



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119230** (13) **C2**

(51) МПК (2019.01)

C21D 1/00

G07C 3/06 (2006.01)

G01N 29/02 (2006.01)

C21D 1/55 (2006.01)

G01N 29/28 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2015 08593**

(22) Дата подання заявки: **04.09.2015**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **27.05.2019**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **10.03.2017, Бюл.№ 5**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **27.05.2019, Бюл.№ 10**

(72) Винахідник(и):

**Кобаско Микола Іванович (UA),
Москаленко Анатолій Андрійович (UA),
Добривечір Володимир Володимирович (UA)**

(73) Власник(и):

**Кобаско Микола Іванович,
пр. Вернадського, 81, кв. 120, м. Київ, 03142 (UA),
Москаленко Анатолій Андрійович,
вул. Доброхотова, 1, кв. 57, м. Київ, 03142 (UA),
Добривечір Володимир Володимирович,
пр. Вернадського, 63, кв. 71, м. Київ, 03142 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

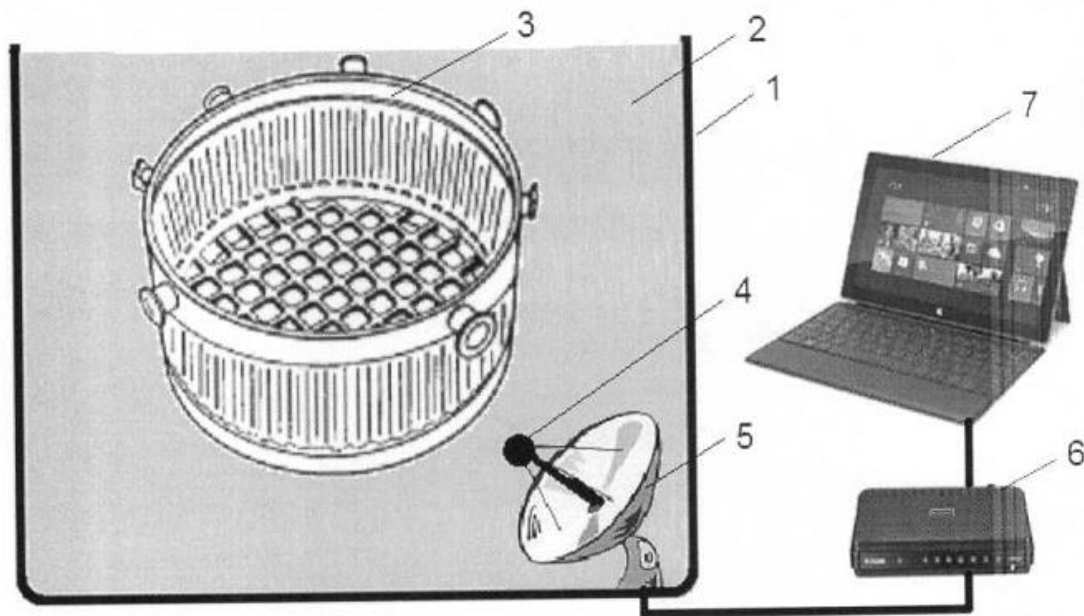
SU 1395683 A1, 15.05.1988
WO 0179829 A1, 25.10.2001
SU 1595928 A1, 30.09.1990
Kobasko N. Transient Nucleate Boiling as a Law of Nature and a Basis for Designing of IQ Technologies // Proceedings of the 7th IASME / WSEAS International Conference on HEAT TRANSFER, THERMAL ENGINEERING and ENVIRONMENT. – 2009. – P. 67 – 75
UA 2896 C1, 26.12.1994
SU 457920 A, 25.01.1975
SU 1155935 A, 15.05.1985
US 4112735 A, 12.09.1978
CN 201993340 U, 28.09.2011
CN 102147393 U, 10.08.2011
Kobasko N. An Explanation of Possible Damascus Steel Manufacturing Based on Duration of Transient Nucleate Boiling Process and Prediction of the Future of Controlled Continuous Casting // International Journal of Mechanics. – Issue 3. – Volume 5. – 2011. – P. 182 – 189

