



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26254 (13) U
(51) МПК (2006)
B23K 35/24МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИПІЙ ДЛЯ ПАЙКИ ЖАРОМІЦНИХ СПЛАВІВ

(21) u200705099

(22) 10.05.2007

(24) 10.09.2007

(46) 10.09.2007, Бюл. № 14, 2007 р.

(72) Іванченко Володимир Григорович, Косорукова
Тетяна Олександрівна, Самохін Михайло Сергійо-
вич, Самохін Сергій Михайлович, Бутенко Юрій
Васильович(73) ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮ-
МОВА НАН УКРАЇНИ, ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТ-
ВО НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ КОМПЛЕКС ГАЗО-
ТУРБОБУДУВАННЯ "ЗОРЯ"-МАШПРОЕКТ"(57) Припій для пайки жароміцних сплавів на ос-
нові нікелю, що містить хром, кобальт, титан,алюміній, молібден, цирконій, який відрізняється
тим, що він містить вказані компоненти у наступ-
ному співвідношенні (ваг. %):

| | |
|----|-----------|
| Cr | 12-14 |
| Co | 29-30 |
| Ti | 4-4,5 |
| Al | 3-3,6 |
| Mo | 1-1,1 |
| Zr | 13,5-14,5 |
| Ni | решта, |

при співвідношенні $Ti/Al=1,1-1,5$ при сумарній кон-
центрації $Ti+Al=7\div 8,1$ та сумарній концентрації
 $Zr+Ti=17,5\div 19$.

Корисна модель відноситься до пайки, зокре-
ма до складу припою, що використовується для
пайки та ремонту лопаток газотурбінних двигунів
та інших деталей газового тракту з литевих висо-
кохромістких нікелевих сплавів.

Відомий сплав на основі нікелю, що містить (у
ваг. %): 17-20Cr, 4-6 Co, 3,5-2,5 Al, 2-4 Mo, 10-13
Zr, 2,5-3,5 Ti, 1,2-1,8 Nb, 2-4 W, 0,01-0,03 Ce, 0,01-
0,03 Li, 0,01-0,1Na, решта Ni [А.с. №1544541,
СССР, оф. бюл. „Изобретения" №7-90, МКИ
B23K35/32].

Недоліками цього припою є висока концентра-
ція хрому, що приводить до пониження темпера-
тури утворення γ' -фази і тим самим зменшує три-
валу міцність паяного з'єднання, а також високий
вміст вольфраму і молібдену, що, з одного боку,
погіршує розтікання припою, а з іншого, уповіль-
нює розсмоктування компонентів припою матеріа-
лом основи. Температура паяння даним припоєм
становить 1220-1250°C, що є непридатне у зв'язку
з суттєвим погіршенням механічних властивостей
основного металу.

Відомий сплав на основі нікелю, що містить (у
ваг. %): 24-34Cr, 6-16 W, 14-20 Zr, решта Ni [Патент
№43903, Бюл. „Промислова власність" №1-02,
МКП B23K35/32].

Недоліками цього припою є завищена концен-
трація хрому, що приводить до пониження темпе-
ратури утворення γ' -фази і тим самим зменшує

жароміцність паяного з'єднання, а також високий
вміст вольфраму, що, з одного боку, погіршує роз-
тікання припою, а з іншого уповільнює відтік (роз-
смоктування) компонентів припою у матеріал ос-
нови. Температура паяння даним припоєм
становить 1220-1250°C, що є непридатне у зв'язку
з суттєвим погіршенням механічних властивостей
основного металу. і

Найбільш близьким до запропонованого є
припій, що містить (у ваг. %): 4-5 Cr, 10,5-16,5 Co,
0,8-4,8 Mo, 1,6-3,6 Ti, 0,6-2,2 Al, 8,1-22,2 Zr, 0,6V,
решта Ni [Патент США № 3748107, „Изобретения
стран мира" №6-73, B23B15/00, C22C19/00].

Недоліками цього припою є: низька корозійна
стійкість паяних з'єднань в умовах підвищених
температур, що зумовлено малим вмістом хрому
та присутністю ванадію; невелике розтікання при-
пою, як наслідок низької концентрації кобальту;
невисока жарміцність припою, оскільки, при сумар-
ній концентрації Ti та Al меншій за 6ваг.%, кіль-
кість інтерметаліду $Ni_3(Al, Ti)$ що сприяє зміцнен-
ню, у структурі припою недостатня; широкий
інтервал плавлення.

Технічною задачею корисної моделі, який за-
являється, є створення припою на основі нікелю,
який забезпечує необхідну жароміцність і стійкість
проти високотемпературної корозії паяних з'єд-
нань, можливість паяння при температурі гомоген-

(13) U

(11) 26254

(19) UA

нізації, скорочення інтервалу плавлення та збільшення розтікання.

Технічна задача вирішується за рахунок того, що припій на основі нікелю для пайки жароміцних сплавів містить хром, кобальт, титан, алюміній, молибден, цирконій у наступному співвідношенні (ваг.%):

| | |
|----|-----------|
| Cr | 12-14 |
| Co | 29-30 |
| Ti | 4-4,5 |
| Al | 3-3,6 |
| Mo | 1-1,1 |
| Zr | 13,5-14,5 |
| Ni | решта. |

При співвідношенні $Ti/Al=1,1\div 1,5$ при сумарній концентрації $Ti+Al=7\div 8,1$ та сумарній концентрації $Zr+Ti=17,5\div 19$.

При вмісті хрому менше 12ваг.% не забезпечується необхідна високотемпературна корозійна стійкість паяного з'єднання. Підвищення концентрації хрому вище 14ваг.% приводить до пониження температури утворення γ' - фази, що супроводжується зменшенням жароміцності.

