

**УКРАЇНА****(19) UA (11) 110529 (13) C2****(51) МПК (2015.01)****C22C 19/05 (2006.01)****C22C 19/03 (2006.01)****C22C 19/00****ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ****(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21) Номер заявки: а 2014 01359****(22) Дата подання заявки: 12.02.2014****(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 12.01.2016****(41) Публікація відомостей
про заявку: 10.07.2014, Бюл.№ 13****(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 12.01.2016, Бюл.№ 1****(72) Винахідник(и):****Квасницька Юлія Георгіївна (UA),
Клясс Оксана Володимирівна (UA),
Крещенко Віктор Анатолійович (UA),
Мяльниця Георгій Пилипович (UA),
Максюта Іннола Іванівна (UA),
Шинський Олег Йосипович (UA)****(73) Власник(и):****ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ,****бул. Вернадського, 34/1, м. Київ-142, 03680
(UA)****(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:****UA 73 989 C2, 17.10.2005****UA 77 606 C2, 15.12.2006****UA 80 699 C2, 25.10.2007****UA 67 814 U, 12.03.2012****RU 2 020 179 C1, 30.09.1994****RU 2 215 804 C2, 10.11.2003****GB 583 807 A, 31.12.1946****CN 103436739 A, 11.12.2013****JPS 58-067854 A, 22.04.1983****US 4 569 824 A, 11.02.1986****US 2010/0059146 A1, 11.03.2010****ASM handbook Volume 4. Heat treating****Copyright, 1991, P. 10-16****Монастырецкая Е.В., Морозова Г.И., Власов****Ю.Б. Структура, фазовый состав и свойства****коррозионно-стойкого жаропрочного сплава****ЧС88У//Металловедение и термическая****обработка металлов- 2006. - № 8. - С. 39-44****(54) ЖАРОМІЦНИЙ КОРОЗІЙНОСТІЙКИЙ СПЛАВ НА НІКЕЛЕВІЙ ОСНОВІ ДЛЯ ЛОПАТОК
ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ****(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі металургії, а саме - складу жароміцного корозійностійкого сплаву на нікелевій основі, зміцненого γ' -фазою, який використовується для виготовлення деталей гарячого тракту газотурбінного двигуна (ГТД) - робочих лопаток з полікристалічною, структурою, які працюють в агресивному середовищі тривалий час (5-50 тис. год.) при температурах 700-100 °С. Жароміцний корозійний сплав на нікелевій основі містить вуглець, алюміній, вольфрам, кобальт, хром, молібден, титан, ніобій, залізо, бор, гафній, цирконій, реній та тантал при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець 0,04-0,07**алюміній 3,0-3,5****UA 110529 C2**

вольфрам	6,0-6,6
кобальт	6,8-7,5
хром	12,3-13,2
молібден	0,9-1,4
титан	1,8-2,3
ніобій	0,1-0,5
реній	3,7-4,3
тантал	2,5-3,0
бор	0,01-0,16
гафній	≤0,1
цирконій	≤0,1
кремній	≤0,07
марганець	≤0,05
залізо	≤0,50
фосфор	≤0,007
сірка	≤0,007
ванадій	≤0,03
мідь	≤0,03.

При цьому введення ліміту сумарного складу елементів, які суттєво впливають на формування оптимального структурного стану сплаву і основних службових та експлуатаційних характеристик матеріалу, а саме: сумарний склад алюмінію і титану (Al+Ti) не повинен перевищувати 4,8-5,8 % мас., співвідношення титану і алюмінію повинно бути в інтервалі 0,6-0,657 % мас., сумарні склади гафнію і ніобію (Hf+Nb) повинні складати 0,2-0,5 % мас., а церію+ітрію+лантану - ≤0,01 % мас. Винахід забезпечує підвищення жаростійкості і жароміцності виробів з нього - робочих лопаток з полікристалічною структурою в агресивному середовищах впродовж тривалого часу (5-50 тис. год.) при температурах 700-100 °C.

Винахід належить до галузі металургії, а саме складу жароміцного корозійностійкого сплаву на нікелевій основі, зміцненого γ' -фазою, який використовується для виготовлення деталей гарячого тракту газотурбінного двигуна (ГТД), наприклад робочих лопаток турбіни з полікристалічною структурою, які працюють в агресивному середовищі тривалий час до 50 тис. год.) при середньоповерхневій температурі лопатки 850-950 °С.

Відомий жароміцний корозійностійкий сплав IN 792 [1] з балансовим вмістом Ta, Mo і W має достатню термостабільність структури сплаву. Але має недостатню тривалу міцність, корозійну стійкість сплаву та середньоповерхневу температуру лопатки 850 °С за сучасними вимогами нових розробок газотурбінних двигунів.

