



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **100452** (13) **C2**
(51) МПК
B23K 9/20 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2011 05764</p> <p>(22) Дата подання заявки: 10.05.2011</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.12.2012</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 12.11.2012, Бюл.№ 21</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2012, Бюл.№ 24</p>	<p>(72) Винахідник(и): Патон Борис Євгенович (UA), Калеко Давид Михайлович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Боженка, 11, м. Київ, 03680 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: DE 10035351 A1; 21.02.2002 DE 102006056489 a1; 05.06.2008 RU 2136979 C1; 10.09.1999 JP 11257323 A; 21.09.1999 EP 1008416 A1; 14.06.2000 US 2003/0019847 A1; 30.01.2003</p>
---	--

(54) ШПИЛЬКА ДЛЯ ТОРЦЕВОГО ПРИВАРЮВАННЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до зварювальної техніки, а саме до приварювання шпильок до листа, переважно в різномірному сполученні металів. З метою отримання з'єднань різномірних металів, які у розплаві створюють інтерметалідні крихкі сполуки (наприклад, сталеві шпильки з алюмінієвим листом), для зменшення кількості розплавленого металу шпильки для торцевого приварювання до деталі, виробленої із металу, відмінного від металу шпильки, шпилька має покриття із металу з температурою кипіння меншою, ніж температура плавлення основного металу шпильки, а товщина покриття вираховується в залежності від розміру шпильки, теплофізичних характеристик металу, з якого вона виготовлена, та режиму зварювання, якщо прийняти кількість металу шпильки в стику 2 %, по рівнянню:

$$\Delta = \left[\frac{4\eta Q}{\pi D^2} - 0.02\gamma_{Me}(cT_1 + Q_1)_{Me} \delta \right] \frac{1}{\gamma_{cov} Q_{2cov}},$$

де D - діаметр шпильки, що приварюється; Q - загальна енергія дуги; η - частка енергії дуги, що виділяється на поверхні шпильки, що приварюється; γ_{Me} , c , T_1 - щільність, теплоємність та температура плавлення металу шпильки; Q_1 - теплота плавлення металу шпильки; δ - товщина зварювального металу у стику; γ_{cov} , Q_{2cov} - щільність та теплота випаровування металу покриття.

UA 100452 C2

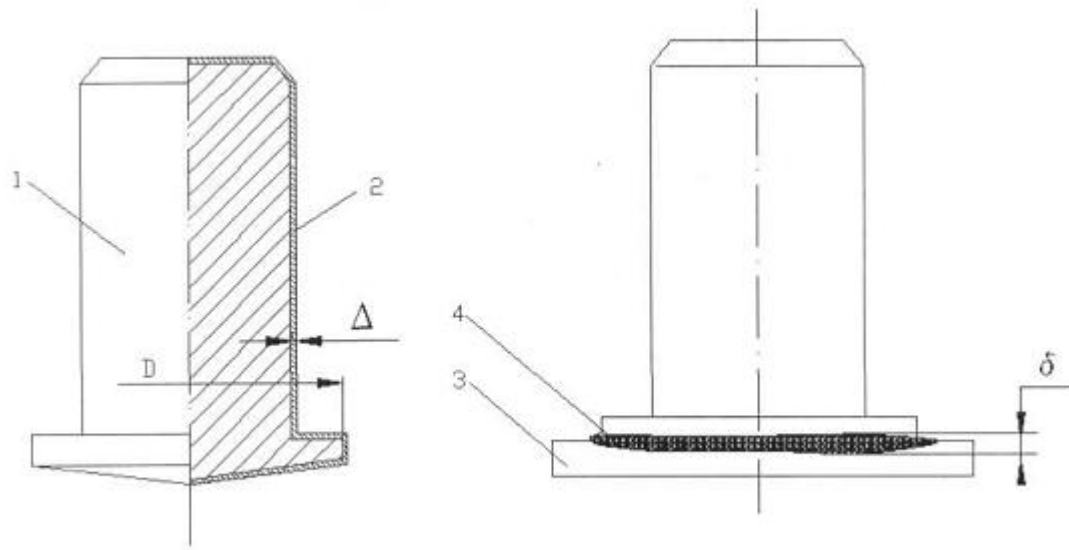


Fig. 1

Винахід належить до зварювальної техніки, а саме до приварювання шпильок до листа, переважно в різнорідному сполученні металів.

