

УДК 621.771.25

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА НА ДЕЙСТВУЮЩИХ НЕПРЕРЫВНЫХ СТАНАХ

*Фастыковский Р.А., д.т.н., профессор кафедры обработки металлов давлением
и металловедения. ЕВРАЗ ЗСМК*

Уманский А.А., к.т.н., доцент кафедры металлургии черных металлов (umanski@bk.ru)

Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. На основании результатов моделирования процессов прокатки в сортовых калибрах простой формы определены и экспериментально подтверждены закономерности течения поверхностных слоев заготовок и их влияние на формирование напряженно-деформированного состояния металла в процессе прокатки. С учетом сформулированных рекомендаций разработана и прошла опытно-промышленное опробование новая калибровка валков черновой группы клетей непрерывного мелкосортного стана 250-2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», использование которой позволило увеличить выход годного при производстве проката из качественных конструкционных сталей на 3 %. Проведена оценка повышения эффективности производства за счет увеличения производительности при внедрении процесса прокатки-разделения в условиях действующего непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Предложена методика для определения кратности разделения в зависимости от необходимого приращения производительности, приведены рекомендации по расчету скоростного режима в черновых и чистовых клетях непрерывных станов, фактические данные по изменению суммарных коэффициентов вытяжки и скоростных условий по группам клетей при получении арматурных профилей № 10, № 12 и № 14.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, сортовая прокатка, отходы, калибровка прокатных валков, прокатка-разделение.

DOI: 10.15825/0368-0797-2015-5-322-327

В настоящее время важными направлениями развития прокатного производства, в том числе сорто-прокатных станов, являются энерго- и ресурсосбережение, что связано с необходимостью обеспечения конкурентоспособности прокатной продукции на внешнем и внутреннем рынках за счет более низкой себестоимости производимой продукции. При этом в качестве основных направлений для реализации ресурсосберегающих режимов прокатки в условиях действующих станов являются снижение количества отходов и брака, уменьшение энергозатрат на производство.

Следует отметить, что значительную долю в структуре отходов составляет отбраковка из-за наличия поверхностных дефектов. Эти поверхностные дефекты на готовом прокате могут иметь как сталеплавильное происхождение (то есть переходить с исходных заготовок (слитков)), так и образовываться при нагреве заготовок под прокатку или непосредственно в процессе деформации в прокатных клетях.

Известно, что использование оптимальных режимов прокатки позволяет не только снизить вероятность образования поверхностных дефектов в процессе деформации, но и значительно уменьшить размеры дефектов, уже имеющихся на поверхности исходных заготовок (слитков). Процессы образования и развития поверхностных дефектов зависят от схемы напряженно-дефор-

мированного состояния металла в процессе прокатки, которая, в свою очередь, определяется используемой калибровкой прокатных валков.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных разработке и совершенствованию калибровок прокатных валков для производства сортовых профилей [1 – 3], следует отметить отсутствие единого мнения по данному вопросу. Указанный факт связан с тем, что исследователями не установлены общие закономерности влияния течения различных слоев металла при прокатке в калиброванных валках на формирование напряженно-деформированного состояния металла в объеме раската.

Исследования в этом направлении до последнего времени были затруднены сложностью математического аппарата, необходимого для проведения моделирования. Появившиеся в последние годы специализированные программные комплексы (DEFORM, QFORM, ANSYS/LS-DYNA) позволяют решить указанную проблему. Так, авторами работы [4] проведено исследование напряженно-деформированного состояния в области расположения угловых дефектов на слябах и его взаимосвязи с формоизменением указанных дефектов в процессе прокатки, по результатам которого разработана эффективная схема прокатки в черновой группе клетей листопрокатного стана «2000». Следует отметить, что для калиброванных валков подобные исследования

на сегодняшний день отсутствуют, что делает исследования в этом направлении актуальными.

В настоящей работе с использованием программного комплекса DEFORM 3D проведено моделирование напряженно-деформированного состояния металла при прокатке заготовок различной формы в сортовых калибрах: деформация заготовки квадратного поперечного сечения в ящичном, ромбическом и овальном калибрах и деформация подката, имеющего поперечное сечение в форме овала, в калибре овальной формы.

