



Основан в июне 1931 года

СТАЛЬ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

8
2012

Учредитель:
Союз производителей новых материалов

МОСКВА
ООО "Интермет Инжиниринг"

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Сосковец О. Н.

АЛЕКСЕЕВ Е. А.
(зам. главного редактора)

АРСЕНЬЕВ В. В.

АФОНИН С. З.

БРОДОВ А. А.

ГАСИК М. И.

ДУБРОВСКИЙ Б. А.

ЕЛАНСКИЙ Г. Н.

КАЛЕНСКИЙ И. В.

КАШАКАШВИЛИ Г. В.

КОЛИКОВ А. П.

КОСЫРЕВ К. Л.

ЛЕОНТЬЕВ Л. И.

МАНТУЛА В. Д.

МОЛОТИЛОВ Б. В.

НУГУМАНОВ Р. Ф.

ПАНЧЕНКО А. И.

ПАРШИН В. М.

ПАСЕЧНИК Н. В.

ПЕТРИК С. М.

ПУМПЯНСКИЙ Д. А.

РУДСКОЙ А. И.

САВЕНОК А. Н.

СЕРОВ Г. В.

СИВАК Б. А.

СИНЕЛЬНИКОВ В. А.

СКОРОХОДОВ В. Н.

СМИРНОВ Л. А.

УГАРОВ Ан. А.

ФИЛИППОВ Г. А.

ШАЛИМОВ Ал. Г.

ШАТЛОВ В. А.

ЮСУПОВ В. С.

**РЕДАКЦИЯ: Е. А. Алексеев,
Б. С. Краснопевцев, М. И. Терехова**

Корректор Ю. И. Королева
**Компьютерная верстка, дизайн,
допечатная подготовка цветных полос М. Г. Севастьянова**
Компьютерный набор М. Б. Самсонова

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати 06.06.1997 г.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-45330 от 09.06.2011 г.

Адрес редакции:

127006, Москва, Старопименовский пер., дом 8, стр. 1 – 1А
Тел.: (495) 755-9039, 699-9785; факс: (495) 755-9040
E-mail: stal@imet.ru
www.imet.ru

Подписано в печать 07.08.2012. Формат 60×84/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Объем 10,5 печ. л.
Заказ № 2166

Отпечатано в типографии
ФГУП Издательство "Известия"
127994 Москва, Пушкинская пл., 5
Тел.: (495) 694-36-36, 694-30-20

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ,
а также в список изданий, рекомендованных ВАК России при защите
докторских диссертаций.
Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной
системе по периодическим и продолжающимся изданиям
"Ulrich's Periodicals Directory".

Перепечатка материалов журнала "Сталь" допускается
только с письменного разрешения редакции.
При цитировании ссылка обязательна.

*Представленные заказчиками готовые формы рекламных материалов
не подвергаются редакторской правке и печатаются в оригинале.*

Таблица 2. Химический состав шихтовых материалов и расчетный состав окатышей и агломератов для получения в доменной плавке шлака с основностью 1,13 – 1,14, %

Содержание	Концентрат		Бентонит	Известняк	Зола		Окатыши	Агломерат основностью	
	окатышей	агломерата			коксика	антрацита		1	2
Fe	62,3	60,4	0,9	0,3	14,4	10,6	60,4	55,14 – 55,04	54,30 – 54,23
FeO	28,1	—	—	—	—	—	2,4	14,30	14,10
CaO	1,2	2,0	3,6	54,0	9,3	7,6	1,2	9,25 – 9,40	10,53 – 10,63
SiO ₂	3,5	5,1	60,0	1,6	40,9	49,3	4,0	5,35 – 5,36	5,32 – 5,33
Al ₂ O ₃	2,3	2,7	14,8	0,5	21,8	21,0	2,4	2,80	2,80
MgO	2,4	3,0	2,9	0,6	4,4	2,7	2,4	2,90	2,80
MnO	0,4	0,2	—	—	1,4	1,2	0,3	0,18	0,18
V ₂ O ₅	0,6	0,6	—	—	—	—	0,6	0,51	0,51
PbO ₂	2,6	2,6	—	—	—	—	2,6	2,35 – 2,36	2,32
CaO/SiO ₂	3,3	0,4	—	—	—	—	0,3	1,73 – 1,76	1,98 – 2,00

смывание гарнисажа на футеровке заплечиков увеличенным потоком шихты предлагается поддерживать угол наклона перевернутого конуса футеровки заплечиков на 0,5 – 1,0 град меньшим, чем угол наклона шахты. В этом случае сохраняется требуемая крутизна излома потока шихты при переходе из зоны восстановления в зону плавления. Возникающее сопротивление движению шихты способствует образованию гарнисажа на футеровке заплечиков. Указанные пределы изменения углов наклона шахты и заплечиков обоснованы опытом эксплуатации доменных печей НТМК и ММК с переменным углом наклона профиля футеровки печей.

