

М.Л. ГЕРМАН, канд. физ.-мат наук (ЧПУП «Литье»)
Г.А. РУМЯНЦЕВА, канд. техн. наук,
П.Э. РАТНИКОВ, канд. техн. наук (БНТУ)

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗНОСОСТОЙКОГО ХРОМИСТОГО ЧУГУНА

В Республике Беларусь и в странах СНГ в качестве сплавов для узлов и деталей, работающих в условиях ударных нагрузок и абразивного износа, широкое распространение получили износостойкие хромистые чугуны марок ЧХ28Н2, ЧХ 28, ЧХ16М3 и ЧХ 18 [1], (ГОСТ 7769-82 «Чугун легированный»). Более 90 % деталей из ИЧХ изготавливается из сплава ИЧХ28Н2 [2], предназначенного для работы в коррозионно-абразивных условиях, поэтому замена данного чугуна на более износостойкий и дешевый является актуальной задачей.

В данной работе предлагается технология получения экспериментального заэвтектического износостойкого чугуна (заменителя ИЧХ28Н2 и ИЧХ28), химический состав которого приведен ниже.

Таблица 1 – Химический состав экспериментального чугуна

Химический элемент	C	Si	Cr	Mn	Ni	Cu	Mo	V	S	P	Ti
Нижний предел, %	3	0,5	26	0,5	< 0,3	< 0,1	1	0,06	< 0,03	< 0,03	0,015
Верхний предел, %	3,4	1	30	0,9			1,5	0,15			0,025

В данном чугуне с целью повышения доли карбидов хрома Cr_7C_3 и $Cr_{23}C_6$ снижается содержание Mn, Cu и Ni, что приводит к повышению растворимости углерода в аустените. Кроме того медь и никель способствуют графитизации чугуна, что сказывается на износостойкости деталей и отливок. При плавке необходимо стремиться к содержанию Ni меньше 0,11 %, Cu менее 0,034 и W до 0,03 %.

Технология выплавки отливок из экспериментального чугуна

Выплавка. Выплавку сплава следует производить в индукционной печи повышенной частоты с кислой футеровкой (кварцит и борная кислота), возможна плавка в печи с нейтральной футеровкой (например, муллитовый корунд). При выборе шихтовочных материалов необходимо по максимуму использовать передельный чугун или отходы от ИЧХ.

Модифицирование. Модифицирование в печи перед выпуском осуществляется введением 0,25–0,35 % силикокальция (добавка SiCa образует локальные пересыщения микрообъемов углеродом, в результате чего инициируется зарождение карбидов хрома). Рекомендуемая температура ввода силикокальция – 1420 °С.

Модифицирование в ковше следует производить добавлением 0,025–0,035 % алюминия (Al) и 0,004–0,006 % висмута (Bi), или теллура (Te), или теллурида висмута Bi₂Te₃ (наиболее предпочтительный вариант). Температура ввода модификаторов около 1450 °С.

Разливка. Рекомендуемая температура расплава перед выпуском 1450–1500 °С. При разливке следует учитывать, что высокохромистый чугун указанного состава дает усадку 6–7 %. Поэтому необходимо обязательно предусмотреть питание отливок прибылями, как при стальном литье.

Термообработка отливок. После кристаллизации, выбивки и обрубки отливки необходимо подвергнуть термообработке: нагрев до 950–1000 °С, выдержка в течение 2 ч, затем охлаждение на воздухе. После этого отливки подвергают низкому отпуску (нагрев до 200 °С, выдержка в течение 1 ч и охлаждение на воздухе).

Результаты экспериментальных плавков

С целью проверки механических свойств отливок из экспериментального износостойкого чугуна была проведена серия опытных плавков. Плавки проводились в условиях ООО «Литон» (г. Новомосковск, Россия). В качестве отливок изготавливались ударные лопатки для камнедробилки MAG 2700 фирмы METSO.

Шихтовка плавки: вес плавки – 230 кг жидкого, из которого отливаются 3 лопатки, и возврат 80 кг.

1-я плавка без собственного возврата:

1) чугун пердеельный ПVK1, класс А – 107 кг; 2) феррохром ФХ015А – 73 кг; 3) феррохром ФХ850А – 53 кг; 4) ферромарганец ФMн78 – 3 кг; 5) ферромolibден ФMo60 – 4,5 кг; 6) ферротитан ФTi35C5 – 200 г; 7) феррованадий ФВд-40,50 – 600 г; 8) алюминий – 75 г; 9) силикокальций СК15 – 740 г; 10) модификатор – 13–14 г; 11) окалина – 12 кг; 12) возврат собственный – нет.

