



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **105154**

(13) **C2**

(51) МПК

C22C 19/07 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2013 12741	(72) Винахідник(и):	Черепова Тетяна Степанівна (UA), Дмитрієва Галина Петрівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	01.11.2013	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮМОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ,
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.04.2014		бул. Вернадського, 36, м. Київ-142, 03680 (UA)
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.02.2014, Бюл.№ 3	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 69065 U, 25.04.2012 UA 60426 A, 15.10.2003 WO 2013089218 A1, 20.06.2013 JPH 07300643 A1, 14.11.1995 JPH 0770683 A, 14.03.1995
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.04.2014, Бюл.№ 7		

(54) ЖАРОСТІЙКИЙ КОБАЛЬТОВИЙ СПЛАВ

(57) Реферат:

Сплав належить до металургії і може використовуватися в машинобудуванні, зокрема для зміцнення робочих лопаток авіаційних газотурбінних двигунів. Заявлено жаростійкий кобальтовий сплав, що містить, мас. %: хром 15,0-25,0, ніобій 13,0-20,0, вольфрам 6,0-12,0, алюміній 2,0-4,0, залізо 2,0-5,0, вуглець 1,5-2,5, реній 1,0-10,0, кобальт - решта.

UA 105154 C2

Винахід належить до металургії, зокрема до сплавів, що використовуються для захисту від зношування бандажних полиць робочих лопаток авіаційних газотурбінних двигунів (далі - ГТД), які працюють в жорстких умовах високотемпературної фретинг-корозії у середовищі продуктів згоряння авіаційного палива.

5 Тривалість роботи авіаційних газотурбінних двигунів великою мірою залежить від стійкості робочих лопаток, зокрема від інтенсивності механічного зношування кромки їх бандажних полиць. Міжремонтний ресурс роботи двигуна з незахищеними лопатками становить 1000 годин.

10 Відомий сплав марки ВЖЛ-2 (ОСТ 1-90126-85. Сплави жаропрочные литейные вакуумной выплавки), який використовується для захисту лопаток ГТД та подовжує ресурс роботи двигунів до 2000 годин, що має наступне співвідношення компонентів, мас. %:

вуглець (C)	0,11-0,17
хром (Cr)	2,0-15,0
вольфрам (W)	8,0-10,0
молібден (Mo)	12,0-15,0
титан (Ti)	2,0-3,2
кремній (Si)	1,0-2,0
алюміній (Al)	1,5-3,0
залізо (Fe)	2,0-3,5
бор (B)	не більше 0,065
сірка (S)	не більше 0,02
фосфор (P)	не більше 0,02
нікель (Ni)	решта.

Недоліком відомого сплаву є його низька зносостійкість (інтенсивність зносу при температурі 1000 °C і навантаженні 4,7 кг/мм становить $4,49 \cdot 10^{-6}$ мм³/цикл) та температура плавлення, яка становить лише 1220-1285 °C.

15 Відомий сплав на основі кобальту (патент України на винахід № 8240А, МПК С22С 19/07, опубл. 29.03.1996 р., Бюл. № 1), що містить, мас. %:

хром (Cr)	15,0-30,0
ніобій (Nb)	8,0-20,0
вольфрам (W)	1,0-6,0
алюміній (Al)	0,2-3,0
вуглець (C)	1,5-3,0
титан (Ti)	0,01-10,0
молібден (Mo)	1,0-5,0
кобальт (Co)	решта.

20 Цей сплав застосовується в авіаційних газотурбінних двигунах, що виробляються в Україні, як сплав марки ХТН-61 (згідно з технічними умовами України "Прутки литые из сплавов ХТН-37 и ХТН-61" з доповненнями 1, 2). Інтенсивність зносу сплаву ХТН-61 при температурі 1000 °C і навантаженні 4,7 кг/мм² становить $0,40 \cdot 10^{-6}$ мм³/цикл. Сплав має температуру плавлення вищу за 1300 °C (1320-1350 °C). При зміцненні кромки бандажних полиць робочих лопаток шляхом нанесення на їх контактні поверхні шару сплаву ХТН-61, ресурс роботи авіаційного двигуна становить 6000 годин.

25 Недоліком сплаву є його низька жаростійкість, що перешкоджає досягненню необхідної працездатності сплаву в області робочих температур.

Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, до сплаву, що заявляється, є сплав на основі кобальту (патент України на винахід № 39450, МПК С22С 19/07, опубл. 25.02.2009 р., Бюл. № 4), що містить, мас. %:

хром (Cr)	15,0-25,0
ніобій (Nb)	13,5-17,0
вольфрам (W)	6,0-12,0
алюміній (Al)	2,0-3,5
залізо (Fe)	2,0-5,0
вуглець (C)	1,6-1,9
кобальт (Co)	решта.

30 Цей сплав використовується для зміцнення та відновлення бандажних полиць робочих лопаток авіаційних газотурбінних двигунів, як сплав марки ХТН-62 (згідно з технічними умовами

України "Прутки литые из сплавов ХТН-37 и ХТН-61" з доповненнями 1, 2, 3). Сплав має температуру плавлення 1320 °С, достатню жаростійкість та опір зношуванню при робочих температурах від 20 до 1000 °С. При підвищенні експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів робоча температура на кромках лопатки підвищується з 1000 до 1100 °С, що вимагає

5 подальшого удосконалення сплаву.

Недоліком відомого сплаву є недостатня жаростійкість в області робочих температур.

