

УДК 621.771.

НИКОЛАЕВ В.А., докт. техн. наук, проф., ЗНТУ, Запорожье
ПУТНОКИ А.Ю., канд. техн наук, первый зам. председателя правления –
технический директор ОАО “Запорожсталь”, Запорожье
НИКОЛЕНКО А.Г., нач. ЦХП-1 ОАО “Запорожсталь”, Запорожье
ВАСИЛЬЕВ А.Г., инженер, Запорожье
ВАСИЛЬЕВ А.А., оператор п/у ЦХП-1 ОАО “Запорожсталь”, Запорожье

ХОЛОДНАЯ ПРОКАТКА ПОЛОС НА НСХП ПОСЛЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕМОТКИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ РУЛОНОВ

По результатам выполненных расчетов и промышленных экспериментов предложен технологический процесс прокатки с предварительной перемоткой полосы на 180^0 с выводом утолщенного (внутреннего) витка горячекатаного рулона на внешний виток горячекатаного рулона, обеспечивающий увеличение выхода годной продукции.

По результатам виконаних розрахунків і промислових іспитів запропоновано технологічний процес прокатки з попереднім перемотуванням штаби на 180^0 з виводом стовщеного (внутрішнього) витка гарячекатаного рулону на зовнішній виток гарячекатаного рулону, який забезпечує збільшення виходу годної продукції.

According to results of the calculation and industrial experiments, rolling production process of prerevinded strip (180^0) in which its swollen inner turn being located outside of the hot rolling strip is proposed. It gives increasing of satisfied production output.

Прокатка полос в холодном состоянии выполняется при наличии переходных процессов, в которых скорости валков существенно меньше, чем в установившемся процессе при максимальной их скорости. К таким переходным процессам, как известно, относят прокатку участка полосы со сварным швом, а также прокатку концевых участков. На пятиклетевых станах с бесконечной прокаткой скорость полосы в чистовой клети при прокатке заднего конца составляет $v_5=4...5$ м/с, а на четырехклетевых станах порулонной прокатки - $v_4 \leq 1,0$ м/с.

На станах порулонной прокатки передний и задний концы прокатывают на заправочной скорости. Причем, при проходе переднего конца полосы через стан нажимные винты опускают по продуктиметру следующим образом (НСХП 1680), мм: клеть №1 - 0,7...1,0; №2 - 0,5; №3 - 0,3. После выхода переднего конца полосы из чистовой клети (№4) нажимные винты возвращают в нулевое положение для прокатки в установившемся процессе, а после захвата переднего конца полосы моталкой увеличивают скорость прокатки до максимальной (v_y).

Торможение стана начинают в момент, когда на разматывателе остается 5...6 витков рулона и при прохождении заднего конца через клетки №1 и №2 нажимные винты опускают (по продуктиметру) на 0,7...1,1 мм и 0,5...0,9 мм соответственно в зависимости от толщины прокатываемой полосы. Схема скоростного режима прокатки на НСХП 1700 (1680) представлена на рис.1, где $L_{ПК}$ - длина переднего конца прокатываемой полосы в период заправки; $L_{зк}$ - длина заднего конца прокатываемой полосы в период замедления в стане; $L_{рз}$ и $L_{мп}$ -

длина полосы между клетью №1 и на разматывателе, и на моталке соответственно; L_{yc} , $L_{зм}$ -длина полосы в периодах ускорения и замедления соответственно; $v_{пк}, v_y, v_{зк}, v_x$ - скорости прокатки соответственно при заправке переднего конца полосы в моталку, максимальная в установившемся процессе, при выпуске заднего конца и скорость, соответствующая интенсивному изменению коэффициента трения (при $v_x < 5$ м/с коэффициент трения существенно увеличивается при уменьшении скорости прокатки).

Изменение скоростного режима в процессе прокатки полосы оказывает определенное влияние на все параметры деформации металла. Так, уменьшение скорости прокатки вызывает увеличение коэффициента трения, силы прокатки и толщины полосы [1-3]. Потому толщина полосы на концевых участках всегда больше, чем в установившемся процессе.

