



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40142 (13) A

(51) 7 B22F3/03

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

(21) 2000073921

(22) 04.07.2000

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Потапкін Віктор Федорович, Лаптев Олександр Михайлович, Сатонін Олександр Володимирович, Грибков Едуард Петрович, Воробйов Юрій Анатолійович

(73) Донбаська державна машинобудівна академія, UA

(57) 1. Установа для експериментального визначення фізико-механічних властивостей порошкових матеріалів, що включає плаваючу матрицю з циліндричною внутрішньою поверхнею і два пуан-

сони, сполучених із силовимірювальним механізмом, що пресує, яка відрізняється тим, що для спрощення конструкції і підвищення точності результатів експериментальних досліджень, плаваюча матриця виконана роз'ємною, при цьому обидві її половини містять провусини, за допомогою яких вони з'єднані між собою болтовими з'єднаннями, оснащених силовимірювальними месдозами.

2. Установа по п. 1, яка відрізняється тим, що по осі внутрішнього отвору плаваючої матриці розташовано направляючий стрижень діаметром: $D_c = D_m - 2h$, де: h - відстань між пуансонами в їхньому крайньому положенні.

Винахід відноситься до галузі порошкової металургії і може бути використаним для визначення основних показників фізико-механічних властивостей порошкових матеріалів різноманітного складу, як-от, коефіцієнтів степеню, що описують залежності коефіцієнтів α і β від значення відносної щільності композиції, які використовуються в умові пластичності для пористих матеріалів [1]:

$$P^2 - 2 \frac{1-2\alpha}{1+4\alpha} P\sigma + \sigma^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1+\alpha}{1+4\alpha} \beta \sigma_s^2, \quad (1)$$

де: P , σ - нормальні контактні і нормальні осьові напруги, які діють на порошкову композицію, що деформується; σ_s - умовна межа плинності матеріалу основи пористого тіла. Самі ж коефіцієнти α і β у свою чергу визначаються по формулі [1]:

$$\alpha = a(1-\gamma)^m; \beta = \gamma^{2n}, \quad (2)$$

де: a , m , n - постійні коефіцієнти, які визначаються експериментально для кожного типу порошкової композиції; γ - відносна щільність порошкової композиції, яка визначається наступним чином:

$$\gamma = \rho / \rho_m, \quad (3)$$

де: ρ - щільність досліджуваної порошкової композиції; ρ_m - щільність досліджуваної композиції в її монолітному стані.

В даний час з'являється безліч порошкових матеріалів, що відрізняються по складу, опис процесу деформації яких вимагає проведення додаткових експериментів. Відзначено робить доцільним створення експериментальної установки для найбільш точного і по можливості швидкого визначення фізико-механічних властивостей нових порошкових композицій.

Відома установка для визначення фізико-механічних властивостей порошків різноманітного складу [2]. Установка складається з пуансона і закритої матриці. Принцип роботи даної установки полягає в пресуванні порошкового матеріалу в закритій матриці. Знаючи осьові напруги і щільність отриманої заготовки автори визначали функціональний зв'язок максимуму нормальних контактних напруг і величини відносної щільності, що використовується надалі при інженерних розрахунках енергосилових параметрів цілого ряду технологічних процесів, у тому числі і процесу прокатки порошкових матеріалів [2]. Перевага даної установки полягає в простоті конструкції й обробці результатів експериментальних досліджень. До недоліків же варто віднести те, що при проведенні експерименту не враховується наявність радіальних напруг, а також вплив сил зовнішнього тертя. Відзначене призводить до зниження точності одержува-

UA (19) 40142 (13) A

них результатів і не дозволяє використовувати більш точну умову пластичності (1).

Найбільш близькою по технічній суті до даного рішення є установка, яка описана в роботі [1, стор. 54, мал. 2.9], що складається з двох пуансонів, "плаваючої матриці" і штифтової месдозы.

