



С.М. Жучков, А.А. Горбанев, Б.Н. Колосов

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, Днепропетровск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ–РАЗДЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПРИВОДНЫХ ДЕФОРМАЦИОННО-ДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ



Созданы технические решения, предусматривающие использование в процессе прокатки–разделения специальных кантующих калибров. Впервые разработаны методики определения параметров кантующих калибров с учетом специфики технологии сдвоенной прокатки–разделения.

Ключевые слова: прокатка–разделение, кантующие калибры, теория кручения стержней, методики определения параметров калибров.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ-РАЗДЕЛЕНИЯ

Освоение в промышленных масштабах процесса *прокатки–разделения* с использованием автономных неприводных делительных устройств при производстве арматурного проката в условиях непрерывного мелкосортно-проволочного стана 320/150 Белорусского металлургического завода, введенного в эксплуатацию в 1984 году, послужило толчком к развитию этого процесса в практике производства сортового проката на металлургических предприятиях СНГ [1, 2]. Производство арматурных профилей по технологии сдвоенной прокатки с продольным разделением раската в линии чистовых рабочих клетей с использованием неприводных делительных устройств на мелкосортно-проволочном стане Белорусского металлургического завода начато в 1985 году. В соответствии с проектом по этой технологии предусматривалось производить го-

рячекатаные и термоупрочненные арматурные профили № 10–16.

Опыт, полученный при освоении процесса *прокатки–разделения* в условиях стана 320/150, позволил выявить ряд недостатков проектной схемы калибровки, приводящих к нестабильности процесса, неточности центрирования сдвоенного раската перед разделением и сложности настройки привалковой арматуры. Эти проблемы были связаны во многом со сложностью организации правильной кантовки раската в процессе прокатки. Поэтому была поставлена и решена техническая задача повышения точности и надежности кантовки раската в процессе *прокатки–разделения*.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КАНТОВКИ РАСКАТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОКАТКИ–РАЗДЕЛЕНИЯ

При реализации проектной технологии прокатки арматурных профилей методом *прокатки–разделения* на мелкосортно-проволочном стане Белорусского металлургического заво-



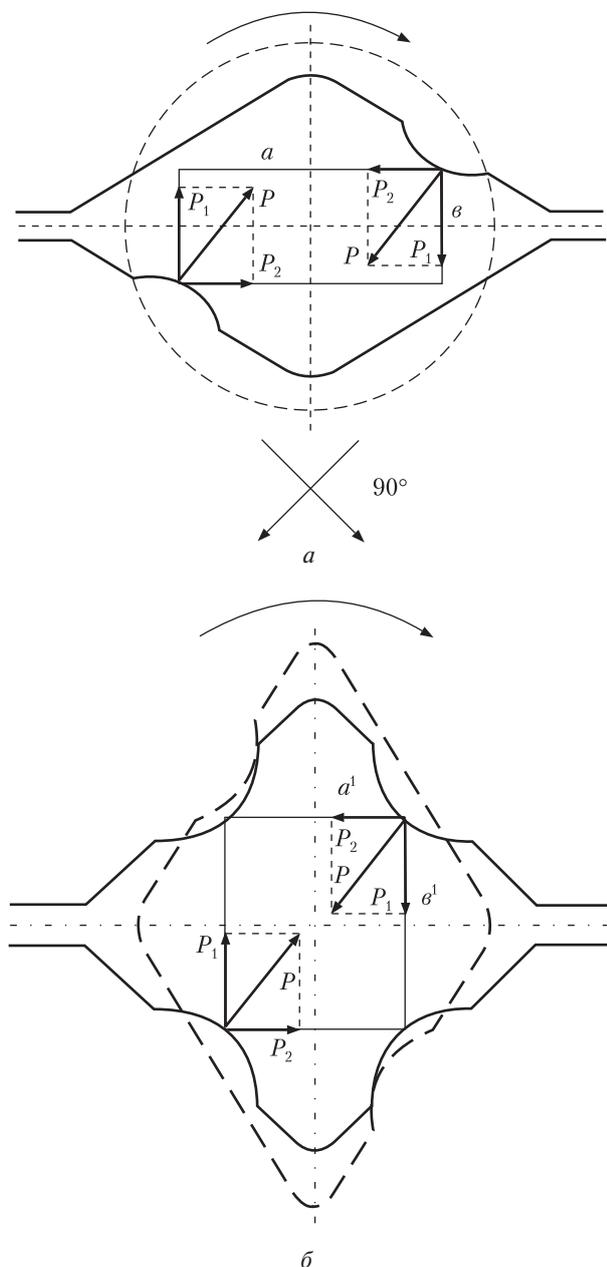


Рис. 1. Схема взаємодія ромбічного (а) і квадратного (б) кантуючих калібрів з раскатом

да раскат кантують після ромбічного (клеть № 13) і квадратного (клеть № 15) калібрів на 90° і 45° відповідно. Для забезпечення максимально можливої симетричності профіля раската перед розділенням в цьому випадку

передусмотрено використання спеціальної прецизійної кантуючої арматури.

