

в мельницу добавлялась свежая порция материала. 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 результате размолта слитков из хромкремниевого чугуна получены три фракции порошков в том числе: 1- менее 80 мкм; 2- 80...180 мкм; 3- 180...315 мкм. (рисунок 2, г).



а - сплав после дробления; б - размол в лабораторной мельнице; в - установка для рас-сева; г - образцы порошков различной фракции

Рисунок 2 - Методика изготовления порошков из слитков хромкремниевого чугуна

В дальнейшем полученные порошки исследовали на аналитическом сканирующем электронном микроскопе VEGA TESCAN в масштабе увеличения: 1:500, 1:100, 1:50 и 1:20 мкм, изображения которых представлены на рисунке 3.

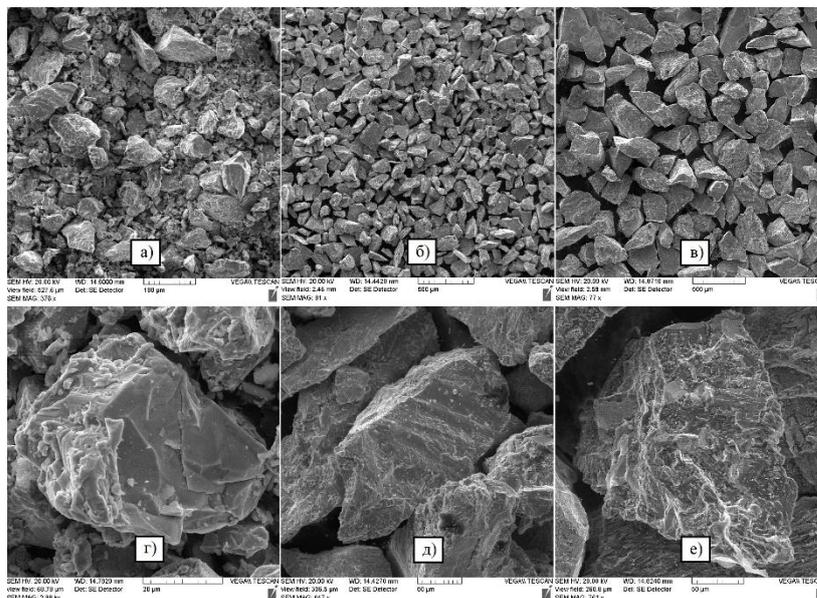


Рисунок 3 – Изображения на сканирующем электронном микроскопе VEGA TESCAN порошка из хромкремниевого чугуна, полученного в шаровой мельнице: а,г - грануляция менее 80 мкм; б,д - грануляция 80...180 мкм; в,е - грануляция 180...315 мкм

При анализе СЭМ-изображений порошка из хромкремниевого чугуна, полученного в шаровой мельнице, установлено, что идет кристаллизация в направлении максимального теплоотвода, поскольку это литая в кокиль закаленная слоистая структура, а соответственно очень термонапряженная, там характерно выраженная направленная лучистая транскристаллизация, следовательно, сколы в плоскости спайности идут вдоль линейных дислокаций. При

анализе поперечного излома (рисунок 3д) установлено, что структура очень рыхлая, а соответственно представлена гетерогенными включениями (карбиды и силициды хрома). При анализе СЭМ-изображения на рисунке 3е видна твердая структура включений по изломам, т.е. скол произошел по включениям или около включений.

На втором этапе исследований были проведены предварительные испытания полученных образцов порошков при нанесении покрытий методами газопламенного напыления и лазерного оплавления. Для этого использовали стальные пластины размером 70x70x8 мм, с предварительно подготовленной поверхностью струйно-абразивной обработкой.

Нанесение покрытий осуществлялось по следующим режимам: давление кислорода: 0,36-0,40 МПа; давление метилацетилен-алленовой фракции (МАФ): 0,10-0,12 МПа; давление воздуха: 0,18-0,20 МПа; дистанция напыления: 200-220 мм; угол напыления: 90 ОС; Подача: 10-20 мм/с. Толщина покрытия при газопламенном напылении $h \approx 0,5$ мм.

При газопламенном напылении порошка из хромосилицидированного чугуна с размером частиц 180...315 мкм, в установленных режимах частицы не приобретали высокопластичного (жидкого) состояния, и отскакивали от поверхности образца, что не позволило сформировать покрытие.

При лазерном оплавлении покрытий использовалась оптоволоконная установка марки YLR-1 (мощность 1 кВт) при 4-х различных скоростях перемещения лазерного пучка. Режимы оплавления покрытий: Ширина сканирования $b=4$ мм; Дистанция оплавления $l=350$ мм; Скорость перемещения луча $v=100...2000$ мм/мин.