В качестве показателя, характеризующего напряженно-деформированное состояние металла в процессе прокатки, использовали критерий Кокрофта-Лэтэма, определяемый по выражению

$$D = \int_0^{\bar{\varepsilon}} \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\varepsilon},$$

где $\bar{\varepsilon}$ – накопленная пластическая деформация; $d\bar{\varepsilon}$ – приращение накопленной деформации; σ^* – максимальное главное растягивающее напряжение; $\bar{\sigma}$ – интенсивность напряжений.

Этот критерий характеризует степень исчерпания запаса пластичности и, таким образом, определяет вероятность образования и развития дефектов в процессе деформации.

С целью раскрытия механизмов создания напряженно-деформированного состояния металла при прокатке в калибрах разной формы моделировали течение металла в различных зонах по ширине калибров с помощью точек, нанесенных на верхнюю грань исходной заготовки.

В результате установлено, что степень использования запаса пластичности поверхностных слоев заготовки напрямую зависит от горизонтального перемещения металла: наибольшие значения критерий Кокрофта-Лэтэма принимает в тех зонах калибров, где перемещение в горизонтальном направлении полностью отсутствует (имеет место только вертикальное перемещение металла) (рис. 1). Такие зоны для исследуемых вытяжных сортовых калибров располагаются в приповерхностных слоях заготовки вокруг вертикальной оси калибров. В боковых зонах сортовых калибров поверхностные слои металла одновременно перемещаются в направлении обжатия и в горизонтальной плоскости по направлению от центра калибра к его периферии. Установлено, что наиболее благоприятная схема напряженно-деформированного состояния создается при высокой степени подобия формы исходной заготовки и используемых для прокатки калибров: минимальные значения критерия Кокрофта-Лэтэма получены при деформации подката овального поперечного сечения в овальном калибре, а максимальные – при деформации квадратной заготовки в калибре овальной формы.

Для подтверждения полученных данных проведена серия лабораторных и промышленных экспериментов [5, 6].

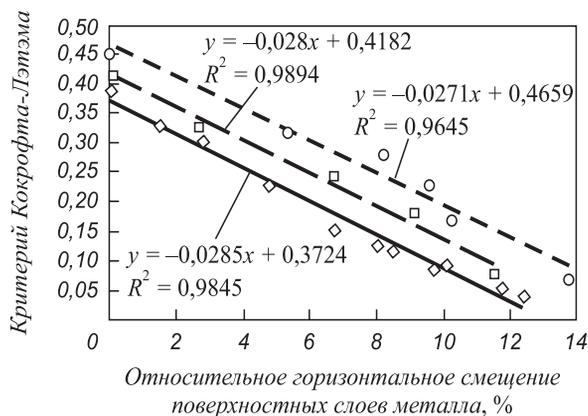


Рис. 1. Зависимость степени использования запаса пластичности при прокатке в сортовых калибрах от характера течения металла в процессе деформации:

—, \diamond – ромбический калибр; - - -, \square – ящичный калибр; - - -, \circ – овальный калибр

Fig. 1. Dependence of usage factor of plasticity reserve when rolling in bar passes on the pattern of metal flow in the deformation process:

—, \diamond – rhombic pass; - - -, \square – box pass; - - -, \circ – oval pass

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в нанесении на поверхность исходных заготовок (образцов) искусственных дефектов и анализе их выкатываемости при деформации в калибрах различной формы.

В качестве критерия интенсивности выкатываемости поверхностных дефектов использовали коэффициент выработки, определяемый по выражению

$$K_{\text{выр}} = \frac{H_{\text{д0}}}{H_{\text{д1}}},$$

где $H_{\text{д0}}$ и $H_{\text{д1}}$ – глубина дефектов до и после прокатки.

