



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **130908** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)
C21D 1/20 (2006.01)
C21D 1/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2024 05584	(72) Винахідник(и): Бриков Михайло Миколайович (UA), Гіржон Василь Васильович (UA), Климов Олександр Володимирович (UA), Капустян Олексій Євгенович (UA), Єфременко Олексій Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.11.2024	(73) Володілець (володільці): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА", вул. Університетська, 64, м. Запоріжжя, 69011 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 11.06.2026	(74) Представник: ВИСОЦЬКА НАТАЛЯ ІВАНІВНА
(41) Публікація відомостей про заявку: 04.06.2025, Бюл.№ 23	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 121697 C2, 10.07.2020 UA 120091 U, 10.05.2017 UA 87468 U, 10.2.2014 UA 115239 U, 10.04.2017 SU 1232147 A3, 15.05.1986 RU 2564196 C2, 27.09.2015 CN 106282494 A, 04.01.2017 CN 107513602 A, 26.12.2017
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 10.06.2026, Бюл.№ 23	

(54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НИЗЬКОЛЕГОВАНОЇ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

(57) Реферат:

Винахід належить до металургійного виробництва чорних металів, зокрема до термообробки низьколегованої високовуглецевої сталі. Спосіб включає аустенізацію, гартувальне охолодження до температури ізотермічної витримки, ізотермічну витримку та остаточне охолодження, при цьому гартувальне охолодження проводять до температури 250 °С, при якій витримують 0,75-1,25 години. Технічний результат: підвищення показників міцності зі збереженням пластичності.

UA 130908 C2

Винахід належить до металургійного виробництва чорних металів, зокрема стосується термообробки високовуглецевої низьколегованої сталі, а саме - обробки, що спрямована на підвищення міцності цієї сталі.

Відомий спосіб термічної обробки сталі, що включає термоциклювання, гартування і відпуск. Термоциклювання проводять триразовим нагрівом сталі відповідно до температур 250, 450, 650 °C з охолодженням у воді після кожного циклу, а в подальшому здійснюють нагрів до температури вище точки Ас3 на 30-50 °C з наступним охолодженням на повітрі, а потім виконують гартування з нагрівом до температури вище точки Ас3 на 30-50 °C і відпуск при температурі 440 °C. [1]

Недоліком відомого аналога є триразове термоциклювання з подальшими нормалізацією і гартуванням, причому кількість нагрівань дорівнює п'яти, що ускладнює та підвищує вартість технологічного процесу. Водночас не дозволяє отримати необхідних показників міцності при збереженні показників пластичності.

Відомий також спосіб термічної обробки низьколегованої високовуглецевої сталі який включає аустенізацію, гартувальне охолодження до температури ізотермічної витримки, ізотермічну витримку та остаточне охолодження на повітрі, при цьому гартувальне охолодження проводять до температури, яка забезпечує отримання 50-70 % мартенситу, потім нагрівають до температури в інтервалі 200-300 °C, при якій витримують до завершення бейнітного перетворення. Застосування способу забезпечує отримання в сталі межі міцності не нижче 2000 МПа, відносного подовження 5-7 %, ударної в'язкості 59-65 Дж/см²[2].

Недоліком цього способу є те, що під час термічної обробки необхідно забезпечити два рівня температури: температуру, до якої проводять гартувальне охолодження, і температуру ізотермічної витримки, до якої потрібно провести нагрівання після гартувального охолодження. Це ускладнює технологічний процес та не забезпечує необхідних показників міцності.

В основу заявленого винаходу поставлена задача створення способу термообробки сталі, у якому за наявності нових ознак у сукупності за рахунок оптимізації часу витримки та умов охолодження забезпечується бейнітне перетворення та підвищується міцність зі збереженням пластичності та із забезпеченням економічності способу у цілому.

Вирішення поставленої технічної задачі досягається тим, що у заявленому способі термічної обробки низьколегованої високовуглецевої сталі, що включає аустенізацію, гартувальне охолодження до температури ізотермічної витримки, ізотермічну витримку та остаточне охолодження, саме гартувальне охолодження проводять до температури 250 °C, при якій витримують 0,75-1,25 години.

Технічним результатом заявленого винаходу є одночасне забезпечення отримання бейнітного перетворення з утворенням нанобейніту у структурі низьколегованої високовуглецевої сталі, що забезпечує підвищення показників міцності зі збереженням пластичності та економічності способу у цілому.

