

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

**на диссертацию 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).**

Ковалько Михаил Сергеевич в 2017 г. окончил механико-технологический факультет Белорусского национального технического университета. Работает в Физико-техническом институте Национальной академии наук Беларуси с 01.03.2017 года. Закончил аспирантуру 31.10.2021 года по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение). Диссертация Ковалько М.С. выполнена в лаборатории микрокристаллических и аморфных материалов Физико-технического института.

Диссертационная работа Ковалько М.С. посвящена исследованию структурных превращений в высокопрочных чугунах при изменении их химического состава, а также условий кристаллизации и дальнейшей термической обработки.

После изотермической закалки матрица высокопрочных чугунов представляет собой аусферритную или аусферритно-карбидную структуру. Полученная структура придает чугунам уникальное сочетание прочности, пластичности и износостойкости. В мировой практике данный структурный класс чугунов называется как Austempered Ductile Iron (ADI) и начало его широкого использования приходится на 1970-ые годы за счет использования ADI компанией General Motors в качестве материала для замены стали при изготовлении зубчатых колес коробки передач и рычагов подвески для своих автомобилей Pontiac.

В то же время, начиная с 2001 года в мире возник широкий интерес к высокопрочным чугунам с аусферритно-карбидной матрицей. Такой тип чугунов обладает износостойкостью на уровне высокохромистых чугунов типа ИЧХ, но при этом обладает гораздо большей прочностью и ударной вязкостью. Свое применение эти чугуны нашли в основном сельскохозяйственной промышленности для изготовления почвообрабатывающих деталей. Мировым лидером по использованию аусферритно-карбидных чугунов для своей техники является компания John Deere, при этом используется запатентованный состав.

Медленное внедрение аусферритных и аусферритно-карбидных чугунов в промышленности РБ связано с существующей энергоемкой технологией изотермической закалки в экологически небезопасных соляных или щелочных ваннах, которая реализуется с высокими скоростями

охлаждения от 150 до 250 °C/с. Была поставлена задача определить область легирования чугунов, оптимизировав их состав, чтобы реализовать воздушную изотермическую закалку со скоростями охлаждения ниже 80-50 °C/с. В связи с этим, соискателем были проведены комплексные аналитические и экспериментальные исследования, направленные на изучение хода фазовых превращений в чугунах различных составов и с различным размером исходной (литой) структуры, который варьировался в процессе модифицирования или дополнительной ультразвуковой обработкой. В результате были построены диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита для ряда составов высокопрочных чугунов, легированных добавками на основе Cu-Mo-Cr-Al-B, которые позволили определить оптимальные температурно-временные параметры изотермической закалки чугунов для формирования в них аусферритной матрицы. Дополнительно проведенное компьютерное и математическое моделирование позволило разработать новые, экологически безопасные способы изотермической закалки чугунов, в том числе с использованием сжатого воздуха и нагрева ТВЧ.

Проведенная оценка влияния углеродного эквивалента и концентрации карбидообразующих элементов на формирование в матрице высокопрочных чугунов аусферритно-карбидной структуры позволила разработать новые составы износостойких чугунов, являющихся альтернативой различным высоколегированным железуглеродистым сплавам.

Таким образом, научная значимость заключается в установлении влияния различных легирующих и микролегирующих добавок, а также размера структурных составляющих в исходном чугуне на кинетику его изотермического распада при закалочном охлаждении, позволяющие формировать аусферритную или аусферритную матрицу в сплаве.

Основные результаты диссертации опубликованы в 17 научных работах, из которых 5 – статьи в научных изданиях в соответствии с п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (общим объемом 3,33 авторского листа), 3 – статьи в других научных изданиях, 7 – статьи в сборниках материалов и трудов научных конференций, 2 – тезисы докладов конференций.

Результаты практического использования результатов диссертации отражены в разработанных технических условиях на аусферритно-карбидный чугун, технологии его изотермической закалки, а также в актах испытаниях отливок из разработанных составов на производстве ОАО «КАМАЗ» и ОАО «Амкордор». Работа была отмечена дипломом I степени на республиканском молодежном конкурсе «100 идей для Беларуси» в секции «Промышленные и строительные технологии» в 2022 г.

Диссертация Ковалько М.С. является завершенным научным исследованием и соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по данной специальности за научно-обоснованные теоретические и экспериментальные результаты в области разработки высокопрочных чугунов с аусферритной и аусферритно-карбидной матрицей, включающие:

- результаты теоретических и экспериментальных исследований кинетики изотермического распада переохлажденного аустенита в высокопрочных чугунах на основе марки ВЧ50 с различными концентрациями Cu , Mo , Cr , Al и микродобавками B , что позволило построить диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита для чугунов, оптимизировать их химический состав и повысить устойчивость аустенита к распаду как в области перлитного, так и в области промежуточного превращения с 3-10 до 120-160 с;

- особенности формирования литой структуры высокопрочных чугунов при динамическом затвердевании расплава за счет подвода к нему ультразвуковых колебаний, вызывающих интенсификацию процесса зарождения и роста графитовых сфероидов в чугуне, что в совокупности с уменьшением среднего размера (диаметра) графитовых включений с 120 до 20 мкм повышает прочностные свойства литых высокопрочных чугунов на 20-30 % и увеличивает пластичность на 10-15 %. Установлено влияние размера шаровидного графита в литой структуре чугуна на процесс формирования аусферритной матрицы при изотермической закалке, приводящее к сокращению времени аусферритного превращения в 2 раза при уменьшении среднего диаметра графитовых включений с 120 до 20 мкм;

- результаты структурно-фазовых превращений в чугунах при изменении углеродного эквивалента ($C_{эк}$), концентрации карбидообразующих (Cr , Mo , Mn , B) и не карбидообразующих (Cu , Ni , Al) легирующих элементов, позволившие установить оптимальные режимы получения аусферритной матрицы с высоким сочетанием прочностных и пластических свойств ($\sigma_B=1100$ МПа; 360-380 НВ; $\delta=8\%$; $KC=40-50$ Дж/см²), а также аусферритно-карбидной с более высокой твердостью, износостойкостью и удовлетворительной прочностью и вязкостью (55-60 HRC; $\sigma_B=350-400$ МПа; $\delta=2\%$; $KC=15-20$ Дж/см²);

- результаты теоретических и экспериментальных исследований распределения температуры в заготовке при воздушном охлаждении, позволившие определить интервал скоростей закалочного охлаждения (50-

80°C/с) для формирования окончательных свойств при изменении интервала температур при промежуточном превращении от 400-250 °С.

За время учебы в магистратуре, аспирантуре, а также работе над диссертацией Ковалько М.С. вырос до зрелого научного работника в области материаловедения, способного не только успешно решать поставленные задачи, но и ставить новые и находить пути их реализации.

Считаю, что Ковалько Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

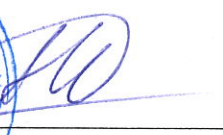
Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор, начальник
отдела материаловедения и
литейно-деформационных
технологий – заведующий
лабораторией

«05» июня 2023 г.



А.Т. Волочко

Подпись А.Т. Волочко
удостоверяю:
ученый секретарь ГНУ
«ФТИ НАН Беларуси»,
к.т.н.



А.В. Басалай