

УДК 621.771.2:669.14.018.291.3

ВЫБОР СХЕМЫ ПРОКАТКИ АРМАТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ-РАЗДЕЛЕНИЯ

© **Старков Никита Викторович**¹, начальник инструментально-механической лаборатории исследовательского центра, e-mail: starkov-nikita@rambler.ru;

Бобарикин Юрий Леонидович², канд. техн. наук, e-mail: bobarikin@tut.by

¹ ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Республика Беларусь, г. Жлобин

² УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого». Республика Беларусь, г. Гомель

Статья поступила 08.12.2015 г.

Описаны особенности выбора схемы прокатки и расчета геометрических параметров калибров для производства арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах. Приведен пример расчета геометрических параметров второго специального калибра слиттинг-процесса.

Ключевые слова: процесс прокатки-разделения; слиттинг-процесс.

Повышение эффективности производства арматурных профилей малых сечений на мелкосортных станах приобретает особую актуальность в связи с тем, что они занимают основную долю в общем объеме производства арматурного пруткового проката. Одним из сдерживающих факторов для повышения производительности таких профилей является максимально возможная скорость прокатки на конкретном стане.

Задачи повышения эффективности производства сортового проката могут быть наиболее успешно решены путем использования слиттинг-процесса – технологии прокатки с продольным разделением раската посредством расклинивающего действия роликов неприводного делительного устройства (НДУ) (рис. 1, 2), стоящего на выходе приводной прокатной клетки.

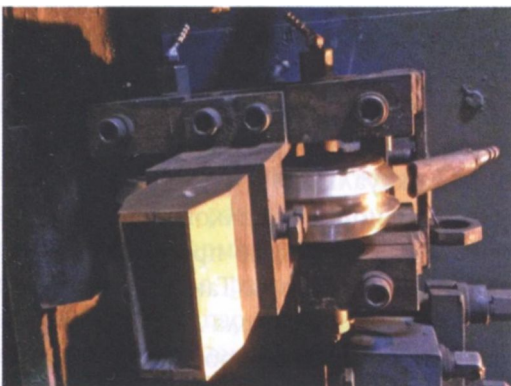


Рис. 1. НДУ, применяемое в ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»

катной клетью своеобразную делительную систему «приводная прокатная клеть – неприводное делительное устройство», в которой делительное устройство является, по сути, выводной привалковой роликовой арматурой. Помимо съема раската с калибра валков приводной прокатной клетки и направления его в последующую прокатную клеть непрерывного стана, функцией этой системы является и продольное разделение раската вследствие расклинивающего действия делительных роликов.

Этот процесс нашел широкое применение в отечественной и зарубежной практике при производстве сортового проката, в частности, арматурных профилей. Технология не требует существенных капитальных вложений и применяется с целью интенсификации производства, снижения затрат энергетических и материальных ресурсов, повышения параметров качества продукции, что является ключевыми показателями рентабельности и конкурентоспособности производства.

В последние годы слиттинг-процесс получил особенно ши-

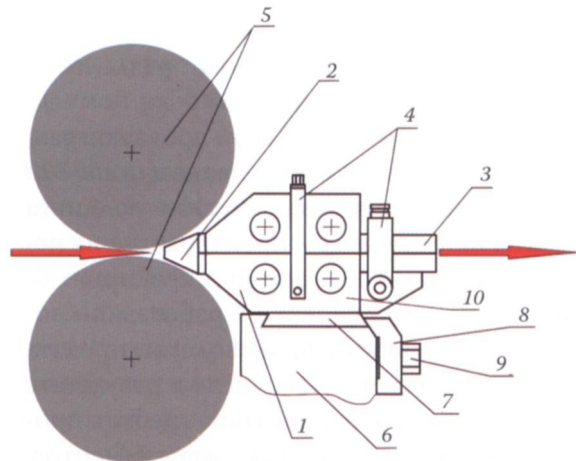


Рис. 2. Схема установки НДУ в линии стана: 1 – делительное устройство; 2 – вводный пропуск; 3 – выводная шестиручьевая проводка; 4 – крепежная скоба с болтом и контргайкой; 5 – прокатные валки; 6 – брус прокатной клетки; 7 – основание; 8, 9 – скоба и болтовое соединение узла крепления делительного устройства на брус; 10 – корпус

