



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116936** (13) **C2**
(51) МПК (2018.01)
B24C 1/00
B24C 7/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2016 08492	(72) Винахідник(и): Горик Олексій Володимирович (UA), Чернявський Анатолій Миколайович (UA), Черняк Роман Євгенійович (UA), Брикун Олександр Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 02.08.2016	(73) Власник(и): Горик Олексій Володимирович, вул. Леваневського, 2, кв. 4, м. Полтава, 36011 (UA), Чернявський Анатолій Миколайович, вул. Комсомольська, 17, кв. 20, м. Полтава, 36020 (UA), Черняк Роман Євгенійович, вул. Вільямса, 1, м. Полтава, 36009 (UA), Брикун Олександр Миколайович, вул. Г. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.05.2018	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2463152 C2, 10.10.2012 RU 2113971 C1, 27.06.1998 EP 0522932 A1, 13.01.1993 EP 0226502 A1, 24.06.1987 WO 9717169 A1, 15.05.1997 UA 108441 C2, 27.04.2015 SU 1323356 A1, 15.07.1987
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.01.2017, Бюл.№ 2	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.05.2018, Бюл.№ 10	

(54) СПОСІБ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СТРУМЕНЕМ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК (ДРОБИНОК)**(57) Реферат:**

Винахід належить до технології машинобудування, а саме до струменевих способів механічної обробки поверхні виробу за допомогою направленої струменя твердих частинок (дробинок). Заявлений спосіб полягає в тому, що твердим частинкам надають необхідну швидкість атаки v оброблюваної поверхні за допомогою стислого повітря через профільовані канали-сопла або механічним шляхом за допомогою роторів, що обертаються, і сформованим струменем у вигляді дробоструменевого факела направляють на оброблюваний виріб. При цьому попередньо визначають розрахункове значення періоду стійкості дробу $T_{розр}$ із залежності, що відображає фізичну суть взаємозв'язків між технологічними параметрами струменевої обробки, після чого приймають економічний період стійкості дробу $T_{ек}$ рівним 0,8 від $T_{розр}$ та періодично поповнюють систему живлення струменевого апарата свіжим дробом кожні відрізки часу, рівні $t_m = 0,2 T_{ек}$, масою M_d , що дорівнює 0,1 від початкової маси завантаженого дробу M_z . Винахід дозволяє підвищити ефективність роботи абразивного матеріалу та створити передумови для можливості оптимізації технологічного процесу механічної обробки струменем твердих частинок (дробинок) по вибраному критерію.

