МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

№ 12, 2017 Издается с января 1958 г. ежемесячно Том 60

МОСКВА • МИСИС • 2017

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Учредители:

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС"

Сибирский государственный индустриальный университет

Настоящий номер журнала подготовлен к печати
Сибирским государственным индустриальным университетом

Адреса редакции:

119049, Москва, Ленинский пр-т, д. 4
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
Тел./факс: (495) 638-44-11, (499) 236-14-27
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@misis.ru
www.fermet.misis.ru

654007, Новокузнецк, 7,
Кемеровской обл., ул. Кирова, д. 42
Сибирский государственный индустриальный университет,
Тел.: (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Журнал «Известия ВУЗов. Черная металлургия» по решению ВАК входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»

Журнал «Известия ВУЗов. Черная металлургия» зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-35456

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ISSN: 0368–0797. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2017. Том 60. № 12. С. 941 – 947.

УДК 621.771.014

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА КАЛИБРОВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСИММЕТРИЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО СТАНА*

Дорофеев В.В.[1], *д.т.н., главный калибровщик* (Vladimir.Dorofeev@evraz.com)
Уманский А.А.[2], *к.т.н., доцент кафедры металлургии черных металлов* (umanskii@bk.ru)
Головатенко А.В.[1], *к.т.н., начальник рельсового производства* (Aleksey.Golovatenko@evraz.com)
Кадыков В.Н.[2], *к.т.н., доцент кафедры обработки металлов давлением и металловедения. ЕВРАЗ ЗСМК* (kadikov_vn@mail.ru)
Добрянский А.В.[1], *старший калибровщик рельсобалочного цеха* (Andrey.Dobryanskij@evraz.com)

[1] **АО ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат**
(654043, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ш. Космическое, 16)
[2] **Сибирский государственный индустриальный университет**
(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Анализ развития железнодорожного путевого хозяйства позволил выявить тенденцию постоянного повышения требований к качеству железнодорожных переводов, являющихся наиболее быстроизнашивающимися элементами верхнего строения рельсового пути. При этом основными причинами несоответствия качества остряковых переводов требованиям стандартов являются неудовлетворительная геометрия и разброс величин остаточных напряжений в исходных заготовках – остряковых рельсах. Асимметричный профиль остряковых рельсов значительно усложняет технологию их производства, особенно при использовании для их прокатки универсальных клетей. В представленной работе рассмотрены теоретические и технологические аспекты освоения производства остряковых рельсов типа ОР65 на новом универсальном рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Несовершенство контрактной калибровки поставщика оборудования рельсобалочного стана, обусловившее невозможность ее применения для массового производства остряковых рельсов, привело к необходимости разработки новой усовершенствованной схемы прокатки. Отличительными особенностями нового способа прокатки остряковых рельсов является интенсифицированный режим обжатий в первой обжимной клети, снижение числа проходов во второй обжимной клети и применение разрезного рельсового наклонного калибра с разъемами по диагонали взамен разрезного рельсового калибра закрытого типа. При этом возможность интенсификации режима деформации предварительно обоснована расчетами усилия прокатки, проведенными с использованием ранее разработанной методики. Внедрение нового режима прокатки рельсов ОР65 позволило повысить производительность стана на 39,8 т/ч и уменьшить отбраковку готовых рельсов по пленам прокатного происхождения на 0,5 %. Проведенный анализ процессов течения металла и формирования чистового профиля остряковых рельсов при прокатке в универсальных клетях показал, что оформление ширины подошвы профиля рельса происходит за счет свободного уширения металла при деформации этого элемента. В результате указанной особенности выполнение необходимой ширины подошвы профиля рельса зависит от многих технологических параметров и не может быть предварительно спрогнозировано с высокой степенью точности. Опыт промышленной прокатки остряковых рельсов на рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ ЗСМК» показал, что достижимая точность размеров элементов прокатных профилей составляет ±1,0 мм. При этом согласно действующей отечественной нормативной документации на производство остряковых рельсов высшего и первого сорта предельные допуски на ширину короткого плеча подошвы установлены в пределах ±0,3 и ±0,5 мм соответственно. Таким образом, выполнение этого требования представляется невозможным.

Ключевые слова: калибровка валков, режим прокатки, рельсовые профили, остряковые рельсы, дефекты поверхности, технико-экономические показатели производства.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-12-941-947

Обозначившаяся в последние годы тенденция к увеличению скорости движения железнодорожных поездов [1 – 7] обуславливает соответствующее повышение требований к качеству железнодорожных переводов, являющихся наиболее быстроизнашивающимися элементами верхнего строения рельсового пути. В частности, к рельсовым переводам для высокоскоростного движения (скорость выше 200 км/ч) предъявляются более высокие требования по геометрическим параметрам (в том числе по допускам на размеры, неровность поверхности катания рельсов и т.д.). Поскольку исходной заготовкой для производства остряков стрелочных переводов являются остряковые рельсы, то улучшение качества последних является актуальной задачей. Этот тезис подтверждается имеющимися данными о том, что основными причинами брака при изготовлении остряковых переводов являются неудовлетворительная геометрия и разброс величин остаточных напряжений в исходных заготовках – остряковых рельсах [8].