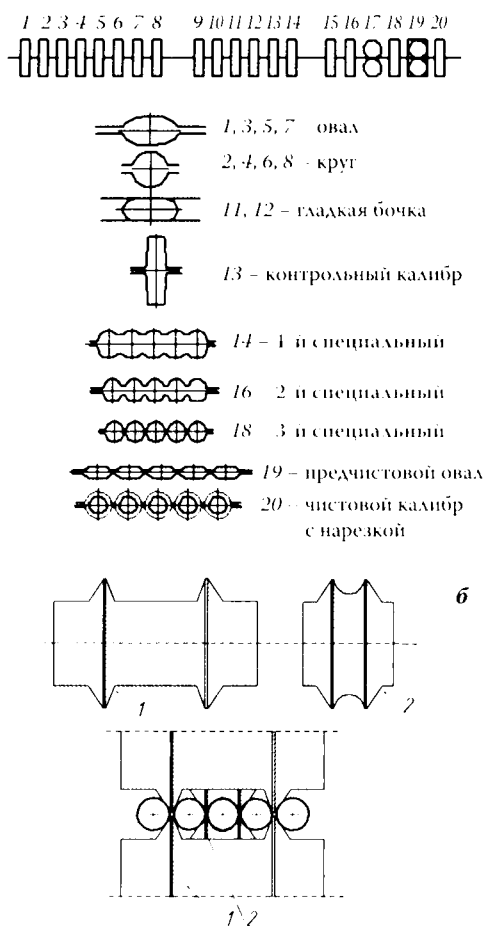


Рис. 3. Схема прокатки арматурного профиля № 10 слиттинг-процессом в условиях стана 320 БМЗ: *a* – проходы в валках; *б* – разделение в НДУ; 1 и 2 – первая и вторая пары разделительных роликов соответственно

рокое развитие при производстве арматурного проката мелких сечений. Основой для развития процесса прокатки-разделения послужили результаты работ зарубежных и отечественных исследователей и разработчиков, в которых предложены различные варианты разделения многолинейного раската в стане [1].

Опыт освоения многоручьевой прокатки-разделения на непрерывном мелкосортном стане 320 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» закончился выводом производства на передовые рубежи среди аналогичных предприятий стран СНГ и позволил перейти к работам по повышению эффективности производства проката [2]. Решение этих задач, в том числе в результате увеличения числа линий прокатки, требует проведения большого количества экспериментов, что связано со значительными материальными затратами. Поэтому создание методик, математических и компьютерных моделей для оптимизации режимов деформирования, расчетов тех-



Рис. 4. Внешний вид неприводной универсальной клетки (НУК), применяемой в условиях стана 320 БМЗ

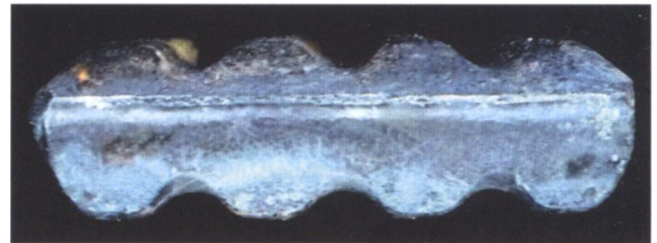


Рис. 5. Начало формирования перемычки на разрыв (образец четырехлинейного раската арматурного профиля № 12, отобранный при зачистке переднего конца на ротационных ножницах)

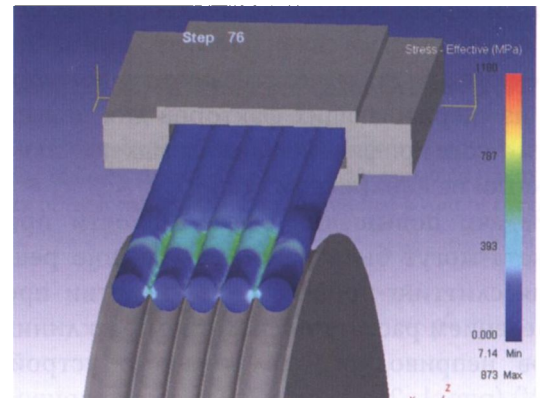


Рис. 6. Численная модель прокатки в специальных калибрах арматурного профиля № 10 в пять линий

нологических параметров, а также разработка комплекса технических и технологических решений для управления, совершенствования и расширения методов обработки металлов давлением своевременны и актуальны.

