



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 98520

(13) C2

(51) МПК

B02C 19/18 (2006.01)

B22F 9/14 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2010 08652	(72) Винахідник(и):	Сизоненко Ольга Миколаївна (UA), Тафтай Едуард Іванович (UA), Райченко Олександр Іванович (UA), Баглюк Геннадій Анатолійович (UA), Торпаков Андрій Сергійович (UA), Липян Євген Васильович (UA), Зайченко Андрій Дмитрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	12.07.2010	(73) Власник(и):	Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, пр. Жовтневий, 43-а, м. Миколаїв, 54018 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.05.2012	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	SU 126350; 15.05.1983 RU 2045348 C1; 10.10.1995 UA 57769; 15.07.2003 SU 940842 A1; 07.07.1982 RU 2038151 C1; 27.06.1995 GB 2342304 A; 12.04.2000 US 5826806 A; 27.10.1998
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.01.2012, Бюл.№ 2		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.05.2012, Бюл.№ 10		

## (54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНИХ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ

### (57) Реферат:

Винахід належить до способів одержання тонкодисперсних металевих порошків і може бути використаний при виробництві композиційних матеріалів, інструментів, сонячних батарей, фільтрів, присадок до змащувальних мастил, фарбувальних пігментів, компонентів високоміцних припоїв та ін. В способі одержання тонкодисперсних металевих порошків, який включає диспергування вихідного матеріалу шляхом дії на нього високовольтними імпульсними розрядами в рідині з параметрами, що встановлюють попередньо в залежності від границі міцності вихідного матеріалу на розтягування, згідно з винаходом, дію здійснюють з напругою  $\geq 50$  кВ та індуктивністю розрядного контуру  $\leq 0,5$  мкГн з питомою енергією від 700 до 2000 кДж/л. Технічний результат: дозволить впливати на оброблювані металеві порошки високовольтними імпульсними ударами з параметрами пікового тиску, які перевищують параметри міцності матеріалу та з питомою енергією, яка забезпечить розвиток радіальних тріщин у більшості частинок матеріалу, і за рахунок цього забезпечити високий ступінь диспергування і отримання порошку з великим вмістом тонкодисперсних фракцій частинок.

