

# МОКУМЕ ГАНЕ

Полный обзор



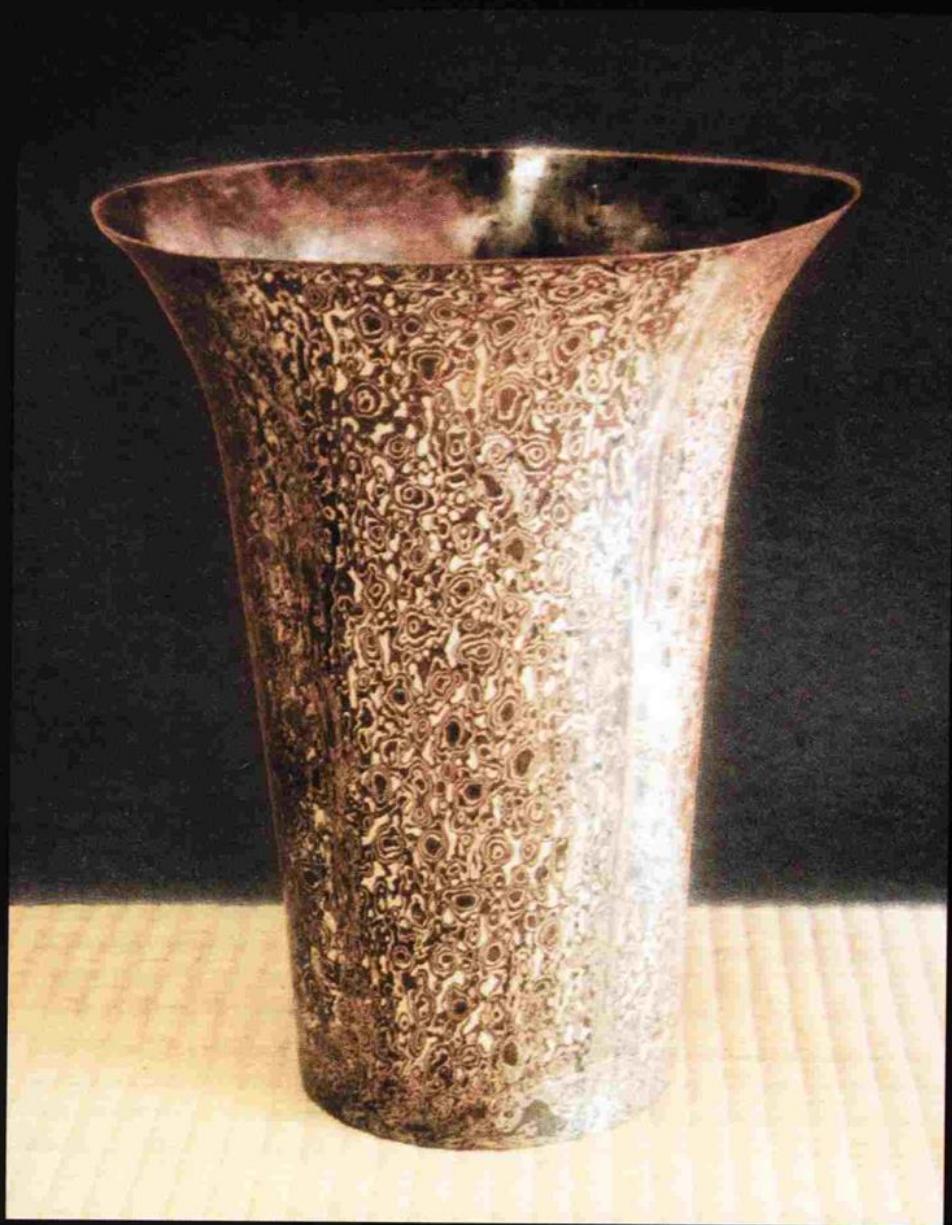
Соавторы

Джеймс Биньон  
Роберт Куган  
Хироко Сато и  
Юджин Майкл Пижановски

Стив Миджетт

# Содержание

<b>Введение</b>	7
Глава I: История мокуме гане	9
Глава II: Основы мокуме гане	19
Глава III: Металлы для мокуме	23
Изготовление собственного сплава	29
Глава IV: Теоретическая металлургия для мокуме гане	35
Глава V: Инструменты и оборудование	45
Глава VI: Подготовка брикета	49
Глава VII: Способы сплавления	53
Изготовление мини-печи для мокуме	53
Сплавление в мини-печи	59
Изготовление мокуме в горне. Роберт Куган	63
Изготовление мокуме гане в электрической печи.	
Джеймс Биньон	71
Изготовление мокуме при помощи припоя.	
Элистер МакКаллум	82
Паяная проволока - мокуме	84
Глава VIII: От брикета к листу	87
Глава IX: Формирование рисунка	91
Глава X: Окончательная отделка	101
Галерея	104
Демонстрации проектов	130
Послесловие	149
Проблемы и причины их возникновения	150
Таблица свойств металлов	152
Библиография	153
Источники	154
Алфавитный указатель	156
Формуляр сплавления	158



*«Работа должна идти от сердца. Любите молоток, пусть каждый его удар мягко придает форму металлу... прислушивайтесь к металлу и не заставляйте его плакать. Любите металл, и он будет отвечать вам взаимностью».*

- Хиротоши Ито

Ваза мокуме гане: медь, куромидо. Гьюкомей Шиндо.  
Фото: Пижановски



## Глава I

### История мокуме гане

Вообще, существует две истории развития мокуме гане. Первая, сокрытая временем, берет свои истоки в феодальной Японии, когда знания веками передавались от мастеров ученикам. Вторая - история мокуме гане на Западе, которая начинается с «открытия» этой техники в конце XIX века и имеет свое развитие в 70-80 гг. прошлого столетия, когда проводились обширные исследования этой технологии. Вне всяких сомнений, Хироко Сато Пижановски и Юджин Майкл Пижановски - два выдающихся мастера, которые помогают нам понять оба периода в истории мокуме гане. В этой главе я полностью полагаюсь на их исследования и считаю, что без их очень важной работы мокуме так и осталось бы для нас на Западе чем-то странным и малопонятным, покрытым завесой тайны древней Японии.

#### Мокуме в Японии

В 1970 году Пижановски посетили выставку работ народных японских ремесел в одном из универмагов Токио. Именно там они увидели огромную чеканную чашу Гьюкомей Шиндо, выполненную в технике мокуме (фото на стр. справа). Это было для них открытием, изделие было отлично выполнено, а поверхность напоминала полированный мрамор. До этого момента их собственные познания этой техники ограничивались ламинированием при помощи припоя. Опыт показывал, что изготавливать изделия из спаянного мокуме такие, как изделия Шиндо, путем выколотки невозможно, поскольку паяное соединение очень хрупкое. Им очень хотелось выяснить, как изготавливают подобные изделия, и они сумели установить дружеские отношения с Шиндо и двумя другими мастерами: Масахисой Ягихара и Норио Тамагава. От Шиндо они узнали о происхождении мокуме - диффузионной сварки металлов. Пижановски писали:

«Мокуме Гане было изобретено Денбеем Шоами (Denbei Shoami) (1651- 1728), который почти всю свою жизнь работал в префектуре Акита, Северная Япония. Он был мастером высшего класса, и ему было дано разрешение использовать имя Шоами из названия школы - Школа Шоами, которая существовала в Киото с конца XVI века. В то время ему оказывал поддержку крупный феодал района Акита по имени Сатаке.



Цуба: медь, шакудо.  
Денбей Шоами.  
Фото: Пижановски



## Мокуме гане



Цуба: возможно, шибуичи и шакудо, рисунок напоминает цветы, плавущие по воде. Такаша Окицуку, XIX век.

Музей Изобразительных Искусств, Бостон. Коллекция Вильяма Стругиса Бигелоу.

Шоами известен как создатель мокуме гане, это лишь одна из граней его деятельности. Он также занимает огромное место в истории ремесел как создатель исключительных изделий из стали, деталей и принадлежностей для мечей с применением резьбы и инкрустации.

Кроме технологий изготовления мечей, используемых в то время в Японии, на развитие мокуме гане оказывали влияние следующие факторы: высокий уровень мастерства, расширяющиеся познания в металлургии, широкий ряд материалов и цветных сплавов, уже используемых японскими мастерами. Эти факторы, а также накопленный опыт, переходящий от мастера к ученику, внесли значительный вклад в развитие техники мокуме гане.»

В действительности, искусство изготовления мечей в Японии того времени было настолько сложным, что именно оно диктовало развитие всех остальных видов обработки металлов. Значение, которое имели мечи в феодальной Японии, и влияние, которое мастера по их изготовлению оказывали на японское искусство и японскую технологию, можно сравнить с ведущей ролью аэрокосмической промышленности, которая побуждает развитие технологий сейчас. Мечи имели широкое практическое применение, одновременно являясь предметами искусства. Лучшие художники и лучшие мастера тех времен работали вместе, чтобы создавать прекрасные, в то же время функциональные изделия. Возможно, когда-нибудь наша культура достигнет таких

высот, когда мы сможем объединить усилия NASA (Национальное агентство по аэронавтике и исследованию космического пространства) и NEA (Агентство по ядерной энергии)!



Чеканный сосуд: медь, куромидо. Норио Тамагава. Фото: Пижановски



Сегодня найдено лишь несколько экземпляров ранней техники мокуме гане. Уцелевшие с тех времен предметы ограничиваются лишь приспособлениями для мечей. Нет сомнений, что техника веками переходила от мастера ученику в лучших традициях японских ремесленников. В определенный момент времени, какой точно неизвестно, японские мастера стали использовать технику мокуме гане и для других декоративных целей. В 1893 году в статье для *Journal of the Society of Arts* Профессор В. Чандлер Робертс-Остин описывает пару ваз из коллекции Кенсингтона, выполненных в технике мокуме.



«... мастерство, с которым выполнены эти работы, выше всяких похвал. Горлышко, кайма и основание изготовлены из мозаики шакудо и золота, основная часть вазы - из мокуме, состоящего из чередующихся слоев шакудо и красной меди, а прекрасная птица на серебряной вставке изготовлена из золота и цветных сплавов, вчененных в серебро.»

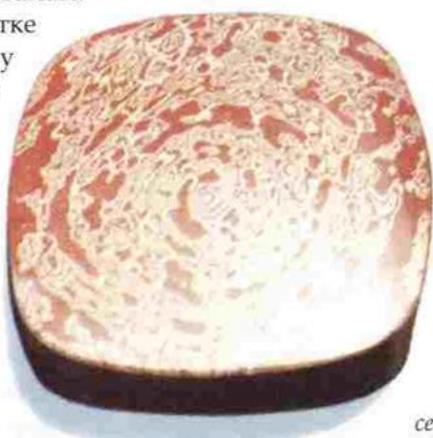
Блюдо: медаль, шакудо, золото.  
Хиротоши Ито.  
Фото: Митен

У нас достаточно оснований полагать, что если изделия такой сложности оказались в коллекции семьи английских аристократов в конце XIX века, то, скорее всего, подобные вещи изготавливали уже в течение какого-то времени в Японии. И снова Пижановски рассказывают:

«Техника мокуме передавалась через века и оставалась тайной до тех пор, пока не обнаружила себя в начале XX века в работах Соко Хирата, профессора кафедры обработки серебра Университета Изобразительных Искусств Токио».

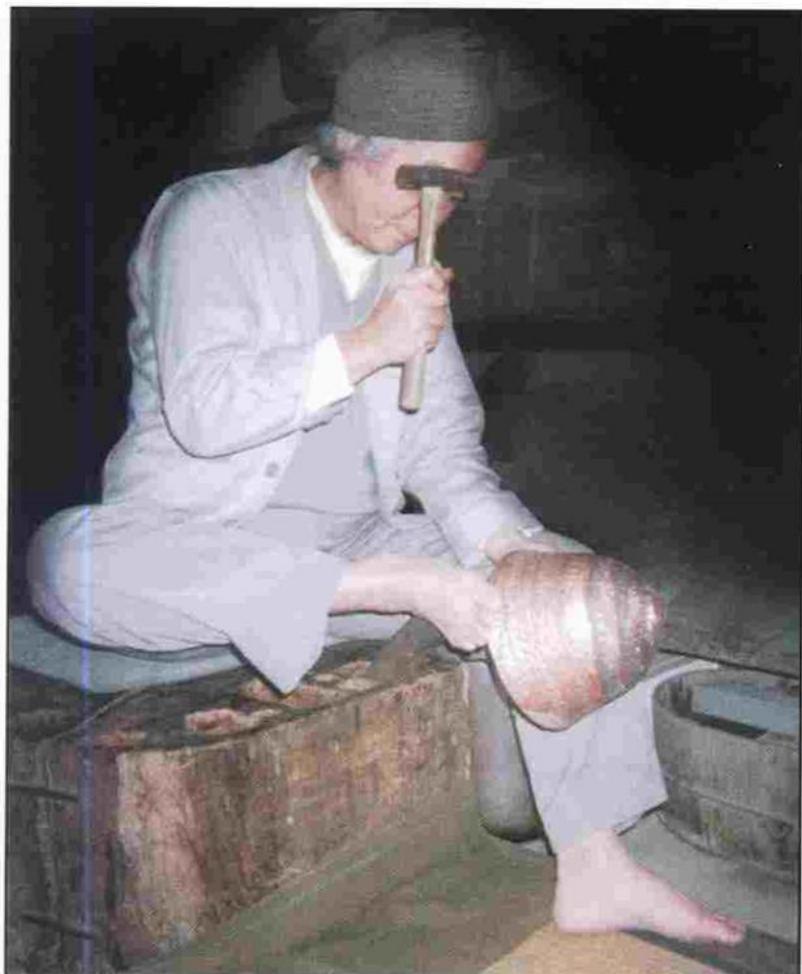
Другой японский мастер по имени Хиротоши Ито преподавал технику мокуме гане в университете до самой смерти в 1998 году. Уроки Ито, его философия наложили глубокий отпечаток на жизнь и работу его студентов. А технику мокуме до сих пор продолжают преподавать в Токийском Университете Изобразительных Искусств и Музыки.

В настоящее время мастером-практиком, который владеет наиболее сложными приемами мокуме гане в Японии остается Норио Тамагава. Будучи мастером по художественной обработке металлов в девятом поколении, он обучался у Гьюкомея Шиндо. Он работает в традиционной технике мокуме, которую Пижановски описывают далее.



Шкатулка: медаль и  
серебро. Хиротоши Ито.  
Фото: Митен

## Мокуме гане



Норио Тамагава за работой.

Фото: Митен

(его внутренней части) Тамагава использует толстый кусок меди, его толщина должна равняться примерно 1/3 толщины всего брикета, а в качестве груза - кусок малоуглеродистой ржавой стали таких же размеров. Металл очищают химическим путем в растворе цианистого калия (5 г на 1 л воды). Затем его промывают в чистой воде и вытирают тканью без ворса. Брикет формируют, комбинируя металлы, как приведено ниже:

Медь, шакудо, медь, шакудо, медь.

Медь, чистое серебро, шакудо, чистое серебро, медь, чистое серебро, шакудо, чистое серебро.

Медь, куромидо, медь, куромидо.

Медь, чистое серебро, куромидо, чистое серебро, медь, чистое серебро, куромидо, чистое серебро.

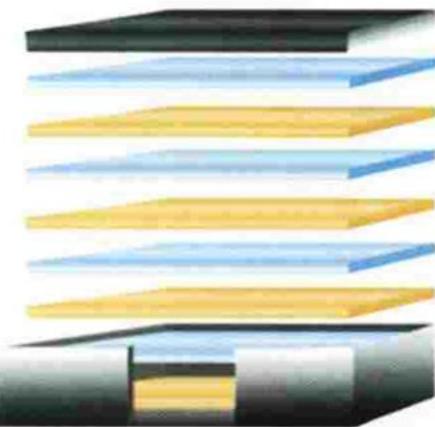
Слой металлов с более низкой температурой плавления помещаются между слоями с более высокой температурой плавления в желаемой последовательности, а затем весь брикет укладывается на

### Диффузионная сварка: традиционный метод

«Для создания всевозможных комбинаций двух или трех металлов Тамагава использует медь, шакудо, куромидо и чистое серебро. Обычно он использует восемь слоев круглых или квадратных пластин около 4 мм толщиной и 9 см в диаметре. Другие японские мастера используют квадратные пластины толщиной от 1 до 4 мм и варьируют количество слоев от 8 до 20. Важно, чтобы пластины были одной толщины. Их отжигают и выравнивают, чтобы они были идеально плоскими, а поверхность обрабатывают наждачной бумагой или другими абразивными материалами.

Для выкладки брикета мокуме используют поддон из ржавой стали, как показано на рисунке внизу. Поддон хотя бы с одной стороны должен иметь выемку или отверстие, чтобы во время обжига можно было наблюдать за цветами каления и процессом «запотевания» поверхности.

В качестве основы будущего изделия





поднос из малоуглеродистой стали. Наверх кладется стальная пластина для придавливания брикета. Толстой железной проволокой Тамагава плотно связывает получившийся брикет.

Слоистый металл помещают в горячий кузнецкий горн, работающий на металлургическом коксе (очищенный и переработанный уголь, горящий чистым пламенем). К нему [коксу] добавляется древесный уголь, который создает восстановительную атмосферу. Металлическая масса нагревается до тех пор, пока края не начнут «запотевать». В этот момент брикет немедленно вынимают из печи и слегка проколачивают деревянным молотком. Если слои металлов соединились должным образом, проволоку быстро снимают, а металлический блок - проковывают. Если брикет содержит серебро, проковывать начинают, когда металл перестанет быть красного цвета. Затем путем поочередной проковки и отжига металлический брикет утончают до 5-7 мм.

Рисунок мокуме Тамагава придает при помощи традиционного инструмента хатсuri-тагане (полукруглого резца по дереву, который оставляет в металле U-образные канавки). (См. «Изготовление полукруглого резца «бычий нос» на стр. 70). Слоистая заготовка наклеивается на смолу либо зажимается в больших слесарных тисках. Затем при помощи хатсuri-тагане он проделывает в ней канавки на глубину не менее трех слоев, создавая желаемый узор. После этого заготовка снова проковывается, пока не станет абсолютно плоской. Цикл резьба-проковка повторяется не менее четырех раз с постоянным контролем над проявляющимся рисунком. После того как рисунок сформирован, а вырезанные канавки слились с поверхностью, он продолжает проковку до тех пор, пока не получит желаемую толщину. Теперь заготовка мокуме с рисунком готова для дальнейшей обработки, а именно - для выколотки или формовки традиционными способами. После выколотки и финишной обработки, металлу придается цвет при помощи процесса, в котором используется уникальная японская патина рокушо (rokusho). (Более подробную информацию о рокушо вы найдете в Главе X).

## Мокуме «идет» на Запад

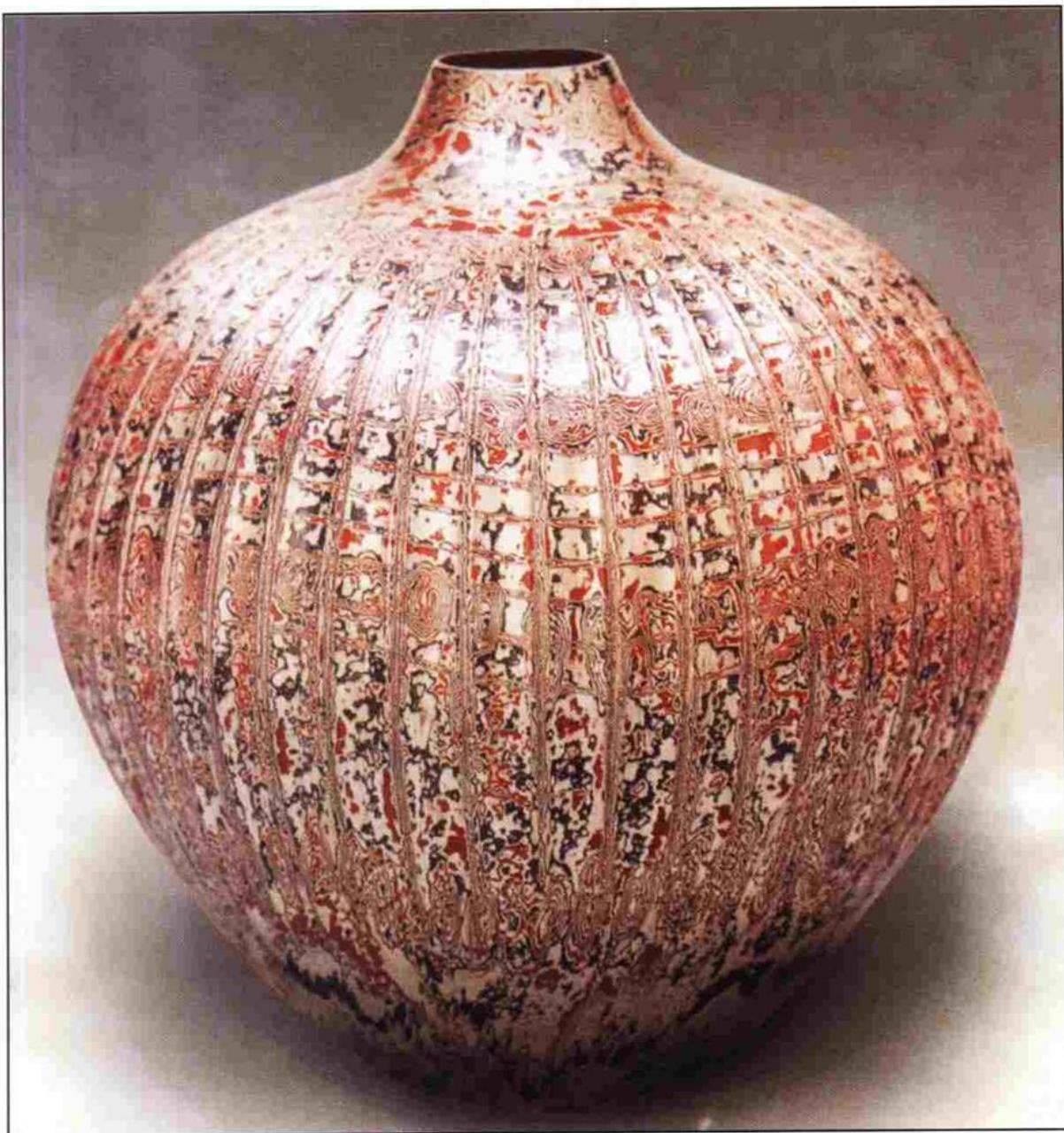
Вооруженные новыми знаниями о диффузионной сварке мокуме Пижановски вернулись в Америку с целью продолжить свои новаторские работы в этой области. Однако они не были первооткрывателями этой техники среди западных мастеров. Как было упомянуто в предыдущем параграфе, японские техники работы по металлу (включая мокуме гане), японские сплавы и патины изучал Робертс-Остин. Кроме этого, о технике мокуме упоминает Рафаэль Пампелли в *American Journal of Science* (Американский Научный Журнал) в 1886 г.



Чеканный сосуд: медь, серебро, шакудо. Норио Тамагава.  
Фото: Пижановски



## Мокуме гане



Чеканный сосуд: медь, серебро и шакудо. Норио Тамагава.



В статье Notes in Japanese Alloys (Заметки о японских сплавах) он пишет:

«Прекрасная дамасская работа создается путем спайки вместе поочередно уложенных 30 или 40 пластин из золота, шакудо, серебра, розовой меди и золотистого шибуичи...»

Следует заметить, что Пампелли пишет: «путем спайки», когда говорит о способе соединения слоев металлов. Робертс-Остин также предполагает, что слои металлов в мокуме спаяны между собой, следовательно, понятно, что на западе история диффузионной сварки, используемой в декоративных целях, была малоизвестна или неизвестна вообще. Возможно, когда эти авторы изучали изделие, выполненное в технике мокуме, они ошибочно приняли тонкий эвтектический слой сплава, который образуется между двумя основными металлами, за слой припоя. Тем не менее, Робертс-Остин пишет, что это не остановило Альфреда Гилберта от «попыток использовать эту технику в эксплозивных работах, выполненных в технике репуссе, которые мог изготавливать только он один». По-видимому, кроме всего прочего, Гилберт применял эту технологию при изготовлении центрального звена цепи «Chain of offices» («Цепи ведомств») для мэра Престона, Ланкашир, в 1888 году. В своей книге The Design and Creation of Jewelry (Дизайн и создание ювелирных изделий) Роберт фон Ньюманн также говорит о японской технике мокуме, где металлические листы спаяны между собой при помощи припоя. И, совершенно случайно, именно в этой, изданной в 1961 году, книге впервые содержалась информация о мокуме, и именно эта книга вдохновила многих западных ювелиров, в том числе и Пижановски.

Нет ни одного факта, подтверждающего использование в японской технике мокуме припоя при соединении металлов. Однако, некоторые медные сплавы могут соединяться между собой при помощи очень тонкого слоя серебра между ними. Во время нагрева этот слой образует эвтектический сплав меди и серебра, который плавится и связывает металлы между собой. Если температуру нагрева поддерживать выше этой точки, то серебро полностью диффундирует из сплава-связки, т. е., по сути, исчезает. Эта технология, известная, как *Transient Liquid Phase Bonding* (Соединение в исчезающей жидкой фазе), в настоящее время используется в промышленности для соединения жаропрочных сплавов, например, стальных суперсплавов на основе никеля и кобальта.

Единственная техника, похожая на технику мокуме гане, которая развивалась на Западе исторически независимо, известна, как Шеффилдские пластины (Sheffield Plate). Эта техника была открыта в 1743 году ножевщиком Томасом Булсовером. Было ли это открытие случайным или явилось результатом исследований, специалисты не могут сказать, но совершенно определенно можно сказать, что это открытие было многообещающим. Более века в больших количествах Шеффилдские пластины изготавливались путем прикрепления листового серебра к слитку меди, бронзы или нейзильбера толщиной около 4 см с последующим сплавлением в коксовом горне. Процесс сплавления внимательно отслеживался до момента появления «отпота» (показателя того, что образовался эвтектический сплав меди и серебра), это означало, что металлы соединены. Слиток затем проковывали, а после этого пропускали через вальцы, после



## Мокуме гане

чего его можно было использовать для изготовления всевозможной утвари: от канделябров до чайников.

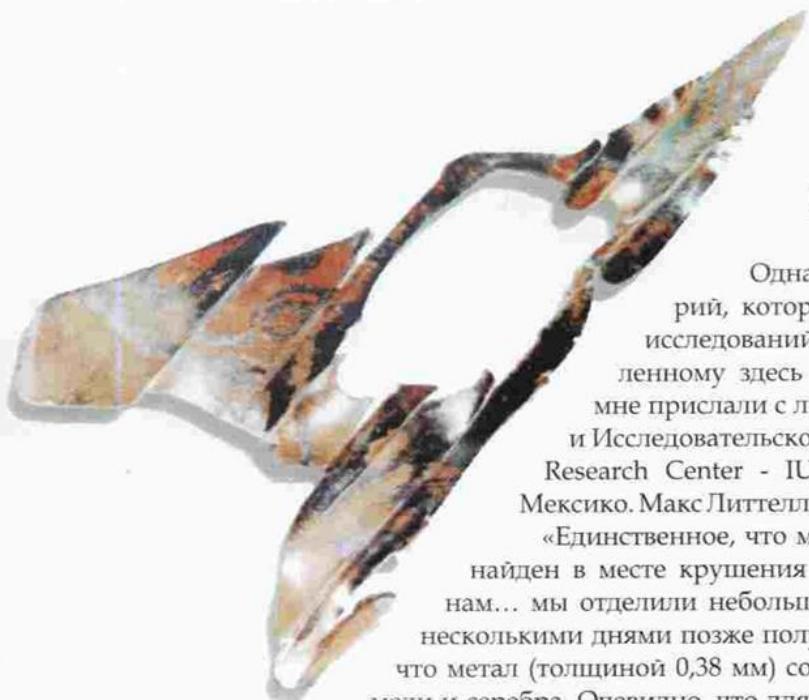
Несмотря на то, что способ соединения металлов в Шеффилдских пластинах очень близок к мокуме, важно отметить тот факт, что такая технология применялась исключительно в целях экономии серебра. При разработке и изготовлении предметов из Шеффилдских пластин очень много усилий тратилось на то, чтобы на готовом изделии скрыть внутренний слой меди. Техника мокуме гане, напротив, специально используется, чтобы подчеркнуть естественный рисунок поверхности, а это достигается путем соединения нескольких слоев металлов.

Вернемся в 70-е! После возвращения из Японии Пижановски начали свои исследования традиционной японской техники. Они широко размещали эту информацию в статьях отраслевых журналов, проводили презентации в мастерских в Соединенных Штатах, Европе и Австралии. Они руководили исследованиями дипломных работ своих студентов в Университете Южного Иллинойса в Карбондейле. Эти студенты, кураторами которых были профессоры Брент Кингтон и Ричард Модсли, проводили исследования всех аспектов изготовления мокуме путем диффузионной сварки. Их вклад - исчерпывающие эксперименты с японскими сплавами, обжигом и техниками формирования рисунка. Возможно, единственным наиболее существенным открытием было изобретение пластин, скрепленных болтами, Марвином Дженсеном, который заменил ими ранее использовавшуюся проволоку для связывания пластин. С распространением информации увеличивались количество и качество научных исследований техники мокуме. В 80-х годах XX века Стивен Кретчмер и Юджин Пижановски начали использовать для ламинации цветное золото, открыв тем самым новую сферу применения мокуме.

*Броши: желтое, красное и белое золото 583 пробы (14K), черный нефрит. Хироко и Юджин Пижановски.*

С тех пор было проделано очень много работ по созданию новых комбинаций металлов, основываясь на лучшем понимании законов металлургии, технологических новшествах в изготовлении мокуме (например, печей с цифровым контролем температуры). Все это и многое еще собрано воедино для того, чтобы сделать XXI век наиболее плодотворным периодом времени изготовления мокуме.

## Мокуме из космоса



Одна из, возможно, наиболее интригующих историй, которая мне подвернулась в процессе проведения исследований для этой книги, имеет отношение к представленному здесь металлическому предмету. Эти фотографии мне прислали с любезного разрешения Международного Музея и Исследовательского Центра НЛО (International UFO Museum and Research Center - IUFOMRC), расположенного в Росвелле, Нью-Мексико. Макс Литтл из IUFOMRC пишет:

«Единственное, что мы знаем - это то, что этот предмет был якобы найден в месте крушения (Росвелле), помещен в контейнер и передан нам... мы отделили небольшой фрагмент для отправки в Лос-Аламос (и) несколькими днями позже получили отчет». Отчет и фотографии сообщали, что метал (толщиной 0,38 мм) состоит из 19 поочередно расположенных слоев меди и серебра. Очевидно, что для IUFOMRC этого было достаточно, чтобы признать его внеземное происхождение, и «артефакт» в бронированном автомобиле перевезли и поместили под замок в Департаменте Полиции Росвелла. Затем в 1996 году репортер из *Albuquerque Journal* написал статью, в которой говорилось о том, что этот предмет появился на свет благодаря ювелиру Рэнди Фуллбрайту из штата Юта. Позже я разговаривал с Рэнди по телефону и спросил его об этом.

«Мы вместе с другом как-то вечером болтали у меня в мастерской, и я ради смеха взял кусок мокуме, свернул и пропустил через вальцы. А потом отдал своему другу, он отдал его кому-то еще, и, в конце концов, он оказался в Росвелле объектом внеземного происхождения».

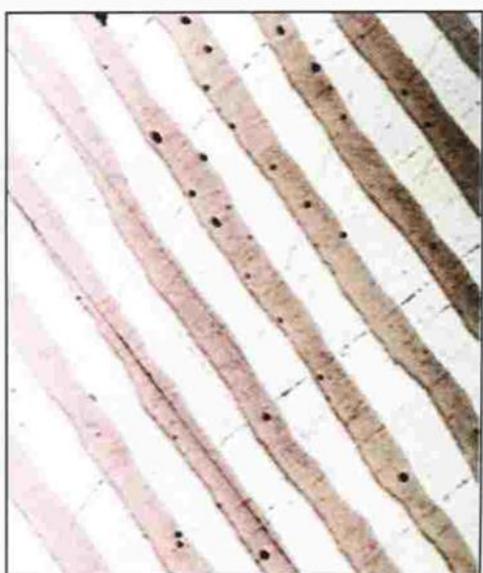
Когда я спросил его, что он сам думает о том, что самое известное его изделие объявлено космическим артефактом, Рэнди ответил:

«Я страшно испугался. Как только прошел слух, каждый чудак планеты счел своим долгом позвонить мне. Прилетала даже съемочная группа из Японии, чтобы взять у меня интервью... Все это просто глупо».

После этого я разговаривал с господином Литтллом и спросил его, как он относится к заявлению, что мокуме изготовлено руками человека. Он ответил:

«Мы не используем этот термин, чтобы металл использовался для изготовления ювелирных украшений, во всяком случае, не наш, из 19 слоев... Мне безразлично, что говорят другие, это не просто мороженое без наполнителя».

А экспонат до сих пор находится в музее на всеобщем обозрении.



Поперечный срез, 200-кратное увеличение.  
Национальные Лаборатории, Лос-Аламос



*«Если техника мокуме гане будет иметь развитие, к ней стоит применять самые различные подходы».*

- Элистер МакКаллум

Серия «Фундамент». «Раньше»: медь, куромидо, белый гранит Сьерра. Джек да Сильва.



## Глава II

### Основы мокуме гане

Существует множество различных подходов к созданию мокуме гане, но, несмотря на то, что серьезные мастера, работающие с этой техникой, имеют свои предпочтения, эти способы имеют много общего. Основное различие в том, каким из способов металлические пластины соединяются между собой. Эти способы включают в себя соединение при помощи припоя и 2 разновидности диффузионной сварки. Давайте познакомимся с этими процессами.

#### Соединение при помощи припоя

В начале 70-х, когда я только начал работать с мокуме гане, эта техника сразу же захватила меня не только своим почти магическим процессом создания рисунка поверхности, но и всем технологическим циклом от начала до конца. Бесконечные возможности (и проблемы), открывающиеся при работе с мокуме одновременно и вдохновляли, и радовали меня, но и создавали трудности. Модный в то время прием ламинирования включал в себя спаивание двух контрастных по цвету металлических пластин, прокатку получившегося слитка в вальцах, чтобы удвоить его длину, после чего металлы разрезали пополам и снова спаивали.

Процесс повторялся до получения желаемого количества слоев в брикете. Я помню, что было очень престижно, если кто-то создавал изделие из брикета мокуме в 128 слоев. И не то, чтобы тончайшие слои металла являли собой особенную красоту, все дело было в том, что каждый мастер понимал, сколько усилий и времени вы потратили, и через что вам пришлось пройти, чтобы достичь таких высот. Большинство из вас, возможно, уже опробовали этот способ, для тех же, кто не пробовал, позже Мистер Алистер МакКаллум даст несколько советов для изготовления этим способом высококачественного мокуме. Однако, поскольку спаять слои металлов вместе без газовых пузырьков и капель флюса между ними практически невозможно, широко распространена проблема появления раковин между слоями, от которых очень трудно избавиться. Кроме этого, механические свойства серебряных припоев таковы, что



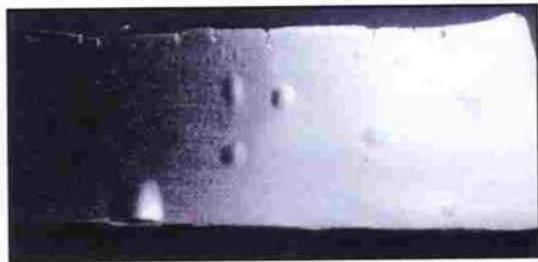
«Морская серия», брошь в форме раковины: шибуichi, медь, чистое серебро, жемчуг, гранат. Розмари Гоулд

Фото: Дэвид Альбрехт



## Мокуме гане

соединительный слой подвержен разрушению под силой механического воздействия либо при пайке уже готового слоистого материала. Весь процесс может быть очень трудоемким и, в итоге, весьма разочаровывающим. Не поймите меня неправильно: были и до сих пор есть много красивых вещей, изготовленных этим приемом, но все же я полагаю, что существует лучший способ.

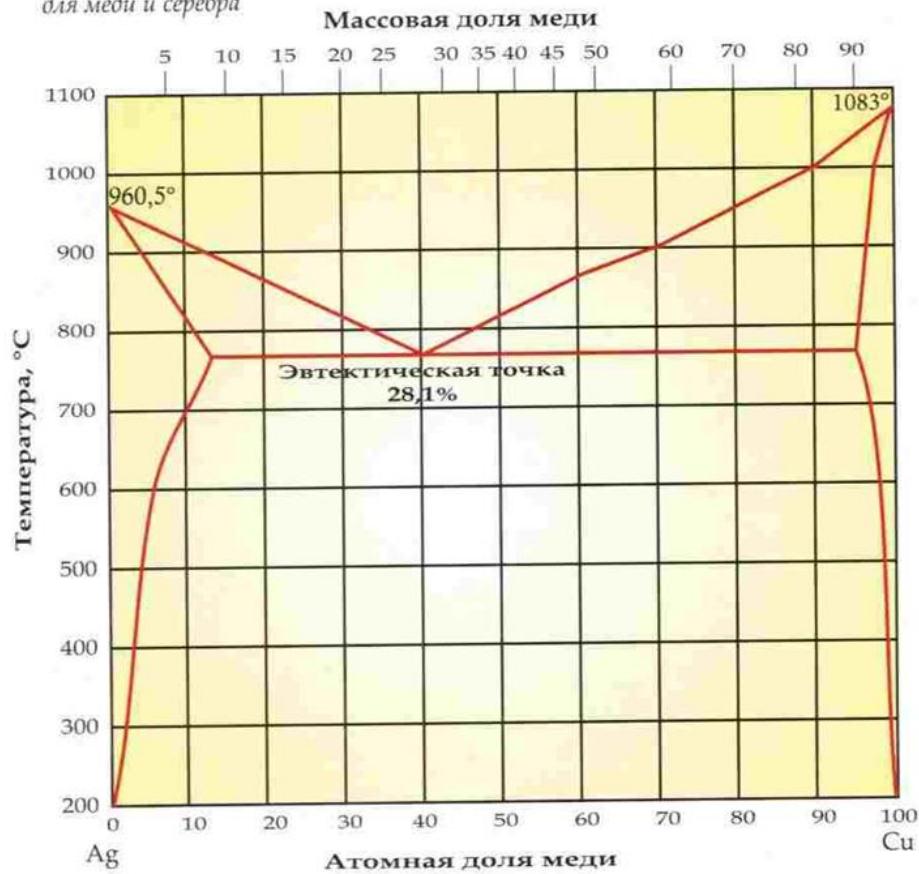


### Диффузионное соединение в жидкой фазе

Большинство изделий, выполненных в технике мокуме, созданных как в настоящее время, так и за всю историю, попадают в эту категорию. Это процесс, при котором пластины разных металлов соединяются без помощи легкоплавкого промежуточного слоя. Вместо этого, две исходные пластины в процессе диффузии создают третий сплав в плоскости их соприкосновения. Этот сплав в жидком состоянии соединяет два слоя. В зависимости от металлов, из которых состоит брикет, это может быть только частичное, тестообразное состояние или полностью жидкий эвтектический сплав контактирующих металлов. Эвтектическая точка двух металлов - состояние, при котором концентрация атомов обоих металлов достигла оптимального соотношения, и создается сплав с максимально низкой для всевозможных комбинаций этих металлов температурой плавления.

В случае с чистыми металлами эта точка определяется полным отсутствием любой частично жидкой фазы, это температура, при которой сплав переходит из полностью жидкого в полностью твердое состояние без переходного тестообразного состояния. Некоторые сочетания металлов, используемые в мокуме, в плоскости соприкосновения не создают жидкий эвтектический сплав, но соединяются посредством того, что один из исходных металлов частично переводится в жидкую фазу. В этот момент соединение происходит благодаря процессу, очень близкому к пайке твердым припоем, при котором жидкий металл из слоя с

Фазовая диаграмма для меди и серебра





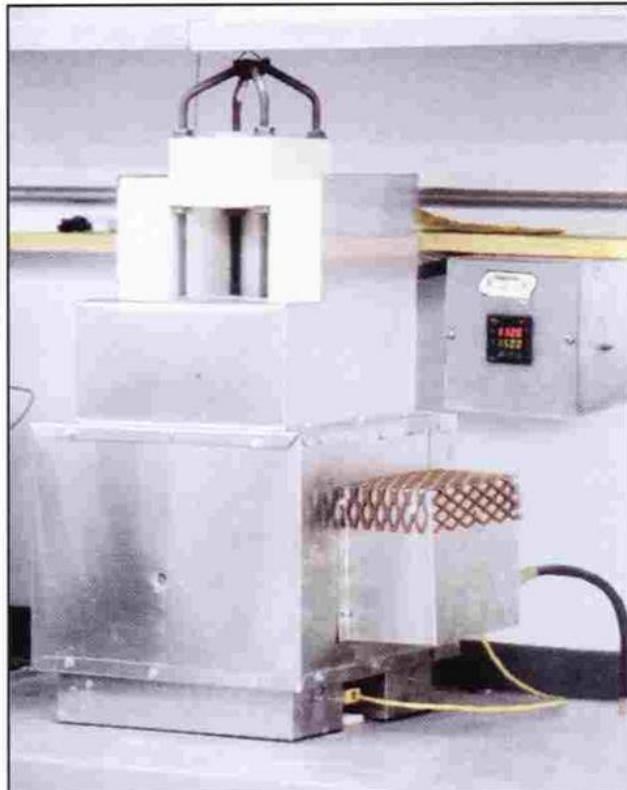
более низкой температурой плавления наплывает на другой и связывает их. Для отображения различных фаз бинарных (из двух металлов) и тернарных (из трех металлов) сплавов metallurgi используют фазовые диаграммы.

Говоря практическим языком, эвтектическая точка сплава - это то, что мы иногда видим, когда наблюдаем за появлением «отпота» у металлов при изготовлении мокуме или появлением «ободков» вокруг гранул в процессе грануляции. Примером приведения сплава в частично жидкую фазу может служить стадия кашеобразной консистенции, через которую проходит стерлинговое серебро при его плавлении в процессе подготовки к литью и которая отражает состояние металла между точками солидуса и ликвидуса.

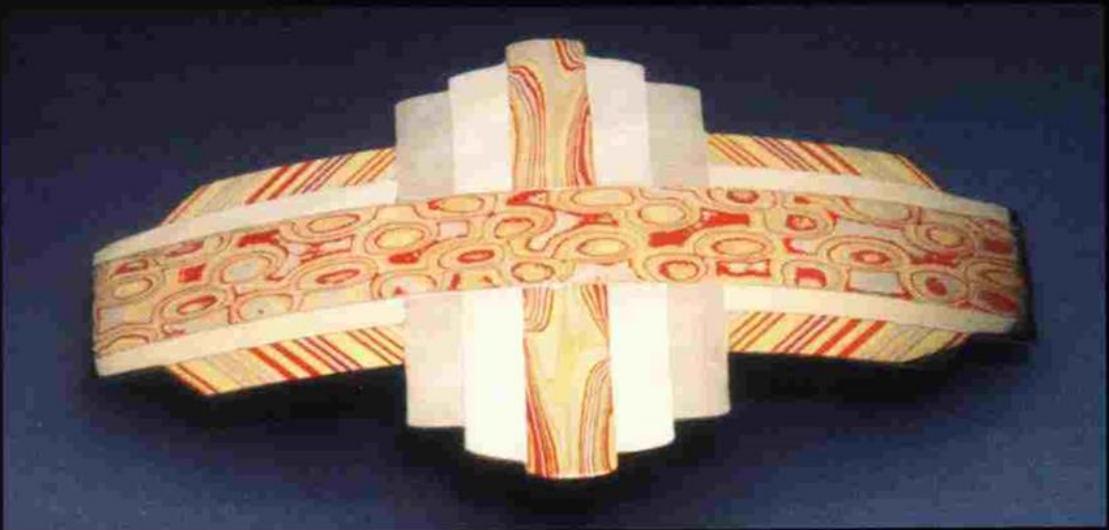
### Диффузионное соединение в твердой фазе

Диффузионное соединение в твердой фазе подобно волшебству. Это прочное соединение разных металлов между собой, которое происходит при соответствующих условиях при температуре, которая существенно ниже точки плавления либо эвтектической точки применяемых металлов. Этот метод основан на обмене исходных металлов достаточным количеством атомов, приводящем к созданию прочного соединения путем выращивания новых металлических кристаллов или зерен в зоне контакта. Поскольку эвтектическая точка не достигается, видимого третьего сплава не создается. Абсолютная чистота и абсолютный контроль атмосферы вокруг металлов - необходимые условия для создания такого типа соединения. Диффузионное соединение в твердой фазе занимает больше времени, чем диффузионное соединение в жидкой фазе и требует более сложного оборудования.