При проведении лабораторных исследований производили прокатку свинцовых образцов квадратного поперечного сечения в прямоугольном, ромбическом и овальном калибрах. Промышленные эксперименты проводили в условиях непрерывного мелкосортного стана 250-2 ОАО «ЕВРАЗ объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЕВРАЗ ЗСМК) с использованием заготовок от плавки текущего производства. Заготовки прокатывали по двум калибровкам: существующей (базовой) с использованием ящичных и шестигранных калибров в последних клетях черновой группы и опытной, предполагающей замену калибров указанной формы на прокатку по схеме овал – ребровой овал.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что выкатываемость поверхностных дефектов в процессе деформации в значительной степени зависит от их расположения (рис. 2): дефекты, нанесенные на грани заготовок, в процессе деформации выкатываются в среднем в 1,1 раза менее интенсивно, чем дефекты, расположенные на ребрах заготовок.

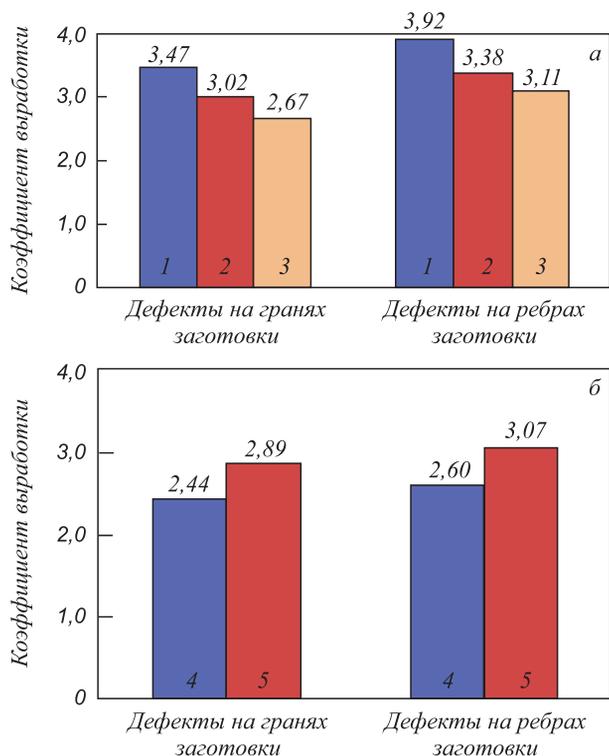


Рис. 2. Выкатываемость поверхностных дефектов при лабораторных (а) и промышленных (б) исследованиях: 1 – 3 – ромбический, ящичный и овальный калибр; 4 и 5 – базовая и опытная калибровка

Fig. 2. Rolling-off of surface defects at laboratory (a) and industrial (b) researches:

1 – 3 – rhombic, box and oval pass; 4 and 5 – basic and pilot calibration

При увеличении подобия формы калибра и исходной заготовки (подката) выкатываемость поверхностных дефектов повышается. По результатам лабораторных исследований наименьший коэффициент выработки зафиксирован при деформации квадратной заготовки в овальном калибре (рис. 2, а), промышленные исследования показали повышение выкатываемости поверхностных дефектов при переходе на схему овал – ребро-овал (рис. 2, б).

Таким образом, определенные при моделировании закономерности течения металла при прокатке в сортовых калибрах простой формы и их влияние на формирование напряженно-деформированного состояния металла в объеме раската подтверждены экспериментально.

На основании проведенных исследований с учетом сформулированных рекомендаций разработана и прошла опытно-промышленное опробование новая калибровка валков черновой группы клетей непрерывного мелкосортного стана 250-2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», в которой прокатка по схеме ящичный калибр – шестигранник заменена на вытяжную систему овал – ребровой овал. По полученным данным использование новой калибровки валков позволило увеличить выход годного при производстве проката из качественных конструкционных сталей на 3 %.