Принцип роботи даної установки полягає в пресуванні порошкової композиції у закритій нероз'ємній матриці. При відомих значеннях осьової і радіальної напруг, що діють на порошкову композицію, а також щільності порошкової композиції до і після деформації можна визначити коефіцієнти a , m , n рівнянь (2) для даної порошкової композиції. Значення осьової сили Y у цій установці визначається за показниками силовимірювача випробувальної машини, а радіальних напруг - за допомогою штифтової месдозы. До недоліків даної установки можна віднести складність виготовлення штифтової месдозы, а також велика похибка виміру радіальних напруг, яка обумовлена влученням порошку в зазор між штифтовою месдозою і корпусом матриці. Крім того, якщо відношення діаметру випробуваної заготовки до її висоти D/h більше одиниці - виникають дотичні напруги на поверхні заготовки, а при $D/h < 1$ - на поверхні контакту заготовки з корпусом матриці, що призводить до збільшення похибки результатів експериментів.

Метою даного винаходу є спрощення конструкції установки і підвищення точності при експериментальному визначенні фізико-механічних властивостей порошкових матеріалів різноманітного складу. Для досягнення даної мети установка виконана у вигляді плаваючої матриці з циліндричною внутрішньою поверхнею і двох пуансонів, сполучених із силовимірювальним механізмом, що пресує. Відмінною рисою цієї установки є те, що плаваюча матриця виконана роз'ємною, при цьому обидві її половини містять провусини, за допомогою яких вони сполучені між собою за допомогою болтових з'єднань, оснащених силовимірювальними месдозами. Це конструктивне рішення виключає можливість контакту порошку з месдозою, що підвищує точність виміру радіальних напруг. Установка відрізняється також тим, що з метою підвищення точності результатів експериментальних досліджень по осі внутрішнього отвору плаваючої матриці розташовано стрижень, що центрує, діаметром: $D_c = D_m - 2h$, де: D_m - діаметр внутрішньої циліндричної поверхні плаваючої матриці; h - відстань між пуансонами в їхньому крайньому положенні. Використання стрижня даного діаметра, що центрує, дозволяє виключити вплив дотичних напруг на контакт заготовки з пуансонами, а також на поверхні контакту заготовки і внутрішньої поверхні матриці, тому що в цьому випадку співвідношення $(D_m - D_c)/(2h)$ дорівнює одиниці [1].

Суть даного винаходу пояснюється малюнками, на яких зображені: на фіг. 1 - загальний вигляд установки; на фіг. 2 - перетин А-А по осі установки; на фіг. 3 - схема визначення σ_{ri} ; на фіг. 4 - залежність $\alpha(\gamma)$ і $\beta(\gamma)$.

Експериментальна установка містить у собі плаваючу роз'ємну матрицю 1, установлену на пружинах 2, і в який розташовані верхній 3 і нижній 4 пуансони, що, у свою чергу, центруються за допомогою стрижня 5. Внутрішній діаметр роз'ємної матриці складає D_m , а зовнішній діаметр стрижня,

що центрує, на його робочій поверхні - D_c . Для зменшення ступеню впливу сил зовнішнього тертя зазначені поверхні, а також відповідні робочі поверхні верхнього і нижнього пуансонів виконані шліфованими і після кожного пресування поверхні піддаються ретельному обезжирюванню. Надійне сполучення двох половин роз'ємної матриці здійснюється за допомогою болтових з'єднань 6, штифтів 7 і бронзових сферичних шайб 8, що забезпечують самоустановлення болтів 6. Вимір радіальної складової сили пресування відбувається за допомогою месдоз 9, що представляють собою кільцеві пружні елементи, розміщені між шайбою болтового з'єднання і роз'ємної матриці.

Установка працює таким чином: під дією механізму, що пресує, верхній пуансон 3 (див. фіг. 1) впливає на порошкову композицію відомою силою Y , під дією якої відбувається деформація порошкового матеріалу, що, у свою чергу, викликає радіальну силу F , що вимірюється за допомогою месдоз 9. Безпосередньо нормальні контактні P_i напруги визначають у цьому випадку по формулі:

$$P_i = \frac{4Y_i}{\pi(D_m^2 - D_c^2)} \quad (4)$$

Торкаючись визначення радіальних напруг σ_{ri} розглянемо умову рівноваги при проектуванні усіх сил на горизонтальну площину (див. фіг. 3):

$$\begin{aligned} F_i &= \int_0^\pi \sigma_{ri} \cdot \sin \alpha \cdot R d\alpha \cdot h_i = \\ &= \sigma_{ri} \cdot (-\cos \alpha) \cdot R_0^{180} \cdot h_i = 2 \cdot \sigma_{ri} \cdot R \cdot h_i = \\ &= \sigma_{ri} \cdot D_m \cdot h_i \end{aligned}$$

