

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОКАТАНОЙ ЛЕНТЫ ИЗ ГОРЯЧЕКАТАНОГО ПОДКАТА МНОГОКРАТНОЙ ШИРИНЫ

В последние годы резко возросли требования к качеству проката черных металлов, поскольку ужесточилась конкурентная борьба на мировом рынке производителей стали при одновременном повышении требований потребителей к качеству. Это приводит к тому, что к продукции, используемой в различных отраслях народного хозяйства (автомобилестроении, строительстве, судостроении, а также в производстве товаров народного потребления), предъявляются жесткие требования к геометрии листового проката, одним из показателей которой является точность по толщине, в которую входят как продольная, так и поперечная разнотолщинность.

В настоящее время большая часть горячекатаного полосового проката толщиной 1,5–7 мм с широкополосных станов горячей прокатки служит исходной заготовкой (подкатом) для полосовых станов холодной прокатки. Таким образом, в технологической цепочке производства холоднокатаной полосовой стали горячая прокатка занимает одно из ключевых мест. Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует, что точность, качество поверхности и свойства холоднокатаного проката, а также технико-экономические показатели работы станов холодной прокатки зависят, прежде всего, от соответствующих параметров подката. Например, установлено, что искажение поперечного профиля (дефекты формы) горячекатаного подката оказывает решающее влияние на плоскостность холоднокатаных полос и эффективность процесса холодной прокатки. В действующих стандартах и технических условиях на полосовой прокат, в том числе и на горячекатаный подкат, в качестве характеристики точности поперечного профиля принята **поперечная разнотолщинность**, определяемая как разность между наибольшим и наименьшим значениями толщины, измеренными в одном поперечном сечении. При этом обычно

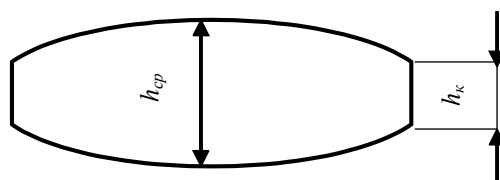


Рис. 1. Идеальный поперечный профиль проката

предполагают, что поперечный профиль горячекатаного подката является двояковыпуклым («чечевицеобразным») и симметричным относительно продольной оси (рис. 1). В связи с этим о поперечной разнотолщинности подката судят по результатам измерений толщины вдоль ширины проката в нескольких (пяти, иногда в семи) равноудаленных точках, за вычетом утоненных прикромочных участков шириной 40–50 мм с каждой стороны:

$$\Delta h = h_{cp} - h_k,$$

где h_{cp} , h_k — толщина средней части и кромок поперечного профиля подката.

По технологическим соображениям такая форма поперечного профиля подката (см. рис. 1) является идеальной, поскольку моменты, создаваемые поперечными силами трения в процессе холодной прокатки, уравниваются, что обеспечивает поперечную устойчивость полосы и предупреждает или минимизирует ее поперечный изгиб. Однако получить горячекатаный подкат с таким поперечным профилем чрезвычайно трудно или практически невозможно [1]. Поэтому изменение толщины полосы в поперечном направлении, т. е. форма поперечного профиля подката, имеет стохастический характер и существенно отличается от формы поперечного профиля, показанного на рис. 1.

Дефекты формы поперечного профиля горячекатаного подката вызывают значительную неравномерность деформации при последующей холодной прокатке как по ширине, так и по толщине полосы. При холодной прокатке неравномерность деформации по ширине и толщине полосы, вызванная несоответствием поперечного профиля горячекатаного подката профилю активных образующих рабочих валков, приводит к частичному сглаживанию дефектов формы поперечного профиля горячекатаного подката и к появлению неплоскостности. В то же время холодная прокатка полос с ярко выраженной разнотолщинностью нарушает стабильность процесса, уменьшает стойкость валков, снижает производительность и ухудшает качество получаемой продукции. Кроме того, неплоскостность холоднокатаных полос приводит к свариванию витков при отжиге проката в колпаковых печах, затрудняет транспортиро-

вание рулонов проката, а также дрессировку и порезку готовой продукции [2, 3].

В настоящее время в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» освоено производство холоднокатаной продукции из горячекатаного подката двух- и многократной ширины при изготовлении жести в ЛПЦ-3 и стальной ленты в ЛПЦ-8, при производстве которых особенно остро наблюдается проблема повышенной разнотолщинности, как поперечной, так и продольной. Под **прокатом (подкатом) многократной ширины** (ПМШ) будем понимать стальной прокат, предназначенный для переработки в холоднокатаную полосу (ленту) с предварительным продольным роспуском широкой горячекатаной полосы на узкие полосы.

