

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Сибирский государственный индустриальный университет**

*Посвящается 90-летию Сибирского  
государственного индустриального университета*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:  
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО  
«Металлургия – 2019»**

*23 – 24 октября 2019 г.*

*Труды  
XXI Международной научно-практической конференции  
Часть 1*

**Новокузнецк  
2019**

УДК 669(06)+658.012.056(06)

М 540

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 Г.В. Галевский,  
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский,  
к.т.н., доцент С.Г. Коротков

М 540      Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 1 / под ред. Е.В. Протопопова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 404 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.

#### **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»  
АО «Кузбасский технопарк»  
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук  
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2019

готовки со степенью обжатия  $\varepsilon = 22,7\%$ , происходит накопление интенсивности деформаций по сечению заготовки, площадь зон с затрудненной деформацией уменьшается.

2. Максимальное значение интенсивности деформаций в центральной зоне заготовки после первого и после второго обжима составляет соответственно 0,30 и 0,60, что обеспечивает необходимую проработку центральной зоны поковки.

3. Сравнивая значения величин интенсивности деформаций по результатам компьютерного и физического моделирования, можно отметить, что компьютерное моделирование обеспечивает необходимую точность расчётов и адекватно описывает величину интенсивности деформаций при протяжке металла.

#### Библиографический список

1. Пименов Г.А. Особенностиковки крупных поковок/ Г.А. Пименов, В.И. Залевский // Кузнечно-штамповочное производство. – 1971. – № 10. – С.4–6.

2. Охрименко Я.М. Возможность повышения качества поковок при протяжке / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин, А.И. Гринюк // Кузнечно-штамповочное производство. – 1970. – № 11. – С. 8–9.

3. Прозоров Л.В. Уменьшение несоосности ступенчатых поковок при протяжке комбинированными бойками / Л.В. Прозоров, Н.П. Дененберг // Кузнечно-штамповочное производство. – 1984. – № 8. – С. 18–21.

4. Унксов Е.П. Инженерные методы расчета усилий при обработке металлов давлением / Е.П. Унксов. – Москва : Машгиз, 1955. – С. 59.

5. Ковка крупных поковок: результаты исследования технологических режимов / под ред. В.Н. Трубина, И.Я. Тарновского. – Москва ; Свердловск : Машгиз, 1962. – С. 224.

6. Peretyat'ko V.N. Broaching of blanks for forged rollers / V.N. Peretyat'ko, S.A. Vakhman, M.V. Filippova, A.V. Yur'ev // Steel in translation. – 2012. – Vol. 42. Issue 10. pp. 699 – 703.

7. Вахман С.А. Моделирование протяжки заготовок в плоских и комбинированных бойках // Современные научные исследования: инновации и опыт : XII международная научно-практич. конф. Вып. 5 (12), Екатеринбург. 2015. – С. 15 – 20.

8. Сгибнев С.А. Расчет очагов деформации при обжатии круглой заготовки плоскими бойками / С.А. Сгибнев, В.А. Тюрин // Известия вузов. Черная металлургия. – 2000. – № 1. – С. 59.

9. Машеков С.А. Исследование распределения напряженно-деформированного состояния процесса протяжки круглой заготовки в комбинированных бойках / С.А. Машеков, А.Е. Нуртазаев, А.М. Алшынова // Вестник КазНТУ. – 2011. – №5 (87).

10. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы / Р. Галлагер. – Москва : Мир, 1984. – 428 с.

УДК 621.771.26

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ, В ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ\***

**Уманский А.А.<sup>1</sup>, Головатенко А.В.<sup>2</sup>, Симачев А.С.<sup>1</sup>, Дорофеев В.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, Россия, umanskii@bk.ru*

<sup>2</sup>*АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация.* На основании комплекса экспериментальных исследований для хромистых рельсовых сталей марок Э76ХФ, Э76ХСФ и Э90ХАФ определены и научно-обоснованы основные закономерности влияния температуры горячей прокатки на пластичность, а

также закономерности влияния температуры и скорости деформирования в температурном интервале горячей прокатки на сопротивление пластической деформации. На основании полученных данных разработан новый режим прокатки рельсов в условиях рельсобалочного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК», внедрение которого позволило значительно повысить качество рельсов и улучшить технико-экономические показатели их производства с экономическим эффектом порядка 120 млн. руб/год.

