

**Исследование особенностей процесса изготовления опытных образцов промышленных катодов –мишеней литейными технологиями**

Студенты 10405221 Даничев А.О.,  
гр. 10405222 Якимчук И.В., гр. 10405322 Сороговец А.Д.  
Научные руководители – Слуцкий А.Г. Шейнерт В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Современные вакуумные ионно-плазменные испарительные устройства позволяют использовать в качестве материала расходуемого катода-мишени из различных сплавов [1]. Такие мишени дают возможность формировать достаточно сложные по составу покрытия, используя только один источник высокоионизированной низкотемпературной плазмы [2].

Ранее авторами проведены экспериментальные работы по исследованию процесса получения катодов-мишеней на основе сплавов титана с кремнием, титана с никелем и переходными металлами [3].

Применительно к установке вакуумно-плазменной обработки ВП-02М и геометрическим размерам катода-мишени разработана и изготовлена технологическая оснастка для получения опытных образцов методом литья (рисунок 1). Из стали предварительно был изготовлен токовод, имеющий специальный «ласточкин хвост» для соединения с катодом в процессе литья (рисунок 1а).



Рисунок 1 - Технологическая оснастка (а) и форма в сборе (б) для получения образцов катода-мишени методом литья

В результате анализа диаграмм состояния двухкомпонентных и многокомпонентных металлических систем был выбран сплав, обладающий высокими эксплуатационными свойствами, содержащий 50% алюминия, 20% меди и 30% титана.

Известно, что процесс растворения титана при его добавках в жидкий расплав сопровождается значительным выделением тепла за счет растворения элементов друг в друге, а также поглощением газов и в первую очередь водорода. Это обстоятельство учитывалось при разработке варианта ввода компонентов шихты в процессе плавки.

На основании вышеизложенного и применительно к выбранному сплаву алюминий\_медь-титан использована следующая схема синтеза:

реактор –графито-шамотный тигель, первая стадия -получение расплава меди и ее перегрев до 1200градусов, вторая стадия – подогрев титана в пластинах до 500 градусов, третья стадия – последовательный непрерывный ввод титана в расплав меди ина последней стадии добавки алюминия, четвёртая стадия – по достижении температурного максимума перемешивание полученного расплава быстрая разливка в литейную форму. Конечной целью данного

литейного процесса является получение отливки катода. На рисунке 2 приведены этапы изготовления литой заготовки катода. В качестве плавильного агрегата использовали инвертор электрической мощностью 30 кВт и частой генерации в диапазоне 8-50 кГц, позволяющий развивать удельную тепловую мощность в садке до 250 Дж·с/см<sup>3</sup> (рисунок 2а). Это обеспечило скоростное расплавление исходных материалов, что крайне необходимо для синтеза титаносодержащих сплавов. После кратковременного перегрева полученного сплава осуществлялась заливка литой формы и велось наблюдение процесса его охлаждения. После полного охлаждения и обрезки прибыльной части отливки было обнаружено значительное количество газосадовочных пор, что является характерным для титановых сплавов (рисунок 2 г).

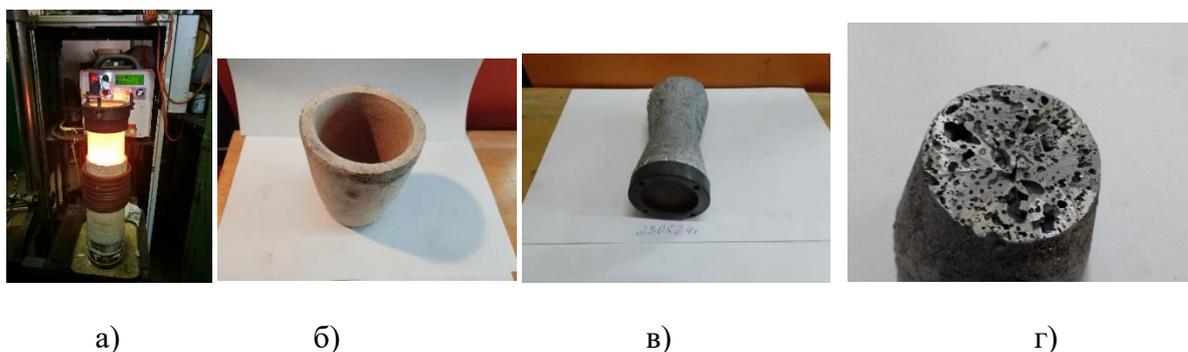


Рисунок 2 - Этапы получения литого катода из сплава алюминий-медь-титан

А-плавильная установка (а) и тигель (б), в-отливка, г- макроструктура поверхности катода.

Был предложен вариант, при котором бракованную отливку раздробили и повторно переплавили (рисунок 3). Это позволило получить плотный слиток, из которого после удаления прибыльной части был получен образец промышленного катода (рисунок 3 г).

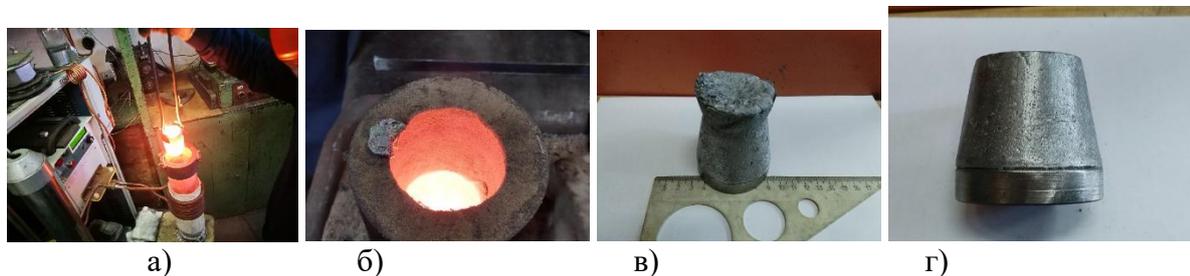


Рисунок 3 - Технология получения литого катода из сплава алюминий-медь-титан двойным переплавом

а - процесс плавки; б – процесс охлаждения слитка в форме; в – отливка катода с прибыльной частью; г-готовый образец катоды-мишени.

Таким образом в результате выполненных исследований экспериментально апробирован способ получения промышленного катода-мишени литейной технологией. После проведения испытаний планируется изготовление опытных партий катодов-мишеней из различных сплавов для покрытий многофункционального назначения.

#### Список использованных источников

1. Иванов И.А., Слущкий А.Г., Шейнерт В.А. Технологические принципы изготовления катодов-мишеней из комплексных силицидов для вакуумных ионно-плазменных источников

Международная научная и научно-техническая конференция «Ресурсо- и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве» 23-24 марта, 2022, Ташкент, – с. 18-20.

2. Иванов И.А., Слуцкий А.Г., Шейнерт В.А. Иванов А.И., Белый А.Н. Изготовление катодов-мишеней из композиционных силицидов для нанесения защитных покрытий с применением литейно-деформационной технологии журнал «Литье и металлургия» 2021г., № 2 – с. 68-75.

3. Иванов И.А., Слуцкий А.Г., Шейнерт В.А., Белый А.Н., Бежок А.П., Костюченко Ю.А., Ковалевич Э.В. Совершенствование процесса получения катодов-мишеней из комплексных силицидов для вакуумных ионно-плазменных источников сб. Металлургия. №41 2020 г. часть 2 – с. 1-15.