



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **67814**

(13) **U**

(51) МПК

C22C 19/05 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2011 08648**

(22) Дата подання заявки: **11.07.2011**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **12.03.2012**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **12.03.2012, Бюл.№ 5**

(72) Винахідник(и):

**Коваль Анатолій Данилович (UA),
Андрієнко Анатолій Георгійович (UA),
Гайдук Сергій Валентинович (UA),
Кононов Віталій Владиславович (UA),
Клочихін Володимир Валерійович (UA),
Михайлов Сергій Борисович (UA)**

(73) Власник(и):

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063
(UA)**

(74) Представник:

**Висоцька Наталя Іванівна, начальник
патентно-інформаційного відділу НДЧ
ЗНТУ, реєстр. №0**

(54) ЛИВАРНИЙ ЖАРОМІЦНИЙ КОРОЗІЙНОСТІЙКИЙ НІКЕЛЕВИЙ СПЛАВ

(57) Реферат:

Ливарний жароміцний корозійностійкий нікелевий сплав містить вуглець, хром, алюміній, титан, молібден, вольфрам, кобальт, нікель. Додатково містить компоненти тантал, гафній, цирконій і бор.

UA 67814 U

Корисна модель належить до галузі металургії, зокрема, до виробництва ливарних жароміцних корозійностійких нікелевих сплавів, призначених для виготовлення литих робочих та соплових лопаток як авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД), так і наземних енергетичних та газоперекачувальних установок (ГТУ).

- 5 Відомий ливарний жароміцний нікелевий сплав ЖС6У [1] авіаційного призначення, взятий за аналог, що містить компоненти, мас. %:

вуглець	0,18
хром	9,0
алюміній	5,4
титан	2,6
молібден	1,5
вольфрам	10,3
кобальт	9,8
ніобій	1,0
цирконій	0,04
бор	0,025
нікель	решта.

Істотним недоліком цього сплаву є те, що він не корозійностійкий, тому що має низькі показники високотемпературної корозійної (ВТК) стійкості при підвищених температурах в умовах довготривалої експлуатації лопаток у агресивних середовищах.

- 10 Найбільш близьким по технічній суті до результату, що досягається, є ливарний жароміцний корозійностійкий нікелевий сплав ЖСЗЛС [2], прийнятий за прототип, що містить за нормами ОСТ1.90.127-85 компоненти, мас. %:

вуглець	0,06-0,12
хром	15,0-18,0
алюміній	2,4-3,0
титан	2,4-3,0
молібден	3,0-4,5
вольфрам	3,0-4,5
кобальт	4,0-5,0
залізо	≤2,0
нікель	решта.

- 15 Недоліками даного сплаву є те, що він має низький рівень показників жароміцності, в порівнянні з не корозійностійким авіаційним нікелевим сплавом ЖС6У, що робить його використання, як матеріалу робочих та соплових лопаток авіаційних і наземних газових турбін нового покоління не доцільним.

Крім того, сплав ЖСЗЛС має недостатній рівень структурної стабільності в умовах тривалої дії високих температур (до 1000 °С), що негативно впливає на характеристики довготривалої міцності і пластичності.

- 20 В основу корисної моделі поставлено задачу розробки ливарного жароміцного корозійностійкого нікелевого сплаву, який має підвищений рівень показників механічних властивостей в температурному діапазоні 800-1000 °С.

Поставлена задача вирішується тим, що сплав, який заявляється, містить вуглець, хром, алюміній, титан, молібден, вольфрам, кобальт, тантал, гафній, цирконій, бор та нікель при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

- 25

вуглець	0,08-0,12
хром	14,0-15,0
алюміній	2,5-3,5
титан	2,5-3,5
молібден	1,5-2,5
вольфрам	6,0-7,0
кобальт	4,0-5,0
тантал	2,0-3,0
гафній	0,2-0,4
цирконій	0,010-0,020
бор	0,010-0,020
нікель	решта.

Сумарний вміст вольфраму і молібдену повинен знаходитися в межах від 8 до 9 % за масою.

Саме сукупність цих компонентів та їх співвідношення забезпечують досягнення нового технічного результату - отримання ливарного корозійностійкого нікелевого сплаву з еквівалентним рівнем механічних властивостей, в порівнянні з не корозійностійким авіаційним сплавом ЖС6У. При цьому підвищений рівень жароміцності забезпечується при еквівалентному рівні показників високотемпературної корозійної стійкості, в порівнянні з корозійностійким сплавом ЖСЗЛС.