При заправке переднего конца в стан на полосу воздействует только заднее натяжение, а при выпуске заднего конца полосы из клетей на полосу воздействует только переднее натяжение. Степень влияния переднего и заднего натяжений на напряженное состояние металла в очаге деформации различна [1,3-5], что обуславливает и некоторое различие в толщине переднего и заднего концов. Кроме того, толщина заднего конца горячекатаной полосы (подката), как правило, больше толщины переднего конца и эта наследственная продольная разнотолщинность вносит свое влияние на увеличение толщины заднего конца холодной полосы. Ниже представлена оценка доли влияния указанных факторов на приращение толщины заднего конца полосы.

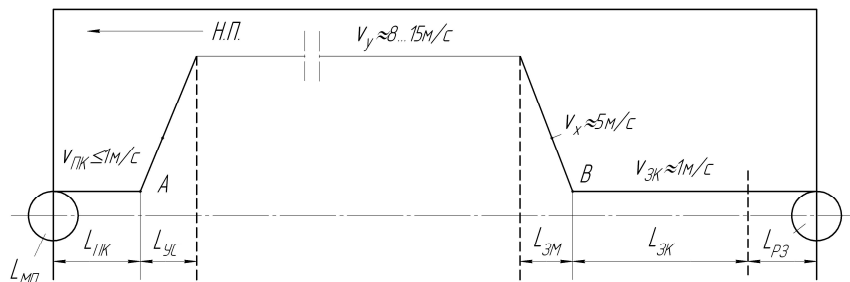


Рис.1. Диаграмма скоростного режима прокатки рулона в чистой клетии НСХП

Используя разработанные ранее и проверенные по практическим данным расчетные модели [2,6-9] определены значения коэффициента трения, напряжения течения металла, длина дуги контакта с учетом упругих деформаций валков и полосы, среднего нормального контактного напряжения и силы прокатки. Приращение толщины полосы в любом процессе прокатки по сравнению с базовым рассчитывали с использованием формулы [3,4]

$$\delta h_{п} = \frac{P_i - P_0}{M_k - \frac{\partial P}{\partial h}}, \quad (1)$$

где $\delta h_{п}$ - приращение толщины (продольная разнотолщинность); P_0 - сила прокатки при базовом режиме (при минимальной силе прокатки по длине полосы

в установившемся процессе); P_i - сила прокатки в любом ином процессе; M_K - модуль жесткости клетки; $\frac{\partial P}{\partial h}$ - текущий модуль жесткости полосы.

В случае определения приращения δh_{II} относительно базовой (минимальной) толщины h_0 полосы (при минимальной силе прокатки), допустимо принимать $\partial P / \partial h = -\delta M_{II}$ (δM_{II} - приращение модуля жесткости полосы в i -ом процессе относительно базового модуля жесткости). Параметр δM_{II} определим из условия (при $M_{IIi} > M_0$) [7,8]

$$\delta M_{II} = M_{IIi} - M_{II0}, \quad (2)$$

где M_{II0} и M_{IIi} - модули жесткости полосы в базовом режиме и в i -ом процессе (например, при выпуске заднего конца полосы из стана).

Модули жесткости полосы определим по методу [3]:

$$M_{II0} = \varphi_0 \cdot P_0 / \Delta h_0; \quad M_{IIi} = \varphi_i \cdot P_i / \Delta h_i, \quad (3)$$

$$\varphi_i = [0,6 + 2,25(\varepsilon - 0,1)^2] (0,6 + 0,45f\sqrt{R/H}) \cdot (0,55 + 1,5 \cdot \varepsilon),$$

где Δh_0 и Δh_i - абсолютные обжатия в базовом и i -ом режимах; φ_i - коэффициент; ε - относительное обжатие; f - коэффициент трения; R - радиус жестких валков.

Формула для расчета φ_i получена из данных работы [3].