*Работа выполнена в СибГИУ в рамках базовой части Государственного задания Минобрнауки РФ № 11.6365.2017/8.9.

Следует отметить, что профиль острякового рельса имеет ярко выраженную асимметричную форму (рис. 1), что значительно усложняет режимы его производства, в том числе калибровку прокатных валков. Особенно значительные трудности возникают при освоении производства таких профилей на современных универсальных рельсобалочных станах, имеющих в своем составе непрерывную группу прокатных клетей.

Анализируя тенденции развития рельсопрокатного производства, можно отметить, что технология прокатки рельсов в универсальных калибрах активно внедряется в мировой металлургии, начиная с 70-х гг. XX века [9 – 15]. Данный факт объясняется наличием целого ряда существенных преимуществ по отношению к устаревшей схеме прокатки рельсов в двухвалковых калибрах двух- и трехвалковых клетей, обуславливающих повышение качества рельсов при одновременном снижении затрат на их производство [16 – 20]. В целом можно констатировать, что в настоящее время в зарубежных странах прокатка рельсов осуществляется в основном с использованием универсальных клетей.

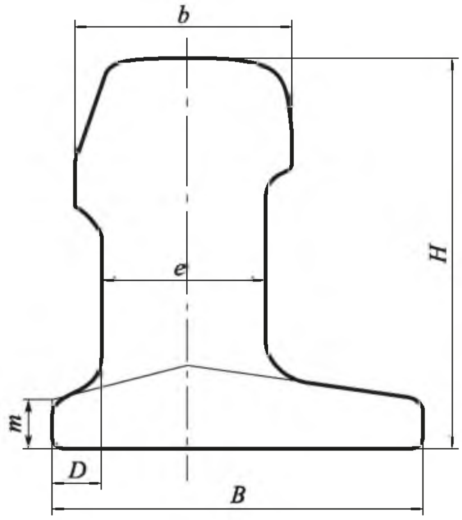

Рис. 1. Профиль поперечного сечения остряковых рельсов:
H – высота рельса; *b* – ширина головки; *e* – толщина шейки;
B – ширина подошвы; *D* – ширина короткого плеча подошвы;
m – высота пера подошвы

Fig. 1. Cross-section profile of switch point rails:
H – rail height; *b* – width of the head; *e* – thickness of the web;
B – width of the base; *D* – width of base short arm; *m* – height of the base blade

В отечественной металлургии первый универсальный рельсобалочный стан запущен в эксплуатацию в 2013 г. на АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ ЗСМК»). Прокатный стан имеет в своем составе две последовательно расположенные двухвалковые реверсивные обжимные клети (*BD1* и *BD2*) и смещенный относительно линии прокатки универсальный тандем-стан, состоящий из двух универсальных и одной вспомогательной двухвалковой клети, а также отдельно расположенной чистовой универсальной клети (рис. 2).

В соответствии с контрактной калибровкой поставщика оборудования рельсобалочного стана (компании «SMS Meer») схема прокатки остряковых рельсов типа ОР65 включала в себя следующие основные этапы:

– семь проходов в ящичных калибрах клети *BD1* с получением прямоугольного подката;

– семь проходов в клети *BD2*, в том числе первый проход в калибре «лежачая трапеция», второй и третий проходы в калибре «стоячая трапеция», четвертый и пятый проходы в разрезном рельсовом калибре закрытого типа, шестой и седьмой проходы в подготовительном рельсовом калибре открытого типа;

– прокатку в клетях тандем-стана за три прохода, в том числе первый проход в универсальной клети *UR* и вспомогательной (эджерной) клети *E*, второй проход в клети *UR*; третий проход последовательно во всех трех клетях тандем-стана (*UR*, *E*, *UF*).

Практический опыт производства остряковых рельсов по вышеописанной схеме позволил выявить ряд ее значительных недостатков:

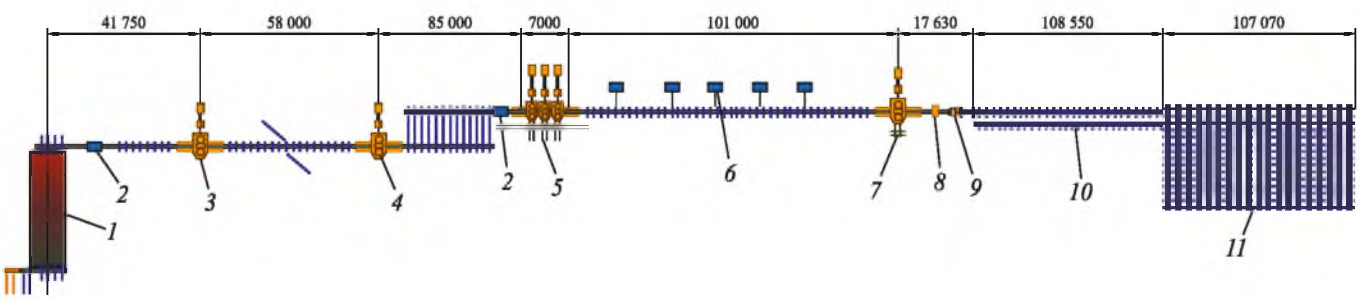

Рис. 2. Схема расположения оборудования универсального рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ ЗСМК»:
1 – нагревательная печь; *2* – устройство гидросбива окалины; *3*, *4* – обжимные клети BD1 и BD2; *5* – тандем-группа клетей; *6* – пилы горячей резки; *7* – чистовая клеть; *8* – лазерный профилемер; *9* – клеймитель; *10* – участок дифференцированной закалки; *11* – участок холодильника

