



УДК 669.771

Поступила 21.01.2016

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛИТТИНГ-ПРОЦЕССА PERFORMANCE CRITERIA SLITTING-PROCESS

Н. В. СТАРКОВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: starkov-nikita@rambler.ru,

Ю. Л. БОБАРИКИН, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель, Беларусь, пр. Октября, 48. E-mail: bobarikin@tut.by

N. V. STARKOV, JSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zlobin city, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: starkov-nikita@rambler.ru,

Y. L. BOBARYKIN, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoj, Gomel, Belarus, 48, Oktyabrya ave. E-mail: bobarikin@tut.by

Приведены критерии эффективности слиттинг-процесса. На примере двухлинейной прокатки арматурного профиля № 20 определены такие критерии эффективности разделения в неприводном делительном устройстве, как размеры перемычки.

Criteria of efficiency the slitting process. For example double-line rolling of rebar No. 20 identified such criteria separation efficiency in non-dividing device as the size of the crossbar.

Ключевые слова. Слиттинг-процесс, прокатка-разделение, делительные ролики.

Keywords. The slitting process, rolling-separation, the separating rollers.

В сложившихся условиях развития экономики на металлургических предприятиях обострились проблемы повышения конкурентоспособности арматурного проката на внутреннем и внешнем рынках. В связи с этим в условиях современного рынка на первый план выходят актуальные задачи, направленные на повышение эффективности технологии и улучшения показателей качества прокатного производства.

Задачи повышения эффективности производства сортового проката в настоящее время успешно решаются за счет использования процесса многоручьевого прокатки разделения (слиттинг-процесса) – продольного разделения раската с заранее выполненной тонкой перемычкой в автономном делительном устройстве с неприводным рабочим инструментом [1], установленном на выходной стороне прокатной клетки (рис. 1).

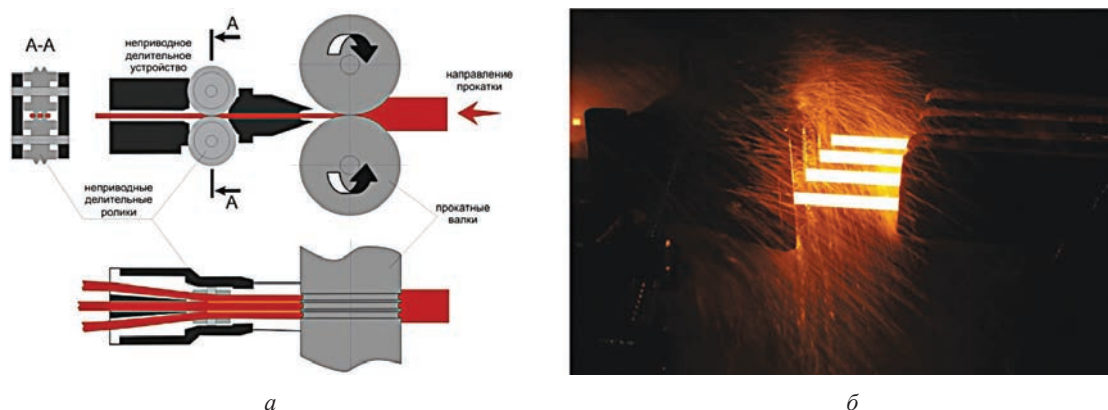


Рис. 1. Слиттинг-процесс производства арматурной стали: а – схема продольного разделения проката; б – разделенный раскат в линии стана

Разделение раската может осуществляться на любой стадии прокатки: в черновых, промежуточных или чистовых группах клетей станов. Однако наибольшее распространение технология прокатки-разделения получила при продольном разделении раската в непосредственной близости от чистовых клетей. Этот вариант технологии прокатки-разделения рекомендуется для производства арматурной стали на существующих прокатных станах.

В рамках научно-исследовательской работы, проводимой на кафедре «Металлургия и литейное производство» Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого, определены основные критерии, предъявляемые к слиттинг-процессу, выполнение которых обеспечивает его максимальную эффективность.

