

Г.В. Купченко, д.т.н., зав. лаб.

А.В. Майонов, к.т.н.

В.С. Петраковский, к.т.н.

О.А. Поко, к.т.н.

Физико-технический институт НАН Беларуси

О МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ИЗ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Рассмотрены основные направления малотоннажной металлургии благородных металлов в Республике Беларусь. Описаны методы их вакуумного переплава с привлечением направленной кристаллизации и пластической деформации, указаны основные применения технологий для восстановления и изготовления оснастки и инструмента.

Введение. Рынок изделий из высококочистых и благородных металлов и их сплавов в Беларуси достаточно обширен, и потребляют их такие отрасли, как нефтехимия, металлургия, электротехническая промышленность, электроника, приборостроение и др. Такие металлы используются преимущественно в виде плоского проката, проволоки и прутков, сеток и труб, контактов и контактных изделий, лабораторной и промышленной аппаратуры. Потребность в высококочистых цветных металлах колеблется от нескольких килограммов до нескольких тонн и традиционно поставлялись они из России. Однако с 90-х годов перед республикой встал ряд проблем по обеспечению предприятий изделиями из чистых цветных металлов и сплавов на их основе, т.к. их поставки из России сократились в десятки раз. К примеру, число партнеров – заказчиков по СНГ у специализирующегося на переработке высококочистых и драгоценных металлов Екатеринбургского завода спецсплавов сократилось со 180 до десятка [1]. Эта тенденция коснулась и Беларуси, перед которой остро встала проблема переработки лома высококочистых металлов, в том числе благородных, с последующим изготовлением изделий промышленного назначения.

Основная часть. На базе Физико-технического института Национальной академии наук организовано производство по переработке лома драгоценных металлов и изготовлению полуфабрикатов и изделий различной номенклатуры. В основу

© Г.В. Купченко, А.В. Майонов, В.С. Петраковский, О.А. Поко, 2007

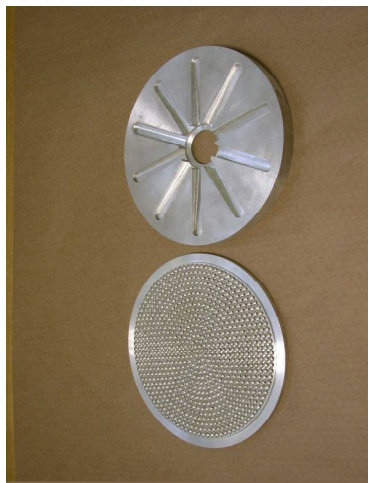
производства легли разработки ученых института в области плавки, литья и обработки металлов давлением. Создание новых металлургических приемов и технологий потребовало детальной проработки каждого этапа технологии производства с привлечением теории металлургических процессов и физической химии металлургического производства.

Разработанные комплексные технологии, основанные на сочетании точного литья, направленной кристаллизации, пластического деформирования, формообразования, позволяют излома драгоценных металлов производить и поставлять предприятиям республики продукцию многофункционального назначения – полуфабрикаты, лабораторную посуду, катоды-мишени, элементы спецоборудования и т.д.

Очевидно, что каждый вид изделия и его материал коренным образом влияют на построение технологического маршрута его изготовления. Сравнительная сложность и длительность подготовки производства, а также высокая стоимость оснастки (особенно штампов при проектировании процессов обработки металлов давлением) требуют тщательной разработки технологических процессов и обоснованного выбора технически рационального и экономически наиболее эффективного варианта технологического процесса, соответствующего данному масштабу производства. Разработка технологических процессов, даже кажущиеся на первый взгляд самыми простыми, особенно если они проектируются на предприятии впервые, всегда требует уточнений и доработки в процессе отработки технологии. Как правило, приходится моделировать технологический процесс, чтобы сократить потери времени и средств на разработку. При создании технологии изготовления изделий из благородных металлов и сплавов моделирование на металлах-аналогах (алюминий, медь, латунь) является практически обязательным в силу высокой стоимости материала и недостаточности информации по драгметаллам и режимам их обработки.

Это в полной мере подтверждают приведенные в статье данные по технологии изготовления двух видов изделий – фильерных плавителей, используемых в прядильных машинах при производстве синтетических нитей в химической промышленности, и платиновой лабораторной посуды.

Фильерные плавители представляют собой массивные (до 5 кг) серебряные диски с множеством (до 1200) регулярно расположенных отверстий диаметром 3,5 мм (рис. 1, а).



а



б

Рис. 1. Внешний вид производимых изделий:
а – серебряные фильтрные плавители; б – продукция из платины

К деталям предъявляются высокие требования по компактности. Междендритная пористость приводит к браку и обрывности нитей, внутренние пустоты ухудшают теплопроводность, что искажает температурный режим плавления полимера. Так как литые заготовки для плавителей достаточно массивны, повторные переплавы могут повлечь за собой существенные безвозвратные потери серебра. Кроме того, создание здорового слитка является решающим условием последующего получения качественного полуфабриката или изделия. Поэтому проведен комплекс исследований по оптимизации способа, конструкции плавильной и литейной оснастки, форм и кокилей для формирования качественной заготовки детали. Для выплавки используются высокочастотные вакуумные индукционные печи мощностью 100 кВт и частотой 2400 Гц, тепловой режим которых легко поддается регулированию.

