



Основан в июне 1931 года

СТАЛЬ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

7
2019

МОСКВА

Учредитель:
ООО "Интернет Инжиниринг"

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Сосковец О. Н.

АЛЕКСЕЕВ Е. А.
(зам. главного редактора)

БРОДОВ А. А.

ГАСИК М. И.

ДУБРОВСКИЙ Б. А.

ЕЛАНСКИЙ Г. Н.

КАШАКАШВИЛИ Г. В.

КОЛИКОВ А. П.

КОСЫРЕВ К. Л.

ЛЕОНТЬЕВ Л. И.

МАЗУР В. Л.

МАНТУЛА В. Д.

МОЛОТИЛОВ Б. В.

ПАРШИН В. М.

ПЕТРИК С. М.

ПУМПИАНСКИЙ Д. А.

РУДСКОЙ А. И.

САВЕНОК А. Н.

СЕРОВ Г. В.

СИВАК Б. А.

СМИРНОВ Л. А.

УГАРОВ Ан. А.

УГЛОВ В. А.

ФИЛИППОВ Г. А.

ЧИЧЕНЕВ Н. А.

ЮСУПОВ В. С.

ЯРАНЦЕВ Б. М.

РЕДАКЦИЯ: **Е. А. Алексеев,**
А. В. Савенков, М. И. Терехова

Компьютерная верстка, дизайн,
допечатная подготовка цветных полос *Н. Н. Жильцов*
Компьютерный набор *М. Б. Самсонова*

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-55546 от 07.10.2013 г.

Адрес редакции:
127006, г. Москва, Старопименовский переулок, дом 8, стр. 1–1А
Тел.: (495) 699-8369, 699-9785
E-mail: stal@imet.ru; info@imet.ru
www.imet.ru

ООО «Национальное обозрение»
Подписано в печать 15.07.2019.
Формат 60×84/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Объем 10,5 печ. л.
Заказ №

Отпечатано в типографии
ООО «Первая оперативная типография»
115114, г. Москва, 2-й Кожевнический переулок, д. 12, стр. 5

Журнал включен в международные реферативные базы данных, РИНЦ, а также в перечень изданий, формируемый ВАК России, для опубликования основных научных результатов кандидатских и 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.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО И ПРОКАТНОГО ПЕРЕДЕЛОВ НА КАЧЕСТВО ЗАГОТОВОК И СОРТОВОГО ПРОКАТА

А. А. Уманский¹, В. В. Хамичонок², М. В. Темлянцев¹,
Н. Г. Матвеев², М. В. Утробин²

¹ ФГБОУ ВО «СибГИУ» (г. Новокузнецк, Россия).

² АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (г. Новокузнецк, Россия).

На основании проведенных в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» комплексных статистических исследований влияния технологических параметров переделов на отбраковку слитков и заготовок из СтЗпс по внутренним и поверхностным дефектам установлено, что на образование поверхностных дефектов заготовок определяющее влияние оказывают параметры выплавки стали и нагрева слитков под прокатку, а величина брака по дефектам макроструктуры слитков в значительной степени зависит от технологических параметров разливки стали и нагрева слитков. Установлена зависимость вероятности получения брака по поверхностным и внутренним дефектам при производстве арматурных профилей на непрерывных мелкосортных станах от скорости прокатки. Полученные данные обобщены в виде уравнений регрессии в натуральном масштабе, что позволяет прогнозировать уровень отбраковки слитков, заготовок и сортового металлопроката по видам дефектов при изменении технологических параметров.

Ключевые слова: заготовки, слитки, поверхностные дефекты, качество макроструктуры, сортовой прокат, регрессионный анализ.

Одна из приоритетных задач отечественной металлургической промышленности — повышение качественных показателей заготовок металлопродукции. В действующих сталеплавильных и прокатных цехах решение данной задачи без коренной реконструкции возможно за счет оптимизации технологических параметров производства, о чем свидетельствуют данные многочисленных исследований [1 – 15]. Ввиду значительных конструктивных и технологических особенностей действующих цехов определение оптимальных интервалов технологических параметров производства стали и проката требует проведения исследований в условиях конкретного рассматриваемого цеха. Подавляющее большинство исследований влияния параметров производства металлопродукции на ее качественные показатели учитывают влияние только незначительного числа факторов по одному из основных переделов (сталеплавильного или прокатного), тогда как формирование качества заготовок и готового проката зависит от множества факторов, действующих одновременно и связанных между собой. Комплексные исследования влияния технологических параметров на качество металлопродукции актуальны и обеспечивают теоретическое обоснование для оптимизации технологии производства стали и проката.

