

Сравнительный анализ технологий получения слитков из комплексных силицидов для катодов-мишеней

Студенты гр. 10405220 Оленцевич А.А., Микулич А.Д., гр. 10405221 Даничев А.О., гр. 10405222 Тропашко Е.В.
 Научные руководители – Шейнерт В.А., Слуцкий А.Г.
 Белорусский национальный технический университет

На основании ранее выполненных исследований отработаны варианты изготовления катодов-мишеней для нанесения защитных покрытий, включающие литейные и металлургические технологии [1-2]. В качестве базового сплава был использован комплексный силицид, содержащий в своем составе титана – 50 %, никеля – 20 %, кремния – 30 %. Были отработаны различные варианты получения слитков такого силицида, включающие металлургическое восстановление (СВС-процесс), высокоскоростную индукционную плавку и плавку в вакуумной печи. На рисунке 1 представлены этапы СВС процесса получения слитка комплексного силицида.

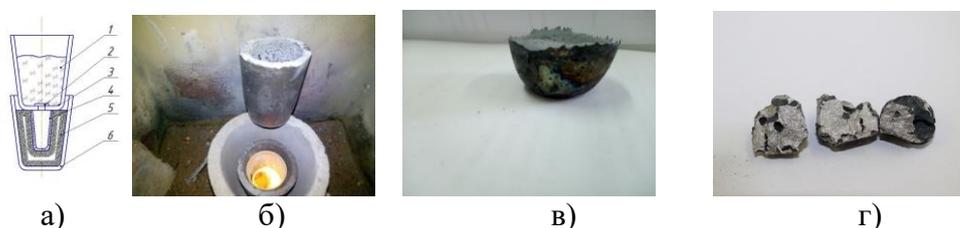


Рисунок 1- Этапы получения слитков комплексного силицида СВС процессом.

а- технологическая схема СВС процесса; б-методика восстановительной плавки; в-слиток комплексного силицида; г-макроструктура силицида;

Восстановительную плавку осуществляли по методике описанной в работе [3], при этом использовали как графито-шамотный так и алундовый тигли. Сравнительный анализ состава продуктов СВС плавки показал, что при использовании графито-шамотного тигля имеет место существенное насыщение углеродом (13,4%). Титан из оксидной фазы восстановился не полностью и его остаточное содержание в шлаке составило 10,8%. Кремний и никель практически полностью восстановлены алюминием и их остаточная концентрация в шлаке составила 0,58% и 1,39% соответственно. В дальнейшем полученный слиток взвешивали и определяли металлургический выход, который составил 95%. После дробления слитка силицида оценивали визуально макроструктуру излома. Установлено (рисунок 1 г), что опытный слиток комплексного силицида не достаточно плотный и имеет пористость. На следующем этапе работы провели экспериментальную плавку комплексного силицида на высокоскоростной индукционной печи (инверторе).

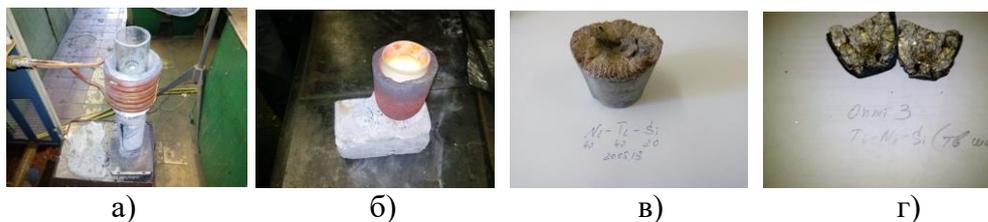


Рисунок 2- Этапы получения слитка комплексного силицида на индукционной печи.
а- общий вид плавильной печи; б-расплав в алундовом тигле; в-слиток ; г-макро-структура ;

Методика и особенности плавки на высокоскоростной установке (а) описаны в работе [4]. В качестве шихты использовали кристаллический кремний, металлический никель и титан. Расчетное количество компонентов с учетом угара загружали в алундовый тигель и после расплавления (г) извлекали и охлаждали на воздухе (в). Макроструктуру полученного слитка оценивали на его изломах (г). Установлено, что такой вариант изготовления слитка силицида исключает возникновение пор, но при этом имеет место незначительная его неоднородность. Охлаждение аналогичного слитка комплексного силицида в специальном термостате позволило полностью устранить это явление.

Особенностью данного варианта получения слитков комплексного силицида является наличие значительных потерь кремния, никеля и особенно титана за счет угара в процессе плавки, что вызывало необходимость в корректировке добавок этих элементов.