(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГАРТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ В РІДКИХ РІДИНАХ

(57) Реферат:

UA 119230 C2

Винахід належить до галузі металургія. Спосіб контролю якості гартування металевих виробів включає реєстрацію і аналіз акустичних сигналів, притаманних бульбашковому кипінню, при цьому разом з бульбашковим кипінням реєструють парове кипіння і визначають критерій якості, тобто співвідношення реального процесу кипіння до розрахункового, і по отриманій величині розрахунку судять про якість гартування металевих виробів, причому в залежності від величини критерію якості $Q = t_{\text{exp}} / t_{\text{nb}}$ визначають якість або вади гартування, де Q - критерій якості, t_{exp} - загальний час кипіння, зареєстрований пристроєм, t_{nb} - розрахунковий час бульбашкового кипіння. Також заявлено пристрій для виконання зазначеного способу. Винахід покращує процес гартування металевих виробів і рекомендований для автоматизації процесу гартування.



Фіг. 2

Відомий спосіб контролювання термічної обробки сталевих виробів (див. А.С. № 1595928 від 1 червня 1990, заявка № 4605186 від 14 листопада 1988¹), який ґрунтується на реєстрації акустичних сигналів, що виникають в процесі охолодження розпечених виробів у рідині. При цьому виділяють сигнал, що відповідає бульбашковому кипінню. Спосіб допускає відсутність локальних парових плівок або розвиненого пароутворення. Після закінчення бульбашкового кипіння сталеві вироби вивантажують із рідини і направляють на відпал. Спосіб використовується при гартуванні сталевих одиничних виробів в розчинах солей, де відсутнє розвинене парове кипіння. Він запобігає утворенню тріщин при гартуванні сталевих виробів у водних розчинах солей. Недолік цього способу є відсутність інформації про розвинене та локальне парове кипіння. Також спосіб не визначає кількісно якість гартування. Особливо це стосується гартування великої кількості деталей у кошиках, де відстань між деталями досить мала, що обумовлює утворення парових плівок. Цей спосіб є найближчим аналогом.

Як відомо, час бульбашкового кипіння можна визначати по формулі, яка вперше була отримана автором². Відома формула має такий вигляд:

$$\tau_{nb} = \overline{\Omega} k_F \frac{D^2}{a}, \quad (1)$$

Де τ_{nb} є час бульбашкового кипіння в секундах, $\overline{\Omega}$ є безрозмірна величина, що залежить від початкової температури і умов гартувального охолодження (див. Таблицю 1), k_F є коефіцієнт форми виробу (див. Таблицю 2), D є товщина виробу в м, a є температуропровідність матеріалу в м²/с. Цей підхід також має ряд недоліків. Основний недолік цього способу є відсутність інформації про розвинене та локальне парове кипіння. Так саме спосіб не визначає кількісно якість гартування. Наведений підхід є аналогом винаходу.

Для усунення всіх перелічених недоліків пропонується ввести критерій якості гартування та прилад, що вимірює величину якості гартування.

Таблиця 1

Величина $\overline{\Omega}$ в залежності від умов охолодження при зафіксованій температурі 850 °С

Гартувальне середовище	$\overline{\Omega}$
Вода, 20 °С	4,17
30-50 % CaCl ₂	4,78
5-12 % NaOH	3,6
6-8 % NaNCb	3,76

Таблиця 2

Коефіцієнт форми виробу k_F для пластинчатих, циліндричних та сферичних тіл.

Форма виробу	k_F
Пластинчата	0,1013
Циліндрична	0,0432
Сферична	0,0253

Пристрій, що містить гідрофон, поміщений у фокусі параболоїдного уловлювача звуків, прилад, що підсилює, аналізує, фільтрує промисловий фон та передає дані на комп'ютер, який за допомогою аналізатора частот фіксує загальний час локального, розвиненого та бульбашкового кипіння і вираховує величину співвідношення τ_{exp} / τ_{nb} , відрізняється тим, що уловлювач звуків параболоїдної форми самонаводиться на максимальний шум бульбашкового кипіння для точного його фіксування та зменшення промислового фону.

