

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Колтыгина Андрея Вадимовича на тему «Развитие основ совершенствования существующих и разработки новых сплавов на основе магния и инновационных технологий получения из них отливок ответственного назначения литьём в песчаные формы», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.3 – «Литейное производство» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 31.10.2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 20.05.2024 г., протокол № 20.

Диссертация выполнена на кафедре литейных технологий и художественной обработки материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный консультант – Белов Владимир Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», кафедра литейных технологий и художественной обработки материалов, и.о. заведующего кафедрой.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 20 от 20.05.2024 г.) в составе:

1. Аксенов Андрей Анатольевич – д.т.н., профессор, эксперт научного проекта кафедры обработки металлов давлением федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»;

2. Батышев Константин Александрович – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Технологии обработки материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»;

3. Колокольцев Валерий Михайлович – д.т.н., профессор, советник при ректорате федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»;

4. Мерсон Дмитрий Львович – д.ф.-м.н., профессор, директор Научно-исследовательского института прогрессивных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет»;

5. Моисеев Виктор Сергеевич – д.т.н., профессор, заместитель генерального директора ООО «АВАНГАРД-ЛИТ»;

6. Никитин Константин Владимирович – д.т.н., профессор, декан факультета машиностроения, металлургии и транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»;

7. Шатульский Александр Анатольевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой материаловедения, литья, сварки федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева».

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Получила развитие научная концепция формирования требуемых эксплуатационных свойств литейных магниевых сплавов, опирающаяся на особенности формирования структуры сплавов в литом и термообработанном состоянии.
- Предложена новая научная гипотеза, объясняющая причины появления негерметичности в отливках из магниевых сплавов, дополняющая научную концепцию кристаллизации доэвтектических сплавов.
- Предложен научный подход к разработке новых и совершенствованию существующих промышленных литейных магниевых сплавов, основанный на комбинировании традиционных методов исследования свойств сплава с компьютерным моделированием диаграмм состояния и литейных процессов.
- Показана перспективность использования новых подходов для разработки литейных магниевых сплавов, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Обоснованы теоретические принципы разработки новых литейных магниевых сплавов системы Mg-PЗМ-Zn-Zr двух типов: с однофазной и многофазной структурой после термообработки. Показано, что сплавы с наличием второй фазы в структуре имеют высокие механические свойства, но уступают промышленным магниевым сплавам по коррозионной стойкости. Разработан экспериментальный магниевый сплав на базе системы Mg-Nd-Y-Zn-Zr, обеспечивающий высокие механические свойства и устойчивость сплава к возгоранию. Обоснован механизм формирования устойчивости к возгоранию в магниевых сплавах.
- Установлена необходимость комплексного легирования магния легкими и тяжелыми РЗМ для получения максимальных эксплуатационных свойств сплава. Предложен магниевый сплав системы Mg-Gd-Nd-Y-Zn-Zr, обладающий высокими механическими свойствами.
- Научно обоснованы и апробированы на практике требования, предъявляемые к системам легирования сплавов для герметичных отливок. Впервые показано, что доля усадочной междендритной пористости, формируемой в отливке в процессе затвердевания, не напрямую связана с их герметичностью. Установлено существенное влияние количества и распределения эвтектической

фазы, формы и расположения микропор в структуре сплава на формирование герметичности в отливках.

- С использованием методов компьютерного моделирования показано, что наличие примесей кумулятивно усиливает их влияние на формирование тугоплавких интерметаллических включений, загрязняющих магниевый расплав даже в случае, если их количество находится в пределах, допускаемых ГОСТом или ТУ на данный сплав.
- Изложены гипотезы по совершенствованию защиты расплава магниевых сплавов от возгорания в газовых средах, содержащих различные активные газы и газы-носители.
- Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. методов компьютерного моделирования диаграмм состояния и компьютерного моделирования литейных процессов, традиционных экспериментальных методик по определению теплофизических свойств и методик по определению технологических свойств сплавов.