Опыт производства арматурных профилей по проектной технологии показал, что, несмотря на усовершенствование калибровки устройств для продольного разделения и кантующей арматуры [1, 2], часто наблюдалась потеря продольной устойчивости раската перед неприводным делительным устройством. Повышенный износ гребней ручьев калибров приводил к увеличению износа роликов делительного устройства, при изменении технологических параметров прокатки наблюдалось сваливание раскатов при входе в прокатную клеть, расположенную после кантующего устройства. Часто наблюдалось застревание переднего конца раската из-за неудовлетворительной кантовки, обусловленной износом роликов кантующих проводок в процессе эксплуатации, изменением температуры прокатки и геометрических параметров раската. Это увеличивало простой стана и расход металла. К настройке и эксплуатации кантующих проводок предъявлялись жесткие требования, усложняющие использование проектной технологии сдвоенной прокатки. Поэтому потребовалась разработка такой калибровки валков, при которой усилие для кантовки раската создавалось бы при прокатке в соответствующих ромбических и квадратных калибрах, а привалковая выводная и вводная арматура в последующих прокатных клетях служила бы лишь для удержания раската при прокатке. Один из вариантов изменения проектной калибровки валков предусматривал использование в процессе формирования сдвоенного профиля специальных кантующих калибров [1, 2], что способствовало существенно упрощению привалковой арматуры, использовавшейся при реализации процесса прокатки-разделения по проекту.

Схема работы кантующих калибров представлена на рис. 1.

Реализация этой разработки существенно снизила вероятность возникновения аварийных ситуаций на стане, связанных с застреванием

нием переднего конца раската в последующей прокатной клети после его кантовки. Это обеспечивается созданием условий гарантированной кантовки раската в соответствующем межклетьевом промежутке стана даже в случае износа роликов кантующих проводок, использующихся в данном случае с контрольной целью.

Положительные результаты, полученные при использовании кантующих калибров в процессе прокатки–разделения, способствовали использованию принципа самокантовки раската и на других участках стана с различной длиной межклетьевых промежутков [5–8]. Это позволило существенно упростить конструкцию привалковой арматуры, а в ряде случаев вообще отказаться от ее использования.

Как показано на рис. 1, усилие для кантовки раската в кантующем калибре создается за счет выпуклостей в форме сегментов на противолежащих гранях калибров.

Для однозначного определения параметров кантующих калибров при их конструировании выполнен комплекс аналитических исследований по установлению зависимости этих параметров от технологических факторов в конкретных условиях решаемых задач (сечение подката, форма калибра, температура металла, межклетьевое расстояние и др.) с последующей проверкой полученных результатов на практике.

Момент сопротивления поперечного сечения скручиванию равен удвоенному двойному интегралу от функции напряжения F , взятому по всей площади поперечного сечения скручиваемого раската, то есть

$$M_{скр} = 2 \iint F dx dy. \quad (1)$$

Это выражение описывает момент чисто пластического скручивания без упрочнения материала стержня.

В настоящее время все расчеты, связанные со скручиванием раската при горячей деформации, основаны на использовании аналогии А. Надаи [9]. С использованием этой аналогии получены известные формулы для определе-

ния момента сопротивления кручению идеально пластичных стержней. Так, моменты скручивания раската, имеющего поперечное сечение в форме ромба и квадрата соответственно определяются выражениями

$$M_{скр.р} = \frac{b^2 h^2 k}{6\sqrt{b^2 + h^2}}, \quad (2)$$

$$M_{скр.к} = \frac{a^3}{3} k, \quad (3)$$

где b и h – большая и малая диагонали ромба; a – сторона квадрата; k – предел текучести металла при сдвиге.

На основании основных теоретических положений кантовки раскатов между клетями непрерывного прокатного стана сформулированы задачи, которые необходимо было решить для определения параметров выпуклостей, обеспечивающих кантовку раската на заданный угол при заходе в следующую прокатную клеть при различных температурах раската и межклетьевых расстояниях в процессе прокатки–разделения. При этом при решении задачи скручивания раската моментом, создаваемым при прокатке в рабочих валках, были приняты следующие допущения:

- ✦ металл идеально пластичен, при прокатке в калибре и на выходе из него происходит полная динамическая и статическая рекристаллизация;
- ✦ распределение касательных напряжений в раскате при скручивании его в межклетьевых промежутках одинаково для всех поперечных сечений;
- ✦ внутренняя часть раската при скручивании не сдвигается относительно внешней его части [10];
- ✦ момент сопротивления скручиванию раскатов ромбического и квадратного сечений определяется с использованием аналогии А. Надаи;
- ✦ расчет предела текучести при сдвиге (k) определяется с учетом температуры, степени и скорости деформации сдвига при скручивании раската в межклетьевом промежутке;

