	Все способы обработки
Отклонение от соосности и радиального биения		
I—II	Рабочие поверхности колец прецизионных подшипников, шпинделей станков высокой точности	Доводка, весьма тонкое шлифование
III—IV	Рабочие поверхности шпинделей и корпусов повышенной и нормальной точности, посадочные шейки валов под зубчатые колеса	Доводка, тонкое шлифование, тонкое обтачивание, суперфиниширование, хонингование
V—VI	Втулки станочные повышенной точности; посадочные поверхности валков, осей валов под зубчатые колеса; быстроходные валы повышенной точности	Чистовое шлифование, тонкое обтачивание и растачивание
VII—VIII	Посадочные шейки валов под зубчатые колеса; быстроходные валы нормальной точности	Грубое шлифование, обтачивание, растачивание
IX—X	Машиностроительные детали грубой точности; посадочные шейки валов под зубчатые колеса	Обтачивание, растачивание пониженной точности, зенкерование, вытяжка в штампах
Отклонение формы цилиндрических поверхностей		
I—II	Для особо ответственных сопряжений с допусками меньше 5-го качества (гироскопические устройства)	Доводочные операции, суперфиниширование, весьма тонкое шабрение

Степень точности *	Пример применения	Способ обработки
III—IV	Посадочные поверхности подшипников качения классов 4 и 5 и отверстия в корпусах под эти подшипники	Тонкое точение, шлифование, алмазное растачивание, хонингование
V—VI	Посадочные поверхности подшипников качения классов точности 0 и 6, а также валов и корпусов под них; поверхности соединений втулок с цилиндрами и корпусами в гидравлических системах высокого давления	Шлифование, точение, хонингование, растачивание повышенной точности, развертывание, протягивание
VII—VIII	Поршни и гильзы, кондукторные втулки, отверстия под постоянные втулки	Грубое точение, шлифование, развертывание, протягивание, растачивание, сверление повышенной точности
IX—X	Подшипники скольжения при легких условиях работы; поршни и цилиндры насосов низкого давления с мягкими уплотнениями	Грубое точение, растачивание, сверление
Отклонение от параллельности осей поверхностей вращения		
IV—V V—VI	Для деталей в подвижных сопряжениях, обеспечивающих высокую точность перемещения, регулирования и отсчетов (рабочие поверхности станков нормальной точности, точные измерительные приборы и точные кондукторы)	Шлифование, координатное растачивание
VI—VII VII—VIII	Для деталей, обеспечивающих точное базирование при изготовлении и контроле, точную установку рабочих подвижных поверхностей (точные машиностроительные детали и кондукторы средней точности)	Шлифование, растачивание на расточных станках, протягивание
VIII—IX IX—X	Для деталей, обеспечивающих нормальную точность перемещения, центрирования или направления (машиностроительные детали средней точности)	Растачивание, сверление и развертывание по кондуктору

* В числителе указаны степени точности при непараллельности оси поверхности вращения относительно плоскости, в знаменателе — при непараллельности оси относительно оси.

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

СПОСОБЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Проектирование конструкций деталей, наиболее полно удовлетворяющих требованиям взаимозаменяемости, обеспечивается применением зависимых допусков, рациональным назначением допусков и посадок различных соединений, а также точностью взаимного расположения деталей в любой машине, механизме или другом изделии.

Размерная взаимосвязь деталей устанавливается размерными цепями (ГОСТ 16319—70) — совокупностью размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи. Любая размерная цепь состоит из одного замыкающего звена, получающегося при обработке детали или сборке узла, и двух или более составляющих, которые

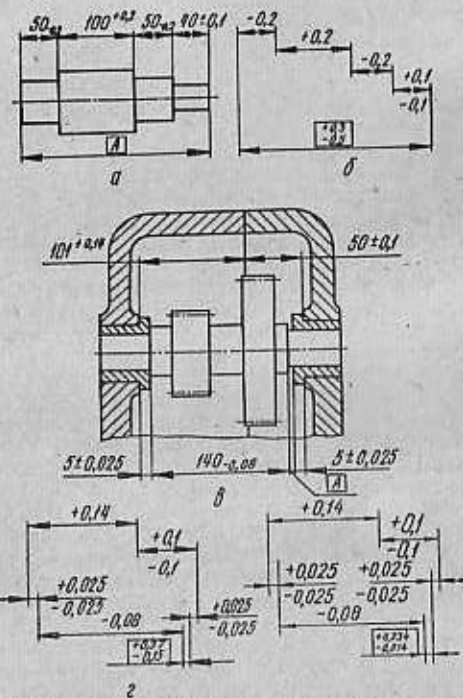


Рис. 22. Линейные размерные цепи и их схемы.

вливают на точность замыкающего звена (на рис. 22 замыкающее звено в каждой размерной цепи очерчено прямоугольником). Звенья размерной цепи могут быть увеличивающими, если с их увеличением увеличивается размер замыкающего звена, и уменьшающими, если с их увеличением он уменьшается. Допуск замыкающего звена зависит от допусков всех составляющих звеньев, и наоборот. Методика расчета размерных цепей устанавливается ГОСТ 16320—70.

При расчете для упрощения размерные цепи изображают в виде размерных схем, на которых указывают только допускаемые отклонения всех входящих в цепь звеньев без указания номинальных размеров. Для полной взаимозаменяемости деталей размерные цепи, с технологической точки зрения, должны удовлетворять двум условиям: допуск замыкающего звена размерной цепи должен быть равен сумме допусков составляющих звеньев этой же цепи; допуски всех звеньев размерной цепи должны находиться в пределах экономической точности данного производства. Первое условие технологичности размерных цепей определяется с помощью их расчета, второе — устанавливается при сопоставлении экономической точности обработки с расчетной по каждому звену в отдельности.

Однако на практике не всегда можно выполнить указанные требования. В тех случаях, когда их выполнить нельзя, необходимо применить наиболее экономичный в данных производственных условиях метод расчета размерной цепи, например, если это необходимо, ввести в размерную цепь звено, преднамеренное изменение размера которого можно использовать для компенсации отклонений всех остальных составляющих звеньев цепи с целью достижения требуемой точности замыкающего звена.

Существуют два основных способа расчета размерных цепей: расчет на максимум-минимум и основанный на теории вероятностей и математической статистике — вероятностный расчет.

При расчете размерных цепей на максимум-минимум обеспечивается полная взаимозаменяемость деталей и узлов. Но так как в этом случае предполагается, что предельные отклонения всех звеньев размерной цепи будут происходить в худшую сторону, а это встречается крайне редко, то требуются более жесткие абсолютные величины допусков размеров деталей, что зачастую трудно выполнимо. Поэтому расчет на максимум-минимум приме-

няется лишь для машин или других изделий невысокой точности или для цепей, состоящих из малого количества звеньев. Применение его возможно лишь в условиях индивидуального и мелкосерийного производства.

Применение вероятностного расчета размерных цепей позволяет сократить производственные затраты при изготовлении деталей путем увеличения абсолютных величин допусков размеров, входящих в размерную цепь. Поэтому такой расчет применяется обычно в условиях крупносерийного и массового производства деталей и машин.

При вероятностном расчете учитывают, что наличие действительных размеров деталей в цепи, выполненных с равными предельными размерами в наихудшем сочетании, маловероятно. Исходя из этого, с некоторым допустимым процентом риска (который также маловероятен) вычисляют допустимое расширение полей допусков составляющих размеров, учитывая возможное рассеяние размеров деталей, получаемых в результате обработки.

При расчете размерных цепей возможны две задачи: прямая — определение допусков всех звеньев размерной цепи по их номинальным размерам и по известному допуску замыкающего звена и обратная — определение размера замыкающего звена по известным допускам звеньев данной размерной цепи. Прямую задачу решают одним из следующих методов достижения требуемой точности (подробный расчет содержится в ГОСТ 16320—70):

полной взаимозаменяемости — рассчитывают среднюю величину допуска, по которой на основе технико-экономических данных устанавливают допуск на размер каждого из составляющих звеньев;

неполной взаимозаменяемости — устанавливают допустимый процент риска (см. с. III), выбирают предполагаемый закон рассеяния каждого из звеньев, рассчитывают среднюю величину допуска, по которому на основе технико-экономических данных устанавливают допуск на размер каждого из составляющих звеньев;

групповой взаимозаменяемости — рассчитывают среднюю величину производственного допуска путем увеличения в n раз средней величины допуска, подсчитанного по предыдущему методу, устанавливают расширенные допуски на размер каждого из составляющих звеньев с соблюдением условия равенства сумм допусков в каждой из ветвей размерной цепи;

пригонки — выбирают компенсирующее звено, устанавливают экономичные в данных производственных условиях допуски на размеры всех составляющих звеньев, рассчитывают наибольшую возможную компенсацию, корректируют координату середины поля допуска компенсирующего звена;

регулирования — выбирают подвижный или неподвижный компенсатор, устанавливают величины допусков на размеры всех составляющих звеньев, экономически приемлемые в данных производственных условиях, рассчитывают величину компенсации, количество ступеней неподвижных компенсаторов и их размеры.

Обратную задачу решают с помощью расчета на максимум-минимум или вероятностного расчета. При расчете на максимум-минимум складывают отдельные допуски составляющих звеньев, увеличивающих и уменьшающих замыкающее звено. Например, для размерной цепи, показанной на рис. 22, а, номинальный размер замыкающего звена

$$A = 50 + 100 + 50 + 40 = 240 \text{ мм};$$

предельные отклонения размера замыкающего звена:

верхнее

$$ВПО = 0,0 + 0,2 + 0,0 + 0,1 = +0,3 \text{ мм};$$

нижнее

$$НПО = -0,2 - 0,0 - 0,2 - 0,1 = -0,5 \text{ мм}.$$

Окончательно

$$A = 240 \begin{matrix} +0,3 \\ -0,5 \end{matrix} \text{ мм}.$$

Схема размерной цепи представлена на рис. 22, б.

Для размерной цепи, представленной на рис. 22, в, размер замыкающего звена составит

$$A = (101 + 50) - (5 + 140 + 5) = 1 \text{ мм};$$

$$ВПО = 0,14 + 0,1 + 0,025 + 0,08 + 0,025 = 0,37 \text{ мм};$$

$$НПО = -(0,1 + 0,025 + 0,025) = -0,15 \text{ мм};$$

$$A = 1 \begin{matrix} +0,37 \\ -0,15 \end{matrix} \text{ мм}.$$

Схема размерной цепи представлена на рис. 22, г.

При вероятностном расчете обратную задачу решают в такой последовательности:

строят графическое изображение размерной цепи;

определяют номинальное значение замыкающего звена;

определяют координаты середины полей допусков Δ_i ;

рассчитывают величину поля допуска замыкающего звена по формуле

$$\delta_{\Delta} = t \sqrt{\sum \lambda_i^2 \delta_i^2},$$

где t — коэффициент, характеризующий процент выхода расчетных отклонений за пределы допуска; величина коэффициента зависит от принимаемого процента риска (p); λ_i — коэффициент относительного рассеяния, принимаемый в зависимости от закона распределения;

определяют верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена по формулам

$$ВПО = \sum \Delta_i + \frac{\delta_{\Delta}}{2} = (\sum \Delta_{o_s} - \sum \Delta_{o_t}) + \frac{t}{2} \sqrt{\sum \lambda_i^2 \delta_i^2};$$

$$НПО = \sum \Delta_i - \frac{\delta_{\Delta}}{2} = (\sum \Delta_{o_s} - \sum \Delta_{o_t}) - \frac{t}{2} \sqrt{\sum \lambda_i^2 \delta_i^2},$$

где Δ_{o_s} , Δ_{o_t} — координаты середины полей допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев; δ_i — поле допуска на размер.

