

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТОГО ЧУГУНА И ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ В СТАЛЬ»,

представленной на соискание степени доктора философии (PhD)

по специальности 6D070900 – «Металлургия»

КУРМАНСЕЙТОВА МУРАТА БАУЫРЖАНУЛЫ

Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технологической проблемы. Развитие черной металлургии является важнейшим условием производства средств и технического оснащения всех отраслей народного хозяйства. На сегодняшний день производство чугуна составляет 3,1 млн т/год. Но, использовать чугун, как конструкционный материал можно в ограниченном количестве, так как в твердом виде он является хрупким металлом. Его хрупкость связана с высокой концентрацией углерода в содержании. В мире есть несколько способов изменения физических и механических свойств чугуна.

Одним из основных способов является обезуглероживание расплава чугуна продувкой кислородом. Неэффективность такого подхода очевидна. Во-первых, при продувке чугуна кислородом окисляется не только растворенный углерод, но и все полезные легирующие металлы, содержащиеся в чугуне – марганец, хром, ванадий, которые переходят в виде окислов в состав конвертерного шлака, сбрасываемого в отвал на большей части металлургических заводов. Во-вторых, расплавленная сталь, загрязненная оксидными соединениями, является сырой и требует дальнейшей внепечной обработки с большими материальными и энергетическими затратами. С учетом указанных затрат технологического процесса, поиск путей селективного снижения концентрации углерода в чугуне является перспективным.

Одним из решений вышеизложенной проблемы, является использование в работе процесса редукционной плавки железной руды внедоменного процесса и получение изделий из чугуна с легированной поверхностью путем активации легирующих добавок, содержащихся в получаемом чугуне.

Основание и исходные данные для разработки темы. Железо хорошо растворяет в себе различные элементы, в их числе особое место занимает углерод. Во-первых, отличие чугуна от стали зависит от процента растворенного углерода. Их граничность находится в 2,0 % углерода. По мере увеличения содержания углерода более 2,0 % температура плавления железоуглеродистой смеси уменьшается, а по достижению углерода более чем 4,5 % температура плавления смеси снижается с 1500 °С до 1159 °С. Кроме того, повышается подвижность чугуна в жидком состоянии и улучшается возможность получения из него точных литых деталей. По мере снижения содержания углерода менее 2,0 % железоуглеродистая смесь превращается в сталь, а температура ее плавления увеличивается и достигает до 1550-1600 °С.

Получение деталей из стали в виде слитков является более сложным процессом, поэтому получение различных деталей из стали производят механическим путем прокатки или процесса. В связи с этим, получение деталей из чугуна в виде слитков, достигает значительной точности и легкости.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы. Все характеристики железоуглеродистой смеси, как показано выше, зависят от процента углерода. Это связано с подвижностью основного углерода в железе. Атомный радиус углерода в два раза меньше, чем атомный радиус железа. Поэтому углерод может попасть в кристаллическую решетку железа и двигаться в разных направлениях. Кроме того, электронный потенциал углерода в два раза выше, чем электронный потенциал железа. При нагревании системы она, как донор, извергает свои электроны в оксиды металлов, добавленные извне, и присоединяется к реакциям их окисления. Такие возможности содержания углерода в чугуне не были учтены в ранее проведенных научных исследованиях. Повышение прочности чугунных деталей ограничивается облицовкой их поверхностей специальными расплавами.

Подвижность углерода в твердой фазе и его затвердевание в реакциях окисления позволяют превратить поверхность чугунных деталей из чугуна в стальной слой. Проведение научно-исследовательских работ в данном направлении обеспечит достижение высокого уровня технико-экономических результатов.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них. Повышение прочности поверхности чугунных деталей достигается за счет использования эффекта подвижного растворенного углерода в своем составе без расплавов драгоценных металлов. Вся основа - в соотношении железо-углерод. Для укрепления поверхности чугунных изделий, достаточно снизить в них концентрацию углерода с 4,5% до 0,5-1,0%. Снижение содержания углерода до 1,0% в железоуглеродистой смеси свидетельствует о его превращении в сталь. Поэтому основной вопрос заключается в том, как его снизить. В связи с новыми теоретическими данными показано, что активность участия растворенного в металле углерода в реакциях окисления значительно выше, чем у свободного углерода. Для начала проведения такой твердофазной реакции достаточно нанести на поверхность чугунного изделия порошок окислов железа или других металлов и прогреть систему до 1000-1100 °С. В этом случае оксид металла диссоциирует и начинает выделять кислород, растворенный углерод начинает эмиссировать электроны в своем атомном составе. В то время, как углерод производит электроны в качестве донора и имеет заряд +4, кислород состоит из двух атомов с зарядом -2, принимая четыре электрона в качестве акцептора. Так, начинается закон притяжения между плюсовым зарядом углерода и минусовым зарядом кислорода. Подвижный углерод выходит из кристаллической решетки железа и соединяется с кислородом, превращаясь в двухатомный и трехатомный газ

CO, CO₂. В зависимости от протекания этой реакции, поверхность чугуна обезуглероживается, то есть превращается в сталь. В данном направлении проведены патентные исследования и установлено, что повышение прочности поверхности чугунных деталей осуществляется только путем покрытия ее твердыми расплавами и порошками драгоценных металлов, возможности повышения ее прочности в составе чугунных деталей не предусмотрены в предыдущих работах. В результате патентных исследований по рассматриваемому плану были даны рекомендации на получение нового патента и получено решение о его достоверности от казахстанского патентного управления.

