



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108866** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
B23H 1/06 (2006.01)
C23C 4/04 (2006.01)
B23H 9/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: а 2014 09806	(72) Винахідник(и): Марцинковський Василь Сігізмундович (UA), Тарельник В'ячеслав Борисович (UA)
(22) Дата подання заявки: 05.09.2014	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2016	(73) Власник(и): Марцинковський Василь Сігізмундович, вул. Березова, 2, сел. Сад, Сумський р-н, Сумська обл., 42343 (UA)
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.03.2016, Бюл.№ 5	(74) Представник: Лісна Тетяна Леонідівна, реєстр. №286
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2016, Бюл.№ 15	

(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

(57) Реферат:

Спосіб підвищення зносостійкості сталевих виробів включає нанесення на зношувані поверхні сталевих виробів зносостійкого композитного матеріалу, що складається з твердосплавної суміші ВК6 і легкоплавкої суміші М1. Зношувану поверхню виробу покривають шаром індію методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) при енергії імпульсу $W_p=0,01-0,03$ Дж, після чого на вкриту індієм поверхню наносять зносостійкий композитний матеріал, при цьому композитний матеріал наносять методом ЕЕЛ із застосуванням електрода, попередньо виготовленого зі зносостійкого композитного матеріалу складу $>10-30$ ваг. % суміші 1М і $70 - <90$ ваг. % суміші ВК6, причому ЕЕЛ здійснюють при енергії імпульсу $W_p=0,35-0,42$ Дж.

UA 108866 U

Корисна модель належить до способів підвищення зносостійкості сталевих виробів, зокрема до способів захисту сталевих виробів від абразивного та інших видів зносу шляхом нанесення на їх поверхні зносостійкого композитного матеріалу, і може застосовуватися для обробки поверхонь деталей машин і металорізальних інструментів.

Відомий спосіб підвищення зносостійкості сталевих виробів шляхом шлікерного нанесення покриття з композитного матеріалу (пудеризацією або наливом з подальшим струшуванням і подальшим відпалом у вакуумі), який полягає в тому, що з механічної суміші тонкодисперсних порошків вихідних компонентів готують суспензію, яку наносять на очищену поверхню металу. Потім покриття сушать і обпалюють в захисному середовищі, наприклад водні, аргоні або вакуумі (10^{-2} мм рт. ст.) при температурі 1280-1340 °С. Композитний металокерамічний матеріал на основі вольфраму використовують, наприклад, як покриття для захисту поверхонь сталевих виробів від газоабразивного та інших видів зносу [Металлокерамический материал на основе вольфрама: А.с. 377387 СССР, МКИ С 22с 27/00 / Л.А. Иванов, Г.П. Пархоменко, П.М. Несвит, В.Н. Радзиевский, Ю.Н. Бузовский, А.А. Аппен, Е.А. Антонова (СССР). - № 1679948/22-1; Заявлено 12.07.71; Опубл. 17. 04. 73, Бюл. № 18. - 2 с].

Найбільш близьким до корисної моделі, що заявляється, є спосіб нанесення спеченого покриття з композитного матеріалу, в якому наповнювачем служить твердосплавна суміш ВК6, а легкоплавким зв'язком - твердий розчин системи Ni - Cr-Si - В. Покриття наносять на робочі поверхні деталей шлікерним методом. Кращу зносостійкість проти ерозійного зносу показали зразки зі сталі 30ХГСА з покриттям складу 10 ваг. % 1М + 90 % ВК6, де 1М - 70 % Ni, 20 % Cr, 5 % Si, 5 % В (ваг. %). Твердість нанесеного шару покриття 85-86 HRA (1050-1100HV) [Л.А. Иванов, Г.П. Пархоменко. Спеченное покрытие для деталей, работающих в условиях эрозионного износа // Порошковая металлургия. - 1974, - № 2. - С. 90-94]. (Прототип).

