



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146529** (13) **U**  
(51) МПК (2021.01)  
**C21D 8/00**

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

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2020 06646</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>16.10.2020</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>25.02.2021</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>24.02.2021, Бюл.№ 8</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Харченко Надія Анатоліївна (UA), Руденко Лідія Федорівна (UA), Карінцев Іван Борисович (UA), Ільїних Анна Анатоліївна (UA), Дегула Андрій Іванович (UA), Кайдаш Дмитро Віталійович (UA), Ольховик Катерина Євгенівна (UA), Негреба Нікіта Юрійович (UA), Івченко Олександр Володимирович (UA), Жигилій Дмитро Олексійович (UA), Панченко Віталій Олександрович (UA), Гладишев Дмитро Петрович (UA), Антонов Анатолій Павлович (UA), Ткаченко Олександр Володимирович (UA), Іванов Віталій Олександрович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Римського-Корсакова, буд. 2, м. Суми, 40007 (UA)</b></p>
--	--

**(54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЛА АТОМНОГО НАСОСА ЗІ СТАЛІ 14X17H2**

**(57) Реферат:**

Спосіб термічної обробки вала атомного насоса зі сталі 14X17H2 включає гартування при температурі 1040-1050 °С з охолодженням в маслі та дворазовий відпуск з охолодженням після кожного відпуску у воді, і температура нагріву при першому відпуску становить 600-610 °С з ізотермічною витримкою від 4,5 до 5,0 годин. Температура нагріву при другому відпуску становить 620-650 °С з ізотермічною витримкою від 3,5 до 4,5 години, при цьому після кожного відпуску проводять охолодження на спокійному повітрі.

UA 146529 U



Корисна модель належить до галузі термічної обробки металів, яка може використовуватись у виготовленні виробів що працюють в умовах незначних динамічних навантажень в атомній енергетиці в умовах слабо-агресивних середовищ.

5 Сталь 14X17H2 - мартенситно-феритного класу, корозійностійка, підвищеної міцності. Металографічним аналізом встановлено, що основними структурними складовими є мартенсит низьковуглецевий і δ-ферит, який частково зберігається в структурі після високотемпературного нагріву при прокаті.

10 Високотемпературний δ-ферит - це ферит, який в процесі деформації розподіляється в сталі нерівномірно, витягнутий вздовж напрямку сил обробки тиском, що негативно впливає на механічні властивості. Анізотропність властивостей призводить до крихкого руйнування.

15 В Україні на підприємствах сталь марки 14X17H2 застосовується для деталей компресорів, газових турбін і насосів, що працюють в слабо- і середньо-агресивних середовищах і при підвищених температурах (не вище 450 °С) після гартування за температури 950-1040 °С в маслі і подальшого низькотемпературного (275-375 °С) або високотемпературного відпуску (580-600 °С). Ці рекомендації застосовуються для створення необхідних міцнісних властивостей (табл. 1).

Таблиця 1

Термічна обробка сталі 14X17H2 та властивості після термічної обробки

№ п/п	Термічна обробка	Механічні властивості
1	Гартування+низький відпуск	$\sigma_b \sim 1200$ МПа, $\sigma_T \sim 1000$ МПа, $\psi \geq 50-55$ %, $\delta \geq 20-25$ %, $a_n \geq 0,5-0,6$ Дж/см <sup>2</sup>
2	Гартування+високий відпуск	$\sigma_b = 1200$ МПа, $\delta \geq 8$ %; $\sigma_{0,2} = 900$ МПа, $\psi \geq 60$ %; $a_n \geq 1,2$ Дж/см <sup>2</sup>

20 Встановлено, що після описаних режимів термічної обробки властивості сталі 14X17H2 не є стабільними і характерними для всього перерізу зразка (структура анізотропна). Ударна в'язкість не стабільна через присутність в структурі фази δ - фериту.

25 Сталь 14X17H2 після термічної обробки обов'язково піддається перевірці на схильність до міжкристалічної корозії (МКК) по ГОСТ 6032-2003, метод АМ або АМУ [ГОСТ 6032-89. Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии. Сб. ГОСТов. - М.: Издательство стандартов, 1993].

