

**С.М.Жучков, В.А.Маточкин**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МНОГОРУЧЬЕВОЙ ПРОКАТКИ–  
РАЗДЕЛЕНИЯ НА СТАНЕ 850**

*ИЧМ НАН Украины, РУП «БМЗ»*

Показано, что для повышения технического уровня производства, повышения его эффективности необходимо разрабатывать и использовать новые технологические решения, в т.ч. не требующие существенных капитальных затрат. Кратко охарактеризован ряд новых технических и технологических решений, разработанных и реализованных на стане 850 РУП БМЗ.

**Введение.** Современные условия реформирования экономики требуют повышения технического уровня производства, повышения его эффективности с целью создания предпосылок для выпуска конкурентоспособной продукции. В этой связи, металлургическими предприятиями активно прорабатываются стратегические направления технического перевооружения производства [1]. Вместе с тем, задачи повышения эффективности производства крупносортового проката и заготовок, используемых в последующем переделе на непрерывных прокатных станах для производства сортового проката и катанки, могут быть успешно решены за счет использования технологических решений не требующих существенных капитальных затрат, в том числе нетрадиционных технологий, например, процесса многоручьевого прокатки с продольным разделением раската в потоке стана (прокатки–разделения) [2–4].

**Краткая характеристика технологии производства заготовок и оборудования стана 850.** Обжимно–заготовочный стан 850 Республиканского унитарного предприятия «Белорусский металлургический завод» (РУП БМЗ) предназначен для прокатки горячекатаных заготовок круглого сечения диаметром 80...152,4 мм и квадратного сечения со стороной 100, 125 и 135 мм. Заготовки сечением 125×125мм используются для производства сортового проката и катанки на мелкосортном стане 320 и проволочном стане 150. Для прокатки всего сортамента стана используют непрерывнолитые заготовки (блюмы), поступающие от машины непрерывного литья МНЛЗ № 3 электросталеплавильного цеха. Сечение исходных заготовок – 250х300 и 300х400 мм. После выхода из МНЛЗ № 3 непрерывнолитые заготовки разрезаются на участке газовой резки на мерные длины 2,6...5,2 м в зависимости от требуемых размеров и профиля готового проката. На стане прокатывают заготовки широкого марочного сортамента, включающего углеродистые, легированные и сложнелегированные стали и сплавы.

Стан 850 состоит из двух участков – собственно стана и адьюстажа. В состав стана входят: подогревательная печь; термостат; нагревательная печь; реверсивная двухвалковая клеть 850 со вспомогательным оборудованием; пила горячей резки проката; холодильник; колодцы замедленного охлаждения. Стан имеет участок по ремонту технологического оборудования, подготовки валков и арматуры. Стан оборудован установками для контроля качества и зачистки заготовок, рабочими, транспортными и раскатными рольгангами и оснащен локальными системами автоматического регулирования и управления технологическими агрегатами и механизмами. Схема расположения оборудования стана 850 показана на рис.1.