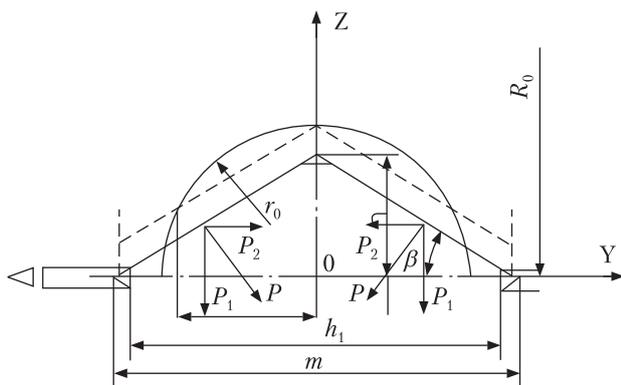


Рис. 2. Схема сечения очага деформации при прокатке по системе «круг–ромб»

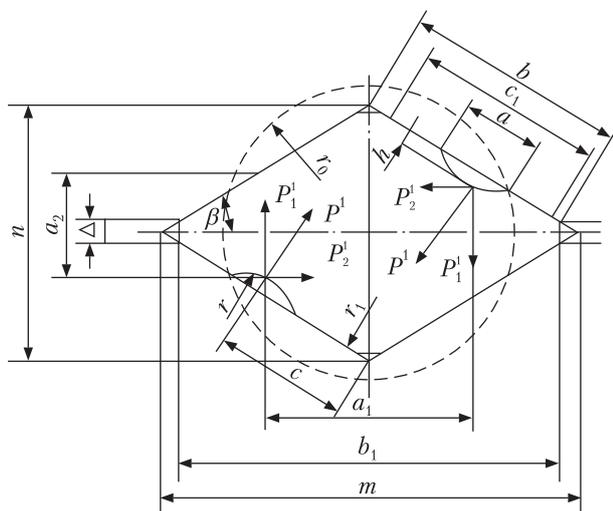


Рис. 3. Схема определения момента скручивания раската при прокатке в ромбическом кантующем калибре

✦ создаваемый в калибре момент скручивания определяется по сопротивлению металла деформации, устанавливаемому для условий деформации в калибрах всего сечения раската.

Таким образом, задача исследования состояла в том, чтобы вначале определить момент скручивания раската на заданный угол при определенном расстоянии между прокатными клетями, а затем рассчитать необходимый режим деформации и параметры выпуклостей на валках, обеспечивающих создание такого момента в кантующих калибрах любой формы [11].

КАНТОВКА РАСКАТА РОМБИЧЕСКИМИ КАНТУЮЩИМИ КАЛИБРАМИ

При производстве арматурного проката периодического профиля в черновой группе прокатных клетей стана 320 используется система калибров «овал–круг». В зависимости от размеров готового профиля в промежуточной группе прокатных клетей используют различное их количество, однако для всех размеров арматурного проката клеть № 14 имеет ромбический кантующий калибр. Кантовка осуществляется на угол 90° . Выходящий из этой прокатной клетки раскат, скантованный в межклетьевом промежутке между черновой и промежуточной группами прокатных клетей, задается в первую прокатную клеть чистовой группы стана, имеющую квадратный кантующий калибр. После кантовки на угол 45° в последующих двух прокатных клетях формируется раскат в виде сдвоенного круга с тонкой перемычкой. Затем с помощью неприводного делительного устройства, установленного после прокатной клетки № 18 происходит продольное разделение раската. Дальнейшая прокатка производится в двух последних прокатных клетях чистовой группы в две нитки.

С целью стабилизации процессов захвата, прокатки и предотвращения сваливания раската в ромбический кантующий калибр задается раскат, имеющий в поперечном сечении форму круга. При деформации в обычном ромбическом калибре раската круглого сечения (рис. 2) силы P_1 (вертикальные составляющие силы прокатки) и P_2 (горизонтальные составляющие) равны как между собой, так и для верхнего и нижнего валков и взаимно уравновешиваются. Поэтому раскат в межклетьевом промежутке не скручивается.

Особенностью ромбического кантующего калибра является наличие локальных выпуклостей в форме сегментов, расположенных посередине ширины поверхностей, формирующих противолежащие грани ромба (рис. 3). Ширина раската, контактирующая со стороной ромбического калибра, определяется как

$$C_1 = \frac{1}{2\cos\beta} (b_1 - 2r_1 \sin\beta), \quad (4)$$

где r_1 — радиус закругления вершины калибра; b_1 — ширина ручья калибра по его большой оси.

