

УДК 621.771

*И.В. Копылов<sup>1</sup>, К.В. Волков<sup>1</sup>, А.Ю. Ромадин<sup>1</sup>, В.Н. Перетяцько<sup>2</sup>*<sup>1</sup>ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат<sup>2</sup>Сибирский государственный индустриальный университет

## ОСОБЕННОСТИ СПОСОБОВ ПРОДОЛЬНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РАСКАТА ПРИ ПРОКАТКЕ АРМАТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Увеличение доли мелких профилей (№ 10, 12) в сортаменте мелкосортного стана 250–1 ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» вызвало необходимость освоения и внедрения технологии прокатки этих профилей с разделением. За период освоения были разработаны и опробованы различные схемы калибровки валков для формирования ослабленного сечения и различные способы разделения раската.

Используемые способы формирования ослабленного сечения в значительной степени зависят от существующей последовательности расположения прокатных клетей, что существенно ограничивает реализацию процесса. Применяемые в ходе освоения технологии способы формирования ослабленной перемычки подробно описаны в работах [1, 2].

В настоящей работе рассмотрен окончательный этап деления раската непосредственно в калибрах и деление раската с применением специальных устройств.

Первые эксперименты прокатки с разделением производили с применением делительной выводной арматуры. Но ввиду недостаточного количества этих устройств, их сложной конструкции, затрудняющей обслуживание, а также низкой стойкостью разрезных роликов было принято решение применить схему двухручьевого проката арматурных профилей с делением раската непосредственно в валках. При использовании этой схемы существенно упрощается конструкция выводных проводок, однако в процессе ее использования были выявлены некоторые особенности, которые, если их не учитывать, могут практически остановить весь процесс производства. В настоящее время с приобретением в достаточном количестве делительных устройств, имеющих легкую в обслуживании конструкцию, и применением роликов из износостойких материалов освоена и внедрена в производство технология «слиттинг-процесс» для арматурного проката № 8, 10, 12, 14 с применением специальных устройств деления раскатов.

Реализацию процесса продольного разделения раската контролируемым разрывом в валках осуществляли путем создания в зоне перемычки растягивающих напряжений под действием осевых сил со стороны боковых поверхностей гребней разрезного калибра, внедряемых в металл (рис. 1). Для этого разрезной калибр

спроектирован таким образом, чтобы во время разрезки перемычки отсутствовал контакт металла с дном и боковыми гранями калибра ( $h > H$ ), либо имелся минимальный контакт с незначительным обжатием по высоте  $h \leq H$ . В момент захвата валками (рис. 1, а) и в период установившегося процесса прокатки осуществляется контакт металла и валков по всей ширине внутренних гребней калибра.

В начале очага деформации в связи с тем, что осевые силы меньше суммы сил пластического изгиба профилей и силы сопротивления перемычки растяжению  $Q < G + F$  (где  $Q$  – осевые силы;  $G$  – сила пластического изгиба;  $F$  – сила сопротивления перемычки растяжению), имеет место пластическая деформация раската с незначительным обжатием перемычки гребнями калиб-