**Ключевые слова:** пластичность, деформация, рельсовая сталь, легирование, прокатка, рельсовые профили

## CHANGE REGULARITIES OF THE PLASTIC AND DEFORMATION CHARACTERISTICS OF RAIL STEELS ALLOYED WITH CHROMIUM, IN THE TEMPERATURE RANGE OF HOT ROLLING

Umanskii A.A.<sup>1</sup>, Golovatenko A.V.<sup>2</sup>, Simachev A.S.<sup>1</sup>, Dorofeev V.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> «Siberian State Industrial University»,  
Novokuznetsk, Russia, umanskii@bk.ru

<sup>2</sup> «EVRAZ Consolidated West Siberian Metallurgical Plant»,  
Novokuznetsk, Russia

**Abstract.** On the basis of complex experimental studies for chromium rail steel grades Э76ХФ, Э76ХСФ and Э90ХАФ defined and scientifically substantiated the main regularities of the influence of temperature of hot rolling on the ductility and regularities of the influence of temperature and deformation rate in the temperature range of hot rolling on the resistance to plastic deformation. On the basis of the data obtained, a new mode of rolling rails in the conditions of the rail shop of "EVRAZ ZSMK" was developed, the introduction of which allowed to significantly improve the quality of rails and improve the technical and economic performance of their production with an economic effect of about 120 million rubles/year.

**Key words:** ductility, deformation, rail steel, alloying, rolling, rail profiles

Одной из тенденций развития рельсопрокатного производства в России и мире является повышение степени и сложности легирования рельсовых сталей. Указанная тенденция нашла отражение и в последней, действующей на сегодняшний день, версии государственного стандарта на производство железнодорожных рельсов (ГОСТ Р 51685-2013). Так в указанном стандарте предусмотрены четыре марки рельсовых сталей, легированных хромом дополнительно к ванадию (Э76ХФ), кремнию (Э76ХСФ) и азоту (Э76ХАФ, Э90ЭАФ), а в предыдущей его версии (ГОСТ Р 51685-2000) имелась только одна марка стали, одновременно легированная ванадием и хромом (Э78ХСФ). Также следует отметить значительное (до 2 раз) увеличение предельно допустимого содержания хрома в таких сталях. На АО «ЕВРАЗ ЗСМК», являющемся на сегодняшний день ведущим производителем железнодорожных рельсов в России, в настоящее время в качестве основных сталей для производства железнодорожных рельсов используются стали марок Э76ХФ и Э76ХСФ взамен ранее используемой стали марки Э76Ф.

Анализ литературных данных показывает [1-5], что теоретическое обоснование оптимальных температурных интервалов деформации (при которых пластичность имеет максимальные, а сопротивление деформации минимальные значения) для сложнолегированных сталей значительно затруднено в связи со сложностью и многовариантностью структурных изменений. Причем данная проблема усугубляется применительно к производству рельсовых профилей, поскольку их сложная форма поперечного сечения обуславливает значительную неравномерность деформаций при прокатке.

Таким образом, можно сделать вывод, что определение закономерностей изменения пластичности и сопротивления деформации сложнолегированных рельсовых сталей вновь осваиваемого сортамента от температуры прокатки является на сегодняшний день актуальной задачей.

В рамках представленной работы в качестве объекта исследований по определению

пластичности и сопротивления деформации использовали непрерывнолитые заготовки сечением 300×360 мм плавок текущего производства электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Отбор проб проводили непосредственно с поверхности заготовок, а также на глубине 50 мм, 75 мм и 110 мм от поверхности заготовок с целью получения максимальной информации о пластических и деформационных характеристиках стали в различных зонах непрерывнолитой заготовки. Известно, что для непрерывнолитых заготовок характерно трехзонное строение, включающее в себя приповерхностную корковую зону, зону столбчатых кристаллов и центральную зону. По фактическим данным анализа структуры исследуемых заготовок глубина корковой зоны составляет порядка 15-25 мм, зоны столбчатых кристаллов – 50-60 мм, остальной объем занимает центральная зона. То есть для анализа использовали образцы из всех трех зон непрерывнолитых заготовок.

