

Тема:

Заготовительные операции  
ювелирного производства

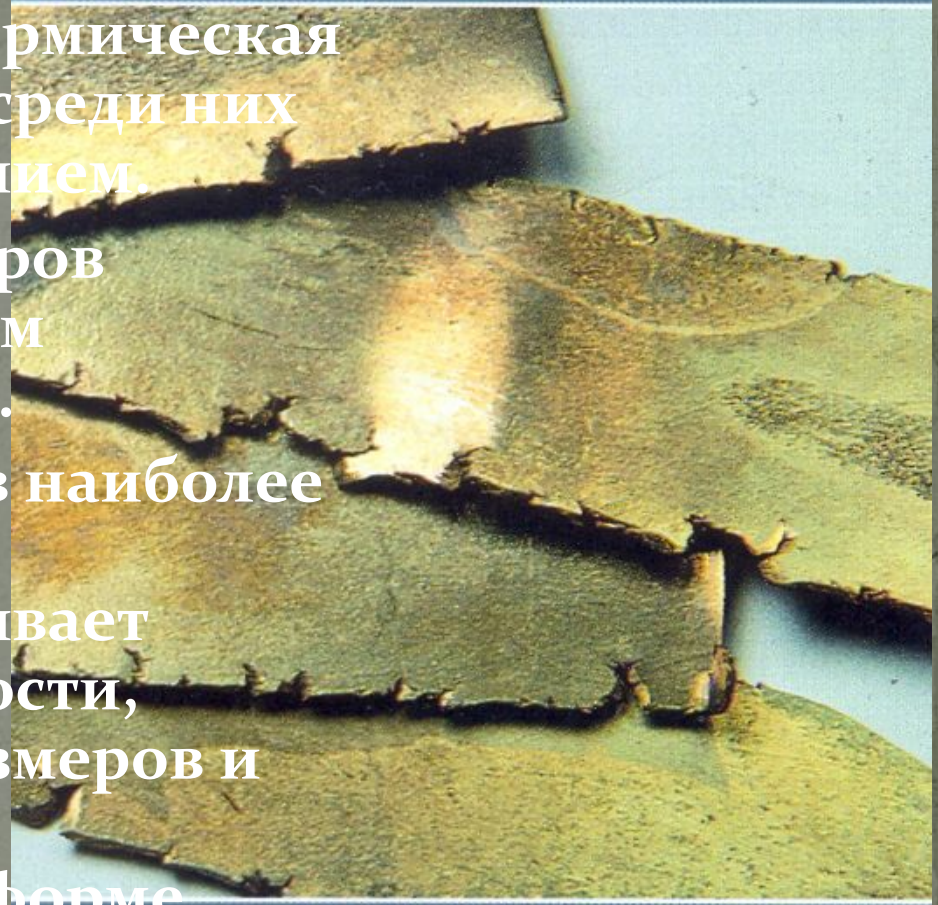
---

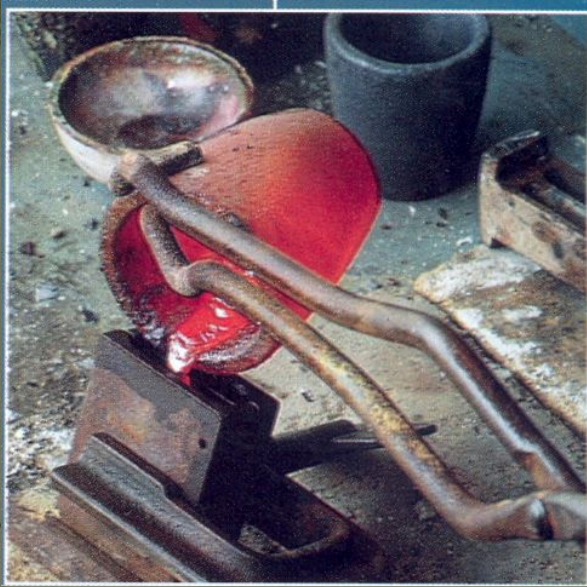
Плавка драгоценных металлов и  
отливка слитков. Инструмент и  
оборудование

- К заготовительным операциям относятся: плавка, прокатка, волочение, штамповка и термическая обработка. Ведущее место среди них занимает обработка давлением.

- Изменение формы и размеров заготовки происходит путем пластической деформации.

