

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 151631

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей
25.08.2022.

В.о. Генерального директора
Державного підприємства
«Український інститут
інтелектуальної власності»

О.В. Опанасенко



<p>(21) Номер заявки: u 2021 06110</p> <p>(22) Дата подання заявки: 01.11.2021</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.08.2022</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: 25.08.2022, Бюл. № 34</p>	<p>(72) Винахідники: Глотка Олександр Анатолійович, UA, Ольшанецький Вадим Юхимович, UA, Кононов Віталій Владиславович, UA</p> <p>(73) Володілець: НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА", вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063, UA</p>
---	---

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів, що включає визначення хімічного складу сплавів, вимірювання температури і отримання розрахункових характеристик властивостей за заздалегідь складеними рівняннями регресії, по яких визначають розрахункові характеристики механічних властивостей сплавів, який **відрізняється** тим, що в процесі визначення хімічного складу сплавів окремо визначають хімічний склад γ' -зміцнювальних та γ -зміцнювальних елементів при температурі 273...323 К, а рівняння регресії має вигляд:

$$\sigma_B = \alpha(K\gamma) + \beta,$$

де $K\gamma = 5(Al+Ti+Nb+Ta+Hf)/(Cr+W+Mo+Re+Co+Ru)$;

α та β - емпіричні коефіцієнти в рівнянні регресії (для сплавів з рівновісною кристалізацією 146,34 та 713,73; зі спрямованою кристалізацією 181,73 та 690,2; з монокристалічною кристалізацією 57,414 та 1030,1 відповідно); Al, Ti, Nb, Ta, Hf - вміст відповідних γ' -зміцнювальних елементів у сплаві, % мас.;

Cr, W, Mo, Re, Co, Ru - вміст відповідних γ -зміцнювальних елементів у сплаві, % мас.



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **151631** (13) **U**
(51) МПК
G01N 25/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2021 06110	(72) Винахідник(и): Глотка Олександр Анатолійович (UA), Ольшанецький Вадим Юхимович (UA), Кононов Віталій Владиславович (UA)
(22) Дата подання заявки: 01.11.2021	(73) Володілець (володільці): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА", вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.08.2022	(74) Представник: Висоцька Наталя Іванівна
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 25.08.2022, Бюл.№ 34	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ

(57) Реферат:

Спосіб визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів включає визначення хімічного складу сплавів, вимірювання температури і отримання розрахункових характеристик властивостей, за заздалегідь складеними рівняннями регресії по яким визначають розрахункові характеристики механічних властивостей сплавів. В процесі визначення хімічного складу сплавів окремо визначають хімічний склад γ' - зміцнювальних та γ - зміцнювальних елементів при температурі 273...323 К. Рівняння регресії має вигляд:

$$\sigma_w = \alpha(K_\gamma) + \beta,$$

де $K_\gamma = 5(A1 + Ti + Nb + Ta + Hf) / (Cr + W + Mo + Re + Co + Ru)$;

α та β - емпіричні коефіцієнти в рівнянні регресії (для сплавів з рівновісною кристалізацією 146,34 та 713,73; зі спрямованою кристалізацією 181,73 та 690,2; зі монокристалічною кристалізацією 57,414 та 1030,1 відповідно);

A1, Ti, Nb, Ta, Hf - вміст відповідних γ' - зміцнювальних елементів у сплаві, %, мас;

Cr, W, Mo, Re, Co, Ru - вміст відповідних γ - зміцнювальних елементів у сплаві, %, мас.

UA 151631 U

Корисна модель належить до металургії та машинобудування, а саме визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів, а саме міцності.

Визначення механічних властивостей жароміцних сплавів за допомогою натурних випробувань є тривалим та трудомістким процесом, крім того, визначити міцність на готовій продукції не можливо. Тому важливою є розробка способу, за допомогою якого опосередкованим шляхом можливо визначити механічні властивості на готових деталях.

