

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ МИШЕНЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Г.В. Купченко, А.В. Майонов, О.А. Поко  
*Физико-технический институт НАН Беларуси*

**Введение.** Катоды и мишени, являясь сравнительно недорогими компонентами (узлами) современных дорогостоящих распылительных систем, абсолютно необходимы для реализации технологий получения покрытий. Сами мишени и технологии их изготовления постоянно развиваются для поддержания постоянно растущего уровня систем распыления и получаемых покрытий.

Основой для успешного решения проблем, связанных с обеспечением производства качественными мишенями, является возможность использования при их изготовлении прогрессивных методов и технологических приемов. Известно, что лучшие по стабильности, воспроизводимости и соответствию составу материала мишени пленки формируются при гомогенной распыляемой поверхности. Способом получения таких мишеней является литье с последующей пластической деформацией. Привлечение методов обычного литья, особенно при использовании вторичного металла, часто приводит к получению в отливке междендритной пористости, пустот и раковин, что недопустимо для изделий указанного применения. Поэтому литые заготовки в дальнейшем подвергают пластической деформации.

Цель настоящей работы – создание технологии изготовления только литейными приемами, без последующей пластической деформации заготовок для изготовления распылительных мишеней из алюминия и его сплавов.

**Материалы, оборудование, оснастка.** В качестве шихтовых материалов использован алюминий марки А995, кремний монокристаллический, медь бескислородная, титан йодидный. Однако основная часть работы выполнена путем передела остатков отработанных катодов-мишеней представленных НПО «Интеграл». Следует отметить, что возможность получения качественных заготовок мишеней путем утилизации лома отработанных

танных мишеней является существенным достоинством разработки, так как в технологиях металлизации ИМС эффективно используется ~ 30 % массы мишени, в дальнейшем проводят ее замену.

Переплав шихты и получение литых заготовок осуществлялись на индукционной вакуумной установке для вакуумной плавки марки ИФВ ПИМО1.

При разработке плавильной технологической оснастки учитывалось, что количество примесей в металле мишени строго регламентировано. Поэтому в процессе получения слитка не должно происходить химическое взаимодействие материала тигля и кокиля с расплавленным металлом, расплав не должен смачивать плавильную и литейную оснастку, изделие не должно сцепляться с формой, материал тигля и изложницы должен обладать высокой температурой плавления, огнеупорностью и термостойкостью. Важнейшее требование – достаточная химическая стабильность и высокая чистота используемых материалов, как правило,  $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$  масс. %. Для алюминия и его сплавов таким инертным материалом является графит. Существенным является качество графита, из которого изготовлены тигель и кокиль. Качественный слиток был получен только при использовании особо чистого графита.

**Получение слитка.** Практика показывает, что качество отливок, применяемых при изготовлении ответственных изделий с особыми требованиями по плотности и чистоте металла, к которым относятся катоды-мишени, даже после использования в отдельности вакуумного литья, защитной атмосферы, регламентированного режима охлаждения часто оказывается неудовлетворительным [1]. Одним из методов получения качественных слитков является направленная кристаллизация, при которой за счет контролируемого теплоотвода и перемещения границы раздела жидкое – твердое вдоль изделия можно устранить междендритную пористость, раковины, пустоты. В результате проявления гравитационных эффектов и перемещения фронта кристаллизации происходит оттеснение оксидных и неметаллических включений в верхнюю отрезасную часть прибыли.

Опробованы 3 способа получения литой заготовки из алюминия и его сплавов: 1) плавка и разливка в вакууме; 2) плавка и разливка в среде нейтрального газа; 3) плавка в вакууме, заливка металла в форму в среде нейтрального газа. Во всех трех случаях после заливки в форму (кокиль) металл направленно кристаллизовался со скоростью 40 – 50 см/час.

Ультразвуковая дефектоскопия отливок показала, что при реализации двух первых способов в заготовке наблюдается значительное

количество пор и раковин, сконцентрированных преимущественно в нижней части слитка [2].