Расчет размерной цепи, показанной на рис. 22, в, следующий (табл. 51). Значения t приняты для $p = 0,27\%$, а λ^t — для нормального закона распределения (ГОСТ 16320—70). Верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена:

$$ВПО = [0,07 + 0 - (0,04 + 0 + 0)] + 0,124 = 0,234 \text{ мм};$$

$$НПО = [0,07 + 0 - (0,04 + 0 + 0)] - 0,124 = 0,014 \text{ мм}.$$

Схема размерной цепи представлена на рис. 22, д. Здесь допуск замыкающего звена равен $\begin{matrix} +0,234 \\ -0,014 \end{matrix}$ вместо $\begin{matrix} +0,37 \\ -0,15 \end{matrix}$ при

расчете на максимум-минимум, т. е. имеется возможность увеличения абсолютных значений допусков составляющих звеньев, причем эту возможность можно увеличить, приняв при расчете больший процент риска.

51. Данные для расчета размерной цепи

Звенья	Допуски	Координаты середины полей допусков Δ_i
140	-0,08	$\frac{-0,08 + 0}{2} = -0,04$
101	+0,14	$\frac{0 + 0,14}{2} = 0,07$
50	±0,1	$\frac{-0,1 + 0,1}{2} = 0$
5	±0,025	$\frac{-0,025 + 0,025}{2} = 0$
5	±0,025	$\frac{-0,025 + 0,025}{2} = 0$

Примечание. Поле допуска замыкающего звена составляет

$$\frac{3}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{9} (0,08^2 + 0,14^2 + 0,2^2 + 0,05^2 + 0,05^2)} \approx 0,124.$$

ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА ПЛОСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

При расчете размерных цепей, звенья которых расположены произвольно в одной плоскости или в нескольких параллельных плоскостях (плоская размерная цепь), составляют цепь из проекций этих звеньев на выбранное направление, обычно совпадающее с направлением замыкающего звена, т. е. приводят плоскую цепь к виду линейной.

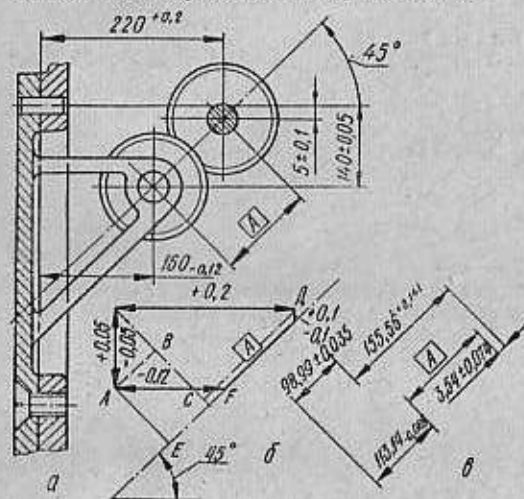


Рис. 23. Плоская размерная цепь сборочного сопряжения (а) и ее схемы в плоском (б) и линейном (в) видах.

$$A = 137,87 \begin{matrix} +0,335 \\ -0,109 \end{matrix}$$

вероятностный расчет (принимая $t = 1$ при $p = 32\%$; $\lambda' = 1/9$)

$$\sum \Delta_i = \frac{-0,035 + 0,035}{2} + \frac{0 + 0,141}{2} - \left(\frac{-0,074 + 0,074}{2} + \frac{-0,085 + 0}{2} \right) = 0,113;$$

$$\sum \lambda_i^2 \delta_i^2 = 1/9 [(0,035 + 0,035)^2 + 0,141^2 + (0,074 + 0,074)^2 + (0,085)^2] = 0,0595;$$

$$ВПО = 0,113 + 1/2 \sqrt{0,0595} = 0,235;$$

$$НПО = 0,113 - 1/2 \sqrt{0,0595} = 0,009.$$

$$A = 137,87 \begin{matrix} +0,235 \\ -0,009 \end{matrix}$$

ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Расчет размерной цепи, звенья которой расположены в непараллельных плоскостях (пространственная цепь), аналогичен описанному и сводится к приведению ее к виду линейной размерной цепи. Для этого заданную цепь необходимо спроектировать на три взаимно перпендикулярные оси, получить три линейные цепи, каждая из которых дает замыкающий размер: A_x , A_y и A_z .

Общий номинальный размер и полные отклонения затем рассчитывают по формулам

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2};$$

$$ВПО = \sqrt{(ВПО)_x^2 + (ВПО)_y^2 + (ВПО)_z^2};$$

$$НПО = \sqrt{(НПО)_x^2 + (НПО)_y^2 + (НПО)_z^2};$$

Где индексы x , y и z обозначают проекции на соответствующие оси.

Одно координатное направление удобнее совмещать с номинальным направлением замыкающего звена.

НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ШПОНОЧНЫЕ И ЗУБЧАТЫЕ (ШЛИЦЕВЫЕ) СОЕДИНЕНИЯ

Шпоночные соединения служат для закрепления на валах и осях зубчатых колес, шкивов, звездочек и других деталей при помощи шпонок, для передачи крутящего момента от вала к ступице и наоборот.

Шпонки всех основных типов стандартизованы, и размеры их поперечного сечения выбирают в зависимости от диаметра вала по таблицам соответствующих ГОСТ. Длину шпонок определяют из расчета на прочность с округлением до стандартной длины. Если предварительный расчет на прочность не производится, длину шпонки принимают на 5...10 мм короче закрепляемой детали и производят проверочный расчет шпоночного соединения на смятие или на смятие и срез.

Типы применяемых шпоночных соединений приведены в табл. 52. Допуски и посадки шпоночных соединений регламентированы ГОСТ 7227—58.

Обычно в соединении ставят по одной шпонке (кроме тангенциальных). При установке нескольких шпонок для передачи большого крутящего момента угол между ними может быть различным. Так, при двух шпонках угол равен 90, 120, 135 и 180°, при трех — 120°.

Величина результирующего крутящего момента, передаваемого многошпоночным соединением, зависит от числа и типа шпонок и угла между ними: при двух фрикционных шпонках передаваемый ими результирующий момент тем больше, чем меньше угол между шпонками: при двух призматических шпонках передаваемый результирующий момент не зависит от угла между шпонками, он в два раза больше, чем при одной шпонке; при двух клиновидных шпонках момент от сил трения зависит от угла между шпонками — чем больше угол, тем меньше момент. Момент от давления на боковую поверхность шпонок (в два раза больше, чем при одной шпонке) не зависит от угла между ними. Момент трения на боковых поверхностях шпонок тем больше, чем меньше угол между ними.

В современных машинах многошпоночные соединения заменяют зубчатыми (шлицевыми), в которых шпонки составляют с валом одно целое. Такие соединения применяются как для неподвижного закрепления ступицы на валу, так и для подвижного, допускающего осевые перемещения ступицы, и обладают рядом существенных преимуществ: детали на валах лучше центрируются и имеют более точное направление вдоль вала; напряжения смятия на рабочих поверхностях шлицов меньше, чем на поверхностях шпонок; прочность шлицевых валов при динамических и переменных нагрузках выше, чем валов со шпонками.

Вид шпонок	Эскиз	ГОСТ *	Примерное назначение и особенности эксплуатации
Призматические: обыкновенные		8789—68 8788—68 (6636—69)	Неподвижные соединения
высокие		10748—68 8788—68 (6636—69)	Неподвижные соединения, в которых закрепляемые детали (втулки) имеют малую длину или изготовлены из материала, плохо работающего на смятие
направляющие		8790—68 8788—68 (6636—69)	Подвижные в осевом направлении соединения. При большой длине хода шпонки закрепляются во втулке
сегментные		8795—68 8794—68	Неподвижные соединения. Соединение не требует пригонки
Клиновые:			
без головки		8792—68 8791—68 (6636—69)	Для предотвращения проворачивания втулок и смещения вдоль оси в машинах с пониженной точностью (ухудшают центрирование деталей и приводят к перекосу). Передает достаточно большие крутящие моменты. При установке закладываются в паз вала
с головкой		8793—68 8791—68 (6636—69)	То же, при установке забиваются

* В числителе указан ГОСТ на сортамент шпонок, в знаменателе — на размеры сечений шпонок и их пазов, в скобках — на длину шпонок.

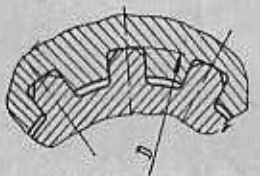
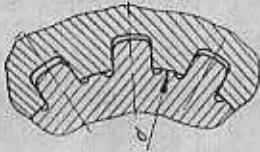
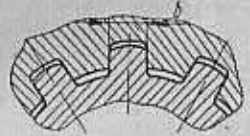
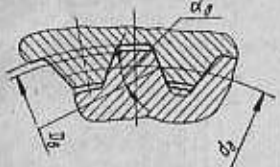
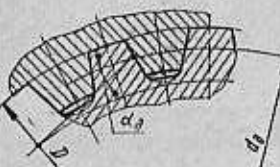
Вид шпонок	Эскиз	ГОСТ *	Примерное назначение и особенности эксплуатации
на лыске		Не гостированы	То же, но по сравнению с указанными выше клиновыми шпонками используются при передаче меньших крутящих моментов; сечение вала менее ослаблено
фрикционные		То же	То же, но из клиновых шпонок наиболее технологичны: не требуют шпоночного паза, не ослабляют сечение вала; применяются при передаче небольших крутящих моментов
Клиновые: тангенциальные нормальные тангенциальные усиленные		8796—68 — 8797—68 —	То же, но способны передавать большой знакопеременный крутящий момент То же
Круглые цилиндрические или конические		Не гостированы	Неподвижные соединения, если втулка расположена на конце вала. Требуют совместной обработки отверстия под шпонку
Торцовые		8789—68	При фланцевом соединении валов, главным образом при больших крутящих моментах

* В числителе указан ГОСТ на сортамент шпонок, в знаменателе — на размеры сечений шпонок и их пазов, в скобках — на длину шпонок.

В зависимости от формы профиля различают соединения с прямоугольными, эвольвентными и треугольными зубьями. Типы применяемых зубчатых (шлицевых) соединений, условия их центрирования и области применения приведены в табл. 53.

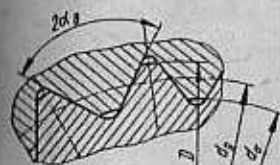
Расчет зубчатых (шлицевых) соединений производят как проверочный или проектный по напряжениям смятия с целью определения длины шлицов.