В теперішній час все в більшому об'ємі виростає використання алюмінію в автомобільній промисловості, суднобудуванні та будівництві. Ця тенденція залишається сталою протягом багатьох років.

Але залишається невирішеною проблема кріплення деталей до алюмінієвих елементів конструкції. Зараз використовуються кріпильні елементи загального застосування, і для цього в алюмінієвих конструкціях робляться отвори, які ослаблюють конструкції, або ускладнюють останні при створенні спеціального кріплення.

Відомо, що усування отворів шляхом застосування зварювання підвищує міцність конструкції. Але також відомі вади з'єднання сталі з алюмінієм методами зварювання плавленням, при якому в шві з'являються крихкі складові, що приводять до критичного зменшення пластичності. Відмовитися від сталених кріпильних деталей на користь алюмінієвих неможливо, вважаючи велику різницю в міцності сталі і алюмінію. Приварювання високоміцних сплавів алюмінію також дає крихкі з'єднання без застосування присадних матеріалів, що неможливо при торцевому приварюванні шпильок. Позитивні результати з'єднання сталевих шпильок з алюмінієвим листом досягнуті тільки при зварюванні тертям, але спроби створення ручного інструменту для приварювання шпильок тертям, необхідного для зварювання на монтажі (будівництво), або із застосуванням роботів (автомобілебудування), не дали позитивного результату [Praktiker 1989. N 8, s. 413]. Тому є актуальним створити таку технологію приварювання кріпильних деталей, що дозволить, по-перше, отримати пластичні з'єднання і, по друге, розробити нове обладнання або використати таке, що є.

Дослідження зварювання сталі та алюмінію лазером [Schweißen und Schneiden. 2005. N3, s.71] та методом Cold Metal Transfer [Schweiss-und Prüftechnik. 2005. N 10, s. 147] показали, що з'єднання задовільної якості можна отримати, якщо забезпечити мінімальну присутність сталеві складові у металі стику. Але обидва ці способи не дозволяють виконати торцеве приварювання шпильки до листа.

Одним з найбільш поширених засобів боротьби із інтерметалевими сполуками у з'єднанні, отриманому зваренням плавленням, є покриття сталеві деталі алюмінієм [патент DE 10 2006 056 489 A1, ВПК В23К 31/02, Verfahren zur Herstellung eines Stahl-/Aluminium-Verbundbauteils] або застосування біметалевого перехідника [Судостроение 1990. № 12, 26-28], створеного прокаткою, зварюванням тертям [Schweißen und Schneiden. 2006. 58, № 1, 23-28] або вибухом [Рябов В.Р. Применение биметаллических и армированных сталеалюминиевых соединений. М.: Металлургия, 1975]. Але застосування біметалевої шпильки знижує її міцність до міцності алюмінієвої частини, тобто не має сенсу, бо можна у такому випадку використати суцільну алюмінієву шпильку.

Таким чином, наявні засоби боротьби із утворенням інтерметалевих сполук не дають очікуваного ефекту при приварюванні сталеві шпильки до алюмінієвого листа.

Як буде показано в подальшому, найбільш ефективним у боротьбі з утворенням інтерметалевих сполук при торцевому зварюванні сталевих шпильок з алюмінієвим листом є зниження вмісту заліза в зварювальному металі між шпилькою та листом завдяки охолодженню шпильки при випарюванні низькотемпературного покриття на поверхні торця шпильки.

Відомі конструкції шпильок з покриттям, призначених для торцевого приварювання. Це, по-перше, сталеві шпильки для масового використання, що покриті міддю для запобігання корозії. Такі шпильки виготовляють багато фірм, наприклад, фірми Soyer та OBO Betterman у ФРГ.

Інше призначення мають покриття на алюмінієвих шпильках. Їх призначення полягає в захисті шпильки від взаємодії із киснем повітря при великому часі зберігання.