С учетом выражений (1) и (2) получим

$$\delta h_{II} = \frac{P_i - P_0}{M_K + \delta M_{II}}. \quad (4)$$

Среднее нормальное контактное напряжение с учетом различной степени влияния переднего и заднего напряжений рассчитывали с учетом размеров зон отставания и опережения из формул [2,5,9]:

$$p_{cp} = \sigma_\phi \left[\xi_0 \left(1 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) + \xi_1 \frac{\gamma}{\alpha} + C_H \cdot f_{II} \cdot l_C / h_{cp} \right]; \quad (5)$$

$$\frac{\gamma}{\alpha} = \frac{2f_{II}\sqrt{\frac{R_C}{h}} \cdot \arctg\sqrt{\frac{\Delta h}{h}} - \ln\left(1 + \frac{\Delta h}{h}\right) - \frac{\sigma_0}{\sigma_\phi} + \frac{\sigma_1}{\sigma_\phi}}{4f_{II} \cdot l_C / h_{cp}}, \quad (6)$$

где σ_ϕ - сопротивление металла деформации; l_C и R_C - длина дуги контакта и радиус валков с учетом влияния упругих деформаций валков и полосы; h и Δh - соответственно толщина полосы после прокатки и абсолютное обжатие; f_{II} - показатель трения; h_{cp} - средняя толщина полосы в очаге деформации; α и γ - соответственно углы контакта и критического сечения; C_H - коэффициент, учитывающий интенсивность влияния контактного трения; ξ_0 и ξ_1 - соответственно коэффициенты, учитывающие влияние заднего и переднего натяжений:

$$\xi_0 = 1 - \frac{\sigma_0}{\sigma_\phi}; \quad \xi_1 = 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma_\phi},$$

где σ_0 и σ_1 - соответственно напряжения заднего и переднего натяжений.

Расчеты выполнили для условий прокатки полосы 0,9×1250мм из стали марки 08кп на НСХП 1680 ОАО меткомбината “Запорожсталь” (без дополнительного обжатия концов). Толщина горячекатаного подката на основной длине равна $H=2,7$ мм, а напряжения натяжения $\sigma_{II} = \sigma_3 = 150$ Н/мм². Заднее натяжение перед клетью №1 принимали равным $\sigma_0 = 20$ Н/мм², а переднее натяжение за клетью №4 - $\sigma_1 = 40$ Н/мм². Скорость прокатки в клетях №4 при заправке и выпуске концов принимали равной $v_{ПК} = v_{ЗК} = 1,0$ м/с. Во всех расчетах толщину переднего конца горячекатаного подката принимали равной таковой на основной длине подката $H_{ПК} = H = 2,7$ мм, а толщину заднего конца горячекатаного подката изменяли в пределах $H_{ЗК} = 2,5 \dots 3,0$ мм, имитируя приращение толщины поката на широкополосном стане горячей прокатки. Принятые исходные параметры позволяют оценить влияние скорости прокатки и толщины концевых участков горячекатаного подката на приращение их толщины.

Расчетные параметры прокатки представлены в табл.1 и на рис.2. Как следует из табл.1, при прокатке в установившемся процессе коэффициент трения от первой к последней (чистой) клетю заметно уменьшается, среднее нормальное контактное напряжение p_{cp} изменяется в пределах $p_{cp} \approx 667,05 \dots 820,61$ Н/мм² вследствие одновременного влияния упрочнения металла, уменьшения коэффициента трения, разогрева металла и увеличения скорости деформации. Сила прокатки от клетки №1 к клетю №4 уменьшается вследствие уменьшения длины дуги контакта, а модуль жесткости полосы возрастает в связи с упрочнением металла. Изменение толщины полосы соответствует фактическому межвалковому (заданному) зазору в клетях.

