

Отработка в лабораторных условиях литейно-металлургического процесса получения материалов для нанесения износостойких покрытий.

Студенты гр.10405120 Гулецкий Н.А., гр.10405221 Бойко Д.С.
гр.10405222 Панасюк В.О., Матюшко П.А.
Научные руководители – А.Г. Слуцкий, В.А. Шейнерт
Белорусский национальный технический университет

В работе представлены обобщенные результаты исследований комплексной технологии изготовления порошков из легированных сплавов для нанесения износостойких покрытий.

Как отмечалось выше, основными способами изготовления порошков для газотермического получения покрытий являются: распыление расплава, распыление проволоки плазменной струей; механическое измельчение слитка; металлотермическое восстановление оксидов; самораспространяющийся высокотемпературный синтез (метод СВС) [1].

Исходя из вышеприведенного анализа в сфере производства порошков для напыления, наиболее приемлемым способом их изготовления из интерметаллических соединений титана с точки зрения технологической простоты и минимизации затрат является прямая плавка (металлургический синтез) исходных материалов с получением компактного слитка с последующим измельчением его до необходимых фракций. Получение порошков из таких сплавов методами распыления затруднительно по ряду причин: необходимость работы в защитных атмосферах, очень высокие температуры расплава, неудовлетворительные параметры вязкости и жидкотекучести, узкий интервал кристаллизации в областях гомогенности интерметаллидов или наоборот, очень длинный интервал в областях твердых растворов и т.д. Задачей эффективности методики получения порошков из интерметаллических соединений титана и переходных и тугоплавких металлов является получение однородного слитка с высокими термическими напряжениями, облегчающими последующее дробление. Эту задачу можно решить методами скоростного охлаждения на металлических кристаллизаторах и в жидких охлаждающих средах.

Наряду с другим распространенным способом их получения является механическое измельчение (дробление) компактных материалов (например, слитков). Он применим в основном для хрупких сплавов таких как комплексные силициды и высокохромистые износостойкие чугуны [1]. Обычно механическое измельчение слитков осуществляют в барабанах, молотковых, вибрационных и других мельницах. При этом получают так называемые осколочные порошки с частицами неправильной угловатой формы. Ниже представлены обобщенные результаты исследований литейно-металлургического процесса получения порошков.

Известно, что комплексные силициды являются перспективным материалом при нанесении покрытий различными методами. [2-3].

Исходя из вышеприведенного анализа в сфере производства порошков для напыления, наиболее приемлемым способом их изготовления с точки зрения технологической простоты и минимизации затрат является прямая плавка (металлургический синтез) исходных материалов с получением компактного слитка с последующим измельчением его до необходимых фракций. На рисунке 1 приведены основные этапы процесса изготовления слитков из комплексного сплава Ni-Cr-Si.



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Процесс получения слитка из сплава Ni-Cr-Si:

а – высокоскоростная плавильная установка; б – извлечение тигля с расплавом; в – полученный слиток;

По такой методике были отработаны технологические режимы плавки и изготовлены опытные образцы слитков комплексного силицида.

В лабораторных условиях отработан способ получения аналогичных слитков алюминотермическим восстановлением (СВС процесс). На основании термодинамических расчетов были подобраны составы смеси с высокой термичностью [4]. На рисунке 2 представлены фотографии основных этапов процесса получения слитка из сплава Ni-Cr-Si



а)



б)

Рисунок 2 – Процесс получения слитка силицида Ni-Cr-Si металлотермическим восстановлением

а – восстановительная плавка; б – слиток силицида;

В качестве основного материала для получения слитков из хромосилицистого чугуна использовали: стальной лом, хром металлический Хр1, кремний кристаллический Кр1 из расчета получения в готовом сплаве: С-3,3%; Si-10%; Mn-0,3%; Cr-16%. Плавка осуществлялась по методике, представленной на рисунке 1 После растворения легирующих присадок чугун перегревали и затем осуществляли его разливку в холодный металлический кокиль для получения слитков в виде пластин размером 2х4х150мм. (рисунок 3 а). Затем была проведена плавка аналогичного чугуна с дополнительным легированием бором [5].



