



УКРАЇНА

(19) UA (11) 13349 (13) U
(51) МПК (2006)
F03G 7/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ТЕРМОПРИВІД КЛАПАНА-ДОЗАТОРА

1

2

(21) u200510677

(22) 11.11.2005

(24) 15.03.2006

(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.

(72) Шестеренко Володимир Євгенович, Шестеренко Олександра Володимирівна

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(57) Термопривід клапана-дозатора, що містить корпус та силовий елемент із сплаву з ефектом пам'яті форми, який **відрізняється** тим, що силовий елемент має форму пружини, один кінець якої глухо кріпиться до корпусу таким чином, щоб вісь пружини співпадала з віссю вхідного патрубка, а до другого кінця, що може вільно переміщуватися, кріпиться клапан.

Корисна модель відноситься до пристроїв, що використовують відновлювальні джерела енергії (сонячне випромінювання, геотермальні води), а також може використовуватися на електростанціях та в котельнях, що скидають теплі води в басейни.

Відомий термопривід [Ав. св. СРСР №850914, опубл. 30.07.81. Бюл. №28]. Недоліками зазначеного пристрою є обмежений термін роботи, оскільки він сконструйований на основі сильфонів.

За прототип вибрано пристрій для перетворення теплової енергії в механічну, що містить корпус та силові елементи із сплаву з ефектом "пам'яті форми" [Патент США №4086769 від 2.08.1978, 60-527.]

Недоліком прототипу є складність конструкції і наявність спеціального вузла для деформації силових елементів із сплаву з ефектом пам'яті форми (ЕПФ).

В основу корисної моделі поставлено задачу створення простого, надійного і довговічного термоприводу клапана-дозатора, який міг би застосовуватися при використанні відновлювальних джерел енергії.

Поставлена задача вирішується тим, що в термоприводі клапана-дозатора, який містить, корпус та силовий елемент із сплаву з ефектом пам'яті форми, відповідно до корисної моделі, силовий елемент має форму пружини, один кінець якої глухо кріпиться до корпусу таким чином, щоб вісь пружини співпадала з віссю вхідного патрубка, а до другого кінця, що може вільно переміщуватися, кріпиться клапан.

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками і технічним результатом. Кожен

метал та сплав мають свою кристалічну решітку, архітектура та розміри якої наперед задані. Але у багатьох металів із зміною температури, тиску решітка не залишається незмінною. Настає момент, коли відбувається її перебудова. Така зміна типу решітки, поліморфне перетворення, може здійснюватися двома способами. По такій схемі відбувається перебудова решітки, якщо рухомість атомів - дифузія, досить висока, щоб забезпечити переміщення їх на нові місця. Це можливо, коли поліморфне перетворення відбувається при високій температурі. Такий спосіб був відкритий при гартуванні. В результаті гартування створюється фаза з новою кристалічною решіткою - мартенсит, відповідно спосіб перебудови одержав назву мартенситного перетворення.

Мартенситне перетворення характерне не тільки для сталей, але й для чистих металів, кольорових сплавів, напівпровідників, полімерів. Відбувається воно, коли перебудова решітки відбувається при відсутності дифузії. Залишається одна можливість - не відриваючи кристали один від одного переміщувати їх цілими групами, практично одночасно із старих положень в нові. Таке узгоджене переміщення має характер зсуву, тому мартенситне перетворення інколи називають зсувом. Зсув призводить до зміни форми сплаву.

Вільна енергія кристалів мартенситу, що зароджуються, менша, ніж у висхідної фази. Це й стимулює розвиток мартенситного переходу. Але з'являються сили, що стримують його. Це вільна енергія, що виникає на межі розділу старої та нової фаз. Кристали мартенситної фази вимушені деформувати навколишню матрицю, яка в свою

(19) UA (11) 13349 (13) U

чергу, створює опір цьому. В результаті виникає пружна енергія, яка затримує ріст кристалів. Накопичена енергія подібна пружині, що стискується при рості кристалів. Коли зусилля стає більшим границі пружності, відбувається ніби руйнування пружини, що викликає інтенсивну деформацію матеріалу в межах розділу фаз. Ріст кристалів припиняється. Цей процес може відбуватися дуже швидко, подібно вибуху, і тоді окремі кристали мартенситу виростають практично миттєво до своїх кінцевих розмірів. Так відбувається мартенситне перетворення в сталях.

