

соответствует полученным гистограммам, а это позволяет устанавливать длительность действия различных нагрузок, приложенных к редуктору.

Выводы: на основании выполненных экспериментальных исследований по определению условий работы силового редуктора чистовой клетки непрерывного тонколистового стана горячей прокатной «1680» было установлено, что режим его нагружения подчиняется нормальному закону распределения, а, следовательно, при определении остаточного ресурса работы зубчатой передачи можно использовать принцип линейного суммирования повреждений. Полученный результат носит не частный, а общий характер, позволяющий при оценке надежности работы прокатного стана в целом использовать найденный закон распределения и для других элементов, так как условия нагружения силового редуктора можно считать интегральным показателем работы всего стана.

Список литературы: 1. ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность. – М.: Изд-во стандартов. 1988.-127 с. 2. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1972.- 215 с. 3. Дисонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике. – М.: «Мир», 1981.

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

УДК 621.771.23

БАЙКОВ Е.В., ст. преподаватель, ДонНТУ, Донецк

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ
ПОЛОС И ЛЕНТ ПРИ АСИММЕТРИЧНОЙ ХОЛОДНОЙ
ПРОКАТКЕ***

Приведены результаты исследования продольной разнотолщинности полос и лент при прокатке на непрерывном и реверсивных станах. Установлено, что при постоянном модуле жесткости клетки соотношение коэффициентов выравнивания продольной разнотолщинности при асимметричной и симметричной прокатке определяют соотношение модулей жесткости полосы при симметричном и асимметричном процессах и модуль жесткости полосы при асимметричной прокатке.

Наведено результати дослідження поздовжньої різновтовщинності штабів та стрічок при прокатці на безперервному і реверсивних станах. Встановлено, що при постійному модулі жорсткості кліті співвідношення коефіцієнтів вирівнювання поздовжньої різновтовщинності при симетричній та асиметричній прокатці визначають співвідношення модулів жорсткості штаби при симетричному та асиметричному процесам і модуль жорсткості штаби при асиметричній прокатці.

Variations in thickness sheet and strip are research on the continuous and reversings mills. It is set, that at constant the module inflexibility of stand relationship coefficients equalization of variations in

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

thickness at the asymmetric and the symmetric rolling is determined by relationship modules inflexibility of strips at the symmetric and the asymmetric processes and the module inflexibility of strip at the asymmetric rolling.

Конъюнктурные изменения на рынке металлопродукции вызывают необходимость в постоянном совершенствовании технологии производства, обеспечивающей повышение конкурентоспособности готовой продукции, т.е. улучшении качества и незначительном увеличении (а лучше даже снижении) затрат на производство. Это, в свою очередь, подталкивает к созданию новых и (или) совершенствованию уже существующих технологических процессов и приемов, позволяющих повысить конкурентоспособность готовой продукции.

Одним из путей повышения конкурентоспособности листового проката является снижение его продольной разнотолщинности.

На продольную разнотолщинность холоднокатаных полос оказывают влияние ряд технологических параметров, таких как колебание натяжения полосы, биение валков, всплытие подшипников. Но основной параметр - продольная разнотолщинность горячекатаного подката.

Изменение продольной разнотолщинности при прокатке оценивают величиной коэффициента выравнивания K_B

$$K_B = \frac{\delta h_0/h_0}{\delta h_1/h_1} \quad (1)$$

где $\delta h_0/h_0, \delta h_1/h_1$ - относительной разнотолщинности полосы до и после пропуска.

Известно, что на станах холодной прокатки коэффициент выравнивания составляет 1,6...0,6 [1], т.е. холодная прокатка позволяет не только уменьшить продольную разнотолщинность полос, а и увеличить. Для снижения продольной разнотолщинности применяют различные технологические приемы: сдвиг рабочих валков, их скрещивание, системы противоизгиба и гидрораспора, различные варианты асимметричной прокатки (неодинаковые диаметры и угловые скорости приводных валков, разные коэффициенты трения на верхнем и нижнем валке и т.п.).