В результате анализа прокатного производства определены критерии эффективности слиттинг-процесса, в соответствии которыми эффективный слиттинг-процесс должен обеспечивать [2]:

- Минимальную толщину и ширину перемычки и, как следствие, минимальную величину шейки разрыва с целью исключения образования заката при дальнейшей прокатке (минимальное вскрытие зернистой структуры металла в месте разделения).
- Получение требуемого разброса раската после разделения по линиям прокатки.
- Исключение застревания раската в НДУ (неприводном делительном устройстве).
- Максимальную стойкость калибров (в особенности, 3-го специального калибра прокатной клетки, на выходе из которой происходит разделение в НДУ).
- Максимальную стойкость роликов НДУ при условии надежности всей конструкции.
- Постепенное равномерное формирование раската перед разделением (обеспечение равенства между получаемыми в конечном итоге профилями арматуры), обеспечивающее управляемость процессом прокатки (прокатка с подпором и натяжением).
- Необходимую кантовку линий раската после разделения.
- Требуемое качество готового профиля арматурной стали и др.

Приведенные выше критерии во многом взаимосвязаны. Так, например, для получения минимальной величины шейки разрыва с целью исключения образования заката при дальнейшей прокатке размеры перемычки T_{II} и $Ш_{II}$ должны быть минимальными (рис. 2). Это обеспечит минимальное вскрытие зернистой структуры металла в месте разделения, позволит снизить нагрузку на ролики НДУ при разделении. Однако с уменьшением ширины перемычки T_{II} стойкость гребней последнего разделительного калибра (3-го специального калибра слиттинг-процесса) будет минимальной, что, в итоге, будет снижать эффективность производства.

Образование перемычки слишком малой толщины $Ш_{II}$ может привести к нежелательной прокатке – местному упрочнению шейки разрыва, что, в итоге, приведет к образованию прокатного дефекта в виде «заката». Зазор между расклинивающими роликами также должен выбираться из соображений исключения прокатки шейки разрыва.

Выбор оптимального соотношения расклинивающего угла ролика α_p и угла гребня A 3-го специального калибра позволит получить требуемый разброс по линиям прокатки, исключая образование «крючка» вследствие разделения. Слишком большой расклинивающий угол также может привести к нежелательному формоизменению в виде обжатия (прокатке) за счет действия сил трения и к образованию крючка. Слишком малый угол не обеспечит разделение раската ввиду низкой величины растягивающих сил.

Таким образом, на эффективность слиттинг-процесса оказывают влияние условно принятые совокупности величин:

- эффективность разделения в НДУ;
- эффективность формирования раската перед разделением.

Проведение теоретических и экспериментальных исследований с целью определения оптимальных параметров для факторов, оказывающих ключевое влияние на эффективность процесса реализации технологии прокатки слиттинг-процессом, является актуальной задачей, решаемой в рамках проводимой научно-исследовательской работы. Для арматурных профилей малых сечений для возможных схем разделения в НДУ определяются оптимальные совокупности факторов, обеспечивающие максимальную эффективность производства слиттинг-процессом.

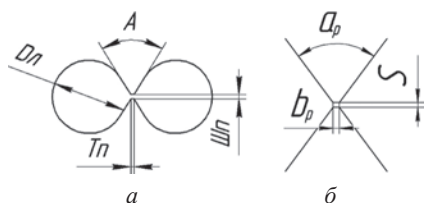


Рис. 2. Двухлинейный слиттинг-процесс: а – двухлинейный раскат; б – рабочие части пары расклинивающих роликов НДУ

Так, например, для реализации прокатки арматурного профиля № 20 в две линии прокатки на основании проведения численных экспериментов методом конечных элементов [3] были установлены оптимальные размеры формируемой в 3-м специальном калибре перемычки.

Численный эксперимент проводили с использованием определенных ранее при помощи численного моделирования таких параметров, как угол между частями сдвоенного раската A , расклинивающий угол при вершине гребня делительного ролика α_p (рис. 2), диаметр линий d и диаметр роликов D . Зазор между роликами выбирали из соотношения $S = T_n(1,1-1,3)$ [4], размеры перемычки приведены в таблице.

