



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124675** (13) **C2**

(51) МПК (2021.01)

B24C 1/00

B24C 3/16 (2006.01)

B24C 3/32 (2006.01)

B08B 9/032 (2006.01)

B08B 9/38 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2019 02469	(72) Винахідник(и): Горик Олексій Володимирович (UA), Чернявський Анатолій Миколайович (UA), Черняк Роман Євгенійович (UA), Брикун Олександр Миколайович (UA), Ковальчук Станіслав Богданович (UA)
(22) Дата подання заявки: 13.03.2019	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 28.10.2021	
(41) Публікація відомостей про заяву: 12.08.2019, Бюл.№ 15	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 27.10.2021, Бюл.№ 43	
	(73) Володілець (володільці): ПОЛТАВСЬКА ДЕРЖАВНА АГРАРНА АКАДЕМІЯ, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003 (UA)
	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 105279 C2, 25.04.2014 RU 2210602 C2, 20.08.2003 SU 1366376 A, 15.01.1988 UA 71863 A, 15.12.2004 UA 114152 C2, 25.04.2017 CN 104999378 A, 28.10.2015 JP S5236394 A, 19.03.1977 JP 2013086225 A, 13.05.2013

(54) СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ПОРОЖНИН КОРПУСНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИРОБІВ ПОТОКОМ АБРАЗИВУ

(57) Реферат:

Винахід належить до технології машинобудування, а саме стосується способів обробки вільним абразивом з метою видалення з поверхні металевих виробів окалини, іржі, пригару, зварювального флюсу, формувальної землі, старої фарби та інших механічних і окисних забруднень і надання очищеній поверхні рівномірної шорсткості. У заявленому способі дробоструминного очищення внутрішньої поверхні порожнин корпусних виробів типу тіл обертання, складених з циліндричної обичайки з привареними днищами довільної форми, одне з яких має центральний люк, що обертаються при обробці навколо власної осі симетрії з безпечною частотою n , продиктованою діючими нормативно-технічними документами, дробоструминне сопло переривчасто переміщують зі швидкістю $v_{\text{екв}}$, по еквідистанті до твірної кривої порожнини виробу, починаючи від осі симетрії на глухому днищі і закінчуючи на межі з центральним люком відкритого днища або навпаки, щоразу на постійний крок S із зупинками тривалістю $t_{\text{оч}}$, на оптимальних технологічних умовах. Винахід забезпечує спрощення руху дробоструминного сопла при дробоструминному очищенні внутрішніх поверхонь порожнистих корпусних виробів типу тіл обертання для удосконалення автоматизації і механізації трудомісткої і небезпечної технологічної операції шляхом керування переміщенням дробоструминного факела за часом.

