

В диссертационный совет 24.2.404.01
на базе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
по адресу 660025, г. Красноярск, пр. «Красноярский рабочий»,
д. 95, ауд. 212.

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию
Сидорова Александра Юрьевича**

**«Совершенствование технологии производства крупногабаритных плоских
слитков из алюминиевых сплавов 5XXX серии для снижения пористости»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.16.04 – Литейное производство.**

1 Актуальность избранной темы

В настоящее время одним из перспективных направлений в алюминиевой отрасли, в том числе и на ОК РУСАЛ, является производство крупногабаритных плоских слитков (далее КГПС) из алюминиевых сплавов 5XXX серии, которые широко применяются во многих отраслях промышленности, в том числе в транспортном машиностроении, как авиа-, ракето- и судостроение. Поэтому к качеству данной продукции предъявляются повышенные требования, в том числе по пористости. В этой связи разработка научно-обоснованных технических и технологических решений для обеспечения требуемого уровня пористости крупногабаритных плоских слитков из алюминиевых сплавов 5XXX серии является актуальной научно-технической задачей.

Актуальность работы подтверждается также тем, что она выполнялась в соответствии с Федеральной программой «Стратегия развития цветной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года», разработанной в соответствии с поручением Правительства Российской Федерации от 16 июля 2013 г. № ДМ-П9-53пр, в рамках проекта 14.578.21.0193 «Разработка теоретических и технологических решений снижения водорода в составе алюминия и низколегированных алюминиевых сплавов» Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а также по договору на выполнение работ по заказу ОК «РУСАЛ» по теме «Разработка технических решений по снижению среднего линейного размера пор не более 60 мкм в плоских слитках из сплава 5083».

2 Новизна исследования и полученных результатов

Решение диссертантом поставленных в работе задач позволило получить ряд новых и оригинальных результатов, из которых следует отметить разработанную

компьютерную модель образования пористости при полунепрерывном литье КГПС из алюминиевых сплавов 5XXX серии, учитывающая их физико-химические свойства, конструктивные и технологические параметры полунепрерывного процесса литья КГПС, что позволило диссертанту установить закономерности образования пористости в КГПС на примере сплава 5083, заключающиеся в том, что параметры пористости линейно зависят от размеров зерна и дендритной ячейки в структуре слитков. Автором в результате обобщения экспериментального материала, полученного непосредственно в промышленных условиях установлено, что в сплавах 5XXX серии максимальная объемная доля пор (до 0,5 %) располагается на расстоянии, равном $\frac{1}{4}$ ширины слитка от его прокатной поверхности, превышая более чем в 3 раза объемную долю пор на расстоянии 30 мм от прокатной поверхности и в 1,5 раза – объемную долю пор в середине КГПС.

3 Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений

Автор в своей работе исходит из комплексности рассмотрения проблемы обеспечения требуемого уровня качества крупнотоннажных плоских слитков из алюминиевых сплавов серии 5XXX. Научные положения работы достаточно обоснованы, опираются на известные проверяемые факты и согласуются с опубликованными экспериментальными данными и научными представлениями о процессе полунепрерывного литья крупнотоннажных плоских слитков, а выводы и рекомендации основаны на результатах экспериментальных исследований, проведенных автором лично, с применением современных научно обоснованных методик.

Автором осуществлена систематизация информации, представленной в отечественных и зарубежных источниках по разрабатываемой тематике, что позволило обоснованно определить место осуществляемых исследований в развитии проблемы, выделить научную новизну и практическое значение полученных результатов.

В ходе проведения диссертационного исследования автор применял современное оборудование. Исследование пористости проводили с помощью инвертированного металлографического микроскопа марки OLYMPUS GX71/GX51 и с применением программного комплекса для металлографического анализа Thixomet.PRO по методике СТО 04.02.040-2017 «Определение параметров пористости металлографическим методом». Размер единичных пор и очагов пористости оценивали на площади микрошлифов 4 см^2 , а объемную долю пор оценивали на площади 1 см^2 .

