

## РЕЦЕНЗИЯ

на автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему  
«Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для  
изделий с повышенной износостойкостью»

Проблема повышения механических и износостойких свойств деталей, избранная автором для проведения самостоятельного исследования, актуальна для современного машиностроения.

В главах автореферата достаточно полно раскрыт вопрос влияния легирования высокопрочного чугуна добавками на основе Cu-Cr-Mo-Al-B на кинетику устойчивости переохлажденного аустенита в области перлитного и промежуточного распада, а также влияние среднего размера графита на время превращения аустенита в аусферрит.

Предоставлены результаты исследования положительного влияния ультразвуковых колебаний (УЗК) на свойства чугуна при литье, а также на уменьшенный расход магнийсодержащего модификатора. Изучены особенности применения УЗК при охлаждении заготовок. Исследовано влияние легирования хрома и углеродного эквивалента на твердость чугуна.

В пятой главе автор предоставил положительные результаты испытаний высокопрочных чугунов с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей лопаток на ОАО «ЛЛМЗ» и ОАО «Амкодор», а также шестерен на ПАО «КАМАЗ». Реализация предложения Ковалько М.А. имеет большую практическую значимость, что подтвердили проведенные испытания.

Восхищает полученные при исследовании значения относительного удлинения и ударной вязкости на образцах с аусферритной матрицей.

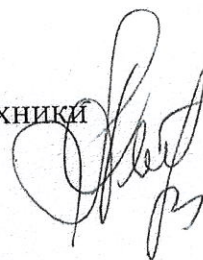
Замечание к автореферату:

- не указан способ получения отливок (глава 2);
- не полностью предоставлены результаты влияния скорости охлаждения в диапазоне  $10-250^{\circ}\text{C}/\text{с}$ . на механические свойства чугуна (глава 4);
- описка в указании размерности скорости  $10-250^{\circ}\text{C} \rightarrow 10-250^{\circ}\text{C}/\text{с}$  (глава 4);
- для работы детали в ударно-абразивных условиях за основу автор принимал влияние твердости и углеродного эквивалента, как основных факторов – желательно рассматривать влияние вышеперечисленных факторов с анализом механических свойств и фазовых составляющих (глава 4);
- при анализе данных, полученных при испытаниях изделий из ИЧХ17, ВЧ50, шаровидного чугуна с аусферритной матрицей, желательно было бы дополнить

значениями твердости, механических свойств и описанием фазовых составляющих (глава 5).

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость работы, автор нашел вариант решения проблемы повышения механических и износостойких свойств деталей, продемонстрировал хорошие аналитические способности, умение анализировать и систематизировать собранную информацию, заслуживает присвоение степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - материаловедение.

Директор УЧНПП «Технолит»,  
Заслуженный работник промышленности РБ  
Лауреат Государственной премии в области науки и техники  
Канд. техн. наук



А.М. Бодяко

*Подпись А.М. Бодяко заверяю.*

*специально по поручению Д.Н. Макафеева*



*26.06.2023*

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Ковалько Михаила Сергеевича «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью». представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Диссертационная работа Ковалько М. С. посвящена решению актуальной задаче разработке составов высокопрочных чугунов с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью. В работе разработаны составы высокопрочных чугунов с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей, отличающиеся высокой устойчивостью аустенита к распаду при охлаждении как в области перлитного, так и в области промежуточного превращения при изотермической выдержке. Установлено влияние количества добавок при сфероидизирующем модифицировании и дополнительной ультразвуковой обработке на размер и морфологию формируемых включений шаровидного графита в чугунах. Определены закономерности формирования структуры, фазового состава и свойств разработанных экономно легированных чугунов в зависимости от размера исходной (литой) структуры и температурно-временных параметров изотермической закалки. Разработаны технические условия на аусферритно-карбидный чугун и технология его изотермической закалки с использованием сжатого воздуха.

За установление кинетики распада переохлажденного аустенита при физико-химическом воздействии на процесс кристаллизации и последующей термической обработке, разработку экономнолегированных составов высокопрочных чугунов, позволяющих проводить их изотермическую закалку менее энергозатратным и трудоемким способом в 2021 г. присуждена стипендия Президента РБ, а проект «Высокопрочные чугуны с аусферритной структурой» стал победителем республиканского молодежного инновационного проекта «100 идей для Беларуси» в секции «Промышленные и строительные технологии» в 2022 г.

Результаты работы Ковалько М.С. широко опубликованы, докладывались на международных и всероссийских научно-практических конференциях. По результатам исследований разработаны технические условия (ТУ ВУ 100185302/397-2022) на аусферритно-карбидный чугун и технологии термической обработки отливок из данных чугунов (МШЕЛ 01050.00050). Имеется 17 научных работ.