Последующие с собственным возвратом:

1) чугун пердеельный ПVK1, класс А – 63 кг; 2) феррохром ФХ015А – 46 кг; 3) феррохром ФХ850А – 51 кг; 4) ферромарганец ФMн78 – 2,2 кг; 5) ферромolibден ФMo60 – 3,1 кг; 6) ферротитан ФTi35C5 – 140 г; 7) феррованадий ФВд-40,50 – 400 г; 8) алюминий – 75 г; 9) силикокальций СК15 – 740 г; 10) модификатор – 12,5–13,5 г; 11) окалина – 9 кг; 12) возврат собственный – 80 кг.

После извлечения отливок из форм проводился химический анализ чугуна, по которому были установлены угары легирующих элементов: Cr – 2–3 %, Mn – 8–10 %, C – 6,5 %, Si – 5–7 %.

В лаборатории диагностики материалов ИМЕТ РАН было проведено структурное исследование фрагмента отливок (лопатки камнедробилки) (рисунок 1).

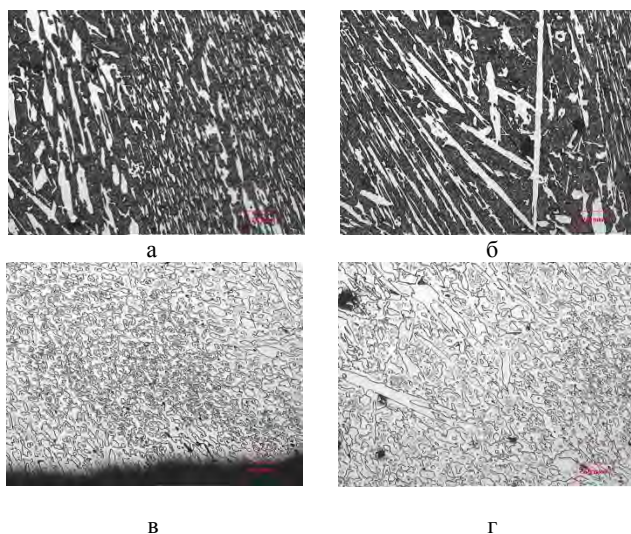


Рисунок 1 – Микроструктура исследуемого материала в центре (а, б) и на краю (в, г) образца

Микроструктура представляет собой мартенситную матрицу, в которой расположены пластины карбидов. Микроструктура в центре и на краю образца отличается размерами структурных составляющих: на краю образца в основном наблюдалась дисперсная структура с островковыми и глобулярными карбидами. В центре образца были зафиксированы крупные вытянутые карбиды. Были проведены измерения микротвердости структурных составляющих и твердости по Роквеллу на краю и в центральной части образца. Результаты измерения микротвердости и твердости представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения микротвердости и твердости экспериментального чугуна

		Центр	Край
		Твердость, HRC	
	61		62
	61		63
	60		63
Микротвердость, HV	Мартенсит (матрица)	620	595
		631	602
		642	532
		699	596
	Карбиды	1041	881
		1124	933
		1064	959
		1323	964

Как видно из таблицы 2, твердость материала в центре и на краю образца существенно не различается. Пластины карбидов обладают более высокой твердостью, чем матрица, причем твердость карбидов в центре образца выше, чем на краю.

Заключение. Разработана экспериментальная технология получения износостойкого чугуна для замены ИЧХ28Н2 и ИЧХ28, обладающего более высокой износостойкостью и механическими свойствами. Результаты эксплуатации отливок (лопаток камнедробильных) показал рост ресурса отливок более чем на 20 %.

Литература

1. **Износостойкость** и механические свойства хромистых чугунов / К.Э. Барановский [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2014. – № 3. – С. 96–100.

2. **Исследования** абразивно-коррозионной стойкости хромистых чугунов / Е.И. Рожкова [и др.] // Литейщик России. – 2005. – № 12. – С. 8–9.

УДК 621.783:519

С.В. КОРНЕЕВ, канд. техн. наук,
И.А. ТРУСОВА, д-р техн. наук (БНТУ)

ПРИМЕНЕНИЕ ГОРЕЛОК И ИНЖЕКТОРОВ В ВЫСОКОМОЩНЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧАХ

Анализ теоретических исследований процессов нагрева и плавления металлошихты в ДСП, а также опыта эксплуатации дуговых печей позволяет отметить следующие направления энергетической оптимизации электроплавки:

1) минимальное использование электроэнергии, как наиболее дорогого энергоносителя;

2) использование в ДСП максимально возможных количеств относительно дешевого органического топлива, преимущественно кокса, угля, а также природного газа;

3) интенсификация процесса с сокращением времени плавки, при одновременном уменьшения энергетических потерь пропорциональных времени.

В большинстве случаев основной целью внедрения альтернативных источников энергии является повышение производительности.

Применение газокислородных горелок. За последние годы накоплен достаточный опыт использования горелочных устройств в электродуговых печах, что позволяет определить оптимальные режимы их работы. Интересны работы, в которых приводится сопоставление показателей работы до и после установки горелок. Например, в работе [1] рассмотрен опыт применения газокислородных горелок для