Было показано, что новизна научно – технической работы, предусмотренная планом, и ее уровень значительно выше, чем в других известных работах.

Сведения о метрологическом обеспечении диссертации. Проведение экспериментальных исследований обеспечено стандартным оборудованием: вибрационной дробилкой 75 Т – ДР и электронными весами Shimadzu ELB 1200 для измерения массы компонентов и трубчатой печью «RHTC 80 – 230/15 Controller B410» с подогревом системы.

Исследование химического состава, микроструктуры и механических свойств чугуна и стали выполнено с помощью широко используемого современного оборудования: электронного микроскопа JXA - 8230 (JEOL) и микроскопа X-ray powder diffraction (XRD, Rigaku TTRAXIII), оптического микроскопа Neophot 32 и рентгеновского аналитического микрозонда-микроскопа РАМ 30-g.

Актуальность темы. Наибольшее распространение на практике получило производство прямых деталей и готовых изделий из выплавленного чугуна методом литья под специальную модель. Наиболее распространенной технологией является ее реализация с целью повышения прочности поверхности получаемых чугунных изделий и деталей путем покрытия ее расплавами драгоценных металлов. Для осуществления повышения прочности использование особых возможностей физико-химических процессов, протекающих во внутреннем слое чугуна, еще не начато. Изучение и реализация такой технологии является актуальной проблемой. Исследовательские работы, предусмотренные проектом, призваны найти решение этих проблем.

Новизна темы заключается в разработке технологии получения чугунного металлоизделия и термохимического преобразование его поверхности в сталь. Выплавка чугуна и производство из них литых металлоизделий являются доступными и малозатратными, по сравнению с производством стали и стальных конструкций. Результаты полученных в данной работе экспериментальных исследований могут быть использованы в производстве металлоизделий и конструкций с использованием чугуна и открывают перспективу развития малого и среднего бизнеса.

Научная новизна исследований:

– в работе представлены интересные результаты термодинамических расчетов реакций взаимодействия растворенного углерода в чугуне с различными дисперсными порошками оксидов металлов – MoO_3 , WO_3 и V_2O_5 и достаточно полно описан механизм взаимодействия компонентов в гетерогенной системе углерод – оксид металла;

– установлены новые кинетические закономерности твердофазных реакций между растворенным в чугуне углеродом и дисперсными оксидами металлов;

– полученные результаты доказывают принципиальную возможность получения из литых чугунных изделий высококачественного конструкционного изделия с использованием твердофазных реакций между растворенным углеродом и слоем дисперсных оксидов металлов на поверхности готовых металлоизделий;

– кинетические показатели твердофазных реакций между растворенным углеродом в металле и дисперсным оксидным слоем открывают новые технологии получения металлоизделий с последующим их преобразованием в композиционном изделии путем термохимической обработки их поверхностей.

Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами. Диссертационная работа выполнена в рамках государственных грантов фонда науки МОН РК по проекту на тему: «Разработка научных основ непрерывного процесса восстановительной плавки концентратов и вторичных материалов для получения конструкционной стали» ((№700.Ф06/2, 2006-2008 жж.), финансируемого Министерством образования и науки Республики Казахстан в рамках программы «Разработка научных основ и технологий создания новых перспективных материалов различного функционального назначения» по приоритету «Грантовое финансирование научных исследований».

Целью диссертационной работы является исследование особенности и механизм твердофазной редукции растворенного углерода в чугуне и дисперсных порошках оксидов металла, а также разработать технологию, направленную на непрерывный способ литья с целью получить конструкционные изделия.

Объект исследований – микроструктура системы железо – углерод на основе литых чугунных изделий и пластин.

Предмет исследований – получение литых чугунных пластин, обработка их поверхности, подготовка металлооксидных порошков и герметической лабораторной ячейки, в которой поверхность чугунных пластин покрывается слоем металлооксидного порошка и на контактной поверхности организовывается твердофазное восстановление металла растворенным в чугуне углеродом и тем самым обезуглероживание и преобразование поверхностного слоя в сталь с содержанием углерода менее 1,0 %.