При расчете калибровки валков для прокатки слиттинг-процессом заданного профиля необходимо учитывать число линий. Также важен профилазмер, зависящий от числа линий конечного профиля и который целесообразно получить перед началом формирования многолинейного раската. В данном процессе в обязательном порядке присутствуют *специальные калибры*, фор-

мирующие многолинейный раскат, соединенный перемычками. Отдельные сегменты, разделяемые перемычкой (линии прокатки), должны иметь такие площади поперечного сечения, чтобы обеспечить равенство геометрических размеров между линиями полученного в конечном итоге профиля. Необходимое и достаточное число специальных калибров слиттинг-процесса для прокатки арматурных профилей $n_{с.к} = 3$, что подтверждается опытом производства на зарубежных и отечественных станах.

На рис. 3 представлена применяемая в настоящее время пятилинейная схема прокатки арматурного профиля № 10 в условиях сорто-прокатного цеха БМЗ, обеспечивающая высокопроизводительную прокатку качественной арматурной стали классов прочности 400, 500 и 800. Схемы прокатки арматурных профилей № 12, 14, 16 и 20 аналогичны и отличаются лишь числом линий прокатки: № 12 – четыре; № 14, 16 – три и № 20 – две линии. Прокатка арматурного профиля № 18 осуществляется в две линии альтернативным способом путем использования квадратных калибров с выпуклыми гранями, врезанными на диагональ [1].

Выбор той или иной схемы прокатки зависит от конструктивных особенностей прокатного стана, а также от требуемой для получения оптимального уровня механических свойств готового проката суммарной степени деформации. Обязательно наличие контрольного калибра для задания в первый специальный формообразующий калибр прямоугольного раската строго определенных размеров. Функции контрольного калибра может выполнять специальная формообразующая привалковая арматура (рис. 4). Целесообразно использовать систему калибров *гладкая бочка – гладкая бочка* в промежуточных группах клетей для формирования прямоугольного раската. Их число зависит от числа линий прокатки заданного профиля. Подкатом для гладкой бочки из черновой группы клетей может быть как круглое, так и сечение другой формы.

На основе экспериментального и теоретического исследования факторов, влияющих на эффективность разделения раската в НДУ для производства арматурных профилей слиттинг-процессом, была разработана методика расчета геометрических параметров рабочих частей роликов НДУ [3]. Размеры рабочих частей роликов связаны с размерами раската на выходе из последнего специального калибра слиттинг-процесса. Форма и размеры роликов зависят от выбранной схемы

разделения, которая, в свою очередь, зависит от числа линий прокатки заданного профиля. В связи с этим размеры рабочих частей роликов были связаны эмпирическими зависимостями с размерами третьего специального калибра. Для этой цели был выполнен простой и ориентированный на практическое использование расчет [3].

Кроме процесса разделения раската, важен также процесс формирования отдельных линий прокатки, разделяемых перемычками (рис. 5). Правильный выбор схемы прокатки арматурных профилей слиттинг-процессом, геометрических параметров раската и специальных калибров позволит достичь высокой производительности прокатки качественной арматурной стали, минимизировать издержки.

Исходя из проведенного анализа можно сделать вывод о том, что в известных зарубежных и отечественных источниках отсутствует систематизированная методика расчета геометрических размеров специальных (подготовительных) калибров для прокатки арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах. Определение этих параметров производится опытным путем и зачастую требует дорогостоящих и длительных экспериментов. В связи с этим разработка расчетной аналитической методики построения режима деформации в слиттинг-процессе является актуальной задачей, решение которой обеспечит повышение эффективности применения этого процесса в прокатном производстве.

В настоящий момент в ГГТУ им. П.О.Сухого проводится научно-исследовательская работа по определению оптимальных параметров формоизменения металла при прокатке в специальных калибрах арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах. Цель проводимой работы – создание прикладной методики расчета, основанной на опыте многоручьевой прокатки-разделения стана 320 БМЗ, а также на применении современных численных методов (моделирование процесса прокатки с использованием метода конечно-элементного анализа, рис. 6).

Методика расчета будет включать в себя расчет геометрических параметров следующих калибров: *чистового (готовый периодический профиль арматурной стали) – предчистовой овал – 3-й специальный – 2-й специальный – 1-й специальный – контрольный калибр – раскат в гладкой бочке*.