UA 116936 C2

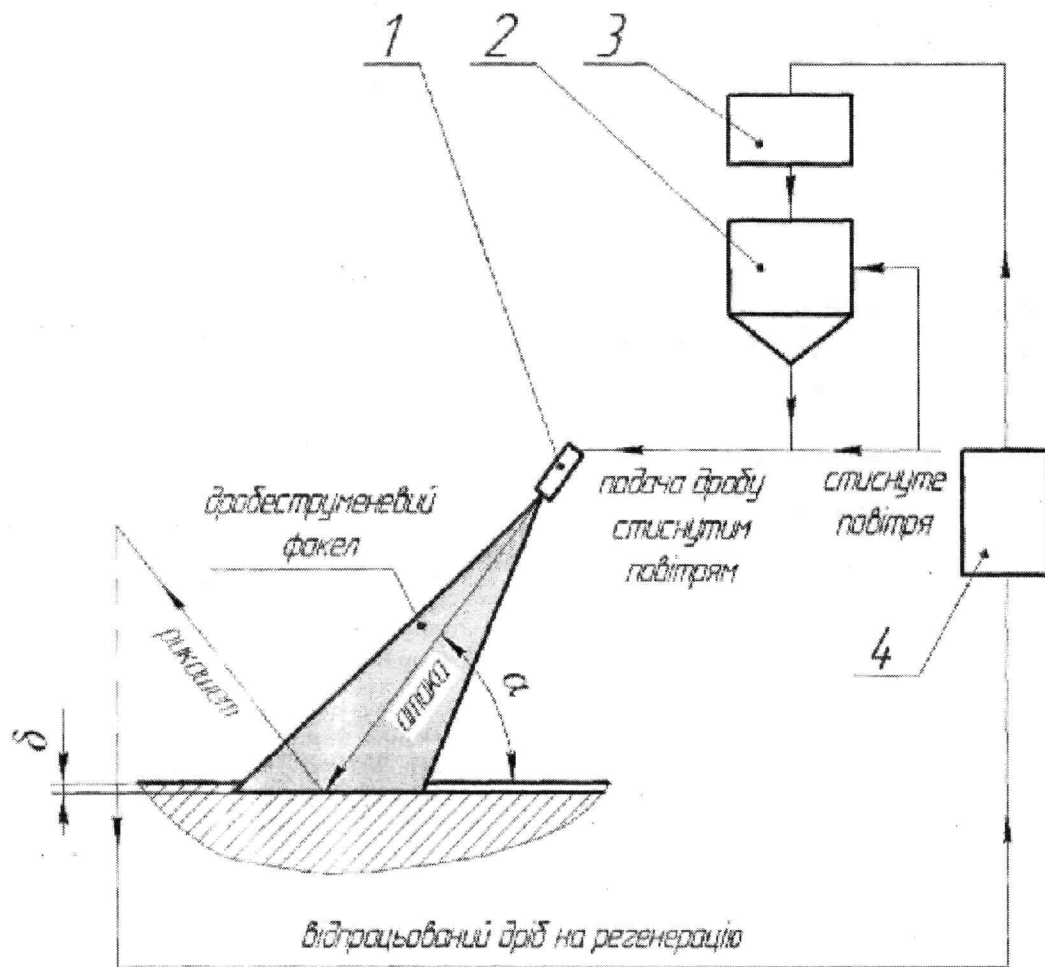


Fig. 1

Спосіб механічної обробки струменем твердих частинок (дробинок) належить до технології машинобудування, а саме до струменевих способів механічної обробки поверхні виробу за допомогою направленою струменя твердих частинок (дробинок).

- Відомі механічні способи дії на поверхню оброблюваних виробів (точіння, фрезерування, стругання, шліфування, хонінгування та ін.), між технологічними параметрами яких встановлене постульоване співвідношення [Расчет режимов резания. Учебное пособие /Безъязычный В.Ф., Аверьянов И.Н., Кордюков А.В. - Рыбинск: РГАТА, 2009. - 185 с.]:

$$T^m = \frac{C_v}{v t^x S^y},$$

- де T - період стійкості інструмента; C_v - постійний коефіцієнт, який характеризує умови обробки; v - швидкість різання; t - глибина різання; S - подача; m , x , y - показники ступенів, величина яких залежить від фізико-механічних показників матеріалу оброблюваного виробу і застосованого інструмента для різання.

- Проте приведена формула є емпіричною залежністю і не відображає суті фізичних явищ, які відбуваються при механічній обробці. До того ж для встановлення функціональної залежності вона вимагає проведення великого об'єму експериментальних досліджень.

- Слід відмітити, що спроби дослідників механічної обробки теоретичного розрахунку зносу інструментів, тобто визначення функціональної залежності $T = f(v, S, t)$, за допомогою єдиної формули, до цього часу не досягли бажаного. Стійкість різального інструмента для механічної обробки конструкційних матеріалів є однією з основоположних характеристик, від якої залежить продуктивність обробки, якість обробленої поверхні і величина технологічної собівартості. В автоматизованому виробництві стійкість різального інструмента стає головним чинником ефективності і економічності роботи.

- Враховуючи важливість розглянутого показника для механічної обробки, тобто стійкості різального інструмента, або по іншому - часу ефективної роботи, на машинобудівних заводах його визначають експериментальним шляхом, який вимагає проведення достатньо тривалих, громіздких і витратних випробувань.

- Визначення машинного часу ефективної роботи різального інструмента є особливо актуальним при використанні струменевих (особливо дробеструменевих) способів механічної обробки поверхні виробів, коли як різальний інструмент застосовуються тверді частинки (дробинки). На кожному машинобудівному підприємстві шукають свої способи досягнення максимальної технологічної собівартості, які, як показує практика, не дозволяють отримати позитивний результат, оскільки не мають науково-технологічного обґрунтування. На виробництві здебільшого не регламентують технологічні режими струменевої обробки і задовольняються лише ступенями очищення згідно з ISO 8501-01.

- Відомі способи струменево-абразивної обробки не зачіпають основного технологічного показника, яким є час ефективної роботи твердих частинок або дробинок.

- Враховуючи викладене, як прототип для способу механічної обробки струменем твердих частинок, що заявляється, з метою очищення поверхні від різного роду окисних відкладень і механічних забруднень, вибрали технічне рішення на винахід "Способ абразивно-струйной очистки поверхности металлов" [Патент RU 2463152, МПК В 24С 1/100, опубл. 27.06.2012].