Применение асимметричной прокатки, по сравнению с другими способами регулирования, имеет следующие преимущества. Во-первых, создание асимметрии не требует установки дополнительного оборудования, т.е. капитальные затраты на ее реализацию меньше. Во-вторых, асимметрия уменьшает подпирающее влияние сил трения на контакте валка с полосой на силу прокатки и, следовательно, снижает нагрузку на клеть (станины, валки, подшипники и т.д.).

Таким образом, при незначительных затратах на реализацию процесса использование асимметрии при прокатке позволяет снизить силу прокатки, расход энергии на прокатку и разнотолщинность листового проката [2-3]. Кроме того создание асимметрии при прокатке позволяет воздействовать как на форму листов и полос [4-5], так и на шероховатость их поверхности [6], а также влиять на текстуру деформации листового материала [7-8].

Целью данной работы является оценка изменения продольной разнотолщинности полос и лент при асимметричной прокатке.

Для решения поставленной цели сравним коэффициенты выравнивания продольной разнотолщинности при асимметричной и симметричной прокатке при прочих равных условиях. Следовательно, можно записать*

$$\delta h_{0C} = \delta h_{0A} = \delta h_0; \quad h_{0C} = h_{0A} = h_0; \quad h_{1C} = h_{1A} = h_1$$

Подставив эти равенства в уравнение (1) получаем

$$\frac{K_{BA}}{K_{BC}} = \frac{\delta h_{1C}}{\delta h_{1A}} \quad (2)$$

Теоретически коэффициент выравнивания определяют через модули жесткости клетки C_{KL} и полосы C_{II} по зависимости [9]

$$K_B = \left(1 + \frac{C_{KL}}{C_{II}}\right) \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\alpha} \quad (3)$$

где ε - относительное обжатие; α - безразмерный коэффициент.

Из уравнения (3) можно записать

$$\frac{K_{BA}}{K_{BC}} = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{1 + \frac{C_{KL}}{C_{II}}}} \quad (4)$$

где $n = \frac{C_{II}}{C_{IIA}}$ - коэффициент, определяющий изменение модуля жесткости

полосы за счет снижения силы прокатки ΔP (при прочих равных условиях) при асимметричной прокатке

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial a} da$$

где $a = \frac{2 \cdot (V_1 - V_2)}{V_1 + V_2}$ - относительное рассогласование линейных скоростей

ведущего (V_1) и ведомого (V_2) валков.

Из уравнения (4) видно, что при значениях коэффициента $n > 1$ коэффициент выравнивания продольной разнотолщинности при асимметричной прокатке будет больше, чем при симметричной.

Приравняв правые части уравнений (2) и (4) можно записать

$$\frac{\delta h_{1C}}{\delta h_{1A}} = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{1 + \frac{C_{KL}}{C_{IIA}}}} \quad (5)$$

Экспериментальные исследования изменения коэффициента выравнивания проводили при асимметричной прокатке полос на непрерывном четырехклетевом стане холодной прокатки 1700 и биметаллических и стальных лент на реверсивных станах холодной прокатки 250/750x500 и 400/1000x500.

На непрерывном стане асимметрию создавали в четвертой клетки разницей скоростей вращения двигателей главного привода, а на реверсивных – разницей диаметров приводных валков: рабочих валков на стане 400/1000x500 и опорных

* индекс «с» относится к симметричной прокатке, а индекс «а» - к асимметричной

на стане 250/750x500. Пары валков с разницей диаметров комплектовали за счет разбивки существующих.

Относительное рассогласования скоростей валков a определяли в процентах как отношение разницы и полусуммы их линейных скоростей. При проведении исследования относительное рассогласование линейных скоростей валков на стане 1700 составляло 2,71%, на стане 250/750x500 - 2,68 % и на стане 400/1000x500 - 2,6 %.