Работа выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет требованиям ВАК Республики Беларусь, а соискатель, Ковалько Михаил Сергеевич, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности – 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
физики металлов государственного научного  
учреждения «Институт технической акустики  
Национальной академии наук Беларуси»  
доктор физико-математических наук,  
доцент

Михаил Михайлович Кулак

Подпись *Кулак ММ*  
Ведущий юрист-консульт

22.06.2023

удостоверяю



## Отзыв

на автореферат диссертации Ковалько Михаила Сергеевича на тему «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Развитие техники требует разработки новых материалов с более высокими механическими и эксплуатационными свойствами или совершенствования существующих сплавов.

Работа Ковалько М. С. посвящена разработке нового вида высокопрочных чугунов с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей, обладающих повышенной износостойкостью, что подтверждает ее актуальность. О важности данных исследований свидетельствует также выполнение данной работы по ряду заданий ГНТП «Инновационное машиностроение и машиностроительные технологии» и грантов БРФФИ.

Научная новизна работы состоит в:

- установлении влияния легирования Cu, Mo, Cr и микролегирования В и Al на кинетику изотермических превращений структуры чугунов;
- определении закономерности формирования литой структуры чугуна при динамическом затвердевании расплава под воздействием ультразвуковых колебаний;
- установлении особенностей формирования мелкодисперсного игольчатого феррита в аусферритной матрице чугунов в диапазоне температур 250-400 °С при охлаждении в расплаве солей с дополнительной ультразвуковой обработкой;
- разработке математической модели процесса струйно-воздушного охлаждения чугуна при закалке, связывающей давление и расход сжатого воздуха с температурно-временными параметрами охлаждения чугуна при индукционно-спрейной и струйно-воздушной закалке с показателями прочности и пластичности чугунов.

Исследования проведены с использованием современного оборудования: тепловизора VarioCAM HD head 900; оптического пирометра Optis CT 3M; металлографического комплекса МИКРО 200; рентгеновского дифрактометра ДРОН-3М; сканирующего электронного микроскопа Tescan Mira 3; универсальной разрывной машины WDW-100E; твердомеров ТШ-2М, ТК-2М, ТКМ-459; маятникового копра МК-30; профилометра Mitutoyo Surftest SV-2100; дилатометра Quenching LINSEIS L87/RITA.

Полученные результаты исследований доложены на ряде международных конференций и опубликованы в 17 научных работах, из которых 5 статей входят в перечень научных изданий соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь.

В качестве замечаний по автореферату хочу отметить следующее:

1. Отсутствует патентная защита предложенных режимов отработки.
2. Имеется опечатки в первом положении, выносимом на защиту (с. 3), где последний элемент в системе должен быть бором, а не углеродом.

Отмеченные замечания не снижают научной значимости диссертации, которая соответствует всем требованиям ВАК Республики Беларусь, а ее автор Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Зав. кафедрой «Металлургия  
черных и цветных сплавов»  
БНТУ, д.т.н., профессор

Б. М. Немененок



## Отзыв

на автореферат диссертации «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритнокарбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» Ковалько Михаила Сергеевича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - материаловедение (машиностроение)

Диссертационная работа «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритнокарбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» посвящена актуальной проблеме разработке новых композиций металлических сплавов на основе высокопрочных чугунов для повышения эксплуатационных характеристик машин и механизмов, снижению их себестоимости. Актуальность данной проблемы обусловлена еще и тем, что с точки зрения оптимальности физикомеханических характеристик применение чугунных изделий более перспективно, чем стальных. Однако низкие значения ударной вязкости существенно сдерживают применение чугунных изделий в машиностроении и других отраслях промышленного производства. Решение поставленных задач в данной диссертационной работе позволило значительно продвинуться в повышении значений ударной вязкости для исследуемого класса чугунов.

В диссертационной работе установлено влияние комплексного легирования добавками Cu, Cr, Mo и микролегирования В и Al на время начала структурно-фазовых изменений в области перлитного (700 - 400 °С) и промежуточного (400 - 250 °С) превращения при охлаждении от температуры аустенизации 910 - 920 °С, позволившее определить интервал критических скоростей закалки ( $v_{кр}$ ), который снижается с 250 - 300 °С/с до 5 °С/с в случае оптимизации состава экономно легированного чугуна на основе Cu-Cr-Mo-Al-B. Показано, что особенности формирования литой структуры высокопрочных чугунов, основанные на динамической интенсификации процессов кристаллизации за счет ультразвуковой обработки приводят к улучшению трибологических характеристик разработанных составов высокопрочных чугунов. Предложены технологические подходы, сочетающие изотермическую закалку высокопрочных чугунов с использованием охлаждения в расплаве соли и дополнительной ультразвуковой обработки, что приводит к повышению механических свойств исследуемых металлических сплавов чугунов на 20-30 %. В диссертационной работе показано, что разработанные аусферритнокарбидные чугуны показали большую стойкость в сравнении с высокохромистыми чугунами типа ИЧХ (15-25 % Cr).

