



**САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086  
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36  
Сайт: [www.ssau.ru](http://www.ssau.ru), e-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru)  
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310,  
ИНН 6316000632, КПП 631601001

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор



Профессор Шахматов Е.В.

2016 года

№ \_\_\_\_\_

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**  
на диссертационную работу Фролова Виктора Федоровича  
**«Исследование и разработка новой технологии производства плоских**  
**слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии для фольгопрокатного**  
**производства», представленную на соискание ученой степени кандидата**  
**технических наук по специальности 05.16.04 - Литейное производство**  
**(Красноярск, 2016, 206 с.)**

**Актуальность темы диссертации**

Представленная диссертационная работа Фролова В.Ф. направлена на повышение качества плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии для фольгопрокатного производства.

Современные тенденции в алюминиевой отрасли автомобилестроения характеризуются увеличением в общей структуре производства продуктов высокого уровня обработки, где самой востребованной продукцией на мировом рынке потребления алюминия являются слитки, прокат, профили, упаковочные материалы из алюминиевых сплавов. В настоящее время один из мировых лидеров в алюминиевой отрасли Российской компания ОК РУСАЛ активно развивает литейное производство и планирует довести долю алюминиевых сплавов до 75% в общем объеме выпуска продукции. Одним из перспективных направлений является производство плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии для фольгопрокатного производства. Однако существующие технологии данного производства не обеспечивают стабильного качества этих слитков. Поэтому разработка научно-обоснованных технических и технологических решений для обеспечения

требуемого уровня качества плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии для фольгопрокатного производства, несомненно, является актуальной научно-технической проблемой. Актуальность работы подтверждается еще и тем, что она выполнялась в рамках Федеральной программы «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. N ДМ-П9-53пр.

### **Структура и содержание работы**

Представленная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений, изложена на 206 страницах машинописного текста.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, приведены цели и задачи работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, и их научная новизна.

**В первой главе** проведен анализ современных тенденций развития производства и рассмотрены проблемы качества плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии для фольгопрокатного производства. Обзор научно-технической литературы, выполненный Фроловым В.Ф., содержит значительный объем информации по теме работы, включая новые публикации в ведущих зарубежных и отечественных журналах. Результаты проведенного обзора подтверждают целесообразность проведения новых исследований технологических процессов плавки и литья плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии.

**В второй главе** приведена методика проведения исследований и определения показателей качества слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии. Объектом исследований были промышленные алюминиевые сплавы 1050, 1100 и 1200. Следует отметить, что в процессе выполнения настоящей работы эксперименты проводили, как в лабораторных, так и в промышленных условиях. Опытные плавки сплава 1XXX серии проводили в литейном отделении на миксерах и литейной машине действующего производства ОК РУСАЛ. Экспериментальные исследований структуры и свойств алюминиевых сплавов проводили с использованием современных приборов. Заслуживает внимания разработанная Фроловым В.Ф. методика обнаружения дефектов вида «fir tree» или «елочная» структура (FTS), «веерная» структура (BC) и плавающих кристаллов структуры (ПКС) у плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии.

**В третьей главе** представлены результаты исследований, касающиеся влияния технологических параметров процесса литья плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии на качество продукции. На основе