Исследования пластичности проводили для образцов стали Э76ХФ, а исследования сопротивления деформации – для стали Э76ХСФ, что обусловлено практически аналогичным химическим составом данных марок стали согласно требований ГОСТ Р 51685-2013 (различия имеются только в интервалах изменения допустимого содержания кремния и хрома, при этом указанные диапазоны перекрываются) и незначительными отличиями фактического химического состава анализируемых плавок текущего производства.

Для исследования пластичности использовали метод горячего кручения в температурном интервале 900-1200 °С, при этом в качестве критерия пластичности приняли степень деформации сдвига. Исследования сопротивления пластической деформации проводили на установке «Gleeble System 3800» методом горячей осадки в температурном интервале 900-1150 °С при скоростях деформации 1 с<sup>-1</sup> и 10 с<sup>-1</sup>.

Металлографические исследования образцов рельсовой стали проводились с использованием оптического микроскопа «OLYMPUS GX-51» и сканирующего электронного микроскопа «TESCAN MIRA 3 LMH» с автоэмиссионным катодом Шоттки, для определения фазового состава применяли рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-6000.

По полученным данным пластичность приповерхностного и расположенного на глубине 50 мм слоев непрерывнолитой заготовки рельсовой стали Э76ХФ от температуры деформации имеют сложный характер (рисунок 1): в начале указанного температурного интервала деформации (при повышении температуры от 900 до 1000 °С) пластичность интенсивно возрастает, затем при дальнейшем увеличении температуры происходит заметное ее снижение с минимальным значением при температурах порядка 1025-1050 °С, после чего пластичность резко увеличивается, достигая максимальных значений при 1100 °С, а в конце рассматриваемого температурного интервала (1100-1200 °С) происходит плавное снижение пластичности.

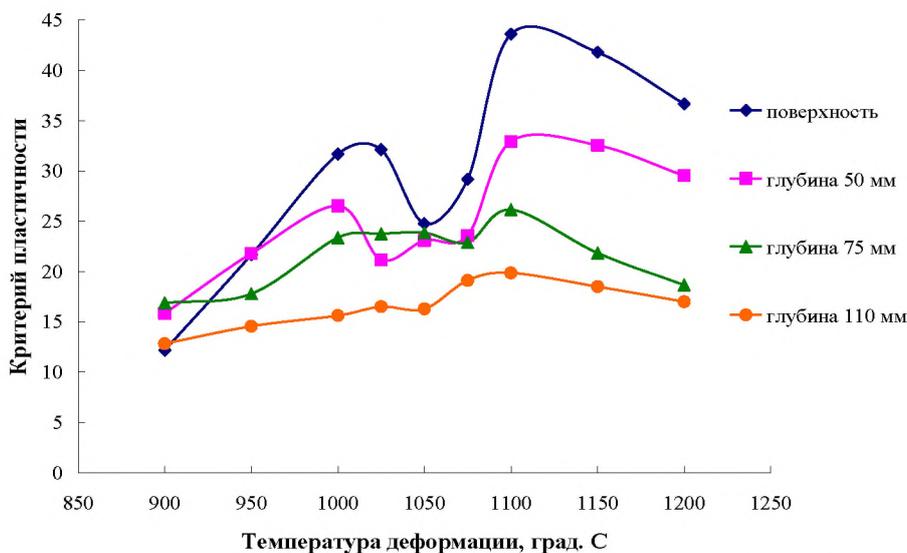


Рисунок 1 – Зависимость пластичности непрерывнолитых заготовок рельсовой стали Э76ХФ от температуры деформации

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об отсутствии резких изменений пластических свойств непрерывнолитых заготовок стали Э90ХАФ и отсутствии «провала» пластичности (рисунок 2), зафиксированного для стали марки Э76ХФ, что, обусловлено значительно меньшим содержанием хрома. Также можно отметить, что абсолютные значения пластичности для стали Э90ХАФ ниже по сравнению со сталью Э76ХФ, что, в первую очередь, связано с более высоким содержанием углерода.

