

УДК 669.714

А.С. КАЛИНИЧЕНКО, д-р техн. наук,
В.А. ШЕЙНЕРТ,
А.Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук,
В.А. КАЛИНИЧЕНКО, канд. техн. наук (БНТУ)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ МЕДИ, УПРОЧНЕННЫХ БЫСТРООХЛАЖДЕННЫМИ ЧУГУННЫМИ ГРАНУЛАМИ

Для макрогетерогенных композиционных материалов, получаемых методами литья и применяемых в тяжело нагруженных узлах трения, важную роль имеет состав матрицы и армирующего элемента. Если в качестве армирующего элемента в основном используются литые гранулы стали и чугуна, то в отношении состава матрицы имеется широкий спектр материалов, которые удовлетворяют необходимым требованиям к узлам трения.

В настоящей работе обобщены результаты научных и экспериментальных исследований по разработке литейной технологии (твердожидким синтезом) получения композиционных материалов с макрогетерогенной структурой.

Известно, что с использованием литейных технологий композиционные материалы получают двумя способами: соединением твердой и жидкой фаз, а также соединением различных компонентов, находящихся в жидком состоянии (получение псевдосплавов). Использование для армирования композиционных материалов чугунных гранул позволяет не только снизить стоимость подшипников скольжения, но и обеспечить широкий уровень физико-механических и эксплуатационных свойств за счет управления их структурой, которая чувствительна к режимам термообработки.

Ранее выполненные экспериментальные исследования показали перспективность получения композиционных материалов с использованием литейной технологии. В качестве объекта изучения был выбран композиционный материал на основе высокопрочной мар-

ганцовистой бронзы типа БрКМц3-1 и армирующих гранул из серого чугуна. Наличие в бронзе кремния и марганца обеспечивают надежный контакт с армирующим материалом, например чугунными гранулами, за счет их химического взаимодействия с оксидными пленками железа в процессе пропитки композита жидкой бронзой.

Разработанный процесс получения композитов включает три основные технологические операции:

- изготовление чугунных армирующих гранул;
- получение заготовок из высокопрочной бронзы;
- непосредственное получение композита с использованием литейных технологий.

Анализ способов получения гранулированных материалов показал, что применительно к сплавам на основе железа наиболее приемлемым вариантом является разбрызгивание жидкого металла под действием центробежных сил. Данная схема была положена в основу модернизации лабораторной установки, на которой отрабатывались технологические режимы гранулирования чугуна и изготавливались опытные образцы материала [1].

В качестве базового высокоуглеродистого сплава на начальном этапе использовали серый чугун с пластинчатым графитом типа СЧ20. Плавка чугуна осуществлялась на индукционной тигельной печи ИСТ006 с кислой футеровкой с последующим его гранулированием, сушкой и рассевом по фракциям и финишной специальной обработкой. В качестве примера на рисунке 1 приведена фотография гранул для непосредственного их применения в качестве армирующего материала композита.



Рисунок 1 – Армирующие чугунные гранулы

Для получения марочного состава бронзы возможны различные сочетания шихтовых материалов. Обычно применяют шихту, состоящую из 50–60 % свежих металлов, 25–35 % оборотного сплава и 10–12 % покупного лома. Также возможно вести плавку полностью на вторичных сплавах. В конкретном случае в качестве шихтовых материалов при получении такой марки бронзы использовались электролитическая медь, кристаллический кремний марки КР1 и медь-марганцевая лигатура. Медь-марганцевую лигатуру получали методом металлотермического восстановления из смесей на основе оксидов меди и марганца и порошка алюминия по методике, описанной в работах [2]. На основе термодинамических расчетов были подобраны составы восстановительных смесей, позволяющие получать слитки лигатуры с высоким металлургическим выходом. Плавку бронзы проводили в индукционной тигельной печи, при этом вначале загружали чистую медь и расчетное количество лигатуры медь-марганец, затем все покрывали слоем сухого древесного угля для исключения контакта жидкого расплава с атмосферой. После расплавления всей шихты и достижения требуемой температуры сплав раскисляли фосфористой медью в количестве 0,2 % от массы шихты и покрывали хорошо просушенным флюсом в количестве 2–3 % от массы шихты. Затем в расплав вводили расчетное количество кремния, что вызывало рост температуры до 1250–1300 °С за счет экзотермического процесса и после непродолжительной выдержки полученная бронза выпускалась в ковш с последующей разливкой по литейным формам.

Полученные отливки бронзы при необходимости очищались от пригара и на токарном станке разрезались на мерные заготовки (рисунок 2).



a



б

Рисунок 2 – Общий вид бронзовой отливки (*a*) и заготовок для получения композита (*б*)

В основу разработанной технологической схемы получения композитов положен способ совмещения матрицы и упрочняющей фазы с применением высокоскоростной плавки на индукционной установке. Для эффективного управления процессом создан комплексный аппарат управления, который обеспечивает контроль над процессом нагрева исходных компонентов до температуры плавления бронзы, пропитку полученной жидкой фазой армирующих железоуглеродистых гранул, последующую выдержку, с целью удаления образовавшихся газов в процессе и охлаждения композита по заданному режиму.

По разработанной методике [3] были выполнены экспериментальные исследования процесса получения композитов. Установлено, что вариант загрузки компонентов, при котором на дно тигля загружаются заготовки бронзы, а сверху засыпается расчетное количество чугунных гранул, является более предпочтительным, так как он обеспечивает более эффективную пропитку армирующего материала жидкой бронзой. При этом облегчается удаление газов в процессе формирования композита. На рисунке 3 представлена фотография опытного образца композита.



Рисунок 3 – Общий вид опытного образца композита

Для оценки эффективности процесса полученные образцы композита разрезали в продольном и поперечном направлениях. На рисунке 4 приведены фотографии макроструктуры композита.

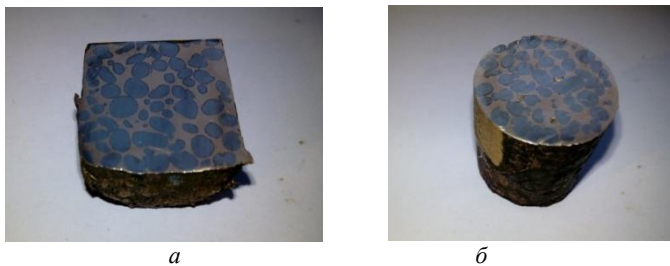


Рисунок 4 – Макроструктура композита в продольном (а) и поперечном (б) направлениях

Из фотографий видно, что армирующие чугунные гранулы равномерно распределены в объеме материала, как в продольном, так и поперечном направлениях. Наличие такой макроструктуры обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики композита при его использовании в тяжело нагруженных узлах трения.

Таким образом, на основании экспериментальных исследований разработаны технологические принципы получения композитов на основе высокопрочной бронзы и чугунных армирующих гранул с использованием литейных и металлургических методов.

Список литературы

- 1. Влияние** условий получения быстроохлажденных гранул на основе железа на свойства композиционных материалов, формируемых литейной технологией / А.С. Калиниченко [и др.] // *Литье и металлургия*. – 2017. – № 1. – С. 136–143.
- 2. Технологические** особенности получения силицидов на основе меди, никеля и титана для катодов-мишеней / И.А. Иванов [и др.] // *Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр.* – Минск: БНТУ, 2017. – Вып. 38. – С. 84–90.
- 3. Особенности** получения медно-чугунных композитов с использованием литейных технологий / А.С. Калиниченко [и др.] // *Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр.* – Минск: БНТУ, 2017. – Вып. 38. – С. 101–105.