

[www.rudmet.ru](http://www.rudmet.ru)

ISSN 0372-2929

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1926 г.  
(№ 913)

1. 2019





## Уважаемые читатели и коллеги!

Поздравляю Вас с наступившим Новым годом! Пусть 2019 г. станет для Вас, Ваших родных и близких, друзей и товарищей, детей, внуков и правнуков годом радости и исполнения желаний, годом творческих и трудовых успехов. Здоровья Вам и удачи!

Продолжая рубрику колонки главного редактора, хотелось бы отметить следующее:

- хороший и качественный уровень статей, публикуемых авторами на страницах журнала, позволяет ожидать дальнейшего улучшения показателей и критериев журнала, характеризующих его российский и международный уровень;
- в журнале закрепилась традиция периодических публикаций ряда представленных ранее на страницах журнала ключевых статей ведущих ученых нашей страны по актуальным до настоящего времени вопросам;
- в прошедшем году был проведен эксперимент с цветными вкладками, позволяющими кратко, красиво и доступно представить работу компаний во взаимосвязи с производством, экономикой и решением социальных вопросов;
- журнал продолжает поддерживать работу российских ученых в рамках государственных грантов по развитию отечественной науки и совершенствованию производства.

В наступившем году мы вместе с Вами хотели бы продолжить эксперимент, начатый в 2016 г., — выпуск видеоприложений к печатным статьям. Это заочно познакомит читателей журнала с авторами, сделает материал более наглядным и доступным для восприятия. При подготовке таких материалов авторы приобретают навыки и опыт лекторского искусства, возможность взглянуть на себя со стороны при изложении сложных технических материалов по итогам своей работы. Думаем, что такой опыт был бы очень полезен молодым ученым и аспирантам, инженерам и специалистам.

Редакция пока не сформировала технические требования к видеороликам, однако мы считаем, что их длительность не может превышать 15 мин и они обязательно должны содержать название статьи и представление авторов. Видеопрезентация не обязательно должна буквально цитировать статью, но выводы и обобщения должны полностью совпадать с текстом. Для примера можно посмотреть приложение к статье, опубликованной в № 3 журнала «Цветные металлы» за 2016 г., с. 23–30 (<http://rudmet.ru/journal/1505/article/25877/>).

Как главный редактор отмечу еще одну тему. В течение года мы неоднократно сталкивались с проблемой подачи на публикацию хороших и интересных статей, но не соответствующих редакционной политике журнала в вопросах дублирования информации. Если материал статьи был опубликован ранее в любом источнике: журнале, патенте, газете и т. д., то он не может быть опубликован в журнале «Цветные металлы». Кроме того, нередко наблюдались случаи, когда состав авторов изменялся, а материал, используемый в статье, предоставляется без ссылок на работу предыдущих авторов. Поэтому обращаюсь с просьбой к аспирантам и молодым ученым, а также их руководителям. Если Вы в итоге планируете разместить свою статью на страницах нашего журнала, то присылайте ее сразу в редакцию журнала. Это позволит избежать недопониманий и конфликтных ситуаций.

Редакция надеется на дальнейшее плодотворное сотрудничество с авторами и постарается сохранить интерес читателей к публикуемым материалам.

Приятного чтения!

С уважением,  
Ю. А. Король

*Редакция журнала «Цветные металлы» от всей души поздравляет Юрия Александровича Короля с успешной защитой кандидатской диссертации, желает ему не останавливаться на достигнутых успехах, четко видеть пути дальнейшего совершенствования и следовать им. Желаем вдохновения и новых идей, успехов в реализации творческих замыслов!*

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписные индексы: 71060 (Роспечать)  
83869 (ОК «Пресса России»)

1 (913) • 2019  
январь

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1926 г.

Официальный информационный орган Федерального УМО «Технологии материалов»

## УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

АО «Издательский дом «Руда и Металлы», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

**Журнал выпускается при участии:** ПАО «ГМК «Норильский никель», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», ФГБУК «Государственный Эрмитаж»;

**при содействии:** ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Научно-технического союза по горному делу, геологии и металлургии (Республика Болгария)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор **Ю. А. Король**

Первый зам. главного редактора **А. В. Сысоев**

Зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**

**З. С. Абишева, Р. Х. Акчурин, М. В. Астахов** (редактор раздела «Наноструктурированные металлы и материалы»), **В. Ю. Бажин, Н. А. Белов** (редактор раздела «Металлообработка»), **В. А. Бочаров** (редактор раздела «Обогащение»), **Г. Ю. Боярко, В. Н. Бричкин, В. А. Брюквин, Г. М. Вольдман** (редактор раздела «Редкие металлы, полупроводники»), **Н. В. Воробьев-Десятовский, В. В. Геневски, Л. А. Глазунов, Ю. Ф. Гнедин, В. А. Дмитриев, А. М. Дриц, А. В. Зиновьев, В. А. Игнаткина, М. Г. Исаенкова, В. С. Кальченко, С. С. Киров, Б. Г. Киселёв, П. А. Козлов, С. И. Корнеев, Б. А. Котляр** (редактор раздела «Экономика и управление производством»), **Ю. А. Котляр, В. А. Крюковский** (редактор раздела «Легкие металлы, углеродные материалы»), **Ф. Д. Ларичкин, А. Б. Лебедь, Е. А. Левашов** (редактор раздела «Композиционные материалы и многофункциональные покрытия»), **Ю. В. Левинский, Г. С. Макаров, Н. Е. Мальцев** (редактор раздела «Автоматизация»), **Ю. Н. Мансуров, М. А. Меретуков, А. М. Мицик, В. И. Москвитин, С. С. Набойченко, А. И. Николаев, В. В. Пронников, А. М. Птицын, В. К. Румянцев, А. Г. Рыжов, Ф. М. Сафин, Е. Н. Селиванов, Л. С. Стрижко, А. В. Сулицин, А. В. Тарасов, А. Н. Фёдоров, Л. Ш. Цемехман, Л. Б. Цымбулов** (редактор раздела «Тяжелые цветные металлы»), **И. И. Чернов, М. Р. Шапировский, Н. В. Шаркина** (редакционный координатор), **В. И. Щёголев**.

