

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Липецкий государственный технический университет»

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО
ПРОКАТА**

Сборник научных трудов
Часть 2

ЛИПЕЦК 2008

Теория и практика производства листового проката [Текст]: Сб. научн. тр. Часть 2. – Липецк: ЛГТУ, 2008. – 305 с.

Сборник научных трудов посвящен 50-летию подготовки инженеров-прокатчиков в Липецком государственном техническом университете.

В сборник вошли материалы Международной научно-технической конференции «Теория и практика производства листового проката», на которую были представлены доклады ведущих ученых России и стран ближнего и дальнего зарубежья. В статьях рассмотрены актуальные проблемы производства горячекатаных и холоднокатаных листов, кузнечно-штамповочного производства, моделирования и информационных технологий металлургических процессов, надежности металлургического оборудования.

Редакционная коллегия:

Мухин Ю.А., д.т.н., проф., председатель;
Мазур И.П., д.т.н., проф.;
Бахаев К.В., к.т.н., доц.;
Бобков Е.Б., к.т.н., доц.

Рецензент д.т.н., проф. Погодаев А.К.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ЛГТУ.

© Липецкий государственный
технический университет, 2008

**ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА**

8

**Влияние рассогласования скоростей валков на продольную
разнотолщинность стальных холоднокатаных лент**

Е.В. Байков 8

**Крутящие моменты, необходимые для привода многовалковых
прокатных клетей**

В.С. Зайцев..... 14

**Влияние напряжений в сечениях входа и выхода очага
деформации на величину уширения металла
при тонколистовой прокатке**

С.М. Бельский, Ю.А. Мухин, И.П. Мазур..... 18

**Обработка и анализ экспериментальных данных
разнотолщинности горячекатаных полос средствами Excel**

С.Ф. Василевский, С.С. Василевская..... 25

**Оценка заправочной скорости и ускорения чистой
группы клетей широкополосного стана горячей прокатки**

В.С. Зайцев..... 32

**Остаточные напряжения в полосе при листовой прокатке
с уширением**

С.М. Бельский..... 34

**Параметрический анализ оптимального плана производства
проката с применением средств Microsoft Excel**

С.Ф. Василевский, С.С. Василевская..... 41

**Развитие методов моделирования процессов холодной
прокатки для повышения эффективности производства
тонких полос**

Э.А. Гарбер, И.А. Кожевникова, Д.Л. Шалаевский..... 48

**Моделирование процессов горячей прокатки двухфазных
сталей применительно к возможностям оборудования
ОАО «ММК»**

А.В. Горбунов, Е.В. Жарков, А.Г. Ветренко, А.И. Брусьянина..... 58

И.Г. Радионова, В.А. Пименов..... 58

**Математическое моделирование процесса диффузионного
борирования стали**

Д.И. Горбунов, И.П. Горбунов 63

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА

УДК 621.771.23

ВЛИЯНИЕ РАССОГЛАСОВАНИЯ СКОРОСТЕЙ ВАЛКОВ НА ПРОДОЛЬНУЮ РАЗНОТОЛЩИННОСТЬ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОКАТАНЫХ ЛЕНТ

Е.В.Байков
(ДонНТУ, г. Донецк)

Представлены результаты исследования продольной разнотолщинности стальных лент после прокатки на одноклетевых реверсивных станах с приводными как рабочими, так и опорными валками. Установлено, что прокатка с рассогласованием скоростей приводных валков позволяет снизить продольную разнотолщинность лент на 32-45 %.

Производство конкурентоспособной продукции требует постоянного совершенствования технологии ее получения. При совершенствовании технологии производства проката по-прежнему является актуальным решение задачи снижения его себестоимости и повышения качества готовой продукции. В отношении листового проката - это повышение точности геометрических размеров, а в частности, снижение продольной разнотолщинности листов, полос и лент.

На величину продольной разнотолщинности влияют многие факторы: это и продольная разнотолщинность подката, жесть клетки и полосы, биение валков, нестабильность скорости вращения двигателей главного привода и др.

Одним из технологических приемов применяемых для повышения точности геометрических размеров листового проката, является асимметричная прокатка, которую создают рассогласованием скоростей валков [1-3].

Исследователи отмечают, что при асимметричном процессе прокатки, по сравнению с симметричным, сила прокатки снижается [3-7]. Также снижается сопротивление пластической деформации [3].