- Для драгоценных металлов наиболее распространена холодная деформация. Она обеспечивает высокое качество поверхности, значительную точность размеров и возможность получения различного по величине и форме сечения





# *Плавка металла*



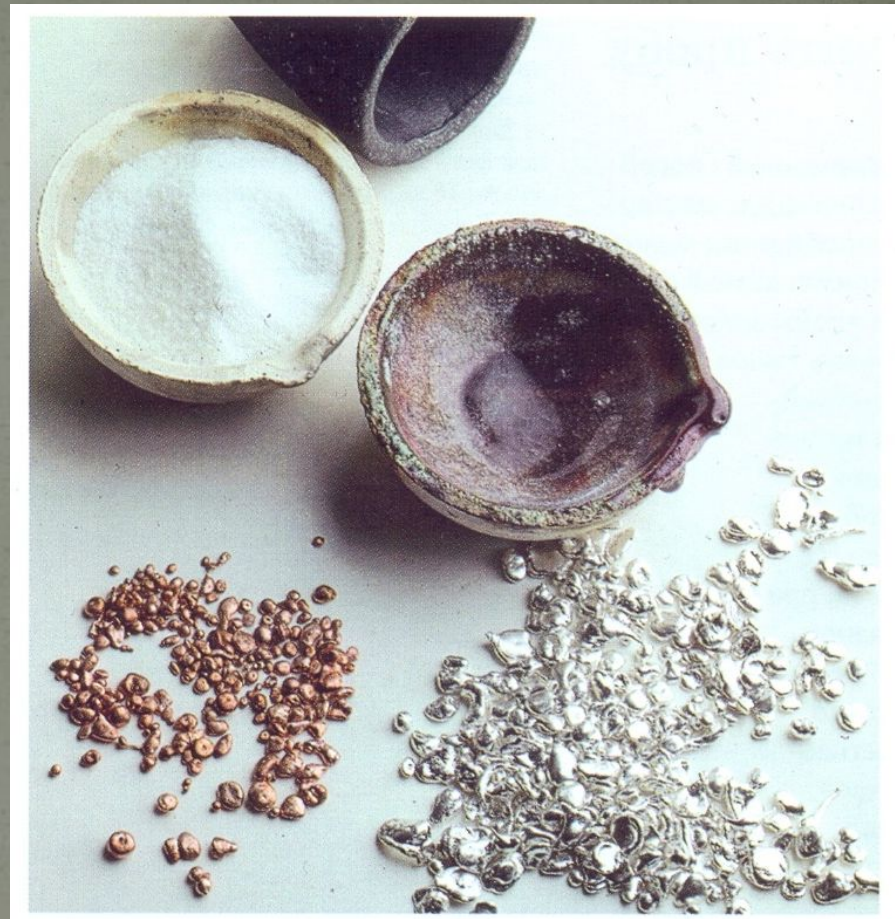
Материал, поступающий в плавку, называется шихтовым, или шихтой.

Шихта может быть в виде чистых металлов, бракованных слитков и изделий, лома, обрезков, стружки и опилок и других отходов ювелирного производства.

Шихтовый материал в зависимости от степени и характера загрязнения подвергается различной обработке.

Отходы драгоценных металлов (опилки, мелкие обрезки, стружка), загрязненные в процессе работы, проходят очистительную обработку и только после этого поступают в плавку.

Шихтовые материалы, загрязненные вредными примесями (металлами, не отвечающими составу сплава; материалами, отрицательно влияющими на свойства сплава, и т.д.), подвергают предварительной плавке, а затем отправляют на аффинажные заводы или на заводы вторичных драгоценных металлов.



Металлургия



# *Очистка Шихты*

Отходы драгоценных металлов, возвращающиеся от рабочих (опилки, стружка, мелкие обрезки и т.д.), не могут быть не загрязнены. Очистительной обработкой этих отходов занимаются сами ювелиры. Собранные опилки прокаливают в муфельной печи для удаления всех сгорающих примесей (дерева, воска, щетины от щеток, бумажной и другой пыли). Остывшую шихту разрыхляют и тщательно промагничивают для извлечения стальных примесей (опилок, обломков лобзиковых пилок и сверл, окалины). Очищенные таким образом отходы драгоценных металлов можно считать подготовленными к плавке для определения слитка на пригодность к дальнейшему использованию.