Fig. 2. Layout of the equipment of universal rail-mill of JSC "EVRAZ ZSMK":
1 – heating furnace; *2* – device for water descaling; *3*, *4* – BD1 and BD2 breakdown stands; *5* – tandem group of stands; *6* – saws of hot cutting; *7* – finishing stand; *8* – laser profiler; *9* – stamper; *10* – section of differentiated hardening; *11* – section of the refrigerator

– при прокатке в клети *BD2* имело место скручивание раскатов на выходе из калибров;

– в закрытом ручье разрезного рельсового калибра происходило интенсивное налипание металла по периметру стенок;

– невозможность восстановления рельсового разрезного калибра закрытого типа по ширине при регламентированном съеме металла при переточке валков.

Для устранения вышеприведенных недостатков разработан новый способ прокатки (рис. 3) остряковых рельсов с интенсифицированным режимом обжатий в клети *BD1*, уменьшенным количеством проходов в клети *BD2* и применением разрезного рельсового наклонного калибра с разъемами по диагонали взамен разрезного рельсового калибра закрытого типа. Возможность интенсификации режима деформации предварительно обоснована расчетами усилия прокатки, проведенными с использованием ранее разработанной методики расчета сопротивления деформации рельсовых сталей [21, 22]. Согласно указанной методике сопротивление деформации определяется из выражения

$$\sigma = Ae^{m_1 t}\varepsilon^{m_2}e^{\frac{m_3}{\varepsilon}}(1+\varepsilon)^{m_4 t}e^{m_5\varepsilon}u^{m_6 t},$$

где A, $m_1 - m_6$ – коэффициенты уравнения, зависящие от химического состава стали; e – число Эйлера; t – температура прокатки, °C; ε – логарифмическая степень деформации; u – скорость деформации, с$^{-1}$.

Коэффициенты A, $m_1 - m_6$ определяются из выражений

$$A = 4365{,}4 + 69\,118\,[\mathrm{S}];$$

$$m_1 = -0{,}0033 - 0{,}0043\,[\mathrm{V}];$$

$$m_2 = 0{,}2607 - 5{,}7663\,[\mathrm{P}];$$

$$m_3 = -0{,}0025 + 0{,}00308\,[\mathrm{C}] + 0{,}00025\,[\mathrm{Mn}];$$

$$m_4 = -0{,}0015 + 0{,}0475\,[\mathrm{P}];$$

$$m_5 = -0{,}407 + 0{,}655\,[\mathrm{Mn}];$$

$$m_6 = 0{,}0002 - 0{,}0012\,[\mathrm{V}],$$

где [S], [V], [P], [C] и [Mn] – содержание, %, в стали серы, ванадия, фосфора, углерода и марганца соответственно.

Расчеты проводили для стали марки Э76ХСФ по ГОСТ Р 55820 – 2013 с использованием фактического химического состава этой марки стали на плавках текущего производства (см. таблицу); температуру прокатки по проходам выбирали исходя из температуры

