

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.345.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» Министерства науки и высшего
образования Российской Федерации, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.09.2023 № 9

О присуждении Семенову Константину Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Развитие научных основ производства фасонных отливок из низколегированных сплавов меди с железом» по специальности 2.6.3 — Литейное производство принята к защите 23.05.2023 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.2.345.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24, приказ №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Семенов Константин Геннадьевич, 16 мая 1961 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Разработка технологии плавки высокооловянных бронз на основе лома медных сплавов для производства фасонных отливок ответственного назначения» защитил в 1993 году в диссертационном совете, созданном на базе Московского вечернего металлургического института Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР.

Семенов К.Г. работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в должности доцента кафедры «Технологии обработки материалов».

Диссертация выполнена на кафедре «Технологии обработки материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный

технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант - Батышев Константин Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологии обработки материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Ри Эрнст Хосенович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», заведующий кафедрой «Литейное производство и технология металлов», г. Хабаровск;

2. **Белов Николай Александрович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», профессор кафедры «Обработка металлов давлением», г. Москва;

3. **Сулицин Андрей Владимирович**, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», заведующий кафедрой «Литейное производство и упрочняющие технологии», г. Екатеринбург.

Ведущая организация - Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Дубом Владимиром Семеновичем, доктором технических наук, профессором, научным руководителем Института металлургии и машиностроения, председателем научно-технического совета Института металлургии и машиностроения и ученым секретарем НТС старшим инженером по пожарной безопасности отдела безопасности Соловьевой Маргаритой Сергеевной, указала, что диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научно-техническая задача, имеющая важное хозяйственное значение для разных отраслей экономики (например, электротехники, специальные отрасли машиностроения и др.), связанное с производством фасонных отливок из низколегированных сплавов меди с железом. Результаты работы приняты к внедрению при производстве фасонных отливок из

низколегированных сплавов меди с железом, вместо технически чистой меди, в разовые песчаные формы, кокильным литьем и литьем с кристаллизацией под давлением и рекомендуются к широкому промышленному внедрению на предприятиях металлургического и машиностроительного профиля.

Представленная диссертация отвечает критериям, изложенным в п.9-14 «Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней», а ее автор, Семенов Константин Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.3 – «Литейное производство».

Соискатель имеет более 150 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 55 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 42 работы, восемь публикаций, индексируемых в Международных базах, перечень которых определен в соответствии с рекомендациями ВАК Минобрнауки РФ (Web of Science, Scopus); один патент на изобретение, один патент на полезную модель; три свидетельства на базы данных и программы для ЭВМ, а также три монографии и материалы всероссийских и международных конференций.

Объем научных изданий с участием автора по теме диссертации составляет 37,2 печатных листа. Авторский вклад составляет 16,4 печатных листа. Все публикации относятся к области литейного производства и связаны с исследованиями и разработкой процессов плавки и литья низколегированных сплавов меди с железом. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Semenov K.G.** Examining the properties of low-alloy copper-iron alloy made of secondary materials / **K.G. Semenov**, K.A. Batyshev, V.B. Deev, Y.A. Svinoroev // *Tsvetnye Metally*. 2022. (11). PP.81–86. Scopus.

2. **Семенов К.Г.** Критерии оценки диаграмм состояния системы медь–железо / **К.Г. Семенов**, М.Е. Шаршуев // *Технология металлов*. – 2011. - №6. - С. 22–25.

3. **Семенов К.Г.** Получение новых низколегированных сплавов систем Cu—Fe для отливок в машиностроении / **К.Г. Семенов**, К.А. Батышев, С.Н. Панкратов // *Технология металлов*. – 2017. - №8. - С. 2-6.

4. **Семенов К.Г.** Отливки из низколегированных сплавов меди с железом / **К.Г. Семенов** // *Металлургия машиностроения*. - 2021. - № 2. - С. 38-41.

5. **Семенов К.Г.** Термодинамика диффузионного раскисления углеродом при плавке низколегированных сплавов меди / **К.Г. Семенов** // *Литейщик России*. – 2021. - № 12. - С. 29-34.

