

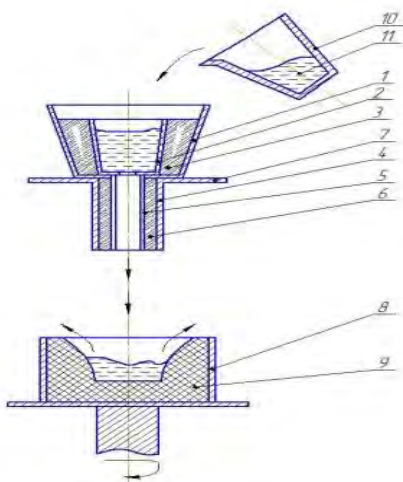
А.С. КАЛИНИЧЕНКО, д-р техн. наук,
В.А. ШЕЙНЕРТ,
А.Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук,
В.А. КАЛИНИЧЕНКО, канд. техн. наук,
В.А. СМЕТКИН, канд. пед. наук,
И.Л. КУЛИНИЧ (БНТУ)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЫСТРООХЛАЖДЕННЫХ ГРАНУЛ ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

В настоящее время возрастают требования к надежности и долговечности материалов с учетом специфики эксплуатации, многие из которых могут быть удовлетворены за счет применения композиционных материалов, изготавливаемых различными методами, включая порошковую металлургию. В то же время разработаны композиционные материалы, получаемые методами литья [1]. Эти материалы имеют бронзовую матрицу, упрочняющую фазу из чугуновых гранул. При этом процесс получения гранул характеризуется достаточно высокой скоростью охлаждения при затвердевании, следствием чего является формирование ледебуритной структуры. Как результат, невозможно полностью контролировать свойства материала армирующей фазы и, как следствие, сужается область возможного применения литых композиционных материалов. С другой стороны, литейные технологии имеют преимущество за счет более низкой стоимости композиционного материала, а также позволяют получать изделия различной формы. Предлагаемая технология позволяет с помощью добавок активных легирующих элементов изменить микроструктуру гранул при затвердевании, что позволяет разработать принципиально новые композиционные материалы на основе высокопрочных бронз и быстроохлажденных гранулированных износостойких сплавов, обладающих как магнитными, так и немагнитными свойствами с управляемым распределением элементов в армирующей фазе.

На основании ранее выполненных исследований авторов разработана технология получения быстроохлажденных модификаторов и раскислителей на основе алюминия и создана лабораторная установка, позволяющая получать данные материалы в виде гранул раз-

личного фракционного состава [2, 3]. При этом гранулирование осуществляется с использованием стального перфорированного вращающегося стакана с отверстиями 3–5 мм. Однако такая схема не позволяет получать гранулы из высокотемпературных сплавов на основе железа. Это обстоятельство потребовало модернизации узла грануляции, схема которого представлена на рисунке 1.



- 1 – металлоприемник; 2 – огнеупорный тигель в донной части;
 3 – теплоизоляция; 4 – нижний направляющий патрубок; 5 – кварцевая трубка;
 6 – огнеупорная набивка; 7 – опорное кольцо металлоприемника;
 8 – вращающийся диспергатор; 9 – профилированная огнеупорная набивка;
 10 – разливной ковш; 11 – жидкий чугун

Рисунок 1 – Схема узла для литья чугунных гранул

Жидкий чугун из разливочного ковша через металлоприемник с огнеупорным тиглем, имеющим отверстие в донной части, попадает на вращающийся диспергатор, где дробится на капли, которые отбрасываются к стенкам корпуса в слой воды, образуемый вращением активатора. В это время происходит затвердевание капель жидкого металла с образованием гранул. Охлажденные гранулы скатываются в нижнюю часть корпуса установки, откуда происходит ее выгрузка. Поверхность воды, вовлеченной во вращение активатором, приобретает форму параболоида. Установленная в крышке диафрагма обеспечивает постоянный слой воды с определенной

толщиной. Избыточная часть воды переливается через диафрагму и через сливной патрубок уходит в оборотную систему. Таким образом, вода постоянно циркулирует и охлаждается.

В целом процесс изготовления гранул в лабораторных условиях состоит из следующих операций:

1. Плавка исходного чугуна заданного химического состава в индукционной тигельной печи.
2. Разливка чугуна в гранулы при помощи установки, основной частью которой является центробежный гранулятор с вертикальной осью вращения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Гранулятор с вертикальной осью вращения

Для гарантированного попадания струи жидкого чугуна в центр вращающегося гранулятора изготовлен специальный металлоприемник, состоящий из огнеупорного тигля с отверстием в донной части и направляющего металлопровода (рисунок 3).