Например, в процессе переработки тонкого широкого горячекатаного подката «двойной» ширины с регламентируемой формой поперечного сечения, предназначенного для последующего изготовления жести, после его продольного роспуска на две равные по ширине полосы, в каждой из них будет явно выраженная клиновидная форма поперечного сечения. Прокатка такого клиновидного подката на непрерывных станах холодной прокатки приводит к появлению трудноразрешимых технологических проблем, особенно при производстве жести толщиной 0,25 мм и менее, в частности, многочисленным порывам, снижению скорости прокатки и т.д. Именно этот факт сдерживает развитие прокатки широкого горячекатаного подката для жести «двойной ширины» на металлургических предприятиях. А применение производства узких полос в качестве подката для жести существенно (практически в 2 раза) снижает производительность широкополосных станов горячей прокатки. Еще в большей степени данная проблема получения качественной продукции проявляется при производстве холоднокатаной ленты.

Рассмотрим случаи, возникающие в процессе продольного роспуска горячекатаного подката многократной ширины с традиционной «чечевицеобразной» формой (см. **рис. 1**) с исходной поперечной разнотол-

щинностью на узкие полосы равной ширины (**рис. 2**):

а) при роспуске на две по ширине полосы в каждой из них будет наблюдаться исходная поперечная разнотолщинность горячекатаного подката (**рис. 2, а**). При этом в каждой из полос появляется клиновидность, причем разнонаправленная;

б) при роспуске на три полосы в двух крайних будет наблюдаться максимальная исходная поперечная разнотолщинность с максимальной клиновидностью, а в средней полосе разнотолщинность будет минимальной (либо отсутствует полностью) с минимальной клиновидностью (**рис. 2, б**);

в) при роспуске на четыре полосы в крайних полосах поперечная разнотолщинность будет ярко выражена с максимальной клиновидностью, а центральные полосы будут иметь незначительную разнотолщинность (**рис. 2, в**);

г) при роспуске на пять полос (и более) разнотолщинность и клиновидность будут возрастать от центральных полос, где наблюдается практически прямоугольная форма полосы, до максимальных исходных значений в полосах, расположенных близи краевых участков исходной широкой полосы (**рис. 2, г**).

Следует учесть, что к параметрам поперечной разнотолщинности добавляется значение продольной разнотолщинности, в результате чего полосы, распущенные из одного широкого ру-

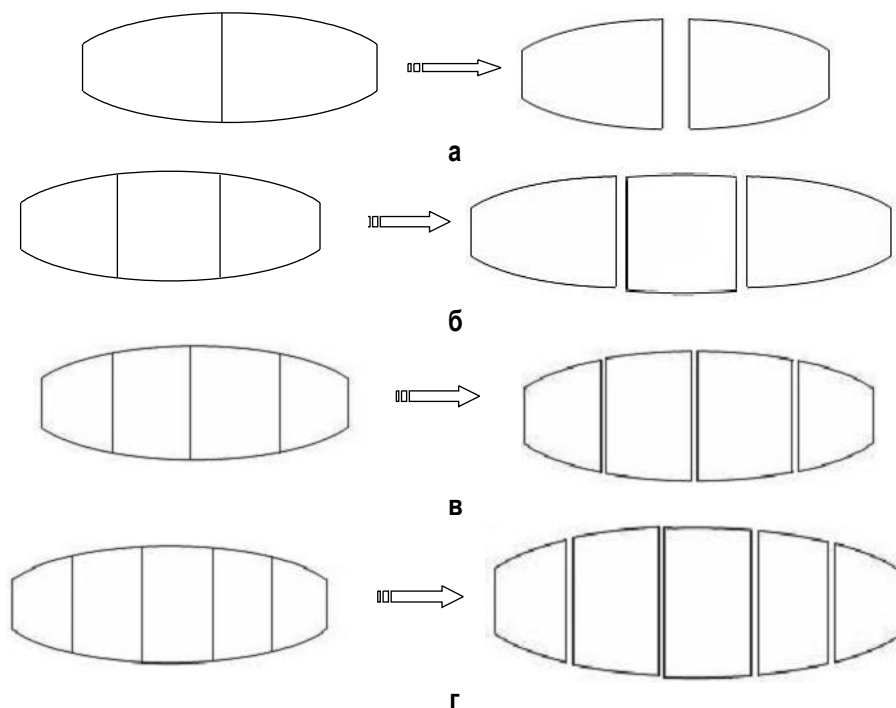


Рис. 2. Возможная форма поперечного сечения широкой полосы после ее продольного роспуска на узкие полосы:

а – на две части; б – на три части; в – на четыре части; г – на пять частей

лона, будут иметь значительный разброс по разнотолщинности и клиновидности, тем больший, чем выше кратность продольного распуска и ближе к кромочному участку расположена данная полоса. Это приводит к тому, что при переработке горячекатаного рулонного подката, например в холоднокатаную ленту заданного типоразмера из одного и того же рулона, в готовой ленте будет наблюдаться существенный разброс значений геометрических параметров. При этом, чем меньше значения ширины и толщины конечной ленты, тем в большей степени будет проявляться эта разница. В результате, переработка такого подката многократной ширины вызывает значительные трудности в последующей технологической цепочке.