звідки з урахуванням відомого обмірюваного значення F_i величина σ_{ri} відповідає:

$$\sigma_{ri} = \frac{F_i}{h_i D_m} \quad (5)$$

Визначення коефіцієнта α_i здійснюється по формулі [1]:

$$\alpha_i = \frac{1 - \sigma_{ri} / P_i}{2(1 + 2\sigma_{ri} / P_i)} \quad (6)$$

Коефіцієнти β і σ_s визначаються по наступній залежності [1]:

$$\beta_i \sigma_s^2 = \frac{9\alpha_i}{1 + 4\alpha_i} P_i^2 \quad (7)$$

де наступне визначення коефіцієнта β_i здійснюється на основі методу найменших квадратів виходячи з допущення про сталість значення σ_s .

Потім роблять вимір геометричних характеристик і маси зразка, який одержують, визначають значення його абсолютної і відносної щільності.

Знаючи залежності коефіцієнтів α_i і β_i від відносної щільності γ_i визначають коефіцієнти a , m , n рівняння (3).

Як приклад використання даної установки можна продемонструвати визначення механічних властивостей порошку бронзографіту, що містить 79% міді, 15% олова, 4% свинцю, 2% графіту. Установка розташовується у вікні станини робочої кліти прокатного стану, де в якості силового агрегату використовується натискний гвинт. Технологічна сутність експерименту полягає в пресуванні відповідної порошкової композиції в закритій матриці при різноманітних значеннях сили Y_i . Для визначення механічних властивостей порошку одного складу достатньо одного експерименту, тому що використання селісін-датчика, встановленого на натискному механізмі, дозволяє визначити поточну висоту випробуваної заготовки, що відповідає поточному значенню сили пресування Y_i , тобто одним експериментом замінюється ціла серія. Наклейка тензометричних датчиків опору, а також їхнє наступне з'єднання в мостову схему виконується у повній відповідності з рекомендаціями роботи [3]. Тарування месдоз для виміру радіальної складової сили пресування виконується на окремому гідравлічному пресі шляхом імітаційного навантаження зусиллям відомої величини.

З метою безпосереднього визначення поточної щільності, зразок зважується відразу після пресування на лабораторних вагах із похибкою до 0,01 г, а одночасно з цим вимір кінцевої висоти виробляється за допомогою інструментального мікрометра з похибкою, що не перевищує 0,01 мм.

З урахуванням відомих значень маси заготовки M і геометричних характеристик D_m , D_c , h_i (див. фіг. 1) величина щільності ρ_i у кожному окремому випадку визначається з очевидного співвідношення:

$$\rho_i = \frac{4M}{\pi(D_m^2 - D_c^2)h_i}, \quad (8)$$

де: h_i - висота заготовки.

Тут варто зазначити на те, що для визначення відносного показника щільності $\gamma_i = \rho_i / \rho_m$, крім власне визначуваного емпіричного значення щільності ρ_i , необхідною є і кількісна оцінка щільності досліджуваної композиції в її монолітному стані ρ_m . Величина ρ_m , для композиції, що містить n компонентів, у свою чергу, може бути визначена чисто аналітично з наступних міркувань. Очевидно, що обсяг монолітного композиційного матеріалу є сума обсягів його складових, тобто:

$$V_m = \sum_{j=1}^n V_{mj}, \quad (9)$$

де: j - порядковий номер кожної окремої складової досліджуваної порошкової композиції.

Розділимо ліву і праву частини рівняння на масу моноліту M_m :

$$V_m / M_m = \sum_{j=1}^n V_{mj} / M_{mj}, \quad (10)$$

де з урахуванням $V_m / M_m = 1 / \rho_m$ і $V_{mj} = M_{mj} / \rho_{mj}$ рівняння може бути трансформоване до вигляду:

$$1 / \rho_m = \sum_{j=1}^n M_{mj} / (M_m \rho_{mj}) = \sum_{j=1}^n m_j / \rho_{mj}, \quad (11)$$