Оскільки розвинене парове кипіння є малоінтенсивним і часто-густо співпадає з промисловими частотами, то це не ускладнює їхнє фільтрування і не викликає проблеми, бо кінцевим є бульбашкове кипіння яке охоплює також період розвинутого плівкового чи локального кипіння. Якщо позначити якість гартування буквою Q , тоді

5

$$Q = \frac{\tau_{\text{exp}}}{\tau_{\text{nb}}} , \quad (2)$$

де. τ_{exp} є загальний час плівкового та бульбашкового кипіння в сек.; τ_{nb} є час чистого бульбашкового кипіння в секундах, що визначається по формулі (1).

10 Таблиця 3 приводить характеристики співвідношення 2 в залежності від існування плівкового і бульбашкового кипіння. Найякісніше (ідеальне) гартування спостерігається, коли $Q = 1$. Це означає повну відсутність локального і розвинутого плівкового кипіння.

Таблиця 3

Вади гартування в залежності від величини критерію якості $\tau_{\text{exp}} / \tau_{\text{nb}}$

$\tau_{\text{exp}} / \tau_{\text{nb}}$	Характеристика кипіння	Вади гартування
1	Локальне та розвинене плівкове кипіння повністю відсутні	Ідеальне гартування, деформації мінімальні, твердість поверхні виробів максимальна
1-1,3	Присутнє локальне парове кипіння	Спостерігаються великі деформації, можливе тріщиноутворення та плямиста твердість поверхні виробів
1,3-2 і більше	Розвинене парове кипіння	Низька загартовуваність поверхні виробів

15 Таким чином, спосіб контролю якості гартування, що включає реєстрацію і аналіз акустичних сигналів, притаманних бульбашковому кипінню відрізняється тим, що поряд з бульбашковим кипінням реєструють і аналізують локальне парове кипіння і визначають критерій якості (співвідношення реального процесу кипіння до ідеального або розрахункового) і по отриманій величині розрахунку судять про якість гартування (див. Таблицю 3).

20 Пристрій для виконання способу, що включає гідрофон, параболоїдний уловлювач звуків, підсилювач, аналізатор частот і комп'ютер, відрізняється тим, що гідрофон розміщений в фокусі параболоїдного уловлювача звуків, який разом з аналізатором налаштовані на максимальну амплітуду частот від 2000 Гц до 10000 Гц з метою відсіювання промислових шумів.

Таблиця 4

Частотні характеристики притаманні розвинутому бульбашковому, локальному і плівковому кипінню.

Режим кипіння	Характерні частоти, Гц	Пояснення
Розвинене плівкове кипіння	500-2000	Див.[1], [3]
Локальне плівкове кипіння	2000-4000	Велика різниця в частотах пояснюється тим, що локальні плівки можуть займати велику та малу площу, що впливає на частоту.
Бульбашкове кипіння	4000-8000	Див.[3], [4]

25 2. Приклади використання способу та пристрою

Приклад 1 Диски товщиною 15 мм із легваної сталі AISI 8620 після цементації охолоджують від температури 850 °C у кошиках у воді при температурі 30 °C. Відстань між дисками 10 мм. Пристрій зафіксував повний час кипіння 36 сек. Твердість поверхні після гартування була низькою і нерівномірною: 46, 56, 57 HRC.

30 Розрахунковий час кипіння дисків у воді без плівкового кипіння рівний:

$$\tau_{nb} = \overline{\Omega} k_F \frac{D^2}{a} = 4.17 \times 0.1013 \times \frac{(0.015)^2 m^2}{5.4 \times 10^{-6} m^2/c} = 17.6 \text{ сек},$$

де $a = 5.4 \times 10^{-6} m^2/c$, $D = 0.015 m$.

Критерій якості гартування в цьому випадку рівний $Q = \frac{36s}{17.3s} = 2.08$. А це означає, що було присутнє розвинене плівкове кипіння і як результат отримали низьку твердість.

5 Приклад 2 Ці ж самі диски охолоджують в кошиках від температури $850^\circ C$ в 7-відсотковому водному розчині $NaNO_3$ при $20^\circ C$ та легкому барботажі.