Задачи исследований, их место в выполнении научно-исследовательской работы состоит из следующих этапов:

- анализ современного состояния проблемы, касающейся темы диссертационной работы в частности технологии массового производства чугуна и внедоменного получения чугуна на малых предприятиях;
- разработка методики теоретических и экспериментальных исследований;
- подготовка лабораторных нагревательных печей и контрольно-измерительной аппаратуры к работе;
- подготовка оксидных железорудных материалов и восстановительных реагентов в виде твердого углерода;
- подготовка и получение рудоугольной смеси в заданных массовых соотношениях для выплавки из нее слитков чугуна;
- проведение экспериментальных работ по металлизации и плавке рудоугольных окатышей, получение образцов литых чугунных пластин;
- обработка поверхности литых чугунных пластин для организации ее термохимической обработки;
- организация термохимической обработки поверхности чугунных пластин;
- установление закономерности изменения микроструктуры поверхностного слоя чугунных пластин в зависимости от температуры нагрева и времени выдержки;
- исследование механизма восстановления металла из покровного металлооксидного слоя растворенным углеродом чугуна;
- анализ изменения концентрации растворенного углерода по толщине обрабатываемой поверхности чугунных пластин;
- анализ микроструктуры исходных чугунных пластин и их поверхностного обезуглероженного слоя и оценка качества преобразованного поверхностного слоя;
- преобразование чугунных пластин в биметаллический пластинчатый продукт повышенной прочности;
- обобщение результатов исследований о возможности обезуглероживания чугуна и чугунных металлоизделий в твердофазном состоянии и опубликование научных работ.

Все перечисленные задачи нашли свои решения и места в выполненных научно-исследовательских работах.

Методологическая база исследований основана на внедоменном получении чугуна, литых чугунных пластинчатых металлоизделий и использовании растворенного в чугуне углерода для термохимического преобразования их микроструктуры путем наложения на поверхность металлооксидных порошков и нагрева системы в пределах 1000 – 1100 °С, при которой происходит прямое восстановление металла из слоя металлооксидного порошка растворенным углеродом. В методологию входит дальнейшее определение микроструктуры обезуглероженного

поверхностного слоя пластин и его толщины на современных стандартных измерительных аппаратах.

Положения, выносимые на защиту состоят из следующих результатов исследований:

- организация внедоменного производства чугуна без использования кокса на основе получения дисперсных рудоугольных смесей с регулируемыми массовыми соотношениями и подготовки из них рудоугольных окатышей для восстановительного плавки чугуна;
- разливка чугуна и получение образцов литых чугунных металлоизделий на примере металлических пластин;
- обезуглероживание поверхностных слоев чугунных пластин покрытием их металлооксидным порошком и организацией прямого восстановления металла из порошков растворенным углеродом;
- термохимическое преобразование поверхностных слоев чугунных пластин и получение биметаллических пластин, состоящих из стального (наружного) слоя и чугунного (внутреннего) слоя;
- повышение прочностных и вязкостных свойств чугунных металлоизделий на примере чугунных пластин за счет твердофазного обезуглероживания их поверхностных слоев;
- механизм протекания твердофазного обезуглероживания поверхностного слоя чугунных пластин;
- оценка технико-экономических и экологических показателей твердофазного обезуглероживания поверхностных слоев литых чугунных металлоизделий и упрочнения их прочностных и других качественных показателей.

Практическая значимость диссертации. Практика существующей технологии передела чугуна в сталь основана исключительно на обезуглероживании металла в расплавленном состоянии. Упрочнение чугунных металлоизделий основано на плавке их рабочих поверхностей дорогими прочными сплавами. Разработанная технология по термохимическому преобразованию рабочих поверхностей литых чугунных металлоизделий исключает необходимость затраты энергии на плавку и дорогих упрочняющих ферросплавов, что приводит к многократному снижению экономических издержек производства. Твердофазное обезуглероживание готовых чугунных металлоизделий легко и без существенных затрат может быть реализовано на практике. Например, чугунные трубы широко распространены на практике, но они хрупки и ломки. Обезуглероживание их наружной поверхности по предложенной технологии приводит к образованию стального наружного слоя, тем самым исчезает хрупкость и ломкость труб, а внутренняя поверхность труб остается в чугунном состоянии и обеспечивает их антикоррозионное свойство, т.е. на практике достигается двойной прочностной эффект.

Апробация работы. По результатам диссертационной работы опубликовано 9 печатных работ, в том числе:

- одна статья в журналах, входящих в базу данных Scopus (Steel in Translation (United Kingdom));

- четыре статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК.

Основные положения и результаты работы докладывались на международных конференциях:

- VII Евразийская научно-практическая конференция «Прочность неоднородных структур прост». МИСиС, 2016 г., стр.75-76.;

- Сатпаевские чтения на тему: «Научное наследие Шахмардана Есенова» 12 апреля 2017 года, С. 379-382, Алматы, Казахстан;

- Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (*Сагиновские чтения №10*), Караганда, 14-15 июня 2018 года;

- International Conference on Research Challenges to multidisciplinary innovation: Conference Proceedings, October 30th, 2018, USA, Morrisville: SPO “Professional science”, Lulu Inc., 2018, 99 p.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и приложений. Работа изложена на 110 страницах машинописного текста, содержит 21 таблиц и 35 рисунков. Список использованных источников включает 95 наименований.