

РАЗВИТИЕ МАЛОТОННАЖНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ОСОБО ЧИСТЫХ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ГНУ ФТИ НАН БЕЛАРУСИ

Купченко Г.В.

После распада СССР у многих предприятий Республики Беларусь возникла проблема обеспечения материалами, изделиями и полуфабрикатами из особо чистых цветных, драгоценных металлов и сплавов, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками. Для электроники необходимы мишени на основе высокочистого алюминия прецизионно легированного кремнием, медью, титаном, на основе высокочистых меди, серебра, никеля, палладия, платины, для предприятий «Белнефтехима» - платинородиевый прокат, платиновые тигли, серебряные фильерные плавители. При таком разнообразии металлов и изготавливаемых из них полуфабрикатов и изделий стала актуальной организация полного замкнутого цикла металлургического производства: от лома до готового изделия. Этот цикл включает выплавку металла и получение высококачественного слитка, прокатку, волочение с промежуточными отжигами, формообразование, сбор отходов и повторный переплав. Применение новых металлургических приемов и операций потребовало глубокой проработки технологии производства с привлечением теории металлургических процессов и физической химии металлургического производства.

Методы выплавки сплавов. Для выплавки используются высокочастотные вакуумные индукционные печи мощностью 100 кВт и частотой 2400 и 8000 Гц. Эти печи обладают многими достоинствами. В них можно нагревать совершенно различные материалы. Тепловой режим печей легко поддается регулированию.

Одним из методов металлургии высокочистых материалов является точное литье с направленной кристаллизацией. Именно эта комплексная технология положена в основу разработок ФТИ НАН Беларуси по данному направлению. Перемещение в кристаллизуемой мишени границы раздела жидкое - твердое вдоль изделия позволяет устранить междендритную пористость, раковины, пустоты, сформировать в изделии специфическую ориентированную кристаллическую структуру. В результате проявления гравитационных эффектов и перемещения фронта кристал-

лизации происходит оттеснение оксидных и неметаллических включений в верхнюю отрезаемую часть прибыли, тем самым достигается требуемая чистота материала. Вследствие контролируемого затвердевания заготовка мишени получается плотной и бездефектной. Такая технология реализуется на вакуумной печи ИФВ - 0,01 ПИМ1 емкостью 15 кг. Схема печи приведена на рис. 1.

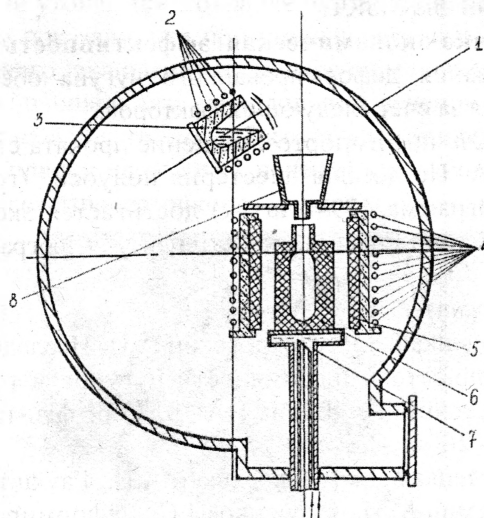


Рис. 1. Схема установки для направленной кристаллизации: 1 - вакуумная камера; 2 - плавильный индуктор; 3 - плавильный тигель; 4 - кристаллизационный индуктор; 5 - графитовый нагреватель; 6 - графитовая изложница; 7 - водоохлаждаемый шток; 8 - заливочная чаша

Важным звеном в технологии получения высокочистых металлов являются огнеупорные материалы. Для выплавки и направленной кристаллизации к тиглям и изложницам предъявляются жесткие требования: расплав и материал тигля и изложницы не должны взаимодействовать друг с другом и давать химических реакций, примеси не должны переходить в расплав, расплав не должен смачивать плавильную и литейную оснастку, изделия не должны сцепляться с формой, материал тигля и изложницы должен обладать высокими огнеупорностью, температурой плавления и термостойкостью. И наконец самое важное требование - высокая чистота используемых материалов,

как правило, $1 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-4}$ масс. % и их достаточная химическая стабильность.