Розрахунковий час охолодження у розчині без плівкового кипіння рівний:

$$\tau_{nb} = \overline{\Omega} k_F \frac{D^2}{a} = 3.76 \times 0.1013 \times \frac{(0.015)^2 m^2}{5.4 \times 10^{-6} m^2/c} = 15.9 \text{ сек},$$

де $a = 5.4 \times 10^{-6} m^2/c$, $D = 0.015 m$.

10 Загальний час кипіння рівний 16,5 сек.

Критерій якості гартування у цьому випадку рівний $Q = \frac{16.5s}{15.9s} = 1.04$. А це означає, що процес охолодження є майже ідеальним, тобто деформації - мінімальні, твердість поверхні була 62-64 HRC після гартування.

15 Приклад 3 Плоскі кільця товщиною 25 мм із сталі 45 (AISI 1045) охолоджують від температури $860^\circ C$ в 10-відсотковому водному розчині полімерів при $30^\circ C$ кошиках. Відстань між кільцями - 20 мм. При гартуванні у водному розчині полімерів деформації часто виходили за рамки допусків. Загальний час охолодження був 57 сек.

Розрахунковий час охолодження у воді без плівкового кипіння рівний:

$$\tau_{nb} = \overline{\Omega} k_F \frac{D^2}{a} = 4.17 \times 0.1013 \times \frac{(0.025)^2 m^2}{5.4 \times 10^{-6} m^2/c} = 48.9 \text{ сек},$$

20 де $a = 5.4 \times 10^{-6} m^2/c$, $D = 0.025 m$.

Критерій якості гартування в цьому випадку рівний $Q = \frac{57s}{48.9s} = 1.17$. А це означає, що в цьому випадку було локальне плівкове кипіння, що може призводити до великих деформацій кілець.

25 Приклад 4 Ці ж самі кільця охолоджують в кошиках від температури $860^\circ C$ в 7-відсотковому водному розчині $NaNO_3$ при $20^\circ C$ та легкому барботажі.

Розрахунковий час охолодження у розчині без плівкового кипіння рівний:

$$\tau_{nb} = \overline{\Omega} k_F \frac{D^2}{a} = 3.76 \times 0.1013 \times \frac{(0.025)^2 m^2}{5.4 \times 10^{-6} m^2/c} = 44.1 \text{ сек},$$

де $a = 5.4 \times 10^{-6} m^2/c$, $D = 0.025 m$.

Загальний час, зафіксований пристроєм - 45 сек.

30 Критерій якості гартування в цьому випадку рівний $Q = \frac{45s}{44.1s} = 1.02$. А це означає, що процес охолодження є майже ідеальним, що привело до суттєвого зменшення деформацій і рівномірної твердості поверхні.

35 Приклад 5. Проводять гартування дисків діаметром 20 мм легованої сталі в холодній воді з барботажем. Після закінчення кипіння ці диски повинні бути перекинуті у масло, щоб запобігти утворенню гартувальних тріщин. Загальний час охолодження був зареєстрований пристроєм (див. Фіг. 1) та дорівнює 27,5 сек.

Розрахунковий час охолодження у холодній воді без плівкового кипіння рівний:

$$\tau_{nb} = \overline{\Omega} k_F \frac{D^2}{a} = 3.8 \times 0.1013 \times \frac{(0.0195)^2 m^2}{5.4 \times 10^{-6} m^2/c} = 28.2 \text{ сек},$$

де $a = 5.4 \times 10^{-6} m^2/c$, $D = 0.0195 m$.

40 Критерій якості гартування в цьому випадку рівний $Q = \frac{28.2s}{27.5s} = 1.03$. А це означає, що процес охолодження є майже ідеальним, що не повинно призводити до великих деформацій.

Фіг. 1. Акустичні дані від пристрою при гартуванні в холодній воді з хитанням виробу. Початок кипіння - 17 сек., кінець – 44,5 сек. Промисловий шум відфільтрований (нижчий 2000 Гц).

