

Відгук

офіційного опонента д.т.н., професора Марущака Павла Орестовича на дисертаційну роботу *Середі Альони Вікторівни* «Удосконалення методик визначення характеристик твердості та міцності конструкційних сталей за результатами індентування», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин

1. Актуальність теми дисертації

Експериментальне оцінювання механічних характеристик конструкційних сталей є критично важливим етапом для забезпечення надійності, довговічності та безпеки машин, механізмів та будівельних конструкцій. Механічні властивості характеризують здатність сталі чинити опір навантаженням та деформуватися без руйнування. Інструментоване індентування, це метод випробування, що ґрунтується на втисканні жорсткого наконечника (індентора) заданої форми в матеріал під дією зусилля, що плавно зростає, з подальшим його зняттям та реєстрацією залежності переміщення наконечника від навантаження. Незважаючи на те, що інструментоване індентування є основою міжнародного стандарту механічних випробувань ISO 14577 та BS EN ISO 14577-2:2015 цей метод є відносно новим та потребує подальшого розвитку.

Отже, дослідження, спрямовані на розвиток та вдосконалення методик визначення механічних характеристик конструкційних сталей інструментованим індентуванням, є актуальними, крім того вони забезпечують підвищення надійності та безпечної експлуатації технічних виробів

2. Загальні характеристики дисертаційної роботи

Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список посилань та додатки. Повний обсяг роботи складає 199 сторінок, у ній 48 рисунків, 27 таблиць, список використаних джерел із 159 найменувань, 2 додатки.

Метою дисертаційної роботи є удосконалення методик визначення характеристик твердості та міцності широкого спектру конструкційних сталей із різним ступенем анізотропії за результатами інструментованого індентування та розробка науково обґрунтованих підходів до їх нормативної оцінки під час входного контролю й у процесі виробництва промислової продукції.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, показано її зв'язок з науковими програмами, сформульовані мета й основні завдання роботи, визначені об'єкт та предмет дослідження, сформульовані наукова новизна й практичне значення отриманих результатів, вказано на їх апробації та наведено перелік праць за темою роботи із зазначенням внеску автора.

У першому розділі представлено огляд літературних джерел за темою дисертації. Проаналізовано методи непрямого визначення механічних характеристик конструкційних сталей. Зроблено порівняння інструментованого індентування та вимірювання твердості з традиційними механічними випробуваннями. Визначено переваги та недоліки цих методів, обмеження та перспективи розвитку. За результатами проведеного аналізу сформульовані мета та задачі досліджень.

У другому розділі описано запропоновані авторкою вдосконалення обладнання та методик визначення характеристик твердості й міцності конструкційних сталей за результатами інструментованого індентування, що підвищило достовірність та відтворюваність отримуваних даних. У результаті аналізу параметра опису залежності між максимальним навантаженням і залишковою глибиною індентування в циклічному режимі, уточнено назву параметра локального опору пластичній деформації.

В третьому розділі оцінено вплив анізотропії та поверхневої неоднорідності на результати інструментованого індентування конструкційних, теплостійких та спеціальних сталей. На основі експериментальних даних та теоретичного аналізу виявлено три характерні типи напружено-деформованого стану матеріалу – умовна ізотропія, анізотропія та наявність поверхневого шару, що дозволило систематизувати чинники, що визначають кореляційну залежність між твердістю та міцністю, що є методологічною основою оцінювання сталей різних класів міцності методами індентування.

Запропоновано нову методику визначення товщини знеуглецьованого шару за результатами вимірювань твердості портативними приладами у макродіапазоні зусиль індентування, що підвищує ефективність контролю якості високоміцних сталей.

В четвертому розділі проведено апробацію розроблених методик визначення механічних характеристик за даними індентування та вимірювань твердості для моніторингу технічного стану експлуатованих конструкційних сталей. Проведено оцінювання структурно-механічного стану металів відповідального обладнання, описано основні закономірності впливу експлуатаційних факторів на твердість високоміцних сталей. Проведено вхідний контроль металопрокату, контроль зварних з'єднань мостової сталі та оцінено ступінь деградації металу живильного трубопроводу АЕС.

У додатках наведено довідку про впровадження результатів дисертаційної роботи та перелік наукових праць, опублікованих за матеріалами дисертації.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність

Основні представлені в роботі результати достовірні та обґрунтовані, що підтверджується: узгодженістю отриманих в роботі результатів з загальноновизнаними сучасними підходами зварювання та спорідненими процесами і технологіями; застосуванням широкого комплексу методів дослідження для атестації механічних властивостей металів. Слід відзначити

значний обсяг експериментальних даних, для підтвердження висунутих припущень чи постулатів; наявністю публікацій у фахових наукових виданнях і апробацією основних результатів роботи на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях; відповідністю наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, вимогам МОН України.