Найбільш близьким за схемою легування, рівнем службових характеристик, як найближчий аналог, був вибраний жароміцний корозійностійкий сплав ЧС88УВІ [2], який має збалансований вміст легуючих елементів для створення стабільних структурних твірних, які забезпечують роботу лопаток тривалого ресурсу до 33000 год. Має високу корозійну стійкість для роботи сплаву в агресивному середовищі, згоряння дизельного палива та наявності солей морської води. Недоліком для використання його як матеріалу лопаток перспективних ГТД, які працюють у вищевказаних умовах, є недостатня тривала міцність (навантаження 280 МПа).

Таким чином, аналіз показав, що не існує жароміцного корозійностійкого сплаву, який би при робочій температурі 850-950 °С в умовах агресивного середовища мав оптимальне поєднання службових характеристик (жароміцність, опір корозії і окисленню, структурна стабільність на ресурс) при високих технологічних характеристиках.

Задачею запропонованого винаходу є підвищення тривалої міцності (не нижче ніж 290-310 МПа) у поєднанні з високим опором корозійним діям на рівні жароміцного корозійностійкого сплаву на нікелевій основі ЧС88УВІ за рахунок оптимального поєднання легуючих елементів та граничного легування і, як наслідок, термостабільності структури запропонованого сплаву.

Поставлена задача вирішується тим, що новий жароміцний корозійностійкий сплав на нікелевій основі для лопаток газотурбінних двигунів, який містить нікель, вуглець, алюміній, вольфрам, кобальт, хром, молібден, титан, ніобій, бор, гафній, цирконій, згідно з винаходом, додатково містить реній і тантал при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець	0,04-0,07
алюміній	3,0-3,5
вольфрам	6,0-6,6
кобальт	6,8-7,5
хром	12,3-13,2
молібден	0,9-1,4
титан	1,8-2,3
ніобій	0,1-0,5
залізо	≤0,5
реній	3,7-4,3
бор	0,01-0,16
гафній	≤0,1
цирконій	≤0,1
нікель	решта,
як неминучі домішки в сплаві присутні в мас. %:	
Si	≤0,07
Mn	≤0,05
F	≤0,007
S	≤0,007
V	≤0,03
Cu	≤0,03.

Збільшення об'ємної частки та стабільності γ' -фази в основному досягається підвищеною кількістю алюмінію і титана, сумарна кількість яких не повинна перевищити 4,8-5,8 % мас. Введення більшої кількості цих елементів в сплави при традиційних методах спецеелектрометалургії практично неможливо.

Висока концентрація хрому в запропонованому складі сплаву 12,3-13,2 % мас. приведе до збільшення стійкості сплавів до високотемпературної сольової корозії. Однак, збільшення його запропонованої концентрації у сплаві супроводжується утворенням голчатої фази (σ -фази), частки якої зароджуються на карбідах MeC, що веде до зниження міцнісних характеристик сплаву.

У запропонованому сплаві в порівнянні з найближчим аналогом ЧС88УВІ корозійна стійкість на одному рівні, яка досягається завдяки середньому складу хрому - 12 % мас., співвідношенню

титану і алюмінію - 0,65; вмісту ренію і танталу.

Введення кобальту (6,8-7,5 % мас.) впливає на подрібнення розміру зерна, роблячи її одноріднішою. Така концентрація кобальту сприяє підвищеному карбідоутворенню за рахунок перерозподілу легуючих елементів.

- 5 Оптимальне поєднання елементів так як і їх концентрації при граничному легуванні сплаву в вузьких інтервалах легування дозволили контролювати об'єм зміцнюючої γ' -фази 44,3-50,2 % ат. та стабілізувати рівень службових характеристик, наприклад жароміцність $\sigma^{900^\circ\text{C}}_{100 \text{ год}}$ складає 291-306 МПа.

Таблица 1

Хімічний склад найближчого аналога і запропонованого жароміцного сплаву

Основні компоненти	Хімічний склад, мас. %							
	Найбл. аналог		Запроп. жароміцн. сплав					
	IN792	ЧC88У	1- CM88MPT	2- CM88M PT	3- CM88 MPT	4- CM88M PT	5- CM88MP T	середній CM88MPT
C	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
Cr	12,4	15,9	12,75	12,75	12,75	12,30	12,75	12,75
Co	9,2	11,0	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15
Mo	1,9	1,90	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
W	3,9	5,30	6,30	3,30	6,30	6,30	6,30	6,30
Al	3,5	3,05	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Ti	3,9	4,60	2,20	3,60	2,05	2,05	2,05	2,05
Nb	-	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Hf	-	0,3						
Ta	4,2	-	2,75	2,75	3,30	2,75	3,30	3,30
Re	-	-	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
B	0,02	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Zr	0,02	≤0,1	-	-	-	-	-	-
Si	≤0,07	≤0,07	≤0,07	≤0,07	≤0,07	≤0,07	≤0,07	≤0,07
Mn	≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,05
Fe	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5
F	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007
S	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007	≤0,007
V	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03
Cu	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03	≤0,03