UA 98520 C2

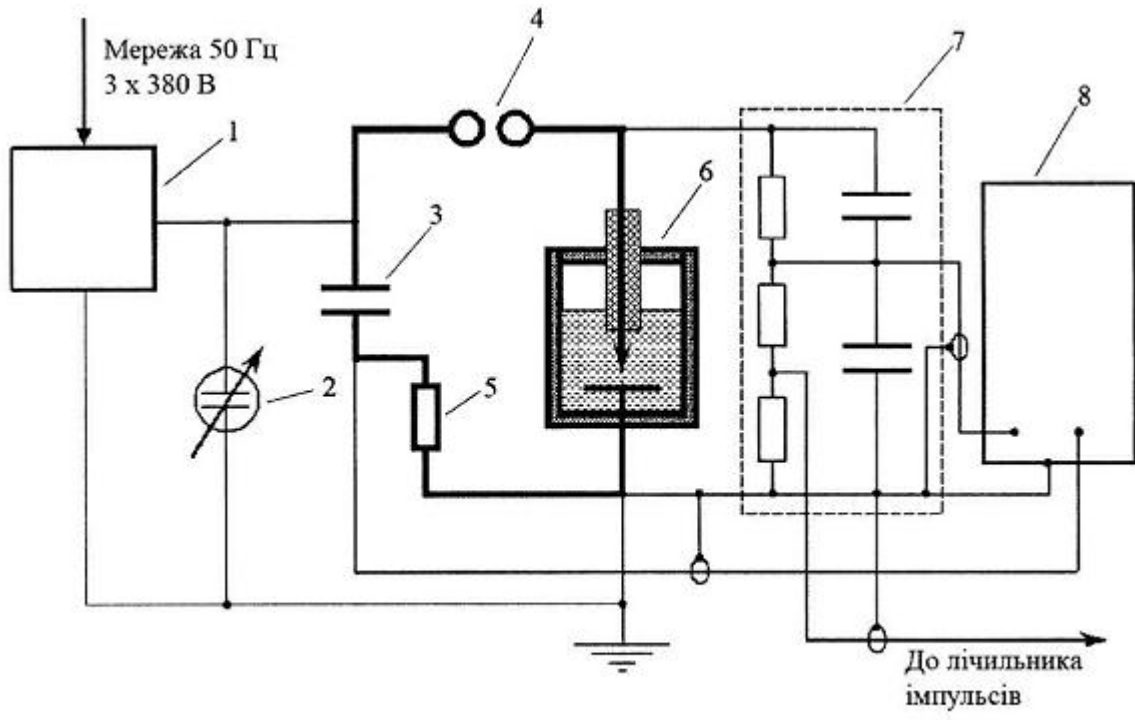


Fig. 1

Винахід належить до систем, які використовують для одержання тонкодисперсних металевих порошків, а саме для підвищення дисперсності металевих порошків, які використовують при виробництві композиційних матеріалів, інструментів, сонячних батарей, фільтрів, присадок до змащувальних мастил, фарбувальних пігментів, компонентів високоміцних припоїв та ін.

Аналогом способу, що заявляється, є спосіб дроблення крихких матеріалів, їх карбідів і т.п. струмопровідних матеріалів (А. с. СРСР № 126350, МКІ В02С 19/18, опубл. 1983, бюл. №18) шляхом використання електрогідравлічних ударів, що виникають в результаті імпульсних електричних розрядів високої напруги у рідині, що наповнює посудину з встановленими в ній електродами, що загрузається подрібнюваним матеріалом, розряди виконують над шаром матеріалу, що підтримують у посудині на одному рівні.

Ознакою, яка збігається з суттєвою ознакою винаходу, що заявляється, є:

- дія на оброблювані металеві порошки високовольтними імпульсними розрядами у рідині.

Причиною, яка перешкоджає одержанню очікуваного технічного результату, є те, що затрати енергії складають 300 кВт год. на тонну оброблюваного матеріалу.

Як прототип вибрано спосіб руйнування гірських порід та штучних матеріалів (патент РФ №2045348, МПК (2006) В02С 19/18, опубл. 10.10.1995 р.) що включає диспергування вихідного матеріалу шляхом дії на нього високовольтними імпульсними розрядами в рідині з параметрами, що встановлюють попередньо в залежності від границі міцності вихідного матеріалу на розтягування. Матеріал, який руйнується, поміщують в рідину між електродами, на які подають електричні імпульси з амплітудою напруги, достатньою для пробою матеріалу. Імпульси подають зі швидкістю зростання напруги не меншою 1000 кВ/мкс.

Ознакою, яка збігається з суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, є диспергування вихідного матеріалу шляхом дії на нього високовольтними імпульсними розрядами в рідині з параметрами, що встановлюють попередньо в залежності від границі міцності вихідного матеріалу на розтягування.

Причиною, що перешкоджає одержанню очікуваного технічного результату, є те що подрібнюються лише ті частинки матеріалу, через які безпосередньо пролягає канал розряду.

В основу винаходу, що заявляється, поставлено задачу удосконалити спосіб одержання тонкодисперсних металевих порошків шляхом визначення параметрів розрядного контуру та режимів обробки, які дозволять впливати на оброблювані металеві порошки високовольтними імпульсними ударами з параметрами пікового тиску, які перевищують параметри міцності матеріалу та з питомою енергією, яка забезпечить розвиток радіальних тріщин у більшості частинок матеріалу, і за рахунок цього забезпечити високу ступінь диспергування і отримання порошку з великим вмістом тонкодисперсних фракцій частинок.

