

## ЭФФЕКТИВНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ РАСКАТА ДЛЯ СЛИТТИНГ-ПРОЦЕССА

Н. В. Старков

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

В рамках научно-исследовательской работы, проводимой на кафедре «Металлургия и литейное производство» Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого, определены основные критерии, предъявляемые к слиттинг-процессу [1], выполнение которых обеспечивает его максимальную эффективность.

Таким образом, на эффективность слиттинг-процесса оказывают ключевое влияние следующие условно принятые совокупности величин [2]:

- эффективность разделения в неприводном делительном устройстве (НДУ);
- эффективность формирования раската перед разделением.

Для обеспечения эффективности формирования раската в специальных калибрах слиттинг-процесса (3 прохода) необходимо выполнение следующих условий:

- получение оптимального для разделения в НДУ и формоизменения в последних калибрах геометрического профиля;
- равномерная проработка структуры металла по сечению;
- достижение максимальной стойкости калибров;
- энергоэффективность процесса прокатки;
- стабильность процесса прокатки.

На рис. 1, 2 представлены результаты численного моделирования процесса прокатки арматурного профиля № 10 в 5 линий. Приведенная численная модель отражает эффективный слиттинг-процесс, технологические параметры которого получены путем анализа данных численных и проведенных на стане 320 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» производственных экспериментов.

Форма, размеры перемычек, а также угол между линиями раската выбраны на основании численных экспериментов при определении критериев эффективности разделения раската в НДУ [2], [3].

Средние линии раската, разделяемые в НДУ, имеют овальную форму, что позволяет им самокантоваться при задании в следующий по ходу прокатки овальный калибр. Это позволяет имеющим с двух сторон остатки перемычек средним линиям получать дополнительную деформацию данных перемычек, что обеспечивает улучшенное качество готового проката.

Обобщенным показателем деформированного состояния металла является интенсивность деформаций  $\varepsilon_i$ , а обобщенным показателем напряженного состояния металла является интенсивность напряжений  $\sigma_i$ . В общем случае объемного напряженного деформированного состояния они записываются в следующем виде [4]:

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22})^2 + (\varepsilon_{22} - \varepsilon_{33})^2 + (\varepsilon_{33} - \varepsilon_{11})^2 + 6(\varepsilon_{12}^2 + \varepsilon_{13}^2 + \varepsilon_{33}^2)};$$

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{11} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2 + \sigma_{23}^2)}.$$

В процессе прокатки раската в специальных калибрах слиттинг-процессом обеспечивается благоприятная равномерная проработка структуры металла, что можно оценить по распределению интенсивности деформаций  $\varepsilon_i$  (рис. 1, а).

