



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 52991

(13) A

(51) 7 B21B1/38

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ ТОВСТИХ ЛИСТІВ

1

2

(21) 2002010580

(22) 23 01 2002

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Бойко Володимир Семенович, Карнаушенко Ніл Андрійович, Голі-Оглу Володимир Семенович, Климанчук Владислав Владиславович, Шебаніц Едуард Миколайович, Лямцев Василь Петрович, Саркіц Ігор Геннадієвич, Мурашкін Олександр Вікторович, Кашков Геннадій Климович, Васекін Андрій Валерійович, Греков Ніл Сергійович, Напца Іван Борисович, Тарасенко Олег Станіславович, Радусhev Олексій Олександрович

(73) Приазовський державний технічний університет, ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО МАРІУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМ ІЛЛІЧА

(57) Спосіб гарячої прокатки товстих листів, переважно на двоклетьових реверсивних станах, який включає поперечну та поздовжню прокатку у чорновій клітці та заключну прокатку в чистовій клітці, який відрізняється тим, що призначення обтисків під час розбивання ширини при поперечному прокатуванні у чорновій клітці виконують з урахуванням мінімізації фактора форми в межах $\Phi_n=0,35-0,62$

Винахід стосується області обробки металів тиском, зокрема до технології отримання методом прокатки товстих листів

У сьогоденні часто виникає потреба здійснювати прокатку широких листів із порівняно вузьких слябів шириною 1550 мм. У цьому випадку при отриманні листів товщиною більш ніж 14 мм і шириною понад 2200 мм після обрізки поздовжніх кромки на спарених кромкообрізних ножицях утворюються тріщини на поверхні листів у кромки.

З метою попередження появи тріщин на стани запровадили підвищені пропуски на бокову обрізку (Див Інструкцію ВАТ ММК імені Ілліча "Производство листов в листопрокатном цехе 3000" ТИ 227-ПГЛ-15-18).

При цьому прокатку листів проводять за поперечно-поздовжньою схемою. Спочатку у чорновій клітці поперечною прокаткою одержують завдану ширину листа з припуском на величину обрізних кромки, а потім, після кантовки і прокатки до необхідної товщини, підкат передається до чистової клітці, де виконується прокатка до кінцевої товщини листа.

Збільшення припусків приводить до збільшення втрат металу і разом з тим, не забезпечує повної гарантії відсутності тріщин, тому потрібна додаткова абразивна зачистка поверхні листів.

Дослідженням виявлено, що виникнення прикромкових тріщин пов'язано з характером

деформації металу при розбиванні ширини.

Відомий спосіб прокатки металу (див. авт. свід. №1540876 В 21В1/00), що включає послідовну прокатку в декількох проходах, в якому для поліпшення якості металу у перших проходах ведуть при відносній довжині осередку деформації 0,05-0,5, розраховуючи при цьому необхідну кількість проходів.

У відомому способі потрібно багато проходів, що за температурними умовами неможливо здійснити при гарячому прокатуванні і крім того це знижує продуктивність прокатного стану.

Найбільш близьким технічним рішенням (прототипом) є спосіб гарячої прокатки товстих листів на двоклетьових реверсивних станах, який включає поздовжню і поперечну прокатку в чорновій клітці та заключну прокатку у чистовій клітці, в якому після поперечної прокатки повторно ведуть поздовжню прокатку у чорновій клітці до досягнення необхідної товщини розкату (див. авт. свід. №1540881, В 21В1/38).

У відомому способі не враховуються дані розподілу обтисків по проходах при розбиванні ширини, внаслідок чого можливі випадки прокатки з завищенням допустимих значень фактора форми, що приводить до появи тріщин у кромки листа.