53. Шлицевые соединения

Эскиз	Способ центрирования	Примерное назначение	Основные параметры
Прямоугольная форма профиля (ГОСТ 1139—58)			
	По наружному диаметру	Для деталей с незакаленным отверстием (позволяет обрабатывать отверстие протягиванием, а вал — шлифованием)	$z \times d \times D$ от $6 \times 11 \times 14$ до $20 \times 112 \times 125$ (z — количество зубьев)
	По внутреннему диаметру	Для деталей с закаленными отверстиями (позволяет шлифовать центрирующие поверхности на валу и в отверстии)	
	По боковым граням	Для деталей как с незакаленными, так и с закаленными отверстиями, но при более низких требованиях к центрированию (обеспечивает более равномерное распределение нагрузки между шлицами за счет самоустановки)	
Эвольвентная форма профиля (ГОСТ 6033—51)			
	По боковым граням	Для деталей как с незакаленными, так и с закаленными отверстиями при требуемой повышенной прочности соединения (вследствие своей технологичности весьма перспективны)	$D = 12...400$ мм; $m = 1...10$ мм (m — модуль)
	По наружному диаметру		

Эскиз	Способ центрирования	Примерное назначение	Основные параметры
-------	----------------------	----------------------	--------------------

Треугольная форма профиля (не стандартизована)



По боковым граням

Для неподвижных соединений при передаче небольших крутящих моментов (применяется в основном с целью исключения посадок тонкостенных втулок)

$z = 20...70$;
 $m = 0,2...1,5$ мм;
 $2\alpha_b = 90; 72$;
 60°

ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Подшипники скольжения используются: для высокоскоростных или особо тяжелых валов; для особо точного направления валов; для валов диаметром свыше 1 м; для работы с ударными и вибрационными нагрузками; для работы в особых условиях (в воде, агрессивных средах); при необходимости иметь очень малые наружные диаметры подшипника.

Основные размеры трущихся поверхностей подшипников определяют конструктивно в соответствии с диаметром вала d , принимая ширину вкладыша $b = (0,5...2) d$. Выбор оптимального отношения этих величин имеет существенное значение для нормальной работы подшипника. При увеличении ширины подшипника уменьшается среднее давление в нем, однако резко увеличиваются кромочные давления и ухудшается работа подшипника. Уменьшение отношения b/d ниже допустимого предела приводит к усиленному вытеканию масла через торцы подшипника и снижению его несущей способности.

После определения отношения b/d выполняют проверочный расчет. Для подшипников, работающих в режиме, близком к граничному трению, расчет ведется по среднему давлению p и на ограничение нагрева (pv). Эти величины определяют по известным формулам и сравнивают с допустимыми значениями (см. табл. 9). Расчет подшипников скольжения с жидкостным трением производят по выбранной толщине масляного слоя и на нагрев в соответствии с гидродинамической теорией смазки.

Конструктивные размеры бронзовых и чугуновых разъемных и неразъемных вкладышей стандартизированы (ГОСТ 1978—73, 11525—65, 11611—65).

Рекомендуемые области применения подшипников скольжения в зависимости от вида трения указаны в табл. 54.

54. Применение подшипников скольжения в зависимости от вида трения

Вид трения	Способ смазки	Примерное назначение	Примеры применения
Граничное	Периодически подается незначительное количество смазки (0,1...0,3)	При малых скоростях скольжения и небольших удельных давлениях	Опорные ролики транспортеров, ходовых колес, мостовых кранов и т. п.

Вид трения	Способ смазки *	Примерное назначение	Примеры применения
Полужидкостное	Смазка непрерывная (0,02...0,1)	При малых скоростях и больших удельных нагрузках; при кратковременном режиме работы с постоянным и переменным направлением вращения вала	Грузоподъемные машины, прокатные станы и т. п.
	Масляная ванна или смазка при помощи колец (0,001...0,02)	При средних и больших нагрузках, маломеняющихся по величине и направлению	Тяжелые редукторы и станки, мощные электродвигатели и генераторы, буксы вагонов
	Под давлением (0,001...0,02)	При переменной нагрузке	Стационарные дизельные двигатели, тихоходные судовые и нефтяные двигатели и т. п.
Жидкостное	Кольцами, комбинированный или под давлением (0,0005...0,005)	При малых окружных скоростях валов и особо тяжелых условиях работы с переменными по величине и направлению нагрузками	Легкие и средние редукторы, электродвигатели и генераторы средней и малой мощности, центробежные насосы и компрессоры
	Под давлением (0,005...0,05)	Слабо нагруженные опоры с большими скоростями скольжения	Осевые вентиляторы, шпиндели станков для чистовых и доводочных операций и т. п.

* В скобках указана примерная величина коэффициента трения

При конструировании подшипников скольжения необходимо выбирать подшипниковые материалы применительно к работе со стальными валами, шейки которых обладают высокой твердостью (*HRC* 55...60), а также учитывать, что подшипниковый материал должен обладать низким коэффициентом трения, хорошей смачиваемостью смазочными материалами, коррозионной стойкостью, высокой износостойкостью, прирабатываемостью и теплопроводностью.

Коэффициенты трения скольжения при слабой смазке для стали по различным материалам следующие:

Материал	Коэффициент трения
Чугун	От 0,15 до 0,20
Антифрикционный чугун и бронза	> 0,10 > 0,15
Баббит	> 0,06 > 0,10
Пластмасса	> 0,15 > 0,20

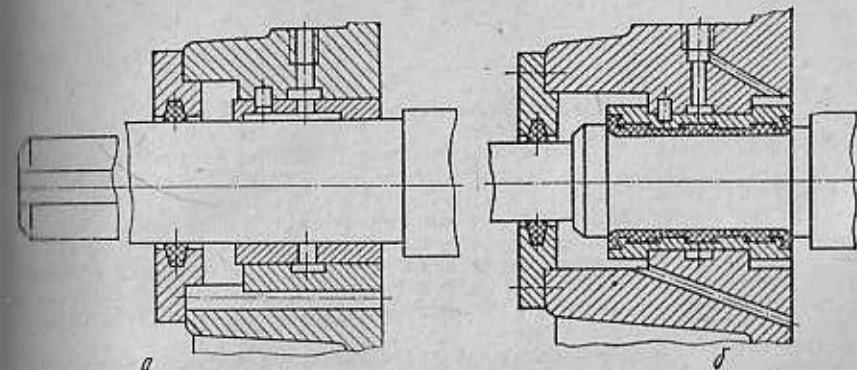
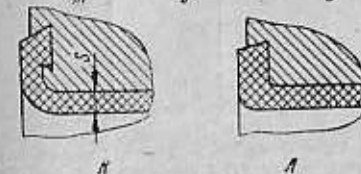
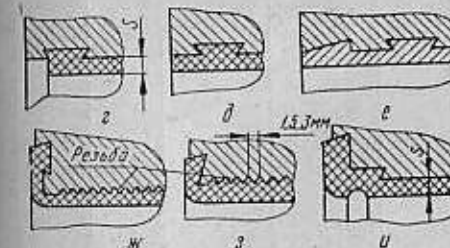
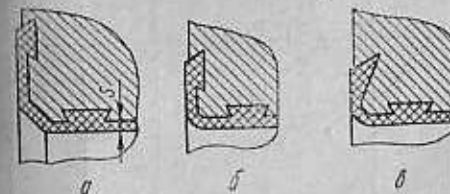
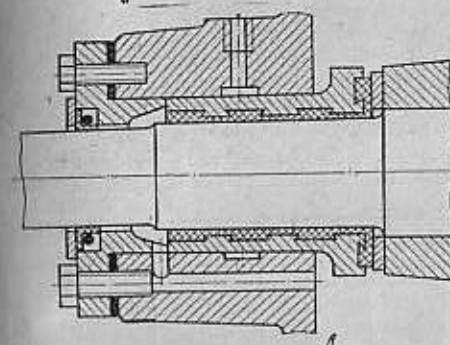


Рис. 24. Подшипник скольжения для нагрузок:

a — радиальной; *b* — радиальной и осевой; *a* — радиальной и значительной осевой.



В конструкциях подшипниковых узлов с радиальными подшипниками скольжения в необходимых случаях должна быть учтена возможность возникновения осевых нагрузок, которые иногда могут достигать больших значений (например, в редукторах с косозубыми, коническими и червячными колесами). На рис. 24 представлены некоторые возможные варианты радиальных подшипников скольжения. На рис. 25 — формы пазов для заливки чугуных и бронзовых вкладышей баббитом. При толщине слоя $s < 0,5$ мм пазы не нужны.

Рис. 25. Пазы с баббитовой заливкой во вкладышах:

a — *и* — в стальных и чугунных; *к*, *л* — в бронзовых. Толщина слоя: по бронзе — $0,01d$; по стали — $0,01d + (0,5...1)$ мм; по чугуну — $0,01d + (1...2)$ мм.

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

По сравнению с подшипниками скольжения подшипники качения имеют целый ряд преимуществ: обеспечивают более точное центрирование, имеют низкий коэффициент трения, малозависящий от режима работы, имеют небольшие осевые размеры, способны работать при малой подаче масла, в широком температурном диапазоне, в глубоком вакууме.

Наряду с преимуществами подшипники качения имеют и недостатки: большие радиальные размеры и массу; высокую стоимость; жесткость работы; отсутствие демпфирования колебаний нагрузки; шум во время работы; сложность установки и монтажа подшипниковых узлов; повышенную чувствительность к неточностям установки; контакт металлических деталей (тел качения и обойм).

Выбор подшипников качения при проектировании необходимо начинать с установления требуемого их типа в зависимости от эксплуатационных характеристик (табл. 55). Затем по известной методике (ГОСТ 18854—73 и 18855—73) определяют эквивалентную (расчетную) нагрузку подшипника P , т. е. такую условную постоянную радиальную нагрузку, которая обеспечивает подшипнику качения такой же срок службы, какой должен быть

в действительных условиях его работы. Кроме того, в зависимости от типа машины и особенностей узла следует задаться расчетным сроком службы L_h , r , принимаемым от 500 до 100 000 и более. Зная P и L_h , определяют требуемую динамическую грузоподъемность C , т. е. постоянную радиальную нагрузку, соответствующую сроку службы в 1 млн. оборотов внутреннего кольца,

$$C = P \sqrt[\alpha]{\frac{60L_h n}{10^6}}$$

где $\alpha = 3$ и $\alpha = 3,33$ — показатель корня соответственно для шариковых и роликовых подшипников. Приведенная формула справедлива при любой частоте вращения $n > 10$ об/мин. При $n = 1 \dots 10$ об/мин расчет ведут по $n = 10$ об/мин или по статической нагрузке. При $n < 1$ об/мин действующую нагрузку рассматривают как статическую.

После определения значения C , ориентируясь на выбранный тип и желаемые габаритные размеры подшипникового узла, прежде всего на диаметр шейки вала, на которую должен быть установлен подшипник качения, подбирают по каталогу наиболее близкий по значению C типоразмер. Подбор начинают с легкой и средней серий.