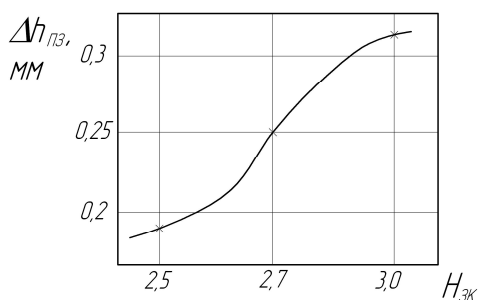


Рис.2. Зависимость влияния толщины заднего конца горячекатаного подката $H_{ЗК}$ ($H_{ПК} = \text{const}$) на приращение толщины полосы на заднем конце после клетки №4

приращение толщины полосы на переднем ($\delta h_{ПП}$) и заднем ($\delta h_{ПЗ}$) концевых участках. Расчетами установлено, что при одинаковой по всей длине толщине горячекатаного подката ($H = H_{ПК} = H_{ЗК} = 2,7$ мм) приращение толщины на переднем и заднем концевых участках примерно одинаково ($\delta h_{ПП} = 0,250$ мм, $\delta h_{ПЗ} = 0,238$ мм). Это свидетельствует о незначительном влиянии направления воздействия напряжений натяжений на концевые участки. Очевидно, это следует объяснить

Толщину полосы в установившемся процессе, для оценки приращения толщины концевых участков принимали за базовую при разнотолщинности $\delta h_{II} = 0$ (в табл.1 представлены данные для заднего концевой участка полосы (кроме $\delta h_{ПП}$)).

При прокатке концевых участков сила прокатки существенно увеличивается во всех клетях стана, что вызывает увеличение упругих деформаций валков и клетки, а также

отсутствием при расчете p_{cp} учета упрочнения металла. В практических условиях влияние переднего и заднего натяжений может быть более заметным.

Из расчетных данных следует, что существенное влияние на приращение толщины на заднем конце оказывает толщина заднего конца на горячекатаном подкате. При этом увеличение толщины подката на заднем конце ($H_{3К}$) от 2,5 до 3,0мм приводит к увеличению толщины заднего конца на готовой полосе на 0,126мм. Анализ расчетных данных показывает, что наибольшее влияние на величину приращения концевых участков оказывает отсутствие натяжений концевых участков и меньше концевые утолщения горячекатаного подката.

Однако, кроме рассмотренных факторов на среднюю толщину концевых участков прокатанных при $v_x \leq 1$ м/с оказывают имеющиеся различия условий их прокатки, при разной длине переднего и заднего концевых участков (рис.1).

Таблица 1 – Расчет параметров деформации полос с учетом разогрева и скорости деформации металла на четырехклетевом стане холодной прокатки 1680, полоса ст..08кп 2,7-0,9×1200

Номер клетки	v, м/с	h, мм	Δh , мм	δh_{II} , мм	f	p_{cp} , Н/мм ²	P, МН	M _{пи} МН·мм,	l_c , мм	γ/α
Установившейся процесс (базовое значение)										
1	4,63	1,75	0,95	0	0,081	667,05	14,50	11,61	17,72	0,388
2	6,23	1,3	0,45	0	0,069	820,61	14,30	18,88	14,47	0,297
3	7,94	1,02	0,28	0	0,053	766,25	11,32	20,69	12,27	0,385
4	9	0,9	0,12	0	0,049	794,15	9,35	32,13	9,93	0,377
Толщина переднего конца подката $H_{ПК}=2,7$ мм ($v_4=1,2v/c$)										
1	0,62	2,04	0,66	0,292	0,226	1021,82	20,21	28,65	16,51	0,426
2	0,83	1,581	0,459	0,283	0,097	923,04	16,11	21,42	14,96	0,300
3	1,06	1,3	0,280	0,280	0,075	891,01	13,48	24,67	12,84	0,367
4	1,2	1,150	0,150	0,250	0,089	980,38	12,54	41,67	10,72	0,419
Толщина заднего конца подката $H_{3К}=2,5$ мм ($v_4=1,2v/c$)										
1	0,62	1,896	0,604	0,146	0,227	940,29	17,14	27,05	15,10	0,456
2	0,83	1,480	0,414	0,180	0,097	919,55	15,74	23,24	14,02	0,377
3	1,06	1,222	0,26	0,202	0,076	901,67	13,20	26,44	12,17	0,474
4	1,2	1,093	0,129	0,193	0,087	1068,05	13,74	52,64	10,71	0,470
Толщина заднего конца подката $H_{3К}=2,7$ мм ($v_4=1,2v/c$)										
1	0,62	1,99	0,71	0,240	0,218	941,37	18,39	24,94	16,16	0,447
2	0,83	1,558	0,432	0,256	0,095	923,60	16,13	22,25	14,29	0,375
3	1,06	1,28	0,278	0,260	0,075	892,25	13,34	24,75	12,43	0,472
4	1,2	1,14	0,14	0,240	0,086	1058,10	13,86	48,52	10,91	0,468
Толщина заднего конца подката $H_{3К}=3,0$ мм ($v_4=1,2v/c$)										
1	0,62	2,136	0,864	0,386	0,209	933,39	19,83	22,31	17,55	0,438
2	0,83	1,674	0,461	0,374	0,092	915,79	16,39	20,55	14,65	0,375
3	1,06	1,375	0,299	0,355	0,073	873,58	13,34	22,47	12,69	0,472
4	1,2	1,219	0,155	0,319	0,086	1032,93	13,84	43,14	11,16	0,465

