



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 115114

(13) C2

(51) МПК

C21D 9/34 (2006.01)

C21D 1/78 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

- (21) Номер заявки: **а 2016 10469**  
(22) Дата подання заявки: **17.10.2016**  
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: **11.09.2017**  
(41) Публікація відомостей про заявку: **27.02.2017, Бюл.№ 4**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **11.09.2017, Бюл.№ 17**

(72) Винахідник(и):  
**Бабаченко Олександр Іванович (UA),  
Книш Андрій Володимирович (UA),  
Кононенко Ганна Андріївна (UA),  
Дьоміна Катерина Геннадіївна (UA),  
Кузьмичов Вячеслав Михайлович (UA),  
Хулін Артем Миколайович (UA)**

(73) Власник(и):  
**ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК  
УКРАЇНИ,**  
пл. Академіка Стародубова, 1, м. Дніпро,  
49050 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:  
RU 2353672 C1, 27.04.2009  
UA 94362 C2, 26.04.2011  
SU 1636461 A1, 23.03.1991  
RU 2124056 C1, 27.12.1998  
RU 2451093 C2, 20.05.2012  
CN 103741021 A, 23.04.2014  
CN 102230069 A, 02.11.2011  
CN 101314833 A, 03.12.2008

**(54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОГО ЗМІЦНЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до чорної металургії. Спосіб термічного зміцнення залізничних коліс включає нагрівання коліс до температури 830-835 °С протягом 2,0-2,5 год., витримку при цій температурі, диференційне охолодження коліс на гартувальній машині впродовж 165-175 с, в перші 12-18 с витрату води змінюють від 0 до 60-65 м<sup>3</sup>/год., а решту часу витрату залишають постійною на рівні 60-65 м<sup>3</sup>/год., при цьому температура води складає 25-29 °С, підстужування протягом 30-40 хв., та відпуск, який здійснюють при температурі 500-510 °С протягом 2 год. 30 хв. – 2 год. 50 хв. Технічний результат: твердість на поверхні 341-415 НВ, межа міцності > 1082 Н/мм<sup>2</sup>, межа плинності > 758 Н/мм<sup>2</sup>, відносне подовження >14 % та відносне звуження > 15 %.

UA 115114 C2



Винахід належить до галузі чорної металургії, може бути використаним для термічної обробки залізничних коліс, виготовлених із високовуглецевої легованої сталі.

Відомий спосіб термічної обробки суцільнокатаних залізничних коліс із вуглецевої мікролегованої сталі ( $C=0,65-0,67$  мас. %,  $Mn=0,75-0,81$  мас. %,  $V=0,08-0,11$  мас. %): колеса нагрівають до температури аустенізації  $900-910^{\circ}\text{C}$ , виконують спреїєрне охолодження ободу коліс водою з температурою  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , питомою витратою води  $70-85\text{ м}^3/\text{год.}$  протягом  $180-220\text{ с.}$ , здійснюють підстужування коліс в стопах до досягнення середньомасової температури коліс у стопі  $450-500^{\circ}\text{C}$ , а відпуск здійснюють при середньомасовій температурі  $460-500^{\circ}\text{C}$  (Патент України № 91788, МПК C21D9/34, опубл. 25.08.10)

Недоліком способу є те, що в результаті нагрівання коліс до температури аустенізації  $900-910^{\circ}\text{C}$  і прискореного охолодження їх з постійною витратою води  $70-85\text{ м}^3/\text{год.}$  протягом  $180-220\text{ с.}$  реалізуються швидкості охолодження металу більші  $5^{\circ}\text{C/с.}$ , які для високовуглецевих легованих сталей не гарантують отримання перлітної структури в ободі залізничних коліс. Замість перліту формується дуже твердий і крихкий мартенсит. В результаті чого метал колеса одержує низьку пластичність і в'язкість.