Рисунок 3 –Теплоизолированный приемный тигель с отверстием в донной части

Это обеспечивает равномерную подачу жидкого чугуна из тигля через металлопровод, состоящий из стального корпуса, кварцевой трубки и огнеупорной набивки в гранулятор.

На рисунке 4 представлен общий вид металлоприемника, установленного на корпус установки для гранулирования.



Рисунок 4 – Общий вид металлоприемника

Для минимизации тепловых потерь приемный тигель подвергался предварительному нагреву с использованием газовой горелки.

3. После завершения разливки порции чугуна и его гранулирования прекращается подача воды в установку, отключаются вращающиеся узлы и после удаления воды в систему канализации осуществляется выгрузка полученных гранул.

4. Сушка гранул и их рассев по фракциям.

По такой технологической схеме в лабораторных условиях выполнена серия экспериментов.

На первом этапе работы были подобраны необходимые шихтовые материалы для получения исходного жидкого чугуна заданного химического состава в индукционной тигельной печи ИСТ-006 с кислой футеровкой.

Расчет шихты на получение чугуна осуществляли методом подбора, исходя из получения перед началом разливки следующего химического состава по основным элементам: 3,2 % углерода, 1,8 % кремния и 0,7 % марганца. Концентрация вредных примесей серы и фосфора составляла не более 0,04 и 0,1 % соответственно. Для компенсации в шихте недостающего количества углерода и кремния использовали карбюризатор и ферросилиций. При этом степень усвоения карбюризатора принимали 50 %. Ферросилиций использовали с содержанием кремния 45–50 %. Угар основных элементов принимали на основании расчета непродолжительной по времени плавки чугуна в индукционной печи и при перегреве жидкого металла не выше температуры 1720 К.

По расплавлению жидкого чугуна вся плавка выпускалась в разливочный ковш, отливалась технологическая проба на отбел в виде клина для оценки макроструктуры. Затем жидкий металл заливался в металлоприемник установки, где осуществлялось его гранулирование при скорости вращения диспергатора 30 с^{-1} . На рисунке 5 представлен общий вид полученного материала.



Рисунок 5 – Общий вид гранулированного чугуна

По аналогичной методике произвели гранулирование жидкого чугуна при других частотах вращения диспергатора (40 с^{-1} , 50 с^{-1}).

После сушки при температуре 350 К в течение 4 ч произвели рассев гранул на фракции. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Фракционный состав чугунных гранул

Диаметр частиц, 10^{-3} м	Среднее содержание в массе дробы, % при частоте вращения, с^{-1}		
	30	40	50
7,0–9,0	16	5	0
5,0–7,0	17	10	5
3,0–5,0	29	35	16
1,5–3,0	15	25	23
1,0–1,5	17	17	16
0,4–1	6	5	24
0–0,4	0	3	16

Установлено, что в зависимости от частоты вращения диспергатора размеры гранул находятся в пределах от $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ до $> 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Хорошие результаты по фракционному составу получены при частоте вращения гранулятора 40 с^{-1} . При этом максимальное количество гранул приходится на размере фракции из диапазона $(1-3) \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

В результате выполненных экспериментальных работ показана возможность получения чугуновых гранул заданного фракционного состава для последующего их использования в качестве упрочняющей фазы при синтезе композиционных материалов с макронеоднородной структурой, которые эффективно применяются в тяжело нагруженных узлах трения на малых скоростях скольжения.

Литература

1. Современные литейные технологии: монография / Н.К. Толочко [и др.]; под ред. Н.К. Толочко и А.С. Калиниченко. – Минск: БГАТУ, 2009. – 359 с.

2. Быстроохлажденный комплексный модификатор-раскислитель для внепечной обработки литейной стали / А.Г. Слуцкий [и др.] // Литье и металлургия. – 2010. – № 2. – С. 115–118.

3. Dr Slutsky Anatoly, Dr Kalinichenko Alexander, Sheinert Victor «Rapidly Solidified Complex Inoculants With Souring Effect for Ferrous-Carbon Alloys» Korean-Belarusian joint Workshop on Nano Composite Technology 6–7 апреля 2009 г. в сб. презентаций. – 3 с.

УДК 621.745.669.13

В.А. ШЕЙНЕРТ,
А.Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук,
О.Г. ГАЛУЗО, канд. техн. наук,
И.Л. КУЛИНИЧ (БНТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИТОЙ СТАЛЬНОЙ ФИБРЫ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Высокие темпы развития строительного комплекса нашей республики вызывают структурную перестройку в части широкого