При формировании на гранях раската ромбического сечения вогнутостей, соответствующих выпуклостям калибра, в очаге деформации силами P_1^1 и P_2^1 создаются скручивающие моменты, направленные по и против часовой стрелки (см. рис. 3). Соотношение этих моментов определяется геометрией ромбического калибра и сегментов на противоположных поверхностях. Скручивающий момент, образованный силами P_1^1 , больше момента, создаваемого силами P_2^1 , поэтому раскат после выхода из калибра будет скантован по часовой стрелке [1]. Положение, которое будет иметь раскат при задаче в квадратный калибр первой прокатной клетки чистовой группы, зависит от соотношения моментов, создаваемых силами P_1^1 и P_2^1 , и расстояния между промежуточной и чистовой группами прокатных клетей.

С учетом специфики дальнейшего формирования сечения раската в квадратном калибре прокатной клетки № 16 для последующего формирования сдвоенного круга и его разделения после прокатной клетки № 18 ширина сегментов на противоположных сторонах ромбического калибра a должна соответствовать ширине сегментов в квадратном калибре на гранях, по которым будет произведено разделение. Тогда центр сегментов на противоположных гранях ромбического калибра будет располагаться на расстоянии C от вертикальной оси калибра, равном

$$C = b + \frac{\Delta}{2 \sin\beta}, \quad (5)$$

где Δ — зазор между валками.

Момент, необходимый для скручивания раската, в общем виде определяется как

$$M_{скр} = kW, \quad (6)$$

где k — предел текучести при сдвиге, величина которого по условию постоянства разности главных нормальных напряжений равна

$k = \frac{\sigma_s}{2}$; W — момент сопротивления скручиванию данного сечения; σ_s — сопротивление металла деформации при растяжении.

Предел текучести при сдвиге k является функцией температуры раската, степени и скорости деформации при скручивании образца. При отсутствии необходимых данных по кручению горячих образцов k можно определять по зависимостям, полученным при растяжении образцов [10]. Соответствующие зависимости для различных марок сталей представлены в работе [12].

Угол закручивания раската на единицу длины межклетьевого расстояния L определяется по уравнению

$$\theta = \frac{\varphi_k}{L}, \quad (7)$$

где φ_k — угол скручивания раската от момента выхода его из ромбического калибра до момента входа в квадратный калибр (в нашем случае $\varphi_k = \frac{\pi}{2}$).

Момент пластического скручивания, создаваемый при деформации в ромбическом калибре согласно рис. 3 равен

$$M_{скр.п} = P_1^1 a_1 - P_2^1 a_2 = P_1^1 \left(\frac{m}{2} - \frac{n}{2} \operatorname{tg}\beta \right). \quad (8)$$

Сравнивая выражения (2) и (8), находим силу P_1^1 , необходимую для скручивания раската на заданный угол

$$P_1^1 = \frac{b_1^2 h_1^2 k}{6\sqrt{b_1^2 + h_1^2} \left(\frac{m}{2} - \frac{n}{2} \operatorname{tg}\beta \right)}. \quad (9)$$

Сила P_1^1 определяется параметрами вдавливаемого в раскат сегмента: площадью его поперечного сечения $F_{сегм}$, высотой h , радиусом r и шириной a . При этом ширина a задана шириной сегмента в последующем квадратном калибре, а максимальная высота сегмента h расположена посередине грани ромбического калибра.

С другой стороны, сила P_1^1 определяется как

$$P_1^1 = n_\sigma^1 \cdot \sigma_s \cdot 0,5 \sqrt{R^1 \frac{2h}{\cos\beta}} \cdot a \cdot \cos\beta. \quad (10)$$

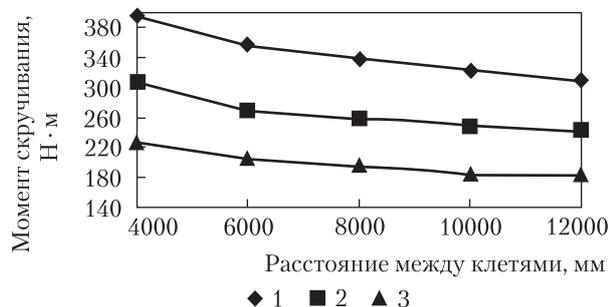


Рис. 4. Влияние расстояния между прокатными клетями № 14 и № 15 и температуры прокатки на момент скручивания раската ромбического сечения в межклетьевом промежутке на угол 90° (сталь 3, № 6)

Приравняв (9) и (10), получим

$$\frac{b_1^2 h_1^2 k}{6\sqrt{b_1^2 + h_1^2} \left(\frac{m}{2} - \frac{n}{2} \operatorname{tg} \beta \right)} = n_\sigma^1 \cdot \sigma_s \cdot 0,5 \sqrt{R^1 \cdot \frac{2h}{\cos \beta}} \cdot a \cos \beta. \quad (11)$$