Одним из методов металлургии высокочистых материалов является точное литье с направленной кристаллизацией. Вакуумная плавка в сочетании с направленной кристаллизацией слитков является радикальным способом устранения пористости. Создаются благоприятные условия для свободного оттеснения растворенных и захваченных при литье газов перемещающейся границей жидкое –

твердое. В этом и заключается принципиальное преимущество литья с направленной кристаллизацией, которое обеспечивает получение высококачественных слитков и изделий, практически идеально плотных, без усадочной и газовой пористости. Минимизируется ликвация и вызываемая ею неоднородность слитков по химсоставу. В результате проявления гравитационных эффектов и перемещения фронта кристаллизации происходит оттеснение оксидных и неметаллических включений в верхнюю отрезаемую часть прибыли, чем достигается требуемая чистота материала. Вследствие контролируемого затвердевания заготовка получается плотной и бездефектной. Дальнейшая пластическая деформация отливок из серебра, сплавов CrM960 , CrM925 , ПСr72 , изготовленных методом направленной кристаллизации, показала полное отсутствие в них таких дефектов, как усадочная раковина и газовые поры, а выход годного проката в виде листа толщиной 0,5...1 мм составил ~ 90 % от общей массы слитков. По такой технологии изготовлены пластины, использованные при воссоздании раки Святой Евфросинии Полоцкой.

Однако нельзя не учитывать, что плавка в вакууме сопряжена со значительными безвозвратными потерями благородных металлов. Естественно, потери можно уменьшить, понижая вакуум и сокращая время вакуумирования расплава. Установлено, что для серебра и его сплавов целесообразно разогреть шихты и ее расплавление производить в графитовом тигле в форвакууме. Затем камера заполняется азотом, который обладает пассивностью диффузии в драгоценных металлах (для серебра и его сплавов до 1300 °C), защищает от окисления и дегазирует расплав при плавке и литье. По достижении расплавом температуры, на 60...80 °C превышающей температуру плавления шихты, производится его заливка в графитовую изложницу размером 130x230x30 мм, находящуюся в специальном нагревательном устройстве, поддерживающем ее температуру на уровне 10...20 °C выше температуры плавления заливаемого расплава. Затем со скоростью 45 см/час производится вывод изложницы из зоны нагрева.

Для устранения крупнозернистой структуры, повышения прочностных характеристик и улучшения обрабатываемости литые заготовки подвергаются холодной деформации, включающей прокатку и осадку в плоских плитах, и рекристаллизационному отжигу. Перфорация пластин проводится сверлением с использованием специально сконструированной оснастки. Создание технологии позволило организовать производство плавителей в РБ, исключить их импортные закупки.

Жаропрочность и химическая нейтральность платины в широком интервале температур определяет применение ее в изделиях типа “тигель” для аналитической химии и получения оптических стекол, полупроводниковых соединений и лазерных кристаллов. Требования к чистоте исходного материала тиглей для аналитической химии и варки оптических и лазерных стекол достаточно жестки. Находящиеся в платине примеси растворяются в стекле, окрашивают его и снижают его оптические характеристики. Содержание в платине других металлов платиновой группы на уровне 0,0001–0,0002 % не оказывает влияния на ее свойства. При содержании кремния 0,1 % образуется легкоплавкая эвтектика, что является причиной красноломкости платины при 900°С [2]. Отсюда видно, какие высокие требования предъявляются к технологии выплавки слитка (это и высочайшая чистота шихты, и подбор тигля, чтобы он был и жаропрочен, и не загрязнял платину при ее плавлении, и выбор нагревательной печи, исключающей контакт расплава платины с воздухом, и перемешивание расплава, чтобы не допускать локализации примесей, и выбор изложницы и способа разлива).

Установлено, что наиболее качественные слитки платины и ее сплавов получают путем плавки и литья в медную водоохлаждаемую изложницу. Существенное влияние на качество получаемых слитков оказывают степень перегрева жидкого металла и скорость его заливки в изложницу. Для платины и платинородиевых сплавов перегрев составляет 100...150°. Расплав вакуумируется (1,3...0,13 Па) в течение 5...10 мин., камера заполняется аргоном и осуществляется заливка расплава в открытую изложницу. Процесс кристаллизации начинается от стенок изложницы внутрь слитка. Его макроструктура состоит из мелких вытянутых кристаллитов, располагающихся перпендикулярно боковым стенкам отливки. Следовательно, в отливке формируется направленно кристаллизованная структура с расположением кристаллитов не вдоль, а поперек длинной оси отливки.