Суть винаходу полягає в тому, що в способі одержання тонкодисперсних металевих порошків, який включає диспергування вихідного матеріалу шляхом дії на нього високовольтними імпульсними розрядами в рідині з параметрами, що встановлюють попередньо в залежності від границі міцності вихідного матеріалу на розтягування, згідно з винаходом, дію здійснюють з напругою  $\geq 50$  кВ та індуктивністю розрядного контуру  $\leq 0,5$  мкГн з питомою енергією від 700 до 2000 кДж/л.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між ознаками способу, що заявляється, і технічним результатом, що досягається, необхідно відзначити, що відмінні ознаки способу "дію здійснюють з напругою  $\geq 50$  кВ та індуктивністю розрядного контуру  $\leq 0,5$  мкГн з питомою енергією від 700 до 2000 кДж/л" дозволять впливати на оброблюваний матеріал високовольтними імпульсними розрядами з параметрами пікового тиску у хвилі стиснення, які перевищують границю міцності оброблюваного порошку, і за рахунок цього забезпечити ефективне подрібнення матеріалу з отриманням тонкодисперсного металевого порошку.

Визначення характеристик розрядного контуру, використаного для дії на оброблювані металеві порошки високовольтними імпульсними розрядами в рідині здійснювалось на основі експериментальних досліджень, які проводились над представниками різних типів металевих порошків з варіюванням різними параметрами обробки.

Підбір параметрів обробки виконувався, виходячи з виразу  $\sigma_p < P$ , де  $\sigma_p$  - границя міцності матеріалу на розтягування, Па,  $P$  - максимум тиску у хвилі стиснення, який в значній мірі залежить від напруги та індуктивності розрядного контуру.

При питомій енергії високовольтних імпульсних розрядів нижче 700 кДж/л рівня циклічних динамічних навантажень не достатньо для розвинення радіальних тріщин у більшості частинок оброблюваного матеріалу, тому диспергування відбувається в дуже незначних обсягах. При питомій енергії вище 2000 кДж/л, як було показано експериментально дисперсність отриманого

металевого порошку значно не відрізняється від дисперсності порошку, обробленого при питомій енергії 2000 кДж/л.

При індуктивності розрядного контуру вище 0,5 мкГн та напрузі нижче 50 кВ значення пікового тиску у каналі розряду та хвилі стиснення не перебільшує границь міцності більшості досліджених металевих порошків, тому подрібнюються лише частинки із значними дефектами і ушкодженнями, що не дозволяє отримати в результаті обробки тонкодисперсний порошок. Таким чином, сукупність відмінних ознак способу, що заявляється, з відомими істотними ознаками дозволить впливати на оброблювані металеві порошки високовольтними імпульсними ударами з параметрами пікового тиску, які перевищують параметри міцності матеріалу та з питомою енергією, яка забезпечить розвиток радіальних тріщин у більшості частинок матеріалу, і за рахунок цього забезпечити високий ступінь диспергування і отримання порошку з великим вмістом тонкодисперсних фракцій частинок.

Суть винаходу пояснюється кресленням, де на фіг. 1 приведено пристрій, що реалізує спосіб,

на фіг. 2 - експериментальний графік залежності середнього діаметру частинок порошку 75 % Fe + 20 % Ti + 5 % B<sub>4</sub>C (D<sub>н</sub>) від питомої енергії обробки (W<sub>пит</sub>) при однакових інших параметрах впливу,

на фіг. 3 - експериментальний графік залежності середнього діаметру частинок порошку 75 % Fe + 20 % Ti + 5 % B<sub>4</sub>C (D<sub>н</sub>) від максимуму тиску у каналі розряду (P<sub>к</sub>) при однаковій питомій енергії обробки,

на фіг. 4 - просторовий розподіл пікового тиску хвилі стиснення в площині, перпендикулярній екваторіальній площині розряду у зоні, віддаленій від центру каналу розряду на 5 мм при обробці металевих порошків у режимі із напругою 50 кВ та індуктивністю розрядного контуру 0,5 мкГн.