На основе проведенных экспериментальных и теоретических исследований разработана при-

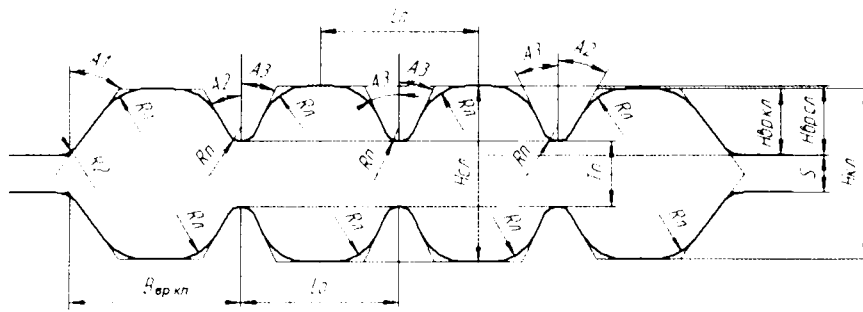
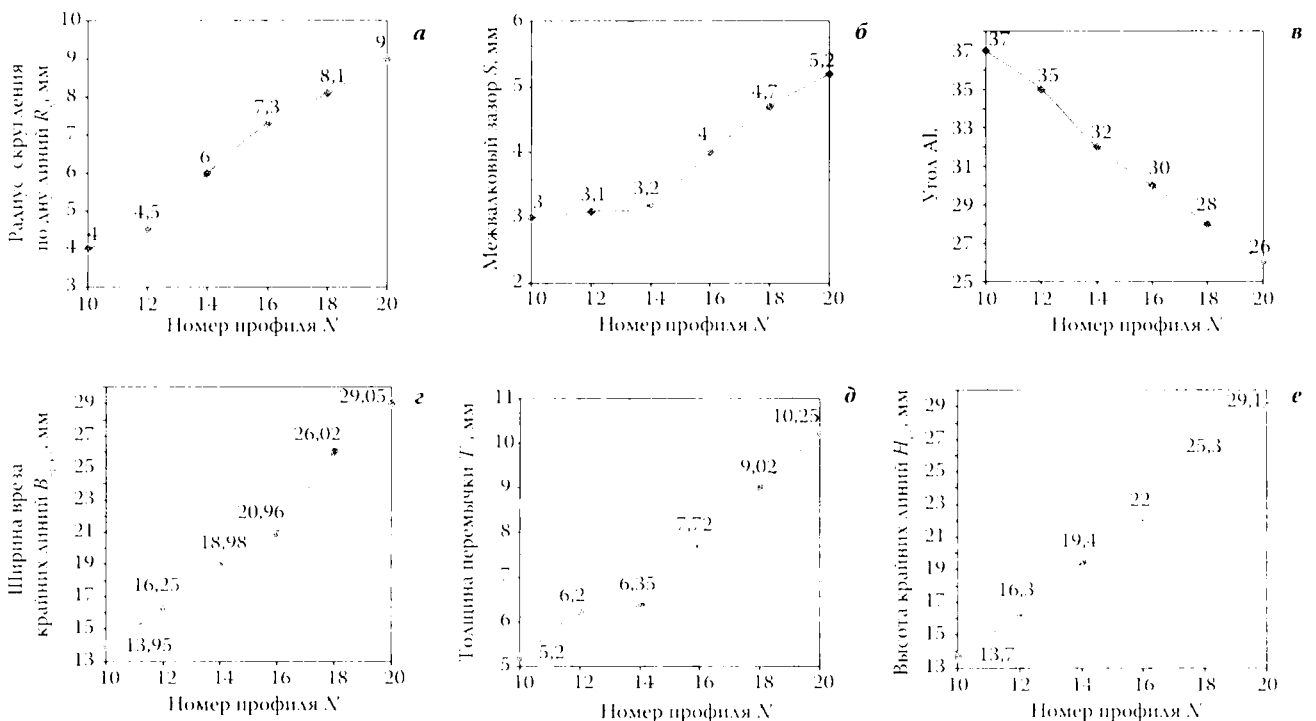


Рис. 7. Второй специальный калибр слиттинг-процесса

кладная методика, позволяющая производить расчет калибровки валков непрерывных станов для прокатки арматурных профилей № 10–20 слиттинг-процессом для проходов: готовый профиль – раскат в гладких бочках. Определены эмпирические зависимости для расчета геометрических параметров этих калибров (в зависимости от номера профиля номер прокатываемой арматурной стали), обеспечивающих оптимальные условия формоизменения металла по проходам [4].