Исследовано влияние на качество слитка заливки металла в холодный и предварительно разогретый до  $t > t_{пл}$  алюминия тигель (кокиль). После заливки металла в холодный тигель усадочная раковина находится в теле отливки и занимает  $\sim 1/3$  ее высоты. После заливки в форму, разогретую до 700 – 750 °С, усадочная раковина концентрируется в прибыльной части.

Оптимизирован режим получения высококачественных слитков из алюминия и его сплавов.

Шихта расплавляется в плавильном тигле при температуре 730 °С в вакууме не ниже  $10^{-2}$  МПа. После расплавления металла температуру понижают до 690 °С, плавильную камеру заполняют азотом до избыточного давления 0,1 МПа. После трехминутной выдержки в газовой среде расплав переливают в разъемный графитовый кокиль, установленный в индукционный нагреватель и разогретый до 700 °С. Графитовый кокиль с расплавом выводят из зоны нагрева со скоростью 45 см/час. Охлажденный слиток удаляют из графитового кокиля, обрубают прибыльную часть.

**Выводы.** Исследованы процессы получения качественных слитков из высокочистого алюминия и его сплавов с использованием в качестве шихтовых материалов как первичных металлов, так и лома и отходов. Разработана опытная технология изготовления катодов-мишеней для магнетронного распыления, основанная на особом сочетании металлургических приемов (вакуумная плавка, заливка в кокиль в атмосфере азота и последующая направленная кристаллизация). Технология освоена на опытном производстве ФТИ НАН Беларуси: организовано производство и поставка с полным импортозамещением для серийного производства НПО «Интеграл» высококачественных литых заготовок мишеней из алюминия и его сплавов с кремнием (АК1, АК1,5), с кремнием и медью (АК1М0,5), с кремнием, медью и титаном (АК1М0,5Т0,15).

### Литература

1. Алюминий. Свойства и физическое металловедение : справочник / под ред. Дж. Хэтча. – М. : Металлургия, 1989. – 422 с.
2. Способ получения слитков: пат. № 200110384 Респ. Беларусь / Г.В. Купцо, А.В. Майонов, О.А. Поко.

## ЛАЗЕРНОЕ ФОТОХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЦИАНИДНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ СЕРЕБРЕНИЯ

Н.Н. Федосенко, В.Г. Шолох, А.Н. Купо

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»*

**Введение.** Технологии нанесения модифицированных металлических покрытий, основанные на гальванических процессах, широко используются в различных областях науки и производства. При этом воздействие коротковолнового (видимого и ультрафиолетового диапазона) лазерного излучения в качестве стимулирующего электрохимические процессы фактора практически не исследовалось. Причиной этого является сложный многостадийный механизм лазерной электрохимической модификации поверхности, учет всех особенностей которого, как правило, весьма затруднен.

Свойства осаждаемого на поверхность катода металлического слоя и скорость его осаждения зависят от параметров стимулирующего лазерного излучения, таких как энергия в импульсе, частота следования и длительность импульса, длина волны излучения.

Коротковолновое лазерное излучение, воздействуя на границу раздела катод-электролит, обуславливает протекание в приповерхностной области металла таких физико-химических процессов, как создание точечных дефектов и образование их скоплений [1], которые в процессе электрохимического осаждения становятся центрами кристаллизации. Воздействие лазерного излучения в ходе формирования новой фазы активирует элементарные процессы восстановления и диффузии [2]. Поэтому управление процессами, протекающими на поверхности катода, может осуществляться путем вариации энергетических и пространственно-временных параметров излучения непосредственно на поверхности подложки.

Коротковолновое излучение в определенном диапазоне длин волн эффективно поглощается электролитом, возбуждая при этом электронную подсистему молекул. Это, в свою очередь, стимулирует протекание фотохимических реакций, приводящих к изменению концентрации высокоактивных частиц: электронов, ионов, возбужденных молекул, а значит, к изменению скорости электрохимического осаждения. Интенсивность этого процесса можно оценить по изменению спектральных свойств электролита в области используемых длин волн лазерного излучения.

**Методы исследования.** В работе проведено математическое моделирование распределения концентрации цианидных комплексов серебра в