Указанный подход реализован в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» применительно к сортовому прокату, производимому из разлитых в изложницы слитков. Технологическая схема производства включает выплавку, внепечную обработку и разливку стали в изложницы в одном из двух кислородно-конвертерных цехов, прокатку полученных слитков в обжимном цехе в заготовки, из которых на одном из непрерывных мелкосортных станов (250-1 и 250-2) производят готовый сортовой металлопрокат.

Исследования проводили с использованием стандартной методики множественного регрессионного анализа. В качестве объекта исследований использовали случайную выборку из 200 плавок СтЗпс текущего производства кислородно-конвертерных цехов № 1 и 2 (ККЦ-1, ККЦ-2). Выбор указанной стали обусловлен ее наибольшей долей в общем производстве слитков, разлитых в изложницы. В качестве параметров оптимизации выбрали: отбраковку заготовок по равнине и дополнительную обрезь слитков из-за внутренних дефектов (расслоя, жидкого шлака, рыхлости).

На основании имеющихся литературных данных о влиянии параметров выплавки [1 – 3], внепечной обработки [4 – 6], разливки стали [7, 8] и прокатки слитков [9 – 15], разливаемых в изложницы, на их качество, а также с учетом фактически фиксируемых параметров для анализа выбраны следующие технологические факторы:

состав металлошихты (доля чугуна и оборотного лома в металлозавалке);

температуры выпуска стали из конвертера, разливки стали, прибытия слитков в отделение нагревательных колодцев и посадка слитков в нагревательные колодцы;

расход шлакообразующих материалов при выплавке стали и на выпуске стали в ковш;

показатели качества извести (потери при прокаливании, содержание СаО и серы);

химический состав стали на выпуске и готовой стали;

длительность продувки аргоном (азотом) и расход газа на продувку;

продолжительности разливки стали, разливки стали с пониженной скоростью («подушка»), выдержки в ковше, выдержки составов, искрения металла при

разливке слитков, задержки в выдаче слитков из нагревательных колодцев относительно графика («пересиживание» слитков);

фактическая продолжительность нагрева слитков; номер группы ячеек нагревательных колодцев для слитков.

Последний параметр выбран в связи с тем, то он косвенно характеризует температуру прокатки слитков в обжимной клети, а напрямую температура прокатки в технологических картах не фиксируется. С увеличением номера группы нагревательных колодцев возрастает их удаленность от обжимной клети и соответственно повышается длительность транспортировки слитков, что, в свою очередь, приводит к снижению температуры прокатки.

В связи с имеющимися существенными различиями в технологии производства стали и слитков в ККЦ-1 и ККЦ-2 исследования влияния технологических параметров на качество слитков проводили отдельно для каждого цеха. По полученным данным значимое влияние на отбраковку заготовок по рванинам оказывают следующие параметры производства стали: доля оборотного лома в металлозавалке, потери при прокатывании (ППП) извести, отношение Mn/S в готовой стали. Уравнение регрессии в натуральном масштабе со значащими коэффициентами для плавов ККЦ-1:

$$B_{рв} = -1,147 - 0,019D_{ол} + 0,231ППП_{изв} - 0,063(Mn/S), \quad (1)$$

где $B_{рв}$ — отбраковка заготовок по рванинам, т/плавка; $D_{ол}$ — доля оборотного лома в металлозавалке, %; $ППП_{изв}$ — потери при прокатывании извести, %.

Аналогичное уравнение для плавов ККЦ-2:

$$B_{рв} = -1,492 - 0,017D_{ол} + 0,244ППП_{изв} - 0,048(Mn/S). \quad (2)$$

Повышенные доли оборотного лома в металлозавалке от 0 до 13,4 % и увеличение отношения Mn/S в стали с 11,5 до 34,2 снижает отбраковку заготовок по рванинам, а повышение показателя ППП извести с 10,4 до 13,1 % увеличивает брак по данному виду поверхностных дефектов. Суммарная относительная степень влияния перечисленных технологических параметров выплавки стали на отбраковку заготовок по рванинам составила 30,5 и 27,9 % для плавов ККЦ-1 и ККЦ-2 соответственно.

Влияние доли оборотного лома в металлозавалке на образование поверхностных дефектов заготовок связано с тем, что указанный лом содержит меньшее количество вредных примесей по сравнению с амортизационным (копровым) ломом. К вредным примесям в ломе относятся примеси цветных металлов, сера, фосфор, водород. Проведенным анализом показано, что содержание примесей цветных металлов в стали не оказывает значимого влияния на отбраковку заготовок, что связано с их низким абсолютным содержанием. В свою очередь, низкое содержание примесей цветных металлов обусловлено высокой долей чугуна в металлозавалке. Также по результатам про-

веденного анализа не выявлено значимого влияния на отбраковку заготовок концентраций фосфора и серы в готовой стали (опосредованное влияние концентрации серы на качество поверхности заготовок проявляется в установленном значимом влиянии показателя Mn/S). Таким образом, влияние доли оборотного лома в металлозавалке на качество поверхности заготовок с наибольшей вероятностью связано с высокой концентрацией водорода в амортизационном (копровом) ломе в виде ржавчины. По литературным данным [2] в металлоломе, покрытом слоем ржавчины, содержание водорода может на несколько порядков превышать концентрацию водорода в чистом металлическом ломе.

