



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **134846** (13) **U**
(51) МПК (2019.01)
B21B 1/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

| | |
|---|---|
| (21) Номер заявки: u 2018 12488 | (72) Винахідник(и): Міщенко Валерій Григорович (UA), Шейко Сергій Петрович (UA) |
| (22) Дата подання заявки: 17.12.2018 | (73) Власник(и): ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600 (UA) |
| (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.06.2019 | |
| (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.06.2019, Бюл.№ 11 | |

(54) СПОСІБ ДЕФОРМАЦІЙНО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СПЕЦІАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

(57) Реферат:

Спосіб деформаційно-термічної обробки спеціальних сталей включає нагрів слябу, його витримку, прокатку, примусове інтенсивне водяне охолодження сталі, протифлокенну обробку. Нагрів слябу виконують у діапазоні температур 1120...1180 °С. Прокатку сталі здійснюють з зусиллям деформації: у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %, яку завершують при температурі рекристалізації аустенітного зерна.

UA 134846 U

Корисна модель належить до чорної металургії та може використовуватися у виробництві спеціальних сталей для підвищення ефективності процесу та отримання високоякісного прокату, що може бути використаний, наприклад, для коліс автотранспортних засобів.

Відомий спосіб виготовлення листів з малоперлітних сталей [Патент SU № 1421430. Спосіб
5 производства проката из малоперлитной стали], який включає нагрів слябу, витримку його при заданій температурі, прокатку сталі, яку здійснюють за допомогою охолодження листа у проміжку між клітками з середньою швидкістю 1,5...5,0 °C/c, при цьому прокатку закінчують при температурі 720 °C і значеннях вуглецевого еквіваленту $C_{екв} = 0,37$, а зі збільшенням чи зменшенням на кожні 0,02 °C/c цього показника температуру кінця прокатки відповідно
10 збільшують або зменшують на 10 °C.

Недоліком цього способу є прискорене охолодження листа в проміжку між клітками, яке зумовлює підвищення показників міцності прокату, потребує використання складного спрєрного охолодження та потужнішого обладнання.

Ознаками аналога, спільними з запропонованою корисною моделлю, є нагрів слябу, його витримка, прокатка сталі, яку здійснюють при значенні вуглецевого еквіваленту $C_{екв} = 0,37$ за допомогою охолодження листа.

Найближчим аналогом є спосіб деформаційно-термічної обробки спеціальних сталей [Производство листов в листопрокатном цехе. Технологическая инструкция 227-ПГЛ - 15-98.: Мариуполь: ОАО ММК им. Ильича, 1997. - 67 с.], який включає нагрів слябу до температури аустенізації ($T_{нагр} = 1150...1170$ °C), витримку слябу при заданій температурі протягом 3...4 год. та прокатку сталі, причому чорнову прокатку виконують при температурі металу 1050...1070 °C за 11...13 проходів, після чого метал охолоджують на повітрі протягом 8...10 хв до температури 730...750 °C та виконують чистову прокатку з закінченням деформації при температурі 730...740 °C, примусове інтенсивне водяне охолодження сталі, протифлокенну
20 обробку сталі.

Недоліками цього способу є отримання металопродукату з обмеженими показниками міцності та пластичності, необхідність здійснення прокатки у декілька етапів, що призводить значних втрат електроенергії, зумовлює зношення обладнання.

Ознаками найближчого аналога, спільними з запропонованою корисною моделлю, є нагрів слябу, його витримка, прокатка сталі, примусове інтенсивне водяне охолодження сталі, здійснення протифлокенної обробки.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити спосіб деформаційно-термічної обробки спеціальних сталей, який шляхом використання режимів пластичної деформації, що забезпечують формування рекристалізованого аустенітного зерна, дозволяє підвищити
35 механічні та технологічні властивості листового металопродукату.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб деформаційно-термічної обробки спеціальних сталей, що включає нагрів слябу, його витримку, прокатку, примусове інтенсивне водяне охолодження сталі, протифлокенну обробку, згідно з корисною моделлю, нагрів слябу виконують у діапазоні температур 1120...1180 °C, а прокатку сталі здійснюють з зусиллям
40 деформації: у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %, яку завершують при температурі рекристалізації аустенітного зерна.