Відомий спосіб аналог [1], за яким на конструкції визначають твердість за Брінелем (ГОСТ 9012-59), який полягає у використанні твердоміра типу ТБ, за допомогою якого вдавлюють в поверхню кульку-індентор діаметром 5мм при навантаженні 2452Н, а міцність розраховують за рівнянням:

$$\sigma_B = C \times HB, \text{ МПа, (1)}$$

де С - експериментальний коефіцієнт, який залежить від металу (С=3,43-3,62 для сталі, С=4,0-5,5 для латуні та аустенітних сталей, С=3,3-3,6 для алюмінію та сплавів);

HB - твердість по Брінелю, МПа.

Точність визначення за даним методом дуже низька. Розрахунки за середніми значеннями експериментального коефіцієнту С рівняння (1) дають значну різницю між визначеними та експериментальними значеннями. Також спосіб не враховує технологію виготовлення та хімічний склад сталей.

Відомий спосіб визначення механічних властивостей сталі [2], за яким здійснюють визначення хімічного складу сталі, вимірювання температури і отримання розрахункових характеристик властивостей, за заздалегідь складеним рівнянням регресії, за яким, в процесі термічної обробки додатково вимірюють температури нагріву сталі, закінчення утворення аустеніту при нагріві і розпаду при охолодженні, перегрів над температурою закінчення формування аустеніту, визначають кількість розчинених елементів і вміст вторинних фаз в аустеніті при температурі нагріву і у фериті при температурі закінчення розпаду аустеніту, значення показників включають в заздалегідь складені рівняння регресії, по яких визначають розрахункові характеристики міцності:

$$\begin{aligned} \sigma_B = & 1410 + 284,1(C + Na) - 9289(S + P) - \\ & - 2,485(C + Na) \cdot dtc - 65,63qk + 5,095 \cdot qVNf(Cf + Nf) + \\ & + 1,362 \cdot 10^{-3} \cdot dtc(Cf + Nf)(Si + Mn + Cr + V) - \\ & - 3,957 \cdot 10^{-3} \cdot dtc \cdot qk \cdot qVNf(Cf + Nf)(Si + Mn + Cr + V) \\ R = & 0,759; \delta = 1,95 \%; F7/72 = 14,02 > Ft0,05 = 1,9, (2) \end{aligned}$$

де С, Na, S, P, Si вміст вуглецю, азоту, сірки, фосфору та кремнію відповідно, % мас;

Cf, Nf, Mn, Cr, V вміст вуглецю азоту, марганцю, хрому, ванадію в фериті, % мас;

qVNf, qk вміст нітридованадієви та карбідованадієвих включень, % мас;

dtc температура перегрівання сталі, °С;

Проте цим способом не можливо достовірно визначити вплив різних технологій виготовлення сталей, а також оцінити чинники, які визначають механічні властивості сталі, а саме хімічний склад. Без урахування цих чинників, що визначають процес формування механічних властивостей сталі, не можуть бути отримані достовірні рівняння регресії, які дозволяють визначити механічні властивості сталей після різних технологій виготовлення і хімічних складів.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів з підвищеною точністю, можливістю визначення механічних властивостей на готових деталях та визначення механічних властивостей в залежності від технологій виготовлення деталей.

Поставлена задача вирішується тим, що визначається хімічний склад сплавів, вимірювання температури і отримання розрахункових характеристик властивостей, за заздалегідь складеними рівняннями регресії по яким визначають розрахункові характеристики механічних властивостей сплавів, причому в процесі визначення хімічного складу сплавів окремо визначають хімічний склад γ' - зміцнювальних та γ - зміцнювальних елементів при температурі 273...323K, а рівняння регресії має вигляд:

$$\sigma_B = \alpha(K\gamma) + \beta, (3)$$

де

$$K\gamma = 5(Al + Ti + Nb + Ta + Hf) / (Cr + W + Mo + Re + Co + Ru);$$

α та β - емпіричні коефіцієнти в рівнянні регресії (для сплавів з рівновісною кристалізацією 146,34 та 713,73; зі спрямованою кристалізацією 181,73 та 690,2; зі монокристалічною кристалізацією 57,414 та 1030,1 відповідно);

Al, Ti, Nb, Ta, Hf - вміст відповідних γ' - зміцнювальних елементів у сплаві, %, мас;

Cr, W, Mo, Re, Co, Ru - вміст відповідних γ - зміцнювальних елементів у сплаві, %, мас.