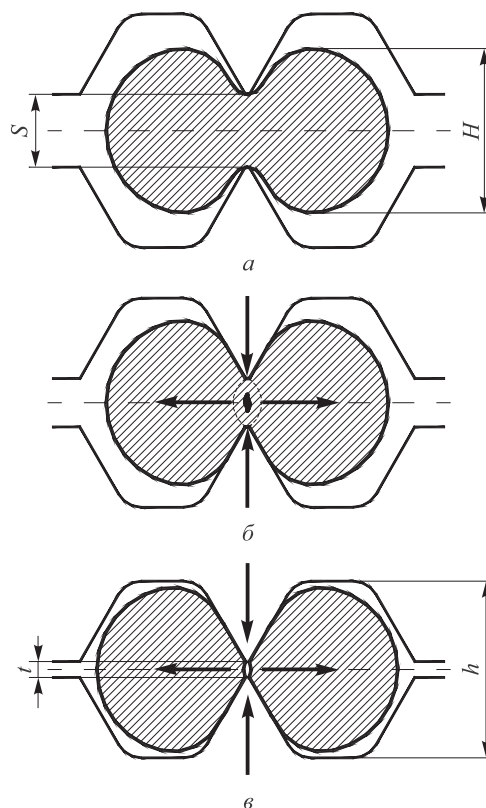


Рис. 1. Схема продольного разделения двухниточного раската контролируемым разрывом:  
а – момент захвата раската валками; б – внедрение разрезных гребней, зарождение трещины в очаге деформации; в – разделенные профили при выходе из очага деформации

ра. По мере утонения перемычки уменьшается сила  $F$  сопротивления перемычки растяжению и с момента, когда  $Q > G + F$ , начинается растяжение перемычки, сопровождаемое взаимным перемещением разделенных профилей в поперечном направлении. Под действием растягивающих сил увеличивается интенсивность напряжений в перемычке, повышается вероятность появления первой трещины на оси симметрии полосы. После этого под расклинивающим действием гребней валков трещина распространяется к вершинам гребней до разрушения перемычки. Так как трещина зарождается на оси симметрии, то при ее разрастании к вершинам гребней разрезного калибра наблюдаются вогнутые внутрь полосы поверхности разделения (схема формирования таких поверхностей показана на рис. 1, б, в).

Приведенные выше рассуждения подтверждаются полученными темплетами разделенных профилей (рис. 2, а, б). Происходит рваное вскрытие зернистой структуры металла в месте разделения заготовок, которое остается заметным после обжатия в последующем овальном калибре (рис. 2, в).

Для уменьшения влияния места разделения на качество готового профиля необходимо свести к минимуму ширину дорожки разрыва со вскрытой зернистой структурой. Для этого следует уменьшить толщину перемычки задаваемого раската в разрезной калибр и зазор между разрезными гребнями в этом калибре. Минимальный зазор между разрезными гребнями (с учетом «пружины» валков и их регулировки) должен составлять не менее 0,5 мм на новых калибрах. От износа калибра этот зазор быстро увеличивается до 1,0 мм. Поэтому главная роль в обеспечении гарантированного деления отводится выдерживанию определенной толщины перемычки на подкате. Опыт проведенных прокаток показал, что изменение отношения величины зазора между разделяющими гребнями разрезного калибра к толщине перемычки на подкате меняет не только условия разделения раската, но и радиус кривизны передних концов разделенных профилей на выходе из валков.

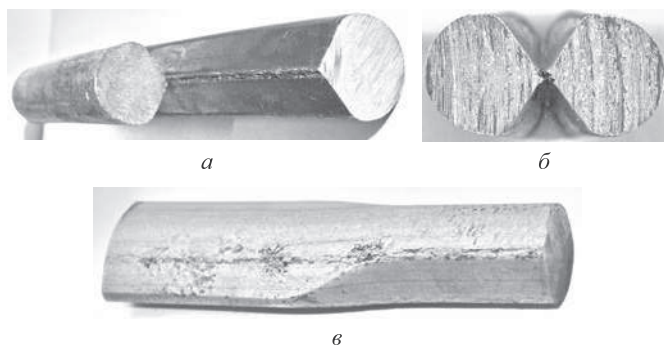


Рис. 2. Темплеты очагов деформации: а – рваная дорожка разрыва после разделения; б – поперечное сечение очага деформации в месте разрыва перемычки; в – вид дорожки разрыва после обжатия в овальном калибре

С целью получения аналитических зависимостей, определяющих процесс продольного разделения двухниточного раската контролируемым разрывом, были проведены экспериментальные исследования на лабораторном прокатном стане 120. Выявлено, что при отношении зазора  $t$  между разрезными гребнями к толщине  $s$  задаваемой перемычки  $t/s = 0,25$  разделение профилей проходит неустойчиво только на переднем конце (рис. 3, а). С уменьшением этого отношения наблюдается уверенное разделение с большим радиусом кривизны изгиба вплоть до прямолинейного выхода разделенных заготовок. При дальнейшем уменьшении отношения  $t/s$  (до 0,15) происходит уменьшение радиуса изгиба разделенных профилей на выходе из калибра с разбросом передних концов в противоположные стороны (рис. 3, б).