Для запобігання формування голчастих структур в ободі колеса і забезпечення розпаду аустеніту при термічному зміцненні в перлітній області для високовуглецевих легованих сталей необхідно використовувати інші швидкості охолодження.

Найбільш близьким до винаходу по технічній суті та ефекту, що досягається, є спосіб термічного зміцнення залізничних коліс (патент РФ №2353672, МПК C21D 9/34, опубл. 27.04.2009) який включає нагрів коліс до температури аустенізації, витримку при цій температурі, диференційне охолодження коліс протягом  $50-100\text{ с.}$ , з подачею води на поверхню кочення і бічні поверхні ободу коліс, та їх відпуск.

Недоліком цього способу є те, що повільне наростання інтенсивності охолодження ( $50-100\text{ с.}$ ) призводить до того, що аустеніт розпадається при температурах порядку  $650-700^{\circ}\text{C.}$  при цьому перлітно-феритна структура формується з низькою дисперсністю. Така структура не забезпечує необхідний рівень міцнісних властивостей металу колеса (межа міцності, твердість).

Завдання способу термічного зміцнення залізничних коліс, виготовлених з високовуглецевої легованої сталі - забезпечити гарантоване отримання в ободі коліс високодисперсної перлітної структури сталі і наступного комплексу механічних властивостей: твердість на поверхні  $341-415\text{ HB}$ , межа міцності  $>1082\text{ Н/мм}$ , межа плинності  $>758\text{ Н/мм}$ , відносне подовження  $>14\%$ , відносне звуження  $>15\%$ .

Завдання вирішується шляхом формування структури дрібнодисперсного пластинчатого перліту через використання нового режиму диференційного охолодження.

Зниження температури розпаду аустеніту можна забезпечити більш інтенсивним наростанням швидкості охолодження ( $10-20\text{ с.}$ ). В цьому випадку аустеніт розпадається при температурах  $550-600^{\circ}\text{C}$ . При цьому формується перлітно-феритна структура високої дисперсності, яка і забезпечує колісній сталі необхідний рівень міцнісних властивостей.

У разі подальшого збільшення наростання інтенсивності охолодження аустеніт розпадається по бездифузійному або зсувно-дифузійному механізмам. Створювані при цьому мартенситні або бейнітні структури в транспортному металі не припустимі.

Спосіб термічного зміцнення залізничних коліс включає нагрівання коліс до температури аустенізації, витримку при цій температурі, диференційне охолодження коліс з подачею води на поверхню кочення і бічні поверхні обода коліс, та їх відпуск. Згідно з винаходом, колеса нагрівають до температури  $830-835^{\circ}\text{C}$  протягом  $2,0-2,5$  годин, диференційне охолодження коліс виконують на гартувальній машині впродовж  $165-175\text{ с.}$ , в перші  $12-18\text{ с.}$  витрату води змінюють від  $0$  до  $65\text{ м}^3/\text{год.}$ , а решту часу витрату залишають постійною на рівні  $60-65\text{ м}^3/\text{год.}$ , при цьому температура води складає  $25-29^{\circ}\text{C}$ , додатково виконують підстужування протягом  $30-40\text{ хв.}$ , а відпуск здійснюють при температурі  $500-510^{\circ}\text{C}$  протягом  $2\text{ год. } 30\text{ хв.}-2\text{ год. } 50\text{ хв.}$

Диференційне охолодження колеса полягає в тому, що умови прискореного охолодження змінюються під час термічної обробки. У нашому випадку під час першої частини охолодження кількість охолоджуючої рідини, яка подається на поверхню колеса, плавно збільшується від  $0$  до номіналу. Під час другої частини охолодження кількість охолоджуючої рідини, що подається, залишається постійною на номінальному рівні. Це забезпечує плавне зростання швидкості охолодження металу.