Таким образом, применение низкоосновных окатышей и высокоосновного агломерата, слабо разрушающихся при восстановлении, обеспечивает высокую газопроницаемость в верхних горизонтах доменной печи. Наличие амфотерных оксидов титана и алюминия в качканарских агломерате и окатышах, а также понижение угла наклона шахты предотвращает раннее слипание шихтовых материалов в нижних горизонтах печи, что обеспечивает ровный сход шихты, высокую степень использования восстановительного потенциала газа и соответственно повышение производительности печи и снижение расхода кокса. Выбор углов наклона к горизонту футеровки шахты и заплечиков позволяет сохранить стойкость огнеупорной футеров-

ки на уровне, достигнутом при работе на сырье с одинаковой основностью.

Заключение

В работе исследованы металлургические свойства неофлюсованных качканарских окатышей и агломерата основностью 1,2 – 2,3. Установлено, что для кардинального улучшения прочностных свойств сырья в исходном состоянии и при восстановлении доменную плавку рекомендуется вести на низкоосновных окатышах и высокоосновном агломерате. Показана возможность совместной плавки неофлюсованных окатышей в количестве 50 – 70 % в смеси с агломератом основностью 2,0 – 2,3. Разработан новый способ доменной плавки сырья с разной основностью, содержащего 3,5 – 5,0 % амфотерных оксидов титана и алюминия, позволяющий повысить технико-экономические показатели работы печей.

Библиографический список

1. Меламуд С. Г., Юрьев Б. П. Исследование влияния параметров термообработки на металлургические свойства качканарских окатышей // Сталь. 2000. № 12. С. 3 – 6.
2. Меламуд С. Г., Юрьев Б. П., Брук Л. Б. Разработка способов получения прочностных окатышей при восстановлении // Известия вузов. Черная металлургия. 2002. № 2. С. 3 – 6.

УДК 669.18:621.74

Моделирование процессов снижения центральной пористости непрерывно-литой заготовки за счет комплексного воздействия на процесс кристаллизации

А. Т. Канаев¹, П. О. Быков²,А. В. Богомолов³, Е. П. Решоткина³¹ Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева (г. Астана, Казахстан),² Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова (г. Павлодар, Казахстан),³ АО "АрселорМиттал Темиртау" (г. Темиртау, Казахстан)

Приведены результаты исследований, направленных на решение актуальной проблемы повышения качества непрерывнолитых заготовок. Разработаны технические решения по совершенствованию процесса кристаллизации за счет пульсационной продувки металла инертным газом в кристаллизаторе и сдвигового обжатия заготовки в зоне вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). При пульсационной продувке и сдвигом "мягком" обжатии в конечный период затвердевания установлено их положительное влияние на сокращение зоны столбчатых кристаллов и снижение центральной пористости.

Ключевые слова: МНЛЗ, непрерывнолитая заготовка, центральная пористость.

Развитие центральной пористости в непрерывнолитых заготовках в основном связано с наличием глубокой жидкой лунки, развитой столбчатой структурой, которая затрудняет питание заготовки в процессе усадки, а также препятствует всплытию неметаллических включений в процессе разлива. Перспективным способом снижения центральной пористости в непрерывнолитой заготовке является "мягкое" обжатие слитка в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ [1 – 3].

Широкое применение данного способа ограничено, так как нельзя использовать большие степени обжатия из-за опасности развития трещин в заготовке. Поэтому для его реализации используются динамические системы обжатия [4].

Цель настоящей работы — моделирование процессов получения непрерывнолитых заготовок с использованием мягкого обжатия непрерывнолитых заготовок.

