

Винахід стосується електрогідравлічної обробки деталей, зокрема очищення нежорстких пластинчастих деталей, від технологічних відкладень у глиноземному виробництві, наприклад, пластин фірми «Альфа-Лаваль» від алюмосилікатних та залізистих технологічних відкладень.

Відомі способи електрогідравлічного очищення різноманітних виробів від формувальної землі, технологічних відкладень, бруду:

- спосіб механічної обробки (наприклад, подрібнення, очистка, буріння) в'язких, волокнистих, твердих матеріалів за допомогою електрогідравлічних ударів (а. с. СРСР №237068, опубл. Б.І. №18, 1983р.);
- спосіб очищення виливків (а. с. СРСР №865514, МКР В22Д29/00, опубл. Б.І. №35, 1981р.);
- спосіб електрогідравлічного очищення виливків (а. с. СРСР №1052330, МКІ<sup>4</sup> В22Д29/00, опубл. Б.І. №1, 1988р., с.261).

Відомо також спосіб поверхневої дії на матеріали гідравлічними ударами (див. а. с. СРСР №121053, опубл. Б.І. №18 1964р.), що виникають поблизу поверхні оброблюваного об'єкта внаслідок електричних розрядів в рідині, при якому оброблюваний об'єкт занурюють в рідину або розташовують у струмені рідини, а електроди поміщають у встановлювану поблизу оброблюваної поверхні, заповнену рідиною камеру у вигляді кумулюючої сфери, при цьому оброблюваний об'єкт служить другим електродом.

Ознаки, що збігаються з суттєвими ознаками способу, який заявляється:

- оброблюваний об'єкт занурюють в рідину;
- дія гідравлічними ударами, що виникають поблизу поверхні оброблюваного об'єкта внаслідок електричних розрядів в рідині між електродами.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату:

- при електричному розряді в рідині на поверхні оброблюваного об'єкта, який служить другим електродом, утворюються ерозійні плями (припали), що знижує якість поверхні, яка очищається;
- відсутність фіксації деталі у напрямку позитивного електрода під час обробки призводить до виникнення на деталі залишкових деформацій, що знижує якість очищення або призводить до браку, якщо до геометрії деталі ставлять підвищені вимоги.

Відомі пристрої та установки для електрогідравлічного очищення різноманітних виробів:

- машина для очищення твердих, волокнистих та еластичних матеріалів (а. с. СРСР №298168, МКР В08В3/10, опубл. Б.І. №18, 1983р., с.208);
- пристрій для електрогідравлічного очищення виробів (а. с. СРСР №446159, МКІ<sup>3</sup> В22Д29/00, опубл. Б.І. №18, 1983р., с.209);
- пристрій для очищення виробів з використанням електрогідравлічних ударів (а. с. СРСР №446160, МКР В22Д29/00, опубл. Б.І. №3, 1984р., с.249);
- установка для електрогідравлічного очищення виливків (а. с. СРСР №440862, МКІ<sup>2</sup> В22Д29/00, опубл. Б.І. №12, 1978р.);
- установка для електрогідравлічного очищення виливків (а. с. СРСР №1052329, МКІ<sup>3</sup> В22Д29/00, опубл. Б.І. №1, 1988р.);
- установка для електрогідравлічного очищення деталей (а. с. СРСР №1190583, МКІ<sup>5</sup> В22Д29/00, опубл. Б.І. №42, 1989р.);
- установка для електрогідравлічного очищення виливків (а. с. СРСР №902383, МКІ<sup>3</sup> В22Д29/00, опубл. Б.І. №1, 1988р.);
- установка для електрогідравлічного очищення деталей (а. с. СРСР №811567, МКІ<sup>3</sup> В08В7/00, опубл. Б.І. №42, 1989р.);
- установка для електрогідравлічного очищення виливків (а. с. СРСР №552756, кл. В22Д29/00);
- установка для електрогідравлічного очищення лиття (а. с. СРСР №405656, кл. В22Д29/00).

Відома також установка для електрогідравлічного очищення лиття (див. а. с. СРСР №415091, МКІ<sup>3</sup> В22Д29/00, опублікована в Б.І. №29, 1980р.), що включає ємність для рідини, робочий електрод з механізмом переміщення до виливка та контейнер для виливків, яка обладнана привідною підйнятною платформою для занурення контейнера в робочу зону ємності, що переміщає по горизонтальним напрямним і подає контейнер на платформу привідним візком.

Ознаки відомої установки, що збігаються з суттєвими ознаками установки, яка заявляється:

- ємність для рідини;
- контейнер;
- підймальна платформа для заглиблення контейнера в робочу зону ємності;
- позитивний і негативний електроди.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату:

- жорстке дно контейнера, на якому розташована оброблювана деталь, знижує амплітуду, швидкість та прискорення переміщення деталі, які виникають при високовольтному розряді в рідині, що знижує ефективність очищення;

- відсутність фіксації деталі в контейнері у напрямку позитивного електрода не дозволяє обмежити переміщення деталі при відскоку її від дна контейнера після припинення ударного імпульсу, що призводить до залишкової деформації деталі, яка очищається, та до зниження її якості.

Найбільш близьким за технічною суттю до заявленого способу є спосіб електрогідравлічного очищення виробів (патент України №1834, МКІ<sup>5</sup> В22Д29/00, опублікований у бюлетені «Промислова власність», №4, 1994 рік, стор.3.21), що включає укладення виробів в контейнер, розміщення струмоводів біля їхньої поверхні, занурення контейнера в робочу рідину та очищення дією електричних розрядів в рідині з одночасним переміщенням струмоводів уздовж виробів, при цьому очистку ведуть у режимі спрямованого розряду при напрузі між струмоводами 10 - 15кВ та частоті проходження розрядів 2...10Гц. При цьому

відстань від зрізу коаксіального кабелю, який є позитивним і негативним струмоводами, до оброблюваної деталі складає 3...5см.

Ознаки, що збігаються з суттєвими ознаками способу, який заявляється:

- укладення деталей в контейнер;
- занурення контейнера в робочу рідину;
- розміщення позитивного і негативного струмоводів-електродів біля поверхні деталі;
- дія високовольтними електричними розрядами в рідині з одночасним переміщенням позитивного струмоводу-електрода уздовж деталі.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату, такі:

- наявність спрямованого розряду на значній відстані 1 до оброблюваної деталі (3...5см) при напрузі між струмоводами 10 - 15кВ та частоті проходження розрядів 2... 10Гц не дозволяє ефективно очистити нежорсткі сталеві пластини від технологічних відкладень.