Попередити МКК можна термічною обробкою (гартуванням), яка забезпечує повне розчинення карбідів хрому або зменшує сегрегацію домішок на межі зерен. При подальшому нагріванні не відбувається небезпечне утворення прикордонних карбідів і МКК відсутня.

30 Відомий спосіб термічної обробки сталі 14X17H2, який включає в себе відпал ( $t=800$  °С, тривалість 20 годин), нагрів під гартування ( $t=1020-1050$  °С, швидкість нагрівання не більше 200 °С/год.), гартувальне середовище - повітря, і високотемпературний відпуск ( $t=600$  °С) [Буренок З.О. Исследование режима термической обработки жаропрочной, коррозионно-стойкой стали 14X17H2 [Електронний ресурс] / З.О. Буренок //Донецький національний технічний університет. Режим доступу: [https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as\\_sdt=0%2C5&q=ИССЛЕДОВАНИЕ+РЕЖИМА+ТЕРМИЧЕСКОЙ+ОБРАБОТКИ+ЖАРОПРОЧНОЙ%2C+КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ+СТАЛИ+14X17H2&btnG](https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=ИССЛЕДОВАНИЕ+РЕЖИМА+ТЕРМИЧЕСКОЙ+ОБРАБОТКИ+ЖАРОПРОЧНОЙ%2C+КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ+СТАЛИ+14X17H2&btnG)].

Недоліком відомого способу є те, що після гартування був реалізований однократний відпуск, що призводить до зменшення пластичності сталі.

40 Аналогом способу, що заявляється, є спосіб термічної обробки мартенситно-феритної сталі, що складається з нагріву під гартування при температурі 1040-1050 °С, охолодження в маслі, двократний відпуск: перший відпуск 600-610 °С, другий: 640-660 °С. Ізотермічна витримка при першому відпуску 4,5-5,0 годин, при другому відпуску 3,5-4,5 години, з охолодженням у воді після кожного відпуску [Васильев В.А., Малов В.С. Спосіб термічної обробки деформованої

корозійно-стійкої сталі 14X17H2 [Електронний ресурс] / Васильев В.А., Малов В.С. // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева" (НГТУ) Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2508410>.

5 Недоліком прототипу є ускладнення та довготривалість технологічного процесу, за рахунок необхідності використання додаткового обладнання та устаткування для проведення охолодження в воді після кожного високотемпературного відпуску.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу термічної обробки вала атомного насоса зі сталі 14X17H2 шляхом зміни охолоджуючого середовища.

10 Поставлена задача вирішується тим, що спосіб термічної обробки вала атомного насоса зі сталі 14X17H2 включає гартування при температурі 1040-1050 °С з охолодженням в маслі та дворазовий відпуск з охолодженням після кожного відпуску у воді, і температура нагріву при першому відпуску становить 600-610 °С з ізотермічною витримкою від 4,5 до 5,0 годин. Температура нагріву при другому відпуску становить 620-650 °С з ізотермічною витримкою від 3,5 до 4,5 години, при цьому після кожного відпуску проводять охолодження на спокійному повітрі.

Використання повітря як охолоджуючого середовища дозволяє не застосовувати додаткове обладнання та устаткування для проведення охолодження після кожного високотемпературного відпуску, що в свою чергу призводить до економії часу проведення технологічного процесу.

20 Спосіб здійснюється наступним чином. Заготовки вирізають з прутків сталі 14X17H2. Проводять відповідну термічну обробку в камерній електропечі опору СНО 3.6.2/10ИЗ. Після термічної обробки з заготовок виготовляють зразки для подальших випробувань на стійкість до МКК та механічних випробувань.

25 Приклад. В ході роботи була проведена термічна обробка зі сталі 14X17H2 (матеріал вала атомного насоса) за 6 технологічними режимами, загальними операціями в яких є: відпал, гартування, відпуск (табл. 2). Режими відрізняються один від одного температурою нагріву під гартування, температурою відпуску, кількістю відпусків, охолоджуючими середовищами при гартуванні і відпусках.