Пристрій, показаний на фіг. 1, містить енергетичну частину 1, кіловольтметр 2, накопичувальну ємність 3, повітряний розрядник 4, шунт 5, робочу камеру 6, дільник напруг 7, запам'ятовуючий осцилограф 8.

Спосіб здійснюють таким чином.

Оброблюваний металевий порошок засипають у камеру 6, яка після цього заповнюється заданим об'ємом робочої рідини та герметизується. Після цього у камері проводять високовольтні електричні розряди кількістю, достатньою для отримання питомої енергії обробки від 100 до 2000 кДж/л.

Для визначення параметрів розрядного контуру і режиму обробки, необхідних для досягнення високого ступеню диспергування, були проведені дослідження, в яких дія високовольтними імпульсними розрядами була направлена на водні та вуглеводневі суспензії металевих порошків та композиційних порошків, що містять вуглець та метал.

Оскільки в результаті електричного розряду виникає хвиля стиснення, тиск в якій може бути недостатнім для диспергування оброблюваного порошку, виникла необхідність, виходячи з характеристик міцності оброблюваних порошків, визначити тиск у каналі розряду та просторову картину розподілу тиску у хвилі стиснення.

Виходячи з цього, після герметизації розрядної камери 6 високовольтні електричні розряди здійснюють з напругою  $\geq 50$  кВ та індуктивністю розрядного контуру  $\leq 0,5$  мкГн, а варіюючи кількість розрядів та ємність накопичувача 3, забезпечують питому енергію обробки від 700 до 2000 кДж/л. Гідродинамічні процеси, що супроводжують розряд, характеризуються ударною хвилею, під дією якої відбувається ефективна диспергація оброблюваного металевого порошку.

Спосіб було реалізовано при обробці порошку 75 % Fe+20 % Ti+5 % B<sub>4</sub>C, границі міцності для складових частин якого складають для B<sub>4</sub>C  $\sigma_p = 73$  МПа, для Fe -  $\sigma_p = 250$  МПа та для Ti -  $\sigma_p = 340$  МПа в режимі, який забезпечує тиск в каналі розряду P<sub>к</sub>=960 МПа (L=0,5 мкГн, U=50 кВ) при W<sub>пит</sub>=2000 кДж дозволила знизити середній діаметр частинок порошку з D<sub>н</sub>= 30 мкм до D<sub>н</sub> = 2,1 мкм, при цьому 43 % частинок порошку після обробки знаходяться в розмірному діапазоні до 0,5 мкм, що свідчить про високий рівень диспергування. При обробці цього порошку в режимі, який забезпечує близький до попереднього режиму тиск в каналі розряду P<sub>к</sub> =940 МПа (L=0,5 мкГн, U=50 кВ), але питома енергія в якому становить W<sub>пит</sub> =4000 кДж, середній діаметр частинок порошку знижується до D<sub>н</sub>= 2,15 мкм, тобто результат обробки значно не відрізняється від обробки у режимі з близьким значенням тиску в каналі розряду та W<sub>пит</sub> =2000 кДж (див. фіг. 2). Як видно із графіка, приведенного на фіг. 2, при W<sub>пит</sub> ≈ 2000 кДж/л досягається найбільше зниження розмірів частинок порошку і подальше збільшення питомої енергії не покращує якості диспергування.

Обробка цього ж порошку в режимі з P<sub>к</sub> =503 МПа (L=0,5 мкГн, U=25 кВ) при W<sub>пит</sub> =4000 кДж показує зниження середнього діаметру лише до D<sub>н</sub>= 5,5 мкм, що свідчить про меншу

ефективність диспергування в цьому режимі, ніж у режимах із більшим значенням тиску в каналі розряду, (див. фіг 3). Графік, приведений на фіг. 3, свідчить, що для досягнення суттєвого диспергування ( $D_n \leq 10 \text{ мкм}$ ) тиск в каналі розряду має бути не меншим за 370 МПа, що пов'язано із границями міцності оброблюваного порошку, а збільшення тиску в каналі розряду