Достоверность экспериментальных данных, выводов и рекомендаций основывается на использовании современных методов и методик исследования алюминиевых сплавов, на применении аппарата математической статистики для обработки полученных результатов, подтверждается воспроизводимыми промышленными экспериментами, эффективностью предлагаемых технических и

технологических решений, подтвержденных результатами промышленных испытаний и их внедрением в производство на предприятиях ОК РУСАЛ.

4 Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Автором в результате обобщения результатов проведенного компьютерного моделирования, а также экспериментального материала, полученного непосредственно в промышленных условиях обоснованы следующие закономерности распределения пористости в объеме КГПС:

- пористость увеличивается от периферии слитка к центру и возрастает с увеличением уровня расплава в кристаллизаторе и скорости литья;
- в доннике горячего и холодного слитка размер очагов пор всегда меньше, чем в литнике;
- во всех объемах холодного слитка средний размер пор больше, чем горячем;
- максимальный средний размер единичных пор в горячем и холодном слитках наблюдается в центральной части донника;
- максимальный размер очагов пор в горячем слитке находится в крайней части литника и донника, а в холодном слитке в центральной части литника и донника;

Практическая ценность диссертационной работы Сидорова А.Ю. также заключается в разработке и реализации нового технологического регламента литья КГПС из сплавов 5XXX серии с регламентированными параметрами пористости, что подтверждается соответствующим актом опытно-промышленных испытаний и отражено в разработанном ВТР 440.02.07.02 «Технологический регламент производства плоских слитков из сплавов серии 5XXX с размером пор не более 60 мкм»;

5 Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

Диссертационная работа Сидорова А.Ю. построена логично и грамотно, поставленные задачи успешно решены, их оформление соответствует действующим стандартам и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Структура диссертационной работы адекватна ее содержанию и состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка литературы, содержащего 112 источников, и 3 приложений. Основной материал изложен на 136 страницах, включая 21 таблицу и 80 рисунков.

Во введении) обосновывается актуальность темы диссертационной работы, ее цель, показана научная новизна и практическая значимость исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен литературный обзор по тематике исследования, выполнен критический анализ современного уровня развития производства и рассмотрены проблемы качества крупнотоннажных слитков из алюминиевых

сплавов серии 5XXX для машиностроения, связанные с пористостью структуры слитков.

Во второй главе представлена разработанная и усовершенствованная методика проведения диссертационных исследований для определения пористости в объеме крупнотоннажных слитков из алюминиевых сплавов серии 5XXX, соответствующая современным требованиям мировых потребителей продукции. Для оперативности и точности контроля содержания водорода в расплаве разработан новый способ определения содержания водорода в алюминиевых сплавах и специальное переносное устройство для отбора пробы из алюминиевого расплава сразу во время движения его по металлотрактору к литейной машине, на которые получены патенты РФ.

В третьей главе представлены результаты компьютерного моделирования образования пористости при ПЛ КГПС из алюминиевых сплавов 5XXX серии с учетом их физико-химических свойствах, конструктивных и технологических параметров процесса литья, а также результаты и их анализ опытно-промышленных плавов.

В результате моделирования была создана компьютерную модель процесса затвердевания и кристаллизации КГПС размерами 600x1630 мм и 600x1750 мм, изготавливаемого полунепрерывным методом литья в кристаллизатор скольжения системы Wagstaff. Для проведения компьютерного моделирования применялся программный комплекс ProCAST и использовался полный объем слитка сечением разбитый на характерные зоны по охлаждению. Для имитации движения слитка при литье использовалось условие движения твердой фазы равное скорости литья. Данное условие позволило учесть различные коэффициенты теплопередачи в процессе литья по высоте слитка. При решении задачи по распределению пористости в слитке была разработана модель с использованием продвинутого решателя микропористости. Данная модель учитывает температурное поле в зависимости от интенсивности охлаждения слитка и скорости литья, а также с учетом уровня жидкого металла в кристаллизаторе при помощи условия гидростатического давления жидкого металла над зоной кристаллизации. Далее проанализировали размер пористости в объеме КГПС из сплавов 5083, 5182, 5052, изготовленных по «штатной» заводской технологии и по новой технологии в литейном отделении алюминиевого завода ОК РУСАЛ. Количественный анализ сравнительных исследований пористости в объеме КГПС из сплавов 5XXX серии, проведенных в условиях ОК РУСАЛ, подтвердил установленные выше при моделировании закономерности. Кроме того было установлено, что качество отлитых КГПС не соответствует требованиям потребителей по размеру единичных микропор (не более 60 мкм) и очагов пор (не более 300 мкм).