Уравнение (11) содержит неизвестные параметры сегментов $F_{\text{сегм}}$, h и r . Их значения, обеспечивающие при заданном a кантовку раската в межклетьевом промежутке на угол $\frac{\pi}{2}$, с учетом того, что высота сегмента $h = r - \sqrt{r^2 - \frac{a^2}{4}}$, а его площадь $F_{\text{сегм}} = 0,0175r^2 \arcsin \frac{a}{2r} - \frac{a}{2}(r-h)$, определяются решением следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_1^2 h_1^2 k}{6\sqrt{b_1^2 + h_1^2} \left(\frac{m}{2} - \frac{n}{2} \operatorname{tg} \beta \right)} &= n_\sigma^1 \cdot \sigma_s \cdot 0,5 \sqrt{R^1 \cdot \frac{2h}{\cos \beta}} \cdot a \cos \beta; \\ h &= r - \sqrt{r^2 - \frac{a^2}{4}}; \\ F_{\text{сегм}} &= 0,0175r^2 \arcsin \frac{a}{2r} - \frac{a}{2}(r-h) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

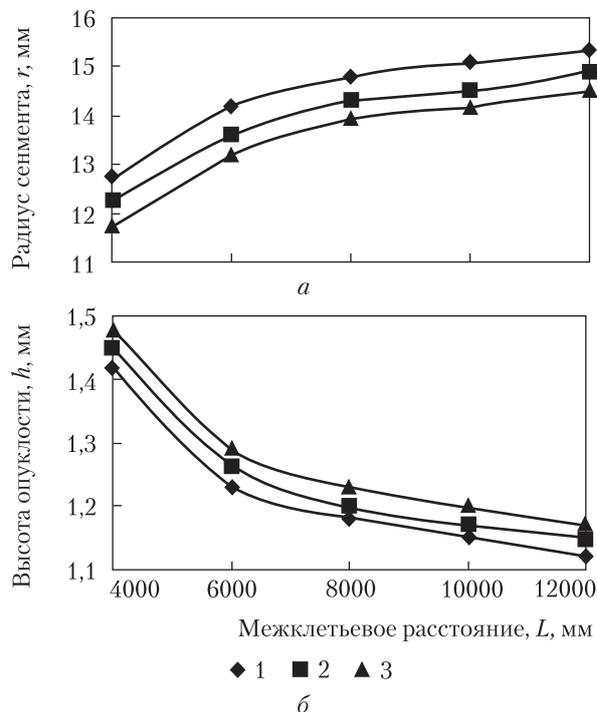


Рис. 5. Влияние расстояния между прокатными клетями № 14 и № 15 и температуры прокатки на радиус (a) и высоту сегментов (b) на валках при скручивании раската ромбического сечения на угол 90° (сталь 3, № 16) после выхода из клетки № 14

По приведенной методике были рассчитаны параметры сегментов на противоположных гранях ромбического калибра прокатной клетки № 14 при производстве методом сдвоенной прокатки арматурных профилей периодического профиля №№ 10–16 на мелкосортном стане 320. Анализ результатов расчетов показал, что расчетные параметры сегментов обеспечивают создание при прокатке скручивающих моментов с погрешностью $-6 \div +8 \%$ от момента, необходимого для кантовки раската в межклетьевом промежутке на заданный угол.

Момент скручивания ромбического сечения в промежутке между прокатными клетями зависит от длины этого промежутка и температуры раската. Чем ниже температура раската и меньше межклетьеовое расстояние, тем больше момент скручивания (рис. 4). Изменение температуры металла оказывает большее влияние

на величину момента скручивания. Так, в диапазоне температур 900—1 100 °С увеличение расстояния между прокатными клетями с ромбическим и квадратным калибрами от 4 до 12 м (т.е. в 3 раза) уменьшает момент скручивания в 1,25 раза, а повышение температуры металла от 900 до 1 100 °С — в 1,75 раза.

Момент скручивания раската $M_{скр.}$ определяем, используя уравнения (2), (7), с учетом длины межклетьевого промежутка L . Чем больше L , тем меньше будет угол закручивания на единицу длины θ при меньшем моменте скручивания. В соответствии с требуемым моментом скручивания изменяются и параметры сегментов, наносимых на грани ромбического калибра для обеспечения создания этого момента.

В качестве примера на рис. 5 приведены зависимости геометрических параметров сегментов от межклетьевого расстояния и температуры прокатки арматурного профиля № 16. При этом ширина сегментов, определяемых геометрией последующего квадратного калибра, постоянна. Аналогичные зависимости получены и для арматурных профилей №№ 10—14.