Суттєвими ознаками способу є:

нагрівання слябу в діапазоні температур 1120...1180 °C протягом 6...8 год.;
45 витримання слябу при температурі 1150 °C протягом 3...4 год.;
прокатка сталі з зусиллям деформації: у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %, яку завершують при температурі 750 °C;

примусове інтенсивне водяне охолодження сталі;
50 здійснення протифлокенної обробки. Відмінними від прототипу ознаками є:
розширення діапазону нагрівання слябу;
прокатка сталі з зусиллям деформації: у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %, яку завершують при температурі 750 °C;

55 Спосіб здійснюють так:

Запропонований спосіб здійснюють наступним чином.

Сляб нагрівають у діапазоні температур 1120...1180 °C протягом 6...8 год.; витримують при температурі 1150 °C протягом 3...4 год. з подальшою прокаткою із зусиллям деформації з зусиллям деформації: у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у
60 четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %, яку завершують при

температурі 750 °С; після прокатки за допомогою системи примусового інтенсивного водяного охолодження знижують спочатку температуру листа до 300 °С, а потім температуру листів уповільнено знижують в пакетах для здійснення протифлокенної обробки.

Приклад конкретного виконання:

5 Спосіб здійснювали в чистовій групі клітей стану НШСГП 1680. Було використано малоперлітну сталь марки 10ХФТБч, сляб якої нагрівали до температури 1180 °С протягом 7 год., витримували при температурі 1150 °С протягом 4 год., після чого виконували прокатку з зусиллям деформації: у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %, яку завершували при
10 температурі 750 °С. Після прокатки за допомогою системи примусового інтенсивного водяного охолодження спочатку знижували температуру листа до 300 °С, а потім температуру листів уповільнено знижували в пакетах для здійснення протифлокенної обробки.

15 Установлено, що після деформації при температурі 850 °С в сталі формується ферито-перлітна структура з середнім балом зерна № 12. У її структурі спостерігається 33,35 % зерен з балом № 11, 31,09 % - з балом № 12, 5,63 % - максимальний бал № 14. У структурі формується 62,04 % фериту і 37,95 % перліту.

20 Установлено, що найбільш рівномірний розподіл сумарної інтенсивності деформацій і напружень за товщиною, і довжиною смуги, отримано під час прокатки з одиничним обтисненням у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %. Розроблені режими термопластичного деформування не тільки подрібнюють зерно, а й вирівнюють структуру металу.

25 На фіг. 1 наведено мікроструктуру низьколегованої сталі 10ХФТБч після деформації при температурі: а - 770 °С, б - 800 °С, в - 850 °С, г - 900 °С, д - 950 °С, е - 1100 °С (збільшення 5000).

На фіг. 2 - результати дослідження фазового складу сталі при: а - 770 °С, б - 850 °С, в - 950 °С (збільшення 250).

На Фіг. 3 - ділатограму зразка сталі 10ХФТБч.

30 На Фіг. 4 - термодіаграму розпаду аустеніту сталі 10ХФТБч (при охолодженні після гарячої пластичної деформації $\epsilon = 30$ %).

У запропонованому способі деформаційно-термічної обробки були встановлені критичні ступені деформації, що забезпечують формування рекристалізованого аустенітного зерна, досліджено вплив температури, ступеня та швидкості деформації на структуру економно легованої низьковуглецевої сталі. Температуру деформації зманювали у діапазоні від 770 °С до
35 950 °С, ступень і швидкість деформації залишили постійною, відповідно ступень деформації дорівнює $\ln \epsilon = 1,2$, а швидкість деформації - $V=100 \text{ с}^{-1}$. Макроструктуру та діаграми розподілу за балом зерна, наведені на фіг. 1.