Для реализации уменьшения энергозатрат при разработке ресурсосберегающих технологий производства сортового проката перспективной является технология прокатки-разделения, которая реализуется по двум схемам: 1 – формирование сочлененного профиля и продольное разделение в валках прокатного стана [7, 8]; 2 – формирование сочлененного профиля и продольное разделение в неприводных делительных устройствах [9, 10]. Опыт использования этих двух подходов в реализации технологии прокатки-разделения позволил выявить их достоинства и недостатки, анализ которых показал преимущества разделения с использованием неприводных устройств [11, 12]. Это, в свою очередь, вызывает повышенный интерес к такому способу обработки, однако внедрение технологии прокатки-разделения с использованием неприводного делительного инструмента в условиях действующего производства сопряжено с необходимостью индивидуального подхода к оценке пропускной способности и технических характеристик имеющегося оборудования. На начальном этапе следует, исходя из возможностей оборудования, определить количество полос, одновременно прокатываемых в чистовой клетке. Для этой цели по пропускной способности оборудования необходимо определить максимально возможное приращение производительности ($\Delta\Pi$), найти кратность разделения и скорость прокатки в чистовой клетке, которые обеспечивают желаемое приращение производительности

$$\Delta\Pi = \frac{3600 MKk_{ii}}{k_p} (nV_{п-р} - V_k),$$

где M – масса погонного метра готового профиля; K – число групп чистовых клетей; n – число полос после продольного разделения; k_{ii} – коэффициент использования стана; k_p – расходный коэффициент металла; $V_{п-р}$ – скорость прокатки в чистовой клетке при прокатке-разделении; V_k – скорость в чистовой клетке при классической прокатке.

Скорость в чистовой клетке при освоении прокатки-разделения с использованием неприводного делительного инструмента в зависимости от числа полос после разделения и приращения производительности можно определить следующим образом:

$$V_{п-р} = \frac{V_k}{n} \left(1 + \frac{\Delta\Pi}{\Pi_k} \right),$$

где Π_k – производительность при классическом способе прокатки.

Одновременная прокатка двух полос в чистовой группе существенно изменяет силовые и скоростные условия: момент и усилие прокатки после продольного разделения увеличиваются, скорость уменьшается. Такие изменения требуют при определении скорости $V_{п-р}$ соизмерять технически возможный нижний предел скорости прокатки с мощностью двигателей.

При реализации прокатки-разделения суммарное уменьшение площади поперечного сечения полосы в чистовых клетях увеличивается в зависимости от числа разделяемых полос, это приводит к перераспределению коэффициентов вытяжки между группами клетей в сторону уменьшения суммарных коэффициентов вытяжки в группах черновых и промежуточных клетей, а в некоторых случаях – к возможности исключения клетей промежуточной группы.

Уменьшение длины готового профиля при продольном разделении на n полос, перераспределение коэффициентов вытяжки между группами клетей приводят к необходимости увеличения скорости прокатки в черновой группе клетей. Скорость в последней клетке промежуточной группы ($V_{\text{пром}}$) в зависимости от числа разделяемых полос можно определить по формуле

$$V_{\text{пром}} = \frac{V_{\text{п-р}}}{\mu_{\Sigma \text{чист}}} n,$$

где $\mu_{\Sigma \text{чист}}$ – суммарный коэффициент вытяжки в чистой группе клетей.

В настоящей работе рассмотрен вопрос о перспективах использования технологии прокатки-разделения на действующем непрерывном мелкосортном стане 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», расположение оборудования на этом стане и некоторые технические характеристики приведены в работе [13]. Установлено, что, исходя из возможностей оборудования стана, целесообразно осуществлять продольное разделение заготовки на две полосы в чистой группе клетей, определены изменения суммарных коэффициентов вытяжки и скорости прокатки по группам клетей. Для сопоставления скорости прокатки при классическом методе получения арматур-

ных профилей на стане и при прокатке-разделении использован коэффициент изменения скорости прокатки (k_v), который определяли по формуле

$$k_v = \frac{V_{\text{п-р}} - V_{\text{к}}}{V_{\text{к}}} 100 \%$$

Рассчитаны и апробированы в промышленных условиях режимы прокатки, параметры которых (суммарные коэффициенты вытяжки и скорости прокатки) по группам клетей непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» приведены на рис. 3, 4. При реализации процесса прокатки-разделения суммарное уменьшение площади поперечного сечения полосы в чистовых клетях в 1,8 – 2,0 раза больше, чем при классической прокатке при соответствующем уменьшении в черновой и промежуточной группах клетей. Такое перераспределение коэффициентов вытяжки по группам клетей позволило при прокатке арматуры № 12 исключить из промежуточной группы две клетки (10 и 11), при прокатке арматуры № 14 промежуточная группа полностью не используется. Перераспределение суммарных коэффициентов вытяжки по группам явилось причиной изменения скоростного режима: уменьшение скорости прокатки в чистовых и промежуточных клетях особенно существенно для арматуры № 14, а увеличение скорости прокатки в черновой группе.