6. **Семенов К.Г.** Отливки из низколегированных сплавов меди с железом / **К.Г. Семенов** // *Металлургия машиностроения*. - 2021. - № 2. - С. 38-41.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Третьяков Максим Владимирович, генеральный директор ООО «ЭЛКАТ», г. Москва;
2. Волкомич Анатолий Александрович, кандидат технических наук, генеральный директор АО «ЛИТАФОРМ», г. Москва;
3. Болдырев Денис Алексеевич, доктор технических наук, доцент, главный специалист по стратегии и техническому развитию АО «АвтоВАЗ», г. Тольятти, Самарская область;
4. Ночовная Надежда Алексеевна, доктор технических наук, старший научный сотрудник, советник генерального директора НИЦ "Курчатовский институт" – ВИАМ, г. Москва;
5. Саубанов Марат Нинарович, кандидат технических наук, главный металлург ОАО «Зеленодольский завод им. А.М. Горького», г. Зеленодольск, Республика Татарстан;
6. Сивак Борис Александрович, кандидат технических наук, профессор, первый заместитель генерального директора по науке и инновационному развитию ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ имени акад. А. И. Целикова», г. Москва;
7. Данилов Сергей Александрович, главный металлург машиностроительного конструкторского бюро «Факел» имени академика П. Д. Грушина, г. Химки, Московская область;
8. Георгиевский Мирослав Георгиевич, кандидат технических наук, генеральный директор НПО «Гидравлика», п. Новый Быт, Московская область;
9. Лялякин Валентин Павлович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФНАЦ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва;
10. Стрельников Игорь Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и металлургические процессы, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. Д.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Чувашская республика;
11. Мартынюк Виктор Николаевич, директор машиностроительного комплекса, Остряков Александр Юрьевич, начальник управления развития машиностроения, ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», г. Липецк, Липецкая область;
12. Поляков Алексей Николаевич, кандидат технических наук, главный сварщик, Ильин Игорь Валерьевич, главный инженер ПАО ОДК Сатурн, г. Рыбинск, Ярославская область;
13. Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля», г. Луганск, Луганская народная республика;

14. Жереб Владимир Павлович, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Металловедения и термической обработки металлов им. В.С. Биронта», ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Красноярский край;

15. Агеева Екатерина Владимировна доктор технических наук, профессор кафедры технологии материалов и транспорта ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск;

16. Евстигнеев Алексей Иванович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Дмитриев Эдуард Анатольевич, доктор технических наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край;

17. Иванов Сергей Геннадьевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий кафедрой «Машиностроительные технологии и оборудование» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Алтайский край.

Все отзывы положительные, отмечают высокую актуальность проведённых исследований, научную новизну и достоверность полученных результатов, практическую значимость работы в области литейного производства. Во всех отзывах указывается, что автор заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.3 — Литейное производство.

В качестве наиболее существенных критических замечаний и вопросов отмечается: в автореферате практически не представлены традиционные процессы изготовления отливок из низколегированных сплавов меди с железом в песчаные формы по ХТС, которые применяются для изготовления крупных отливок; за счет чего наблюдается экстремум электропроводности при термической обработке при 500 °С?; в автореферате не указана методика исследования механических свойств и электропроводности получаемых сплавов; на с.27 таб. 6 автор приводит сравнительные триботехнические свойства бронз и сплава медь – 2,65 % железа, где показатели коэффициента при сухом трении и трении со смазкой, значительно выше, чем у оловянистых бронз, а относительный износ на 2 порядка ниже, чем у традиционных бронз, объяснений по полученному результату автор: к сожалению, мало информации о проведении испытаний жаропрочности или окалинстойкости низколегированных сплавов меди с железом, что особенно актуально для оценки стойкости наконечников конвертерных фурм и рыльцев доменных фурм; в работе проведены исследования влияния легирующих элементов до 1% на литейно-технологические свойства меди, а