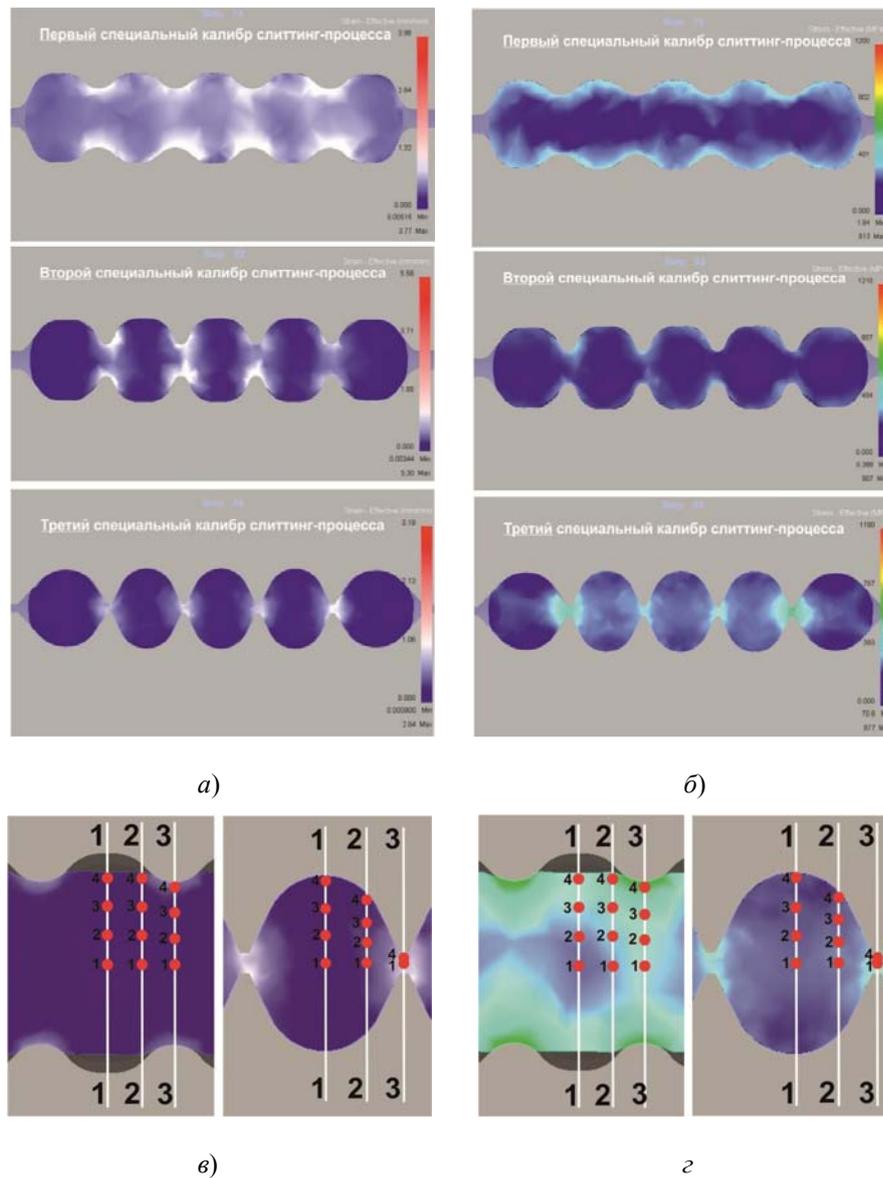


Рис. 1. Интенсивность деформаций (а, в) и напряжений (б, г) при пятилинейной прокатке слиттинг-процессом арматурного профиля № 10

На графике рис. 2, а представлено распределение интенсивности деформаций в сечении I-I, проходящим через середину центральной линии по контрольным точкам (рис. 1, в) для различных коэффициентов вытяжки ( $\lambda_1 = 1,041$ ;  $\lambda_2 = 1,112$ ;  $\lambda_3 = 1,183$ ;  $\lambda_4 = \lambda_{1\text{ спец. кал}} = 1,209$ ) в первом специальном калибре слиттинг-процесса. Как видно из графика, с увеличением коэффициента вытяжки  $\lambda$  происходит постепенное равно-

мерное увеличение  $\varepsilon_i$ . Причем для  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  интенсивность деформаций ближе к поверхности раската (точка 4) несколько выше, чем в сердцевине (точка 1). При  $\lambda_4 = 1,209\varepsilon_i$  выравнивается по сечению. Подобная картина наблюдается и для смежных сечений и проходов слиттинг-процесса, что обуславливает получение плотной и мелкозернистой структуры по всему овалному сечению и преимущественно на периферийных участках, что важно для получения высоких механических свойств арматурной стали.

Режим обжатий выбран таким образом, чтобы максимальный коэффициент вытяжки ( $\lambda_{1\text{спец.кал}} = 1,209$ ;  $\lambda_{2\text{спец.кал}} = 1,159$ ;  $\lambda_{3\text{спец.кал}} = 1,164$ ) и, как следствие, нагрузка на валки (рис. 3) были в первом специальном калибре, имеющем больший радиус скругления гребней (гребни валков первого специального калибра имеют большую стойкость в сравнении с гребнями следующих специальных калибров слиттинг-процесса) и лучшую захватывающую способность. Таким образом, процесс износа валков, образующих специальные калибры слиттинг-процесса, равномерный, что обеспечивает стабильность процесса прокатки.