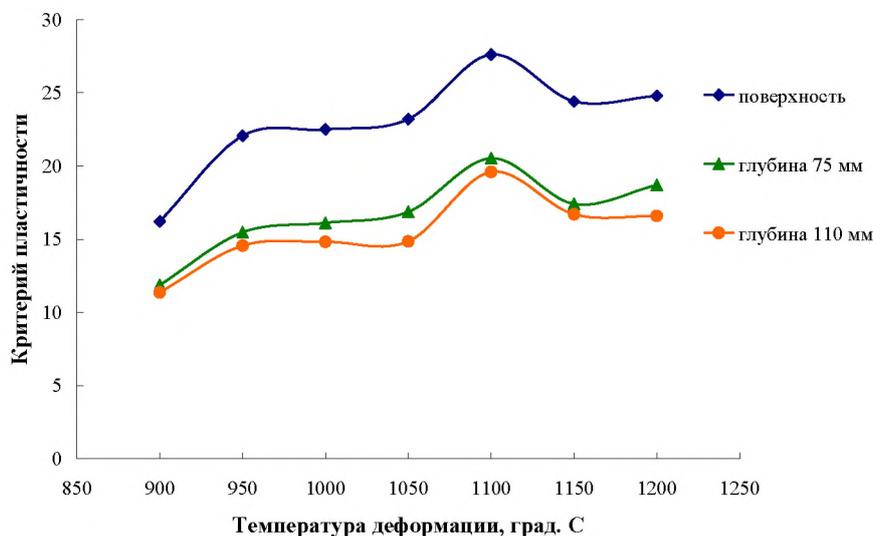


Рисунок 2 – Зависимость пластичности непрерывнолитых заготовок рельсовой стали Э90ХАФ от температуры деформации

Следует отметить, что по результатам ранее проведенных исследований пластичности непрерывнолитых заготовок рельсовой стали марки Э76Ф [6] также не было зафиксировано снижения пластичности при температурах порядка 1050 °С. Влияние хрома на пластичность подтверждено результатами металлографических и рентгеноструктурных исследований образцов стали Э76ХФ: на границах зерен обнаружены карбиды цементитного типа  $(Fe, Mn, Cr)_3C$  – рисунок 3. Указанные карбиды при температурах до 1050 °С полностью не растворяются в аустените и препятствуют росту степени деформации сдвига, то есть, по сути, снижают пластичность стали.

По результатам исследований также можно отметить общую тенденцию для обеих рассматриваемых сталей к снижению пластичности по мере удаления от поверхности к центральной зоне (рисунки 1, 2), что обусловлено различием в величине зерна. Так, по полученным данным в приповерхностном слое средний диаметр зерен в 1,3-2,1 раза меньше по сравнению с центральной зоной заготовок, и, при этом имеет место тенденция к повышению различия в размерах зерен с увеличением температуры деформации.

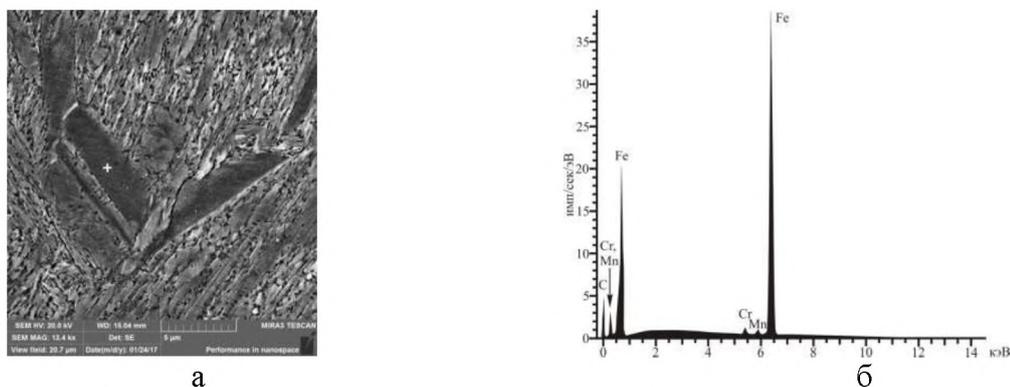


Рисунок 3 – Карбиды цементитного типа в стали марки Э76ХФ: а – микроструктура стали; б – распределение элементов в карбидной фазе