Анализ качества непрерывнолитых заготовок квадратного и круглого сечений, произведенных на предприятиях ПФ ТОО "Кастинг" и ПФ ТОО "KSP steel" с 2006 по 2010 г. показал, что в заготовках, имеющих развитую столбчатую структуру, величина пор и усадочных раковин оказывает более значительное влияние. Следовательно, при уменьшении доли столбчатых кристаллов в непрерывнолитой заготовке величина осевой пористости будет меньше, что позволит снизить необходимую суммарную степень обжатия непрерывнолитой заготовки в процессе мягкого обжатия. В работе [5] отмечается, что процесс обжатия непрерывнолитых заготовок в МНЛЗ можно интенсифицировать за счет использования сдвиговых деформаций.

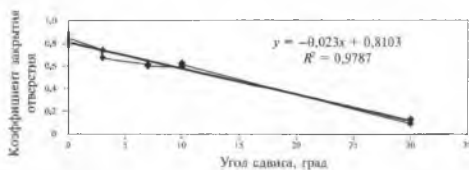
На основании вышесказанного авторами предложен комплексный способ улучшения качества стальной непрерывнолитой заготовки за счет пульсационной продувки металла инертным газом в кристалли-

заторе и сдвигового обжатия слитка в конце зоны вторичного охлаждения МНЛЗ [6]. Способ пульсационной продувки предлагается использовать для снижения доли столбчатой структуры в заготовке. Его можно реализовать с отсутствием всасывания расплава в погружную трубу перед подачей инертного газа под давлением в каждом цикле и с вакуумным всасыванием расплава.

Теоретический анализ показал, что реализация пульсационной продувки в кристаллизаторе МНЛЗ возможна при расходе аргона до 5 л/мин, частоте пульсаций до 16 Гц, амплитуде колебаний давления газа в системе от 0,08 до 0,15 МПа. При больших значениях этих параметров возможно возникновение возмущения на поверхности металла в кристаллизаторе и ухудшение качества поверхности заготовки.

Экспериментальные исследования формирования макроструктуры непрерывнолитой заготовки при пульсационной продувке проводили на лабораторной МНЛЗ для сечения кристаллизатора 30×30 мм и скорости вытягивания слитка 1 м/мин. Температура заливки модельного сплава на основе свинца 350 °С. Пульсационную продувку проводили с вакуумным всасыванием через трубку диам. 5 мм при глубине погружения 15 мм с частотой пульсаций 0 – 5 Гц, расходом инертного газа 0 – 5 л/мин. Давление в погружной трубе находилось в пределах 0,08 – 0,12 МПа. Для анализа микроструктуры из полученных заготовок вырезали продольные темплеты, шлифовали, полировали и травили в растворе следующего состава: 42 г MoO₃, 29 мл HNO₃, 100 мл H₂O.

Макроструктуру исследовали на приборе МПБ-2 (×24). Измеряли ширину зоны столбчатых кристаллов. Выявлено, что при расходе газа 4 – 5 л/мин на "зеркале" металла в кристаллизаторе наблюдаются волны.



Зависимость коэффициента закрытия отверстия ψ от угла свивта α модельного слитка из свинцовых сплавов при $\mu = 1,06$

Анализ макроструктуры полученных образцов показал, что пульсационное перемешивание оказывает влияние на протяженность структурных зон слитка. Зона замороженных кристаллов несколько увеличилась, зона столбчатых дендритов сократилась. Ширина зоны равноосных макрозерен увеличилась. Это позволяет сделать вывод о том, что пульсационное воздействие способствует увеличению числа зародышей твердых частиц в расплаве за счет обламывания дендритов и вымывания зародышей кристаллов от границы раздела твердой и жидкой фаз в осевую часть формирующегося слитка.

Результаты экспериментов обрабатывали методом регрессионного анализа в Microsoft Office Excel. Принимая расход аргона (л/мин) за x_1 и частоту пульсаций (Гц) за x_2 , получили уравнение регрессии для определения ширины зоны столбчатой структуры (y , %) модельного слитка из свинцовых сплавов:

$$y = 48,07 - 4,56x_1 - 0,67x_2 \quad (1)$$

Расчетан коэффициент корреляции ($R^2 = 0,71$), который показал хорошую сходимость результатов; проверена адекватность модели. Расчетный критерий Фишера F_p 0,41 меньше $F_{табл}$.