обобщения экспериментального материала, полученного непосредственно в промышленных условиях, были определены области возникновения дефектов вида FTS, BC и ПКС в плоских слитках сплавов 1XXX серии в зависимости от химического состава (от соотношения концентраций содержания железа и кремния, примесей) и технологических параметров (скорости охлаждения во время кристаллизации слитков, уровня расплава в кристаллизаторе, температуры литья в литейном лотке и др.). Установлены основные причины возникновения дефектов вида FTS, BC и ПКС, которые хорошо согласуются с результатами других исследователей. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований влияния технологических параметров литья и кристаллизации были научно обоснованы рациональные температурно-скоростные режимы литья и кристаллизации плоских слитков сплавов 1XXX серии, гарантирующие отсутствие дефектов вида FTS, BC и ПКС, а также уровень заданных свойств.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования процесса модификации слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии. Показано, что основной модифицирующей лигатурой для алюминиевых сплавов являются лигатуры на основе системы Al-Ti-B, которые в России до настоящего времени не производятся, а основными производителями являются голландская фирма KBM Affilips, немецкие, китайские, индийские и южнокорейские компании. Для исследования влияния на эффективность модификации лигатур различного состава (AlTi5B1, AlTi3B1, AlTi5B0,2) и различных производителей (KBM Affilips и HOESCH), а также мест ввода лигатурного прутка были проведены опытные плавки сплавов 1050 и 1200 в литейном отделении алюминиевого завода. Отливка слитков осуществлялась на литейном агрегате в кристаллизатор Epsilon. Эффективность модификации анализировали по методике Alcan-Test при сопоставлении макро- и микроструктур, а механических свойств и технологичности - при прокатке отобранных образцов. Установлено, что наиболее сильное модифицирующее действие оказывает лигатура AlTi5B1 производства KBM Affilips, которая препятствует образованию таких дефектов структуры, как BC. При этом с увеличением количества данного модификатора до 2 кг/т повышаются пластические свойства слитков.

Положительным моментом является выполненное автором компьютерное моделирование распределения интерметаллидов, при модификации лигатурами различного состава (AlTi5B1, AlTi3B1, AlTi5B0,2) алюминиевого сплава 1XXX серии.

**В пятой главе** представлены новые технические и технологические решения в области производства плоских слитков из алюминиевых сплавов. В результате анализа проведенных теоретических и экспериментальных ис-

следований в настоящей работе был разработан технологический регламент по производству плоских слитков сплавов 1XXX серии для заводов ОК РУСАЛ, позволяющий исключить образование дефектов вида ПКС, ВС и FTS.

Автором разработана оригинальная установка для повышения точности при исследовании и анализе модифицирующей способности лигатур, которая использовалась во время проведения исследований в настоящей работе и зарекомендовала себя с положительной стороны.

**В заключении** представлены основные выводы и результаты работы.

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.

### **Научная новизна**

Работа содержит ряд новых научных результатов, наиболее значимыми из которых являются следующие:

- на основе обобщения экспериментального материала, полученного непосредственно в промышленных условиях, были установлены причины и закономерности возникновения дефектов вида FTS, ВС и ПКС плоских слитков сплавов 1XXX серии;
- показано комплексное влияние легирующих компонентов и примесей в составе алюминиевых сплавов 1XXX серии на качество слитков;
- подтверждено влияние теплофизических параметров плавки, литья и кристаллизации на образование дефектов макроструктуры плоских слитков сплавов 1XXX серии.

### **Практическая значимость**

К наиболее значимым практическим результатам диссертационного исследования следует отнести следующие:

- технологический регламент по производству плоских слитков 1XXX серии для предприятий ОК РУСАЛ, позволяющий исключить образование дефектов вида FTS, ВС и ПКС;
- компьютерная модель процесса плавления лигатурного прутка AlTi5B1 в системе литейных желобов и распределения интерметаллидов при модифицировании алюминиевого сплава 1XXX серии на литейной машине, учитывающая конструктивные и технологические параметры процесса промышленного производства плоских слитков для фольгопрокатного производства;

– новых технические и технологические решения в виде устройства для производства лигатурного прутка и определения модифицирующей способности лигатур.

Практическая значимость диссертационной работы Фролова В.Ф. подтверждается тем, что результаты исследований внедрены в производство на предприятиях ОК РУСАЛ и в учебный процесс при подготовке магистров по направлению 22.04.02 «Металлургия» (магистерская программа 22.04.02.07 «Теория и технология литьевого производства цветных металлов и сплавов») и аспирантов по специальности 05.16.04 «Литейное производство».

Анализ содержания диссертации, опубликованных работ, в том числе работ, опубликованных в соавторстве, показал, что все научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации принадлежат диссертанту.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные в работе научные и практические результаты следует рекомендовать к использованию на предприятиях алюминиевой отрасли, в том числе на ОК РУСАЛ, при производстве плоских слитков из алюминиевых сплава 1XXX серии.