Влияние показателя ППП (потери при прокатывании) извести на качество поверхности заготовок также связано с содержанием водорода. Потери при прокатывании определяются содержанием в извести CO_2 и H_2O , при этом CO_2 , очевидно, не оказывает отрицательного воздействия на качество стали. Согласно существующей технологии выплавки стали в кислородно-конвертерных цехах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» известь вносят не только по ходу продувки, но и дополнительно в сталеразливочный ковш при выпуске. При этом если водород, внесенный известью во время продувки, хорошо удаляется за счет кипения ванны металла, то водород, внесенный известью во время выпуска стали, практически не удаляется в газовую фазу, в результате чего концентрация водорода в расплаве значительно увеличивается.

Механизм влияния отношения Mn/S в стали на качество поверхности заготовок выражается в действии Mn на нейтрализацию вредного воздействия S . Марганец обладает большим химическим сродством к S , чем Fe , в результате чего легкоплавкие эвтектики FeS (с температурой плавления ниже температуры горячей прокатки) разрушаются и образуется тугоплавкий сульфид MnS . Указанная химическая реакция приводит к устранению хрупкости стали (красноломкости) при прокатке слитков и обуславливает снижение количества рванин на поверхности слитков и заготовок.

По обжимному цеху установлено значимое влияние на отбраковку заготовок по рванинам продолжительности нагрева и «пересиживания» слитков, номера группы ячеек нагревательных колодцев. Полученные уравнения регрессии для заготовок из слитков плавов ККЦ-1 и ККЦ-2:

$$B_{рв} = -0,265 + 0,0006T_{нагр} + 0,0014T_{пер} + 0,045Gr, \quad (3)$$

$$B_{рв} = -0,706 + 0,0013T_{нагр} + 0,0007T_{пер} + 0,088Gr, \quad (4)$$

где $B_{рв}$ — отбраковка заготовок по рванинам, т/плавка; $T_{нагр}$ — продолжительность нагрева слитков, мин; $T_{пер}$ — продолжительность «пересиживания» слитков, мин; Gr — номер группы ячеек нагревательных колодцев.

Увеличение продолжительности нагрева слитков (от 147 мин) и продолжительности задержки в выда-

че слитков относительно графика («пересиживание» слитков), а также посад слитков в более удаленные от обжимной клетки группы ячеек нагревательных колодцев приводят к повышению отбраковки заготовок по рванинам. Суммарная относительная степень влияния указанных параметров нагрева слитков на отбраковку заготовок по рванинам составила 38,9 и 45,6 % для плавов ККЦ-1 и ККЦ-2 соответственно.

Влияние продолжительности нагрева слитков на качество поверхности заготовок объясняется тем, что с увеличением длительности нахождения слитков при высокой температуре повышается угар металла и, соответственно, увеличивается риск выхода на поверхность расположенных под корочкой плотного металла сотовых пузырей. Известно, что одной из существенных особенностей строения слитков полуспокойной стали является развитая зона сотовых пузырей. Окисление поверхности пузырей при контакте с атмосферой нагревательных колодцев исключает возможность их заваривания в процессе дальнейшей деформации. В результате на заготовках такие дефекты идентифицируются в виде рванин. Механизм влияния продолжительности задержки в выдаче слитков из нагревательных колодцев относительно графика аналогичен влиянию продолжительности нагрева слитков.

Влияние группы нагревательных колодцев связано с тем, что с увеличением номера группы возрастает удаленность от обжимной клетки и, соответственно, повышается время транспортировки слитков, что приводит к снижению температуры прокатки. Уменьшение температуры деформации обуславливает снижение пластичности стали и приводит к повышению вероятности возникновения поверхностных дефектов при прокатке.

По результатам проведенного анализа установлено значимое влияние на дополнительную обрезь слитков следующих параметров производства стали: температуры и продолжительности разливки слитков, длительности искрения (газовыделения) слитков при разливке.