Способ изготовления мокуме при помощи припоя как при использовании пластин, так и при использовании проволоки, будет затронут лишь слегка, в то время как диффузионное соединение в обеих фазах будет тщательным образом продемонстрировано, изучено, проанализировано и, надеюсь, усвоено.



Цифровая печь для изготовления мокуме гане, сделанная на заказ.



*«Сочетания и контраст цветов металлов захватывают дух, техника мокуме - самый естественный способ их графически комбинировать».*

-Стивен Уолкер

Заколка для волос: стерлинговое серебро, нейзильбер, медь, латунь, бронза. Стивен Уолкер.  
Фото: Ральф Габриэль



## Глава III

### Металлы для мокуме

Давайте начнем с изучения металлов, используемых для мокуме. Они естественным образом подразделяются на 4 основные группы: медь и ее сплавы, серебро и его сплавы, золото и связанные с ним сплавы и металлы платиновой группы.

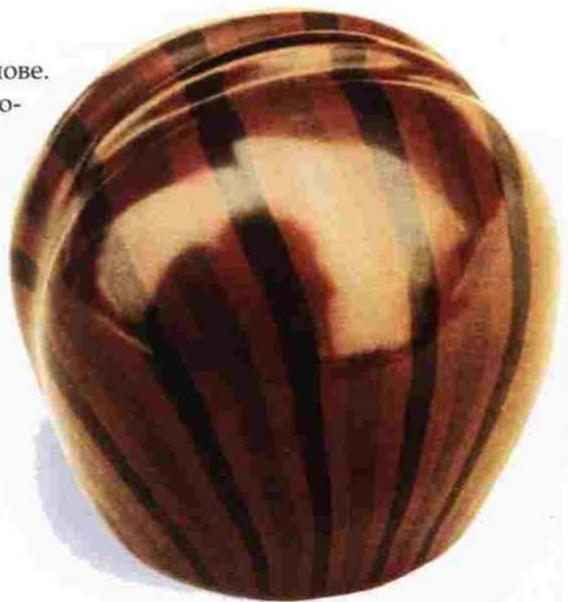
Медь - чрезвычайно ковкий, легко поддающийся обработке металл. Она легко образует сплавы со многими другими металлами, при этом облегчает их обработку и придает цвет. Не считая золота, это единственный небелый металл. Медь и ее сплавы традиционно были наиболее важными составляющими мокуме. В отношении ювелирных изделий упор делается на серебряные и золотые сплавы, но медные сплавы имеют огромное значение для изготовителей ножей и специалистов по художественной обработке металлов, которые работают с более широким спектром металлов.

Чистая медь хорошо ламинируется и отлично себя ведет в мокуме. Ее розовый цвет патинируется естественным путем до светло-коричневого, поэтому медь может добавить вашему изделию с деревянной текстурой насыщенный «деревянный» вид. Для создания широкой цветовой гаммы ее также можно окрашивать при помощи химических патин. Это мягкий, ковкий металл, но он может при необходимости упрочняться.

Шакудо - мой любимый традиционный сплав на медной основе. В обычных условиях он патинируется от темного бордово-коричневого до черного цвета и создает ярко выраженный контраст с любыми металлами, описанными в этой главе. Он может содержать от 2 до 15 процентов золота, но я считаю, что лучше обрабатывать сплав с 4%-ным содержанием золота, кроме того, этот сплав имеет красивый цвет и относительно экономичен в изготовлении и использовании. В шакудо для придания жесткости добавляют 3-4 процента кобальта, я в своей работе использую как мягкий, так и жесткий шакудо в зависимости от других металлов в брикете.

#### Медные сплавы

1. Чистая медь
2. Шакудо
3. Латунь
4. Нейзильбер



Сосуд, изготовленный в технике мокуме:  
меди, шибуichi, куромидо, шакудо.  
Марвин Дженсен.



## Мокуме гане

Несмотря на то, что мы, благодаря его цвету и названию, обычно не ассоциируем нейзильбер с медными сплавами, он создан на основе меди и ведет себя в мокуме, как медь. Из всех «белых» металлов этот - очень серый, поэтому, когда он ламинируется в соседстве с серебром, это выглядит, как дамасская сталь.

Латунные сплавы включают в себя желтые и красные латуни, ювелирную бронзу и полуторапак (Nu-gold или Rich Low brass). Каждая латунь имеет свои характеристики, а поскольку некоторые типы латуни имеют высокое содержание цинка, нужно с осторожностью сочетать более двух медных сплавов с серебром в одном брикете, особенно, если для его сварки используется эвтектическое, или сплавное, соединение.

В ряд традиционных японских сплавов входит куромидо, который после патинирования приобретает цвета от темно-коричневого до черного. Куромидо содержит чистую медь и 1% мышьяка. Изготовление куромидо очень опасно вследствие высокой токсичности мышьяка, а поэтому не рекомендуется. Курошибуichi, по сути, состоит из 84% шакудо и 16% шибуichi и патинируется до темно-серого. Другие сплавы на основе меди интересных цветов можно изготовить, добавляя небольшое количество кобальта, платины, палладия, сурьмы и пр.

### Серебряные сплавы

1. Чистое серебро
2. Стерлинговое серебро
3. Шибуichi

Чистое серебро - самый белый из всех металлов, известных человеку, серебро - чрезвычайно пластичный и ковкий металл. Чистое серебро необходимо там, где брикет планируется подвергать большим нагрузкам в процессе формообразования, и в отличие от стерлингового серебра оно не окисляется в процессе пайки и отжига. Несмотря на то, что чистое серебро более устойчиво к образованию потускнений, чем стерлинговое, оно все же подвержено воздействию серных и хлорных соединений, содержащихся в воздухе. Стерлинговое серебро создает более прочный слой-ламинат и имеет более высокую износостойкость, следовательно, оно более приемлемо для изготовления колец и браслетов. Его цвет слегка более серый с легким оттенком желтого, оно легче окисляется и тускнеет.



Брошь-талисман: куромидо, серебро, золото 583 пробы (14K), псиломелан, аметист. Розмари Гоулд.  
Фото: Томми Элдер

Шибуichi - традиционный сплав, содержащий серебро и медь. Это название означает «три четверти», содержащий 3/4 меди и 1/4 серебра. Его натуральный цвет варьируется от бледно-розового до желтовато-белого, в мокуме его можно использовать в качестве заменителя серебра. А поскольку его поведение в брикете мокуме больше похоже на серебро, чем на медь, я рассматриваю его



вместе с серебряными сплавами. Его наиболее часто встречающийся состав: 15-35% серебра, остальное - медь, но массовая доля серебра может меняться от 2% до 60%, как в широ-шибуичи. При патинировании шибуичи приобретает гамму оттенков серого и коричневого цветов.

### Золотые сплавы

1. Желтое золото
2. Зеленое золото
3. Красное золото
4. Белое палладиевое золото

Я думаю, что наиболее прост в работе сплав зеленого золота 750 пробы (18K). У него приятный цвет (я думаю, он даже менее зеленый, чем американское желтое золото красное!), и оно прекрасно поддается обработке. Зеленое золото достаточно мягкое для создания ламината, но в то же время достаточно жесткое, т. е. обладает достаточной износостойкостью. А также, благодаря низкому содержанию меди, зеленое золото создает контраст другим золотым сплавам и имеет более высокую температуру плавления. Я не рекомендую использовать для изготовления колец и браслетов зеленое золото 750 пробы (18K) с процентным соотношением золота и серебра 75% и 25% соответственно. Для них предпочтительнее использовать зеленый сплав, содержащий небольшое количество меди. Зеленое золото 583 пробы (14K) имеет более бледный оттенок и хорошо ламинируется. Однако, если его комбинировать с более жесткими сплавами - красным или желтым золотом 583 пробы (14K), его относительная мягкость усложнит обработку мокуме.

Золотые сплавы желтой группы содержат от 0,583 (14K) до 0,999 (24K) массовых долей золота. Исходя из практических целей, я рекомендую использовать сплавы желтого цвета 750 пробы (18K), они хорошо соединяются и готовый брикет не очень сложно обрабатывать. Иногда для насыщенного цвета я использую золото 916 пробы (22K) либо чистое золото, но в этом случае нужно принимать во внимание мягкость и дороговизну этого материала. Несколько слов о желтом золоте 583 пробы (14K): я не решаюсь рекомендовать его к использованию по двум причинам. Во-первых, большинство сплавов достаточно жесткие, следовательно, они меньше сочетаются с большинством других металлов, используемых в мокуме. Во-вторых, поскольку желтый оттенок золота 583 пробы (14K) значительно бледнее того же 750 пробы (18K), я никогда не получал результата, который бы радовал глаз.

Это особенно заметно, если его комбинируют с шакудо или куромидо. В этом сочетании сплавы темного цвета «вытесняют» золотой оттенок 583 пробы (14K), делая его цвет еще более бледным, чем он есть на самом деле. Я выяснил, что, потратив немного больше денег на сплав, который будет лучше выглядеть, вы окупите время, прилагаемые усилия и издержки,



Браслет-обруч: золото 750 пробы (18K), шакудо.  
Стив Миджетт.



## Мокуме гане



Обручальные кольца: желтое, белое и красное золото 750 пробы (18К).  
Стив Миджетт.  
Фото: Ральф Габриэль

который содержит только золото и медь, даже если благодаря этому создается наилучший цвет. Присадка в виде небольшого количества серебра размельчает зерна и значительно облегчает его обработку. Во-вторых, красное золото (как и все медные сплавы) после нагрева до красного свечения обязательно нужно охлаждать в холодной воде или отбеле. Это помогает уменьшить размер зерен, следовательно, снизить риск разлома. В-третьих, перед прокаткой в вальцах необходимо хорошо проковать, а затем провальцевать брикет без отжига до уменьшения толщины на 50%. Если разломы все же появляются (обычно по краям брикета), я предпоючию опилить их, затем немного проковать, а не отжигать. Красное золото не для трусов, поэтому дождитесь того времени, когда вы научитесь свободно изготавливать ламинировать другие золотые сплавы, перед тем как пробовать этот.

Единственный золотой сплав белого цвета, с которым я справился - белое палладиевое золото 583 (14К) и 750 (18К) пробы. Этот сплав более серый, чем обычное никелевое белое золото, и более дорогой, но легкость его обработки оправдывает дополнительные вложения. Палладиевый сплав - самый темный из всех «белых» металлов, которые я использовал для мокуме. Поэтому этот сплав можно использовать в контрасте с серебром, чтобы получить красивое сочетание «белого на белом».

### Сплавы семейства платины

1. Платина
2. Палладий

Платина и различные сплавы на ее основе чрезвычайно трудно обрабатывать при создании мокуме. Поскольку она имеет высокую температуру плавления и отжига и другие уникальные металлургические характеристики, весь процесс от сплавления до финишной обработки наполнен проблемами. Если при достижении успеха с другими сплавами, приведенными выше, вы пожелаете рискнуть заработанными свои тяжелым трудом деньгами и поэкспериментировать с платиновыми ламинатами, вот вам несколько советов, которые повысят ваши шансы на успех. Помните, что ручная техника, такая как мокуме, требует затрат как времени, так и денег. И нигде это не становится так очевидно, как при использовании платины. Мои особые рекомендации по работе с платиной:



1. Проверьте, чтобы перед работой был произведен полный отжиг платины.
2. Я рекомендую длительный нагрев (любым способом) при самой высокой температуре, которую могут выдержать применяемые металлы.
3. Используйте золотые сплавы с высокой температурой плавления, так чтобы в процессе работы вы смогли если не отжечь платину, то, по крайней мере, снять внутренние напряжения.
4. Проковка и прочие работы над брикетом должны проводиться в холодном состоянии, после отжига брикет должен остывать на воздухе.
5. Чистая платина легче всего поддается обработке, но это очень мягкий металл, поэтому может не подходить во многих случаях.
6. Не забывайте молиться в перерывах между проклятиями.

Палладий легче поддается обработке, чем платина. С чистым палладием проще работать, но он, как и чистая платина, очень мягкий. Хорошо поддается обработке ювелирный палладий, содержащий 5% рутения. Он достаточно твердый, но при хорошей сварке и аккуратном обращении он очень хорошо подходит для мокуме. Как и с платиной, производите сварку при температуре, максимально приближенной к температуре солидуса соседнего металла. Проковывайте и обрабатывайте на холодную.

Большинство ювелирных сплавов, доступных сегодня мастеру, объединенные в слоистом брикете мокуме, будут иметь потенциальную эвтектическую точку, которую можно легко отследить в процессе сплавления. Однако, поскольку в одном брикете при сплавлении представлен ряд различных металлов, очень трудно подобрать оптимальную температуру, рассчитанную исходя из температуры плавления каждого металла или на основании фазовых диаграмм. При использовании незнакомых сплавов или незнакомых комбинаций проведите тест на небольшом брикете, чтобы подобрать оптимальную температуру сплавления и время выдержки, прежде чем приступить к основной работе. Как уже упоминалось выше, некоторые металлы, как платина с золотом, в брикете мокуме не образуют эвтектического сплава. Поэтому в зависимости от способа сплавления, возможно, будет необходимо довести температуру до той отметки, при которой сплав с более низкой температурой плавления приблизится к своей жидкой фазе. Хотя ее [жидкую фазу] нельзя достигать, а это происходит даже при увеличении температуры на несколько градусов, поскольку произойдет значительная потеря металла. Это известно как расплавление и приведет к не менее значительным эмоциональным потерям.

Заключительное слово о металлах в целом: очень важно, чтобы ваш брикет мокуме состоял только из высококачественных металлов. Здесь не стоит идти на уловки. Я сам изготавливаю только те сплавы, которые невозможно приобрести, а все остальное покупаю у хороших производителей. Если вы не уверены в том, что сможете приготовить собственный сплав и сделать из него качественную пластину для мокуме, во что бы то ни стало пользуйтесь тем, что представлено на рынке. И не делайте ошибок, пытаясь использовать сплавы для литья при изготовлении пластин. Каждый сплав создается для определенных целей. Обязательно предварительно убедитесь, что сплавы, которые вы применяете, имеют нужные свойства.



Серия «Щит». Брошь / подвеска: платина, шакудо, палладий, серебро, бриллианты.  
Стив Миджетт.

## Металлы для мокуме гане

Золото					
999 пробы 24 K	Желтое 916 пробы 22 KY	Желтое 750 пробы 18 KY	Зеленое 750 пробы 18K Gr	Персиковое 750 пробы 18K Peach	Розовое 750 пробы 18K Pink
	Желтое 583 пробы 14 KY	Королевское 583 пробы 14K Royal	Зеленое 583 пробы 14K Gr	Персиковое 583 пробы 14K Peach	Розовое 583 пробы 14K Pink

Чистый пallадий  Pure Palladium	Пallадий (5% Ru)  Palladium (5% Ru)	Чистая платина  Pure Platinum	Платина (5% Ru)  Platinum (5% Ru)	Платина (10% Ir)  Platinum (10% Ir)	Платина (5% Ir)  Platinum (5% Ir)
	Чистое серебро  Fine Silver	Стерлинговое серебро  Sterling Silver	Серебро (20% Cu)  Silver (20% Cu)	Белое пallадиевое 750 проба  18K Pd White	Белое пallадиевое 583 проба  14K Pd White

Чистая медь  Pure Cu	4% Co  4% Co	Шакудо (3% Au)  Shakudo (3% Au)	Шакудо (7% Au)  Shakudo (7% Au)	Куромидо (3% As)  Kuromido (1% As)	Бронза (10% Zn)  Bronze (10% Zn)
Широ-шибуичи (60% Ag)  Shiro Shibuichi (60% Ag)	Шибуичи (25% Ag)  Shibuichi (25% Ag)	Куро-шибуичи (12% Ag, 4% Au)  Kuro Shibuichi (12% Ag, 4% Au)	Полутомпак (15% Zn)  Rich Low Brass (15% Zn)	Латунь (30% Zn)  Brass (30% Zn)	Нейзильбер (18% Ni, 17% Zn)  Nickel Silver (18% Ni, 17% Zn)

Чистая медь  Pure Cu	4% Co	Шакудо (3% Au)  Shakudo (3% Au)	Шакудо (7% Au)  Shakudo (7% Au)	Куромидо (3% As)  Kuromido (1% As)	Бронза (10% Zn)  Bronze (10% Zn)
Широ-шибуичи (60% Ag)  Shiro Shibuichi (60% Ag)	Шибуичи (25% Ag)  Shibuichi (25% Ag)	Куро-шибуичи (12% Ag, 4% Au)  Kuro Shibuichi (12% Ag, 4% Au)	Полутомпак (15% Zn)  Rich Low Brass (15% Zn)	Латунь (30% Zn)  Brass (30% Zn)	Нейзильбер (18% Ni, 17% Zn)  Nickel Silver (18% Ni, 17% Zn)

Нижняя группа окрашена погружением в теплый раствор аммиака и соли на 15 минут.  
 Металлы представлены с великодушного разрешения Hoover and Strong Inc, David H. Fell and Co., и Earthshine Design Inc.



## Изготовление собственного сплава

Иногда необходимо приготовить особенный сплав (для использования в ламинате), который нельзя приобрести. Как я говорил ранее, я думаю, что лучше покупать готовый металл, но, зная то, как изготовить качественный листовой металл, вы увеличиваете для себя выбор вариантов мокуме. Ниже приведен список оборудования, необходимого для изготовления собственного сплава.

### Оборудование для приготовления сплава

1. Горелка для плавки
2. Весы для взвешивания металлов
3. Тигель для плавки металлов
4. Изложница
5. Графитовый стержень для помешивания

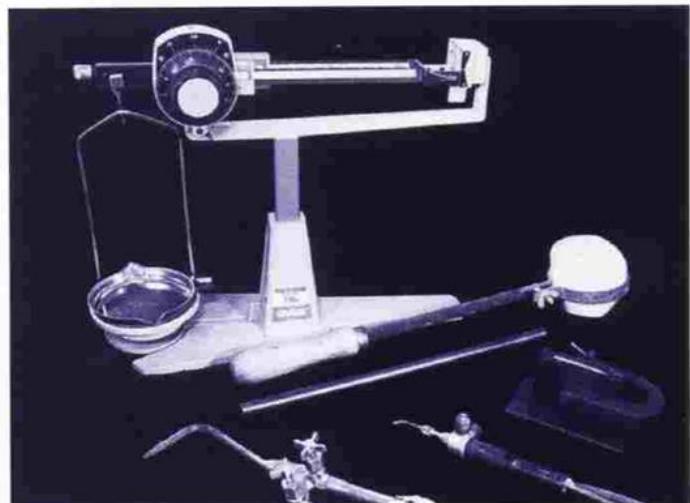
Для горелок, которыми я работаю в мастерской, я предпочитаю использовать кислородно-пропановую смесь или смесь кислород - природный газ. Эти смеси горят гораздо чище, чем кислородно-ацетиленовые, у которых и пламя ярче. Яркое пламя не только мешает определять температуру в процессе пайки и плавки, но и крайне усложняет процесс определения температуры по цвету металла при сплавлении в мини-печи, которая будет описана в Главе VII.

Если у вас есть электротигель для плавки, то это даже лучше. В процессе плавки он заменяет горелку и сам тигель. Благодаря этому весь процесс становится более управляемым и более точным, но такой тигель не является необходимости. В связи с тем, что максимальная температура, которую можно достичь в ручном тигле - около 1100°С, вы будете несколько ограничены в выборе сплавов. Для плавки горелкой подойдет обычный керамический тигель или даже тигель, извлеченный из литейной машины и снабженный ручкой.

Весы должны быть насколько возможно более точными, до 0,1 г или точнее.

Я предлагаю разъемные изложницы, поскольку я устанавливаю металлические прокладки таким образом, чтобы толщина отливки была приблизительно на 30% больше максимального развода валков. Это позволяет мне уменьшить толщину металла проковкой перед прокаткой в вальцах, благодаря этому улучшается структура металла. Если у вас нет изложницы, вы можете попытаться отливать слиток в воду, как показано на стр. 33, но это приспособление стоит минимальных затрат на его приобретение.

Чтобы приготовить определенный сплав, начните с тщательной очистки металлов, которые вы будете использовать, при помощи крацевания и отбеливания. Вы можете нагреть металл и отбелить его в горячем состоянии, тогда процесс очистки будет более быстрым, при этом проверьте, что вы полностью удалили оксидную пленку, образовавшуюся при нагреве. Смочите абразивную





## Мокуме гане

губку ScotchBrite в мыльном растворе и очистите металл, затем высушите его и взвесьте. Перед отливкой необходимо подготовить изложницу. Прокрацуйте внутренние поверхности изложницы, затем слегка прокоптите их при помощи газовой горелки или пламени свечи. Это поможет снизить уровень кислорода в изложнице при отливке металла и удалить из нее готовый слиток.



Соберите изложницу. Начинайте с самой толстой, поскольку при этом вы сможете проковкой и прокаткой изменить степень зернистости металла. Я планирую объем изложницы так, чтобы расплавленный металл полностью заполнил и саму форму, и заливную воронку. Эта часть изложницы играет ту же роль, что и литниковая чаша в опоке, снимая усадку и удаляя пористость с самого слитка. После отливки ее спиливают и оставляют для переплавки. Наконец, проверьте, нет ли щелей на дне изложницы, через которые может выплыть расплавленный металл, затем поместите ее в прокалочную печь, разогретую приблизительно до 90°C. Вам необходимо будет поэкспериментировать,

чтобы подобрать соответствие температуры изложницы металлическому расплаву. Она должна быть холодной, насколько это возможно, при этом металл должен свободно заполнять форму, не образуя холодных швов. Нельзя нагревать изложницу при помощи горелки. При нагреве стали горелкой, внутри формы образуется конденсат, и если поверх него заливать расплавленный металл, созданный пар будет выталкивать металл наверх. От этого вы можете запросто пострадать, кроме этого, вы себя будете неудобно чувствовать, если ваши коллеги окажутся свидетелями этого.

Если вы плавите металл горелкой, очистите и ошлифуйте тигель. Предварительно нагрейте его и заложите основную составляющую сплава металла для плавки, затем нагрейте тигель восстановительным пламенем (для золотых, серебряных или медных сплавов). Перед закладкой следующего компонента сплава дождитесь полного расплавления первого, затем продолжайте нагрев. Когда металл превратится в жидкость, добавьте немного флюса и немного древесного угля. Это поможет абсорбировать кислород вокруг расплавленного металла.

Когда металл достигнет наименьшей степени вязкости, и вы убедитесь в том, что все ингредиенты тщательно перемешаны, значит, подошло время для отливки. Быстро, но тщательно размешайте расплав при помощи графитового стержня и, не прекращая нагрев, снимите излишки флюса или угля. Установите изложницу (или попросите своего помощника) для заливки металла на оgneупорную поверхность, так чтобы капли не скатывались на вашу обувь. У меня было несколько печальных опытов, включая лопнувшие Nike Air, поэтому будьте осторожны.

Бросьте еще щепотку флюса и ровно, быстро и мягко влейте металл, стараясь не расплескать металл. Примечание: У большинства изложниц очень узкое отверстие, к которому очень сложно подобраться тиглем, полным расплавленного металла. Чтобы избежать расплескивания, я вырезаю из угольного блока небольшую воронку. Проволокой или зажимом прикрепите ее к изложнице и



влейте в нее металл. Сразу, как только это станет возможным, извлеките слиток и проверьте его на наличие пустот, впадин, углублений, раковин или холодных швов. Если вы нашли все что угодно, кроме плотного, гладкого слитка, отлейте его заново, пока все оборудование еще остается горячим.

Если вы пользуетесь электротиглем, процедура, в основном, та же, за исключением того, что теперь я настоятельно рекомендую использовать воронку. Из-за неуклюжести тигля очень трудно прицелиться в заливное отверстие изложницы. Воронка направит металл именно туда, куда вам нужно.

Открытие следующего этапа этого процесса позволило мне несомненно улучшить качество листового металла и облегчить его изготовление. После удаления цоколя отливки прокуйте слиток с двух сторон. Это не просто рихтovka, вам, по сути, нужно вдавить металл сам в себя. Благодаря этому происходит размельчение крупных зерен, которые образовались в процессе затвердевания, кроме того, благодаря этому вы получите более плотный лист, который легче провальцевать. Перед отжигом и прокаткой в вальцах толщину слитков из сплавов с высоким содержанием меди необходимо уменьшить на 40%. Для всех остальных сплавов - как минимум, на 25%. После проковки, слегка простучите, чтобы выровнять поверхность. Запомните: Золотые и серебряные сплавы можно проковывать при красном, но не при оранжевом свечении. Серебряные и платиновые сплавы перед проковкой необходимо охлаждать до черного свечения либо полностью. Горячая проковка происходит быстрее, но она более опасна. Если только вы не любитель беспорядочного узора прожженных пятен на полу мастерской, которые будут неизбежно появляться от откалывающихся кусочков металла, проковывайте на холодную.

Завершающий этап работ над слитком я называю «скальпирование». Как видно из названия, этот этап заключается в удалении внешнего слоя со слитка, а вместе с ним удаляются и все поверхностные загрязнения и неровности. Перед «скальпированием» провальцуйте слиток лишь настолько, чтобы выровнять поверхность после проковки, это поможет снизить уровень отходов. Для «скальпирования» я применяю ленточный шлифовальник для сэндинга ювелирных камней с непрерывной подачей воды, но подойдет как ручной напильник, так и плоскошлифовальный станок. Эта процедура не является абсолютно необходимой, если, конечно, вы не желаете получить листовой металл максимально высокого качества.





## Мокуме гане

После снятия поверхностного слоя слиток готов к прокатке в вальцах. Начинайте прокатку, постепенно уменьшая толщину металла, при этом валки сводите каждый раз на постоянную величину. Первоначальное уплотнение важно для формирования хорошей степени зернистости. Для основных медных сплавов прокатывайте без отжига до уменьшения толщины вдвое. Не допускайте сворачивания листа, это легко сделать, если каждый раз перед прокаткой его переворачивать. Если лист все же закручивается, немедленно простучите его кожаной киянкой, либо пропустите его через вальцы под углом в 30°. Затем поверните его на 30° в обратном направлении. В промежутках между отжигами я предпочитаю прокатывать металлы в одном направлении. После отжига можно сменить направление вальцовки.

Иногда на этом этапе появляются разломы по краям или зигзагообразные трещины на поверхности. Их лучше отрезать, снять напильником или сошлифовать, чем отжечь слиток. Их появление означает, что отливка плохого качества, либо слиток недостаточно прокован. Если они продолжают появляться, расплавьте металл и отлейте слиток заново. Когда вы уменьшили толщину металла на 50%, можете его отжечь и продолжить прокатку в вальцах до достижения желаемой толщины. Я считаю, что листовой металл должен составлять максимум  $\frac{1}{4}$  от первоначальной толщины слитка. К этому моменту все изъяны и проблемы дадут о себе знать, и вы будете уверены в том, что ваша металлическая пластина цельная и имеет хорошую внутреннюю структуру.

Если при приготовлении сплава и при изготовлении пластины у вас появляются проблемы, вот что вы можете попытаться сделать:

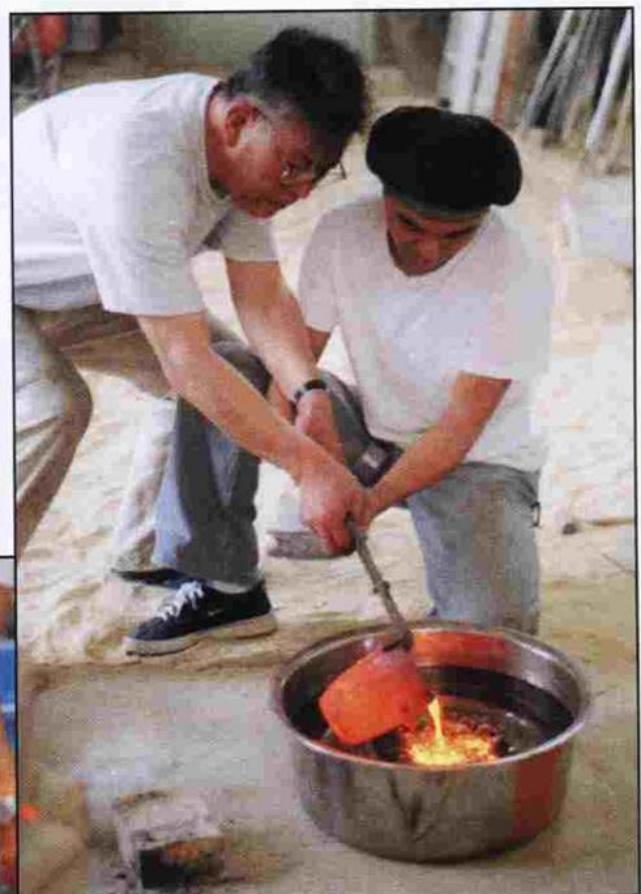
1. Больше проковывайте, до 40% от толщины слитка, затем провальцуйте металл перед отжигом.
2. Снизьте температуру изложницы, которая должна быть максимально холодной. И все же при этом металл должен полностью заполнять форму, не образуя холодных швов.
3. Большинство медных сплавов можно подвергать горячей вальцовке, хотя я этого не рекомендую для сплавов с высоким содержанием золота или серебра. Кроме того, поскольку этот способ более опасный, необходимо принять все меры по обеспечению собственной безопасности. Если вы решите подвергать металл горячей вальцовке, вам будет необходима помощь ассистента.

Несколько заключительных слов по изготовлению металлических пластин самостоятельно: для сплавов, содержащих медь, в качестве сырья я всегда использую медные трубы, а не листовую медь. Причина в том, что листовая медь в большинстве случаев — это сплав ETP #110 (электролитически очищенная медь), который прекрасно подходит для ламинирования, в то время как медные трубы изготавливаются из сплава #122, специальной деоксидированной меди. Этот металл идеален для приготовления сплавов.

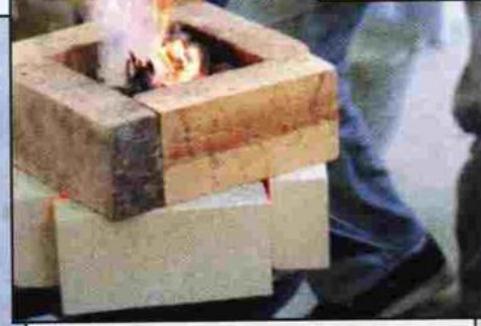
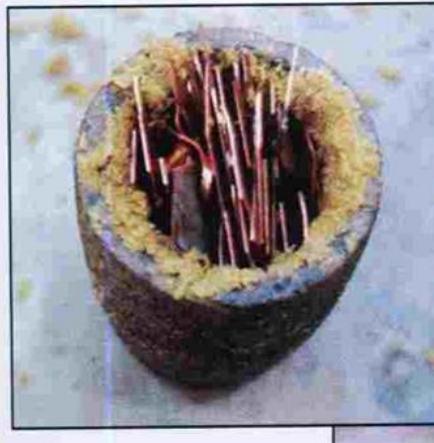


## Отливка слитка в воду

Японские мастера разработали уникальный способ отливки слитков из традиционных сплавов в воду. Этот метод отличается тем, что создается очень чистый слиток с хорошей структурой зерен. На фотографиях, сделанных Вэйном Митеном, Хиротоши Ито и Асако Танака отливают слиток шакудо. Металл (Фото 1) отливается в хлопковую «изложницу», которая состоит из цилиндрической рамы, накрытой хлопчатобумажной тканью. Изложница помещается в большой чан с горячей водой на глубину около 13 см (Фото 2). Металл плавится восстановительным пламенем в газовом горне, который выложен кирпичами вокруг тигля (Фото 3). При этом используется большое количество флюса для меди. Когда расплав достиг температуры, при которой можно отливать, его через воду заливают в изложницу, где он образует круглый слиток (Фото 4). Металл, хотя и находится в жидком состоянии, не сжигает ткань, поскольку вокруг него образуется паровой «чехол». После отливки воду вокруг металла помешивают для ускорения остывания (Фото 5). Когда слиток остыл, из него выковывают квадрат и прокатывают в вальцах для получения пластины.



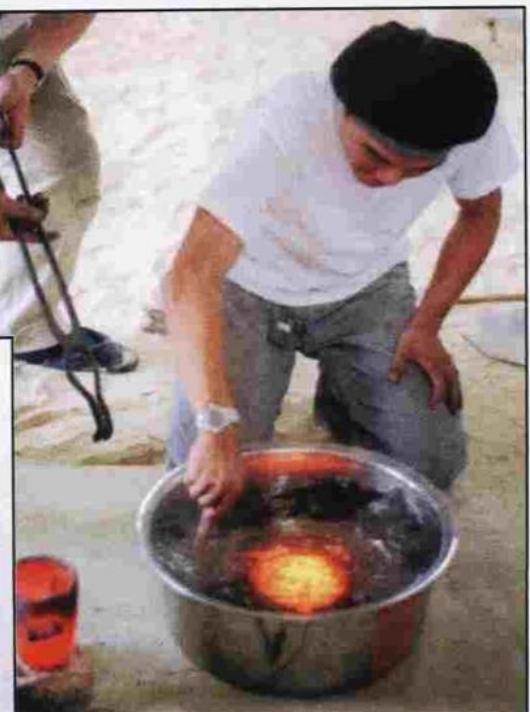
4.



3.



1.



5.



«Глубина взаимопроникновения металлов в мокуме намного меньше тысячной доли дюйма... и именно рост новых кристаллов в этой зоне скрепляет пластины воедино.»

-Джеймс Биньон

«Брата Мира»: стерлинговое серебро, медь, латунь. Джеймс Биньон.  
Фото: Боб Барретт



### Глава IV

#### Теоретическая металлургия для мокуме гане

Во-первых, давайте говорить начистоту. Никто из нас не является металлургом. Я знаю, что я - нет, и, если бы вы были, то, наверняка, не читали бы эту книгу. Но, знаете что? Это не означает, что мы не способны понять основные металлургические принципы, которые здесь работают. Чтобы об этом задуматься наши мозги (и карманы рубашек), наверное, меньше засорены, чем у большинства металлургов, и это может дать нам преимущества.

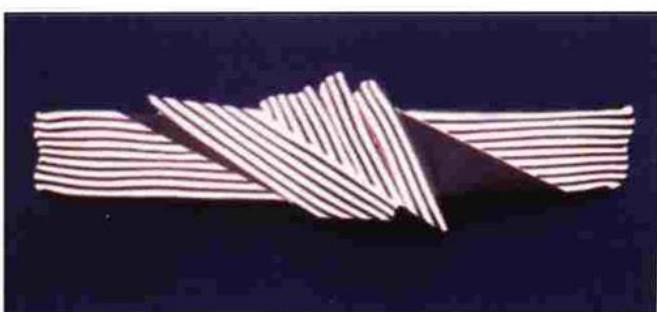
Давайте начнем этот разговор с формулировки того, что составляет оптимальную связку между слоями металлов в брикете мокуме.

Слои в брикете мокуме должны быть полностью и наглухо соединены в единый блок, при этом сохраняя четко очерченные цветовые границы. Третий сплав, образующийся в процессе соединения основных металлов, должен сводиться к абсолютному минимуму, чтобы не смазывать и не загрязнять, четкую линию между слоями металлов.

Звучит предельно просто, но то, о чем мы сейчас говорим - достижение очень тонкого баланса. С одной стороны, это риск недостаточной сварки, следовательно, угроза расслоения в процессе создания рисунка из-за недостаточно прочного соединения. С другой стороны - риск перегрева брикета и перехода точки, при которой металлы диффундируют или сплавляются и образуют новый гомогенный сплав, сводящий на нет, либо разрушающий цветовой контраст. Чтобы помочь вам осмыслить это критическое состояние, важно получить знания основ металлургических принципов диффузионного соединения, которые вы будете использовать при создании мокуме. Углубленные знания помогут вам понять, что происходит с вашими брикетами, и повысит шансы на успех. Кроме этого, вы сможете произвести впечатление на друзей и коллег.

#### Диффузионное соединение

Чтобы полностью понимать, как соединяются между собой множество металлических слоев в брикете мокуме, необходимо иметь практическое представление о диффузии и о том, в какой момент процесс становится соединением посредством образования эвтектики или соединением методом сплавления. Для мокуме гане существуют три важных условия, которые влияют на успешность сварки двух и более металлических пластин вместе.



«Волосяной орнамент №1»: шакудо и чистое серебро.  
Хироко и Юджин Пижановски.



## Мокуме гане

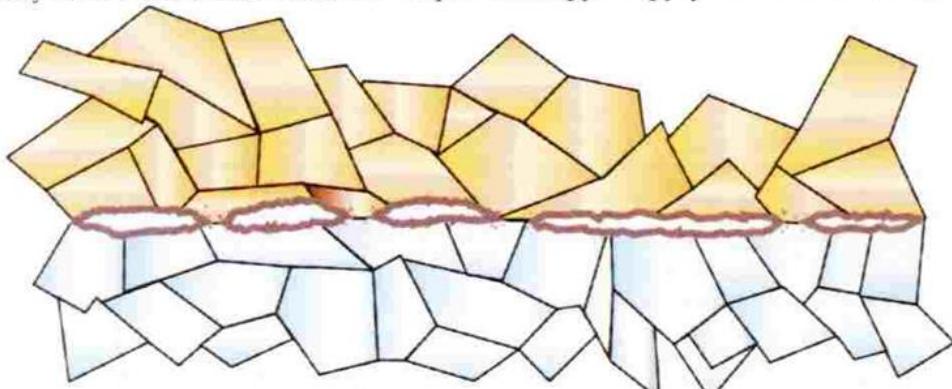
А именно:

1. Поверхности соединяемых металлов должны быть очищены от загрязнений и оксидов.
2. Поверхности металлов должны быть сжаты, чтобы быть максимально приближенными друг к другу.
3. В таком состоянии металлы должны находиться достаточноное количество времени (в зависимости от температуры), чтобы обеспечить полное образование диффузионного соединения.

Давайте рассмотрим эти условия поближе, используя приведенные иллюстрации, чтобы продемонстрировать, что происходит в зоне соединения двух листов металла. Говоря практическим языком, невозможно обеспечить абсолютную чистоту поверхности. Поверхностные загрязнения и жиры можно соскести вместе с толстыми слоями поверхностных оксидов, но уже в течение нескольких минут начинают образовываться новые оксиды. Путем очистки мы пытаемся достичь насколько возможно тонкий слой оксидов и прочих загрязнений. Чем тоньше этот слой, тем легче силы пластической деформации и текучести преодолеют этот слой, когда две металлические пластины плотно сжаты между собой. Также атомы одного металла легче диффундируют в другой.

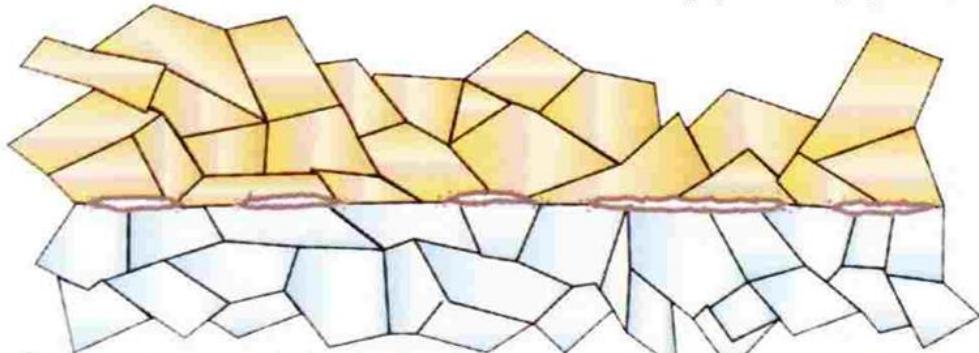
Рисунок 1 показывает два металла, прижатых друг к другу на начальной стадии

Рисунок 1



диффузионного соединения. Металлы первоначально соприкасаются только в нескольких точках вследствие неровностей (шероховатостей) на поверхности металла. Именно в этих точках силы пластической деформации прорываются

Рисунок 2



сквозь оксидную пленку и способствуют началу диффузии. С течением времени при увеличении температуры (или давления), пластическая деформация возрастает, что, в свою очередь, увеличивает площадь контакта поверхностей



(Рисунок 2). И в течение всего этого времени протекает процесс диффузии. Это происходит не только благодаря перемещению атомов из одного металла в другой, но также благодаря оксидам и другим загрязнениям, которые образуют

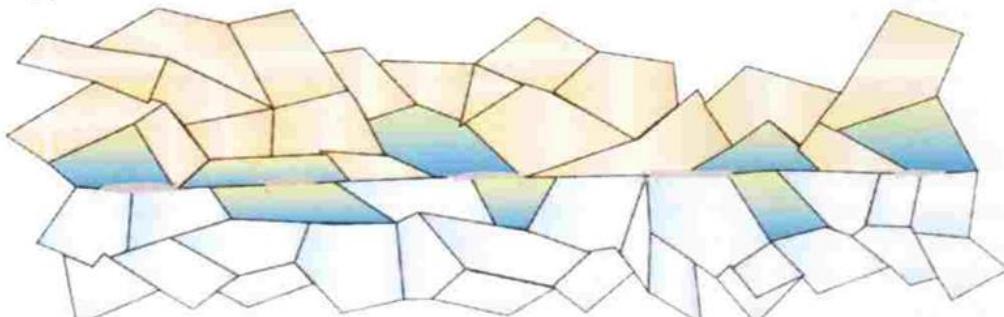


Рисунок 3

небольшие гнезда в зоне сплавления (Рисунок 3). В процессе такой сварки из двух исходных металлов, которые диффундируют друг в друга, начинают формироваться новые кристаллические зерна третьего сплава. Эти зерна растут поперек границ зерен исходных металлов, которые раньше очерчивали границы металлических поверхностей, и связывают их вместе. Продолжающаяся

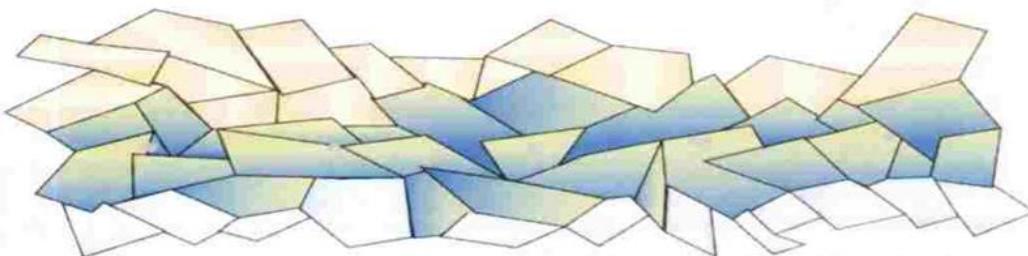


Рисунок 4

диффузия уменьшает размер и количество гнезд с загрязнениями, поскольку кислород также диффундирует, отделяясь от молекул оксидов, таким образом, обеспечивая их восстановление до исходного металла (Рисунок 4). На этот процесс очень сильно оказывает влияние температура соединяемых металлов. Повышая температуру, следовательно, увеличивая скорость движения атомов, мы существенно снижаем количество времени, требующегося для образования соединительного слоя, до нескольких часов. Создание мокуме, основанного на сварке такого типа, требует тщательного контроля температуры и атмосферы вокруг металла, кроме этого, необходимо знать время выдержки и температуру для используемых сплавов. Первоначальные затраты для производства операций такого типа выше, чем для всех остальных, описанных в этой книге, но четко очерченные цветовые границы, которые можно создать, используя этот метод, с лихвой окупают все вложения.