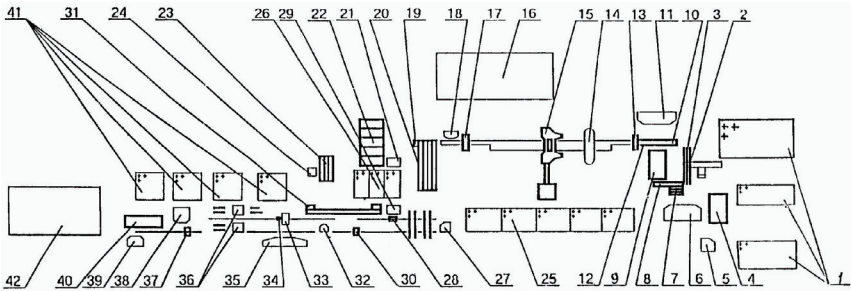


Рис. 1. Схема расположения основного технологического оборудования стана 850  
 1 – склад блюмов ЭСПЦ-2; 2 – приемный рольганг; 3 – загрузочная решетка с термостатом; 4 – подогревательная печь; 5 – ПУ-1а; 6 – ПУ-1; 7 – загрузочно-разгрузочное устройство; 8 – загрузочный рольганг печи; 9 – нагревательная печь; 10 – рольганг возврата; 11 – ПУ-2; 12 – рольганг выдачи; 13 – гидросбив; 14 – ПУ-3; 15 – реверсивная клеть 850; 16 – участок ремонта технологического оборудования (УРТО); 17 – пила горячей резки; 18 – ПУ-4; 19 – маркировочная машина; 20 – холодильник; 21 – ПУ-5; 22 – колодцы замедленного охлаждения; 23 – передаточный транспортер; 24 – ПУ-6; 25 – промежуточный склад; 26 – промежуточный склад 2; 27 – ПУ-8; 28 – роликотправильная машина (РПМ); 29 – ПУ-9; 30 – дробеструйная установка; 31 – установка магнитной дефектоскопии; 32 – ПУ-10; 33 – ПУ-11; 34 – установка ультразвукового контроля внутренних дефектов; 35 – ПУ-7; 36 – зачистные станки, ПУ-12,13; 37 – пила холодной резки 38 – ПУ-14; 39 – ПУ-15; 40 – вязальные машины; 41. склад заготовок квадратного сечения; 42 – склад готовой продукции.

**Разработка и реализация процесса многоручьевого прокатки-разделения.** Известно, что при кристаллизации непрерывнолитых заготовок неметаллические включения и углерод стремятся перемещаться в центральную зону поперечного сечения заготовки. При последующей деформации непрерывнолитого металла на станах 800 и 150, несмотря на большую суммарную вытяжку, достигающую при производстве катанки диаметром 5,5 мм из заготовок сечением 250 x 300 и 300 x 400 мм соответственно 3049 и 4934, указанная сегрегация и включения не устраняются, что может приводить к обрывам проволоки из высокоуглеродистых сталей на станах тонкого волочения. При производстве непрерывнолитых

заготовок на БМЗ для улучшения макроструктуры применяют подогрев промежуточного ковша, магнитное перемешивание металла, защиту струи металла инертными газами.

Для увеличения производительности стана 850 и дальнейшего улучшения структуры заготовок, предназначенных для прокатки на мелко-сортном и проволочном стане, на стане организован процесс сдвоенной прокатки–разделения [5,6]. Непрерывнолитую заготовку прямоугольного сечения нагревают в нагревательной печи обжимного стана и прокатывают последовательно в пяти калибрах по схеме, представленной на рис.2.

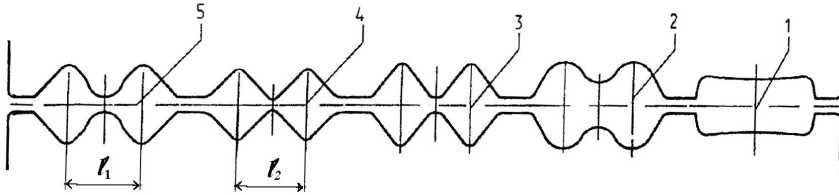


Рис.2. Схема калибров валков обжимного стана 850 для реализации технологии сдвоенной прокатки–разделения. 1 – ящичный калибр; 2 – первый фасонный разрезной калибр; 3 – сдвоенный ромбический калибр; 4 – сдвоенный квадратный калибр; 5 – разделительный калибр.  $l_1$  и  $l_2$  – расстояние между осями двумя ручьями сдвоенных квадратного и разделительного калибров

В ящичном калибре 1 прокатка осуществляется с перегибом донных поверхностей ручьев относительно вертикальной оси калибра. Полученный в ящичном калибре раскат прокатывают в фасонном (разрезном) калибре 2, имеющем форму сдвоенного раската, обе части которого имеют одинаковые площади сечения овальной формы, соединенные перемычкой. В процессе прокатки в калибре 2 поступающий прямоугольный раскат самоцентрируется в момент захвата металла валками за счет одновременного касания четырьмя вершинами углов подката и после разрезания гребнями ручьев, расположенных на центральной вертикальной оси калибра, образуется два раската одинакового сечения, соединенных перемычкой. Последующее формирование раската осуществляется в ромбическом калибре 3 и в квадратном диагональном подготовительном калибре 4, в которых сдвоенные сечения ромбической и квадратной формы соединены перемычками и деформация в них происходит без скручивания раската вдоль продольной оси.

Прокатка по такой схеме позволяет увеличить степень проработки центральной зоны исходного сечения заготовки, в которой сосредоточены дефекты сталеплавильного производства – осевая пористость и подсадочная ликвация. В результате того, что коэффициент суммарного обжатия в калибре 4 по перемычке в 39 раз превышает коэффициент суммарного обжатия по высоте сечения, центральная пористость устраняется, при этом ликвационная зона попадает в место разделения. При прокатке в

калибре 5 происходит разделение сдвоенного раската на две заготовки квадратного сечения за счет разрывных гребней, скругленных при вершине (рис.3). Экспериментально установлено, что для надежного разделения раската и получения после разделения двух сечений квадратной формы с размерами, укладываемых в поле допусков, гребень в разрывном калибре 5 должен иметь радиус  $R = (0,3 \dots 0,45) a$ , где  $a$  – сторона получаемой квадратной заготовки, а расстояние  $l_2$ , на которое раздвигаются квадратные заготовки, должно превышать расстояние  $l_1$  в подготовительном квадратном калибре в  $1,1 \dots 1,3$  раза (рис.3.10).