На рисунке 4 представлены фотографии образцов с покрытием из хромосилицидированного чугуна после лазерного оплавления:

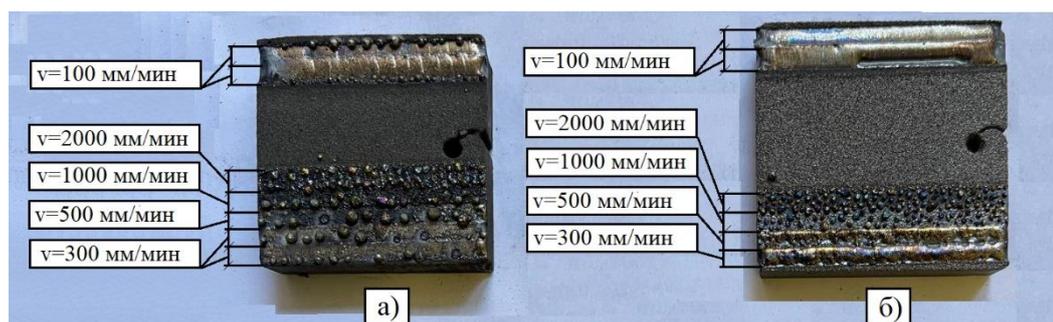


Рисунок 4 - Фотографии образцов с покрытием из хромосилицидированного чугуна после лазерного оплавления: а) образец с покрытием при размере частиц менее 80 мкм; б) образец с покрытием при размере частиц 80-180 мкм

На рисунке 5 представлены фото образцов с покрытием из хромосилицидированного чугуна после лазерного оплавления при следующих режимах: мощность лазерного излучения $P=1$ кВт; ширина сканирования $b=4$ мм; дистанция оплавления $l=350$ мм; скорость перемещения луча $v=100$ мм/мин.

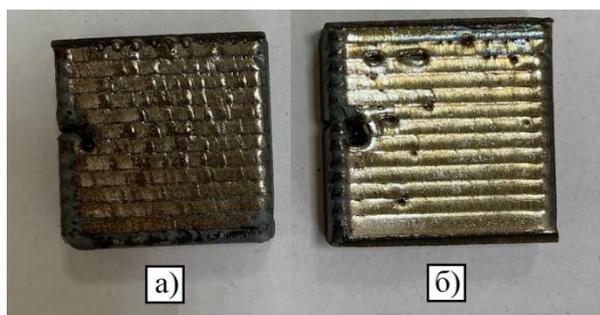


Рисунок 5 - Фотографии образцов с покрытием из хромокремниевого чугуна после лазерного оплавления: а) образец с покрытием при размере частиц менее 80 мкм; б) образец с покрытием при размере частиц 80-180 мкм

Установлено, что при оплавлении покрытий на выбранных режимах отсутствует образование трещин. При анализе покрытия образца на рис. 5, б установлено образование пор и частичное свертывание покрытия, за счет отсутствия смачиваемости основы. На покрытии образца 1 (рис. 5, а) дефектов не обнаружено.

Выводы

1. Экспериментально отработаны технологические особенности получения термонапряженных слитков из хромокремниевого чугуна.
2. Исследованы режимы измельчения слитков, обеспечивающие за счет эффективного дробления и размола получение порошков с размером фракций от менее 80 до 180 мкм.
3. Проведены предварительные испытания опытных образцов порошков при нанесении покрытий газопламенным напылением и лазерным оплавлением. Установлено, что порошки с размером фракции менее 80 мкм позволяют стабильно формировать покрытие на стальной поверхности.

Литература

1. Девойно, О. Г. [и др.] /Технология формирования износостойких покрытий на железной основе методами лазерной обработки / О.Г. Девойно, М.А. Кардаполова, А.С. Калинин, В.В. Жарский, А.Г. Василенко. – Минск: БНТУ, 2020. – 280 с.
2. Способы получения износостойких материалов для защитных покрытий с использованием литейно-металлургических методов / А.Г.Слущкий[и др.] // *Металлургия: Республ. межведком. Сб. Науч. Тр.* – Минск: БНТУ, 2021. – №42.– с. 216–224.
3. Шейнерт, В.А. Технологические особенности получения литых заготовок из износостойких материалов для защитных покрытий / В.А. Шейнерт, А.Г. Слущкий, Н.В. Зык, Н.А. Гулецкий, // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов в 2 ч.* – Минск: БНТУ, 2022. – Вып. 43,– с. 145–151.