UA 124675 C2

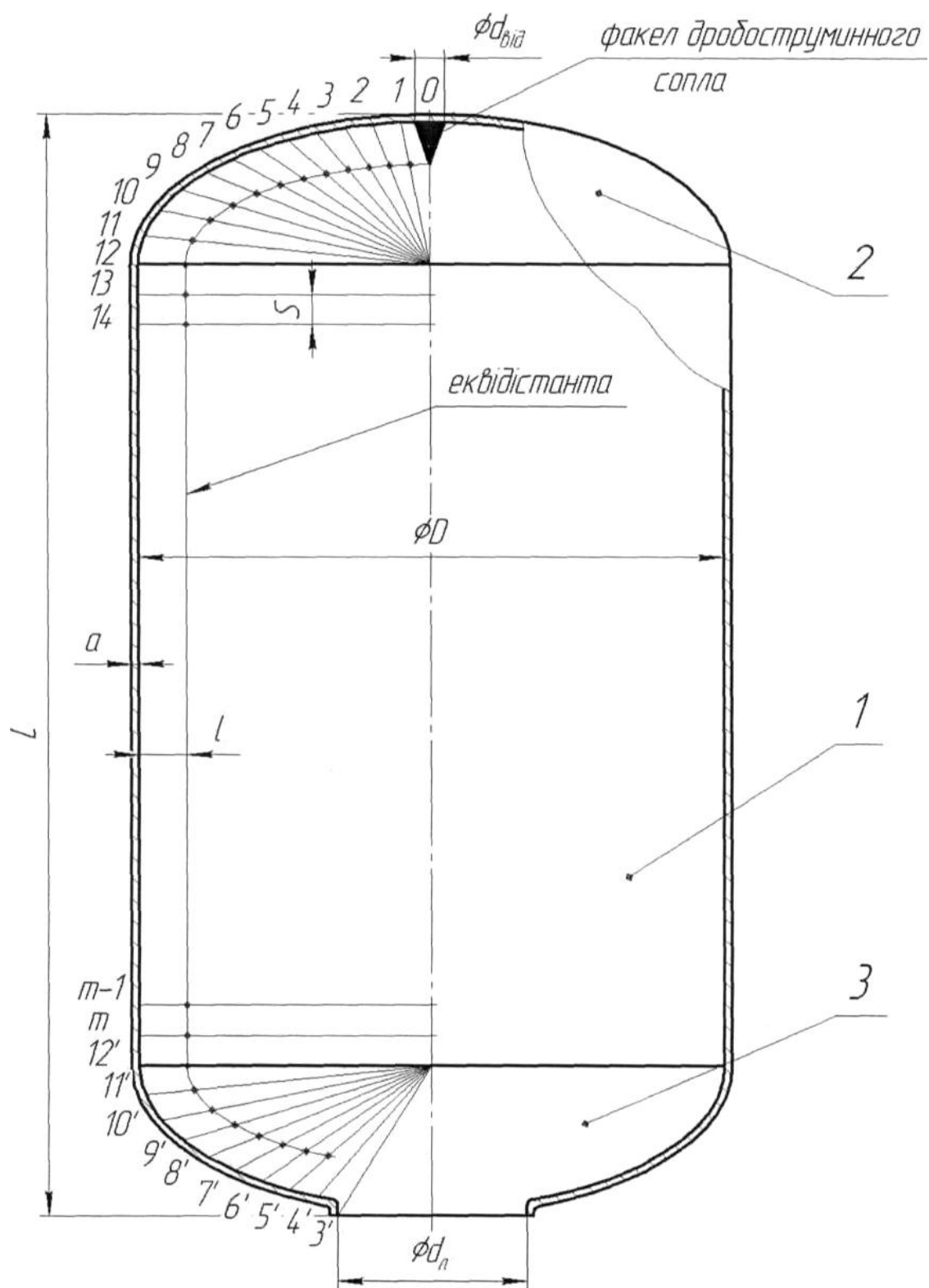


Fig. 1

Запропонований винахід на спосіб дробоструминного очищення порожнин корпусних виробів типу тіл обертання належить до технології машинобудування, а саме стосується способів обробки вільним абразивом з метою видалення з поверхні металевих виробів окалини, іржі, пригару, зварювального флюсу, формувальної землі, старої фарби та інших механічних і окисних забруднень і надання очищеній поверхні рівномірної шорсткості.

Відомий спосіб дробоструминної обробки, взятий нами за аналог, з метою очищення внутрішньої поверхні корпусів хімічних апаратів, складених з циліндричної обичайки з привареними еліптичними днищами, одне з яких має центральний люк [Чернявський А.Н. Оптимальные режимы дробеструения перед эмалированием. "Технология и организация производства". - К.: 1980, № 4].

Відповідно до цього способу дробоструминне очищення внутрішньої поверхні порожнистого корпусного виробу, який пройшов нормалізаційний відпал, здійснюють шляхом пересування дробоструминного сопла по еквідистанті до твірної кривої порожнини виробу на оптимальній відстані l до оброблюваної поверхні, а відбитка дробоструминного факела на оброблюваній поверхні діаметром $d_{\text{від}}$ по архімедовій спіралі при обробці поверхні днищ і гвинтової спіралі при обробці поверхні циліндричної обичайки, крок яких S дорівнює розрахунковій ширині відбитка дробоструминного факела b на оброблюваній поверхні, з постійною лінійною швидкістю $v_{\text{обр}}$, яку визначають за співвідношенням:

$$v_{\text{обр}} = Q_f / b,$$

де Q_f - поверхнева продуктивність дробоструминного факела, яка забезпечує зняття дробинками певного гранулометричного складу дефектного шару товщиною δ з оброблюваного металу і формування на очищеній поверхні рівномірної шорсткості; b - розрахункова ширина відбитка дробоструминного факела на оброблюваній поверхні, яка в разі застосування циліндричних дробоструминних сопел становить деяку частку (0,7-0,8) від діаметра відбитка $d_{\text{від}}$ дробоструминного факела на оброблюваній поверхні.

