

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание учёной степени доктора философии PhD
по специальности 8D07203 – «Металлургия»

Аубакиров Дастан Рахметоллаевич

Разработка и исследование технологии производства износостойких чугунных отливок с использованием модификаторов

Актуальность работы.

Ежегодные потери на трение и износ во всём мире составляют сотни миллиардов долларов. Преждевременный износ машин, приборов, оборудования и инструмента приводит к колоссальным затратам. Износ – одна из главных причин ремонта. В некоторых случаях ремонт и техническое обслуживание приблизительно обходятся для различных изделий техники, по разным оценкам, в 3-10 раз больше стоимости их изготовления.

По некоторым данным, в настоящее время на измельчение природного сырья затрачивается около 5–10% производимой в мире электроэнергии и несколько миллионов тонн легированных чугунов и сталей, из которых изготавливаются элементы защиты и рабочие части оборудования для измельчения.

Большинство из применяемых за рубежом технологий и методов повышения износостойкости деталей и отливок (высокое или комплексное легирование сплава, термо-механическая обработка изделий и др.) у нас не находят применения в массовом производстве из-за дороговизны материалов и оборудования.

В связи с этим не теряют актуальности вопросы совершенствования рабочих свойств таких относительно недорогих, технологичных и наиболее доступных для отечественных производителей материалов, как низколегированные белые чугуны. В данной работе приведены сравнительные исследования по модифицированию низкохромистого чугуна бор- и барийсодержащими добавками отечественного производства, как одного из наиболее эффективных и доступных методов улучшения параметров структуры литого сплава.

Цель работы - повышение износостойких свойств низколегированного хромистого чугуна путём обработки сплава бор- и барийсодержащими модификаторами отечественного производства.

Задачи исследования. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ составов и свойств современных промышленных марок износостойких чугунов для производства литых деталей, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания. Подобрать оптимальный состав чугуна и технологию модифицирования;

- выполнить полный термодинамический анализ процесса выплавки и внепечной обработки НХЧ бор- и барийсодержащими добавками для

определения особенностей влияния хрома, бора и бария на фазовый состав и свойства;

- провести лабораторно-экспериментальные исследования по выплавке и внутриформенному модифицированию НХЧ бор- и барийсодержащими добавками, исследовать микроструктуру, твёрдость и ударопрочность полученных образцов. Скорректировать расход модифицирующих добавок;

- определить зависимость механических свойств НХЧ от степени легирования хромом и количества вводимых модифицирующих добавок – ферробора, ферросиликобария и комплексного ББМ. Установить оптимальный расход модификаторов;

- выполнить серии опытно-промышленных испытаний по модифицированию НХЧ бор- и барийсодержащими добавками, исследовать эксплуатационные свойства полученных образцов. Определить оптимальный по модифицирующему воздействию на структуру и износостойкие свойства чугуна тип модификатора;

- разработать технологическую карту производства износостойких чугунных отливок с использованием модификаторов.

Научная новизна. Впервые получены следующие результаты:

- разработано математическое описание диаграммы Fe–Fe₃C, позволяющее автоматически рассчитывать фазовый и структурный состав сплавов данной системы с высокой точностью без использования графических методов (правило отрезков);

- теоретически обосновано и экспериментально подтверждено существование новых фаз (FeV и BaS) в низкохромистых чугунах после обработки опытными модификаторами;

- установлены зависимости твёрдости, стойкости при истирании и ударно-динамическом воздействии от содержания хрома и количества вводимых модификаторов;

- установлены зависимости между параметрами микроструктуры (дисперсность, морфология и количество структурных составляющих) и количеством и природой опытных модификаторов;

Практическая значимость. На основании полученных в диссертации результатов:

- определён оптимальный модификатор для НХЧ, позволяющий повысить твердость, износостойкость и срок эксплуатации деталей на 9-12%;

- разработана технология ввода модификатора (внутриформенное модифицирование) при литье по газифицируемым моделям, позволяющая значительно сократить расход модификатора и время технологического процесса;

- разработана технология производства износостойких мелющих шаров с использованием модификаторов, разработана и согласована технологическая карта процесса.