При двух крайних значениях отношения  $t/s$  происходит дорывание перемычки о внутреннюю перегородку выводной проводки с образованием наварки металла (при  $t/s \geq 0,25$ ); передние концы заготовок упираются в боковые стенки выводной проводки с образованием «крючка», способствующего застреванию раскатов во вводной проводке последующей клетки, или происходит неправильный захват в калибре (при  $t/s \leq 0,15$ ).

Полученные зависимости использованы при конструировании калибров, что позволило на новых калибрах получить минимальную ширину дорожки разрыва при прямолинейном выходе разделенных профилей. От износа калибров в процессе прокатки оба компонента этих зависимостей постепенно увеличиваются, тем самым величина отношения меняется незначительно, процесс деления не нарушается, но при этом увеличивается ширина рваной дорожки с зернистой структурой. Уменьшение зазора разрезного калибра без корректировки зазоров предшествующих калибров приводит к изгибу передних концов полосы и последующему «забуриванию» в процессе прокатки.

Реализация процесса продольного разделения раската разрезным устройством («слитинг-процесс») состоит из двух операций: подготовки раската к разделению

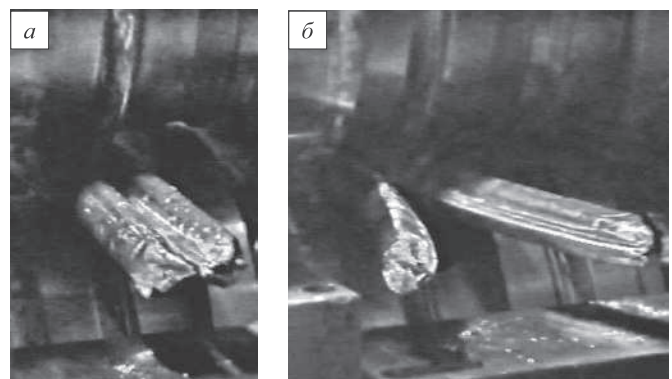


Рис. 3. Разделение профилей: а – разрыв не произошел; б – разрыв с изгибом разделенных профилей

и самого разделения. Продольное разделение раската, состоящего из двух круглых или другой формы профилей, соединенных тонкой перемычкой, осуществляется разрывом перемычки специальным устройством, устанавливаемым на выходе из валков, под действием выталкивающей силы, создаваемой прокатными валками. Устройство для разделения содержит одну или две пары горизонтальных роликов с гребнями по середине бочки.

Для реализации этого процесса калибр, формирующий тонкую (порядка 0,8 – 1,0 мм) перемычку, спроектирован так, чтобы у обжимаемой в ней полосы не происходило деление. В начале очага деформации (рис. 4, *a*) осуществляется контакт металла с валками только по всей ширине внутренних гребней калибра. По мере утонения перемычки гребнями валков уменьшается сила  $F$  сопротивления перемычки растяжению