Разработанный в работе комплекс теоретических, технических и технологических решений необходимо использовать при подготовке магистров по направлению 22.04.02 «Металлургия», в том числе по магистерской программе 22.04.02.07 «Теория и технология литьевого производства цветных металлов и сплавов», и аспирантов по специальности 05.16.04 «Литейное производство».

#### **Оценка содержания диссертации**

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Анализ содержания диссертационной работы убеждает в ее завершенности. Содержание диссертации изложено грамотно, в логической последовательности, а принятая терминология и стиль изложения соответствует общепринятым нормам. Диссертационная работа соответствует специальности 05.16.04 - Литейное производство.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения.

#### **Подтверждение основных результатов диссертации в научной печати**

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на VI и VII Международных конгрессах «Цветные металлы и минералы»

(Красноярск, 2014-2015 гг.). Основные результаты диссертации опубликованы в 9 научных работах, в том числе 2 работы, опубликованы в рецензируемых изданиях, 2 патента РФ.

### **Замечания по диссертационной работе**

Диссертация выполнена на достаточно высоком научно-методическом уровне. Вместе с тем, по диссертационной работе Фролова В.Ф. имеются следующие замечания:

1. В рамках научной новизны были установлены закономерности появления дефектов вида FTS, BC и ПКС плоских слитков сплавов 1XXX серии, подтвержденные металлографическими исследованиями. Эти закономерности и выносятся на защиту, а не механизмы образования дефектов, как указано.

2. Компьютерное моделирование распределения интерметаллидов при модифицировании лигатурами различного состава алюминиевых сплавов 1XXX серии выполнено без привязки к распределению температуры по оси металлотракта. Однако, учет данного параметра позволил бы получить дополнительную информацию, в том числе для управления этим процессом.

Указанные замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертационной работы, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, вынесенных соискателем на защиту.

### **Заключение**

Диссертационная работа Фролова Виктора Федоровича содержит решение актуальной научно-технической задачи в области литейного производства, связанной разработка новой технологии литья плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXX серии для фольгопрокатного производства, обеспечивающей повышения качества продукции.

По работе в целом можно сделать следующие выводы:

– диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.16.04 «Литейное производство»; содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и в необходимом объеме отражает ее основные результаты и выводы; результаты работы достаточно полно освещены в научной печати;

– научная ценность работы определяется новизной полученных результатов, связанных с установлением причины и закономерностей возникновения дефектов вида FTS, BC и ПКС структуры плоских слитков сплавов 1XXX серии;

– практическая значимость работы определяется разработкой и внедрением в производство научно-обоснованного технологического регламента

по производству плоских слитков 1XXXX серии для предприятий ОК РУСАЛ, позволяющий исключить образование дефектов в виде FTS, BC и ПКС.

Таким образом, диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки комплекса новых технических и технологических решений, обеспечивающих повышение качества плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXXX серии для фольгопрокатного производства. Работа является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной, обоснованы на современном научном уровне, описывают законченный этап исследований. Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается использованием современных методик исследования, применением статистической обработки и опробованием в условиях действующего производства.

Все перечисленное дает основания считать, что представленная диссертационная работа Фролова В.Ф., несмотря на отдельные замечания непринципиального характера, соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 21.04.2016 г.). Автор диссертации, Фролов Виктор Федорович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 - Литейное производство.

Отзыв на кандидатскую диссертацию Фролова Виктора Федоровича «Исследование и разработка новой технологии производства плоских слитков из алюминиевых сплавов 1XXXX серии для фольгопрокатного производства» подготовил профессор, д.т.н. Михеев Владимир Александрович.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры обработки металлов давлением федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет) (протокол №1 от 30.08.2016 г.), на котором присутствовало 27 преподавателей, проголосовавших единогласно за утверждение данного отзыва.

**Заведующий кафедрой  
обработки металлов давлением,  
член-корреспондент РАН,  
доктор технических наук, профессор**

**Гречников Федор Васильевич**

**3 октября 2016 г.**

телефон (846) 334-09-04  
Электронная почта: gretch@ssau.ru