3. Переваги способу та пристрою

Спосіб та пристрій мають такі переваги:

1. Якісна оцінка гартування з великою точністю.
2. Визначає оптимальний час охолодження сталевих виробів і не потребує складних та кропітких комп'ютерних розрахунків, що робить технологію більш дешевою.
3. Є більш надійним і точнішим у порівнянні із стандартними металевими зразками, облаштованими термopарами.
4. Є ефективним інструментом для дослідження гартувальних середовищ.
5. Може бути використаним для тестування великих гартувальних баків з рідиною.
6. Ефективний контроль гартування в рідинах під тиском.
7. Може бути корисним при розробці стандартів.

Перелік фігур креслення

Фіг. 1. Акустичні дані від пристрою при гартуванні в холодній воді з хитанням виробу. Початок кипіння - 17 сек., кінець – 44,5 сек. Промисловий шум відфільтрований (нижчий 2000 Гц).

Фіг. 2. Пристрій для контролю якості гартування металевих виробів в рідких рідинах:

1 - гартувальний бак, 2 - гартувальне середовище, 3 - пристосування для рівномірного розміщення металевих деталей для гартування, 4 - гідрофон, 5 - уловлювач та підсилювач звуків, 6 - пристрій, що підсилює, аналізує, фільтрує промисловий фон та передає дані на комп'ютер, 7 - комп'ютер чи смартфон, на якому встановлене програмне забезпечення, що аналізує дані та робить висновки про якість гартування.

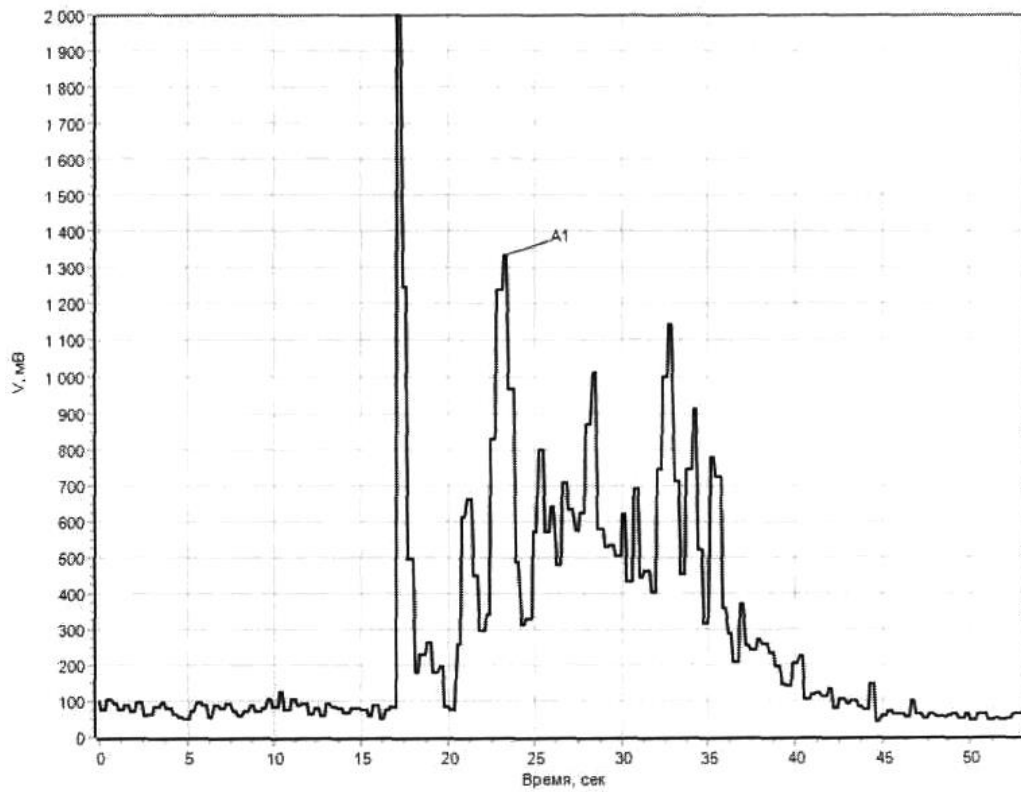
Джерела інформації:

1. Кобаско Н.И., Авторское свидетельство № 1595928 от 1.06.1990г., Способ контроля термической обработки стальных изделий.
2. Kobasko, N., Transient Nucleate Boiling as a Law of Nature and a Basis for Designing of IQ Technologies, Proceedings of the 7th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (THE'09), Moscow, Aug. 20-22, 2009, pp. 67-76.
3. Н.И. Кобаско, Закалка Стали в Жидких Средах под Давлением, Наукова Думка, Киев, 1980, 206 стр.
4. N.I. Kobasko, M.A. Aronov, J.A. Powell, and G.E. Totten, Intensive Quenching Systems: Engineering and Design, ASTM International, Conshohocken, USA, 2010, 252 pages.

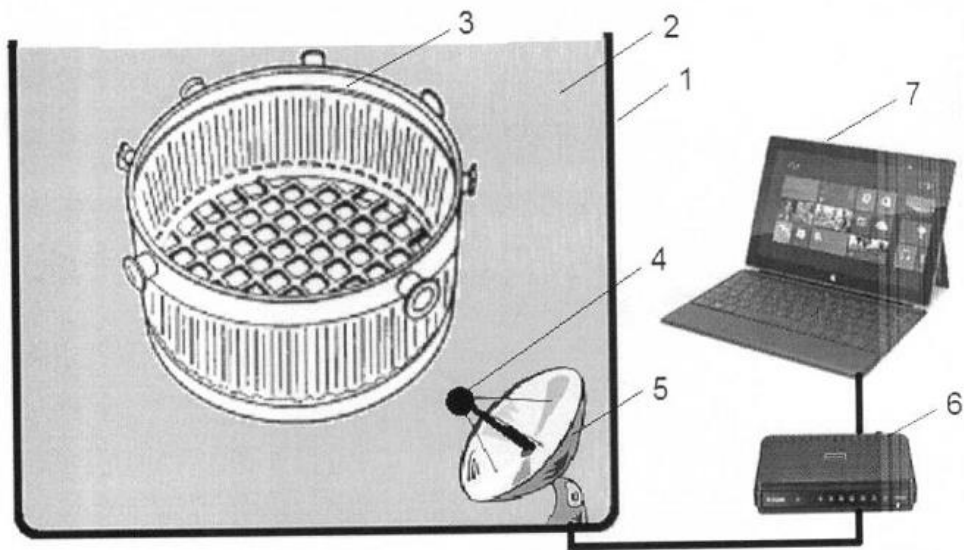
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб контролю якості гартування металевих виробів, що включає реєстрацію і аналіз акустичних сигналів, притаманних бульбашковому кипінню, який **відрізняється** тим, що разом з бульбашковим кипінням реєструють парове кипіння і визначають критерій якості, тобто співвідношення реального процесу кипіння до розрахункового, і по отриманій величині розрахунку судять про якість гартування металевих виробів, при цьому в залежності від величини критерію якості $Q = t_{\text{exp.}} / t_{\text{nb.}}$ визначають якість або вади гартування, де Q - критерій якості, $t_{\text{exp.}}$ - загальний час кипіння, зареєстрований пристроєм, $t_{\text{nb.}}$ - розрахунковий час бульбашкового кипіння, при цьому при $Q=1$ деформації мінімальні, а твердість поверхні металевих виробів максимальна, при Q в проміжку 1-1,3 спостерігаються великі деформації, можливе тріщиноутворення та плямиста твердість поверхні виробів, а при Q в проміжку 1,3-2 і більше спостерігається низька загартованість поверхні металевих виробів.

2. Пристрій для виконання способу за п. 1, що містить гідрофон, параболоїдний уловлювач звуків кипіння, підсилювач, аналізатор частот і комп'ютер, який **відрізняється** тим, що гідрофон розміщений у фокусі параболоїдного уловлювача звуків кипіння, який разом з аналізатором частот налаштований на максимальну амплітуду частот від 2000 Гц до 10000 Гц для відсіювання промислових шумів.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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