На основании исследований сопротивления пластической деформации установлено, что повышение температуры деформации рельсовой стали Э76ХСФ обуславливает снижение данного показателя (рисунок 4). Также имеет место уменьшение сопротивления деформации по мере удаления от поверхности к центральной зоне непрерывнолитых заготовок, что, как показано выше, обусловлено увеличением размера зерна. Установлено значимое влияние повышения скорости деформирования на увеличение сопротивления деформации (рисунок 4), что обусловлено ускорением процессов упрочнения, реализующихся за счет повышения плотности дислокаций и точечных дефектов, при практически неизменной скорости противодействующих процессов разупрочнения [7-9].

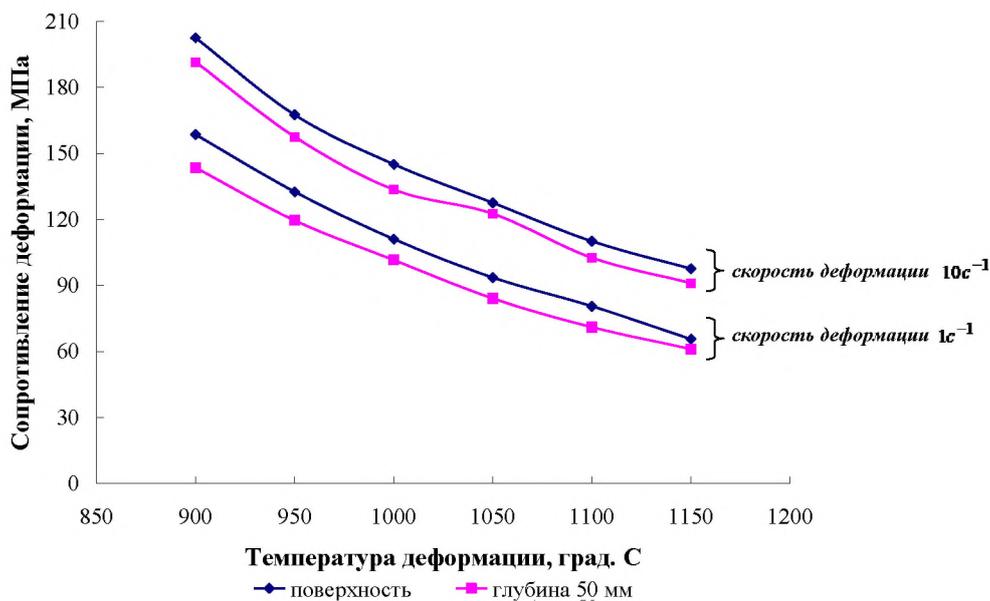


Рисунок 4 – Зависимость сопротивления деформации непрерывнолитых заготовок рельсовой стали Э76ХСФ от температуры деформации

С использованием полученных экспериментальных данных о пластичности рельсовой стали Э76ХСФ разработан новый режим производства рельсов на универсальном рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ ЗСМК», позволивший снизить отбраковку готовых рельсов по дефектам поверхности [10]. Повышение качества рельсов достигнуто за счет перераспределения обжатий между проходами таким образом, что прокатка в разрезном калибре (где неравномерность деформаций имеет наибольшие значения) осуществляется при температурах близких к температуре максимальной пластичности (1100 °С), а обжатия при температурах «провала» пластичности (1025-1050 °С) имеют минимальные значения. Для получения указанного распределения обжатий температура нагрева заготовок под прокатку снижена с 1200°С до 1170-1180°С и проведено сокращение количества проходов в обжимных клетях. При этом предел увеличения обжатий в отдельных проходах с точки допустимого усилия прокатки и моментов на валу двигателей зрения нагрузок обоснован с использованием полученных экспериментальных зависимостей сопротивления деформации от температуры и скорости деформации.

