



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108280** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)

C21D 3/00
C21D 9/00
C21D 11/00
G01F 17/00
G01N 13/00
G01N 25/00
G01N 25/16 (2006.01)
G01B 5/02 (2006.01)
G01B 21/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2013 08273**
(22) Дата подання заявки: **01.07.2013**
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: **10.04.2015**
(41) Публікація відомостей про заявку: **10.01.2014, Бюл.№ 1**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.04.2015, Бюл.№ 7**

(72) Винахідник(и):
Міщенко Валерій Григорович (UA),
Панченко Олександр Іванович (UA),
Федосенко Дар'я Миколаївна (UA)
(73) Власник(и):
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ
ЗАКЛАД "ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ" МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І
НАУКИ УКРАЇНИ,
вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600 (UA)
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
SU 1 346 687 A1, 23.10.1987
UA 94 552 C2, 10.05.2011
RU 2 031 183 C1, 20.03.1995
RU 2 122 718 C1, 27.11.1998
EP 1 429 142 A1, 16.06.2004
JP 05-293673 A, 09.11.1993
US 3 589 167 A, 29.06.1971
US 4 351 615 A, 28.09.1982
Шмыков А.А., Малышев Б.В.
Контролируемые атмосферы при термической обработке стали. – М.: 1953. – С. 58-63
Дымова Л.Г., Севастьянов П.В., Седяко Д.Г., Стеблов А.В. Математическая модель взаимосвязанных процессов нагрева, окисления и обезуглероживания стальных слитков/Доклады Академии наук БССР.- Т. 34.- № 11.- 1990. – С. 1020-1022

(54) СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕВУГЛЕЦЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ЇХ ТЕРМІЧНОМУ ОБРОБЛЕННІ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі металургії, а саме - до способу контролю та регулювання процесу зневуглецювання деталей зі сталей або сплавів при їх термічному обробленні. Спосіб регулювання процесу зневуглецювання деталей включає одночасне оброблення деталей у

UA 108280 C2

нагрівальному апараті разом з закріпленими в диференціальному дилатометрі еталона і пустотілого зразка, які виготовлені з того ж матеріалу, що і деталі, еталон додатково має захисне покриття, вимірювання різниці лінійних розмірів еталона та зразка при знеуглецюванні, регулювання складу атмосфери в нагрівальному апараті безпосередньо в процесі обробки залежно від величини структурних змін у приповерхневих шарах зразка і деталі, причому вказане вимірювання різниці лінійних розмірів виконують за допомогою рівнотовщинних пустотілих еталона та зразка, герметично закріплених в диференціальному дилатометрі, визначення глибини знеуглецьованого шару деталі, розподілу концентрації вуглецю в цьому шарі здійснюють за зміною лінійних розмірів зразка з використанням градувальник графіків, а склад атмосфери в нагрівальному апараті регулюють залежно від ступеня знеуглецювання деталі. Винахід забезпечує підвищення точності визначення глибини знеуглецьованого шару деталі, визначення ступеня знеуглецювання цього шару, середньої концентрації вуглецю в ньому, регулювання процесу знеуглецювання деталі при термічному обробленні її та коригування концентрації вуглецю у приповерхневому шарі деталі шляхом зміни складу ендотермічної атмосфери в нагрівальному апараті, і, як наслідок, дотримання потрібних значень механічних характеристик деталі.