В итоге при освоении прокатки-разделения удалось уменьшить машинное время (t) при производстве арматурных профилей № 10 – № 14 в условиях действующего непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» (рис. 5). Уменьшение машинного времени привело к увеличению производительности для арматуры № 10 на 42 %, № 12 – на 41 % и

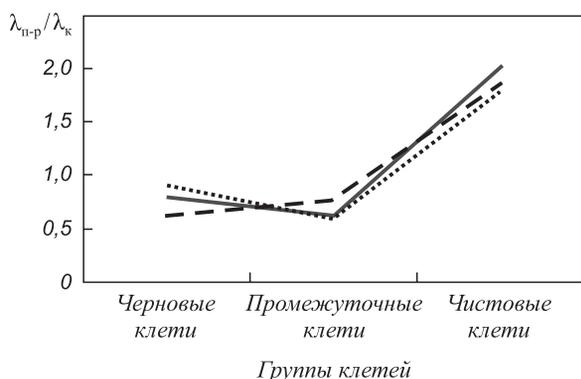


Рис. 3. Относительное изменение суммарных коэффициентов вытяжки при прокатке-разделении и классической прокатке ($\lambda_{\text{п-р}}/\lambda_{\text{к}}$) по группам клетей в условиях непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» для различной арматуры:

—, - - - и – арматура № 12, № 10 и № 14

Fig. 3. Relative change of cumulative reduction rates when rolling $\lambda_{\text{п-р}}/\lambda_{\text{к}}$ according to the mills in the conditions of continuous light-section mill 250-1 of OJSC “EVRAZ ZSMK” for different reinforcement:

—, - - - and – reinforcement no. 12, no. 10 and no. 14

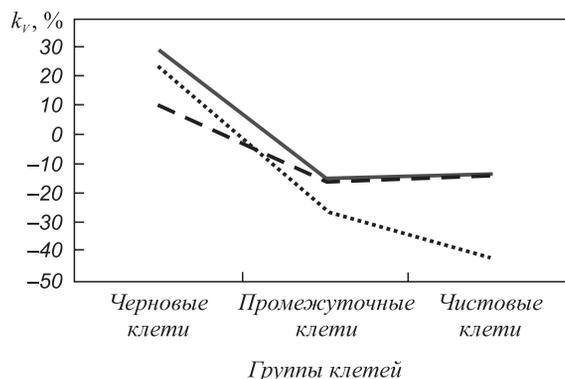


Рис. 4. Коэффициент изменения скорости прокатки (k_v) по группам клетей при реализации процесса прокатки-разделения в условиях непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» для различной арматуры:

—, - - - и – арматура № 12, № 10 и № 14

Fig. 4. Coefficient of rolling speed change (k_v) according to the mills at the realization of the process of rolling-division in the conditions of continuous light-section mill 250-1 of OJSC “EVRAZ ZSMK” for different reinforcement:

—, - - - and – reinforcement no. 12, no. 10 and no. 14

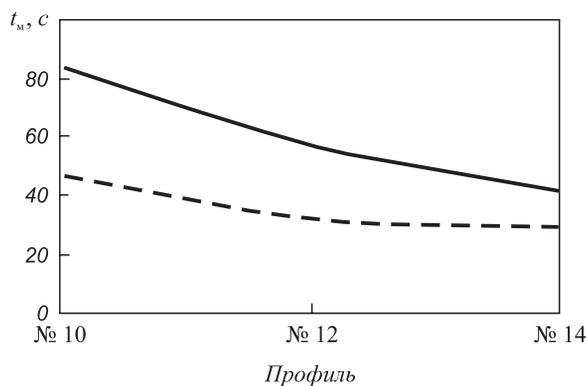


Рис. 5. Машинное время при прокатке арматуры № 10, № 12 и № 14 классическим способом (—) и прокаткой-разделением (---) в условиях непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Fig. 5. Machine time when rolling reinforcement no. 10, no. 12 and no. 14 by the classical way (—) and rolling-division (---) in the conditions of continuous light-section mill 250-1 of OJSC “EVRAZ ZSMK”

№ 14 – на 27 %, что, в свою очередь, способствовало повышению эффективности производства действующего непрерывного мелкосортного стана. Аналогичный эффект получен при использовании технологии прокатки-разделения на стане 320/150 ОАО «Амурметалл» [14].