Серьги мокуме: серебро, медь, латунь. Джеймс Биньон.  
Фото: Джордж Пост

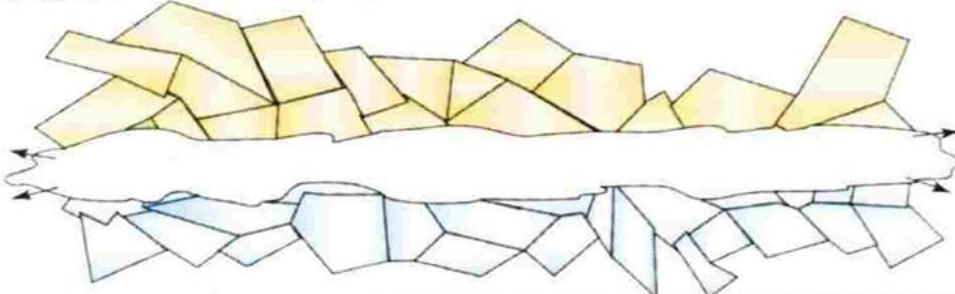


## Мокуме гане

То, что я описывал до этого времени, известно металлургам, как «диффузионное соединение в твердой фазе», и это - процесс, происходящий в течение длительного времени в электрической печи (В главе VII его описывает Джеймс Биньон). Мы с Робертом Куганом (также в главе VII) рассматриваем другие методы соединения, более схожие с теми процессами, которые веками применяли японские мастера по металлу. В этом случае связующий слой образуется в процессе, называемом «диффузионное соединение в жидкой фазе».

Давайте вернемся к иллюстрациям. В процессе диффузионного соединения в жидкой фазе этапы 1-4, в основном, такие же, как и при диффузионном соединении в твердой фазе, за исключением того, что для образования связующего слоя требуется меньше времени, поскольку цикл сплавления более короткий. Рисунок 5 демонстрирует, что происходит в зоне сплавления, когда один из металлов достиг температуры плавления. Это может быть один из исходных металлов, но, вероятнее всего, это будет эвтектический сплав, образованный в зоне контакта исходных металлов при достижении эвтектической точки. Этот жидкий

Рисунок 5



металл служит материалом - наполнителем и легко заполняет оставшиеся пустоты между металлами (Рисунок 5). Он также способствует абсорбции и рассеиванию загрязнений в зоне сплавления. Это тот металл, который «отпотевает» между двумя пластинами мокуме и который при затвердевании связывает слои вместе. Не все комбинации металлов образуют эвтектические сплавы. Если необходимо именно этот тип соединения, возможно, вам понадобится ввести третий металл в качестве тонкого промежуточного слоя, который будет образовывать эвтектический сплав.

У этого типа соединения есть два преимущества: тот факт, что это можно сделать за полчаса, и то, что критическую точку эвтектики можно увидеть. Этот тип соединения практически не требует специального оборудования, но он весьма требователен к вашей наблюдательности. При использовании этого метода важно достичь максимально тонкого промежуточного слоя, который будет связывать металлы между собой. Ваши выводы, основанные на ваших наблюдениях, будут в большой степени определять качество вашего мокуме.

До тех пор, пока вы не приобретете достаточно опыта в сплавлении брикетов мокуме, риск перегрева всегда будет оставаться очень высоким, как это произошло в случае с золотом 750 пробы (18К) и шакудо (фото слева). В главе VII я привожу ряд опознавательных знаков и сигналов, которые необходимо отслеживать при диффузионном





соединении в жидкой фазе. Используйте их, чтобы помочь себе распознать тот момент, когда металлы сплавились. Если вы заинтересованы в более подробном описании принципов диффузионного соединения и того, как они соотносятся со сплавлением мокуме в электрической печи, переходите к прекрасной статье Джеймса Биньона в главе VII.

### Совместимость металлов

Кроме использования металлических пластин плохого качества, одна из самых больших проблем, с которыми вы столкнетесь в процессе создания мокуме - несовместимость металлов.

Это то же самое, как если бы вы организовали свидание «вслепую» для двух друзей. Вы (Да Вы просто дьявол!) смогли бы организовать встречу вашего соседа - байкера и интересной персоны, которую вы встретили в тридцать-каком-то-клубе-по-метанию-дротиков-на-лужайках. Но вы не сможете удерживать их вместе, если только у них нет ни чего общего. То же самое с мокуме. Что касается нас, существуют три фактора, которые определяют, совместимы ли определенные металлы или нет. А именно: твердость, рабочие характеристики металлов и свойства эвтектического сплава, образованного применяемыми металлами.

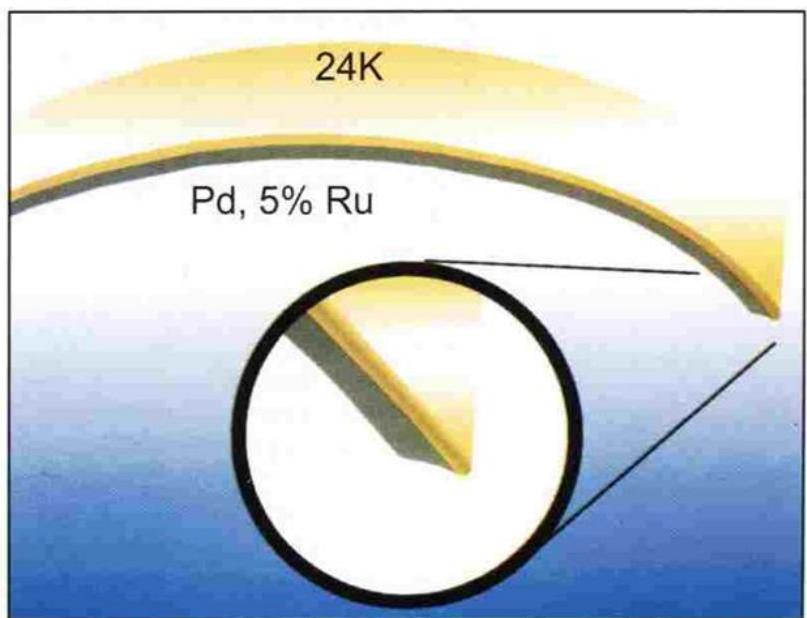
### Твердость

Использование металлов с явно отличающимися показателями твердости повлечет за собой проблемы, когда вы начнете прокатывать брикет в вальцах. Причину проблем, связанных с различной твердостью, можно объяснить простым примером: для деформации и удлинения мягкий металл нужно подвергать меньшему давлению, чем твердый. Это означает, что при одинаковом давлении на мягкий и твердый металлы более мягкий из двух металлов покажет наибольшую деформацию и смещение.

Скажем, вы сделали простой ламинат из двух пластин: чистого золота 999 пробы (24K) и ювелирного палладия. Скорее всего, вы ни за что не станете сочетать эти металлы, но, поскольку их показатели твердости сильно отличаются, они послужат хорошим примером. Результаты прокатки такого листа в вальцах обнаружат, что золото сильнее сжалось, увеличилось в ширину и значительно более удлинилось, чем палладий. А это

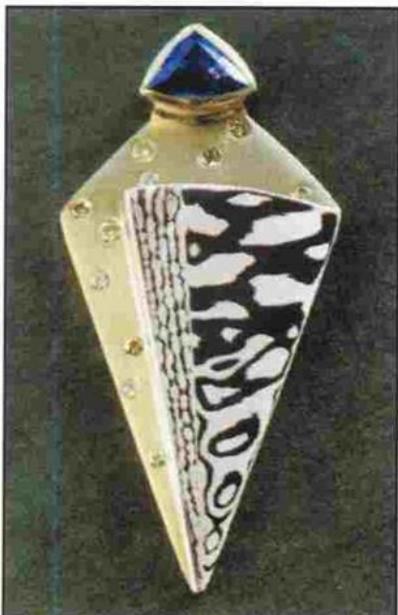


Обручальные кольца с бриллиантами: платина и золото 750 пробы (18K). Стив Миджетт.  
Фото: Ральф Габринер





## Мокуме гане



«Стрелка-указатель II»:  
белое золото 583 пробы  
(14K), шакудо, желтое  
золото 750 пробы (18K).  
Стив Миджетт.

приведет к тому, что ламинат будет скручиваться в направлении палладиевого слоя, который в большей степени сохранил свою первоначальную форму. Это показано на рисунке на предыдущей странице.

Если прокатку продолжать, чистое золото будет деформироваться все больше и свисать по краям, и, неизбежно, этот материал необходимо будет срезать. Задумайтесь на секунду о том, какие внутренние стрессы возникают в центре пластины. Оба металлических слоя подвергаются одинаковому давлению по всей поверхности. Валки равномерно распределяют давление, но различные участки пластины реагируют по-разному. Вдоль краев нет ничего, кроме свободного пространства, поэтому металлы свободно двигаются в этом направлении. Поскольку чистое золото мягче палладия, оно сдвигается в большей степени. Золото в центре пластины, однако, удерживается окружающим его золотом, равно, как и палладием, к которому оно присоединено. Оно стремится сдвинуться к краю, но удерживается на месте. Поэтому мы получаем внутреннее напряжение, которое сфокусировано в зоне сплавления между двумя металлами.

Теперь представьте, что вместо двух слоев металлов у вас их 12 или 20, и вы начнете понимать, какие внутренние силы возникают в брикете мокуме. Это может не только вызвать отслоение металлов, наиболее вероятно, по краям, но и в некоторых случаях металл может просто разорвать на части.

Когда брикет, содержащий металлы с большой разницей в твердости, как описано ранее, начинают удлинять прокаткой в вальцах, более мягкий металлический слой будет пытаться удлинить себя в большей степени, чем более жесткий металл. Сдвигаясь, он старается сдвинуть вместе с собой и жесткий слой. Это, в исключительных случаях, может медленно разорвать жесткий металлический слой, обычно образуя повторяющийся рисунок, который очень близко повторяет внутреннюю границу зерен. Когда это происходит, мягкий металл начинает заполнять разломы. При изучении поперечного среза такого брикета можно увидеть чешуйчатый узор, который иногда имеет красивый внешний вид. В большинстве случаев, однако, брикет полностью разламывается. Иногда брикет ни ломается, ни образует красивый узор по краям зерен. Описанный процесс протекает, но в гораздо меньшей степени, и когда вы будете формировать узор поверхности, слои металла будут выглядеть неряшливо, шероховато. На формирование узора также влияют качество более твердого металла и его пластичность. Чем жестче этот металл (или чем крупнее его зернистая структура), тем больше шансов на появление разломов.



«Брошь-ицит №13»: медь, титан, стерлинговое серебро. Ян Фергюсон.



### Рабочие характеристики металлов

Ковкость и гибкость металлов, равно как и степень нагартовываемости и предпочтительный способ охлаждения - свойства, которые определяют рабочие характеристики металла. Также речь идет и о температуре отжига. Если, например, в брикете вы используете платину в сочетании с другим металлом, температура плавления которого ниже температуры отжига платины, после нагартовывания будет совершенно невозможно полностью отжечь платину. Чем больше общего у металлов, которые используются в одном брикете мокуме, тем легче они будут поддаваться совместной обработке. Это не обязательно означает, что вам нельзя сочетать различные металлы, но, как и у вашего соседа и президента клуба по метанию дротиков на открытом воздухе, их совместная жизнь всегда будет борьбой.

### Свойства сплавов

Свойства сплава, который создается при соединении двух исходных металлов, будут также играть роль в успешности результата. Например, система медь-серебро в определенном состоянии создаст относительно хрупкий сплав. Состав такого сплава, кстати, довольно близок к эвтектике серебро-медь, и это может внести свою лепту в повреждение брикета. Диффузионное соединение в твердой фазе обычно позволяет устраниить эту проблему, а проведенное должным образом сплавление в жидкой фазе может свести ее к минимуму. Для металлов, которые не образуют эвтектический сплав, схожесть в показателях твердости и в рабочих характеристиках становится еще более важной.

Таблица на следующей странице послужит вам общим руководством по использованию металлов, которые успешно сочетаются в мокуме. Это, конечно, лишь часть возможных комбинаций наиболее часто употребляемых сплавов. Вооружившись информацией, которую я здесь привожу, и экспериментируя, вы сможете создать свои собственные сочетания и цветовые гаммы.

**Таблица совместимости металлов**

	Медь	Шакудо (4% Au)	Куромидо	Бронза	Латунь	Нейзильбер	Полутомпак	Чистое серебро	Стерлинговое серебро	Серебро 80/20	Шибу-шибуичи	Шибуичи	Куро-шибуичи	Желтое золото 999 пробы (24K)	Желтое золото 916 пробы (22K)	Желтое золото 750 пробы (18K)	Зеленое золото 750 пробы (18K)	Розовое золото 750 пробы (18K)	Палладиевое белое 750 пробы (18K)	Желтое золото 583 пробы (14K)	Зеленое золото 583 пробы (14K)	Розовое золото 583 пробы (14K)	Палладиевое белое 583 пробы (14K)	Палладий	Палладий (5% Ru)	Платина	Платина (5% Ru)	Платина (10% Ir)	Платина (5% Ir)
Медь	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Шакудо (4% Au)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Куромидо	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Бронза	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Латунь	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Нейзильбер	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Полутомпак	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Чистое серебро	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Стерлинговое серебро	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Серебро 80/20	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Шибу-шибуичи	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Шибуичи	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Куро-шибуичи	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Желтое золото 999 пробы (24K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Желтое золото 916 пробы (22K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Желтое золото 750 пробы (18K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Зеленое золото 750 пробы (18K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Розовое золото 750 пробы (18K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Палладиевое белое 750 пробы	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Желтое золото 583 пробы (14K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Зеленое золото 583 пробы (14K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Розовое золото 583 пробы (14K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Палладиевое белое 583 пробы	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Палладий	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Палладий (5% Ru)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Платина	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Платина (5% Ru)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Платина (10% Ir)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Платина (5% Ir)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

- Зеленые кружки означают, что металлы в данном сочетании наиболее легко соединяются и легко поддаются обработке.
- Желтые кружки означают, что металлы в данном сочетании либо плохо сплавляются, либо плохо поддаются обработке.
- Красными кружками обозначены сочетания металлов, которые либо крайне тяжело сплавляются, либо их крайне трудно обрабатывать, либо обе трудности присутствуют одновременно.

**Важное замечание:** Если в таблице обозначено, что два (или более) металла совместимы, то это не обязательно означает, что их сплавление в одном брикете пройдет успешно. Необходимо принимать во внимание и другие факторы, как то: способы сплавления и температурный режим.

## Диффузионное соединение в твердой фазе

Развитие метода диффузионного соединения в твердой фазе происходило практически целиком благодаря исследованиям в космической и ядерной промышленностях, где контролю за качеством сварки материалов наивысшего качества придается первостепенное значение. Ян Фергюсон из Королевского Технологического Института города Мельбурна, Австралия, проводил всесторонние исследования по применению этих промышленных процессов для производства мокуме гане.

Доктор Фергюсон утверждает:

«Для использования мокуме были применены современные методы диффузионного соединения в твердой фазе. Для производства металлических ламинатов путем диффузионного соединения в твердой фазе было разработано оборудование и методология производства. Чтобы создать желаемые условия: давление, температуру и время, металлические листы в сложном зажимном приспособлении помещаются в печь, которая соединена с поршнем гидравлического пресса; это создает некую форму «гидростатического давления» в стопке.

Современные научные данные, такие как фазовые диаграммы, физические и химические свойства металлов применяются для определения наиболее подходящих условий сплавления конкретных металлов. При полном контроле параметров диффузионного сплавления можно при температурах ниже точек плавления соединять широкий спектр металлов. Например, большие брикеты традиционных сплавов медь/серебро/золото соединяются при температуре 600°C, которая существенно ниже точки эвтектики/солидуса в 778°C. К настоящему времени этот способ успешно применялся для соединения более 40 различных комбинаций металлов. Поскольку многие комбинации имеют несравнимые механические свойства, для деформации слоистых брикетов была разработана точная методология».

Доктор Фергюсон отмечает успех при работе с необычными сочетаниями металлов среди них: серебро/титан, медь/никель, медь/нержавеющая сталь, медь/железо, медь/титан, латунь/железо, латунь/нержавеющая сталь, железо/нержавеющая сталь и никель/алюминий. Его исследования, направленные на поиск других комбинаций металлов, подходящих для изготовления мокуме, продолжаются.

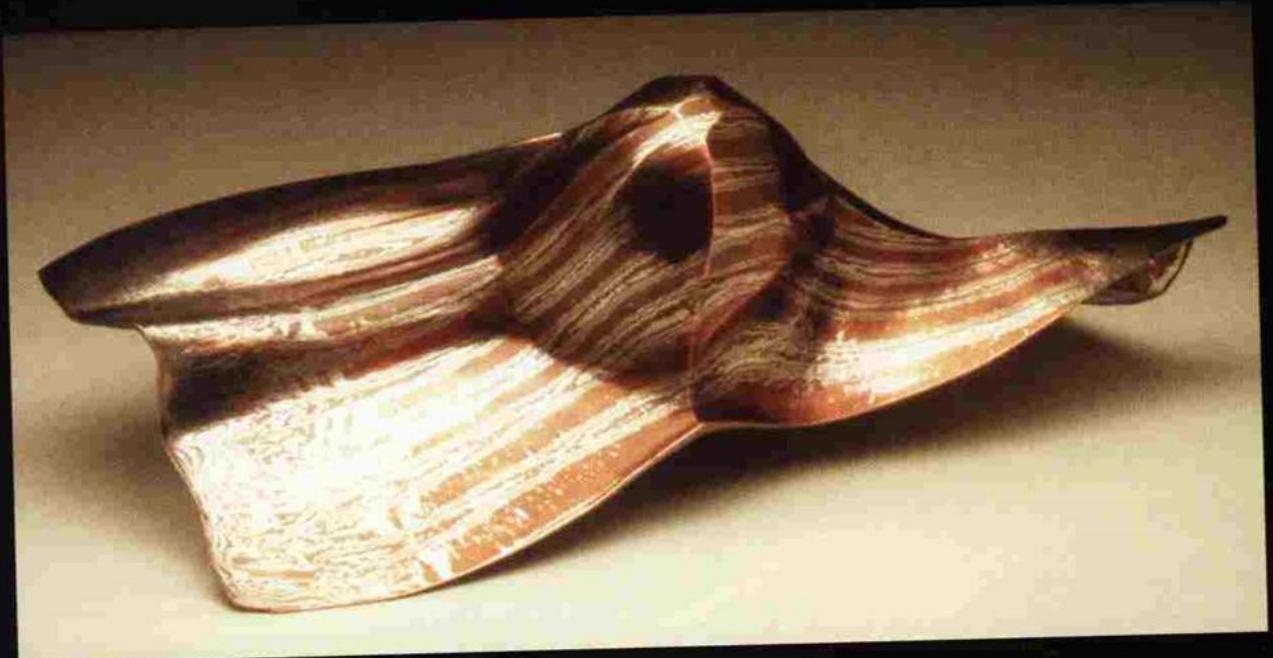
*«Прикладные аспекты современных металлургических знаний и опыта устраняют проблему того, каким образом можно изготовить брикет ламированных металлов. Проблема сдвигается в сторону разработок и эксплуатации слоистых материалов, как их деформировать, как с ними обращаться, как их использовать».*

-Ян Фергюсон

Слева: Чаша: медь, титан, стерлинговое серебро. Ян Фергюсон.

Справа: Чаша: чистое серебро, никель, стерлинговое серебро. Ян Фергюсон.

Фото: Теренс Бог



«Мокуме гане позволяет мне при помощи формы находить самовыражение и создать двухмерное выражение мысли внутри формы практически теми же способами, при помощи которых я создаю рисунки... это уникальное в своем роде действие, поскольку приемы, которые вы применяете при формировании узора, нельзя скопировать».

-Джон Маршалл

«Вращение»: стерлинговое серебро, медь. Джон Маршалл.  
Фото: Джерри Дэвис



## Глава V

### Инструменты и оборудование

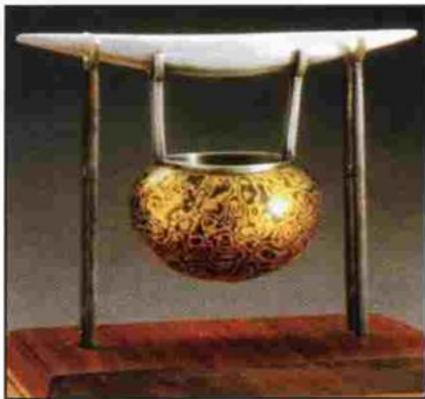
Для изготовления мокуме при помощи процессов, описанных в этой книге, вам будет необходимо иметь в наличии несколько базовых инструментов. Большинство из них одни и те же независимо от применяемого способа. Специальные инструменты, которые используются при том или ином способе, такие как моя мини-печь, будут описаны в тех разделах, где будет изложен соответствующий способ. Если вы по роду занятий связаны с обработкой металлов, у вас, возможно, уже есть все эти инструменты, или их можно приобрести поблизости. Если у вас нет какого-либо инструмента из списка, или вы не можете себе позволить его купить, не отчайвайтесь, творческий ум способен решить практически все проблемы! Ниже приведены группы инструментов, которые используются для изготовления мокуме.

В самом начале работы по изготовлению брикета мокуме вам понадобится оборудование для очистки металлов. А именно: чистая вода, неароматизированная жидкость для мытья посуды, абразивные губки для мытья посуды ScotchBrite, пемза и чистая безворсовая ткань. У разных мастеров этот набор немного отличается, но все согласны в одном - абсолютно необходимо иметь полностью очищенный металл.

Вам понадобится что-то типа печи или горна для сплавления брикетов. Если вы применяете способ соединения при помощи припоя, печь с успехом заменяется горелкой.

Необходимо иметь качественные горелки и оборудование для пайки. Его вы сможете использовать не только для изготовления брикета, но и для пайки его краев перед прокаткой в вальцах. Горелка также понадобится для мини печи, где будет сплавляться брикет. Я думаю, лучше всего подойдут кислородно-пропановые горелки.

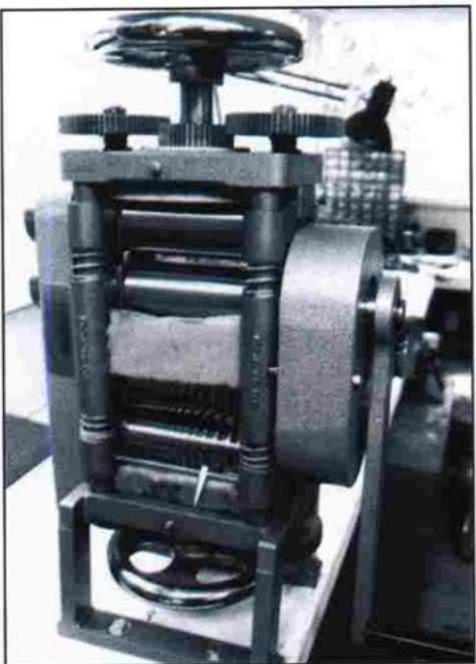
Кстати, если у вас нет мини-горелки, то я настоятельно рекомендую ее приобрести. Несколько лет назад мой друг подарил мне такую, и теперь я не могу представить себе, как я без нее обходился. Если вы все еще пребываете в каменном веке, работая ацетиленовой горелкой газосварщика, сделайте себе приятное одолжение и потратьте сотню долларов на этот инструмент. Все остальные приспособления для пайки стандартны. Если вы ювелир, то оно все у вас уже есть.



«Подвешенный сосуд»: медь, латунь с серебром. Джон Подлипек.



## Мокуме гане



Вальцы с пластинами из пористой резины для защиты валков.

Фото: TTU Photo Services

Для проковки необходима массивная наковальня и несколько молотов. Мне нравятся наковальни весом, по меньшей мере, 45 кг с гладкой и ровной (необязательно полированной) поверхностью. Ковку крупных поковок я произвожу при помощи полутора-килограммового молотка с клиновидным хвостовиком, для выравнивания поверхности металлической заготовки с узором я применяю слегка закругленный рихтовочный молоток, а для проковки проволоки и более тонких пластин я использую молоток для чеканки. Если у вас есть гидравлический пресс, то его можно использовать для проковки небольших изделий или брикетов мокуме. Мне нравится проковка прессом, поскольку она очень мягко и равномерно сжимает металл, минимизируя внутренние напряжения.

Возможно, наиболее дорогое приспособление, которое вам необходимо для производства ювелирных изделий - это вальцы. В течение нескольких лет я пользовался маленькими дешевыми вальцами, они работали хорошо. Затем я перешел на более точные ручные вальцы высокого качества, как те, которые изображены на фото, сейчас я пользуюсь комбинированными вальцами с электроприводом с нижней парой валков, сделанной под заказ. И снова, мое правило номер один - работать на том оборудовании, которое

вы можете себе позволить. Если вы работаете с черными металлами или занимаетесь изготовлением предметов больших размеров, возможно, вы обойдетесь без вальцов. Если у вас есть возможность работать на ковочном прессе, как на том, на котором работает Боб Куган (фото внизу), вы сможете быстро проковывать горячие брикеты мокуме до достижения желаемой толщины. И, конечно, вы можете изготавливать пластины старым дедовским способом - при помощи молота и наковальни.

Несколько советов по выбору вальцов для мокуме:

*1. Высокое качество стали и сборки.*

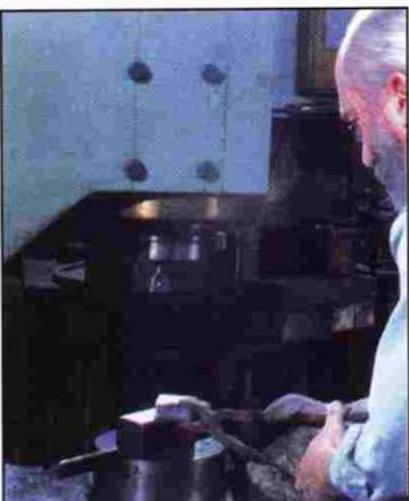
Вы же не хотите появления расхлябанности в приводах и в точках опоры. Валки должны находиться там, где вы их установили, и двигаться в унисон, когда вы начнете вращать ручку. Чем лучше качество вальцов, тем лучшего качества вы получите металлические пластины.

*2. Максимальная толщина пластины.*

Очень удобно иметь вальцы с большим расстоянием между валками. У большинства оно варьируется от 3 до 6 мм, у некоторых до 8, а есть и до 2,5 мм. Маленькое расхождение вы сможете компенсировать, используя более тонкие металлические пластины для брикета мокуме, проковывая вручную перед прокаткой. Однако, если вы собираетесь приобретать вальцы, берите те, в которые можно поместить, как минимум, 6-миллиметровый брикет.

*3. Чистые, гладкие валки.*

Если вы не сделали пластины из пористой резины для смазки, посмотрите на фото вверху страницы.





Чтобы их изготовить, вырежьте резиновую пластину таким образом, чтобы она была немного больше расстояния, которое она должна заполнить. Длина пластины должна равняться длине окружности валков, не нужно вырезать резину в форме желобков для прокатки проволоки. Если размер резиновой заготовки подобран правильно, то резина при обработке примет форму валка. Нанесите на пластину несколько капель очищенного машинного масла, разбавленного небольшим количеством WD 40, и резиновые пластины будут очищать и смазывать валки в процессе работы. Однако нужно помнить, что небольшое количество масла останется на поверхности обрабатываемого металла, и его нужно будет смыть.

### 4. Передача через редуктор

Не забывайте о преимуществах использования понижающей передачи через редуктор при работе с ручными вальцами. При изготовлении мокуме требуется очень много прокатки в вальцах, наличие редуктора облегчает вашу работу.

### Инструменты для формирования рисунка и финишной обработки

Для формирования рисунка вам понадобятся китт-кугель, основной набор чеканов и молоток для чеканки. Также вам понадобятся разнообразные боры и фрезы для вашей бормашины. Мне нравятся большие подрезные фрезы с углом 90° и 45°, обратные конусы и шаровые и цилиндрические боры.

Для формирования традиционных узоров очень легко изготовить сечку (описание на стр. 70), при помощи этого инструмента можно снимать большое количество материала сразу.

Несколько мастеров (включая меня), чьи работы представлены в этой книге, используют для формирования узора вертикальный фрезерный станок. Это относительно просто и быстро, но если его у вас нет, то это не тот инструмент, который нужно приобрести немедленно.



Для финишной обработки нужны обычные напильники, оборудование для сэндинга и шлифовки. У меня есть свои предпочтения. Первое из них - ленточный шлифовальник для сэндинга с непрерывной подачей воды для обточки кабошонов. Для шлифовки я использую абразивные диски, закрепляемые в наконечник бормашины и маленькие быстросменные абразивные диски для сэндинга. Мое правило номер один? Работайте теми инструментами, которыми вам удобно работать, и теми, которые вы можете себе позволить.



*«Секрет настоящего мокуме гане кроется в чистоте и  
качестве материалов.»*

-Майк Сакмар

Складной нож: дамасская сталь, лазурит, медь, нейзильбер. Девин Томас, Майк Сакмар.  
Фото: Сью Броудвэлл



## Глава VI

### Подготовка брикета

Вне зависимости от того, какие вы применяете методы сплавления мокуме, первый шаг в подготовке брикета - это определиться в количестве слоев. Для ювелирных украшений я не советую набирать брикет в более чем 25 слоев. Если вы увеличите количество слоев, то в готовой пластине они окажутся слишком тонкими, а это сильно повлияет на визуальный эффект. Обычно я использую от 12 до 18 слоев. Если вы изготавливаете мокуме для крупных работ или для изготовления ножей, вы можете утроить это число.

При планировании расположения слоев помните о желаемом рисунке. В большинстве случаев в первую очередь нужно принимать во внимание цветовой контраст между металлами и их совместимость. Следующий по важности фактор - толщина цветных полос в пластине из мокуме. Например, тонкий лист золота между двумя более толстыми листами шакудо будет выглядеть, как тонкая извилающаяся золотая прожилка на черном поле. Я предлагаю начать с толщины между 1,3 мм (16 B&S) и 0,5 мм (24 B&S). И помните, чем тоньше лист металла, тем пропорционально толще окажется слой эвтектического сплава. Вы также должны принять во внимание толщину брикета после сплавления и соотнести ее с максимальным расстоянием между валками. Наиболее удачная толщина брикета равна максимальному расстоянию между валками плюс величина, на которую толщина брикета уменьшится при проковке. В конце концов, вы всегда можете сэкономить немного времени и денег, если добавите один дополнительный толстый слой металла в самый низ брикета. Он не будет участвовать в процессе формирования рисунка и может достигать до 1/3 общей толщины брикета. Убедитесь в том, что твердость этого слоя близка к твердости всех остальных металлов, в противном случае, при прокатке готовая пластина будет закручиваться.

Все металлические листы в брикете должны быть изготовлены из защищенного высококачественного металла. Если вы используете медные или даже серебряные сплавы, которые некоторое время пролежали без дела, проведите их предварительную очистку, чтобы перед разрезанием удалить поверхностный слой оксидов. Это позже сэкономит вам много времени, когда вы начнете очищать металлы перед сплавлением. Вам нужно очень тщательно размечать размер каждой пластины перед резкой, чтобы все они были одинаковыми. Помните, что после обжига весь брикет будет обрезан до размеров самой маленькой пластины в брикете, а все

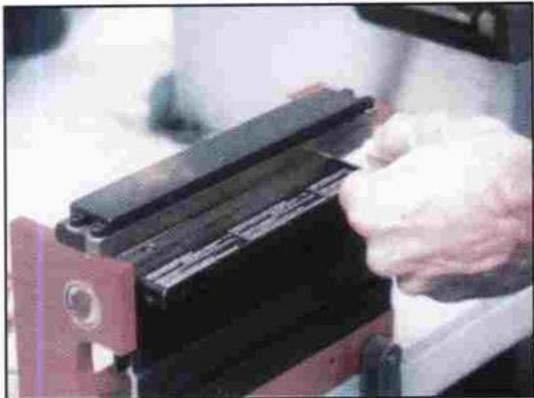


Браслет со змеей: стерлинговое серебро, медь, шакудо, золото 583 пробы (14К), рубины. Стив Миджетт.



остальное будет отходами. Это не так важно, если вы используете недорогие медные сплавы, но даже в этом случае появление отпорта легче заметить, если все пластины будут аккуратно нарезаны и сложены в стопку.

Абсолютно необходимо, чтобы пластины имели одинаковую толщину по всей длине, не сужаясь от центра к краям, и чтобы пластины имели максимально плоскую поверхность. Существует несколько причин, которые сильно затрудняют выполнение этого требования. Первая - способ резки металла. Если вы пользуетесь ручными или настольными ножницами, вы практически на 100% создадите треугольный край, который образуется при резке металла этим способом. Этот заусенец, хотя и небольших размеров, формирует зазоры по краям брикета, когда вы сложите металлические пластины в стопку, но не рассчитывайте, что давление, создаваемое при сжатии брикета, выровняет и расправит края. В процессе сплавления металл по краям будет окисляться из-за этих крошечных зазоров, и его будет необходимо срезать. Наилучший способ этого избежать - при раскрою металла необходимо либо отпиливать пластины, либо отрезать их высокоточными стационарными ножницами, как Proform.



Раньше, чтобы выровнять края, я слегка прокатывал их в вальцах, но при входе и выходе пластины края получают немного больше давления, чем весь остальной лист, поэтому это может привести к боковым утоньшениям листа, тем самым, нарушается равномерность толщины металла. В итоге, вы получите очень маленькие, но имеющие огромное значение зазоры по краям брикета между всеми слоями. Вы можете при помощи вальцов создать длинные плоские полосы шириной, равной ширине брикета. Затем срежьте около 0,5 см по краям и разрежьте полосу на пластины необходимой длины. Не волнуйтесь, если при прокатке полосы на ее поверхности образуются волны. Они легко расправятся позже при зажиме брикета между металлическими пластинами. Сказав все это, я настоятельно рекомендую при любой возможности покупать уже нарезанный металл у хорошего поставщика. Они обычно имеют высококачественное оборудование для резки и, если вы их точно проинструктируете, предоставят вам листовой металл, который не требует дальнейшей рихтовки.

### Очистка металла

Это наиболее простой, но в то же время наиболее важный этап в изготовлении мокуме гане. Методы промышленной очистки, применяющие сильнодействующие растворители и кислоты не приспособлены для использования их в мастерской. Поэтому необходимо тщательно очистить металл обычными средствами. После того как вы подобрали и нарезали металл для брикета, воспользуйтесь абразивной губкой ScotchBrite, жидкостью для мытья посуды и чистой водой для очистки поверхности металла. Если у вас есть сомнения по поводу качества водопроводной воды, используйте дистиллированную воду. Слишком много химикатов или ржавчина с труб могут вызвать проблемы при сплавлении брикета. После того как металл тщательно отмыт в мыльном растворе абразивной губкой, я повторяю процесс при помощи щетки из стекловолокна (ее можно



приобрести у поставщиков эмалей и керамики), следя за тем, что поверхность равномерно обработана и полностью очищена. Я не рекомендую использовать на уже нарезанном металле наждачную бумагу, поскольку она неравномерно снимает металл с поверхности пластины. Если вы создадите скос по краю пластины, позже, когда вы соберете брикет, этот скос приведет к образованию зазоров по краям брикета в местах, где поверхности металлов не соприкасаются. Если вы сплавите такой брикет, то слои не соединятся должным образом.

Порошковая пемза - очень эффективное средство для чистки. Сделайте из нее кашицу с добавлением жидкости для мытья посуды и воды и почистите ею металл при помощи старой зубной щетки. Тщательнейшим образом проверьте, что ВСЕ остатки пемзы удалены с поверхности при споласкивании, поскольку даже мельчайшие следы, оставшиеся на металле, приведут к образованию раковин и расслоению готового брикета.

После очистки к металлу можно прикасаться только по краям. Прополоските металлические пластины так, чтобы вода стекала с металла ровной непрерывной пленкой. У меня есть вредная привычка полизать металл в этот момент. Она осталась еще с тех времен, когда я занимался эмалированием, и служит нескольким целям. Это снимает поверхностное натяжение воды, когда она образует цельную пленку по всей поверхности металла, которая помогает вам определить, насколько металл чист, и является прекрасным способом определить, имеются ли на поверхности остатки мыльной пены, пемзы или стекловолокна. Один совет перед тем, как вы попробуете эту процедуру: всегда очищайте металл *перед* тем, как побороть сэндвичем с ореховым маслом и желе. Затем тщательно прополоските и вытрите металл чистой безворсовой тканью. Больше

не прикасайтесь к поверхности металла. Сложите пластины в стопку в нужном порядке и поместите на сухую ткань или бумагу.

**Замечание:** Очистка, проведенная не должным образом или не полностью - основная причина расслоения брикета.





*«Я использую один и тот же пропановый горн и для кузнечной сварки стали, и для мокуме гане. Он развивает достаточную температуру и позволяет контролировать атмосферу».*

-Роберт Куган



## Глава VII

### Способы сплавления

В этой части книги будут описаны отдельные способы соединения металлов, разработанные Робертом Куганом, Джеймсом Биньоном и мной. Эти процессы включают в себя широкий спектр приемов сплавления, все они были успешно опробованы нами и нашими студентами. Ваш собственный стиль работы, опыт и оборудование будут определять ваш выбор в способе сплавления. Я бы посоветовал вам попробовать все, если у вас есть возможность, и использовать представленную здесь информацию, чтобы сформулировать свой собственный метод, который будет отвечать именно вашим потребностям.

#### Изготовление мини-печи для мокуме

Во-первых, я бы хотел описать конструкцию простой мини-печи, которую я создал для ламинирования брикетов мокуме, используемых для работ небольшого размера. Ее легко изготовить, и до прошлого года я использовал эту печь исключительно для производства своей линии обручальных колец. Хотя внутренняя камера имеет небольшие размеры, в ней можно сплавлять золотые брикеты весом до 300 г, и ее объема достаточно для сплавления пластин, чтобы изготовить небольших размеров посуду и ножи.

Основная проблема, которую нам приходится решать при изготовлении качественного мокуме гане, состоит в способности большинства металлов в разогретом виде поглощать кислород и образовывать оксиды как на поверхности, так и непосредственно под ней. Это приповерхностное окисление нарушает процесс соединения, и, если не устраниТЬ его причины, создать брикет, который выдержит обработку прокаткой и создание рисунка, невозможно.

Древние японские мастера по изготовлению холодного оружия решали проблему окисления путем нагрева брикетов в кузнечном горне, который, по своей природе, создает восстановительную (бедную кислородом) атмосферу. Для них этот способ прекрасно подходил, поскольку горн у них уже был и позволял нагревать большие брикеты из сплавов на основе меди, которые они обычно изготавливали. Однако, у большинства из нас нет доступа к кузнечным горнам, как и нет необходимости изготавливать для своих целей большое количество мокуме из драгоценных металлов. Принимая во внимание вышеизложенное, мы самым естественным образом пришли к использованию небольшой печи.





Газовые печи снабжены простыми средствами исключения кислорода из воздушной массы, окружающей брикет, но, опять же, я считаю, что промышленные печи слишком неповоротливы, ими неудобно управлять при изготовлении мокуме для собственных целей. Поэтому я разработал очень недорогую и легкую в обращении печь, используя два мягких огнеупорных кирпича стандартных размеров. Эти кирпичи выпускаются под маркой K-23 (маркировка, принятая в США - прим. переводчика) - теплоизоляционный огнеупорный кирпич; его можно приобрести за несколько долларов у поставщиков керамики.

Печь состоит из четырех основных частей:

1. Рабочая камера.
2. Отверстие для принудительной подачи пламени.
3. Окно для наблюдения и вторичное отверстие для пламени.
4. Углубление под струбцину.

Самый большой брикет, который можно изготовить в такой печи, имеет размеры около 4 x 6 см, для этого подходит расположенная в центре сферическая, состоящая из двух половинок камера диаметром 7,5 см. Вы можете делать ее меньше или больше в зависимости от размера брикетов, которые вы планируете изготовить, и полость можно слегка удлинить при ее вырезании, чтобы обеспечить достаточное пространство для зажимного приспособления для сборки брикета.

В одном из кирпичей по направлению к нижней стенке камеры просверливается отверстие для подачи пламени горелки и располагается таким образом, чтобы оно и окно для наблюдения вместе со сферической камерой позволяли пламени из горелки свободно циркулировать внутри. Окно для наблюдения просверливается с лицевой стороны печи (кирпич без отверстия для подачи пламени) немного выше центральной оси камеры под углом внутрь, чтобы облегчить обзор. Углубление под струбцину в форме буквы «С» не следует вырезать до тех пор, пока вы ее не приобретете. Не экономьте на этом приспособлении, поскольку, если струбцина в процессе нагревания сломается, ваши убытки будут измеряться в сотнях или даже тысячах долларов, затраченных на металл. Я сейчас использую сверхпрочную 10-сантиметровую струбцину машинной ковки, которую можно приобрести у поставщиков промышленных инструментов и сварочного оборудования.

Для резки термоизоляционного кирпича я предпочитаю использовать скользящий О-образный нож, но для работы с этим мягким материалом подойдет все, что угодно.





Будьте осторожны и не прикладывайте слишком большое усилие по углам и тонким местам, поскольку кирпич легко ломается. В процессе работы он должен лежать на гладкой, чистой поверхности. Карапашом отметьте расположение камеры и струбцины на обеих половинках и начинайте вырезать. Когда камера готова (в каждом кирпиче вырезана половина сферической камеры), в одном кирпиче осторожно вырежьте углубление под струбцину так, чтобы она в него полностью погружалась. Чтобы это сделать, я использую нож для резки линолеума и драчевые напильники. Поместите струбцину на кирпич и, при необходимости, заново обведите ее по контуру. Помните, что зажимной винт должен проходить через верх кирпичей, а скоба должна выходить с боковой стороны между кирпичами. Это желательно, поскольку прохладный воздух снаружи будет охлаждать струбцину в процессе нагрева, тем самым поддерживая ее прочность и давление на брикет. Струбцина должна плотно входить в углубление, но, в то же время, это углубление не должно быть узким, чтобы затруднять ее извлечение. Не беспокойтесь по поводу небольших просветов между струбциной и кирпичом. В процессе нагрева горящие газы внутри печи под давлением будут выталкиваться через эти просветы и не позволят кислороду проникать внутрь к металлу. Основной момент, конечно, в том, чтобы расположить губки струбцины, которые будут удерживать брикет, в самом центре камеры, сложенной из двух кирпичей. Когда один кирпич закончен, отметьте расположение струбцины на другом кирпиче и вырежьте углубление тем же способом. Самый простой способ — поместить струбцину в уже готовое углубление, затем поверх наложить целый кирпич и слегка покачать его вверх и вниз. Таким образом, вы получите разметку того, где вам необходимо сделать углубление.

Если не спешить и повторять эту процедуру в процессе вырезания, вы сможете добиться очень точного соответствия углубления форме струбцины.

Когда вся работа над кирпичами закончена, лучше всего их обвязать, чтобы их было легко удерживать вместе. Это легко можно сделать при помощи двух-трех витков стальной проволоки или длинных хомутов для обжатия шлангов, обмотанных по окружности каждого кирпича. Для создания более устойчивой и более безопасной обмотки местный магазин по продаже листового металла может за небольшие деньги изготовить для вас рамку из гальванизированной стали для каждого кирпича. Сделайте ее глубиной 60 мм, так чтобы кирпич выступал над ее поверхностью на 9,5 мм. Это позволит струбцине легко войти в кирпич и не задеть рамку. Любые просветы между кирпичом и металлической рамкой должны быть заполнены жидкой формомассой, так чтобы кирпич полностью поддерживался металлом. Заполнять небольшие промежутки





## Мокуме гане



будет намного легче, если перед заливкой вы увлажните кирпич. Я предлагаю использовать печи с рамкой такого типа, более прочной и значительно увеличивающей срок службы печи.