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

- В рамках работ по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218 разработаны и внедрены групповые технологические процессы бесфлюсовой плавки и литья магниевых сплавов в формы из холодно-твердеющих смесей (далее – ХТС) на ПАО «ОДК-Кузнецов» (г. Самара) и ПАО АК «Рубин» (г. Балашиха). Эффективность результатов внедрения на производстве разработанных технологических процессов подтверждена справкой, предоставленной организацией-монитором проектов от Министерства науки и высшего образования Российской Федерации ООО «Инконсалт-К», из которой следует, что в настоящий момент в рамках проекта с ПАО «ОДК-Кузнецов» реализовано высокотехнологичной продукции, разработанной с использованием результатов НИОКТР по проекту на сумму 58 млн. рублей, а в рамках проекта с ПАО АК «Рубин» – на сумму 820,5 млн. рублей.
- Предложен подход к оптимизации состава промышленных сплавов на основе компьютерного моделирования исходя из требований технологии, основанный на установлении взаимосвязи «состав сплава – технология плавки и литья – фазовый и структурный состав», эффективно примененный для адаптации промышленных магниевых сплавов к литью в формы из ХТС.
- Разработаны новые перспективные магниевые литейные сплавы: стойкий к возгоранию на воздухе сплав системы Mg-Nd-Y-Zn-Zr, высокопрочный сплав системы Mg-Nd-Gd-Y-Zn-Zr, герметичный сплав системы Mg-Nd-La-Zn-Zr для получения отливок ответственного назначения.
- Опробованы различные газовые среды для реализации технологии бесфлюсовой плавки конкретных магниевых сплавов. Предложены составы защитных газовых смесей и технологии их применения, опробованные в промышленных условиях и позволяющие получить качественные отливки. На

основе анализа наиболее распространенных газовых смесей предложено использовать смесь SF_6 с газом-носителем (аргоном, азотом или CO_2), как наиболее соответствующую условиям отечественного производства. Кроме того, предложена новая смесь газов для защиты магниевых расплава и новый способ ее приготовления, основанный на испарении жидкого хладагента ФК 5-1-12 в газе-носителе (аргон).

- Оработана технология получения качественных магниевых отливок, в т.ч. крупногабаритных, в песчаные формы из Per-Set XTC как наиболее эффективная для магниевых литых. Показано, что в случаях производственной необходимости, с добавлением в смесь ингибиторов горения, можно использовать и другие XTC, например, No-bake и AlpHaset.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- Достоверность результатов исследования обеспечена комплексным подходом к исследованиям закономерностей формирования литой структуры и фазового состава магниевых сплавов с использованием большого количества различных экспериментальных методов, сканирующей электронной и оптической микроскопией, включая рентгеновский фазовый анализ, дифференциальную сканирующую калориметрию; применением методов математического моделирования, обработкой полученных экспериментальных результатов с использованием специализированного программного обеспечения; хорошей повторяемостью и воспроизводимостью результатов исследований, их непротиворечивостью современным научным представлениям, а также сопоставимостью полученных результатов с экспериментальными и теоретическими данными других авторов, известных из научных публикаций и материалов международных и российских конференций.

Личный вклад соискателя состоит в:

Определении направления исследований, включая формулирование целей и постановку задач исследований, выборе объектов исследований и основных методик проведения экспериментов. Диссертационная работа является обобщением результатов многолетних исследований и проектов в области производства отливок из магниевых сплавов, основная часть которых выполнена лично автором или при его непосредственном участии.

Соискателем самостоятельно или при его непосредственном участии выполнены теоретические и экспериментальные исследования, включая полный цикл получения образцов магниевых сплавов в лабораторных и промышленных условиях. Соискатель непосредственно участвовал в интерпретации результатов металлографических, электронно-микроскопических исследований, рентгенофазового анализа, результатов дифференциальной сканирующей калориметрии, результатов компьютерного моделирования.

Соискатель внес существенный вклад в разработку технологии бесфлюсовой плавки и литья магниевых сплавов в формы из XTC и внедрение ее на производстве ряда предприятий России. Ему принадлежит ведущая роль в подготовке заявок для патентования полученных решений.

Соискатель провел обработку и анализ полученных результатов, представленных в данной работе, сформулировал выводы и положения диссертации, а также непосредственно участвовал в написании статей, подготовке докладов и других публикаций с изложением основных результатов исследований.

Соискатель представил к защите 45 опубликованных работ, из которых 20 работ в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России, и 7 патентов.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Колтыгина Андрея Вадимовича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Колтыгину Андрею Вадимовичу ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.3 – «Литейное производство».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 6 человек, участвовавших в заседании, из 7 человек, входящих в состав комиссии, проголосовали: за – 6, против – нет, недействительных бюллетеней – нет

Председатель Экспертной комиссии
д.т.н., профессор

Андрей Анатольевич Аксенов
31.10.2024 г.