

В диссертационный совет 24.2.404.01  
на базе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный  
университет» по адресу 660025, г. Красноярск,  
пр. «Красноярский рабочий», д.95, ауд. 219.

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию

Арапова Станислава Леонтьевича

«Исследование и разработка технологии литья высокомарганцевых  
аустенитных сталей для повышения эксплуатационных параметров отливок»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.3 – «Литейное производство» (технические науки)

### **1 Общая характеристика работы**

На отзыв представлены: текст диссертации, состоящий из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 116 наименований, и 3 приложений, изложенный на 140 страницах и включая 88 рисунка и 32 таблиц, а также автореферат.

Автореферат отражает содержание диссертации, результаты которой достаточно полно представлены в печати в 9 научных статьях, в том числе 4 в изданиях из перечня журналов, рекомендованных ВАК РФ, 1 опубликованы в изданиях, входящих в базу данных Scopus, а также 3 международных и Российских научных конференциях.

### **2 Актуальность темы исследования**

Фасонное литье в песчаные формы является самым распространенным способом получения деталей в таких ключевых отраслях как тяжелое

машиностроение, автомобилестроение, станкостроение и т.д. Данный способ производства, позволяет получить литые детали самой сложной формы, а применяемые материалы обеспечивают весьма широкий диапазон эксплуатационных свойств, которые так важны для конкретных условий и испытываемых нагрузок, при эксплуатации узлов, машин и механизмов.

Стоит отметить, что технология фасонного литья является весьма многофакторной и содержит значительное количество параметров, от которых зависят качественные показатели получаемых деталей. Основными группами таких параметров служат материалы литейных форм, состав металла, технологические режимы литья. В связи с этим, диссертационная работа Арапова С.Л., направленная на повышение эффективности работы горно-обогатительного оборудования за счет совершенствования технологии изготовления литых деталей из высокомарганцевой стали, носит актуальное значение для народного хозяйства.

Актуальность работы подтверждается тем, что она выполнена в соответствии с государственным заданием на науку ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», номер проекта FSRZ20200013 в рамках Федеральной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 328 (ред. от 02.06.2022) и Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» утвержденной Постановлением Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 377 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно технологическое развитие Российской Федерации».

### **3 Научная новизна работы**

Научная новизна состоит в расширении обоснованных данных о влиянии легирующих элементов Mn, Si, Cr, Mo, Ni, а также их количественных концентраций на формирование микроструктуры и

механический свойств высокомарганцевой аустенитной стали (ВМАС); установлена и подтверждена зависимость размерности зерна в микроструктуре нового состава стали от технологических параметров литья, что оказывает одно из ключевых влияний на механические свойства материала.

#### **4 Практическая значимость**

Практическая значимость работы заключается в реализации численных расчетов размера аустенитного зерна нового состава стали системы Fe-C-Mn-Si-Cr-Mo-Ni в зависимости от различных концентраций элементов в данной системе и технологических режимов литья. В работе представлены расчетные размеры усадочных дефектов, возникающий при различных вариантах исполнения технологии литья для отливки «броня конусная». Значительный практический интерес представляет химический состав новой высокомарганцевой аустенитной стали системы Fe-C-Mn-Si-Cr-Mo-Ni. Представленные разработки легли в основу технологического регламента по изготовлению группы отливок «броня конусная», который позволяет достичь повышение работоспособности горно-обогачительного оборудования в 1,5 раза.

#### **5 Структура и анализ диссертации**

*Во введении* представлена и обоснована актуальность диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, изложена практическая и научная значимость диссертационного исследования.

*Первая глава* содержит литературный обзор информации по теме исследования и представлен анализ современного состояния в области литейного производства деталей из высокомарганцевых сталей. Изложены данные влияния основных и вспомогательных элементов химического

состава высокомарганцевых сталей на формирования механических и эксплуатационных свойств в широком интервале значений концентрации долей элементов. Представленный анализ влияния дополнительного легирования химического состава рассматриваемой группы стали в сочетании с определением рациональных режимов литья аргументировано открывает возможность получения наивысших возможных механических и эксплуатационных свойств материала.

*Во второй главе* приведены методики проведения исследования, в том числе усовершенствованные автором; представлен комплекс оборудования для проведения испытаний и пробоподготовки, а также методология проведения исследования.