приводить до зменшення середнього діаметру частинок оброблюваного порошку. Рівень тиску в каналі розряду, достатній для диспергування, забезпечується згідно з формулою:

$$P_k = P_a \cdot b_0(\eta), \quad (1)$$

де  $P_a$  - проміжний коефіцієнт тиску, що визначається за формулою(2),

$b_0(\eta)$  - безрозмірна функція, пов'язана з часткою енергії, що виділяється в першому півперіоді току розряду,

$$P_a = \left( \frac{\rho_0 U^2}{L \cdot \ell} \right)^{0,5}, \quad (2)$$

де  $\rho_0$  - щільність робочого середовища,  $\text{кг/м}^3$ ;

$U$  - робоча напруга, В;

$L$  - індуктивність розрядного контуру, Гн;

$\ell$  - довжина розрядного проміжку, м.

Таким чином, для збільшення тиску в каналі розряду необхідно збільшувати робочу напругу та зменшувати індуктивність робочого контуру.

При цьому експериментально встановлено, що піковий тиск в каналі розряду, який буде перевищувати границі міцності матеріалу на розтяг, буде забезпечено при встановленні  $U \geq 50 \text{ кВ}$  та  $L \leq 0,5 \text{ мкГн}$ .

Схожі результати отримані і при обробці інших металевих порошків, зокрема таких, як 70 % Fe+25 % Ti+5 % C, для якого границі міцності складають для Fe -  $\sigma_p=250 \text{ МПа}$ , для Ti -  $\sigma_p=340 \text{ МПа}$  та для C -  $\sigma_p=3 \text{ МПа}$ . Обробка в режимі, який забезпечує тиск в каналі розряду  $P_k=1007 \text{ МПа}$  ( $L=0,5 \text{ мкГн}$ ,  $U=50 \text{ кВ}$ ), дозволила зменшити середній діаметр частинок порошку від  $D_n=15 \text{ мкм}$  до  $D_n=1,5 \text{ мкм}$ , тоді як обробка з тиском у каналі  $P_k=888 \text{ МПа}$  ( $L=0,8 \text{ мкГн}$ ,  $U=50 \text{ кВ}$ ) приводить до зниження середнього діаметру лише до  $D_n=2,5 \text{ мкм}$ .

Обробка порошку 80 % Fe+20 % TiC, для якого границі міцності складають для Fe -  $\sigma_p=250 \text{ МПа}$  та для TiC -  $\sigma_p=560 \text{ МПа}$  у режимі з  $P_k=1089 \text{ МПа}$  ( $L=0,5 \text{ мкГн}$ ,  $U=50 \text{ кВ}$ ) при  $W_{\text{пит}}=1000 \text{ кДж}$  приводить до зниження середнього діаметру частинок порошку від  $D_n=6 \text{ мкм}$  до  $D_n=1,75 \text{ мкм}$ .

Обробка порошку 70 % Cr+22 % Fe+8 % C, для якого границі міцності складають для Cr -  $\sigma_p=600 \text{ МПа}$ , для Fe -  $\sigma_p=250 \text{ МПа}$ , та для C -  $\sigma_p=3 \text{ МПа}$  у режимі з  $P_k=900 \text{ МПа}$  ( $L=0,5 \text{ мкГн}$ ,  $U=50 \text{ кВ}$ ) при  $W_{\text{пит}}=1250 \text{ кДж}$  приводить до зниження середнього діаметра частинок порошку від  $D_n=3,8 \text{ мкм}$  до  $D_n=1,3 \text{ мкм}$ , тоді як обробка у такому ж режимі, але з  $W_{\text{пит}}=2000 \text{ кДж}$ , приводить до більш значного диспергування, дозволяючи отримати порошок із  $D_n=0,9 \text{ мкм}$ .

Як видно із поля тисків, приведенного на фіг. 4, рівень тиску хвилі стиснення при ЕР обробці порошків у режимі із  $L=0,5 \text{ мкГн}$ ,  $U=50 \text{ кВ}$  є достатнім для подрібнення частинок порошку ще на деякій відстані від каналу розряду, тому зона, в якій відбувається диспергація порошку, не обмежується каналом розряду.

