

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Целовальника Юрия Всеволодовича на тему «Изучение температурной зависимости коэффициента теплопередачи между металлом и литейной формой для повышения адекватности компьютерного моделирования литейных процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 – «Литейное производство» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 12 октября 2023 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 27 июня 2023 г., протокол № 12.

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

Научный руководитель – Баженов Вячеслав Евгеньевич, к.т.н. (специальность 05.16.04 – «Литейное производство»), доцент кафедры литейных технологий и художественной обработки материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 12 от 27 июня 2023 г.) в составе:

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

2. *Деев Владислав Борисович* – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Управления проектными командами Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»;

3. *Батышев Константин Александрович* – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Технологии обработки материалов» (МТ-13) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»;

4. *Никитин Константин Владимирович* – д.т.н., профессор, Декан факультета машиностроения, металлургии и транспорта, заведующий кафедрой «Литейные и высокоэффективные технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»;

5. *Сулицин Андрей Владимирович* – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой литейного производства и упрочняющих технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана новая экспериментально-расчётная методика определения значений коэффициента теплопередачи между отливкой и формой, позволяющая получать значения коэффициента теплопередачи в виде температурной зависимости, в отличие от обычно используемой зависимости коэффициента теплопередачи от времени;
- определены значения коэффициентов теплопередачи между сплавами на основе алюминия магния и меди, и формами из холоднотвердеющих смесей, стали и графита, и таким образом, повышена адекватность математического моделирования процесса литья для указанных пар металл-форма за счёт получения точных распределений температуры в отливке и форме в процессе моделирования;
- доказана перспективность использования температурной зависимости коэффициента теплопередачи, взамен обычно используемой, временной зависимости, так как это позволяет применять полученные результаты в моделировании процессов заполнения и затвердевания отливок различной конфигурации;
- установлен характер изменения зависимости коэффициента теплопередачи от температуры при затвердевании сплавов с различным интервалом кристаллизации. Так, при температуре ликвидуса сплава, наблюдается максимальное значение коэффициента теплопередачи, и, по мере формирования слоя твёрдой фазы, его значение снижается до полного затвердевания отливки;
- установлено соотношение между максимальной величиной коэффициента теплопередачи и материалом формы и показано, что максимальный коэффициент теплопередачи реализуется в графитовых формах. Примерно в два раза меньшее значение коэффициента теплопередачи наблюдается при заливке сплавов в стальные формы. Минимальное значение коэффициента теплопередачи наблюдается при литье в формы из ХТС, которое в два раза меньше, чем при литье в стальные формы и в четыре раза меньше, чем при литье в графитовые формы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- разработана методика определения значения коэффициента теплопередачи между металлом и литейной формой путем сопоставления экспериментально полученных и рассчитанных с использованием программ компьютерного моделирования литейных процессов температурных полей, с последующей минимизацией функции ошибки;
- на примере сплавов Al-3%Si, Al-7%Si Al-12%Si при литье в стальную и графитовую форму, показано влияние интервала кристаллизации сплава на вид температурной зависимости коэффициента теплопередачи;
- установлено, что при литье алюминиевых и магниевых сплавов в формы из холоднотвердеющей смеси, стали и графита максимальная величина коэффициента

теплопередачи составляет 900-1200, 2000-2500 и 4500-4700 Вт/м²К, соответственно. То есть коэффициенты теплопередачи соотносятся как 1:2:4.

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

- были найдены температурные зависимости коэффициентов теплопередачи на границе слиток/форма при заливке сплавов Al-3%Si, Al-7%Si, Al-12%Si, МЛ5, БрО8Ц4 и чистого алюминия в формы из холоднотвердеющей смеси, стали и графита, в широком диапазоне от температуры заливки до извлечения отливки из формы;
- найденные в работе значения коэффициента теплопередачи могут быть использованы при моделировании процессов заполнения и затвердевания отливок из алюминиевых сплавов (Al-3%Si, Al-7%Si, Al-12%Si), магниевого сплава МЛ5, бронзы БрО8Ц4 и чистого алюминия в формы из ХТС, стали и графита и повысят адекватность моделирования распределения температур в отливке и форме, что в свою очередь, позволит достоверно прогнозировать образование недоливов, усадочных дефектов и термических напряжений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

- использовано современное аттестованное исследовательское оборудование (термоизмеритель Lutron BTM-4208SD, спектрометр Thermo Fisher марки ARL 4460 OES, сканирующий электронный микроскоп Tescan VEGA SBH 3, профилограф Mar Surf M 300 C, применены уже известные и вновь разработанные методики исследования, а также передовые программные средства (система компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «ProCast», САПР SolidWorks); показана воспроизводимость результатов исследования;
- установлено качественное соответствие авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;
- температурные зависимости коэффициента теплопередачи между сплавами МЛ5 и формой из ХТС использованы при моделировании процесса заполнения и затвердевания отливки «Корпус ГП25» в рамках выполнения проекта «Разработка технологии производства уникальных литых деталей из сплавов цветных металлов для летательных аппаратов на базе цифровых технологий и применения перспективных импортозамещающих материалов с целью повышения конкурентоспособности отечественного авиастроения» ПП218 Договор №668/218-11 от «20» сентября 2019 г. и других работах;
- основные результаты работы приведены в статьях, опубликованных в журналах, рецензируемых ВАК/Scopus/WoS, в том числе в журналах второго квартиля WOS.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

Автором выполнен комплекс работ, включающих обоснование, формулирование целей и задач исследований, выбраны и обоснованы методики. Проведена работа с технической, в том числе и иностранной литературой. Целовальник Юрий Всеволодович лично проводил лабораторные плавки и обучился работе в системе компьютерного моделирования литейных процессов ProCast. Диссертант показал достаточную

компетентность как в подготовке, так и в проведении эксперимента. Все экспериментальные данные, представленные в работе, а также результаты расчетов, получены лично или при непосредственном участии соискателя.

Соискатель представил 10 печатных работ, из которых 4 работы опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и базу Scopus.

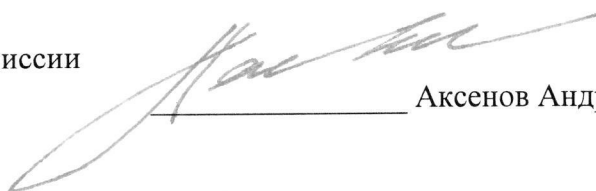
Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Целовальника Юрия Всеволодовича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований решена проблема поиска температурных зависимостей коэффициента теплопередачи между отливкой и формой, а найденные значения коэффициентов теплопередачи могут обеспечить точность компьютерного моделирования процессов заполнения и затвердевания отливок в формах из различных материалов.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Целовальнику Юрию Всеволодовичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 – «Литейное производство».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовали: за – 4, против – *нет*, недействительных бюллетеней – *нет*.

Председатель Экспертной комиссии
д.т.н., профессор



Аксенов Андрей Анатольевич

12.10.2023 г.