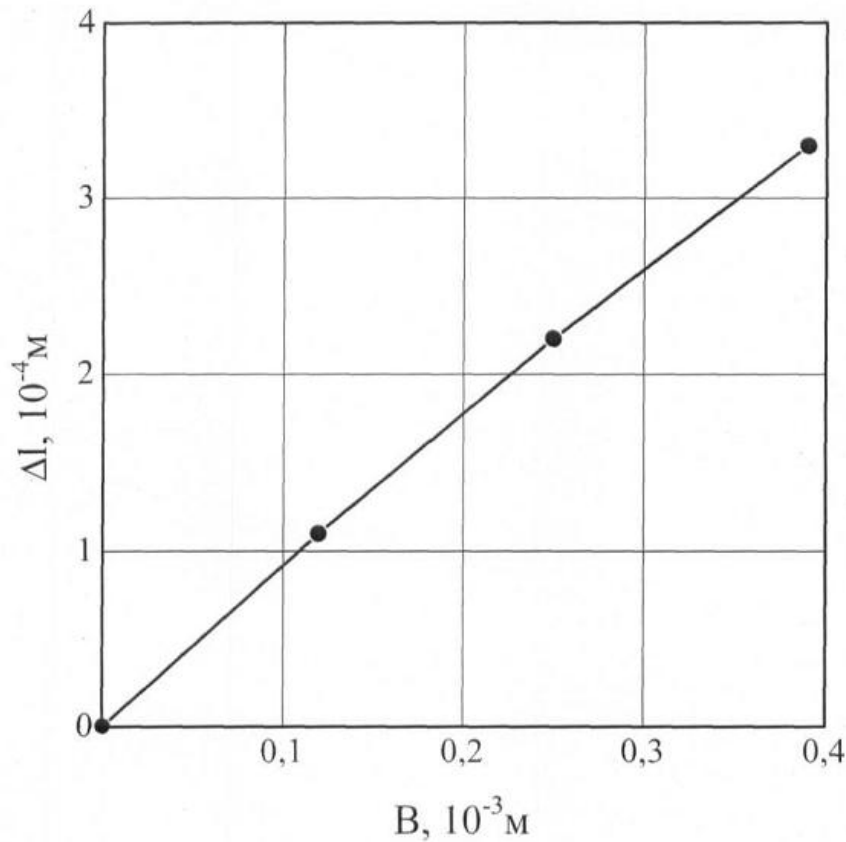


Fig. 1

Винахід належить до галузі металургії, а саме - до способів контролю та регулювання процесу знеуглецювання при термічному обробленні сталей та сплавів і може бути використаний для оцінки ступеня знеуглецювання деталей. Знеуглецювання призводить до зниження концентрації вуглецю в приповерхневих шарах, що негативно впливає на якість

металопродукції. Збіднення при поверхневих шарів сталей вуглецем знижує їх міцність, твердість, зносостійкість, границю пружності та границю втоми. Для отримання заданих механічних властивостей деталей необхідний надійний спосіб регулювання процесу знеуглецювання при термічному обробленні.

Відомий спосіб контролю процесу знеуглецювання (Шмыков А.А. Контролируемые атмосферы при термической обработке стали / А.А. Шмыков, Б.В. Малышев. - М: МАШГИЗ, 1953. - 372 с, С. 60-61), який полягає у вимірюванні твердості на скошеній поверхні зразка. Дослідження проводять на зразках прямокутного перерізу з тангенсом кута нахилу площини скосу, який дорівнює 0,5; після термічного оброблення площину скосу шліфують паралельно протилежній площині; вимірювання твердості здійснюють за методом Віккерса при навантаженні 50 Н через інтервал 1,0 мм, що відповідає глибині по перерізу 0,05 мм; отримані дані наносять на діаграму в координатах "відстань від поверхні - твердість" для побудови кривої знеуглецювання; поява трьох послідовних точок з однаковим значенням твердості свідчить про перехід від знеуглецьованого шару до серцевини, тобто глибину шару визначають відстанню від поверхні зразка до першої з цих точок. Твердість загартованої на мартенсит або відпаленої сталі є функцією вмісту вуглецю. За точками кривої знеуглецювання будують криву зміни концентрації вуглецю від поверхні вглиб зразка, а за допомогою методу планіметрії визначають ступінь знеуглецювання та коефіцієнт дифузії.

Недоліками цього способу є те, що спосіб має недостатню точність та не дозволяє безпосередньо в процесі термічного оброблення визначати параметри знеуглецьованого шару; контролювати процес знеуглецювання, отримувати кількісні дані для порівняння впливу різного хімічного складу атмосфери, швидкості та температури гартування на твердість; а також застосування цього методу ненадійне у випадках, коли ступінь знеуглецювання не впливає на зміну твердості сталі та не дозволяє розмежовувати процеси науглецювання і знеуглецювання.