Уравнение регрессии в натуральном масштабе для плавов ККЦ-1 и ККЦ-2 со значащими коэффициентами:

$$D_{\text{в}} = 73,425 - 0,047t_{\text{разл}} + 0,037T_{\text{разл}} - 0,021T_{\text{искр}}, \quad (5)$$

$$D_{\text{в}} = 54,232 - 0,035t_{\text{разл}} + 0,043T_{\text{разл}} - 0,019T_{\text{искр}}, \quad (6)$$

где $D_{\text{в}}$ — дополнительная обрезь слитков по внутренним дефектам, т/плавка; $t_{\text{разл}}$ — температура разливки стали, °C; $T_{\text{разл}}$ — продолжительность разливки плавки, мин; $T_{\text{искр}}$ — длительность искрения слитков при разливке, с.

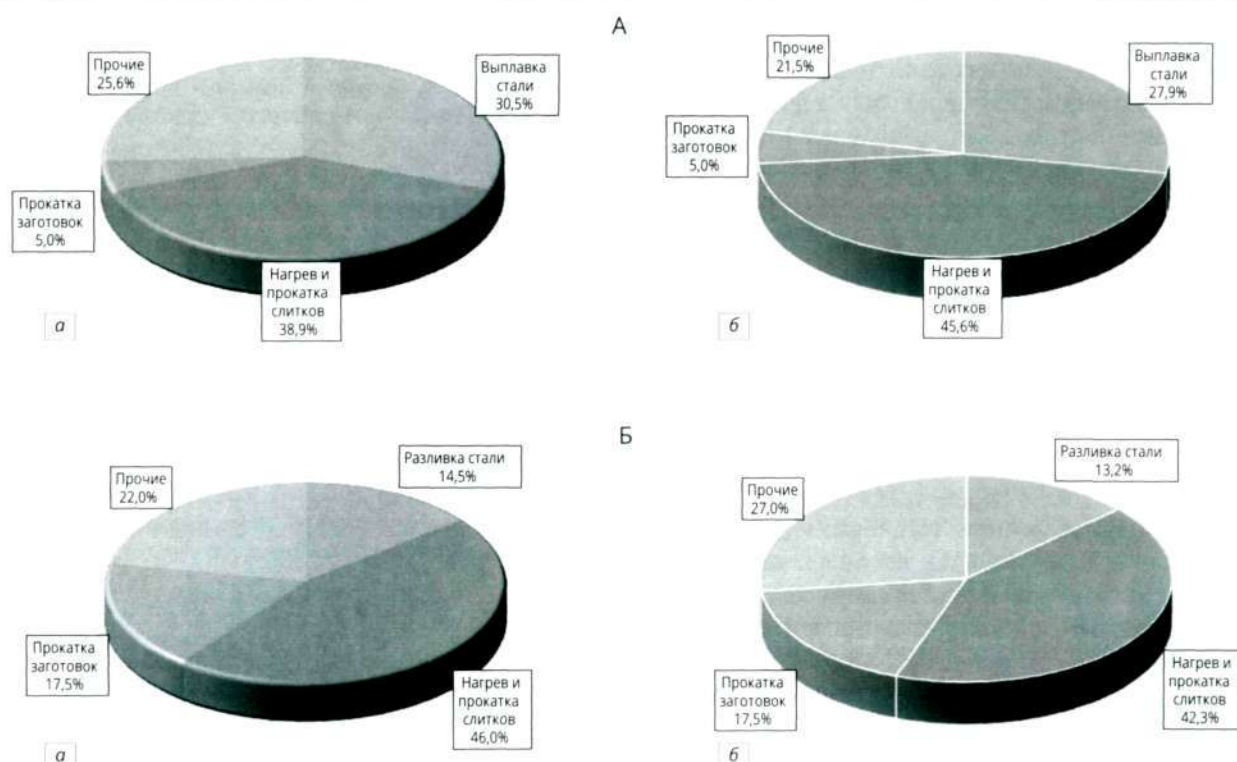
Из полученных данных следует, что повышение температуры разливки слитков с 1533 до 1557 °C и продолжительности газовыделения слитков с 4 до 60 с снижает дополнительную обрезь слитков по внутренним дефектам, а увеличение продолжительности разливки плавки с 17 до 45 мин способствует увеличению дополнительной обрезки со слитков. Суммарная

относительная степень влияния вышеуказанных технологических параметров разливки стали на дополнительную обрезь по внутренним дефектам слитков составила 14,5 и 13,2 % для плавов ККЦ-1 и ККЦ-2 соответственно.

