



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 88119

(13) C2

(51) МПК (2009)

C21D 5/00

C21D 9/38

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЧАВУННИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ

1

(21) а200813009

(22) 10.11.2008

(24) 10.09.2009

(46) 10.09.2009, Бюл.№ 17, 2009 р.

(72) ХРИЧИКОВ ВАЛЕРІЙ ЄВГЕНОВИЧ, ІВАНОВА  
ЛЮДМИЛА ХАРИТОНІВНА, КОЛОТИЛО ЄВГЕН  
ВІКТОРОВИЧ, ІВОНІН ІЛЛЯ ВАЛЕРІЙОВИЧ(73) НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ  
УКРАЇНИ

(56) SU, 1770405, A1, 23.10.1992

SU, 1786441, A1, 07.01.1993

JP, 5704319, A, 08.03.1982

JP, 55028338, A, 28.02.1980

JP, 57002834, A, 08.01.1982

JP, 56062924, A, 29.05.1981

(57) Спосіб термічного оброблення чавунних про-  
катних валків, що включає нагрівання робочого

2

шару валка до температури, що перевищує тем-  
пературу точки  $A_{c3}$ , багаторазове проміжне охоло-  
дження на повітрі до температури, нижчої за тем-  
пературу точки  $A_{r1}^k$ , розігрівання робочого шару до  
температури, вищої за точку  $A_{c1}^H$ , витримку на  
повітрі та остаточне охолодження, який **відрізня-**  
**ється** тим, що нагрівання здійснюють до темпера-  
тури вище точки  $A_{c3}$  на 120-130 °C зі швидкістю  
 $V=12(7-5D)$  град/год., проміжне охолодження, яке  
виконують примусово, та розігрівання робочого  
шару за рахунок свого тепла проводять кількістю  
 $N=5(D+0,1)$  разів, а витримку на повітрі - протягом  
часу  $t=4(21D+1)$  хв., де  $D$  - діаметр валка, м, після  
чого проводять остаточне охолодження з піччю зі  
швидкістю  $V=20-30$  град/год.

Винахід відноситься до чорної металургії, зок-  
рема до термічного оброблення спеціальних ви-  
робів, а більш конкретно - до термічного оброб-  
лення чавунних прокатних валків.

Відомий спосіб термічного оброблення чавун-  
них виливків, що включає нагрівання до темпера-  
тури, яка перевищує точку перетворення  $A_{c3}$ , ви-  
тримку, охолодження, багаторазове нагрівання до  
температури, що перевищує точку  $A_{c1}$  на 30...50°C,  
з проміжним охолодженням до температури нижче  
точки  $A_{r1}$  на 30...50°C, нагрівання до температури  
нижче точки солідус на 5... 15°C, охолодження на  
повітрі до 720...700°C, далі до 400...350°C зі швид-  
кістю 20...30 град/год, нагрівання до 900...950°C та  
остаточне прискорене охолодження на повітрі [А.с.  
№954448 СРСР МКИ C21D5/00, опубл.30.08.82].

Цей спосіб забезпечує одержання високих мі-  
цностних та пластичних властивостей чавунів, але  
твердість поверхневого шару термооброблених  
виливків не перевищує 263 НВ, а також прискоре-  
не охолодження може визвати руйнування валків, і  
тому його не можна застосовувати при виробницт-  
ві прокатних валків.

Найбільш близьким за технічною сутністю та  
досягаемому результату до пропонованого спосо-  
бу термічного оброблення є спосіб термічного об-  
роблення виливків із високоміцного чавуну, що

включає нагрівання вилівка до температури вище  
за точку  $A_{c3}$  на 50-100°C, витримку, багаторазове  
нагрівання до температури вище за точку  $A_{c1}$  на  
30-50°C з проміжним охолодженням на повітрі до  
температури нижче температури точки  $A_{r1}$  та оста-  
точне прискорене охолодження [А.с. №493513  
СРСР МКИ C21D5/02, опубл.30.11.75].

Цей спосіб забезпечує підвищення міцності,  
в'язкості та пластичності виливків з високоміцного  
чавуну, але такий показник як твердість поверхні  
вилівка був низький для таких виливків як прокат-  
ні валки.

В основу винаходу поставлена задача підви-  
щити фізико-механічні та спеціальні властивості  
глибинних шарів робочого шару прокатного валка  
в процесі його експлуатації. Відомо, що в процесі  
експлуатації прокатного валка зношується його  
робочий шар, а зони, які віддалені від поверхні,  
мають значно менші характеристики спеціальних  
властивостей, наприклад, твердість - 62, 56 і 50  
HSD, зносостійкість - 0,032, 0,040 і 0,045г, термо-  
стійкість - 0,18, 0,21 і 0,24см<sup>-1</sup>, відповідно на гли-  
бинах від поверхні бочки 5-7, 15-17 та 25-27мм.