звідки в остаточному вигляді величина ρ_m з урахуванням щільності кожної із складової в монолітному стані ρ_{mj} і її питомого утримання по масі $m_j = M_{mj} / M_m$ може бути визначена як:

$$\rho_m = \frac{1}{\sum_{j=1}^n m_j / \rho_{mj}}. \quad (12)$$

На прикладі одного зі складу порошкової композиції бронзографіту, що включає по масі 79% міді (Cu , $m_j=0,79$, $\rho_{mj}=8,9$ г/см³), 15% олова (Sn , $m_j=0,15$, $\rho_{mj}=7,3$ г/см³), 3% свинцю (Pb , $m_j=0,04$, $\rho_{mj}=11,3$ г/см³) і 2% графіту (C , $m_j=0,02$, $\rho_{mj}=2,23$ г/см³), розрахункова величина щільності γ_m у монолітному стані складала:

$$\rho_m = 1 / [(0,79/8,9) + (0,15/7,3) + (0,04/11,3) + (0,02/2,23)] = 8,208 \text{ г/см}^3. \quad (13)$$

Нормальні контактні P_i і радіальні σ_r напруги для кожного випадку визначали по формулах (4) і (5), а коефіцієнти α_i і β_i визначаються по формулах (6) і (7).

Як приклад результатів проведеного дослідження в таблиці дана кількісна, а на фіг. 3 - графічна інтерпретація залежностей коефіцієнтів $\alpha(\gamma)$ і $\beta(\gamma)$, отриманих при пресуванні порошку бронзографіту описаного вище складу. Причому визначення цих коефіцієнтів здійснювали за методикою роботи [1].

З аналізу отриманих результатів є очевидним, що зі збільшенням сили пресування радіальні напруги зростають (див. фіг. 3). В міру збільшення відносної щільності γ значення коефіцієнта α знижуються і знижуються практично лінійно, що, у свою чергу, дозволяє прийняти показник степеню аналітичного опису m рівним одиниці. Кількісна ж оцінка коефіцієнта a того ж аналітичного опису для даного матеріалу склала $a=1,737$.

Значення коефіцієнта β із збільшенням відносної щільності зростають (див. фіг. 5), асимптотично наближуючись до одиниці, що, зокрема, відповідає умовам деформування суцільних середовищ [1]. Отримана ж для бронзографіту даного складу кількісна оцінка показника степеню n у даному випадку склала $n=3,049$, а значення σ_s дорівнювало 274 Н/мм² і саме ці значення можуть бути використані в якості вихідних даних при реалізації різноманітних математичних моделей процесу прокатки порошкових матеріалів.

Джерела інформації.

1. Прогрессивные технологические процессы штамповки деталей из порошков и оборудование / Г.М. Волкогон, А.М. Дмитриев, Е.П. Добряков и др. / Под общ. ред. А.М. Дмитриева, А.Г. Овчинникова. - М.: Машиностроение, 1991. - С. 320: ил.

2. Прокатка металлических порошков. Виноградов Г.А., Семенов Ю.Н., Катрус О.А., Каташинский В.П. - М.: Metallurgia, 1969. - С. 382.