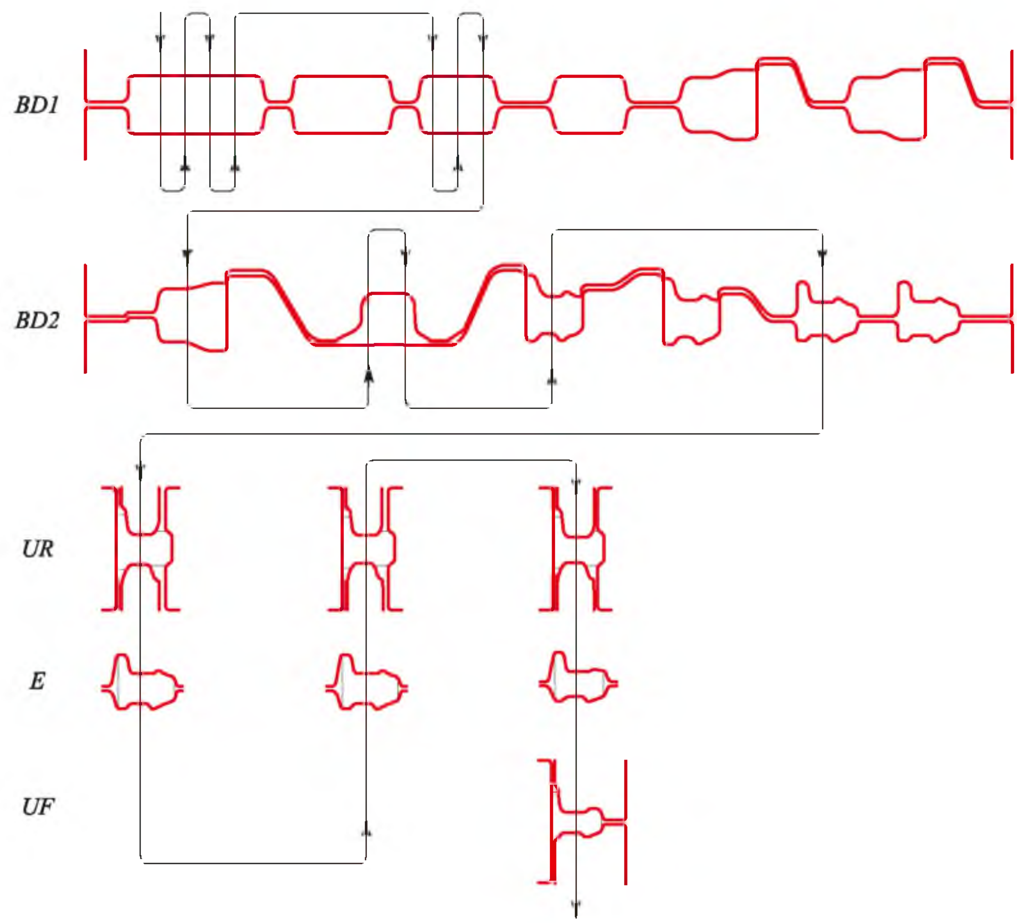

Рис. 3. Усовершенствованная схема прокатки остряковых рельсов типа ОР65 на универсальном рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Fig. 3. Improved rolling scheme for switch point rails of OR65 type on universal rail mill of JSC “EVRAZ ZSMK”

Химический состав стали Э76ХСФ для производства рельсов ОР65

Chemical composition of E76KhSF steel for production of OR65 rails

Содержание элемента, %						
C	Mn	Si	V	Cr	P	S
0,76 / 0,69 – 0,80	0,90 / 0,70 – 1,00	0,60 / 0,30 – 0,70	0,07 / 0,03 – 0,15	0,60 / 0,35 – 0,80	0,015 / не более 0,020	0,015 / не более 0,020

Примечание. В числителе – фактический состав, в знаменателе – требования ГОСТ Р 55820-2013.

нагрева заготовок под прокатку 1170 °C и падения температуры на 5 °C за проход.

По полученным расчетным данным, подтвержденным фактическим опытом работы рельсобалочного стана, при использовании нового режима прокатки остряковых рельсов усилие прокатки не превышает 80 % от допустимого усилия прокатки (рис. 4).

В результате внедрения нового режима прокатки рельсов ОР65 за счет снижения количества проходов в клети *BD2* достигнуто уменьшение цикла прокатки на 22,5 с, что обусловило повышение производительности стана при производстве данного вида продукции на 39,8 т/ч. Экономический эффект от повышения производительности стана составил 29,7 млн. руб/год.

Применение наклонного расположения рельсового калибра в новой схеме прокатки позволило добиться следующих преимуществ по сравнению с контрактной калибровкой:

– обеспечить возможность переточки валков без изменения ширины калибров;

– повысить интенсивность обжатия;

– устранить опасность «окова» валков раскатом вследствие диагонального расположения закрытых и открытых фланцев;

– облегчить задачу раската в валки за счет большого выпуска калибра;

– отказаться от схемы прокатки с различным диаметром нижнего и верхнего валков.

По фактическим данным облегчение условий задачи раската в валки при использовании нового режима прокатки позволило снизить отбраковку готовых рельсов ОР65 по дефекту «плена» на 0,5 %.

Анализируя процессы течения металла и формирования чистового профиля рельсов при использовании разработанной схемы прокатки, следует отметить, что контроль ширины фланцев подошвы и головки профиля раската после первого и третьего четырехвалкового калибров проводится во вспомогательных открытых двухвалковых калибрах эджерной клети. Окончательное же оформление профиля острякового рельса осуществляется в трехвалковом чистовом универсальном калибре. Ручьи этого калибра, фор-