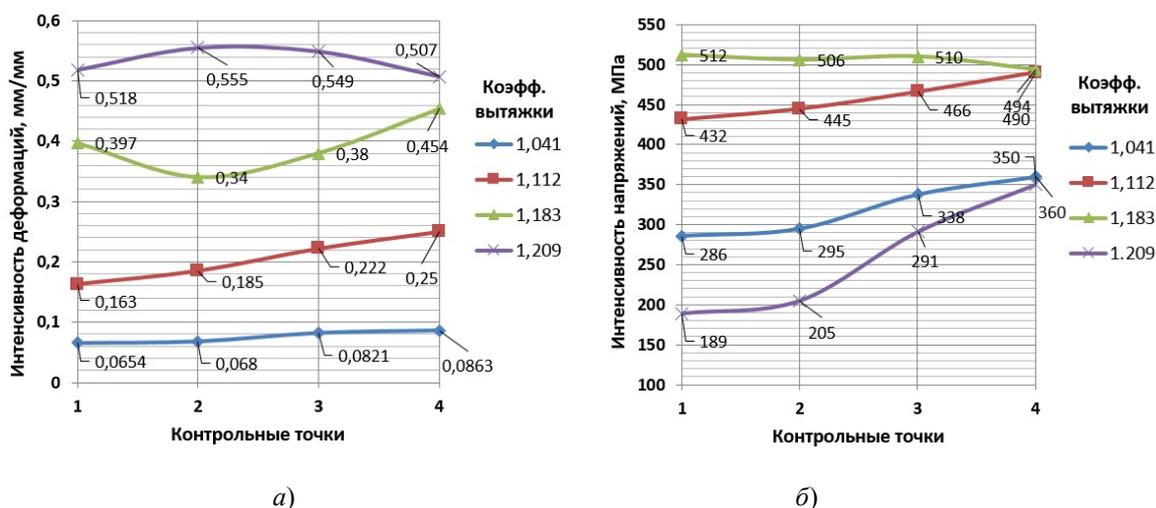


Рис. 2. Графики распределения интенсивности деформаций (а) и напряжений (б) в сечении 1–1 (рис. 1, в, з) в первом специальном калибре при пятилинейной прокатке слиттинг-процессом арматурного профиля № 10

Повышенные значения интенсивности напряжений  $\sigma_i$  наблюдаются в местах контакта гребней валков с зонами формирования перемычек (рис. 1, б). Распределение интенсивности напряжений по аналогичному сечению 1–1 (рис. 1, з) также равномерное. Для коэффициентов вытяжки  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  интенсивность напряжений  $\sigma_i$  плавно и незначительно повышается от сердцевины к поверхности средней линии. При  $\lambda_4 = 1,209\sigma_i$  выравнивается по сечению. Все это оказывает благоприятное влияние на процесс прокатки с точки зрения энергоэффективности.

Определение критериев эффективности формирования раската перед разделением в НДУ является актуальной задачей для повышения эффективности прокатного производства. Она успешно решается вследствие проведения большого количества численных экспериментов, необходимых для оценки влияния ключевых факторов на процесс прокатки-разделения и выбора их оптимальных значений.