Спільними ознаками з рішенням, що заявляється, є визначення товщини дифузійного шару за величиною зміни його властивостей та використання зразків, які мають такий же хімічний склад та пройшли таке ж термічне оброблення, що і деталі.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб регулювання параметрів дифузійного шару при хіміко-термічній обробці (Пат. 94552 України С2, 10.05.2011, МПК C23C8/00, G01N 13/00, G01B 5/02, G01B 21/02. Спосіб визначення параметрів дифузійного шару при хіміко-термічній обробці полягає в тому, що визначення параметрів дифузійного шару при хіміко-термічній обробці проводять за величиною зміни лінійних розмірів зразка залежно від величини структурних змін у його приповерхневих шарах за допомогою градувальних графіків зміни лінійних розмірів від товщини дифузійного шару і, відповідно, концентрації в ньому дифундуючого елемента, а для визначення лінійних розмірів зразка використовують еталон, який проходить хіміко-термічну обробку одночасно зі зразком; та диференційний дилатометр, штовхачі якого виконані у вигляді пустотілих циліндрів, що розміщені один в одному, причому внутрішній штовхач з'єднаний з еталоном за допомогою різьби, зовнішній штовхач притискає досліджуваний зразок до еталона, який має такий же хімічний склад, що й зразок, та додаткове захисне покриття; зразок виконаний у вигляді тонкостінного циліндра, який насаджений на еталон, визначення величин зміни лінійних розмірів зразка від величини структурних змін у його приповерхневих шарах здійснюють шляхом їх порівняння з лінійними розмірами еталона, а регулювання складу атмосфери в нагрівальному апараті виконують безпосередньо в процесі обробки залежно від величини структурних змін у його приповерхневих шарах.

Недоліками цього способу є:

- недостатня точність контролю дифузійного процесу, що обумовлено відставанням зміни температури еталона в порівнянні з температурою зразка при нагріванні внаслідок значної різниці мас еталона та циліндричного тонкостінного зразка, що призводить до збільшення терміну стабілізації показників зміни лінійних розмірів;

- відсутність герметичної фіксації зразка, що обумовлює низьку чутливість способу, і не дозволяє своєчасно реагувати на виділення або розчинення надлишкових фаз, карбідів, нітридів.

Спільними ознаками з рішенням, що заявляється, є:

- одночасне оброблення деталей у нагрівальному апараті разом із закріпленими в диференційному дилатометрі еталоном та пустотілим циліндричним зразком, які виготовлені з того ж матеріалу, що і деталі, а еталон додатково має захисне покриття;

5 - вимірювання різниці лінійних розмірів еталона та зразка; регулювання складу атмосфери в нагрівальному апараті безпосередньо в процесі обробки залежно від величини структурних змін у приповерхневих шарах зразка.

В основу винаходу поставленоа задача розробити спосіб регулювання процесу знеуглецювання при термічному обробленні, який шляхом вимірювання зміни лінійних розмірів рівнотовщинних зразка та еталона залежно від ступеня знеуглецювання зразка за допомогою 10 диференційного дилатометра та градувальних графіків дозволяє з високою точністю та оперативністю визначати глибину знеуглецьованого шару і концентрацію в ньому вуглецю безпосередньо в процесі термічного оброблення в атмосфері з певним співвідношенням складових для вибраного режиму термічного оброблення, запобігти процесу знеуглецювання шляхом зміни хімічного складу екзотермічної атмосфери в нагрівальному апараті та в разі 15 знеуглецювання за допомогою створення ендотермічної атмосфери відновити концентрацію вуглецю у приповерхневому шарі до вихідної концентрації.

Суттєвими ознаками способу є:

20 - одночасне термічне оброблення деталей у нагрівальному апараті разом із герметично закріпленими в диференційному дилатометрі рівнотовщинними пустотілими еталоном та зразком, які виготовлені з того ж матеріалу, що і деталі, причому еталон має додаткове захисне покриття від знеуглецювання;

- вимірювання різниці лінійних розмірів еталона та зразка при знеуглецюванні;

- визначення глибини знеуглецьованого шару деталі за зміною лінійних розмірів зразка та за допомогою градувального графіка;

25 - визначення розподілу концентрації вуглецю за глибиною знеуглецьованого шару деталі;

- визначення ступеня знеуглецювання при поверхневого шару деталі за розподілом концентрації вуглецю;

- визначення середньої концентрації вуглецю у знеуглецьованому шарі деталі за зміною лінійних розмірів зразка з використанням градувального графіка;

30 - регулювання складу атмосфери в нагрівальному апараті залежно від розподілу концентрації вуглецю за глибиною знеуглецьованого шару.

