

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный индустриальный университет

Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

15 – 16 ноября 2017 г.

Труды
XX Международной научно-практической конференции
Часть 1

Новокузнецк
2017

Редакционная коллегия

академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, д.т.н., профессор А.В. Феоктистов,
д.т.н., профессор Г.В. Галевский, д.ф.-м.н., профессор В.Е. Громов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., профессор Н.А. Козырев,
к.т.н., профессор С.Г. Коротков, к.т.н., доцент С.В. Фейлер

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XX Международной
научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 1 / под ред. Е.В. Протопопова;
Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 460 с., ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения, рециклинга и экологии в металлургии.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-20433.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

АО «Русал Новокузнецк»

АО «Кузнецкие ферросплавы»

ОАО «Черметинформация»

Издательство Сибирского отделения РАН

Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»

Журнал «Вестник СибГИУ»

Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»

ОАО «Кузбасский технопарк»

Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук

Совет молодых ученых Кузбасса

переход механических свойств от закаленного слоя к основному металлу.

2. Показано, что в поверхностном слое зоны упрочнения формируется дисперсная мартенситно-аустенитно-карбидная структура с переменным в зависимости от режима обработки содержанием составляющих, далее по глубине концентрация остаточного аустенита и мартенсита уменьшается, в структуре появляется троостит, который постепенно замещается сорбитом. Глубже располагается перлитно-цементитная структура сталей, не претерпевшая фазовых превращений в результате термического воздействия.

3. На основании результатов исследований установлены закономерности, позволяющие целенаправленно управлять структурным состоянием и технологическими свойствами зоны упрочнения исследованных сталей, добиваясь их оптимального соотношения для различных условий изнашивания.

Библиографический список

1. Балановский А. Е. Основные вопросы теории плазменного поверхностного упрочнения металлов (Обзор, часть первая) // Упрочняющие технологии и покрытия, 2015. №12. С 18 – 30.
2. Дьяченко С.С. Образование аустенита в железоуглеродистых сплавах. М.: Metallurgy, 1982. 128 с.
3. Christian J.W. The theory of transformations in metals and alloys. Oxford: Pergamon Press, 2002. 617 p.
4. D.V. Shtansky, K. Naka, Y. Onomori. Perlite to austenite transformation in an Fe – 2,6 Cr – 1 C alloy // Acta mater. Vol. 47. № 9. 1999. P. 2619 – 2632.

УДК 621.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

**Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И., Куценко А.А.,
Пономарева К.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, krookid@mail.ru*

Аннотация: При современном развитии информационных технологий стал реальным переход на цифровые и аддитивные технологии в литейном производстве, что особенно проявилось при литье по выплавляемым моделям в высокотехнологичных отраслях машиностроения, где характерным является мелкосерийное, иногда единичное производство, высокая сложность, точность и стоимость литья. Реструктуризация традиционных литейных технологий дала возможность сократить время и затраты на отработку технологий, литейной оснастки и, как следствие, повысить эффективность создания новой продукции в машиностроении.

Ключевые слова: литье, процесс, 3-D моделирование, технология, модель.

THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES, 3D MODELING SOFTWARE TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF INVESTMENT CASTING

**Knyazev S.V., Usoltsev A.A., Kutsenko A.I., Kutsenko A.A. Ponomareva, K.V.,
Sokolov B.M., Oznobihina N.V.**

*Sibirskij State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, krookid@mail.ru*

Abstract: In the modern development of information technology has become a real transition to digital technology and additive in foundry, which is especially evident when casting lost wax casting in high-tech industries engineering, where the characteristic is small, sometimes a single production, high complexity, accuracy and cost of casting. Restructuring traditional foundry technologies has enabled to reduce time and costs for the refinement of the technologies, foundry equipment and, consequently, improve the efficiency of creating new products in mechanical engineering.

Keywords: casting, process 3-D modeling, technology model

Для успешного освоения и запуска в производство новой литейной продукции решающее значение имеет технологическая подготовка производства и технико-технологические возможности опытного производства. Особенно это актуально для изготовления литых деталей при проектировании новой продукции в машиностроении, где присутствуют варианты исследования, частое изменение размеров и конфигурации литейных заготовок, и как следствие, изменение литейных технологий, материалов и оснастки. В литейном производстве методы изготовления литейной оснастки из дерева, металла и пластмасс базируются преимущественно на использовании разнообразного механообрабатывающего оборудования. При этом изготовление литейной оснастки затягивается по времени, дорого в исполнении и по используемым материалам, часто не используется в дальнейшем в связи изменениями конструкции изделия в ходе проектирования и отработки технологий.