- Взятий за прототип спосіб включає подачу стислого повітря під тиском, утворення абразивно-повітряної суміші, подачу її в сопло для прискорення і викиду на оброблювану поверхню. В стиснуте повітря додають азот для зменшення концентрації кисню в газоповітряному потоці і подають в ємність з абразивним матеріалом, після чого абразивно-повітряну суміш подають в сопло під тиском 10...12 бар на оброблювану поверхню. Технічний результат полягає в зменшенні утворення оксидів на поверхні, що піддається абразивному очищенню.

- Проте пропонується спосіб вимагає підвищених енергетичних витрат на стиснення енергоносія, тобто атмосферного повітря, оскільки передбачає стиснення повітря до 10...12 бар, коли загальноприйнятим, підтвердженим практикою, ідеальним тиском стислого повітря вважають абсолютний тиск енергоносія 7 бар. Елементарні розрахунки відповідно до закону Бойля-Маріотта свідчать, що при невідомій масі азоту, що додається в атмосферне повітря, абсолютна величина кисню не зменшується, а навпаки збільшується.

- До того ж, спосіб просто не передбачає технологічного рішення на досягнення ефективної роботи абразивного матеріалу, що є неприйнятним його застосування на практиці. Тому прототип не знайшов практичного застосування на машинобудівних заводах, що використовують струменево-абразивну обробку.

В основу запропонованого технічного рішення на спосіб механічної обробки струменем твердих частинок було поставлено наступну технічну задачу:

- встановити функціональну залежність технологічних параметрів струменево-абразивного очищення, яке відображає фізичну суть процесу;
- 5 - спростити порядок призначення технологічних режимів струменево-абразивного очищення;
- полегшити вибір економічно вигідного періоду стійкості технологічного дробу;
- створити передумови для можливості оптимізації технологічного процесу струменево-абразивного очищення по вибраному критерію (продуктивності обробки, технологічної собівартості, довговічності використання технічного дробу, якості обробки).

10 Постановлена задача вирішена таким чином:

- економічний період стійкості дробу $T_{ек}$ приймають рівним 0,8 від розрахункового значення періоду стійкості $T_{розр}$, який визначають із залежності, що відображає фізичну суть взаємозв'язків між технологічними параметрами струменевої обробки, а саме:

$$T_{розр} = \frac{\kappa_{вт} M_3 n (\nu \sin \alpha)^2 (1 - \kappa_{\epsilon}^2) \eta \kappa_p}{2bS\delta\sigma_{мд}}$$

- 15 де $T_{розр}$ - розрахунковий період (час ефективної праці до певного зносу) стійкості твердих частинок; n - число циклів використання дробу до критичного зносу, $n = a/\nu^3$ (a - стала величина; a - швидкість атаки); $\kappa_{вт}$ - коефіцієнт втрат маси дробинки в процесі очищення; M_3 - маса дробинки, завантаженої в систему живлення струменевого апарату; ν - швидкість атаки дробинками оброблюваної поверхні; α - кут атаки дробеструменевим факелом оброблюваної
- 20 поверхні; κ_{ϵ} - коефіцієнт відновлення швидкості атаки дробинки при ударі; η - коефіцієнт, що враховує втрати на внутрішнє тертя в матеріалі оброблюваного виробу; κ_p - коефіцієнт руйнування пластично деформованої поверхні; b - розрахункова ширина відбитку дробеструменевого факела на оброблюваній поверхні; S - швидкість переміщення (подача) відбитку дробеструменевого факела щодо оброблюваної поверхні; δ - величина припуску, що знімається; $\sigma_{мд}$ - динамічна межа текучості матеріалу оброблюваного виробу.

25 - систему живлення струменевих апаратів періодично поповнюють свіжим дробом кожні відрізки часу, рівному $t_m = 0,2T_{ек}$, масою M_0 , рівній 0,1 від початкової маси завантаженого дробу M_3 .

- 30 Спосіб реалізується за допомогою дробеструменевого очищення, суть якого пояснюється схематичними кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - технологічна схема процесу дробеструменевого очищення. Загальний вигляд; на фіг. 2 - відбиток дробеструменевого факела. Вигляд зверху.