Сплавляют для различных целей — соединения частей одного металла в один слиток, приготовления сплавов и припоев (легкоплавких, легкотекучих сплавов), освежения сплава и т. д. Плавку драгоценных металлов производят в индукционных печах с графитовым тиглем.

Шихтовый материал загружается в тигель — огнеупорный сосуд плавильной печи, в котором расплавляют металл. Последовательность загрузки зависит от величины и состояния шихты (крупные куски, слитки или мелкие обрезки, стружка и т.д.), состава и температурных характеристик компонентов, входящих в сплав.





# *Порядок загрузки и плавки шихты*

### Расплав из золота нагревают до 1200...1250°C, серебра — до 1100...1150 °C

Для приготовления двойных золотосеребряных сплавов загрузку шихты начинают с серебра. Его загружают на дно тигля, а сверху засыпают золото и расплавку ведут одновременно, если куски шихты приблизительно одного размера. Если же величина шихтовых материалов различна, то загружают сначала крупные куски, а по мере их расплавки добавляют мелкие, серебряные или золотые. Температура нагрева расплава для золотых сплавов с содержанием до 30 % Ag — 1200... 1250 °C, для сплава с содержанием 40...70 % Ag — 1180...1240°C, для сплава с содержанием 80% Ag - 1170...1230°C.

При легировании золота медью (приготовление двойных золотомедных сплавов) плавку шихты начинают с золота. Если величина шихтовых материалов различна, то плавят раньше слитки и крупные куски золота, а затем догружают мелочь. Медь загружают только после того, как полностью расплавится золотая шихта.

Для всех сплавов с содержанием меди в качестве медной лигатуры используют прокат марок не ниже М1.

Расплав, содержащий до 2 % Cu, нагревают до 1190... 1250 °C;

8,4 % Cu — до 1180... 1240 °C; 42,7% Cu — до 1150... 1230°C.

При приготовлении тройных золотосеребряномедных сплавов сначала загружают золото и серебро, а затем в золотосеребряный расплав — медь. Нагрев расплава производится: для сплава 958-й пробы до 1180... 1240 °C; 750 й — до 1180... 1200 °C; 583-й — 1080...1200°C; 500-й — 1070...1160°C; для сплавов 375-й пробы до 1120... 1230 °C. Загрузку золотоникелевомедного сплава начинают с золота.

После его расплавления догружают никель и медь. Тигель нагревают на 150...250° выше температуры полного расплавления. При плавке серебряных сплавов загрузку тигля начинают с серебра и после полного расплавления загружают медь. Для сплавов серебра 875-й пробы и выше температура нагрева 1090...1140°C.

Плавку золотых припоев с содержанием легкоплавких металлов цинка и кадмия можно производить двумя способами:

цинк и кадмий вводят в расплав в последнюю очередь подогретыми до температуры 150 °C

сначала создают промежуточные лигатуры легкоплавких металлов с медью при постепенном нагревании металлов, а затем сплавляют весь набор сплава. \_\_\_

*Защитные покровы, флюсы,  
раскислители*



При плавке драгоценных металлов и сплавов для предохранения расплавов от окисления, насыщения кислородом и другими газами из окружающей среды, а также для верхней теплоизоляции расплавов (для сокращения расходов, теплоты на плавку) применяют следующие защитные покровы: **древесный уголь, буру, борную кислоту, хлористый кальций, хлористый натрий, хлористый калий, хлористый барий.**

Флюсы очищают расплавы от нежелательных компонентов, загрязнений и примесей путем окисления и перевода оксидов в шлаки. В большинстве случаев в качестве флюсов используются те же вещества, что и для защитных покровов.

**Раскислители восстанавливают окисленные компоненты расплава до металлов для повышения его жидкотекучести и качества отливаемых слитков. Для драгоценных сплавов раскислителями являются цинк, фосфористая медь и марганцовокислый калий.** При выборе защитных покровов, флюсов и раскислителей необходимо учитывать характер их взаимодействия с расплавами и отдельными компонентами расплавов. Например, **древесный уголь, один из лучших защитных покровов для серебра и его сплавов, не пригоден для платины, так как платина, металлы платиновой группы и никель, а также сплавы с содержанием этих металлов при плавке подвержены науглероживанию. Недопустимо также применение угля совместно с калиевой селитрой и поташом, так как эти флюсы при нагревании в присутствии углерода образуют взрывоопасные соединения. Древесный уголь может выполнять роль как защитного покрова, так и флюса.**

**Для плавки драгоценных металлов и сплавов лучшим считается хорошо прокаленный березовый уголь.** Температура вспышки угля 250...300°C. Уголь прокаливается без доступа воздуха до вишнево-красного цвета. Хранится в сушильных шкафах при температуре на 20...50° выше температуры окружающей среды. В качестве защитного покрова может быть применен при плавке серебра, серебряно-медных сплавов, золота и золотых сплавов без содержания платины, металлов платиновой группы и никеля.