эксплуатационные характеристики *

55. Подшипники качения и их

Тип подшипников	ГОСТ	Способность				
		воспринимать нагрузки		обеспечивать		
		радиальные	осевые **	самоустанавливаемость ***	повышенную точность вращения	работу на высоких скоростях
Шариковые радиальные однорядные	8338—75; 2893—73; 7242—70; 8882—75; 10058—75	C	Чс (70%)	Чс (10...15')	C	C
Шариковые радиальные двухрядные сферические	5720—75; 8545—75	C	Чс (20%)	C (2...3°)	C	C

- * Условные обозначения: C — способен; Чс — частично способен; Нс — не способен.
 ** В скобках указана возможность восприятия основных нагрузок в процентах от номинальной.
 *** В скобках указан допустимый перекоп наружного кольца относительно внутренней поверхности.

подшипников				Примерное назначение	Пример применения
внут.- внеш.- внут.	осевое плавание колец		внутреннюю по- садку		
	внут.- внеш.- внут.	внут.- внеш.- внут.		раздельной кон- такт колец	
Нп	C	Нс	Нп	Жесткие двухопорные валы, прогиб которых под действием внешних сил не нарушает нормальной работы подшипника; валы с малыми расстояниями между опорами (отношение расстояния между опорами к диаметру вала — менее 10)	Электродвигатели малой мощности, коробки передач автомобилей, тракторов и металлорежущих станков, холостые шкивы, ролики транспортеров
Нп	C	Нс	C	Многоопорные валы трансмиссионного типа; двухопорные валы, подверженные значительным прогибам под действием внешних нагрузок; узлы, в которых технологически не может быть обеспечена строгая соосность посадочных мест в корпусах подшипников	Вентиляторы, воздушные компрессоры, сельскохозяйственные, бумагоделательные машины

бел; Нп — не применяется.
 неиспользованной радиальной нагрузки.
 р енного.

Тип подшипников	ГОСТ	Способность					подшипников				Примерное назначение	Пример применения
		воспринимать нагрузки		обеспечивать			осевое плавание колец		раздельный монтаж колец	втулочную посадку		
		радиальные	осевые *	самоустанавливаемость **	повышенную точность вращения	работу на высоких скоростях	внутренних	наружных				
Роликовые радиальные двухрядные сферические	5721—75; 8545—75	С	Чс (25%)	С (2...3°)	Нп	Гп	Нп	С	Нс	С	Тяжелонагруженные многоопорные валы, подверженные значительным прогибам под действием внешних нагрузок; узлы, в которых не обеспечивается строгая соосность посадочных мест (например, при установке подшипников в отдельных корпусах)	Угольные комбайны, врубовые машины; центробежные вентиляторы, насосы, дымососы, прокатные станы, редукторы средней и большой мощности, лесопильные рамы, скаты мостовых кранов, камнедробилки
Роликовые с короткими цилиндрическими роликами	8328—75; 7634—75	С	Нс	Нп	С	С	С	С	С	Чс	Жесткие двухопорные валы, опоры узлов, где по условиям работы одна из опор должна быть «плавающей», узлы, где по условиям монтажа и демонтажа необходимы подшипники разборной конструкции	Электродвигатели средней и большой мощности, шпиндели металлорежущих станков, опоры центробежных насосов, буксы вагонов метро, трамвая, железнодорожного подвижного состава
Роликовые игольчатые	4657—71; 4060—78	С	Нс	Нп	Нп	Нп	С	Нс	С	Нп	Опоры, размеры которых ограничены в диаметральном направлении. Широко применяются в случаях, когда вал или корпус совершают качательные движения	Карданные механизмы автомобилей, поршневые пальцы, распределительные валы двигателей, коромысла распределительных механизмов, опоры кривошипно-шатунных механизмов
Шариковые радиально-упорные	831—75; 832—66; 4252—75	С	С	Нп	С	С	Нп	Чс	Чс	Нп (кроме типа 6000)	Жесткие двухопорные валы с незначительным расстоянием между опорами. Узлы, в которых требуется регулировка зазора в подшипниках при монтаже опор и в процессе эксплуатации. Узлы, в которых вал (корпус) вращается с большим числом оборотов	Шпиндели металлорежущих станков, электродвигатели, центрифуги, червячные редукторы, передние колеса автомобилей

* В скобках указана возможность восприятия осевых нагрузок в процентах от не

** В скобках указан допустимый перекося наружного кольца относительно втул

использованной радиальной нагрузки, рецного.

Тип подшипников	ГОСТ	Способность				
		воспринимать нагрузки		обеспечивать		
		радиальные	осевые*	самостоятельную способность**	повышенную точность вращения	работу на высоких скоростях
Роликовые радиально-упорные	333—71; 7260—70; 3169—71; 6364—78; 8419—75	С	С	Нп	С	С
Шариковые упорные	6874—75; 7872—75	Нс	С	Нп	Нп	Нс
Роликовые упорные	5380—50; 9942—75					

* В скобках указана возможность восприятия осевых нагрузок в процентах от
 ** В скобках указан допустимый перекокс наружного кольца относительно внутрен

Выбранный подшипник, если он должен работать при больших скоростях, необходимо проверить на предельную частоту вращения путем сравнения скоростного параметра $d_{мп}$ с допустимым значением (здесь d_m — диаметр, по которому расположены центры тел качения). Допустимые предельные значения $[d_{мп}]$ зависят от типа подшипника, материала и конструкции сепаратора:

Подшипник качения	$[d_{мп}]$, мм·об/мин
Шариковый:	
однорядный радиальный и радиально-упорный со стальным штампованным сепаратором	Не более $5 \cdot 10^4$
двухрядный сферический (самоустанавливающийся) со стальным штампованным сепаратором	» » $4,5 \cdot 10^4$
упорный однорядный со стальным штампованным сепаратором	» » $1,5 \cdot 10^4$
радиально-упорный (шпиндельный) повышенной точности с массивным текстолитовым сепаратором . . .	» » $10,0 \cdot 10^4$
трех- или четырехконтактный радиально-упорный с сепаратором из цветных сплавов (с прокачкой) . . .	$15,0 \cdot 10^4$ и более
Роликовый:	
с короткими цилиндрическими роликами и стальным сепаратором	Не более $4,5 \cdot 10^4$
конический однорядный со стальным (чашечным) штампованным сепаратором	» » $3,0 \cdot 10^4$

подшипников					Примерное назначение	Пример применения
осевое плавание колец		раздельный монтаж колец	втулочную посадку			
внутренних	наружных					
Нп	Чс	С	Нп		Жесткие двухопорные валы (обычно устанавливается по одному подшипнику в каждой из опор на концах вала, одноименные торцы наружных и внутренних колец обращены друг к другу)	Червячные редукторы средних и больших мощностей, колеса грузовых автомобилей, катки гусениц тракторов, шпиндели металлорежущих станков, задние мосты автомобилей, металлорежущие станки и узлы машин с ограниченными габаритными размерами
Нс	Нс	С	Нс		Опоры, в которых действуют большие осевые нагрузки одного направления Опоры, в которых действуют большие осевые нагрузки. Применяется в основном в узлах с вертикальным расположением вала	Узлы вертикальных центрифуг; тихоходные редукторы, передающие крутящие моменты; краповые крюки; шпиндели металлорежущих станков; поворотные краны; домкраты, вращающиеся центры металлорежущих станков

неиспользованной радиальной нагрузки.

Окончательно установив типоразмер подшипника, в зависимости от назначения устанавливают класс его точности (ГОСТ 520—71) из следующего ряда: 0 (нормальной точности); 6 (повышенной); 5 (высокой); 4 (прецизионный); 2 (сверхпрецизионный).

Назначать условия монтажа подшипников качения на валы и в корпус необходимо таким образом, чтобы обеспечивалась жесткая связь между вращающимся элементом узла (валом или корпусом) и установленным на нем кольцом подшипника. Вращающееся внутреннее кольцо должно быть напрессовано на вал с определенным натягом. Требуемая величина натяга увеличивается с увеличением нагрузок, особенно ударных. Для неподвижных корпусов применяют легкие посадки.

Рекомендации по выбору посадок шариковых и роликовых подшипников на валы и в корпусе (ГОСТ 3325—55) приведены в табл. 56, 57.

56. Посадки шариковых и роликовых подшипников на валы

Режим работы узла	Диаметр подшипников, мм				Посадка *	Примерное назначение
	радиальных		радиально-упорных			
	шариковых	роликовых	шариковых	роликовых		
Вал не вращается						
Легкий или нормальный	Подшипники всех диаметров				D_n	Ролики ленточных транспортеров, конвейеров и подвижных дорог для небольших грузов
Нормальный или тяжелый **					$D_n; X_n$	Передние и задние колеса автомобилей, колеса вагонеток, самолетов
					C_n	Натяжные ролики ременных передач, блоки, ролики рольгангов
Вал вращается						
Легкий или нормальный	До 40	До 40	До 100	До 40	$H_n; P_n; P_{1n}$	Центрифуги, центробежные насосы, редукторы, коробки скоростей станков
	До 100	До 100	Свыше 100	До 100	$H_n; P_n; H_{1n}$	
	До 250	До 250	До 250	До 250	T_n	
Нормальный или тяжелый	До 100	До 40	До 100	До 100	$H_n; P_n; H_{1n}$	Электродвигатели мощности до 100 кВт, станки, редукторы, шпиндели металлорежущих станков
	Свыше 100	До 100	Свыше 100	До 180	$T_n; T_{1n}$	
		До 250		До 250	$G_n; G_{1n}$	
Тяжелый и ударная нагрузка	Подшипники всех диаметров				$G_n; T_n$	Электродвигатели мощностью свыше 100 кВт, ролики рольгангов тяжелых станков, железнодорожные и трамвайные буксы
	Подшипники на крепительно-стяжных втулках всех диаметров				B_3	Железнодорожные и трамвайные буксы, валки прокатных станков
Нормальный	Подшипники на конических крепительных втулках всех диаметров				B_3, B_4	Трансмиссионные валы и узлы, не требующие точного вращения

* Прописными буквами указаны посадки по системе ОСТ, цифровые индексы показывают класс точности посадки, буквенный индекс указывает на то, что посадка подшипниковая. Численные значения указанных отклонений посадочных мест даны в ГОСТ 3325-55.

** При регулировке зазора подшипника по внутреннему кольцу.

57. Посадки шариковых и роликовых подшипников в корпуса из чугуна и стального литья

Режим работы узла	Посадка *	Примерное назначение
Вращается корпус подшипника		
Нормальный	$T_n; H_n$	Ролики ленточных транспортеров, натяжные ролики натяжных передач
Нормальный или тяжелый	G_n	Ролики рольгангов, подшипники коленчатых валов компрессоров, ходовые колеса мостовых кранов
То же, для точных узлов	$H_{1n}; T_{1n}$	Подшипники шпинделей тяжелых станков (расточных и фрезерных)
Тяжелый (при тонкостенных корпусах)	P_7	Колеса самолетов, передние и задние колеса автомобилей и тракторов
Вращается вал		
Нормальный **	$P_n; P_{1n}$	Подшипники шпинделей металлорежущих станков, центробежные насосы, вентиляторы
Нормальный или тяжелый	C_n	Большинство подшипников для общего машиностроения, редукторы, железнодорожные буксы
То же, перемещение вдоль оси невозможно	$T_n; P_n; H_n$	Конические роликоподшипники коробок передач и задних мостов автомобилей и тракторов
Легкий или нормальный (разъемные корпуса) **	$C_{2an}; C_{3n}$	Трансмиссионные валы и узлы, не требующие точного вращения
Нормальный или тяжелый **	$P_n; P_{1n}; H_n; H_{1n}$	Подшипники шпинделей шлифовальных станков, коренные подшипники коленчатых валов двигателей

* Условные обозначения см. в табл. 56.

