

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ермакова Михаила Александровича «Управление структурой и свойствами отливок из хромистого чугуна путем легирования, модифицирования и электроимпульсной обработки расплава», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство

Известно, что комплексно-легированные белые чугуны нашли применение при производстве отливок, эксплуатирующихся в условиях агрессивных сред и при повышенных температурах и подвергающихся абразивному и ударно-абразивному износу.

В связи с этим диссертационная работа Ермакова М.А., направленная на исследование влияния графитизирующих элементов и модифицирования хромистых чугунов, а также электроимпульсной обработки расплава наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ) на свойства отливок, является актуальной.

Анализ результатов исследования влияния легирующих элементов на формирование структуры и функциональных свойств комплексно-легированных чугунов позволил диссертанту сформулировать цель и задачи исследования.

В работе изучено влияние легирующих элементов на строение жидкой фазы, кристаллизацию и структурообразование, ликвационные процессы и эксплуатационные свойства хромистого чугуна. В качестве легирующих элементов использовались медь, никель и алюминий. Изучены кристаллизационные параметры чугуна в зависимости от содержания меди, никеля и алюминия. Установлено, что параметры жидкого состояния –  $\Delta J_{ж}$  и  $\alpha_{ж}$  изменяются по экстремальной зависимости с минимумами их значений при 0,25 мас. % Cu; 0,5 мас. % Sn; 1,0 мас. % Al и 0,5 мас. % Ni. Автор полагает, что эти параметры в значительной степени зависят от температурного интервала кристаллизации. Показано, что повышение содержания легирующих элементов приводит к измельчению хромисто-карбидной эвтектики и металлической основы и создаются термодинамические и кинетические условия для ускоренного формирования тригонального карбида  $K_2$  (Fe, Cr) $_7$ C $_3$ . Установлена зависимость твердости чугуна и микротвердости структурных составляющих, а также теплопроводности и жаростойкости от количества вводимых меди, никеля, алюминия и олова. Микрорентгеноспектральный анализ показал, что хром преимущественно концентрируется в тригональном карбиде  $K_2$ . Далее установлено, что графитизирующие элементы (Ni и Al), уменьшая растворимость хрома в карбидной фазе и металлической основе, создают термодинамические и кинетические условия для кристаллизации тригонального карбида в большом количестве.

Дальнейшее исследование посвящено изучению влияния различных модификаторов на строение расплава и кристаллизационные параметры хромистых чугунов. В качестве модификаторов использовали ФСМг7 и металлический иттрий. Содержание модификатора изменялось от 0,05 до 0,3 мас. %. Микрорентгеноспектральный анализ позволил определить химический состав ледебуритной эвтектики и металлической основы немодифицированного и модифицированного чугунов. Следует отметить, что стехиометрия тригональных карбидов  $K_2$  остается без изменения при добавках ФСМг7, равных 0,2...0,3 мас. %, а характер изменения растворимости элементов в карбидных фазах и металлической основе чугуна от величины добавки модификатора оказывает влияние на твердость и микротвердость структурных составляющих чугуна. Методом дифракции отраженных электронов проведен фазовый анализ хромистого чугуна, модифицированного ФСМг7 в количестве 0,25 мас. %, который позволил идентифицировать кроме легированного

цементита  $(Fe, Cr)_3C$  включения тригонального карбида  $K_2(Fe, Cr)_7C_3$ . Появление в структуре хромистого чугуна тригонального карбида приводит к повышению твердости и микротвердости. Обработка расплава хромистого чугуна НЭМИ способствует измельчению тригонального карбида и металлической основы. При этом происходит увеличение твердости и износостойкости чугуна. Автором установлено, что их максимальные значения достигаются при обработке расплава НЭМИ в течение 15 мин.

Результаты работы докладывались на научных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК. Научная новизна и практическая значимость работы не вызывает сомнений. Результаты исследования достаточно полно опубликованы в печати.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

1. Из автореферата неясно, за счет чего увеличивается окалиностойкость хромистого чугуна, модифицированного ФСМг7 и обработанного НЭМИ?

2. Из автореферата неясно, почему обработка расплава хромистого чугуна НЭМИ усиливает ликвацонные процессы?

3. К сожалению, в автореферате не представлены результаты металлографического исследования структуры изучаемых в работе чугунов.

Диссертационная работа Ермакова М.А. вносит существенный вклад в теоретические основы литейного производства. Результаты исследования прошли апробацию при производстве износостойких отливок, работающих при высоких температурах и в условиях агрессивной среды на ОАО «Баймакский литейно-механический завод».

Несмотря на высказанные замечания, считаем, что диссертационная работа Ермакова М.А. отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ермаков Михаил Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Профессор кафедры «Литейное производство и упрочняющие технологии», д-р техн. наук

Мысик Раиса Константиновна

Профессор кафедры «Литейное производство и упрочняющие технологии», д-р техн. наук

Брусницын Сергей Викторович

Доцент кафедры «Литейное производство и упрочняющие технологии», канд. техн. наук

Сулицин Андрей Владимирович

09.11.2015 г.

620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
Тел. 375-44-76, E-mail: kafedralp@mail.ru