



ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Дячка Дмитра Олександровича

«Розвиток пошкоджень в текстурованих полікристалах α -заліза з феритно-мартенситною структурою»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Текстура у багатьох дослідженнях твердих тіл слугує потужним інструментом для опису процесів пластичної деформації і термічної обробки. У процесі формування анізотропії властивостей полікристалів текстура виступає додатковим резервом покращення якості напівфабрикатів та кінцевої продукції за такими параметрами як міцність та твердість, магнітні, оптичні та електричні властивості. Матеріали, в яких «ефект текстури» проявляється найбільш відчутно, використовуються у вигляді листів, котрі в процесі виготовлення деталей піддаються деформаціям вигину, глибокої витяжки, розтягу, стисненню, термомеханічній обробці, зварюванню.

Сплави заліза є основою виробництва транспортних засобів. Для зниження їх ваги розроблені спеціальні види сталей з високими питомими характеристиками механічних властивостей. До них відноситься група сталей з структурою твердого розчину марганцю і кремнію в α -залізі. З точки зору поліпшення здатності до формозміни листів зі структурою α -заліза необхідні дослідження, які дозволили б встановити закономірності зміни текстурного стану листів, що піддалися деформаціям чи термомеханічній обробці. Тому дослідження зв'язку текстурного стану та анізотропії пружних і механічних властивостей листів з однофазною та двофазною структурами α -заліза з процесами утворення та розвитку в них пошкоджень на стадіях прихованого руйнування при відпалі та деформації, започатковане **Дячком Дмитром Олександровичем**, є **актуальною** задачею виготовлення деталей із листових полікристалів з решіткою α -заліза. Також про **актуальність** тематики дисертаційного дослідження свідчить, що воно виконано відповідно до плану науково-дослідних робіт Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» у рамках тем: «Дослідження впливу напружено-деформованого стану та текстуроутворення на анізотропію властивостей твердого тіла» (Державний реєстраційний № 0109U000216), «Мультимасштабне моделювання процесу пластичної деформації текстурованих полікристалів» (Державний реєстраційний № 0114U000002).

За своєю структурою дисертаційна робота Дячка Д.О. складається із вступу, двох оглядових розділів та двох оригінальних розділів з результатами виконаних експериментів та підрахунків, загальних висновків та переліку використаних літературних джерел із 165 найменувань. Загальний обсяг дисертації складає 125 сторінок, робота містить 30 рисунків та 8 таблиць.

У **вступі**, згідно існуючих вимог, обґрунтовується актуальність теми

дисертації, формулюються мета і завдання досліджень, визначені матеріали для досліджень, методи досліджень, умови проведення експерименту, методи й моделі аналізу результатів експериментів, наводяться відомості щодо наукової новизни і практичного значення отриманих результатів, а також особистого внеску здобувача, апробації та публікації за результатами проведених досліджень.

У **першому розділі** на основі використаної літератури Дячком Д.О. систематизовані та проаналізовані дані щодо досліджень процесів руйнування та пошкодження полікристалів. Зроблено висновок, що незважаючи на велике прикладне значення, ряд важливих питань фізики пошкодження матеріалів залишається відкритим. Дисертант зауважує, що у літературі практично не згадуються питання форми пошкоджень у різних перерізах зразків полікристалів кубічної симетрії зі складною двофазовою структурою, що деформуються. Відсутня інформація про вплив орієнтування зерен мартенситу та фериту на утворення «несуцільностей» в масивних матеріалах та взаємний вплив орієнтування зерен на процеси коалесценції пошкоджень. Не враховується вплив початкової та кінцевої текстур на пошкодження та анізотропію властивостей при деформації і термічній обробці двофазних матеріалів з ОЦК структурою.

У **другому розділі** описано методи вивчення текстури та анізотропії властивостей кубічних кристалів: методи рентгенівської дифракції, динамічні методи визначення частоти власних поперечних коливань, метод розтягу.

У **третьому розділі** наведено результати досліджень текстур, анізотропії властивостей, рівня пошкодження листових двофазових полікристалів з ОЦК граткою (α -заліза). Матеріалом для досліджень слугували: низьковуглецева сталь DP600 з гарантованим фірмою «Salzgitter flach stahl» хімічним складом (0,1% C, 0,15% Si, 1,4% Mn, 0,007% P, 0,008% S, 0,009% N, 0,02-0,06 % Al, 1,0% Cu + Cr + Ni) у вигляді листів товщиною 2 мм, котра в Україні відноситься до класу двофазових феритно-мартенситних низьковуглецевих сталей з дрібнозернистою феритною матрицею та 15-25% мартенситу, та листи однофазної сталі DC04 (0,06% C, до 0,35% Mn, до 0,40% Si, \sim 0,025% S і P, інше Fe).