Вироби, оброблені зазначеним способом, мають недостатню надійність і довговічність, внаслідок того, що при руйнуванні сформованого шлікерного покриття відбувається відмова їх працездатності.

Всі методи контролю формування шлікерних покриттів не можуть дати повної гарантії якості зчеплення матеріалу, що наноситься, з підкладкою. Як правило, перед нанесенням шлікерного покриття проводиться очистка поверхні. На майданчиках фактичного контакту поверхонь діють сили молекулярного тяжіння. Перехідний шар, який зумовлює міцний механічний зв'язок, при цьому відсутній, що негативно впливає на якість адгезії в цілому.

Крім того, вказаний спосіб є досить дорогим і трудомістким через процеси виготовлення, нанесення і відпалу покриттів.

В основу корисної моделі поставлена технічна задача створення вдосконаленого способу захисту сталевих виробів від абразивного та інших видів зносу шляхом нанесення на їх зношувані поверхні зносостійких композитних покриттів, який би підвищив якість деталей, забезпечив здатність чинити опір зношуванню, гарантував надійність і довговічність їх роботи, знизив трудомісткість і вартість виготовлення.

Поставлену задачу вирішують тим, що композитне зносостійке покриття на зношувані поверхні сталевих деталей наносять методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) поверхні, тобто забезпечують процес перенесення матеріалу на оброблювану поверхню іскровим електричним розрядом [Назаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - М.: Машиностроение, 1976. - 46 с.] із застосуванням в якості електродів з композитного матеріалу, що складається з >10-30 ваг. % суміші 1М і 70 - <90 ваг. % суміші ВК6, при цьому 1М включає 70 ваг. % Ni, 20 ваг. % Cr, 5 ваг. % Si, 5 ваг. % В, при енергіях імпульсу $W_p=0,35-0,42$ Дж.

Метод ЕЕЛ є одним з найбільш простих і доступних з технологічної точки зору. До основних особливостей ЕЕЛ слід віднести наступне: локальну обробку поверхні - легування можна здійснювати в строго зазначених місцях від часток міліметра і більше, не захищаючи при цьому решту поверхні деталі; високу міцність зчеплення нанесеного матеріалу з основою; відсутність нагріву деталі в процесі обробки; можливість використання як обробних матеріалів як чистих металів, так і сплавів з різним ступенем легування, металокерамічних композицій, тугоплавких сполук і т.п.; відсутність необхідності спеціальної попередньої обробки поверхні.

Метод ЕЕЛ є універсальним, він використовується для:

- збільшення твердості, корозійної стійкості, зносо- і жаростійкості;
- зниження здатності до схоплювання поверхонь при терті;
- відновлення розмірів інструменту, деталей машин і механізмів;
- проведення на оброблюваній поверхні мікрометалургійних процесів для утворення на ній необхідних хімічних сполук;
- створення на робочій поверхні перехідних шарів певної шорсткості і ін.

Створено спосіб підвищення зносостійкості сталевих виробів, який, як і відомі, включає нанесення на зношувані поверхні сталевих виробів зносостійкого композитного матеріалу, що складається з твердосплавної суміші ВК6 і легкоплавкої суміші М1, але в якому, відповідно до корисної моделі, зношувану поверхню виробу покривають шаром індію методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) при енергії імпульсу $W_p=0,01-0,03$ Дж, після чого на вкриті індієм поверхню наносять зносостійкий композитний матеріал, при цьому композитний матеріал наносять методом ЕЕЛ з застосуванням електрода, попередньо виготовленого із зносостійкого композитного матеріалу складу > 10-30 ваг. % суміші 1М і 70 - <90 ваг. % суміші ВК6, причому ЕЕЛ здійснюють при енергії імпульсу $W_p=0,35-0,42$ Дж.