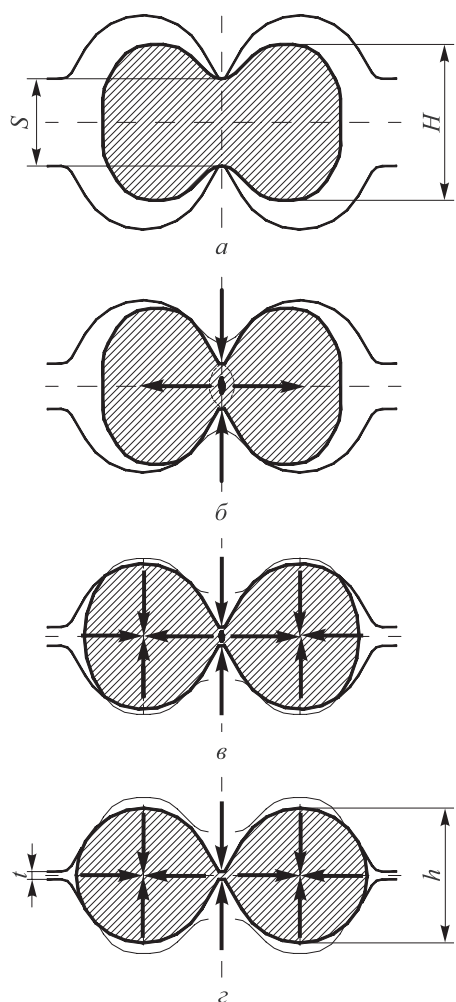


Рис. 4. Схема продольного разделения двухниточного раската при «слиттинг-процессе»: *a* – момент захвата раската валками; *б* – внедрение разрезных гребней до контакта по дну и боковым граням калибра, начало зарождения трещины в очаге деформации; *в* – внедрение разрезных гребней в момент контакта с дном и боковыми гранями калибра, прекращение зарождения трещины в очаге деформации; *г* – профиль двух половинок, соединенных тонкой перемычкой при выходе из очага деформации

и с момента, когда  $Q > G + F$ , начинается растяжение перемычки, сопровождаемое взаимным перемещением профилей в поперечном направлении. Под действием растягивающих сил увеличивается интенсивность напряжения в перемычке, что способствует зарождению трещины на оси симметрии полосы (рис. 4, *б*). Далее по ходу очага деформации начинается обжатие профиля дном калибра и боковыми стенками, тем самым уравновешиваются растягивающие напряжения, останавливается процесс зарождения трещины в очаге деформации (рис. 4, *в*). На выходе из очага деформации профиль обжимается по всему контуру, разрыва перемычки не происходит (рис. 4, *г*).

Продольное разделение завершается в клиновидных роликах делительного устройства. Увеличенный угол клиновидных роликов (относительно угла сформированной канавки профиля) обеспечивает взаимное смещение соединенных половинок. Под действием осевых сил происходит растяжение и разрыв перемычки. Место разделения показано на рис. 5, *a*. Конструкция калибров и форма разрезных роликов делительного устройства позволяют на новых калибрах получать минимальную величину шейки разрыва. При обжатии такой полосы в овальном калибре происходит растяжение острой кромки в поперечном направлении без образования заката (рис. 5, *б*). При значительном износе разрезных гребней калибра клиновидные ролики начинают выполнять работу не только взаимного смещения половинок профиля, но и дорезать перемычку. В этом случае величина шейки разрыва увеличивается, появляется вероятность образования заката.

При реализации «слиттинг-процесса» большое значение имеют два фактора: точная задача раската в калибр и положение выводного делительного устройства относительно калибра. Выполнение этих условий значительно затрудняет настройку процесса. Однако в отличие от деления полосы контролируемым разрывом непосредственно в валках наличие делительного устройства обеспечивает выполнение заданных параметров при осуществлении процесса разделения раската. При выкрашивании разрезного гребня в калибре клинообразные ролики разрезного устройства дорезают дефектный участок. В таком режиме продолжать прокатку не рекомендуется, но появляется возможность до обнаружения сколов, не получая «бурений» и несоответствия требованиям к готовой продукции, докатать находящиеся в линии стана заготовки.