Практическая полезность диссертации заключается в последующем широком использовании данной технологии в машиностроении,

агропромышленном комплексе, автотракторном производстве при производстве различного типа и назначения деталей и изделий.

Достоверность основных положений и выводов подтверждается использованием соискателем современных методов исследований: оптической и электронной микроскопии, рентгеновской дифрактометрии, а также применением оригинальных методов и конструкций для определения физико-механических характеристик разработанных составов высокопрочных чугунов.

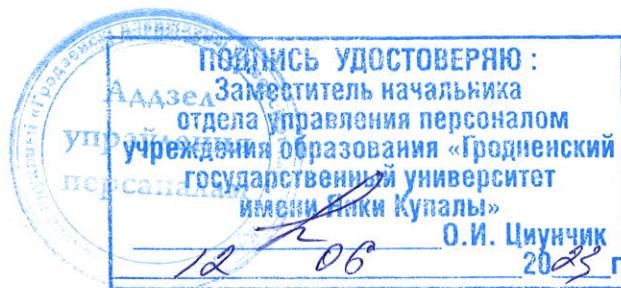
Материалы диссертационной работы опубликованы в 17 статьях и тезисах, в том числе ведущих научных изданиях: «Литье и металлургия», «Inter Metalcast». Исследования, изложенные в диссертации, широко апробированы на международных симпозиумах и конференциях, в т. ч. проводимых за рубежом.

Содержание автореферата позволяет утверждать, что диссертационная работа соответствует техническим наукам по специальности 05.16.09 - материаловедение (машиностроение).

Считаю, что диссертация «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритнокарбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» является законченным исследованием, отвечающим требованиям ВАК Республики Беларусь по актуальности тематики, практической полезности, научной новизне результатов, достоверности данных, а ее автор - Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - материаловедение (машиностроение).

Профессор кафедры  
машиноведения и технической  
эксплуатации автомобилей  
учреждения образования «Гродненский  
государственный университет  
им. Янки Купалы»

Е.В. Овчинников



ОТЗЫВ  
на автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.16.09 «Материаловедение (машиностроение)»  
на тему  
«Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей  
для изделий с повышенной износостойкостью»

КОВАЛЬКО МИХАИЛА СЕРГЕЕВИЧА

Актуальность темы диссертации обосновывается перспективной областью использования экономно легированных составов чугунов с аусферритной и аусферритно-карбидной структурой.

Полученные выводы по работе обоснованы и достоверны, так как получены с использованием современных исследовательских методик.

Научная новизна работы состоит:

- в установлении влияния легирования Cu, Mo, Cr и микролегирования В и Al на кинетику изотермических превращений структуры чугунов;
- в определении закономерности формирования литой структуры чугуна при динамическом затвердевании расплава за счет подвода к нему ультразвуковых колебаний;
- в установлении особенностей формирования мелкодисперсного игольчатого феррита в аустенитной матрице чугунов при охлаждении в расплаве солей с дополнительной ультразвуковой обработкой;
- в разработке математической модели процесса струйно-воздушного охлаждения чугуна при закалке.


Замечаний по работе нет.

Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.



Бобарикин Юрий Леонидович,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов»,  
246746, Республика Беларусь, г. Гомель, пр. Октября, 48,  
Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»

Подпись	<i>Юрия Леонидовича Бобарикина</i>
заверяю:	<i>Юрия Леонидовича Бобарикина</i>
инспектор (специалист) по кадрам	отдела кадров
УО «ГГТУ» имени П.О. Сухого	кадров
подпись	<i>М.И. Мороз</i>
	И.О. Фамилия
« 20 »	06
	2023





## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**Ковалько Михаила Сергеевича**

*«ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ЧУГУНЫ С АУСФЕРРИТНОЙ И АУСФЕРРИТНО-КАРБИДНОЙ МАТРИЦЕЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ С ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ»*,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)

Исходя из темы диссертации Ковалько М.С. «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» в автореферате ожидалось увидеть результаты исследования взаимосвязей состава, структуры и/или механических свойств с таким потребительским свойством как износостойкость, определяемым натурными испытаниями или со вспомогательными свойствами, определяемыми с помощью нестандартных стендовых испытаний или стандартного испытательного оборудования. Однако из содержания автореферата следует, что две из трёх научных задач диссертации посвящены вопросам структурообразования изотермически закалённых высокопрочных чугунов (ИЗВЧ) и только одна – собственно тому, что ожидалось увидеть.