При цьому електрод виготовляють з композитного матеріалу, отриманого методом порошкової металургії

Враховуючи позитивний досвід використання спечених покриттів, в якому наповнювачем служить твердосплавна суміш ВК6, а легкоплавким зв'язком - твердий розчин системи Ni - Cr-Si - В [Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами: навчальний посібник / Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Марцинковський В.С., та ін.]; за ред. проф. В.Б. Тарельника. - Суми: Університетська книга, 2011. - 189 с.] і деталей машин [Триботехнологія деталей машин: навчальний посібник / Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Марцинковський В.С., Антошевський Богдан. - Суми: Видавництво "МакДен", 2010. - 264 с.], авторами досліджувалася можливість застосування вищевказаного матеріалу як електродів для ЕЕЛ.

Багатокомпонентну суміш для виготовлення електродів отримували окремо, готуючи тонкодисперсні суміші 1М і ВК6.

Суміш 1М готувалася з тонкодисперсних порошків Ni, Cr, Si, В з розмірами частинок не більше 40 мкм. Порошки просушують в сушильних шафах при 150-200 °С, просівали через сито 0075, завантажувалося необхідну кількість їх відповідно до рецептури в спеціальний змішувач, і вироблялося механічне змішування протягом 24 год.

Для приготування суміші ВК6 використовувалася готова твердосплавна суміш типу ВК6, яку просушують в вакуумі з розрідженням не менше $1 \cdot 10^{-1}$ мм. рт. ст. при 150 °С, потім просівають через сито 0075. Після того, як твердосплавна і самофлюсуючі суміші готові, їх завантажували в змішувач і піддавали спільному сухому механічному змішуванню протягом 24 год. у таких співвідношеннях: 100 %1М; 50 %ВК6+50 %1М; 60 %ВК6+40 %1М; 70 %ВК6+30 %1М; 80 %ВК6+20 %1М; 90 %ВК6+10 %1М; 100 %ВК6.

Багатокомпонентну суміш для виготовлення електродів отримували окремо, готуючи тонкодисперсні суміші 1М і ВК6.

Суміш 1М готувалася з тонкодисперсних порошків Ni, Cr, Si, В з розмірами частинок не більше 40 мкм. Порошки просушували в сушильних шафах при 150-200 °С, просівали через сито 0075, завантажували їх необхідну кількість відповідно до рецептури в спеціальний змішувач і виконували механічне змішування протягом 24 год.

Для приготування суміші ВК6 використовували готову твердосплавну суміш типу ВК6, її просушували у вакуумі з розрідженням не менше $1 \cdot 10^{-1}$ мм. рт. ст. при 150 °С, потім просівали через сито 0075. Після того, як твердосплавна і самофлюсуюча суміші були готові, їх завантажували в змішувач і піддавали спільному сухому механічному змішуванню протягом 24 годин у таких співвідношеннях: 100 % 1М; 50 %ВК6+50 %1М; 60 % ВК6+40 %1М; 70 %ВК6+30 %1М; 80 %ВК6+20 %1М; 90 % ВК6+10 %1М; 100 %ВК6.

Зазначені суміші замішувалися з пластифікатором (5 %-й розчин синтетичного каучуку в бензині). Заготовки необхідних розмірів пресувалися в формах (тиск пресування 0,7-1,0 т/см²), які потім спікалися при 1400-1500 °С в захисній атмосфері (водень) в печі будь-якої системи, що дозволяє забезпечити задану температуру.

Виготовленими таким чином електродами проводилося ЕЕЛ зразків зі сталі 45 і Р6М5 на установці "УИЛВ-8" на 5-му режимі при $W_p=0,42$ Дж.

Попередні шари з індію і міді наносилися, відповідно, на 2-му і 3-му режимах цієї ж установки при $W_p=0,015$ і 0,02 Дж.

Оцінка якості шару, його суцільність, товщина і будова зон підшару проводились на оптичному мікроскопі "Неофот-2". Одночасно змірювали мікротвердість по глибині шліфа на мікротвердомірі ПМТ-3 вдавлюванням алмазної піраміди під навантаженням 0,05 Н.