*Бура (плавная) используется в качестве флюса и защитного покрова при плавке драгоценных металлов. Обладает свойством хорошо отшлаковывать оксиды многих металлов и шлаковых включений. Расплавленная бура обладает хорошей смачиваемостью. Находясь в шихте, она обволакивает нерастворимые тугоплавкие включения и оксиды и поднимает их на поверхность. Переплавленную, мелкоистолченную и прокаленную при температуре 450 °С буру хранят в сухой посуде с притертой пробкой. В качестве флюса и защитного покрова бура может применяться для всех драгоценных металлов и сплавов, как самостоятельно, так и в сочетании с другими флюсами. Для лучшего скольжения расплава по стенкам бурой покрывают рабочую часть тигля. Борная кислота (плавная) используется в качестве флюса при плавке золотых сплавов. Буру или борную кислоту засыпают на дно прогретого тигля до загрузки шихты, таким образом смачивая частицы металла до начала их окисления.*

*Смесь поташа с бурой (1:1 по массе) применяют как флюс при очистительных плавках. Смесь должна быть прокалена. Флюс вводят порциями. При загрязнении шихты нежелательными металлами применяют смесь буры с калиевой или натриевой селитрами. При плавке драгоценных сплавов с селитрой можно повысить пробу сплава до 20 ед. При плавке с селитрой шихту нагревают под покровом буры до температуры отливки и в расплав двумя- тремя приемами вводят селитру.*

*Другие флюсы — хлористый кальций, хлористый барий, хлористый натрий, хлористый калий — также применяют при очистительных плавках. Свойства и действие флюсов однотипны. Температура плавления 772...925°С. Образуют хорошие защитные покровы для сплавов с температурой плавления до 1300°С.*

*Хлористый кальций, хлористый барий, хлористый натрий или хлористый калий, как и буру, применяют в переплавленном, измельченном и прокаленном виде.*

*Лучший раскислитель для золотых сплавов — цинк. Его вводят из расчета 0,05...0,1 % от массы шихты. Для серебряных сплавов используют фосфористую медь*

# Процесс плавки

Перед загрузкой шихты в тигель следует проверить исправность плавильной системы и подготовить для отливки слитка изложницы. Тигель перед загрузкой в него металла прогревают, на дно прогретого тигля засыпают флюс из расчета 1 % от массы шихты. Затем в тигель загружают шихту и задают нужную температуру. После расплавления шихты расплав покрывают небольшим количеством свежего флюса и перемешивают. Не понижая температуры нагрева, расплаву дают отстояться, чтобы флюс отшлаковал ненужные оксиды и примеси, вводят раскислитель.

В расплавы припоев и сплавов, содержащих цинк, раскислитель не вводится в связи с достаточным количеством компонентов, выполняющих роль раскислителя.

Изложницы, нагретые до 100°C для удаления следов влаги, натирают технологической смазкой и устанавливают для отливки. После этого расплав отливают через сливной желоб тигля в изложницы, и после полной кристаллизации и выдержки слиток извлекают.

На предприятиях, оборудованных плавильными комплексами, плавку и отливку производят в центробежных или вакуумных установках. В условиях мастерских, не оборудованных плавильными печами, шихту нагревают газопламенной горелкой.