Методы исследования. В данной работе применялись следующие методы:

- математический метод определения фазового состава чугуна, основанный на математическом описании линий равновесия фазовой диаграммы Fe-Fe₃C;
- термодинамическое моделирование процесса выплавки и модифицирования сплава с использованием ПО TERRA, HSC Chemistry и ThermoCalc;
- математическое планирование эксперимента с применением метода Малышева-Протождяконова;
- физическое моделирование процессов плавки чугуна, заливки и внутриформенного модифицирования отливок, полученных методом ЛГМ;
- методы металлографического анализа образцов (оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, МРСА);
- методы количественного и качественного анализа микроструктуры образцов с применением ПО Thixomet PRO;
- определение твёрдости металлических образцов с применением методов Виккерса и Роквелла;
- методы определения механических свойств образцов (при истирании по схеме «шарик-диск» и при циклическом ударно-динамическом воздействии).

Положения выносимые на защиту:

- математический метод определения фазового состава чугуна, основанный на математическом описании линий равновесия диаграммы Fe-Fe₃C;
- результаты термодинамического моделирования процесса выплавки и модифицирования НХЧ опытными модификаторами;
- результаты лабораторных исследований по внутриформенному модифицированию НХЧ бор- и барийсодержащими модификаторами;
- результаты опытно-промышленных работ по выплавке и модифицированию НХЧ бор- и барийсодержащими модификаторами;
- результаты исследования микроструктуры и износостойких свойств образцов из модифицированного чугуна;
- технология производства износостойких чугунных отливок с использованием модификаторов, включающая новый способ ввода модификатора при производстве отливок методом ЛГМ.

Работа выполнялась на кафедре «Нанотехнологии и металлургия» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова и в лаборатории «Бор» Химико-металлургического института имени Ж. Абишева.

Достоверность и обоснованность научных результатов, изложенных в диссертации, подтверждаются:

- положительными результатами промышленных испытаний в условиях ТОО «Карагандинский машиностроительный завод имени Пархоменко»;
- высокой корреляцией результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация работы. По результатам проведённых исследований опубликовано 9 работ в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе:

- 3 статьи в международных научных журналах («Metallurgist» (Russia) – процентиль 45, «Metalurgija» (Croatia) – процентиль 37, «Metals» (Швейцария) – процентиль 76);

- 3 статьи в научных изданиях рекомендованных ККСОН МНВО РК («Труды Университета» №3 (80) (Караганда, Казахстан), «Вестник КазНИТУ», №6 (142) (Алматы, Казахстан), «Труды Университета» №2 (87) (Караганда, Казахстан);

- 2 статьи в иных отечественных изданиях (Материалы международного научно-практического журнала «Global Science and Innovations 2019: Central Asia» и «Material and Mechanical Engineering Technology» Volume 4 (2020));

- получен патент на полезную модель «Способ производства износостойкого хромистого чугуна».

Основные результаты исследований были представлены автором в 5 докладах на международных научно-практических конференциях «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №№12-14).

По результатам проведённых промышленных испытаний были получены акты:

- акт испытаний технологии производства модифицированных мелющих шаров (в условиях ТОО «QazCarbon»);

- акт промышленных испытаний по производству мелющих шаров с использованием разработанной технологии внутриформенного модифицирования (в условиях ТОО «КМЗ имени Пархоменко»);

- акт промышленных испытаний мелющих шаров (в условиях ТОО «КМЗ имени Пархоменко»).

Объём и структура работы. Данная диссертационная работа состоит из следующих частей - введения, 6 основных разделов, заключения, списка использованных источников и 7 приложений. Диссертация изложена на 119 страницах машинописного текста, содержит 64 рисунка, 27 таблиц и список использованной литературы, состоящий из 114 наименований.