Опытная прокатка показала, что при нанесении на грани ромбического калибра сегментов, рассчитанных по разработанной методике, обеспечивается устойчивая кантовка раската в промежутке между прокатными клетями № 14 и № 15. В дальнейшем, при повышении технологичности изготовления валков с выпуклостями и достижении более полного соответствия формы ромбического и последующего квадратного калибра, размеры сегментов были несколько изменены, а расстояние

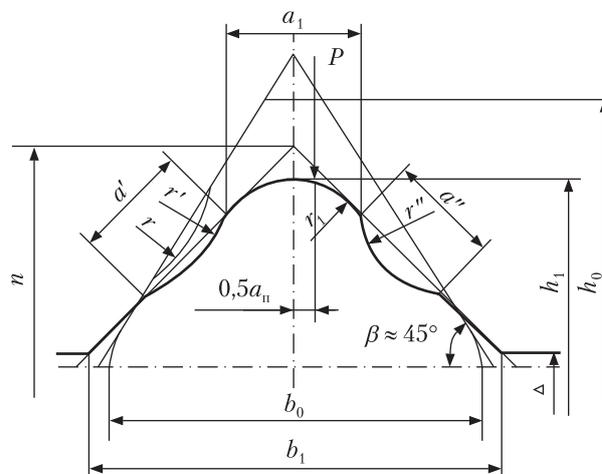


Рис. 6. Схема определения момента скручивания при деформации раската ромбического сечения в квадратном кантующем калибре.

от вертикальной оси до центра сегмента по стороне ромба было увеличено на 0,4—0,9 мм с увеличением в сторону большего размера арматурного профиля. Применяемые параметры выпуклостей в ромбическом калибре прокатной клетки № 14 приведены в табл. 1.

КАНТОВКА РАСКАТА КВАДРАТНЫМ КАНТЮЩИМ КАЛИБРОМ

При сдвоенной прокатке арматурного проката на стане 320 раскат ромбического сечения, полученный в прокатной клетке № 14 и скантованный на угол 90°, деформируют в квадратном калибре клетки № 15, врезанном на диагональ. В отличие от прокатки в ромбическом калибре, имеющем выпуклости на противоположащих гранях, в котором скручивающий момент создается за счет раз-

Таблица 1

Параметры сегментов на стороне ромбического калибра прокатной клетки № 14 при прокатке арматурных профилей стали на стане 320

Номер арматурного профилеразмера	Высота сегмента, h , мм	Радиус сегмента, r , мм	Хорда сегмента, a , мм	Площадь сегмента, $F_{сегм}$, мм ²
№ 10	0,7	9,15	7,02	3,28
№ 12	0,85	11,35	8,62	4,68
№ 14	0,98	12,89	9,86	6,38
№ 16	1,15	14,9	11,50	8,85

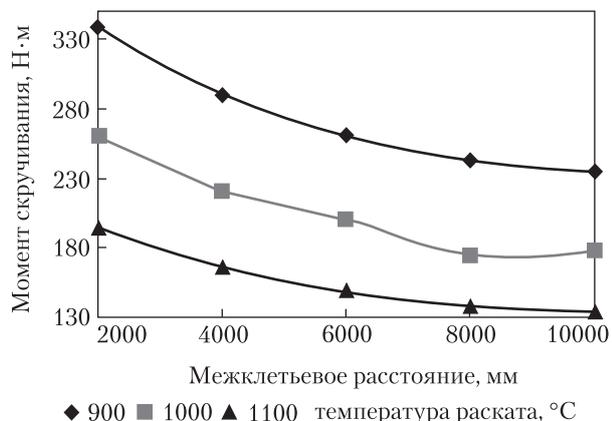


Рис. 7. Залежність моменту скручування раската квадратного сечення від відстання між клетью з кантуючим квадратним калибром і наступною клетью і від температури прокатки при виробстві арматурного профіля № 16 із сталі 3 методом вдвоєної прокатки

личної вертикальної і горизонтальної складових зусиль вдавлювання сегментів в раскат і плеч моментів, в квадратному калибрі, грани якого розташовані під кутом 45°, складові зусиль вдавлювання сегментів однакові. Оси сегментів розташовані посередині стенок калибра, тому плечі моменту також однакові. В цьому випадку скручуючий момент створюється за рахунок різниці обжимаємих площей сечення по ширині квадратного калибра.

Поэтому кантовку раската на выходе из квадратного калибра было решено обеспечить за счет создания выпуклостей в виде сегментов различной площади на сопряженных стенках калибра каждого валка, но одинаковой площади на его противоположных стенках. Обеспечить

образование вогнутостей на гранях раската, которые после кантовки на угол 45° обжимаются на меньшую величину по сравнению с другими противолежащими гранями, необходимо для исключения переполнения двух последующих калибров, формирующих раскат в виде вдвоенного круга перед его разделением [13]. В результате на раскате формируются соответствующие вогнутости на всех гранях (рис. 6). Задача состояла в том, чтобы, определив силу деформации ромба в квадратном калибре, рассчитать размеры и площади поперечного сечения сегментов на противолежащих гранях раската. Выпуклости на гранях калибра обеспечивают такое различие обжимаемых по ширине площадей сечения, которое создает необходимое смещение равнодействующих на верхний и нижний валки и скручивающий момент, требующийся для кантовки раската на угол 45° в межклетьевом промежутке заданной длины.

Угол закручивания на единицу длины межклетьевого промежутка L определяется по уравнению $\theta = \frac{\varphi_k}{L}$, где $\varphi_k = \frac{\pi}{4}$ (для раската квадратного сечения, выходящего из прокатной клетки № 5).