Толщину полосы и лент измеряли после пропуска в клетки, а сигнал с тощиномеров регистрировали при помощи самописцев. По результатам исследования была рассчитана частота отклонения толщины полосы и лент от заданного значения (рис. 1).

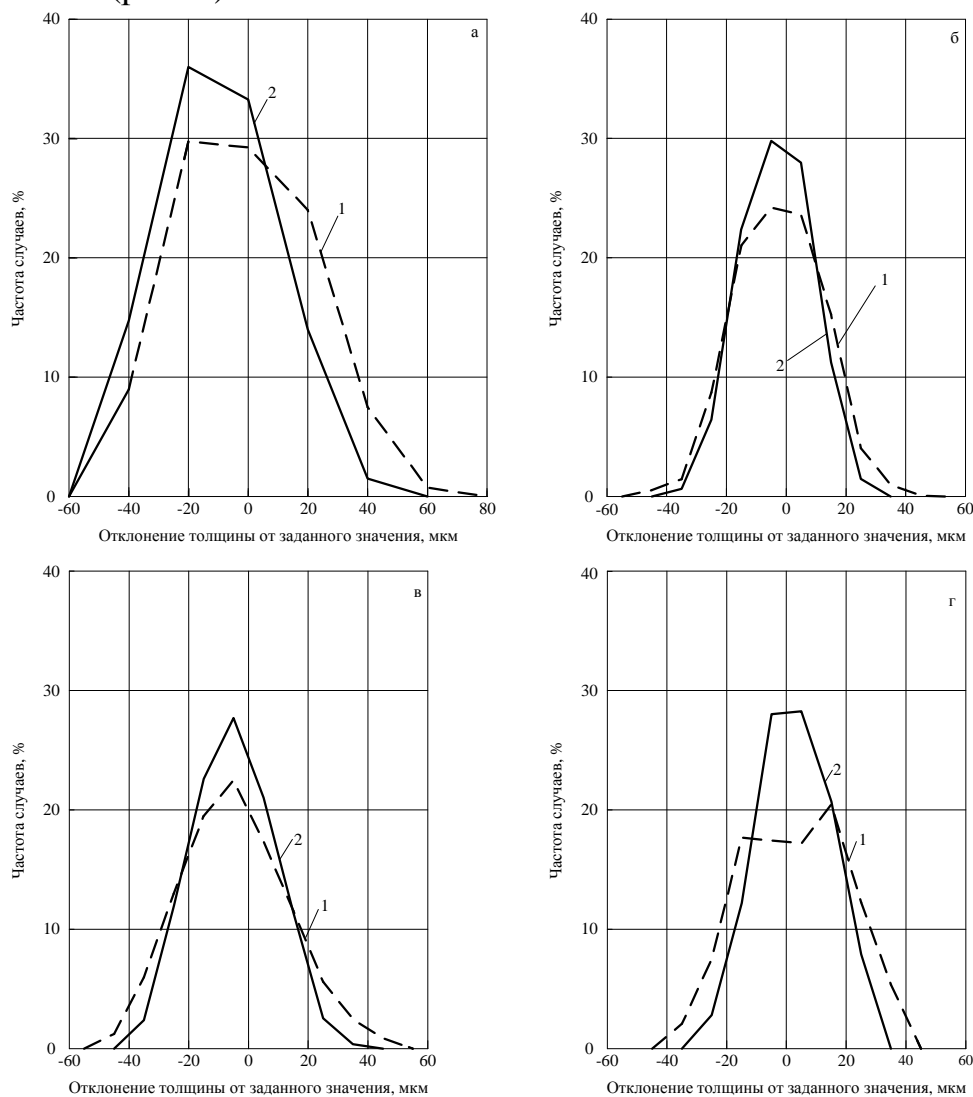


Рис. 1. Частотное распределение отклонения толщины полосы после прокатки на непрерывном четырехклетевом стане 1700 (а), биметаллической (б) и стальной (в) ленты на стане 250/750x1000 и стальной ленты на стане 400/500x1000 (г) после симметричной (1) и асимметричной прокатки (2)

Изменение коэффициента выравнивания продольной разнотолщинности полос и лент при асимметричной прокатке рассчитывали по формуле (2). При прокатке на стане 1700 для полос 0,5x1050 мм из стали Ст1кп оно составило - 1,22; на стане 250/750x500 для биметаллических лент 0,99x280 мм – 1,21, для

стальных лент 1,4x295 мм из стали 08кп – 1,32; на стане 400/1000x500 для стальных лент 1,0x295 мм из стали 08кп – 1,45.