Внедрение разработанного режима производства рельсов на рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ ЗСМК» позволило не только улучшить качество готовых рельсов, но и снизить удельные расходы электроэнергии на прокат, топлива на нагрев заготовок, удельный расход прокатных валков и повысить производительность стана. Совокупный экономический эффект оценивается на уровне 1250 млн. руб./год.

#### **Заключение**

Экспериментальными исследованиями установлены зависимости пластичности и сопротивления деформации рельсовых сталей легированных хромом от температурно-скоростных условий деформации. Полученные данные явились теоретической базой для раз-

работки нового режима прокатки рельсов, обеспечивающего значительное повышение их качества и технико-экономических показателей производства.

*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Материаловедение» Сиб-ГИУ в рамках базовой части Государственного задания Минобрнауки РФ №11.6365.2017/8.9.*

#### Библиографический список

1. Dimatteo A., Lovicu G., DeSanctis M., Valentini R. Effect of Temperature and Microstructure on Hot Ductility Properties of a Boron Steel / Proceedings of Crack Paths. 2012. pp. 131-138.
2. Lopez-Chipres E., Mejia I., Maldonado C., Bedolla-Jacuinde A., Cabrera J.M. Hot ductility behavior of boron microalloyed steels / Materials Science and Engineering: A. 2007. Vol. 460-461. pp. 464–470.
3. Исследование сопротивления деформации мартенситно-стареющей стали ЭП679 / С.В. Гладковский, А.И. Потапов, С.В. Лепихин // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2015. Issue 4. pp. 18-28.
4. Banks K.M., Tuling A., Klinkenberg C., Mintz B. The influence of Ti on the hot ductility of Nb containing steels / Materials Science and technology. 2011. Vol. 89 pp. 537 545.
5. Konovalov A.V., Smirnov A.S., Parshin V.S. , Dronov A.I. , Karamyshev A.P., Nekrasov I.I. , Fedulov A.A. , Serebryakov A.V. Study of the Resistance of Steels 18KhMFB And 18Kh3MFB to Hot Deformation / Metallurgist. Vol. 59. Iss. 11. pp. 1118–1121.
6. Simachev A.S., Temlyantsev M.V., Oskolkova T.N. Influence of Nonmetallic Inclusions in Rail Steel on the High Temperature Plasticity // Steel in Translation. 2016. Vol. 46. № 2. pp. 112-114.
7. Manonukul A., Dunne N. Dynamic recrystallization // Acta mater. 1999. Vol. 47. Iss. 7. pp. 4339-4354.
8. Umanskii A.A., Golovatenko A.V., Kadykov V.N. Development of theoretical basis of determining energy-power parameters of rolling with development of new grades of rail steel // Izvestiya Ferrous Metallurgy. 2017. Vol. №10. pp. 804-810.
9. Umansky A.A., Golovatenko A.V., Kadykov V.N., Dumova L.V. Development of mathematical models and methods for calculation of rail steel deformation resistance of various chemical composition // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 150. 012029.
10. Umanskiy A.A., Dorofeev V.V., Golovatenko A.V., Dobryanskiy A.V. Development and improvement of modes of rolling of asymmetric rail profiles on the modern universal rolling mill. Chernye Metally. 2018. №10. pp. 38-42.

УДК 621.771.251

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ – РАЗДЕЛЕНИЯ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Фастыковский А.Р.<sup>1</sup>, Беляев С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Сибирский государственный индустриальный университет,*

*г. Новокузнецк, Россия, omd@sibsiu.ru*

<sup>2</sup>*Сибирский федеральный университет,*

*г. Красноярск, Россия, SBeliaev@sfu-kras.ru*

**Аннотация.** *Современные требования к повышению эффективности действующего прокатного производства вызывают необходимость поиска новых не традиционных решений, к которым относится технология прокатки – разделения. В статье приведены рекомендации и практический опыт освоения технологии прокатки – разделения в условиях действующего непрерывного мелкосортного стана 250-1 АО “ЕВРАЗ ЗСМК”.*