40 При дослідженні гістограм розподілу структурних складових елементів за розмірами бала зерна встановлено, що характер розподілу приблизно однаковий при різних температурах деформації. Аналіз гістограм співвідношення структурних складових елементів, свідчить про відмінності, які встановлені при температурі деформації 770 °С, пік розподілу доводиться на частку фериту і становить понад 80 %, при більш високих температурах частка фериту зменшується, і знаходиться в межах 58...62 %, що підтверджує зміну співвідношення структурних складових (Фіг. 2).

45 Для уточнення температурного режиму досліджень був здійснений експеримент з визначення температур точок переходу Ar_{1i} і Ar_3 для сталі 10ХФТБч, які дорівнювали відповідно 724 °С і 898,6 °С (Фіг. 3).

Результати досліджень та аналізу структури сталі 10ХФТБч при різних швидкостях охолодження узагальнені і наведені у вигляді термодіаграми (Фіг. 4). Аналіз перетворення свідчить, що $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення починається з виділення вільного фериту для
50 всіх досліджених швидкостей охолодження. Перлітне перетворення в сталі відбувається зі швидкістю 3 °С/с при температурі 600...700 °С. Охолодження зі швидкістю 3 °С/с зумовлює формування ферито-перлітної структури, що складається на 75 % з феритних зерен із середнім розміром 20 мкм. Підвищення швидкості охолодження до 20 °С/с забезпечує формування
55 феритної структури, частка якої знижується до 50 %, розмір феритного зерна становить 8 мкм. Подальше підвищення швидкості охолодження до 50 °С/с зумовлює подрібнення структури сталі (розмір феритного зерна становить 5 мкм) і зниження частки фериту до 40 %.

Установлено, що пластична деформація збільшує інтервал швидкостей існування перлітного перетворення. Так, після деформації сталі на 30 % при 950 °С, перлітне

перетворення починається при швидкості охолодження 5 °C/с, а без деформації - при 1...2 °C/с. Також, гаряча пластична деформація зумовлює подрібнення зерен.

Отже, гаряча пластична деформація, інтенсифікує дифузійні перетворення, прискорює виділення перліту і обумовлює подрібнення структури при подальшому охолодженні за рахунок збільшення центрів зародження нової фази. Це забезпечує формування дрібнозернистої дисперсної двофазної структури, що складається з фериту з високою щільністю дислокацій і перліту.

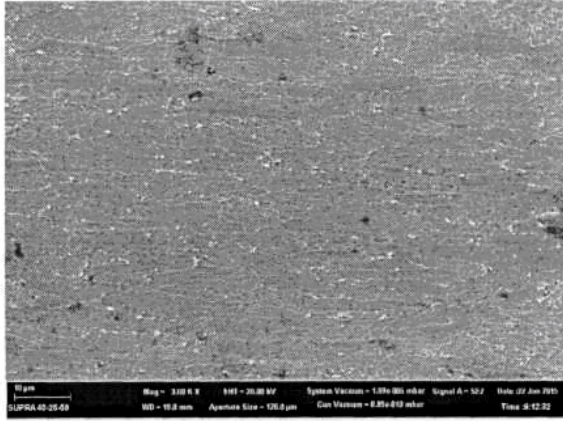
Реалізація рекомендованих режимів термопластичної деформації, для сталі 10ХФТБч, з параметрами: температура кінця прокатки - 850 °C, початок прискореного охолодження - 750 °C, температура змотування смуги в рулон - 600 °C, дозволило підвищити механічних властивостей сталі до рівня $\sigma_v = 540...560$ МПа, $\delta = 25...29$ %, КСУ=0,80...0,85 МДж/м².

Установлено, що найбільш рівномірний розподіл сумарної інтенсивності деформацій і напружень за товщиною, і довжиною смуги, отримано під час прокатки з одиничним обтисненням у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %. Розроблені режими термопластичного деформування не тільки подрібнюють зерно, а й вирівнюють структуру металу по перетину.