Для выплавки алюминия, меди, серебра и их сплавов используются тигли и изложницы из плотного графита марки МГОСЧ, для выплавки сплавов на основе никеля – тигли на основе высокоглиноземистых огнеупоров, а для выплавки сплавов на основе хрома и платины применяются тигли из двуокиси циркония стабилизированной оксидом кальция. Платина и ее сплавы разливаются в медную водоохлаждаемую изложницу.

Важнейшей причиной получения некачественных слитков является взаимодействие расплавленного металла с газами, что приводит к образованию пор в слитках. При пластической деформации газовые раковины и поры вытягиваются, уменьшаются в объеме, а при рекристаллизационном отжиге, вследствие увеличения давления в них, на полуфабрикатах появляются вздутия поверхностного слоя. Кроме того, при прокатке, вытяжке или волочении в местах образования газовых пор образуются трещины. Поэтому все процессы выплавки сплавов ведутся в вакууме, а разливка и направленная кристаллизация – в среде аргона или азота.

Исследованы три метода плавки и разливки особо чистого алюминия марки А995: 1) плавка и разливка в вакууме; 2) плавка и разливка в среде инертного газа; 3) плавка в вакууме, заливка в изложницу в защитной среде. Во всех случаях форма с расплавом выводится из зоны нагрева со скоростью $40 \div 50$ см/час. Плавка, разливка и направленная кристаллизация в вакууме $1 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст. приводят к образованию множества газовых пор, вытянутых вдоль слитка. Плавка и разливка в защитной среде также не обеспечивают получения плотной отливки. Таким образом, как показали исследования, только вакуумированием, а также плавкой и заливкой металла в среде нейтрального газа высокое качество слитка не достигается. До сих пор не находят объяснения явление образования многочисленных пузырей при плавке, разливке и направленной кристаллизации в достаточно высоком вакууме. Оптимальным режимом получения плотных отливок является выплавка в вакууме, а разливка и направленная кристаллизация в среде инертных газов. Технология используется применительно к алюминию, меди, серебру и их сплавам.

Пластическая деформация и формообразование. Для получения плоского проката используются двухвалковые прокатные станы с шириной

валков 200, 250 и 300 мм. Прокатка осуществляется как в холодную, так и в горячую. При формообразовании сложнопрофильных изделий используются технологии гидроударной штамповки и раскатки.

Разработаны и освоены уникальные для РБ технологии малотоннажной металлургической переработки особо чистых цветных и драгоценных металлов и сплавов. Для электронной и радиотехнической промышленности (НПО «Интеграл», УП «Завод «Транзистор», РУП «Завод «Горизонт») освоена поставка мишеней различной конфигурации из алюминия А995, сплавов АК1, АК1,5, АК1М05, никель - ванадий, высокочистых меди, серебра, палладия, платины (рис. 2 а). Организовано производство по переработке драгоценных металлов и сплавов и изготовлению из них полуфабрикатов и готовых изделий – плоский прокат, тигли с крышками, стаканы, детали спецоборудования, проволока, прутки и др. (рис. 2 б).

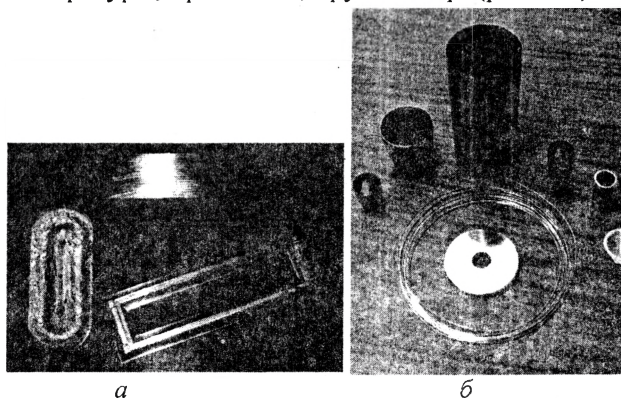


Рис. 2. Детали, получаемые по технологии малотоннажной металлургии

Выполняются заказы, подчас уникальные, для таких предприятий, как полоцкое ПО «Стекловолокно», ювелирное производство гомельского ПО «Кристалл», предприятия строительной индустрии, ПО «Беларуськалий», БМЗ, минское ПО «Кристалл», борисовский хрустальный завод, лидский завод «Оптик» и др. Кроме того, проводятся исследования, на основании которых будет возможно освоение производства новых видов продукции для промышленности Республики Беларусь. Так, разрабатывается технология изготовления сложных по конфигурации серебряных фильерных плавителей для производства химических волокон. В рамках ГНТП «Технологии» разрабатывается техпроцесс изготовления и восстановления сложнопрофильных мишеней из особо чистого алюминия с непосредственным охлаждением для магнетронов QuantumTM.