Таким образом, необходимо в настоящее время, с одной стороны, обеспечивать на стадии горячей прокатки оптимальный профиль и форму горячекатаного полосового проката многократной ширины, что достигается посредством применения при горячей прокатке современных технических средств и автоматизированных систем управления. С другой стороны, следует вести поиск путей снижения поперечной разнотолщинности в процессе холодной прокатки ПМШ.

На сегодняшний день способы управления формой полос в ходе прокатки достаточно хорошо классифицированы и описаны в технической литературе. Также имеются отдельные исследования по управлению поперечным профилем в процессе горячей прокатки. Они отличаются по принципу действия, надежности, диапазону и точности регулирования, быстрдействию, уровню капитальных затрат на реализацию и эксплуатацию, а также по другим показателям [4]. Наиболее распространенными можно считать следующие способы воздействия: 1) гидравлические нажимные устройства, противоизгиб и дополнительный гиб, дополнительно к которому (или в сочетании с ним) для более эффективного воздействия на профиль и форму полосы, применяются системы теплового профилирования, оснащенные быстродействующими отсеченными клапанами, позволяющими оперативно управлять охлаждающими форсунками и дискретно воздействовать на профиль бочки рабо-

чих валков; 2) скрещивание рабочих и опорных валков и осевая сдвижка, обеспечивающие высокое качество поверхности полосы, возможность реализации беспрограммной прокатки, при сокращении числа перевалок; 3) на стадии горячей прокатки применение систем ламинарного охлаждения полосы типа «водяная завеса» на отводящем рольганге с соответствующими системами регулирования технологических параметров, которые позволяют эффективно управлять температурой смотки, скоростью охлаждения и таким образом достичь заданных механических и технологических параметров полосы.

Основные способы по снижению продольной разнотолщинности холоднокатаных лент и полос, являющейся одним из основных показателей их качества, заключаются в широком использовании различного рода систем автоматического регулирования и в применении многовалковых рабочих клеток с валками малого диаметра [5]. Вместе с тем, реализация данных технических решений связана со значительными удельными капитальными затратами и повышенными эксплуатационными расходами.

Альтернативным вариантом в этом случае является использование процессов асимметричной прокатки, обеспечивающих снижение подпирающего эффекта сил внешнего трения, уменьшение модуля жесткости прокатываемых лент и, как следствие, снижение наследственной составляющей их продольной разнотолщинности [6, 7]. В то же время такой недостаток, как передача момента прокатки в основном только ведущим рабочим валком снижает технологические возможности процессов асимметричной прокатки с точки зрения интенсификации режимов обжатий, а это, в свою очередь, ограничивает диапазон их возможного использования.

Таким образом, в настоящее время в научнотехнической литературе не приводятся данные о результатах исследования процесса производства холоднокатаной ленты из подката многократной ширины. Кроме того, практически не описаны способы управления поперечной разнотолщинностью в процессе холодной прокатки. Данный вопрос требует всестороннего изучения.

Библиографический список

1. Божков А.И., Настич В.П. Плоскостность тонколистового проката. М.: «СП Интермет Инжиниринг», 1988. 264 с.
2. Василев Я.Д., Дементенко А.В. Исследование точности поперечного профиля горячекатаного подката // Производство проката. 2002. № 8. С. 16–21.
3. Франценюк И.В., Франценюк Л.И. Современное металлургическое производство. М.: Металлургия, 1995. 528 с.
4. Управление качеством тонколистового проката / В.Л.Мазур, А.М.Сафьян, И.Ю.Приходько, А.И.Яценко. М., 2006. 165 с.
5. Мартин Ж.П. Контроль качества и ошибки измерения профиля проката на стане горячей прокатки рентгеновским профилеметром // Труды Второго конгресса прокатчиков, Череповец, 27–30.10.1997 г. М.: АО Черметинформация, 1998. С. 119–124.

6. Технология процессов прокатки и волочения. Листопркатное производство: Учебник / М.М.Сафьян, В.Л. Мазур, А.М. Сафьян и др. Киев: Вища шк., 1988. 351 с.
7. Сеницын В.Г. Несимметричная прокатка полос и лент. М.: Металлургия. 1984. 249 с.