Вместе с тем, автором проделана объёмная работа по материаловедению, в результате которой разработаны научно обоснованные составы и технологии ИЗВЧ для повышения износостойкости деталей зубчатых пар зацепления, а также деталей, при эксплуатации подвергающихся интенсивному воздействию дробы.

К основным результатам диссертации следует отнести установленное автором влияние микролегирования бора и алюминия на кинетику структурообразования, структуру, механические и триботехнические свойства ИЗВЧ.

К основным замечаниям к автореферату диссертации следует отнести недостаточное представление методик исследований, особенно в части описания получения и качественных характеристик лабораторных образцов, а также режимов испытания для всех использованных в работе нестандартных методов исследования.

К автореферату имеются и другие замечания, однако не снижающие общей

ценности диссертации автора.

Диссертационная работа «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь 17.11.2004 № 560 (в редакции Указа Президента Республики Беларусь № 190 от 02.06.2022 г.), а её автор Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Доктор технических наук, доцент

А.Г. Панов

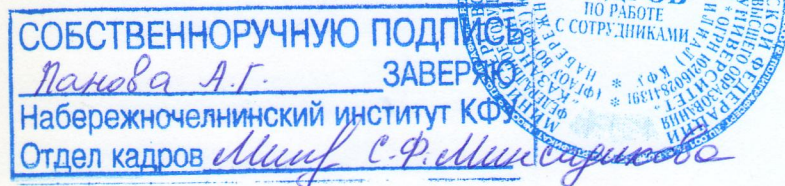
«27» июня 2023 г.

Адрес: 423838, РФ, РТ, г. Набережные Челны, ул. Вторая Береговая, д.35, кв. 30.

Тел.: +7 9172703043

E-mail: [panov.ag@mail.ru](mailto:panov.ag@mail.ru) .

Подпись Панова А.Г. заверяю:



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации  
Ковалько Михаила Сергеевича

на тему «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)

Получение новых литейных материалов – термически упрочненных чугунов, отличающихся одновременно высокими прочностными характеристиками ( $\sigma_B \sim 900\text{--}1300$  МПа) и пластичностью на уровне 6–8 %, следует рассматривать как альтернативу высоколегированным сталям. Проведение термической обработки с охлаждением сжатым воздухом таких изделий открывает путь для их широкого применения в машиностроении.

Экономия массы отливки до 10 %, в сравнении со стальными изделиями, их высокая износостойкость в сравнении с высокохромистыми чугунами, демпфирующая способность и другие положительные характеристики делают этот материал конкурентоспособным при создании новых механизмов и машин, а также востребованным, в том числе в двигателестроении. В этом плане, актуальность диссертации очевидна.

В работе определены составы материалов, пределы их легирования и микролегирования, позволяющие обеспечить не только высокие свойства, но и технологичность, заключающуюся в проведении закалки на воздухе, что в сравнении с традиционной закалкой аналогичных материалов в соляных ваннах более предпочтительно. Особого внимания заслуживают результаты исследований, касающиеся совмещения процесса индукционного нагрева токами высокой частоты и струйного охлаждения для повышения свойств при охлаждении и изотермической выдержке.

Результаты исследований отражены в достаточном количестве статей в рецензируемых журналах. Участие соискателя с исследованием «Высокопрочные чугуны с аусферритной структурой» в проекте «100 идей для Беларуси» в 2022 году отмечено Дипломом секции «Промышленные и строительные технологии».

Замечание. Для совмещённого процесса упрочнения с использованием индукционного нагрева ТВЧ и воздушного охлаждения следовало бы более детально изучить изменения свойств по глубине.

В целом считаем диссертацию «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» соответствующей требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее

автора Ковалько Михаил Сергеевич заслуживающим присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Представленный материал соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь №190 от 02.06.2022г.