Выводы: при асимметричной прокатке холоднокатаных полос и лент и на непрерывном, и на реверсивных станах коэффициент выравнивания продольной разнотолщинности увеличивается. Доля увеличения коэффициента выравнивания, при постоянном модуле жесткости клетки, зависит от изменения модуля жесткости полосы при асимметричной прокатке и его абсолютного значения.

Список литературы: 1. Рудской А.И. Теория и технология прокатного производства: Учебное пособие [Текст] / А.И.Рудской, В.А.Лунев. - СПб.: Наука, 2008. – 527 с. 2. Кулик А.Н. Влияние кинематической асимметрии на силу прокатки в чистовых рабочих клетях толстолистовых станов / А.Н.Кулик, А.В.Данько, К.Ю.Юрков, А.А.Фрайчак // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: тематик. зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – С. 269-273. 3. Максимов Е.А. Исследование нового механизма снижения давления и повышения обжатий при несимметричной прокатке / Е.А.Максимов // Металлообработка. - 2010. - № 1. - С. 46–49. 4. Агеев Л.М. Управляющие воздействия на форму полосы при прокатке / Л.М.Агеев // Труды 4 Конгресса прокатчиков, Магнитогорск, 16-19 окт., 2001. Т. 1. - М., 2002. - С. 192-197. 5. Максимов Е.А. Повышение качества и улучшение планшетности полос из коррозионностойкой стали при саморегулировании процесса несимметричной прокатки / Е.А.Максимов // Технология металлов. - 2010. - № 9. – С. 19-24. 6. Управление шероховатостью лент с помощью несимметричной прокатки / В.Е.Лунев, И.Г.Шубин, М.И.Румянцев и др. // Производство проката. - 2003. - № 6. - С. 28-29. 7. Влияние сдвиговой прокатки на текстуры деформации фольги из алюминия высокой чистоты / L.Aiqiang, J.Qiwu, W.Fu and ect. // Jinshu хuebao. - 2002. - 38. - № 9. - С. 974-978. 8. Sidorov Ju. Microstructural and crystallographic aspects of conventional and asymmetric rolling processes / Ju.Sidorov, A.Miroux, R.Petrov, L.Kestens // Acta materials. - 2008. - 56, № 11. - P. 2495-2507. 9. Меерович И.М. Повышение точности листового проката [Текст] / И.М.Меерович, А.И.Герцев, В.С.Горелик, Э.Я.Класен.- М.: Металлургия, 1969. - 262 с.

УДК 621.771.06-114.002.2

ПАЛАМАРЬ Д.Г., мл. науч. сотр.

РАЗДОБРЕЕВ В.Г., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

ИЧМ НАНУ, Днепропетровск

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНЫХ МЕЛКОСОРТНЫХ СТАНОВ

Разработан способ производства сортового проката, обеспечивающий компенсацию неравномерного распределения температуры по длине раската путем создания обратного температурного клина при задаче заготовки в первую рабочую клетку стана. Предложенный способ производства сортового проката позволяет без усложнения технологического процесса и дополнительных затрат обеспечить снижение расхода энергии при производстве, а также повысить качество готовой металлопродукции.

Розроблено спосіб виробництва сортового прокату, що забезпечує компенсацію нерівномірного розподілу температури по довжині розкату шляхом створення зворотного температурного клину при задачі заготівки в першу робочу клітку стану. Запропонований спосіб виробництва сортового прокату дозволяє без ускладнення технологічного процесу і додаткових витрат