Саме визначення хімічного складу сплавів при окремому визначенні хімічного складу γ' - зміцнювальних та γ - зміцнювальних елементів в діапазоні температур 273...323K і розподіл за технологією отримання сплавів дає змогу збільшити точність визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів, оскільки враховуються всі можливі чинники, які впливають на достовірність даних. Пропоноване рівняння регресії та емпіричні коефіцієнти забезпечують мінімальну погрішність визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів після різних технологій виготовлення на готових деталях.

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують виявлення нових технічних властивостей - застосування окремого визначення хімічного складу γ' - зміцнювальних та γ - зміцнювальних елементів при температурі 273...323K дозволяє з високою точністю на готових деталях визначити механічні властивості жароміцних нікелевих сплавів.

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

Приклад реалізації способу.

В прикладі реалізації способу наведено визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів на готових корпусних деталях установки ДЗ36. Для цього на деталях визначали окремо хімічний склад γ' - зміцнювальних та γ - зміцнювальних елементів, що виготовлені з промислових жароміцних нікелевих сплавів вітчизняного та закордонного виробництва ЖС32-ВІ, DSMGA1400, АМ3 та ТМ8-196. На горизонтальній ділянці розміром 20 × 20 мм згідно ГОСТ 6012-98 на оптичному спектрометрі типу DRS-ТУ-9600 при температурі 280K (ГОСТ 12.1.005-88) проводили визначення хімічного складу γ' - зміцнювальних та γ - зміцнювальних елементів з похибкою ± 1 %мас. Сплави мають різну технологію виготовлення, до сплавів з рівнісною кристалізацією відноситься сплав DSMGA1400, зі спрямованою кристалізацією ЖС32-ВІ, зі монокристалічною кристалізацією ТМ8-196. В таблиці 1 наведені визначені середні хімічні склади жароміцних нікелевих сплавів.

Таблица 1

Результати визначення хімічного складу промислових жароміцних нікелевих сплавів

Марка сплаву	Вміст елементу, % за масою									
	C	Cr	Co	Al	Ti	Mo	W	Nb	Ta	Re
ЖС32-ВІ	0,15	5,0	9,0	6,0	-	1,0	8,3	1,5	4,0	4,0
DSMGA1400	0,08	14	10	4	3	1,5	4		5	
ТМ8-196	-	6,0	6,0	5,7	-	6,4	-	-	8,4	2,5

Значення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів визначали по запропонованому методу за рівнянням регресії (3) зі зміною відповідних емпіричних коефіцієнтів, в залежності від технології виготовлення. За отриманими даними обчислювали міцність жароміцних нікелевих сплавів з яких виготовлені корпусні деталі за рівнянням регресії:

для ЖС32-ВІ

$$K_{\gamma} = 5(Al + Ti + Nb + Ta + Hf) / (Cr + W + Mo + Re + Co + Ru) =$$

$$5(6 + 0 + 1,5 + 4 + 0) / (5 + 8,3 + 1 + 4 + 9 + 0) = 2,1$$

$$\sigma_{\gamma} = \alpha(K_{\gamma}) + \beta = 181,73 \times 2,1 + 690,2 = 1072 \text{ МПа}$$