Этим можно объяснить уменьшение влияния биения валков, про-

дольной разнотолщинности подката и т.д. на продольную разнотолщинность готового проката.

В зависимости от схемы привода стана можно выделить регулируемое и нерегулируемое в процессе прокатки рассогласование скоростей валков.

Регулируемое рассогласование скоростей валков создают только на станах с индивидуальным приводом разницей скоростей вращения. Оно может быть использовано либо совместно с другими системами регулирования, например, системой автоматического регулирования толщины и натяжения (САРТИН) (на станах оснащенных этими системами), либо служить основой для системы управления пластичностью полос (СУПП). Рассогласование скоростей регулируют либо от пропуска к пропуску, либо в ходе прокатки.

Нерегулируемое рассогласование скоростей валков создают на станах с приводом через шестеренную клетку разницей диаметров приводных валков. На этих станах во всех пропусках осуществляется асимметричная прокатка.

Следовательно, к преимуществу асимметричной прокатки перед другими способами регулирования продольной разнотолщинности можно отнести то, что рассогласование скоростей валков легко создать на действующих станах без существенных экономических и материальных затрат.

Исследования* продольной разнотолщинности холоднокатаных стальных лент были проведены при прокатке на одноклетевых реверсивных станах кварто 400/1000х500 и 250/750х500**.

Станы предназначены для прокатки ленты в рулонах. Привод валков осуществляют через шестеренную клетку: на стане 400/1000х500 приводные валки рабочие, а на стане 250/750х500 - опорные. Нажимные устройства станов гидравлические. На стане 250/750х500 установлена система противоизгиба валков. На каждом из станов толщину ленты измеряют после пропуска при помощи контактного толщиномера.

Станы не оборудованы системами автоматического регулирования толщины и профиля ленты. Поэтому оператор путем изменения межвалкового зазора с использованием показаний толщиномера обеспечивает полу-

* Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В.С.Горелика

** В проведении исследования участвовали Е.Н.Никитенко, А.Г.Маншилин, А.В.Лабедский

чение требуемой толщины ленты и, следовательно, формирует ее продольной разнотолщинности.

Исследование поперечной разнотолщинности лент показало, что станочная профилировка рабочих и опорных валков обеспечивает необходимую точность лент. Нарушений плоскостности ленты в виде «волны» или «короба» не наблюдали [8].

Продольную разнотолщинность изучали на ленте из стали 08 кп размером 1,0x295 мм (стан 400/1000x500) и 1,4x295 мм (стан 250/750x500) после последнего пропуска, т.е. на готовой продукции. Толщину переднего и заднего концов рулона, которые обрезаются по существующей технологии, не измеряли.

Рассогласование скоростей валков создавали разницей диаметров рабочих валков на стане 400/1000x500 и опорных на стане 250/750x500. Пары валков с разницей диаметров комплектовали за счет разбивки существующих.

Степень рассогласования скоростей валков α определяли в процентах как соотношение разницы диаметров валков и их полусуммы. При проведении исследования она составляла 2,6 % на стане 400/1000x500 и 2,68 % на стане 250/750x500.

По результатам исследования рассчитали и представили на рисунке частоту отклонения толщины ленты от заданного значения.

Также были рассчитаны отклонения среднего значения от заданного (уставки толщиномера) $\Delta h_{ср}^{np}$ (“+” - среднее больше заданного; “-” - меньше), среднеквадратичные отклонению толщины σ_n^{np} и определены наибольшие продольные разнотолщинности Δh_{max}^{np} для каждого из исследованных рулонов. Результаты расчета приведены в табл.

Как видно из полученных данных рассогласование скоростей валков снижает продольную разнотолщинность стальной холоднокатаной ленты: σ_n^{np} уменьшилось в 1,45 и 1,32 раза, а Δh_{max}^{np} в 1,37 и 1,36 раза соответственно при прокатке ленты толщиной 1,0x295 мм и 1,4x295 мм. Однако $\Delta h_{ср}^{np}$ увеличилось: при прокатке ленты 1,0x295 мм - на 1,61 %, а ленты 1,4x295 мм - на 9,68 %.

Следовательно, при асимметричной прокатке при ручном управлении толщины снижение продольной разнотолщинности ленты идет практически без изменения среднего значения.