Загальні ознаки прототипу і запропонованого винаходу

№	Прототип	Пропозиція
1.	Включає подачу стислого повітря під тиском, утворення легкоабразивної суміші, подачу її в сопло для прискорення і викиду на оброблювану поверхню	Твердим частинкам надають необхідну швидкість атаки в оброблюваній поверхні за допомогою стислого повітря через спеціально спрофільовані канали-сопла або механічним шляхом за допомогою роторів, що обертаються, і сформованим струменем у вигляді дробеструменевого факела направляють на оброблюваний виріб

Відмінні ознаки прототипу і запропонованого винаходу

№	Прототип	Пропозиція
1.	У стисне повітря додають азот для зменшення концентрації кисню в газоповітряному потоці і подають в ємність з абразивним матеріалом, після чого абразивно-повітряну суміш подають в сопло під тиском 10...12 бар на оброблювану поверхню	У стисне повітря не додають інших газів
2.	Технологічні режими відсутні	Економічний період стійкості дробу $T_{ек}$ приймають рівним 0,8 від розрахункового значення $T_{розр}$, яке визначають за залежністю, що відображає фізичну суть взаємозв'язків між технологічними параметрами струменевої обробки, а саме $T_{розр} = \frac{\kappa_{ам} M_3 n (v \sin \alpha)^2 (1 - \kappa_a^2) \eta \kappa_p}{2bS\delta\sigma_{мд}}$
3.	Живлення свіжим дробом не розглядають	Систему живлення струменевих апаратів періодично поповнюють свіжим дробом кожні відрізки часу, рівному $t_m = 0,2T_{ек}$, масою M_δ , рівній 0,1 від початкової маси завантаженого дробу M_3

Дробеструменеве сопло 1 за допомогою стисного повітря формує дробеструменевий факел, який під кутом атаки α із швидкістю дробинки v направляє на оброблювану поверхню (фіг. 1). Дробеструменевий апарат 2 забезпечує мірну подачу дробу до дробеструменевого сопла 1. Збірник 3 служить для накопичення дробу. Пристрій регенерації 4 очищає відпрацьований дріб від домішок. Відбиток дробеструменевих факелів шириною b пересувається по оброблюваній поверхні зі швидкістю (подачею) S (фіг. 2), забезпечуючи зняття припуску товщиною δ .

Здійснення запропонованого способу розглянемо на прикладі дробеструменевого очищення металевих поверхонь: монографія /Горик О.В., Чернявський А.М., Ландар А.А., Шулянський Г.А. - Полтава: ПДАА – 101 с.] в такій послідовності:

1. Оброблюваний виріб - суцільнозварний циліндричний корпус ємнісного апарата, що виготовлений з листової низьковуглецевої сталі 10 і підданий термічній обробці в режимі нормалізаційного відпалу. Таким чином, корпус надходить на дробеструменеве очищення з шаром крихкої окалини на поверхні.

2. Припуск на обробку по неокисленому металу приймаємо $\delta = 0,1 \text{ мм}$.

3. Призначаємо висотний параметр шорсткості R_z очищеної поверхні за умови надійного зчеплення захисного покриття, наприклад, $R_z = 100 \text{ мкм}$.

4. Керуючись технологічними вимогами, приймаємо для очищення дріб сталевий колений марки ДСК згідно з ДСТУ 3184-95, фракційний склад якого, тобто діаметр описаної сфери, приймаємо рівним

$$d = R_z / \psi = 0,1 / 0,1 \text{ мм},$$

де ψ - коефіцієнт пропорційності.

5. Визначаємо швидкість атаки v дробинками оброблюваної поверхні

$$v = \sqrt{\frac{R_z^2 \sigma_{мд} \pi d}{m \sin^2 \alpha (1 - \kappa_a^2) \eta}} = \sqrt{\frac{(0,1 \cdot 10^{-3})^2 6 \cdot 10^8 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-6} \sin^2 60^\circ (1 - 0,56^2) \cdot 0,9}} \approx 100 \text{ м/с},$$

де $\sigma_{мд}$ - динамічна межа текучості нормалізованої сталі 10, $\sigma_{мд} = 6 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$; m - маса однієї дробинки, $m = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг/шт.}$; κ_a - коефіцієнт відновлення при ударі сталі по сталі,

згідно з довідковими даними $\kappa_g = 0,56$; α - кут атаки, приймаємо $\alpha = 60^\circ$; η - коефіцієнт, що враховує втрати кінетичної енергії дробинки на внутрішнє тертя в металі, згідно з довідковими даними $\eta = 0,9$.

6. Ширина (діаметр) відбитку дробеструменевого факела на оброблюваній поверхні при відстані від дробеструменевого сопла до оброблюваної поверхні $l = 0,3 \text{ м}$ і куті розкриття дробеструменевого факела близько 20° становить $b = 0,1 \text{ м}$.