В четвертой главе представлены новые технические и технологические решения в области производства крупнотоннажных слитков из алюминиевых сплавов, подтвержденные патентами РФ, в том числе усовершенствована новая технология для реализации технологии полунепрерывного литья КГПС из сплавов

5XXX серии с регламентированными параметрами пористости, что подтверждается соответствующим актом опытно-промышленных испытаний и отражено в разработанном ВТР 440.02.07.02 «Технологический регламент производства плоских слитков из сплавов 5XXX серии с размером пор не более 60 мкм»;

В заключении диссертационной работы сформулированы основные выводы по результатам, проведенных исследований.

В приложениях представлены материалы, подтверждающие использование результатов работы в производственной и учебной деятельности.

В целом, работа изложена технически грамотным языком. Каждая глава содержит важные результаты научных исследований автора и сопровождается развернутыми выводами. Общее оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

6 Соответствие автореферата диссертации

Диссертационная работа и автореферат находятся в полном соответствии и по содержанию отвечают паспорту специальности 05.16.04 - «Литейное производство».

7 Оценка публикаций автора и апробации результатов исследований

Публикации по материалам диссертационных исследований в полном объеме отражают основные положения работы. Они представлены в 15 печатных работах, в том числе в 3 статьях в журналах, рекомендуемых в Перечне ВАК РФ, в 2 статьях в изданиях, включенных в базу SCOPUS и в 10 патентах РФ.

Разработанные технические и технологические решения успешно прошли промышленные испытания и внедрены на предприятиях ОК РУСАЛ, а также используются при обучении магистров по направлению 22.04.02 «Металлургия», магистерской программе 22.04.02.07 «Теория и технология литейного производства цветных металлов и сплавов» и аспирантов по специальности 05.16.04 «Литейное производство».

8 Замечания по работе

1. Работа значительно бы выиграла, если бы автор исследовал влияние химического состава алюминиевых сплавов 5XXX серии на пористость.
2. Как автор диссертации может объяснить, что параметры пористости линейно зависят от размеров зерна и дендритной ячейки слитков?
3. Автор не дает пояснений, отчего во всех объемах холодного слитка средний размер пор всегда был больше, чем в горячем слитке?
4. За счет чего повышается точность пробоотбора для определения содержания водорода в расплаве алюминия в разработанном переносном устройстве для отбора пробы жидкого металла согласно патенту РФ на полезную модель 183559?
5. Из текста диссертации не ясно, какая пористость (газовая или усадочная) преобладает при вертикальном полунепрерывном литье слитков?

**9 Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
Положением о присуждении ученых степеней**

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности работы и носят в основном дискуссионный характер. Диссертационная работа Сидорова А.Ю. является законченной научно квалификационной работой, решающей важную для развития литейного производства задачу по повышению качества крупнотоннажных плоских слитков из алюминиевых сплавов серии 5XXX. Результаты, представленные автором, обладают научной новизной и достоверностью. Личный вклад автора не вызывает сомнений. Диссертационная работа Сидорова А.Ю. выполнена на высоком научно- исследовательском уровне, по своей актуальности, научной новизне, практической значимости, полученным научным результатам соответствует паспорту специальности 2.6.3 (05.16.04) - «Литейное производство», отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, **Сидоров Александр Юрьевич**, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 (05.16.04) - «Литейное производство».

Я, Батышев Константин Александрович, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Сидорова Александра Юрьевича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры «Технология обработки материалов»



Батышев Константин Александрович

01.12 2021 г.

Контакты: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,

Адрес: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7(903)0181707

E-mail: konstbat63@mail.ru

Подпись Батышева Константина Александровича удостоверяю:



А. Т. МАТВЕЕВ

ЗАМ. НАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

ТЕЛ: 8499-263-87-66