Зарубежные члены редколлегии: **Ж. Баатархуу** (Монголия), **В. В. Геневски** (Болгария), **Д. Дрейсингер** (Канада), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуутила** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

## РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**; редакционный координатор **Н. В. Шаркина**;

выпускающий редактор **А. Ю. Слепцова**; редактор **Е. Ю. Рахманова**;

корректор **Ю. И. Королёва**;

ответственные за предпечатную подготовку издания **О. Ю. Жукова**.

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»  
Адрес издателя: 119049, Москва, а/я № 71

Адрес редакции: Москва, Ленинский просп., д. 6,  
стр. 2, НИТУ «МИСиС», комн. 624  
Почтовый адрес: 119049, Москва, а/я № 71  
Тел./факс: (495) 955-01-75; моб.: 8-926-504-89-75  
Эл. почта: tsvetmet@rudmet.ru; интернет: www.rudmet.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе  
по надзору в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)  
(Свидетельство ПИ № ФС77-69818 от 29.05.2017 г.).  
Товарный знак и название «Цветные металлы»  
являются исключительной собственностью  
Издательского дома «Руда и Металлы».

Материалы, отмеченные «Реклама», публикуются  
на правах рекламы.

За достоверность рекламной информации  
ответственность несет рекламодатель.

Все публикуемые материалы научно-технического  
характера проходят обязательную стадию рецензи-  
рования.

За достоверность научно-технической информации  
ответственность несет автор.

За сроки размещения опубликованных статей  
в базе данных Scopus редакция ответственности  
не несет.

Перепечатка, все виды копирования  
и воспроизведение материалов, публикуемых  
в журнале, возможна только с письменного  
разрешения редакции.

При перепечатке ссылка на журнал «Цветные  
металлы» обязательна.

Отпечатано в типографии «Канцлер»  
Адрес типографии: 150044, Россия, Ярославль,  
ул. Полушкина роща, д. 16, стр. 66А,  
тел.: 8(4852)58-76-33

Подписано в печать с оригинал-макета 30.01.2019.  
Формат 60x90 1/8. Печ. л. 11. Бумага офсетная.  
Печать офсетная.  
Тираж 1500 экз. Цена свободная.  
Дата выхода из печати 06.02.2019.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

# Содержание

---

## Экономика и управление производством

<i>Международный обзор рынка цветных металлов</i> .....	4
---	---

## Обогащение

Черноусенко Е. В., Митрофанова Г. В., Каменева Ю. С., Вишнякова И. Н. Оценка действия комплексобразующих реагентов при флотации медно-никелевых руд .....	7
---	---

## Тяжелые цветные металлы

Шахалов А. А., Оспанов Е. А., Набойченко С. С., Фоменко И. В. Особенности автоклавного выщелачивания некондиционных сульфидных медно-цинковых концентратов .....	13
Федоров А. Н., Досмухамедов Н. К., Жолдасбай Е. Е. Особенности формирования жидких фаз и вязкость шлаковой системы $Cu_2O - FeO_x - SiO_2 - CaO - Al_2O_3$ , насыщенной оксидом меди .....	19

## Легкие металлы, углеродные материалы

Поляков П. В., Шарыпов Н. А., Осипова В. А., Пьяных А. А. Математическое моделирование распределения тока при наличии нарушений на подошве анода алюминиевого электролизера .....	25
---	----

## Редкие металлы, полупроводники

Мельчакова О. В., Печищева Н. В., Коробицына А. Д. Механоактивированный рутил и его сорбционные свойства по отношению к галлию и германию .....	32
---	----

## Композиционные материалы и многофункциональные покрытия

Курбаткина Е. И., Косолапов Д. В., Гололобов А. В., Шавнев А. А. Исследование структуры и свойств металлического композиционного материала системы $Al - Zn - Mg - Cu/SiC$ .....	40
Сокорев А. А., Мишуров С. С., Наумова Е. А., Долбачев А. П. Исследования возможности использования промышленных отходов для производства огнеупорных материалов .....	45
Вольдман Г. М. Общий подход к описанию свойств твердых частиц, определяемых поверхностной энергией .....	51

## Металлообработка

Дедяева Е. В., Падалко А. Г., Таланова Г. В. Баротермическая обработка, структура и свойства заэвтектического двойного сплава $20Si - Al$ .....	58
Наумова Е. А., Петров М. А., Степанов Б. А., Васильева Е. С. Штамповка с кручением заготовки из $Al - Ca$ -сплава с высоким содержанием интерметаллида $Al_4Ca$ .....	66
Илларионов И. Е., Гильманшина Т. Р., Богданова Т. А., Косович А. А. Газотворность покрытий пресс-форм для литья дисков автомобильных колес с металлической форме под низким давлением .....	72
Евсеев А. В., Парамонова М. С., Преис В. В., Лобанов А. В. Экспериментальная проверка математической модели детерминированного формирования смеси для алмазного инструмента .....	78

## Наши юбиляры

ЛЕБЕДЕВУ Владимиру Александровичу — 80 лет .....	31
ШУБСКОМУ Алексею Григорьевичу — 60 лет .....	87
БЕЛОВУ Владимиру Дмитриевичу — 70 лет .....	88
АРИСТОВУ Игорю Сергеевичу — 80 лет .....	3-я с. обл.

## Хроника

<b>КУЧЕРСКИЙ Николай Иванович</b> .....	12
---	----

---

*Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартал, 2017), а также Chemical Abstracts Service*

---

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ (2017) без самоцитирования ..... **0,360**

---

*Журнал по решению ВАК Минобразования РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по разработке месторождений твердых полезных ископаемых, по металлургии, по экономике, по химии.*

---

*Статьи всех авторов, в том числе аспирантов, публикуются в порядке общей очереди бесплатно (за исключением статей рекламного характера).*

---

# Газотворность покрытий для литья дисков автомобильных колес в металлической форме под низким давлением

УДК 621.74.04

**И. Е. Илларионов**, заведующий кафедрой «Материаловедение и металлургические процессы»<sup>1</sup>  
**Т. Р. Гильманшина**, доцент кафедры литейного производства<sup>2</sup>, эл. почта: gtr1977@mail.ru  
**Т. А. Богданова**, начальник металлургического отдела<sup>3</sup>  
**А. А. Косович**, ассистент кафедры литейного производства<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова», Чебоксары, Россия.