На экспериментальной установке, представлявшей собой модель кристаллизатора МНЛЗ, изготовленного из оргстекла, моделировали гидродинамику непрерывной разливки. Для получения движения жидкости, подобного движению расплавленной стали в жидкой сердцевине затвердевающей заготовки, были соблюдены равенства критериев Рейнольдса, Фруда и Вебера. Экспериментальные исследования по гидравлическому моделированию пульсационной продувки в кристаллизаторе МНЛЗ проводили для сечения 125×125 мм. Расход воды ($Q' = 10$ л/мин) соответствовал скорости вытягивания стальной заготовки 2,5 мм/мин, воду подавали через канал diam. 9 мм (реальный разливочный стакан имеет diam. 14,5 мм, что соответствует масштабу $M = 0,6$). В качестве барботируемого газа использовали воздух, который подавали через трубку diam. 5 мм, опускаемую в кристаллизатор под уровень жидкости на глубину 90 мм. Расход газа варьировали от 1 до 5 мм/мин. Для создания вакуума к трубке посредством пульсатора подсоединяли отдельный канал, через который откачивали газ. Для моделирования силикатных неметаллических включений 2 – 4 мм в качестве модельных частиц использовали порошок полипропилена размером 0,7 мм и плотностью 0,9 г/см³.

Провели серии экспериментов с разливкой жидкости открытой струей и загоненной струей через погружной стакан: без продувки, с продувкой, с пульсационной продувкой без вакуумного всасывания в погружную трубу, с пульсационной продувкой с вакуумным всасыванием в погружную трубу. Установлено что наиболее интенсивное движение в жидкости обеспечивается при пульсационной продувке жидкой лунки с вакуумным всасыванием жидкости в погружную трубу, что в итоге должно стимулировать процессы зародышеобразования за счет разрушения растущих дендритов при затвердевании заготовки и предотвращать развитие столбчатой структуры.

Сдвиговое мягкое обжатие непрерывнолитой заготовки в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ обеспечивается тянуще-правильным устройством за счет установки пар конических и цилиндрических валков. Процесс сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок в конце периода затвердевания моделировали в ряде экспериментов. Сравнивали степени залечивания центральной пористости при различных схемах обжатия, а также максимальную степень обжатия до появления трещин в заготовке в конце периода затвердевания.

Для определения степени залечивания осевого дефекта провели лабораторные исследования по моделированию обжатия непрерывнолитых заготовок из свинцовых сплавов. Моделировали обжатие в цилиндрических и конических валках при разных степенях обжатия и углах свивта. Конические валки реализовывали сдвиговую схему обжатия. Для моделирования использовали сплав Pb – Bi, из которого изготавливали слитки сечением 17×17 мм. В модельных заготовках в центральной части просверливали отверстия diam. 2 мм для моделирования центральной пористости.

Модельный слиток обжимали в два прохода. В первый проход слиток обжимали со сдвигом и получением поперечного сечения модельного слитка в виде параллелограмма, во втором проходе восстанавливали геометрию модельного слитка, его размеры после обжатия измеряли штангенциркулем, размеры отверстия — с помощью микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм.

Поведение искусственного дефекта описывали с помощью коэффициента закрытия отверстия ψ , представлявшего собой произведение коэффициента вытяжки и отношения площадей поперечного сечения отверстия до и после деформации [8]:

$$\psi = \mu F'_{от} / F_{от}^0 \quad (2)$$

где $F'_{от}$ и $F_{от}^0$ — площади отверстия до и после суммарного обжатия; μ — коэффициент вытяжки.

Коэффициент ψ показывает соотношение между уменьшением площадей поперечных сечений дефекта и заготовки; при $\psi > 1$ площадь сечения дефекта уменьшается менее интенсивно по сравнению с площадью сечения заготовки и устранение несплошностей недоустранимо. Полному залечиванию соответствует $\psi = 0$.

Коэффициент вытяжки определялся по формуле

$$\mu = F'_{ст} / F_{ст}^0 \quad (3)$$

где $F_{сн}^0$ и $F_{сн}^1$ — площади слитка до и после суммарного обжатия. Далее по полученным значениям рассчитывали площадь, коэффициент вытяжки модельного слитка и коэффициент закрытия отверстия.

Анализ результатов экспериментов показал, что полное закрытие отверстия диам. 2 мм ($\psi = 0$) при отсутствии сдвигового обжатия достигается при коэффициенте вытяжки $\mu = 1,24$. При сдвиговом обжатии полное закрытие отверстия происходит при меньшем коэффициенте вытяжки (при $\alpha = 30^\circ$, $\mu = 1,13$).

