

²Ю. І. Парайко, канд.техн.наук, доц.,
¹М. В. Кіндрачук, д-р техн.наук, проф.,
²М. М. Лях, канд.техн.наук, доц.,
³Ю. М. Лях, провід. інж.,
²О. Ю. Мацькевич, асист.

ЕКСПРЕСНАНО-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ – ТВЕРДОСТІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

¹ Національний авіаційний університет
² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
³ ДП «Укргазвидобування»

Розроблено високоефективну експреснано-технологію визначення кількісних характеристик поверхневої енергії – твердості сталевих деталей, що дозволяє миттєво визначити якість термічного оброблення, зварювання за рахунок чіткої зміни забарвлення надтонкого поверхневого шару спеціальної речовини.

Вступ. Загальні тенденції розвитку сучасного машинобудування та організація ремонтних робіт характеризуються намаганнями використання матеріалів з максимальними характеристиками міцності. Водночас значно ускладнюються умови експлуатації. Наприклад, нафтогазове обладнання працює в умовах дії значних змінних навантажень, контактних тисків, зміни температур у великому діапазоні в абразивних та корозійно-активних середовищах. Водночас переважна більшість конструкцій нафтогазового обладнання через збільшення терміну експлуатації (ресурсу) потребує використання ефективних способів діагностування (перевірки стану конструкцій).

Аналіз причин відмов обладнання різного призначення показує зростаючу роль зношування вузлів тертя на ресурс роботи машин у цілому [1].

У зв'язку з цим проблема вибору зносостійких сталей стала надзвичайно важливою. Оскільки термічному обробленню підлягає переважна кількість деталей вузлів тертя, проблема контролю яко-

сті термічного оброблення для отримання дійсних значень твердості є актуальною.

У цілому це ставить нові вимоги до використовуваних сталевих виробів, проведення додаткових науково-дослідних робіт з визначення механічних властивостей деталей даного обладнання. Загальні напрями з підвищення надійності таких сталевих виробів і вибору їх оптимальних характеристик міцності реалізуються на стадії експериментальних досліджень, планування, проектування, виготовлення, випробування, експлуатації і технічного обслуговування, ремонту [2].

Металеві деталі обладнання випробують з метою визначення механічних властивостей: на розтяг, визначення межі текучості, на згин, кручення, зріз, визначення твердості, зминання, стійкість, а також на втому і т.ін. [3]. Подібні випробування проводять за різних температур, за наявності корозійно-активних та абразивних середовищ, які вибираються близькими до реальних умов експлуатації.

Для визначення механічних характеристик необхідно передусім виготовляти спеціальні взірці. У зв'язку з цим багато вчених звертають увагу на визначення твердості, що відбувається за проникнення в досліджуваний взірець малодеформувального наконечника (індикатора) у формі кульки (сфери), конуса, піраміди і т.ін.

Специфіка випробування на проникання дозволяє залежно від того, як відбувається втискання, полягає у визначенні механічних характеристик опору пружному, пластичному деформуванню та руйнуванню.

Постановка проблеми. Для отримання більш реальних і об'єктивних результатів з визначення поверхневої енергії – твердості сталевих виробів, необхідно цю проблему розглянути під кутом нанотехнологій, тому для цього підготовлено сотні взірців з різних марок сталей (Ст.45, Ст.3сп, Ст. 65 Г, 09Г2С, 40 Х і т.д.) [4].

Зібрано, досліджено і проаналізовано багато деталей нафтогазового обладнання - нового і такого, що було вже в експлуатації (рис. 1).

Є способи визначення мікротвердості спеціальними приладами, твердості шляхом дряпання тарованими спеціальними напильниками. Також існують досить неточні електромагнітні прилади визначення твердості сталевих деталей.



а б
Рис. 1. Деталі нафтогазового обладнання

Водночас для розгляду особливостей конструкції приладів метою визначення твердості чи мікротвердості застосовують два класи похибок: симетричні й несиметричні. Випадкові похибки, вони ж симетричні і рівною мірою збільшують чи зменшують значення вимірюваної твердості. Несиметричні похибки поділяються на систематичні й випадкові. Систематичними можна, наприклад, вважати:

- відхилення маси гир від номіналу;
- неточність тарування механізму навантаження;
- невідповідність установленим нормам геометрії наконечників (затуплення, наявність мікроребневих виступів, шорсткість і т.ін.).

Випадкові похибки – це:

- непостійні швидкості навантаження, часу витримки і розвантаження індикатора;
- вплив вібрацій і багато інших чинників (таких як, наприклад, у вимірній оптичній системі).