Что касается струбцины, вам понадобится ее слегка модифицировать. Неподвижная часть струбцины, соединяющаяся с основной С-образной частью, имеет большую массу и будет поглощать больше тепла, чем зажимной винт. Кроме этого, если эту часть не удлинить, то брикет нельзя будет расположить по центру камеры. Поэтому струбцину необходимо доработать следующим образом: приварите внутрь верхней губки струбцины либо стальной стержень, либо болт или даже просто вставьте болт длиной 2,5 см (M12x25) так, чтобы его шляпка находилась между верхней губкой струбцины и зажимным винтом. Я предлагаю нарезать резьбу в верхней части и использовать машинный болт длиной 7,5 см (M 12x75) для получения еще одного регулируемого элемента струбцины. Таким образом, вы всегда можете быть уверенными в том, что ваш брикет имеет оптимальное расположение внутри камеры.



Вам также понадобятся пластины, между которыми вы будете зажимать брикет. Вы можете изготовить несколько пар из мягкой стали или, если вы хотите изготовить более жаропрочные пластины, используйте высокоуглеродистую или молибденсодержащую нержавеющую сталь. Они должны быть слегка больше брикетов, толщиной от 9,5 мм для очень маленьких брикетов до 12,5 мм - для больших. Каждый раз проверяйте, насколько пластины плоские, поскольку они могут деформироваться под воздействием тепла и давления, при необходимости их ошлифуйте или замените. Все, что вам еще понадобится для сплавления брикетов моим способом в мини-печи - это две пары обычных прижимных клемм и одни С-образные зажимные клеммы с фиксатором.





### Подготовка перед нагревом в мини-печи для мокуме

Сначала сложите очищенные листы металла в стопку, обращая большое внимание на их последовательность. Проверьте, чтобы поверхность пластин оставалась чистой. Когда они сложены в брикет, и все края выровнены, крепко сожмите брикет одной рукой (сейчас уже можно прикасаться к наружным стенкам брикета), а другой рукой скотчем скрепите брикет по периметру, как показано на фото справа. Излишек пленки, выступающий по краям, загните на верхнюю и нижнюю поверхности. Это не только временно скрепляет брикет, но и предохраняет края от загрязнения, когда вы будете его зажимать. Теперь отложите его в безопасное место, пока будете подготавливать пластины для зажима.



Из имеющихся в наличии пластин выберите пару, которая наиболее подходит собранному брикету. Проверьте, насколько они плоские, и покройте поверхности, между которыми будет находиться брикет, предохранительным слоем желтой охры или скалексом (Scalex). Это будет служить разделительным слоем для предохранения металлов в брикете от сплавления со стальными пластинами. Отложите их в стороны, чтобы они просохли. Для этой цели вы также можете использовать корректирующую жидкость для бумаги или пластины из слюды. Я предпочитаю сочетать наносимые на поверхность разделительные слои со слюдой. Слюда позволяет наносить флюс без риска загрязнения брикета желтой охрой или скалексом. Позже, в процессе нагрева, если слюда начинает выгорать, скалекс или охра останутся. Для высоких температурных режимов, как при сплавлении платины, я использую все три! Во всяком случае, делайте все возможное, чтобы предотвратить сплавление брикета с зажимными пластинами. Затем возьмите С-образную струбцину, ослабьте соединение на прижимной шайбе и зажимной винт. Они будут вращаться с трудом после очередного нагрева. Нанесите каплю масла на двигающиеся части и разрабатывайте их до тех пор, пока они не станут вращаться свободно.

Поместите на оgneупорную пластину кирпичи (подойдут любые), на которые вы потом установите загруженную печь. Проверьте, чтобы они были расположены так, чтобы печь была установлена правильно относительно горелки.

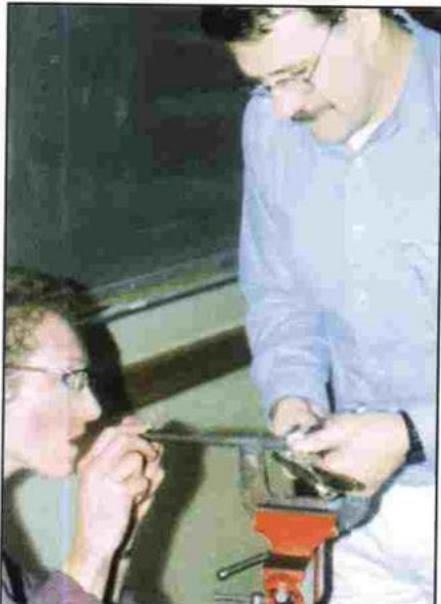
Излишек скотча, который мы раньше загнули поверх верхней и нижней пластин брикета, теперь нужно аккуратно срезать острым ножом. Пленка, покрывающая торцы брикета, должна остаться нетронутой - ее мы удалим позже. Затем возьмите брикет и поместите в центре между двумя стальными пластинами. Крепко зажмите все вместе пальцами одной руки, а другой возьмите С-образные клеммы и очень жестко зафиксируйте их в самом центре брикета.

Примечание: В качестве альтернативы, если у вас есть возможность воспользоваться гидравлическим прессом, вы можете использовать его для сжатия металлических слоев в брикете перед помещением его между зажимными пластинами. Это будет способствовать достижению наибольшего контакта между слоями, но это не обязательно.



## Мокуме гане

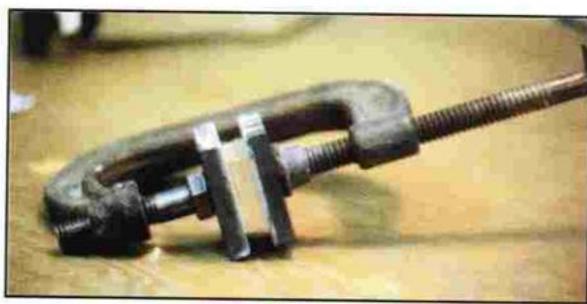
Отрегулируйте обе пары обычных прижимных клемм и одновременно крепко, но с одинаковым давлением, сожмите брикет с двух концов. Проверьте, что давление одинаково с обоих концов, иначе металл в брикете может деформироваться. Снимите С-образные клеммы с середины брикета.



Теперь пришло время зажать брикет со стальными пластинами в струбцине. Во-первых, проверьте уровень верхнего болта (если вы его добавили в струбцину), чтобы брикет располагался в центре камеры и хорошо просматривался снаружи. Зажмите брикет в тисках. Затем закрепите струбцину в самом центре брикета. Я затягиваю струбцину руками настолько, насколько могу, а затем усиливаю зажим при помощи плоскогубцев. (Очень важно затянуть струбцину настолько, чтобы она немного пружинила (создавала изгиб), для того чтобы, поскольку при нагреве брикета металл размягчается, она поддерживала принудительное давление на металл.) Теперь, если все выглядит хорошо, одновременно освободите обе пары прижимных клемм и снимите всю конструкцию с тисков. Проверьте, чтобы брикет не изменил своего положения (иногда он поворачивается) и чтобы между металлическими слоями не было промежутков. Затем осторожно удалите оставшийся скотч.

В этот момент я осторожно наношу щедре количества флюса (пастообразной буры) по периметру брикета. Я выяснил, что это защищает брикет по краям от загрязнения в процессе нагрева и снижает уровень отходов (металл по краям, который нужно будет удалить позже). При первой паре попыток сплавления вы, возможно, не захотите использовать флюс. Очень легко совершить ошибку, приняв блеск расплавленного флюса за начало появления отпота. Сделайте несколько попыток без флюса до тех пор, пока вы не почувствуете качество блеска металла при температуре сварки. Затем переходите к использованию флюса.

Струбцину теперь можно поместить в печь. Важно нагревать брикет в горизонтальном положении. Нельзя нагревать печь, если слои брикета расположены перпендикулярно земле. Если металлы достигнут температуры, при которой образуется жидккая эвтектика, то этот тонкий слой расплавленного металла может сыграть роль смазки, и пластины могут буквально выскользнути из зажима.



Обе половинки печи теперь соединяют вместе, выравнивают и связывают парой витков легкой стальной проволоки. Установите печь и расположите стационарную горелку так, чтобы ее кончик находился на расстоянии 6 мм от отверстия для подачи пламени. Вы можете изготовить специальный держатель для горелки или использовать для этого тиски.



### Сплавление в мини-печи

Нагрев требует абсолютного внимания, поэтому сделайте так, чтобы вас не беспокоили, по меньшей мере, в течение 30 минут, чтобы вы смогли сконцентрироваться исключительно на процессе сплавления. Если вы начали нагрев, горелку нельзя выключать до того момента, когда произойдет соединение металлов. Если вы это сделаете, кислород получит доступ к металлу и может его окислить. Поэтому отключите телефон, выключите пейджер, выгоните детей, и пусть ваша «вторая половина» отойдет на значительное расстояние!



Сначала зажгите ручную горелку и с ее помощью подожгите стационарную. Направляйте пламя на стационарную горелку до тех пор, пока вы не включите газ и кислород и не настроите ее на подачу восстановительного пламени. (Восстановительное пламя имеет желтый язычок, отходящий от внутреннего светло-голубого конуса в центре пламени.) Желтый должен отчетливо просматриваться, но пламя не должно коптить. Следите за пламенем в течение всего процесса нагрева. Некоторые регуляторы газа и воздуха могут в процессе использования слегка менять давление, и таких колебаний может быть достаточно, чтобы изменить пламя от слегка восстановительного до слегка окислительного, а это может пагубно повлиять на результат. Брикеты, содержащие платину, нужно нагревать нейтральным или слегка окислительным пламенем.

**Меры предосторожности:** Не позволяйте камере печи наполняться газом до того, как вы зажжете горелку, потому что это может вызвать взрыв. Чтобы защитить глаза от УФ-лучей всегда одевайте очки в процессе нагрева.

#### Первый этап

Начальный этап процесса сплавления состоит в постоянном и равномерном увеличении внутренней температуры печи. Если вы используете 2 горелки (что я настоятельно рекомендую) установите и настройте их таким образом, чтобы они, насколько возможно, равномерно нагревали камеру. Вторую горелку держите в руках, чтобы вы легко могли сменить ее положение и нагреть менее горячие участки камеры. Если вы используете только одну горелку, следите за горячим пятном, которое образуется на стенке, противоположной отверстию для нагрева, там где пламя отражается от стенки камеры. Старайтесь не позволять той части брикета нагреваться намного больше холодной. Для этого, возможно, потребуется уменьшить размер факела, когда вы достигнете видимого красного свечения.





### Второй этап

На втором этапе в последовательности процесса сплавления брикет от температуры видимого красного свечения нагревается до температуры соединения металлов. Наблюдайте за цветом металлов, чтобы определить горячие точки и поддерживайте температуру брикета максимально равномерно. Время от времени убирайте горелку, которую держите в руке, чтобы ее свечение не рассеивало и скрывало первые признаки появления блеска металла в печи. ПОМНИТЕ (особенно те, кто пользуются одной горелкой), ЧТО САМАЯ ГОРЯЧАЯ ЧАСТЬ ПЕЧИ - УГОЛ, КОТОРЫЙ НАИБОЛЕЕ УДАЛЕН ОТ ВАС, ГДЕ ПЛАМЯ ОСНОВНОЙ ГОРЕЛКИ ОТРАЖАЕТСЯ ОТ СТЕНКИ КАМЕРЫ.

Для отслеживания температуры внутри камеры вы можете захотеть воспользоваться пиromетром от прокалочной печи. Однако, термопара будет нагреваться намного быстрее, чем вся масса брикета, поэтому вы должны соотносить цвет термопары с цветом брикета. Использовать пиromетр *не* обязательно. Вам нужно понимать знаки, которые означают, что происходит процесс соединения металлов.

Ниже приведено соответствие цветов каления и температуры, чтобы вы могли это использовать в качестве общего руководства для визуальной оценки того, что вы достигли температуры сплавления. Определение температуры по цвету - в лучшем случае субъективное средство, и, в зависимости от конкретных сплавов в брикете, действительная температура сплавления будет колебаться. Если сплав содержит больше меди или цинка, чем приведенный здесь, температура сплавления будет ниже. Если он содержит больше палладия или никеля, соответствующая температура сплавления будет немного выше. Используйте приведенный ниже список в качестве руководства только по *диффузионному соединению мокуме в жидкой фазе (эвтектическому)* и следите за прочими сигналами, которые я здесь привожу. На стр. 81 приведена таблица температур для мокуме, изготавливаемого в электрической печи.

#### Соответствие цветов каления и температуры для мини-печи

Зеленое золото 750 пробы (18K) и шакудо - средний оранжевый - 838°C.

Желтое золото 916 пробы (22K) и шакудо - средний оранжевый - 843°C.

Белое палладиевое золото 750 пробы (18K) и шакудо - средний оранжевый до ярко-оранжевого - 913°C.

Белое палладиевое золото 750 пробы (18K) и зеленое золото 750 пробы (18K) - ярко-оранжевый - 982°C.

Розовое золото 750 пробы (18K) с зеленым, желтым или белым палладиевым золотом 750 пробы (18K) - средний оранжевый - 854°C.

Серебро с шакудо, медью или нейзильбером - красно-оранжевый - 778°C.

Серебро и латунь - красный - 746°C.



Стерлинговое серебро с палладием или белым палладиевым золотом 750 пробы (18K) - средний оранжевый - 810°C.

Шибуichi с шакудо или медью - красно-оранжевый - 778°C.

Латунь с медью или нейзильбером - очень яркий оранжевый - 999°C.

Платина и зеленое золото 750 пробы (18K) - очень яркий оранжевый - 988°C.

Прикладывайте максимум усилий, чтобы выровнять температуру внутри печи. Первые несколько попыток проводите медленно до тех пор, пока вы не «почувствуете» процесс сплавления. Когда брикет начнет блестеть, вам нужно часто процарапывать края острым стальным щупом. Делайте царапины как параллельно слоям, так и перпендикулярно. Таким образом, вы, на самом деле, протягиваете небольшое количество одного металла по поверхности другого(их), и именно в этом месте в первую очередь можно наблюдать появление «отпота». Когда вы почувствуете, что дошли до температуры, при которой происходит сплавление, вам нужно следить за появлением следующих признаков. Они приведены в последовательности от самого незаметного до наиболее очевидного.

1. Мерцание видимого «отпота» в местах соединения металлов, когда край брикета процарапан острым стальным щупом.
2. Мерцание видимого «отпота» в местах соединения металлов, когда угол или участок брикета нагревается под местным пламенем второй горелки (которую вы держите в руке).
3. Мерцание «отпота» по краям брикета.
4. Капли горячего металла выступают между слоями, как капли пота.



Признаки, приведенные ниже, указывают на то, что температура стала слишком высокой. Выключите только кислород и снизьте подачу газа. Уменьшите время выдержки в соответствии с тем, насколько вы полагаете, брикет был подвержен высокой температуре, но не выключайте газ до тех пор, пока металлы полностью не отвердеют.

5. Частичное оплавление всего края брикета или отдельной пластины в ламинаре.
6. Жидкий металл, струящийся по всему краю брикета.
7. Полное разрушение брикета.
8. Эй! Где мой брикет, и почему пахнет горелым?

Вы будете удивлены, насколько мала разница в температуре и времени между №1 и №8. Но давайте предположим, что вы находитесь в промежутке где-то между №1 и №4. Что вам сейчас нужно делать?



### Третий этап

Это третья ступень сплавления или ступень «выдержки». Когда вы уверены, что достигли температуры соединения, снизьте давление в горелках так, чтобы температура была немного ниже (градусов на 10°C) той, при которой вы впервые заметили появление «отпота». Поддерживайте эту температуру в течение 5-10 минут в зависимости от размеров брикета и того, как вы отмечаете признаки продолжения появления «отпота». Выдержка нужна для того, чтобы дать возможность всему брикету достичь температуры диффузационного соединения и способствовать формированию соединительного слоя. Это очень деликатный этап и, к сожалению, только опыт сможет дать ответ на все вопросы.

После того как вы выдержали брикет, выключите кислород, оставив только подачу газа. Дайте брикету остить в этих условиях в течение полминуты, чтобы брикет медленно и полностью затвердел.

### Четвертый этап

Заключительный этап процесса нужно выполнять быстро и очень осторожно, пока брикет еще нагрет до красного свечения. Наденьте термостойкие перчатки! Положите печь горизонтально, разрежьте проволоку и снимите лицевую (теперь верхнюю) половинку печи. Плоскогубцами или другим подобным инструментом выньте струбцину и зажмите ее заднюю часть в тяжелых настольных тисках, которые находятся рядом с наковальней. Осторожно ослабьте зажим струбцины и выньте брикет и зажимные пластины. Они в этот момент, возможно, будут склеены, но могут отделиться и упасть на пол, будьте осторожны! Поместите их на наковальню и пропустите молотком, чтобы отделить стальные пластины, если они все еще прикреплены, затем быстро круговыми движениями по спирали от центра к краям прокуйте брикет. Вы также можете использовать гидравлический пресс или даже верстачные тиски для маленьких брикетов. Этот процесс улучшает качество соединительного слоя и структуру зерен металла. После проковки охладите брикет в холодном отбеле, температура отбела должна выбираться в зависимости от используемых металлов. Подготовка брикета к формированию узора описывается в Главе IX на стр. 87.





### Изготовление мокуме в горне

*Роберт Куган*

Основам техники мокуме я научился в конце 1970-х годов у Джина и Хироко Пижановски. Мы изготавливали свои брикеты в традиционных кузнечных угольных горнах, выкладывая внутреннюю камеру кирпичами и помещая наверх стальную пластину, чтобы отражать тепло внутрь камеры. В качестве топлива использовалась смесь кокса и древесного угля из древесины твердых пород. Эта смесь создает необходимую атмосферу такую, чтобы металлы не окислялись перед сплавлением. Мы использовали прижимные пластины на болтах, с такими пластинаами я работаю и по сей день, ковали все вручную. С тех пор я модифицировал материалы и приемы в соответствии со своими потребностями и оборудованием, о котором я подробно расскажу позже. Работая в кузнице, я могу изготавливать большие брикеты и придавать им желаемую толщину за относительно короткий промежуток времени. Для того чтобы отчистить, сплавить, проковать и подготовить брикет для формирования рисунка, мне в среднем нужно 2 часа. Формирование рисунка и прокатка в лист занимают от нескольких часов до нескольких дней в зависимости от приемов и желаемого узора. Базовый брикет из 21 пластины площадью 5 x 5 см каждая, толщиной 16 B&S (1,3 мм) можно прокатать в лист мокуме гане площадью (430 кв. см) толщиной 16 B&S (1,3 мм). Будьте готовы к, как минимум, 20%-ным потерям при обрезке краев и формировании рисунка.



Лист мокуме гане: медь, чистое серебро.  
Роберт Куган.

### Металл

С Пижановски я работал, в основном, с медью и куромидо. Они хорошо сплавляются друг с другом и при патинировании дают сочетание насыщенных оттенков красно-коричневого и сине-черного. Куромидо стало очень трудно получать (из Японии), поэтому я начал экспериментировать с металлами, имеющимися в США. Я думаю, что лучше всего работать с чистыми металлами. При работе с ними возникает меньше сложностей, тем не менее, вы должны принимать во внимание их совместимость. Чтобы иметь устойчивый результат, вам необходимо знать состав каждого используемого сплава. Можно использовать латунь, стерлинговое серебро, нейзильбер и многие другие доступные металлы, но при работе с ними возникает больше проблем. Каждый из этих металлов в соседстве с медью имеет уникальную точку сплавления и температурный интервал для обработки. Например, стерлинговое серебро склонно к красноломкости. Другими словами, если его ударить молотком при красном свечении, оно, вероятно, расколется. Его лучше проковывать при черном свечении. Черное свечение появляется моментально после исчезновения красного. Больше всего я люблю работать с медью и чистым серебром. Они сплавляются при относительно низкой температуре, очень ковки, невзыскательны и создают яркий контраст даже без патинирования. В этой статье мы будем рассматривать брикет мокуме, изготовленный из меди и чистого серебра.

### Подготовка брикета

Брикет, с которого мы начнем, состоит из 21 абсолютно плоской пластины площадью 5 x 5 см толщиной 14-16 B&S (1,6-1,3 мм). Используйте 11 медных пластин и 10 пластин из чистого серебра. При использовании нечетного коли-



чества пластин вы получите один и тот же металл, медь, сверху и снизу брикета. Отожгите металлы, чтобы он был мягким, и выровняйте его при необходимости. Это будет гарантией того, что, когда металлические пластины будут сложены в стопку, все они будут плотно прижаты друг к другу, и это предотвратит появление оксидной пленки между слоями. Отжиг проводите на чистой плоской поверхности огнеупорного кирпича или подставки для пайки. Отбелите, затем опшлифуйте каждую пластину при помощи пемзы и абразивной губки Scotch-Brite. Над раковиной на абразивную губку нанесите обезжижающее средство, например, «Fantastik», а затем обмакните ее в пемзу. Очищайте пластины, удерживая их только по краям. Мои студенты проводят эту процедуру в хирургических перчатках, чтобы избежать соприкосновения с металлом. (Слушайте, а почему я об этом не подумал раньше?) Споласкивайте металл в проточной воде. Металлическая пластина считается чистой, если вода стекает ровной пленкой. За один подход можно очистить 5-6 пластин, затем высушите их и начинайте формировать брикет. Лучше переусердствовать с очисткой, чем получить неудачный брикет из-за того, что металл был грязным. Листы НИКОГДА не соединяются, если они были грязными или покрытыми оксидной пленкой.



Фото: TTU Photo Services

На подготовленную стальную пластину размером 75 x 75 x 6 мм (которая была предварительно просверлена с каждого края и покрыта желтой охрой) поочередно укладывайте пластины в стопку. Желтая охра не позволит медным пластинам сплавиться со сталью. Когда вы будете сверлить отверстия для болтов в стальных пластинах, располагайте их по центру каждого края пластины, а не по углам. Между брикетом и болтами вам потребуется расстояние в 3 мм. После укладки слоев сверху положите вторую стальную пластину толщиной 6 мм (также покрытую желтой охрой и просверленную, чтобы отверстия совпадали). При помощи четырех болтов размером M 6x50 с шестиугольными шляпками соедините обе стальные

пластины вместе. Пользуйтесь негальванизированными болтами, поскольку цинковое покрытие потенциально может загрязнить брикет при выгорании в горне. Затягивайте болты при помощи двух гаечных ключей. Болты должны быть плотно затянуты, но, если вы перестараетесь, то вы их сломаете. Основной момент заключается в том, чтобы болты сидели плотно, но без напряжения. Проверьте, чтобы края брикетов были выровнены, и сам брикет располагался строго по центру зажимных пластин. Ключевыми моментами являются: равномерное давление и равномерный нагрев. Когда брикет, зажатый между пластинами на болтах, будет нагреваться, металлы будут расширяться и увеличивать давление на прижимные пластины, и это давление будет способствовать формированию соединительного слоя между слоями.

### Горн

От угольного горна я в своих работах перешел на промышленный газовый горн, изготовленный компанией «Manckle». В прошлом я сконструировал несколько простых газовых горнов, используя огнеупорные кирпичи, печные полки, мехи и стандартные фитинги для труб. Эти горны были собраны наспех и обычно оставляли желать лучшего. Несмотря на то, что они работали, я рекомендую промышленные горны, цена которых начинается от нескольких сотен долларов и которые можно приобрести у поставщиков кузнецкого оборудования и оборудования для изготовления ножей. Если вы хотите сконструировать свой собст-



венный горн, чертежи для изготовления хорошего газового горна можно приобрести в ABANA (Северо-американская Ассоциация Художников - Кузнецов). Газовые горны обычно работают на пропане или природном газе. Каждому из них требуются разные сопла для зажигания. Если вы не уверены в том, что вам нужно, я думаю, что местные газовые компании смогут вам помочь. Они могут не совсем понимать, что вы собираетесь делать, но они всегда делали все возможное, чтобы помочь мне решить проблемы, связанные с газом. Я использую один и тот же горн как для кузнечной сварки стали, так и для изготовления мокуме. Этот горн создает стабильный жар и контролируемую восстановительную атмосферу. Он также более чист, чем угольный горн и может работать где угодно. Мой горн присоединен к большому газовому баллону, но подойдут и балоны по 19л, которыми вы пользуетесь для домашнего барбекю.

### Сплавление брикета

Прогрейте горн в течение получаса. Заложите кирпичами или закройте отверстие после того, как вы подожгли горн. Это будет способствовать более быстрому нагреву и равномерному распределению тепла. После прогрева уменьшите подачу газа и поддув. Если они будут подаваться таким же образом, как для сварки стали, то мой брикет мокуме за считанные секунды превратится в лужицу серебряного сплава. Слабые языки пламени, вырывающиеся из окна горна, и оранжевое свечение внутренних стенок указывают на то, что установилась необходимая температура (при желтом свечении температура слишком высока). Ограничите подачу воздуха, чтобы поддерживать восстановительную атмосферу (лишенную кислорода) внутри горна для предотвращения окисления металлов. Поместите брикет горизонтально в центр горна. Для хорошего захвата верхней стальной пластины брикета используйте длинные стальные кузнечные щипцы. Возможно, перед закладкой брикета в горн вам будет необходимо немного попрактиковаться захватывать его щипцами. Когда он уже внутри, следите за цветом стальных пластин и брикета, чтобы определить, насколько равномерно металл нагревается. Если один участок выглядит более горячим, переверните или поверните его в нужное положение. Пока брикет находится внутри горна, ваши глаза должны постоянно путешествовать по его поверхности и по поверхности стальных пластин. Это очень важно! Если один угол расплавится быстрее, чем будут готовы остальные, в итоге, вы отправите весь брикет в лом. В зависимости от горна вам, возможно, вовсе не понадобится поворачивать брикет. Для моего горна нормально, если я несколько раз переворачиваю и поворачиваю его вокруг себя.



Фото: TTU Photo Services



Фото: TTU Photo Services

**МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ:** Вы в обязательном порядке должны работать в защитных затемненных очках. Из горна выходит огромный поток УФ-лучей. Доказано, что продолжительное воздействие этих лучей увеличивает возможность появ-



## Мокуме гане



Фото: TTU Photo Services

ления катаракты и других проблем со зрением. Помогут даже солнечные очки. Позже, в процессе проковки, существует риск разбрызгивания на вас расплавленного металла. Необходима защитная одежда, т. е. толстые кожаные перчатки, хлопчатобумажная или шерстяная одежда и кожаная обувь. Я приношу свои извинения за то, что на фотографиях я представлен без защитных очков. Фотовспышка сделала это невозможным. Обычно в кузнице я всегда ношу затемненные защитные очки.

В газовом горне процесс сплавления брикета занимает около 15 минут. Лучше пусть этот процесс займет больше времени, чем его подгонять. Более длительное время в более прохладном горне означает, что вы постоянно равномерно прогреваете брикет. Если вы поторопитесь, внешние края брикета могут сплавиться до того, как середина прогреется до необходимой температуры. Пристально следите! Когда брикет начнет светиться, вы уже близко. Следите за тем, что появляется в виде блестящей серебряной полоски между слоями брикета. Она будет выглядеть, как-будто расплавленный серебряный припой соединяется с «потеющим» металлом, или по краям брикета появляются маленькие бусинки - ВЫНИМАЙТЕ! Очень важно, чтобы вы вынимали брикет горизонтально и удерживали его в горизонтальном же положении. Если серебро немного горячее, чем следует, оно в буквальном смысле прольется при наклоне.

Положите брикет на наковальню до того, как он отвердеет. Я выжидаю около 1 минуты.



Фото: TTU Photo Services

Проковка  
Когда брикет отвердел, но до сих пор светится, используйте большой деревянный брускок и кузнечный молот для его осадки. Для этого установите деревянный брускок по центру стальной пластины и ударьте по нему молотом. С этим легче справиться вдвоем: один держит щипцами брикет, а второй его проковывает.

Удары молота должны быть умеренной силы и равномерными, а деревянный брускок должен перемещаться по поверхности стальной пластины. Это способствует укреплению соединительного слоя. Сейчас вы должны уменьшить толщину брикета лишь до такой степени, чтобы он свободно «болтался» между стальными пластинами.

Я зажимаю головки болтов в тисках и раскручиваю гайки при помощи гаечного ключа. Теперь выньте болты, и пусть брикет аккуратно упадет на наковальню. Сейчас для брикета вам, возможно, понадобятся другие щипцы. В течение всего процесса я пользуюсь тремя парами щипцов. Первая пара - длинные, около 60 см, чтобы их можно было засовывать внутрь горна. Эти щипцы способны надежно удерживать стальную пластину толщиной около 6 мм. Вторая

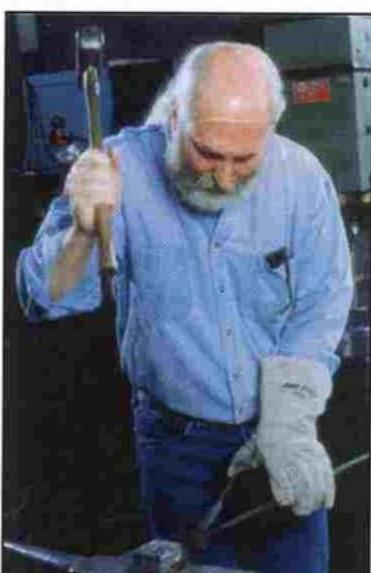


Фото: TTU Photo Services



пара щипцов нужна для того, чтобы удерживать брикет сразу после сплавления, когда он имеет толщину от 25 до 32 мм. Когда он прокован до толщины около 20 мм или даже меньше, вам понадобится третья пара щипцов, которая сможет обеспечить его захват, когда он достигнет толщину в 0,5 см. Каждая пара щипцов имеет плоские губки, чтобы можно было захватывать за верх и низ брикета. Иногда я также использую пару захватывающих клемм. У них длинные тонкие губки, и они имеют широкий спектр применений, но у них не такая сила хвата. Что же случилось с теми волшебными щипцами, которые могли схватить все, что угодно?

Брикет теперь нужно снова нагреть в горне до того момента, как он опять начнет светиться. Когда я думаю, что он достаточно нагрет, я щипцами вынимаю его из горна и выдерживаю его в тени ниже горна. Таким образом, я смогу увидеть цвет металла в действительности. Если я буду ждать до тех пор, пока металл начнет светиться тем же цветом, что и пламя в горне, он слишком нагреется и сможет расплавиться. Часто проверяйте, пока металл не нагреется до нужной температуры. Этим вы отожжете сплавленный брикет и сможете проковывать его, как масло. Проковывайте его на горячую сразу из огня. Это можно сделать ручным кузнецким молотом, кувалдой (если вас двое) или моим любимым механическим молотом.

Для ручной ковки я использую килограммовый молот с квадратным бойком. Его квадратный боек должен быть слегка скруглен и отполирован. Этот молот будет довольно быстро сдвигать металл, и, когда вы к нему привыкнете, вы сможете проковывать, не оставляя практически никаких следов от бойка. Начальную ковку я провожу в кузнице на 70-килограммовой (или более) наковальне. Я бы предпочел полированную наковальню, но для начальной ковки это не так уж важно. Ковку я заканчиваю на полированной наковальне. Брикет, изготовленный из чистого серебра и меди, имеет огромную степень ковкости. Ковку можно проводить, начиная от температуры заметного свечения до комнатной температуры. Лучше всего ковка проходит при едва заметном свечении. Доведите брикет до температуры отжига и положите его на наковальню, пока он еще горячий. Зажав угол брикета щипцами, удерживайте их возле наковальни по направлению к ее центру. Таким образом, на наковальне для ковки будет находиться 2/3 брикета. Точно таким же образом вы можете производить ковку при помощи механического молота или кувалды. Чем больше молот, которым вы можете эффективно управляться, тем быстрее и лучше он будет сдвигать металл. При ковке держите локоть близко к телу, и удары совершаите вертикальными движениями вверх-вниз.

Наносите удары по брикету, а не по наковальню или щипцам - это бесполезно. Обычно при работе с ручным молотом я довожу толщину брикета до 3 - 6 мм, а затем захватываю брикет за противоположный угол и выравниваю толщину. При следующем



Фото: TTU Photo Services

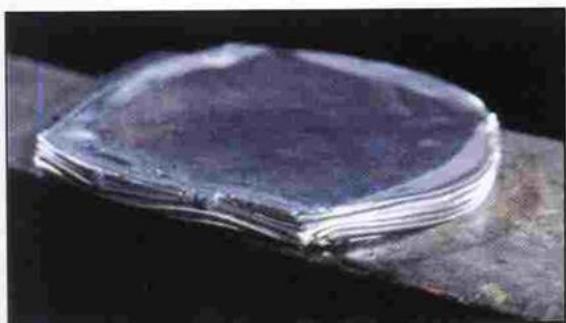


Фото: TTU Photo Services



отжиге я проковываю противоположную сторону и удерживаю брикет за другие два угла для снятия внутреннего напряжения в металле. Если я работаю молотом в 45 кг, я могу при двух отжигах довести толщину брикета до 10 мм. Никакой магии при работе с механическим молотом нет, он просто создает большее усилие. Удивительно то, что металл его выдерживает и быстро сдвигается. Несколько слов о предосторожностях: механические молоты могут быть очень опасны. Обязательно изучите инструкции и будьте очень осторожны. При каждом отжиге вы можете очень существенно сдвигать металл ковкой. Слишком частых отжигов не бывает, но бывает расслоение или растрескивание металла из-за редких отжигов. При отжиге будьте внимательны, чтобы не расплавить брикет, потому что он может распасться. Что и происходит, поскольку металл соединительного слоя имеет более низкую температуру плавления, чем медь и серебро. Если брикет перегреть, этот новый сплав расплавится и будет играть роль шарикоподшипника между слоями, поэтому они могут распасться. Если это начинает происходить, НЕ ПАНИКУЙТЕ! Подхватите брикет щипцами и положите на наковальню, удерживая его горизонтально. Слои перестанут сдвигаться, как только этот сплав отвердеет. Вы можете спасти эти брикеты, но процент отходов при этом возрастет. Будьте внимательны. Из всех брикетов, которые когда-либо изготовили я и мои студенты, мы потеряли только два. Оба раза это случилось из-за перегрева, и потому что мы не сразу вынули брикет из печи. Помните, если вы устали и не можете завершить ковку, вы в любое время можете к ней вернуться. Брикет также можно проковывать и на холодную. Проковывайте брикет до уменьшения толщины в 3 раза, а только после этого спиливайте рваные края при помощи ленточной или хорошей ножевой пилы. Края удаляются для того, чтобы предотвратить возможное появление трещин от недостаточного соединения металлов. Если трещины оставить, то они доберутся до центра брикета. Именно при срезании краев происходит наибольшая потеря металла.

### Формирование рисунка

После того как вы проковали или прокатали брикет в вальцах до толщины около 6 мм, можно начать формировать рисунок. Конечно, это зависит от того, что собираетесь делать с материалом. Мне нравится создавать запас. Я изготавливаю

брикет мокуме, когда у меня есть время, и слегка его проковываю. Потом я его откладывают, пока не соберусь изготовить из него изделие. Таким образом, я формирую рисунок в соответствии с формой изделия.

Все составляющие моей работы находятся в тесной взаимосвязи. Я стараюсь работать с их энергией и ритмом, поэтому они улучшают мою работу. В текстуре древесины законсервирована текучесть, которая рождена развитием дерева. Я стараюсь думать об этом при создании своих изделий и узоров, которые их дополняют. Для пары своих ваз, полученных выколоткой, мне удалось создать такой рисунок, что узор вытекал из центра диска и устремлялся к его краям. В своих ювелирных изделиях я использую узор для подчеркивания заложенного в дизайн движения. В ножах, которые линейны по своей природе, я

стараюсь заставить мокуме подчеркнуть это движение или же иногда, для большей выразительности, противоречить ему.



Лист мокуме гане: медь, чистое серебро. Роберт Куган.



С мокуме вы можете создать практически бесконечное количество вариаций узоров. Я предпочитаю, в основном, использовать ручные приемы, такие как ковку, кручение, резку и рубку. Для некоторых своих ножей я вырезал рукоятку из толстого брикета. При этом создается нежный полосатый рисунок мокуме, к которому нужно внимательно присматриваться, чтобы его разглядеть. Еще один из моих любимых приемов - выпилить прямоугольный участок из брикета, а затем выковать из него длинный стержень. Длина этого участка обычно равна длине, а ширина - толщине исходного брикета. Ковка уменьшает толщину и удлиняет выпиленный участок. Когда длины и диаметра достаточно, я приступаю к проковке прутка молотом для придания ему окружной формы и скручиваю (если вы оставите его квадратным, то велика вероятность того, что по углам появятся трещины вследствие неравномерного напряжения). Затем я провожу отжиг и продолжаю скручивание. После скручивания я снова проковываю стержень до получения квадратного сечения (это дает мне более универсальную заготовку для дальнейшей работы и уменьшает риск возникновения трещин при расплосовывании), а затем разрезаю посередине. Таким образом, внутри скрутки создается характерный звездчатый узор. Конечно, великолепных результатов можно добиться как при одном лишь скручивании, так и при сочетании его с другими способами формирования рисунка. Из мокуме гане я выковывал ложки и другие изделия. Видеть, как рисунок меняется и течет с изменением формы - захватывающее зрелище. Всю ковку, формирующую рисунок, проводят на холодную, предварительно хорошо отожгнутую. Брикет легче обрабатывать, когда он в холодном состоянии, но можно работать и на горячую. Пока изделие не станет таким маленьким, что я не могу его контролировать, я использую килограммовый полированный молоток. Также для выполнения этой работы я пользуюсь 70-килограммовой наковальней с полированной поверхностью. Она не должна быть отполирована до зеркального блеска, но обработана старой лентой для сэндинга 220 зернистости. Некоторая шероховатость предотвращает скольжение во время работы.

Я часто проковываю заготовку в лист, а затем изготавливаю составные части для своих изделий. Для этого я больше всего предпочитаю использовать сечки (зубильца). Хотя это наиболее трудоемкий из всех способов формирования, он дает мне больше контроля над более органичного вида, чем ранее, были изготавливались волнистые, ний длиной 2,5 хности четыре

*Нож с лезвием в стиле тонто:  
дамасская сталь, медь, стерлинговое  
серебро, куромидо, розовое дерево.*

Роберт Куган

вания рисунка, и позволяет добиться узора. Чаши, упомянутые выше, прорезаны путем прорезания исходящих из центра листа. Рисунок прорезался в поверхность, а металл проковывался раза, чтобы поддержать плотность рисунка. Я пользуюсь самодельной сечкой «бычий нос», которая оставляет след с закругленным дном. Для работы с сечкой мне нравится использовать тяжелый чеканочный молоток.





Когда я особенно агрессивен, я пользуюсь 300-граммовым слесарным молотком с шаровым бойком. Славная уловка, чтобы заставить сечку делать плавные резы - окунать ее кончик время от времени в легкое масло. Я удерживаю брикет при помощи двух С-образных струбцин с обрезиненными губками. Зажатый только в одной, он будет смещаться. При помощи такой сечки я прорезаю канавки, чтобы создать рисунок, который будет «струиться» по поверхности. С каждым проходом сечки снимается металл на глубину 1,5 мм. (Это, конечно, зависит от самой сечки и от того, кто ей работает!) Я прорезаю желаемый рисунок, обычно тот, который позволяет мне контролировать «текущее» рисунка по поверхности. Затем проковкой уменьшаю толщину до тех пор, пока большинство канавок не сгладятся, и я не смогу увидеть, где рисунок нужно доработать. Я продолжаю прорезать поверхность листа обычно, как минимум, 3 раза. (За получением более подробной информации об использовании сечки для формирования рисункасмотрите главу IX.)

Теперь я могу заняться изготовлением составных частей так же, как это делает любой ювелир с одним большим исключением. Втулки ножей должны быть прочными (солидными). Вместо того, чтобы делать их полыми и легкими, как обычно поступают при изготовлении ювелирных изделий, я делаю их цельными. Для этого я ламирую узорчатую заготовку мокуме с листом латуни толщиной 6 мм, а затем делаю серебряную кромку. При этом достигается солидный внешний вид и желаемый рисунок, который нельзя создать никаким другим способом. В конце концов, важно только то, что вы делаете с мокуме, и как это потом сочетается с готовым изделием.

### Изготовление полукруглого резца «бычий нос»

Роберт Куган

Сечка «бычий нос» для прорезания орнаментов канавками с закругленным дном достаточно проста в изготовлении. Используйте стальную заготовку 0,5 x 10 см или кусок сверла соответствующего размера. Материал можно купить в магазине или заказать у поставщика инструментов. Спишите или сошлифуйте на круге один из концов под углом 45°. Снизу у режущей кромки спилите металл под углом 10°, в то же время заузьте скругленный конец до 3 мм. Это предоставит вам возможность делать более узкие резы. Можно изготовить резцы для канавок любой ширины, все углы даны приблизительно. С другой стороны сечки снимите металл под равномерным наклоном до тех пор, пока не образуется площадка диаметром около 3 мм. Это поможет сконцентрировать удар молотка. Мне нравится пропиливать канавки вдоль верхней части резца, впоследствии они обеспечивают надежное удержание его в руке. Что более важно, эти канавки позволяют мне, не глядя, знать, что резец я держу правильно. Когда резец приобретет окончательную форму, ошкурьте его наждачной бумагой №220.



Теперь вы готовы к термообработке. Эта процедура обеспечит поддержание остроты резца во время работы. Удерживайте резец в клеммах или губках тисков и нагревайте рабочий конец (примерно на 2,5 см) до ярко-красного каления. Не допуская остывания, опустите его в масло. Это может быть оливковое или машинное масло. Перемещайте резец вверх и вниз, следя за тем, чтобы 2,5 - 5 см всегда были погружены в масло. Когда он достаточно охладится, так что масло перестанет на нем гореть, выньте его и отложите в сторону. По достижении резцом комнатной температуры очистите его и вновь зашкурьте. Твердость рабочего конца проверьте напильником. Он должен скользить, как по стеклу, и совершенно не оставлять следов. Если это не так, значит, вы недостаточно нагрели металл или взяли не ту сталь - повторите попытку. Если все в порядке, резец нужно отпустить. Отпуск устранит хрупкость, и резец не сломается при первом же контакте с металлом. Это можно сделать в бытовой духовке при 180°C в течение часа, но можно использовать и горелку, что более сложно и требует навыка. Держите зашкуренный до блеска резец в самозажимном пинцете. Мягким пламенем горелки начните нагрев резца в 2,5 см от закаленной режущей кромки. Появятся цвета побежалости, сначала соломенно-желтый, затем голубой и так далее. Вы должны остановиться, когда соломенно-желтый цвет достигнет острия. Внимательно следите за медленным продвижением цветов к острию. Фокус в том, чтобы вовремя убрать горелку и позволить продвижению цветов остановиться самостоятельно. Иногда резец охлаждают в жидкости, когда режущий край становится соломенно-желтым. Я считаю, что качество инструмента лучше, если обойтись без этого. Если передержать горелку, инструмент получится слишком мягким, и его вновь придется закаливать.



## Изготовление мокуме гане в электрической печи

Джеймс Биньон

С изобретением цифровых терморегуляторов стало возможным изготавливать мокуме другим способом. Терморегуляторы позволяют устанавливать и поддерживать в печи заданную температуру плюс/минус градусов. При точном контроле в печи длительное время можно выдерживать брикет, не боясь его расплавить. Диффузия одного металла в другой в течение длительного времени способствует образованию крепкого, равномерного соединительного слоя в ламинате.

### Предыстория

Чтобы понять разницу между традиционным процессом ламирования мокуме и способом изготовления мокуме в электрической печи, необходимо обладать определенными знаниями того, как происходит процесс ламирования. При каждом из способов металлические пластины, предназначенные для ламирования, очищаются, укладываются в стопку и зажимаются между двумя стальными пластинами.