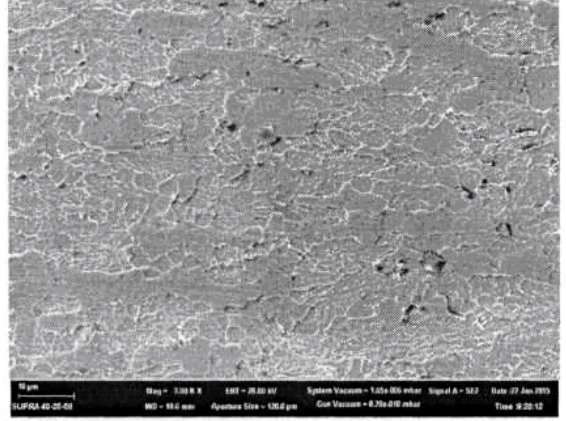
Запропонований спосіб деформаційно-термічної обробки спеціальних сталей дозволяє поліпшити механічні та технологічні властивості листового металопрокату, знизити витрати електроенергії та зменшити знос обладнання.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

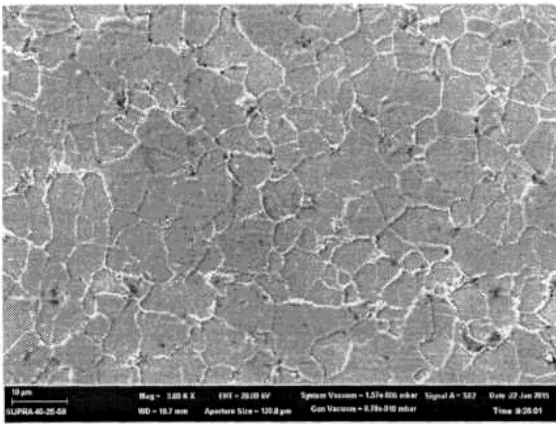
Спосіб деформаційно-термічної обробки спеціальних сталей, що включає нагрів слябу, його витримку, прокатку, примусове інтенсивне водяне охолодження сталі, протифлокенну обробку, який **відрізняється** тим, що нагрів слябу виконують у діапазоні температур 1120...1180 °C, а прокатку сталі здійснюють з зусиллям деформації: у першій кліті 38...45 %, у другій кліті 35...40 %, у третій кліті 33...38 %, у четвертій кліті 28...30 %, у п'ятій кліті 22...25 %, у шостій кліті 11...14 %, яку завершують при температурі рекристалізації аустенітного зерна.