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия.

<sup>3</sup> ООО «КиК», Красноярск, Россия.

Легкосплавные диски автомобильных колес обладают сложным профилем сечения, что предполагает наличие в них тепловых узлов, являющихся потенциальными зонами появления газовой пористости, одной из причин возникновения которой является газотворность разделительных покрытий. Представлена сравнительная оценка влияния газотворности разделительных покрытий на качество колес, изготавливаемых методом литья под низким давлением. Газотворность исследуемых покрытий оценена путем измерения оптической плотности газов, выделяющихся при температуре контакта расплава с окрашенной формой, на термоанализаторе TA Instruments SDT Q600, совмещенном с ИК-Фурье-спектрометром. В ходе исследований выявлена кинетика газовыделения теплопроводящих и теплоизолирующих покрытий при нагреве. Полученные результаты измерений оптической плотности газов показали, что слой теплопроводящего покрытия КРТ110, разработанного на кафедре литейного производства ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», при температуре контакта с расплавом обладает меньшей газотворностью, чем зарубежный аналог D1. Уменьшение количества выделяемых газов в 2 раза позволяет на 20 % снизить количество газовых дефектов колес при литье под низким давлением. При тех же температурных условиях (690–720 °С) разработанный теплоизолирующий состав Ж160 демонстрирует на 25 % меньшую газотворность, чем покрытие D2. Дальнейшая корректировка состава будет подразумевать большее снижение газотворности при сохранении теплоизолирующих свойств. Таким образом, при устранении газовых дефектов отливок, возникающих при литье под низким давлением, одним из эффективных и экономически оправданных решений является использование разделительных покрытий, обладающих малой газотворностью.

**Ключевые слова:** литье под низким давлением, литые диски, газотворность, газовые дефекты, разделительное покрытие, металлическая форма, термоанализатор.

**DOI:** 10.17580/tsm.2019.01.11

## Введение

Процесс литья под давлением имеет более чем вековую историю. Его возникновение относится к концу XIX в., и первоначально его применяли в основном для цинковых сплавов, однако уже к 1915 г. выпускалось значительное количество изделий из алюминия, являющегося наиболее востребованным в промышленности цветным металлом. Возможность регулирования давления на металл позволила сформировать принципы литья под низким давлением (ЛНД), которое выделилось в самостоятельное направление и имеет большое значение в промышленности [1–3].

Принцип процесса ЛНД заключается в принудительном заполнении рабочей полости металлической формы расплавом и последующем формиро-

вании отливки под действием избыточного давления [4].

Наибольшим спросом среди выпускаемых данным способом отливок пользуются автомобильные колеса. В настоящее время в мире представлено более 200 производителей колес, 82 % которых выпускают литые диски, 13 % — сборные (отдельные элементы диска выполнены различными способами), 5 % — кованные и раскатные. При этом одним из ведущих в мире и крупнейшим в России является предприятие ООО «КиК» (Красноярск) с годовым объемом выпуска более 2 млн ед. [5, 6].

Легкосплавные диски автомобильных колес обладают сложным профилем сечения, что предполагает наличие в них тепловых узлов, которые могут служить потенциальными зонами появления дефектов газового характера [3, 6–8].

Газовые дефекты (пористость) формируются на поверхности отливки и в ее подповерхностном слое. Последнее, как правило, обнаруживается только после проведения механической обработки. Возникновение газовой пористости является результатом газонасыщения расплава в процессе его приготовления и транспортировки, заполнения металлической формы, в ходе кристаллизации отливки при неправильной или недостаточной вентиляции формы, а также продуктами распада покрытия металлической формы. При этом преобладающее влияние конструкции на возникновение дефектов при заполнении расплавом полости металлической формы будет оказывать система вентиляционных каналов и газотворность покрытия, нанесенного на формообразующую поверхность [9–11].

Анализ литературных источников показал, что современные исследования направлены на разработку новых сплавов для литья под низким давлением, совершенствование технологии их изготовления и оборудования, применяемого для данного способа литья [7–9, 11–15]. При этом мало внимания уделяют разделительным покрытиям и их влиянию на качество поверхности литых дисков.

Разделительные покрытия обычно состоят из основы, растворителя (разбавителя), поверхностно-активных веществ и различных специальных присадок. В качестве основы используются различные огнеупорные материалы. После нанесения покрытия растворитель испаряется, а на поверхности формы остается тонкая экранирующая пленка [16, 17].

Одной из характеристик таких покрытий является их газотворная способность, высокий уровень которой нежелателен, так как выделяющиеся газы могут препятствовать заполнению формы и вызывать в отливках газовые раковины. Однако при определенном соотношении скорости заливки и выделения газов из компонентов покрытия, а также рационально организованной системе вентиляции формы дефекты подобного рода в отливках не образуются. В таких случаях повышенная газотворная способность может относиться к числу положительных свойств покрытий, так как образующаяся газовая прослойка будет улучшать качество поверхности отливки и предохранять металлическую форму от износа [18].

В настоящее время в литературе приведено достаточно большое количество составов покрытий для металлических форм [15, 19]. При этом отсутствуют сведения о газотворности покрытий, которая определяется в основном газотворностью наполнителя, связующим и способами их подготовки [20–24].

Целью данной работы является сравнительная оценка влияния газотворности разделительных покрытий на качество литых дисков, изготавливаемых методом литья под низким давлением.