З метою вибору покриття для захисту робочих коліс відцентрових компресорів від газоабразивного зносу проводились лабораторні випробування покриттів різних типів на зразках розміром 100×50×6 мм, вирізаних з листової сталі 30ХГС. Зразки випробовували в піскоструминних камерах, працюючих від повітряної магістралі з тиском 600 кН/м², абразивом служив кварцовий пісок з діаметром частинок 0,2 мм. Зразки встановлювалися під сопло апарата на спеціальних підставках під кутами атаки 90 і 45°.

Як матеріали електродів використовувалися тверді сплави ВК6 і Т15К6, сплави 1М, і 90 %ВК6+10 %1М. Зміцнення зразків виконували на установці "УИЛВ-8" з ручним вібратором при $W_p=0,42$ Дж.

Для порівняння випробовували зразки з нанесеним покриттям (по троє зразків на серію) і еталонні зразки зі сталі 30ХГС без покриття, термооброблені по режиму (НВ 296-302 при σ_T не більше 784 Мн/м^2 і δ не менше 15 %). Зносостійкість зразків оцінювали по втраті ваги.

Зносостійкість металорізального інструменту зі швидкорізальної сталі Р6М5, зміцненого методом ЕЕЛ електродами, виготовленими з твердого сплаву ВК6 і сплаву 1М в різних співвідношеннях, досліджувалася в умовах виробництва.

На фіг. 1 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з композиційного матеріалу, що складається з 50 %ВК6 і 50 %1М.

На фіг. 2 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з композиційного матеріалу, що складається з 60 % ВК6 і 40 %1М.

На фіг. 3 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з композиційного матеріалу, що складається з 70 %ВК6 і 30 %1М.

На фіг. 4 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з композиційного матеріалу, що складається з 80 %ВК6 і 20 %1М.

На фіг. 5 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з композиційного матеріалу, що складається з 90 %ВК6 і 10 %1М.

На фіг. 6 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з 100 %ВК6.

На фіг. 7 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з 100 %1М.

На фіг. 8 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з $\text{Cu}+100\%1\text{М}$.

На фіг. 9 зображена мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після ЕЕЛ електродами, виготовленими з $\text{In}+90\% \text{ВК6}+10\%1\text{М}$.

На фіг. 7, 8 і 9 показані, відповідно, мікроструктури покриття сплавів: 1М; 1М з попереднім нанесенням міді і 90 %ВК6+10 %1М з попереднім нанесенням індію. Результати металографічних досліджень цих покриттів зведені в таблицю 1 Крім того в таблиці 1 представлені результати металографічних досліджень покриттів на сталі Р6М5, що складаються з твердого сплаву ВК6 і сплаву 1М в різних співвідношеннях, а також сплавів 1М і 90 %ВК6+10 %1М з підшаром з індію.

Таблиця 1

Результати металографічних досліджень зразків із сталі 45 і Р6М5 з композиційними електроерозійними покриттями

Матеріал зразка	Матеріал покриття	Товщина шару, мкм	Мікротвердість, $H_{\text{В}}$, МПа	Суцільність, %
Сталь 45	50 %ВК6+50 %1М	5-50	8900	75
Те ж	60 %ВК6+40 %1М	5-45	11500	75
Те ж	70 %ВК6+30 %1М	10-40	12300	75
Те ж	80 %ВК6+20 %1М	10-40	13250	80
Те ж	90 %ВК6+10 %1М	10-40	14200	80
Те ж	100 %ВК6	10-30	12500	80
Те ж	100 %1М	40-75	8350	60
Те ж	$\text{Cu}+100\%1\text{М}$	20-25	6030	85
Те ж	$\text{In}+90\% \text{ВК6}+10\%1\text{М}$	15-20	13250	90
Р6М5	100 % 1М	50-75	11500	90
Те ж	50 %ВК6+50 %1М	40-50	12000	70
Те ж	60 %ВК6+40 %1М	30-40	12500	75
Те ж	70 %ВК6+30 %1М	25-35	13000	80
Те ж	80 %ВК6+20 %1М	25-35	13500	80
Те ж	90 %ВК6+10 %1М	20-30	14200	85
Те ж	$\text{In}+100\%1\text{М}$	10-15	12250	90
Те ж	$\text{In}+90\% \text{ВК6}+10\%1\text{М}$	15-20	13250	90