Відмінними від найближчого аналога ознаками заявленого технічного рішення є те, що:

- вимірювання різниці лінійних розмірів здійснюють за допомогою рівнотовщинних пустотілих еталона та зразка, герметично закріплених у диференційному дилатометрі;

35 - визначення глибини знеуглецьованого шару за зміною лінійних розмірів зразка та за допомогою градувального графіка;

- визначення розподілу концентрації вуглецю за глибиною знеуглецьованого шару деталі;

- визначення ступеня знеуглецювання приповерхневого шару деталі за розподілом концентрації вуглецю;

40 - визначення середньої концентрації вуглецю у знеуглецьованому шарі деталі за зміною лінійних розмірів зразка з використанням градувального графіка;

- регулювання складу атмосфери в нагрівальному апараті здійснюють залежно від ступеня знеуглецювання зразка.

Спосіб здійснюють таким чином.

45 Для проведення вимірювань використовують диференційний дилатометр, в якому встановлюються рівнотовщинні пустотілі еталон та зразок, причому зразок насаджують на пустотілий еталон, який має захисне покриття і виготовлений з того ж матеріалу, що і досліджуваний зразок та деталі. Штовхачі дилатометра у вигляді пустотілих циліндрів розміщені-один в одному, причому внутрішній штовхач з'єднаний з еталоном за допомогою 50 різьби, зовнішній штовхач має кільцевий уступ, а еталон - буртик у своїй основі, що забезпечує герметичність фіксації зразка.

Диференційний дилатометр закріплюють вертикально в нагрівальному апараті. Між трубкою та дилатометром розміщують азбестову прокладку для того, щоб температура верхньої частини штовхачів не піднімалася вище 30-40 °С.

55 У процесі термічного оброблення деталей вимірюють зміну положення одного штовхача дилатометра відносно іншого, що обумовлено зміною лінійних розмірів зразка, яку визначають за показами індикаторного годинника. Зміна лінійних розмірів зразка, у свою чергу, обумовлена зниженням вмісту в ньому вуглецю, що може призводити до зміни параметру ґратки аустеніту або його нестабільності та часткового розпаду при температурі термічного оброблення, що

відображено на діаграмі Fe-Fe₃C. Зміна структурного стану залежно від глибини збідненого вуглецем шару зразка відповідає зміні аналогічних характеристик деталей.

За різницею лінійних розмірів Δl зразка та еталона визначають глибину B знеуглецьованого шару деталі за градувальним графіком залежності $\Delta l(B)$ та середню концентрацію в ньому вуглецю C за градувальним графіком залежності $\Delta l(C)$. Кожній точці залежності $\Delta l(C)$ відповідає певний розподіл концентрації вуглецю у знеуглецьованому шарі, за яким визначають ступінь знеуглецювання приповерхневого шару деталі. За показниками глибини шару та ступеня знеуглецювання здійснюють коригування хімічного складу екзотермічної атмосфери та створення ендотермічної атмосфери в нагрівальному апараті, що дозволяє відновлювати концентрацію вуглецю в приповерхневому шарі деталі до вихідної, тобто своєчасно попереджувати знеуглецювання деталей або регулювати його ступінь безпосередньо в процесі термічного оброблення.

Приклад конкретного виконання.

Дослідження процесу знеуглецювання здійснювали за допомогою диференційного дилатометра безпосередньо в процесі термічного оброблення циліндричного зразка, зразків-свідків та деталі зі сталі У8. Термічне оброблення, яке полягало в нагріванні та наступній витримці при температурі 900 °С, проводили в шахтній печі СШОЛ-11.6 12-МЗ-У4.2 без використання спеціальної атмосфери. При цьому відбувалося збіднення вуглецем при поверхневих шарів зразка та деталі.