Из табл.1 также следует, что при равенстве толщин на переднем и заднем концах ($H_{ПК}=H_{ЗК}=2,7\text{мм}$) величина утолщения на переднем конце больше, чем на заднем ($\delta h_{ПП}=0,25\text{мм}$, $\delta h_{ПЗ}=0,24\text{мм}$). Такое, вроде бы несоответствие известным представлениям о формировании продольной разнотолщинности, обусловлено тем, что передний конец полосы при заправке в стан подвергается в первой клети натяжению равному $\sigma_0=20\text{ Н/мм}^2$, а на задний конец полосы при выпуске из стана в первой клети действует переднее натяжение равное $\sigma_1=150\text{ Н/мм}^2$, которое существенно больше напряжения заднего натяжения. При этом толщина полосы на переднем конце составила $h_{1П}=2,04\text{мм}$, а заднего $h_{1З}=1,99\text{мм}$, что и определило в итоге большее приращение толщины полосы на переднем конце.

Выше отмечали, что длина переднего и заднего участков, прокатываемых при заправке и выпуске полосы различны.

Определим длины переднего и заднего концов готовой полосы, прокатываемых на малой скорости (рис.1). Для стана типа 1700 имеем (м):

$$L_{МП} \approx 6,5; L_{РЗ} \approx (6,0 \cdot 2,7) / 0,9 = 18; L_{ПК} \approx 6,0.$$

Длина полосы ($L_{ЗК}$), выходящей из клети №4 стана при выпуске на скорости $v_{ЗК}$ равна

$$L_{ЗК} = \frac{H + h}{2 \cdot h} \cdot L_{СТ},$$

где H и h - толщина соответственно горячекатаного подката и готовой полосы; $L_{СТ}$ - расстояние между осями первой и чистовой клетями (для стана 1700 имеем $L_{СТ} \approx 16\text{м}$).

Тогда, общая длина переднего конца при заправке ($L_{П}$) и заднего конца при выпуске ($L_{З}$) (принимая $L_{УС} \approx L_{ЗМ}$) равна ($H=2,7\text{мм}$, $h=0,9\text{мм}$):

$$L_{П} = L_{МП} + L_{ПК} = 6,5 + 6,0 = 12,5\text{м};$$

$$L_{З} = L_{РЗ} + L_{ЗК} \approx 18 + \frac{2,7 + 0,9}{2 \cdot 0,9} \cdot 16 = 50\text{ м},$$

где $L_{П}$ - общая длина переднего конца готовой полосы, прокатываемой при скорости $v_{ПК}$; $L_{З}$ - общая длина заднего конца готовой прокатываемой полосы, при скорости $v_{ЗК}$ ($v_{ПК}=v_{ЗК} \approx 1,0\text{м/с}$).