В основу винаходу поставлена задача розробити спосіб прокатки, в якому з урахуванням нових умов здійснення дій знижується

(13) A

(11) 52991

(19) UA

тріщиноутворення у прикромкових, зонах і зменшитися бокова обріз

Для розв'язання поставленої задачі в способі гарячої прокатки товстих листів, що включає поперечну і поздовжню прокатки у чорновій кліті і кінцеву прокатку у чистовій кліті, у відповідності до винаходу, під час поперечної прокатки в чорновій кліті розподіл обтиску при розбиванні ширини здійснюють з урахуванням мінімізації фактору форми поздовжнього перерізу осередку

деформації, який повинен знаходитись в межах 0,35-0,62

Для виявлення закономірності деформації металу в зонах несталого процесу прокатки (НПП) було проведено дослідження. Для цього три зразки-моделі з початковими розмірами 20x124x100мм обтискували з різною інтенсивністю від товщини 20мм до 7,2мм при масштабі моделювання 12,5 (Таблиця 1)

Таблиця 1

Розміри і деформація зразків для виявлення форми торців

№ проходів і зразків	Товщина, мм		Обтиск Δh , мм	l_{δ} , мм	h_{cp} , мм	Φ_h
	До проходів H , мм	Після проходів h , мм				
1 1	20,11	19,05	1,06	6,37	19,58	0,327
1 2	20,08	17,67	2,41	9,61	18,88	0,509
1 3	20,00	16,53	3,47	11,54	18,27	0,632
2 1	19,05	17,90	1,15	6,64	18,47	0,360
2 2	17,61	15,24	2,43	9,65	16,46	0,586
2 3	16,53	13,67	2,86	10,47	15,10	0,693
3 1	17,90	16,55	1,35	7,20	17,23	0,418
3 2	15,24	12,75	2,49	9,77	14,00	0,698
3 3	13,67	10,35	3,32	11,28	12,01	0,939
4 1	16,55	15,22	1,33	7,14	15,88	0,450
4 2	12,75	10,52	2,49	9,77	11,51	0,849
4 3	10,35	7,38	2,97	10,67	8,87	1,203

Кожний зразок обтискали 4 рази. Після кожного проходів знімали обводки з переднього і заднього кінців і бокової кромки (фіг 1). Після цього торці та кромки фрезерували і знову прокатували. Внаслідок був отриманий графік залежності довжини наката чи випуклості торців в від фактору форми поздовжнього перерізу осередку деформації

$$\Phi_h = \frac{l_{\delta}}{h_{cp}}, \text{ де}$$

$$l_{\delta} = \sqrt{R \Delta h} \quad - \text{довжина осередку деформації,}$$

мм,

R - радіус валка, мм,

Δh - абсолютний обтиск, мм,

$$h = \frac{H + h}{2} \quad \text{середня товщина розкату, мм}$$

Графік приведено на фіг 2

Із графіка помітно, що при $\Phi_h \leq 0,4$ на передньому та задньому ганцях виникає накат, при зростанні Φ_h від 0,45 до 0,75 на задньому кінці накат зменшується і в подальшому при $\Phi_h > 0,75$ змінюється випуклістю

На передньому кінці випуклість проявляється вже при $\Phi_h = 0,45$ і в подальшому збільшується. Угнутість торців у зразках з накатом вказує на те, що у даному випадку в період НІШ поверхневі шари металу піддаються більш інтенсивній деформації стиснення ніж центральні шари. Витяжка поверхневих шарів стримується пасивною серцевиною і в поверхневих шарах виникають додаткові стискуючі напруження, які

сприятливо впливають на якість поверхні листів. Такі умови створюються при прокатуванні з $\Phi_h < 0,45$ на обох кінцях розкатів, а також на задньому кінці при $\Phi_h < 0,75$

На задньому кінці розкату при $\Phi_h > 0,75$ торець виходить випуклим внаслідок більш інтенсивної деформації стиснення у вісьовій зоні

Підвищена витяжка вісьових шарів стримується поверхневими шарами, внаслідок чого в останніх виникають додаткові напруження розтягування, які допомагають утворенню або виявленню дефектів. При певних умовах додаткові розтягуювальні напруження можуть зберігатися в металі у вигляді залишкових і, таким чином, сприяти утворенню тріщин на поверхні листів після обрізки кромки

Розбивка при $\Phi_h > 0,75$, коли обидва кінці отримували б випуклість неприпустима взагалі