В основу винаходу поставлена задача розробити жаростійкий кобальтовий сплав шляхом додаткового введення до його складу ренію, за рахунок чого підвищується жаростійкість сплаву в діапазоні температур 20-1100 °С при збереженні зносостійкості не нижчої ніж для

10 найближчого аналогу та температури плавлення не нижчої за 1300 °С.

Поставлена задача вирішується тим, що в жаростійкий кобальтовий сплав, що містить хром, алюміній, вольфрам, залізо, ніобій та вуглець згідно з винаходом, додатково вводять реній при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

хром (Cr)	15,0-25,0
ніобій (Nb)	13,0-20,0
вольфрам (W)	6,0-12,0
алюміній (Al)	2,0-4,0
залізо (Fe)	2,0-5,0
вуглець (C)	1,5-2,5
реній (Re)	1,0-10,0
кобальт (Co)	решта.

Запропонований сплав перевіряли наступним чином.

15 Виготовляли злитки кобальтових сплавів із різним вмістом компонентів, наприклад плавкою в електродуговій печі в середовищі аргону на мідному охолоджуваному водою поду. Температуру плавлення отриманих злитків (Таблиця 1) визначали методом диференціального термічного аналізу за допомогою високотемпературного термічного аналізатора марки ВДТА-8М з точністю ± 10 °С (Кочержинский Ю.А. Опытнo-промышленные образцы для физико-химического анализа при высоких температурах. Приборы для исследования физических свойств материалов. - Киев: Наукова думка, 1974, с. 298).

20 Жаростійкість зливків кобальтових сплавів визначали по збільшенню їх ваги, віднесеної до одиниці площі поверхні, при циклічному нагріванні на повітрі до 1100 °С, витримки впродовж 10 годин та охолодженні до кімнатної температури. Зважування зливків здійснювали після кожного циклу зазначеної обробки, а повна тривалість відпалу становила 50 годин (Таблиця 2). Окислення сплавів при 1100 °С супроводжувалось збільшенням їх ваги. Встановили, що жаростійкість сплавів тим вища, чим менше змінюється їх початкова вага.

25 Наведені в таблицях 1, 2 результати вимірювань властивостей кобальтових сплавів, в залежності від їх складу, дозволили встановити граничні концентрації компонентів, в межах яких отримані сплави задовольняють встановленим вимогам по жаростійкості.

30 При введенні ренію менше 1 % жаростійкість кобальтових сплавів не зазнає значного збільшення в порівнянні з найближчим аналогом. При вмісті хрому менше 15 %, алюмінію та заліза менше 2,0 % сплави характеризуються недостатньою жаростійкістю. Збільшення вмісту хрому вище 25 % призводить до утворення інтерметалідної фази і викликає крихкість кобальтового сплаву. Збільшення вмісту алюмінію вище 4,0 %, заліза вище 5 % та ренію вище 10 % призводить також до утворення небажаних фаз і, як наслідок, зниження температури плавлення сплаву. Вміст вольфраму менше 6 % не достатньо зміцнює кобальтову матрицю, а збільшення понад 12 % спричиняє крихкість сплаву. Карбідоутворюючі компоненти - ніобій, вольфрам та вуглець - забезпечують високу зносостійкість завдяки утворенню в кобальтових

40 сплавах високотемпературної кобальт-карбідної евтектики по аналогії з найближчим аналогом.

Як свідчать результати вимірювання, кобальтовий сплав, що є об'єктом винаходу (зразки за №№ 2, 3, 4) в середньому в 2-3 рази переважає найближчий аналог по жаростійкості в усьому інтервалі робочих температур лопаток двигуна (20-1100 °С), причому величина жаростійкості підвищується при збільшенні часу витримки за високих температур.

45 Запропонований сплав можна використовувати в литому стані без термообробки.

Таблиця 1

Склад та температура плавлення зливоків кобальтових сплавів

№ зливка сплаву	Вміст компонентів, мас. %								Температура плавлення зливку сплаву, °C
	Cr	W	Al	Fe	Re	Nb	C	Примітка	
1	13	5	1	1	1	11	1,3	нижче мінімального	1300
2	15	6	2	2	2	13	1,5	мінімальний	1315
3	20	9,5	3	3	6	15,5	1,8	середній	1325
4	25	12	4	5	10	20	2,5	максимальний	1320
5	27	15	5	7	12	22	2,7	вище максимального	1270
6	20	9,5	3	3	-	15,5	1,8	найближчий аналог	1320

Таблиця 2

Жаростійкість зливоків кобальтових сплавів при 1100 °C

№ зливка сплаву	Збільшення ваги злитку кобальтового сплаву, $\times 10^{-5}$ г/мм ²				
	Тривалість відпалу, години				
	10	20	30	40	50
1	7,6	9,4	11,4	13,5	15,5
2	5,54	7,34	8,86	10,1	10,7
3	4,23	5,64	6,44	7,5	8,26
4	3,0	3,62	4,24	4,78	5,2
5	7,72	9,4	11,5	14,0	16,1
6	7,62	9,57	11,75	13,8	16,0

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

Жаростійкий кобальтовий сплав, що містить хром, алюміній, залізо, вольфрам, ніобій і вуглець, який **відрізняється** тим, що він додатково містить реній при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

хром	15,0-25,0
ніобій	13,0-20,0
вольфрам	6,0-12,0
алюміній	2,0-4,0
залізо	2,0-5,0
вуглець	1,5-2,5
реній	1,0-10,0
кобальт	решта.

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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

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