Таким образом, длина заднего конца полосы, прокатываемого в чистовой клети на небольшой скорости ($v_{ЗК} \leq 1,0\text{м/с}$) в четыре раза больше, чем переднего конца полосы. На участках ускорения ($L_{УС}$) и замедления ($L_{ЗМ}$) средняя толщина полосы примерно одинаковая. Известно (см выше), что при прокатке с небольшими скоростями ($v_{ЗК}(v_{ПК}) < 5\text{м/с}$) (рис.1) по сравнению с прокаткой при скорости $v_{У}$ существенно увеличиваются коэффициент трения, сила прокатки, толщина полосы и, следовательно, продольная разнотолщинность (приращение толщины концевых участков полосы).

При прокатке длинного заднего конца условия деформации ухудшаются еще и вследствие того, что толщина горячекатаной полосы на $0,1 \dots 0,3\text{мм}$ больше, чем толщина в середине длины полосы и толще, чем на переднем конце. При заправке полосы в моталку, длина конца полосы, прокатываемой на уменьшенной скорости ($v_{ПК}$) существенно меньше, чем длина заднего конца полосы, прокатываемой в период выпуска ее из стана. Поэтому целесообразен и

более эффективен технологический процесс, в котором утолщенный задний конец горячекатаной полосы будет прокатываться в качестве переднего (заправочного) конца полосы. Этот технологический процесс возможно осуществить, если горячекатаный рулон до или после травления перемотать с выводом утолщенного (внутреннего) витка горячекатаного рулона на внешний виток горячекатаного рулона.

В этом случае этот утолщенный конец горячекатаной полосы будет являться заправочным и около 37м из 50м утолщенного участка горячекатаной полосы будет прокатываться в установившемся процессе при максимальной скорости, при меньшем влиянии на процесс деформации внешнего трения. Уменьшение силы прокатки на этом участке по сравнению с силой прокатки при выпуске его при $v_{зк} \leq 1,0\text{м/с}$, обеспечит уменьшение фактической толщины полосы и увеличение выхода годной продукции.

Один из вариантов выполнения перемотки горячекатаного рулона на агрегате ППА (промежуточный перемоточный агрегат – поз. 4-6 на рис.3) представлена на рис.3 [10]. Из непрерывно-травильного агрегата (НТА) 1 травленую горячекатаную полосу подают к свертывающей машине 2 для формирования рулона, который по транспортеру 3 передают в разматыватель 4, из которого при помощи задающих роликов 5 полосу перемотывают в моталку 6 в новый рулон с переформированием его заднего конца с внутреннего в наружный (внешний) виток; после этого вновь сформированный рулон посредством передающих устройств 7,8 и поворотного устройства 9 устанавливают в разматыватель 10 перед станом и прокатывают по известному переменному деформационно – скоростному режиму в прокатном стане 11 со смоткой полосы в моталку 12 и последующей уборкой со стана устройством 13.

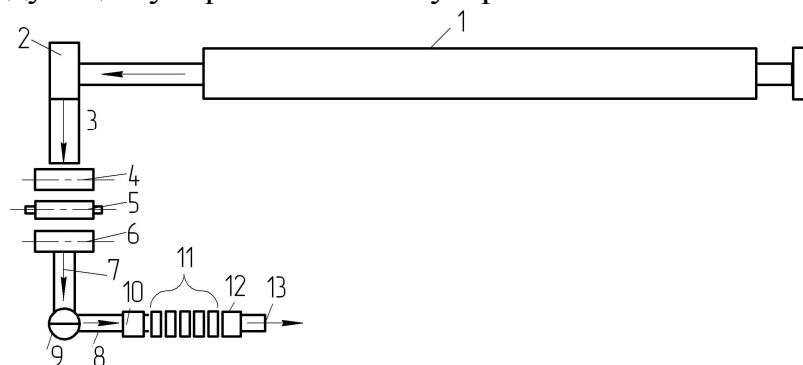


Рис.3. Схема обработки горячекатаной полосы перед холодной прокаткой: 1 - непрерывно-травильный агрегат (НТА); 2 - свертывающая машина; 3 – транспортер; 4 - разматыватель; 5 - тянущие ролики; 6 – моталка; 7,8 - передающие устройства; 9 - поворотное устройство; 10 – разматыватель; 11 - прокатный стан; 12 – моталка; 13 – уборочное устройство