** Допускается колебательное нагружение наружного кольца подшипника.

МУФТЫ

Муфты служат для соединения концов валов, стержней, труб, электрических проводов и т. д. Основное назначение их — передача вращения и момента (без изменения его значения и направления) с одного вала на другой или с вала на свободно сидящую на нем деталь (шкив, зубчатое колесо, звездочку и т. п.) и обратно. С помощью муфт соединяются соосные валы (осевое смещение Δ), приближенно соосные (отклонение от соосности δ) и валы, оси которых взаимно наклонны и пересекаются под небольшим углом α (рис. 26).

В настоящее время в машиностроении используется большое количество конструкций муфт различных видов: механического действия, пневматических, электромагнитных и др. Наиболее широко применяются муфты механического действия. Ниже рассмотрены некоторые виды приводных муфт механического действия (табл. 58).

58. Приводные муфты

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или нормаль	Эскиз
Неуправляемые		
Глухие (обеспечивают жесткое, постоянное, особо точное и надежное соединение соосных валов с допусковым смещением осей 0,002...0,05 мм; в длинных валопроводах обеспечивают менее строгую соосность)	Втулочная со штифтовым соединением, МН 1067—60	
	Втулочная на шпонке, МН 1068—60	
	Фланцевая (поперечно-свертная), ГОСТ 20761—75	

При расчете муфт обычно исходным является расчетный максимальный крутящий момент, определяемый по формуле

$$M_p = M_{кр} k,$$

где $M_{кр}$ — номинальный передаваемый момент, кг·см; k — коэффициент режима работы машин и механизмов (табл. 59).

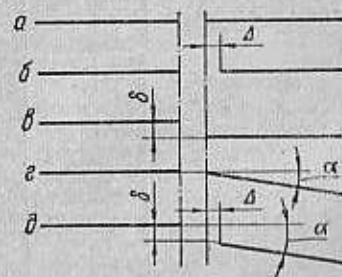
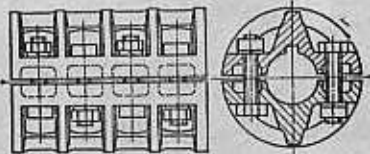
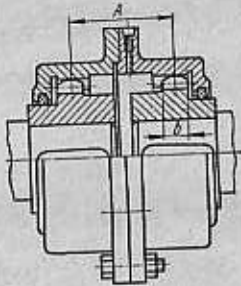
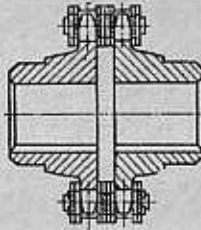
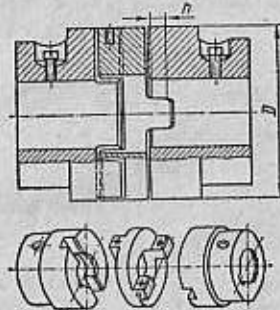


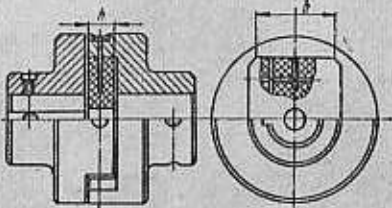
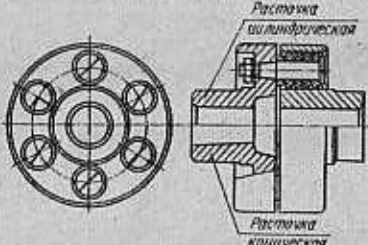
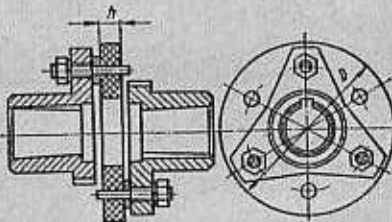
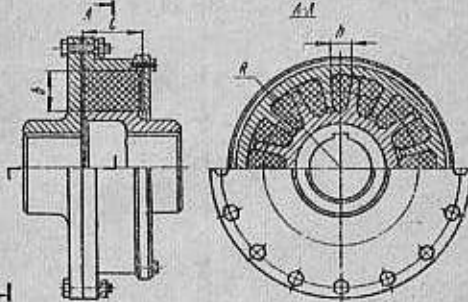
Рис. 26. Схемы возможных расположений валов, соединяемых муфтами:

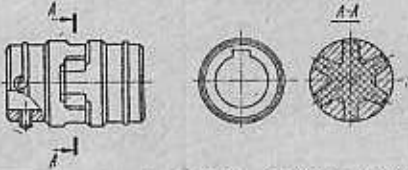
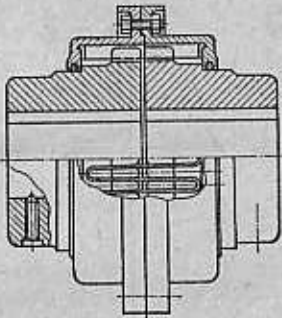
а — соосное; б — осевое смещение; в — радиальное смещение; г — угловое смещение; д — комбинарованное смещение.

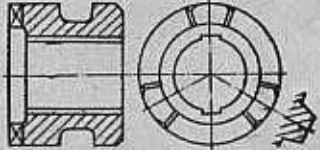
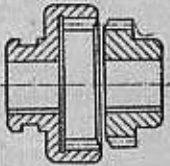
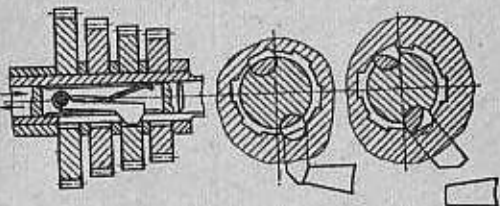
механического действия

Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Применение
(постоянно действующие)		
<p>Втулка на кручение</p> $\tau_{кр} = \frac{16M_p}{\pi D^3 \left(1 - \frac{d_3}{D_3}\right)} \leq [\tau_{кр}]$ <p>Штифт на срез</p> $\tau_{ср} = \frac{2M_p}{\pi d_{ср}^2 d} \leq [\tau_{ср}]$	<p>D, d — соответственно наружный и внутренний диаметр втулки, см; $d_{ср}$ — средний диаметр штифта, см;</p> <p>$[\tau_{ср}] \approx 0,25\sigma_T$, кгс/см²; $[\tau_{кр}] = (0,3...0,4)\sigma_T$, кгс/см²</p>	<p>Для диаметров валов (d_v) от 4 до 100 мм и передачи крутящих моментов ($M_{кр}$) соответственно от 0,03 до 400 кгс·м</p>
<p>Втулка на кручение</p> $\tau_{кр} = \frac{5M_p (d + 2a)}{(d + 2a)^4 - d^4} \leq [\tau_{кр}]$ <p>Шпонка на смятие</p> $\sigma_{см} = \frac{2M_p}{dl(h - t)} \leq [\sigma_{см}]$	<p>D, d — соответственно наружный и внутренний диаметр втулки, см; $a = \frac{D - d}{2} - t_1$ — толщина в месте шпоночного паза, см; h — высота шпонки, см; t — глубина шпоночного паза вала, см; t_1 — глубина шпоночного паза втулки, см; l — длина шпонки, см</p>	<p>Для d_v от 10 до 100 мм и $M_{кр}$ от 0,8 до 560 кгс·м</p>
<p>Болты на растяжение, если они установлены с зазором</p> $\sigma_p = \frac{10,4M_p}{\pi d_1^2 D_0 z l} \leq [\sigma_p]$ <p>Болты на срез, если они установлены без зазора</p> $\tau_{ср} = \frac{8M_p}{\pi d^2 D_0 z} \leq [\tau_{ср}]$	<p>d_1, d — соответственно внутренний и наружный диаметры болта, см; D_0 — диаметр окружности по центру болта, см; z — число болтов; $j \approx 0,1$ — коэффициент трения; $[\tau_{ср}] = (0,3...0,4)\sigma_T$, кгс/см².</p>	<p>Для d_v от 12 до 110 мм и $M_{кр}$ от 1,5 до 1000 кгс·м</p>

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или нормаль	Эскиз	Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Примечание
Глухие (обеспечивают жесткое, постоянное особо точное и надежное соединение соосных валов с допускаемым смещением осей 0,002...0,05 мм; в длинных валопроводах обеспечивают менее строгую соосность)	Продольно-свертная, ГОСТ 23108—78		Болты на усилие затяжки $P_{зат} > \frac{M_p}{d_{ср}^2 f}$	$d_{ср}$ — средний диаметр кольцевой поверхности трения, примерно равный диаметру окружности расположения болтов, см	Для d_v от 28 до 140 мм и $M_{кр}$ от 12 до 1250 кгс·м в тихоходных передачах с частотой вращения $n \leq 250$ об/мин при $d_n \leq 100$ мм и $n \leq 100$ об/мин при $d_n = 110...140$ мм
Компенсирующие (обеспечивают постоянное соединение валов с компенсацией небольших радиальных, осевых, угловых и комбинированных смещений валов)	Зубчатая, ГОСТ 5006—55		Определение передаваемого крутящего момента $M = M_p k$		Для d_v от 40 до 600 мм и $M_{кр}$ от 71 до 100 000 кгс·м в быстроходных передачах с повышенными требованиями к нагрузочной способности и надежности, а также в передачах с угловым смещением валов не более $0^\circ 15'$ и радиальным — не более (0,006...0,008) A мм
	Цепная, ГОСТ 20742—75		Определение передаваемого крутящего момента $M_p = M_p k$	k — коэффициент безопасности, при $k = 1,0$ поломка не вызывает остановки машины; при $k = 1,2$ или $1,5$ — вызывает аварию соответственно одной или нескольких машин; при $k = 1,8$ вследствие поломки могут быть жертвы; d_0 — диаметр начальной окружности, см; b — длина зуба зубчатой втулки, см; $[\sigma_{см}] = 120...150$ кгс/см ²	Для d_v от 18 до 125 мм и $M_{кр}$ от 6 до 630 кгс·м в передачах с радиальным смещением валов до 1,2 мм и угловым — до 1° (при использовании бесшумной цепи $n \leq 7500$ об/мин)
	Кулачково-дисковая крестовая, ГОСТ 20720—75		Рабочие грани на среднее удельное давление $p = \frac{8M_p}{D^2 h} \leq [p]$	D — наружный диаметр муфты, см; h — высота выступа промежуточного диска, входящего во впадины полумуфт, см; $[p] = 250$ кгс/см ²	Для d_v от 15 до 150 мм и $M_{кр}$ от 12 до 1000 кгс·м в тихоходных передачах ($n < 250$ об/мин) с параллельным смещением валов до $0,04d$ и угловым — до $0^\circ 30'$