Необхідну швидкість пересування факела (швидкість обробки) $v_{\text{обр}}$ досягають шляхом обертання дробоструминного сопла або оброблюваного виробу навколо осі симетрії виробу з певною частотою n , яка дозволяє отримати на поточному радіусі r розташування відбитка дробоструминного факела на оброблюваній поверхні бажану швидкість $v_{\text{обр}}$.

Виходячи з того, що необхідна швидкість пересування відбитка дробоструминного факела $v_{\text{обр}}$ за прийнятою траєкторією є встановленою величиною, а поточний радіус r розташування відбитка дробоструминного факела на оброблюваній поверхні змінюється за певним законом від нуля до деякого кінцевого значення, яке визначається габаритами порожнини виробу, необхідна кутова швидкість ω обертального руху дробоструминного сопла або оброблюваного виробу, котра забезпечує необхідну лінійну (колову) швидкість $v_{\text{обр}}$ відбитка дробоструминного факела, визначається відомим співвідношенням

$$\omega = v_{\text{обр}} / r.$$

З наведеного співвідношення бачимо, що досягнення необхідної швидкості $v_{\text{обр}}$ при малих значеннях радіуса r , є дуже проблематичною і практично не здійсненою механічною дією. До того ж великі кутові швидкості явно перевищують значення, які обмежуються умовами безпечного ведення робіт. Усе це вимагає прийняття деякого компромісного технічного рішення.

Швидкість пересування (подача) $v_{\text{под}}$ дробоструминного сопла по еквідистанті до твірної кривої порожнини виробу, яка є функцією швидкості обробки $v_{\text{обр}}$ і поточного радіуса r пересування відбитка факела по архімедовій спіралі при обробці поверхні днищ чи гвинтової спіралі при обробці поверхні циліндричної обичайки, визначається за формулою:

$$v_{\text{под}} = (S v_{\text{обр}}) / (2\pi r),$$

де S - крок спіралей.

З огляду на викладене, можна зробити висновок про те, що описаний спосіб дробоструминної обробки внутрішньої поверхні порожнистих виробів типу тіл обертання для малогабаритних (при малих радіусах r) циліндричних виробів є практично нездійсненним.

Відомий також інший (компромісний) спосіб дробоструминного очищення внутрішньої поверхні порожнистих корпусних виробів типу тіл обертання, який взятий нами як прототип [Патент України № 105279 C2, МПК В25J 11/00, заявл. 07.09.2012, опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8].

Суть цього способу полягає в тому, що, дотримуючись в принципі технологічних параметрів аналога, при обробці центральної частини днищ лінійну швидкість $v_{\text{обр}}$ пересування відбитка дробоструминного факела на початковій ділянці спіралі Архімеда зменшують до деякого мінімального значення, яке диктується умовами здійснення і техніки безпеки, а дробоструминному соплу для згладжування нерівномірності обробки надають гармонійних коливань вздовж твірної кривої.

Як бачимо, взятий нами за прототип спосіб дробоструминної обробки успадкував основні принципові недоліки аналога, і, значно ускладнивши пересування відбитка дробоструминного факела на початковій стадії обробки, не дозволяє отримати рівномірного очищення оброблюваної поверхні.

Причина такого становища полягає в тому, що для рівномірної обробки внутрішньої поверхні порожнистого корпусного виробу була прийнята постійна швидкість обробки $v_{обр} = \text{const}$ на безперервній траєкторії. В ідеальному плані таке рішення технологічного завдання є правильним. Однак практично втілити досить складно. Тому в даний час відсутні автоматичні маніпулятори простої і надійної конструкції для виконання трудомісткої і небезпечної технологічної операції до якої належить дробоструминне очищення внутрішньої поверхні порожнистих корпусних виробів типу тіл обертання.

Задачею винаходу є спрощення руху дробоструминного сопла при дробоструминному очищенні внутрішніх поверхонь порожнистих корпусних виробів типу тіл обертання для удосконалення автоматизації і механізації трудомісткої і небезпечної технологічної операції шляхом керування переміщенням дробоструминного факела за часом.