Малотоннажное металлургическое производство, научной основой которого явились разработки в области металловедения направленно кристаллизованных сплавов с особыми свойствами, обеспечивает существенный экономический эффект, связанный с экономией валюты за счет ис-

ключения импортных закупок катодов различной номенклатуры, продукции из благородных металлов. Значительно повышен коэффициент использования дорогостоящих высоко- и особо чистых цветных металлов за счет реализации их многократного металлургического передела.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЙ – ГРАФИТОВЫХ КОМПОЗИТОВ

Ласковнев А.П.

Разработанные Физико-техническим институтом в конце 90-х годов XX века «Сплавы антифрикционные с порошковым наполнителем» (ГОСТ 30598-98) положили начало массовому применению подшипников скольжения композиционного типа. Этому предшествовали исследования ученых по введению в качестве структурных составляющих алюминиевых сплавов частиц графита, сульфидов, фторидов и других соединений использующихся как твердые смазки. Образуя на поверхности вторичные структуры тонких адгезионных пленок названные материалы резко повышают антифрикционные показатели подшипника на основе алюминия. Низкий коэффициент трения материалов на основе алюминия, например, с вкраплениями графита, объясняется легким расслоением последнего по плоскостям скольжения, а также способностью адсорбировать на поверхности влагу и газы. Поверхностная пленка, которая образуется при этом, обладает значительными силами молекулярного сцепления с металлами, сохраняя ориентацию кристаллической структуры. Сила сцепления пленки с матрицей подшипника настолько высока, что она не разрушается даже при изменении направления движения трущихся деталей и, не удаляется промывкой растворителями. Это позволяет предотвратить схватывание трущихся поверхностей в условиях недостаточной подачи смазки (граничное и полусухое трение).

Внедрение в производство нового материала всегда связано с удовлетворением требований инженеров-проектировщиков по универсальности применения. А это ставит перед исследователями новые задачи по повышению физико-механических характеристик материала. В литом подшипнике на основе силумина (АК5М4, АК5М7 и др.) с частицами графита большую роль в «организации» антифрикционных свойств играет и

окисная пленка, попадающая в расплав при растрескивании алюминиево-графитовой лигатуры. Окисная пленка, присутствующая на частицах алюминия, предотвращает заволакивание пор под нагрузкой, удерживает форму подшипника, выступая в роли «каркасной» сетки. При получении композиционных втулок на основе алюминия с частицами твердой смазки (графит) сохраняются высокие антифрикционные свойства материала. Однако литой силумин с включениями графита имеет низкие механические свойства, поэтому его массовое применение началось с ненагруженных узлов трения (втулки распредвала, насоса ДВС и т.п.). Применение втулок скольжения в тяжело нагруженных узлах трения затруднено из-за склонности алюминия к ползучести при повышенных температурах эксплуатации. Одно из решений такой проблемы - применение приемов обработки давлением, но традиционное выдавливание втулок из заготовок любой формы усложняется растрескиванием заготовок под действием растягивающих напряжений при их выходе из очага деформации. Рассматривая схемы прессования через цилиндрическую матрицу на игле, закрепленной на столе пресса были разработаны несколько способов получения заготовок истечением в кольцевой зазор образованной матрицей (контейнером) и иглой (рис. 1).

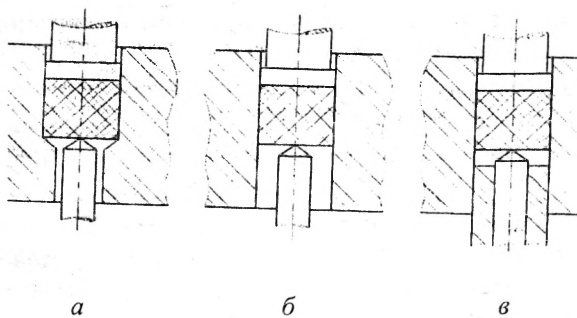


Рис. 1. Прессование на игле