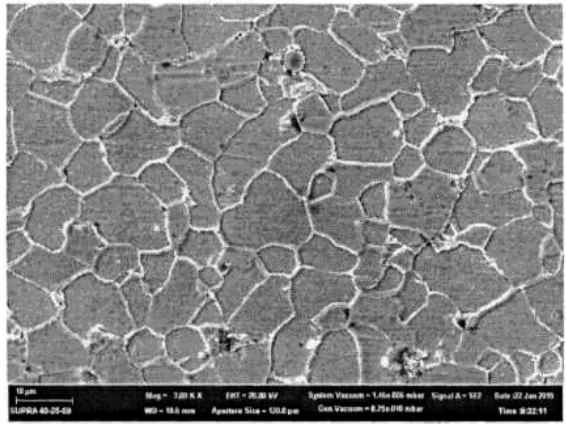
a



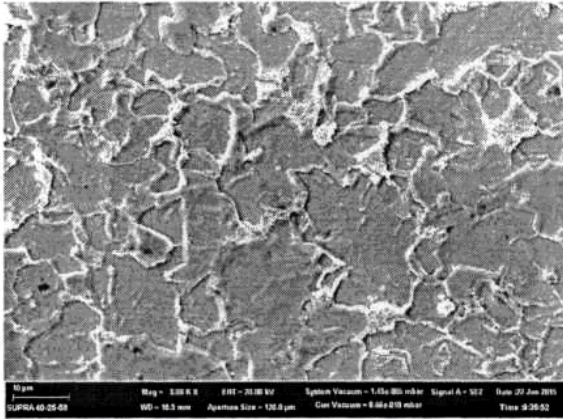
b



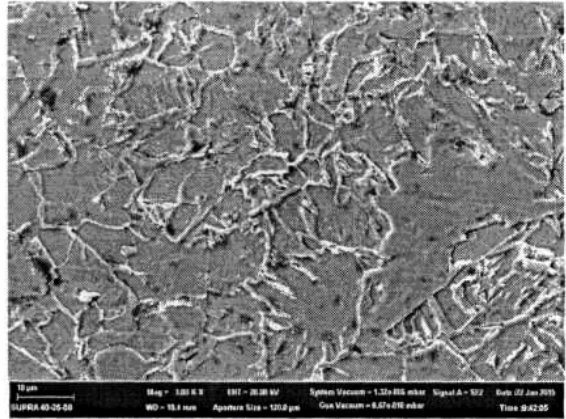
c



d