## Материалы и методика эксперимента

Для исследований выбраны разработанные на кафедре литейного производства ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» разделительные покрытия (КПТ110, Ж160), серийно применяемые на производстве ООО «КиК» (D1, D2), составы которых приведены в работе [1]. Покрытия КПТ110 и D1 теплопроводящие и предназначены для уменьшения интенсивности теплового воздействия отливки на металлическую форму, а также для регулирования скорости охлаждения различных частей отливки с целью создания направленного затвердевания [25]. Покрытия Ж160 и D2 теплоизолирующие, основным назначением их является защита металлической формы от теплового воздействия жидкого металла [15].

Для исследований выбран сплав АК12. Диски автомобильных колес изготовили на автоматизированных литейных машинах компании GIMA; температура металла — 710 °С; время кристаллизации отливки — 150±5 с. Разделительные покрытия наносили с расстояния 20–30 см на поверхность металлической формы, подогретой до 180–200 °С. При этом давление воздуха в линии подачи распылителя должно составлять 0,4–0,5 МПа.

Газотворность покрытий определяли при помощи термоанализатора TA Instruments SDT Q600, совмещенного с ИК-Фурье спектрометром и газовой кюветой. Данный прибор позволяет регистрировать изменения массы образца и процессы, сопровождающиеся выделением или поглощением тепла в диапазоне температур от комнатной до 1500 °С. При этом одновременно реализуются три метода термического анализа материалов: термогравиметрический, дифференциальный термический (ДТА) и дифференциальная сканирующая калориметрия [26].

Наиболее полную информацию об исследуемом образце можно получить, если одновременно с использованием методов термического анализа исследовать выделяющиеся газы путем определения их оптической плотности [27].

Оптическая плотность — это мера ослабления света прозрачными объектами; выражается логарифмом величины, обратной коэффициенту пропускания. Оптическая плотность позволяет оценить количество и состав газа, поступающего в кювету установки в процессе термического разложения покрытия. Чем меньше данная величина и чем медленнее происходит выделение газов во времени при заданной температуре, тем ниже вероятность образования газовых дефектов по вине покрытия [1].

## Результаты и их обсуждение

Результаты исследований приведены на рис. 1 и 2, из которых видно, что при нагреве образцов в различ-

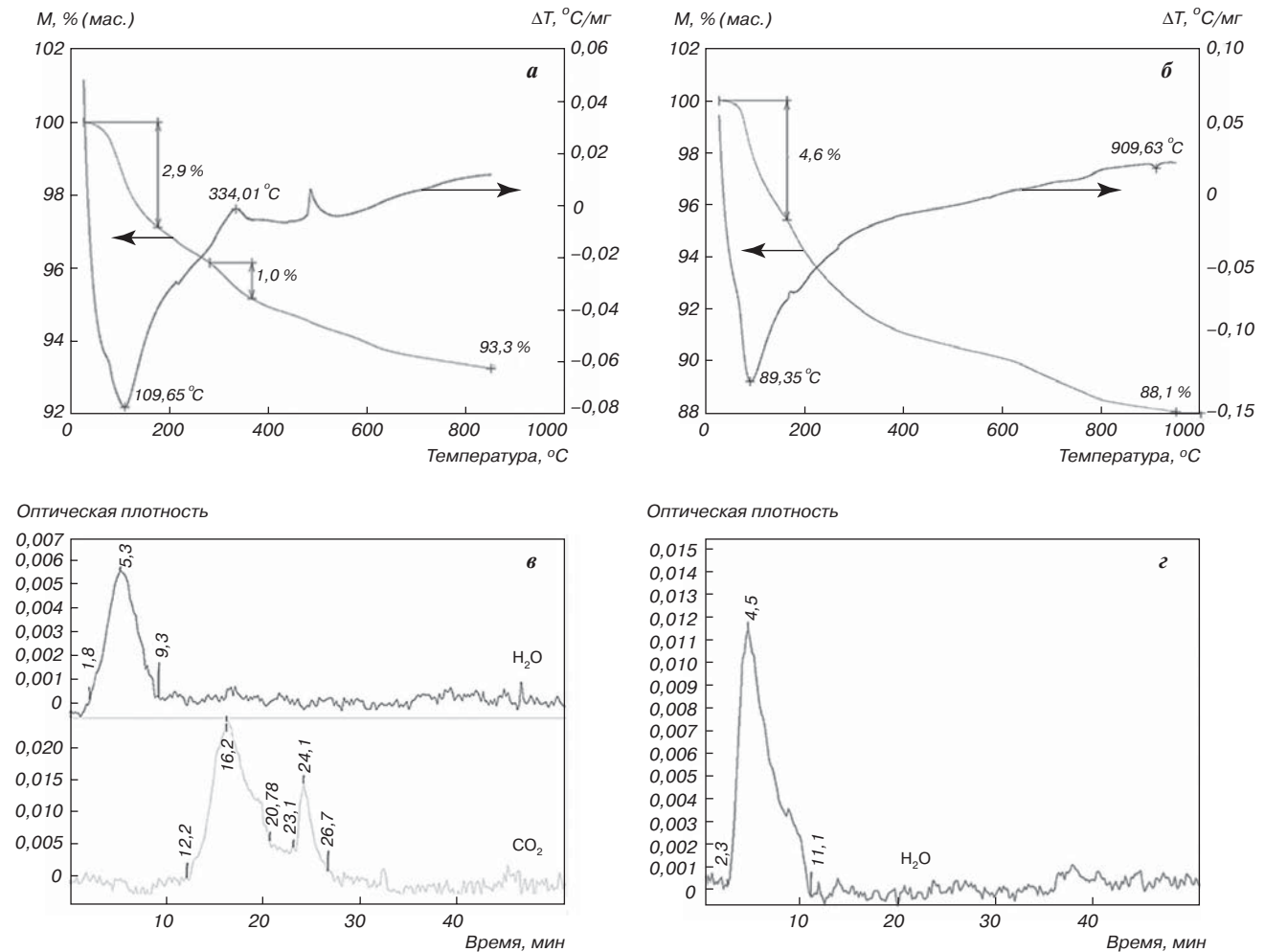


Рис. 1. Результаты ДТА (а, б) и оптическая плотность (в, г) теплопроводящих покрытий D1 (а, в) и КРТ110 (б, г)

ных интервалах температур происходит выделение  $H_2O$  и  $CO_2$ .