Таблиця 2

Характеристики і властивості найбл. аналога та запропонованого сплаву

Сплави	1	2	3	4	5	середній	ЧС88УВ І найбл. аналог
Характеристика							
Об'єм γ' -фази, АТ. %	45,6	50,2	45,5	45,3	44,3	44,8	43,2
Т ліквідус, °С	1388	1369	1388	1393	1389	1389	1358
Т солідус, °С	1309	1284	1310	1318	1310	1312	1258
Тривала міцність, МПа, при 900, °С 100 г.	306	291	306	306	302	304	294
Тривала міцність, МПа, при 900, °С 100 г. для спрямованої кристалізації	326	423	328	329	321	325	275
Порівняна корозійна стійкість: Lg Metal loss (IN792=-0,26)	-1,608	-1,896	-1,490	1,533	-1,678	-1,611	-1,372
Показник швидкості корозії Lg corros Rate (IN792=0,1)	-0,190	-0,298	-0,183	-0,148	-0,176	-0,161	0,115

Оптимальними є складові в жароміцних корозійних сплавах, такі як реній і тантал, для підвищених значень жароміцності, які сприяють значному росту температури солідус Т γ' -фази.

- 5 Вольфрам (6,0-6,6 % мас.) і молібден (0,9-1,4 % мас.) суттєво впливають на процеси дисперсійного зміцнення твердого розчину, але збільшення їх концентрації веде до зниження стійкості до високотемпературної корозії, за рахунок розчинення їх оксидів в сульфатному розплаві. Лімітоване введення ніобію, молібдену і вольфраму пов'язано з їх негативним впливом на утворення нерівноважної евтектичної γ - γ' -фази, незначному зниженню корозійної стійкості та характеристик малоциклової витривалості.

10 Для забезпечення достатньої пластичності жароміцного корозійного сплаву на тривалий ресурс та стабілізації карбідів сумарний склад гафнію і ніобію (Hf+Nb) - 0,2-0,5 % мас. є достатнім, так як і сумарний склад: церій+ітрій+лантан $\leq 0,01$ % мас.

15 В таблиці 1, 2 наведені хімічний склад та фізико-механічні характеристики найближчого аналога та запропонованого складу залежно від концентрації елементів.

В таблиці 2 показано, що запропонований склад жароміцного корозійностійкого сплаву перевершує найближчий аналог по комплексу службових характеристик.

20 Треба зазначити, що запропонований сплав може бути використаний як для лиття лопаток ГТД з кристалізацією по традиційній технології (полікристали), так і для лиття лопаток з спрямованою кристалізацією.

Підвищені показники жароміцності пропонованою сплаву в порівнянні з прототипом дозволяють підвищити експлуатаційну надійність та термін служби виробів і, як наслідок, призводить до зниження річної потреби в металі.

Джерела інформації:

- 25 1. ASM handbook Volume 4 Heat Treatment Copyright, 1991, p. 793-814.
2. Монастырская Е. В., Морозова Г.И., Власов Ю. Б. Структура, фазовый состав и свойства коррозионно-стойкого жаропрочного сплава ЧС88У// Металловедение и термическая обработка металлов. - 2006. - № 8. - С. 39-44.

30 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Жароміцний корозійностійкий сплав на нікелевій основі для лопаток газотурбінних двигунів, що включає нікель, вуглець, алюміній, вольфрам, кобальт, хром, молібден, титан, ніобій, бор,

гафній, цирконій, який відрізняється тим, що додатково містить реній і тантал при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець	0,04-0,07
алюміній	3,0-3,5
вольфрам	6,0-6,6
кобальт	6,8-7,5
хром	12,3-13,2
молібден	0,9-1,4
титан	1,8-2,3
ніобій	0,1-0,5
залізо	≤0,5
бор	0,01-0,16
гафній	≤0,1
цирконій	≤0,1
реній	3,7-4,3
тантал	2,5-4,3
нікель	решта,

а як немінучі домішки вказаний сплав містить, мас. %: кремній ≤0,07, марганець ≤0,05, фтор ≤0,007, сірка ≤0,007, ванадій ≤0,03, мідь ≤0,03.

5

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601