Найбільш подібною винаходу, що пропонується, є шпилька по винаходу Німеччини DE 100 35 351 "Aluminiumschweißteil, insbesondere Aluminiumbolzen für das Bolzenschweißen, und Verfahren zum Verschweißen desselben". Згідно з описом, ця шпилька, що виготовлена з алюмінію, має покриття щонайменше на поверхні, що приварюється, із сплавів титану та/або хрому, та/або алюмінію.

Таке покриття може бути застосоване і для сталевих шпильок, але воно не вирішує питання зниження плавлення шпильки, бо титан та хром мають температури кипіння 3442 К та 2840 К, відповідно. Тобто вище за температуру плавлення заліза 1812 К (наведені температури взяті із довідника "Физико-химические свойства элементов", К: "Наукова думка", 1965 г.). Теж саме стосується і алюмінієвого покриття з температурою кипіння 2621 К та міді, про яку ми згадували вище, що має температуру кипіння 3180 К.

Таким чином, випаровування покриття, що пропонується, не забезпечує охолодження сталеві основи шпильки нижче температури плавлення і не зменшує кількість розплавленого

заліза у металі стику. Окрім того, у німецькому патенті немає точної вказівки на потрібну товщину покриття, а тільки зроблене зауваження про те, що "максимальна товщина покриття вибирається таким чином, щоби матеріал покриття, який попадає у розплав в процесі зварювання, причиняв бажаний позитивний ефект відносно міцності та якості".

5 В основу винаходу поставлена задача зменшення кількості розплавленого металу шпильки у металі стику при зварюванні деталей із різнорідних металів.

Поставлена задача вирішується тим, що шпилька для торцевого приварювання до деталі, виробленої із металу, відмінного від металу шпильки, згідно з винаходом, має покриття із металу з температурою кипіння меншою, ніж температура плавлення основного металу шпильки, а товщина покриття вираховується в залежності від розміру шпильки, теплофізичних характеристик металу, з якого вона виготовлена, та режиму зварювання, якщо прийняти кількість металу шпильки в стику 2 %, по рівнянню:

$$\Delta = \left[\frac{4\eta Q}{\pi D^2} - 0.02 \gamma_{Me} (cT_1 + Q_1)_{Me} \delta \right] \frac{1}{\gamma_{cov} Q_{2cov}},$$

де D - діаметр поверхні шпильки, що приварюється; Q - загальна енергія дуги; η - частка енергії дуги, що виділяється на поверхні шпильки, що приварюється; γ_{Me} , c , T_1 - щільність, теплоємність та температура плавлення металу шпильки; Q_1 - теплота плавлення металу шпильки; δ - товщина зварювального металу у стику; γ_{cov} , Q_{2cov} - щільність та теплота випаровування металу покриття.

Відмінністю шпильки, що пропонується, від відомих конструкцій є наявність покриття із металу з температурою кипіння меншою, ніж температура плавлення основного металу шпильки, а товщина покриття вираховується в залежності від розміру шпильки, теплофізичних характеристик металу, з якого вона виготовлена, та режиму зварювання по наведеному вище рівнянню.

Позитивна якість такої конструкції шпильки для торцевого приварювання до деталі, виготовленої із металу, який може дати інтерметалідні сполуки із металом шпильки, полягає в тому, що завдяки випаровуванню покриття на шпильці, яке відбувається при нагріванні дугою між поверхнями шпильки та деталі, зменшується нагрівання основного металу шпильки та, відповідно, об'єм розплавленого основного металу шпильки, який переходить у метал стику між звареними деталями.

30 На фіг. 1 показана конструкція шпильки для торцевого приварювання до деталей, що виготовлені із металу, відмінного від металу шпильки.

На фіг. 2 показані фотографії мікроструктур зварних з'єднань сталевих шпильок М6, що мали покриття різного складу, та листа із алюмінієвого сплаву АМг3 $\delta=3$ мм. $\times 125$: а - без покриття; б - хромована; в - оцинкована.

35 На фіг. 3 показаний графік розподілу мікротвердості через зону етика з'єднань сталевих шпильок, що мали покриття різного складу, та листа із алюмінієвого сплаву АМг3 (ліворуч - АМг3).