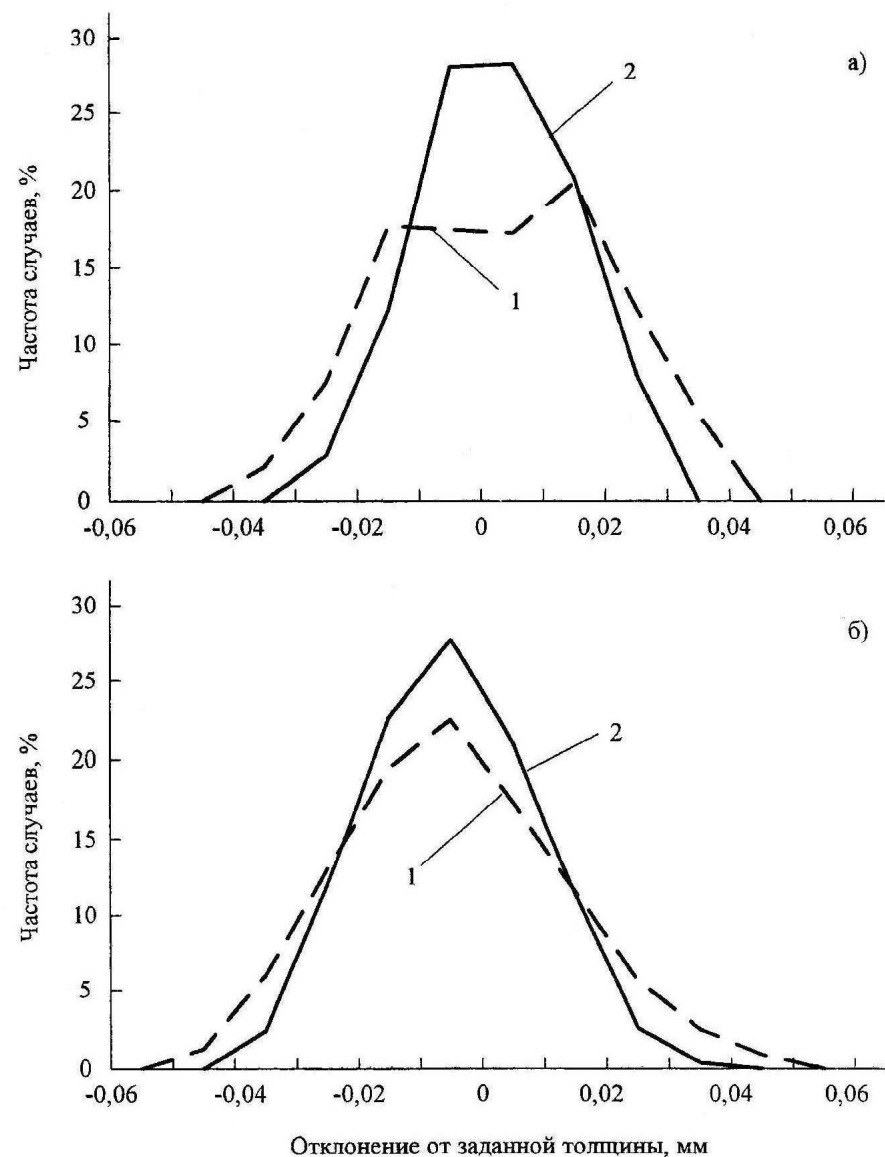


Рис. Частотное распределение отклонения толщины ленты 1,0x295 мм (а) и 1,4x295 мм (б) из стали 08 кп от уставки толщиномера 1 – симметричная прокатка; 2 – асимметричная прокатка.

Таблица.

Продольная разнотолщинность холоднокатаных стальных лент

Размер ленты, мм	$\Delta h_{ср}^{np}$, мм·10 ⁻⁴	σ_n^{np} , мм·10 ⁻⁴	Δh_{max}^{np} , мм
Симметричная прокатка			
1,0x295	<u>-5,1...41,62</u> 26,91	<u>151,23...186,24</u> 173,71	<u>0,07...0,08</u> 0,079
1,4x295	<u>-65,15...-36,73</u> -45,82	<u>170,23...191,28</u> 177,87	<u>0,09...0,1</u> 0,098
Асимметричная прокатка			
1,0x295	<u>-11,02...49,10</u> 27,35	<u>88,02...144,38</u> 119,82	<u>0,05...0,06</u> 0,0575
1,4x295	<u>-68,07...-40,0</u> -50,73	<u>120,65...148,38</u> 134,89	<u>0,07...0,08</u> 0,072

* В числителе диапазон изменения параметра, в знаменатели – среднее значение.