Для обработки результатов моделирования проводили регрессионный анализ в Microsoft Office Excel. Получили уравнение регрессии для определения коэффициента закрытия отверстия ψ от угла сдвига α модельного слитка и коэффициента вытяжки μ модельного слитка:

$$\psi = 5,26 - 0,02\alpha - 4,15\mu. \quad (4)$$

Определили коэффициент корреляции $R^2 = 0,89$ (расчетный критерий Фишера $F_p = 0,53$, что меньше $F_{табл}$). Для различных коэффициентов вытяжки μ построили графики зависимости коэффициента закрытия отверстия ψ от величины угла сдвига α (рисунок). На основании проведенных экспериментов можно однозначно сделать заключение, что сдвиговое мягкое обжатие обеспечивает более эффективное заживление центральной пористости в заготовках по сравнению с линейным.

На следующем этапе исследований определяли максимально возможную степень сдвигового обжатия модельного слитка из сплава системы Pb — Bi в конце периода затвердевания без появления трещин. Для сравнения получали слитки без обжатия. Для проведения эксперимента использовали устройство для моделирования сдвигового обжатия заготовок с жидкой сердцевиной при производстве непрерывной заготовки [7]. Размеры металлического кристаллизатора 60×60×40 мм. Толщина подвижных плит 5 мм. Толщина клингов при проведении эксперимента изменялась от 2 до 10 мм, что обеспечивало различные величины угла сдвига. Использование клина толщиной 10 мм соответствовало углу сдвига 18°, толщиной 2 мм — углу сдвига 5°. Время приложения обжатия определяли с помощью хромель-копелевой термопары, установленной в центре кристаллизатора. Обжатие осуществляли при 330 °С, что соответствовало минимальному перегреву металла над линией ликвидуса и обеспечивало жидкую сердцевину в слитке.

После проведения эксперимента исследовали макроструктуру слитка с использованием микроскопов МПБ-2 (×24) и USB Micro. Исследование макроструктуры модельных слитков показало, что внутренние трещины в центральной зоне заготовки отсутствуют при степени деформации до 5 % и малых углах сдвига

($\leq 15 - 18^\circ$). При степени деформации > 5 % и углах сдвига $\sim 18^\circ$ периодически наблюдается развитие трещин, выходящих на поверхность слитка, что можно объяснить потерей пластичности сплава.

Выводы

1. Предложен комплексный способ улучшения качества стальной непрерывнолитой заготовки за счет пульсационной продувки металла инертным газом в кристаллизаторе МНЛЗ и сдвигового обжатия непрерывнолитой заготовки в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ, подтвержденный инновационными патентами РК № 19409, № 21195.

2. Физическим моделированием выявлен характер влияния пульсационной продувки металла инертным газом на формирование кристаллизующегося металла и установлена зависимость ширины столбчатой зоны кристаллов модельной заготовки от расхода и частоты пульсации инертного газа.

3. Физическим моделированием сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ на модельных слитках выявлен механизм заживления дефекта “центральная пористость” и установлено, что степень заживления дефекта при сдвиговом обжатии выше, чем при линейном.

4. На модельных заготовках установлено, что использование сдвигового обжатия непрерывнолитой заготовки с жидкой сердцевиной для снижения осевой усадочной пористости возможно при малых степенях обжатия и углах сдвига.

Библиографический список

1. Смирнов А. Н., Пилушенко В. Л., Минаев А. А. и др. Процессы непрерывной прокатки. — Донецк : Изд-во ДНУ, 2002. — 535 с.
2. Ворхем Дж. Л., Касино Т. А. Высокопроизводительный литейно-прокатный агрегат // Непрерывное литье стали : материалы междунар. конф. (Биарриц, 1976) / пер. с англ. — М. : Металлургия, 1982. С. 250 — 260.
3. Быков П. О., Никитин Г. М. Способ повышения качества и эффективности производства стальных непрерывных слитков // Материалы междунар. науч. конф. “Первые Ержановские чтения” Т. 1. — Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2004. С. 308 — 311.
4. Терчели К., Дисаро Д. Непрерывное литье blooms с мягким динамическим обжатием на заводе фирмы Posco, Корея // Металлургическое производство и технология. 2010. № 1. С. 15 — 21.
5. Найзбаев А. Б., Ашкеев Ж. А., Лежнев С. Н. Роль сдвиговых деформаций в закрытии внутренних дефектов // Изв. вузов. Черная металлургия. 1999. № 10. С. 20 — 22.
6. Быков П. О. Исследование формирования однородности непрерывнолитого слитка с целью улучшения качества прокатной продукции : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Караганда, 2010. — 21 с.
7. Пат. 223127, Казахстан. Устройство для моделирования процесса прокатки при производстве непрерывнолитой заготовки / Сержанов Р. И., Быков П. О., Богомолов А. В. ; заявл. 15.10.2009 ; опубл. 15.11.2010. Бюл. № 11.
8. Потапов И. Н., Полухин П. И. Технологи винтовой прокатки. — М. : Металлургия, 1994. — 488 с.