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или норма	Эскиз	Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Примечание
Компенсирующие (обеспечивают постоянное соединенные валов с компенсацией небольших радиальных, осевых, угловых и комбинированных смещений валов)	Крестовая с сухарем (текстолитовым), не стандартизована		<p>Рабочие поверхности сухаря на смятие</p> $\sigma_{см} = \frac{6M_p}{hb^2} \leq [\sigma_{см}]$	<p>h — толщина сухаря, см; b — ширина сухаря, см $[\sigma_{см}] = 80 \dots 100 \text{ кгс/см}^2$</p>	<p>Для d_v от 15 до 100 мм и соответственно n_{max} от 8000 до 1600 об/мин</p>
Упругие (обеспечивают постоянное соединение валов, смягчают динамические нагрузки и снижают интенсивность колебаний при работе с переменной нагрузкой; допускают сравнительно большие смещения соединяемых валов)	Втулочно-пальцевая, ГОСТ 21424—75		<p>Рабочее давление между пальцами и резиновыми кольцами</p> $p = \frac{2M_p}{Dl d_n z} \leq [p]$ <p>Пальцы на изгиб</p> $\sigma_n = 5p \left(\frac{l}{d_n} \right)^2 \leq [\sigma_n]$	<p>z — число пальцев; D — диаметр окружности расположения центров пальцев, см; l — длина набора резиновых колец, см; d_n — диаметр пальцев, см; $[p] = 20 \dots 40 \text{ кгс/см}^2$; $[\sigma_n] = (0,4 \dots 0,5) \sigma_x$ материала пальцев</p>	<p>Для d_v от 16 до 150 мм и $M_{кр}$ от 3,2 до 1500 кгс·м в передачах с радиальным смещением 0,3...0,6 мм и угловым — до 1°</p>
Пальцевая с упругим диском, не стандартизована			<p>Диск на растяжение</p> $\sigma_p = 2,75 \frac{M_p}{bhD} \leq [\sigma_p]$ <p>при $d_n/b = 0,3 \dots 0,35$</p>	<p>b, h — соответственно ширина и высота сечения кольцевого диска, см; D — диаметр расположения пальцев, см; d_n — диаметр отверстия в диске под палец, см</p>	<p>Для d_v от 10 до 45 мм и $M_{кр}$ от 0,4 до 18 кгс·м в быстроходных передачах мощностью до 10...15 кВт при пониженных в сравнении с втулочно-пальцевой муфтой требованиях к нагрузочной способности (компенсационные способности муфты возрастают с уменьшением числа пальцев, но не менее 3, толщины диска и с увеличением его диаметра)</p>
С пластинами, работающими на смятие, не стандартизована			<p>Упругие элементы на смятие</p> $\sigma_{см} = \frac{M_p}{zblR} \leq [\sigma_{см}]$	<p>z — число пластин; b, l, R — размеры пластин, см; $[\sigma_{см}] = 6 \dots 8 \text{ кгс/см}^2$</p>	<p>Для d_v от 18 до 150 мм при n от 4700 до 1100 об/мин</p>

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или нормаль	Эскиз	Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Применение
Упругие (обеспечивают постоянное соединение валов, смягчают динамические нагрузки и снижают интенсивность колебаний при работе с перемещной нагрузкой; допускают сравнительно большие смещения соединяемых валов)	С резиновой звездочкой, ГОСТ 14084—76	 <p>Обозначения см. на эскизе муфты с пластинами, работающими на сжатие (с. 132)</p>	<p>Упругие элементы на смятие</p> $\sigma_{см} = \frac{M_p}{zblR} \leq [\sigma_{см}]$	<p>z — число зубьев звездочки; b, l и R — размеры зубьев звездочки, см $[\sigma_{см}] = 6...8 \text{ кгс/см}^2$</p>	<p>Для d_v от 12 до 450 мм и $M_{кр}$ от 0,3 до 12 кгс·м в быстроходных передачах с $n=3000...6300 \text{ об/мин}$</p>
Со змеиной пружиной, не стандартизована			<p>Пружина на изгиб</p> $\sigma_n = \frac{8M_p a h}{z D_{cp} b t^2 (t-h)} \times \frac{1}{\ln \frac{t+h}{t-h} - \frac{2h}{t}} \leq [\sigma_n]$	<p>b, h — соответственно ширина и толщина пружины, см; t — шаг пружины, см; z — число зубьев полу-муфт; D_{cp} — диаметр средней окружности зубьев, см; a — координаты точки контакта пружины с зубом относительно плоскости симметрии муфты; для муфт с пружинами постоянной жесткости $a = (0,4...0,5) l$; l — длина прямолинейного участка полувитка в ненагруженном состоянии, см; E — модуль упругости материала пружины, кгс/см²; $\sigma_n = 4000...7500 \text{ кгс/см}^2$; I — момент инерции пружины, см⁴</p>	<p>Для d_v от 20 до 140 мм и $M_{кр}$ от 8 до 960 кгс·м в передачах с любой частотой вращения валов при условии их допустимого смещения: угловом — до 1° 15', осевом — 4...20 мм и радиальном — 0,5...3 мм</p>
			<p>Муфта на максимальный угол закручивания</p> $\varphi_{max} = \frac{M_p a^2 (24b - 16a + 3\pi l)}{3ElzD_{cp}^2}$		

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или норма	Эскиз
Сцепные (обеспечивают соединение или разъединение валов на ходу или во время остановки привода)	Кулачковая, не стандартизована	
	Зубчатая, не стандартизована	
	Шпоночная с вытяжной или поворотной шпонкой, не стандартизована	

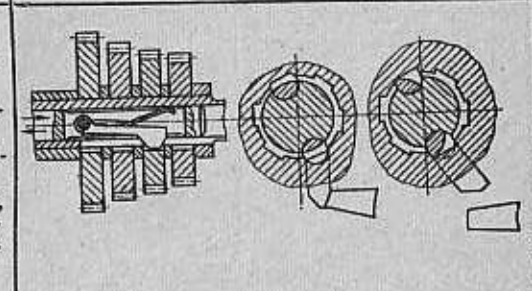
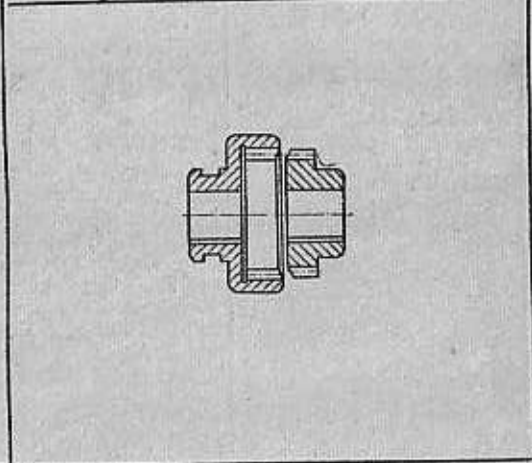
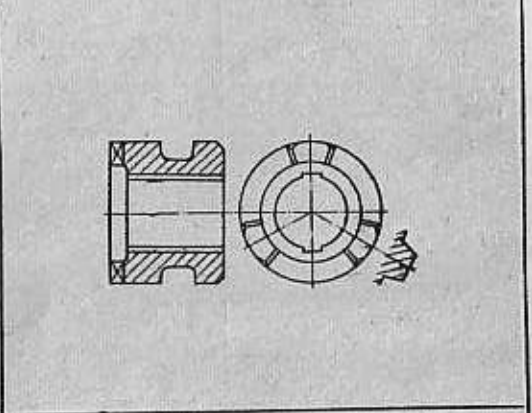
Управ


Сцепные (обеспечивают соединение или разъединение валов на ходу или во время остановки привода)

Кулачковая, не стандартизована

Зубчатая, не стандартизована

Шпоночная с вытяжной или поворотной шпонкой, не стандартизована



Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Примечание
<p>для емые</p> <p>Контактные поверхности кулачков на смятие</p> $\sigma_{см} = \frac{2M_p}{zD_{ср}bh} \leq [\sigma_{см}]$		
<p>Кулачки на изгиб у основания</p> $\sigma_{и} = \frac{2M_p h}{zD_{ср} w} \leq \frac{\sigma_T}{k}$		<p>Для d_n от 35 до 125 мм в передачах, имеющих строгую соосность соединяемых валов и допускающих частые пуски и остановки без включения приводного двигателя, а также изменение режимов работы или реверсирования.</p> <p>Форма зубьев кулачков:</p> 
<p>Муфта на усилие включения</p> $Q_{вкл} = \frac{2M_p}{D_{ср}} \left[f \frac{D_{ср}}{d} + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \right]$	<p>z — число кулачков; $D_{ср}$ — средний диаметр муфты по кулачкам, см; b — ширина кулачка, измеренная по радиусу, см; h — высота кулачка $[\sigma_{ср}] = 300 \dots 500$ кгс/см²; W — момент сопротивления кулачка на изгиб; $k \geq 1,5$ — коэффициент запаса прочности; σ_T — предел текучести материала полумуфт, кгс/см²; f — коэффициент трения муфты по валу; d — диаметр расточки муфты, см; α — угол профиля зубьев кулачков; φ — угол трения</p>	<p>a — для передачи малых крутящих моментов и при малой разности частот вращения соединяемых валов*; b — для передачи сравнительно больших крутящих моментов и при большой разности частот вращения соединяемых валов (число кулачков $z = 5 \dots 11$); c — для работы в тяжело нагруженных передачах или при ручном включении</p>
<p>Муфта на усилие выключения</p> $Q_{выкл} = \frac{2M_p}{D_{ср}} \left[f \frac{D_{ср}}{d} - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \right]$		

для емые

Контактные поверхности кулачков на смятие

Кулачки на изгиб у основания

Муфта на усилие включения

Муфта на усилие выключения

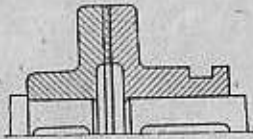
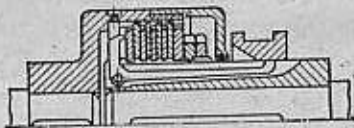
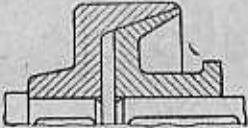
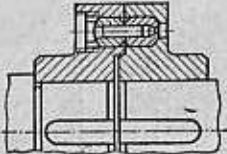
z — число кулачков; $D_{ср}$ — средний диаметр муфты по кулачкам, см; b — ширина кулачка, измеренная по радиусу, см; h — высота кулачка $[\sigma_{ср}] = 300 \dots 500$ кгс/см²; W — момент сопротивления кулачка на изгиб; $k \geq 1,5$ — коэффициент запаса прочности; σ_T — предел текучести материала полумуфт, кгс/см²; f — коэффициент трения муфты по валу; d — диаметр расточки муфты, см; α — угол профиля зубьев кулачков; φ — угол трения

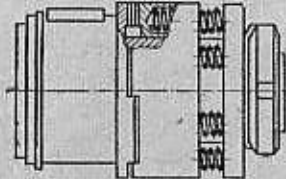
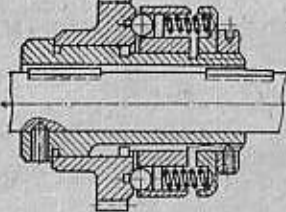
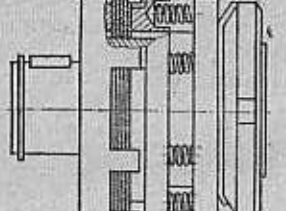
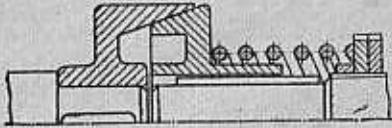
Для d_n от 35 до 125 мм в передачах, имеющих строгую соосность соединяемых валов и допускающих частые пуски и остановки без включения приводного двигателя, а также изменение режимов работы или реверсирования.

