

решено было заменить микропорошком с размером частиц менее 10 мкм, полученном размолотом фракций 0,25–0,10 мм на планетарной мельнице.

Технология измельчения включала две стадии. На первой-производилось грубое дробление слитков в ударной ступе до фракции менее 3 мм (рисунок 2 а). На второй стадии производился помол в шаровой мельнице типа «пьяная бочка» объемом 4 дм³ (рисунок 2б). Для помола использовались шары из стали ШХ15 твердостью не менее 62 НРС. Коэффициент заполнения мельницы материалом и шарами составлял 0,6. Для увеличения эффективности размола были подобраны три размерные группы шаров соответственно: диаметром 40мм-30% от объема загрузки, диаметром 15-20мм -50%, диаметром 8мм-20%.



Рисунок 2 – Этапы получения порошка из титансодержащего сплава вакуумной плавки

а- сплав после предварительного дробления; б-лабораторная мельница; в-установка для фракционирования порошка; г-порошки различной фракции.

С целью получения рекомендованного фракционного состава порошка размол производился циклами по 30 минут с последующим отсевом нужной фракции. Рассев полученных порошков на фракции производился на проволочных ситах с вибрационным приводом (рисунок 2 в). Так на навеску порошка в 50 грамм отводилось 5 минут работы вибратора, что позволяло выделить до 95% нужной фракции. Затем производилась магнитная сепарация готовых порошков от намола шаров с помощью постоянных ферритовых магнитов во встряхивающем немагнитном коробе. Таким образом в результате размола слитков из титансодержащего сплава и последующего отсева получены различные фракции порошков в том числе: 0,63–0,5мм, 0,25–0,20мм, 0,16–0,10мм, 0,10–0,08мм, и менее 0,10мм. В дальнейшем по разработанной технологической оснастке с использованием титансодержащего порошка были изготовлены брикеты (рисунок 3).



Рисунок 3 – Прессформа и исходные материалы для получения заготовок катодов.

Прессформа изготовлена из жаропрочных сплавов, с предельной температурой работы не ниже 1000 К. Для достижения лучшего результата предложен вариант нагрева прессуемой смеси до температур, обеспечивающих достаточный уровень пластических свойств частиц порошка.[11ст в ЛиМ].

На рисунке 4 приведена схема горячего прессования и общий вид лабораторной установки для получения заготовок катодов и печь нагрева прессформы.



а)

б)

Рисунок 4. – Лабораторная установка (а) горячего статического прессования порошков, печь для нагрева технологической оснастки (б).

По такой технологической схеме был изготовлен опытный образец заготовки катода-мишени (рисунок 5 а). Навеска различных фракций порошка титансодержащего сплава засыпалась в прессформу, которая затем помещалась в нагревательную печь сопротивления. По достижению температуры... и выдержке в течении 10 минут осуществлялось прессование в диапазоне 100-250 МПа и выдержку заготовки под нагрузкой при охлаждении печи до 600-700 К, затем полученная заготовка катода-мишени извлекалась из прессформы.

Применительно к конкретной вакуумной установке нанесения покрытий используются катоды-мишени состоящие из его заготовки и токовода. В нашем случае материалом токовода выбрана медь (рисунок 5 б).

В лабораторных условиях апробирован вариант изготовления катода-мишени на основе порошка титансодержащего сплав, при котором его нижняя поверхность полировалась, и затем к ней припаивался медный токовод. На рисунке 5 представлены фотографии полученного таким способом катода-мишени и его элементов.



а)

б)

в)

а – прессованная заготовка катода б- медный токовод; в – готовый образец катода-мишени;

Рисунок 5 - Элементы катода-мишени для вакуумных установок

Для соединения воедино тела катода-мишени и токовода была разработана специальная технология пайки этих деталей. Так как токовод должен эффективно обеспечивать функции проводника тока значительной силы к катоду и отвода от него потока тепла выделяющегося в процессе распыления, для его изготовления обычно применяют медные и железные сплавы, к тому же, обеспечивающие достаточную механическую прочность всей конструкции. Пайка этих сплавов, как правило не вызывает затруднений при использовании припоев любых типов и на любой основе. Этого нельзя сказать о сплавах с высоким содержанием кремния и титана, первые, из которых приемлемо паяются припоями с высоким содержанием индия, вторые – твёрдыми высокотемпературными припоями.

Пайка заготовки катода к медному тоководу производилась по одному из вариантов технологии. На рисунке 5 в приведена фотография опытного образца готового катода на медном тоководе. По такой методике планируется изготовление катодов с использованием других вариантов пайки.

Таким образом экспериментально показана возможность получения катодов-мишеней с использованием комплексной технологии, включающую получение термонапряженного слитка из титансодержащего сплава, последующее дробление и размол до требуемой фракции, статическое горячее прессование заготовки катода и пайка его к медному тоководу. По такой технологической схеме в дальнейшем планируется изготовление опытных образцов катодов-мишеней и их испытание при нанесении покрытий различного назначения.

Список использованных источников

1. Оленцевич А.А., Микулич А.Д. гр. 10405221 Даничев А.О., гр. 10405222 Тропашко Е.В. Научные руководители – Шейнерт В.А., Слуцкий А.Г. Сравнительный анализ технологий получения слитков из комплексных силицидов для катодов-мишеней. // Новые материалы и технологии их обработки [Электронный ресурс]: сборник научных работ 24 Республиканской студенческой научно-технической конференции, 21–22 апреля 2023 года / сост.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 40-42.

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. Комплексный подход к решению технологической задачи получения катодов-мишеней из силицидов переходных металлов для вакуумных ионно-плазменных источников/ Журнал «Литье и металлургия» 2022г., № 3 – с. 83-90.