В производственных условиях литья под низким давлением разделительные покрытия наносятся распылением на уже разогретую поверхность металлической формы (около 180 °C), что приводит к быстрому испарению воды, а дальнейший прогрев до 400 °C — к упрочнению нанесенного слоя покрытий. Расплав заливается в форму при температуре 710 °C.

Как видно на рис. 1, при температуре заливки сплава в форму из покрытий D1 и КРТ110 интенсивного газовыделения не происходит. Однако в период сушки покрытия и его прогрева, т. е. в интервале температур от 200 до 650 °C, из покрытия D1 интенсивно выделяется оксид углерода  $CO_2$ , а из разработанного покрытия КРТ110 выделения  $CO_2$  не происходит.

Из покрытий D2 и Ж160 выделяются как пары воды, так и диоксид углерода. Выделение воды происходит в момент нанесения покрытия на металлическую форму. Выделение  $CO_2$  из покрытий происходит в интервале температур от 650 до 750 °C, из покрытия Ж160 — в интервале от 700 до 950 °C.

Значения оптической плотности газов в интервале 690–720 °C показаны на рис. 3.

Относительно большая оптическая плотность газов, выделяющихся из теплоизолирующих покрытий, по сравнению с теплопроводящими связана с их химическим составом и количеством связующего. Такая газотворность вместе с высокой шероховатостью (в 4 раза большей, чем у теплопроводящих покрытий) позволяет создавать тончайшую газовую прослойку у поверхности нанесенного слоя, которая будет дополнительно снижать теплопроводность, что положительно влияет на изолирующую способность разделительного слоя покрытия.

Тем не менее нарушение режимов литья и неисправности системы вентиляции формы могут привести к внедрению пузырьков газа в поверхность кристаллизующейся отливки или проникновению в ее подповерхностный слой. Это свидетельствует о том, что повышение теплоизоляционных характеристик покрытий за счет увеличения газотворности нежелательно, так как это повысит риск возникновения газовых дефектов.

Дальнейшее сравнение зарубежных и разрабатываемых покрытий, а также оценку их влияния на

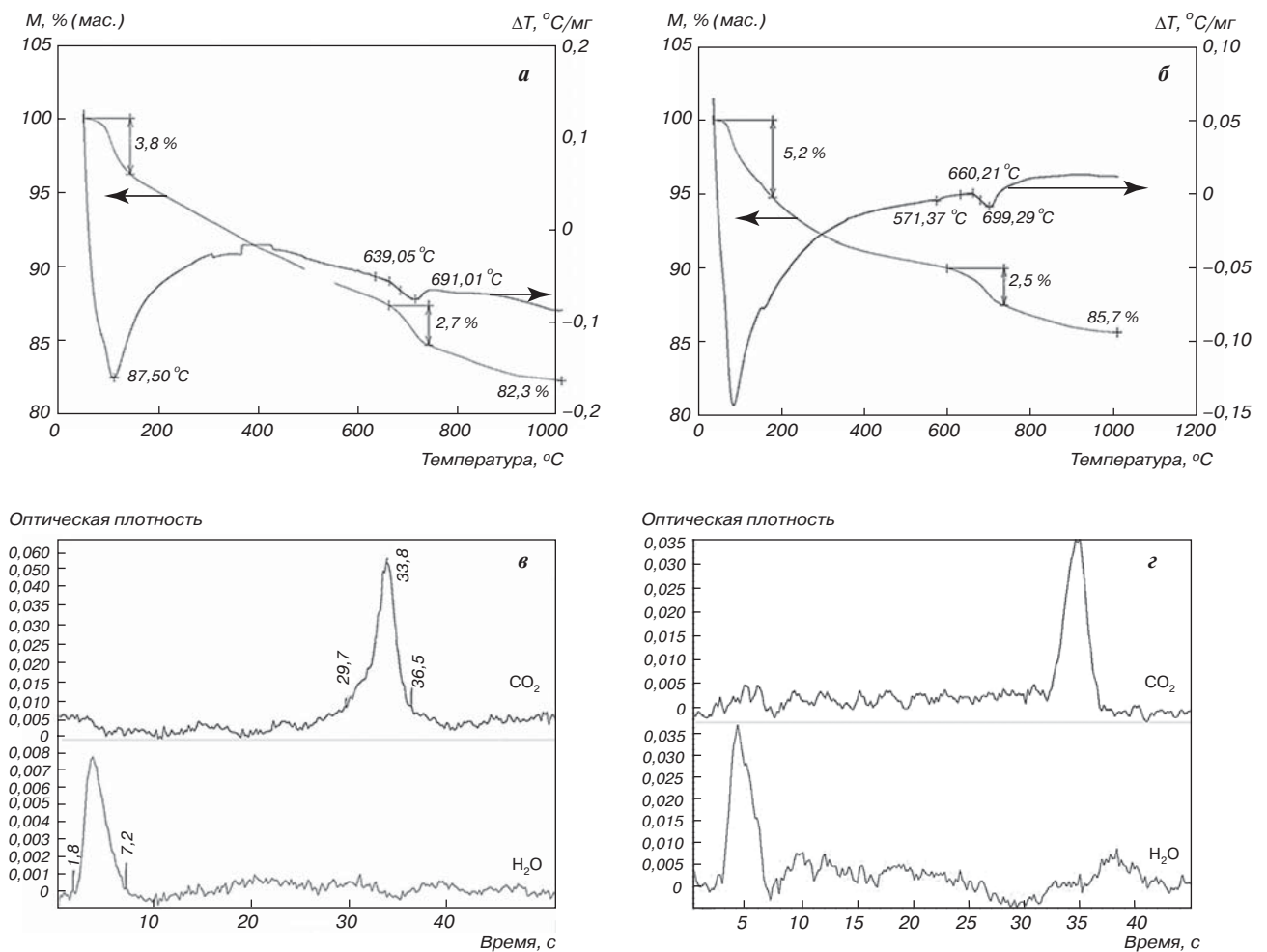


Рис. 2. Результат ДТА (а, б) и оптическая плотность (в, г) теплопроводящих покрытий D2 (а, в) и Ж160 (б, г)