Таблица 2

Технологічні параметри термічної обробки сталі 14X17H2

№ режиму	Вид ТО	Температура, °С	Час, годин.	Охолоджуюче середовище
1	Відпал	800	10-20	з піччю
	Гартування	1020-1050	0,5	повітря
	Відпуск	600	5	повітря
2	Відпал	800	10-20	з піччю
	Гартування	980-1020	0,5	масло
	Відпуск	680-700	5	Повітря
3	Відпал	800	10-20	з піччю
	Гартування	1040-1050	0,5	Масло
	I-ий відпуск	600-610	4,5-5,0	Вода
	II-ий відпуск	620-650	3,5-4,5	Вода
4	Відпал	800	10-20	з піччю
	Гартування	950-1040	0,5	Масло
	Відпуск	580-600	5	Повітря
5	Відпал	800	10-20	з піччю
	Гартування	950-1040	0,5	Масло
	Відпуск	580-600	5	Вода
6	Відпал	800	10-20	з піччю
	Гартування	1040-1050	0,5	Масло
	I-ий відпуск	600-610	4,5-5,0	Повітря
	II-ий відпуск	620-650	3,5-4,5	Повітря

30

В результаті комплексного аналізу механічних властивостей можна зробити висновок-рекомендацію технології термічної обробки вала атомного насоса зі сталі 14X17H2 (табл. 3).

Результати випробувань сталі 14X17H2 після термічної обробки

Тип випробувань	Зразок №*											
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2
Випробування на МКК	Задов.	Задов.	Не задов.	Не задов.	Задов.	Задов.	Не задов.	Не задов.	Не задов.	Не задов.	Задов.	Задов.
Тимчасовий опір $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	971 (99)	971 (99)	952 (97)	971 (99)	865 (88)	854 (87)	990, 81 (101)	990, 81 (101)	981 (100)	932 (95)	873 (89)	873 (89)
Межа плинності $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	824 (84)	824 (84)	824 (84)	795 (81)	697 (71)	687 (70)	865 (88)	835 (85)	865 (88)	824 (84)	706 (72)	726 (74)
Відносне подовження $\delta_5$ , %	9.8	18.0	14	15	17	17	13,5	12	12	12	12	16
Відносне звуження $\psi$ , %	22	52	51	53	58	59	54	16,5	50	47	34	56
Ударна в'язкість КСУ, Дж/см <sup>2</sup> (кгс м/см <sup>2</sup> )	12,75 (1,3)	14,7 (1,5)	12,75 (1,3)	14,7 (1,5)	20 (2,0)	27,5 (2,8)	10 (1,0)	10 (1,0)	12 (1,25)	12 (1,25)	22,6 (2,3)	27,5 (2,8)
Твердість, НВ	302	302	293	302	255	262	302	302	285	277	248	248

\*№ зразка складається з двох цифр: 1- номер режиму термічної обробки (таблиця 2), 2- порядковий номер зразка.

5 Випробування на стійкість до МКК показало, що зразки, які піддавали термічній обробці за режимами № 1, № 3 та № 6 стійкі до МКК (табл. 3). Дані зразки були нагріті під гартування вище 1020 °С, охолоджені після гартування та відпуску в воді і/або пройшли подвійний відпуск, що в результаті зменшило кількість виділення карбідів хрому типу Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>. Вуглець утримується в твердому розчині. Цей стан фіксували швидким охолодженням (в маслі або воді).

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10 Спосіб термічної обробки вала атомного насоса зі сталі 14X17H2, що включає гартування при температурі 1040-1050 °С з охолодженням в маслі та дворазовий відпуск з охолодженням після кожного відпуску у воді, і температура нагріву при першому відпуску становить 600-610 °С з ізотермічною витримкою від 4,5 до 5,0 годин, який **відрізняється** тим, що температура нагріву при другому відпуску становить 620-650 °С з ізотермічною витримкою від 3,5 до 4,5 години, при цьому після кожного відпуску проводять охолодження на спокійному повітрі.

15