Технический директор  
ОАО «Управляющая компания  
холдинга «Минский моторный завод»



И.К. Анушкевич

Главный металлург

Р.Л. Колчин

## Отзыв

на автореферат диссертации

**КОВАЛЬКО Михаил Сергеевич «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)

**Актуальность темы** диссертации вытекает из современных требований по снижению затрат производства в области машиностроения, основанных на разработке теоретических и практических основ формирования материалов с высоким комплексом физико-механических свойств. Предлагаемые экономно легированные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной структурой и высокой устойчивостью переохлажденного аустенита позволяют заменить дорогостоящие высоколегированные сплавы подобного типа при стойкости изделий из них на 20-30% превышающей стойкость аналогов.

**Научный вклад соискателя** заключается в теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении механизмов влияния легирования и микролегирования Cu, Mo, Cr, B, Al, а так же дополнительной ультразвуковой обработки, на кинетику изотермических превращений и закономерностей формирования литой структуры низколегированных чугунов.

Полученные соискателем данные расширяют научные знания о процессах, протекающих при структурных превращениях в экспериментальных сплавах и механизмах формирования механических и физических свойств получаемых материалов

**Практическая значимость** основных результатов диссертации состоит не только в разработке составов материалов, технических условий и технологии изотермической заковки отливок, но и в возможности применении указанных материалов невысокой массы с повышенной износостойкостью, прочностью и ударной вязкостью в качестве альтернативы высоколегированным железуглеродистым сплавам.

Работа представляет собой законченное исследование, органически сочетающее в себе теоретические и экспериментальные разработки.

По совокупности показателей научной новизны, практической полезности и важности решенных задач считаем, что диссертационная работа «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор – Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

д.т.н., профессор

Ф.Г. Ловшенко

к.т.н., доцент

И.А. Лозиков



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ковалько Михаила Сергеевича «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Диссертационная работа «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» посвящена важной проблеме повышения эксплуатационных характеристик чугунов с шаровидной формой графита за счет формирования в их структуре аусферритной и аусферритно-карбидной металлической матрицы в процессе изотермической закалки. Основным недостатком получения данного класса чугунов связан с необходимостью проведения сложной многоступенчатой термической обработки – изотермической закалки.

В работе исследовано влияние комплексного легирования на основе добавок Cu-Cr-Mo-Al-V на устойчивость переохлажденного аустенита как в области перлитного, так и в области промежуточного превращения. Это позволило построить кривые начала изотермических превращений для разработанных составов чугунов, а также определить основные температурно-временные параметры процесса для получения аусферритной и аусферритно-карбидной металлической матрицы, в том числе и с использованием сжатого воздуха как охлаждающей среды. Проведенный сравнительный анализ структурно-фазового состояния чугунов, полученных при традиционной изотермической закалке в расплавах солей и при воздушной закалке показывает наиболее высокий уровень свойств в случае последнего способа термообработки, что связано с изменениями в фазовом составе получаемой аусферритной матрицы.

Особое внимание в работе уделяется изучению влияния размера исходной литой структуры высокопрочных чугунов на кинетику фазовых превращений при закалочном охлаждении. Установлено, что уменьшение среднего размера графитовых сфероидов с 125 до 20-10 мкм позволяет сокращать время изотермической выдержки при закалке в 1,5 раза, что является важным при создании новых, менее энергозатратных способов формирования аусферритной матрицы чугунов.

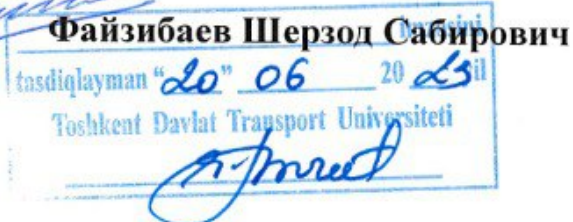
Основные результаты работы опубликованы в 17 научных работах и представлены на 7 международных симпозиумах, конференциях и семинарах.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в разработанных технических условиях на аусферритно-карбидный чугун и технологию его струйно-воздушной изотермической закалки.

Диссертационная работа «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» выполненная Ковалько М.С. является законченной научно-исследовательской работой, содержащей решение актуальной научной и практической проблемы задачи решены в полном объеме.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, имеет практическое значение и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Доктор технических наук, профессор  
кафедры «Локомотивы и локомотивное  
хозяйство» Ташкентского государственного  
университета транспорта



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ковалько Михаила Сергеевича

"Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Работа Ковалько М.С. посвящена разработке составов высокопрочных чугунов с шаровидным графитом с аусферритной и аусферритно-карбидной металлической матрицей для изделий машиностроения, к которым предъявляются повышенные требования к показателям износостойкости. Изотермически закаленные высокопрочные графитизированные и половинчатые чугуны с шаровидным графитом обладают уникальным сочетанием механических, физических и эксплуатационных характеристик. Однако их недостаток заключается в использовании сложной технологии термической обработки, которая не всегда может быть реализована в условиях промышленного производства. В этой связи представленные результаты научного исследования по определению оптимального состава для легирования сплава в сочетании с упрощенным при термической обработке струйно-воздушном охлаждением безусловно делают диссертационную работу актуальной.