В традиционном процессе собранный брикет помещается в печь или горн, где в качестве топлива используется древесный или каменный уголь или газ (как в мини-печи Стива). Там он нагревается до тех пор, пока металл на поверхности не заблестит или не засверкает. Затем брикет вынимается из печи и, возможно, подвергается быстрой проковке для того, чтобы затвердел соединительный слой. Ключевым моментом в сплавлении слоев является появление «сверкания». Если брикет слишком долго выдерживать в печи после появления блеска, ламинат, вероятнее всего, перегреется, оставив вам лужицу мокуме. Поэтому вы должны следить за брикетом ястребиным взором, чтобы прореагировать в нужный момент. Заметьте, появление блеска - очень любопытная вещь: металл сияет так, как будто он расплавлен, но он все еще тверд! Дело в том, что расплавлено лишь небольшое количество металла в брикете, и именно оно соединяет слои металлов вместе. А теперь: как при наличии в нем расплавленного металла брикет не превращается в лужицу? Чтобы это понять, необходим небольшой экскурс в металлургию.

Чистый металл, как чистое серебро или золото 999 пробы (24К) плавится при вполне определенной температуре, которую мы обычно называем точкой плавления. В металлургических терминах температура, при которой металл становится жидким, называется точкой ликвидуса, а температура, при которой он затвердевает при остывании - точкой солидуса. Если чистый металл нагревается до температуры ликвидуса минус 1 градус, он все еще твердый; как только он нагрет выше точки ликвидуса, он становится жидким. И наоборот, когда металл остывает до температуры немного выше точки солидуса, он все еще жидкий, когда он остывает до точки солидуса, он снова становится твердым.



Ожерелье: серебро, медь, латунь, золото 750 пробы (18К). Джеймс Биньон.

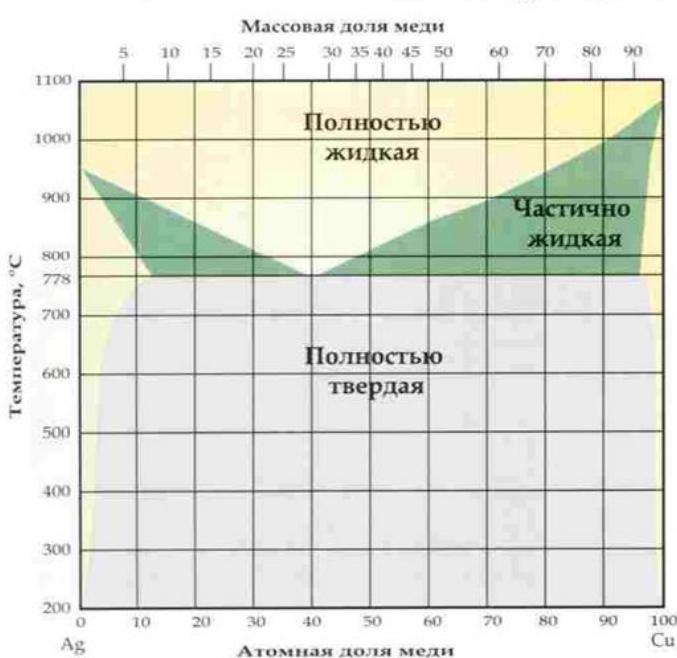
Фото: Джордж Пост



Во многих сплавах отдельные металлы сочетаются таким образом, что все зерна имеют один и тот же состав. Например, если вы изготавливат сплав из 60% серебра и 40% золота, каждое зерно в сплаве будет состоять из 60% серебра и 40% золота. В металлургических терминах это однородный твердый раствор. Золото и серебро взаиморастворимы и при любых соотношениях будут образовывать однородный твердый раствор. Однородный твердый раствор ведет себя, как чистый металл, это означает, что у его точек солидуса и ликвидуса одно и то же значение температуры.

У серебра и меди, однако, совершенно другая история. В сплаве меди и серебра интервал между точками солидуса и ликвидуса может измеряться десятками и сотнями градусов. В качестве примера, стерлинговое серебро становится блестящим и начинает плавиться при 778°C, но не достигает точки ликвидуса до 892°C. При охлаждении из жидкого состояния оно не отвердеет, пока не достигнет температуры в 778°C. Такое поведение металла является следствием того факта, что в стерлинговом серебре отдельные элементы распределены неравномерно. Некоторые зерна в сплаве могут иметь состав 94% Ag (серебра) и 6% Cu (меди), некоторые - 94% Cu и 6% Ag, а все оставшиеся - 72% Cu и 28% Ag.

Точка ликвидуса зерен 72Cu/28Ag - 778°C, точка ликвидуса зерен 94Cu/6Ag близка к точке плавления чистой меди, а зерна 6Cu/94Ag плавятся при температуре немного выше 892°C. При нагреве сплава выше температуры в 778°C зерна 72Cu/28Ag расплавляются, но зерна с содержанием 94Cu/6Ag и 6Cu/94Ag будут все еще находиться в твердом состоянии. Сплав будет сохранять свою форму, но будет состоять из жидкости, содержащейся в твердой кристаллической матрице. Выражаясь в металлургических терминах, при одной температуре вы имеете и жидкую, и твердую фазу. Насколько она жидкая или твердая, зависит от температуры. При увеличении температуры сплава серебро растворяет все больше меди, и твердые зерна растворяются. Как только температура достигнет 892°C, все зерна перейдут в жидкую fazу.



Теперь мы можем говорить о том, что происходит с брикетом мокуме, когда его нагревают до того момента, когда поверхность начинает блестеть. При этой температуре в сплаве присутствуют зерна, которые достигли температуры ликвидуса и расплавились. Если условия соблюdenы (очищенная поверхность металла, отсутствие оксидов), то они начнут течь или смачивать поверхности всех пластин. Когда легкоплавкие зерна плавятся, они начинают вытекать из кристаллической матрицы и покрывать все большую площадь. На них воздействует капиллярное притяжение, и они заполняют промежутки между пластинами и покрывают все незащищенные поверхности точно так же, как ведет себя серебряный припой на очень чистом участке металла. Они оставляют после себя пористую матрицу с более тугоплавкими зернами. Эта пористая область - очень слабый участок в ламинате. Чтобы это



исправить, брикет нужно слегка проковать, чтобы сжать эту область, когда только его вынули из печи. Это помогает придать пористой области более плотную, прочную структуру. Если этого не сделать, то пористая область будет потенциальным очагом для расслоения при последующей обработке.

В традиционных способах сплавления для определения нужного момента для удаления брикета из печи или горна требуются некоторые навыки и опыт. С некоторыми комбинациями металлов работать легко, частично благодаря широкому интервалу между температурой солидуса и ликвидуса одного или более металлов в брикете. В сплаве с широким интервалом плавления фаза с низкой температурой расплавится и потечет, создавая «сияние», но в металлических пластинах все же будет сохраняться твердая структура из нерасплавленных фаз с более высокой температурой плавления. Если интервал плавления узок, тогда к тому моменту, когда вы увидите блеск, весь сплав уже практически расплавится. Также очень трудно сплавлять многослойные брикеты, поскольку возникают трудности в поддержании равномерного нагрева всего брикета. Наружные края могут нагреться до соответствующей температуры, а внутренние области будут все еще холодными для сплавления. В древней Японии не было выбора; вы бы работали в угольном горне и просто преодолевали бы все трудности этой техники.

Сегодня терморегулируемые электрические печи позволяют вам полностью контролировать время и температуру процесса сплавления. Контролируя эти два параметра, вы можете увеличить процент успеха и работать с большими объектами.

Между традиционным способом ламинации и сплавлением в электрической печи существует основное отличие. Металл никогда не нагревается до температуры ликвидуса ни одной из составляющих его фаз ни одного используемого металла. Вместо этого металл нагревается до температуры, близкой к температуре ликвидуса и выдерживается при данной температуре в течение нескольких часов. Теперь, когда у вас есть прибор, который позволяет осуществлять точный контроль, как вам выбрать подходящую температуру? Чтобы ее вычислить, нам нужно продолжить разговор о металлургии.

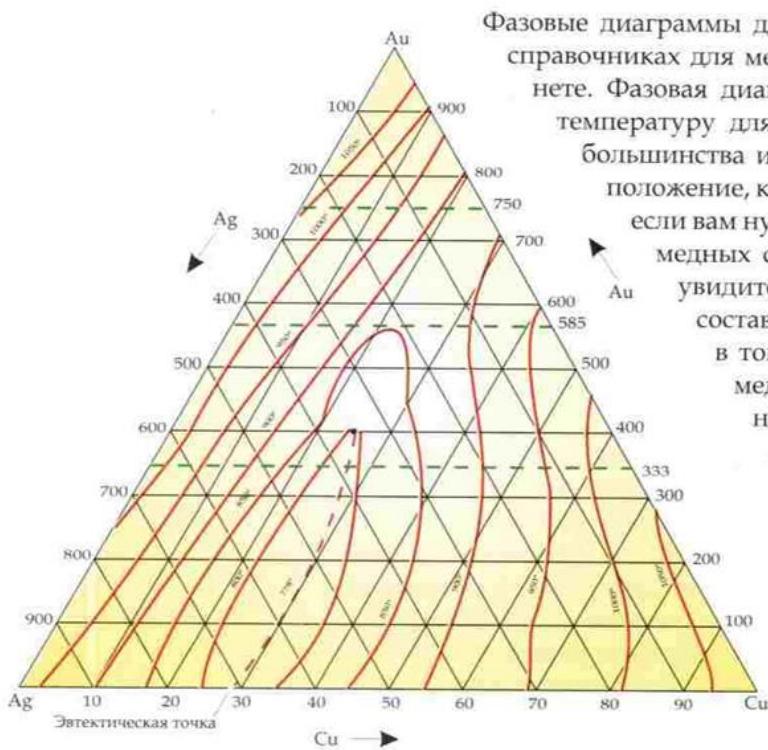
Выражаясь металлургическими терминами, температура отжига также известна, как температура рекристаллизации. Одним из процессов, происходящих с металлом, когда он нагрет до этой температуры, является снятие напряжения, которое образовалось в процессе холодной механической обработки, как ковка, прокатка или волочение. Нам же интересен другой аспект этого явления. Когда чистый металл или сплав нагревается до этой температуры, в нем снова начинают расти кристаллы. Если две или более чистых, очищенных от оксидов металлические пластины поместить в тесный контакт друг с другом и поднять температуру до отметки немного выше точки рекристаллизации для используемых металлов, то кристаллы будут расти поперек границы их соприкосновения. Атомы каждого металла будут перемещаться посредством диффузии из одного металла в другой. В процессе передвижения эти атомы будут собираться в упорядоченные структуры, которые определяются относительным размером атомов и количеством каждого типа атомов. Упорядоченные структуры атомов называются зернами. Если брикет выдерживать при такой температуре достаточно



## Мокуме гане

долго, он превратится в однородный сплав всех металлов в брикете (для этого требуется много-много времени). Обычно область диффузии в мокуме намного меньше 0,025 мм. Композиция зерен в области диффузии изменяется в зависимости от того, насколько быстро атомы каждого металла двигаются относительно атомов других металлов. Именно рост новых кристаллов в точке соприкосновения пластин металлов и образует соединительный слой, который их связывает.

Для определения необходимой температуры для ламинации вам нужно знать некую особенную температуру для самого легкоплавкого сплава из всех комбинаций металлов, которые соприкасаются поверхностями. Это не означает самую низкую температуру плавления металлической пластины в брикете. Давайте в качестве примера возьмем ламинацию меди и чистого серебра. Мы знаем, что медь плавится при температуре 1083°C и чистое серебро - 960°C; но если вы настроите свою печь на температуру в 926°C, то, когда вернетесь, обнаружите лужицу расплавленного металла. Необходимо понимать то, что сплав может плавиться при более низкой температуре, чем температура плавления любого составляющего его металла. В случае с серебром и медью сплав с наименьшей температурой плавления состоит из 28% серебра и 72% меди; он плавится при 778°C. Этот сплав называется эвтектическим. Именно он является наиболее легкоплавким сплавом меди и серебра и ведет себя, как чистый металл, т. е. переходит из твердого состояния в жидкое без промежуточной стадии плавления. Некоторые молекулы меди и серебра будут составлять именно такой сплав, который будет плавиться, если вы приведете эти металлы в тесный контакт и нагреете их до 778°C. У металлургов имеется множество диаграмм, которые показывают точки плавления комбинаций из двух и более элементов, называемые фазовыми диаграммами. Внизу показана тройная (три элемента) фазовая диаграмма для золота, серебра и меди.



Фазовые диаграммы для всех сочетаний металлов можно найти в справочниках для металлургов. Их также можно найти в Интернете. Фазовая диаграмма - самый точный способ определить температуру для ламинации. Просмотрев точки плавления большинства известных сплавов, вы сможете сделать предположение, которое не будет далеко от истины. Например, если вам нужны точки плавления золотых, серебряных и медных сплавов, на тройной фазовой диаграмме вы увидите, что минимальная температура плавления составляет 778°C. Поэтому вы можете быть уверены в том, что любая комбинация золота, серебра и меди в сплаве не расплавится при температуре ниже 778°C. Следовательно, если вы зададите печи температуру в 760°C, вы обнаружите, что золото/серебряно/медные сплавы успешно заламинируются без расплавления. Обычно я задаю температуру на 15-30°C ниже температуры солидуса на случай, если печь прогреется неравномерно, или появятся горячие очаги, которые смогут привести к локальному расплавлению.



### Оборудование

Большинство оборудования, необходимого для изготовления мокуме в электропечи уже имеется в хорошо оснащенной ювелирной мастерской, однако у вас может и не оказаться кое-чего из вышеперечисленного.

#### Печь:

Первое, что вам необходимо - электропечь с терморегулятором, который позволит вам задать и поддерживать точную температуру. Такие печи могут удерживать температуру с точностью до одного градуса по Цельсию. Газовые печи обычно не используются, поскольку их нельзя просто или недорого отрегулировать для поддержания точной температуры.

В системе цифрового терmostатирования есть три основных части. Первая - сам терморегулятор. Он представляет собой особого рода микропроцессор, который при помощи сенсора считывает температуру внутри печи и посыпает сигнал к электронному выключателю, который включает или выключает нагревательные элементы печи, чтобы поддерживать желаемую температуру. Термопара типа «K» - наиболее часто используемый сенсор. Он с большой степенью надежности может измерять температуру в пределах от комнатной до температуры немного выше 1100°C. Выключателем может служить либо реле, либо полупроводник, который используется для включения и выключения нагревательных элементов. Вы сможете все это приобрести, затратив меньше \$300. Возможно модифицировать и уже имеющуюся электрическую печь, установив на нее терморегулятор. Модификацию не стоит проводить собственными силами, если вы не знакомы с правилами безопасности при установке электроприборов. Это должен сделать профессиональный электрик.

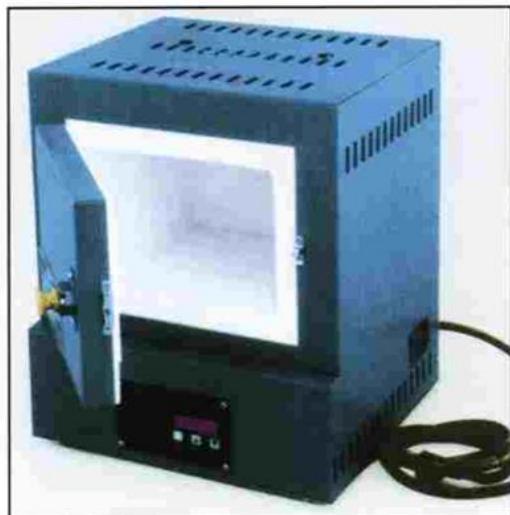
#### Вентилятор:

Я использую его для того, чтобы высушить металлы после очистки. Важно быстро высушить влажный металл, чтобы он не успел окислиться при контакте с водой. Я использую недорогой бытовой пылесос, но исключительно для этой цели. Рукав прикрепляется к выходному отверстию пылесоса и используется для подачи потока чистого, прохладного воздуха под большим напором. Вы можете использовать и фен, выключив нагрев. Если воздух подавать горячим, то он ускорит процесс окисления, поэтому этого делать не нужно. Не нужно использовать воздух из компрессора, поскольку он будет содержать небольшое количество воды и масла и загрязнит металл.

### Материалы

#### Пемза:

Пемза или бытовой порошок для чистки медных поверхностей или нержавеющей стали, как Clean King, используется для очистки металлических пластин перед их укладкой в брикет.



Недорогая печь с датчиком температуры, подходящая для мокуме.  
Фото с любезного разрешения Paragon Industries



Фото: Тереза Биньон

### Гранулированный древесный уголь фракция 4-12 меш.:

Этот тип древесного угля используется в аквариумных фильтрах, которые вы можете приобрести в местном зоомагазине. Его также можно приобрести в компаниях, которые поставляют реактивы для лабораторий, но по более высокой цене. Можно использовать и обычный древесный уголь для гриля, предварительно его нужно измельчить до кусочков размером примерно 6 мм, а это - очень грязный процесс.

### ScotchBrite:

Абразивные губки ScotchBrite вместе с пемзой нужны для очистки металла.

### Зажимные пластины на болтах

Две стальные пластины необходимы, чтобы между ними с усилием зажать брикет, который вы собираетесь ламинировать. Обычно я использую пластины, толщина которых составляет 20 - 25 мм, а площадь достаточна для того, чтобы брикет был зажат между болтами.

Перед каждым началом работы для удаления оксидов и зазубрин после предыдущего брикета я обрабатываю их внутренние поверхности при помощи наждачного круга. Я могу ими пользоваться многократно, пока они не станут слишком тонкими. Когда их толщина становится меньше 20 мм, они сильно изгибаются под воздействием высокой температуры и давления в печи, поэтому их нужно заменять.

### Гайки и болты

Вам понадобятся гайки и болты для скрепления зажимных пластин и удерживания их под давлением внутри печи. Я выяснил, что хорошо подходят болты диаметром 12 мм. Болты должны, по меньшей мере, превышать по длине толщину зажимных пластин и брикета между ними на 12 мм, чтобы у вас было достаточно места для затягивания гайки. Также для затягивания гаек и болтов вам понадобится два гаечных ключа.

### Защитное покрытие

Защитное покрытие наносится на зажимные пластины для того, чтобы предотвратить сплавление брикета со сталью. Используйте разведенную в воде желтую охру и немного клея Elmers, чтобы паста прилипла к поверхности пластин. Вы также можете использовать и Scalex, защитное покрытие для эмалирования медных поверхностей, применяемое для защиты обратной стороны изделия от окисления в печи. Подойдет любой из способов.

### Оберточный материал для инструментов из нержавеющей стали

Этот оберточный материал обычно используется для изготовления воздухонепроницаемых пакетов, чтобы в процессе воздушной закалки защитить инструментальную сталь от окисления при термической обработке. Он создает великолепный барьер для кислорода в течение ламинирования мокуме. Зажимные пластины с брикетом помещают в пакет, заполненный древесным углем, который обеспечит восстановительную (бескислородную) атмосферу.



Оберточный материал представляет собой фольгу из нержавеющей стали особого состава, которая выдерживает высокие температуры в печи и остается запечатанной. Ее можно приобрести в рулонах шириной 30 или 60 см и длиной 15 - 30 м. Она продается у поставщиков механических станков. Будьте очень осторожны при работе с этим материалом. Его толщина составляет 0,05 мм, примерно в два раза толще листа бумаги, поэтому фольга может порезать вас, как нож.

### Подготовительные операции

Выберите и нарежьте металлические листы, которые вы собираетесь использовать в ламинате. Размер и толщина листов определяется размером готового изделия из мокуме. Я работал как с маленькими пластинами размером 25 мм x 12 мм, так и с большими - размером 75 мм x 75 мм при толщине от 26 B&S (0,4 мм) до 6,3 мм. Если вы не планируете вручную проковывать свой брикет, то толщина вашего брикета не должна превышать максимальный развод валков ваших вальцов. Развод валков большинства ручных вальцов ограничен 6 мм или даже меньше.

Гранулированный древесный уголь - очень хороший поглотитель, вот почему он используется в фильтрационных системах. Он также хорошо поглощает водяные пары из воздуха. Нам в запаянном пакете в печи пары воды не нужны, поэтому нам необходимо от них избавиться. В металлическую кастрюлю насыпьте 2 мерных кружки (около 0,5 л) гранулированного древесного угля и нагрейте до температуры чуть выше 200°C (для этого я использую тостерную печь, купленную на блошином рынке), чтобы испарить всю воду, которую древесный уголь поглотил из воздуха. Это занимает, как минимум, 30 минут. Оставьте его в печи нагретым до 200°C, пока он вам не понадобится.

Теперь вам нужно очистить и выровнять стальные пластины. Проще всего это сделать на наждачном круге, но можно это сделать и вручную. Вам необходимо удалить все оксиды и зазубрины, оставшиеся от предыдущей работы, с внутренних поверхностей стальных пластин. С другой поверхностью ничего делать не нужно. Вы должны получить чистую, гладкую и плоскую поверхность. Как только вы отчистите стальные пластины, покройте их тонким слоем желтой охры или Scalex и положите их в теплое место, чтобы они высохли.

### Оборудование для чистки и формирования брикета

Следующий шаг заключается в очистке металлов. Очистка, несомненно, является наиболее важным шагом в изготовлении мокуме. Если вы не проведете тщательную очистку металла, то вы потеряете несколько часов работы, получив некачественно ламинированный брикет. Очень важно уделять пристальное внимание всему, что вы делаете на этом этапе.

В своей мастерской для очистки я использую три небольших пластиковых ванны. Первая наполнена двумя литрами дистиллированной воды, это ванна для жесткой очистки. Следующая ванна также наполнена двумя литрами дистиллированной воды, это ванна для прополаскивания. Третья ванна сухая, рядом с ней опрыскиватель с дистиллированной водой. Ванны и опрыскиватель были куплены новыми и использовались только для очистки мокуме.



## Ход работы

### Шаг 1

Вымойте руки простым мылом и водой. Не пользуйтесь парфюмированным мылом, лосьонами или увлажняющим мылом, поскольку они оставят пленку на руках, которая перенесется на очищаемый металл. Хорошо промойте руки. Очистите и прополоските медный пинцет для отбела (предпочитаю пинцет с губками «рыбий хвост»), который я использую только для очистки мокуме.

### Шаг 2

Возьмите металлическую пластину руками и окуните ее в ванну для очистки. Посыпьте ее пемзой и потрите 8-санитметровым лоскутом абразивной губки ScotchBrite до тех пор, пока поверхности не станут чистыми и блестящими. Не обходите вниманием и края пластин.



### Шаг 3

Возьмите очищенный лист медным пинцетом и прополоските его сначала в ванне для чистки, затем в ванне для споласкивания. Ослабьте захват пинцета в ванне для споласкивания, чтобы убедиться, что все остатки пемзы между губками вымылись. Как только вы взялись за металл пинцетом, не прикасайтесь больше к нему руками.



### Шаг 4

Свободно удерживая пластину над третьей ванной, распыляйте на нее дистиллиированную воду из распылителя. Вода должна образовывать плоскую ровную пленку на поверхности металла. Если вы заметите, что вода поднимается по краям или собирается в капли, то на металле остались загрязненные участки. Вам нужно вернуться и повторить шаги 2 и 3. Если лист чист, не позволяйте ему вступать в контакт ни с чем, кроме пинцета или других очищенных пластин для брикета.



### Шаг 5

Высушите пластины потоком воздуха из пылесоса. Будьте осторожны, чтобы поток воздуха не выдул металлическую пластину из пинцета. Вы также должны просушить металл между губками пинцета. Вы можете сначала попрактиковаться с неочищенными пластинами. Если вы все же потеряли контроль (выронили из рук) над очищенной пластиной, возвращайтесь к шагу 2.



### Шаг 6

Положите заготовку на нижнюю зажимную пластину. Затем переходите к очистке следующей пластины - шаг 2.

Все фотографии на этой странице сделаны Терезой Бинсон.



### Шаг 7

Когда все заготовки будут очищены и сложены стопкой, поместите наверх зажимную пластину поверхностью, покрытой защитным слоем, вниз и затяните болты при помощи двух гаечных ключей.

### Шаг 8

Зажмите всю конструкцию в тисках или в гидравлическом прессе, если он у вас есть, и снова затяните болты, пока брикет находится под давлением.

Лучшие результаты получаются при равном давлении на все болты. Лучше всего это делать при помощи автоматического гаечного ключа (с динамометром). Гаечные ключи такого типа издают щелчок при достижении определенного врачающего момента. Они относительно дорогие, поэтому, по возможности, возьмите их где-нибудь напрокат, чтобы попрактиковаться, а позже купите их себе, если почувствуете в них необходимость. При работе с автоматическим ключом я устанавливаю его на 90 футов-фунтов (12,45 килограмм-метров) Отложите собранный брикет в сторону, пока не выполните следующий шаг.



### Шаг 9

Из оберточной фольги сделайте пакет, в который вы будете помещать древесный уголь и непосредственно брикет. Чтобы его изготовить, при помощи ножниц отрежьте кусок фольги так, чтобы его длина была на 5 см больше периметра зажимных пластин ( $10 \text{ см} \times 4 = 40 \text{ см} + 5 \text{ см} = 105 \text{ см}$ ), и шириной 30 см. Согните лист фольги пополам и

дважды загните края, затем загладьте их при помощи полировальника или валика. Придайте фольге форму трубки и проверьте, чтобы зажимные пластины могли поместиться внутрь. Вам будет легче заглаживать края фольги и помещать брикет в печь, если вы проделаете в трубке канавки, чтобы придать ее сечению прямоугольную или квадратную форму, повторяющую форму зажимных пластин. Затем дважды заверните нижний конец трубки, чтобы образовался пакет, и загладьте его при помощи кожаной киянки.



### Шаг 10

Выньте древесный уголь из печи. Насыпьте небольшое количество на дно пакета из фольги. Поместите зажимные пластины в пакет и насыпьте столько угля, чтобы он покрывал верхнюю пластину, затем дважды загните верхний конец трубки и загладьте шов киянкой.



## Шаг 11

При помощи щипцов и огнеупорных перчаток поместите пакет с брикетом в предварительно нагретую печь и оставьте его там на 8 - 12 часов. В большинстве случаев я ламирую свои брикеты из золотых и серебряных сплавов при температуре в 760°C, а брикеты из медных сплавов, не содержащих серебра - при 816°C. (Для получения более подробной информации о температурах сплавления смотрите таблицу на следующей странице).



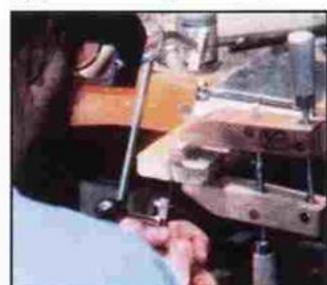
## Шаг 12

Выключите печь. Выньте пакет с брикетом из печи и остудите его при комнатной температуре. Раскройте пакет. Будьте при этом осторожны, наденьте защитные кожаные перчатки, поскольку фольга, сейчас намного более жесткая и хрупкая, чем была раньше, может вас очень легко порезать. Выньте брикет. Ослабьте болты и выньте брикет из зажимных пластин.



## Шаг 13

Используя ювелирный лобзик с очень грубой пилкой или ножовку, спилите края брикета. Обычно я снимаю от 1,5 мм до 4,5 мм в зависимости от того, насколько аккуратно я нарезал и укладывал пластины. Очень важно собирать брикет таким образом, чтобы удалять как можно меньше металла. Обработайте края наждачной бумагой, чтобы снять следы пилки.



## Шаг 14

Пропаяйте края брикета при помощи самого тугоплавкого серебряного припоя, которым вы можете работать. Это поможет снизить риск расслоения на начальных этапах уменьшения толщины брикета. Если в брикете находится сплав, содержащий серебро и медь, это обычно означает, что нужно использовать среднеплавкий припой. Поскольку медь и серебро в некоторой пропорции



образуют эвтектический сплав, вам нельзя нагревать брикет выше температуры в 778°C, которая является его точкой плавления. Очень важно использовать хороший флюс и аккуратно нагревать брикет, потому что вы легко можете сжечь флюс, а это не позволяет припою растекаться. Для такого типа пайки при высокой температуре подойдет паста Handy flux или любой другой флюс для пайки тугоплавким припоеем. Помните, что Handy flux или другие флюсы для пайки тугоплавким припоеем содержат фториды, и для защиты вам необходима хорошая вентиляция.

Если флюс начнет выгорать раньше, чем вы достигнете необходимой температуры, вы можете добавить больше флюса в виде порошковой буры. А ее вы сможете приобрести в отделах для стирки большинства супермаркетов. Насыпьте щепотку буры на горячий металл, она защитит его от окисления. Это не спра-

Все фотографии на этой странице сделаны Терезой Бинсон.



ботает, если металл будет холодным, поскольку бура имеет свойство пузыриться и отшелушиваться, но если металл нагрет до температуры выше 538°C, бура расплавится и растечется по поверхности, покрывая его и создавая длительную защиту. Можете добавлять столько буры, сколько нужно. Она создаст плотное покрытие, которое трудно удалить, используйте пескоструйную обработку или прокипятите брикет в отбеле.

### Шаг 15

На первоначальной стадии толщину брикета уменьшать нужно очень осторожно. Обычно для этого я использую валцы. Перед отжигом я снижаю толщину брикета не более чем на полмиллиметра. При каждом прохождении между валками я уменьшаю толщину на одну десятую миллиметра. Я мягко прокатываю брикет 3-5 раз перед тем, как приступить к более агрессивным методам. Для определения величины, на которую вы сможете уменьшить толщину брикета между отжигами, необходим опыт. Я не могу вам дать эту формулу. Будьте консервативны; лучше слишком часто проводить отжиг, чем расслоить брикет, создав чрезмерное напряжение. В процессе отжига мокуме брикет нельзя закаливать, поскольку стрессы, возникшие при быстром охлаждении, слишком сильны для соединительного слоя мокуме. Закалка может расслоить брикет, если ламинат не очень высокого качества. Чтобы быстрее охладить брикет, я использую струю воздуха от вентилятора под сильным напором. Важно быстро охладить металл, чтобы снизить дисперсионное отверждение. Некоторые сплавы становятся твердыми, если их выдерживать при температуре несколько ниже точки отжига. Это называется упрочнение дисперсными час-тицами или закалка на твердый раствор.

Между промежуточными отжигами прокатывать можно только в одном направлении. В процессе прокатки напряжения развиваются только в одном направлении. Если вы будете менять направление, напряжения увеличиваются намного быстрее и могут привести к расслоению брикета или растрескиванию металлов. Ламинат при прокатке имеет тенденцию к закручиванию. С каждым новым проходом между валками он будет закручиваться еще больше. Если он начнет скручиваться слишком сильно, то может обернуться вокруг валка и застянуть там, если его длина больше половины длины окружности валка. Его, возможно, будет очень трудно вынуть, не повредив валцы. Я рекомендую выравнивать ламинат через каждую пару циклов прокатки - отжиг. Я отжигаю брикет, остужаю его, затем простукиваю его киянкой или расплющиваю в гидравлическом прес-се, если брикет слишком толстый. Уменьшите толщину брикета, как минимум, на 50% от его первоначальной толщины, отжигая по необходимости.

В этот момент можно приступать к формированию рисунка, описанному на стр. 91.

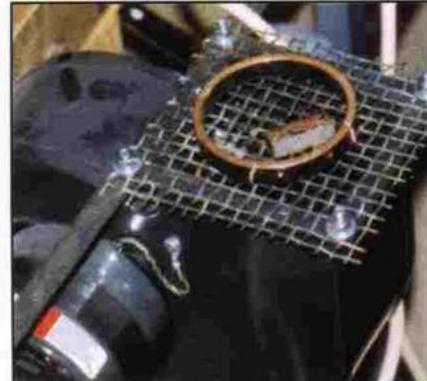


Фото: Тереза Биньон

### Соответствие температуры и времени сплавления для изготовления мокуме в электропечи

Сплавы	Темп., °C	Время, час
1. Цветное золото между собой	760	8-10
2. Серебро с медью, нейзильбером, бронзой, куромидо или шакудо	738	8-10
3. Медные сплавы между собой	816	8-10
4. Золото с серебром	760	8-10
5. Серебро с латунью	704	6-8
6. Платина с зеленым золотом 750 пробы (18K)	968	5-7
7. Палладий с серебром	774	4-6

Приведенное соответствие температуры и времени необходимо использовать в качестве общего руководства для изготовления мокуме в электропечи. Некоторые сплавы и типы печей требуют разного времени и температуры. Стив Миджетт



## Мокуме гане

### Изготовление мокуме при помощи припоя

После подробного описания эвтектического и диффузионного соединения мокуме я хочу включить некоторую информацию для тех из вас, кто захочет по-пробовать изготовить мокуме при помощи припоя. Как было сказано ранее, паянному мокуме свойственны некоторые проблемы, но знакомство с используемыми при этом приемами и минимальное время для предварительной подготовки может стать привлекательным отправным пунктом. Ниже Элистер МакКаллум описывает технику, которую он использует для создания множества прекрасных изделий мокуме.

«Техника, которую я собираюсь описать - адаптация традиционных приемов использования тугоплавкого серебряного припоя. Существует много различных способов, но этот мне нравится больше всего.



**1.** Подберите металлы для пайки согласно их совместимости по параметрам ковкости и способности подвергаться пайке серебряным припоем. Обычно это медь, медные сплавы, серебро и золото. Я использую томпак (95 Cu, 5 Zn) и серебро.

**2.** Нарежьте металлы на полосы шириной не более 25 мм, идеально около 20 мм. Длина полосы не представляет проблемы, но для небольших предметов хорошо подходят заготовки длиной 75 - 100 мм. Форма заготовки должна представлять собой узкую полосу, таким образом, припой можно протягивать при пайке по всей ширине. Квадратные или прямоугольные заготовки спаиваются только по краям, но не в середине. Страйтесь использовать металлы максимально возможной толщины. Это уменьшит площадь поверхности для пайки, и при прокатке в вальцах получится лист большего размера. (Я использую пластины толщиной 1,5 - 2 мм.)

**3.** Выровняйте и ошлифуйте поверхности полос так, чтобы они были очищены от оксидов, без впадин и глубоких царапин. Затем снимите фаску под длинной стороне.

**4.** Кистью покройте ошлифованную поверхность пастообразной бурой. Затем отложите в сторону и повторите процесс со второй пластиной. Когда готово, очистите/ототрите поверхности при помощи бумажного полотенца, чтобы удалить буру. Снова покройте флюсом и соедините две полоски так, чтобы склоненные стороны совпали. Используйте буру кремообразной консистенции.

**5.** Свяжите две заготовки относительно толстой проволокой, уделяя внимание тому, чтобы между витками проволоки было равное расстояние. Сверху важно оставить 6-миллиметровые петельки. Таким образом, вы сможете удерживать заготовки под углом, и пайка пройдет легче. Проволока должна быть хорошо натянута, чтобы надежно удерживать металлы. За один прием можно паять только две полоски, чтобы минимизировать появление неспаянных участков. В течение всего процесса используйте тугоплавкий серебряный припой. Это позволит понижать температуру припоя, используемого в дальнейшем. Очистите и оффлюсуйте палочку припоя.



6. Предварительно прогрейте блок большим кустистым пламенем на вращающейся подставке до тусклого-красного свечения. В этот момент уменьшите пламя и сконцентрируйте его в центре соединяемого металла. Когда вы достигнете необходимой температуры, начинайте подавать проволочный припой между пластинами, используя V-образную выемку. Не жалейте припоя.

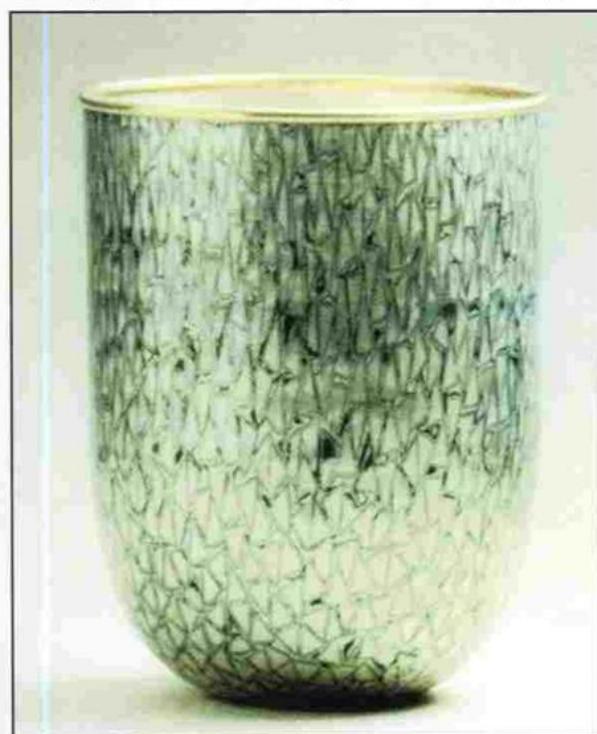
7. Теперь поверните подставку, нагрейте с обратной стороны и протяните припой по всей ширине пластины. Снова поверните подставку и нанесите больше припоя на расстоянии около 15 мм от левого края. Поверните и протяните припой, пока он не соединится с центральным участком. Повторите с правой стороны. Проверьте, чтобы полоски полностью спаялись непрерывным швом припоя, выступающего по всему периметру металла.



8. Остудите, снимите проволоку и отбелите. Выньте из отбела и опилите излишки припоя с поверхности. Выровняйте заготовку, ошлифуйте и повторите процесс, добавив по желанию третий металл.

9. Когда полоски спаяны друг с другом, прокатайте их в длину, пока она не удвоится. Разрежьте пополам и снова спаяйте две половинки между собой, увеличив количество слоев вдвое.

Этот процесс можно повторять сколько угодно раз. После того как вы набрали необходимое количество слоев, эту полоску можно таким же образом припаять к толстой металлической основе из меди или серебра, проковать, прокатать в разных направлениях, чтобы создать желаемую форму и толщину.»



Чаша Мокуме Гане: серебро, томпак,  
обод из золота 583 пробы (14К).  
Элистер МакКалум.



### Паяная проволока - мокуме

Еще один интересный прием ламирования - паяная проволока мокуме гане. Это хороший первый шаг, чтобы попробовать, понравится ли вам то, как выглядит мокуме, но не делать вложений, как того требуют другие способы изготовления мокуме, описанные в этой книге. Узоры, которые вы можете создать этим способом, ограничены, но в то же время впечатляющими; и легкость, с которой вы сможете создать мокуме такого типа, сделает этот прием очень полезным дополнением в вашу копилку трюков.

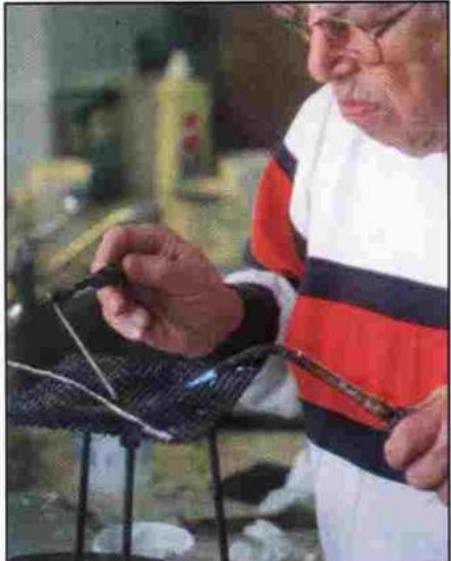
Паяная проволока мокуме очень эффективная для создания окаймлений или акцентированных линий в ювелирном украшении. Поскольку отрезки проволоки, с которой вы будете работать, имеют небольшую площадь контакта поверхностей, их можно соединять друг с другом, не имея проблем, присущих изготовлению мокуме при помощи припоя. Вот основной ход работы.



Подберите две контрастных по цвету круглых проволок диаметром 12 - 18 B&S (1 - 2 мм), отожгите, отбелите и обработайте их по всей длине стальной ватой или губкой ScotchBrite. Загните концы обеих проволок вместе и зажмите в тисках. Другой конец проволок зажмите в патроне электродрели или в плоскогубцах. Начинайте скручивать проволоку. Чем плотнее и круче виток, тем лучше. Обычно я продолжаю скручивание, пока проволока не начинает загибаться петлей или ломаться. После чего проволока

должна выглядеть, как отрезок хорошо скрученной веревки. Офлюсуйте всю заготовку и спаяйте проволоку тугоплавким припоеем, используя его как можно меньше.

Наносите припой экономно, начиная с одного конца, и используйте горелку, чтобы протянуть его вдоль проволоки, насколько это возможно перед нанесением следующей порции. Отбелите, очистите и удалите излишек припоя. Следующий шаг - прокатать или проковать заготовку до получения прутка квадратного сечения. Это сожмет круглую форму двух отдельных отрезков проволоки внутрь друг друга и создаст единую массу с квадратным сечением. При прокатке двигайтесь медленно и поворачивайте металлы на 90 градусов при каждом проходе. Продолжайте, пока все углубления не закро-





ются, оставив маленькие холодные швы. Проверьте, чтобы на проволоке не оставалось следов масла после прокатки в вальцах перед переходом к следующему этапу. Снова офлюсуйте всю заготовку, убедившись, что флюс заполнил все мизерные трещинки между сжатыми отрезками проволоки. Затем заставьте тугоплавкий припой заполнить все эти трещинки так, чтобы получился отрезок цельной проволоки. После отбеливания удалите излишек припоя при помощи шлифовки или полировки, чтобы выявить рисунок. Этую проволоку теперь можно расплощить до полосы, прокатать в разных направлениях в пластину или разрезать и снова спаять, чтобы получить более замысловатый рисунок. При использовании этого типа мокуме в изделиях, применяйте только средне- или легкоплавкие припои, чтобы избежать расплавления ранее использованного в ламинате припоя.



Серия «Щит», булавка: серебро, шакудо, медь, золото 750 пробы (18К), танзанит.  
Стив Миджетт.



«Среди некоторых мастеров, практикующих мокуме гане, существует тенденция быть захваченными самим процессом и потерять образ законченного изделия. Отношения между узором и формой всегда были более важными для меня, чем техника сама по себе»

Элистер МакКаллум

Чашки мокуме гане: серебро, медь, томпак. Элистер МакКаллум.



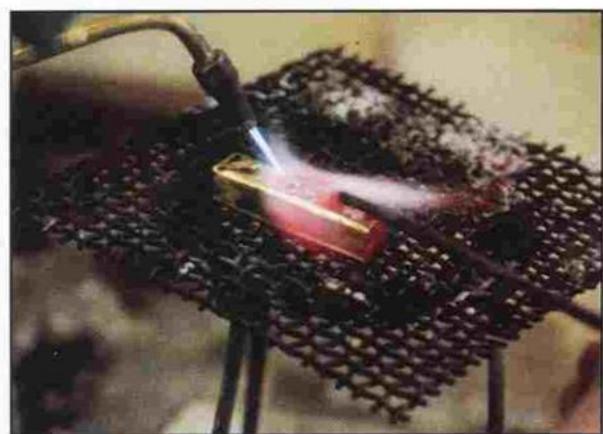
## Глава VIII

### От брикета к листу

Когда вы вынете из отбела вновь изготовленный мокуме - брикет, рассмотрите его с близкого расстояния и отметьте все перегретые и несоединившиеся участки. Зафиксируйте их в свой «бортовой журнал» и все особенно примечательное, что происходило во время нагрева. Включите информацию о сплавах, толщине металлов, массе, порядке металлов в брикете, температуре печи, суждение по цвету и длительность нагрева. Иметь такой журнал, в который вы записывали бы свои опыты по сплавлению, чрезвычайно важно. Если вы работаете с множеством различных сплавов, невозможно удерживать в голове всю информацию, поэтому, как твердила моя мама: «Записывай». Вы можете начать, используя «Формуляры сплавлений», приведенные в конце книги, или откопировав их и изготовив свой собственный журнал специально для этой цели.

Первое, что необходимо сделать с «сырым» брикетом - мягко его проковать. Вам нужно уменьшить его толщину на 15% от начального размера. Это поможет снизить размер зерен и заметно облегчит прокатку. Следующий шаг - срезать края. Вам нужно удалить все, что мешает получению чистого металла, опиливая, отшлифовывая, отполировывая все неровности, как впадинки или пластины меньшего размера. Проявление тонких линий между слоями, неважно светло- или темноокрашенных, говорит о том, что необходимый соединительный слой не сформирован, их следует удалять до появления 100% чистого, цельного металла. Используйте лупу с десятикратным увеличением, чтобы убедиться, что вы удалили все признаки дефектного соединительного слоя. Когда вы начнете сошлифовывать золотой брикет, то поймете, насколько аккуратность важна при резке и укладывании металла. Некоторые потери ожидаются, но пристальное внимание к резке, укладке и процедуре сплавления может свести их к минимуму.