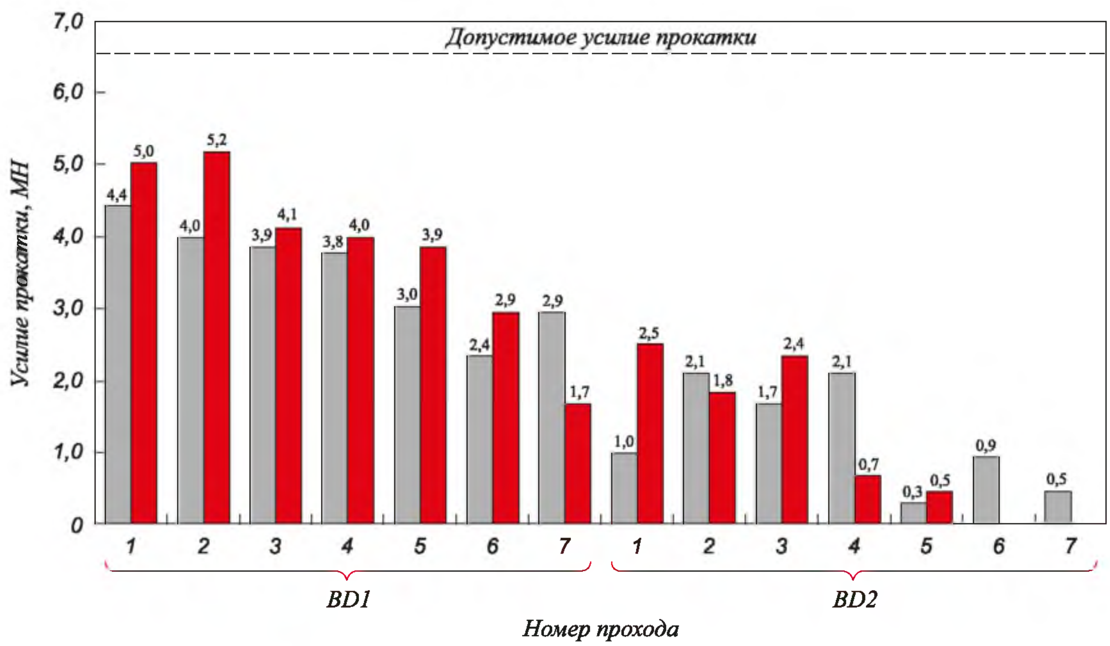

Рис. 4. Расчетные усилия прокатки при деформации в обжимных клетях универсального рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ ЗСМК»:
– проектная калибровка; – разработанная калибровка

Fig. 4. Calculated forces of rolling during deformation in breakdown stand of universal rail mill of “EVRAZ ZSMK” JSC:
– project calibration; – designed calibration

мирующие головку рельса, конструируются по тем же правилам, что и для двухвалковых чистовых калибров с разъемом валков посередине поверхности катания головки профиля, а подошва формируется в трехвалковом участке калибра, где ширина подошвы формируется за счет свободного уширения металла в разъемах валков (рис. 5, *а*). Соответственно уширение короткого и длинного плечей подошвы профиля ($\Delta B_ф$) складывается из естественного уширения ($\Delta B_е$) (вследствие основного обжатия этих элементов в калибре) и вынужденного уширения ($\Delta B_в$) (появляющихся в результате дополнительного обжатия местных наплывов металла у вершин короткого и длинного плечей подошвы, образующихся при деформации этих элементов во вспомогательных калибрах горизонтальной эджерной клети):

$$\Delta B_ф = \Delta B_е + \Delta B_в;$$

$$\Delta B_е = \frac{2{,}54\Delta t\left(\varepsilon_ф - \varepsilon_ш\right)}{\varepsilon_ф};$$

$$\Delta B_в = \frac{k\Delta Ht'}{\lambda t},$$

где $\Delta t = t' - t$ – среднее обжатие фланца по толщине; $\varepsilon_ф$ и $\varepsilon_ш$ – относительное обжатие фланцев и шейки соответственно; $\varepsilon_ф = \Delta t$; $\varepsilon_ш = d' - d$; $\Delta H_ф = H'_ф - H_ф$ – обжатие фланцев по высоте во вспомогательной клети; λ – коэффициент вытяжки в универсальном калибре; k – коэффициент, учитывающий долю металла, идущего на уширение фланца (принимается 0,5 для черновых клетей и 0,7 – для чистовых клетей).

Формирование подошвы остріякового рельса в трехвалковом участке калибра позволяет ликвидировать присущий прокатке в двухвалковом калибре (рис. 5, *б*) момент, вызываемый защемлением металла в закрытом верхнем фланце калибра, формирующем длинное плечо подошвы рельса ($M_з$), совпадающий с направлением скручивающего момента ($M_с$), вызываемого различием скоростей по периметру чистового калибра остріякового рельса (рис. 5, *а*) и уменьшить скрученность при выходе из валков.

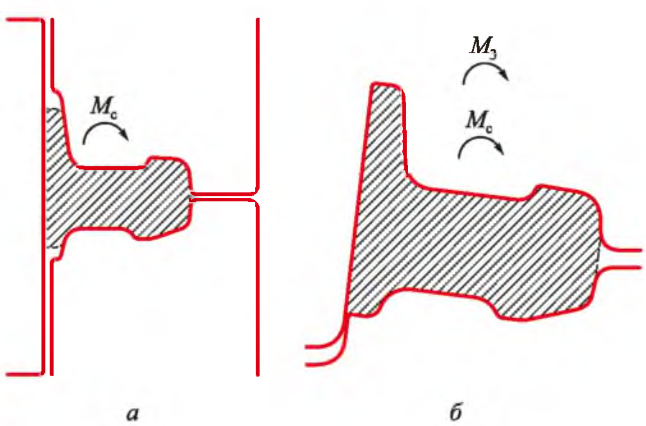

Рис. 5. Общий вид универсального трехвалкового (*а*) и чистового двухвалкового (*б*) калибров для прокатки рельсов остряковых

Fig. 5. General view of universal three-roll (*a*) and finishing two-roll (*б*) calibers for switch point rails rolling