Технічний результат досягається тим, що тер-  
мічне оброблення прокатних валків за пропонова-  
ним способом дозволяє по мірі зносу найбільш  
зносотермостійкого шару, наприклад, при перето-

(13) C2

(11) 88119

(19) UA

чуванні валка, багаторазово підвищувати основні властивості - твердість та міцність у більш глибоких шарів робочого шару, тим самим збільшуючи загальний термін служби прокатного валка.

Зазначена задача вирішується розробкою способу термічного оброблення чавунних прокатних валків, що включає нагрівання робочого шару валка до температури, що перевищує температуру точки  $A_{c3}$ , багаторазове проміжне охолодження на повітрі до температури нижче за температуру точки  $A_{c1}^K$ , розігрівання робочого шару до температури вище за точку  $A_{c1}^H$ , витримку та остаточне охолодження, який відрізняється тим, що нагрівання здійснюють до температури вище точки  $A_{c3}$  на 120... 130°C зі швидкістю  $V=12(7-5D)$ град/год, проміжне примусове охолодження та розігрівання робочого шару за рахунок свого тепла проводять кількістю  $N=5(D+0,1)$  разів, а витримку на повітрі протягом  $\tau=4(21D+1)$ хв, де  $D$  - діаметр валка в м, після чого проводять остаточне охолодження з пічкою зі швидкістю  $V=20...30$  град/год.

За наявними у авторів відомостями сукупність ознак, що заявляються та характеризують сутність способу термічного оброблення є раніше невідомими. Таким чином, запропонований винахід відповідає критерію «новизна».

Режим термічного оброблення обґрунтовується наступним.

Нагрівання валка здійснюється зі швидкістю, що забезпечує розігрівання робочого шару до температури, яка перевищує температуру точки  $A_{c3}$  на 120... 130°C (параметр  $V$ ), за цього забезпечується розігрівання центральної частини валка до температури 540...560°C. Така температура була встановлена як оптимальна для зменшення залишкових напружень для валкових високоміцних чавунів. При встановленні цього був проведений активний експеримент із застосуванням плану за типом латинського квадрату. За критерії, що характеризували систему, були обрані характеристики твердості, границі міцності при вигині, ударної в'язкості, термо- та зносостійкості. Температура 540...560°C забезпечувала зменшення напружень на 70...80% при підвищенні ударної в'язкості на 12, границі міцності при вигині на 8...15, термозносостійкості на 15...20%. Підвищення температури нагрівання вище за 560°C приводило до значного зменшення твердості та зносостійкості, а зменшення її нижче за 540°C не дозволяло зменшити рівень залишкових напружень більше ніж на 30...45%. Нагрівання робочого шару зі швидкістю  $V$  забезпечує необхідну температуру по всій глибині робочого шару (25-35мм). При нагріванні до температур, що перевищують точку  $A_{c3}$  менше за 120°C не досягається необхідна глибина прогрівання робочого шару та необхідна температура у серцевині валка, перегрівання ж до температур, що перевищують точку  $A_{c3}$  більше ніж на 130°C викликає нераціональну витрату енергії.

Охолодження та розігрівання робочого шару до температур на 20...30°C нижче та вище точок  $A_{c1}^H$  та  $A_{c1}^K$ , відповідно, робили для того, щоб евтектоїдне перетворення пройшло по всій глибині робочого шару (25...35мм). Розширення цього інтервалу температур викликає або необґрунтовану

витрату енергії, або евтектоїдне перетворення проходить не на всю глибину робочого шару. Встановлено, що примусове охолодження необхідно вести зі швидкостями у границях 20...30°C/хв. Зменшення швидкості охолодження менше за 20°C/хв. не забезпечує досягнення необхідного рівня твердості, а збільшення понад 30°C/хв. викликає тріщиноутворення.

Після останнього циклу примусового охолодження здійснюється витримка на повітрі до температури робочого шару 540-560°C та охолодження з пічкою. Таким чином при завантаженні валка у піч, яка розігріта до температури 540...560°C, по перерізу валка практично відсутній перепад температур, що й є основою для утворення залишкових напружень. Охолодження зі швидкістю  $V=20...30$ град/год забезпечує мінімальний рівень залишкових напружень та надійну роботу валка.

Суть винаходу, що заявляється, не визначена у явному вигляді з відомого авторам рівня техніки. Сукупність ознак, які характеризують відомі рішення, не забезпечують досягнення нових властивостей, і тільки наявність перерахованих відмінних ознак дозволяє одержати новий технічний результат. Таким чином, винахід, що заявляється відповідає критерію «винахідницький рівень».

Приклади здійснення способу.