7. Швидкість (подача) відбитка факела по оброблюваній поверхні для досягнення заданої поверхневої продуктивності $Q_f = 0,1 \text{ м}^2/\text{хв}$ при знятті припуску $\delta = 0,1 \text{ мм}$ (п. 1) становить $S = 1,0 \text{ м}/\text{хв}$.

8. Число циклів n використання технічного дробу фракції $d = 1,0 \text{ мм}$ при доведенні її до критичного зносу, коли $d = 0,8 \text{ мм}$ визначаємо за формулою:

$$n = a/v^3 = 10^8/(100)^3 = 100 \text{ циклів},$$

де $a = 10^8$ - стала величина.

9. Коефіцієнт руйнування для нормалізованої сталі 10 складає $\kappa_p \approx 0,1$, що обґрунтовано експериментальними дослідженнями.

10. Знаходимо розрахунковий (машинний) час $T_{розр}$ роботи технічного дробу $d = 1,0 \text{ мм}$, протягом якого дріб забезпечує необхідну шорсткість поверхні, при заданій масі завантаженого дробу $M_d = 1000 \text{ кг}$ і експериментальному коефіцієнту втрат $\kappa_{вт} \approx 0,5$

$$T_{розр} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot (100 \cdot \sin 60) \cdot (1 - 0,56^2) \cdot 0,9 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^8} \approx 1940 \text{ хв}^8$$

11. Економічний період стійкості дробу $T_{ек}$ складатиме

$$T_{ек} = 0,8 T_{розр} = 0,8 \cdot 1940 = 1552 \text{ хв} \approx 26 \text{ год}.$$

12. Таким чином, кожні відрізки часу $t_m = 0,2 T_{ек} = 0,2 \cdot 26 = 5,2 \text{ год}$ використання технічного дробу систему живлення дробеструменевого апарата поповнюють свіжим дробом фракцією $d = 1,0 \text{ мм}$ масою $M_d = 0,1 M_s = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ кг}$.

Враховуючи, що штучний час на операцію дробеструменевого очищення $T_{шт} \approx 2 T_m$ (T_m - машинний час) і тривалість робочої зміни оператора, поповнення системи живлення свіжим дробом у вказаній кількості необхідно проводити в кінці кожної другої зміни роботи дробеструменевого комплексу.

Запропоноване технічне рішення на спосіб механічної обробки дозволяє:

- упорядкувати технологічний процес механічної обробки струменем твердих частинок, зокрема дробеструменеве очищення;
- призначати технологічні режими струменевої обробки дробинками відповідно до загальноприйнятих норм в технології машинобудування;
- орієнтуватися на економічно вигідний період стійкості технічного дробу;
- оптимізувати технологічний процес струменевої обробки по вибраному критерію (продуктивність обробки, ефективний час роботи технічного дробу, якість обробленої поверхні, технологічна собівартість);
- створити початкові дані для автоматизації достатнього трудомісткого технологічного процесу струменевої обробки поверхонь виробів направленим потоком твердих частинок (дробинок);
- стимулювати розширення області застосування струменевої обробки потоком твердих частинок.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб механічної обробки поверхні виробу струменем твердих частинок (дробинок), який полягає в тому, що твердим частинкам надають необхідну швидкість атаки v оброблюваної поверхні за допомогою стислого повітря через профільовані канали-сопла або механічним шляхом за допомогою роторів, що обертаються, і сформованим струменем у вигляді

дробоструменевий факел направляють на оброблюваний виріб, який **відрізняється** тим, що попередньо визначають розрахункове значення періоду стійкості дробу $T_{розр}$ із залежності, що відображає фізичну суть взаємозв'язків між технологічними параметрами обробки:

$$T_{розр} = \frac{\kappa_{вт} M_3 n (v \sin \alpha)^2 (1 - \kappa_{в}^2) \eta \kappa_p}{2 b S \delta \sigma_{мд}}$$