Теперь пришло время пропаять края брикета. Щедро покройте пастообразным флюсом весь брикет целиком. Чтобы создать хорошее покрытие из флюса на брикете, я поочередно подогреваю брикет горелкой и при помощи зажимного пинцета погружаю его в контейнер с флюсом. Продолжайте это делать, пока весь брикет не покроется толстым слоем сухого флюса. Я также с большим успехом пользовался высокотемпературным «Черным флюсом», изготовленным Энгельхардом. Для пайки я использую самый тугоплавкий припой и наношу его очень осторожно при помощи иглы для подачи припоя, чтобы распределить его по краям брикета, а не перегреваю его, чтобы он потек. (Я также рекомендую использовать серебря-



ный припой для брикетов, содержащих серебро, и золотой - для золотых брикетов. Даже, несмотря на то, что весь этот припой будет со временем удален, если во время обработки произойдет расслоение брикета, его можно легко устраниć, оfluosав поверхность и заполнив припоеом опасную трещину. Если это сделать, как следует, используя подходящий припой, следов пайки не будет заметно.) Если покрытие из флюса разрушится до того, как вы пропаяете все четыре края брикета, вам нужно будет его отбелить, очистить и снова пропаять. (Или, как советует Джеймс Биньон, держать под рукой порошок буры и посыпать им брикет, если при пайке флюс будет выгорать.) Если все сплавы в брикете на медной основе, то пайку краев можно опустить. Поскольку эти сплавы имеют близкие свойства, между слоями образуется меньше напряжений, и они меньше подвержены растрескиванию или расслоению. Возможно, вы потеряете немного больше материала, когда будете производить окончательную подрезку краев, но в случае с медными сплавами это несущественно.

После пайки брикет нужно снова проковать. При красном (не оранжевом) свечении можно проковывать брикеты, содержащие только медные сплавы. Брикеты со сплавами с высоким содержанием серебра необходимо остудить до черного свечения перед проковкой. Все эти металлы можно ковать и на холодную, что намного безопаснее, хотя и медленнее. Брикеты с платиной ковать только на холодную! Такой ковкой достигается тот же результат, что и проковкой слитка, а именно сжатие и выравнивание кристаллической структуры металлов в ламинате. После уменьшения толщины брикета на 15-20% подрихтуйте брикет и начинайте прокатку.

Примечание: Очень легко при проковке уменьшить толщину брикета по краям, а не в середине, поэтому, когда вы начнете прокатку в вальцах, если вы увидите, что только центральная часть брикета касается валков, остановитесь и прокуйте центральную часть. Продолжать прокатку в этом случае означает создание множества напряжений в брикете мокуме, и это может привести к растрескиванию краев, расслоению и распаду брикета.



Для прокатки используйте те же принципы, которые были описаны ранее для прокатки слитков, т. е.:

1. Уменьшайте толщину постепенно на небольшую величину.
2. Пластина должна быть максимально плоской.
3. Перед отжигом уменьшайте толщину брикета только на одну треть, не на половину.

Если по краям лист начнет расслаиваться, очистите, оfluosуйте и снова нагрейте, чтобы припой заполнил шов (швы). Сожмите края каждого шва, насколько это возможно, пока припой все еще жидкий. Вам нужно быть очень внимательными, чтобы не позволить раствору отбела задержаться между слоями. Если вы подозреваете, что это все же произошло, прокипятите или произведите очистку в ультразвуковой установке в разведенном растворе двууглекислого натрия. Затем тщательно промойте перед повторной пайкой.

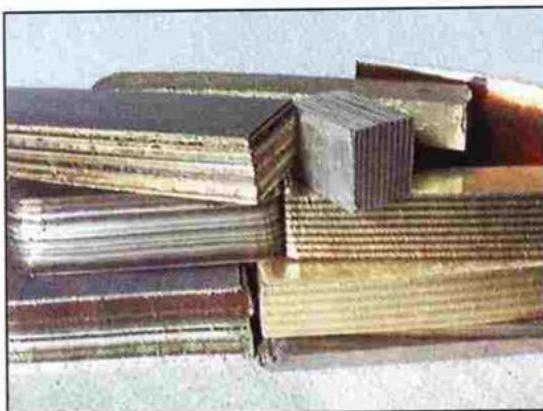


Если на отдельном участке пластины появляются вздутия или пузырьки, от них можно избавиться способом, приведенным ниже.

В самой верхней части пузырька просверлите маленькое отверстие и произведите тщательную очистку на ультразвуковой, паровой установке или кипячением. Залейте в это отверстие жидкий флюс (это легче сделать, если лист предварительно слегка нагреть), затем осторожно доведите лист до температуры сплавления. Стальной щуп должен быть наготове, и, как только металл достигнет эвтектической точки металлов в брикете, сфокусируйте мягкое пламя на пузырьке и расплощите его. Из отверстия должен выйти флюс и газ, а затем вы должны увидеть, что «отпотевший» металл засияет. Уберите горелку, остудите и отбелите. Внимательно осмотрите поверхность. Вы также можете выполнить эту процедуру при помощи тугоплавкого припоя, но повторное сплавление - более высококачественный, хотя и более капризный способ.

Если от трещин по краям не удалось избавиться при помощи припоя, срежьте края, чтобы избавиться от дефектов. При работе с дорогостоящими сплавами всегда больно срезать большие участки пластины из-за трещин, но это слабые места, которые только усиливают дальнейшее разрастание трещин. Если вы их оставите или заполните их припоеем, вы, возможно, закончите тем, что потеряете еще больше, не говоря уже о времени, затраченном на тщетные усилия. После того как вы уменьшили толщину брикета на одну треть и произвели отжиг брикета, продолжайте ту же процедуру. В этот момент мокуме перестанет вести себя, как брикет с отдельными слоями, борющимися друг с другом, и начнет становиться единым листом металла. Вы это поймете, и после этого у вас уже не будет никаких проблем.

Скорее всего, вы уже имеете в виду конкретное изделие, как минимум, для части пластины мокуме. Если вы сделали больше чем нужно, отрежьте лишний металл, пока он еще более толстый, и уберите про запас. Таким образом, у вас всегда останется выбор, когда вы будете придавать ему желаемый размер и форму, которая вам понадобится в будущем. Если вы знаете, какой толщины нужно добиться для конкретного изделия, продолжайте прокатку до достижения желаемой формы и толщины.





«Постоянно развиваются новые формы декоративного ламирования металлов; и нет конца ни материалам, ни способам их применения. Это воодушевляющая мысль. Она означает, что мир мокуме всегда будет свежим, новым и интересным.»

-Филипп Болдуин

Мужской складной нож мокуме: узорчатая сталь, стерлинговое серебро, медь. Филипп Болдуин.



## *Глава IX*

### Формирование рисунка

Судя по огромному разнообразию работ, приведенному в этой книге, становится ясно, что с мокуме можно достичь неограниченного числа рисунков. С любым имеющимся листом вы ограничены только количеством слоев, их толщиной, цветом и своим опытом в обращении с ним. В этой главе описываются основные приемы формирования рисунка. Используйте их в качестве отправных пунктов для создания уникальных узоров своих собственных работ. Конечно, вы можете комбинировать эти приемы, чтобы точно настроиться и заставить узор подчиняться любому своему капрizu.

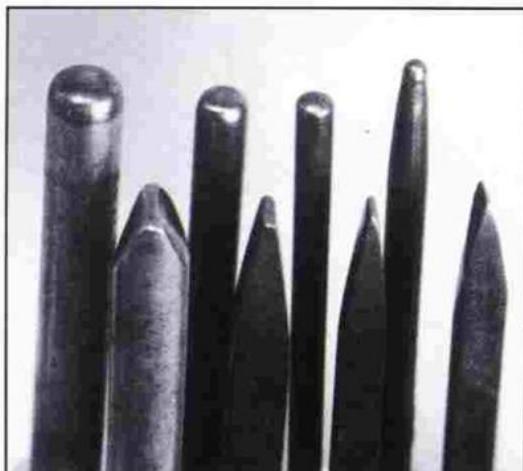
#### Использование чеканов

Первый и самый основной способ создавать рисунок мокуме гане - использование чеканов или репуссе. Путем создания рельефа при помощи чеканов и последующей сошлифовки или зачистки поверхности наждачной бумагой, вы сможете открыть рисунок внутренних слоев. Для этого вам понадобится китт-куттель и набор чеканов.

Возьмите плоский лист мокуме (подойдет толщина 18 - 20 B&S (0,8 - 1 мм)), слегка нагрейте его при помощи горелки и сильно вдавите его в смолу. По краю пластины должен образоваться окружлый бордюр из смолы. Он поможет удерживать заготовку в смоле в процессе чеканки. Позвольте ему остить и подберите нужные чеканы. Они бывают самых разных размеров и форм, но вам понадобятся всего несколько размеров основных пурошников и расходников. Используя несколько инструментов на фото справа, я делаю 90% своих чеканных работ. У меня есть и другие, но я редко их использую, за исключением прорисовки деталей.

Используя эти инструменты и молоток для чеканки, прочеканывайте обратную сторону заготовки, выдавливая рельеф с лицевой стороны, вдавленной в смолу. Довольно часто вам придется заново погружать заготовку в смолу, поскольку при чеканке она начнет загибаться и высакивать из смолы. Аккуратно наносите серии ударов в соответствии с желаемым рисунком.

Давайте немного поговорим о конкретных узорах, ассоциируемых с формой ваших чеканов, и о том, как на них реагирует заготовка. Основная форма чеканов - круглая со сферической поверхностью. В зависимости от того, насколько эта сфера выпуклая, ваша заготовка будет реагировать по-разному (смотрите пример ниже). Наиболее важной чертой всех чеканов является то, что они не





## Мокуме гане

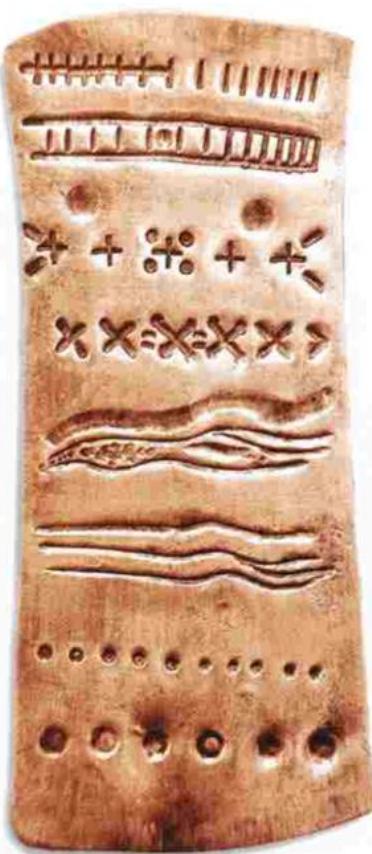
имеют острых краев, которые смогли бы порезать металл. Кроме этого, не стоит вдавливать чекан на глубину более половины толщины металла. Простой круглый чекан можно применять, нанося короткие единичные удары в одном положении или нанося перекрывающие удары, чтобы удлинить форму. Помните, что отдельные слои в листе мокуме имеют толщину в несколько тысячных долей миллиметра. Чтобы создать соответствующий рисунок, вам нужно наносить соответствующие удары молотком!



Вы можете использовать расходник с единичным ударом, но, вероятнее всего, вы будете его применять в сочетании с перекрывающимися ударами, чтобы создавать линию в соответствии с вашим замыслом. При этом очень важно, по моему мнению, рукой жестко вдавливать чекан в поверхность металла так, чтобы он не отскакивал каждый раз, когда вы наносите удар молотком. Держите

верхний конец чекана под небольшим углом к направлению чеканки и прокладывайте в металле гладкую «бороздку». Вы можете регулировать угол наклона чекана и интенсивность ударов, чтобы варьировать глубину отпечатка. Размер инструментов и высота гребней, которые вы вычеканиваете, будут обнаруживать больше или меньше слоев в узоре. Помните, что каждый отдельный удар, который вы наносите, при сопшлифовывании откроет несколько слоев металла. То, что с обратной стороны выглядит, как простой рисунок, вдавленный молотком внутрь поверхности, станет очень сложным замысловатым узором, когда лицевая сторона будет ошлифована, чтобы открыть многослойность металла. Вы можете повторять конкретные отпечатки, чтобы создать повторяющийся орнамент, или их комбинировать для получения более органичного, струящегося рисунка.

После того как вы завершите чеканку рисунка с обратной стороны заготовки, нагрейте ее, чтобы ее было легче высвободить из смолы, и протрите до чистоты. Обычно в этот момент я отжигаю заготовку и выравниваю ее на наковальне при помо-



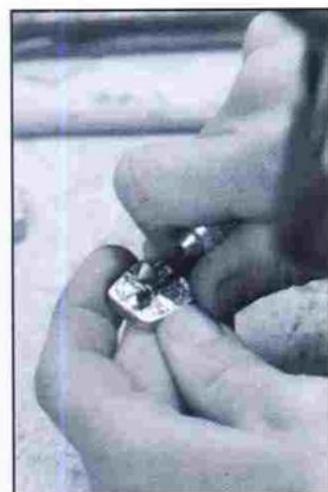
Пожалуйста, учтите, что фото справа приведено в зеркальном отображении, чтобы облегчить сравнение.



ши резиновой киянки. Если вам нужно подработать детали или дочеканить лицевую поверхность для проработки рисунка, самое время это сделать. И, наконец, сошлифуйте напильником или наждачной бумагой все бугорки на лицевой поверхности, таким образом, открывая внутренние слои мокуме. Как я говорил ранее, возможности - безграничны, поэтому потратьте некоторое время на изучение этого приема и откройте их для себя.

### Использование зубила (сечки)

Этот способ традиционно применяется для формирования рисунка на больших брикетах мокуме. При помощи острого стального зубильца, известного как хатсури-тагане (или сечка «бычий нос») рисунок вырезается в брикете на глубину нескольких слоев. Брикет затем проковывается, пока поверхность снова не станет абсолютно плоской. Весь процесс можно повторить, прорезая начальный ри-



сунок и создавая новый, более сложный, до тех пор, пока не будет получен желаемый узор. Я применяю схожий прием, получая отличные результаты, используя бормашинку с гибким приводом и прорезая брикеты мокуме при помощи боров вместо сечек. Я прорезаю брикет после первого отжига, или когда он еще находится в состоянии толстого листа, и считаю, что для ювелирных целей лучше всего работать с материалом толщиной 3-5 мм. Для более толстых изделий, как ручки ножей, или больших по площади листов для изготовления посуды, вы можете начинать с намного более толстого брикета. Если у вас есть доступ к фрезерному станку, это великолепный инструмент для быстрого и точного формирования рисунка. В любом случае, какой бы инструмент вы ни выбрали, прорезайте лист на  $1/4$  -  $1/3$  его глубины, затем лучше прокуйте (или распилющите в гидравлическом прессе), чтобы выровнять поверхность, а не прокатывайте в вальцах. Я не рекомендую применять вальцы на этом этапе, поскольку это сфокусирует напряжения на дне канавок в брикете и приведет к появлению там трещин.

Кроме этого, старайтесь, по возможности, не прорезать заготовку к самому краю, и у вас будет меньше проблем с трещинами. Одна из самых больших проблем, возникающих при этом способе формирования рисунка, связана с формой бороздки, прорезанной в металле. Я настоятельно рекомендую прорезать канавки в форме буквы «U», а не «V». Бороздки V-образной формы фокусируют огромное напряжение на дне прореза и могут привести к локализованному растрескиванию. Разумеется, вы можете использовать V-образные инструменты на первоначальной стадии выборки канавки, но перед отжигом вы должны скруглить ее дно при помощи шарового бора или отрезного диска. Верхние края канавок также необходимо закруглить, поскольку они имеют свойство быст-





## Мокуме гане



Правильный профиль бороздок

ро разрастаться при проковке и наплывать на прорезанные участки. Если этого не сделать, появятся холодные швы, которые могут не проявляться до окончательной обработки изделия.

Когда весь рисунок прорезан, и его контуры имеют округлую форму, вы можете выравнивать его при помощи проковки. Проковывайте металл до тех пор, пока не почувствуете, что он начал терять свою мягкость (молоток начнет отскакивать от наковальни), а затем отожгите. После отжига проверьте, чтобы края не горелись, и не было наплыков, если они появляются, сошлифуйте их напильником. Продолжайте работу, пока не выровняете лист на 95%, затем вы можете сделать новые прорезы, чтобы уточнить рисунок. И снова, прорезайте только на одну треть толщины листа и повторяйте процедуру, описанную выше, пока не сформируете желаемый рисунок. Когда это сделано, полностью выровняйте лист, чтобы его поверхность была абсолютно плоской, а толщина - равномерной. Когда прорезание рисунка и проковка закончены, вы можете прокатать заготовку в вальцах, чтобы удлинить или расширить рисунок или чтобы довести лист до желаемой толщины. Для получения более детального описания смотрите проект №4 на стр. 143.

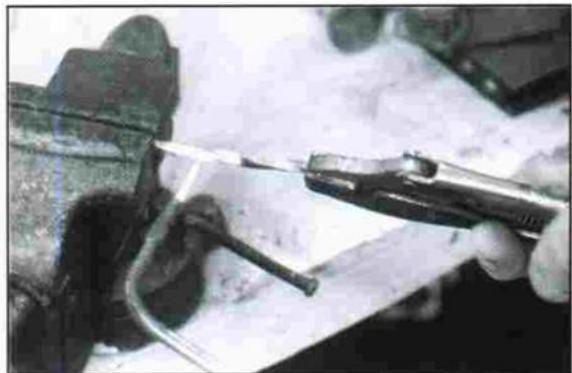
### Скрученные узоры

Создание наиболее простых и, тем не менее, самых красивых узоров достигается путем скручивания. Сплавленный брикет разрезается на длинные параллелепипеды с квадратным сечением. Затем края спаиваются ровным слоем припоя. Для уменьшения поперечного сечения и удлинения брикета в пруток лучше всего подходят вальцы с квадратными ручьями, поскольку при этом сжимаются (и, следовательно, поддерживаются) сразу все четыре стороны. Вы можете использовать и плоские вальцы, и ручную ковку, но для гарантированного успеха лучше работать с брикетами, содержащими металлы с максимальной совместимостью, и проковывать или прокатывать края очень аккуратно. Прокатывайте в желаемых направлениях (проводя при необходимости отжиг), все время пристально следя за появлением трещин и расслоением.

Офлюсуйте и повторно нагрейте, чтобы припой по необходимости заполнил все эти участки. Убедитесь, что пруток полностью отожжен, затем зажмите один конец в верстачных тисках. Когда вы будете зажимать пруток, проверьте его расположение в тисках, чтобы губки тисков располагались параллельно слоям. Если брикет зажать поперек слоев, это будет способствовать его расслоению. Покройте пруток густым слоем пастообразного флюса (вы в любом случае не сможете нанести его с избытком) в случае, если вам нужно будет заново



Проволока со скрученным рисунком:  
меди и серебро. Роберт Куган.  
Фото: TTU Photo Services



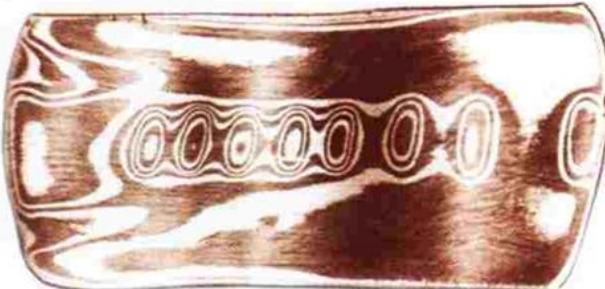
расплавить припой, чтобы залатать участки расслоения, которые будут проявляться в процессе скручивания. Удерживая горелку в одной руке, нагрейте пруток до температуры ковки содержащихся в нем металлов и медленно начинайте скручивать. Осторожным, локализованным нагревом вы сможете контролировать скручивание, чтобы создавать желаемый рисунок. Некоторые металлы

скручиваются лучше, чем другие, поэтому пристально наблюдайте за процессом. Зоны наибольших напряжений углы прутка. Напряжения можно снизить, если пруток скруглить проковкой или опиловкой. Если вы в процессе скручивания заметите расслоение или трещины, остановитесь, сошлифуйте трещины и вновь расплавьте припой. Весь процесс скручивания легче проводить на горячую, но тех же результатов можно достичь и при холодной обработке, с частыми отжигами, и приложив много усилий. Продолжайте пристально следить за трещинами или расслоениями. Когда вы достигли желаемой степени скручивания, слегка сошлифуйте острые спиральные края, затем подрихтуйте и прокатайте в квадратный пруток снова. Помните, что, поскольку края прутка перед скручиванием были покрыты припоеем, его нужно будет сошлифовать, чтобы полностью проявить рисунок. Начальную проковку и отжиг скрученной проволоки нужно проводить очень осторожно, особенно по краям границ зерен. Затем ее можно прокатывать в вальцах в одном направлении, чтобы удлинить рисунок, и в обоих - чтобы его расширить. Полоску теперь можно использовать так, как она есть, или проработать детали чеканкой.

Чтобы больше узнать об использовании скрученных прутков для создания интересных узоров, смотрите демонстрации проектов, начинающиеся со стр. 130.

### Прокатанные и удлиненные узоры

Как было уже сказано в предыдущем разделе, вы можете прокатывать заготовку мокуме в определенном направлении, чтобы акцентировать определенные участки узора. Однако в случае с рисунком, сформированным при помощи чеканов, вследствие вдавливаний с обратной стороны листа, любая попытка прокатать заготовку исказит его форму и рисунок и может привести к локализованному появлению трещин в тонких участках. Вам сначала нужно заполнить углубления припоеем, ошлифовать, и только затем прокатывать. Если в вашем конкретном изделии требуется демонстрировать заднюю сторону изделия, то перед прокаткой до желаемой толщины припаяйте к обратной стороне подходящий металл легким припоеем.





## Мокуме гане

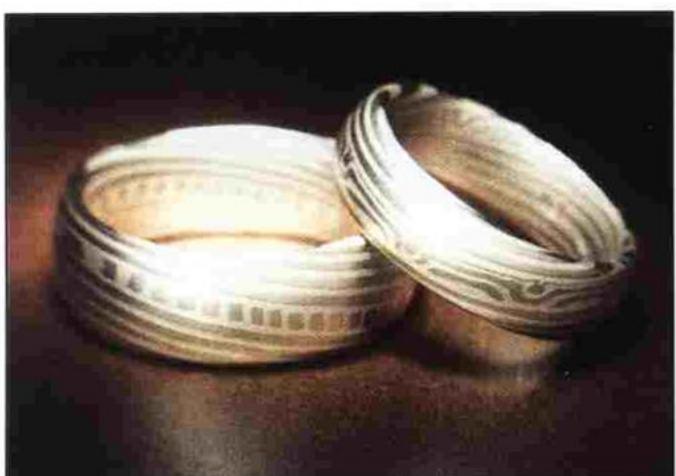
Существует другой способ формирования рисунка, который является комбинацией прорезания и удлинения при прокатке. Он наиболее успешно применяется с мокуме материалом, состоящим из большого числа тонких слоев. Он будет растягиваться в большие грациозные стремительные линии и достигается путем выборочной шлифовки через несколько слоев в листе. В процессе работы вы увидите, как проявляется рисунок, что дает вам достаточно хороший контроль. Вы создаете рисунок, постепенно снижая толщину листа, чтобы получить простой рисунок в виде слоев или лент. Не оставляйте грубых следов от напильника на металле, поскольку это повредит рисунок на готовом изделии. Важный момент в этой технике - ее гладкость. В толщине металла не должно быть резких изменений. При прокатке скошенного листа, вставляйте в вальцы более тонкий конец, но установите вальцы так, чтобы уменьшалась толщина только более толстого края. Понятно? Не прокатывайте его с боков, поскольку лист будет скручиваться и/или коробиться.

### Мокуме-покрытие

Вы можете практически бесконечно удлинять или расширять заготовку мокуме с рисунком, если использовать ее в качестве покрытия. Припаяйте толстый лист подходящего металла к обратной стороне заготовки, будьте очень осторожны, чтобы между поверхностями не оказалось капель флюса или воздушных пузырьков. Аккуратно надавите старым напильником или пинцетом, когда припой уже потек, чтобы выдавить из промежутка между слоями избыток припоя и флюса. Проведите окончательную очистку поверхности, удаляя излишки припоя с поверхности металла, а затем прокатайте до желаемой толщины. Поскольку слои в мокуме-покрытии очень тонкие, не пытайтесь проводить дальнейшие манипуляции с рисунком; очень легко совершенно потерять весь рисунок. Будьте осторожны, чтобы не сошлифовать, не протравить и не прополировать насеквозд покрытие при окончательной обработке ювелирного изделия.

### Двойное ламинирование

Этот трудоемкий процесс может дать очень интересные результаты. Основу этого способа составляет сплавление нового брикета, используя заготовки мокуме с уже сформированным рисунком. От того, как вы расположите узорчатые заготовки в новом брикете, зависит рисунок двойного ламинирования. Нужно обращать внимание на использование совместимых металлов с согласующейся температурой сплавления. Поскольку вы будете ламинировать листы или пластины узорчатого металла (с двумя или более металлами, пропущенными на поверхности) между пластинами обычных металлов, у вас появятся участки, где между собой необходимо соединить один и тот же сплав.



Кольца, выполненные двойным ламинированием: палладий и стерлинговое серебро. Стив Миджетт.



Представьте, например, что у вас есть узорчатая заготовка мокуме из меди и серебра, и вы хотите заламинировать ее между пластиинами меди и серебра. Там, где узорчатая заготовка касается медного листа, будут участки, где медь в мокуме будет прижиматься к меди в пластиине. То же самое будет происходить и со стороны серебряного листа, когда к нему будет прижата заготовка; будут участки, где серебро соприкасается только с серебром. В этом примере у вас имеется три четких комбинации металлов, которые необходимо соединить в одно и то же время: медь с медью, медь с серебром и серебро с серебром. Эти сочетания имеют различные характеристики и температуры сплавления. Итак, как вам это сделать? Существует пара способов. Если проводите сплавление в горне или мини-печи (обе техники эвтектического соединения), в зону сплавления вам необходимо будет ввести третий металл. В нашем примере необходимо ввести атомы серебра в зону сплавления меди с медью и атомы меди - в серебро с серебром. Я считаю, что лучше всего это можно сделать, нанеся тонкий слой меди и серебра вместе на заготовку(ки) мокуме гальваническим способом. Это будет являться гарантией формирования эвтектики меди/серебра и соединит все вместе.

Если в брикете вы используете заготовку мокуме с мелким рисунком, то площади контакта одного металла будут очень малы, и, вероятно, эвтектический сплав, образованный в других участках, будет растекаться в стороны и соединит слои вместе. Однако, если имеются большие площади контакта одного и того же металла, вы не должны зависеть от этого растекания, чтобы достичь полного соединения. Возможно, вы сможете этого добиться, но участки, где эвтектический сплав формируется в первую очередь, будут перегреты.

Длительный процесс диффузионного соединения в твердой фазе в электропечи с цифровым контролем температуры очень хорошо подходит для этого способа ламинации. При его использовании необходимо только предпринять стандартные меры предосторожности, относящиеся к совместимости металлов, контролируемой температуре сплавления и атмосфере, чтобы добиться создания хорошего соединительного слоя между всеми имеющимися металлами.

### Вырезные или выемчатые поверхности

Один из наиболее успешных приемов, которые я использовал при работе с мокуме гане - создание вырезных или выемчатых поверхностей. Слои в листе мокуме, в основном, остаются параллельными, не продавливаются и не спиливаются, как при использовании чеканов, и не прорезаются и не проковываются, как при использовании сечек. Поверхность мокуме просто режется, чтобы открыть различные слои в рельефе, практически тем же способом, что и вырезание камеи. Это похоже на прорезание многослойных лаковых покрытий Гури-бори, такая техника первоначально использовалась в цубах мокуме (гардах мечей).



«Диск, форма VI», деталь: золото 750 пробы (18K), шакудо, золото 916 пробы (22K).  
Стив Миджетт.

## Компьютерная автоматизация старинных технологий

Николь Дешамп

Технологии CAD (Computer Aided Design) и CAM (Computer Aided Manufacturing) с большим интересом и волнением восприняли в ювелирной промышленности и в мире искусства, и они становятся профессиональным инструментом в дизайне ювелирных изделий и обработке металлов. Программное обеспечение CAD не только помогает в визуализации процесса дизайна, но также определяет геометрические параметры объекта. Программы CAD генерируют информацию, которую понимают и транслируют машины CAM. Другими словами, выходные данные CAD являются исходными для CAM. После математического дизайна данные хранятся в файле CAD, которые затем передаются на машину CAM. Эти CAM-машины оперируют оборудованием, напоминающим принтеры, импортируя CAD-данные, для создания трехмерных (3D) копий, а не напечатанных изображений.

CAM-процесс, используемый для создания работ, представленных на этой странице - метод позитива. Методы позитива заключаются в удалении материала для создания объекта желаемой формы и включают в себя фрезерование, обработку на токарном станке, шлифовку и обработку на строгальном станке. Основное преимущество позитивного процесса - то, что желаемый объект можно получить, обрабатывая заготовку из алюминия, латуни, стали, дерева, воска или, в нашем случае, мокуме напрямую. Все эти приемы можно автоматизировать, т. е. подвергнуть ЧПУ - числовому программному управлению (Computer Numerically Controlled - CNC). В результате, при помощи технологии CNC можно создавать сложные дизайны и рисунки.

Хотя мокуме гане - древняя форма искусства, отточенная умелыми мастерами, достижения в компьютерной технологии могут раскрыть такие свойства мокуме гане, о которых люди никогда не догадывались. Я объединила эти старинные и современные технологии впервые, чтобы создать пробную работу. В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD создаются замысловатые узоры. Традиционными приемами без помощи технологий CAD/CAM воспроизвести сложные и точные формы было бы невозможно.

Благодаря высокой степени точности и повторяемости, CNC-фрезеровка хорошо подходит для резных узоров на тонкослойном брикете мокуме гане, который использовался в представленных работах. Оригинальный брикет мокуме гане состоял из 27

следующихся слоев серебра и меди, который был прокован и прокатан до толщины в 3 мм. CAD-дизайн был импортирован в фрезерный станок с ЧПУ, который и рассчитал операции фрезеровки. Чтобы воспроизвести сложный CAD-дизайн, фрезерному станку с ЧПУ понадобилось несколько часов. Из обработанных заготовок мокуме гане затем обычными приемами, используемыми в обработке металлов, создавались подвески и кольца. В качестве примера «кольцо с перевернутой текстурой» демонстрирует замысловатый геометрический рисунок. Для соприкасающихся трапециевидных форм с одинаковыми углублениями был создан точный CAD-дизайн. Точная фрезеровка на станке с ЧПУ открыла визуально продолжающиеся медно-серебряные узоры эллиптической формы через всю центральную зигзагообразную область. Во всех представленных работах обратите внимание на деталировку и точность, достичь которых стало возможным, скомбинировав старинную и современную технологии.

Николь Дешамп - лектор Университета Мичиганской Школы Искусства и Дизайна.

Сверху: Подвеска с пульями-шестиугольниками №3: стерлинговое серебро и медь. Николь Дешамп.  
Справа: Подвеска с пульями-шестиугольниками №1: стерлинговое серебро и медь. Николь Дешамп.  
Слева: «Кольцо с перевернутой текстурой»: стерлинговое серебро и медь. Николь Дешамп.



Обручальные кольца. Стив Миджетт

Вверху: «Терра». Обручальные кольца с бриллиантами: белое золото 750 пробы (18К) и стерлинговое серебро.  
Посередине: «Терра». Обручальные кольца: платина 950 пробы и золото 750 пробы (18К).

Внизу: «Классика». Обручальные кольца: палладий и стерлинговое серебро.

Фото (вверху и посередине): Ральф Габринер



«Процесс формирования рисунка мокуме гане похож на эрозию осадочных слоев камней в природе. Узорчатые металлы становятся талисманами из «черного мрамора», пустотелыми бусинами и изделиями для носки, давая пищу для тактильных ощущений, если касаться их пальцами.»

-Кэрри Аделл

Серьги мокуме гане: золото 750 (18К) и 916 (22К) пробы, шакудо. Кэрри Аделл.



## Глава X

### Окончательная отделка

Окончательная отделка изделия мокуме гане - одна из наиболее волнительных частей всего процесса. Только после всех ваших трудов по созданию изделия, постоянно вызывающего восторг публики - призообладателя, грантополучателя вы, наконец, увидите его во всем своей неподдельном блеске (или отсутствии оного). Правильно подобранный отделка обнаружит рисунок и текстуру металла, равно как и настоящий цвет использованных сплавов.

#### Текстурирование

Для создания текстуры, чтобы удалить определенные слои металлов с поверхности мокуме, можно использовать травление кислотой. Чтобы получить богатую текстуру поверхности и четкие цветовые границы, можно применять разнообразные кислоты и травители. Травление с последующей пескоструйной обработкой хорошо подходит для удаления следов, оставленных инструментами при прорезании. Я использую 40%-ный раствор азотной кислоты для сплавов на медной основе. Вы также можете воспользоваться хлорным железом и получить неплохие результаты, но это работает намного более медленно. Для травления серебра я рекомендую 50%-ный раствор азотной кислоты, а для золота - чистую «царскую водку». «Царская водка» состоит из трех частей концентрированной соляной кислоты и 1 части концентрированной азотной кислоты. Это отвратительная дымящая желтая жидкость, с которой следует очень осторожно обращаться. «Царская водка» не достигает полной силы сразу после изготовления и лучше работает, если ее выдержать в течение, как минимум, суток перед использованием (в хорошо проветриваемом помещении).

Чтобы пропарить изделие, содержащее мокуме, используйте провод в пластиковой изоляции или пинцет, чтобы осторожно опустить изделие в раствор кислоты. Используйте битум, чтобы покрыть участки металла, которые вы не хотите травить. Часто проверяйте течение процесса, для этого вынимайте изделие и промывайте его в ванночке с водой, в которую добавлено немного двууглекислого натрия. Это нейтрализует всю кислоту, оставшуюся на изделии, и сделает его безопасным в обращении. Рассмотрите изделие, чтобы определить достигнута ли желаемая глубина травления; если нет - смойте все следы раствора двууглекислого натрия и снова поместите изделие в кислоту.



«Диск, форма VI»: золото 750 пробы (18K), шакудо, золото 916 пробы (22K), стерлинговое серебро, бриллиант, рубины. Стив Миджетт.



Вы должны быть очень осторожны, особенно с тонкослойными ламинатами, чтобы не растворить их полностью и не проплавить так, чтобы металлы не начали отслаиваться. Другая проблема, иногда ассоциирующаяся с использованием кислоты на мокуме, состоит в неизбежном факте, что в одной и той же ванночке с кислотой находится более одного металла одновременно. Вследствие гальванической реакции один металл может слегка осаждаться на другой. Вы, возможно, не заметите этого легкого налета до тех пор, пока не соберетесь запатинировать изделие, и у вас ничего не получится. То же может произойти при использовании уже работавших кислот, поэтому я предлагаю использовать разные кислотные ванны для каждой комбинации металлов, которые вы используете.

При использовании любых кислот вы должны:

1. Использовать посуду, предназначенную для хранения кислот.
2. Добавлять кислоту в воду и никогда наоборот.
3. Надевать кислотоупорные перчатки, одежду и защитные средства для лица.
4. Использовать соответствующую вентиляцию, чтобы избежать отравления парами кислот.

### Отделка поверхности

Общее правило: хорошо отполированные поверхности не подходят для мокуме гане. Отражение на поверхности будет отвлекать глаз от рисунка на металле. Чтобы снизить отражательную способность, большинство мастеров, работающих в технике мокуме, придают поверхности матовый вид при помощи кислоты, стальной ваты, губок ScotchBrite, стальной щетки и пескоструйной обработки стеклянными шариками. Как и все решения по дизайну, подходящий способ финишной обработки индивидуален. Позэкспериментируйте с разными приемами и выберите тот, чей внешний вид вас наиболее устроит.

### Окрашивание

Существует широкий ряд красителей и патин для металлов, которые можно использовать для усиления эффекта мокуме. Приведенные формулы подходят для использования со сплавами на серебряной и медной основе. Также в продаже имеется много наименований патин, включая традиционную рокушо (большинство из которых предназначено для медных сплавов). Один из наиболее простых растворов патины:

0,5 л бытового нашатырного спирта  
1 столовая ложка соли.

Погрузите медный сплав в горячий (не кипящий) раствор этой смеси на 5 - 20 минут. Это великолепная патина для окрашивания шакудо. Можно использовать аммиак и в более высокой концентрации, и можно получить очень красивые цвета путем подвешивания изделия в закрытом контейнере с аммиаком и выдерживании его там примерно около часа.

**Меры безопасности:** Высококонцентрированный аммиак достаточно опасен, и с ним нужно обращаться, как и с кислотой. Как и кислота, он будет разъедать медные сплавы, поэтому тщательно контролируйте процесс окрашивания.



Хироко и Юджин Пижановски рекомендуют изготавливать свой раствор рокушо, используя следующий рецепт:

6 г медного купороса (сульфата меди)  
1 г поваренной соли  
900 мл дистиллированной воды.

Они описывают процедуру окрашивания, основанную на традиционном японском процессе.

«Для окрашивания мокуме гане готовьте раствор в медной посуде или посуде Corning, не пользуйтесь алюминиевой, стальной, латунной, бронзовой посудой или посудой из нержавеющей или эмалированной стали. Работая при хорошей вентиляции, доведите раствор до кипения. Чтобы подготовить металл для окрашивания, удалите все оксидные пленки и снимите жир путем кипячения в воде или с использованием бытового очистителя «Fantastic» (хорошего удалителя жира). Очистите изделие в крепком растворе отбела. Если изделие содержит серебро, покройте его размолотым Daikon (японской редиской), затем погрузите изделие в кипящий раствор, постоянно помешивая его в течение 10 минут. Выньте из раствора и немедленно погрузите в воду, чтобы избежать появления пятен от воды или частичек рокушо, высохших на поверхности. Повторно поместите в кипящий раствор и промойте в воде, пока не получите желаемый цвет. Это может занять от 30 минут до 1 часа. После окрашивания все поверхности, кроме золотых, нужно покрыть воском и отполировать мягкой тканью. В качестве защитного покрытия также можно использовать лак».

Серная печень также очень эффективная патина как для серебряных, так и для медных сплавов. Мой совет по патинам: сделайте палитру из образцов металлов, включите туда все сплавы, которые, вы предполагаете когда-либо использовать в мокуме. Попробуйте столько разных растворов и методов нанесения, сколько сможете, чтобы определить, какой вам больше всего подходит.

Теперь, когда вы знаете, как окрашивать мокуме гане, я хочу предупредить вас об использовании патины на ювелирных украшениях, предназначенных для повседневной носки. Патины хороши, когда используются должным образом; а вот когда патинируется изделие, подверженное абразивному износу или частому контакту с разнообразными жидкостями, вы действительно можете нажить себе неприятности. Сделайте себе и своим клиентам одолжение и не полагайтесь на патины для временного сохранения созданного дизайна. Помните, вы создаете фамильную ценность или артефакт (так?); думайте об этом, когда занимаетесь его изготовлением.



«Острова»: медь, серебро, нейзильбер, томпак и стекло. Вэйн Виктор Миттен.

Кэрри Аделл



Слева: «Голубое танго»: золото 750 (18К) и 916 (22К) пробы, шакудо, большой опал, бриллианты. Кэрри Аделл  
Справа: «Ветвь семейного дерева»: золото 750 (18К) и 916 (22К) пробы, шакудо, малахит, большой опал. Кэрри Аделл



Гленда Арендцен

Вверху: Ожерелье с мокуме-бусиной: золото, шакудо, бриллиант. Кэрри Адэлл.

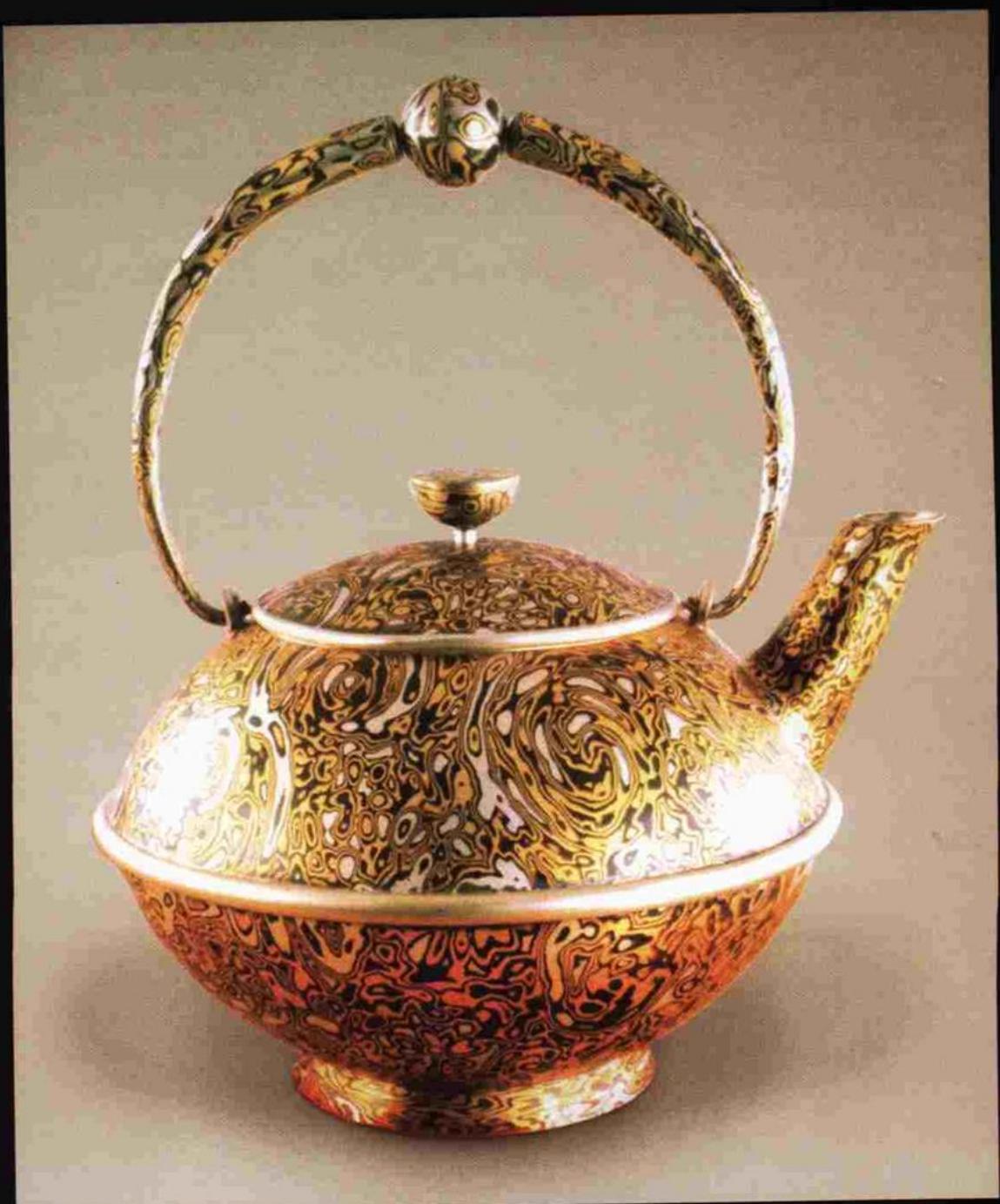
Внизу: Брошь / подвеска мокуме: серебро, нейзильбер, золото 916 (22К) пробы, медь, агат. Гленда Арендцен.



