

Предметом винаходу є спосіб закупорювання зварюванням тертям отвору в металевій деталі.

Спосіб закупорювання отворів зварюванням тертям, більш відомий під англійською назвою "зварювання фрикційною заглушкою", використовують для закупорювання отворів у металевій деталі, в основному наскрізних круглих отворів, які мають форму зрізаного конуса або циліндричну форму. Цей спосіб використовують, коли хочуть обмежити втрату механічних характеристик відносно первинних характеристик деталі в зоні виходу отвору.

Металевий пруток, зазвичай, з того ж типу матеріалу, що і матеріал деталі, приводять у обертальний рух і під дією направляючої сили вводять в отвір, обраний для закупорювання, деталь з цим отвором залишається нерухомою.

Тертя між прутком і стінкою деталі викликає нагрівання двох матеріалів, їх пластифікацію, потім їх зварювання у тверду фазу. З двох боків деталі утворюються два потовщення. Таким чином, необхідно обробити пруток і потовщення з кожного боку деталі, щоб деталь набула первинної форми, із закупореним отвором.

У випадку матеріалів, які швидко розм'якшуються і мають низьку температуру плавлення, таких як сплави алюмінію, особливо при товщині, меншій, ніж 12 мм, на першому етапі тертя між прутком і деталлю різкий нагрів матеріалу викликає дуже швидке розм'якшення. Це розм'якшення призводить до локальної повної втрати жорсткості деталі навколо отвору. Зусилля, прикладене до прутка в напрямку деталі не може бути зменшене достатньо швидко в момент втрати деталлю жорсткості, і пруток має тенденцію проходити деталь наскрізь.

Зварювання все ж таки може мати місце, але з надмірним проникненням прутка. Воно викликає виникнення впадин, тріщин, пористості або порожнин в зоні зварювання, деформацію деталі і, таким чином, погіршення механічних характеристик деталі у зоні зварювання. З цієї причини спосіб закупорювання отвору зварюванням тертям в загальному випадку не використовують для сплавів алюмінію, особливо при товщині, меншій, ніж 12 мм.

Цей винахід дозволяє уникнути цих незручностей.

Предметом винаходу є спосіб закупорювання зварюванням тертям отвору в металевій деталі, який виходить на лицьовий і зворотний боки деталі, при якому металевий пруток, що обертається, вводять в отвір з його лицьового боку, щоб виконати зварювання тертям, який відрізняється тим, що під час операції зварювання тертям опорну деталь, яка має порожнину, розміщують зі зворотного боку деталі.

Утримуючу деталь краще розміщувати з лицьового боку деталі.

Цей винахід відноситься, зокрема, до способу закупорювання зварюванням тертям отвору у фланці турбореактивного двигуна зі сплаву алюмінію, але, зрозуміло, що заявник не обмежує свої права тільки цим застосуванням.

Винахід стосується також використання для здійснення способу закупорювання зварюванням тертям опорної деталі і утримуючої деталі.

Винахід пояснений описом варіанту здійснення способу, наведеним нижче, з посиланням на малюнок, на якому представлений схематичний розріз основних елементів, які використовують у цьому способі.

Спосіб, описаний у винаході, застосовують до металевої деталі, тут - фланець 1 турбореактивного двигуна з алюмінієвого сплаву, в якому необхідно закупорити отвір 2. В даному випадку необхідно закупорити отвір у фланці, який набув овальної форми, зберігши при цьому механічні властивості близькі до властивостей первинного матеріалу, щоб в місці закупорювання знову просвердлити отвір правильної форми. Для цього використовують спосіб закупорювання отвору зварюванням тертям.

В загальному вигляді отвір з порушенням форми, в даному випадку - овальної, попередньо обробляють, щоб надати йому циліндричної форми або форми зрізаного конуса. Цей новий отвір, тут - отвір 2, який необхідно закупорити, розташований головним чином вздовж осі, перпендикулярної поверхні деталі, переважно вздовж тієї ж осі, вздовж якої був розташований первинний отвір. Таким чином, виключають всю зіпсовану поверхню отвору, надавши їй циліндричної форми або форми зрізаного конуса, мінімізуючи об'єм видаленого матеріалу.

В даному випадку отвір 2 має форму зрізаного конуса. Його частина з більшим діаметром розташована на поверхні деталі, яку розглядають, як лицьовий бік 1' фланця 1, його частина з меншим діаметром розташована на зворотному боці 1'' фланця 1.