Поставлена задача розв'язана в такий спосіб:

дробоструминне сопло переривчасто переміщують з максимально можливою швидкістю $v_{екв}$, яка забезпечує мінімальну витрату часу, по еквідистанті до твірної кривої порожнини виробу, починаючи від осі симетрії на глухому днищі і закінчуючи на межі з центральним люком відкритого днища або навпаки, щоразу на постійний крок S із зупинками тривалістю $t_{оч}$, достатніми для повного очищення кільцевої ділянки дробоструминним соплом з поверхневою продуктивністю Q_f при видаленні з оброблюваної поверхні дефектного шару металу товщиною δ на оптимальних технологічних режимах:

$$t_{оч} = f_{кд} / Q_f = (2\pi r S \delta) / Q_w,$$

де $f_{кд} = 2\pi r S$ - площа кільцевої ділянки оброблюваної поверхні; Q_w - об'ємна продуктивність дробоструминного факела;

крок переміщення S дробоструминного сопла по еквідистанті до твірної кривої порожнини оброблюваного виробу становить близько 0,8 діаметра відбитка $d_{від}$, який залишає дробоструминний факел на кільцевій ділянці оброблюваної поверхні;

на кожній зупинці дробоструминного сопла протягом часу $t_{оч}$ дотримується рівномірність очищення поточної кільцевої ділянки оброблюваної поверхні за умови:

$$t_{оч} / t_1 = c,$$

де $t_1 = 1/n$ - час, протягом якого оброблюваний виріб робить один оберт навколо осі симетрії (n - безпечна частота обертання оброблюваного виробу, яка диктується діючими нормативно-технічними документами); c - найближче більше ціле число, за винятком початкової ділянки, коли це стосується глухого днища;

дробоструминному соплу під час його зупинки ($t_{оч}$) на еквідистанті до твірної кривої порожнини оброблюваного виробу для очищення чергової кільцевої ділянки надають коливальний рух вздовж еквідистанти з амплітудою $A = 0,2 d_{від}$.

Викладена суть запропонованого способу пояснюється схематичними кресленнями, на яких зображено: на фіг. 1 - схема руху дробоструминного сопла по еквідистанті в порожнині корпусного виробу; на фіг. 2 - схема руху відбитка дробоструминного факела по поверхні глухого днища.

Здійснюють запропонований спосіб очищення наступним чином. Дробоструминне очищення внутрішньої поверхні порожнистого корпусного виробу (фіг. 1), що складається з циліндричної обичайки 1 діаметром D з привареними еліптичними днищами: глухим 2 і відкритим 3, що має центральний люк діаметром d_l , як правило, починають з глухого днища.

Дробоструминне сопло розташовують на осі оброблюваного виробу на оптимальній відстані l від оброблюваної поверхні. Виробу надають обертального руху навколо його осі з безпечною частотою n .

У початковому положенні 0 дробоструминний факел обробляє круглу поверхню (фіг. 2). Після очищення центральної частини 0 поверхні глухого днища протягом часу $t_{оч.0}$ дробоструминне сопло переміщують по еквідистанті до твірної кривої еліптичного днища з швидкістю $v_{екв}$ щоразу на постійний крок S , рівний розрахунковому діаметру відбитка, з положення 0 в положення 1, потім в положення 2, 3 і т. д. до останнього положення на глухому днищі (на фіг. 1-12-те положення). Кількість положень залежить від габаритних розмірів порожнини виробу та режимів обробки. Після кожного переміщення на крок S дробоструминне сопло затримується на час $t_{оч}$, достатній для очищення кругових кілець (ділянок), які утворює відбиток факела на поверхні глухого днища, завдяки обертальному руху виробу при нерухомому соплу. Кільцеві ділянки мають радіус r , ширину b і площу f .

Час зупинки дробоструминного сопла пропорційний площі оброблюваного кругового кільця f і обернено пропорційний поверхневій продуктивності Q_f дробоструминного очищення. При цьому дотримуються умови рівномірності очищення кругових кілець, даючи можливість оброблюваному виробу на кожній зупинці сопла робити повне число обертів, що досягається рівністю цілому числу відношення $t_{оч}/t_1$, за винятком 0-ї ділянки, де час очищення дорівнює розрахунковому не пов'язаному з числом оборотів виробу.

Далі відбувається процес дробоструминного очищення внутрішньої поверхні циліндричної обичайки шляхом переміщення дробоструминного сопла по еквідистанті до твірної обичайки на постійний крок S із зупинками тривалістю $t_{оч}$, достатніми для очищення кругових ділянок, які утворюються на поверхні обичайки. При цьому дробоструминне сопло буде займати початкове для обичайки, наприклад, положення 13, а потім 14 і т. д. до кінцевого положення m , коли дробоструминний факел досягає поверхні відкритого днища.

Дробоструминне очищення поверхні відкритого днища здійснюють аналогічно очищенню глухого днища, але в зворотному порядку, аж до межі центрального люка, в нашому випадку з положення 12' до положення 3' (фіг. 1).