в дальнейшем разработаны сплавы с содержанием железа выше 2%. Какова при этом сопоставимость полученных результатов свойств сплавов? из текста автореферата не совсем понятно наблюдаемое автором снижение пористости отливки при переходе от чистой меди к бинарному сплаву. -

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью и опытом работы в области литейного производства и подтверждается числом публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ за последние пять лет. Профессор Ри Э.Х. является ведущим российским специалистом в области технологии производства фасонных отливок из цветных металлов и сплавов, профессор Белов Н.А. является ведущим российским специалистом в области металловедения и термической обработки цветных металлов и сплавов, д.т.н., доцент Сулицин А.В. является ведущим российским специалистом в области технологии литья и разработки литейных и деформированных сплавов меди.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» - ведущий российский научно-исследовательский центр, одним из приоритетных научных направлений работы которого являются научные и прикладные исследования в области технологий машиностроения. В структуру университета входит институт «Металлургии и машиностроения», в котором работают признанные специалисты по теме представленной диссертации в области технологии литейного производства, что подтверждается их публикациями за последние пять лет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея, обогащающая научную концепцию теоретической модели структурной матрицы литейных низколегированных медных сплавов, с уточнением механизма влияния физических воздействий легирующих элементов в низколегированных сплавах на основе меди:

предложена концепция критериальной оценки неравновесной кристаллизации низколегированных сплавов меди с железом в интервале перитектического превращения, определяющая технологичность сплавов системы меди с железом для синтеза литейных сплавов;

предложена систематизированная оценка критериев физико-химических воздействия легирования низколегированных сплавов меди с железом в неравновесном состоянии: растворимости, распределения, термообработки, пористости, жидкотекучести;

доказано, что кислород в сплаве находится в виде инертного химического соединения Fe_3O_4 , а после раскисления расплава фосфором, 7

железо образует с фосфором фосфид железа Fe_3P , который после термообработки распадается с образованием твердого раствора железа в меди и дисперсных выделений железа;

предложено, что содержание кислорода в расплаве при открытой плавке меди не должно превышать 0,001...0,01% (по массе) перед введением легирующих элементов, при совместном присутствии железа до 0,1% и фосфора, содержание кислорода должно быть ограничено 0,01...0,1% (по массе), при более высоких содержаниях железа (выше 0,1%) необходимо проведение операции раскисления расплава:

предложена технология плавки низколегированных сплавов меди с железом на основе применения диффузионного раскисления меди углеродом перед введением в расплав железа, которое вводится в расплав в виде технически чистого электротехнического железа АРМКО, что исключает дополнительное раскисление расплава растворенным углеродом, входящим в состав стали;

предложены режимы термообработки сплава меди с железом: закалка 1030 °С плюс старение 1...2 ч при температуре 500 °С сплава медь–2,6...2,8%железа, которые позволили повысить прочностные свойства (σ , НВ) в 1,5 раза: σ до 430...450 МПа, твердость до 120 НВ по сравнению с литым состоянием при небольшом снижении пластичности, при этом электропроводность составляет 60 % по сравнению с технически чистой медью марки М0;

доказано, что железо является перспективным легирующим элементом для разработки литейных сплавов, которое заметно повышает жидкотекучесть меди при легировании до 0,5%, а в пределах 1 % жидкотекучесть остается на достаточно высоком уровне и не приводит к образованию рассеянной пористости в отливках;

доказано, что применение сплава меди с железом для изготовления деталей трения позволяет снизить показатели износа на четыре порядка, что приводит к увеличению работоспособности пары трения сплава Cu–2,65%Fe со сталью в 1,5...2 раза, антифрикционные сплавы имеют износостойкость в 2...4 раза выше, чем у оловянных бронз БрО5Ц5С5, БрО10Ф1 и алюминиевой бронзы БрА9Ж4;

доказано, что при кристаллизации способом ЛКД под поршневым давлением прессования отливок из низколегированных сплавов меди с железом, по сравнению с гравитационным кокильным литьем (при атмосферном давлении), изменяется как картина процесса затвердевания отливки, так и направление теплоотвода в пуансон, что приводит к смещению зоны образования усадочной пористости в нижнюю часть отливки и в зависимости от величины прикладываемого давления (увеличения до 250 МПа) ее устранению.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