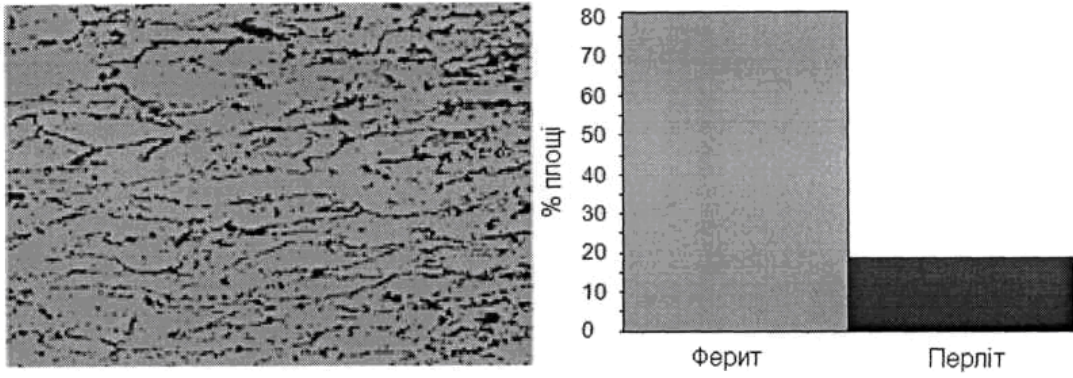


e

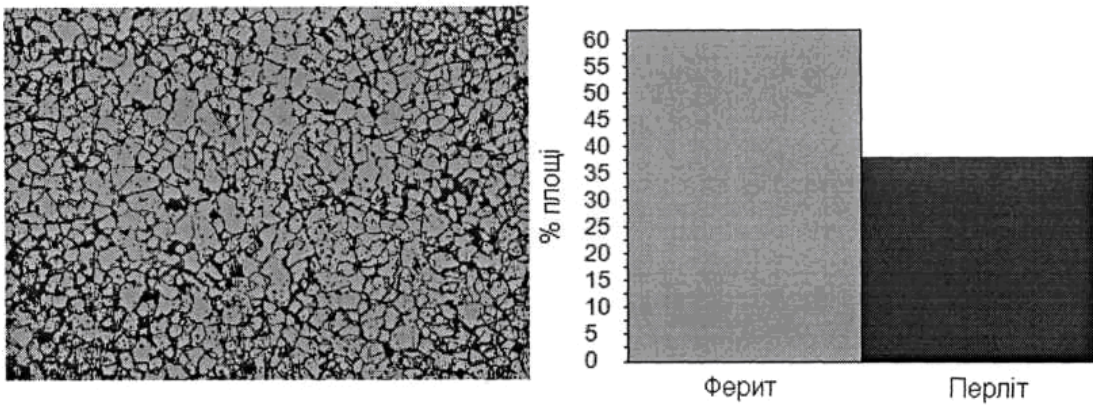


e

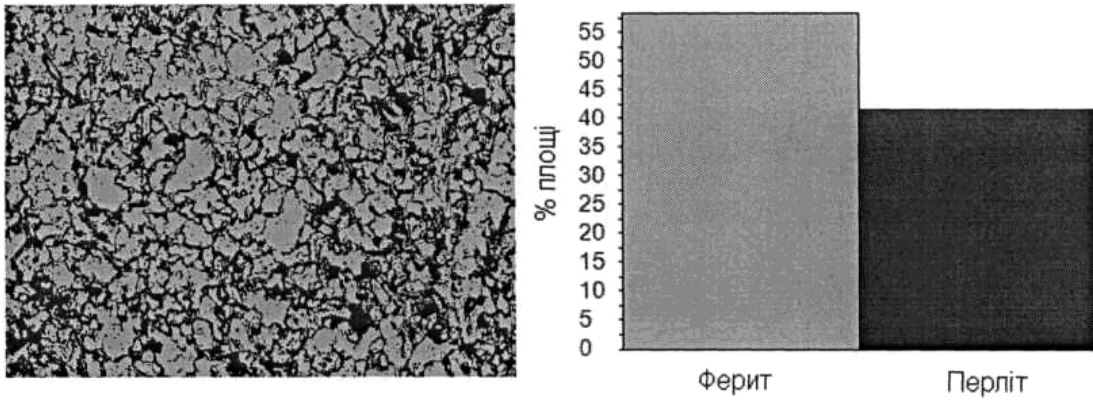
Fig. 1



a

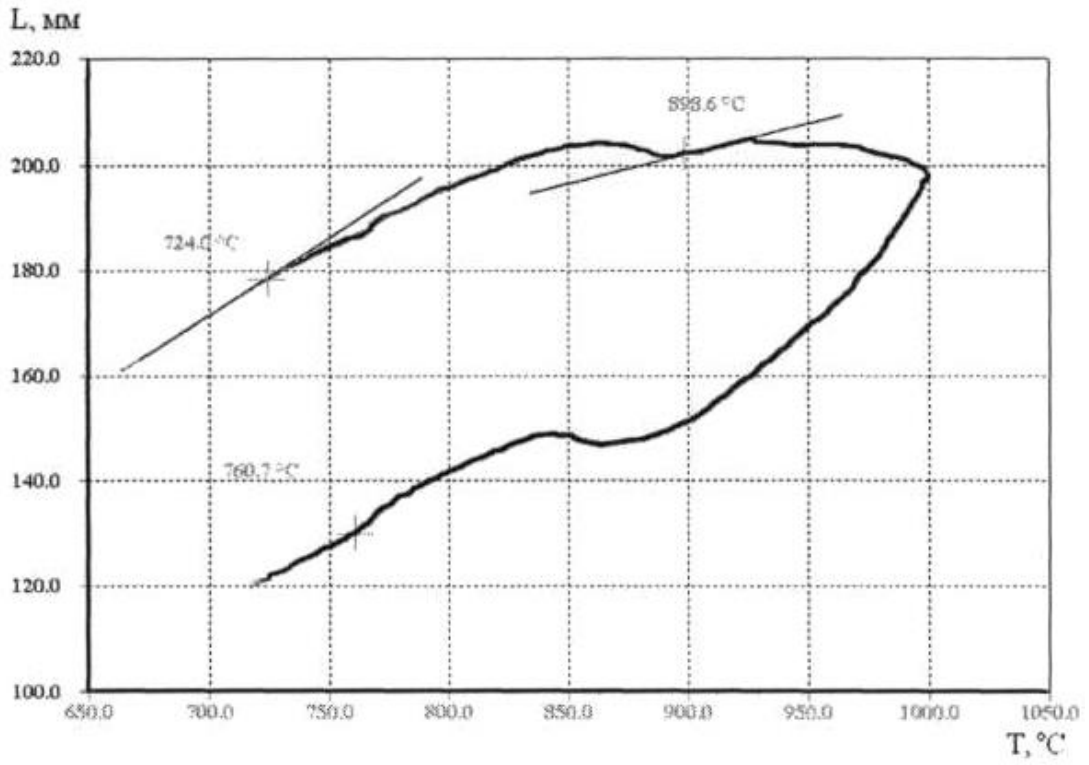