Вместе с тем следует отметить ограничения, присущие разработанному режиму прокатки остряковых рельсов в условиях универсального рельсобалочного стана. Как показано выше, окончательное формирование профиля рельсов в чистовом универсальном калибре вертикальным роликом и боковыми поверхностями ручьев горизонтальных валков предусматривает оформление ширины подошвы профиля за счет свободного уширения металла при деформации этого элемента (рис. 5, *а*). В результате формирование ширины подошвы профиля в чистовом калибре осуществляется не инструментом, а свободным уширением металла, которое зависит от многих технологических параметров и не может быть предварительно спрогнозировано с высокой степенью точности. В связи с этим закономерно возникают затруднения при выполнении требований нормативной документации по точности получения размеров элементов профиля. Имеющиеся производственные данные отечественных и зарубежных металлургических предприятий позволяют говорить о достижимой точности размеров элементов прокатных профилей, получаемых горячей прокаткой при наличии в схеме прокатки свободного уширения металла, величиной ±1,0 мм. Данный факт подтверждается также требованиями, установленными зарубежной нормативной документацией. При этом согласно действующего отечественного ГОСТ Р 55820 – 2013 предельные допуски на ширину короткого плеча подошвы для классов точности изготовления профиля «высший сорт» (*X*) и «первый сорт» (*Y*) установлены в пределах ±0,3 и ±0,5 мм соответственно. В соответствии с вышеизложенным, выполнение этого требования представляется невозможным, что требует внесения корректив в действующую нормативно-техническую документацию на производство остряковых рельсов.

Выводы. На основании результатов теоретических исследований и экспериментов, проведенных в условиях действующего рельсобалочного стана, разработан новый способ прокатки остряковых рельсов. Отличительными особенностями новой схемы прокатки являются: интенсифицированный режим обжатий в первой обжимной клети, снижение количества проходов во второй обжимной клети и применение разрезного рельсового наклонного калибра с разъемами по диагонали взамен разрезного рельсового калибра закрытого типа. Внедрение усовершенствованного режима прокатки остряковых рельсов ОР65 на универсальном рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ ЗСМК» позволило повысить производительность стана и улучшить качество поверхности рельсовых профилей. Экономическая эффективность от внедрения нового режима прокатки составила 29,7 млн. руб/год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stalinskii D.V., Rudyuk A.S. Production and Quality of Rails // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 5. Pp. 73 – 77.
2. Samoilovich Yu.A. Possibility of producing railway rails with increased strength and minimum buckling // Metallurgist. 2012. Vol. 55. No.11. Pp. 903 – 911.
3. Sinel'nikov V.A., Filippov G.A. Technological Aspects of Improving the Quality and Service Properties of Railroad Rails // Metallurgist. 2001. Vol. 45. No. 9. Pp. 403 – 407.
4. Golovatenko A.V., Umansky A.A., Dorofeev V.V. Analysis of the main trends in the development of rail production in Russia and abroad // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. No. 150. 012002 S.
5. Свейковски У., Нерзак Т. Производство рельсов высокого качества с использованием компактных универсальных клетей и технологий Rail Cool. Металлургическое производство и технология (МРТ) // Черные металлы. 2006. № 2. С. 50 – 56.
6. Никитина Л.А. Состояние и перспективы развития производства проката в России и за рубежом. Ч. IV // Производство проката. 2000. № 11. С. 2 – 10.
7. Смирнов В.К., Бондин А.Р., Михайленко А.М. Исследование прокатки рельсов в универсальных клетях // Производство проката. 2002. № 12. С. 24 – 30.
8. Коган А.Г., Шур Е.А. Перспективы повышения качества остряковых рельсов // Сборник трудов юбилейной рельсовой комиссии ОАО «КМК». 2002. С. 42 – 48.
9. Stammbach R. Das Walzen von Tragern und Shinen ant Triogerusten der Kontintraseum Universalwalzmverfahren // Der Kalibreur. 1968. No. 9.
10. Lassent A. Le train a'poutrelles et a'rails de l'usine d'hagauge (SASILOR) // Revue de metallurge. 1974. Vol. 11. No. 10. Pp. 733 – 748.
11. Mennel G. Schienenwalzung in Universal Gerust der Modernisienung der Strap Hagange // Der Kalibreur. 1981. No. 35. Pp. 15 – 16.
12. Kinoshita K., Hattozi M., Hagashiga H., Isozumi K. On reconctraction of Rail Mill and Newly – developed rails of Nippon Steel Corparation // Nipon: Steel Technical Report Overseas. 1973. No. 3.
13. Svejkovsky U. Newest technologies for economical sections production // AISE Steel Technology. 2002. No. 2. Pp. 33 – 39.
14. Frank E. Former. Steel Dynamics Commissions Its New Structural and Rail Division // AISE Steel Technology. 2002. No. 11-12. Pp. 27 – 35.
15. Desvallees J., Faessey A., Gouth G., Mennel G. Universal rolling of rails – State of the art // Iron and steel engineer. 1987. March. Pp. 25 – 31.
16. Shilov V.A., Shvarts D.L., Litvinov R.A. Shaping of metal when rolling rails in universal grooves // Steel in Translation. 2008. Vol. 38. No. 3. Pp. 214 – 216.
17. Shvarts D.L. Rolling of rail profiles in a universal groove. Part 1 // Steel in Translation. 2015. Vol. 45. No. 6. Pp. 430 – 435.
18. Shvarts D.L. Rolling of rail profiles in a universal groove. Part 2 // Steel in Translation. 2015. Vol. 45. No. 7. Pp. 499 – 502.
19. Shilov V.A., Shvarts D.L., Skosar' E.O. Aspects of the rolling of long rails on a universal rail-beam mill // Metallurgist. 2016. Vol. 60. Iss. 3. Pp. 260 – 266.
20. Golovatenko A.V., Umansky A.A., Kadykov V.N. Improvement of rolling modes of long length rails on the universal rail and structural steel mill "EVRAZ ZSMK" // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. No. 150. Pp. 12 – 28 .
21. Уманский А.А., Головатенко А.В., Кадыков В.Н. Разработка методики прогнозирования сопротивления деформации рельсовой стали при изменяющихся условиях прокатки // Инновации в материаловедении и металлургии. Материалы IV Международной интерактивной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2015. С. 199 – 202.
22. 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 Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. No. 150. P. 012029.