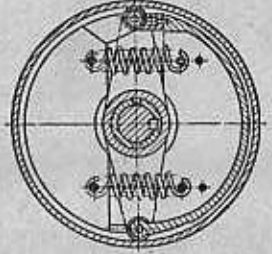
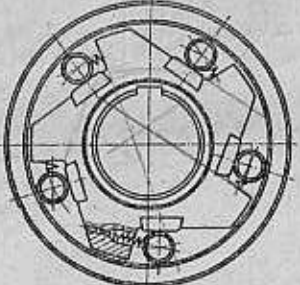
Форма зубьев кулачков:

a — для передачи малых крутящих моментов и при малой разности частот вращения соединяемых валов*; b — для передачи сравнительно больших крутящих моментов и при большой разности частот вращения соединяемых валов (число кулачков $z = 5 \dots 11$); c — для работы в тяжело нагруженных передачах или при ручном включении

* Основные достоинства кулачков с такой формой зубьев — легкость и быстрота

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или норма	Эскиз	Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Применение
Сцепные (обеспечивают плавное сцепление, т. е. пуск привода, при любой разности частот вращения соединяемых валов; не обеспечивают строгого совпадения частот вращения валов после их соединения)	Дисковая фрикционная, не стандартизована		Требуемое число пар трения $z = \frac{4\beta M_p}{\pi (D_1^2 - D_2^2) [\rho] R_{cp} f}$	$\beta = 1,5 \dots 1,2$ — коэффициент запаса сцепления; D_1, D_2 — соответственно наружные и внутренние диаметры дисков, см; R_{cp} — средний радиус дисков, см; f — коэффициент трения; $[\rho]$ — допустимое удельное давление, кгс/см ²	Для передачи больших крутящих моментов
	Многодисковая фрикционная, МН 5664—65		Передаваемый момент $M = Qf \frac{D_1 + D_2}{2}$ Усилие включения муфты $Q = 0,5 [\rho] \pi (D_1^2 - D_2^2)$		То же, для передачи еще больших крутящих моментов
	Коническая фрикционная, не стандартизована		Расчетное удельное давление $p = \frac{2M_p}{\pi D_{cp}^2 b f'} \leq [\rho]$ Усилие включения муфты $Q = \pi D_{cp} b p \sin \alpha$	$D_{cp} = (0,6 \dots 1,0) d$ — средний диаметр муфты, см; d — диаметр вала, см; $f' = f / \sin \alpha$ — приведенный коэффициент трения; α — угол конуса; b — длина поверхности трения, см	То же, при более низком требуемом осевом усилии. Рекомендуется $b = (0,15 \dots 0,25) D_{cp}$
Самоуправляемые (автоматические)					
Предохранительные (исключают возможность поломки при перегрузке)	Со срезным штифтом, не стандартизована		Диаметр штифта из условия прочности на срез $d_{шт} = \sqrt{\frac{4M_p}{\pi R_1 z \tau_{cp}}}$	R_1 — радиус муфты до оси среднего штифта, см; τ_{cp} — предел прочности на срез (для стали 45 и Ст5 $\tau_{cp} \approx 4200$ кгс/см ²); $z = 1 \dots 2$ — число штифтов	Для приводов, испытывающих редкие случайные перегрузки

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или норма	Эскиз	Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Применение
Предохранительные (исключают возможность поломки при перегрузке)	Пружинно-кулачковая, ГОСТ 15620—77		Кулачки на изгиб и смятие (формула расчета такая же, как для сцепных кулачковых муфт)		Для d_n от 12 до 50 мм и $M_{кр}$ от 0,25 до 33,7 кгс×м в передачах с небольшой частотой вращения и незначительными массами соединяемых частей
	Пружинно-шариковая, ГОСТ 15621—77		Пружину на усилие включения $p = \frac{2M_p}{D} \left[(\operatorname{tg} \alpha - \varphi) + \frac{D}{d} f \right]$	D — средний диаметр расположения кулачков или шариков, см; d — диаметр вала, см; φ — угол трения на кулачках или опорной поверхностью полумуфты; α — угол профиля кулачка или угол касательной в точке касания шариков с опорной поверхностью; $f = 0,15$ — коэффициент трения вала и полумуфта	Для d_n от 12 до 50 мм и $M_{кр}$ от 0,25 до 33,7 кгс×м в легких приводах при небольших нагрузках
	Фрикционная дисковая, ГОСТ 15622—77		Пружина на усилие срабатывания $Q = \frac{2M_{p \max}}{D_{cp} f z}$		Для d_n от 12 до 50 мм и $M_{кр}$ от 0,25 до 3,7 кгс·м в передачах, испытывающих кратковременные перегрузки или нагрузки ударного действия
	Фрикционная конусная, не стандартизована		Пружина на усилие срабатывания $Q = \frac{2M_{p \max}}{D_{cp}} \times \left(\frac{\sin \alpha}{f} + \cos \alpha \right)$	D_{cp} — средний диаметр поверхности трения, см; f — коэффициент трения; z — число пар трения; α — угол конуса	

Классификация и общая характеристика	Тип, ГОСТ или норма	Эскиз	Вид расчета, формула расчета	Принятые обозначения	Применение
Центробежные (обеспечивают или прекращают передачу крутящего момента при достижении ведущим валом определенной частоты вращения)	Двухколоточная центробежная, не стандартизована		<p>Вес одной колодки</p> $G = \frac{M_p g}{(0,6 \dots 0,8) R^2 f z (\omega^2 - \omega_1^2)}$ <p>Пружина на осевое усилие</p> $p_0 = \frac{G}{g} (0,6 \dots 0,8) R \times \omega_1^2 \frac{l}{l_1 + l_2}$ <p>Давление каждой колодки на шкив</p> $Q = \frac{M_p}{R f z}$ <p>Удельное давление на поверхности трения</p> $p = \frac{Q}{l a} \leq [p]$	<p>$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения; R — радиус поверхности трения, см; z — число колодок; ω — номинальная угловая скорость; $\omega_1 = (0,7 \dots 0,9) \omega$; l — расстояние от центра вала до центра шарнира, см; l_1, l_2 — расстояние от центра вала до оси соответственно первой и второй пружин, см; $a = (1 \dots 2) d_n$ — ширина колодки, см</p>	Для автоматического включения (или выключения) ведомого вала
Свободного хода (передают крутящий момент до тех пор, пока скорости вращения валов остаются одинаковыми)	Роликовая фрикционная обгонная, не стандартизована		<p>Угол заклинивания ролика</p> $\cos \theta = \frac{h + r}{h - r};$ $\theta \approx 7^\circ.$ <p>Крутящий момент</p> $M_{кр} \leq 2,06 R \theta z l r.$ <p>Наибольшее контактное напряжение на сжатие между роликом и звездочкой</p> $\sigma_k = 850 \times \sqrt{\frac{M_{кр}}{2zR \sin \frac{\theta}{2} l r}} \leq [\sigma_k]$	<p>h — расстояние от центра муфты до контактной поверхности звездочки, см; r — радиус ролика, см; R — радиус обоймы муфты, см; z — число роликов; l — длина ролика, см $[\sigma_k] = 1200 \text{ кгс/см}^2$</p>	Для передачи крутящего момента только в одном направлении

59. Коэффициент режима работы машины и механизмов при передаче крутящего момента от электродвигателя

Машины	k	Машины	k
Транспортеры: ленточные	1,25...1,5	Станки: металлорежущие с непрерывным движением	1,25...1,5
цепные, винтовые, скребковые	1,5 ...2,0	металлорежущие с возвратно-поступательным движением	1,5 ...2,5
Воздуходувки и вентиляторы	1,25...1,5	деревоседелочные	1,5 ...2,0
Насосы центробежные	1,5 ...2,0	Мельницы шаровые, дробилки, молоты, ножницы	2,0 ...3,0
Насосы и компрессоры поршневые	2,0 ...3,0		
Краны подъемные, элеваторы	3,0 ...4,0		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альшиц И. Я., Алисимов И. Ф., Благов Б. Н. Проектирование деталей из пластмасс. Справочник конструктора. М., Машиностроение, 1977.
2. Антонюк В. Е. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений. Минск, Беларусь, 1975.
3. Антонюк В. Е., Башеев С. М., Королев В. А. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. Минск, Беларусь, 1969.
4. Анурьев В. Н. Справочник конструктора-машиностроителя. Изд. 4-е. М., Машиностроение, 1973.
5. Башеев С. М., Ничипорчик С. Н., Макейчик Н. Н. Детали машин в примерах и задачах. Минск, Высшая школа, 1970.
6. Бейзельман Р. Д., Цыпкин Б. В., Перель Л. Я. Подшипники качения. Изд. 6-е. М., Машиностроение, 1975.
7. Белый В. А., Довгало В. А., Юркевич О. Р. Полимерные покрытия. Минск, Наука и техника, 1976.
8. Белый В. А., Свириденко А. И., Петроковец М. И. Трение и износ материалов на основе полимеров. Минск, Наука и техника, 1976.
9. Белькевич Б. А., Тимашков В. Д. Справочное пособие технолога машиностроительного завода. Минск, Беларусь, 1972.
10. Бобров И. М., Михайлов В. Г. В помощь конструктору-расчетчику. М., Машиностроение, 1969.
11. Болдин Л. А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении. Саратов, Изд-во Саратовского университета, 1974.
12. Брагинский В. А. Технология прессования и точность деталей из термореактивных пластмасс. Л., Химия, 1971.
13. Брагинский В. А. Точное литье изделий из пластмасс. Л., Химия, 1977.
14. Бычков П. П. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Учебное пособие. М.—Л., Машиностроение, 1974.
15. Вайнер Я. В., Досаян М. А. Технология электрохимических покрытий. Изд. 2-е. Л., Машиностроение, 1972.
16. Великанов К. М., Власов В. Ф., Карагандашова К. С. Экономика и организация производства в дипломных проектах. Изд. 2-е. М.—Л., Машиностроение, 1973.
17. Гетьман А. А. Качество и надежность чугунных отливок. М.—Л., Машиностроение, 1970.
18. Гуль В. Е. Структура и прочность полимеров. Изд. 2-е. М., Химия, 1971.
19. Гуль В. Е., Кулезнев В. И. Структура и механические свойства полимеров. Изд. 2-е. М., Высшая школа, 1972.
20. Данилевский В. В. Справочник молодого машиностроителя. Изд. 3-е. М., Высшая школа, 1973.