Механизм влияния температуры разливки на дополнительную обрезь слитков заключается в следующем. При пониженной температуре разливки повышается вязкость стали, в результате чего затрудняется всплытие неметаллических включений с последующим их удалением при технологической обрезки головной части слитка. В соответствии с известными закономерностями затвердевания стали неметаллические включения концентрируются в образующихся внутренних несплошностях слитка, которые в слитках полуспокойной стали расположены до уровня 35 — 45 % высоты слитка. Неметаллические включения, представляющие собой, как правило, сложные оксиды, имеют низкую температуру плавления и при температурах прокатки слитков находятся в жидкой фазе. В результате при технологической обрезки слитков после прокатки на блюминге обнаруживается так называемый жидкий шлак — скопление неметаллических включений в расплавленном состоянии. Выход на поверхность торца раската жидкого шлака обуславливает необходимость дополнительной обрезки вплоть до полного удаления дефектного участка. В ряде случаев неметаллические включения находятся в твердой фазе, и тогда причина дополнительной обрезки фиксируется как расслой или рыхлость. При отсутствии значительных скоплений неметаллических включений расслой и рыхлость в процессе прокатки на блюминге полностью завариваются, и необходимость дополнительной обрезки не возникает. Механизм влияния продолжительности разливки на дополнительную обрезь аналогичен влиянию вышерассмотренного параметра с той разницей, что длительность разливки определяет не начальную, а конечную температуру разливки стали, т. е. температуру разливки последних слитков.

Влияние длительности искрения (газовыделения) при разливке слитков полуспокойной стали на дополнительную обрезь объясняется тем фактом, что данный параметр служит показателем оптимальной степени раскисленности стали. В свою очередь, от степени раскисленности полуспокойной стали напрямую зависит расположение усадочных пустот в слитке. При нормальной раскисленности, когда интенсивность газовыделения достаточна, над усадочной раковиной формируется «мост» пузыристого металла толщиной, достаточной для надежной изоляции раковины от атмосферы, благодаря чему последняя заваривается при прокатке. В случае перераскисления, показателем чего служит незначительная длительность искрения металла в изложнице, слитки получают с незначительной толщиной моста и недостаточно изолированной усадочной раковиной, что ведет к появлению дополнительной обрезки.

Проведенный анализ свидетельствует, что повышению дополнительной обрезки слитков по дефектам



Относительная степень влияния технологических параметров на отбраковку проката из СтЗпс по дефектам поверхности (А) и макроструктуры (Б). Плавки: а — ККЦ-1; б — ККЦ-2

макроструктуры в обжимном цехе способствует увеличение продолжительности нагрева и «пересиживания» слитков (суммарная относительная степень влияния составила 46,0 и 42,3 % для плавки ККЦ-1 и ККЦ-2 соответственно):

$$D_{\text{в}} = 0,127 + 0,0013T_{\text{нагр}} + 0,0033T_{\text{пер}}, \quad (7)$$

$$D_{\text{в}} = 0,021 + 0,0021T_{\text{нагр}} + 0,0037T_{\text{пер}}, \quad (8)$$

где $D_{\text{в}}$ — дополнительная обрезь слитков по внутренним дефектам, т/плавка; $T_{\text{нагр}}$ — продолжительность нагрева слитков, мин; $T_{\text{пер}}$ — продолжительность «пересиживания» слитков, мин.

Механизм влияния продолжительности нагрева и «пересиживания» слитков на дополнительную обрезь слитков по внутренним дефектам заключается в следующем. Основной причиной дополнительной обрезки слитков по внутренним дефектам является жидкий шлак, выходящий на поверхность торцов раскатов при технологической обрезки слитков после обжимной клетки. Неметаллические включения в шлаке имеют пониженную температуру плавления относительно основного металла и при температурах нагрева под прокатку (~1300 °С) частично находятся в жидком агрегатном состоянии. Повышение продолжительности нагрева слитков приводит к увеличению доли таких включений, перешедших в расплавленное состояние. Кроме того, при длительном нагреве повышается вероятность нарушения сплошности металла в головной части слитка за счет окисления, что приводит к контакту окислительной среды нагревательных колодцев с внутренни-

ми несплошностями. В результате интенсифицируется процесс образования легкоплавких окисных включений. С учетом того, что в слитках полуспокойной стали внутренние несплошности расположены до уровня 35 — 45 % от высоты слитка, указанный процесс может получать значительное развитие.

При прокатке арматурных профилей на мелко-сортных станах брак по поверхностным и внутренним дефектам фиксируется только при забурировании. Вид дефекта, приведшего к забурированию, определяется по результатам металлографических исследований, что говорит об объективности указанных данных и пригодности для анализа. В связи с тем, что при забурировании величина брака равняется расчетной массе заготовки (0,84 т), т. е. является фиксированной, для проведения исследований использовали метод дисперсионного анализа.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что на вероятность забурирования при производстве арматурных профилей заметно влияет скорость прокатки. Установлено, что повышение скорости прокатки в рамках интервала, установленного требованиями технологической инструкции, способствует снижению вероятности забурирования как при наличии внутренних (расслой), так и поверхностных (трещина, плена) дефектов заготовок. Степень влияния скорости прокатки на вероятность забурирования из-за внутренних дефектов составляет 17,5 %, забурирования из-за поверхностных дефектов — 5,0 %.