Размеры перемычки для численного эксперимента прокатки арматурного профиля № 20 слиттинг-процессом

T_n , мм	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$Ш_n$, мм	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6

Результаты численного моделирования показали, что при выборе ширины перемычки $Ш_n$ более 1,2 мм при разделении образуется увеличенная шейка разделения, что повышает риск образования заката при прокатке в оставшихся проходах (рис. 3). Уменьшение $Ш_n$ приводит к увеличению контактного давления на гребни валков приводной прокатной клетки и, как следствие, к снижению их стойкости вследствие повышенного износа. Кроме того, с «заострением» гребней валков снижается их захватывающая способность.

На основании численного моделирования была определена оптимальная величина толщины перемычки $T_n = 1,0$ мм, так как превышение этого параметра приводит к нежелательному увеличению площади вскрытия зернистой структуры металла в месте разделения, а также к росту нагрузки на ролики НДУ. Уменьшение T_n снижает стойкость гребней валков прокатной клетки за счет увеличения действующей на них радиальной нагрузки.

На рис. 4 приведена численная модель разделения в НДУ двухлинейного раската арматурного профиля № 20 класса А500С с оптимально выбранными размерами формируемой в 3-м специальном калибре перемычки $T_n = 1,0$ мм, $Ш_n = 1,2$ мм.

Достоверность полученных результатов подтверждается успешной реализацией данного процесса прокатки с указанными размерами перемычки T_n и $Ш_n$ в условиях мелкосортного непрерывного стана 320 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК».

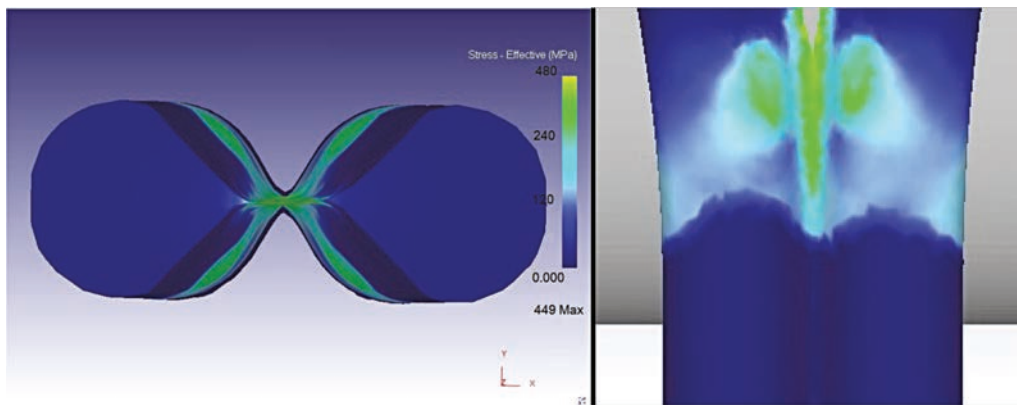


Рис. 3. Возникновение увеличенной шейки разделения при двухлинейном слиттинг-процессе прокатки арматурного профиля № 20