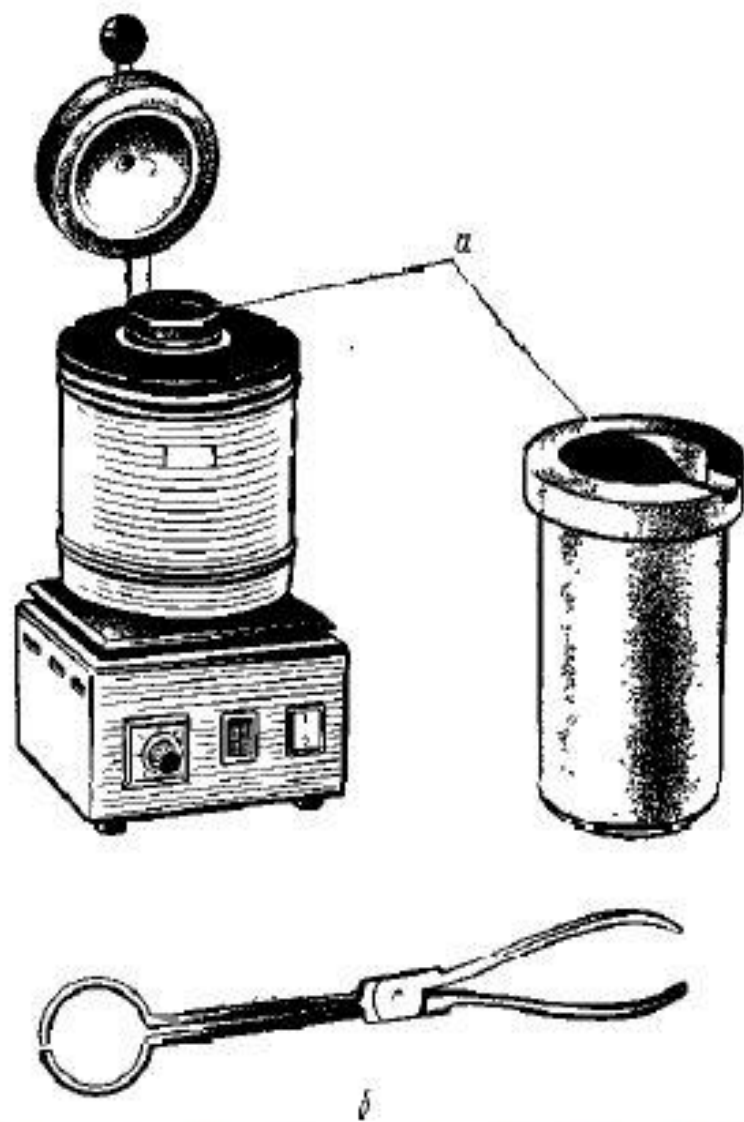


Рис. 17. Современная малогабаритная плавильная установка емкостью тигля до 1 кг золота:  
а — графитовый тигель, б — клещи (захваты) для тигля









ТИГЕЛЬ



ИЛОЖНИЦА (ИНГУС)