Таким чином використання способу дозволить впливати на оброблювані металеві порошки високовольтними імпульсними ударами з параметрами пікового тиску, які перевищують параметри міцності матеріалу, та з питомою енергією, яка забезпечить розвиток радіальних тріщин у більшості частинок матеріалу, і за рахунок цього забезпечити високий ступінь диспергування і отримання порошку з великим вмістом тонкодисперсних фракцій частинок.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб одержання тонкодисперсних металевих порошків, який включає диспергування вихідного матеріалу шляхом дії на нього високовольтними імпульсними розрядами в рідині з параметрами, що встановлюють попередньо в залежності від границі міцності вихідного матеріалу на розтягування, який **відрізняється** тим, що дію здійснюють з напругою  $\geq 50 \text{ кВ}$  та індуктивністю розрядного контуру  $\leq 0,5 \text{ мкГн}$  з питомою енергією від 700 до 2000 кДж/л.

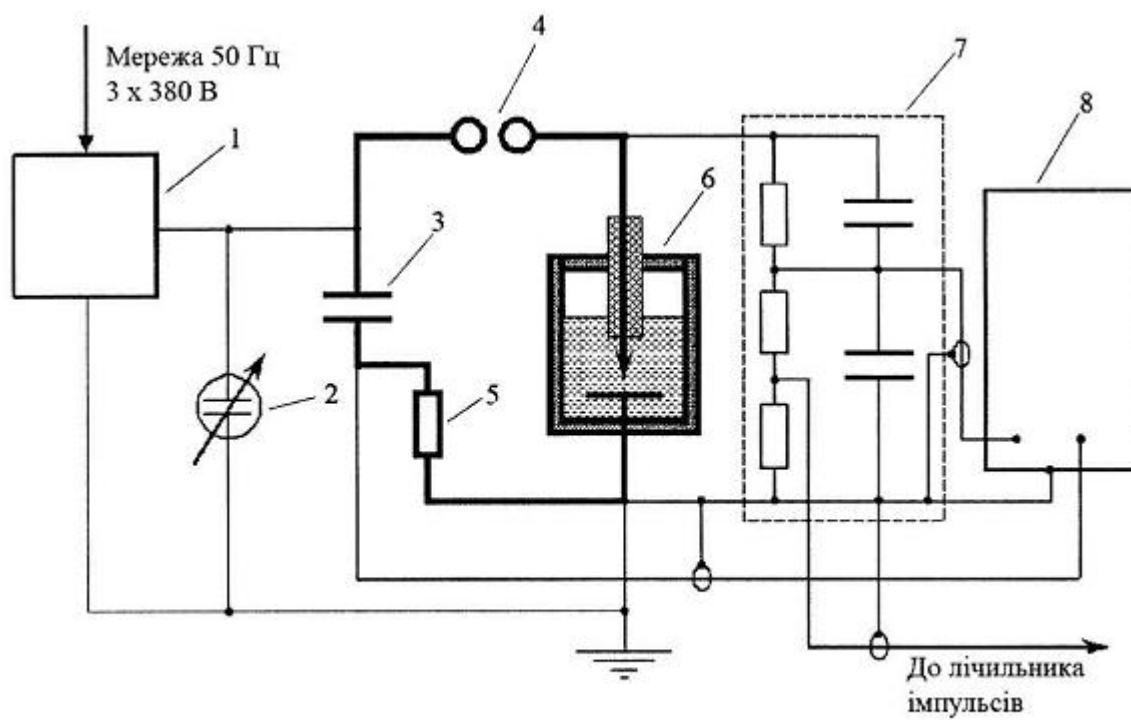


Fig. 1

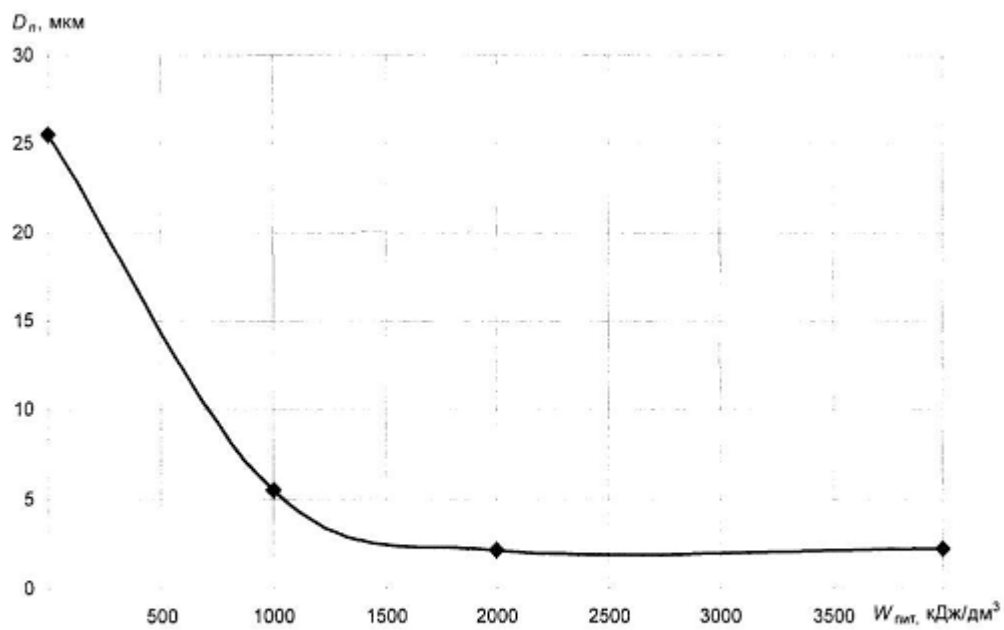
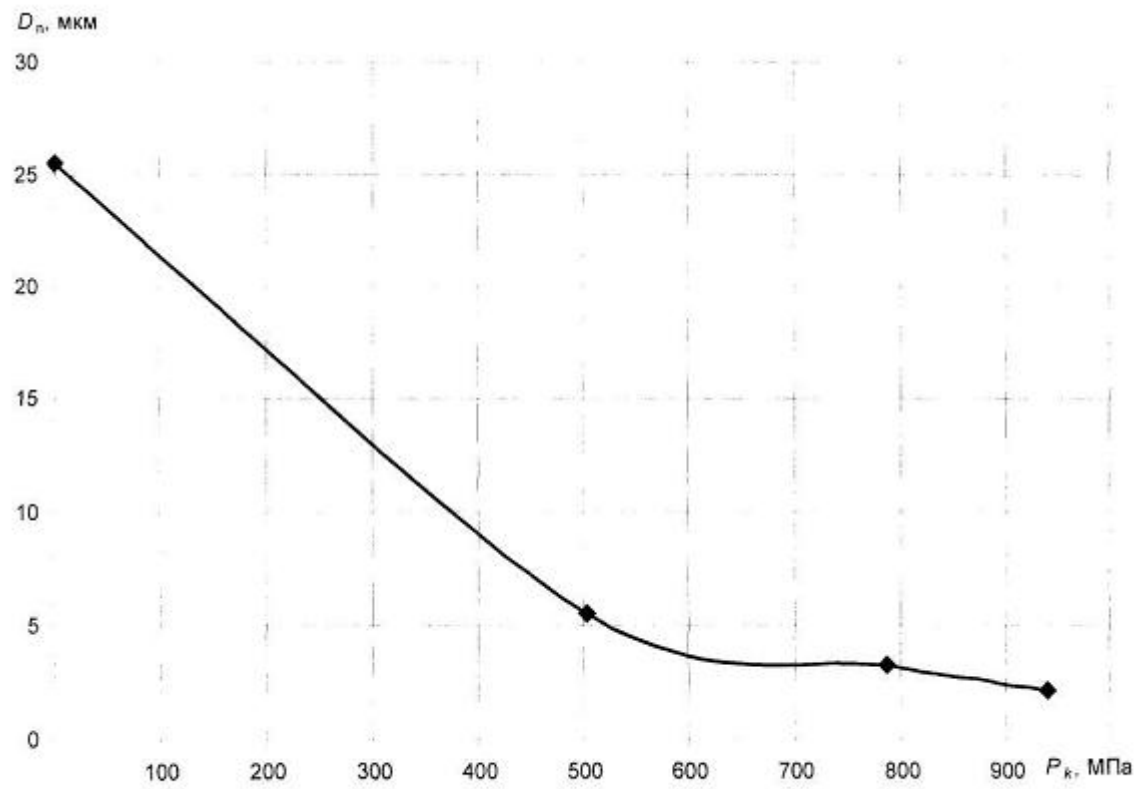