Дробоструминний факел має конічну форму і утворює на центральній частині поверхні глухого днища відбиток діаметром $d_{від}$. З огляду на розмітність факела згідно із експериментальними даними розрахунковий діаметр відбитка приймають рівний кроку $S=0,8d_{від}$.

В процесі очищення дробоструминному соплу при кожній зупинці на еквідистанті до твірної кривої порожнини виробу надають коливальний рух вздовж еквідистанти і відносно середнього положення з амплітудою $A=0,2d_{від}$, що додатково сприяє рівномірності обробки кожного кругового кільця.

Здійснення запропонованого способу розглянемо на прикладі дробоструминного очищення виробу згідно з [Визначення оптимальних технологічних режимів дробоструминного очищення металевих поверхонь: монографія / Горик О.В., Чернявський А.М., Ландар А.А., Шулянський Г.А. - Полтава: ПДАА - 101с].

Вихідні дані:

оброблюваний виріб - корпус апарата з товщиною стінки $a=20$ мм, складений з циліндричної обичайки діаметром $D=2400$ мм, з привареними еліптичними днищами, одне з яких має центральний люк $d_{л}=600$ мм, довжина корпусу $L=5600$ мм (фіг. 1);

корпус, виготовлений з низьковуглецевої сталі 10, пройшов термічну обробку в режимі нормалізаційного відпалу;

товщина дефектного шару металу, який необхідно видалити, щоб на очищеній поверхні утворилася рівномірна шорсткість становить $\delta=0,3$ мм;

діаметр циліндричного дробоструминного сопла - $d_{мат}=10$ мм;

оптимальна відстань від сопла до оброблюваної поверхні $l=0,3\pm0,02$ м, яка забезпечує швидкість атаки дробинками $v=100$ м/с;

абсолютний тиск стисненого повітря в дробоструминному апараті нагнітальної дії - $p=7$ бар;

масова витрата абразивного матеріалу через дробоструминне сопло становить $M=30$ кг/хв $=0,5$ кг/с;

абразивний матеріал - дріб сталевий колений, з діаметром описаної сфери $d=1$ мм;

діаметр відбитка дробоструминного факела на відстані $l=0,3$ м від оброблюваної поверхні становить $d_{від}=125$ мм;

розрахункова ширина відбитка дробоструминного факела b , рівна кроку S переміщення сопла по еквідистанті $d'_{від}=b=S=0$, $\%d_{від}=0,8\cdot125=100$ мм;

швидкість переривчастого переміщення на крок S дробоструминного сопла по еквідистанті $v_{екв}=0,1$ м/с;

об'ємна продуктивність дробоструминного сопла при очищенні низьковуглецевої сталі 10 при зазначених умовах, встановлена експериментальним шляхом, становить $Q_w=0,06\cdot10^4$ мм³/с;

поверхнева продуктивність дробоструминного сопла $Q_f=Q_w/\delta=0,6\cdot10^4/0,3=0,2\cdot10^4$ мм²/с;

безпечна частота обертання оброблюваного виробу навколо осі симетрії на роликівому стенді $n=2$ об/хв;

тривалість одного обороту виробу навколо осі з урахуванням ковзання оброблюваного виробу на роликах стенда $t_1=31,4$ с.

У початковому положенні 0 дробоструминний факел обробляє круглу поверхню діаметром $d'_{від}=100$ мм, площа якої становить $f_0=0,785\cdot d'^2_{від}=0,785\cdot100^2=7850$ мм². При поверхневій продуктивності сопла $Q_f=2000$ мм²/с час очищення 0-ї ділянки дорівнюватиме:

$$t_{оч,0}=f_0/Q_f=7850/2000=3,925\approx4,0 \text{ с.}$$

За цей час виріб зробить $n_{вир}=t_{оч,1}/t_1=4,0/31,4=0,127$ обороту.

Далі дробоструминне сопло переміщують по еквідистанті до твірної кривої екліптичного днища зі швидкістю $v_{\text{екв}}=0,1$ м/с на крок $S=100$ мм і зупиняють в положенні 1. При обертанні виробу відбиток дробоструминного факела описує на поверхні днища кругове кільце із середнім радіусом $r_1=100$ мм і шириною $b=S=100$ мм, площа якого

$$f_{\text{кд}1}=2\pi r_1 b=2\pi \cdot 100 \cdot 100=62800 \text{ мм}^2.$$

Для очищення 1-го кругового кільця зупинка дробоструминного сопла повинна бути не менше

$$t_{\text{оч.1}}=f_{\text{кд}1}/Q_f=62800/2000=31,4 \text{ с.}$$

Враховуючи, що оброблюваний виріб робить один оборот навколо осі протягом $t_1=31,4$ с, впливає, що перше кругове кільце буде очищено рівномірно за один оборот, так як відношення $t_{\text{оч.1}}/t_1=1$, тобто цілому числу, і коригування числа обертів виробу не знадобиться.