Перспективным способом является вакуумная плавка. Известно [5,6], что при плавке в вакууме ряд физико-химических процессов имеет специфические особенности, а именно: интенсивно выделяются газы из металла, практически отсутствует окисление основных компонентов сплава и особенно титана, хрома и других активных элементов, что обеспечивает получение слитка с минимальным угаром элементов. При этом становится возможным эффективное удаление неметаллических включений. Такие преимущества делают вакуумно-индукционную плавку перспективной при изготовлении плотных и однородных слитков из различных сплавов.

В лабораторных условиях была апробирована технология получения слитка силицида в вакуумной индукционной печи мощностью 50 кВт и частой генерации 1-4 кГц. Это обеспечило скоростное расплавление исходных материалов при разряжении в плавильной камере 1-5 Па. С учетом особенностей вакуумной плавки были подобраны исходные материала произведен расчет шихты на состав комплексного силицида, содержащего Ti – 50 %, Ni – 20 %, Si – 30 %. На рисунке 3 приведены основные этапы получения слитка комплексного силицида с использованием вакуумной плавки.

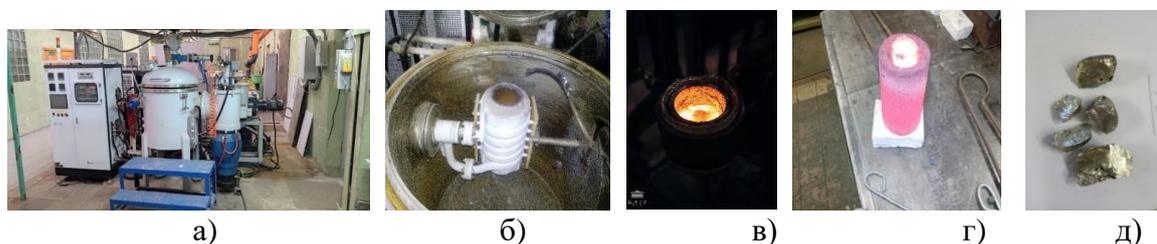


Рисунок 2 – Этапы получения слитка комплексного силицида, при вакуумной плавке

а- вакуумная индукционная печь; б- плавильный тигель в вакуумной камере; в-процесс плавки; г-горячий слиток силицида; д-куски силицида после дробления.

Расчетное количество кристаллического кремния, металлического никеля и титана загружалось в плавильный тигель вакуумной печи (а) и осуществлялась плавка (в) с последую-

щей разливкой полученного силицида в постоянную литейную форму. После завершения процесса кристаллизации горячий слиток извлекали из вакуумной камеры (г) и после полного охлаждения подвергали предварительному дроблению (д).

Установлено, что вакуумная плавка позволяет получать сплав силицида заданного химического состава за счет минимального окисления основных компонентов и особенно титана, при этом излом слитка имеет плотную однородную структуру (д).

Таким образом, в результате выполненных исследований проведен сравнительный анализ качественных характеристик слитков комплексного силицида, полученного по различным вариантам литейно-металлургических технологий. Установлено, что вакуумная плавка существенно улучшает качественные характеристики получаемых слитков за счет более плотной и однородной макроструктуры, легко поддающихся процессу дробления и измельчения. Это позволит получать на их основе порошки для последующего изготовления заготовок катодов-мишеней, используемых при нанесении защитных покрытий на изделия в том числе медицинского назначения.

Список использованных источников

1. Ковалевич Э.В., Слуцкий А.Г., Иванов А.И., Пронькина А.Ю., Исследование процесса высокотемпературного синтеза силицидов

Материалы 15-ой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике». – Минск, 2017, Т.1. – с.378

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. Раков, И. Г. Технологические особенности плавки комплексных силицидов / И. Г. Раков, П. Д. Хорольский, Д. С. Федорович; науч. рук.: В. А. Шейнерт, А. Г. Слуцкий // Новые материалы и технологии их обработки [Электронный ресурс] : сборник научных работ XXIII Республиканской студенческой научно-технической конференции, 21–22 апреля 2022 года / сост.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 40-42.

4. 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.

5. Слуцкий А.Г., Долгий Л.П., Луцки П.Е. Технологические особенности процессов, происходящих в расплаве при вакуумной индукционной плавке. Материалы 7 –ой Международной научно-практической конференции «Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Саратов, 2021. С 388-391.

6. Долгий Л.П., Особенности технологических процессов при вакуумной плавке / Л.П. Долгий, А.Г. Слуцкий, И.А. Касперович // Современные технологии для заготовительного производства. Сб. научных работ Республиканской НТК ППС, 2022г. стр. 152-153.