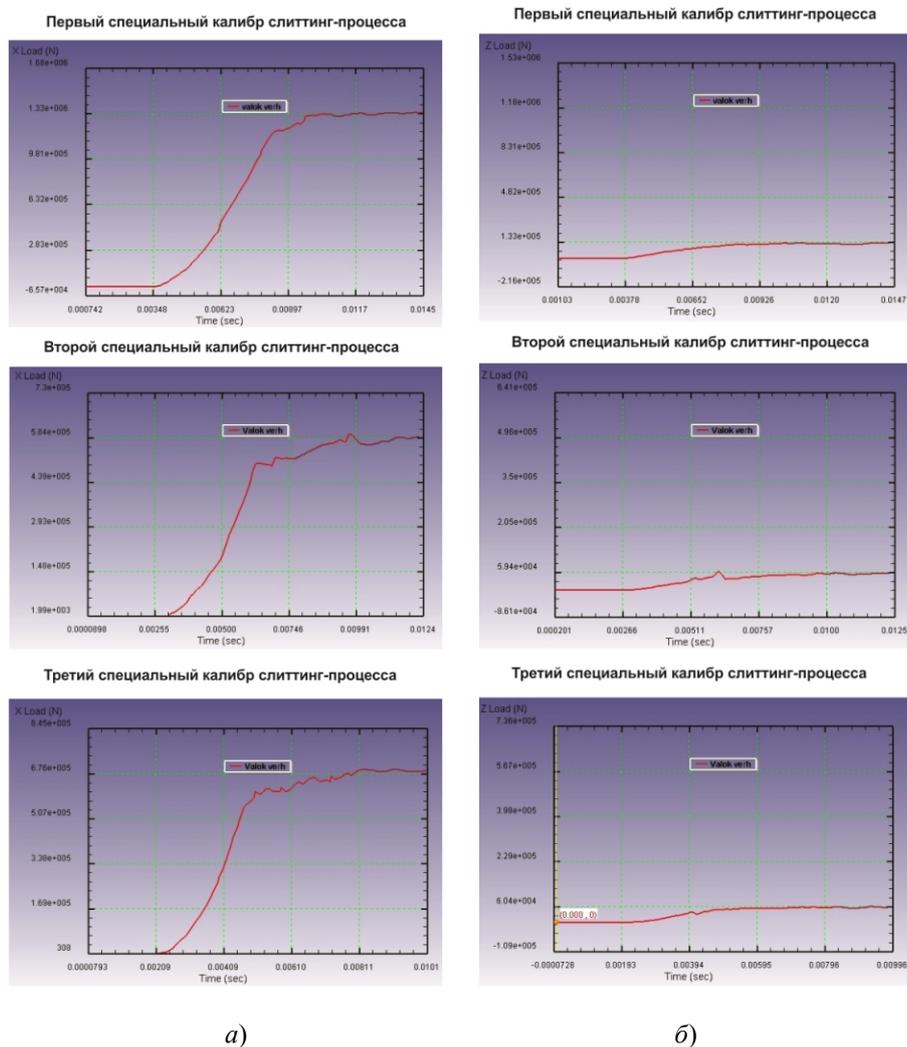


Рис. 3. Графики нагружения валков прокатной клетки при пятилинейной прокатке слиттинг-процессом арматурного профиля № 10:  
 а – по оси, перпендикулярной направлению прокатки; б – по оси, совпадающей с направлением прокатки

На основании проведенных исследований разработана «Методика расчета геометрических параметров специальных калибров для прокатки арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах», которая в настоящее время используется техническими специалистами стана 320 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Получен акт о практическом применении результатов исследований в промышленности.

#### Литература

1. Копылов, И. В. Особенности способов продольного разделения раската при прокатке арматурных профилей / И. В. Копылов, К. В. Волков, А. Ю. Ромадин // Калибровочное бюро. Вып. 2. – <http://www.passdesign.ru>.
2. Старков, Н. В. Выбор схемы и профиля делительных роликов для процесса прокатки-разделения / Н. В. Старков, Ю. Л. Бобаркин // *Металлург.* – 2015. – Вып. 5. – С. 44–48.
3. Старков, Н. В. Критерии эффективности слиттинг-процесса / Н. В. Старков, Ю. Л. Бобаркин // *Литье и металлургия.* – 2016. – Вып. 1. – С. 61–65.
4. Филимонов, И. Теория обработки металлов давлением : учеб. пособие / И. Филимонов, О. В. Мищенко. – Ульяновск, 2012.