У 12-тому положенні відбиток дробоструминного факела досягає внутрішньої поверхні циліндричної обичайки діаметром D . Радіус кругового кільця в цьому положенні становить $r_{12}=1200$ мм.

Для очищення 12-го кругового кільця площею

$$f_{\text{кд}12}=2\pi r_{12} b=2\pi \cdot 1200 \cdot 100=753600 \text{ мм}^2$$

знадобиться час $t_{\text{оч}12}=f_{\text{кд}12}/Q_f=753600/2000=376,8$ с, протягом якого виріб зробить $n_{\text{вир}}=t_{\text{оч.1}}/t_1=376,8/31,4=12$ повних обертів навколо осі.

Амплітуда коливального руху дробоструминного сопла становить:

$$A=0,2d_{\text{від}}=0,2 \cdot 125=25 \text{ мм.}$$

У порівнянні з прототипом запропоноване технічне рішення має наступні переваги:

дробоструминне сопло переміщається по еквідистанті до твірної кривої порожнини корпусного виробу з постійною лінійною швидкістю, що дає можливість більш просто виконати конструкцію автоматичного маніпулятора;

дробоструминне сопло переміщується на постійний крок після якісної обробки чергової кільцевої ділянки;

переміщення дробоструминного сопла на еквідистанті здійснюється за часом, а не по траєкторії руху, що спрощує систему керування процесу обробки;

рівномірність дробоструминного очищення оброблюваної поверхні посилюється коливальним рухом дробоструминного сопла під час зупинки;

оброблюваний виріб обертається навколо власної осі з безпечною і постійною частотою, яка диктується нормативно-технічними документами;

критерієм оптимізації процесу є поверхнева продуктивність дробоструминного факела, а не похідна від неї лінійна швидкість переміщення відбитка дробоструминного факела на оброблюваній поверхні.

Викладені переваги запропонованого технічного рішення визначають позитивні передумови для успішного створення засобів технологічного оснащення, які дозволяють механізувати трудомістку, шкідливу але екологічно безпечну технологічну операцію дробоструминного очищення порожнистих корпусних виробів типу тіл обертання.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб дробоструминного очищення внутрішньої поверхні порожнин корпусних виробів типу тіл обертання, таких як корпуси хімічних, біологічних, харчових та інших апаратів, складених з циліндричної обичайки з привареними днищами довільної форми, одне з яких має центральний люк, що обертаються при обробці навколо власної осі симетрії з безпечною частотою n , продиктованою діючими нормативно-технічними документами, який **відрізняється** тим, що дробоструминне сопло в процесі обробки переривчасто переміщують з максимально можливою швидкістю $v_{\text{екв}}$, яка забезпечує мінімальну витрату часу, по еквідистанті до твірної кривої порожнини виробу, починаючи від осі симетрії на глухому днищі та закінчуючи на межі з центральним люком відкритого днища або навпаки, щоразу на постійний певний крок S відповідно до довжини факела з зупинками тривалістю $t_{\text{оч}}$ на оптимальних технологічних режимах.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що крок переміщення дробоструминного сопла по еквідистанті до твірної кривої порожнини оброблюваного виробу S становить близько $0,8$ діаметра відбитка факела $d_{\text{від}}$ на кільцевій ділянці оброблюваної поверхні, і затримують дробоструминне сопло на кожній зупинці протягом часу $t_{\text{оч}}$, достатнього для повного очищення кільцевої ділянки:

$$t_{\text{оч}}=f_{\text{кд}}/Q_f=2\pi r S d_{\text{від}}/Q_w,$$

де f_{kd} - площа кільцевої ділянки оброблюваної поверхні, що дорівнює $f_{kd}=2\pi rS$; Q_f - поверхнева продуктивність дробоструминного сопла, що дорівнює $Q_f=Q_w/\delta$ (Q_w - об'ємна продуктивність дробоструминного факела, δ - товщина дефектного шару металу, який видаляється в процесі дробоструминного очищення).