Установленное влияние скорости прокатки на вероятность забурирования объясняется известными зави-

симостями коэффициента трения от скорости прокатки, согласно которым повышение скорости прокатки при прочих равных условиях приводит к снижению коэффициента трения, что обуславливает формирование более благоприятного распределения напряжений по объему раската в процессе установившейся деформации и приводит к снижению вероятности забуриваний при наличии концентраторов напряжений в виде внутренних или поверхностных дефектов.

Обобщенная картина влияния технологических параметров переделов на величину брака заготовок и арматурного проката из СтЗпс, разлитой в изложницы, по поверхностным и внутренним дефектам представлена на рисунках *А* и *Б* соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследований установлено, что наибольшее влияние на отбраковку заготовок как по дефектам поверхности, так и по дефектам макроструктуры оказывают температурно-временные параметры нагрева и прокатки слитков в обжимном цехе — общая продолжительность нагрева и задержка в выдаче слитков относительно графика, номер нагревательных колодцев (характеризует температуру прокатки слитков на блюминге). Влияние параметров выплавки стали — доли оборотного лома в металлозавалке, потерь при прокаливании (ППП) извести, отношения Mn/S в готовой стали, оказывают значимое влияние на отбраковку заготовок по дефектам поверхности. Такие параметры разливки стали в изложницы, как температура и длительность разливки стали, продолжительность искрения (газовыделения) слитков, значимо определяют отбраковку по внутренним дефектам. На вероятность получения брака в результате забуриваний при прокатке заготовок на арматурные профили заметно влияет скорость прокатки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назюта Л. Ю., Денисенко В. С. Анализ окисленности конечного металла при выплавке стали в большегрузных конвертерах // Вестник Приазовского государственного технического университета. 2011. Вып. 22. С. 68 — 76.
2. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали. — М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. — 528 с.
3. Гальперин Г. С., Бученков А. К., Александров А. И., Болотников В. В. Исследование окисленности стали в 350-т конвертерах // Сталь. 1996. № 1. С. 28 — 29.
4. Голубцов В. А. Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. — Челябинск: ООО «НПП», 2006. — 423 с.
5. Живченко В. С., Фролова С. А., Троцан А. И. Гомогенизация и рафинирование стали продувкой аргоном в шлейфовом мелкопузырьковом режиме // Черная металлургия. Бюл. НТИ. 2008. Вып. 2 (1298). С. 70 — 75.
6. Кудрин В. А. Внепечная обработка чугуна и стали. — М.: Металлургия, 1992. — 336 с.
7. Ефимов В. А. Разливка и кристаллизация стали. — М.: Металлургия, 1976. — 552 с.
8. Китаев Е. М. Затвердевание стальных слитков. — М.: Металлургия, 1982. — 168 с.
9. Кекух А. В., Спиняков В. К., Полуновский И. Е. Энерго- и металлоэкономические технологии при подготовке заготовок для переката на сортовых станах комбината «Криворожсталь» // Производство проката. 2003. № 12. С. 36 — 39.
10. Шлейнинг Л. И., Савиных Н. Г., Беляев Л. И. Влияние температуры посадки слитков в нагревательные колодцы на качество поверхности проката // Черная металлургия: Бюл. НТИ. 1993. № 3. С. 29 — 30.
11. Mosser R. A. Blooming mill surface quality // Mech. work and steel proc. 1977. Vol. 15. Proc. 19th Conf., Pittsburg, Pa. New York N. I. P. 220 — 230.
12. Зезиков М. В., Шипулин П. М., Саломыкин В. В. Исследование режимов нагрева и прокатки слитков из углеродистых конструкционных и качественных сталей // Сталь. 1988. № 8. С. 53 — 54.
13. Тумко А. Н., Ревякин С. В., Тарновская Н. М. Исследование влияния температуры слитков при посадке в нагревательные колодцы на качество поверхности проката // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2001. № 2. С. 48 — 50.
14. Писаренко В. Г., Спиняков В. К., Ильченко Е. В. Влияние технологических факторов прокатного производства на дефектность заготовок сортамента обжимных цехов комбината «Криворожсталь» // Производство проката. 2004. № 10. С. 27 — 32.
15. Наговицын А. В., Любимов И. М. К вопросу прогнозирования появления и залечивания поверхностных дефектов при прокатке крупных слитков низколегированной полуспокойной стали // Производство проката. 1998. № 1. С. 13 — 17.