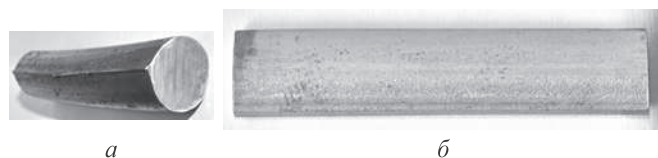


Рис. 5. Темплеты очагов деформации: *a* – дорожка разделения; *б* – вид дорожки разделения после обжатия в овальном калибре на темплете

Преимущества процесса продольного разделения раската контролируемым разрывом:

- возможность осуществлять деление раската при больших зазорах между разрезными гребнями упрощает настройку валков;
- отсутствие шейки разрыва в месте разделения заготовок;
- надежное самоцентрирование раската в двухручьевом калибре;
- возможность увеличения угла до 90° у вершин гребней двухручьевого калибра повышает срок службы валков;
- простота конструкции выводной валковой арматуры.

К недостаткам продольного разделения раската следует отнести:

- вскрытие зернистой структуры металла в месте разделения заготовок;
- необходимость осуществлять деление раската в узком диапазоне значений отношения зазора между разрезными гребнями к толщине перемычки, влияющего на радиус кривизны передних концов разделенных профилей на выходе из валков.

Преимущества технологии «слиттинг-процесс»:

- ровная поверхность шейки разрыва, растягивающаяся от обжатия в овальном калибре без оставления видимых следов;
- наличие делительного устройства «подстраховывает» протекание процесса разделения, дорезая дефектный участок от выкрошенных гребней калибра.

К недостаткам технологии «слиттинг-процесс» следует отнести:

- разделение в делительном устройстве полосы, полученной в калибре со значительным износом

разрезных гребней, увеличивает шейку разрыва, появляется вероятность образования заката;

- необходимость в формировании на раскате очень тонкой (порядка 0,8 – 1,0 мм) перемычки, что снижает срок службы валков (низкая стойкость формирующего калибра);
- наличие разделяющего устройства сложной конструкции, требующего квалифицированного обслуживания.

Отличия способа продольного разделения контролируемым разрывом от «слиттинг-процесса»:

- отсутствует шейка разрыва, при этом происходит рваное вскрытие зернистой структуры металла, следы которого заметны после обжатия в последующем овальном калибре;
- простота конструкции выводной проводки, но при этом необходимо выдерживать величину отношения зазора между разделяющими гребнями калибра к толщине перемычки для получения прямолинейного выхода разделенных профилей из калибра.

**Выводы.** Рассмотрены особенности, преимущества и недостатки продольного разделения раската в калибрах и разделения раската с применением специальных устройств при прокатке арматурных профилей. Выявлены отличия способа продольного разделения контролируемым разрывом от «слиттинг-процесса».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Погорелов А.И., Копылов И.В., Ефимов О.Ю. и др. // Сталь. 2004. № 5. С. 63 – 66.
2. Ефимов О.Ю., Чинокалов В.Я., Копылов И.В. и др. // Сталь. 2008. № 8. С. 78 – 80.

© 2012 г. И.В. Копылов, К.В. Волков,  
А.Ю. Ромадин, В.Н. Перетьяко  
Поступила 22 мая 2012 г.

УДК 669.184.66

*Е.В. Протопопов<sup>1</sup>, Р.Ф. Калимуллин<sup>1</sup>, А.Г. Чернятевич<sup>2</sup>, П.С. Харлашин<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный индустриальный университет

<sup>2</sup> Национальная металлургическая академия Украины

<sup>3</sup> Приазовский государственный технический университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОПОРОШКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В ФУРМЕ С ВНЕШНИМ СМЕШЕНИЕМ

Раздувка конечного шлака с целью нанесения шлакового гарнисажа стала неотъемлемой частью технологии горячих ремонтов футеровки кислородных конвертеров. С использованием такой технологии и других мероприятий в мировой практике рекордная стойкость футеровки уже достигла 20 – 30 тыс. плавов [1]. Выполненные исследования [2, 3] показывают перспективность использова-

ния для нанесения шлакового гарнисажа газопорошковой раздувки конечного шлака, что позволяет значительно снизить расход дорогостоящих магнезиальных материалов, присаживаемых в ванну по ходу плавки для придания шлаку специальных «гарнисажных» свойств.

Как установлено промышленными экспериментами [4], отсутствие в конвертере в период нанесения