У цьому випадку канал високовольтного розряду, де формується хвиля з максимальною амплітудою тиску  $P_{\text{max}}$ , знаходиться на відстані  $1 = 3 - 5\text{см}$  від деталі, що очищається. Амплітуда тиску  $P_m$  на поверхні деталі, що очищається, розташованої на відстані 1 від каналу розряду, за умови сферичної симетрії може бути розрахована за залежністю:

$$P_m = \frac{1.35 V_1(\text{ПК})}{1.1 L^{3/8}} \cdot P_1^{3/5} U_0^{5/4} C^{1/4},$$

(див. Кривицкий Е.В., Шамко В.В. Переходные процессы при высоковольтном разряде в воде, - Київ: Наукова думка, 1979 - 208с., формула (У. 29), стор.187), де:

$V_1(\text{ПК})$  - безрозмірна функція для коливальних розрядів;

$V_1(\text{ПК}) = \text{ПК}^{0.25}$ , тут ПК - критерій подібності електричних та гідродинамічних характеристик каналу при високовольтному розряді,  $\text{ПК} = (0.25 - 0.76) 10^{-2}$  (див. стор.50 вищезазначеної роботи);  $P_1$  - густина води,  $U_0$ ,  $C$ ,  $L$  - відповідно зарядна напруга, ємність та індуктивність розрядного контуру. Таким чином, амплітуда тиску убиває з відстанню 1 за законом  $1^{1.1}$ ;

- відсутність фіксації деталі у напрямку позитивного і негативного електродів під час обробки призводить до виникнення на деталі залишкових деформацій, що знижує якість очищення або
- призведе до браку, якщо до геометрії деталі ставлять підвищені вимоги.

Найбільш близькою за технічною суттю до установки, що заявляється, є установка для електрогідравлічного очищення виробів (патент України №1834, МПК<sup>5</sup> B22D29/00 у бюлетені «Промислова власність», №4, 1994р., стор.3.21), що містить бак з робочою рідиною, контейнер, струмоводи, вузол переміщення струмоводів та генератор імпульсного струму, струмоводи виконані у вигляді коаксіального кабелю зі зрізом по торцю, розташованим під кутом 35 - 45° до площини дна контейнера.

Ознаки відомої установки, що збігаються з суттєвими ознаками установки, яка заявляється:

- бак з робочою рідиною;
- контейнер для розміщення оброблюваної деталі;
- позитивний і негативний струмоводи-електроди, сполучені з генератором імпульсного струму;
- вузол переміщення позитивного струмовода-електрода.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату, такі:

- відсутність фіксації деталі в контейнері у переміщенні деталі при відскоку її від дна контейнера після припинення ударного імпульсу, що призводить до залишкової деформації деталі, яка очищається, та знижує її якість;

- жорстке дно контейнера, на яке укладається деталь, знижує амплітуду, а відповідно до цього знижує швидкість та прискорення переміщення деталі при її прогинанні у процесі прикладання до останньої електрогідравлічних ударів, що знижує ефективність очищення. Тому для підвищення ефективності очищення деталей від технологічних відкладень необхідно застосовувати підвищені енергії високовольтного розряду, що неприйнятне для очищення нежорстких пластинчастих деталей, тому що призведе до появи в них залишкових деформацій.

В основу даного винаходу покладено завдання створити спосіб електрогідравлічного очищення нежорстких пластинчастих деталей, в якому використання нових технологічних прийомів і режиму обробки забезпечить високий ступінь очищення деталей за відсутності у них залишкових деформацій та припалів на поверхні, яка очищається, що дозволить підвищити ефективність та якість очищення.

В основу даного винаходу покладено також завдання створити установку для електрогідравлічного очищення нежорстких пластинчастих деталей, в якій нове конструктивне виконання контейнера, позитивного і негативного електродів забезпечить високий ступінь очищення деталей за відсутності у них залишкових деформацій та припалів на поверхні, яка очищається, що дозволить підвищити ефективність та якість очищення.

Суть винаходу полягає у тому, що у способі електрогідравлічного очищення нежорстких пластинчастих деталей, що включає укладення деталей в контейнер, розміщення позитивного і негативного електродів біля їхньої поверхні, занурення контейнера в робочу рідину та очищення дією високовольтних електричних розрядів в рідині з одночасним переміщенням позитивного електрода відносно поверхні деталі відповідно до винаходу, дію електричними розрядами в рідині здійснюють з частотою до 50Гц, а як негативний електрод - як перший варіант - використовують металеву сітку з розміром вічка  $h \times h$  і розташовують її на відстань 1 від поверхні деталі, при цьому  $h$  і  $l$  обирають із співвідношень:

$$h = (5 - 10) \sigma; 1 = (2 - 8) \sigma$$

де  $\sigma$  - товщина оброблюваної деталі.

Як другий варіант використовують технологічну пластину з профілем, конгруентним профілю пластинчастих деталей, що очищаються, і яка щільно встановлюється зверху пакета у вигляді укладених в контейнер одна на одну  $N$  оброблюваних деталей.

Суть винаходу полягає в установці для електрогідравлічного очищення нежорстких пластинчастих деталей, яка містить бак з робочою рідиною, контейнер, позитивний і негативний електроди, що сполучені з генератором імпульсного струму, вузол переміщення позитивного електрода, відповідно до винаходу позитивний електрод виконаний у вигляді гнучкого струмопроводу в еластичній ізоляції і сполученого з ним рознімним з'єднанням ініціувального стрижня з тонкого дроту, а рознімне з'єднання розміщене в твердій ізоляції і виконане у вигляді двох пластин з електропровідного матеріалу, між якими розташовані, з одного боку, гнучкий струмопровід, а з другого, - ініціувальний стрижень, кінець якого виконаний у вигляді петлі, а на еластичній ізоляції струмопроводу закріплене багатопарове кільце з клейкої стрічки, а негативний електрод виконаний: за першим варіантом - у вигляді металевої сітки, прикріпленої до рами, розташованої над контейнером і сполученої з ним, з одного боку, за допомогою шарнірного з'єднання, а з другого боку, - фіксувальним пристосуванням, при цьому контейнер обладнаний пружною прокладкою; за другим варіантом - у вигляді технологічної пластини, встановленої на пакеті оброблюваних деталей, виконаної з профілем, конгруентним профілю пластинчастих деталей, а контейнер обладнаний пристосуванням, фіксуючим оброблювані деталі та технологічну пластину на контейнері.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками способу, що заявляється, та умовами для його здійснення і технічним результатом, якого досягають, слід відзначити наступне:

Дія електричними розрядами в рідині з частотою до 50 Гц сприяє прикладанню до деталі ударних імпульсів з частотою, що відповідає власній частоті згинальних коливань деталі, яка очищається, і, крім того, здійснюється безперервна вібрація деталі, яка очищається, тому що не встигають згаснути згинальні коливання від попереднього імпульсу, як прокладається новий імпульс.