Зворотний перехід мартенситу в аустеніт (високотемпературна фаза) не може проходити по "вибуховому" механізму. Потрібно суттєво нагріти сплав, щоб в надрах мартенситу почали зароджуватися та рости кристали аустеніту. При цьому їх форма, як правило, не поновлюється (атоми не попадають на свої місця).

Оскільки при такій перебудові міжатомні зв'язки більшості атомів не порушуються, зберігається можливість повернутися на свої попередні місця, а матеріал відповідно до висхідної форми. Але для цього потрібні особливі умови.

Зворотна перебудова структури не обов'язково повинна йти шляхом поступового повертання атомів на свої старі місця. Напрямі повертання може бути декілька. Все визначається складністю кристалічної решітки мартенсита. Якщо решітка настільки складна, що немає вибору, залишається тільки один шлях зворотної перебудови - рух на висхідні позиції. Тільки в цьому випадку мартенситне перетворення забезпечує кристалу пам'ять висхідної форми.

Але пам'ять окремого кристала, це ще не пам'ять всього об'єму. Сплав, як правило, має полікристалічну будову, складається з безлічі окремих кристалів (зерен), що відрізняються один від іншого орієнтацією кристалічних решіток. В силу різної орієнтації зерен зсуви в кожному зерні будуть здійснюватися в різних напрямках. Зміна форми всього зразка відбудеться тільки в тому випадку, якщо створити певний порядок в розміщенні кристалів. В ідеальному випадку - орієнтувати всі кристали в одному напрямі.

При охолодженні, коли атоми покидають свої старі місця і займають нові, рухатися вони будуть в напрямі дії зовнішньої сили. Таким чином, процес мартенситного перетворення примушує атоми рухатися, а зовнішнє навантаження задає напрям руху. При нагріванні, коли атоми вимушені повертатися на висхідні місця, відбувається поновлення первинної форми навіть при дії зовнішніх сил, оскільки інших напрямів руху в атомів просто немає. Процес відбувається без розриву міжатомних зв'язків та порушення сусідства атомів. Тому поновлюється форма всього об'єму матеріалу.

Для сплавів з ефектом пам'яті форми (ЕПФ) характерна наделастичність (гумоподібна поведінка). Цей ефект проявляється, якщо мартенситне перетворення відбувається під дією зовнішнього навантаження. В результаті спостерігається значна деформація сплаву. При цьому величина зворотної деформації на порядок вище, ніж у кращих пружинних матеріалів.

Сплави з ЕПФ мають надвисоку циклічну міцність. Вони витримують значні знакозмінні навантаження. "Довговічність" виробів із сплавів з ЕПФ може бути в тисячі разів вищою, ніж у традиційних матеріалів. Циклічна стійкість забезпечується особливим механізмом мартенситного перетворення, що не супроводжується порушенням міжатомних зв'язків. Не відбувається накопичення дефектів структури, які призводять до виникнення тріщин та руйнувань. Ефект пам'яті форми характерний для всіх сплавів, в яких перетворення у висхідну фазу після деформації протікає по мартенситному механізму. Але надпружність виявляється тільки у деяких сплавах.

Найяскравіша ця якість в сплаві нікелю з титаном - нітинолі. Вироби із сплаву нагрівають для переходу в високотемпературну модифікацію і в цьому стані їм надають визначену форму. Потім сплав охолоджується нижче критичної температури і переходить в іншу, низькотемпературну фазу. Таке перетворення нагадує термопружне мартенситне перетворення. Якщо виріб із сплаву в мартенситному стані піддати повторній пластичній деформації (допускається ступінь деформації до 6% і більше), а потім його нагріти, переводячи знову в високотемпературну модифікацію, то завдяки зворотному мартенситному перетворенню він прийме свою первинну форму, що була надана йому при першій деформації в стані високотемпературної модифікації.