У способі закупорювання отвору зварюванням тертям металевий пруток 3, в даному випадку - також з алюмінієвого сплаву, розміщують вздовж осі 4, надають йому обертального руху навколо його осі 4 і під дією направляючої сили починають зварювання тертям в твердому стані з фланцем 1. Металевий пруток 3 має на кінці форму зрізаного конуса, форма якого відповідає формі отвору 2. Цей спосіб може бути здійснений в різних режимах, а саме, в режимі, який називають "кероване тертя", або в режимі, який називають "інерційне тертя".

В обох режимах перший етап полягає у контакті прутка 3 зі стінками отвору 2 із заданим зусиллям для визначення їх точного положення, фланець 1 залишається нерухомим під час всього здійснення способу. Для цього пруток 3 переміщують вздовж його осі 4 перпендикулярно поверхні фланця 1 в області отвору 2 з лицьового боку 1' фланця 1. Таким чином, частина прутка 3 з меншим діаметром входить в частину отвору 2 з більшим діаметром, потім пруток 3 переміщують до контакту поверхонь прутка 3 і отвору, які мають форму зрізаного конуса. Після визначення положення контакту пруток 3 відводять у вихідне положення, тобто на кілька міліметрів від стінок отвору 2 фланця 1.

У випадку режиму "керованого тертя" прутку 3 надають обертального руху навколо його осі 4, стінки отвору 2 входять у контакт і нагріваються тертям під дією прикладеної до прутка 3 вздовж його осі 4 сили у напрямку фланця 1. Після деякого часу нагрівання, визначеного типом матеріалу, прикладають додаткову осьову силу, поки обертання гальмується. Зменшення швидкості обертання прутка 3 до зупинки зазвичай триває від 0,2 до 0,8 секунди і залежить від властивостей машини приводу прутка 3. Відбувається зварювання тертям, дію прикладеної вздовж осі сили підтримують після припинення обертання прутка 3 для забезпечення високої якості зварювання.

У випадку режиму "інерційного тертя" прутку 3 так само встановлюють у вихідне положення і надають йому обертального руху. Коли він входить в положення контакту, його мотор приводу вимикають, а енергія, накопичена в обертальній системі завдяки швидкості обертання і інерції мотора, які попередньо визначені, розсіюється на зварювання так, як і в режимі "керованого тертя".

Режими, описані вище, добре відомі спеціалістам і не будуть описуватись детальніше. Вони наведені тільки для ілюстрації, щоб допомогти у розумінні винаходу, але не обмежують вибір режиму для закупорювання отвору зварюванням тертям, описаного у винаході. Існують інші режими, які можуть бути використані для цього.

Яким би не був вибраний режим, спосіб, описаний у винаході, відрізняється від існуючих раніше використанням опорної деталі 5, яку вводять у контакт із зворотним боком 1" фланця 1 до початку зварювання і утримують там під час всієї операції зварювання. Опорна деталь 5 має форму опори, форма якої адаптована до деталі, в якій необхідно закупорити отвір, в даному випадку - до фланця 1. Вона може бути переміщена до фланця 1 або за допомогою механізму підтримки і установки, або бути опорою фланця 1, як у даному випадку. Опорна деталь 5 є жорсткою, її температура плавлення вища, ніж температура плавлення матеріалів прутка 3 і/або фланця 1, в даному випадку вона виготовлена із сталі і має форму пластини 5.

Зрозуміло, що опорна деталь 5 може бути розміщена зі зворотного боку фланця 1 на початку операції зварювання або у будь-який момент за потреби. Крім того, вона може зовсім не перебувати у контакті в залежності від задумів спеціалістів. Найкращим уявляється варіант, коли опорна деталь 5 перебуває у контакті із зворотним боком фланця 1 до початку операції зварювання і утримується там під час всієї операції.

Опорна деталь 5 має циліндричну порожнину 6, яку розміщують на одній лінії з отвором 2 фланця 1. Поверхня 6' на дні цієї порожнини служить осьовим упором для прутка 3. Таким чином, коли пруток 3 встановлений навпроти фланця 1, нагрівання, викликане тертям, призводить до пластифікації матеріалів і, внаслідок прикладеного осьового зусилля, до проникнення прутка 3 в отвір 2, опорою для цього проникнення служить упор прутка 3 поверхні 6' порожнини 6. Крім того, простір порожнини 6 дозволяє утримати зварювальну суміш, тобто суміш нагрітих матеріалів прутка 3 і фланця 1, яка не витікає. Потовщення 7, утворене внаслідок операції зварювання знаходиться у порожнині і охолоджується в ній.