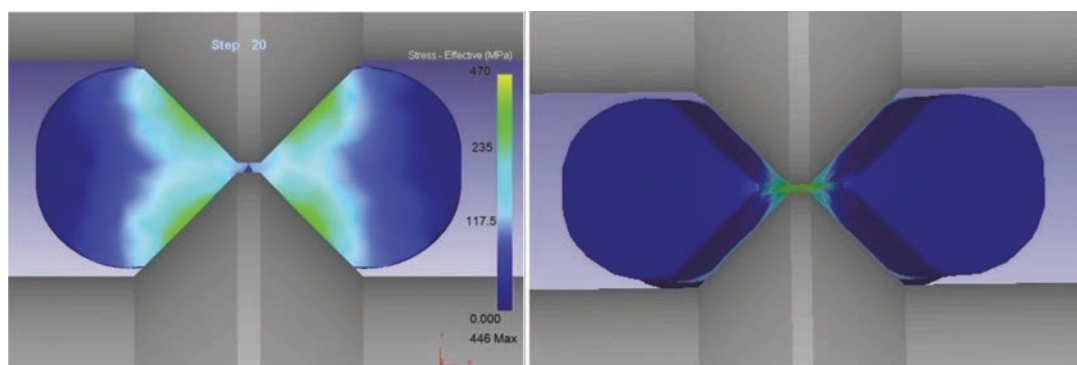


Рис. 4. Эффективное разделение в НДУ двухлинейного слиттинг-процесса прокатки арматурного профиля № 20

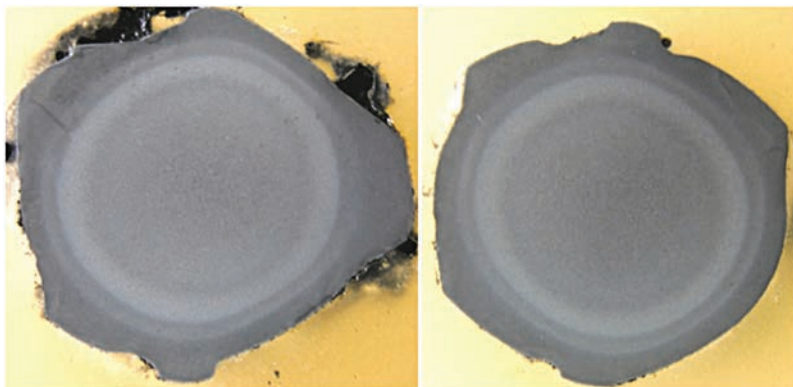


Рис. 5. Макроструктура арматуры № 20 класса А500С

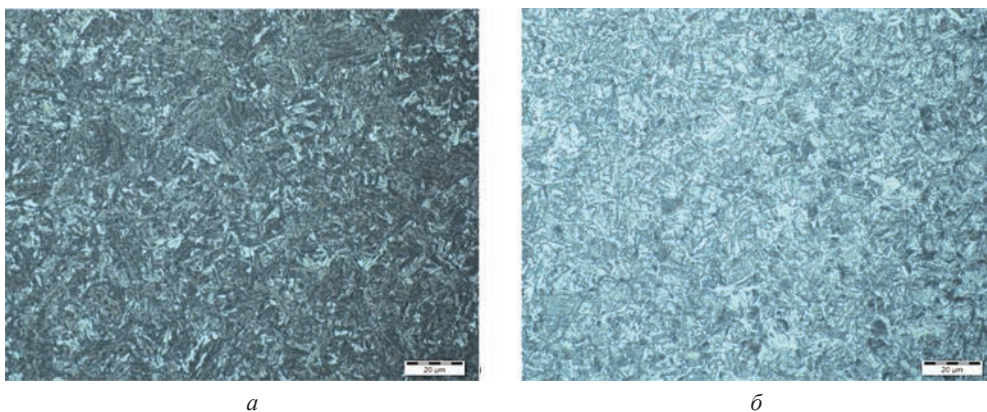


Рис. 6. Микроструктура арматуры № 20 класса А500С: *а* – периферийный; *б* – участок ближе к сердцевине. х500