Досягається це тим, що при вмісту вуглецю в межах 0,08-0,12 %, хрому в межах 14,0-15,0 %, алюмінію в межах 2,5-3,5 %, титану в межах 2,5-3,5 %, молібдену в межах 1,5-2,5 %, вольфраму в межах 6,0-7,0 %, кобальту в межах 4,0-5,0 %, танталу в межах 2,0-3,0 %, гафнію в межах 0,2-0,4 %, цирконію в межах 0,010-0,020 %, бору в межах 0,010-0,020 % за масою, значно підвищується комплекс службових властивостей за рахунок легування перспективними елементами гафнієм і танталом, а також за рахунок оптимального збалансування співвідношення важкотопких елементів вольфраму і молібдену в багатокомпонентній системі легування сплаву.

Введення перспективних елементів гафнію і танталу в хімічний склад розробленого сплаву, в порівнянні зі сплавом - прототипом, суттєво підвищує характеристики жароміцності і пластичності одночасно, за рахунок покращення структурного стану запропонованого сплаву, тобто морфології фаз та їх термодинамічної стабільності, особливо карбідної фази та евтектики. При цьому одночасно покращуються й технологічні властивості сплаву при виготовленні литих робочих та соплових лопаток відповідального призначення.

Збільшення співвідношення вольфраму і молібдену до $W/Mo=4$, в порівнянні зі сплавом-прототипом ЖСЗЛС, в якому це співвідношення є $W/Mo=1$, сприяє одночасному підвищенню показників як короткочасної, так і довготривалої міцності, при одночасному покращенні показників високотемпературної корозійної (ВТК) стійкості. Також за рахунок кращої збалансованості багатокомпонентної системи легування значно поліпилися структурні параметри сплаву, тобто зменшилася кількість шкідливих фаз несприятливої морфології, які утворюються як під час кристалізації, так і під час термічної обробки.

Оптимізація співвідношення вольфраму та молібдену позитивно впливає на зміцнення як γ - твердого розчину, так і основної зміцнюючої γ' -фази. Введення гафнію і танталу позитивно впливає на характеристики жароміцності і корозійної стійкості, при цьому значно покращується морфологія карбідної фази, що сприяє підвищенню показників пластичності.

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують виявлення нових технічних властивостей - розроблено ливарний жароміцний корозійностійкий нікелевий сплав, який має значно вищий рівень механічних властивостей. При цьому, рівень показників жароміцності забезпечується при значно вищих показниках пластичності, а також параметрах ВТК - стійкості.

Це забезпечує усій заявленій сукупності ознак відповідність критерію "новизна" та приводить до нових технічних результатів.

Аналог, який містить ознаки, що відрізняються від прототипу, не знайдені, рішення явним чином не впливає з рівня техніки. Виходячи з вищевикладеного можна зробити висновок, що запропоноване технічне рішення задовольняє критерію "Корисна модель".

Для експериментальної перевірки були отримані дослідні зразки із запропонованого сплаву ЖСЗЛС-М, сплаву - аналога ЖС6У і сплаву-прототипу ЖСЗЛС в вакуумно-індукційній установці марки УППФ-3М відповідно до серійної технології. Хімічний склад експериментальних сплавів № 1 - № 5, а також сплаву-аналoga ЖС6У і сплаву - прототипу ЖСЗЛС контролювався хімічним і оптико-емісійним спектральним (ОЕС) аналізом та наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад досліджених сплавів

№	Сплав	Вміст легуючих елементів %, за масою											
		C	Cr	Al	Ti	Co	Mo	W	Ta	Hf	Zr	B	Ni
	Аналог	0,18	9,0	5,4	2,6	9,8	1,5	10,3	Nb=1,0		0,04	0,025	Реш.
1.	Запропонований	0,08	14,0	2,5	2,5	4,0	1,5	6,0	2,0	0,2	0,010	0,010	Реш.
2.		0,10	14,5	3,0	3,0	4,5	2,0	6,5	2,5	0,3	0,015	0,015	Реш.
3.		0,12	15,0	3,5	3,5	5,0	2,5	7,0	3,0	0,4	0,020	0,020	Реш.
4.		0,06	13,5	2,0	2,0	3,5	1,0	5,5	1,5	од	0,005	0,005	Реш.
5.		0,14	15,5	4,0	4,0	5,5	3,0	7,5	3,5	0,5	0,025	0,025	Реш.
	Прототип	0,09	16,5	2,8	2,8	4,5	3,7	3,7	-	-	-	-	Реш.

Сплави, що представлено в таблиці 1 містили компоненти в кількості, відповідно: нижній границі, що заявляється, відповідає сплав № 1; верхній границі, що заявляється, відповідає сплав № 3; оптимальному складу сплаву, що заявляється, відповідає сплав № 2; нижче за нижню границю, що заявляється, відповідає сплав № 4, де вміст молібдену складає 1,0 %, вольфраму 5,5 %, танталу 1,5 %, гафнію 0,1 %; вище за верхню границю, що заявляється, відповідає сплав № 5, де вміст молібдену складає 3,0 %, вольфраму 7,5 %, танталу 3,5 %, гафнію 0,5 % за масою.