Як відомо, температура металу після прискореного охолодження від температур аустенізації повинна бути рівною або трохи нижчою температури відпуску виробів. Власними дослідженнями авторів було встановлено, що тривалості охолодження коліс  $165-175\text{ с.}$  на вертикальній гартівній машині достатньо, щоб метал коліс охолоджувався до температур  $430-$

450 °C і мав температуру трохи нижче температури відпуску коліс (500-510 °C). Тому в даному винаході використовується тривалість гартування 165-175 с.

Нагрівання коліс до температури аустенітизації 830-835 °C та витримка при цій температурі протягом 2,0-2,5 годин забезпечує максимальну гомогенізацію аустенітного стану в металі по всьому перерізу колеса, в той же час не приводить до зростання аустенітного зерна.

Охолодження коліс від температури 830-835 °C виконували на вертикальній гартувальній машині впродовж 165-175 с (протягом перших 12-18 с. витрату охолоджувача змінювали від 0 до 60-65 м<sup>3</sup>/год., решту часу витрату залишали постійною на рівні 60-65 м<sup>3</sup>/год.), з температурою охолоджуючої води 25-29 °C.

В результаті забезпечено розпад аустеніту колісного металу в області перлітного перетворення з формуванням структури дрібнодисперсного пластинчатого перліту, що, разом з дрібним аустенітним зерном, забезпечить не тільки підвищення міцності та твердості, а також збереження необхідного рівня показників пластичності та в'язкості сталі.

Тривалість диференційного охолодження 12-18 с забезпечує формування необхідного структурного стану (тонко дисперсного перліту) високовуглецевої легованої колісної сталі і була встановлена експериментальним шляхом. При тривалості диференційного охолодження менше 12-18 с в структурі металу формуються дуже тверді ділянки мартенситу, що знижують пластичність і в'язкість сталі. При тривалості диференційного охолодження більше 12-18 с формується перлітна структура низької дисперсності, що обумовлює низьку твердість коліс (300-310 HB).

Тривалість охолодження (165-175 с) при прискореному охолодженні коліс на вертикальній гартувальній машині, встановлена емпіричним шляхом з урахуванням того, що при зниженні тривалості охолодження нижче вказаної мінімальної межі не забезпечується одержання необхідної твердості металу на поверхні кочення на рівні 341-415 HB, так як в металі коліс формується перлітна структура недостатньої дисперсності. Перевищення даних параметрів приводить до збільшення тривалості наступного відпуску, так як колеса значно переохолоджуються і для їх нагріву у відпусних колодязях до температури відпуску потрібний додатковий час і енергоресурси. Усе це негативно позначається на собівартості продукції.

Поступове збільшення витрати води від 0 до 60-65 м<sup>3</sup>/год. під час перших 12-18 с гартування забезпечує розпад аустеніту сталі в перлітній області (швидкість охолодження ~2-4 °C/с) і дозволяє уникнути формування в ній голчастих структур (бейніту, мартенситу), що знижують пластичні властивості металу і безпечність експлуатації коліс.

Прискорене охолодження суцільнокатаних коліс на вертикальній гартувальній машині з подачею охолоджуючої рідини на поверхню кочення та бокові грані забезпечує близькі значення швидкостей охолодження поверхневих та внутрішніх шарів ободу колеса і забезпечує одержання високої однорідності структури.

Після охолодження колеса підстужують на спокійному повітрі протягом 30-40 хв., збирають у стопи по 5 штук, і проводять відпуск при температурі 500±10 °C, на протязі 2 год. 30 хв. - 2 год. 50 хв. Після відпуску стопи коліс охолоджують на спокійному повітрі.

Здійснення відпуску виробів в таких умовах забезпечує максимальне зниження рівня залишкових напружень і при цьому не приводить до зміни морфології перліту в структурі сталі.

В результаті використання винаходу суцільнокатані колеса одночасно мають високу твердість поверхні ободу колеса (341-415 HB), що забезпечує високу його зносостійкість, і достатню пластичність і в'язкість поверхневих шарів металу ( $\delta \geq 14,0\%$ ,  $\psi \geq 15\%$ ), що забезпечує високу надійність і довговічність виробу.