На фіг. 4 наведена порівняльна діаграма міцності з'єднань сталевих шпильок з різними покриттями, зварених із алюмінієвим листом.

40 Покриття 2 (фіг. 1) із металу, що має температуру випаровування нижче за температуру плавлення шпильки 1, наноситься на шпильку одним із відомих способів, наприклад електрохімічним, який придатний для більшості металів. При цьому покриття може закривати всю поверхню шпильки, як показано на фіг. 1, що найбільш технологічне, або щонайменше торцеву поверхню сталеві шпильки, якою вона буде приварена до алюмінієвої деталі 3.

45 Товщину покриття Δ можна підрахувати, виходячи із умови вмісту сталеві складової у розплаві 2 % при товщині слою затверділого металу між з'єднаними деталями (зварювального металу) 10 % D - діаметра привареної торцевої поверхні шпильки [Bolzenschweißen: Grundlagen und Anwendung / Trillmich, Welz. - Düsseldorf: DVS-Verlag, 1997], по рівнянню

$$\Delta = \left[\frac{4\eta Q}{\pi D^2} - 0.02 \gamma_{Me} (cT_1 + Q_1)_{Me} \delta \right] \frac{1}{\gamma_{cov} Q_{2cov}},$$

50 де D - діаметр поверхні шпильки, що приварюється; Q - загальна енергія дуги; η - частка енергії дуги, що виділяється на поверхні шпильки, що приварюється; γ_{Me} , c , T_1 - щільність, теплоємність та температура плавлення металу шпильки; Q_1 - теплота плавлення металу

шпильки; δ - товщина зварювального металу у стику; γ_{cov} , Q_{2cov} - щільність та теплота випаровування металу покриття.

Розрахунок для цинкового покриття дає товщину покриття біля 14 мкм. Оскільки частка енергії дуги, що виділяється на поверхні шпильки, відмінється в залежності від конкретних умов горіння дуги (локальний склад атмосфери, її тиснення, довжина дуги і т.п.) розрахункова товщина покриття є орієнтовною і повинна бути уточнена експериментально.

Наведені вище умови отримання з'єднання між шпилькою із сталі 10 та листом із алюмінієвого сплаву АМг3, при яких у зварювальному металі відсутні крихкі інтерметалідні сполуки Fe-Al, перевірялись при приварці сталевій шпильки М6 з торцевою поверхнею 07,5 мм до алюмінієвого листа товщиною 3 мм. Дослідження проводилися із шпильками, які гальванічним способом були покриті хромом ($t_{кип}=2840$ К) та цинком ($t_{кип}=1180$ К). Контрольні досліди робились із шпильками з непокритою поверхнею. Товщина покриття складала біля 20 мкм.

Фотографії на фіг. 2 показують відсутність дефектів в зоні з'єднання. Аналіз цих фото показує, що товщина зварювального металу зменшується при покритті поверхні шпильки, і найменша товщина зони кристалізації, відповідно до очікуваного, при покритті шпильки цинком. Наочно це видно з фіг. 3.

У всіх випадках (фіг. 3) максимальна зафіксована твердість в 2 рази нижче за твердість інтерметаліду FeAl₃ (960 кПа [Вол А.Е. Строение и свойства двойных металлических систем. Т.1. М: Физматгиз. 1959. 755 с.]). Це засвідчує про відсутність безперервного шару крихких інтерметалідів.

Найбільш наявно позитивна якість шпильки, що пропонується, видна на діаграмі фіг. 4. З неї видно, що покриття шпильки цинком дозволяє підвищити міцність з'єднання більш ніж в 2 рази.