Fig. 2



Фиг. 3

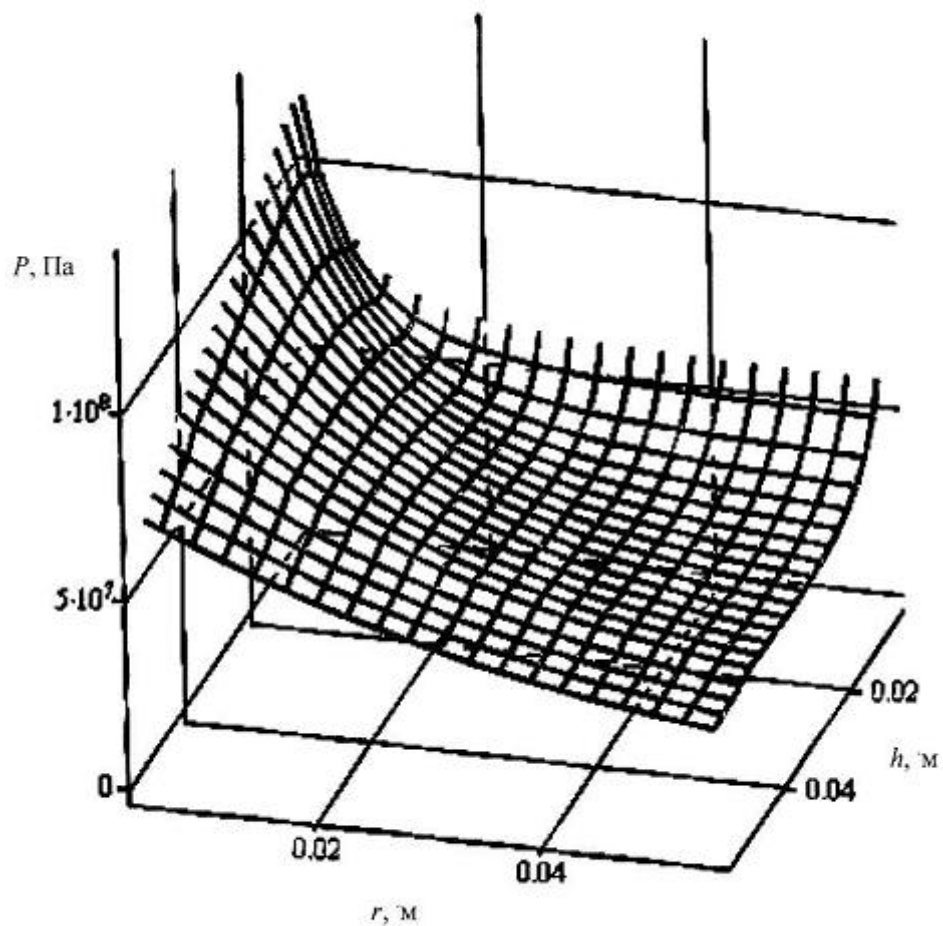


Fig. 4

---

Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

---

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