З вищевказаного ясно, що з метою поліпшення якості листів шляхом попередження виникнення поздовжніх прикромкових тріщин і зменшення бокової обрізи, обтиск в чорновій кліті при розбиванні ширини необхідно проводити за принципом мінімізації фактору форми Φ_h . Для виявлення характеру напружено-деформованого стану металу при розбиванні ширини слябів з різними значеннями фактору форми проведено дослідження по прокатуванню свинцевих зразків-моделей

Початкова товщина зразків - 13,6мм (170мм для натури) співвідноситься з товщиною розкатів, що задаються у валки в останніх проходах при розбиванні ширини на стані 3000, в яких

відбувається найбільш енергійна деформація

На поверхню зразків спеціальним маркером наносили штучні дефекти. Зразки з дефектами спочатку фотографували, потім прокатували з

різними обтисками і удруге фотографували та вимірювали.

Розміри зразків до і після прокатки наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Розміри і деформація зразків серії 7-12 з штучними дефектами

№ зразків	Розміри зразків, мм						Обтиск Δh , мм	l_0 , мм	h_c , мм	Φ_n
	Початкові			Після проходу						
	H	B	L	h	b	l/l				
7	13,6	69,30	69,50	12,80	69,4	74,2	0,80	5,54	13,20	0,42
8	13,6	69,60	70,75	13,32	69,8	77,6	1,28	7,00	12,96	0,54
9	L 13,6	69,90	71,30	11,75	70,0	82,6	1,85	8,42	12,68	0,66
10	13,6	69,65	70,40	11,25	69,8	84,7	2,34	9,47	12,43	0,76
11	13,6	69,60	70,00	10,52	69,9	90,7	3,08	10,88	12,06	0,90
12	13,6	69,60	71,00	10,33	71,1	93,2	3,27	11,19	11,96	0,94

На фіг 3 подані фотографії зразків 7-10 після прокатки. У зразка 7, що прокатували при $\Phi_n=0,42$ дефекти частково закрились рівномірно по всій площині.

У зразків 8-10 по мірі збільшення обтиску і Φ_n відбувалось розкриття дефектів у переднього краю і закриття їх у середній та донній частинах.

На фіг 4 розміщена фотографія зразків 11 та 12 до прокатки (фіг 4а) і після прокатки (фіг 4б). Тут найбільш чітко проявляється розкриття дефектів у переднього кінця, закриття їх в середній частині по довжині зразка і деяке розкриття передостанніх дефектів, оскільки прокатку виконували при $\Phi_n=0,9-0,94$ і в цій зоні виникали розтягувальні напруження.

Наведений приклад показує необхідність побудови схем обтиску при розбиванні ширини за принципом мінімізації фактору форми Φ_n .

У даний час на стані 3000 визначається схема прокатки за умови не перевищення допустимої сили прокатки 68,6МН (7000 тс) і сумарного

моменту прокатки 5,4МН м.

Допустимі розрахункові обтиски в чорновій клітці стану 3000 для прокатування листів з вуглецевої і низьколегованої сталі при різних температурах нагріву слябів наведена у таблиці 7, 1-7, 4 технологічної інструкції ТИ-ПГЛ-15-98.

При максимальному ступені розбивки слябів перерізом 250x1550мм на ширину 2850мм товщина розкату буде $h=136$ мм і перед останнім проходом розбивки 145-150мм.

З наведених таблиць видно, що при зміні товщини розкатів, що задаються у валки від 250 до 150мм допустимі обтиски зменшуються лише до декількох міліметрів. Фактично, найчастіше розбивка ширини здійснюється при постійних або близьких обтисках, як це записано у довіднику "Технологія прокатного виробництва" Беняковський М.А., Богоявленський К.Н., Виткин, А.И. та ін. М., Металургия, 1991 т.2, с.534.

Нижче наводиться приклад прокатки під час розбивання ширини за існуючою технологією (табл. 3).