25

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

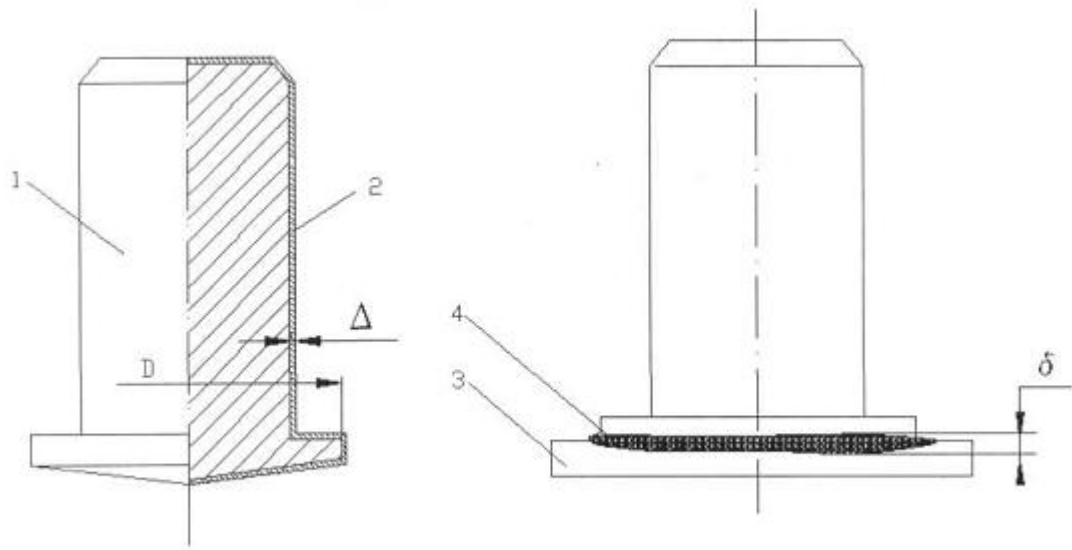
1. Шпилька для торцевого приварювання, що має покриття щонайменше на поверхні, що приварюється, яка **відрізняється** тим, що метал покриття має температуру кипіння нижче за температуру плавлення основного металу шпильки.

30 2. Шпилька за п. 1, яка **відрізняється** тим, що товщина покриття вираховується по рівнянню

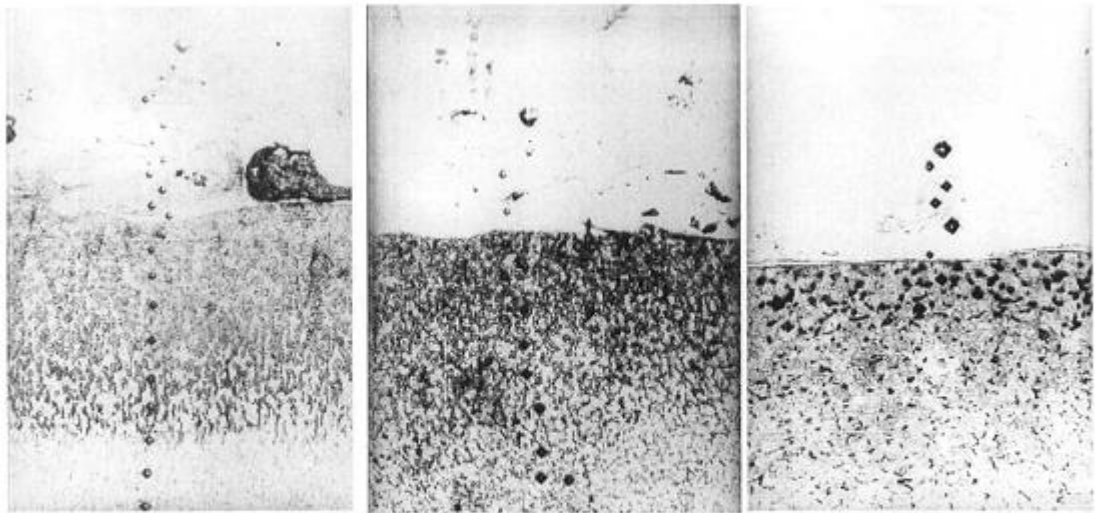
$$\Delta = \left[\frac{4\eta Q}{\pi D^2} - 0.02\gamma_{Me}(cT_1 + Q_1)_{Me} \delta \right] \frac{1}{\gamma_{cov} Q_{2cov}},$$

де D - діаметр шпильки, що приварюється; Q - загальна енергія дуги; η - частка енергії дуги, що виділяється на поверхні шпильки, що приварюється; γ_{Me} , c , T_1 - щільність, теплоємність та температура плавлення металу шпильки; Q_1 - теплота плавлення металу шпильки; δ - товщина зварювального металу у стику; γ_{cov} , Q_{2cov} - щільність та теплота випаровування металу покриття.