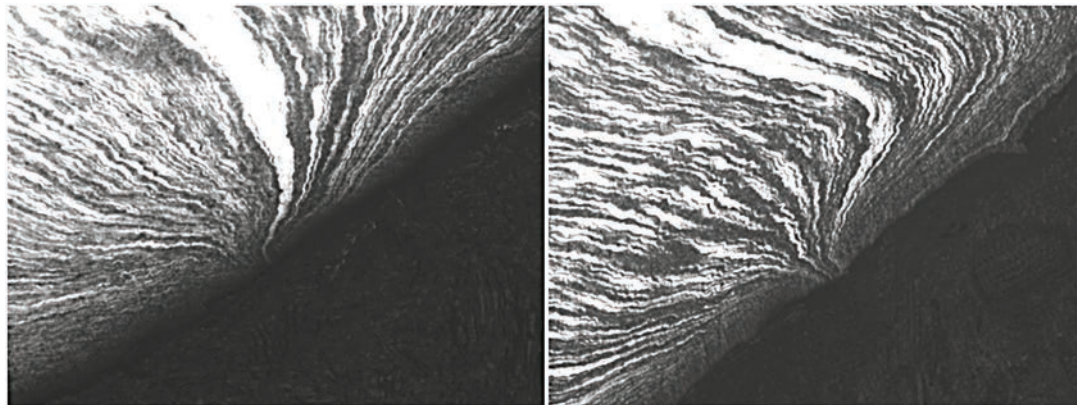


Рис. 7. Микроструктура образцов арматуры № 20 класса А500С, демонстрирующая место разделения. х50

На поверхности готового профиля арматурной стали № 20 класса А500С следа места разделения и других дефектов установлено не было, что подтверждает приведенный на рис. 5 анализ макроструктуры. При термомеханическом упрочнении в потоке проката с охлаждением в субкритическом интервале температур на периферийных участках сечения (рис. 5) выявлена структура высокоотпущенного мартенсита (рис. 6, *а*), а ближе к сердцевине – переходные структуры сорбита и бейнита (рис. 6, *б*). Таким образом, достигнута конструкция естественного композита, обеспечивающая требуемые эксплуатационные свойства.

Лабораторные испытания прутков арматурной стали, в частности, испытания на изгиб, также подтвердили высокое качество готового профиля. В результате металлографического анализа было определено место разделения при травлении в специальном реактиве поперечного разреза штанг (рис. 7).

Таким образом, в результате исследований систематизированы основные критерии эффективности слиттинг-процесса, определены основные геометрические размеры 3-го специального калибра слиттинг-процесса для арматуры № 20, соответствующие основным критериям эффективности слиттинг-процесса.

Литература

1. Процесс прокатки-разделения с использованием неприводных делительных устройств: теория и практика / С. М. Жучков, А. П. Лохматов, Н. В. Андрианов, В. А. Маточкин. Украина–Беларусь, 2007. 284 с.
2. Копылов И. В., Волков К. В., Ромадин А. Ю. Особенности способов продольного разделения раската при прокатке арматурных профилей // Электронный науч. журн. «Калибровочное бюро» (<http://www.passdesign.ru>).
3. Технологические задачи теории пластичности (методы исследования) / В. М. Сегал. Минск, 1977. 243 с.
4. Старков Н. В., Бобарикин Ю. Л. Выбор схемы и профиля делительных роликов для процесса прокатки-разделения // *Металлург*. 2015. Вып. 5. С. 44–48.

References

1. Zhuchkov S. M., Lohmatov A. P., Andrianov N. V., Matochkin V. A. *Process prokatki-razdelenija s ispol'zovaniem neprivodnyh delitel'nyh ustrojstv: teorija i praktika* [The process of rolling-separation using a non-driven switchgear: Theory and Practice]. Ukraina–Belarus. Pan Press Publ., 2007, 284 p.
2. Kopylov I. V., Volkov K. V., Romadin A. Ju. Osobennosti sposobov prodol'nogo razdelenija raskata pri prokatke armaturnyh profilej [Especially the way the longitudinal slitting while rolling rebars]. *Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Kalibrovochnoe bjuro»*, no. 2 (<http://www.passdesing.ru>).
3. Segal V. M. *Tehnologicheskie zadachi teorii plastichnosti (metody issledovanija)* [Technological problems of the theory of plasticity (research methods)]. Minsk, 1977, 243 p.
4. Starikov N. V., Bobarikin Ju. L. Vybor shemy i profilja delitel'nyh rolikov dlja processa prokatki-razdelenija [Scheme selection and profile of separating rollers for the rolling-separation]. *Metallurg = Metallurgist*, 2015, no. 5, pp. 44–48.