

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Молочковой Ольги Сергеевны на тему «Комплексное воздействие легирования, микролегирования, модифицирования и условий охлаждения при кристаллизации на структурно-фазовое состояние и свойства жароизносостойких белых чугунов», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Диссертация Молочковой Ольги Сергеевны актуальна, поскольку посвящена решению важной научно-практической проблемы, направленной на установление закономерностей влияния химического состава и температурных режимов охлаждения металла при затвердевании на структурно-фазовое состояние, механические и специальные свойства и разработка на этой основе принципов создания литых жароизносостойких белых чугунов с высоким комплексом свойств.

### Научная новизна исследования:

1. Сформулированы основные требования к базовому составу сплавов системы Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti для получения жароизносостойких материалов с высоким комплексом специальных свойств за счет создания гетерофазной структуры, состоящей из стабильной аустенитной металлической основы и упрочняющих фаз: первичных и эвтектических карбидов типа MC и M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>. Окалиностойкость зависит не только от химического состава сплава, но и от условий охлаждения металла в форме, т.к. изменение скорости охлаждения при затвердевании влияет на количество и плотность эвтектики, химический состав металлической основы, карбидов и эвтектики.

2. Показаны возможности повышения специальных свойств сплавов системы Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti путем дополнительного легирования ниобием и алюминием, микролегирования бором и модифицирования кальций-стронциевым карбонатом вследствие повышения структурно-фазовой стабильности сплавов в результате вторичного твердения в литейной форме и образования на поверхности отливок оксидных пленок типа шпинели и хромата стронция SrCrO<sub>4</sub>.

3. Установлено, что дополнительное легирование ниобием и алюминием приводит к формированию двухфазной аустенитно-ферритной структуры металлической основы. Наличие феррита отрицательно влияет на уровень специальных свойств чугунов, его количество ограничено не более 15-19%. При заливке чугунов в сухую песчано-глиняную форму количество алюминия не должно превышать 2%, а при заливке в кокиль - 2,5%; количество ниобия 1,5- 2,0% при заливке в сухую ПГФ и 3,0% - при заливке в кокиль.

4. Получены математические зависимости, описывающие связь между химическим составом, структурными параметрами, условиями охлаждения при затвердевании и твердостью, износостойкостью и жаростойкостью чугунов, которые могут использоваться для разработки новых жароизносостойких сплавов систем Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti и Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti-Al-Nb с высоким уровнем специальных свойств: окалиностойкостью, ростоустойчивостью и износостойкостью.

5. Установлена структурно-наследственная связь оксидных слоев с распределением легирующих элементов в поверхностном слое и первичной литой структурой сплавов. Показано, что структура оксидной пленки повторяет исходную структуру чугуна, состав оксидной пленки существенно зависит от химического состава структурных составляющих сплава.

### Практическая значимость:

1. Разработан новый состав белого жароизносостойкого чугуна (патент РФ № 2777733, С22С 37/06). Химический состав, мас. %: углерод 2,0-2,3; кремний 0,4-0,7; марганец 4,0-4,5; хром 18,0-19,0; титан 0,2-0,6; никель 1,0- 1,2; ниобий 1,5-2,0; алюминий 1,5-2,0; бор 0,01-0,03; железо - остальное. Новый состав белого жароизносостойкого чугуна обеспечивает лучшие показатели специальных свойств по сравнению с прототипом: на 9,3-29% выше износостойкость; в 2-5 раз выше окалиностойкость; ростоустойчивость равна нулю.

2. Определено необходимое количество бора 0,02% для сплавов систем Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti-B и Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti-Al-Nb-B для повышения комплекса специальных свойств: окалиностойкости, ростоустойчивости, износостойкости и твердости сплавов.

3. Выявлено, что максимальные износостойкость, окалиностойкость и ростоустойчивость у сплавов системы Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti будут обеспечены при обработке карбонатом в количестве 5 кг/т. Для сплавов системы Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti-Al-Nb рациональное количество вводимого карбоната 3-5 кг/т. При

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА<br>ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова» |            |
| за №                                                                         | _____      |
| Дата регистрации                                                             | 22.10.2025 |
| Фамилия регистратора                                                         | _____      |



введении кальций-стронциевого карбоната свыше 6 кг/т произойдет эффект перемодифицирования сплавов, что приведет к снижению износостойкости и жаростойкости чугунов.

4. Исследованные сплавы прошли промышленное опробование для производства деталей, эксплуатируемых в условиях абразивного изнашивания при повышенных температурах (до 800-1000°C), что подтверждено актами промышленных испытаний.

**Достоверность результатов**, полученных в работе, подтверждается теоретическими и экспериментальными исследованиями, обеспечивающими обоснование цели и поставленных задач, апробированных классическими и современными общенаучными методами, научным обсуждением и одобрением отечественной и зарубежной общественностью.

**Результаты** диссертационной работы широко представлены в 44 публикациях, из них 13 статей в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий ВАК РФ, 4 статьи проиндексированы в наукометрических базах Scopus и Web of Science, в других изданиях - 24 работы. Получен 1 патент на новый состав белого жароизносостойкого чугуна. Опубликовано 2 монографии.

**Автореферат** содержит большое количество иллюстраций и развернутых пояснений к ним.

**Отличительной особенностью** и интересным научным результатом диссертационной работы является то, что автором разработан новый состав жароизносостойкого чугуна с добавками бора (патент № 2777733) следующего состава, мас. %: углерод 2,0-2,3; кремний 0,4-0,7; марганец 4,0-4,5; хром 18,0-19,0; титан 0,2-0,6; никель 1,0-1,2; ниобий 1,5-2,0; алюминий 1,5-2,0; бор 0,01-0,03; железо остальное.

В целом актуальность работы, её научная новизна и практическая значимость не вызывают сомнений.

По выполненной работе имеются следующие замечания:

– из текста автореферата не ясно, каким образом осуществлялась оптимизация оптимального количества модификаторов при разработке нового состава чугунов, и что при этом являлось критерием оптимизации?

– из текста автореферата не ясно, каковы перспективы дальнейшей разработки темы.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненной работы.

В целом диссертационная работа «Комплексное воздействие легирования, микролегирования, модифицирования и условий охлаждения при кристаллизации на структурно-фазовое состояние и свойства жароизносостойких белых чугунов» представляет собой законченное научное исследование, основные результаты которого представляют научный и практический интерес для специалистов в области металловедения чугунов.

Судя по автореферату диссертационная работа «Комплексное воздействие легирования, микролегирования, модифицирования и условий охлаждения при кристаллизации на структурно-фазовое состояние и свойства жароизносостойких белых чугунов» соответствует требованиям п. 9... 11, 13, 14 «Положение о порядке присуждения учёных степеней» Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 16.10.2024 г.), а ее автор, Молочкова Ольга Сергеевна **заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук** по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

 Агеева Екатерина Владимировна

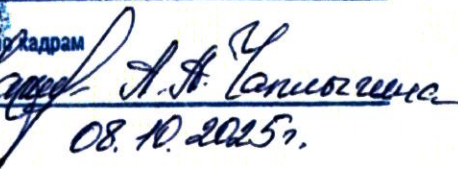
Профессор кафедры технологии материалов и транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», 305040, РФ, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94. Ученая степень: доктор технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Согласна на обработку персональных данных.

E-mail: [ageeva-ev@vandex.ru](mailto:ageeva-ev@vandex.ru). Тел.: 8(910)310-33-2





  
08.10.2025г.