Разделенные квадратные заготовки, имеющие в месте разделения остатки перемычки, подвергаются зачистке на шлифовальных станках, в процессе которой остатки перемычки и подусадочной ликвации устраняются.

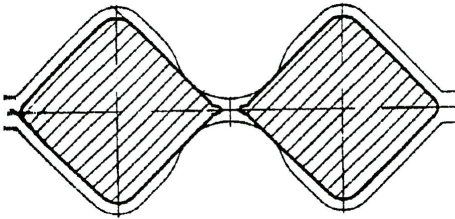


Рис.3. Схема разделения сдвоенного раската в разделительном калибре

Реализация процесса прокатки – разделения на дуо-реверсивном стане 850 позволила повысить его производительность. При проектной технологии производства металлокорда в условиях БМЗ сегрегация углерода в непрерывнолитой заготовке сечением  $125 \times 125$  мм составляла  $C1/C5 = 1,11 \dots 1,13$ , подусадочная ликвация достигала 1 балла. Новая технология стабильно обеспечивает подусадочную ликвацию не более 0,5 балла, а в большинстве случаев ликвация отсутствует. Сегрегация углерода составляет  $C1/C5 = 0,97 \dots 1,0$ . До одного балла снизились показатели по силикатным включениям. На плотность неметаллических включений в катанке и загрязненность металла новая технология влияния не оказывает.

Учитывая положительные результаты использования на стане 850 сдвоенной прокатки–разделения, с целью дальнейшего повышения производительности стана был разработан процесс строенной прокатки–разделения и система калибровки валков для его осуществления [7–11]. Валки реверсивного прокатного стана имеют черновой, промежуточный и чистовой трехручьевые калибры. Черновой трехручьевого калибр выполнен в виде строенных овалов, врезанных в валки по их большим осям, промежуточный трехручьевого калибр выполнен в виде строенных ромбов, врезанных в валки по их большим диагоналям, а чистовой трехручьевого калибр выполнен в виде строенных диагональных квадратов (рис.4).

Для исключения переполнения чистового калибра отношение его ширины к ширине промежуточного калибра поддерживается равным  $V_{кз} / V_{кз} = 1,05 \dots 1,10$ . По сравнению с другими системами калибров для строенной прокатки–разделения разработанная система калибров не имеет острых гребней,

что уменьшает износ валков и исключает возможность локального подстуживания и возникновения термических напряжений, которые могут привести к образованию трещин и закатов, ухудшающих качество готового проката. При этом черновой  $K_1$ , промежуточный  $K_2$  и чистовой  $K_3$  трехручьевые калибры выполнены с отношениями ширины калибра ( $b_k$ ) к ширине центрального ручья ( $b_{рц}$ ) из трех ручьев, образующих эти калибры, равными  $b_{K1} / b_{рц1} = 3,30 \dots 3,35$ ;  $b_{K2} / b_{рц2} = 3,00 \dots 3,05$ ;  $b_{K3} / b_{рц3} = 2,90 \dots 2,95$ .

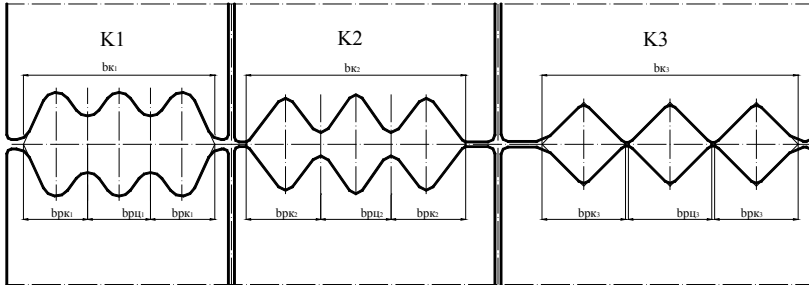


Рис. 4. Система калибров валков обжимного реверсивного стана для строенной прокатки–разделения (обозначения в тексте)