Работа хорошо сбалансирована, содержит как теоретические, так и практические исследования. Исследования базируются на проверенных методиках, в частности, автор широко использует методы исследования структуры в совокупности с классическими методами построения диаграмм изотермического распада переохлажденного аустенита. Основные положения диссертационной работы в автореферате изложены технически грамотно. Из анализа материала, изложенного в автореферате, можно сделать вывод о том, что работа характеризуется монографическим единством изложения результатов исследования. Научные положения, являющиеся результатом анализа структуры разработанных высокопрочных чугунов, позволили определить наиболее рациональный состав легирования и физических методов воздействия на расплав с целью повышения механических и эксплуатационных характеристик материала. Прикладной аспект работы характеризуется выполнением совместных исследований экспериментальных отливок шестерен с ПАО «КАМАЗ».

По теме работы издано 17 публикаций, из которых 5 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК Республики Беларусь, что соответствует п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь 17.11.2004 № 560 (в редакции Указа Президента Республики Беларусь от 02.06.2022 № 190).

По работе имеются следующие замечания:

- в рекомендациях по выбору оптимального содержания легирующих элементов представлен очень узкий диапазон для легирующих элементов (Mo от 0,2 до 0,21 мас. %, Cr от 0,18 до 0,2 мас. %). Он находится на уровне разброса замеров при определении химического состава на промышленном оборудовании для эмиссионного спектрального анализа.



- в автореферате отсутствуют сведения об оценке экономического эффекта при внедрении разработанных технологий и составов высокопрочных чугунов в производство.

Отмеченные замечания не снижают научную и практическую ценность работы. Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь 17.11.2004 № 560 (в редакции Указа Президента Республики Беларусь 02.06.2022 № 190), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидат технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Профессор кафедры  
«Машиностроение и материаловедение»  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»  
д.т.н. (по спец. 05.16.01 – Металловедение  
и термическая обработка металлов,  
2015 г.), доцент

Макаренко Константин Васильевич

241035, Центральный Федеральный округ, Брянская область, город Брянск, бульвар 50 лет Октября, дом 7, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный технический университет".

E-mail: [rector@tu-bryansk.ru](mailto:rector@tu-bryansk.ru), тел.: (4832) 588-332; (4832) 562-939 (факс).



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Ковалько Михаила Сергеевича по теме «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Формирование специфических структур для получения требуемых свойств высокопрочных чугунов с помощью различных видов обработок является очень актуальной проблемой. Однако использование дорогих материалов, а также энергоемких и экологически небезопасных условий обработок отливок затрудняет процесс получения качественных деталей из чугунов и требует повышенных затрат. Поэтому эта работа важна в этом направлении.

Соискателем установлено влияние легирования Cu, Mo, Cr и микролегирования В и Al на кинетику изотермических превращений структуры чугунов, определены пределы содержания легирующих элементов обеспечивающих устойчивость аустенита в областях перлитного и промежуточного превращений, а также формирующие в них аусферритную структуру при закалке методом струйно-воздушного охлаждения. Приведены закономерности формирования литой структуры чугуна при кристаллизации в условиях подвода ультразвуковых колебаний для увеличения количества центров кристаллизации и формирующие морфологию а также количество дисперсных графитных включений. Установлены особенности формирования мелкодисперсного игольчатого феррита в аусферритной матрице чугунов при охлаждении в расплаве солей с дополнительной ультразвуковой обработкой, позволяющее обеспечить повышение механических свойств чугуна. Разработана математическая модель процесса струйно-воздушного охлаждения чугуна при закалке, связывающая давление и расход сжатого воздуха с температурно-временными параметрами охлаждения чугуна при индукционно-спрейерной и струйно-воздушной закалке, позволившая оптимизировать режимы закалки, повысить прочность литых чугунов на 30-40 % и их пластичность на 10 %. Построены диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита для чугунов различных составов. Установлены зависимости влияния углеродного эквивалента в совокупности с добавками карбидообразующих и некарбидообразующих элементов на свойства износостойких высокопрочных чугунов. Показана стабилизация коэффициента трения и уменьшение интенсивности изнашивания легированного чугуна с аусферритной матрицей по сравнению с исходным высокопрочным чугуном (ВЧ50). На основании этих исследований разработаны технические условия для чугуна с аусферритно-карбидной матрицей и технология струйно-воздушной изотермической закалки отливок из него.