Виконання негативного електрода, за першим варіантом, у вигляді металевої сітки з розміром вічка  $h \times h$  і встановлення відстані між негативним струмопроводом та поверхнею деталі, дорівнюючої  $1$  при  $h = (5 - 10) \sigma$  та  $1 = (2 - 8) \sigma$ , де  $\sigma$  - товщина оброблюваної деталі, дозволить електричний розряд в рідині спрямовувати не на деталь, а на розташовану поблизу неї сітку. Це, з одного боку, виключає появу припалів на поверхні деталі, а з іншого боку, обмежує амплітуду прогинання деталі при відскоку її від дна контейнера після прикладання до неї ударного імпульсу, що виключає появу в деталі залишкової деформації, яка б знизилася якість деталі або призвела до остаточного її браку.

Виконання негативного електрода, за другим варіантом, у вигляді технологічної пластини з профілем, конгруентним профілю пластинчастих деталей, що очищаються, і яка встановлюється зверху пакета у вигляді укладених в контейнер одна на одну  $N$  оброблюваних деталей, дозволить якісно очищати за одну операцію  $N$  пластин, що суттєво підвищує ефективність та, як наслідок цього, продуктивність процесу очистки.

Високовольтний розряд здійснюють безпосередньо на сталеву технологічну пластину, при цьому максимальний тиск  $P_{a_{max}}$  з каналу високовольтного розряду передається без втрат в технологічну пластину.

Ударний імпульс у вигляді хвилі стиску послідовно проходить через всі деталі, що очищаються, найтонший шар води, яка проникає між деталями, не відбиває хвилю стиску, що надходить з технологічної пластини в оброблювані деталі і не може справляти істотного впливу на їхню власну частоту та амплітуду згинальних коливань. У той же час найтонші струмени води, що виникають між пластинами при їх вібрації, ефективно виносять із зазорів між ними технологічні відкладення, що відділяються від деталей.

При цьому на деталях, що очищаються, відсутні припіки від високовольтних розрядів, тому що останні здійснюються на технологічну пластину. Наявність зверху пакета технологічної пластини запобігає також появі в деталях, що очищаються, залишкових деформацій, які б знизили якість деталей або призвели до остаточного їх браку.

Дія електричними розрядами в рідині з частотою до 50 Гц сприяє прикладанню до деталі ударних імпульсів з частотою, що відповідає власній частоті згинальних коливань деталей, що очищаються, і, крім того, здійснюється безперервна вібрація кожної деталі, що очищається, в пакеті, тому що не встигають згаснути згинальні коливання від попереднього імпульсу, як прикладається новий імпульс.

Таким чином, сукупність суттєвих ознак способу дозволить забезпечити високий ступінь очищення деталей за відсутності в них залишкових деформацій та припалів на поверхні, яка очищається, що дозволить підвищити ефективність та якість очищення і, як наслідок цього, продуктивність процесу обробки.

Суттєві ознаки установки, що заявляється:

- виконання позитивного електрода у вигляді гнучкого струмопроводу в еластичній ізоляції та сполученого з ним рознімним з'єднанням ініціувального стрижня з тонкого дроту,
- розміщення рознімного з'єднання в твердій ізоляції і виконання рознімного з'єднання у вигляді двох пластин з електропровідного матеріалу, між якими розташовані, з одного боку гнучкий струмопровід, а з іншого боку - ініціувальний стрижень, кінець якого виконаний у вигляді петлі.
- закріплення на еластичній ізоляції струмопроводу багатопарового кільця з клейкої стрічки дозволяє створити щільний і надійний контакт рознімного з'єднання ініціувального стрижня, виконаного у вигляді тонкого дроту, зі струмопроводом та забезпечити повну герметичність поверхні контакту еластичної ізоляції та ізолятора.

При використанні як ініціувальний стрижень тонкого дроту важливо вирішити питання забезпечення механічно надійного та електрично щільного контакту цього стрижня з гнучким струмопроводом. Це питання вирішене стисненням з двох боків петлі, виконаної на кінці тонкого дроту, двома електропровідними

пластинами за допомогою болтового з'єднання. Між двома цими ж пластинами з другого їхнього боку закріплений струмопровід в еластичній ізоляції. Цим забезпечується малий електричний опір та надійне механічне кріплення рознімного з'єднання струмопроводу й ініціувального стрижня, що призводить до малих передпробивних втрат високовольтного розряду в рідині і забезпечує ефективну роботу установки.

Зниженню передпробивних втрат в розрядному контурі та підвищенню ефективності роботи установки, а отже, підвищенню ефективності та якості очищення деталей сприяє також забезпечення повної герметичності поверхні контакту еластичної ізоляції й ізолятора за допомогою виконання на еластичній ізоляції струмопроводу багатошарового кільця з клейкої стрічки.

Виконання негативного електрода, за першим варіантом, у вигляді металевої сітки, прикріпленої до рами, розташованої над контейнером і сполученої з ним, з одного боку, за допомогою шарнірного з'єднання, а з другого, - фіксувальним пристосуванням, дозволить електричний розряд здійснювати на сітку, й ударний імпульс, що створюється в результаті високовольтного розряду поблизу оброблюваної деталі, здійснює ефективне її очищення. При цьому виключається поява на поверхні деталі припалів від високовольтного розряду. Амплітуда прогинання деталі при відскоку її від дна контейнера обмежується сіткою, що дозволяє уникнути появи в деталях залишкових деформацій.

Пружна прокладка між контейнером та деталлю дозволяє збільшити прогинання деталі при прикладанні на неї ударного імпульсу, що збільшує ефективність очищення деталі.

Виконання негативного електрода, за другим варіантом, у вигляді технологічної пластини, встановленої на пакеті оброблюваних деталей, виконаної з профілем, конгруентним профілю пластинчастих деталей, обладнання контейнера пристосуванням, що фіксує оброблювані деталі та технологічну пластину на контейнері, дозволяють здійснювати електричний розряд безпосередньо на сталеву технологічну пластину, при цьому тиск з каналу високовольтного розряду передається без втрат в технологічну пластину. Ударний імпульс у вигляді хвилі стиску послідовно проходить через усі деталі, що очищаються, встановлені в пакеті, здійснюється їх безперервна вібрація та ефективне очищення. При цьому технологічна пластина і деталі, що очищаються, утримуються від переміщення в горизонтальній площині штифтами, прикріпленими до контейнера за контуром деталей, і забезпечується прилягання останніх одна до одної по всій поверхні. Найтонші струмені води, що виникають між пластинчастими деталями, ефективно виносять із зазорів між ними технологічні відкладення, що відділяються. При цьому виключається поява на поверхні деталей припалів від високовольтного розряду.

Амплітуда прогинання деталей при очищенні обмежується за рахунок маси технологічної пластини, що дозволяє уникнути появи в деталях залишкових деформацій. За одну операцію забезпечується очищення всіх деталей.

Сукупність суттєвих ознак установки, що заявляється, дозволить одержати високий ступінь очищення деталей за відсутності в них залишкових деформацій та припалів на поверхні, яка очищається, що забезпечить підвищення ефективності та якості очищення і, як наслідок цього, продуктивності процесу обробки.

Спосіб за першим варіантом здійснюють наступним чином:

Нежорстку пластинчасту деталь укладають в контейнер. Над поверхнею деталі на відстані 1 від неї розміщують негативний електрод, виконаний у вигляді сітки з розміром вічка  $h \times h$ . Розмір вічка  $h$  та відстань 1 обирають із співвідношень  $h = (5 - 10) \sigma$ ;  $1 = (2 - 8) \sigma$ , де  $\sigma$  - товщина оброблюваної деталі.

Мінімальне значення розміру вічка сітки  $h = 5\sigma$  обмежене через зниження ефективності очищення пластин, тому що при  $h < 5\sigma$  різко знижується гідропотік від високовольтного розряду через малий розмір просвіту у вічку сітки. Максимальне значення розміру  $h$  вічка  $h = 10\sigma$  визначають обмеженням розміру зони ефективної очистки від кожного високовольтного розряду. Розмір зони ефективної очистки прямо пропорційно зростає зі збільшенням  $\sigma$ , тому що зі збільшенням  $\sigma$  зростає допустима величина ємності  $C$  конденсаторів при постійній зарядній напрузі  $U_0$ .

Мінімальне значення відстані 1 від сітки до деталі  $1 = 2\sigma$  визначають через необхідність виключення контакту сітки з деталлю у момент проходження імпульсного електричного струму при високовольтному розряді (сітка прогинається під дією на неї ударного імпульсу), щоб виключити появу приладів на поверхні деталі.

При  $1 = 8\sigma$  різко знижується ефективність очищення деталі, тому що при цьому значно віддаляється від деталі зона імпульсного тиску, яка створюється високовольтним розрядом в рідині.

Очищення деталі здійснюють дією високовольтними електричними розрядами з частотою до 50 Гц. При цьому позитивний струмовод переміщують стосовно поверхні деталі.

Максимальне значення частоти проходження розрядів беруть дорівнюючим 50 Гц, тому що при  $f > 50$  Гц різко знижується ефективність кожного розряду через те, що не встигає відновити свої властивості рідина (вода) в зоні високовольтного розряду. Тривалість тільки першої пульсації парогазової порожнини при високовольтному розряді у відкритому об'ємі складає 12 мс. А таких пульсацій порожнини спостерігається не менше двох, тобто час існування парогазової порожнини складає 20 мс і більше (В.А. Поздеев, П.И. Царенко, Б.И. Бутаков, П.П. Малюшевский. Электроразрядные генераторы упругих колебаний.- Київ; (Науковадумка, 1985 - 176с; див. стор. 127 - 1128). Наступний розряд, який відбудеться в незгаслій парогазовій порожнині, буде мати значно меншу ефективність.

Нижню межу значень частоти проходження розрядів  $f_{\min}$  не обмежують, тому що вона визначається власною частотою згинальних коливань деталей, які очищаються, занурених в рідину.

Спосіб за другим варіантом здійснюють наступним чином: нежорсткі пластинчасті деталі, що підлягають очищенню, у кількості  $N$  штук щільно укладають в контейнер у вигляді пакета між штифтами, що фіксують

пластини в горизонтальній площині. Зверху пакета оброблюваних деталей встановлюють технологічну пластину. Підводять позитивний електрод до технологічної пластини на відстань оптимального між електродного проміжку (методику розрахунку оптимального між електродного проміжку див. в роботі: Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта. Под редакцией Г.А. Гулого. - М.: Машиностроение, 1977 - 320с.). Здійснюють очищення пластинчастих деталей у кількості N штук за одну операцію з частотою проходження розрядів до 50Гц.

Стислий опис креслень.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, що додаються, де:

на фіг.1 - показана принципова електросхема установки для здійснення способу;

на фіг.2 - поперечний переріз технологічної частини установки для здійснення способу за першим варіантом;

на фіг.3 - переріз А - А технологічної частини установки для здійснення способу за першим варіантом;

на фіг.4 - поперечний переріз технологічної частини установки для здійснення способу за другим варіантом;

на фіг.5 - поперечний переріз позитивного електрода;

на фіг.6 - вигляд В позитивного електрода.

Установка для реалізації способу очищення нежорстких пластинчастих деталей складається: з високовольтного устаткування - генератора 1 імпульсних струмів (ГІС), до складу якого входять високовольтне блокування 2 для захисту від залишкової напруги на ємнісному нагромадженні, блок 3 захисту, система вентиляції розрядника 4, позитивний струмовод з електродом 5 і негативний струмовод 6, що подає потенціал на сітку або на технологічну пластину, які використовуються як негативний електрод; з низьковольтного устаткування 8 для управління установкою з технологічної частини, що складається з бака 9, шламового збірника 10, платформи 11, каретки 12 переміщення позитивного електрода 5 траверсою 13 контейнера 14.

Між контейнером 14 і оброблюваною деталлю 15 розміщена пружна прокладка 16. Сітка 7 прикріплена до рами 17 зварюванням або за допомогою дрітного скрутки. Рама 17 сполучена з контейнером 14 з одного боку шарнірами 18, а з другого боку через кронштейни 19 і 20 - фіксаторами 21. Рама 17 обладнана ручками 22 для її повороту, а до контейнера 14 прикріплені захвати 23 і 24 для його переміщення транспортними засобами. Бак 9 заповнений рідиною 25, наприклад, водою з електричним опором  $> 12,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ). Пакет оброблюваних пластинчастих деталей 15 від зсувів у горизонтальних напрямках утримується штифами 26, запресованими в контейнер 14 (див. фіг.4).

Позитивний електрод складається (див. фіг.5, 6) з гнучкого струмопроводу 27, укладеного в еластичну ізоляцію 28, наприклад, з вакуумної гуми і сполученого за допомогою болтового з'єднання 29 з електропровідними пластинами 30 і 31. Пластини 30 і 31 за допомогою болтового з'єднання 32 щільно приєднані до петльового загину ініціувального стрижня 33, виконаного у вигляді тонкого дроту. Струмопровід 27 в еластичній ізоляції 28, з приєднанням до нього ініціувальним стрижнем 33, за допомогою пластин 30 і 31 поміщені в розточці ізолятора 34, на одному кінці якого нагвинчений наконечник 35, а на другому - втулка 36. З боку гнучкого струмопроводу 27 на втулку 36 нагвинчений ковпак 37, навпроти кінцевої розточки якого на еластичній ізоляції 28 струмопроводу 27 виконане швидко знімне, ущільнювальне та обмежувальне багатощарове кільце 38 з клейкої стрічки. На зовнішній поверхні втулки 36 виконана виточка, в яку входять виступи кругових скоб 39, що мають можливість повороту навколо осі пальця 40, закріпленого в розточці тримача 41 електрода. Кругові скоби 39 стягнуті одна з одною болтами 42. Електрод занурений значною частиною ізолятора 34 в робочу рідину 25. При цьому відстань від торця та ініціувального стрижня 33 до сітки або технологічної пластини 7 є робочим електроіскровим проміжком 1р.

Установка для реалізації способу очищення за першим варіантом працює наступним чином:

На платформу 11 встановлюють контейнер 14 з пружною прокладкою 16, на який укладають об'єкт 15 очистки - нежорстку пластинчасту деталь.

За ручки 22 повертають раму 17 з сіткою 7 навколо осі шарнірів 18 і прикріплюють її до контейнера 14 фіксаторами 21.

При цьому між сіткою 7 і оброблюваною деталлю 15 встановлюють відстань  $l = (2 - 8) \sigma$ , а розмір вічка h сітки 7 обирають дорівнюючим  $h = (5 - 10) \sigma$ , де  $\sigma$  - товщина оброблюваної деталі. Платформу 11 опускають в бак 9 з водою 25. Механізм переміщення платформи 11 на кресленні не показаний.

Переміщенням каретки 12 по траверсі 13 та переміщенням самої траверси 13 поздовжніми напрямними бака 9 позитивний електрод встановлюють у вихідне положення - над одним з кутів оброблюваної деталі 15. Включають низьковольтне устаткування 8. При цьому замикаються контакти високовольтного блокування 2, блока 3 захисту та системи вентиляції розрядника 4. Включають ГІС 1, на блоці управління (на кресленні не показаний) розрядника 4 встановлюють частоту проходження розрядів до 50Гц і подають імпульси управління на розрядник 4. По черзі переміщують позитивний електрод 5 відносно поверхні деталі 15, що очищається, уздовж та впоперек неї відповідно поздовжнім рухом траверси 13 і поперечним рухом каретки 12 по траверсі 13. Поперечна подача на кожний поздовжній прохід електрода 5 відносно деталі 15 не перевищує розмір зони ефективної очистки від кожного високовольтного розряду.

Після очистки відключають ГІС 1 і низьковольтний блок 8. Піднімають платформу 11 з бака 9, за ручки 22 піднімають раму 17 з сіткою 7 і знімають деталь 15 з контейнера 14.

Установка для реалізації способу очищення за другим варіантом працює наступним чином:

Нежорсткі пластинчасті деталі 15 у кількості N штук щільно укладають в контейнер 14 у вигляді пакета між штифтами 26 Зверху пакета оброблюваних деталей 15 встановлюють технологічну пластину 7. Платформу 11 опускають в бак 9 з водою 25.

Переміщенням каретки 12 по траверсі 13 поздовжніми напрямними бака 9 позитивний електрод встановлюють у вихідне положення над одним з кутів пакета оброблюваних деталей 15.

Включають низьковольтне устаткування 8.

Після вибору частоти проходження розрядів подають імпульси управління на розрядник 4. По черзі переміщують позитивний електрод відносно поверхні технологічної пластини 7 на впоперек неї. Після закінчення очистки відключають ПС 1 і низьковольтний блок 8. Піднімають платформу 11 з бака 9. Знімають технологічну пластину 7 і оброблювані деталі 15 з контейнера 14.

Позитивний електрод при роботі установки працює наступним чином:

Високовольтний розряд в рідині на робочому проміжку 1р між ініціувальним стрижнем 33 і негативним електродом 7 (сітка або технологічна пластина) супроводжується комплексом фізичних явищ (ударна хвиля, гідропотік, квазістатичний тиск та ін.).

Гідропотік, окрім дії на оброблювану деталь, лине у круговий зазор між наконечником 35, ізолятором 34, втулкою 36 та, ініціувальним стрижнем 33 у напрямку до еластичної ізоляції 2. Однак проникнення робочої рідини 25 в зону ковпака 37 попереджається ущільнювальним кільцем 38, яке перед початком роботи електрода щільно стиснуте конічною поверхнею ковпака 37, нагвинчуванням його на втулку 36. Цим виключає попадання робочої рідини на скоби 39 та попереджається можливий високовольтний пробій через скоби 39 та тримач 41 електрода.

Мале падіння напруги в рознімному з'єднанні гнучкого струмовода 27 та ініціувального стрижня 33 забезпечується щільним сполученням їх за допомогою стискання пластин 30 і 31 болтовими з'єднаннями 29 і 32. Це призводить також до зниження передпробивних втрат високовольтного розряду і забезпечує ефективну роботу електрода та його високу надійність. Застосування тонкого дроту як ініціувальний стрижень 33, що особливо важливо при роботі з малою енергією розряду (0,5 - 1кДж), зменшує поверхню виступаючих з наконечника 35 частини стрижня електрода і дозволяє при цьому збільшувати відстань  $l_0$  між торцями наконечника 35 та ініціувального стрижня 33, що призводить до збільшення довговічності наконечника 35 (див. Поздеев В.А., Царенко П.И., Бутаков Б.И. и др. Электроразрядные генераторы упругих колебаний, - Київ: Наукова думка, 1985 - 176стор.) та підвищення надійності електрода.

При зменшенні в результаті електроерозії довжини  $l_0$  ініціувального стрижня 33 на величину більш допустиму (це може призвести до руйнування наконечника 35) стрижень 33 висувають шляхом гнучкого струмопроводу 27 з еластичною ізоляцією 28. Для цього викручують ковпак 37, видаляють кільце 38 змотуванням клейкої стрічки, переміщують в ізоляторі 34 гнучкий струмопровід 27 разом з пластинами 30 і 31 та ініціувальним стрижнем 33 на величину електроерозії і встановлюють необхідну довжину  $l_0$  виступаючої частини стрижня, потім утворюють кільце 38 з клейкої стрічки впритул до торця втулки 36 і закручують ковпак 37.

Таким чином зменшуються передпробивні втрати і підвищується ефективність роботи електрода та його надійність і відповідно ефективність та якість очищення і, як наслідок цього продуктивність процесу обробки.

Приклад здійснення способу електрогідравлічного очищення нежорсткої пластинчастої деталі.

За оброблювану деталь була узят пластина «Альфа-Лаваль» глиноземного виробництва. Пластина має товщину  $\sigma = 1,2\text{мм}$ , довжину та ширину відповідно 2000 і 800мм. Вона виготовляється з нержавіючої сталі і має складний профіль гофра в обох взаємно перпендикулярних напрямках. Висота хвилі гофра складає 10мм. Розрахунок власної частоти ( $f_{\text{власн. пл.}}$ ) згинальних коливань пластини «Альфа-Лаваль» за залежностями відповідно до робіт: Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости, - М: Наука, 1965 - 204с. (стор. 150 - 151); Справочник по судовой акустике под редакцией И.И. Ключева и И.И. Боголепова, - Л.: Судостроение, 1978 - 422с. (стор. 21 - 23); Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-х томах. Том 2 под редакцией И.А. Биргера и Я.Г.Пановко, - М: Машиностроение, 1968 - 464с. (стор. 145 - 147) показав, що  $f_{\text{власн. пл.}} = 28\text{Гц}$ . Однак з врахуванням навколишньої води ця частота знижується на 40%, тобто  $f_{\text{власн. пл.}} = 20\text{Гц}$ . Частоту проходження електричних розрядів встановлюють 20Гц. Зарядну напругу беруть дорівнюючою 50кВ, а ємність С конденсаторів - 0,5мкФ. Розмір h вічка сітки беруть дорівнюючим  $7,5 \sigma$ , тобто  $h = 9\text{мм}$ , а відстань 1 від сітки до оброблюваної деталі:  $1 = 5 \sigma = 6\text{мм}$ .

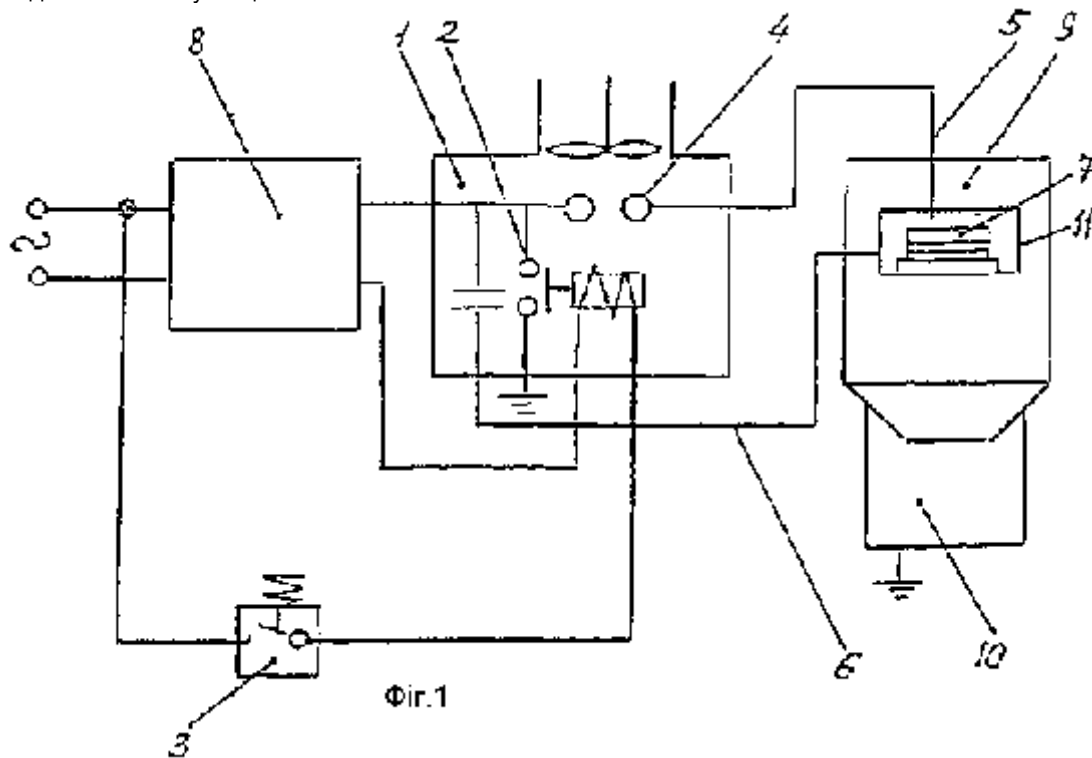
Приклад здійснення способу електрогідравлічного очищення нежорстких пластинчастих деталей за другим варіантом

За оброблювальні деталі були узяті пластини фірми «Альфа-Лаваль» глиноземного виробництва. Пластина має також товщину  $\sigma = 1,2\text{мм}$ , довжину та ширину відповідно 2000 і 800мм. Висота хвилі гофра складає ~ 10мм. Розрахунок власної частоти ( $f_{\text{власн. пл.}}$ ) згинальних коливань пластини «Альфа-Лаваль» за залежностями відповідно до робіт: Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости, - М.: Наука, 1965 - 204с. (стор.150 - 151), Справочник по судовой акустике под редакцией И.И. Ключева и И.И. Боголепова, - Л.: Судостроение, 1978 - 422с. (стор.21 - 23); Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-х томах. Том 2 под редакцией И.А. Биргера и Я.Г. Пановко, - М.: Машиностроение, 1968 - 464с. (стор.145 - 147, 187 - 210) показав, що  $f_{\text{власн. пл.}}$  у пакеті незначно залежить від кількості N пластин в пакеті. Для пластин «Альфа-Лаваль» з  $N = 2 - 30$  з встановленою на нього технологічною пластиною  $f_{\text{власн. пл.}}$  коливаються від 18 до 9Гц. Кількість пластин в пакеті беруть мінімальною  $N_{\text{min}} - 2$  - якщо технологічні відкладення на пластинах більш міцні, і навпаки,  $N_{\text{min}} = 30$  - при відкладеннях, які більш легко видаляються у процесі очистки.

Частоту проходження електричних розрядів встановлюють 18Гц, зарядну напругу  $U_0$  беруть дорівнюючою 50кВ, а ємність С конденсаторів - 0,5мкФ.

Як технологічну пластину використовують остаточно забраковані пластини «Альфа-Лаваль» через наявність на них тріщин, отриманих у процесі експлуатації. Якщо за технологічну пластину беруть одну пластину «Альфа-Лаваль», то інтенсивність очистки більш висока, але довговічність технологічної пластини, обмежена появою у процесі очистки в ній залишкових деформацій, дозволяє якісно очистити 4 - 5 пакетів пластин. Якщо ж як технологічну пластину застосовують дві браковані пластини «Альфа-Лаваль», сполучені між собою контактним зварюванням, то у цьому випадку вдається очистити до 100 пакетів пластин.

Обробка пластин «Альфа-Лаваль» з вищевказаними режимами привела до якісного очищення пластин (на 95 - 100%) від алюмосилікатних та залізистих відкладень. Очищенню за другим варіантом способу піддавалися пластини «Альфа-Лаваль» з більш крихкими технологічними відкладеннями, ніж за першим варіантом, тобто такі, які більш легко очищаються електрогідравлічним методом. Усього очищенню із застосуванням способів за першим та другим варіантами піддано 10000 пластин, які визнані придатними до подальшої експлуатації.



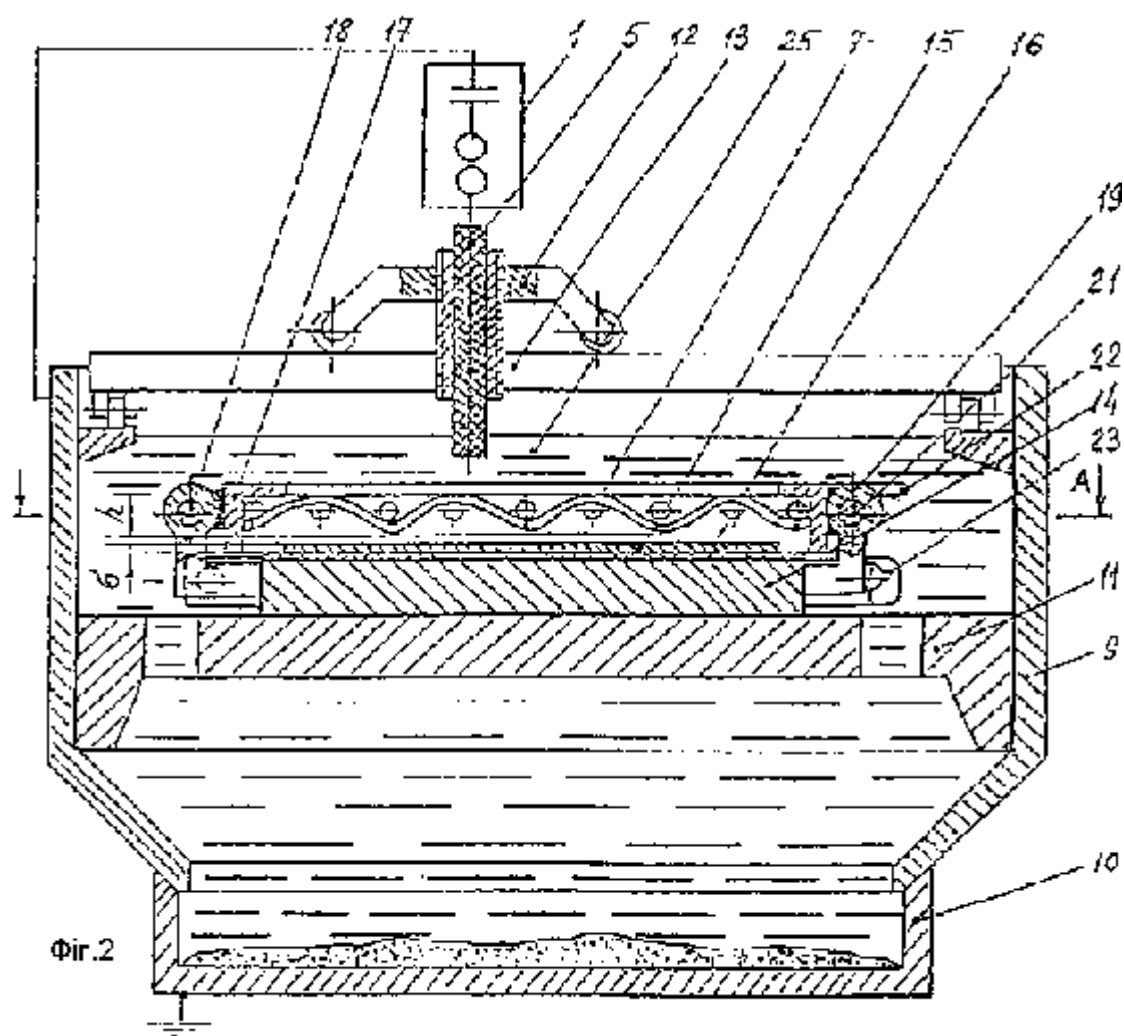


Fig.2



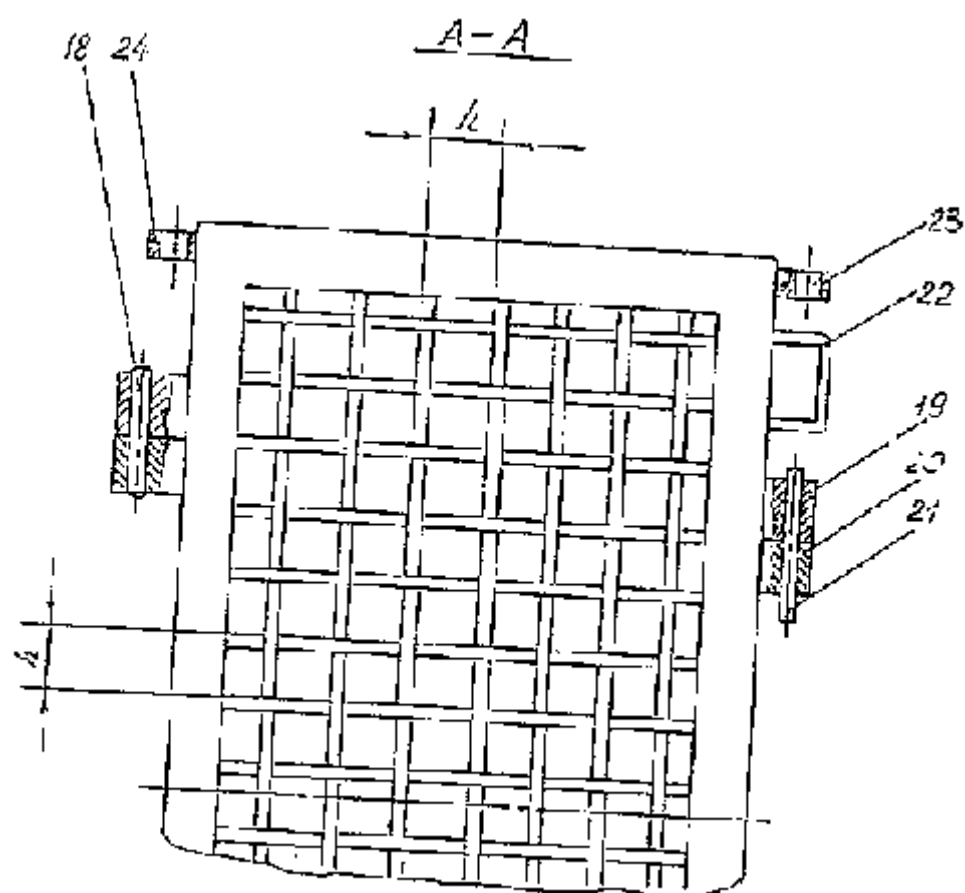
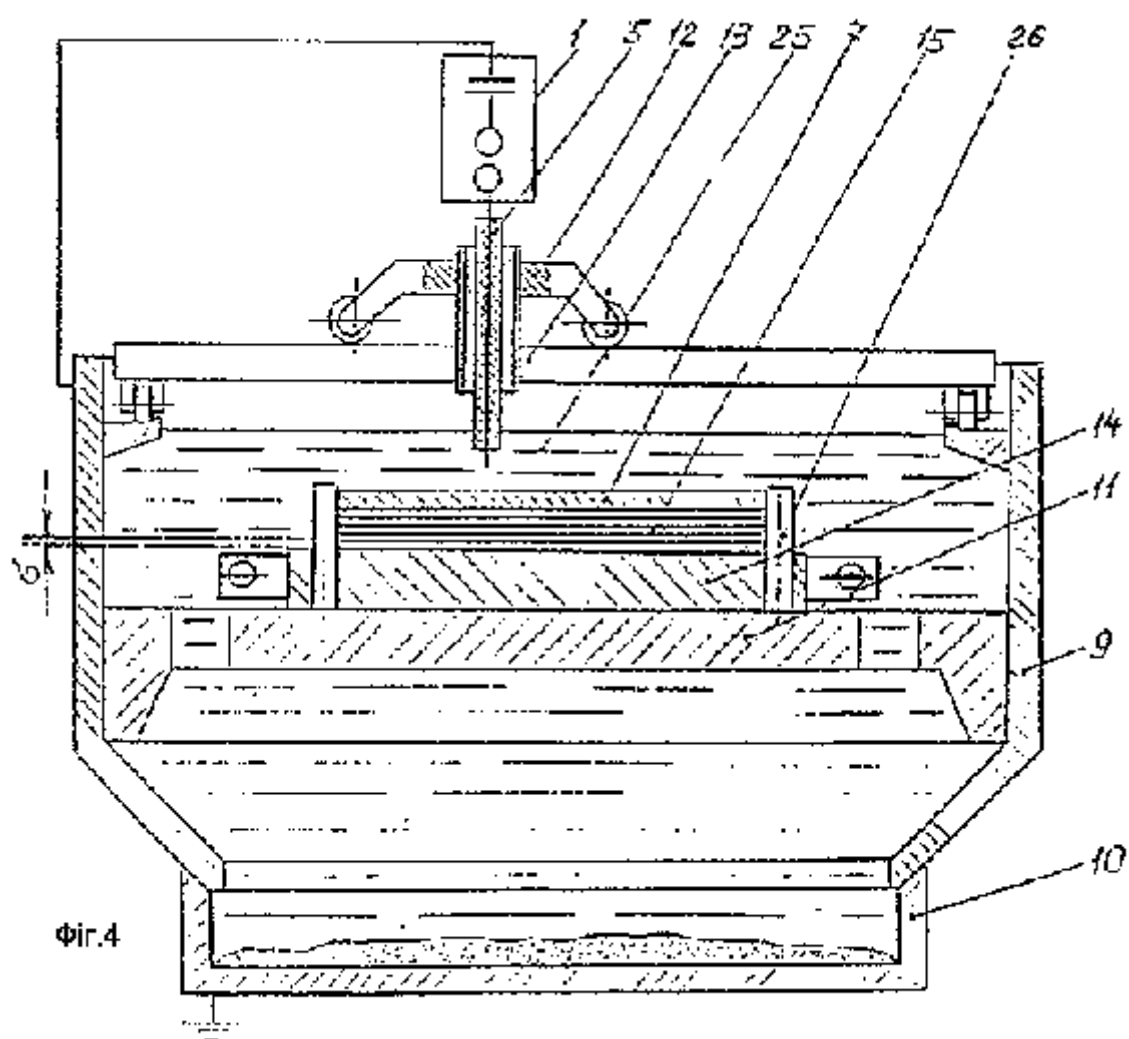
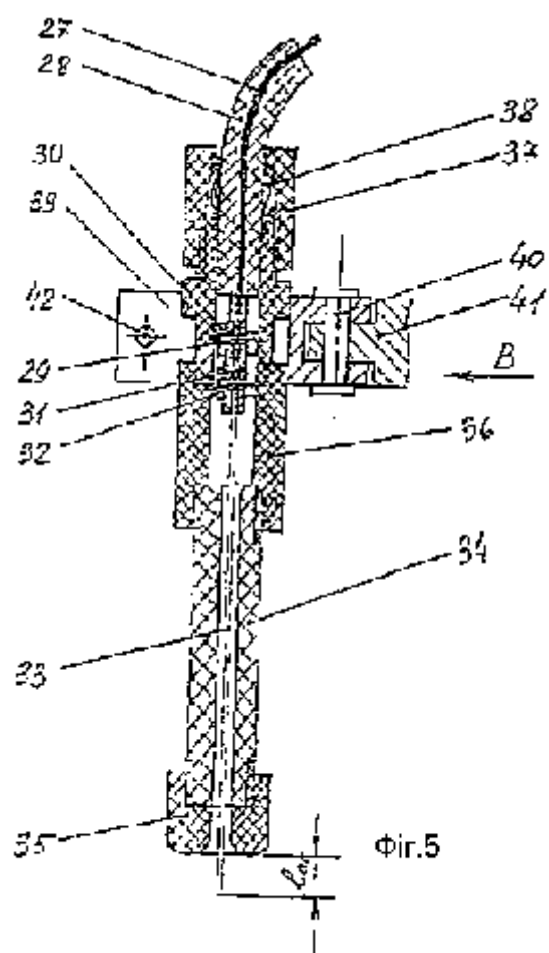


Fig. 3





Вид В