УДК 621.778

А.Д. Носов, А.Г. Корчунов, В.В. Андреев, В.Н. Лебедев, В.Е. Семенов, Е.А. Слабожанкин

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ВОЛОЧЕНИЯ КАЛИБРОВАННОЙ СТАЛИ*

Калиброванная сталь является одним из наиболее рентабельных и высоколиквидных видов продукции отечественной металлургической отрасли. ОАО «ММК-МЕТИЗ» входит в число ведущих производителей качественной калиброванной стали и постоянно наращивает свое присутствие на рынке за счет расширения марочного сортамента и повышения эксплуатационных свойств готовой продукции. Производство калиброванного металла в условиях завода характеризуется широким диапазоном типоразмеров, получаемого из подката с различным структурным состоянием и механических свойств. Характерной особенностью при этом является применение малых от 5 до 20% степеней деформации при обработке крупных диаметров исходного подката. В реальных условиях это приводит к неравномерности течения поверхностных и центральных слоев металла в очаге деформации, что определяет особенности распределения деформаций и напряжений по сечению калиброванной стали. Возможности управления характером течения металла в процессе волочения весьма ограничены и трудно реализуемы на практике. Один из резервов повышения качества калиброванной стали заключается в изучении напряженного состояния в очаге деформации.

В настоящей работе приводятся результаты моделирования режимов волочения калиброванной стали на основе анализа напряженного состояния в очаге деформации методом линий скольжения. Современная вычислительная техника и программные процедуры открывают новые возможности

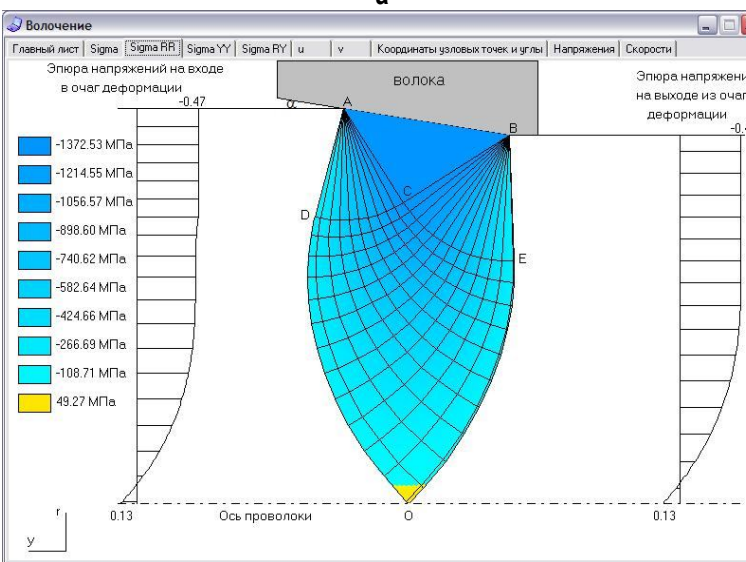
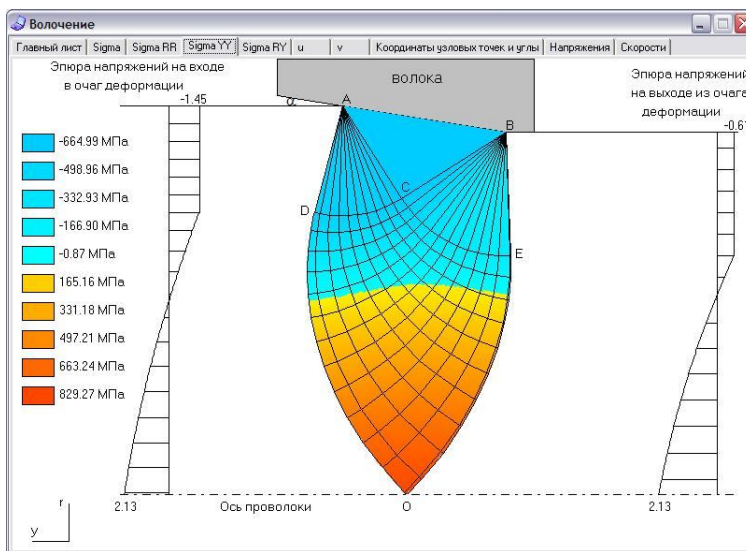


Рис. 1. Визуализация полей напряжений в очаге деформации: а – поле продольных напряжений σ_{yy} ; б – поле радиальных напряжений σ_{rr} (при $\varepsilon=12\%$, полуугол волоки – 6° , $f=0,06$)

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.