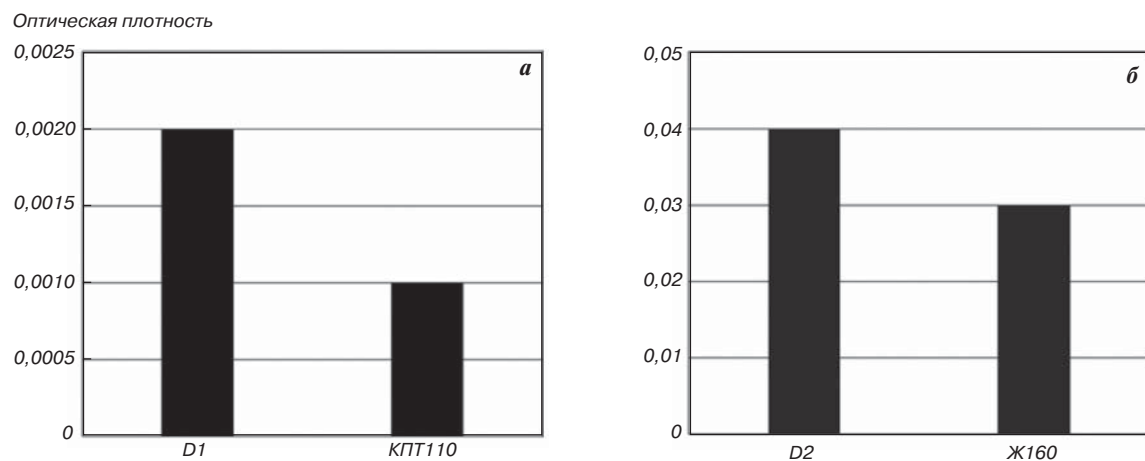


Рис. 3. Газотворность теплопроводящих (а) и теплоизолирующих (б) покрытий в интервале температур 690–720 °С

качество литых колес проводили на производстве ООО «КиК». В настоящее время получены результаты промышленного опробования разработанного состава КПТ110, обладающего в два раза меньшей

газотворностью, чем серийно используемый импортный аналог. Брак по газовым дефектам для колес диаметром 16, 17 и 18 дюймов в среднем снизился на 20 %.



### Заключение

Полученные результаты измерений оптической плотности газов показывают, что слой разработанного теплопроводящего покрытия КПТ110 при температуре контакта с расплавом обладает меньшей газотворностью, чем зарубежный аналог D1. Уменьшение количества выделяемых газов в 2 раза позволяет на 20 % снизить количество газовых дефектов колес при литье под низким давлением.

При тех же температурных условиях (690–720 °С) разработанный теплоизолирующий состав Ж160 демонстрирует на 25 % меньшую газотворность, чем покрытие D2. Дальнейшая корректировка состава будет подразумевать большее снижение газотворности при сохранении теплоизолирующих свойств.