*В третьей главе* представлены результаты расчетов по определению рационального химического состава ВМАС при исследуемом диапазоне исследуемого набора химических элементов: С – 0,96÷1,4 %; Мп - 11,88 ÷16,41 %; Si – 0,45÷0,82 %; Cr - 0,1÷1,2 %; Ni - 0,2÷0,45 % и Мо - 0,15÷0,5 %. Расчетная часть содержит два последовательных этапа, которые основываются на выборке анализов физических образцов, а полученные расчетные значения прошли достоверную верификацию на практике. Результатом расчетной части является система химических элементов новой марки ВМАСв виде: Fe-1,1C-16Mn-0,8Si-1,3Cr-Мо-Ni. Дополнительно определено рациональное соотношение основных элементов состава новой стали  $Mn/C = 14,56$ , что в комплексе с заданным диапазоном остальных элементов позволяет получать весьма высокие механические свойства, такие как ударная вязкость КСУ 2,8 МДж/м<sup>2</sup> и твердость 229 НВ. Стоит отметить весьма наглядное сравнение полученных результатов, в том числе и микроструктуры в разрезе с общепринятой высокомарганцевой сталью марки 110Г13Л.

*Четвертая глава* заключается в разработке новых технологических решений, позволяющих повысить эксплуатационные и механические свойства ВМАСи разработанной марки в частности. Произведен расчет

компьютерной модели влияния температурных режимов литья на формирование и размерность аустенитного зерна в микроструктуре, исследуемой стали с последующей верификацией на физических образцах. Полученные результаты позволили определить линейную зависимость и представить ее в виде полиномиального уравнения  $D_{gs} = 0,637T - 774$ . Проанализирована оценка комплексного влияния установленных факторов (температурный режим литья + химический состав новой стали) на механические и эксплуатационные свойства в сравнении со сталью 110Г13Л. Также разработаны и проанализированы цифровые модели четырех вариантов литейной технологии для изготовления детали «Броня конусная».

*В заключении* изложены основные выводы по работе, в которых отражены полученные результаты представленного исследования.

*В приложениях* содержатся материалы, подтверждающие применение результатов настоящего исследования в производственной и учетной практике.

## **6 Достоверность научных положений, выводов и заключений**

Достоверность полученных результатов и выводов основана на применении современных методов. Математическое моделирование и расчетные данные в полученных результатах работы, полученные автором, подтверждены практикой апробирования в промышленных условиях.

## **7 Соответствие автореферата и диссертации**

Работа изложена научно-техническим текстом и оформлена с соблюдением требований, предъявленных к кандидатской диссертации. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

## 8 Замечания по работе

1. В гл.3. рассматривается поиск рационального диапазона высокомарганцевой аустенитной стали путем оптимизации математической модели, однако ни в тексте диссертации, ни в автореферате сама модель не представлена, не ясно какой тип модели использует соискатель, и каким методом производилась оптимизация.

2. В какой степени используемая технология выплавки стали методом окисления примесей оказала влияние на формирование качественных характеристик исследуемого материала?

3. В гл.4. введена непонятная терминология “температура литья” как фактор уравнения регрессии при определении размера зерна. Если соискатель под данным термином понимает температуру заливки, то данные уравнения регрессии применимы только для исследуемого объекта “броня конусная”, так как действительно на размер зерна влияет скорость охлаждения сплава, при этом помимо температуры заливки значительную роль на размер зерна оказывает материал литейной формы и геометрия изделия.

4. В диссертационном исследовании значительное внимание уделяется аспектам формирования и влияния карбидных фаз на микроструктуру аустенитных сталей. Стоило дополнительно рассмотреть особенности карбидных фаз в предлагаемой марки стали, а также их отличительные черты в разрезе с карбидами других сталей.

5. В третьей главе говорится, что повышенное содержание Ni и Cr образуют центры кристаллизации. Не понятен механизм образования таких центров

## Заключение

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертации. Актуальность, новизна, научная и практическая значимость, а также другие критерии диссертационного исследования Арапова С.Л. по теме «Исследование и разработка технологии литья высокомарганцевых аустенитных сталей для повышения эксплуатационных параметров отливок» удовлетворяет требованиям предъявляемым к кандидатским диссертациям, определенным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. и предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 – Литейное производство.

Я, Савинов Александр Сергеевич даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Арапова Станислава Леонтьевича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

директор института металлургии,  
машиностроения и материалобработки,  
доктор технических наук по

научной специальности 05.16.04

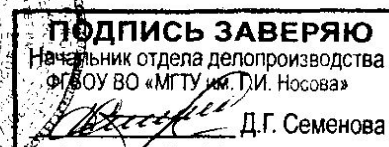
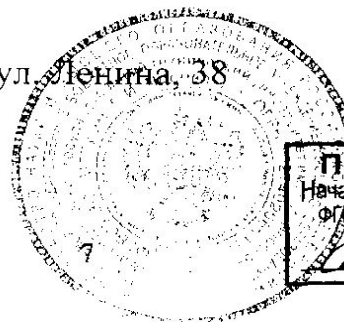
– Литейное производство, доцент  А.С.Савинов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Адрес: 455000, г. Магнитогорск, ул. Ленина, 38

Телефон: +7 (3915) 29-85-18

E-mail: savinov\_nis@mail.ru



20.11.2023