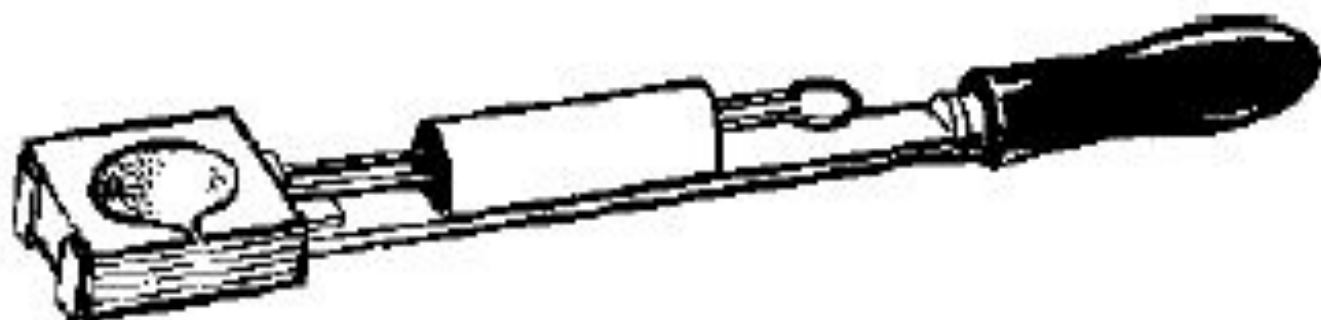
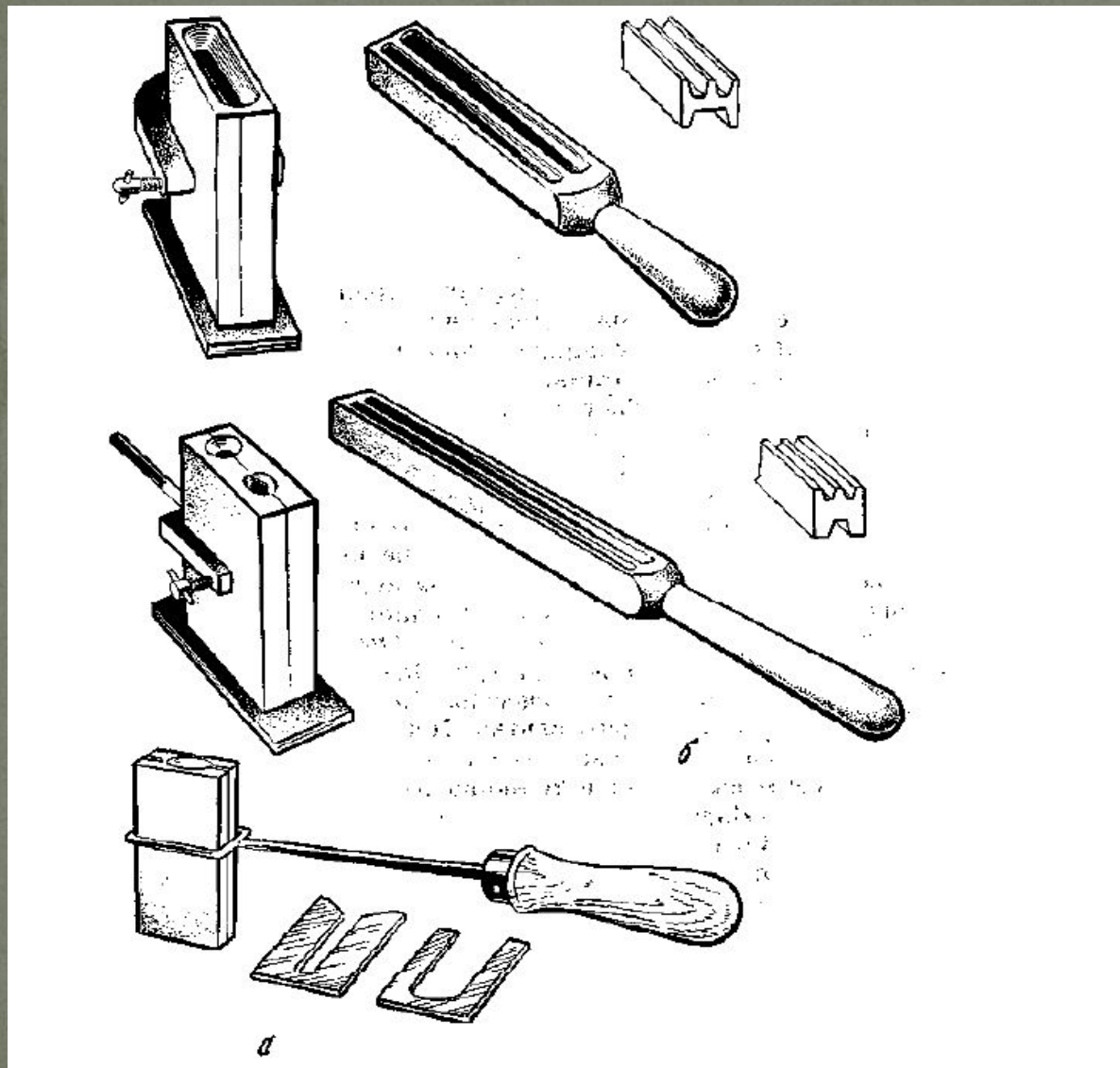


Рис. 18. Приспособление для удержания шамотной или асбестовой плиты (тигелька) в процессе ручной плавки и отливки

Изложница, или ингус, представляет собой металлический брусок с выфрезерованным пазом по форме будущего слитка. Не рабочая стенка изложницы делается выше, она служит экраном, направляющим расплав в паз. Размеры изложниц и толщина их стенок зависят от размеров слитка. Изложницы для горизонтальной отливки делают сплошными. Они могут иметь несколько ячеек. Для вертикальной отливки изготавливают разъемные изложницы, с заливной воронкой с торца. Изложницы рекомендуется делать из серого гематитового чугуна с малым содержанием примесей серы и фосфора или низкосортных сталей (как правило, разъемные).