В борьбе с газовыми дефектами отливок, возникающими при литье под низким давлением, одним из эффективных и экономически оправданных решений является использование разделительных покрытий, обладающих малой газотворностью.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Косович А. А.** Повышение качества автомобильных колес из алюминиевых сплавов при литье под низким давлением путем применения новых разделительных покрытий : дис. ... канд. докт. наук / Сибирский федеральный университет. — Красноярск, 2017. — 117 с.
2. **Беккер М. Б., Заславский М. Л., Игнатенко Ю. Ф.** и др. Литье под давлением. 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1990. — 400 с.
3. **Vinarcik E. Jz.** High integrity die casting processes. — Hoboken : John Wiley & Sons Inc., 2002. — 256 p.
4. От литейщика для литейщика. Машины литья под низким давлением. Система РАЛ-Инфо. URL : <http://www.ruscastings.ru/files/file325.pdf>
5. **Путин В. А., Киряков А. Г.** Тенденции развития конструкций легкосплавных колес легковых автомобилей // Материалы 65-й междунар. науч.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров. 2009. Т. 5. С. 107–116.
6. Guide to Aluminium Casting Alloys by Aleris. — Grevenbroich : Aleris Recycling, 2011. — 102 p.
7. **Zhang B., Cockcroft S. L., Maijer D. M., Zhu J. D., Philion A. B.** Casting defects in low-pressure die-cast aluminum alloy wheels // JOM. 2005. Vol. 57, Iss. 11. P. 36–43.
8. **Падерин В. Н., Абдулгазис Д. У.** Особенности изготовления цельных автомобильных дисков из алюминиевых сплавов литьем под низким давлением в формы с гипсовыми вставками // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки. 2014. Вып. 43. С. 66–71.
9. **Guofa Mi, Xiangyu Liu, Kuangfei Wang, Hengzhi Fu.** Numerical simulation of low pressure die-casting aluminum wheel // China foundry. 2009. Vol. 6, № 1. P. 48–52.
10. **Brown J. R.** Foseco Non-Ferrous Foundrymans Handbook. — Oxford : Butterworth Heinemann, 1999. — 296 p.
11. **Лысенко Т. В., Крейцер К. А., Пархоменко Е. А.** Улучшение качества отливок из магниевых сплавов при литье под низким давлением // Материалы XI Международной научно-практической конференции (26–28 мая 2015 г., г. Запорожье) / под общ. ред. О. И. Пономаренко. — Запорожье, ЗТПП, 2015. — 450 с.
12. **Illarionov I. E., Bogdanova T. A., Gil'manshina T. R., Merkulova G. A., Bogdanov A. Y.** Technology for Modifying Aluminum Alloys with Ultrafine Silicon // Metallurgist. 2018. Vol. 62, Iss. 5–6. P. 476–481.
13. **Третьяк С. П.** Разработка и практическое опробование метода расчета температурного режима пресс-форм литья под давлением с целью обеспечения заданного качества поверхности отливок : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Москва, 1994. — 15 с.
14. **Prstic A., Acimovic-Pavlovic Z., Andric L., Stojanovic J.** Zircon-based coating for the applications in lost foam casting process // Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly. 2012. Vol. 18, Iss. 4. P. 587–593.
15. **Borouni M., Niroumand B., Fathi M. H.** Effect of a nano-ceramic mold coating on the fluidity length of thin-wall castings in Al4-1 alloy gravity sand casting // Materials and Technology. 2014. Vol. 48, Iss. 4. P. 473–477.
16. **Hamasaid A., Dargusch M. S., Davidson C. J., Tovar S., Loulou T., Rezai-Aria F., Dour G.** Effect of mold coating materials and thickness on heat transfer in permanent mold casting of aluminum alloy // Metallurgical and Materials Transactions: A. 2007. Vol. 38, Iss. 6. P. 1303–1316.
17. **Илларионов И. Е., Стрельников И. А.** Противопригарные покрытия для литейных форм и стержней // Литейщик России. 2016. № 4. С. 24–25.
18. **Сварика А. А.** Покрытия литейных форм. — М. : Машиностроение, 1977. — 216 с.
19. **Ефимов В. А., Анисович Г. А., Бабич В. Н.** и др. Специальные способы литья. — М. : Машиностроение, 1991. — 436 с.
20. **Бабкин В. Г., Леонов В. В., Гильманшина Т. Р., Степанова Т. Н.** Фазовые превращения в графитовых покрытиях и их влияние на чистоту поверхности отливок // Черные металлы. 2017. № 10. С. 54–59.
21. **Гильманшина Т. Р., Королева Г. А., Баранов В. Н., Ковалева А. А.** Технология механотермохимического обогащения курейского графита // Обогащение руд. 2017. № 4. С. 7–11.
22. **Illarionov I. E., Gilmanshina T. R., Kovaleva A. A., Kovtun O. N., Bratukhina N. A.** Destruction mechanism of casting graphite in mechanical activation // CIS Iron and Steel Review. 2018. Vol. 15. P. 15–17.
23. Все о металле, его обработке и переработке. URL : <http://mitalolom.ru/stati/page/72/>.
24. **Михальцов А. М., Пивоварчик А. А., Субота А. А.** Газотворность разделительных покрытий для пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением // Литье и металлургия. 2010. № 4 (58). С. 85–88.
25. **Пат. 2604163 РФ, МПК В 22 С 3/00 (2006.01).** Разделительное покрытие для литейных пресс-форм / Косович А. А., Партыко Е. Г., Богданова Т. А., Барбицкий П. Ю., Лыткина С. И., Богданов А. Ю., Мельников С. В.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «СФУ». — № 2015120544/02; заявл. 29.05.2015; опубл. 10.12.2016, Бюл. № 34.
26. Совмещенный термоанализатор SDT Q600 фирмы TA Instruments (США). URL : <http://www.ruschembio.ru/Sovmewennyj-termoanalizator-SDT-Q600-firmy-TA-Instruments-USA/>
27. Анализ газов, образующихся при нагревании/разложении образца в термических анализаторах (ТГА, ДТА, ДСК) с использованием ИК фурье-спектрометра ФСМ с термостатированной газовой кюветой ТГА 100. URL : [http://granat-e.ru/fsm\\_tga-100.html](http://granat-e.ru/fsm_tga-100.html)

ЦМ

*Tsvetnye Metally*. 2019. No. 1. pp. 72–77  
DOI: 10.17580/tsm.2019.01.11

## GAS PRODUCTION ABILITY OF COATINGS USED IN LOW-PRESSURE CASTING OF CAR WHEELS

### Information about authors

I. E. Illarionov, Head of the Department of Materials Science and Metallurgical Processes<sup>1</sup>

T. R. Gilmanshina, Associate Professor at the Department of Casting<sup>2</sup>,  
e-mail: gtr1977@mail.ru

T. A. Bogdanova, Head of Metallurgy Department<sup>3</sup>

A. A. Kosovich, Assistant Lecturer at the Department of Casting<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia.

<sup>2</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

<sup>3</sup> KiK, Krasnoyarsk, Russia.

### Abstract

Light-alloy wheels have a complex cross-sectional profile. It means that they can have hot points which may potentially produce gas porosity. One of the factors that may cause gas porosity includes the gas production ability of parting coatings. This paper presents a comparative analysis of how the gas production ability of parting coatings may impact the quality of wheels produced by low-pressure casting. The gas production ability of the coatings in view was analysed by measuring the density of gases that occur at the temperature when the melt gets in contact with the coated mold. The analysis was performed in the TA Instruments SDT Q600 thermoanalyser integrated with a Fourier infrared spectrometer. The study helped understand the kinetics of gases produced by heat-conductive and heat-sealing coatings under rising temperature. The measured optical density indicate that, at the contact temperature, the layer of the KTP110 heat-conductive coating, which was developed by the Department of Casting of the Siberian Federal University, produces less gases than its foreign counterpart – D1. A double decrease in the amount of produced gases is associated with a 20 % reduction in gas defects in low-pressure cast wheels. Under the same temperature conditions, i.e. 690–720 °C, the developed heat-sealing coating Zh160 shows a 25% lower gas production ability compared with the D2 coating. Further compositional modification would imply further reduction in gas production with no impact on the heat-sealing properties. Consequently, the use of parting coatings with a low gas production ability provides one of the effective and feasible solutions that can help eliminate gas defects in low-pressure castings.

**Key words:** low-pressure casting, cast wheels, gas production ability, gas defects, parting coating, chill mold, thermoanalyser.