В результаті аналізу табл. 1 встановлено, що найбільш переважним є застосування електродів з матеріалу складу (10-30) ваг. % 1М+(70-90) ваг. % ВК6, що дозволяють формувати поверхневий шар з мікротвердістю 12300-14200 МПа. Підшар з індію, знижуючи шорсткість покриття складу 90 % ВК6+10 % 1М з $R_a=3,5-4,2$ мкм до $R_a=0,6-0,9$ мкм і збільшуючи суцільність з 80 до 90 %, незначно знижує його мікротвердість до 13250 МПа. Слід зазначити, що ЕЕЛ електродами, виготовленими зі сплаву 1М, дозволяє формувати покриття товщиною до 75 мкм з мікротвердістю до 8350 МПа (див. фіг. 1, ж).

Результати зносу зразків в піскоструминних камерах, працюючих від повітряної магістралі з тиском 600 кН/м^2 , як зміцнених, так і не зміцнених, занесені в таблицю 2.

З метою визначення найбільш переважного матеріалу покриття металорізального інструменту, в СМНВО ім. М.В. Фрунзе (м. Суми) випробовувалися кінцеві фрези $\varnothing 36$ мм зі сталі Р6М5 при фрезеруванні пазів в деталі диску на верстаті з ЧПУ мод. 654Ф3. Фрези зміцнювали методом ЕЕЛ на установці "УИЛВ-8" при $W_p=0,42$ Дж. Результати випробувань занесені в таблицю 3.

Таблиця 2

Результати порівняльних випробувань на ерозійний знос зразків зі сталі 30ХГСА

Матеріал покриття	Втрата ваги, г	Тривалість випробування, год.	Кут атаки, градус
Без покриття	51	1	45
Без покриття	38	1	90
ВК6	29	1	45
ВК6	21	1	90
Т15К6	23	1	45
Т15К6	17	1	90
1М	27	1	45
1М	20	1	90
90 %ВК6+10 %1М	16	1	45
90 %ВК6+10 %1М	11	1	90

Таблиця 3

Результати порівняльних виробничих випробувань стійкості кінцевих фрез при обробці сталі 09ХА15Н8Ю

Матеріал електроду	Кількість виготовлених деталей	Коефіцієнт зростання стійкості
-	1,0	1,0
-	1,0	1,0
-	1,0	1,0
70 %ВК6+30 %1М	3,0	3,0
70 %ВК6+30 %1М	3,1	3,1
70 %ВК6+30 %1М	3,2	3,2
80 %ВК6+20 %1М	3,5	3,5
80 %ВК6+20 %1М	3,5	3,5
80 %ВК6+20 %1М	3,6	3,6
90 %ВК6+10 %1М	4,0	4,0
90 %ВК6+10 %1М	4,2	4,2
90 %ВК6+10 %1М	4,1	4,1
ВК6	1,7	1,7
ВК6	1,9	1,9
ВК6	2,0	2,0

Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Застосування нових матеріалів електродів складу (10-30) ваг. % 1М+(70-90) ваг. % ВК6, отриманих способом порошкової металургії, дозволяє формувати методом ЕЕЛ поверхневий шар з мікротвердістю 12300-14200 МПа.

2. Підшар з індію знижує шорсткість покриття з $R_a=3,5-4,2$ мкм до $R_a=0,6-0,9$ мкм, збільшує суцільність з 80 до 90 % і незначно знижує його мікротвердість до 13250 МПа.