б

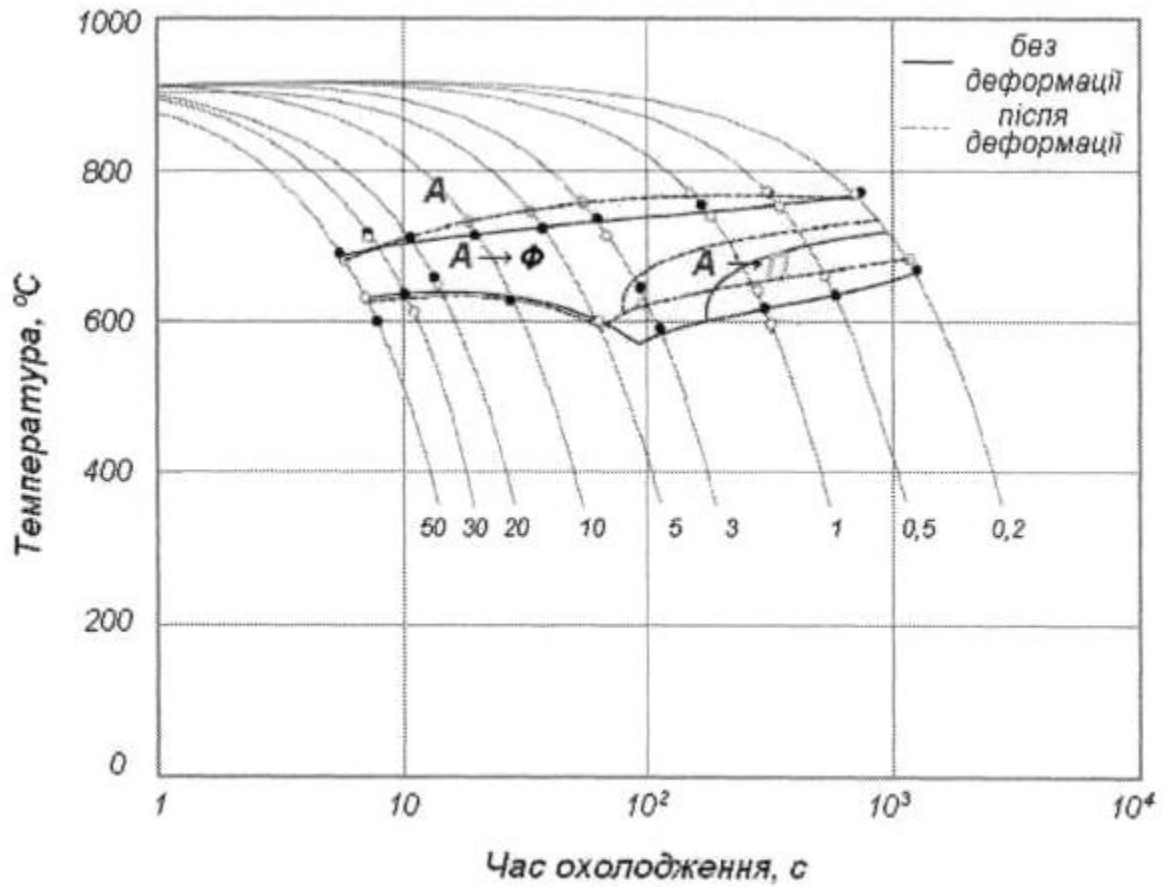


в

Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

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