Прокатка при использовании новой технологической схемы прокатки осуществляется следующим образом. Исходную заготовку прямоугольного сечения, нагретую до температуры прокатки, деформируют в черновом  $K_1$ , промежуточном  $K_2$  и чистовом  $K_3$  калибрах реверсивного обжимного стана. Прокатку в черновом калибре, выполненном в виде строенных ребровых овалов, осуществляют в несколько проходов, формируя места разделения заготовок. Плавные сопряжения рабочих поверхностей овальных ручьев предупреждают образование острых ребер на поверхности раската, что обеспечивает образование равномерного температурного поля по сечению раската и предупреждает тем самым возможность образования трещин, вызванных температурными напряжениями на поверхности раската. Деформация металла в черновом калибре осуществляется при высокой температуре прокатки, и использование строенных ребровых овалов обеспечивает равномерный износ элементов калибра при интенсификации обжатия металла по проходам. Полученный в калибре  $K_1$  раскат в виде строенного ребрового овала, соединенного перемычками по меньшим осям, в несколько проходов прокатывают в промежуточном калибре  $K_2$ , выполненном в виде строенных ромбов, врезанных по их большим диагоналям. Прокатка строенного ребрового овала в таком калибре происходит с достаточно высокой равномерностью деформации по сечению раската, несмотря на то, что осуществляется формирование раската весьма сложной формы. Это обеспечивает равномерный износ рабочих элементов калибра, предупреждается также возникновение трещин на поверхности

раската. Это способствует, с одной стороны, снижению расхода валков, а с другой стороны, увеличению выхода годного. Сформированный в калибре  $K_2$  промежуточный раскат в виде строенного ромба, соединенного перемычками по меньшим диагоналям, в один проход, прокатывают в чистовом калибре  $K_3$ , выполненном в виде строенных диагональных квадратов. Прокатка ромба в диагональном квадратном калибре обеспечивает высокую точность выполнения ребер раската квадратного сечения. Вместе с тем чистовой калибр при реализации прокатки–разделения выполняет дополнительную функцию – он осуществляет продольное разделение раската на отдельные заготовки. Продольное разделение обеспечивается за счет создания растягивающих напряжений в зонах ослабленного сечения строенного раската (в зонах перемычек, соединяющих строенный раскат) в процессе деформирования промежуточного раската в чистовом калибре. В этой связи очень важен правильный выбор соотношений геометрических параметров элементов промежуточного и чистового калибров.

Экспериментальные исследования, выполненные на стане 850, позволили опытным путем установить наиболее значимые факторы, влияющие на продольное разделение строенного раската и точность прокатки при использовании указанной системы калибров, и определить диапазоны изменения параметров, определяющих эти факторы. В процессе проведения экспериментов варьировали соотношение геометрических параметров черного, промежуточного и чистового калибров и режимы обжатий металла при сохранении общей концепции предложенной системы калибров.

На основании результатов экспериментов, обработанных методами математической статистики, установлено, что для обеспечения надежного продольного разделения строенного раската при прокатке в чистовом калибре и требуемой точности прокатки при использовании данной системы калибров необходимо строго выдерживать регламент отношения ширины чистового калибра  $v_{к3}$  к ширине промежуточного калибра  $v_{к2}$ . Это обеспечивает надежный разрыв перемычек, соединяющих три заготовки, при прокатке в чистовом калибре на выходе из его очага деформации. Если этот регламент не будет выдержан, то не будет обеспечено стабильное разделение заготовок на выходе из чистового калибра, либо интенсифицируется деформация двух крайних частей строенного промежуточного раската при прокатке в чистовом калибре. Это может привести к образованию закатов или появлению трещин на поверхности двух крайних заготовок (на гранях, обращенных к средней заготовке), то есть снизит качество готового проката. Кроме того, необходимо выдерживать регламент отношения ширины черного, промежуточного и чистового трехручьевых калибров к ширине центрального ручья из трех ручьев, образующих эти калибры ( $v_{к1}/v_{рц1}$ ,  $v_{к2}/v_{рц2}$ ,  $v_{к3}/v_{рц3}$ ). Эти соотношения, по сути, регламентируют простор на уширение металла при прокатке в данной системе

калибров. Если регламент указанных соотношений не будет выдержан, то не будет обеспечен соответствующий простор на уширение металла при прокатке в этих калибрах и возможно их переполнение, либо будет неудовлетворительное заполнение калибров металлом, что приведет к снижению точности прокатки. Анализ показал, что при прокатке в черновом калибре, где осуществляется несколько проходов, простор на уширение металла должен быть больше по сравнению с последующим промежуточным калибром, где осуществляется меньшее количество проходов, поэтому диапазон изменения  $v_{к1}/v_{рц1}$  смещен в сторону больших значений по сравнению с диапазоном изменения  $v_{к2}/v_{рц2}$ . Диапазон изменения  $v_{к3}/v_{рц3}$  для чистового калибра смещен в сторону еще меньших значений по сравнению с предыдущими черновым и промежуточным калибрами. Границы изменения  $v_{к3}/v_{рц3}$  для чистового калибра установлены с учетом того, что здесь осуществляется только один проход и, кроме того, этот калибр должен обеспечить продольное разделение заготовок. Установленные экспериментально диапазоны изменения соотношениями параметров калибров новой системы калибров охватывают размерный сортамент заготовок, получаемых на типовом обжимном стане 850.