Это, по нашему мнению, связано со следующим. При управлении толщиной ленты оператор стремится установить такой межвалковый зазор, чтобы отклонение от заданного значения было минимальным. Однако из-за объективных (измерение толщины ленты после прокатки, быстродействие нажимного устройства и пр.) и субъективных факторов (концентрации внимания оператора, его опыта работы и т.д.) происходит запаздывание регулирования. Это приводит к тому, что не удается получить за данное значение толщины: фактическая толщина то больше его, то меньше. Поэтому регулирование межвалкового зазора осуществляется постоянно. Благодаря этому значение $\Delta h_{ср}^{np}$ удается приблизить к нулю. Рассогласование скоростей валков за счет снижения модуля жесткости ленты позволяет снизить значения σ_n^{np} и Δh_{max}^{np} . Однако оно не оказывает влияния на объективные и субъективные факторы регулирования и, как следствие, не вызывает изменения значения $\Delta h_{ср}^{np}$.

Таким образом, результаты данных экспериментальных исследований еще раз подтвердили, что асимметричная прокатка является эффективным технологическим приемом для снижения продольной разнотолщинности ленты, даже если рассогласование скоростей валков нерегулируемое.

Библиографический список

1. Пименов, А.Ф. Асимметричные процессы прокатки – анализ, способы и перспективы применения / А.Ф. Пименов, В.Н. Скороходов, А.И. Трайно и др. // Сталь, 1982. – № 3. – С. 53-56.
2. Горелик, В.С. Освоение прокатки толстых листов со скоростной асимметрией на стане 3600 / В.С. Горелик, А.А. Будакова, П.С. Гринчук и др. // Сталь, 1984. – № 12. – С. 31 - 33.
3. Скороходов, В.Н. Освоение холодной прокатки и дрессировки тонких полос с рассогласованием скоростей валков / В.Н. Скороходов, Ю.В. Липухин, А.Ф. Пименов и др. // Сталь. – 1983. – № 8. – С. 48 - 52.
4. Николаев, В.О. Технология производства сортового та листового проката / В.О. Николаев, В.Л. Мазур – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2000. – Ч. II. – 220 с.
5. Агеев, Л. М. Управляющие воздействия на форму полосы при прокатке // Труды 4 Конгресса прокатчиков, Магнитогорск, 16-19 окт., 2001. Т. 1. – М., 2002. – С. 192-197.
6. Зайков, М.А. Процесс прокатки / М.А. Зайков, В.П. Полухин, А.М. Зайков, Л.Н. Смирнов. – М.: Изд-во МИСиС, 2004. – 639 с.
7. Федоринов, В.А. Исследование контактных напряжений при асимметричной прокатке методом фотоупругости / В.А. Федоринов, А.В. Данько, Г.Г. Шломчак // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2007. – С. 369 - 373.
8. Никитенко, Е.Н. Профилировка валков станов реверсивной холодной прокатки для производства биметаллических и стальных лент / Е.Н. Никитенко, Л.Н. Дмитров, Е.В. Байков, С.Г. Савицкий // Теория и технология производства листового проката: Тематический сборник научных трудов. Минмет СССР (ИЧМ). – М.: Металлургия, 1991. – С. 96-99.

4. Соболев, В.С. Концепция, модель и критерии эффективности внутривузовской системы управления качеством высшего профессионального образования / В.С. Соболев, С.А. Степанов // Университетское управление: практика и анализ, № 2 (30), 2004. – Екатеринбург, 2004. С.102–110.

5. Азарьева, В.В. Методические рекомендации по внедрению типовой модели системы качества образовательного учреждения / В.В. Азарьева, В.И. Круглов, Д.В. Пузанков [и др.] – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 2006. – 408 с.

Теория и практика производства листового проката

Сборник научных трудов
Часть 2

Материалы публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 26.05.08 г. Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Ризография.

Печ. л. 15 . Уч. изд. л. 15. Тираж 200. Заказ № 432

Липецкий государственный технический университет

398600 Липецк, ул. Московская, 30

Типография ЛГТУ.

398600 Липецк, ул. Московская, 30