Если сегменты с радиусами r' и r'' и положение задаваемого ромба расположены так, как показано на рис. 6, то кантовка раската на выходе из квадратного калибра осуществляется по часовой стрелке. Если грани ромба с вогнутостями расположены с противоположных сторон, то в квадратном калибре следует изменить

Таблиця 2

Параметры сегментов на сторонах квадратного калибра прокатной клетки № 15 при прокатке арматурных профилей на стане 320

Номер арматурного профилирумера	Меньший сегмент, ($F'_{сез}$)				Больший сегмент, ($F'_{сез}$)			
	h' , мм	r' , мм	a' , мм	$F'_{сез}$, мм ²	h'' , мм	r'' , мм	a'' , мм	$F'_{сез}$, мм ²
№ 10	0,68	9,4	7,02	3,24	1,25	5,55	7,02	6,0
№ 12	0,83	11,6	8,62	4,6	1,52	6,85	8,62	8,9
№ 14	0,90	13,2	9,86	6,3	1,75	7,82	9,86	11,5
№ 16	1,11	15,4	11,50	8,7	2,10	8,90	11,50	16,5

размеры сегментов на противоположные. В этом случае кантовка раската будет производиться против часовой стрелки.

Учитывая это, выражения F_1' и F_1'' записываются следующим образом:

$$F_1' = 0,142r_1^2 + 0,25(1,41r_1 + \vartheta_1)(0,5\vartheta_1 - 0,5\Delta - 0,293r_1) + 0,25\vartheta_1\Delta - 1,445r_1''^2 \left[0,0349\arcsin \frac{a_p}{3,4r_1''} - \sin \left(2\arcsin \frac{a_p}{3,4r_1''} \right) \right], \quad (13)$$

$$F_1'' = 0,142r_1^2 + 0,25(1,41r_1 + \vartheta_1)(0,5\vartheta_1 - 0,5\Delta - 0,293r_1) + 0,25\vartheta_1\Delta - 0,5r_1''^2 \left[0,0349\arcsin \frac{a_p}{2r_1''} - \sin \left(2\arcsin \frac{a_p}{2r_1''} \right) \right], \quad (14)$$

где a_p — ширина вогнутости в раскате ромбического сечения.

Момент, создаваемый в очаге деформации и приводящий к кантовке раската, выходящего из квадратного калибра, равен $M = Pa''$. Чтобы кантовка раската осуществилась на заданный угол $\left(\frac{\pi}{4}\right)$ при определенной длине межклетьевого промежутка, этот момент должен быть равен моменту пластического кручения

$$\frac{h^3}{12}k = Pa'' \quad (15)$$

Так как размеры задаваемого ромба и его вогнутостей на противоположных гранях известны, то, решая уравнение (15), определяют геометрические параметры раската квадратного сечения.

По данной методике были рассчитаны геометрические размеры сегментов на валках прокатной клетки № 15 для прокатки профилей различных размеров арматурного проката.

На рис. 7 показано влияние длины межклетьевого промежутка и температуры прокатки на момент скручивания раската, выходящего из прокатной клетки с квадратным калибром. С увеличением расстояния между прокатной клетью с квадратным кантующим калибром и пос-

ледующей прокатной клетью момент, необходимый для скручивания раската на угол 45° , уменьшается. Чем больше расстояние между прокатными клетями, тем меньше его влияние на момент скручивания. Температура прокатки оказывает существенное влияние на значение момента скручивания — чем выше температура, тем меньше момент скручивания.

По разработанной методике были рассчитаны геометрические параметры сегментов, наносимых на грани квадратного калибра при производстве арматурных профилей №№ 10–16 (табл. 2). Форма и размеры квадратных калибров, применяемых в прокатной клетке № 15, обеспечивают надежную кантовку в промежутке между прокатными клетями № 15 и № 16 и получение требуемых размеров раската для двоянной прокатки в прокатных клетях № 16 и № 18.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны технические решения, предусматривающие использование в процессе прокатки—разделения специальных кантующих калибров. Применение специальных калибров стабилизировало процесс прокатки—разделения, улучшило качество поверхности разделенных раскатов и способствовало существенному упрощению привалковой арматуры, использовавшейся при реализации такого нетрадиционного процесса прокатки. Реализация этой разработки существенно снизила вероятность возникновения аварийных ситуаций на стане, связанных застреванием переднего конца раската в последующей прокатной клетке после его кантовки.

2. На основании аналитического решения задачи скручивания раската в процессе прокатки с использованием теории кручения стержней применительно к обработке металлов давлением впервые разработаны методики определения параметров кантующих калибров с учетом специфики технологии двоянной прокатки—разделения. Научно обоснованный выбор размеров сегментов на противоположных гранях калибров, формирующих двоянный раскат, обеспечивает получение, с одной стороны, требу-

мой формы и размеров и, с другой стороны, кантовку его на заданный угол.