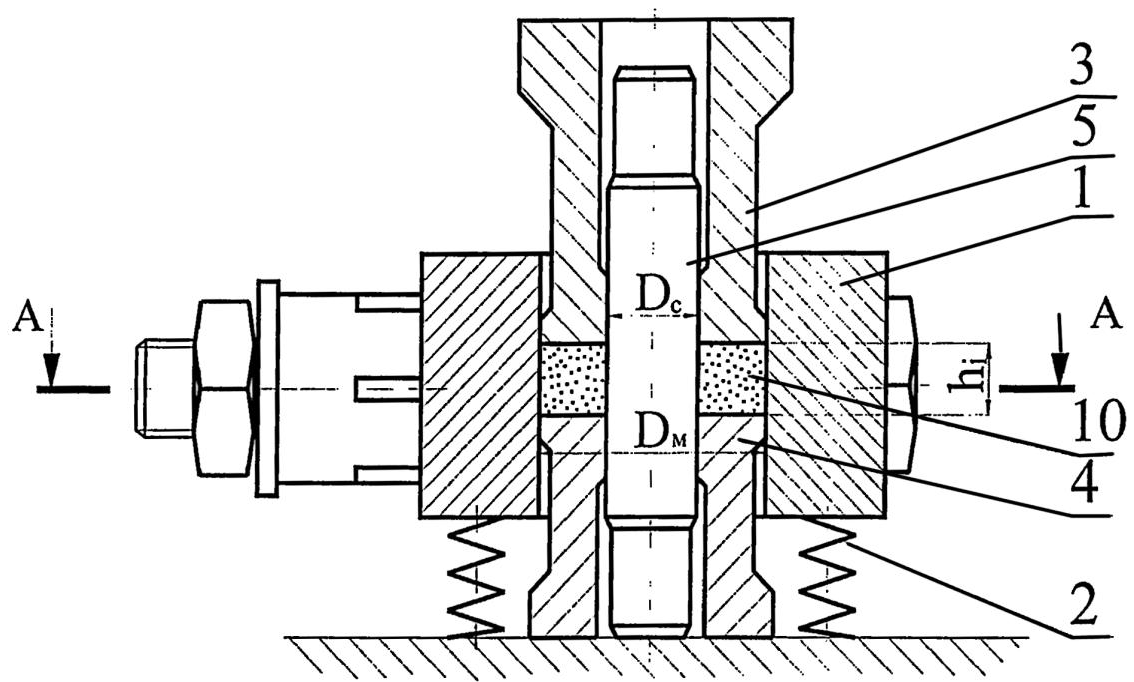
3. Чекмарев А.П., Ольдзиевский С.А. Методы исследования процессов прокатки. - М.: Metallurgia, 1969. - С. 274.

4. Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки. - М.: Metallurgia, 180 - С. 320.

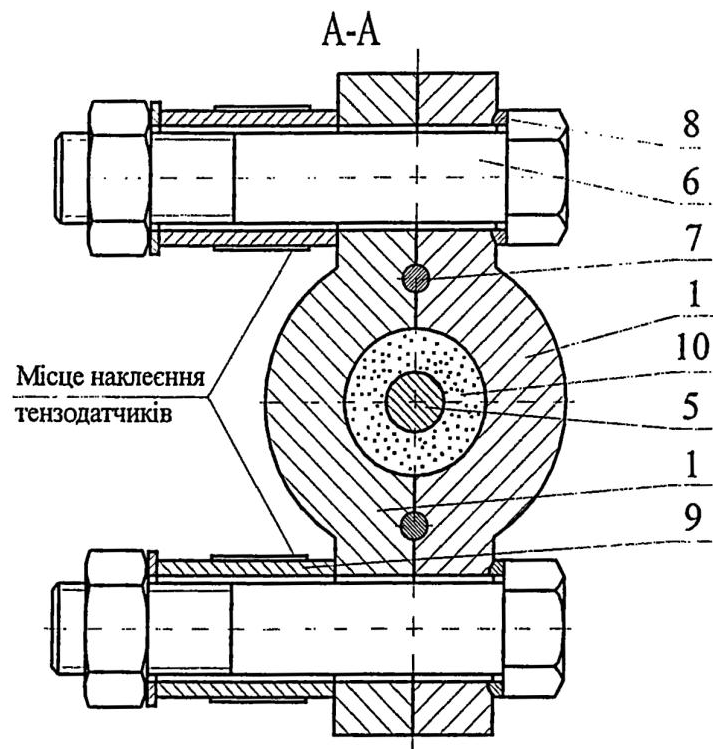
Таблиця

Експериментальні значення компонент напружено-деформованого стану, а також розрахункові значення коефіцієнтів α і β , отримані при пресуванні бронзографіту (79%Cu, 15%Sn, 4%Pb, 2%C)

I	H, мм	P, Н/мм ²	σ_r , Н/мм ²	γ	α	β
1	7,605	182,91	28,53	0,88850	0,32165	0,55008
2	7,805	174,20	24,82	0,86574	0,33366	0,50692
3	8,005	169,85	20,81	0,84411	0,35236	0,49310
4	8,205	154,60	16,06	0,82353	0,37101	0,41727
5	8,405	139,36	12,60	0,80393	0,38514	0,34413
6	8,605	124,12	9,61	0,78525	0,39947	0,27688
7	8,805	111,05	7,63	0,76741	0,40941	0,22375
8	9,005	100,17	4,73	0,75037	0,43524	0,18622
9	9,205	84,92	3,93	0,73406	0,43648	0,13399
10	9,405	74,04	3,02	0,71845	0,44341	0,10242
11	9,605	69,68	2,15	0,70349	0,45638	0,09166
12	9,805	67,50	1,84	0,68914	0,46114	0,08634
13	10,005	60,97	1,23	0,67537	0,47099	0,07096
14	10,205	53,35	0,89	0,66213	0,47589	0,05452
15	10,405	50,08	0,56	0,64941	0,48363	0,04832
16	10,605	45,73	0,37	0,63716	0,48820	0,04041
17	10,805	40,28	0,12	0,62536	0,49558	0,03152
18	11,005	37,02	0,08	0,61400	0,49669	0,02664