При современном развитии информационных технологий стал реальным переход на цифровые и аддитивные технологии в литейном производстве, что особенно проявилось именно в высокотехнологичных отраслях машиностроения, где характерным является мелкосерийное, иногда единичное производство, высокая сложность, точность и стоимость литья. Именно здесь перестройка традиционных литейных технологий, применение современных методов получения литейных форм и моделей дало возможность сократить время и затраты на отработку технологий, литейной оснастки и, как следствие, повысить эффективность создания новой продукции в машиностроении.

Additive Fabrication (AF) или Additive Manufacturing (AM) - принятые в англоязычной технической лексике термины, обозначающие аддитивный, т. е. «добавлением», метод получения изделия (в противоположность традиционным методам механообработки путем «вычитания» материала из массива заготовки). Они употребляются наряду со словосочетанием Rapid Prototyping (или RP-технологии) - Быстрое Прототипирование. Можно сказать, что Rapid Prototyping в современном понимании является частью AF-технологий, «отвечающей» за собственно прототипирование методами послойного синтеза. AF- или AM- технологии охватывают все области синтеза изделий, будь то прототип, опытный образец или серийное изделие. Суть AF-технологий, как и RP-технологий, состоит в послойном построении, послойном синтезе изделий - моделей, форм, мастер-моделей и т.д. путем фиксации слоев модельного материала и их последовательного соединения между собой различными способами: спеканием, плавлением, склеиванием, полимеризацией - в зависимости от нюансов конкретной технологии. Идеология аддитивных технологий базируется на цифровых технологиях, в основе которых лежит цифровое описание изделия, его компьютерная модель или CAD-модель. При использовании AF-технологий все стадии реализации проекта от идеи до материализации находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD\CAM\CAE - системе. Практически это означает реальный переход к «бесбумажным» технологиям, когда для изготовления детали традиционной бумажной чертежной документации в принципе не требуется [1].

Интенсивно развивается направление использования 3D принтеров, работающих на разных принципах для изготовления на основе 3D-моделей высокоточных мастер-моделей, для последующего получения через силиконовые формы, по технологии холодного литья, моделей для литья по выплавляемым моделям (ЛВМ).

Зачастую после печати на 3D принтере объекты меняют свои размеры, как бы стягиваясь или сжимаясь. Это происходит не всегда, но если случается, то становится серьезной проблемой. Наиболее часто используемые типы пластика для 3D печати - ABS и PLA. Пластик первого типа (ABS) более прочный и немного гибкий, а пластик второго типа (PLA) является более экологичным и безопасным по сравнению с другими видами и поставляется в большой палитре цветов. Но есть еще негативная отличительная характеристика этих пластиков: усадка.

Когда предметы, полученные в результате 3D печати охлаждаются, то напечатанные из ABS пластика сжимаются на 8% (хотя это примерная цифра, она будет несколько отличаться, в зависимости от конкретного ABS в использовании). Это означает, что довольно сложно напечатать объекты из ABS с заданными размерами, потому что на самом деле неизвестно, какого точно размера они получатся из-за усадки.

Немного лучше ситуация с PLA пластиком, который, как говорят некоторые специалисты, не сжимается вообще. Это одна из причин, почему многие 3D-принтеры используют его для печати. На самом деле, этот пластик тоже дает усадку, просто не такую сильную, как пластик ABS. Это примерно 2 %, опять же в зависимости от вида используемого PLA.

Точный 3D-принтер должен иметь соответствующую высоту печати слоя. Чем меньше этот параметр, тем выше степень точности изготавливаемых изделий. Сегодня этот параметр минимально достигаемым высокоточным оборудованием равен 20 мкм. На фактор точности влияет и скорость изготовления детали. Прямая взаимосвязь определяется здесь тем, что при повышении точности изго-

товления требуется значительное снижение скорости.

Сущность способа литья по выплавляемым моделям состоит в том, что модель изготавливают в пресс-формах из такого материала, который без разрушения формы можно выплавить или растворить и получить неразъемную форму, что обеспечивает высокую точность отливок. Чаще всего материалом модели является легковыплавляемая воскообразная масса с усадкой от 0,2 до 0,8%. Запрессовка модельного состава в пресс-формы осуществляется с помощью шприцов вручную и с помощью различных установок и пресс-машин. Литьем по выплавляемым моделям получают отливки сложной конфигурации с толщиной стенки до 0,5 мм в основном из стали и жаропрочных сплавов, трудно обрабатываемых механическим способом.