В умовах кафедри ливарного виробництва Національної металургійної академії, ВАТ «Дніпропетровський завод прокатних валків», а також на ВАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім.Петровського» провели серії експериментів по дослідженню впливу режимів термічного оброблення за способом прототипу і пропонованому. Були відлиті партії валків з діаметром бочок 0,31, 0,45 та 0,73м. Для лиття використовували чавуни такого складу, мас. %:

вуглець	3,12-3,20,
кремній	1,4-1,6,
марганець	0,54-0,63,
фосфор	0,11-0,18,
сірка	до 0,01,
хром	0,31-0,41,
нікель	1,1-1,3,
РЗМ	0,21-0,30,
залізо	решта

При відпрацюванні пропонованого режиму у валках різних розмірів були зроблені отвори по радіусах бочок на різні глибини до центральної частини та зачековані ХА-датчики температури. Підготовлені таким чином валки підлягали нагріванню з різними швидкостями та експериментальним шляхом встановили оптимальний діапазон швидкостей нагрівання, що забезпечував одночасне нагрівання робочого шару валків до температури  $A_{c3}+120... 130^\circ\text{C}$  та серцевини до 540... 560°C. Одержані дані підпадали під такий вираз  $V=12(7-5D)$ град/год, де  $D$  - діаметр валка в м. На цих же натурних зразках встановили кількість циклів «примусове охолодження-розігрівання за рахунок свого тепла» та тривалість витримки на повітрі для валків різних діаметрів, а також необхідні кількості циклів  $N=5(D+0,1)$  разів та тривалість витримки  $\tau=4(21D+1)$ хв, де  $D$  - діаметр валка в мм. Результати експериментів наведені у табл.1.

Таблиця 1

Діаметр валка, м	Швидкість нагрівання, град/год	Температура, °C		Кількість циклів, разів	Тривалість видержки на повітрі, хв
		Робочий шар	Центральна зона валка		
0,73	40	900	555	4	65
0,45	55	910	550	3	45
0,31	65	910	550	2	30

При експлуатації валків переносним твердоміром здійснювали заміри твердості після відповідних кількостей прокату металу. Дослідні валки після цього підлягали термічному обробленню за пропонуваним режимом. З двох пар валків, виготовлених за способом прототипу та за пропонуванним способом, після зносу 15 та 25мм робочого шару вирізали зразки для дослідження структури

та властивостей. Результати досліджень наведені у табл.2.

Порівняння одержаних результатів показало, що пропонуваний спосіб термічного оброблення прокатних валків дозволяє подовжити термін служби прокатних валків за рахунок збільшення твердості на глибині 15 та 25мм відповідно з 56 та 50 HSD до 61 та 59 HSD (на 9... 18%), зносостійкості - 3

Таблиця 2

## Результати випробовування прокатних валків

Тип валка	Час випробувань та стан валка перед випробуванням	Кількість структурних складових, %				Властивості валкових чавунів						Примітки
		Гра- фіт	Це- мен- тит	Пер- літ	Фе- рит	Межа міцності $\sigma_{\text{виг}}$ , МПа	Межа міцності $\sigma_{\text{роз}}$ , МПа	Зносо- стій- кість, г	Термо- стій- кість, см <sup>-1</sup>	Твер- дість HSD	Рівень залишко- вих напру- жень, %*	
ЛПШ-57 Термооб- роблений за прото- типом	Перед експлуатацією, після термічного оброб- лення за прототипом	0,5	36,5	61,5	1,5	615	495	0,032	0,18	62	24	
	Після 15 мм зносу робочого шару	2,5	28,0	62,0	7,5	610	470	0,040	0,21	56	57	Перліт балу ПД0,5
ЛПШ-57 Термооб- роблений за прото- типом	Перед експлуатацією, після термічного оброб- лення за прототипом	0,5	36,0	62,0	1,5	620	495	0,034	0,17	63	22	
	Після 25 мм зносу робочого шару	4,5	24,0	62,5	9,0	610	480	0,045	0,24	50	64	Перліт балу ПД1,0-ПД1,4
ЛПШ-57 Термооб- роблений за прото- типом та за пропо- нованим режимом	Перед експлуатацією, після термічного оброб- лення за прототипом	0,5	36,5	62,0	1,0	620	490	0,033	0,18	63	24	
	Після 15 мм зносу робо- чого шару та після тер- мічного оброблення за пропонуванним режимом	2,0	30,0	66,5	1,5	620	485	0,034	0,19	61	21	Перліт сорбіто- подібний
	Після 25 мм зносу та після термічного оброб- лення за пропонуванним режимом після зносу 15 і 25 мм робочого шару	2,5	26,0	69,5	2,0	625	490	0,036	0,20	59	22	Перліт сорбіто- подібний. Валок прокатав на 33% більше прокату, ніж валок за прототипом

\* Рівень залишкових напружень показано у порівнянні з литим нетермообробленим валком.

0,040 та 0,045г до 0,034 та 0,036г (на 15...20%) та термостійкості - з 0,21 та 0,24см<sup>-1</sup> до 0,19 та 0,20см<sup>-1</sup> (на 7...9%) при високому рівні міцності глибинних шарів робочого шару, а також періодичного зменшення рівня залишкових напружень, що виникають під час експлуатації валків.

Винахід, що заявляється, засновано на теоретичних та півпромислових розробках, підтверджених експериментальними даними та може бути багаторазово відтворений у виробництві. Таким чином, винахід, що заявляється, відповідає критерію «промислова-придатність».