Перелічені ознаки запропонованого технічного рішення є суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, а їх сукупність забезпечує досягнення очікуваного технічного результату.

Причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками винаходу та очікуваним технічним результатом полягає у наступному.

Саме використання проведення гартувального охолодження до температури 250 °C та витримка при цій температурі 0,75-1,25 години дозволяє отримати завершення бейнітного перетворення і запобігти порушенню властивостей через надлишкову ізотермічну витримку. Саме ця структура дозволяє отримати підвищені показники міцності зі збереженням пластичності. Використання зазначеного способу термічної обробки дозволяє створити спосіб з підвищеною економічністю.

Приклад здійснення заявленого способу:

Як матеріал використали сталь 60C2A хімічного складу, мас. %: 0,60 C; 0,72 Mn; 1,73 Si; 0,03 Cr; 0,02 S; 0,03 Cr. Із круглого прокату діаметром 16 мм виготовили зразки для випробувань на розтяг із діаметром робочої частини 5 мм. Зразки аустенізували в електричній печі (нагрів до 880 °C, витримка 15 хвилин) після чого охолоджували у ванні рідкого припою, який попередньо було нагріто до температури 250 °C, і витримували впродовж різного часу для перебігу бейнітного перетворення. Після завершення витримки зразки охолоджували у воді. Час витримки наведено в табл. 1. Температуру першого охолодження і подальшої витримки вибирали на рівні температури початку мартенситного перетворення аустеніту зазначеного хімічного складу. Час витримки вибирали виходячи з необхідності завершення бейнітного перетворення, але до початку збільшення розміру структурних складових бейніту. Попередніми дослідженнями було встановлено, що орієнтовний час до завершення бейнітного перетворення складає 1 годину.

Результати випробувань зразків після термічної обробки наведено в таблиці.

Таблиця

Результати випробувань.

№	Тривалість витримки, год	σ_p , МПа	σ_v , МПа	Відносне подовження, %
1	1,0	2090	2198	9,0
2	1,5	1886	2163	11,0
3	2,0	1748	2115	16,9

З таблиці випливає, що якщо час витримки перевищує заявлений, відносне подовження підвищується, але границя плинності і границя міцності зменшуються. Оскільки границя плинності обумовлює максимальне навантаження, яке здатний витримувати конструкційний елемент, саме заявлений час витримки є оптимальним.

Із використанням заявленого способу досягається підвищення показників міцності зі збереженням задовільного показника відносного подовження.

В існуючих джерелах патентної та науково-технічної інформації не виявлено способу термічної обробки сталей, який має заявлену сукупність суттєвих ознак, тому представлене технічне рішення відповідає критерію "новизна".

Порівняльний аналіз вищевказаного технічного рішення з найбільш близьким аналогом показав, що реалізація сукупності суттєвих ознак, які характеризують запропонований винахід, призводить до появи якісно нових технічних властивостей, сукупність яких не була встановлена раніше з існуючого рівня техніки, що дозволяє зробити висновок про відповідність запропонованого технічного рішення критерію "винахідницький рівень".

Запропоноване технічне рішення є промислово придатним, оскільки не містить у своєму складі жодних конструктивних елементів чи матеріалів, які неможливо відтворити на сучасному етапі розвитку техніки в умовах промислового виробництва.

Джерела:

1. Пат. 76658 Україна, МПК C21D 1/78. Спосіб термічної обробки сталі / Котречко О. О., Опальчук А. С., Зазимко О. В., Лопатко К. Г. (Україна); заявник і патентовласник Національний аграрний університет. - № а200502913; заявл. 30.03.2005; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8. - 2 с. - Режим доступу: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/389410/>

2. Пат. 121697 Україна, МПК C21D1/22, C21D 1/18, C21D 1/20, C21D 1/78. Спосіб термічної обробки високовуглецевої сталі / Єфременко В. Г., Журнаджи В. І., Кусса Р. О., (Україна); заявник і патентовласник Приазовський державний технічний університет. - № а201806867; заявл. 18.06.2018; опубл. 10.07.20, Бюл. № 13. - 6 с. - Режим доступу: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1442590/>

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб термічної обробки низьколегованої високовуглецевої сталі, що включає аустенізацію, гартувальне охолодження до температури ізотермічної витримки, ізотермічну витримку та остаточне охолодження, який **відрізняється** тим, що гартувальне охолодження проводять до температури 250 °С, при якій витримують 0,75-1,25 години.