Статья поступила в редакцию 26.03.2019

ABSTRACTS

On the 55th Anniversary of the "EVRAZ West Siberian Iron & Steel Works": the Enterprise with a Glorious History

UDC 658.567.1

Use of Production Induced Waste in Producing Sinter and IronNikitin L. D., Diachok N. Gh., Washchenko A. V., Shentsov A. I., Kutran V. I. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 8 – 12.

One of the indicators of the environmental management system of EVRAZ ZSMK is reducing the number of unsorted garbage sent to landfill, through the recycling of certain waste. Ecological and economic efficiency of planned activities aimed at reducing environmental damage of medium and natural materials consumption reduction in technological processes. The solution to the problem of recycling is achieved by developing and deploying the technologies they use in the production of sinter and iron. The presence of blast furnace high temperature oxidative reductive potential zones for the most part of volume makes it very suitable for recycling or destruction of various waste, recycling which means other expensive or dangerous for the environment medium. The proposed technology of man-made waste applied at metallurgical enterprises of Russia requires no capital expenditures and provides agglomerate and pig iron with low cost. This corresponds to the modern method of disposal taken in world practice techniques of environmental recovery medium.

Key word: industrial waste, processing, loading, disposal, technology, eco-efficiency, productivity, consumption of coke.

UDC 621.746.047

Implementation of Steel Continuous Casting at the "EVRAZ West Siberian Iron & Steel Works"Amelin A. V., Shchipanov S. S., Amelin A. V., Foigt D. B. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 14 – 16.

Set forth below shows history and development dynamics of continuous steel casting at West Siberian Iron & Steel Works, achieved technical and economic production indicators of continuously cast products, CCM characteristics, stages and directions of further modernization.

Key words: steel continuous casting, billet continuous casting machine (CCM), production volume, quality, modernization, development direction.

UDC 621.746.39

Results of New Techniques Implementation and Ways of Improvement in the Service Life of Exchangeable Steel Casting EquipmentLubianoy D. A., Perekhodov V. Gh., Tcherepanov A. Gh., Buymov D. V. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 17 – 19.

This paper presents a synthesis of many years of experience JSC "EVRAZ ZSMK" on increase of service life of exchangeable equipment are identified. Data on the use of heat treatment and induction melting cast iron are presented. The paper presents data on the use of secondary treatment by resonance-pulsating refining. The durability of replaceable steel filling equipment is at the level of the best indicators in the industry. The article provides an extensive list of literature on the subject.

Key words: mold, pallet, thermal treatment, secondary treatment, resonant-pulsating refining.

UDC 669.187

Research into the Technological Peculiarities of Rail EAF Steel Melting with Use of Directly Reduced IronUmansky A. A., Boikov D. V., Kuznetsov E. P., Tverskoy A. B., Zakharova T. P. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 20 – 22.

Studies conducted in the conditions of the electric steel plant of EVRAZ ZSMK show the principal possibility and effectiveness of partial (up to 55 %) replacement of pig iron with hot-briquetted iron during the smelting of rail steel. The reduction of phosphorus content in steel at the output by 0.003 % at the

constant concentration of non-ferrous metal impurities, the lack of influence of the use of hot-briquetted iron on the performance of the electric arc furnace. The recorded increase in the costs of certain types of energy carriers and raw materials (electricity, natural gas and coke) when introducing hot-briquetted iron into the metal furnace can be compensated by the difference in the prices of pig iron and hot-briquetted iron.

Key words: direct reduction iron, rail steel, electric arc furnace, technical and economic indicators.

UDC 669.046.562.4

Use of Carburizers and Thermal Processing for Rail Steel ProductionBoikov D. V., Lubianoy D. A., Mamedov R. O., Lubianoy D. D. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 23 – 26.

Currently, there is an urgent issue of choosing a carbonizer to improve the quality of metal for the production of rails and becomes a very urgent task. The technology and quality of the produced rails greatly depends on its choice and the technology of its input.

Key words: thermal processing, carburizer, steel, quality, resource- and energy-saving technology.

UDC 669.187.252

Application of Promising Flux Generating Materials for Increasing the Lining Life of the EAFSmetannikov A. V., Shuklin A. V., Zakharova T. P., Feyler S. V., Neunyvakhina D. T. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 28 – 30.

The study of the physical and chemical properties of magnesia flux on the basis of brucite of the Kuldur deposit was carried out. Experimental-industrial research was carried out and its results were analyzed for steelmaking in 100-t electric arc furnace in the amount of 620–670 kg in the additional charge and 220–270 kg with the additives 10–15 minutes before steel tapping. It has been established that when brucite-based magnesia flux is used, the average lining life is 1250 heats.

Key words: steel, slag, magnesia flux, lining, electric arc furnace.

UDC 669.184+621.771.25

Comprehensive Research into the Influence of the Steelmaking and Rolling Technological Parameters upon Billets and Shapes QualityUmansky A. A., Khamitchonok V. V., Temliantsev M. V., Matveev N. Gh., Utrobin M. V. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 32 – 36.