Отдельно необходимо остановиться на опыте прокатки арматуры № 8 в условиях непрерывного мелкосортного стана. Обычно такой профиль прокатывается на проволочных станах и поставляется в бунтах, однако такое положение дел не устраивает большинство потребителей, для которых более привлекательна продукция в прутках. Использование процесса прокатки-разделения позволяет увеличить суммарный коэффициент вытяжки и без существенных материальных затрат освоить производство арматуры № 8 на непрерывном мелкосортном стане. Была проведена опытно-промышленная прокатка арматуры № 8 в условиях непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», сопоставлены коэффициенты вытяжки и скорости прокатки при производстве арматуры № 8 на непрерывном проволочном стане 250 и непрерывном мелкосортном стане 250 из одинаковой заготовки – квадрата 100 мм (рис. 6). Использование процесса прокатки-разделения дает возможность при производстве арматуры № 8 на мелкосортном стане использовать на четыре клетки меньше, чем на проволочном стане. На непрерывном мелкосортном стане возможно при сопоставимой с проволочным станом производительности (несмотря на меньшую скорость прокатки в чистовой клетке) снизить эксплуатационные расходы на оборудование, энергозатраты, создать условия производства экономически выгодной, конкурентоспособной продукции (рыночная стоимость арматуры № 8 в прутках на 1000 – 1500 руб./т выше, чем в бунтах).

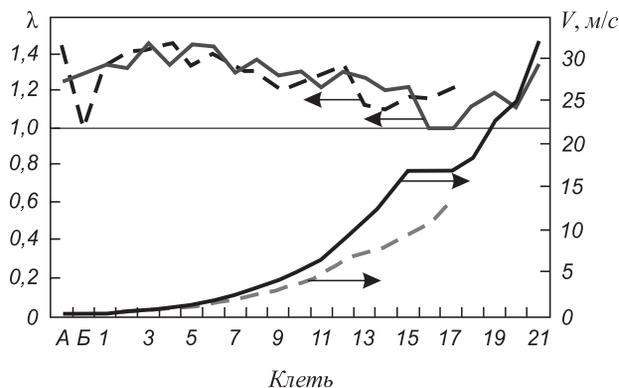


Рис. 6. Распределение коэффициентов вытяжки (λ) и скоростей прокатки (V) по клетям при производстве арматуры № 8 классическим способом (—) на проволочном стане и прокаткой-разделением (---) на непрерывном мелкосортном стане 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Fig. 6. Distribution of the reduction coefficient (λ) and rolling speed (V) according to the mill when producing reinforcement no. 8 by the classical way (—) at the wire mill and rolling-division (---) at the continuous light-section mill 250-1 of OJSC “EVRAZ ZSMK”