- 5 де $T_{розр}$ - розрахунковий період стійкості дробу (час ефективної праці до певного зносу); $\kappa_{вт}$ - коефіцієнт втрат маси дробу в процесі очищення; M_3 - маса дробу, завантаженого в систему живлення струменевого апарата; n - число циклів використання дробу до критичного зносу, $n = a/v^3$; a - стала величина; v - швидкість атаки дробинками оброблюваної поверхні; α - кут атаки дробоструменевим факелом оброблюваної поверхні; $\kappa_{в}$ - коефіцієнт відновлення швидкості атаки дробинки при ударі; η - коефіцієнт, що враховує втрати на внутрішнє тертя в матеріалі оброблюваного виробу; κ_p - коефіцієнт руйнування пластично деформованої поверхні; b - розрахункова ширина відбитка дробоструменевий факел на оброблюваній поверхні; S - швидкість переміщення (подача) відбитка дробоструменевий факел щодо оброблюваної поверхні; δ - величина припуску, що знімається; $\sigma_{мд}$ - динамічна межа текучості матеріалу оброблюваного виробу;
- 10 після цього приймають економічний період стійкості дробу $T_{ек}$ рівним 0,8 від $T_{розр}$ та періодично поповнюють систему живлення струменевий апарата свіжим дробом кожні відрізки часу, рівні $t_m = 0,2 T_{ек}$, масою M_d , що дорівнює 0,1 від початкової маси завантаженого дробу M_3 .
- 15

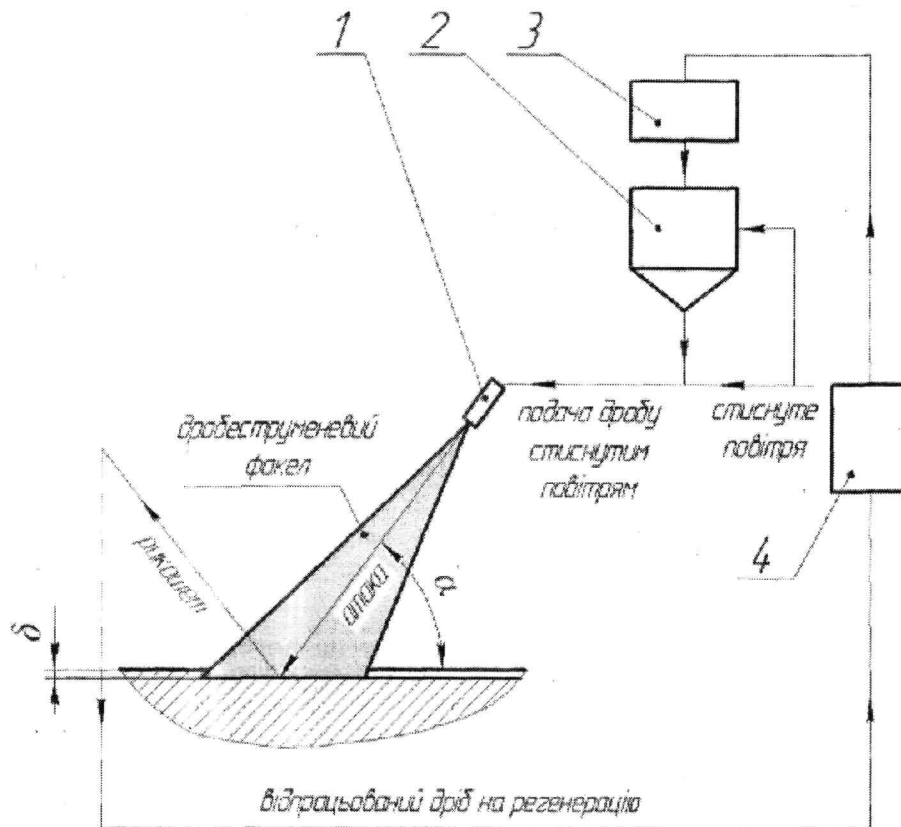


Fig. 1

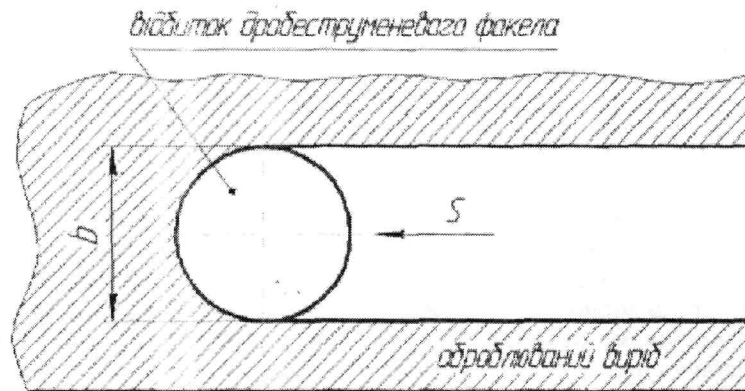


Fig. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябо

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