Растворенные в жидком металле и захваченные при разливе газы приводят к снижению качества слитка, что проявляется в образовании газовой пористости. Необходимо, чтобы растворенные газы успевали удаляться во время затвердевания металла в изложнице. Так как основная дегазация расплава происходит во время разлива, большое влияние на качество отливки оказывает скорость разлива. Экспериментальным путем установлено, что при заливке платины и платинородиевых сплавов эта скорость не должна превышать 0,02...0,025 л/с, при разливе палладия – 0,045...0,05 л/с. Меньшая

скорость заливки приводит к образованию неслитин, ее превышение – к образованию газовых пузырей в слитке.

Не меньше сложностей возникает и при проектировании процессов обработки давлением слитка платины, предназначенной для изготовления сложнопрофильных изделий, в частности, лабораторной посуды (рис. 1, б). При горячей обработке платины она загрязняется железом, которое значительно ухудшает ее свойства [2]. Поэтому желательнее исключить горячую обработку платины методами ОМД. Холодная обработка платины давлением позволяет получать изделия из платины с содержанием примесей на уровне 0,0002 % (по данным фирмы “Джонсон Маттсй и К°). Однако это требует применения современных технологий ОМД, иначе даже при холодной обработке возможно загрязнение платины железом. В нашем случае применен метод гидроударной штамповки, позволяющий в несколько раз снизить площадь контакта инструмента с материалом, снизить контактные давления.

В промышленном производстве часто требуются полые изделия сложного профиля (обтекатели, кожухи, наконечники, декоративные детали светильников, пультов управления, химическая посуда). При этом в таких деталях во многих случаях должны быть стенки переменной толщины, чтобы уменьшить их вес, расход материала, повысить стойкость и т.п. Такое требование заметно затрудняет изготовление подобных изделий, т.к. обычная листовая штамповка не позволяет получать изделия с переменной толщиной стенки. Кроме того, получение сложнопрофильного изделия обычной штамповкой не всегда возможно, а когда возможно – это требует большое количество переходов, а, значит, и больших затрат на штамповую оснастку, что при небольших партиях изделий становится экономически невыгодным. Основные требования, учтенные нами при проектировании оснастки, – получение детали, отвечающей требованиям чертежа, и обеспечение соответствующей стойкости штампа, технологичности его изготовления, возможности сборки и ремонта при минимально возможных затратах. В частности, для этой цели разработана технологическая оснастка применительно к гидроударному методу формообразования, когда в качестве пуансона используется жидкость. Это обстоятельство исключает травмирование (царапины) заготовки и способствует уменьшению взаимного проникновения обрабатываемого материала и инструмента. Необходимо особое внимание обратить на качество рабочей части матрицы и принять меры вплоть до полировки этих поверхностей. Риски, царапины не допускаются. Для предотвращения схватывания

материала заготовки с матрицей и прижимом обязательно применение специальных смазок на всех контактирующих поверхностях. Чтобы процесс деформации шел более интенсивно и равномерно, принято решение об использовании присоединенной массы. Кроме того, в связи с высокими скоростями деформации в матрице предусмотрена возможность удаления воздуха из-под заготовки. Поскольку изготовление изделий проводится мелкими партиями, нет необходимости применять дорогостоящие инструментальные стали. Из нашего опыта следует, что в данном случае вполне можно использовать сталь 45 с соответствующей термообработкой.

Вывод. Созданное малотоннажное металлургическое производство, научная основа которого – разработки ФТИ НАН Беларуси в области металловедения направленно кристаллизованных сплавов и особых методов пластического деформирования и формообразования, обеспечивает существенный экономический эффект, связанный с экономией валюты за счет исключения импортных закупок и производства изделий из благородных металлов на территории Республики Беларусь, повышения коэффициента эффективного использования металлов в связи с реализацией ресурсосберегающих технологий, их переработки и многократного металлургического передела.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Брайко В.Н.* Проблемы рынка драгоценных металлов в 2000 году // Цветные металлы. – 2000. – № 4. – С. 146.
2. *Савицкий Е.М., Полякова В.П., Горина Н.Б., Рошан Н.Р.* Металловедение платиновых металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 424 с.

КУПЧЕНКО Геннадий Владимирович – доктор технических наук, заведующий лабораторией ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси».

Научные интересы:

- металловедение высокочистых и благородных металлов;
- разработка и освоение новых материалов, в том числе т.н. "естественных" композитов, получаемых направленной кристаллизацией эвтектических сплавов.

МАЙОНОВ Александр Владимирович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФТИ НАН Беларуси.

Научные интересы:

– металловедение и металлургия высокочистых и благородных металлов.

ПЕТРАКОВСКИЙ Владимир Степанович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФТИ НАН Беларуси.

Научные интересы:

– обработка металлов давлением, разработка прогрессивных методов формообразования цветных металлов.

ПОКО Ольга Александровна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФТИ НАН Беларуси.

Научные интересы:

– металловедение и металлургия высокочистых и благородных металлов.

Подано 10.08.2007