для DSMGA1400

$$K_{\gamma} = 5(Al + Ti + Nb + Ta + Hf) / (Cr + W + Mo + Re + Co + Ru) =$$

$$5(4 + 3 + 0 + 5 + 0) / (14 + 4 + 1,5 + 0 + 10 + 0) = 2,03$$

$$\sigma_{\gamma} = \alpha(K_{\gamma}) + \beta = 146,36 \times 2,03 + 713,73 = 1011 \text{ МПа}$$

для ТМ8-196

$$K_{\gamma} = 5(Al + Ti + Nb + Ta + Hf) / (Cr + W + Mo + Re + Co + Ru) =$$

$$5(5,7 + 0 + 0 + 8,4 + 0) / (6 + 0 + 6,4 + 2,5 + 6 + 0) = 3,37$$

$$\sigma_{\gamma} = \alpha(K_{\gamma}) + \beta = 57,414 \times 3,37 + 1030,1 = 1223 \text{ МПа}$$

Визначені значення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів в залежності від способу визначення наведено в таблиці 2.

Результати визначення міцності жароміцних нікелевих сплавів за способом-аналогом, за пропонуванним способом та експериментальні показники

Марка жароміцного сплаву	Міцність сплаву при 20 °С, МПа		
	За способом аналогом	За запропонованим способом	Експериментальні дослідження
ЖС32-ВІ	1195	1072	1100
DSMGA1400	920	1011	1060
TMS-196	1280	1223	1210

З даних наведених в таблиці 2 випливає, що використанням запропонованого способу поліпшує точність визначення механічних властивостей, а саме міцності жароміцних нікелевих сплавів. Якщо для способу-аналогу різниця між визначеною міцністю та експериментальними значеннями складає до 150 МПа, то різниця для запропонованого способу не перевищує 50 МПа. Звідсіля точність для способу-аналогу не перевищує ±13 %, в той час, як для запропонованого способу точність знаходиться в межах ±4,7 %.

Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що технічне рішення, яке заявляється, задовольняє критерію "Промислове застосування" завдяки можливості визначати механічні властивості на готових деталях, визначати механічні властивості в залежності від технологій виготовлення деталей та забезпечення більш високої точності визначення механічних властивостей, ніж найближчий аналог.

Джерела інформації:

1. Методология оценки состояния материала ответственных металлоконструкций / Ф.И. Пантелеенко, А.С. Снарский. - Минск: БНТУ, 2010. - 196 с. ISBN 978-985-525-570-4.

2. Пат. 6146, Україна, МПК⁶ G01N 25/02. Спосіб визначення механічних властивостей сталі [Текст] / Є.Г. Афтанділянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько: заявник і дотримувач Нац. аграрний ун-т; заявл. 08.10.2004, № u20041008186; опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4. - 4 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення механічних властивостей жароміцних нікелевих сплавів, що включає визначення хімічного складу сплавів, вимірювання температури і отримання розрахункових характеристик властивостей, за заздалегідь складеними рівняннями регресії по яким визначають розрахункові характеристики механічних властивостей сплавів, який **відрізняється** тим, що в процесі визначення хімічного складу сплавів окремо визначають хімічний склад γ' - зміцнювальних та γ - зміцнювальних елементів при температурі 273...323 К, а рівняння регресії має вигляд:

$$\sigma_{\gamma} = \alpha(K_{\gamma}) + \beta,$$

$$\text{де } K_{\gamma} = 5 (Al + Ti + Nb + Ta + Hf) / (Cr + W + Mo + Re + Co + Ru);$$

α та β - емпіричні коефіцієнти в рівнянні регресії (для сплавів з рівновісною кристалізацією 146,34 та 713,73; зі спрямованою кристалізацією 181,73 та 690,2; зі монокристалічною кристалізацією 57,414 та 1030,1 відповідно);

A1, Ti, Nb, Ta, Hf - вміст відповідних γ' - зміцнювальних елементів у сплаві, %, мас;

Cr, W, Mo, Re, Co, Ru - вміст відповідних γ - зміцнювальних елементів у сплаві, %, мас.