а)



б)

Рисунок 3 – Слитки из легированного чугуна
а- хромосилицистый; б- хромосилицистый с бором

На следующем этапе работы отработывались технологические режимы измельчения

слитков, включающую две стадии получения порошков. На первой осуществляли предварительное дробление полученных слитков в ударной ступе до фракции менее 3 мм. На второй стадии производился помол в шаровой мельнице типа «пьяная бочка» с использованием шаров из стали ШХ15 твердостью не менее 62 HRC. Для увеличения эффективности размолы были подобраны три размерные группы шаров соответственно: диаметром 40мм -30% от объема загрузки, диаметром 15-20мм -50%, диаметром 8мм-20%.

Для получения максимального количества фракций порошка 20-80мкм и 80-150 мкм размол производился циклами по 30 минут с последующим отсевом порошка требуемого размера. В дальнейшем производилась магнитная сепарация готовых порошков от намола шаров с помощью постоянных ферритовых магнитов во встряхивающем немагнитном коробе.

Были получены опытные партии различных по составу порошков для проведения их испытаний. В качестве примера на рисунке 4 приведены фотографии трех фракций полученных порошков из хромокремниевое чугуна.



Рисунок 4- Образцы различных фракций порошков из хромокремниевое чугуна

В лаборатории плазменных технологий машиностроительного факультета БНТУ проведены испытания опытных порошков силицида и хромокремниевое чугуна при нанесении их газопламенным напылением на различные металлические поверхности. (рисунок 5,).



а)



б)



в)

Рисунок 5 – Покрытие, нанесенное газопламенным напылением порошка комплексного силицида (а) на алюминиевую пластину (б) и стальную трубу (в)

Газопламенное напыление порошками из хромокремниевое чугуна осуществлялось с использованием двух фракций (20-80 мкм и 80-150 мкм). Для оценки прочности сцепления покрытия с основой производилось испытание на трещиностойкость загибом листовых образцов на радиусы 20 и 10 мм. Установлено, что пластины толщиной 2 мм покрытые порошком фракции 80-150 мкм не выдерживают испытаний и дают трещины в покрытии. (рисунок 6). Аналогичные результаты были получены на образцах с загибом радиусом 10мм.(рисунок 6).



Рисунок 6 – Пластина с загибом радиусом 10 мм напыленная порошком из хромокремниевого чугуна 80-150 мкм. (трещины)

В свою очередь пластина, напыленные более мелкой фракцией 20-80 мкм выдержали данные испытания, что свидетельствует о высокой прочности сцепления напыленного слоя с основой (рисунок 7).



Рисунок 7 – Пластины с загибом радиусом 10 мм, напыленные порошком из хромокремниевого чугуна 20-80 мкм (без трещин).

Данная фракция порошков из хромосилициевых сплавов принята как базовая для дальнейших исследований.

Список использованных источников

1. Борисов, Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н.Ардатовская. – Киев: Наукова думка, 1987. – 543 с.
2. Способы получения износостойких материалов для защитных покрытий с использованием литейно-металлургических методов / А.Г.Слуцкий[и др.] // *Металлургия: Республ. межведком. Сб. Науч. Тр.* – Минск: БНТУ, 2021. – №42.– с. 216–224.
3. Слуцкий А.Г., Долгий Л.П.,Шейнерт В.А.,Раков И.Г. Получение порошков для защитных покрытий многофункционального назначения литейно-металлургическим методом с использованием вакуумной индукционной плавки. *Материалы 9 –ой Международной научно-практической конференции «Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях» 27-28 апреля ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Саратов,2022.* С 13-16.
4. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов – М.: Металлургия, 1988. – 288 с.
5. Шейнерт, В.А. технологические особенности получения литых заготовок из износостойких материалов для защитных покрытий / В.А. Шейнерт, А.Г. Слуцкий, Н.В. Зык, Н.А. Гулецкий, // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов в 2 ч.* – Минск: БНТУ, 2022. – Вып. 43,– с. 145–151.