- 5 3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що на кожній зупинці дробоструминного сопла протягом часу $t_{оч}$ дотримуються умови рівномірності очищення поточної кільцевої ділянки оброблюваної поверхні, яка, тобто умова, виражається відношенням:

$t_{оч}/t_1=c$,

- 10 де t_1 - час, протягом якого оброблюваний виріб робить один оберт навколо осі симетрії, рівний $t_1=1/n$ (n - безпечна частота обертання оброблюваного виробу, яка диктується діючими нормативно-технічними документами); c - найближче більше ціле число, за винятком 0-ї початкової ділянки, коли це стосується глухого днища.

- 15 4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при кожній зупинці дробоструминного сопла на еквідистанті до твірної кривої порожнини оброблюваного виробу, протягом якого відбувається дробоструминне очищення внутрішньої поверхні, дробоструминному соплу надають коливальних рухів вздовж еквідистанти з амплітудою:

$A=0,2d_{від}$,

де $d_{від}$ - діаметр відбитка дробоструминного факела на оброблюваній поверхні.

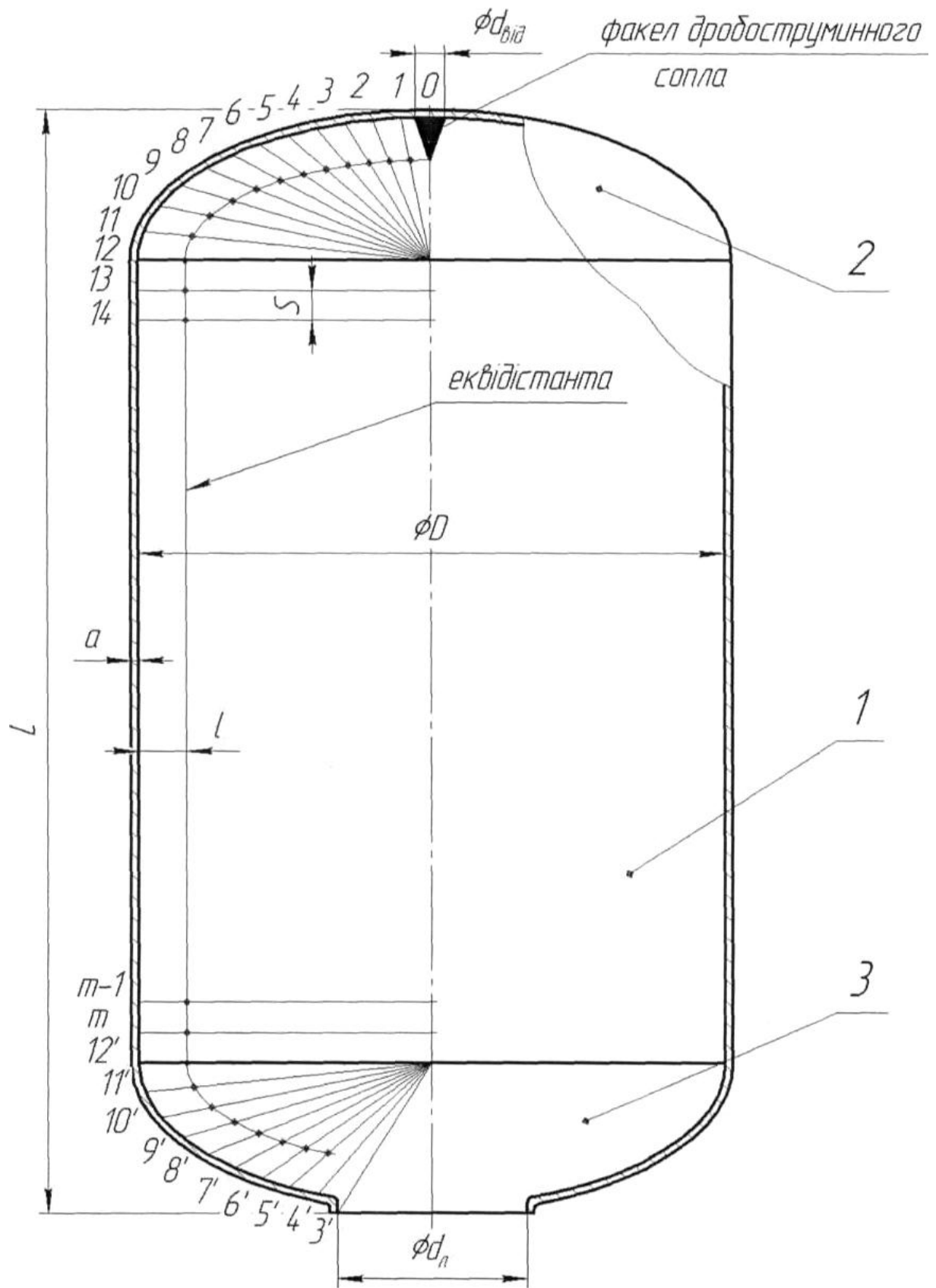


Fig. 1

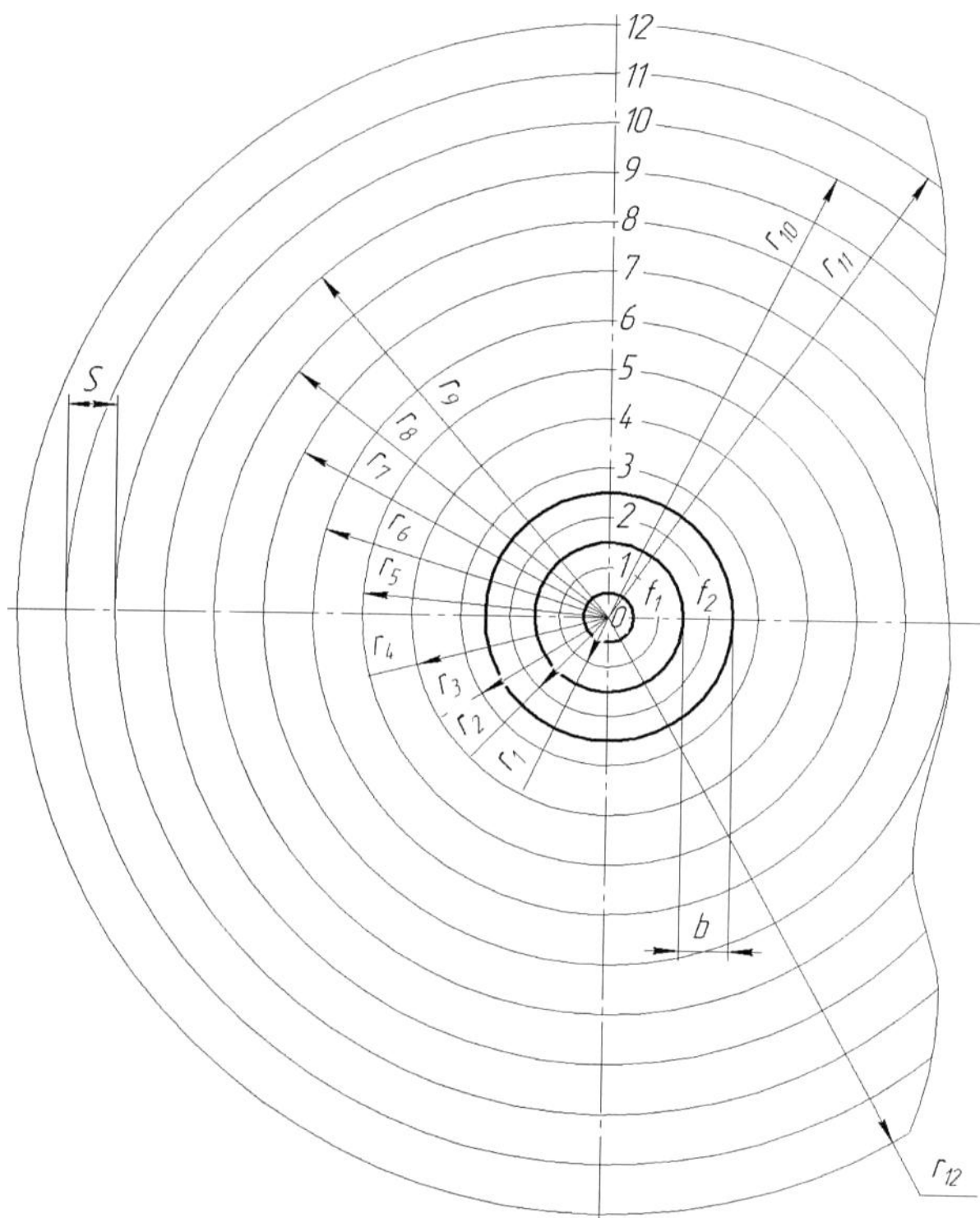


Fig. 2