Изложницы  
для отливки  
слитков:  
а — сборные,  
для  
вертикально  
й отливки, б  
—  
для  
горизонталь  
ной отливки



Изложницы  
для  
горизонтально  
й отливки и  
клещи

**Плавку проводят в специальных тигельках (плошках), рассчитанных для массы металла не более 30 г.** Плошки изготавливают из смесей на основе огнеупорной глины, каолина, графита, шамота. В этих же целях можно использовать шамотный кирпич или кусок древесного угля, обмазанного огнеупорной глиной. Используют также плошки из кварцевого стекла. Но самой доступной в любых условиях является плошка, изготовленная из асбестового картона толщиной 6...8 мм.

Обрезанный по размеру картон увлажняют и придают ему форму легкого прогиба (углубление не должно превышать 6...7 мм, чтобы не создать эффект отраженного пламени), сушат и перед плавкой глазурируют бурой.

Асбестовый тигелек выдерживает 3...4 плавки.

Однако все эти тигельки недолговечны, застывающая бура отслаивает глиняную обмазку, а кварцевый тигелек сразу после отливки резко охлаждают в воде, иначе бура, остывая, разрывает поверхность кварца. Плавку припоя в плошках осуществляют с добавлением легкоплавкого компонента под слегка пристывший слиток с продолжением плавки

Слитки трехкомпонентных сплавов «золото — медь — серебро» при охлаждении ниже 450 °С сохраняют первоначальную кубическую гранецентрированную решетку и свойства твердого раствора, поэтому слитки необходимо подвергать резкому охлаждению. Это придает им мягкость и пластичность. **Для отливки слитков драгоценных металлов используют чугунные и стальные изложницы.**

*Изложницы прокаливают до температуры 500...550°C с технологическими смазками.*

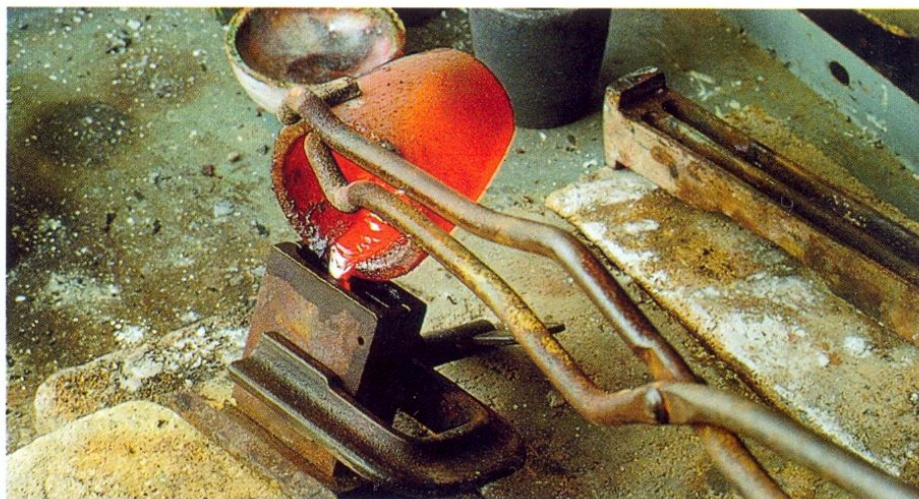
*Роль технологических смазок — обеспечить хорошее качество отливаемых слитков, т. е. хорошее растекание расплава по ячейке, препятствовать образованию раковин и наплывов и пригоранию расплава к стенкам изложницы. В качестве смазок употребляют: льняное, конопляное, подсолнечное, веретенное и машинное масла, пчелиный воск и водную эмульсию молотого мела. Перечисленные масла рекомендуются для отливки слитков из серебра, золота и припоев. Если смазку производят непосредственно перед отливкой, то перед использованием масло обязательно обезвоживают кипячением на водяной бане при ПО... 120 °С в течение 2 ч. Смазку наносят тонким слоем на рабочую поверхность изложницы, подогретой до температуры не более 100 °С.*

*Пчелиный воск — одна из лучших смазок. Используется в тех же случаях, что и масла. Наносится на рабочую поверхность изложницы, нагретой до 50...70°C.*

*Водная эмульсия молотого мела применяется при отливке высокотемпературных металлов и сплавов — золота, платины, палладия. После нанесения слоя эмульсии на рабочую поверхность изложницы, нагретой до 150...200°C, ее тщательно просушивают до полного удаления влаги. Просушенную изложницу рекомендуется прокалить при температуре 550°C, тогда изложница выдерживает более 100 заливок. Делают это заранее, так чтобы к моменту отливки изложница имела рабочую температуру 150...200°C.*



▲ 1. Металлы можно сплавлять в печах различных типов. Здесь показана газовая печь с поддувом электро-вентиляторами и внутренним графитовым тиглем.