Для проверки и корректировки разработанной методики расчета была создана адекватная численная модель формоизменения металла. Результаты моделирования показали, что заданные геометрические размеры калибров обеспечивают выполнение технологического процесса и соответствуют рассчитанным значениям формоизменения по проходам. Численное моделирование

формоизменения металла и не влияют на геометрию готового профиля. Геометрия указанных калибров соответствует как технологии прокатки термически упроченной арматуры классов 500 (сталь СтЗсп или близкая к ней по химическому составу) и 800 (сталь 25Г2С), так и горячей прокатке арматуры класса 400 (сталь 25Г2С, 35ГС). Параметры прокатки для этих проходов: интервал температур 1170–950 °С; скорость в чистовой клетке 10–20 м/с; материал валков – чугун, твердый сплав на основе карбида вольфрама и быстрорежущая сталь; диаметр валков – 250–400 мм. Это свидетельствует об универсальности предлагаемой методики расчета, позволяющей не использовать строгие закономерности для определения геометрии калибров и формоизменения металла в зависимости от энергосиловых параметров прокатки ввиду сложности их практического

Рис. 8. Графики для определения величины необходимых параметров: а - радиуса скругления по дну линий R_0 ; б - межвалкового зазора S ; в - угла A_1 ; г - ширины вреза крайних линий $B_{врез}$; д - толщины перемычки T_0 ; е - высоты крайних линий H_0 .

использования и незначительного влияния на изменение самой калибровки. Расчет скоростного режима прокатки выполняется исходя из закона постоянства секундных объемов.

Для построения *второго специального калибра слиттинг-процесса* (рис. 7) ниже приведены все необходимые параметры, зависящие от следующего по ходу прокатки – третьего специального калибра слиттинг-процесса (для указанных выше интервалов):

Радиус скругления по дну линий R_s , мм	рис. 8, а
Величина межвалкового зазора S , мм	рис. 8, б
Угол A_1 , град	рис. 8, в
Угол A_2 , град	A_2 3-го спец. калибра
Угол A_3 , град	A_3 3-го спец. калибра
Расстояние между центрами осей средних линий L_s , мм	L_s 3-го спец. калибра
Расстояние между центрами перемычек L_0 , мм	L_0 3-го спец. калибра
Ширина вреза крайних линий, $B_{вр,к\lambda}$, мм	рис. 8, г
Толщина перемычки T_n , мм	рис. 8, д
Высота крайних линий $H_{к\lambda}$, мм	рис. 8, е
Высота средних линий $H_{с\lambda}$, мм	$H_{с\lambda}$ (1,018–1,067)
Глубина вреза средних линий $H_{вр,с\lambda}$, мм	0,5 ($H_{с\lambda} - S$)
Глубина вреза крайних линий $H_{вр,к\lambda}$, мм	0,5 ($H_{к\lambda} - S$)
Радиус R_2 , мм	2–3

Неуказанные размеры определяются с помощью средств измерения систем автоматизированного проектирования.

Заключение. В результате проведенной работы установлена процедура выбора схемы прокатки и расчета геометрических параметров калибров для производства арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах.

Библиографический список

1. Жучков С.М., Лохматов А.П., Андрианов Н.В., Маточкин В.А. Процесс прокатки-разделения с использованием неприводных делительных устройств. Теория и практика. М.: Пан Пресс, 2007. 285 с.
2. Сборник научных трудов специалистов БМЗ. Том 2. Минск: Тэналогія, 2009. 415 с.
3. Старков Н.В., Бобарыкин Ю.А. Выбор схемы и профиля делительных роликов для процесса прокатки-разделения // Металлург. 2015. № 5. С. 44–48.
4. Старков Н.В. Разработка методики расчета калибровки валков для производства арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах: Матер. XIV Междунар. межвуз. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов (Гомель. 24–25 апр. 2014) «Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления». Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2014. С. 158–160.

SELECTION OF ROLLING PATTERN OF REBARS FOR ROLLING-SEPARATION PROCESS

© Starkov N.V., Bobarykin Yu.L.

Features of rolling scheme and calculation of geometrical parameters of calibers for production of reinforcing profiles of the slitting process on continuous light-section mills are described. The example of calculation of geometrical parameters of the second special of the caliber of the slitting process.

Keywords: rolling process-separation; slit rolling process.