Таблиця 3

Режим обтиску при прокатуванні листа з розмірами 20x2438x19000мм із слябу 250x1550x2850мм (сталь ЕІ - 36 плавка 112888)

№ проходу	Товщина, мм		Обтиск Δh , мм	Довжина l, мм	l_0 , мм	h_c , мм	Φ_n
	До проходу H	Після проходу h					
1	250,0	221,0	29,0	1752	118,0	235,5	0,501
2	221,0	194,2	26,8	1995	113,4	207,6	0,546
3	194,2	170,5	23,7	2272	108,7	182,4	0,585
4	170,5	146,0	24,5	2653	108,4	158,3	0,685

Довжина розкату після кантовки стане його шириною і спричинить значну бокову обрізь, а інтенсивний обтиск в останньому проході при $\Phi_n=0,685$ може бути причиною появи тріщин після обрізки кромки.

За технологією, що пропонується, ступінь розбивання можна знизити і відповідно

зменшиться бокова обрізь. В цьому випадку обтиск у перших 1-2 проходах обмежується допустимою силою прокатки, а в подальших проходах умовами мінімального значення фактору форми Φ_n .

Розбивання ширини для отримання листів шириною 2438мм із слябів шириною 1550мм робили за 4 та 6 проходів (табл. 4).

Таблиця 4

Режими обтиску при прокатуванні листа розмірами
20х2438х19000мм із слябу 250х1550х2850мм (сталь А-36, плавка 216088)

№ проходу	Товщина, мм		Обтиск Δh , мм	Довжина l , мм	l_{δ} , мм	h_c , мм	Φ_h
	До проходу H	Після проходу h					
	Розбивка ширини за 4 проходи						
1	250,0	220,0	30,0	1761	120,0	235,0	0,510
2	220,0	189,4	30,6	2045	121,2	204,7	0,592
3	189,4	164,7	24,7	2353	109,0	177,1	0,597
4	164,7	149,2	15,5	2596	88,3	157,0	0,550
	Розбивка ширини за 6 проходів						
1	250,0	224,0	1 26,0	1741	112,0	237,0	0,473
2	224,0	203,0	21,0	1932	100,4	213,5	0,470
3	203,0	187,0	15,7	2098	86,8	195,1	0,445
4	187,0	173,0	14,3	2268	82,8	179,9	0,461
5	173,0	161,0	12,0	2437	76,0	167,0	0,455
6	161,0	151,0	10,0	2598	69,3	156,0	0,444

Із слябів плавки 216088 сталі А-36 отримали якісні листи при обох варіантах розбивки ширини, при цьому припуски на обрізку кромки були знижені на 55-57мм, або більш ніж на 2%

Розбивка за 4 проходи рекомендується для вуглецевих сталей, тоді як розбивку за 6 проходів бажано проводити для низьколегованих сталей

Максимальне значення $\Phi_n=0,62$ відповідає випадку прокатки листів шириною 2500мм з розбивкою ширини за 4 проходи, з раціональним розподілом обтисків. В цьому випадку одержали бездефектні листи

При прокатуванні листів шириною 2600мм з розбивкою за 4 проходи остання проходить при $\Phi_n=0,67$. В цьому випадку на деяких листах виникали тріщини. Тому розбивку тут необхідно робити за 6 проходів при $\Phi_n<0,52$

Нижня межа $\Phi_n=0,35$ відповідає випадку

прокатки листів $b=1500$ мм із слябів шириною 1550мм. В цьому випадку необхідно розбити сляб до ширини $b_p=1650$ мм, а для цього необхідно обтиснути його до товщини в кінці розбивки

$$h_p = \frac{H \cdot B}{b_p} = \frac{250 \cdot 1550}{1650} = 234,8 \text{ мм}$$

Обтиск при розбиванні ширини буде $\Delta h_p = H - h_p = 250 - 234,8 = 15,2$ мм, який можливо здійснити за один прохід. В цьому випадку

$$l_{\delta} = \sqrt{R \Delta h} = \sqrt{480 \times 15,2} = 85,4 \text{ мм}, \quad h_c = 242,4 \text{ мм}, \quad \Phi_n = 0,352$$

Наведені приклади підтверджують, що обтиск під час розбивання ширини необхідно призначати з урахуванням мінімізації фактору форми Φ_n межах 0,35-0,62

П.К.		Э.К.	О.К.
	1.1		
	1.2		
	1.3		
	2.1		
	2.2		
	2.3		
	3.1		
	3.2		
	3.3		
	4.1		
	4.2		
	4.3 Фиг 1		