Усе це вказує на досить значні відхилення показників твердості від достовірних її значень. Водночас усі поверхні, на яких замірюється твердість індикаторами, підлягають руйнуванню від процесу втискання і зовсім не можуть вказувати на якість гартування загалом деталей різної форми. Деколи для цього проводять дослідження твердості поверхні великою кількістю втискань індикатора, що призводить до неможливості використання деталей через порушення макрогеометрії поверхні. Тому розроблення експрес-методу визначення поверхневої енергії – твердості без пошкодження поверхні – є актуальним. Сучасна промисловість випускає загартовані деталі, розміри яких і особливо геометрія не дозволяють визначити якість гартування на всій поверхні за допомогою описаних вище методів.

Крім цього, у процесі термічного оброблення поверхонь сталевих деталей, можливі місця (зони) неякісного загартування. Ці місця (зони) стають причиною передчасного виходу з ладу виробів. А коли ці вироби є дуже відповідальними і працюють у небезпечних, особливо точних комплексах, то в разі виходу з ладу такої деталі може трапитись екстремальна (аварійна) ситуація, яка буде мати складні наслідки.

Методика досліджень. Для запобігання потраплянню в експлуатацію неякісно загартованих сталевих виробів пропонується використання нового, нами пропонованого, експресно-методу визначення якості поверхневого термічного оброблення сталевих виробів за рахунок прискореного визначення зон – екстремумів наявності поверхневої енергії – твердості. Експресно-технологія визначення комплексних енергетичних характеристик стану поверхні сталевих виробів полягає в проведенні необхідних операцій з деталлю для утворення на ній спеціального надтонкого шару товщиною 0,03 – 0,005 мкм. Унаслідок особливих властивостей і складу ці шари дозволяють миттєво отримувати візуальну інформацію про зони з підвищеною поверхневою енергією – твердістю на поверхнях сталевих виробів за рахунок отримання якісного кольору певного чіткого насичення досліджуваної поверхні. Причому проведений комплекс досліджень більш як на 12 видах сталей дозволив розробити шкалу забарвлень поверхонь, які мають різну величину поверхневої енергії – твердості. Так, зареєстровано різницю твердості \pm 1HRC. А можливість встановлювати якість зварних швів свідчить про ефективне визначення змін стану поверхні за допомогою розробленої експресно-технології саме за рахунок реєстрації змін кількісних характеристик поверхневої енергії зварених частин виробу і самого шва за допомогою запропонованої нанотехнології. В цій роботі не розкрито суті розглянутої експрес-технології через проходження стадії патентування.

За допомогою пропонованого методу можна перевірити якість загартування поверхні деталі будь-яких габаритних розмірів і будь-якої форми, не руйнуючи деталі. Після перевірки цю деталь можна рекомендувати до використання або відправляти на повторне термічне оброблення певної поверхні.

Процес контролю якості термообробленої поверхні деталі дуже швидкий від 5 с до 2 хв (усе залежить від габаритів і форми деталі).

Зручність експресано-методу полягає в тому, що візуально можна побачити неякісно загартовані поверхні деталей. Зазвичай для спеціаліста достатньо провести візуальний контроль по поверхні шліфа або чистій поверхні з видимими енергетичними змінами, щоб зробити правильний висновок про якість виробу або порівнювати отримані дані з визначеними кількісними характеристиками.

До початку перевірки поверхні деталі очищають від бруду та фарб. Перед експериментальними дослідженнями проводять термічні оброблення зразків. Так, зразки з частковим загартуванням і визначенням зон гартування новими способами наведені на рис. 2.



Рис. 2. Зразок з частковим загартуванням

Це дозволяє визначити поверхневу енергію – твердість сталевих виробів за допомогою спектрофотометра, не пошкоджуючи поверхню виробу. Розглянуто метод швидкого визначення якості зварювання сталевих деталей.

Сталеві деталі у різних сферах промисловості, які підлягають зварюванню, мають поєднувати необхідні фізичні властивості, які зберігатимуть стабільність у широкому інтервалі високих температур, тисків, високу корозійну стійкість проти водневого окрихчування, корозійного розтріскування та інших видів корозійного руйнування.