**Ключевые слова:** *прокатка – разделение, сортовые профили, рекомендации, действующее производство.*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	4
МЕТАЛЛУРГИЯ КУЗБАССА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ <i>Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Галевский Г.В., Козырев Н.А., Коротков С.Г., Фастыковский А.Р.</i> .....	4
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ <i>Протопопов Е.В., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i> .....	9
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ <i>Фастыковский А.Р.</i> .....	14
ФЕРРОСПЛАВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В МИРЕ И РОССИИ <i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ёлкин К.С., Голодова М.А.</i> .....	20
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ <i>Козырев Н.А.<sup>1</sup>, Шевченко Р.А., Протопопов Е.В., Кратыко С.Н., Хомичева В.Е.</i> .....	33
85 ЛЕТ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ. К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ СИБГИУ <i>Коротков С.Г., Темлянец М.В., Стерлигов В.В.</i> .....	44
МОЛИБДЕНОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ : СЫРЬЕВАЯ БАЗА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ <i>Полях О.А., Комрони М.</i> .....	55
РЕСУРСО – И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК С ТЕРМОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ <i>Лубяной Д.А., Мамедов Р.О., Князев С.В.</i> .....	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛАКОВ РАФИНИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ <i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ходосов И.Е., Ёлкин К.С.</i> .....	66
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МОЛИБДЕНА, ЕГО СПЛАВОВ И СОЕДИНЕНИЙ <i>Горлова А.А., Галевский Г.В., Руднева В.В.</i> .....	72
КОМПАНИЯ SINF – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР В ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ИНЖИНИРИНГЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Чжан Кэ</i> .....	78
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ СВОЙСТВАМИ <i>Павловец В.М.</i> .....	81
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПОДОВОЙ ФУТЕРОВКИ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ <i>Горлова А.А., Зербач О.В., Галевский Г.В.</i> .....	90
ПРИМЕНЕНИЕ ДИБОРИДА ТИТАНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАТОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Гордиевский О.И.</i> .....	94
ПРОИЗВОДСТВО ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ: ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ТЕХНОЛОГИЯ, КАЧЕСТВО <i>Лысенко О.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.</i> .....	101

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.<sup>4</sup>, Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i> .....	110
СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	118
<i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i> .....	118
ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СКРАПА ШЛАКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ <i>Амелин А.В., Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i> .....	124
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРГАНЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ <i>Прошунин И.Е., Нохрина О.И., Рожихина И.Д.</i> .....	128
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ИЗ КОНВЕРТЕРНОГО ВАНАДИЕВОГО ШЛАКА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ <i>Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А.</i> .....	133
<b>СЕКЦИЯ 2: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА</b> .....	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Сметанюк С.В., Пономарева К.В., Гаврилов Г.Н.</i> .....	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК И СЛИТКОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Базлова Т.А., Сметанюк С.В., Соколов А.А.</i> .....	146
МЕЛКОСЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЛИТЫХ ПОРИСТЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И., Куценко А.А., Соколов Б.М.</i> .....	152
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ МАРКИ Э90ХАФ <i>Симачев А.С., Осколкова Т.Н.</i> .....	159
МНОГОСТАДИЙНАЯ ПРОТЯЖКА КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ НА ПЛОСКИХ БОЙКАХ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРЕССЕ <i>Перетьяко В.Н., Вахман С.А., Филиппова М.В., Юрьев А.Б.</i> .....	164
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ, В ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ <i>Уманский А.А., Головатенко А.В., Симачев А.С., Дорофеев В.В.</i> .....	170
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ – РАЗДЕЛЕНИЯ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Фастыковский А.Р., Беляев С.В.</i> .....	175
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВИНТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ВОЛОЧЕНИЕМ <i>Фастыковский А.Р., Чинокалов Е.В.</i> .....	180
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЗАХВАТА И КОЛЕБАНИЙ ПОЛОСЫ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ <i>Кожевников А.В., Смирнов А.С., Платонов Ю.В.</i> .....	184