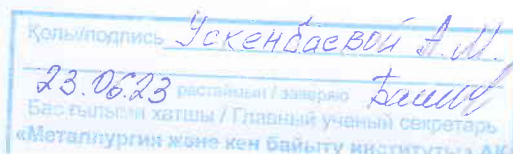
Замечания: не приведены металлографические методики исследования по идентификации аусферритных структур.

Указанные замечания не снижают ценности работы. Диссертационная работа Ковалько Михаила Сергеевича на тему «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» является законченным научным трудом, содержит научно обоснованные результаты, а ее автор Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

PhD, научный сотрудник  
лаборатории металловедения  
АО «Институт металлургии и обогащения»  
г.Алматы, Казахстан



Ускенбаева А.М.



Отзыв на автореферат диссертации Ковалько М.С.  
«Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.16.09 — материаловедение  
(машиностроение)

Рецензируемая диссертация посвящена актуальной проблеме разработки экономно легированных составов чугунов с аусферритной или аусферритно-карбидной структурой и высокой устойчивостью к распаду переохлажденного аустенита. Это достигнуто путем изотермической закалки с использованием сжатого воздуха. Для достижения поставленной цели в работе изучена кинетика изотермических превращений в высокопрочных чугунах при их легировании добавками на основе Си, Cr, Mo, Al, исследовано влияние модифицирования и ультразвуковой обработки на размер и морфологию литой структуры чугуна, определено влияние размера шаровидного графита на кинетику изотермического превращения в чугуне; проведены сравнительные испытания свойств чугунов, легированных разными элементами; разработаны технические условия на чугун с аусферритно-карбидной матрицей.

Среди полученных результатов выделю разработанную математическую модель процесса струйно-воздушного охлаждения чугуна при закалке, связывающая давление и расход сжатого воздуха с температурно-временными параметрами охлаждения чугуна при индукционно-спрейерной и струйно-воздушной закалке с показателями прочности и пластичности чугунов, позволившую оптимизировать режимы закалки, повысить прочность и пластичность литых чугунов.

За установление кинетики распада переохлажденного аустенита при физико-химическом воздействии на процесс кристаллизации и последующей термической обработке, разработку экономно легированных составов высокопрочных чугунов, позволяющих проводить их изотермическую закалку менее энергозатратным и трудоемким способом соискателю в 2021 г. присуждена стипендия Президента Республики Беларусь.

Результаты диссертации достаточно опубликованы и обсуждены на

научных конференциях. Сравнительные исследования свойств ВЧГШ с аусферритно-карбидной матрицей показали возможность их использования при работе в условиях ударно-абразивного изнашивания при замене дорогостоящих белых высокохромистых чугунов. Личный вклад Ковалько М.С. в проведение работ по диссертации не вызывает сомнений.

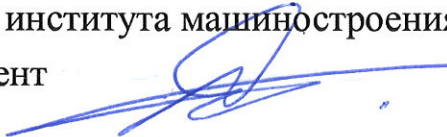
В качестве замечания по автореферату отмечу не соблюдение соискателем требований по оформлению ссылок на литературу №№ 2 – 6, 11, 13, 14, 16, 17.

Замечание не влияет на общую положительную оценку работы, которая полностью соответствует предъявляемым к кандидатским диссертациям требованиям по актуальности, новизне, обоснованности и практической значимости полученных результатов.

Автор диссертации, Ковалько М.С., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за разработку составов высокопрочных чугунов с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей, отличающихся высокой устойчивостью аустенита к распаду при охлаждении как в области перлитного, так и в области промежуточного превращения при изотермической выдержке, за разработку технических условий на аусферритно-карбидный чугун и технологии его изотермической закалки с использованием сжатого воздуха.

Заведующий лабораторией металлургии в машиностроении  
Объединенного института машиностроения НАН Беларуси,

д.т.н., доцент

 Сандомирский С.Г.

Подпись д.т.н. Сандомирского Сергея Григорьевича удостоверяю.

Директор ОИМ НАН Беларуси



 Поддубко С.Н.

26.06.2023

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**КОВАЛЬКО МИХАИЛА СЕРГЕЕВИЧА**

на тему «**ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ЧУГУНЫ С АУСФЕРРИТНОЙ И АУСФЕРРИТНО-КАРБИДНОЙ МАТРИЦЕЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ С ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ**»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

В настоящее время в машиностроении четко обозначилась тенденция к получению деталей и узлов с повышенным эксплуатационным ресурсом. Вследствие этого возросла необходимость проведения научных изысканий в области повышения износостойкости деталей и узлов, получения изделий в литом состоянии со специфической структурой, уточнения процессов изотермических превращений при термической обработке. Особенно это касается высокопрочных чугунов, как наименее изученных. Таким образом, актуальность диссертационной работы Ковалько Михаила Сергеевича вне всяких сомнений.