Промышленное опробование* нового технологического процесса выполнено на НСХП 1680 ОАО меткомбинат “Запорожсталь”. В опробовании новой технологии перемотку горячекатаных рулонов выполнили (на данном этапе без дополнительного обжатия толщины полосы) на реверсивном стане 1680. После перемотки трех рулонов их прокатывали на непрерывном стане холодной прокатки 1680 по существующему режиму с заправкой в моталку заднего конца (внешнего витка) горячекатаной полосы.

*) В проведении опытной прокатки принимал участие инж. Пчела Н.И.

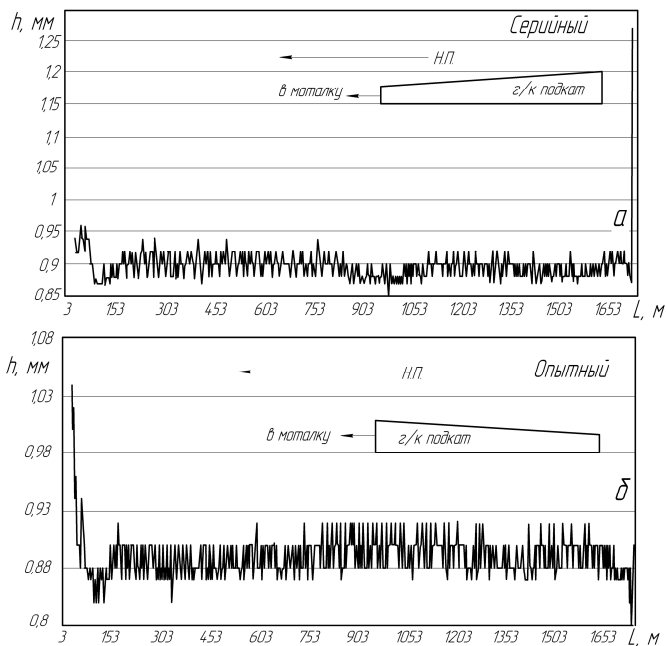


Рис.4. Профилограмма толщины по длине полосы 0,9×1000мм (ст. 08кп): а – серийная прокатка; б – новая технология с перемоткой рулона (Н.П. – направление прокатки)

на участке полосы длиной ~4м толщина его возрастает на 0,37мм выше номинальной толщины.

Таблица 2 – Параметры прокатки полос 0,9×1000мм (Ст. 08кп, пл.1211527, 08.08.2011г.) по серийной и опытной (с перемоткой рулонов) на НСХП 1680

Номер рул.	Средняя толщ.	Метры без толщинумера	Класс точн.	Брак, м		Физический, вес	Длина полосы общая, м	% годного	Увеличение годного, %	Примечание
				-	+					
5550	0,889	24	АТ	21	19	11,06	1527	95,57	-	Серийные
5551	0,898	27	АТ	0	19	11,66	1594	96,91	-	
5552	0,901	29	АТ	0	21	11,70	1594	96,58	-	
5553	0,891	16	АТ	16	19	11,59	1597	96,64	0,92	Опытные
5554	0,893	21	АТ	3	13	11,57	1592	97,58		
5555	0,894	24	АТ	0	5	11,25	1546	98,04		
5556	0,885	32	АТ	0	13	11,14	1546	96,86	-	Серийные
Средние параметры										
-	0,893	28	-	5,2	18	11,39	1565	96,47	-	Серийные
-	0,893	20,3	-	6,3	12	11,47	1578	97,39	0,92	Опытные