Поступила 17 апреля 2017 г.

Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy. 2017. Vol. 60. No. 12, pp. 941–947.

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF ROLLS CALIBRATION FOR PRODUCTION OF ASYMMETRICAL RAIL PROFILES AT UNIVERSAL ROLLING MILL

V.V. Dorofeev[1], A.A. Umanskii[2], A.V. Golovatenko[1], V.N. Kadykov[2], A.V. Dobryanskii[1]

[1] JSC "EVRAZ – Joint West Siberian Metallurgical Plant", Novokuznetsk, Russia
[2] Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract. Analysis of the development of railway track facilities revealed a tendency to constantly improve quality requirements for rail transfers, which have the most wear in the upper part of the rail way. The major causes of quality inconsistency of switch point transfers to requirements of the standards are poor geometry and spread the values of residual stresses in the initial blanks – switch point rails. Asymmetrical profile of switch point rails greatly complicates their manufacturing technology, especially at use of universal rolling mill stands for their rolling. This paper describes theoretical and technological aspects of the development of OR65 switch point rails production at the new universal rolling mill of JSC "EVRAZ ZSMK". Imperfection of contract calibration of the supplier of rolling mill equipment, which determined the impossibility of its application for mass production of switch point rails, led to the need to develop new and improved rolling pattern. Distinctive features of the new method of stand, reduction switch point rails rolling are an intensified mode of breakdown in the first breakdown of the number of passes in the second breakdown stand and the use of split inclined rail caliber with diagonal connectors instead of closed split rail caliber. At the same time the possibility of intensifying the strain mode is preliminarily justified by calculations of rolling force conducted using a previously developed authors' technique. The introduction of a new mode of rolling the OR65 rails allowed to increase the mill's productivity by 39.8 t/h and to reduce the rejection of finished rails by 0.5 % of rolling stock. The analysis of metal flow processes and of the formation of finishing profile of switch point rails while rolling in the universal stands has shown that the clearance of width of the rail profile base is due to the free broadening of the metal at the element deformation. As a result of this feature, the execution of the necessary width of the rail profile base depends on many technological parameters and cannot be predicted with a high degree of accuracy. The experience of industrial rolling of switch point rails on the rail mill of JSC "EVRAZ ZSMK" has shown that the achievable accuracy of the elements dimensions of the rolling profiles is ±1.0 mm. At the same time, according to the current domestic regulatory documentation for the production of switch point rails of the highest and first grades, the maximum tolerances for the width of the short arm of the base are set within ±0.3 and ±0.5 mm, respectively. Thus, the fulfillment of this requirement is impossible.

Keywords: rolls calibration, rolling mode, rail profiles, switch point rails, surface defects, technical and economic indicators of production.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-12-941-947