Для порівняння подібних матеріалів наведено основні характеристики нітинола-55 (55% Ni): нітинол-55 має температуру плавлення 1292°C, магнітну проникність менше 1,002, межа міцності 870Н/мм², межа витривалості на базі 10⁷ циклів 490Н/мм².

При нагріванні в процесі зворотного мартенситного перетворення сплав різко зміцнюється. Це проявляється в збільшенні модуля пружності в 3-4 рази до 8,4·10⁴Н/мм² та межі текучості в 6-7 разів до 630Н/мм². Нітинол-55 після деформації в мартенситному стані на 6-8% завжди дає 100% вертання. Деформація матеріалу вище 8% дає до 80% вертання, що в більшості випадків задовольняє вимогам при застосуванні.

Вертання до вихідної форми відбувається в дві стадії: пружне вертання, що складає біля 20% заданої деформації, та термопластичне вертання, коли знищуються залишки 80% вертання деформації. В проволочі діаметром 0,4-0,5мм, попередньо деформованої на 8%, в процесі вертання генерується напруга до 600Н/мм². При цьому може виконуватися значна механічна робота на одиницю маси сплаву.

Змінюючи в сплаві вміст титану та нікелю та додаючи легуючі присадки, можна впливати на температуру фазового перетворення в межах від -110°C до 600°C.

Ефект пам'яті форми виявлено також в сплавах Cu-Al-Ni з 12-16% Al, 0-10% Ni; Al-Fe-Cu з 12-16,5% Al, 0,5-3,9% Fe, інше Cu; Cu-Al-Mn. Ці матеріали також характеризуються здатністю у вузькому температурному інтервалі ± 10°K переходити з одного фазного стану (еластичного) в інший фазний стан (надпружний) і навпаки. Температура

фазового перетворення визначається складом сплавів та їх термообробкою.

Вихідна форма елемента із сплаву з ЕПФ поновлюється тільки при нагріванні в результаті зворотного мартенситного перетворення. Якщо деформація здійснюється при температурах нижче мартенситної точки, то для одержання необхідної деформації вимагається більше навантаження.

Подібні сплави знайшли широке застосування як термочутливі елементи приладів та автоматичних пристроїв. Широко застосовуються ці сплави в космічній техніці, в авіації. Привод високої надійності можна створити на основі елемента з ЕПФ.

Технічна суть запропонованого термоприводу клапана-дозатора пояснюється кресленням, на якому зображено:

Фіг. - конструкція термопривода клапана-дозатора, розріз.

Термопривід клапана-дозатора містить корпус клапана 1, силовий елемент із матеріалу з ЕПФ 2, вихідний патрубок 3, вхідний патрубок 4.

Працює термопривід клапана-дозатора таким чином.

При підвищенні температури рідини, що проті-

кає через клапан і нагріває силовий елемент, виготовлений з сплаву з ЕПФ, останній внаслідок виникнення пружних сил поновлює свою первинну форму і перекидає трубопровід. Рідина через клапан перестає проходити, температура силового елемента знижується до температури середовища, він стає пластичним і під дією рідини в трубопроводі клапан відкриває трубопровід. Через клапан проходить наступна доза рідини і нагріває силовий елемент. Клапан перекидає трубопровід. Процес повторюється. Таким чином, кількість рідини в кожній дозі буде залежати від температури рідини. Тривалість паузи визначається різницею температур рідини і середовища.

В залежності від процентного складу компонентів сплаву з ЕПФ можна одержати будь яку точку спрацювання клапана в широкому діапазоні від -110°C до $+600^{\circ}\text{C}$.

Перевагою цього клапана є постійна готовність його до роботи, зумовлена нагріванням рідини, що протікає, незначна енергоємність, висока надійність, оскільки кількість спрацювань клапана теоретично не обмежена.