▲ 2. Заливка расплавленного металла в подходящую форму, здесь используется листовая изложница.



◀ 3. Для изготовления проволоки металл заливают в специальную изложницу. Важно, чтобы в момент заливки металла изложница была горячей. Если это не так, металл вследствие термального шока будет выплескиваться.



▲ 4. Застывший в изложнице металл называют слитком на этом этапе процесса. Перед работой слиток отбеливают.



▲ Слитки в отбеливающем растворе серной кислоты. Свинцовые емкости стойки к нагреванию и ударопрочны.

И ЕЩЕ













Перед Сплавлением Опилок

**И**спользуйте лигатуры, состоящие из металлов максимальной чистоты. Тщательно следите за своими тиглями. При плавлении в новом тигле подготовьте его, предварительно расплавив в нем буру или флюс. Покройте стенки тигля защитным слоем флюса. Тогда металл будет легче течь при заливке.

Перед сплавлением опилок отсортируйте их от всего остального, что может попасть в поддон для сбора опилок. Отделите чистые опилки от опилок с остатками припоя. Чистые можно сплавлять, как они есть, но сначала проведите

➤ Поворачивайте тигель, чтобы флюс полностью покрыл внутреннюю поверхность.



▼ Тигель готов для плавки.



по ним магнитом, чтобы извлечь из них частицы железа.

Если опилки очень загрязнены (когда на них большое количество припоя, например, или они содержат частицы олова или свинца), лучше отправить их на аффинажное предприятие. Это не так дорого и позволяет избежать проблем с поддержанием пробы сплавленного металла.

При сплавлении опилок нагрейте их на сковороде или любой другой подходящей емкости и проведите по ним магнитом, чтобы удалить частицы железа. Если опилки золотые, поместите их в крепкий раствор азотной кислоты, чтобы растворить медь, серебро и латунь. Когда реакция с кислотой остановится, что может занять несколько часов, слейте кислоту или перенесите их в емкость с дистиллированной водой. Их можно плавить, используя смесь буры и пищевой соды в равных долях.

Важен способ, каким опилки плавятся. Смешайте в тигле довольно большое количество буры и пищевой соды, чтобы получилась жидкая расплавленная



масса. Таким образом, маленькие частички металла осядут на дне тигля, а не останутся во взвешенном состоянии. Осторожно помешайте металл графитовой палочкой. После сплавления рекомендуется произвести химический анализ металла, чтобы определить степень его чистоты. При работе с драгоценными металлами важно, чтобы при приготовлении нового сплава его не загрязняли другие металлы и прочие вредные вещества.

Работая с золотом или серебром, насколько это возможно, избегайте контакта с такими металлами, как свинец, олово и алюминий. Такое мизерное количество, как 1 грамм свинца, может загрязнить килограмм золота. Золото можно аффинировать, но потери будут неизбежны.

Постоянно следите за тем, чтобы ни один из вышеперечисленных металлов не попал в лоток с опилками, когда вы работаете за верстаком. Представьте, что вы плавите золото, и кусочек олова незаметно попал в тигель. Случайное смешивание золота с оловом при прокатке в вальцах приводит к образованию маленьких, видимых глазу трещинок. Золото будет трескаться, и с ним нельзя будет работать. Металл



будет находиться в загрязненном состоянии, и это одна из самых серьезных проблем, с которыми приходится бороться ювелиру.

▲ Небольшие кусочки железа от ювелирных пилок, надфилей и сломанных фрез обычно попадают в лоток вместе с крошечными опилками драгоценных металлов. Для извлечения железа воспользуйтесь магнитом.



▲ Загрязненное золото

При прокатке в вальцах на загрязненном золоте появляются небольшие трещинки. Металл растрескивается, и с ним становится невозможно работать. В некоторых случаях о загрязненности металла вы можете судить по звуку, который он издает при падении на твердую поверхность. Звук меняется на более глухой по сравнению с тем, когда металл находится в хорошем состоянии.