



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75949 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01N 25/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕЙ

1

2

(21) 2004031942

(22) 16.03.2004

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Карпаш Олег Михайлович, Карпаш Максим Олегович, Райтер Петро Миколайович, Ващишак Сергій Петрович

(73) Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(56) EP 0901016 A3, 30.06.99

SU 1260790 A1, 30.09.86

RU 2069361 C1, 20.11.96

RU 20051380, 27.12.95

(57) Спосіб неруйнівного контролю механічних характеристик сталей, що полягає у вимірюванні фізичних параметрів і отриманні по них розрахункових значень механічних характеристик, який відрізняється тим, що послідовно вимірюють електричний опір, твердість поверхневого шару металу і коефіцієнт теплопровідності, а для розрахунку значень механічних характеристик сталей використовують алгоритми нейронних мереж.

Винахід відноситься до неруйнівного контролю сталей, зокрема до контролю фізико-механічних характеристик сталей.

Відомий спосіб оперативної оцінки механічних властивостей конструкційних сталей типу 30ХГСА [1], який полягає в тому, що попередньо будується графік кореляційної залежності товщини зони руйнування зсувом від тимчасового опору руйнуванню стандартного зразка, дослідженого на розтяг. При дослідженні зруйнованих деталей із досліджуваного конструкційного сплаву вимірюють товщину зони руйнування зсувом на поверхні злому зруйнованої деталі. Потім, по попередньо побудованому графіку для даного матеріалу визначають значення тимчасового опору для даного матеріалу.

До недоліків цього способу слід віднести те, що даний метод є руйнівним - можливо визначити механічні характеристики матеріалу тільки після руйнування деталі, виготовленої з нього, причому для кожного матеріалу (марки сталі) потрібно будувати вищезгаданий окремий графік залежності.

Відомий також спосіб магнітного контролю механічних властивостей ферромагнітних виробів [2], який використовується для неруйнівного контролю твердості ферромагнітних виробів; при цьому підвищується точність контролю за рахунок зниження енерговитрат на контроль виробів – це досягається шляхом намагнічування виробу магнітним полем, вимірюванням магнітного параметру, в якості якого використовують коерцитивну силу або залишкову магнітну індукцію, по величині

якої судять про досліджувані властивості. Проте цей спосіб придатний тільки для контролю ферромагнітних виробів, що значно обмежує його застосування. Недоліком є також і те, що коерцитивна сила і залишкова магнітна індукція є структурно чутливими анізотропними параметрами, що впливатиме на точність і достовірність результатів контролю цим способом. Цей спосіб відноситься до контролю тільки одного механічного параметра - твердості, по якому не завжди можливо судити про механічні характеристики матеріалу і який часто є характеристикою тільки поверхневого шару матеріалу.

Існує, також, спосіб контролю механічних характеристик прокату [3], який включає вимірювання структурно чутливої магнітної характеристики, температури прокату в місці прокату і товщини та подальше приведення магнітної характеристики до постійної температури і товщини по запропонованій математичній залежності. Після цього знаходиться кореляційний зв'язок між магнітною характеристикою і механічними властивостями металу. При цьому, приведення до постійної температури і товщини забезпечує більш високу точність визначення магнітної характеристики і збільшує кореляційний зв'язок з механічними властивостями виробу. Перевагою методу є те, що можливо здійснювати контроль механічних характеристик безпосередньо в потоці прокатного стану.

Найбільш близьким по технічній суті до запропонованого є неруйнівний спосіб визначення

(19) UA (11) 75949 (13) C2

механічних властивостей сталі [4]. Спосіб включає визначення хімічного складу сталі, спеціальне вилітання зразка, а при його охолодженні, вимірювання через певні проміжки часу температури і електричного опору його теплового центру, які використовують для побудови комплексної термограми. З врахуванням змін хімічного складу і параметрів кривих електроопору і температури складають рівняння регресії, за якими розраховують характеристики механічних властивостей. Недоліком даного способу є необхідність визначення хімічного складу, що зазвичай є дорогою і трудомісткою процедурою.

Задача даного винаходу полягає у вдосконаленні неруйнівного способу контролю механічних характеристик сталей шляхом моделювання процесу контролю з допомогою нейронних мереж для встановлення неявних залежностей механічних характеристик від твердості, питомого електричного опору та теплопровідності, що дозволить розширити технологічні можливості контролю, спростити обробку результатів вимірювань.

Для вирішення поставленої задачі у способі неруйнівного контролю механічних характеристик сталей, що полягає у вимірюванні фізичних параметрів і отриманні по них розрахункових значень механічних характеристик, який відрізняється тим, що послідовно вимірюють електричний опір, твердість поверхневого шару металу і коефіцієнт теплопровідності, а для отримання розрахункових значень механічних характеристик сталей використовують алгоритми нейронних мереж.

За довідниковими даними [5, 6] показано складну залежність твердості, електроопору і теплопровідності від механічних характеристик сталей (границі міцності) - фіг. 1, 2, 3. Спосіб передбачає локальне вимірювання твердості та електроопору взірця з подальшим нагріванням до температури вищої на 30-40 °С від температури навколишнього середовища для вимірювання теплопровідності.

В якості експериментальних даних були використані довідникові значення [6] для сталей іноземних марок таких як, 440, 630, 431, UR52N+, 420, 2205, 416, 409, 3CR12, 304, 310, 321/347, 430, 430F, S30815.

Для покращення розуміння суті винаходу подані графічні залежності, де: на фіг.1 - залежність граници міцності від твердості за шкалою Брінеля із графіком лінійної апроксимації; на фіг.2 - залежність граници міцності від питомого електричного опору із графіком квадратичної апроксимації; на фіг.3 - залежність граници міцності від теплопровідності із графіком кубічної апроксимації.