35



Фиг. 1

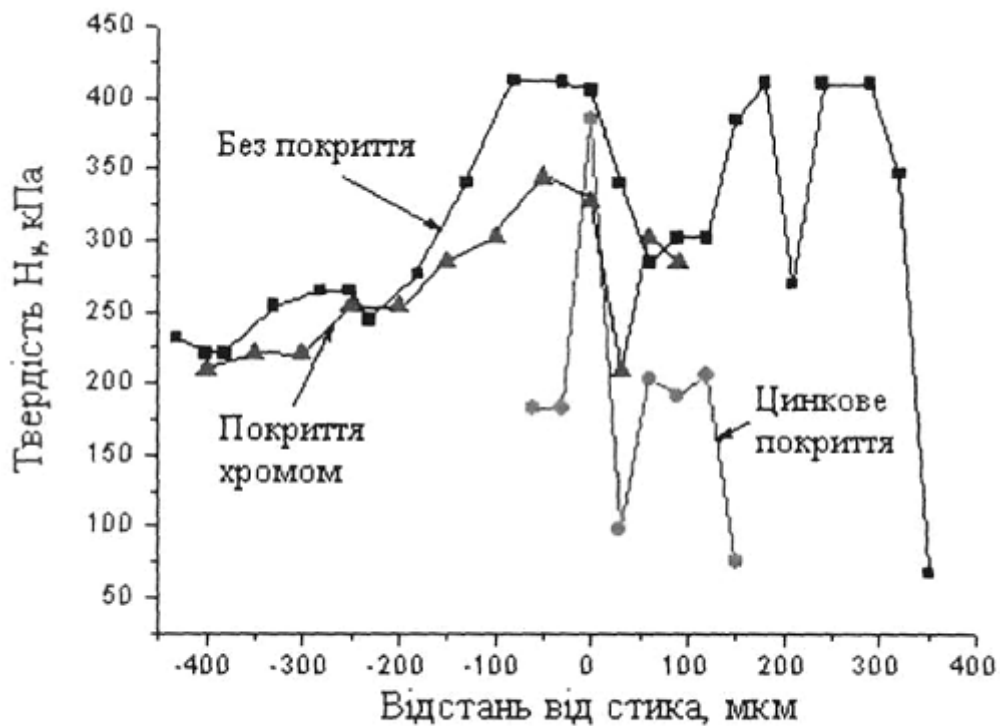


a

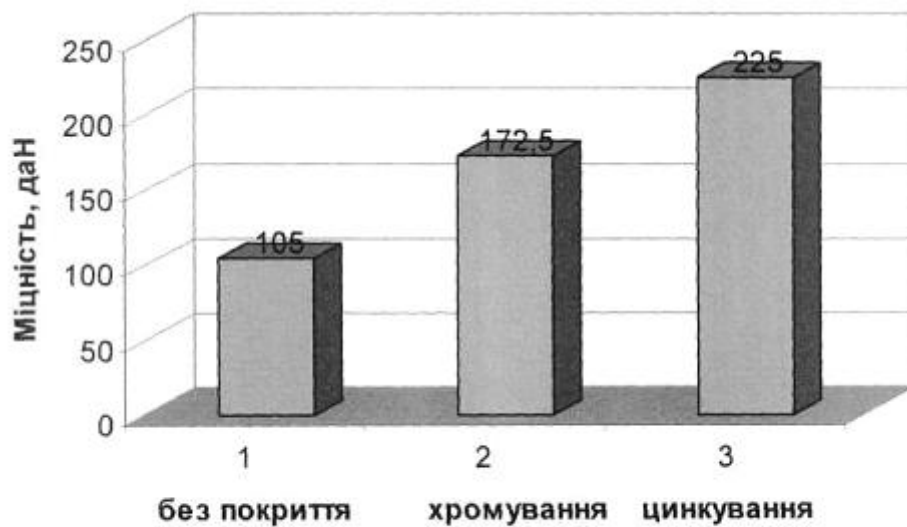
б

в

Фиг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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

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