On the basis of complex statistical studies of the influence of technological parameters of various processes on the rejection of ingots and steel billets 3nc on internal and surface defects, carried out in the conditions of "EVRAZ ZSMK", it was found that the formation of surface defects of billets is determined by the parameters of steel smelting and heating of ingots for rolling, and the value of defects in the macrostructure of ingots most significantly depends on the technological parameters of steel casting and heating of ingots. The dependence of the probability of obtaining defects in surface and internal defects in the production of reinforcement profiles on continuous small-grade mills on the rolling speed is established. The obtained data are generalized in the form of regression equations on a natural scale, allowing to predict the level of rejection of ingots, billets and long products for various types of defects when changing the technological parameters of their production.

Key words: billets, ingots, surface defects, quality of macrostructure, long products, regression analysis.

UDC 621.774

On Steel Pipes ManufactureUshakov A. S., Kondratov L. A. // *Stal'*. 2019. No. 7. P. 37 – 49.

The article highlights the results of the work on reconstruction carried out by Russian metallurgical enterprises in 2002–2018 years in order to increase quality and competitiveness of steel

СОДЕРЖАНИЕ

К 55-летию ЕВРАЗ ЗСМК: комбинат со славной историей	2
--	---

ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Никитин Л. Д., Дячок Н. Г., Ващенко А. В., Шенцов А. И., Кутрань В. И. Использование техногенных отходов при производстве агломерата и чугуна	8
--	---

СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Амелин А. В., Щипанов С. С., Амелин Ал. В., Фойгт Д. Б. Освоение непрерывной разливки стали в АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	14
Лубяной Д. А., Переходов В. Г., Черепанов А. Г., Буймов Д. В. Результаты внедрения новых технологий и пути повышения стойкости сменного сталеразливочного оборудования	17

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ

Уманский А. А., Бойков Д. В., Кузнецов Е. П., Тверской А. Б., Захарова Т. П. Исследование технологических особенностей выплавки рельсовой электростали с использованием железа прямого восстановления	20
Бойков Д. В., Лубяной Д. А., Мамедов Р. О., Лубяной Д. Д. Использование науглероживателей и термовременной обработки для производства рельсовой стали	23
Сметанников А. В., Шуклин А. В., Захарова Т. П., Фейлер С. В., Неунывакина Д. Т. Применение перспективных флюсообразующих материалов для повышения стойкости футеровки дуговой сталеплавильной печи	28

ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Уманский А. А., Хамичонок В. В., Темлянец М. В., Матвеев Н. Г., Утробин М. В. Комплексные исследования влияния технологических параметров сталеплавильного и прокатного переделов на качество заготовок и сортового проката	32
--	----

ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ

Ушаков А. С., Кондратов Л. А. О производстве стальных труб	37
---	----

МЕТИЗНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Фастыковский А. Р., Чинокалов Е. В. Разработка инновационной продукции волочильного производства	50
---	----

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Булавенко А. В. Изготовление запчастей и металлоконструкций для ремонта основных металлургических агрегатов	52
--	----

Попугаев М. Г., Дворников Л. Т. Синтез трехзвенных смесительных механизмов, применяемых в металлургии	53
--	----

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Полевой Е. В., Юнин Г. Н., Головатенко А. В., Темлянец М. В. Новейшие разработки рельсовой продукции в АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	55
Дорофеев В. В., Добрянский А. В., Первушин Д. Э., Дорофеев А. В., Сапелкин О. И. Производство на экспорт рельсов по зарубежным стандартам	59
Полевой Е. В., Юнин Г. Н., Юнусов А. М., Добужская А. Б., Галицын Г. А. К вопросу износостойкости рельсов	62
Полевой Е. В., Юнин Г. Н., Смирнов Л. А. К вопросу о требованиях к качеству железнодорожных рельсов и методах их контроля (в порядке обсуждения)	66
Самопляс В. Н. Участие ЦЗЛ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» в проведении аттестационного анализа стандартных образцов и межлабораторных сравнительных испытаний	69
Головатенко А. В., Коновалов А. Н., Полевой Е. В., Мамонтов М. М., Юнусов А. М. О влиянии условных дефектов, выявленных УЗК, на потребительские свойства рельсов	72

ЭКОЛОГИЯ

Попов А. А., Шадур О. Н. Основные аспекты природоохранной деятельности АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	75
---	----

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Скворцов В. В. Система блокировки ЛОТО на ЕВРАЗ ЗСМК: жизнь и здоровье работников на первом месте	77
Морозова Е. А. Опасности на производстве и охрана труда	79

* * *

Правила оформления статей	30
--	----