### References

- Kosovich A. A. Improved quality of aluminium alloy wheels which are low-pressure cast using new parting coatings : Doctoral dissertation. Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2017. 117 p.
- Bekker M. B., Zaslavsky M. L., Ignatenko Yu. F. et al. Pressure casting. 3rd revised edition. Moscow : Mashinostroenie, 1990. 400 p.
- Vinarcik E. J. High integrity die casting processes. Hoboken : John Wiley & Sons Inc., 2002. 256 p.
- From foundryman to foundryman. Low-pressure casting machines. RAL-Info system. Available at: <http://www.ruscastings.ru/files/file325.pdf>
- Putin V. A., Kiryakov A. G. Trends in the design of light-alloy car wheels. *Proceedings of the 65th international conference of the Association of Automotive Engineers*. 2009. Vol. 5. pp. 107–116.
- Guide to Aluminium Casting Alloys by Aleris. Grevenbroich : Aleris Recycling, 2011. 102 p.

- Zhang B., Cockcroft S. L., Maijer D. M., Zhu J. D., Phillion A. B. Casting defects in low-pressure die-cast aluminum alloy wheels. *JOM*. 2005. Vol. 57, Iss. 11. pp. 36–43.
- Paderin V. N., Abdulgaziz D. U. Manufacturing of solid car wheels by low-pressure casting of aluminium alloys into molds with gypsum elements. *Transactions of Crimean Engineering and Pedagogic University. Engineering Sciences*. 2014. Iss. 43. pp. 66–71.
- Guofa Mi, Xiangyu Liu, Kuangfei Wang, Hengzhi Fu. Numerical simulation of low pressure die-casting aluminum wheel. *China foundry*. 2009. Vol. 6, No. 1. pp. 48–52.
- Brown J. R. *Foseco Non-Ferrous Foundrymans Handbook*. Oxford : Butterworth Heinemann, 1999. 296 p.
- Lysenko T. V., Kreytser K. A., Parkhomenko E. A. Improved quality of low-pressure castings made of magnesium alloys. *Proceedings of the 11th International Conference (26–28 May 2015, Zaporozhie)*. Ed. by O. I. Ponomarenko. Zaporozhie : ZTPP, 2015. 450 p.
- Illarionov I. E., Bogdanova T. A., Gil'manshina T. R., Merkulova G. A., Bogdanov A. Y. Technology for Modifying Aluminum Alloys with Ultrafine Silicon. *Metallurgist*. 2018. Vol. 62, Iss. 5–6. pp. 476–481.
- Tretyak S. P. Development and testing of the method for calculating the temperature regimes of pressure casting moulds aimed at achieving the design surface quality : Extended abstract of PhD dissertation. Moscow, 1994. 15 p.
- Prstic A., Acimovic-Pavlovic Z., Andric L., Stojanovic J. Zircon-based coating for the applications in lost foam casting process. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 2012. Vol. 18, Iss. 4. pp. 587–593.
- Borouni M., Niroumand B., Fathi M. H. Effect of a nano-ceramic mold coating on the fluidity length of thin-wall castings in Al4-1 alloy gravity sand casting. *Materials and Technology*. 2014. Vol. 48, Iss. 4. pp. 473–477.
- Hamasaiid A., Dargusch M. S., Davidson C. J., Tovar S., Loulou T., Rezai-Aria F., Dour G. Effect of mold coating materials and thickness on heat transfer in permanent mold casting of aluminum alloy. *Metallurgical and Materials Transactions: A*. 2007. Vol. 38, Iss. 6. pp. 1303–1316.
- Illarionov I. E., Strelnikov I. A. Anti-penetration coatings for foundry molds and cores. *Liteyshchik Rossii*. 2016. No. 4. pp. 24–25.
- Svarika A. A. Mold coatings. Moscow : Mashinostroenie, 1977. 216 p.
- Efimov V. A., Anisovich G. A., Babich V. N. et al. Special casting techniques. Moscow : Mashinostroenie, 1991. 436 p.
- Babkin V. G., Leonov V. V., Gilmanshina T. R., Stepanova T. N. Phase transformations in graphite coatings and their effect on surface cleanness of castings. *Chernye Metally*. 2017. No. 10. pp. 54–59.
- Gilmanshina T. R., Koroleva G. A., Baranov V. N., Kovaleva A. A. The Kureyskoye deposit graphite mechano-thermochemical modification technology. *Obogashchenie Rud*. 2017. No. 4. pp. 7–11.
- Illarionov I. E., Gilmanshina T. R., Kovaleva A. A., Kovtun O. N., Bratukhina N. A. Destruction mechanism of casting graphite in mechanical activation. *CIS Iron and Steel Review*. 2018. Vol. 15. pp. 15–17.
- All about metal and its processing. Available at: <http://mitalolom.ru/stati/page/72/>
- Mikhaltsov A. M., Pivovarchik A. A., Subota A. A. Gas production ability of parting coatings used in pressure die casting of aluminium alloys. *Litiyo i Metallurgiya*. 2010. No. 4 (58). pp. 85–88.
- A. A. Kosovich, E. G. Partyko, T. A. Bogdanova, P. Yu. Barbitsky, S. I. Lytkina, A. Yu. Bogdanov, S. V. Melnikov. Parting coating for casting moulds. Patent RF, No. 2604163. Applied: 29.05.2015. Published: 10.12.2016. Bulletin No. 34.
- Integrated thermoanalyser SDT Q600 by TA Instruments (USA). Available at: <http://www.ruschembio.ru/Sovmewennyj-termoanalizator-SDT-Q600-firmy-TA-Instruments-USA/>
- Analysis of gases which occur during heating/decomposition of specimens in thermoanalysers (TGA, DTA, DSC) using a Fourier infrared spectrometer with TGA 100. Available at: [http://granat-e.ru/fsm\\_tga-100.html](http://granat-e.ru/fsm_tga-100.html)

# ORE & METALS WEEKLY

ГОРНОРУДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ · УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ · МЕТАЛЛУРГИЯ

ЕЖЕНЕДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ НОВОСТНОЕ ИЗДАНИЕ

Реклама

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА:  
<http://www.rudmet.ru/page/omw>