На опытном рулоне (рис.4,б) характер профилограммы изменяется. В данном процессе передний конец полосы прокатан с утолщением $\delta h_{П} = 0,14$ мм против номинальной ($h = 0,9$ мм). В установившемся процессе толщина полосы находится в пределах $h \approx 0,9$ мм, однако полоса на заднем конце на длине ~18м прокатана в минусовом поле допусков ($h = 0,87$ мм). Таким образом,

суммарное уменьшение толщины концевых участков при прокатке опытного рулона составила

$$\delta h_{\text{п.ум}}=0,06+0,37-0,14+0,1=0,3\text{мм.}$$

Выводы. Таким образом, предложенный технологический процесс оказывает положительный эффект (вследствие уменьшения влияния внешнего трения на переднем конце) на уменьшение приращения толщины на конце полосы и за счет обжатия температурного клина по толщине горячекатаного подката. Положительные результаты нового технологического процесса подтверждаются данными компьютерной регистрации основных параметров прокатки серийных и опытных рулонов (табл.2). Как следует из усредненных данных:

- количество метров, прокатанных без измерения толщины составляет 20,3м против 28м (серийные);
- брак по толщине уменьшился с 23,25м до 19,02м;
- общая длина полосы в допуске (годная продукция) увеличилась с 1565м до 1578м;
- количество годного металла увеличилось с 96,47% до 97,39%, т.е. на 0,92%.

Список литературы: 1. Целиков А.И. Теория прокатки. Справочник / А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др.- М.: Metallurgy, 1982.-335с. 2. Николаев В.А. Теория прокатки: Монография. / В.А.Николаев. –Запорожье: Издательство ЗГИА, 2007. – 228с. 3. Повышение точности листового проката / [Меерович И.М., Герцев А.И., Горелик В.С., Классен Э.Я.]. – М.: Metallurgy, 1969. – 264 с. 4. Ткалич К.Н. Точная прокатка тонких полос / К.Н.Ткалич, Ю.В.Коновалов. – М.: Metallurgy, 1972. – 176 с. 5. Николаев В.А. Нормальные контактные напряжения при переменных параметрах по дуге контакта при прокатке полос / В.А. Николаев // Metall и литье Украины.- 2008.- №11,12.-С.25-28. 6. Николаев В.А. Оценка точности формул для расчета среднего нормального контактного напряжения при холодной прокатке / В.А. Николаев // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2004. – №11. – С.36-39. 7. Николаев В.А., Матюшенко Д.А. Влияние режимов деформации полосы в чистой группе ШСП на технологические параметры // Metall и литье Украины. – 2008. – №1,2. – С.35-37. 8. Николаев В.А. Продольная разнотолщинность полос в зависимости от скорости холодной прокатки / В.А. Николаев, А.А. Васильев // Metall и литье Украины. – 2008. – №3-4. – С.51-53. 9. Николаев В.А. Несимметричная тонколистовая прокатка / В.А. Николаев, В.Н. Скороходов, В.П. Полухин. – М.: Metallurgy, 1993. – 192с. 10. Заявка на выдачу декларационного патенту України на винахід (корисну модель) №u2011 10913 «Спосіб холодної прокатки штаб», від 12.09.2011 / В.О. Ніколаєв, О.Ю. Путнокі, А.Г. Ніколенко, О.Г. Васильєв, А.О. Васильєв.

УДК 621.77

КИРИЕНКО А. А., аспирант, КТУ, Кривой Рог

ВИБРАЦИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ

Статья посвящена изучению вибрации при прокатке. И рассмотрению ее влияния на срок службы оборудования нажимного механизма. В статье приводятся средний срок службы нажимного механизма. Целью работы является определить основные пути решения проблемы интенсивного износа нажимного механизма. Для уменьшения интенсивного износа нажимного механизма было предложено устранение вибрации с оси нажимного винта путем установки динамического демпфера.