Після термічної обробки за паспортними режимами були проведені промислові атестаційні механічні випробування зразків експериментальних сплавів № 1 - № 5, в порівнянні зі сплавом-аналогом ЖС6У і сплавом-прототипом ЖСЗЛС, за стандартними методиками: на короткочасну міцність (ГОСТ 9651-73) для температур випробувань 20°, 800°, 900°, 1000 °С і довготривалу міцність (ГОСТ 10145-81) для температур випробувань 800°, 900° і 1000 °С.

Аналіз результатів порівняльних механічних випробувань на короткочасну і довготривалу міцність показав, що сплави № 4 і № 5, які містять 1,0 % і 3,0 % молібдену; 5,5 % і 7,5 % вольфраму; 1,5 % і 3,5 % танталу; 0,1 % і 0,5 % гафнію відповідно, мають значно нижчі показники або міцності (сплав № 4), або пластичності (сплав № 5), ніж експериментальні сплави № 1 - № 3 (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Результати порівняльних механічних випробувань
на короткочасну міцність зразків досліджених сплавів (середні значення)

№	Сплав	t _{вип.} , °С	σ _в , МПа	Σ _{0,2} , МПа	δ, %
1	2	3	4	5	6
Аналог		20	1050	950	4,0
1.	Запропонований		1030	930	9,5
2.			1060	950	8,0
3.			1090	960	7,0
4.			980	890	10,0
5.			1110	990	5,0
Прототип			760	610	4,0
Аналог		800	950	870	2,0
1.	Запропонований		940	860	8,5
2.			950	880	6,5
3.			970	900	6,0
4.			890	820	8,0
5.			900	930	5,0
Прототип			670	580	4,5
Аналог		900	840	750	1,5
1.	Запропонований		840	740	8,0
2.			860	760	6,5
3.			870	770	6,0
4.			800	710	8,5
5.			890	780	4,5
Прототип			540	370	3,5
Аналог		1000	590	490	2,0
1.	Запропонований		580	480	9,0
2.			600	510	7,5
3.			610	520	6,5
4.			500	390	9,0
5.			620	540	5,0
Прототип			-	-	-

Таблиця 3

Результати порівняльних механічних випробувань на довготривалу міцність зразків дослідних сплавів на тимчасових базах 100, 500 і 1000 годин (середні значення)

№	Сплав	t _{вип.} , °C	σ ₁₀₀ , МПа	σ ₅₀₀ , МПа	σ ₁₀₀₀ , МПа
1	2	3	4	5	6
Аналог		800	540	470	430
1.	Запропонований		530	460	420
2.			540	470	430
3.			570	490	440
4.			490	400	350
5.			580	500	450
Прототип			400	330	-
Аналог		900	340	260	230
1.	Запропонований		330	250	220
2.			340	260	220
3.			350	270	230
4.			290	220	190
5.			370	280	240
Прототип			200	150	-
Аналог		1000	160	110	90
1.	Запропонований		160	110	90
2.			170	120	100
3.			180	130	110
4.			150	90	60
5.			190	150	120
Прототип			-	-	-

Випробування на ВТК - стійкість зразків експериментальних сплавів № 1 - № 5, в порівнянні зі сплавом аналогом ЖС6У і сплавом-прототипом ЖСЗЛС, проводилися в синтетичній золі, що імітує продукти згоряння рідкого газотурбінного палива при температурах 850°, 900° і 950 °С протягом 100 годин.

Синтетична зола в кількості (15мг/см²) наносилася на поверхню зразків. Склад синтетичної золи: 66,2 % Na₂SO₄, 20,4 % Fe₂O₃, 8,3 % NiO, 3,3 % CoC, 1,8 % V₂O₅. Високотемпературна корозійна стійкість зразків досліджених сплавів оцінювалася за середньої швидкості корозії \bar{V}_q , г/м²·с.

Аналіз результатів порівняльних випробувань на корозійну стійкість показав, що швидкість корозії зразків всіх експериментальних сплавів № 1 - № 5 менше, але знаходиться на еквівалентному рівні, в порівнянні із зразками сплаву - прототипу ЖСЗЛС (табл. 4).