При вмісті молибдену менше 1ваг.% не забезпечується необхідна міцність з'єднання. Підвищення концентрації молибдену вище 1,1ваг.% приводить до утворення у процесі ВТК прошарку з молибдонату нікелю, що сприяє відшаруванню захисного шару з оксиду хрому, а також погіршує розтікання припою та уповільнює розсмоктування компонентів припою матеріалом основи.

Пониження рівня міцності викликане зменшенням максимального вмісту молибдену 1-1,1ваг.% компенсується підвищенням вмісту кобальту 29-

30ваг.%, який у вказаних межах легування забезпечує, з одного боку, необхідну жароміцність, а з другого - має високу дифузійну рухливість і покращує змочування поверхонь, що з'єднуються. Допустимий інтервал концентрацій кобальту обрано виходячи з його вмісту у багатокомпонентній евтектиці, яку власно і являє собою припій.

Концентрація цирконію та титану 13,5-14,5 та 4-4,5ваг.% відповідно обрано з умов забезпечення мінімальної довжини інтервалу плавлення. Оптимальним слід вважати сумарну кількість у припої цирконію та титану 17,5-19ваг.%.

Нижня межа відношення $Ti/Al=1,1$ та нижня межа сумарної кількості $Ti+Al=7$ ваг.% вибрана з міркувань забезпечення жароміцності сплаву за рахунок утворення необхідної об'ємної частки зміцнюючої γ' - фази $Ni_3(Ti, Al)$ та необхідної стійкості проти високотемпературної солевої корозії за рахунок часткового заміщення у сульфідах титаном хрому, що зменшує збіднення хромом поверхневих шарів, забезпечуючи тим самим умови для утворення захисної плівки з оксиду хрому. Верхня межа відношення $Ti/Al=1,5$ та сумарної кількості $Ti+Al=8,1$ ваг.% вибрана з умов відсутності утворення голчастої η - фази Ni_3Ti , поява якої приводить до пониження пластичності матеріалу.

Приклад. Виливки припійних сплавів були виплавлені методом електродугової плавки з донним розливом зі складами, що відповідають середньому і крайнім значенням концентрації компонентів, що заявляється, а також вище і нижче запропонованого діапазону і сплаву-прототипу (табл.1).

Таблиця 1

Хімічний склад виплавлених сплавів

| № сплаву | Вміст елементів, ваг. % | | | | | | |
|----------|-------------------------|-----------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | Cr | Co | Ti | Al | Mo | Zr | Ni |
| 1 | 11,5 | 28,5 | 3,5 | 2,5 | 0,5 | 13,0 | решта |
| 2 | 12,0 | 29,0 | 4,0 | 3,0 | 1,0 | 13,5 | решта |
| 3 | 13,0 | 29,5 | 4,2 | 3,3 | 1,0 | 14,0 | решта |
| 4 | 14,0 | 30,0 | 4,5 | 3,6 | 1,0 | 14,5 | решта |
| 5 | 14,5 | 30,5 | 5,0 | 4,0 | 1,5 | 15,0 | решта |
| Прототип | 4-5 | 10,5-16,5 | 1,6-3,6 | 0,6-2,2 | 0,8-4,8 | 8,1-22,2 | решта |

Припійні сплави були приготовлені у вигляді прутків діаметром 15мм і довжиною 55мм, з яких методом електроерозійного різання отримували платівки перерізом 200мм.

Механічні випробування при температурі 900°C та навантаженні $\sigma=220$ МПа проведено на

паяних з'єднаннях сплаву ЧС-70 ВИ, отриманих при 1180°C у вакуумі. Швидкість високотемпературної корозії визначено при температурі 900°C у сольовому розплаві 75% $Na_2SO_4+25\%$ $NaCl$. Результати випробувань подані в таблиці 2.

Таблиця 2

Час до руйнування та швидкість корозії з'єднань

| № спла- ву | Час до руйнування паяного з'єднання при T=900°C, $\sigma=220$ МПа, год. | Швидкість корозії в розплаві 75% Na ₂ SO ₄ +25% NaCl при T=900°C, мг/(см ² ·г) |
|---------------|--|--|
| 1 | 130 | 1,4 |
| 2 | 141 | 0,9 |
| 3 | 145 | 0,9 |
| 4 | 135 | 0,9 |
| 5 | 128 | 0,8 |
| Прототип | 125 | 2,8 |

Опір високотемпературній сольовій корозії припоїв (1-5), що патентуються, відповідає технічним умовам експлуатації паяних з'єднань та знаходиться на рівні кращих нікелевих жароміц-

них сплавів. Температура початку плавлення припоїв, що патентуються, становить 1120±5°C, інтервал плавлення - 25÷45°C (таблиця 3).

Таблиця 3

Інтервал плавлення та питома площа розтікання припоїв

| № спліву | Температура початку плавлення, °C | Інтервал плавлення, °C | Питома площа розтікання S _{пит.} , см ² /г |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------|---|
| 1 | 1110 | 60 | 9,1 |
| 2 | 1120 | 45 | 10,9 |
| 3 | 1120 | 25 | 11,3 |
| 4 | 1120 | 30 | 10,7 |
| 5 | 1120 | 45 | 9,5 |
| Прототип | 1160 | 40 | 8,6 |

Як видно з таблиць 2 та 3, при вмісті в припої легуючих елементів меншому або більшому, ніж той, що заявляється, припій характеризується великим інтервалом плавлення, а паяне з'єднання недостатньою жароміцністю та корозійною стійкістю. Одночасно заявлені концентрації компонентів припою забезпечують збільшення на

30% в порівнянні з прототипом такої важливої технологічної характеристики припою, як питома площа розтікання на поверхнях матеріалів, що з'єднуються.

Припій може бути виплавлений як у лабораторних, так і в промислових умовах.