Вказані графічні залежності мають складний характер, до того ж існує імовірність того, що твердість, електроопір і теплопровідність можуть бути пов'язані між собою кореляційними зв'язками. Для врахування складного характеру залежностей та можливих взаємодіючих зв'язків між вхідними параметрами пропонується використовувати алгоритми штучних нейронних мереж [7], які слугуватимуть апроксиматорами граници міцності

як нелінійної багатопараметричної функції комплексу параметрів твердості, питомого електричного опору та теплопровідності. Алгоритми нейронних мереж передбачають процедуру так званого "навчання", для чого були використані числові значення параметрів 13 із 15 марок вибраних сталей сталей, а 2 інші (марки сталей 420 та 310) були використані для перевірки правильності навчання. Числові дані цих двох марок сталей не використовувались при навчанні і були невідомими для мережі - таким чином відбувалось моделювання процесу контролю.

Для перевірки можливості здійснення винаходу було виконані дослідження, результати яких представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати тестування натренованих нейронних мереж

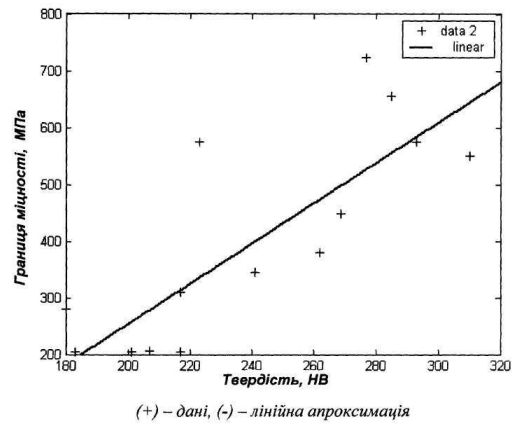
Кількість вхідних параметрів	Вхідні параметри	Результат тестування, МПа	Середня похибка, МПа
2	Твердість	(645.4; 554.7)	27
	Теплопровідність		
	Твердість	(631.9; 520.8)	16.3
	Коеф.тепл.розширення		
	Твердість	(625.7; 532.2)	37.2
	Питомий ел. опір		
3	Теплопровідність	(631.2; 524)	39
	Коеф.тепл.розширення		
	Теплопровідність	(654.3; 534.3)	18.9
	Питомий ел. опір		
	Коеф.тепл.розширення	(669.7;559.2)	23
	Питомий ел. опір		
4	Твердість	(657.6; 533.8)	32.1
	Теплопровідність		
	Коеф.тепл.розширення		
	Твердість	(673.7; 512.8)	9.1
	Теплопровідність		
	Питомий ел. опір	(649.1; 549)	23
4	Коеф.тепл.розширення		
	Питомий ел. опір	(656; 489.2)	15.4
	Твердість		
4	Твердість		
	Теплопровідність	(653.4; 513.3)	21
	Коеф.тепл.розширення		
4	Питомий ел. опір		

Аналіз результатів приведених в таблиці 1 однозначно вказує на те, що комбінація параметрів, яка пропонується - твердість, теплопровідність та питомий електричний опір дозволяють визначати границю міцності із точністю не більше 5%.

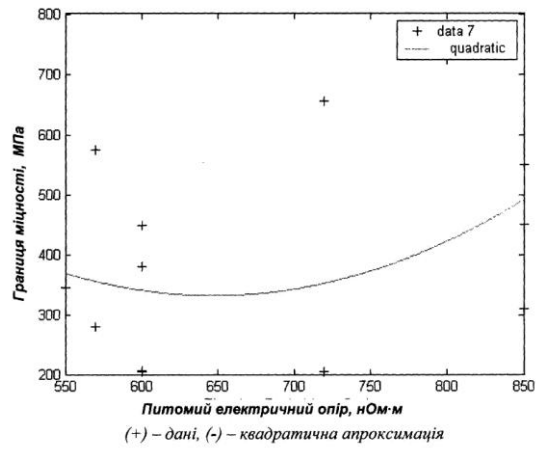
Таким чином, на реальних значеннях фізичних і механічних характеристиках ряду конструкційних сталей підтверджена можливість здійснення запропонованого винаходу.

Перелік посилань:

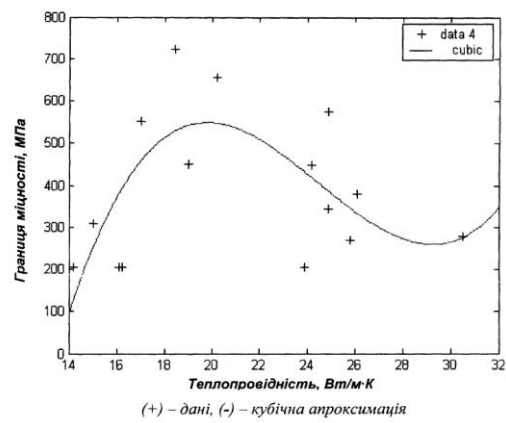
1. Патент Росії № 2025699 G 01 N 3/00.
2. Патент Росії № 2051380 G 01 N 27/80.
3. Патент Росії № 2069361 G 01 N 27/72.
4. Патент СРСР № 1260790 G 01 N 25/02.
5. Структура і фізичні властивості твердого тіла: Лабораторний практикум: Навч. посібник/ О.Г. Алавердова, О.В. Аринкін, О.Ф. Богданова та ін.; За ред. Л.С. Палатенка. - К.: Вища шк., 1992 - 311 с.
6. <http://www.azom.com>
7. Райтер П.М., Карпаш М.О. Нейронні мережі для вимірювання багатозначних потоків // Матеріали конференції "Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів – Леотест-2003", Львів, 2003.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