Обертання прутка 3 в отворі 2, пов'язане з в'язкістю матеріалів зварювання і функцією опори, яку виконує опорна деталь 5 зі зворотного боку фланця 1 як на рівні отвору 2 у порожнині 6, так і в частині поверхні фланця 1, яка оточує отвір 2 і в контакті з опорною деталлю 5, може викликати ефект гвинта, який призводить до підйому в'язких матеріалів зварювання вздовж прутка 3 до лицьового боку фланця 1. Для запобігання такому явищу на лицеву поверхню фланця 1 накладають утримуючу деталь 8. Утримуюча деталь 8 має форму пластини 8 з вирізом 9 посередині, який дозволяє прохід прутка 3. Точні розміри цього вирізу 9 вибираються спеціалістами в залежності від режиму обробки і бажаних розмірів потовщень 10 з лицьового боку фланця 1. В даному випадку пластина 8 виготовлена зі сталі.

Порожнина 6 в даному випадку має циліндричну форму глибиною  $h$  і діаметром  $d$ . Під глибиною розуміють висоту циліндра, форму якого має порожнина 6. Розміри порожнини 6 вибирають в залежності від товщини фланця 1 і розмірів отвору 2, в залежності від режиму зварювання і визначають експериментально спеціалісти. Як приклад, заявник визначив, що для отвору діаметром 10 мм і товщиною 5 мм добрий результат зварювання можна отримати з використанням порожнини діаметром 14 мм і глибиною 4-5 мм.

У більш загальному випадку бажано, щоб порожнина мала діаметр, який щонайменше в 1,3 рази перевищує діаметр зворотного боку отвору, призначеного для закупорювання, і глибину в межах 60-110 % товщини отвору.

Таким чином, спосіб, описаний у винаході, з використанням опорної деталі 5 і утримуючої деталі 8 дозволяє забезпечити силу реакції, направлену проти сили, яка притискає пруток 3 до деталі 1, в якій закупорюють отвір, яка може бути постійною, не допустити небажаного проникнення прутка 3 в отвір 2, продовжити витікання потовщень 7, 10 зварювання, продовжити дію енергії зварювання на рівні зварювання і, таким чином, обмежити деформацію деталі, в якій закупорюють отвір, і уникнути виникнення пористості, впадин, тріщин та інших порожнин.

Після закінчення операції зварювання термічна обробка зможе забезпечити збереження механічних характеристик деталі, в якій закупорюють отвір, яка буде оброблена для отримання нею первинної форми, із закупореним отвором.

Спосіб, який є предметом винаходу, описаний на прикладі деталі, в якій закупорюють отвір, з алюмінієвого сплаву, але, зрозуміло, що його можна застосувати до сплавів всіх типів, а саме: до сплавів нікелю, титану або заліза. Крім того, він був описаний на прикладі прутка з того ж матеріалу, що і деталь, в якій закупорюють отвір, але може бути використаний пруток з іншого матеріалу. Нарешті, опорна деталь і утримуюча деталь можуть бути виготовленими зі сталі або іншого матеріалу, інертного до матеріалу деталі, в якій закупорюють отвір, в умовах, в яких здійснюють спосіб.

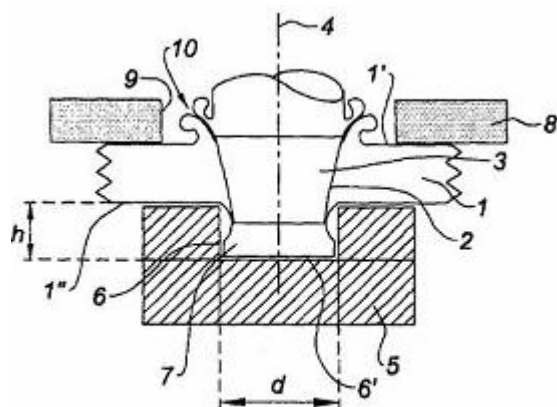


Fig.