раскрыт механизм влияния физико-химических воздействий легирующих элементов, определяемый критериями растворимости, распределения, термообработки, пористости и жидкотекучести, характерными для неравновесной кристаллизации низколегированных медных сплавов;

введены критерии неравновесной кристаллизации системы медь–железо в интервале перитектического превращения, которые позволили разработать составы низколегированных сплавов меди с железом для реализации технологий производства фасонных отливок;

доказаны предельно допустимые содержания кислорода в меди перед введением в расплав легирующих элементов в системе Cu–O, которая относится к системам с отрицательным отклонением от закона Генри, при температуре плавления;

доказано, что в сплавах меди с железом кислород находится в виде инертного химического соединения Fe_3O_4 , а при раскислении расплава фосфором образуется фосфид железа Fe_3P , включения которого также инертны;

раскрыты значения совместного присутствия железа и фосфора в расплаве меди, при которых содержание кислорода может быть ограничена 0,01 % (по массе). При содержаниях железа более 0,1 % необходимо проведение операции раскисления расплава;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

создана система практических рекомендаций по производству фасонных отливок из низколегированных сплавов на основе меди с железом. Предложены технологические решения, которые приняты к внедрению: способ подготовки расплава из низколегированных сплавов меди с железом, технологии производства отливок в песчаные формы, кокиль, по выплавляемым моделям и литьем с кристаллизацией под давлением;

разработаны составы низколегированных сплавов меди с железом путем реализации различными способами литейных технологий, в том числе двухкомпонентного с содержанием железа 2,6...2,85%, которые предложены для замены фасонных отливок из технической чистой меди:

разработаны и внедрены: технологический регламент изготовления компенсаторов из низколегированного сплава медь–железо способом литья с кристаллизацией под давлением, производство корпусных отливок из низколегированного сплава медь–железо в песчаные формы на лигносульфонатном связующем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

теория построена на известных, проверяемых данных, фактах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

результаты экспериментов получены на сертифицированном оборудовании, показана их воспроизводимость в различных условиях, установлено качественное и количественное совпадение результатов диссертации с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта в России и за рубежом;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов (единиц) наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке цели и задач исследования, обработке и трактовке полученных результатов, апробировании и внедрении их в промышленных условиях, участии и руководстве при проведении всего комплекса исследований, формулировании выводов, подготовке научных публикаций.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: в докладе недостаточно озвучены особенности технологии плавки сплава меди с железом; судя по представленным результатам, в работе проводились исследования гидроплотности, а не гидропрочности; при разработке режимов литья с кристаллизацией под давлением, целесообразно было указать распределение пористости с учетом размерного фактора; вызывает сомнение весьма высокий коэффициент трения и низкий износ сплава меди с железом; не совсем уместна жесткая конкретизация состава сплава меди с 2,65 % железа, без указания интервала содержаний; представленные в докладе методики исследований, в основном, стандартные, поэтому не следовало на них делать акцент.

Соискатель Семенов К.Г. частично согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию на некоторые замечания, высказанные во время дискуссии:

1. Особенности технологии плавки низколегированных сплавов меди с железом основаны на предварительном диффузионном раскислении расплава углеродосодержащим покровом, что исключает попадания в сплав фосфора, который значительно снижает электропроводность.

2. Коэффициент трения зависит от многих факторов, но крупные включения нерастворенного железа в медной матрице могут привести к

достаточно высоким показателям этого коэффициента, при низком износе сплава после термообработки.

Все замечания и рекомендации будут учтены им в дальнейшей работе.

На заседании **29 сентября 2023 года** диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки в области теории и практики производства фасонных отливок, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Семенову К.Г. учёную степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 2.6.3 – Литейное производство (технические науки), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета

Леушин Игорь Олегович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Нуждина Татьяна Валентиновна

«29» сентября 2023 г.