Содержание

ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Пузанов В. П., Кобелев В. А. Основы работы противочной коксовой насадки доменной печи (сообщение 1) 2
- Морозов О. С., Юхиенко В. И., Юрин Н. И. Металлургическая ценность кокса 8
- Меламуд С. Г., Юрьев Б. П. Технология доменной плавки на железорудном сырье с различной основностью 10

СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Канаев А. Т., Быков П. О., Богомолов А. В., Решоткина Е. Н. Моделирование процессов снижения центральной пористости непрерывнолитой заготовки за счет комплексного воздействия на процесс кристаллизации 13
- Маркова С. В., Кормина И. В., Земляной К. Г. Инновационные вспомогательные материалы для горнодобывающей металлургической и огнеупорной промышленности 16
- Аникеев В. В., Никитин В. И. Рецензия на книгу М. Я. Бровмана “Непрерывная разливка металлов” 20

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ

- Некрасов И. В., Шешуков О. Ю., Сивцов А. В., Цымбалист М. М., Степанов А. И., Ушаков М. В. Анализ характеристик электрических сигналов как методическая основа контроля процессов выплавки стали и ферросплавов 22

ФЕРРОСПЛАВЫ

- Педро А. А., Арлиевский М. П. Использование постоянной составляющей фазного напряжения для контроля состава расплава нормального электрокорунда 26

ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Вивенцов А. С., Кутузов В. В., Беляков В. В., Вдовин С. В. Производство сортового проката из собственных непрерывнолитых заготовок на АО “АрселорМиттал Темиртау” 29
- Пименов В. А., Черешнев В. В., Офицеров Ю. А., Бабушко Ю. Ю. Применение спектрального анализа для определения источников формирования продольной разнотолщинности холоднокатаного проката 31

ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ

- Пилипенко С. В., Григоренко В. У. Расчет оптимального соотношения радиусов калибра и валка станов холодной прокатки труб 37

МЕТИЗНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Гуль Ю. П. Основные принципы и практика геометрически-структурного упрочнения металлоизделий 40
- Гулю Ю. П. — 80 лет 46

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Семичев Ю. С., Сурков И. А. Экспертиза состояния и обеспечение прочностной надежности станин прокатных станов 47

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

- Копцева И. В. Деформационное измельчение структуры углеродистых конструкционных сталей методом равноканального углового прессования для повышения прочности продукции метизного производства 50
- Колбасников Н. Г., Зотов О. Г., Мартяшов И. С., Сулягин Р. В. Исследование эффекта Баушингера, физическое моделирование формирования свойств микролегированной стали в процессе изготовления труб 56
- Сандомирский С. Г. Анализ структурной и фазовой чувствительности намагниченности коэрцитивного возврата сталей 61

НОВЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ

- Мешков Ю. Я., Котречко С. А., Шиян А. В., Большаков В. И., Носенко О. П., Мурашкин А. В. Новый подход к оценке качества конструкционных сталей 66

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Шабалов И. П., Бараков Р. В., Бродов А. А., Полосина З. С., Кольцова А. П. Обоснование контрактных цен на поставку газопроводных труб большого диаметра на базе формулы цены 72

ЭКОЛОГИЯ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ

- Меламуд С. Г., Шаццлло В. В., Мальцев В. А., Юрьев Б. П. Разработка технологии переработки цинксодежащих пылей металлургического производства 78

- ***
- Книги издательства “Интернет Инжиниринг” 39
- Правила оформления статей 49
- О подписке 77

Ува
Пр
«Ст
001

От редакции

В № 7/2012 по вине редакции на с. 9 в 1-м абзаце левого столбца допущена ошибка. Следует читать: В ОАО “Магнитогорский металлургический комбинат” новый прокатный стан 5000, производящий толстый горячекатаный лист для изготовления труб и судов, снабжается непрерывнолитой заготовкой, отливаемой в кислородно-конвертерном цехе на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком производства фирмы “SMS Siemag”. Редакция приносит извинения фирме “SMS Siemag” за допущенную оплошность.