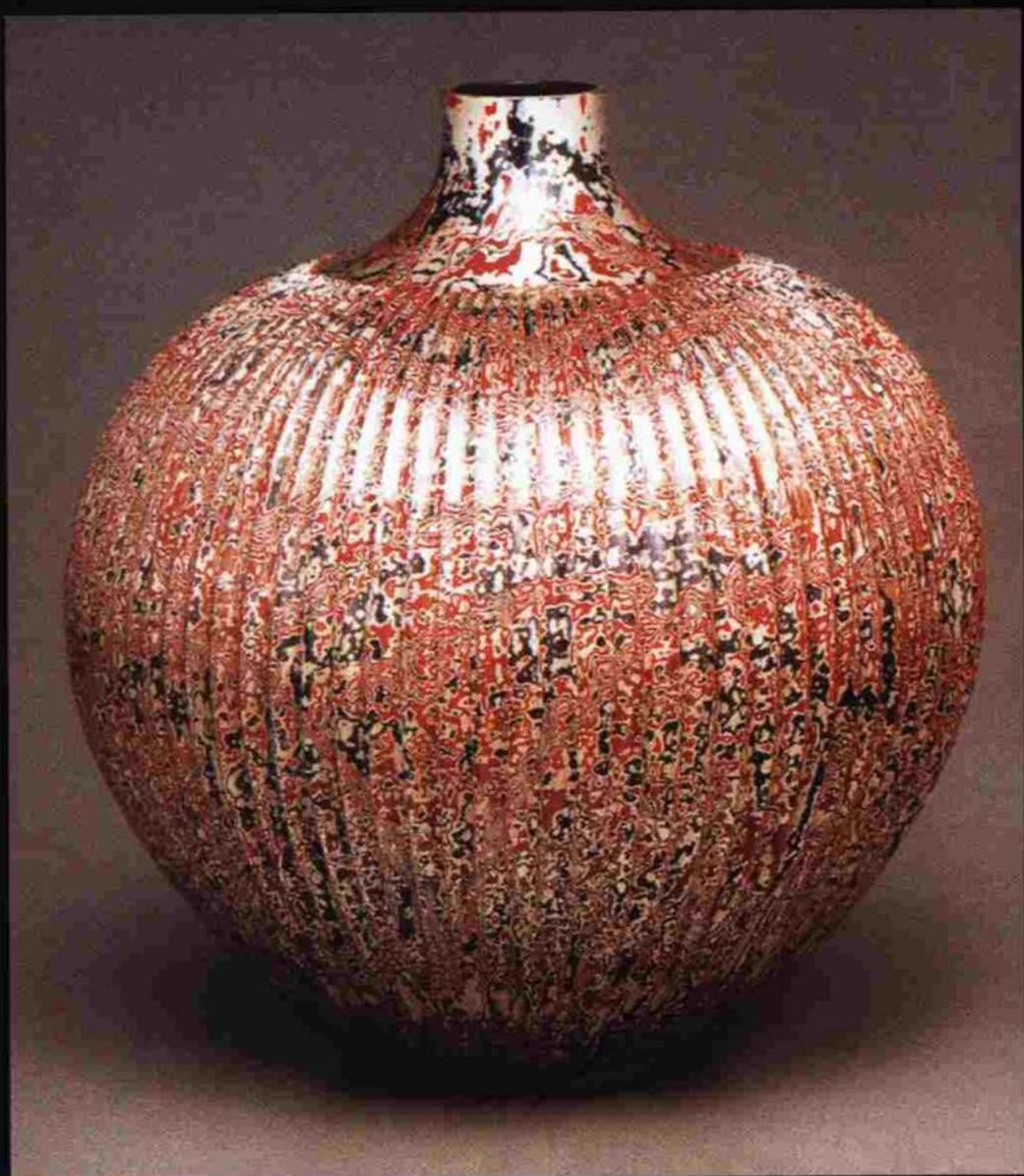
Филипп Болдуин

Вверху: Североамериканский нож гаучо: углеродистая сталь, серебро, медь. Филипп Болдуин.  
Внизу: Набор ложек мокуме из стерлингового серебра: медь и серебро. Филипп Болдуин.

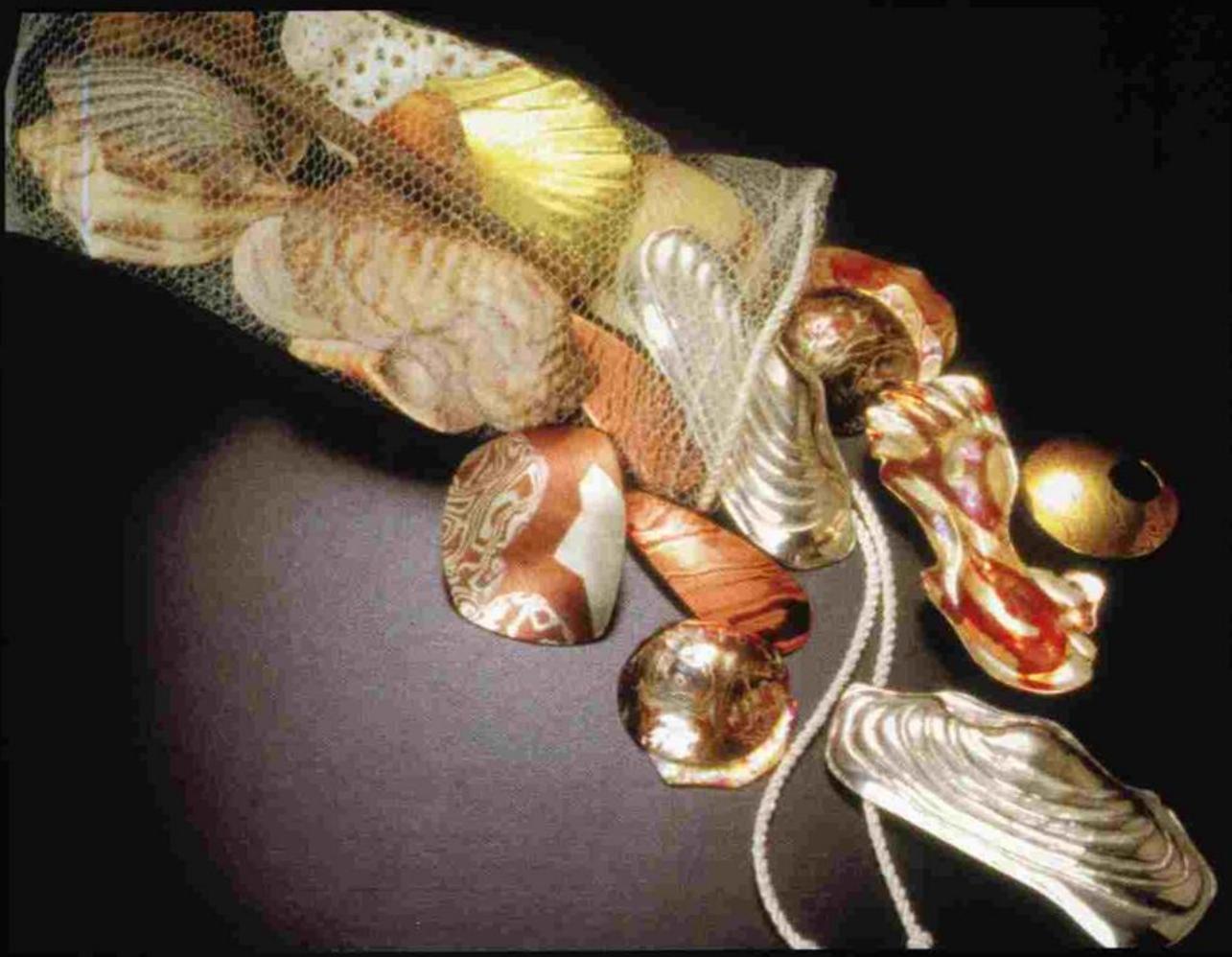
Джеймс Биньон



Чайник мокуме гане: серебро, медь, латунь. Джеймс Биньон.

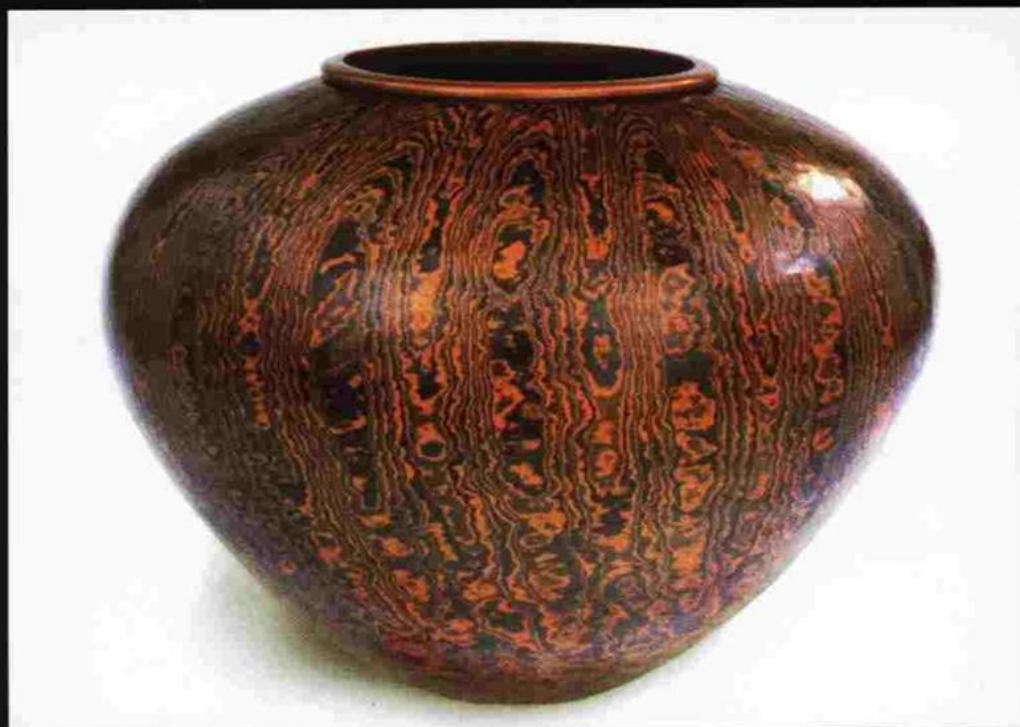


*Ваза мокуме гане: медь, серебро, шакудо. Норио Тамагава.*



Розмари Гоулд

Вверху: «Дары моря»: чистое серебро, куромидо, медь. Розмари Гоулд.  
Внизу: «Дары моря»: чистое серебро, куромидо, медь. Розмари Гоулд.  
Фото: Дэвид Дж. Альбрехт



Вверху: «Внутренняя структура»: медь, куромидо, шибучи, шакудо. Марвин Дженсен.  
Внизу: Сосуд мокуме гане: медь, куромидо, шибучи, шакудо. Марвин Дженсен.

Марвин Дженсен

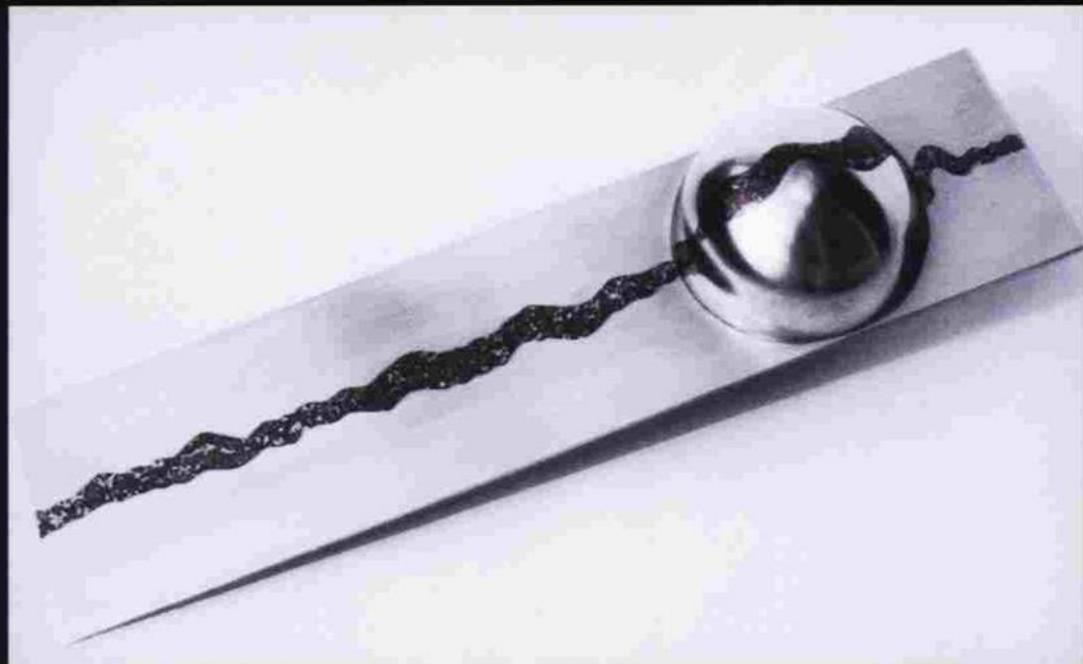


Ваза мокуме гане: медь, куромидо, шибуичи, шакудо. Марвин Дженсен.



«Ваза мокуме гане»: спиральное серебро, медь, базальт. Джон Маршалл.  
Фото: Джерри Дэвис

Вэйн Виктор Митен



Вверху: «Золотая линия»: стерлинговое серебро, шакудо, медь, кинкеси (золотая амальгама).  
Вэйн Виктор Митен.

Внизу: «Белая линия»: стерлинговое серебро, латунь, бронза, медь. Вэйн Виктор Митен.



Вверху: «Обращение»: томпак, стерлинговое серебро, сталь. Вэйн Виктор Митен.  
Внизу: «Капли дождя»: томпак, стерлинговое серебро, нейзильбер, медь. Вэйн Виктор Митен.

## Демонстрации проектов

О'Кей, О'Кей, теперь у вас есть брикеты, листы, проволока и горы, и горы мокуме! Вы знаете, как очищать, соединять, формировать узор и проводить финишную отделку мокуме. А теперь что же вам с ними делать? Конечно, делать из него прекрасные изделия. Следующий раздел включает 5 демонстрационных проектов, в которых вам будут представлены некоторые основные способы использования мокуме. Каждый проект разработан таким образом, чтобы обучить вас одному или более приемам работы с мокуме, и основан на предыдущем проекте. Когда вы ознакомитесь с приемами, представленными здесь, вы будете готовы идти вперед и начинать создавать изделия своего собственного уникального дизайна и разрабатывать новые сферы применения мокуме гане. При работе над проектами помните, что вы можете использовать мокуме таким же образом, что и прочие цветные металлы, но со следующими мерами предосторожности.

1. Всю пайку можно проводить при температуре ниже температуры сплавления мокуме. Существует опасность повреждения мокуме, особенно, если мокуме соединялось с образованием эвтектического слоя или соединялось при помощи припоя.
2. Придавайте форму мокуме гане медленно. Вы можете ковать, выколачивать, штамповывать, формировать складки и скручивать большинство мокуме - ламинатов так же, как если бы вы обрабатывали другие металлы. Только делайте это... меееедленно, и часто проводите отжиг. Некоторые комбинации металлов легче поддаются каким-то определенным способам обработки. Экспериментируйте и определите, какие приемы вам больше подходят!
3. Для изделий, подверженных изгибуанию, как, например, браслет-обруч, рисунок которых формировался путем чеканки, все углубления от чеканов необходимо заполнить припоеем, а затем пропаять обратную сторону подходящим припоеем. Если вы этого не сделаете, углубления окажутся слабыми местами, которые будут больше подвержены изгибу (и рано или поздно приведут к разломам) в этих местах. Углубления в пластинах мокуме, рисунок которых формировался при помощи чеканки, которые вы будете использовать в качестве накладок (инкрустации), нужно перед обработкой также заполнить припоеем.
4. Если для тонкого участка вы используете ламинат, срезанный по торцу брикета, лучше всего для увеличения прочности припаять подходящий металл - основу. Поскольку соединительные слои в ламинате чрезвычайно тонки, при использовании в этом направлении комбинации нескольких металлов риск расслоения увеличивается.

### **Проект 1.**

Кольцо с мокуме - накладкой

Первый проект - простое литое кольцо, украшенное  
накладкой из мокуме.

### **Проект 2.**

Литое кольцо с облицовкой из мокуме

В этом проекте нас учат, как изготовить облицовку из  
непрерывной полосы мокуме на литой основе.

### **Проект 3.**

Кольцо с шинкой из мокуме

В этом проекте мы обучаемся приемам изготовления  
шинки кольца с внутренним ободом.

### **Проект 4.**

Булавка с вырезным рисунком

Четвертый проект демонстрирует техники вырезания  
и ковки, используемые для создания красивой броши.

### **Проект 5.**

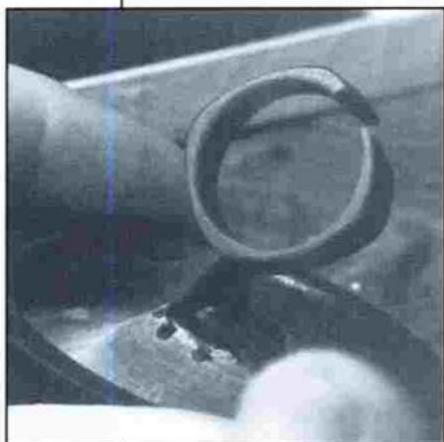
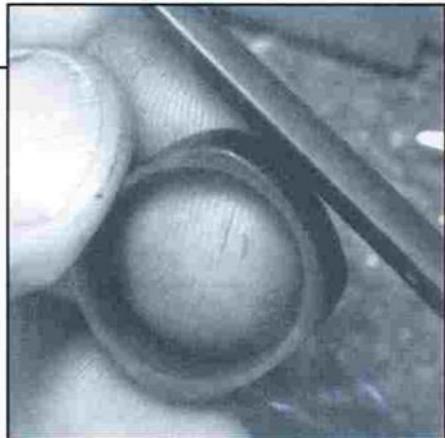
Браслет со скрученным узором

Заключительный проект показывает, как изготовить  
красивый браслет-обруч из скрученного мокуме -  
прутка.



## Проект 1: Кольцо с мокуме - накладкой

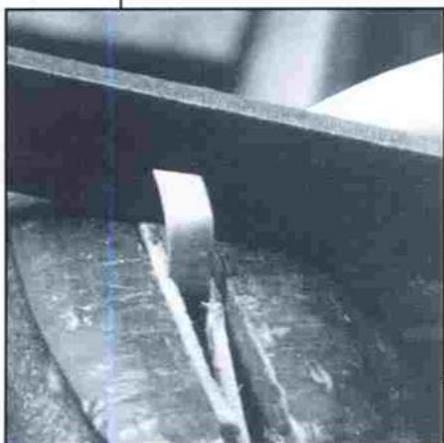
*Фото 1.* Начните с вырезания модели кольца из воска. Кольцо на иллюстрации представляет собой квадратную шинку шириной около 8 мм. Убедитесь, что прорезь, которую вы оставили под будущую накладку, слегка уже самой накладки. Позже, после получения отливки в металле, вы сможете подогнать эту прорезь.



*Фото 2.* Подсоедините к модели литник, так чтобы он подводился к наиболее массивной части модели. Сам литник должен быть толще модели. Место присоединения литника должно быть слегка уже, чтобы отвести усадку на более массивный участок литника, а не на модель или в место присоединения литника к модели.



*Фото 3.* Заформуйте, прокалите опоку и снизьте ее температуру, чтобы подготовить ее к заливке. Предварительно нагрейте и оффлюсуйте тигель, добавьте в металл немного флюса и на протяжении всего времени плавки полностью накрывайте тигель пламенем горелки. Выньте опоку из прокалочной печи, поместите ее в литьевую машину и залейте металл, как только он начнет свободно течь.



*Фото 4.* Удалите литник и надежно зажмите отливку в тисках. Опилите прорезь, куда будет вставляться мокуме - накладка, острым плоским напильником. Проверьте, чтобы стороны были параллельными, а сама прорезь - плоской и ровной, насколько это возможно. Этот этап также можно выполнить плоской стороной отрезного диска, закрепленного в наконечнике бормашины, но делайте это осторожно и работайте в защитных очках.

## Проект 1: Кольцо с мокуме - накладкой

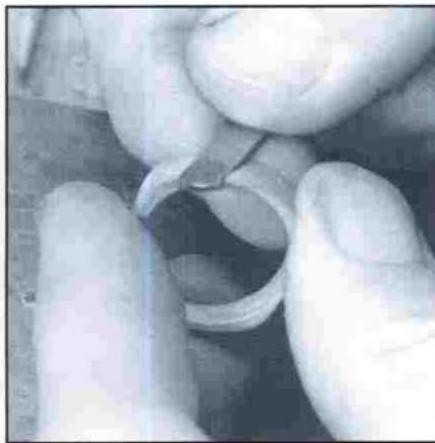


Фото 5. Саму накладку аккуратно вырезают и вставляют в разрез шинки. В нашем случае это кусочек мокуме без рисунка толщиной на 30% больше толщины кольца. Она слегка изогнута и поставлена под углом, чтобы при финишной обработке отчетливо проявилась текстура слоев. Продолжайте опиливать и выполнять последние подгонки, пока накладка идеально не сядет в подготовленный паз.

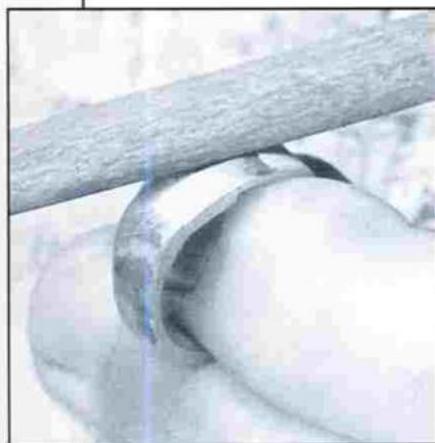


Фото 6. Используйте пружинистость шинки, чтобы закрепить накладку на месте. Затем тщательно ошлифуйте и припаяйте тугоплавким припоеем. Убедитесь, что припой полностью заполнил швы, но не перегрейте изделие. Это может привести к тому, что некоторые металлы в припое начнут кипеть и создавать раковины в местах пайки.

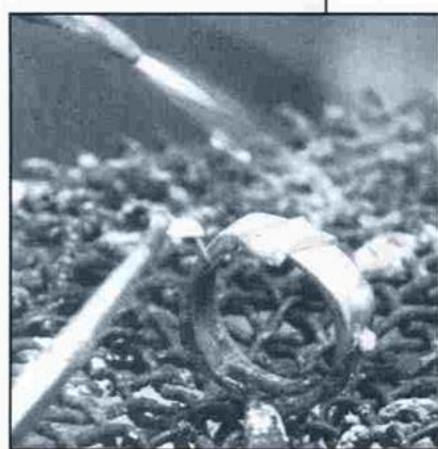


Фото 7. Опилите шинку до придания ей законченной формы. Затем осмотрите ее на наличие промежутков или пузырьков. Вы должны запаять все промежутки, небольшие раковины можно просто загладить.

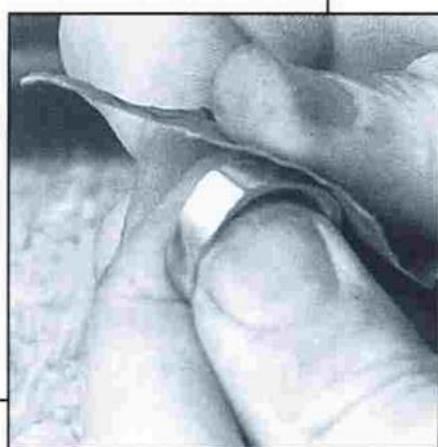
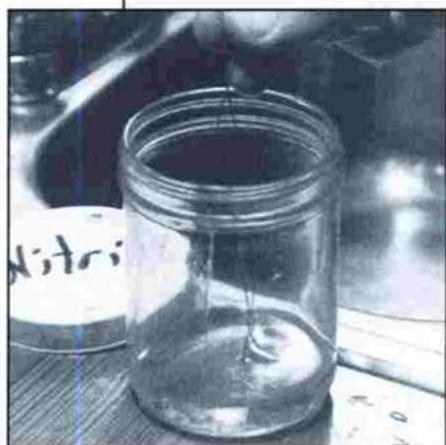
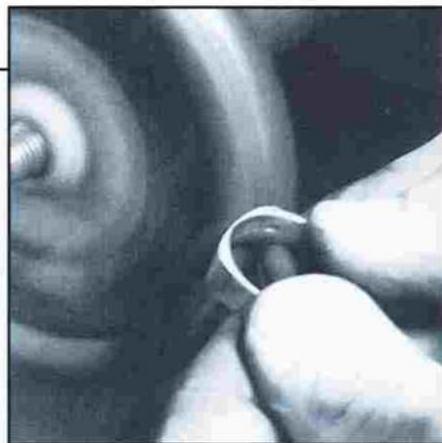


Фото 8. Обработайте кольцо наждачной бумагой, начиная с №220 и заканчивая №400. Помните о том, что шинка и мокуме - накладка имеют различную твердость. Если одно из двух значительно мягче, то оно сотрется быстрее и нарушит ровные контуры кольца.

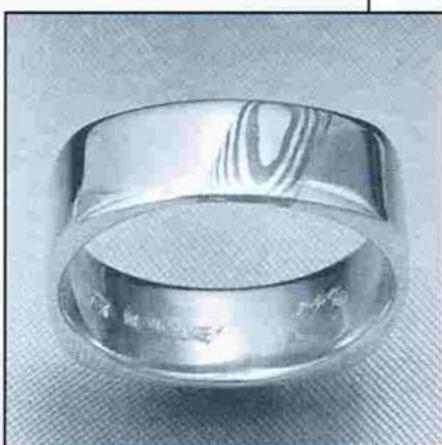


## Проект 1: Кольцо с мокуме - накладкой

*Фото 9.* Полностью и осторожно отполируйте кольцо. И снова, не позволяйте какой-либо части кольца неравномерно изнашиваться.



*Фото 10.* Слегка протравите кольцо в чистом 50%-ном растворе азотной кислоты. Это необходимо сделать быстро, затем изделие промывается и тщательно прополаскивается.



*Фото 11.* Готовое кольцо с мокуме - накладкой выдерживают в теплом растворе нашатырного спирта и поваренной соли, чтобы потемнел шакудо. Кольцо затем очищают и слегка полируют губкой Rouge. Представленное кольцо изготовлено из желтого золота 583 пробы (14K) с мокуме - накладкой из белого палладиевого золота и шакудо.

## Проект 2: Литое кольцо с облицовкой из мокуме

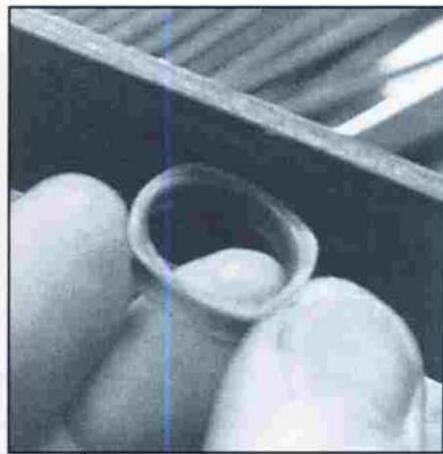


Фото 1. Как и в предыдущем проекте, начинайте с вырезания модели кольца из воска. И снова шинка выглядит, как скругленный квадрат, но в этом проекте по всему ее периметру проложена канавка для облицовочной накладки. Проверьте, чтобы края канавки были перпендикулярны к поверхности, а сама канавка слегка глубже, чем полоса мокуме толщиной 18 B&S (около 1 мм), используемая в качестве облицовки. Подсоедините литник и отлейте модель, как и в предыдущем проекте.

Фото 2. Подготовьте полоску мокуме гане, укрепив ее в китт-кугле и вычеканив желаемый узор с обратной стороны. Помните, что узор будет намного более сложным, чем отметки, наносимые чеканом. Кроме этого, будьте внимательны, чтобы не прочеканить металла на глубину более половины его толщины.

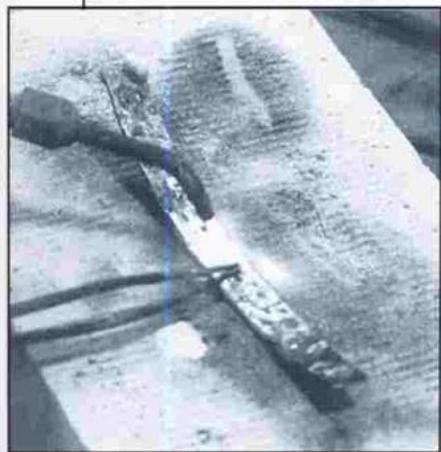
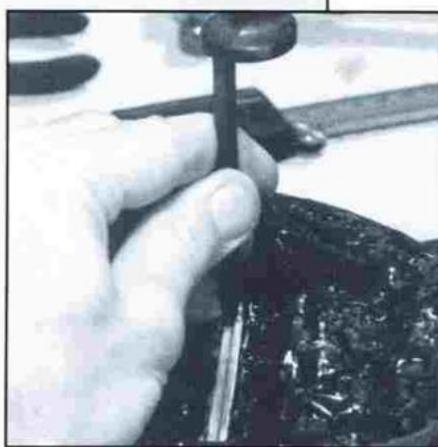


Фото 3. После чеканки очистите полосу от смолы и тщательно ее ошлифуйте. Полностью залейте все углубления, оставленные с обратной стороны, тугоплавким припоем. Отбелите и очистите полоску.

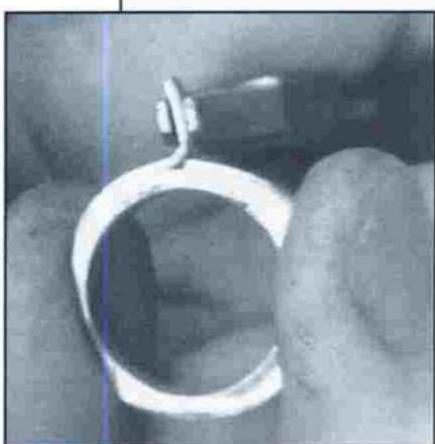
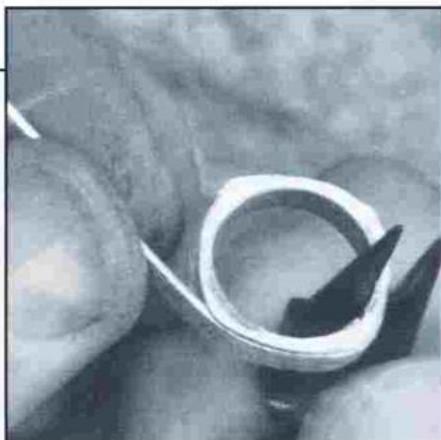


Фото 4. Опилите как отливку, так и облицовочную полоску, чтобы они идеально подходили друг к другу. Проверьте, чтобы полоска была ровной и гладкой с обратной стороны, и с ее внутренних углов удалены все зазубрины. Верхнюю поверхность мокуме также следует плоско опилить на грубую, чтобы обеспечить равномерность изгибаания.

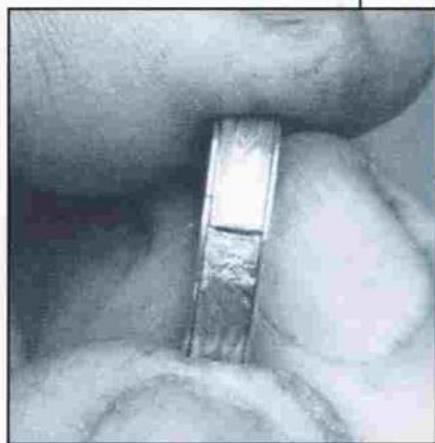


## Проект 2: Литое кольцо с облицовкой из мокуме

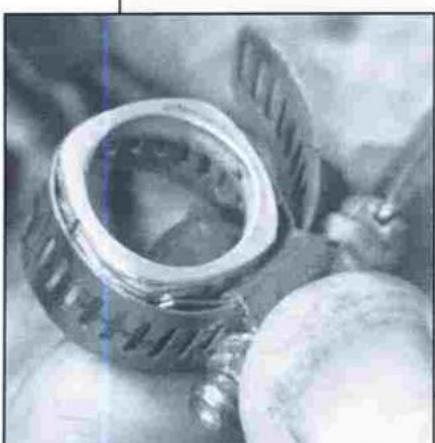
*Фото 5.* Поместите облицовочную полоску в паз и надежно удерживайте ее плоскогубцами. Затем аккуратно оберните мокуме вокруг дна паза. Возможно, вам понадобится вынимать полоску для небольших корректировок, чтобы обеспечить ее плотную посадку.



*Фото 6.* Когда вы вернетесь к тому месту, откуда вы начали, отогните полоску наверх, как показано на рисунке, и срежьте лишнее. Полоска сгибается в этом месте для того, чтобы в этой точке показать больше слоев мокуме. Эти слои обязательно потекут в одном направлении, что поможет скрыть место пайки.



*Фото 7.* Между слоями полоски оставьте небольшой промежуток, который мы закроем на следующем этапе. Величину этого расстояния можно определить только с приходом опыта, но хорошей точкой отсчета может стать ширина отрезного диска. Слегка ошлифуйте кольцо-основание и облицовочную накладку, чтобы подготовиться к следующему этапу.



*Фото 8.* Поместите кольцо в высококачественный зажим-хомут. Край хомута должен располагаться где-то посередине шинки. Затяните хомут. Это не только закроет промежуток между концами полоски, но и приведет ее в больший контакт с основанием.

## Проект 2: Литое кольцо с облицовкой из мокуме

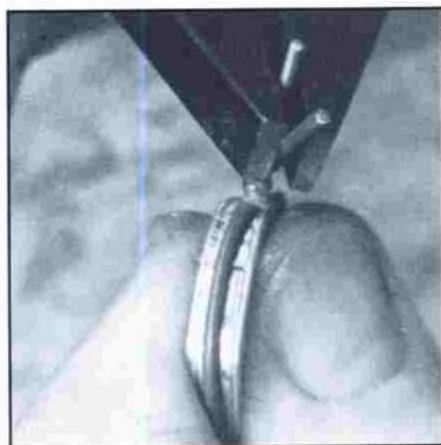


Фото 9. Теперь вы должны обвязать полоску толстой обвязочной проволокой. Не снимайте хомут, пока плотно не закрутите проволоку. Затем снимите хомут и отрегулируйте положение и плотность скручивания проволоки. Проверьте, чтобы промежуток между концами полоски был закрыт, а сама полоска ровно сидела по всей окружности кольца.

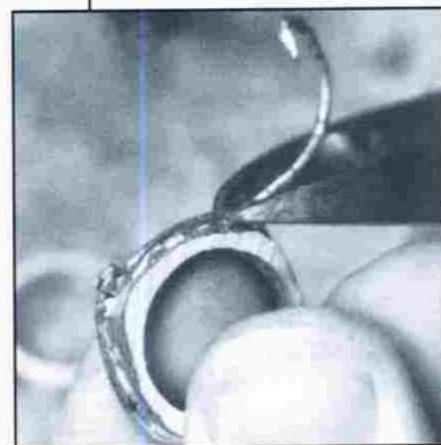


Фото 10. Щедро оффлюсуйте кольцо пастообразным флюсом. Начинайте пайку от центра полоски и постепенно передвигайтесь к ее концам. Прогревайте отливку так же хорошо (или немного сильнее), как и мокуме - полоску, чтобы убедиться, что припой полностью затек в шов и в промежутки между кольцом - основанием и полоской.



Фото 11. Срежьте или спилите обвязочную проволоку. Не пытайтесь свободно ее снять, поскольку она может оказаться припаянной. А это может порвать или отделить слои мокуме. После снятия всей обвязочной проволоки, погрузите кольцо в отбел для удаления остатков флюса.

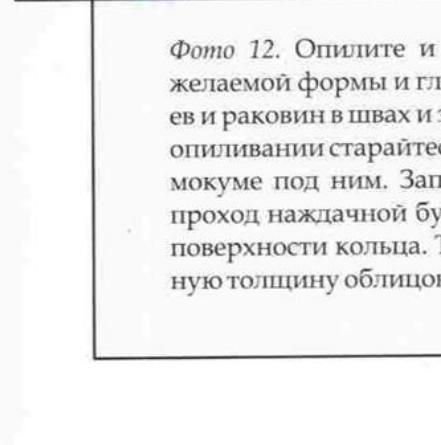
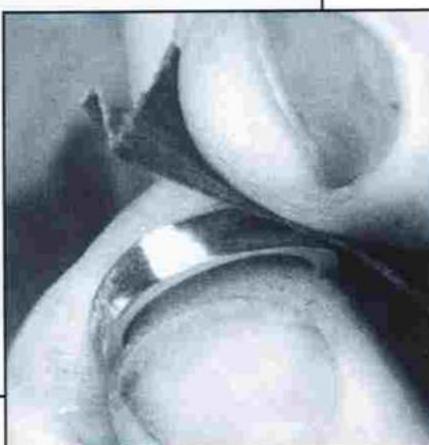


Фото 12. Опилите и отшлифуйте кольцо до придания ему желаемой формы и гладкости. Проверьте на наличие непропаев и раковин в швах и заделайте их, как и в первом проекте. При опиливании старайтесь удалить только излишний припой, а не мокуме под ним. Запланируйте запас металла на последний проход наждачной бумагой для снятия оставшихся вмятин на поверхности кольца. Таким образом, вы сохраните максимальную толщину облицовки.





## Проект 2: Литое кольцо с облицовкой из мокуме

Фото 13. Отполируйте, протравите и запатинируйте кольцо в растворе нашатырного спирта и соли для придания ему завершенного вида.

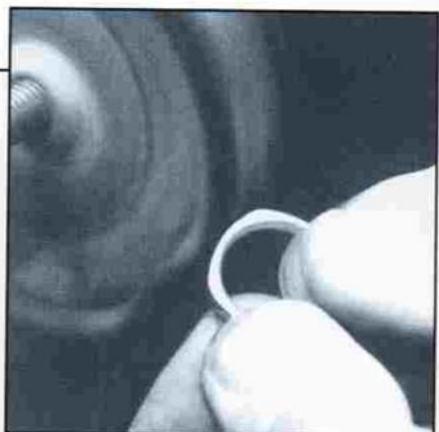


Фото 14. Готовое кольцо с мокуме - облицовкой. Заметьте, что шов, где соединяются края полоски мокуме находится сверху по центру. Кольцо из стерлингового серебра с мокуме - накладкой из меди и серебра.

### Проект 3: Кольцо с шинкой из мокуме

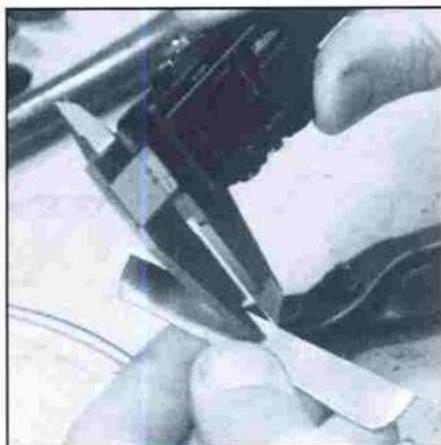


Фото 1. Начните с разметки и вырезания полоски мокуме из листа. Затем укрепите ее в китт-кугле, прочеканьте рисунок и заполните вмятины на оборотной стороне припоеем. Очистите в отбели.

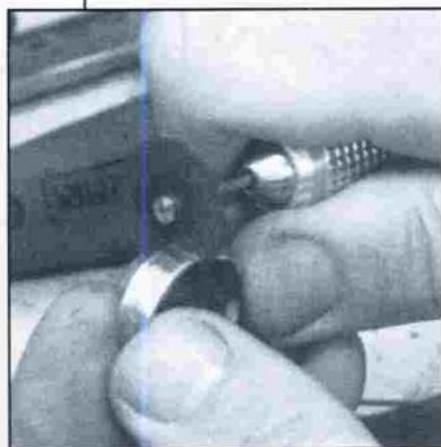


Фото 2. Опилите как верхнюю, так и нижнюю поверхность полоски для снятия возвышений и излишков припоя, чтобы добиться одинаковой толщины. Теперь полоса будет формировать ровный изгиб при обворачивании ее вокруг ригеля. Отложите ее на время, когда будете формировать внутренний обод кольца.



Фото 3. Вырежьте полосу металла толщиной 22 B&S (около 0,6 мм) (в этом примере серебра) такой же ширины, что и полоса мокуме. Оберните ее вокруг ригеля и подрежьте края под конкретный размер кольца. Проверьте, что место соединения максимально плотно, и пропаяйте его тугоплавким припоеем.

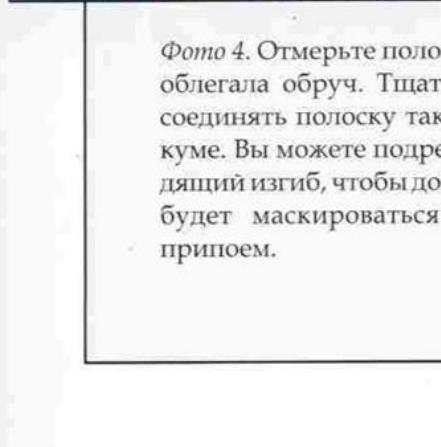


Фото 4. Отмерьте полоску мокуме так, чтобы она очень плотно облегала обруч. Тщательно подберите место, где вы будете соединять полоску так, чтобы оно сочеталось с рисунком мокуме. Вы можете подрезать края под углом или сделать подходящий изгиб, чтобы добиться невидимого соединения, которое будет маскироваться рисунком. Пропаяйте тугоплавким припоеем.





### Проект 3: Кольцо с шинкой из мокуме

Фото 5. И обод, и полоска мокуме должны быть опилены таким образом, чтобы плотно подходить друг к другу. Слегка простучав детали на конусном ригеле, можно выполнить некоторые подгонки в размере кольца. Это также придаст обручам некоторую конусность, повторяющую форму ригеля, что будет полезным для выполнения следующего этапа.

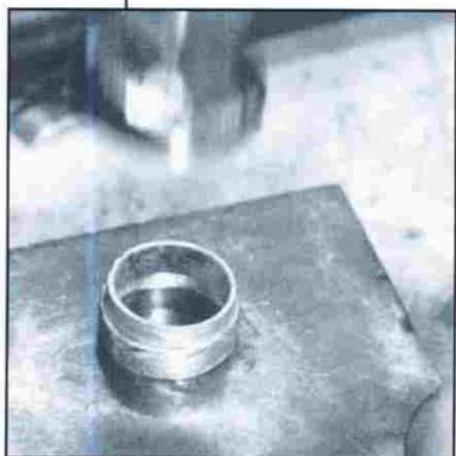
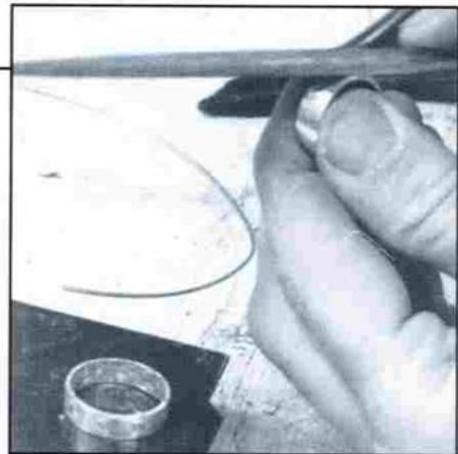


Фото 6. Поместите обруч более узким краем в более широкий край шинки из мокуме, слегка ошлифуйте пространство между ними и вколотите обруч в шинку. Вхождение должно быть очень плотным и требовать применения молотка. Перед пайкой обильно ошлифуйте изделие.



Фото 7. Следующим этапом заполните весь шов тугоплавким припоеем. Пайку в месте соединения шинки из мокуме следует производить в последнюю очередь. Таким образом, вы избежите раскрытия шва под давлением, оказываемым обручем в процессе пайки двух деталей. После полного спаивания одного края переверните кольцо и убедитесь, что шов с обратной стороны также целиком заполнен.