4. Наукова новизна одержаних результатів

Авторкою дисертаційної роботи одержано наступні результати, що становлять наукову новизну:

- фізично обґрунтовано, удосконалено та стандартизовано методики неруйнівного контролю механічних характеристик широкого класу конструкційних матеріалів за параметрами діаграми інструментованого індентування;

- одержано експериментальні закономірності дані у вихідному стані та після експлуатаційного напруження;

- розроблено нову методику визначення твердості за Брінеллем конструкційних матеріалів із використанням методу інструментованого індентування, що підвищило точність та відтворюваності результатів;

- розроблено нову методику визначення товщини знеуглецьованого шару за результатами вимірювань твердості портативними приладами у макродіапазоні зусиль індентування, що є підґрунтям підвищення інформативності та ефективності контролю якості високоміцних сталей.

Наукову новизну сформульовано зрозуміло, з розкриттям суті.

5. Практичне значення роботи

Практична цінність отриманих результатів ґрунтується у вдосконаленні методичних підходів до визначення механічних характеристик конструкційних сталей методом інструментованого індентування, що дає можливість оцінювання твердості, границі плинності та границі міцності малоінвазивним, неруйнівним методом. Авторкою розроблено серію нормативних документів, які нормують методи оцінювання параметрів локального деформування матеріалу за діаграмою індентування, та алгоритми розрахунку механічних характеристик за її результатами. Запропоновані технічні та методичні рішення визнано актуальними для практичної діяльності філії ВП «Науково-технічний центр» АТ «НАЕК «Енергоатом».

6. Повнота викладу основних результатів роботи в наукових фахових виданнях

Основні результати досліджень дисертації опубліковані в 17 наукових працях: 6 статтях у фахових виданнях України (з них 5, цитованих у наукометричних базах Scopus/Web of Science), 5 тез наукових конференцій, 1 патент на корисну модель та 5 стандартів підприємства (СОУ), які в достатній

мірі висвітлюють результати роботи, що виносяться на захист.

7. Зауваження та коментарі до дисертації:

1. На 5 стор. Автореферату зазначено, що робота пройшла апробацію на I Міжнародній науково-технічній конференції «Прикладна механіка», присвяченій 80-му річчю з дня народження професора Чеслава Вікторовича Пульки, м. Київ. Насправді ця конференція відбулася у ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, і робота дійсно пройшла на ній апробацію.

2. Є значна кількість кореляційних залежностей між даними індентування та $\sigma_{0,2}$ та σ_B . Було б добре зазначити, яку кореляційну залежність застосували автори та чи не суперечать результати, обчислені за нею, відомим залежностям.

3. Відомо, що є дійсні, а є умовні напруження, які з них можна визначити індентуванням?

4. В таблиці 3.2 варто було вказати розкид механічних властивостей параметрів, що отримані з випробувань на розтяг і твердості за Брінеллем HBW.

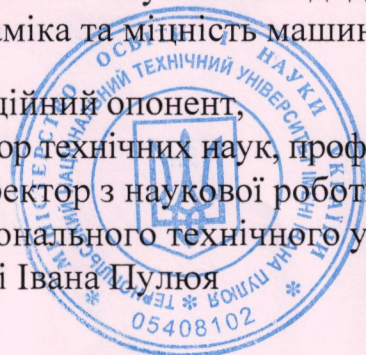
5. Якщо матеріал деградує усталено, то запропонований метод є достатньо точним, проте чи можливе його застосування для матеріалів, що працюють, наприклад, за динамічних незрівноважених процесів? Які є обмеження методу щодо його застосування?

Однак відзначені недоліки та зауваження не зменшують загального високого рівня роботи та цінності отриманих результатів.

Загальний висновок

Дисертаційна робота містить наукові положення, які раніше не були захищені, і нові науково обґрунтовані результати досліджень, які відповідають паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин, як за формулою спеціальності, так і за напрямками досліджень. За обсягом виконаних досліджень, їх новизною, науковою та практичною значимістю одержаних результатів та їх рівнем, представлена дисертаційна робота відповідає чинним вимогам, а її автор **Середа Альона Вікторівна** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
проректор з наукової роботи Тернопільського
національного технічного університету
імені Івана Пулюя



Павло МАРУЩАК