Для визначення глибини знеуглецьованого шару деталі і середньої концентрації в ньому вуглецю були використані диференційний дилатометр та градувальні графіки. Штовхачі дилатометра були виконані у вигляді пустотілих циліндрів, що розміщені один в одному, причому внутрішній штовхач з'єднували за допомогою різьби з еталомом, який виконали у вигляді гвинта та покрили шаром нікелю товщиною 100 мкм; зовнішній штовхач мав кільцевий уступ, а еталон - буртик у своїй основі, що забезпечувало герметичність фіксації зразка.

Різницю лінійних розмірів пустотілих еталона та зразка визначали за допомогою індикаторного годинника.

Для побудови градувальних графіків використовували зразки-свідки, які проходили термічне оброблення одночасно з деталлю. Для зразків-свідків визначали глибину знеуглецьованого шару та пошарову концентрацію вуглецю за допомогою дюрOMETричного та хімічного аналізу.

Суть винаходу пояснює креслення.

На фіг. 1 зображено градувальний графік залежності зміни лінійних розмірів зразка зі сталі У8 від глибини знеуглецьованого шару.

На фіг. 2 зображено градувальний графік залежності зміни лінійних розмірів зразка зі сталі У8 від середньої концентрації вуглецю в знеуглецьованому шарі.

Градувальні графіки, що зображені на фіг. 1 та фіг. 2, використовували для визначення глибини знеуглецьованого шару і ступеня знеуглецювання для вибраного режиму термічного оброблення та складу атмосфери в нагрівальному апараті - повітря.

Запобігати знеуглецюванню можна шляхом коригування складу екзосуміші при першій появі ознак збіднення поверхневих шарів вуглецем.

Термічне оброблення (відпал) деталей зі сталі У8 проводили при 770 °С у камерній печі прокатного цеху ПАТ "Дніпрспецсталь". При підвищенні температури деталей до 300 °С в піч було подано екзогаз (1-13 об. % CO; 1-13 об. % H₂; 5-11 об. % CO₂; 0,5 об. % CH₄; інше N₂). При термічному обробленні спостерігалось знеуглецювання приповерхневого шару деталей. За показниками дилатометра та градувальними графіками було визначено, що концентрація вуглецю знизилася до 0,7 мас. %, а глибина знеуглецьованого шару складала 120 мкм. Для відновлення концентрації вуглецю в приповерхневому шарі в камерну піч було подано ендогаз (18-21 об. % CO, 0,2-0,4 об. % CO₂, 40 об. % H₂, 0,6 об. % H₂O, до 0,5 об. % CH₄, 40 об. % N₂). За показниками дилатометра концентрація вуглецю в приповерхневих шарах відновилася до вихідної (0,8 мас. %).

Використання саме цього способу дозволяє:

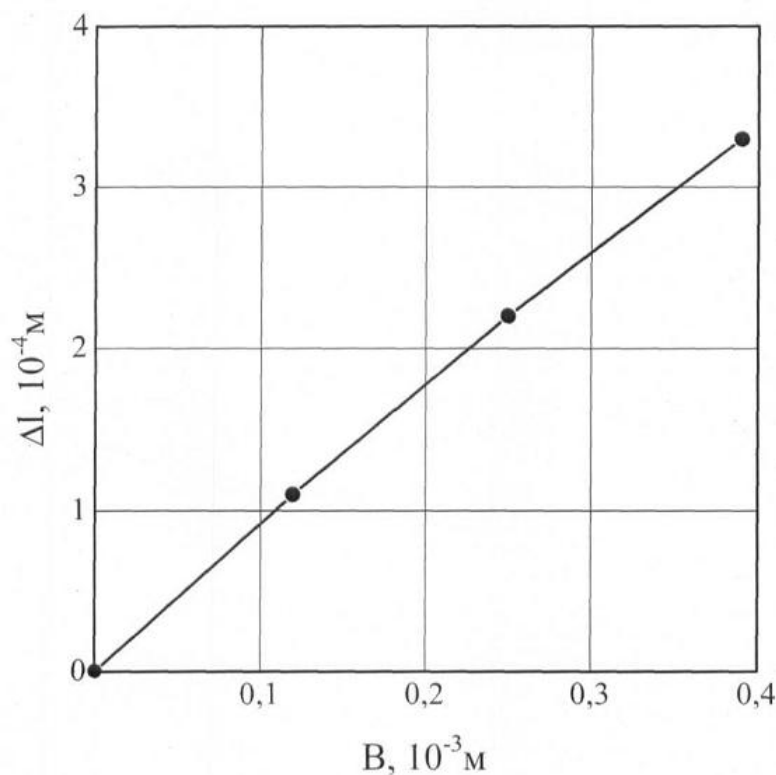
- підвищити чутливість та точність контролю знеуглецювання при термічному обробленні шляхом використання диференційного дилатометра та градувальних графіків;