Изготовление деталей сложной конфигурации с помощью литья по выплавляемым моделям является прогрессивным способом и даёт значительный экономический эффект перед другими технологическими способами производства деталей. Особенностью точного литья по выплавляемым моделям является возможность получения взаимозаменяемых отливок с высокой точностью (3-5 класс по ГОСТ), не нуждающихся в механической обработке, с чистотой поверхности, соответствующей 5-7 классам чистоты по ГОСТ, и с припуском не более 0,2-0,7 мм. Преимущества литья по выплавляемым моделям: возможность изготовления отливок из сплавов, не поддающихся механической обработке; в ряде случаев устранить механическую обработку литой детали; возможность получения узлов машин, которые при обычных способах литья пришлось бы собирать из отдельных деталей.

Литье по выплавляемым моделям можно использовать в условиях единичного (опытного), серийного и массового производства. Экономические показатели этого способа и рациональность его применения зависят от номенклатуры отливок. Наиболее целесообразно изготавливать этим способом мелкие, но сложные по конфигурации отливки, к которым предъявляются высокие требования по точности размеров и чистоте литой поверхности, отливки из труднообрабатываемых сплавов.

Использование силиконовых форм оказывается чрезвычайно эффективным, а часто единственно приемлемым, при единичном и мелкосерийном производстве при ЛВМ, в художественном литье и литье для ремонтно-реставрационных целей. При этом достигается высокое качество отливок и высокая эффективность производства.

Мастер-модели, изготовленные на 3D-принтере, используют для получения силиконовых форм, в которые затем производится запрессовка модельных составов для последующего использования при ЛВМ. Технологии литья в силиконовые формы получили широкое распространение в практике. В качестве материала форм используют различные силиконы. Наиболее популярные формовочные силиконы на Российском рынке, к которым можно отнести: Пентэласт, Юнисил, Тулдекор, Молд Стар (Mold STAR), Силагерм - силиконы на олове и платине. Линейная усадка силиконов на олове составляет 0,5 -:- 1,25 %, на платине – 0,1 -:- 0,25 %. Формы получают путем заливки мастер-модели силиконом в низком промышленном вакууме 40 кПа. Используя специальные технологические приемы, силиконовую форму делают разъемной или разрезают на две или несколько частей, в зависимости от конфигурации модели, затем модель извлекают из формы. В комплект оборудования для вакуумного литья (холодного литья), входит собственно вакуумная установка (одно- или двухкамерная) и термошкаф, для выдержки форм и отливок из пластмасс при их полимеризации в оптимальных условиях. Стойкости формы, в зависимости от сложности отливки и качества силикона, составляет 10 -100 циклов, что вполне достаточно для изготовления отливок опытной серии деталей или мелкосерийного производства [3].

При проектировании мастер-модели, изготавливаемой на 3D-принтере, для дальнейшего использования для получения точного литья по ЛГМ процессу, необходимо учитывать линейную усадку мастер-модели, силиконовой формы, «восковой модели» и самого литейного сплава (от 1 до 2,5 %), которая в сумме сможет составлять от 3,5 до 4,5 %.

Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат. Современное литейное, и в первую очередь опытное, производство претерпевает существенную модернизацию, которая имеет целью создать условия для полноценной реализации принципа «бесбумажных» технологий в течение всего процесса создания нового изделия - от проектирования и разработки САД-модели, до конечного продукта. И для этой цели литейщики должны оснащаться совершенно новым для них оборудованием, дающим им новые возможности для удовлетворения запросов конструкторов, но одновременно требующим от них освоения новых знаний, заставляя и технологов, и конструкторов говорить на одном 3D-языке, при этом устраняя извечное противостояние технолога и конструктора. Литейное производство имеет много общего с применением АФ-технологий и на современном этапе развития общества становятся еще более близким и по применяемому оборудованию, и по технологическим приемам, по обучению и подготовке профессиональных кадров [1].

Современные Центры Аддитивных Технологий (ЦАТ), в том числе Центр коллективного пользования «Прототипирование и аддитивные технологии» СибГИУ г.Новокузнецк [4], по сути являются научно-конструкторско-технологическими объединениями между учеными, конструкторами и технологами (наука-проект-производство). Эти центры, исходя из финансовых ограничений, оснащаются комплексным оборудованием и ПО для возможности решения широкого круга задач, в том числе и литейного производства. Учитывая специфику российской промышленности и, в частности машиностроения, где зачастую в рамках одного предприятия сосредоточено производство огромной номенклатуры изделий из различных материалов и по разным технологиям, где существует нехватка проектировщиков и квалифицированных кадров и отсутствует опытное производство, создание региональных ЦАТ и кооперация их с промышленными предприятиями является перспективным и рациональным.