Исследование направлено на решение задачи повышения качества отливок, увеличения их механических свойств и износостойкости. Это позволяет повысить ресурс деталей, изготавливаемых из отливок, снизить их себестоимость, а значит и конкурентоспособность. Отличительной особенностью работы является изучение вопроса повышения механических свойств высокопрочного чугуна с применением ультразвуковой обработки (УЗО). В действующем производстве данному вопросу не уделяется должное внимание, что увеличивает значимость исследования. Обращает на себя внимание тщательность научного подхода, с которой автор рассматривает изменение свойств отливок из чугуна с учетом изменения его состава и вида обработки.

Безусловно, результаты настоящей работы обладают научной новизной.

Практическая значимость работы заключается в получении экономно легированных чугунов при снижении критической скорости закалки, в установлении особенностей формирования высокопрочных чугунов при ультразвуковой обработке, что позволило сократить время превращения аустенита в аусферрит, разработке технических условий на чугун с аусферритно-карбидной матрицей, в разработке технологии изотермической закалки чугунов с применением ультразвуковой обработки. На основе полученных результатов, при проведении исследований удалось сократить расход магнийсодержащего модификатора в два раза, что также является положительным моментом. Опробование результатов работы в производственных условиях позволило повысить ресурс работы лопаток для дробеметных барабанов в 1,5 раза.

К недостатку работы можно отнести использование только магнийсодержащего модификатора для получения шаровидного графита, вызывает интерес использование разработанной технологии при использовании других

модификаторов, например, содержащих церий или иттрий. В тоже время, данное замечание не может уменьшить значимость работы и ее научную новизну.

Основные положения диссертационной работы широко обсуждены на конференциях и опубликованы в печати.

Считаем, что за научное исследование получения высокопрочных чугунов с аусферитной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью Ковалько Михаилу Сергеевичу может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Представленный материал соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь №190 от 02.06.2022г.

Заместитель технического директора  
по подготовке металлургического  
производства – главный металлург

И.В. Фирсов

Подпись Фирсова И.В. подтверждаю:

И.о. первого заместителя генерального  
директора ОАО «МТЗ» -  
технического директора



А.Г. Иванов

12.06.2023

**ОТЗЫВ**  
**на автореферат диссертации**  
**Ковалько Михаила Сергеевича**  
**на тему «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью»,**  
**представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по**  
**специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)**

Получение новых материалов, отличающихся повышенными эксплуатационными характеристиками и экологически безопасной технологией их термической обработки, позволяет отказаться от импорта дорогостоящей аналогичной продукции, расширить области и их применения для более ответственных деталей машиностроения. Наиболее актуальным в этом плане видится разработка аусферритно-карбидных чугунов как заменителей высокохромистых (20–30 мас.% хрома) железо-углеродистых сплавов.

Ковалько М.С. на основе базовых принципов изучения кинетики распада переохлаждённого аустенита при охлаждении установлены пределы легирования, позволяющие осуществлять термическую обработку чугунов сжатым воздухом, что существенно расширяет технологические преимущества предложенного процесса. Особое внимание автором диссертационного исследования уделено моделированию процессов температурного распределения при закалочном охлаждении для конкретных отливок, позволившее определить требуемый расход воздуха и наладить обработку деталей не только с использованием струйно-воздушной закалки, но и совмещённой с индукционным нагревом – спреерной.

Основные положения и научные выводы широко обсуждены и опубликованы в рецензируемых изданиях, в том числе зарубежных, характеризующихся высоким уровнем цитируемости. Это указывает на значимость научных результатов. Опробование результатов исследований и внедрений их в промышленности позволяет однозначно сделать вывод об их практической значимости.

В качестве замечания следовало бы рекомендовать дополнительно провести сравнительные испытания не только с высокохромистыми чугунами, но и с высоколегированными сталями, применяемыми для шестерён коробок передач.

В целом указанное замечание не снижает высокий уровень диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Высокопрочные чугуны с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей для изделий с повышенной износостойкостью» выполнена на высоком научном уровне, полученные результаты обладают достоверностью и научно новизной, диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Представленный материал соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь №190 от 02.06.2022г.

Ректор УО «Белорусская государственная академия авиации»,  
канд. техн. наук



 Шегидевич А.А.

23.06.2023