REFERENCES

1. Stalinskii D.V., Rudyuk A.S. Production and quality of rails. *Steel in Translation*. 2011, vol. 41, no. 5, pp. 73–77.
2. Samoilovich Yu.A. Possibility of producing railway rails with increased strength and minimum buckling. *Metallurgist*. 2012. vol. 55, no.11, pp. 903–911.
3. Sinel'nikov V.A., Filippov G.A. Technological aspects of improving the quality and service properties of railroad rails. *Metallurgist*. 2001, vol. 45, no. 9, pp. 403–407.
4. Golovatenko A.V., Umansky A.A., Dorofeev V.V. Analysis of the main trends in the development of rail production in Russia and abroad. *IOP Conf Series: Materials Science and Engineering*. 2016, no. 150, 012002 p.
5. Svejkovsky U., Nerzak T. Production of high-quality rails using compact universal stands and Rail Cool technologies. Metallurgical production and technology (MRI). *Chernye metally*. 2006, no. 2, pp. 50–56. (In Russ.).
6. Nikitina L.A. State and prospects for development of rolled metal production in Russia and abroad. Part. IV. *Proizvodstvo prokata*. 2000, no. 11, pp. 2–10. (In Russ.).
7. Smirnov V.K., Bondin A.R., Mikhailenko A.M. Research of rails rolling in universal stands. *Proizvodstvo prokata*. 2002, no. 12. pp. 24–30. (In Russ.).
8. Kogan A.G., Shur E.A. Prospects of improving the quality of switch point rails. In: *Sbornik trudov yubileinoi rel'sovoi komissii OAO "KMK"* [Coll. of papers of Anniversary Rails Commission of OJSC "KMK"]. 2002, pp. 42–48. (In Russ.).
9. Stammbach R. Das Walzen von Tragern und Shinen ant Triogerusten der Kontintraseum Universalwalzmverfahren. *Der Kalibreur*. 1968, no. 9. (In Germ.).
10. Lassent A. Le train a'poutrelles et a'rails de l'usine d'hagauge (SASILOR). *Revue de metallurge*. 1974, vol. 11, no. 10. pp. 733–748. (In Fr.).
11. Mennel G. Schienenwalzung in Universal Gerust der Modernisienung der Strap Hagange. *Der Kalibreur*. 1981, no. 35, pp. 15–16. (In Germ.).
12. Kinoshita K., Hattozi M., Hagashiga H., Isozumi K. On reconstruction of rail mill and newly – developed rails of Nippon Steel Corporation. *Nipon: Steel Technical Report Overseas*. 1973, no. 3.
13. Svejkovsky U. Newest technologies for economical sections production. *AISE Steel Technology*. 2002, no. 2, pp. 33–39.
14. Frank E. Former. Steel dynamics commissions its new structural and rail division. *AISE Steel Technology*. 2002, no. 11-12, pp. 27–35.
15. Desvallees J., Faessey A., Gouth G., Mennel G. Universal rolling of rails – state of the art. *Iron and steel engineer*. 1987, March, pp. 25–31.
16. Shilov V.A., Shvarts D.L., Litvinov R.A. Shaping of metal when rolling rails in universal grooves. *Steel in Translation*. 2008, vol. 38, no. 3, pp. 214–216.
17. Shvarts D.L. Rolling of rail profiles in a universal groove. Part 1. *Steel in Translation*. 2015, vol. 45, no 6, pp. 430–435.
18. Shvarts D.L. Rolling of rail profiles in a universal groove. Part 2. *Steel in Translation*. 2015, vol. 45, no 7, pp. 499–502.
19. Shilov V.A., Shvarts D.L., Skosar' E.O. Aspects of the rolling of long rails on a universal rail-beam mill. *Metallurgist*. 2016, vol. 60, no. 3, pp. 260–266.
20. Golovatenko A.V., Umansky A.A., Kadykov V.N. Improvement of rolling modes of long length rails on the universal rail and structural steel mill "EVRAZ ZSMK". *IOP Conf Series: Materials Science and Engineering*. 2016, no. 150, pp. 12–28.
21. Umanskii A.A., Golovatenko A.V., Kadykov V.N. Development of method for predicting rail steel deformation resistance under varying rolling conditions. In: *Innovatsii v materialovedenii i metallurgii. Materialy IV Mezhdunarodnoi interaktivnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Innovations in materials science and metallurgy. Materials of the IV Int. Interactive Scientific and Practical Conf.]. Ekaterinburg, 2015, pp. 199–202. (In Russ.).
22. 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 Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2016. no. 150, p. 012029.

Acknowledgements. The work was performed at the SibSIU under the basic part of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation no. 11.6365.2017/8.9.

Information about the authors:

V.V. Dorofeev, *Dr Sci. (Eng.), Chief Calibrator* (Vladimir.Dorofeev@evraz.coml)
A.A. Umanskii, *Cand Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair of Ferrous Metallurgy* (umanskii@bk.ru)
A.V. Golovatenko, *Cand Sci. (Eng.), Chief of Rail Production* (Aleksey.Golovatenko@evraz.com)
V.N. Kadykov, *Cand Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair "Metal Forming and Metal Science". OJSC "EVRAZ ZSMK"* (kadikov_vn@mail.ru)
A.V. Dobryanskii, *Senior Calibrator of Rail and Beam Shop* (Andrey.Dobryanskij@evraz.com)

Received April 17, 2017

Над номером работали:

Леонтьев Л.И., *главный редактор*

Протопопов Е.В., *заместитель главного редактора*

Ивани Е.А., *заместитель главного редактора*

Бащенко Л.П., *заместитель ответственного секретаря*

Потапова Е.Ю., *заместитель главного редактора по развитию*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Неунывахина Д.Т., *ведущий редактор*

Расенець В.В., *верстка, иллюстрации*

Кузнецов А.А., *системный администратор*

Острогорская Г.Ю., *менеджер по работе с клиентами*

Подписано в печать 22.12.2017. Формат 60×90 $^1/_8$. Бум. офсетная № 1.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,5. Заказ 6378. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС.
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4.
Тел./факс: (499) 236-76-17, 236-76-35

Индекс 70383

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY