

Винахід відноситься до способу так званої «ультразвукової» дробоструминної обробки, в якому використовується хмара мікрокульок всередині камери і, більш конкретно, винахід відноситься до способу дробоструминної обробки кільцевих поверхонь великих розмірів на тонких деталях.

Відомі способи дробоструминної обробки поверхні металевих деталей за допомогою викидання на неї з великою швидкістю потоку мікрокульок. Ударяючись об поверхню деталі, що обробляється з малим кутом падіння відносно перпендикуляра до цієї поверхні і володіючи досить великою кінетичною енергією, ці мікрокульки спричиняють безперервне ущільнення даної поверхні на невеликій товщині або глибині. Це ущільнення поверхні протидіє появі і поширенню тріщин на цій поверхні деталі і дозволяє, таким чином, підвищити її міцність від утомленості.

Згадані мікрокульки звичайно являють собою кульки для підшипників котіння. Вони, як правило, виготовляються з керамічних матеріалів або з сталі і мають діаметр в діапазоні від 0,2мм до 4мм.

Дробоструминна обробка здійснюється всередині закритої камери за допомогою дробоструминних сопел, що живляться одночасно стислим газом і мікрокульками, причому цей стислий газ забезпечує приведення в рушення цих мікрокульок.

В авіаційній промисловості виготовляють відносно тонкі деталі великих розмірів, дробоструминна обробка яких зв'язана з певними труднощами, а саме:

- Великі деталі вимагають для їх обробки використання камер великих розмірів.

- Дробоструминна обробка в цьому випадку часто є відносно легкою або слабкою для того, щоб не деформувати ці тонкі деталі. Дійсно, такі деталі не можуть сприймати без деформацій механічні впливи, що викликаються напруженнями стиснення або ущільнення, виникаючими у разі використання потужної або інтенсивної дробоструминної обробки, причому це ущільнення розповсюджується при такій обробці по глибині під поверхню, що обробляється.

- Розташування деталі, що зазнає дробоструминної обробки, характеризується певними оптимальними умовами, які забезпечують отримання найбільшої міцності цієї деталі. Однак, виконання дробоструминної обробки в таких умовах часто виявляється скрутним, оскільки регулювання дробоструминних сопел є досить складним і не залишається стабільною у часі.

Таким чином, недостатня дробоструминна обробка не забезпечує отримання заданої міцності. Однак, в цьому випадку залишається ще можливість досягнення оптимальних результатів цієї обробки шляхом здійснення додаткового етапу дробоструминної обробки.

Навпаки, надмірність дробоструминної обробки у випадку, що розглядається викликає безповоротні поверхневі пошкодження деталі, що обробляється і зниження її міцності.

З патенту FR.2.689.431 відомий спосіб дробоструминної обробки, не цілком вдало названий «ультразвуковим» і що полягає в підтримці маси мікрокульок в стані свого роду «хмари» всередині камери, причому підтримка такого стану здійснюється за допомогою вібратора, діючого на частотах порядку 20КГц.

При цьому камера обробки є відкритою і підлягаюча дробоструминній обробці деталь притискається до отвору цієї камери. У цьому випадку дробоструминна обробка забезпечується шляхом співударянь мікрокульок з поверхнею деталі, що обробляється, причому камера і підлягаюча обробці деталь приводяться в рушення одна відносно іншої для проходження камери по всій поверхні деталі, що підлягає дробоструминній обробці.

У цьому патенті також описано, яким чином можна забезпечити дробоструминну обробку круглих деталей, таких, наприклад, як вали.

Термін «хмара» в цьому випадку використаний аналогічно з хмарию або туманом, утвореною найдрібнішими капельками води. Дійсно, відповідно до цього способу ультразвукової дробоструминної обробки мікрокульки приводяться в рушення з швидкостями, що мають випадковий характер як по величині, так і у напрямі, що примушує їх стикатися між собою, зі стінками камери обробки і з поверхнею деталі, що знаходиться в контакт з цією хмарию мікрокульок.

У цьому патенті приведені приклади обробки масивних деталей, здатних без деформації сприйняти механічні впливи, виникаючі внаслідок здійснення дробоструминної обробки.

Однак, запропонований спосіб не дозволяє забезпечити дробоструминну обробку відносно тонких круглих деталей, оскільки такі деталі починають дуже швидко деформуватися вже в процесі дробоструминної обробки. Навіть якщо дана поверхня піддана однорідній дробоструминній обробці, ці деформації усуваються лише частково в кінці операції дробоструминної обробки, оскільки створення механічних напружень здійснюється внаслідок пластичної і нелінійної деформації матеріалу.

Крім того, даний спосіб вимагає, щоб процес дробоструминної обробки був припинений точно в той момент, коли деталь, що обробляється завершить виконання одного повного обороту, якщо в цьому випадку бажано забезпечити однорідність дробоструминної обробки.

Дійсно, в цьому випадку запізніла зупинка процесу дробоструминної обробки буде мати слідством локалізовану надмірну дробоструминну обробку в зоні перекриття, тоді як передчасна зупинка цього процесу буде мати слідством локалізовану відсутність дробоструминної обробки, яку буде важко заповнити, не викликаючи при цьому надмірної дробоструминної обробки по краях цієї ділянки.

Перша задача, що вирішується винаходом, складається в здійсненні дробоструминної обробки відносно тонких і круглих деталей без їх деформації в умовах, коли розміри цих підлягаючих обробці деталей перевищують розміри камери, що використовується для дробоструминної обробки.

Друга задача, що вирішується винаходом, складається в забезпеченні однорідної дробоструминної обробки по всій поверхні, що обробляється.

У даному винаході пропонується спосіб ультразвукової дробоструминної обробки кільцевих поверхонь великих розмірів, розташованих на відносно тонких деталях, причому цей спосіб складається в проведенні підлягаючій дробоструминної обробці поверхні перед отвором камери для такої обробки.

У камері дробоструминної обробки укладена так звана «хмара» мікрокульок, що втримується в стабільному стані за допомогою вібратора, розташованого всередині цієї камери. Ці мікрокульки співударяються з ділянкою, що підлягає дробоструминній обробці поверхні, розташованої проти отвору камери.

Співударяння забезпечують дробоструминну обробку поверхні, причому камера і деталь, що

обробляється приводяться в обертальне рушення одна відносно іншої для того, щоб пропустити всю підлягаючу дробоструминній обробці поверхню перед отвором цієї камери в процесі здійснення дробоструминної обробки.

Запропонований спосіб відрізняється тим, що підлягаюча дробоструминній обробці поверхня здійснює в процесі цієї дробоструминної обробки щонайменше  $N=5$  оборотів перед отвором камери.

Іншими словами, в цьому випадку дробоструминна обробка здійснюється за  $N$  проходів перед отвором камери дробоструминної обробки, причому кожна точка цієї підлягаючої дробоструминній обробці поверхні  $N$  разів проходить перед отвором камери і кожний такий прохід забезпечує по суті  $1/N$  частину повної дробоструминної обробки, яку необхідно виконати в цьому випадку.

Задача способу, що пропонується полягає в збільшенні однорідності дробоструминної обробки. Було встановлено, що ця однорідність зменшує деформації деталі в процесі виконання дробоструминної обробки, а також залишкові деформації цієї деталі після того, як ця дробоструминна обробка завершена.

Цей результат може бути пояснений тією обставиною, що механічні впливи, що прикладаються до деталі, що обробляється в процесі здійснення дробоструминної обробки, залишаються по суті однорідними на всій поверхні, що обробляється. Таким чином забезпечується рішення першої із згаданих задач.

Крім того, в цьому випадку відпадає необхідність в зупинці процесу дробоструминної обробки в точно визначений момент в тому випадку, коли деталь, що обробляється здійснить  $N$  проходів перед камерою дробоструминної обробки, оскільки тут надлишок або нестача цієї дробоструминної обробки, що є слідством неточної зупинки процесу, буде визначатися не більш, ніж  $1/N$  частиною повної дробоструминної обробки, що дозволяє вирішити другу згадану вище задачу.

Отриманий результат може бути прийнятним, починаючи з  $N=5$  оборотам. Цей результат очевидно буде поліпшений при збільшенні числа оборотів, наприклад, до 20 або до 100. Велике значення числа  $N$  потрібно, зокрема, для дробоструминної обробки дуже тонких деталей.

Перевага способу, що пропонується полягає в тому, що він дозволяє забезпечити значну і наближену до оптимальної дробоструминну обробку досить тонких деталей без їх деформації, оскільки протягом всього процесу цієї дробоструминної обробки механічні впливи, прикладені до деталі, що обробляється, залишаються однорідними.

Спосіб, який являє собою об'єкт даної патентної заявки, відрізняється від способу, відомого із згаданого вище патенту, в якому не розкривається спосіб, що пропонується тут. Хоч в цьому патенті не вказано точно те, що в цьому випадку дробоструминна обробка здійснюється за один прохід, це, проте, мається на увазі по суті справи.

На стор. 7 в рядку 20 опису згаданого винаходу приведена формула  $V_i=A_i/T_o$ . де  $V_i$  являє собою швидкість переміщення камери дробоструминної обробки відносно деталі, що обробляється,  $A_i$  являє собою ширину вібруючої поверхні, яка по суті співпадає з шириною камери на виді, поданому на фіг., а  $T_o$  являє собою тривалість представлення або експозиції поверхні для здійснення її дробоструминної обробки, причому ця тривалість задається формулою, приведеною на стор. 7 в рядку 7 згаданого опису.

У тому випадку, коли дробоструминна обробка здійснюється протягом  $N$  проходів, необхідно використати наступну формулу:  $V_i=Nx A_i/T_o$  для того, щоб кожна частина поверхні, що обробляється дійсно була експонована протягом часу  $T_o$ . Таким чином, значення  $N=1$  являє собою єдиний спосіб інтерпретації цього патенту.

У той же час, на стор. 7, рядки 24-34 згаданого опису сказано, зокрема, що більш висока швидкість приводить до недостатньої міри дробоструминної обробки, тоді як зменшена швидкість приводить до «надмірного наклепу» або надмірної деформації.

Параметр швидкості в цьому випадку є досить важливим, оскільки необхідно забезпечити дробоструминну обробку повністю всієї периферійної поверхні даної деталі за один оборот або за дуже мале число оборотів для того, щоб укластися в проміжок часу  $T_o$ , протягом якого кожна частина поверхні, що обробляється повинна бути експонована для здійснення цієї дробоструминної обробки.

Навпаки, при використанні винаходу, що пропонується цей параметр швидкості не має істотного значення при очевидній умові, що ця швидкість залишається малою в порівнянні з швидкістю рушення мікрокульок, які співударяються з поверхнею деталі, що обробляється.

Суть винаходу, що пропонується і переваги, що представляються ним будуть краще зрозумілі з приведеного нижче докладного опису прикладу його реалізації, з посиланнями на єдину фігуру, що ілюструє спосіб дробоструминної обробки опорної поверхні фланця конуса приводу турбореактивного двигуна для літального апарату.

Нижче будуть даватися посилання на цю єдину приведену в додатку фігуру.

Деталь 1 являє собою конус приводу на турбореактивному двигуні для літального апарату. Ця деталь 1 утворена відносно тонкою стінкою і має круглу форму у вигляді тіла обертання відносно геометричної осі 2.

Ця деталь 1 містить конічний корпус 3, кінець якого, що має найбільший діаметр, продовжується в радіальному напрямі фланцем 4, причому фланець 4 сам містить опорну поверхню 5, що підлягає дробоструминній обробці, і ця опорна поверхня 5 є кільцевою, плоскою і радіальною.

У цьому випадку використовують камеру 10, всередині якої підтримується хмара мікрокульок 11, причому камера обмежена в бічному напрямі стінкою 12. Ця камера містить отвір 13, краї якого позначені позицією 14.

Тут також використовується вібратор 20, утворений звуковою головкою 21, що вводиться в резонанс на одному з своїх кінців за допомогою генератора 22 вібрацій, який звичайно являє собою кварцовий генератор. Інший кінець цієї звукової головки 21 містить вібруючу і по суті плоску поверхню 23, причому ця вібруюча поверхня 23 розміщена в донній частині камери 10 і розташована проти отвору 13.

Генератор вібрацій 22 вводить в подовжній резонанс звукову головку 21. Збуджена таким чином вібруюча поверхня 23 передає свою енергію мікрокулькам, які внаслідок цього бомбардують підлягаючу дробоструминній обробці поверхню 5, розташовану проти отвору 13, а також поверхні стінок камери 12, відскакуючи від цих поверхонь, причому в процесі цього бомбардування мікрокульки поступово втрачають свою енергію і зрештою знову виявляються на вібруючій поверхні 23, яка знов додає їм імпульс енергії.

Таким чином, мікрокульки приводяться в рушення всередині згаданої камери з швидкостями, які мають

випадковий характер як по величині, так і у напрямі, причому в цих умовах мікрокульки дійсно утворюють справжню «хмару» мікрокульок всередині камери 10.

Для забезпечення дробоструминної обробки поверхні, що розглядається 5:

- в згадану камеру завантажують відповідну кількість мікрокульок,
- розміщують деталь 1 таким чином, щоб підвести підлягаючу дробосіруминній обробці поверхню 5 до її розташування проти отвору 13 з деяким зазором Е по відношенню до кромки 14 цього отвору 13, причому величина цього зазору Е повинна бути меншою діаметра мікрокульок, що використовуються,
- деталь 1 приводять у обертальне рушення відносно її геометричної осі 2,
- на деякий заданий час Т приводять в дію генератор вібрацій 23, причому швидкість обертального рушення розраховується просто таким чином, щоб дана деталь могла здійснити  $N=5$  оборотів протягом цього проміжку часу Т,
- після закінчення проміжку часу Т вимикають генератор вібрацій 23 і видаляють деталь 1.

Перевага запропонованого способу полягає в тому, що тут дробоструминна обробка здійснюється без безпосереднього контакту між деталлю, що обробляється 1 і камерою 10, що дозволяє виключити всяку можливість пошкодження поверхні деталі, що обробляється.

І, незважаючи на цю обставину, мікрокульки утримуються всередині камери 10, оскільки величина зазору Е менше діаметра що використовуються в цьому випадку мікрокульок.

Таке конструктивне рішення володіє також перевагою відсутності необхідності використання підшви амортизації на камері 10.

Повна тривалість періоду часу Т, протягом якого дана деталь зазнає дробоструминної обробки, визначається формулою:

$$T = T_{0x} \pi D / L,$$

де:  $T_{0x}$  являє собою тривалість експозиції або здійснення дробоструминної обробки для кожного елемента підлягаючій цій дробоструминній обробці поверхні 5,  $D$  являє собою середній діаметр поверхні, що обробляється 5 і  $L$  являє собою ширину камери 10, виміряну тангенціально по відношенню до переміщення поверхні 5 перед отвором 13, тобто перпендикулярно по відношенню до площини креслення на фігурі.

У тому випадку, коли підлягаюча дробоструминній обробці поверхня 5 не є плоскою, кромкам 14 камери 10 додають форму, що доповнює форму поверхні, що обробляється в цьому випадку для збереження необхідної величини зазору Е.