Натепер спостерігається зростання виробництва зварних металоконструкцій, у тому числі трубопроводів. Водночас якість зварних швів у разі використання поширених електродів часто не відповідає вимогам, які до них ставляться. Як показує практика, часто необхідно швидко (або терміново) визначити якість зварного з'єднання, що дозволяє розв'язати проблему підвищення терміну експлуатації зварних металоконструкцій, зокрема трубопроводів. Після зварювання деталей можна проводити механічне оброблення поверхонь у місці зварки навіть у місцях, де неможливо визначити

зону або місце зварювання. Запропонований метод дозволить визначити місце зварювання, розміри зварного шва та можливі дефекти за допомогою запропонованої експресно-технології визначення різниці поверхневих енергій – твердостей та поверхні сталевих зварних з'єднань, що дає змогу отримати фотовідображення, яке відповідає дійсній інформації про зварне з'єднання (якість зварювання, вид окремих наплавлених шарів якості адгезії шва до зварних частин, різниця їх твердостей і т.ін.).

Після підготовки поверхні деталей, виготовлених зварюванням, визначити наведену вище інформацію можна за декілька десятків секунд.

Підготовкою поверхні до перевірки має бути очищення контрольованої поверхні від бруду та інших покриттів. Як правило, спеціалісту достатньо провести візуальний контроль шліфа або чистої поверхню із видимими макроструктурними змінами, щоб зробити правильний висновок про якість виробу.

Форма досліджуваної поверхні може бути будь-якої конфігурації. Навіть візуально можна переконатись про якість термічного оброблення.

Для певних марок сталей виконано таровані шкали, згідно з якою визначається поверхнева енергія – твердість з використанням спектрофотометра.

Крім вище наведеного, велика увага зверталась на зварні з'єднання, які в нафтогазовій галузі також дуже широко використовуються.

Відповідно до запропонованого методу, чітко були визначені всі зони з різною поверхневою енергією – твердістю. У процесі проведення експериментальних досліджень кожну зону отриманих відтінків на досліджуваній поверхні перевіряли існуючим давно відомим методом Роквела. Очікувані результати всюди підтверджувались.

Дослідження поверхонь проводили також після наклепу та механічних деформацій (ударів). Пам'ять в металі зберігається тривалий час і в певному об'ємі, оскільки при цьому змінюється поверхнева енергія досліджуваних деталей.

Отримано інформативні результати, що можуть у деяких випадках мати майже такий самий результат від термічного оброблення та механічних деформацій (ударів, наклепу). Це також встановлено за допомогою запропонованого методу. Отримані однакові відтінки після термічного оброблення та в процесі механічних деформацій мали близьку за значенням поверхневу енергію – твердість сталевих виробів.

Ці результати створюють фундамент для подальших більш прогресивних напрямів зміцнення сталевих виробів та контролю якості їх виготовлення.

Висновок. Розроблено високоефективну експреснано-технологію визначення кількісних характеристик поверхневої енергії – твердості сталевих виробів, що дозволяє миттєво визначати якість термічного оброблення із встановленою точністю ± 1 НРС (натепер), якість зварних з'єднань та виявляти залишкові пружні деформації на сталевих поверхнях зміною забарвлення надтонкого поверхневого шару особливої речовини.

Список літератури

1. Кіндрачук М.В., Лабунець В.Ф., Пашечко М.І., Корбут Е.В. Трибологія. – Київ, «НАУ-друк», 2009. с.392.

2. Парайко Ю.І. Фундаментальні основи надійності вузлів тертя машин та обладнання нафтогазової промисловості / Ю.І. Парайко // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 53. – С. 71–80.

3. Пилипчук Б. И. Обзор теорий твердости. / Б. И. Пилипчук // Труды институтов. – М.: Стандартиз, 1962.

4. *Общетехнический справочник.* / Е.А. Скороходов – М.: Машиностроение, 1990.– 496 с

Парайко Ю.І., Кіндратчук М.В., Лях М.М., Лях Ю.М., Мацкевич О.Ю. Експреснано -метод определения характеристик поверхностной энергии - твердости стальных изделий// Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 54. – С.181–187.

Разработана высокоэффективная экспреснано-технология определения количественных характеристик поверхностной энергии - твердости стальных деталей, что позволяет мгновенно определить качество термической обработки, сварки за счет четкого изменения расцветки сверхтонкого поверхностного слоя специального вещества.

Рис. 2, список лит.: 4 найм.

Express nano method for determining characteristics of surface energy - hardness of steel products

Developed high-effective express NANO technology for determining the quantitative characteristics of the surface energy - the hardness of steel parts, which allows to instantly determine the quality of heat treatment, welding and others by means of a clear change of color hyperfine surface layer of a special substance.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2010