Фіг. 1



Фіг. 2

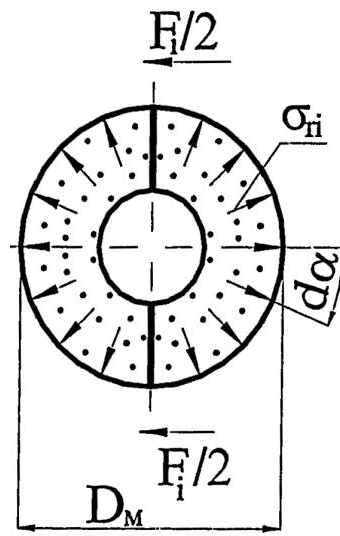


Fig. 3

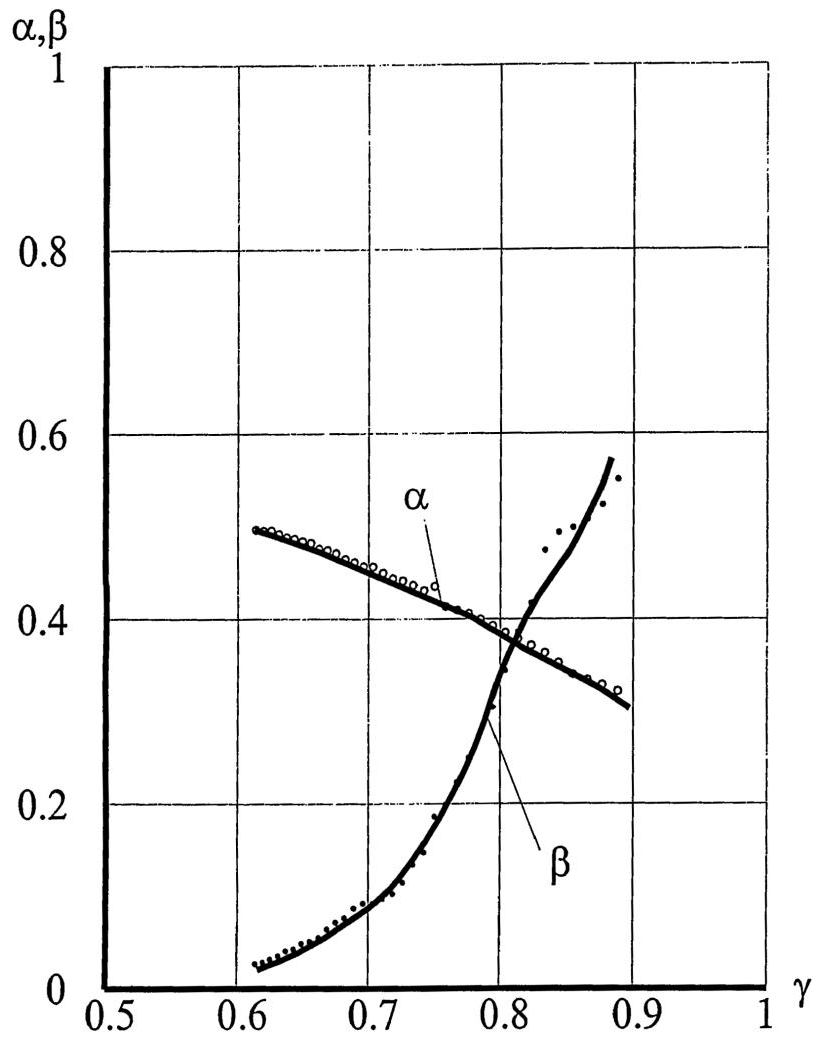


Fig. 4

ДП "Український інститут промислової власності (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид.арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