- здійснювати оперативний постійний контроль та з високою точністю визначати глибину знеуглецьованого шару і ступінь знеуглецювання, а також проводити їх регулювання безпосередньо в процесі термічного оброблення;

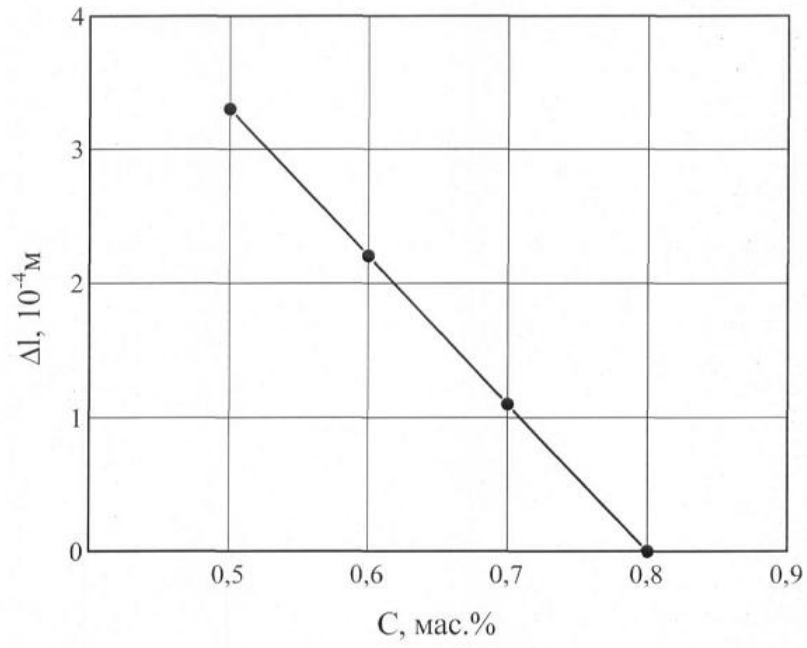
- відновити концентрацію насичуваного елемента у приповерхневому шарі до вихідної шляхом зміни хімічного складу екзоатмосфери в нагрівальному апараті, тобто запобігати знеуглецюванню приповерхневих шарів.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- Спосіб регулювання процесу знеуглецювання деталей при їх термічному обробленні, який включає одночасне оброблення деталей у нагрівальному апараті разом з закріпленими в диференційному дилатометрі еталоном та пустотілим циліндричним зразком, які виготовлені з того ж матеріалу, що і деталі, а еталон додатково має захисне покриття, вимірювання різниці лінійних розмірів еталона та зразка при знеуглецюванні, регулювання складу атмосфери в нагрівальному апараті безпосередньо в процесі обробки залежно від величини структурних змін у приповерхневих шарах зразка та деталей, який **відрізняється** тим, що вимірювання різниці лінійних розмірів виконують за допомогою рівнотовщинних пустотілих еталона та зразка, герметично закріплених у диференційному дилатометрі, визначення глибини знеуглецьованого шару деталі, розподілу концентрації вуглецю в ньому, ступеня знеуглецювання за розподілом концентрації та середньої концентрації вуглецю в цьому шарі здійснюють за зміною лінійних розмірів зразка з використанням градувальних графіків, а склад атмосфери в нагрівальному апараті регулюють залежно від ступеня знеуглецювання деталі.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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