Выводы. На основании результатов моделирования процессов прокатки в сортовых калибрах простой формы определены и экспериментально подтверждены закономерности течения поверхностных слоев заготовок и их влияние на формирование напряженно-деформированного состояния металла в процессе прокатки. С учетом сформулированных рекомендаций разработана и прошла опытно-промышленное опробование новая калибровка валков черновой группы клеток непрерывного мелкосортного стана 250-2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», использование которой позволило увеличить выход годного при производстве проката из качественных конструкционных сталей на 3 %. Проведена оценка повышения эффективности производства за счет увеличения производительности при внедрении процесса прокатки-разделения в условиях действующего непрерывного мелкосортного стана 250-1 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Доказана возможность расширения сортамента действующих мелкосортных станков за счет освоения мелких арматурных профилей при использовании процесса прокатки-разделения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асанов В.Н., Стеблов А.Б., Тулупов О.Н., Ленартович Д.В. Совершенствование калибровки валков для прокатки круглых и арматурных профилей // Сталь. 2008. № 11. С. 90, 91.
2. Уткин Г.С., Резвов Б.С., Храпцов В.В. и др. Интенсификация выработки поверхностных дефектов при производстве заготовок // Производство проката. 2004. № 4. С. 18 – 22.
3. Перетягко В.Н., Рогов Ю.Е., Журавлев Б.К., Нефедов В.М. Выработка поверхностных дефектов в ящичных калибрах // Изв. вузов. Черная металлургия. 2011. № 2. С. 26 – 29.
4. Салганик В.М., Песин А.М., Пустовойтов Д.О. Моделирование поведения поперечных угловых трещин сляба при прокатке в горизонтальных валках // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. № 3. С. 22.

5. Кадьков В.Н., Мартянов Ю.А., Уманский А.А. Влияние калибровки прокатных валков на выработку поверхностных дефектов // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. 2011. Вып. 27. С. 132 – 136.
6. Уманский А.А., Мартянов Ю.А. Моделирование процессов выработки поверхностных дефектов заготовки при различных условиях прокатки // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. 2012. Вып. 30. С. 51 – 58.
7. Следнев В.П. Спаренная прокатка сортовых профилей. – М.: Металлургия, 1988. – 167 с.
8. Шульгин Г.М., Нечепоренко В.А., Шеремет В.А. и др. Двухручьевая прокатка-разделение арматурной стали на Криворожском металлургическом комбинате «Криворожсталь» // Производство проката. 1998. № 3. С. 12 – 17.
9. Matsuo G, Suzuki M. The latest Technology of Multy – slit rolling // SEA. ISI Quaterly. 1995. № 3. P. 49 – 58.
10. Жучков С.М. Особенности технологической схемы процесса трехниточной прокатки-разделения на мелкосортном стане 320/150 Белорусского металлургического завода // Металлург. 2001. № 1. С. 46, 47.
11. Ефимов О.Ю., Чинокалов В.Я., Фастыковский А.Р., Копылов И.В. Использование технологии прокатки-разделения на стане 250-1 // Сталь. 2008. № 8. С. 78 – 80.
12. Жучков С.М. Особенности конструкции устройства продольного разделения раската для трехниточной прокатки-разделения // Металлург. 2000. № 11. С. 42, 43.
13. Фастыковский А.Р., Волков К.В., Перетяtko В.Н. и др. Совершенствование технологии производства арматурных профилей на непрерывных мелкосортных станах // Изв. вузов. Черная металлургия. 2011. № 10. С. 18 – 21.
14. Перунов Г.П., Лиманкин В.В., Волков К.В. и др. Освоение технологии прокатки-разделения арматурной стали на мелкосортно-проволочном стане 320/150 ОАО «Амурметалл» // Производство проката. 2006. № 10. С. 16 – 19.

Поступила 20 января 2015 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2015. VOL. 58. No. 5, pp. 322–327.

THEORY AND PRACTICE OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF MILL BAR PRODUCTION AT THE OPERATING CONTINUOUS ROLLING MILLS

Fastykovskii A.R., Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair of ferrous metallurgy “Metal Forming and Metal Science, OJSC “EVRAZ ZSMK”

Umanskii A.A., Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair of ferrous metallurgy (umanskii@bk.ru)

Siberian State Industrial University (42, Kirova str., Novokuznetsk, Kemerovo Region, 654007, Russia)

Abstract. Based on the modeling results of the processes of high-quality rolling in calibers of a simple form, the flow patterns of surface layers of the blanks and their influence on the formation of stress-strain state of the metal in the rolling process have been determined and confirmed experimentally. Subject to the formed recommendations a new calibration of rolls of roughing mill of continuous light-section mill 250-2 of OJSC «EVRAZ ZSMK» has been developed and passed the trial approbation. Its use has increased the yield in the production of high-quality rolled structural steel by 3 %. The evaluation to improve the production efficiency by increasing productivity in the implementation process of rolling-separation under the existing continuous light-section mill 250-1 of OJSC «EVRAZ ZSMK» has been conducted. A technique for determining the multiplicity of separation depending on the desired performance increments has been offered, as well as provided the guidance on the calculation of the speed limit in the roughing and finishing stand continuous mill, the actual data on the change of the total reduction ratio and speed conditions on groups stands in the preparation of rebars no. 10, no. 12, no. 14.