**Результаты исследования.** Результаты исследований показали, что использование разработанной системы калибров с установленными конкретными соотношениями их параметров обеспечивают снижение расхода валков за счет предупреждения повышенного износа элементов калибров, формирующих строенный раскат на всех стадиях процесса, при обеспечении надежного разделения строенного раската и высокой точности геометрических параметров поперечного сечения заготовок. То есть, обеспечивается получение качественных заготовок требуемой точности. Кроме того, использование процесса прокатки–разделения при производстве заготовок квадратного сечения способствует росту производительности обжимного стана, снижению затрат на их производство. Появляется возможность селективного выбора заготовок под производство того или иного вида прокатной продукции в последующем переделе. Так, для производства качественного проката на сортовых станах целесообразно использовать заготовки, полученные в крайних ручьях строенного калибра. В этом случае зона физико–химической неоднородности металла, расположенная в центральной зоне исходного слитка, локализуется в центральной заготовке. Заготовки, полученные из центрального ручья строенного калибра, можно использовать по другому назначению. Это расширяет технические возможности производства, повышая его технологическую гибкость.

Таким образом, за счет реализации малозатратных технологических решений существенно повышена эффективность производства крупно-сортного проката и передельных сортовых заготовок, снижен расход металла и увеличен выход годного при производстве заготовок.

**Выводы.** На основании анализа технологии производства заготовок и оборудования стана 850 РУП БМЗ, показано, что в современных условиях реформирования экономики для повышения технического уровня производства, повышения его эффективности с целью создания предпосылок для выпуска конкурентоспособной продукции необходимо не только прорабатывать стратегические направления технического перевооружения производства, но разрабатывать и использовать новые технологические решения, не требующие существенных капитальных затрат.

1. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г., Гринев А.Ф.* Научно–технические приоритеты металлургического комплекса // Металлургическая и горнорудная промышленность. –1998. – № 1. – С.3–5.
2. *Многоручьевая* прокатка–разделение. Научные и технологические основы / В.М.Клименко, С.П.Ефименко, В.Ф.Губайдулин и др. // М.: Металлургия, 1987. – 169с.
3. *Теория* и практика процесса многоручьевой прокатки–разделения. / Г.М.Шульгин, О.В.Дубина, В.Ф.Губайдулин и др. – Севастополь: Издательство «Вебер», 2003. – 622с.
4. *Процесс* прокатки–разделения с использованием неприводных делительных устройств. Теория и практика. / С.М.Жучков, А.П.Лохматов, Н.В.Андрянов и др. // Украина–Беларусь: Издательство «Пан пресс», 2007. – 342с.
5. *Особенности* реализации процесса прокатки–разделения на обжимном стане / А.Н.Бондаренко, В.В.Филиппов, В.А.Тищенко и др. // Металлург. и горноруд. пром–сть. – 2002. – С.268–270.
6. *Способ* прокатки заготовок разделением / А.Н.Бондаренко, В.В.Филиппов, М.П.Гуляев и др. // Патент WO 03/02250 (PCT/ВУ 01/00009).
7. *Способ* прокатки заготовок / В.А.Тищенко, А.Б. Стеблов, С.М.Жучков и др. // Патент РБ, № 6982.
8. *Система* калибровки валков прокатного стана / А.Н.Бондаренко, В.А.Тищенко, С.М.Жучков и др. // Патент РБ, № 6743.
9. *Система* калибров валков прокатного стана / А.Н. Бондаренко, В.А.Тищенко, С.М.Жучков и др. // Патент РФ, № 2255819.
10. *Система* калібрів валків прокатного стана / А.М. Бондаренко, У.А. Тищенко, С.М.Жучков и др. // Патент Украины, № 62181.
11. *Система* калибров валков прокатного стана / А.Н. Бондаренко, В.А. Тищенко, С.М.Жучков и др. // Патент РБ, № 6743.

*Статья рекомендована к печати к.т.н. И.Ю.Приходько*