Таблиця 4

Результати порівняльних випробувань на ВТК- стійкість зразків дослідних сплавів за температур 850°, 900° і 950 °С протягом 100 годин (середні значення)

№	Сплав	t _{вип.} , °C	W/Mo	Середня швидкість корозії, \bar{V}_q , г/м ² ·с
1	2	3	4	5
	Аналог	850	7,0	13,2·10 ⁻³
1.	Запропонований		4,0	1,5·10 ⁻⁴
2.			3,3	2,5·10 ⁻⁴
3.			2,8	2,7·10 ⁻⁴
4.			5,5	1,1·10 ⁻⁴
5.			2,5	2,9·10 ⁻⁴
Прототип			1.0	3,2·10 ⁻⁴

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5
	Аналог	900	7,0	$3,9 \cdot 10^{-2}$
1.	Запропонований		4,0	$0,7 \cdot 10^{-3}$
2.			3,3	$0,9 \cdot 10^{-3}$
3.			2,8	$1,2 \cdot 10^{-3}$
4.			5,5	$0,6 \cdot 10^{-3}$
5.			2,5	$2,9 \cdot 10^{-3}$
	Прототип		1,0	$1,8 \cdot 10^{-3}$
	Аналог	950	7,0	$6,6 \cdot 10^{-2}$
1.	Запропонований		4,0	$1,5 \cdot 10^{-3}$
2.			3,3	$1,8 \cdot 10^{-3}$
3.			2,8	$2,1 \cdot 10^{-3}$
4.			5,5	$1,4 \cdot 10^{-3}$
5.			2,5	$3,5 \cdot 10^{-3}$
	Прототип		1,0	$2,2 \cdot 10^{-3}$

Покращення параметрів ВТК - стійкості обумовлено збільшенням співвідношення W/Mo з 1 до 4, тобто підвищенням вмісту вольфраму і зменшенням вмісту молібдену, а також додатковим легуванням перспективними елементами танталом і гафнієм, що сприяє загальному позитивному впливу на високотемпературну корозійну стійкість нікелевих сплавів.

Запропонований сплав ЖСЗЛС-М, що заявляється, має еквівалентний рівень параметрів корозійної стійкості, в порівнянні зі сплавом-прототипом ЖСЗЛС, при еквівалентному рівні характеристик механічних властивостей, в порівнянні зі сплавом - аналогом ЖС6У.

Таким чином, в результаті комплексних досліджень запропонований сплав нового покоління ЖСЗЛС-М, що заявляється, за рахунок легування перспективними елементами танталом і гафнієм та оптимального співвідношення в хімічному складі важкотопких компонентів W/Mo у межах 3-4, має одночасно підвищенні показники міцності і пластичності при кращих показниках корозійної стійкості, в порівнянні зі сплавом-прототипом ЖСЗЛС.

Аналіз проведених комплексних досліджень показав, що використання запропонованого ливарного корозійностійкого сплаву нового покоління ЖСЗЛС-М, легованого перспективними елементами, замість промислового ливарного жароміцного не корозійностійкого сплаву ЖС6У авіаційного призначення, дозволяє виготовляти робочі і соплові лопатки з підвищеним рівнем характеристик жароміцності і пластичності при еквівалентному рівні параметрів високотемпературної корозійної стійкості, в порівнянні з промисловим корозійностійким сплавом ЖСЗЛС.

При впровадженні в промисловість запропонованого сплаву нового покоління ЖСЗЛС-М буде отримано значний економічний ефект для енергетичної та газотранспортної системи України за рахунок збільшення надійності роботи лопаток при довготривалому впливі високих температур і агресивних середовищ протягом всього експлуатаційного ресурсу.

На підставі комплексного аналізу отриманих результатів можна зробити висновок, що запропоноване технічне рішення відповідає критерію "Промислова придатність".

Джерела інформації:

1. Каблов, Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия) [Текст] / Е.Н. Каблов; Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Государственный научный центр Российской Федерации. - М.: "Минис", 2001.-632 с.

2. Лысенко, Н.А. Улучшение качества шихтовой заготовки из возвратных отходов сплава ЖСЗЛС-ВИ [Текст] / Н.А. Лысенко, В.В. Клочихин, А.В. Богуслаев, Э.И. Цивирко // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - Запоріжжя. - ЗНТУ, 2006. - № 2. - С. 48-50.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Ливарний жароміцний корозійностійкий нікелевий сплав, що містить вуглець, хром, алюміній, титан, молібден, вольфрам, кобальт, нікель, який **відрізняється** тим, що додатково містить компоненти тантал, гафній, цирконій і бор при наступному співвідношенні, мас. %:

вуглець 0,08-0,12
хром 14,0-15,0

алюміній	2,5-3,5
титан	2,5-3,5
молібден	1,5-2,5
вольфрам	6,0-7,0
кобальт	4,0-5,0
тантал	2,0-3,0
гафній	0,2-0,4
цирконій	0,010-0,020
бор	0,010-0,020
нікель	решта.

Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

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