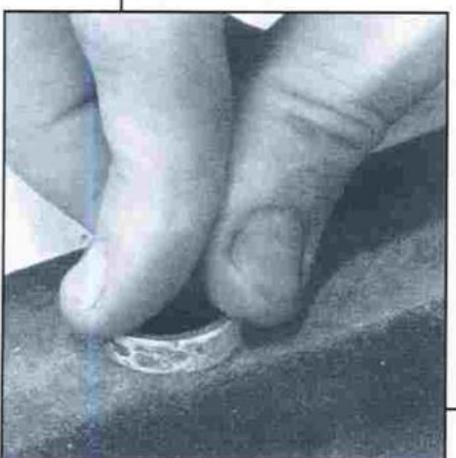


Фото 8. Очистите в отбеле и опилите все излишки припоя с обоих краев. Закончите обработку торцов шлифовкой на плоской поверхности. Теперь вы можете ошлифовать и отполировать кольцо, чтобы придать ему завершенный вид, но я предполагаю припаять два торцевых обруча с обоих краев для придания более законченного вида.

### Проект 3: Кольцо с шинкой из мокуме

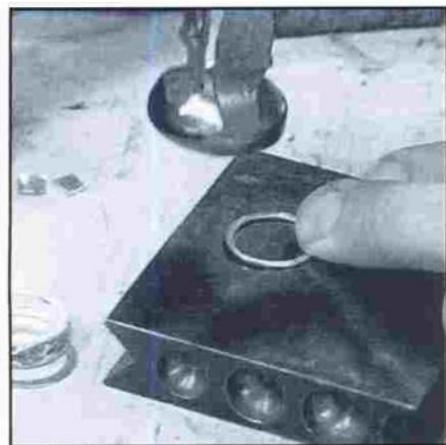


Фото 9. Изготовьте два торцевых обруча из отрезков круглой проволоки диаметром 18 B&S (около 1 мм), спаяв их в круг приблизительно на 2,5 размера меньше размера кольца. Затем расплющите их молотком, пока они не увеличатся, чтобы полностью закрыть торцы кольца. Плоско зашлифуйте их с одной стороны, которая будет подсоединяться к кольцу.

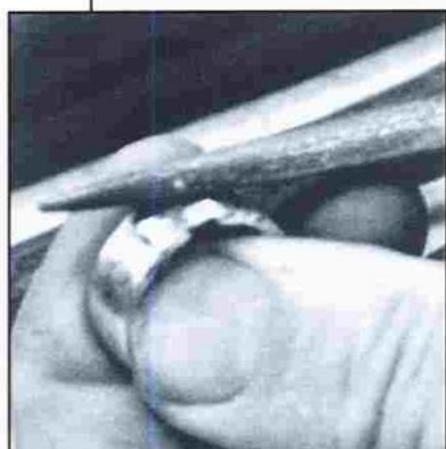


Фото 10. Поместите торцевые обручи на кольцо и закрепите их с помощью обратного пинцета или тонкой обвязочной проволоки. И снова, аккуратно заполните все швы припоем, избегая перегрева.

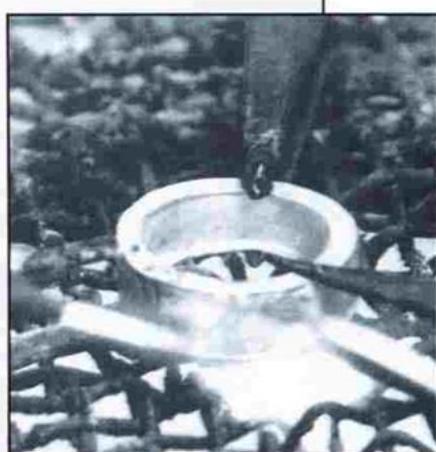


Фото 11. Очистите в отбелке (после снятия обвязочной проволоки) и опилите излишки металла и припоя. Проверьте на наличие непропаев и раковин в местах пайки, при необходимости выполните необходимые корректировки.



Фото 12. Мой любимый способ финишной отделки подобных изделий - надеть кольцо на диск для полировки внутренней поверхности колец и обработать его на шлифовальном станке. Используйте наждачную бумагу №180, а затем №320. Это придает кольцу завершенный вид механической обработки и занимает всего несколько минут.

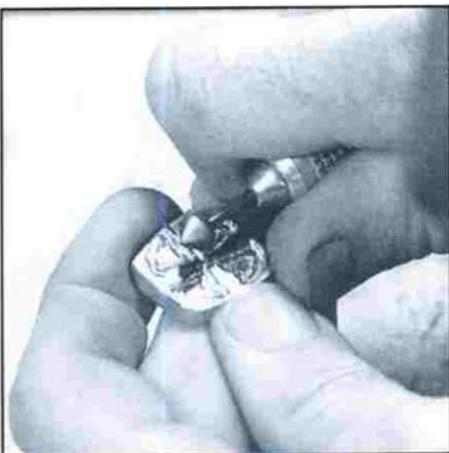


### Проект 3: Кольцо с шинкой из мокуме

Фото 13. Готовое кольцо с шинкой из мокуме - отполированное, протравленное в кислоте и запатинированное. Стерлинговое серебро с накладкой мокуме из меди и серебра.

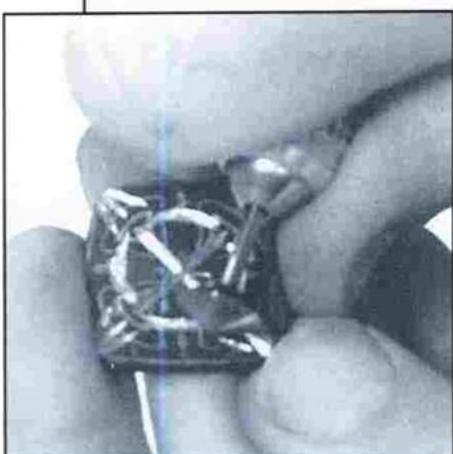


## Проект 4: Булавка с вырезным рисунком



*Фото 1.* Начните с вырезания начального рисунка в брикете мокуме толщиной 6 мм. Работайте фрезой из быстрорежущей стали, закрепленной в наконечнике бормашины. На рисунке это 12-миллиметровая подрезная фреза с углом 90°. Самые глубокие резы не должны уходить на глубину более 1/3 брикета. Страйтесь избегать глубоких резов, которые подходят к самому краю.

*Фото 2.* Перед ковкой воспользуйтесь шариковой (круглой) фрезой диаметром 2 или 3 мм для скругления дна проделанных канавок. Это предотвращает появление локализованных трещин, возникающих по причине концентрации в этом месте напряжений при ковке. Проковывайте брикет до тех пор, пока вся поверхность снова не станет ровной. Часто проводите отжиг.



*Фото 3.* Начните второй этап резки. Снова прорезайте на глубину не более трети брикета. Рисунок первого прохода будет уже виден, поэтому у вас будет достаточно ориентиров для его уточнения. Вы можете прекратить резьбу и быстро запатинировать брикет в любой момент, чтобы более четко проявить новый рисунок, который вы в настоящий момент вырезаете.

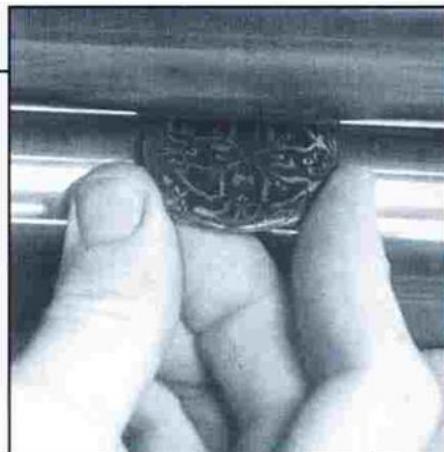
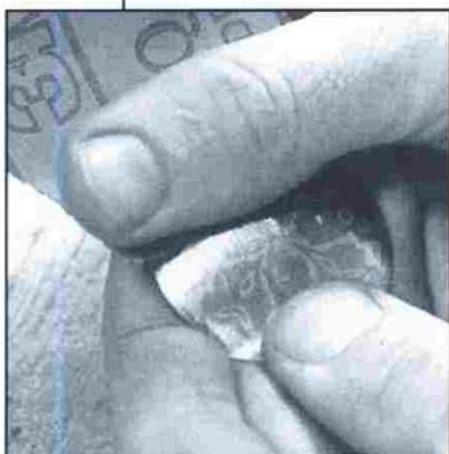


*Фото 4.* Снова прокуйте, как во втором этапе. Окончательная обработка молотком должна заключаться в легком выравнивании брикета и сглаживании отметин от ковки, чтобы добиться равномерной толщины. Затем гладко ошилите напильником с тонкой насечкой.

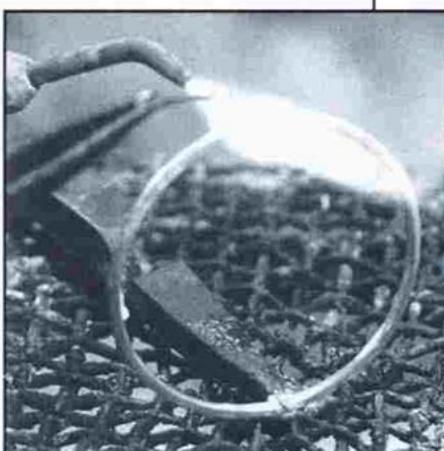
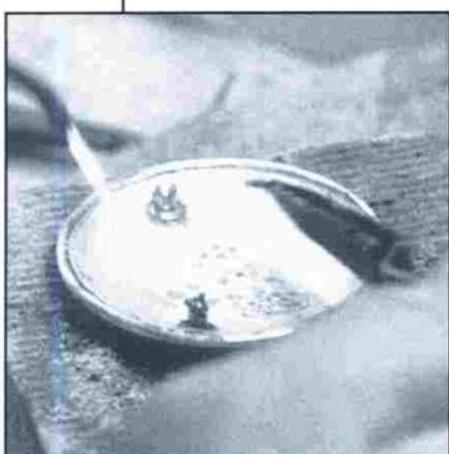


## Проект 4: Булавка с вырезным рисунком

*Фото 5.* Прокатайте заготовку в вальцах для удлинения и расширения рисунка до тех пор, пока ее толщина не достигнет 22 B&S (0,6 мм). Если по краям брикета имеются тонкие участки, они часто при прокатке могут потрескаться. Если такая проблема существует, подрежьте край или утолщите это место, капнув на обратную сторону немного припоя.



*Фото 6.* Обрежьте и опилите изделие до придания выпуклости и объема. Ошлифуйте наждачной бумагой №400, затем отложите, пока будете изготавливать серебряный ободок.



*Фото 7.* Из квадратной проволоки сечением 14 B&S (1,5 x 1,5 мм) изготовьте круглый ободок точно такого же размера, что и заготовка из мокуме. Спаяйте тугоплавким припоеем, отбелите и опилите излишний припой.

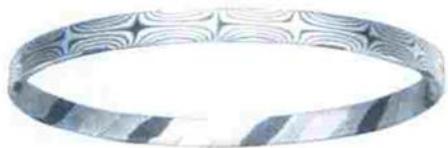
*Фото 8.* Вдавите выпуклую мокуме - заготовку в серебряный обруч. Если вы все правильно отмерили, она должна держаться без обвязочной проволоки. Обильно оফлюсуйте все изделие, а затем припаяйте обруч с обратной стороны. Не забудьте, что место стыковки концов ободка необходимо паять в последнюю очередь. После этого аккуратно припаяйте застежку легкоплавким припоеем.

#### **Проект 4: Булавка с вырезным рисунком**



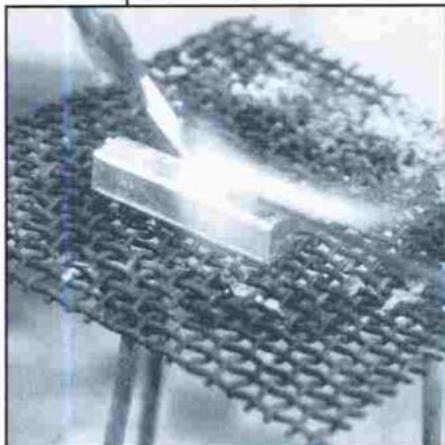
*Фото 9.* Готовая булавка с вырезным узором была протравлена в кислоте для усиления текстуры мокуме и вручную отполирована тонкой стальной ватой. Стерлинговое серебро с мокуме из серебра и нейзильбера.



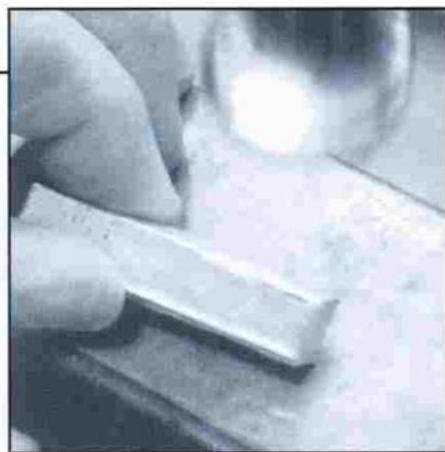


## Проект 5: Браслет со скрученным узором

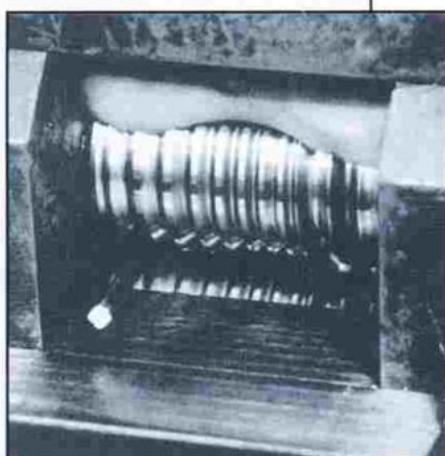
*Фото 1.* Начните с брикета с квадратным сечением и аккуратно простучите острые углы, чтобы они напоминали слегка скругленную форму квадратного ручья вальцов. Перед тем как переходить к следующему шагу, опилите или сошлифуйте все складки на металле, которые могли образоваться по углам при ковке.



*Фото 2.* Края и торцы брикета осторожно пропаяйте тугоплавким припоеем 750 пробы (в этом случае). Пользуйтесь приспособлением для подачи припоя, чтобы распределить припой по всем слоям мокуме и полностью их покрыть. Это значительно снижает напряжение в металле при прокатке и риск возможного расслоения.

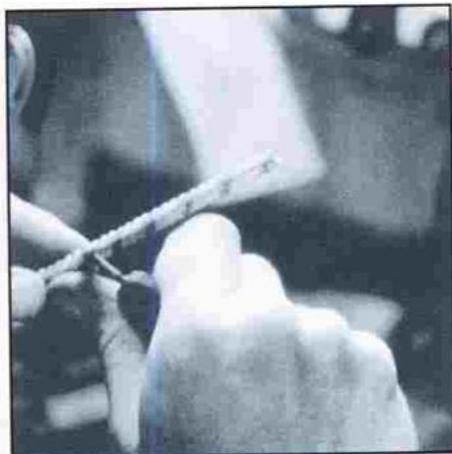


*Фото 3.* Уменьшите брикет прокаткой до квадратного прутка сечением 6 мм. Каждый раз при уменьшении диаметра на миллиметр или около того проводите отжиг; охлаждайте при тусклом красном свечении в холодном отбеле. Для следующего шага отпишите отрезок длиной 17 см.



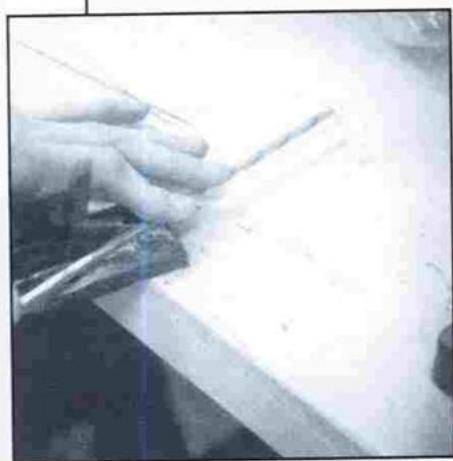
*Фото 4.* Зажмите один конец прутка в тисках и нанесите обильный слой пастообразного флюса. Второй конец прутка удерживайте щипцами и, нагревая, начинайте скручивать. Для золотомедных сплавов это производится при тусклом-красном свечении. Вы можете контролировать место и степень скручивания приложением тепла горелкой. Если вы заметите расслоение, прекратите скручивание и аккуратно расплавьте припой, который уже покрывает стороны прутка. При достижении желаемой степени скручивания охладите в отбеле.

## Проект 5: Браслет со скрученным узором



*Фото 5.* Сошлифуйте или спилите излишек припоя по краям скругленного прутка. Я предпочитаю для этого использовать абразивный отрезной диск. В процессе шлифовки наклоняйте диск, чтобы его контур совпадал с выемками скрученной проволоки. Это позволит вам ровно снять припой, не удаляя лишнего количества металла с рисунком, находящимся под ним. Для этой цели вы можете также использовать круглый или полукруглый надфиль.

*Фото 6.* Теперь прокатайте пруток в цельную квадратную проволоку сечением около 5 мм. Осмотрите пруток на наличие углов, которые могут образовать складки в процессе прокатки и спилите их перед прокаткой до окончательных размеров.



*Фото 7.* Для проявления рисунка, который будет расположен с внешней стороны браслета, пометьте центр проволоки вдоль и аккуратно распишите ее пополам по длине. (Если вы хотите сделать полукруглый браслет, распишите пруток по диагонали сечения, а не по плоской стороне). Опилите и прокуйте заготовку до одинаковой толщины, удаляя все бросающиеся в глаза неровности, оставленные лобзиком. Отложите одну из них в сторону и продолжите следующий этап со второй половинкой.



*Фото 8.* Мягко прокатайте эту заготовку до идеальной прямоугольной (или полукруглой) проволоки длиной около 23 см. В процессе проверяйте ее обратную сторону и удаляйте лишний припой, который может закрывать рисунок с внутренней поверхности браслета. Прокатывайте осторожно и исправляйте любые искривления или неровные изгибы, которые могут возникнуть в процессе прокатки.



## Проект 5: Браслет со скрученным узором

Фото 9. При помощи пластиковой киянки и наковальни для выколотки или браслетного ригеля придаите браслету круглую форму. Концы должны перекрываться приблизительно на 2 см. Эти 2 см или около того (в зависимости от размера браслета) удаляются на следующем этапе при корректировке размера изделия. Это также оставляет достаточно материала для подгонки рисунка в месте соединения.

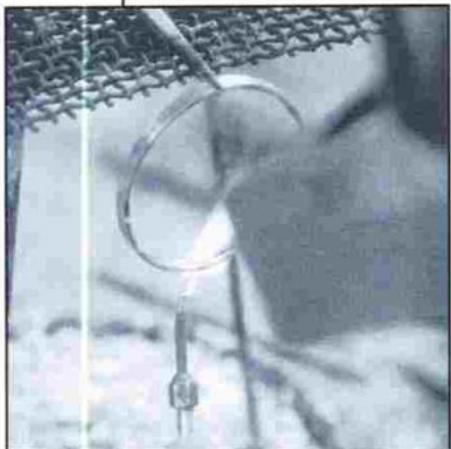
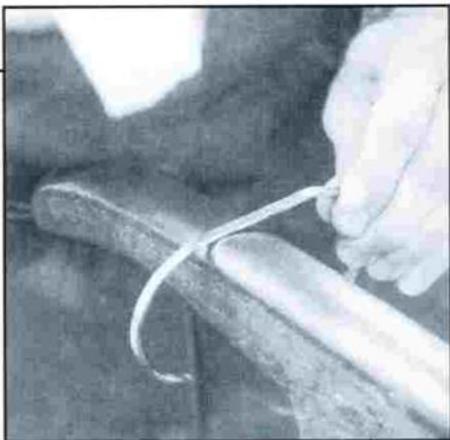


Фото 10. Для бесшовного дизайна отрежьте посередине двух «звездочек», которые формируют этот рисунок, и спаяйте браслет в этой точке. Я предпочитаю спилить концы лобзиком, а затем воспользоваться отрезным диском для идеального выравнивания и параллельности срезов. Идеально совместите концы, используя упругое напряжение в браслете, чтобы плотно удерживать концы вместе. Затем хорошо офлюсуйте и спаяйте туго-плавким припоем.

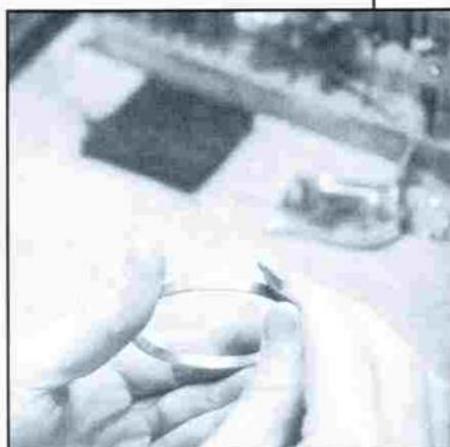


Фото 11. Закончите соединение снятием излишков припоя, затем аккуратно придаите браслету идеальную круглую форму. Опилите и ошлифуйте для придания заключенного гладкого вида, а затем протравите в кислоте для создания на браслете мягкой текстуры.



Фото 12. Готовый браслет был отпескоструен стеклянными шариками и запатинирован в теплом растворе бытового нашатыря и поваренной соли для проявления богатой окраски шакудо. Золото 750 пробы (18К) и шакудо.

Обратите внимание: место соединения находится сверху по центру браслета.

## **Послесловие**

Я убежден, что у техники мокуме впереди долгое и славное будущее, которое может посоревноваться с ее достойным прошлым. Современные мастера, вооруженные новыми достижениями в процессах диффузационной сварки, возросшими знаниями в металлургии, могут создавать наиболее удивительные в истории изделия мокуме наивысшего качества. Не то что бы технология могла заменить инновации в дизайне и настоящее мастерство, скорее технические достижения делают возможными многие вещи, о которых мастера прошлого могли только мечтать. Я вам желаю быть такими же смелыми в технических исследованиях, как и в создании новых дизайннов. Отодвигая границы нашего понимания и использования мокуме гане, вы сможете поддерживать этот уникальный способ обработки металлов живым и свежим.

Очевидно, мокуме - очень многообещающий материал! Это металлы-двигатель, с уникальными жизненными силами в сфере обработки металлов. Это настоящее волшебство; трансформация обычного в необыкновенное, наполненная энергией и имеющая прямое отношение к окружающему нас миру. Мы инстинктивно притягиваемся к мокуме из-за его земного наследия, наше природное чувство эстетики приводит нас к одобрению и использованию этого материала. Прислушивайтесь к своему внутреннему голосу и следуйте туда, куда он вас ведет, требует ли он сдержанности и самообладания или изобилия и невоздержанности. Мокуме может предложить многое, работайте с ним пытливо и умело, и ваши старания вознаграждаются.

# Проблемы и причины их возникновения

Проблема	Причина(-ы)
<b>ПРОБЛЕМЫ С МЕТАЛЛОМ</b>	
<i>Слитки или листы плохого качества</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Неверно сплавленный металл.</li><li>• Загрязненный металл.</li><li>• Перегретый металл.</li><li>• Слишком горячая изложница. (Осыпшие участки).</li><li>• Слишком холодная изложница. (Трешины и холодные спай).</li><li>• Недостаточно прокованный слиток.</li></ul>
<i>Листы скручены или неравномерной толщины</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Непараллельные валки валыцев.</li><li>• Металл прокатан по диагонали.</li><li>• Металл слишком сильно зашлифован или очищен.</li></ul>
<b>ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ СПЛАВЛЕНИИ</b>	
<i>Металл сплавлен неравномерно</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Неравномерная температура сплавления.</li><li>• Металлический брикет очищен неравномерно.</li></ul>
<i>Брикет сплавляется с зажимными пластинами</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Брикет перегрет.</li><li>• Недостаточно защитного покрытия - желтой охры и пр.</li></ul>
<i>Металлы в брикете становятся черными или образуют корку по краям</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Неверная атмосфера сплавления</li></ul>
<i>Брикет скручивается или становится бесформенным</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Брикет перегрет.</li><li>• Брикет случайно сдвинули в фазе эвтектики.</li><li>• Металлы в брикете сдвинули при зажатии в пластинах.</li></ul>
<i>Брикет плохо сплавлен</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Брикет недостаточно нагрет.</li><li>• Неравномерный нагрев.</li><li>• Пластины в брикете окислены или загрязнены.</li><li>• Поверхности пластин неровные.</li><li>• Пластины недостаточно плотно зажаты.</li></ul>
<b>ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПРОКАТКЕ</b>	
<i>Трешины по краям</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Слишком резко снижена толщина</li><li>• Неподходящие металлы или металлы плохого качества.</li><li>• Металлы несовместимой твердости.</li><li>• Края листов не полностью соприкасаются с валками.</li><li>• Недостаточный отжиг.</li><li>• Брикет недостаточно прокован.</li><li>• Края не пропаяны припоеем.</li></ul>

## Проблемы, возникающие при прокатке (продолжение)

Проблема	Причина(-ы)
Зигзагообразные трещины по поверхности	<ul style="list-style-type: none"><li>Неподходящие металлы или металлы плохого качества.</li><li>Изогнутый брикет слишком резко выпрямлен.</li><li>Чрезмерный отжиг, приведший к чрезмерному росту зерен.</li><li>Несовместимые металлы в брикете.</li><li>Брикет недостаточно прокован.</li></ul>
Лист мокуме скручивается	<ul style="list-style-type: none"><li>Неравномерная скорость прокатки или валки разного диаметра.</li><li>Неравномерная твердость металлов.</li></ul>
Трещины во внутренних слоях	<ul style="list-style-type: none"><li>Металл плохого качества.</li><li>Несовместимые металлы в брикете.</li></ul>
Расслоение	<ul style="list-style-type: none"><li>Недостаточная температура сплавления.</li><li>Окисленный металл.</li><li>Загрязнения между слоями.</li><li>Несовместимые металлы.</li><li>Слишком резко снижена толщина.</li></ul>
ПРОБЛЕМЫ С ГОТОВЫМИ ЛИСТАМИ	
Пузыри и вздутия	<ul style="list-style-type: none"><li>Загрязнения между слоями.</li></ul>
Слои в готовом листе непропорциональны толщине первоначальных заготовок	<ul style="list-style-type: none"><li>Перегрев.</li><li>Брикет слишком долго выдержан при температуре диффузии.</li><li>Слои вытравились при травлении.</li></ul>
Границы слоев размыты и нечетко различимы	<ul style="list-style-type: none"><li>Металлы несовместимой твердости.</li><li>Использован листовой металл плохого качества.</li><li>Слишком крупные зерна вследствие недостаточной проковки или прокатки, или чрезмерного отжига.</li></ul>
Исчезнувшие или грязные слои	<ul style="list-style-type: none"><li>Брикет сплавлен при слишком высокой температуре или слишком долго выдержан при температуре сплавления.</li><li>Слои покрыты загрязненной кислотой.</li><li>Чрезмерно тонко прокатанный брикет.</li></ul>
Дырки или трещины в готовом листе	<ul style="list-style-type: none"><li>Рисунок прочеканен слишком глубоко.</li><li>Использованы резцы неверной формы.</li></ul>
Готовый лист мокуме не реагирует на патину	<ul style="list-style-type: none"><li>Гальваническое золочение вследствие внутреннего электролиза при многократном травлении.</li><li>Металл из старого отбела осел на слоях мокуме.</li></ul>

Металл	Состав	Твердость по Виккерсу	Отжиг/окалаждение	Температура соли/уса, °C	Температура ликивуса, °C
Медь (Cu)	99.95% Cu	40V	650	1083	1083
Шакудо	96% Cu, 4% Au		650	938	1057
Куромидо	99% Cu, 1% Au		650	1070	1082
Скульптурная бронза	99% Cu, 10% Zn	51V	425-680	1021	1043
Ювелирная бронза	87.5% Cu, 12.5% Zn	52V	425-760	1004	1035
Желтая латунь	65% Cu, 35% Zn	58V	425-700	1016	932
Латунь Cartridge	70% Cu, 30% Zn	58V	425-760	1027	954
Полугомпак	85% Cu, 15% Zn	56V	425-700	966	999
Нейзильбер	65% Cu, 18% Ni, 17% Zn	82V	590-815	1071	1100
Чистое серебро (Ag)	99.95% Ag	35V	300	961	961
Стерлинговое серебро	92.5% Ag, 7.5% Cu	73V	650	797	897
Серебро 80/20	80% Ag, 20% Cu	77V		778	821
Широ-шибуини	60% Ag, 40% Cu	76V		850	829
Шибуини	25% Ag, 75% Cu			800	870
Куро-шибуини	30% Ag, 80% Cu			778	860
	84% Шакудо			984	1050
	16% Шибуини				
Чистое золото 999 пробы (24K) (Au)	99.95% Au	30V	760	1063	1063
Желтое золото 916 пробы (22K)	91.8% Au, Ag + Cu	58V	760	1000	1031
Желтое золото 750 пробы (18K)	75.2% Au, Cu + Ag + Zn	156V	760	860	879
Зеленое золото 750 пробы (18K)	75.2% Au, Ag + Cu + Zn	120V	760	971	1008
Розовое золото 750 пробы (18K)	75.2% Au, Cu + Ag + Zn	197V	760	889	912
Белое палиадиевое золото 750 пробы (18K)	75.2% Au, Pd + Ag + Zn	104V	815	1118	1203
Желтое золото 585 пробы (14K)	58.5% Au, Cu + Ag + Zn	139V	760	816	843
Зеленое золото 585 пробы (14K)	58.5% Au, Ag + Cu + Zn	104V	760	868	935
Розовое золото 585 пробы (14K)	58.5% Au, Cu + Ag + Zn	124V	760	929	958
Белое палиадиевое золото 585 пробы (14K)	58.5% Au, Ag + Pd + Zn	157V	815	1027	1093
Пашадий (Pd)	99.95% Pd	81V	775	1555	1555
Pd / 5% Рутений	95% Pd, 5% Ru	126V	775	1560	1621
Платина (Pt)	99.95% Pt	52V	775	1773	1773
Платина / 5% Ru	95% Pt, 5% Ru	132V	995		
Pt / 5% Иридий	95% Pt, 5% Ir	80V	995	1779	1790
Pt / 10% Иридий	90% Pt, 10% Ir	117V	995		

### Категории

1. Ювелирные инструменты и инструменты для обработки металлов
2. Оборудование для изготовления ювелирных изделий
3. Промышленный инструмент и оборудование
4. Поставщики драгоценных металлов
5. Поставщики недрагоценных металлов
6. Инструмент и оборудование для работы с черными металлами
7. Книги по ювелирному делу и обработке металлов
8. «Полуфабрикаты» мокуме
9. Щетки из волокна тіса и стекловолокна
10. Поставщики цифровых контроллеров температуры
11. Патины
12. Организации мастеров по обработке металлов

Otto Frei & Jules Borel  
P.O. Box 796  
126 Second St.  
Oakland, CA 94604  
800 772-3456  
<http://www.tztoolshop.com>  
**1, 4, 7, 10, 11**

Euro Tools  
11449 Randall Drive  
Lenexa, KS 66215  
800 552-3131  
<http://www.eurotool.com>  
**1, 7, 10**

Fargostein's  
2505 Poplar Ave.  
Memphis, TN 38112  
800 238-9226; 901 452-8475  
<http://www.fargostein.com>  
**1, 7, 10**

Gesswein Company  
255 Hancock Ave.  
Bridgeport, CT 06605-2405  
800 544-2043; 203 366-5400  
<http://www.gesswein.com>  
**1, 7, 10**

C. R. Hill Company  
2734 W. Eleven Mile Rd.  
Berkeley, MI 48072-3078  
800 521-1221; 248 543-1555  
**1, 6, 7, 9, 10**

Indian Jewelers Supply  
601 E. Cool Ave.  
Gallup, NM 87301-6005  
800 545-6540; 505 722-4451  
<http://www.ijsinc.com>  
**1, 4, 7, 11**

Rio Grande  
7500 Bluewater Rd. NW  
Albuquerque, NM 87121-1962  
800 545-6566; 505 839-3000  
<http://www.riogrande.com>  
**1, 4, 6, 7, 10**

Swest Inc.  
11090 N. Stemmons Frwy.  
Dallas, TX 75229-4544  
800 527-5057; 972 247-7744  
<http://www.swestinc.com>  
**1, 4, 7, 10, 11**

TSI Inc.  
101 Nickerson  
Seattle, WA 98109-1620  
800 426-9984; 206 282-3040  
<http://www.tsijeweltools.com>  
**1, 4, 6, 7, 9, 11**

Metalliferous  
34 W. 46th St.  
New York, NY 10036  
212 944-0909; 888 944-0909  
**1, 4, 6, 7, 11**

Gold International Machinery  
Thurston & Newell  
P.O. Box 998  
Pawtucket, RI 02862-0998  
800 619-GOLD; 401 724-320  
<http://www.goldmach.com>  
**2, 3**

Salvadore Machinery Corp.  
945 Eddy  
Providence, RI 02905  
401 941-1950  
**2, 3**

David H. Fell & Company  
6009 Bandini Blvd.  
City of Commerce, CA 90040-  
2967  
800 822-1996; 323 722-9992  
**4**

T. B. Hagstoz & Company  
709 Sansom  
Philadelphia, PA 19106-3288  
800 922-1006; 215 922-1627  
**1, 4, 6**

Hauser & Miller Co.  
10950 Lin-valle Dr.  
St. Lois, MO 63123-7240  
800 462-7447; 314 487-1311  
<http://www.swestinc.com>  
**4**

Hoover & Strong  
10700 Trade Rd.  
Richmond, VA 23236  
800 759-9997; 804 794-3700  
<http://www.tsijeweltools.com>  
**4**

Stuller Settings, Inc.  
P. O. Box 87777  
Lafayette, LA 70598-7777  
800 877-7777; 318 837-4100  
**1, 4**

Reactive Metals Studio Inc.  
P.O. Box 890  
Clarkdale, AZ 86324  
800 876-3434; 520 6344-3434  
<http://www.callamer.com/ezecho/rms/rms.html>  
**6, 7, 8, 11**

TTI  
P.O. Box 1073  
30 Krupp Dr.  
Williston, VT 05495  
800 235-8367  
**10**

# Источники

J & L Industrial Supply  
P. O. Box 642398  
Pittsburg, PA 15264  
800 521-9520  
<http://www.ljindustrial.com>  
3

Macaw Tool  
5791 Youngquist Rd. #2  
Ft. Myers, FL 33912  
800 648-2643  
<http://www.macaw-tools.com>  
1

MSC Industrial Supply Co.  
75 Maxess Rd.  
Melville, NY 11747-3151  
800 645-7270; 516 812-2000  
<http://www.mscdirect.com>  
3

Atlantic Metals & Alloys  
P. O. Box 589  
Stratford, CT 06615  
203 378-9025  
6

Sheffield Knifemakers Supply  
P.O. Box 741107  
Orange City, FL 32774-1107  
800 874-7007; 904 775-6453  
5, 7

ABANA (Artist-Blacksmith's  
Association of North America)  
P. O. Box 816  
Farmington, GA 30638  
706 310-1030  
<http://www.ABANA.org>  
7, 12

Centaur Forge, Ltd.  
P. O. Box 340-A  
117 N. Spring St.  
Burlington, WI 53105  
414 763-9175  
5, 7

Mike Sakmar  
2470 Melvin  
Rochester, MI 48307  
248 852-6775  
8

A & C Distributors  
3486 Kurtz Suite 102  
San Diego, CA 92110  
800 995-9946  
11

Allcraft  
666 Pacific St.  
Brooklyn, NY 1121  
718 789-2800; 800 645-7124  
1, 6, 7, 9, 10, 11

SNAG  
5009 Londonderry Drive  
Tampa, FL 33647  
813 977-5326; FAX 813 977-8482  
12

Manufacturing Jewelers and  
Suppliers of America  
One State Street  
Providence, RI 02908  
401 274-3840; FAX 401 274-0265  
<http://www.ajm-magazine.com>  
12

## Веб-сайты, посвященные обработке металлов

### <http://www.ganoksin.com>

Лучшее место для начала поиска информации по металлам в интернете.

### <http://www.ganoksin.com/orchid/orchid.html>

Легендарный форум ювелиров и мастеров по обработке металлов.

### <http://www.bonnydoonengineering.com/learn/index.html>

Образовательный раздел Bonny Doon Press Company, содержит статьи по штамповке и многому другому.

### <http://www.silversmithing.com>

Американское Общество Мастеров по Работе с Серебром, источники информации по металлам, галерея работ, ссылки, мастерские и информационные статьи.

### <http://www.blacksmithsjournal.com>

Он-лайн журнал мастеров по работе с металлами.

### <http://wuarchive.wustl.edu/edu/arts/metal/ArtMetal.html>

Проекты ArtMetal, архивы статей ArtMetal.

### <http://www.mindspring.com/~wgray1>

Веб-новости по металлам, ссылки на страницы, связанные с металлами.

### <http://www.mokume.com>

Собственная страница автора книги, включает информацию по работе мастерской и ссылки.

### <http://www.kitco.com/cgi-bin/comments/jewellery/display>

Он-лайн биржевые цены на драгоценные металлы, таблицы перевода, точки плавления и группы обсуждения.

### <http://www.craftweb.com/org/snag.shtml>

Информация о вступлении в SNAG - Общество Североамериканских Ювелиров.

## МОКУМЕ ГАНЕ

### Полный обзор

В этой книге содержится полная информация по технике мокуме гане (металла с древесной текстурой). Стив Миджетт прослеживает ее историю и практическое применение от истоков в Древней Японии до возрождения в наше время цифровых технологий. С помощью других известных мастеров в этой области он дает подробные инструкции для мастеров по обработке металлов и по изготовлению ножей, ювелиров, желающих сделать своими руками высококачественные изделия мокуме. Подробно описывается каждый прием, где свои советы дают лучшие мастера мира. Книга иллюстрирована более 150 цветными фотографиями и содержит 25 страниц с фотографиями готовых изделий. Также приводится вся техническая информация, сопровождающаяся пошаговыми инструкциями, данными по совместимости металлов и температурам сплавления. Все это и многое другое делает книгу "Мокуме Гане. Полный обзор" необходимым инструментом любой мастерской.



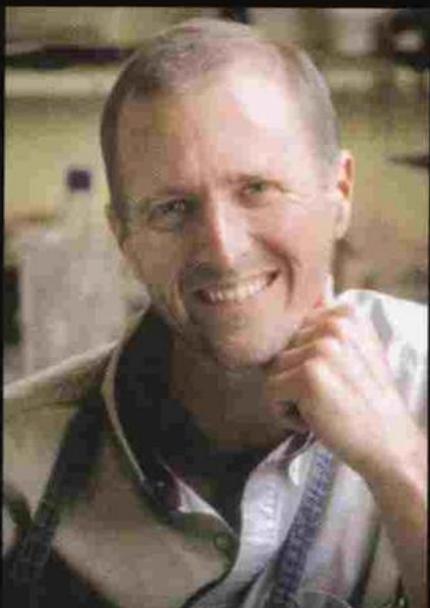
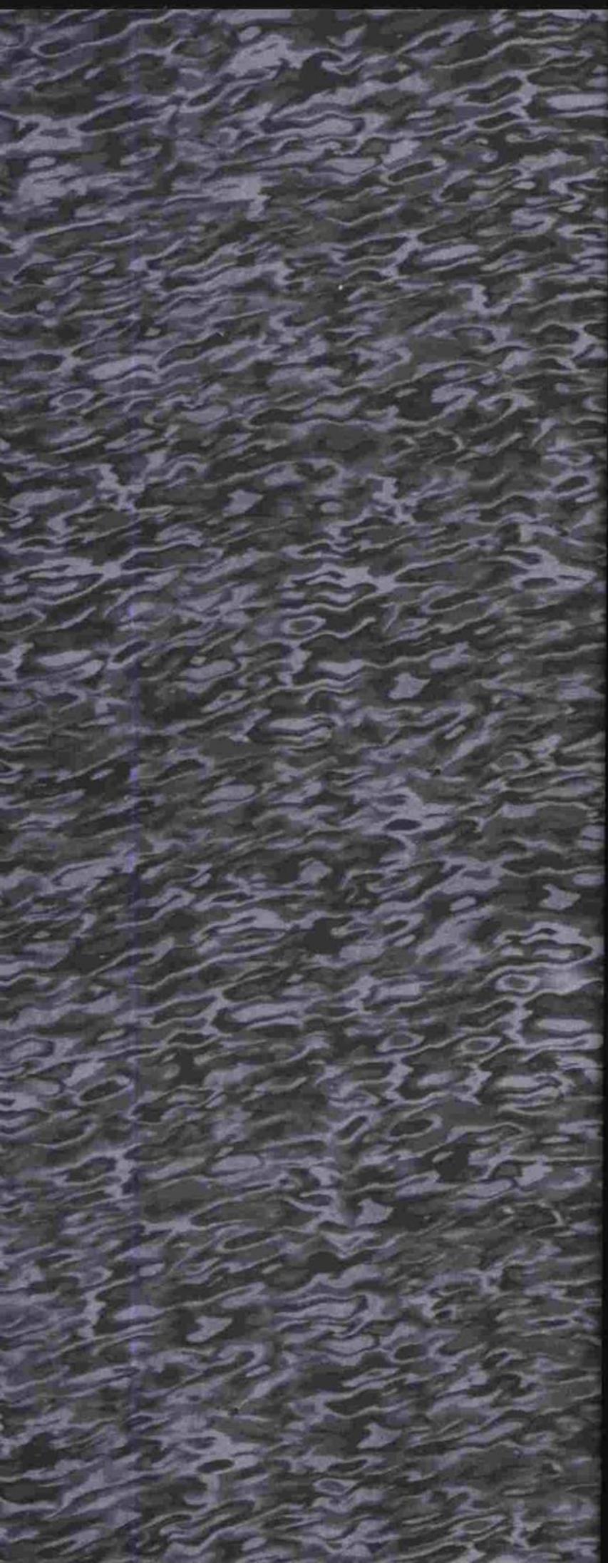
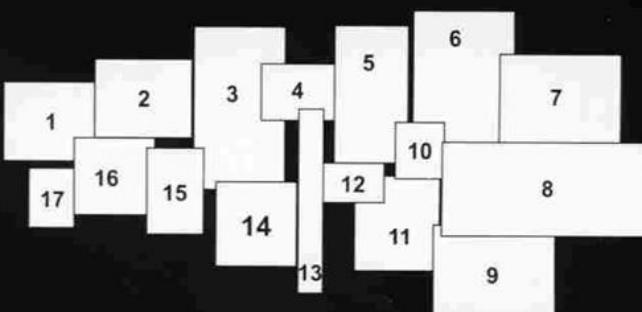


Фото: Терра Роуз Миджетт

Стив Миджетт - признанный во всем мире эксперт по мокуме гане. Его увлечение этой техникой охватывает три десятка лет. Его компания Earthshine Design специализируется на изготовлении ювелирных изделий в технике мокуме с 1989 года. Будучи дизайнером JCK Rising Star и лауреатом Niche Award, Стив ведет лекции и мастер-классы по мокуме гане и является автором книги и видео-курса "Мокуме гане в небольшой мастерской".

Фото на обложке:



1. Фото: TTU Photo Services
2. Фото и автор: Вейн Виктор Митен
3. Фото: Джерри Дэвис - Автор: Джон Маршалл
4. Фото и авторы: Хироко и Юджин Пижановски
5. Фото: Джордж Пост - Автор: Джеймс Биньон
6. Фото: TTU Photo Services
7. Фото: Музей Изобразительных Искусств Бостона
8. Фото: Ларри Сондерс - Автор: Стивен Уолкер
9. Фото и автор: Элистер МакКалтум
10. Фото: Пижановски - Автор: Норио Тамагава
11. Фото: TTU Photo Services
12. Фото и автор: Стив Миджетт
13. Фото: Кевин Монтегю - Автор: Николь ДеШамп
14. Фото и автор: Стив Миджетт
15. Фото: Сью Броудвелл - Автор: Дэвид Броудвелл
16. Фото: Джерри Дэвис - Автор: Джон Маршалл