Библиографический список

1. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм (научный руководитель Центра Аддитивных Технологий ФГУП «НАМИ», д. т. н. Михаил Зленко; директор ФГУП «Внештехника» Павел Забеднов) [Электронный ресурс] / Электронные данные – Режим доступа: [http://ksystec.ru /download/additiv_tech.pdf](http://ksystec.ru/download/additiv_tech.pdf), свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус.
2. Любартович С.А. Реакционное формование полиуретанов/ С.А. Любартович, Ю.Л. Морозов, О.Б. Третьяков. – М.: Химия, 1990.– 288 с.
3. Ширяева Л.С. Литье металлов и пластмасс с использованием синтез-мастер-моделей (форм) и аддитивных технологий / Л.С. Ширяева, А.А. Куценко, К. В. Пономарева ; науч. рук.: С. В. Князев, А.А. Усольцев // Россия Молодая - 2017: сборник материалов IX всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, 18-21 апреля 2017 г.– Кемерово, 2017.– С. 1-4 (0303005). – Библиогр.: с. 4 (3 назв.). – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.
4. ЦКП «Прототипирование и аддитивные технологии» [Электронный ресурс] / Электронные данные. – СибГИУ, [2017]. – Режим доступа: http://www.sibsiu.ru/universitet/podrazdeleniya/otdely/?ELEMENT_ID=4872, свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус.

УДК 621.77.014

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ВОЛОЧЕНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ

Полякова М.А., Гулин А.Е.

*Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск, Россия, walter_chel@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрено влияние процесса альтернативного волочения на пластические и прочностные свойства стальной среднеуглеродистой проволоки. Проведено сравнение методов волочения путем конечно-элементного моделирования в программном комплексе Deform-3D. Показано, что альтернативное волочение приводит к увеличению пластичности среднеуглеродистой проволоки по сравнению с традиционным волочением.

Ключевые слова: проволока, среднеуглеродистая сталь, альтернативное волочение, метод координатной сетки, механические свойства, микроструктура.

ALTERNATE DRAWING AS THE WAY FOR IMPROVING THE MECHANICAL PROPERTIES OF MEDIUM CARBON STEEL WIRE

Polyakova M., Gulin A.

*Nosov Magnitogorsk State Technical University,
Magnitogorsk, Russia, walter_chel@mail.ru*

Abstract: The influence of the alternate drawing process on the plastic and strength properties of medium carbon steel wire was examined. A comparison of the drawing methods by finite element

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС И АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДЕФЕКТНОСТИ ОТЛИВОК.....	184
Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Чепрасов А.И. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В РАБОТЕ ПРОКАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	190
Фастыковский А.Р. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ МАРКИ 30ХГСА НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ОБОРУДОВАНИИ	194
Иванов А.А., Осколкова Т.Н. ПЛАЗМЕННАЯ ЗАКАЛКА ЗАЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ.....	199
Сафонов Е.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ.....	205
Князев С.В., Усольцев А.А., Купенко А.И., Купенко А.А., Пономарева К.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ВОЛОЧЕНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ	208
Полякова М.А., Гулин А.Е. ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВОЙ ПРОДУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО СТАНА	213
Уманский А.А., Головатенко А.В., Дорофеев В.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ МЕЖКЛЕТЬЕВОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА В ЛПЦ-1 АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ».....	219
Ковальчук Т.В., Макаров Я.В., Лицин К.В. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАЛИВКИ НА СТРУКТУРУ ОТЛИВОК ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ.....	222
Аринова С.К., Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю., Щербакова Е.П., Достаева А.М.	
СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ.....	228
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ ТАНТАЛА (АГП) С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....	228
Кайназарова А.Э., Кокаева Г.А., Ревуцкий А.В. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ	232
Алексеева Т.И., Галевский Г.В., Руднева В.В., Черепанов А.Н., Стафещкий Л., Галевский С.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВА БАББИТА Б83, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРУТКОВ.....	235
Калашников И.Е., Болотова Л.К., Кобелева Л.И., Быков П.А., Колмаков А.Г., Михеев Р.С. СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ, СФОРМИРОВАННЫХ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ГЕТЕРОФАЗНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	239
Рашковец М.В., Никулина А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВ КАРБИДА ТИТАНА	245
Крутский Ю.Л., Ложкина Е.А. О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДИБОРИДА ТИТАНА В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА.....	248
Галевский Г.В., Руднева В.В., Ефимова К.А. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	254
Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Патрушев А.О. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ В ГАЛЬВАНИКЕ, КЕРАМИКЕ, МОДИФИЦИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ.....	257
Руднева В.В., Галевский Г.В., Галевский С.Г., Черновский Г.Н. МНОГОФАКТОРНЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВ НА МАШИНЕ К1000	264
Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Патрушев А.О., Усольцев А.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ.....	267
Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Князев С.В., Чинин Н.А.	

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

Труды XX Международной научно-практической конференции

Часть 1

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

Технический редактор	В.Е. Хомичева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 23.10.2017 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 27,0 Уч.-изд. л. 29,4 Тираж 300 экз. Заказ № 521

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