Реалізація запропонованого способу термічного зміцнення залізничних коліс була здійснена в умовах колесопрокатного цеху ПАТ "ІНТЕРПАЙП НТЗ" Дніпропетровськ.

Суцільнокатані залізничні колеса плавки № 13880 (C = 0,70 мас. %, Mn=0,73 мас. %, Si=0,29 мас. %, V=0,084 мас. %, P = 0,010 мас. %, S=0,007 мас. %, Mo = 0,178 мас. %, Cr=0,23 мас. %) нагрівали в кільцевій печі до температури 830-835 °C. Тривалість нагрівання та витримка при вказаній температурі складала 2 год. 15 хв.

Далі колесо подавали на вертикальну гартувальну машину, починали обертати ролики і подавали воду. Охолодження коліс від температури 835 °C на вертикальній гартувальній машині проводили:

колесо № 1 - впродовж 170 с. (протягом перших 15 с. витрата охолоджувача змінювалась від 0 до 65 м<sup>3</sup>/год., решту часу витрата залишалась постійною на рівні 65 м<sup>3</sup>/год.) - згідно запропонованого способу;

колесо № 2 - протягом 180 с з постійною витратою води 60 м<sup>3</sup>/год.

колесо № 3 - без охолодження водою (нормалізація).

Після закінчення охолодження колеса збирали в стопи та проводили підстужування їх протягом 35 хв. Далі стопи коліс передавали на відпуск, який здійснювався в електроколовозах при температурі 500 °С протягом 2 год. 40 хв.

- 5 Після закінчення процесу термічного зміцнення готові колеса були піддані випробуванням с метою оцінки рівня механічних властивостей металу. Результати експериментальних досліджень приведені в таблиці.

Таблиця

Механічні властивості дослідних коліс після диференційного охолодження (колесо № 1) та порівняльних коліс: після охолодження з постійною витратою води (колесо № 2), після нормалізації (колесо № 3)

№ Колеса	$\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Твердість на поверхні, НВ
1	871,1	1098,4	15,2	49,0	378
2	968,6	1167,3	12,4	44,0	422
3	532,3	963,3	14,6	38,0	279

- 10 Як свідчать результати, приведені в таблиці 1, запропонований спосіб термічного зміцнення залізничних коліс у порівнянні з іншими забезпечує підвищення рівня твердості та границь міцності, плинності (в порівнянні з нормалізацією) та підвищення відносного подовження, звуження (в порівнянні з охолодженням з постійною витратою води).

- 15 Спосіб термічного зміцнення залізничних коліс, що заявляється, дозволяє отримувати однорідну перлітну структуру в поверхневих та центральних шарах ободу колеса із високовуглецевої легованої сталі, необхідний комплекс механічних властивостей (твердість на поверхні 378 НВ, межа міцності 1098,4 Н/мм<sup>2</sup>, межа плинності 871,1 Н/мм<sup>2</sup>, відносне подовження 15,2 %, відносне звуження 49,0 %).

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 20 Спосіб термічного зміцнення залізничних коліс, який включає нагрівання коліс до температури аустенітизації, витримку при цій температурі, диференційне охолодження коліс з подачею води на поверхню кочення і бокові грані коліс та відпуск, який **відрізняється** тим, що колеса нагрівають до температури 830-835 °С протягом 2,0-2,5 год., диференційне охолодження коліс виконують на гартувальній машині впродовж 165-175 с, в перші 12-18 с витрату води змінюють від 0 до 60-65 м<sup>3</sup>/год., а решту часу витрату залишають постійною на рівні 60-65 м<sup>3</sup>/год., при цьому температура води складає 25-29 °С, додатково виконують підстужування протягом 30-40 хв., а відпуск здійснюють при температурі 500-510 °С протягом 2 год. 30 хв. – 2 год. 50 хв.

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601