Разработка реализована на стане 320 Белорусского метзавода при производстве арматурного проката мелких и средних сечений с использованием неприводных клеток и деформационно-делительных устройств в процессе прокатки—разделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Совершенствование технологии сдвоенной прокатки арматурных профилей на стане 320/150 / С.М. Жучков, А.Н.Бондаренко, В.Н.Асанов, В.Ф.Дышлевич // Сталь. — 1994. — № 2. — С. 48—51.
2. Пути совершенствования технологии сдвоенной прокатки арматурных профилей на стане 320/150 Белорусского металлургического завода / С.М. Жучков, А.Н. Бондаренко, В.Н. Асанов и др. // Научно-технический сборник статей Совершенствование технологических процессов на Белорусском металлургическом заводе Жлобин: Часть 1. Сталеплавильное производство. Прокатное производство: 1994. — С. 71—79.
3. Кассета для продольного разделения раската / Э.В. Сивак, С.М. Жучков, Л.В.Кулаков и др. / "Металлурги". — 1996. — № 12. — С. 33.
4. Авторское свидетельство 1358163 (СССР), МКИ В21В/1/02. Кассета для продольного разделения раската / С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, Э.В. Сивак (Украина) и др. // № 3997763/22—02; Заявл. 24.12.85; не публикуемое (для служебного пользования).
5. Патент 2055653 (Российская Федерация), МКИ В21В/1/02. Способ сдвоенной прокатки арматурных профилей / В.Н. Асанов (Республика Беларусь), С.М. Жучков (Украина), А.Н.Бондаренко (Республика Беларусь) и др. // № 5065938/02; Заявл. 13.10.92; Опубл. 10.03.96, Бюл. № 7. — 5 с.
6. Патент 2089305 (Российская Федерация), МКИ В21В/1/02, Способ калибровки валков непрерывного стана / С.М. Жучков (Украина), А.Н. Бондаренко, В.Ф. Дышлевич (Республика Беларусь) и др. // № 95103324; Заявл. 11.04.94; Опубл. 10.09.96, Бюл. № 7. — 5 с.
7. Патент (Украина), МКИ В21В 1/02. Спосіб калибрування валків безперервного стана / С.М.Жучков (Україна), А.Н.Бондаренко, В.Ф.Дышлевич (Республика Беларусь) и др. // № 94076272; Заявл. 18.07.94; Действует с 18.07.94; Зарегистрировано 17.02.98.
8. Патент 2026 (Республика Беларусь), МКИ В21В/1/02. Система калибровки валков непрерывного сортового прокатного стана / С.М. Жучков (Украина), А.Н. Бондаренко, В.Ф. Дышлевич (Республика Беларусь) и др. // № 1878. Заявл. 11.04.94. Зарегистрировано 11.04.96. Действует с 14.10.97.

9. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. — М.: Мир, 1969. — С. 863.
10. Чекмарев А.П., Чернобрювченко Ю.С. Роликовая арматура прокатных станов. — М.: Металлургия, 1964. — 256 с.
11. Горбанев А.А., Жучков С.М., Бондаренко А.Н., Колосов Б.Н., Киселев А.П. Задачи определения условий кантовки раската в межклетьевом промежутках непрерывного сортового стана при реализации процесса прокатки—разделения. — М.: Производство проката. — 2003. — № 9. — С. 14—17.
12. Теория прокатки: Справ. / А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. — М.: Металлургия, 1982. — 335 с.
13. Жучков С.М., Бондаренко А.Н., Горбанев А.А., Колосов Б.Н., Киселев А.П. Анализ силового взаимодействия элементов калибра и раската при использовании кантующих квадратных калибров в процессе прокатки—разделения. — М.: Производство проката. — 2003. — № 11. — С. 10—15.

С.М. Жучков, А.О. Горбаньов, Б.М. Колосов

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ—РОЗДІЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕПРИВІДНИХ ДЕФОРМАЦІЙНО-ДІЛИЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Створено технічні рішення, що передбачають використання в процесі прокатки—розділення спеціальних кантувальних калібрів. Вперше розроблені методики визначення параметрів кантувальних калібрів з врахуванням специфіки технології здвоєної прокатки—розділення.

Ключові слова: прокатка—розділення, кантувальні калібри, теорія кручення стрижнів, методики визначення параметрів калібрів.

S.M. Zuchkov, A.A. Gorbanev, B.N. Kolosov

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL CIRCUITS OF ROLLING DIVISION PROCESS USING OUT-OF-REGISTER DEFORMITY-SEPARATORY DEVICES

The technical decisions providing use of special canting calibers during rolling—division are developed. For the first time techniques for the definition of canting calibres parameters with allowance for the specificity of dual rolling—division technology.

Key words: deformity—separatory division, canting calibres, theory of torsion, techniques for definition of calibres' parameters.

Надійшла до редакції 17.10.08.