Keywords: resource-saving technologies, flat-and-edge rolling, waste, roll pass design, process of rolling-separation.

DOI: 10.15825/0368-0797-2015-5-322-327

REFERENCES

1. Asanov V.N., Steblov A.B., Tulupov O.N., Lenartovich D.V. Improved grooving when rolling round profiles and reinforcement. *Steel in Translation*. 2008, vol. 38, no. 11, pp. 929–931.
2. Utkin G.S., Rezvov B.S., Khramtsov V.V., Veis A.I., Yurkov V.I. Production intensification of surface defects at blanks producing. *Proizvodstvo prokata*. 2004, no. 4, pp. 18–22. (In Russ.).
3. Peretyat'ko V.N., Rogov Yu.E., Zhuravlev B.K., Nefedov V.M. Production of surface defects in box passes. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2011, no. 2, pp. 26–29. (In Russ.).
4. Salganik V.M., Pesin A.M., Pustovoitov D.O. Behavior modelling of cross crotchcorner cracks of slab when rolling in horizontal rollers. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2010, no. 3, pp. 22. (In Russ.).
5. Kadykov V.N., Mart'yanov Yu.A., Umanskii A.A. Impact of roll pass design on the production of surface defects. *Vestnik gorno-metallurgicheskoi sektsii RAEN. Otdelenie metallurgii*. 2011, Issue 27, pp. 132–136. (In Russ.).
6. Umanskii A.A., Mart'yanov Yu.A. Process modeling of the production of surface defects of blanks at different conditions of rolling. *Vestnik gorno-metallurgicheskoi sektsii RAEN. Otdelenie metallurgii*. 2012, Issue 30, pp. 51–58. (In Russ.).
7. Slednev V.P. *Sparennaya prokatka sortovykh profilei* [Duplex rolling of section bars]. Moscow: Metallurgiya, 1988. 167 p. (In Russ.).
8. Shul'gin G.M., Necheporenko V.A., Sheremet V.A., Kostyuchenko M.I., Minaev A.A., Babenko M.A., Kukui D.P., Korin' A.A. Two-pass rolling-division of reinforcing steel at Krivorozhskii integrated iron-and-steel works «Krivorozhstal'». *Proizvodstvo prokata*. 1998, no. 3, pp. 12–17. (In Russ.).
9. Matsuo G, Suzuki M. The latest Technology of Multy – slit rolling. *SEA. ISI Quaterly*. 1995, no. 3, pp. 49–58.
10. Zhuchkov S.M. Particularities in technological scheme for process of three-strand rolling-slitting at 320/150 wire-rod mill. *Metallurg*. 2001, no. 1, pp. 46–47.
11. Efimov O.Yu., Chinokalov V.Ya., Fastykovskii A.R., Kopylov I.V. Employing rolling and separation technology in the 250-1 mill. *Steel in Translation*. 2008, no. 8, pp. 671–673.
12. Zhuchkov S.M. Particularities in design of device for slitting the workpiece in three-strand rolling-slitting process. *Metallurg*. 2000, no. 11, pp. 42–43.
13. Fastykovskii A.R., Volkov K.V., Peretyat'ko V.N. etc. Improvement of the production technique of rebars at continuous light-section rolling mill. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2011, no. 10, pp. 18–21. (In Russ.).
14. Perunov G.P., Limankin V.V., Volkov K.V., Baldin S.M., Chizh S.A., Sukhoplyuev V.A., Shesternin A.P., Smirnov V.K., Ignatovich Yu.V. Development of the rolling-division technology of reinforcing steel at light-section wire mill 320/150 of JSC «Amurmetall». *Proizvodstvo prokata*. 2006, no. 10, pp. 16–19. (In Russ.).

Received January 20, 2015