21. Дедюхин В. Г., Ставров В. П. Прессованные стеклопластики. М., Химия, 1976.
22. Детали машин. Расчет и конструирование. Справочник. Под ред. Н. С. Анурьева. Изд. 3-е. Т. 1. М., Машиностроение, 1966.
23. Детали машин. Расчет и конструирование. Справочник. Под ред. Н. С. Анурьева. Изд. 3-е. Т. 2. М., Машиностроение, 1968.
24. Детали машин. Расчет и конструирование. Справочник. Под ред. Н. С. Анурьева. Изд. 3-е. Т. 3. М., Машиностроение, 1969.
25. Дружинин Н. С., Цыбов П. П. Выполнение чертежей по ЕСКД. М., Издательство стандартов, 1975.
26. Дука А. Н. Расчеты размерных цепей машин и механизмов. К., Техника, 1969.
27. Дунаев П. Ф. Размерные цепи. Изд. 2-е. М., Машгиз, 1963.
28. Душин-Барковский И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Изд. 2-е. М., Машиностроение, 1976.
29. Дьяченко С. К., Столбовой С. З. Расчет и проектирование деталей машин. Изд. 2-е. К., Техника, 1968.
30. Егоров М. Е., Дементьев В. И., Дмитриев В. Л. Технология машиностроения. Изд. 2-е. М., Высшая школа, 1976.
31. Заблонский К. Н., Мак С. Л. Влияние конструктивных форм деталей машин на их долговечность. К., Техника, 1971.
32. Земляков И. П. Прочность деталей из пластмасс. М., Машиностроение, 1972.
33. Иванов Е. А. Муфты для приводов. Атлас конструкций. М., Машиностроение, 1964.
34. Кадагер Л. Н. Справочник по гальваностегии. К., Техника, 1976.
35. Казначей Б. Я. Гальванопластика в промышленности. М., Росгизместпром, 1956.
36. Кардашев Д. А. — В кн.: Новые полимерные материалы. М., Химия, 1972.
37. Ковалевский А. А. Изготовление технологической оснастки методом плазменного напыления. Обзор. Рига, Лат. ИНТИ, 1977.
38. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. М., Машиностроение, 1971.
39. Котов О. К. Поверхностное упрочнение деталей машин химико-термическими методами. Изд. 3-е. М., Машиностроение, 1969.
40. Краткий справочник металлста. Под ред. А. Н. Малова. Изд. 2-е. М., Машиностроение, 1972.
41. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов. Изд. 2-е. М., Металлургия, 1977.
42. Лашко Н. Ф., Лашко С. В. Пайка металлов. Изд. 3-е. М., Машиностроение, 1977.
43. Легздыня Л., Мартинсон В., Циемитис З. Применение гальванопластики при изготовлении деталей технологической оснастки на Рижском опытном заводе технологической оснастки. Рига, ЛРИНТИ, 1970.
44. Лоцманов С. Н., Петруник И. Е. Пайка металлов. Изд. 2-е. М., Машиностроение, 1973.
45. Любимов Б. В. Защитные покрытия изделий. Справочник конструктора. М.—Л., Машиностроение, 1969.
46. Майзель В. С., Навроцкий Д. И. Сварные конструкции. М.—Л., Машиностроение, 1973.
47. Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Справочник. Т. 1. Под ред. Л. П. Лужникова. М., Машиностроение, 1967.
48. Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Справочник. Т. 2. Под ред. Е. Г. Могилевского. М., Машиностроение, 1967.
49. Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Справочник. Т. 8. Под ред. Ф. Ф. Химушкина. М., Машиностроение, 1968.
50. Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Справочник. Т. 4. М., Машиностроение, 1969.
51. Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Справочник. Т. 5. Под ред. В. А. Попова. М., Машиностроение, 1969.
52. Машиностроительные материалы. Краткий справочник. Изд. 2-е. М., Машиностроение, 1969.
53. Мицдлин Я. З. Логика конструирования. М., Машиностроение, 1969.
54. Мирзоев Р. Г., Кугушев И. Д., Брагинский В. А. Основы конструирования и расчета деталей из пластмасс и технологической оснастки для их изготовления. М.—Л., Машиностроение, 1972.
55. Мягков В. Д. Допуски и посадки. Справочник. Изд. 4-е. М.—Л., Машиностроение, 1966.
56. Мягков В. Д. Краткий справочник конструктора. Изд. 2-е. М.—Л., Машиностроение, 1975.
57. Назаров Г. И., Сушкин В. В., Дмитриевская Л. В. Конструкционные пластмассы. Справочник. М., Машиностроение, 1973.
58. Общетехнический справочник. Под ред. А. Н. Малова. М., Машиностроение, 1971.
59. Окерблом Н. О. Конструктивно-технологическое проектирование сварных конструкций. М.—Л., Машиностроение, 1964.
60. Орлов П. И. Основы конструирования. М., Машиностроение, 1977.
61. Поляков В. С., Барбаш И. Д. Муфты. Конструкции и расчеты. Изд. 4-е. М.—Л., Машиностроение, 1973.
62. Попилов Л. Я. Советы заводскому технологу. Справочное пособие. Л., Лениздат, 1975.
63. Попилов Л. Я. Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов. Изд. 2-е. М.—Л., Машиностроение, 1971.
64. Попилов Л. Я. Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов. М., Машиностроение, 1969.
65. Проектирование сварных конструкций в машиностроении. Под ред. С. А. Куркина. М., Машиностроение, 1975.
66. Реймех А. Н. Основы конструирования машин. Изд. 2-е. М., Машиностроение, 1971.
67. Решетов Л. Н. Конструирование рациональных механизмов. Изд. 2-е. М., Машиностроение, 1972.
68. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Изд. 5-е. М., Машиностроение, 1971.
69. Сальников Г. П. Краткий справочник машиностроителя. Изд. 3-е. К., Техника, 1971.
70. Самохвалов Я. А., Левицкий М. Я., Григораш В. Д. Справочник техника-конструктора. Изд. 3-е. К., Техника, 1978.
71. Справочник металлста. Т. 1. Под ред. С. А. Чернавского и В. Ф. Решикова. М., Машиностроение, 1976.
72. Справочник металлста. Т. 2. Под ред. А. Г. Рахштадта и В. А. Бромстрема. М., Машиностроение, 1976.
73. Справочник металлста. Т. 3. Под ред. А. Н. Малова. М., Машиностроение, 1977.
74. Справочник металлста. Т. 4. Под ред. М. П. Новикова и П. Н. Орлова. М., Машиностроение, 1977.
75. Справочник по муфтам. Под ред. В. С. Полякова. М.—Л., Машиностроение, 1974.
76. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М., Машиностроение, 1973.
77. Спришевский А. И. Подшипники качения. М., Машиностроение, 1969.
78. Сучков А. Е. Надежность и долговечность машин — путь к экономии металла. Минск, Беларусь, 1969.
79. Технологичность конструкций. Справочное пособие. Под ред. С. Л. Апаньева и В. П. Купровича. М., Машиностроение, 1969.
80. Тищенко О. Ф., Валевидинский А. С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М., Машиностроение, 1977.

81. Фесик С. П. Справочник по сопротивлению материалов. К., Будівельник, 1970.
82. Филинов С. А., Фигер И. В. Справочник термиста. Изд. 3-е. М., Машиностроение, 1969.
83. Ханзен Ф. Основы общей методики конструирования. Пер. с нем. М.—Л., Машиностроение, 1969.
84. Хейвуд Р. Б. Проектирование с учетом усталости. М., Машиностроение, 1969.
85. Хуго И. Конструкционные пластмассы. Пер. с чешск. М., Машиностроение, 1969.
86. Чернавский С. А. Подшипники скольжения. М., Машгиз, 1963.
87. Электрохимические методы повышения долговечности деталей машин. Под ред. Н. А. Марченко. К., Техніка, 1969.
88. Энциклопедия полимеров. Т. 1. М., Советская энциклопедия, 1972.
89. Энциклопедия полимеров. Т. 2. М., Советская энциклопедия, 1974.
90. Энциклопедия полимеров. Т. 3. М., Советская энциклопедия, 1977.
91. Яковлев А. Д. Технология изготовления изделий из пластмасс. Изд. 2-е. Л., Химия, 1972.
92. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Изд. 3-е. М., Машиностроение, 1974.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Общие требования, предъявляемые к конструкции механизмов и машин в процессе проектирования. Пути увеличения работоспособности и экономичности проектируемых конструкций	5
Порядок проектирования	5
Общие принципы проектирования механизмов и машин	6
Пути увеличения прочности, жесткости и надежности конструкций	7
Пути снижения веса конструкций	11
Учет технико-экономических факторов при проектировании	11
Конструкционные и инструментальные материалы	12
Металлы и сплавы	12
Полимерные материалы и пластмассы	35
Рекомендации по применению пластмасс и других неметаллических материалов в различных конструкциях	40
Проектирование деталей из металлов, сплавов и пластмасс	48
Проектирование деталей из металлов и сплавов	48
Проектирование деталей из пластмасс	67
Требования к сварным и клеевым соединениям пластмассовых деталей	71
Назначение способа термической и химико-термической обработки деталей при конструировании	74
Характеристика основных видов термообработки металлов и области их применения	74
Характеристика основных видов химико-термической обработки сталей и области их применения	82
Термообработка деталей из пластмасс	83
Назначение защитных и защитно-декоративных покрытий при проектировании	84
Покрытия для деталей из металлов	84
Покрытия для деталей из пластмасс	86
Допуски и посадки. Краткая характеристика и области применения посадок	88
Единая система допусков и посадок СЭВ	88
Особенности назначения допусков и посадок для деталей из пластмасс	95
Шероховатость поверхности	97
Основные параметры и характеристики	97
Рекомендации по выбору параметров шероховатости и их числовых значений	97
Обозначение шероховатости поверхности на чертежах	99
Назначение шероховатости поверхности при конструировании деталей	100

Степени точности отклонений формы и расположения поверхностей и способы их достижения	104
Предельные отклонения формы и расположения поверхностей	104
Назначение и обеспечение требуемых степеней точности	105
Взаимозаменяемость деталей при проектировании	108
Способы расчета линейных размерных цепей	108
Элементы расчета плоских размерных цепей	112
Элементы расчета пространственных размерных цепей	112
Некоторые элементы механизмов и машин, применяемые в машиностроении	113
Шпоночные и зубчатые (шлицевые) соединения	113
Подшипники скольжения	117
Подшипники качения	120
Муфты	128
Список литературы	145

Борис Исаакович Штейнберг
Борис Михайлович Брайнман, канд. техн. наук
Виктор Ильич Ильченко

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА-КОНСТРУКТОРА

Редакторы *В. С. Козаченко, Л. Е. Альпер*
 Оформление художника *Л. А. Дикарева*
 Художественные редакторы *В. С. Шапошников, Н. В. Рублева*
 Технический редактор *С. М. Ткаченко*
 Корректоры *Т. Е. Царинская, Т. П. Кравец*

Информ. бланк № 1190
 Сдано в набор 16.08.78. Подписано в печать 7.05.79. БФ 04807. Формат 60×90^{1/8}. Бумага типогр. № 2. Гарн. лит. Печ. выс. Усл. печ. л. 9,5. Уч.-изд. л. 11,65. Тираж 75000 экз. Зак. 8-348. Цена 75 к.

Издательство «Техника», 252601,
 Киев, 1, ГСП, Крещатик, 5.

Книжная фабрика им. М. В. Фрунзе
 Республиканского производственного объединения
 «Полиграфинга» Госкомиздата УССР,
 Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8.