3. Стійкість проти ерозійного зносу зразків зі сталі 30ХГСА з ЕЕЛ покриттям 90 %ВК6+10 %1М в 3,5 рази вище, ніж без покриття в стані термообробки і, відповідно, в 1,9; 1,5 і 1,7 разів вище, ніж у зразків, зміцнених твердим сплавом ВК6, Т15К6 і 1М. Зносостійкість зразків, розташованих під кутом 90° , вище, ніж у зразків, розташованих під кутом 45° .

4. Застосування електродів складу 90 %ВК6+10 %1М при нанесенні методом ЕЕЛ на різальний інструмент дозволяють значно (до 4,2 разів) збільшити його стійкість, порівняно з не зміцненим, що тягне за собою підвищення продуктивності праці та економію дорогих матеріалів.

Тверді зносостійкі покриття з композиційного матеріалу, що складається з твердого сплаву ВК6 і сплаву 1М в різних співвідношеннях, наносяться при енергії імпульсу $W_p=0,35-0,42$ Дж.

Зниження енергії імпульсу супроводжується зменшенням товщини нанесеного шару з 10-40 мкм до 5-15 мкм.

Підвищення енергії імпульсу, наприклад до $W_p=0,49-0,56$ Дж, супроводжується різким збільшенням параметра шорсткості поверхні з $R_a=3,5-4,2$ мкм до $R_a=7,8-10,3$ мкм; і зниженням суцільності покриття до 60 %.

М'який антифрикційний матеріал індію наносять при $W_p=0,01-0,03$ Дж. В даному випадку нижня межа енергії обмежується ефективністю способу. Збільшення енергії імпульсу вище верхньої межі призводить до зростання температури електрода - інструмента з індію і його інтенсивного руйнування (температура плавлення індію 157°C).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб підвищення зносостійкості сталевих виробів, який включає нанесення на зношувані поверхні сталевих виробів зносостійкого композитного матеріалу, що складається з твердосплавної суміші ВК6 і легкоплавкої суміші М1, який **відрізняється** тим, що зношувану поверхню виробу покривають шаром індію методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) при енергії імпульсу $W_p=0,01-0,03$ Дж, після чого на вкриту індієм поверхню наносять зносостійкий композитний матеріал, при цьому композитний матеріал наносять методом ЕЕЛ із застосуванням електрода, попередньо виготовленого зі зносостійкого композитного матеріалу складу >10-30 ваг. % суміші 1М і 70-<90 ваг. % суміші ВК6, причому ЕЕЛ здійснюють при енергії імпульсу $W_p=0,35-0,42$ Дж.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що електрод виготовляють з композитного матеріалу, отриманого методом порошкової металургії.



Fig. 1

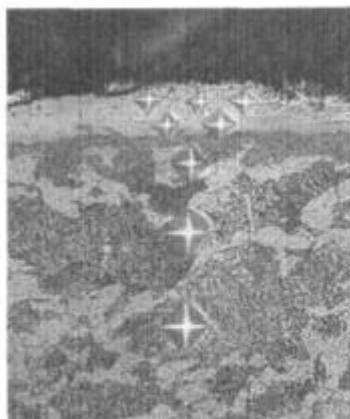


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

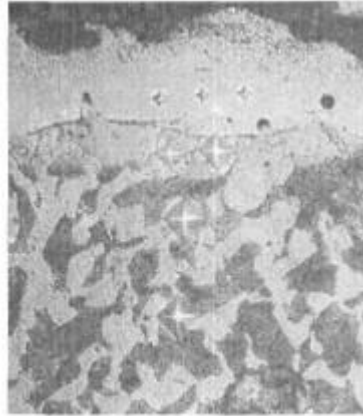


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

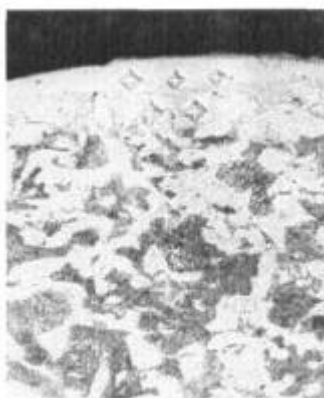


Fig. 9

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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

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