Описані в розділі результати показали, що ідеальні орієнтування плоских текстур α -заліза мають характерну для них анізотропію пружних властивостей з середніми значеннями пружних модулів, які варіюються в границях 20% в залежності від кристалографічної площини. Зміни анізотропії модуля Юнга однофазних листів сталі DC04 з структурою α -заліза після рекристалізаційного відпалу узгоджуються з даними аналізу анізотропії суми ідеальних орієнтувань, отриманих на основі рентгенівського текстурного аналізу. Щодо зміни анізотропії модуля Юнга з температурою відпалу в листах двофазної сталі DP600, то вона відбувалася із монотонним зростанням, стабільними значеннями до температур $\sim 300^{\circ}\text{C}$, і зростанням та зменшенням модуля Юнга для різних напрямків при температурах відпалу вище 300°C . Відпал при $t \sim 250^{\circ}$ призводила до появи площадки плинності на кривих «напруженість-деформація». У зразках підвищувалася пластичність, знижувалися

характеристики міцності.

У **четвертому розділі** проведено аналіз орієнтувань текстур, що формуються в листах двофазної сталі в процесі деформації розтягу. Спостерігалися орієнтування, що відносяться до типових орієнтувань текстур плоскої деформації ОЦК-металів (текстури ковзання), та орієнтування, що зв'язані з можливими процесами двійникування.

У **висновках** підсумовано основні результати роботи.

Достовірність отриманих результатів та зроблених висновків у дисертації Дячка Д.О. забезпечується використанням добре апробованих експериментальних методів електронно-мікроскопічних досліджень, рентгенівської дифракції, динамічних методів визначення частоти власних поперечних коливань, методу розтягу, та обґрунтованих методів обробки експериментальних даних: обчислення інтегральних характеристик текстури, Фур'є-аналіз. Також достовірність отриманих результатів підтверджується узгодженням теоретичних розрахунків з експериментальними даними та їх апробацією на наукових конференціях всеукраїнського і міжнародного рівня та публікаціями у фахових міжнародних і вітчизняних журналах.

Наукова новизна одержаних результатів.

Серед вперше визначених у роботі Дячка Д.О. результатів найбільш важливими вважаю такі:

- встановлено аналітичний зв'язок між рівнем пошкодження полікристалу з ОЦК структурою та величиною деформації розтягу;
- отримано характеристики пружності, пластичності та міцності однофазних та двофазних полікристалів α -заліза при деформації розтягу;
- створено механізм текстурних перетворень в листових полікристалах з двофазною структурою в процесі деформації розтягу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони можуть бути використані для розвитку технологій застосування досліджуваних низьковуглецевих сталей в транспортному будівництві.

Для цих матеріалів в дисертації знайдено:

1. Характеристики міцності, пластичності, пружні властивості листів після довготривалого відпалу та деформації розтягу.
2. Оптимальні умови отримання листів сталі DP600 з найменшим рівнем пошкодження.
3. Характеристики текстур, які утворюються в результаті деформації і відпалу, зручних для обчислення анізотропії властивостей при моделюванні деформування листів в умовах штамповки деталей складної форми.
4. Характеристики рівня мікропошкоджень листів двофазної сталі DP600, деформованих розтягом до різних ступенів деформації.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях. Основні положення дисертації опубліковані в 8 наукових працях, з них: 1 стаття у фаховому виданні за переліком ВАК України, 2 статті у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази SCOPUS, 2 статті у міжнародних виданнях та матеріали науково-технічних конференцій. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам

МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

По дисертаційній роботі слід зробити наступні зауваження:

1. **Структура дисертації** не вільна від вади надмірної популяризації відомих питань загальної механіки деформованого твердого тіла. Так, Розділи 1 та 2 цілком присвячені загальному освітленню пошкоджень, що утворюються у полікристалах, і методам їх оцінок, та описанню методів вивчення текстури та анізотропії властивостей кубічних кристалів, іноді, без посилань до конкретних завдань дисертації.

2. **Серед формальних зауважень** можна відмітити присутні в дисертації та авторефераті, на мій погляд, невдалі за стилем і суттю висловлення, на кшталт: «Для використання «ефекту текстури» потрібні надійно встановлені теоретичні механізми формування текстури в полікристалі при різних видах деформації, які в свою чергу були побудовані на основі результатів досліджень структур полікристалів і зв'язку з макровластивостями під впливом дій на полікристал зовнішніх полів»; або: «Анізотропію модуля Юнга будували за результатами прямих змін E , для різних напрямків в листах. Ю, які визначили з експериментальних ПФ, було використано для розрахунку анізотропії модуля Юнга в площині листів».

Зміст дисертації містить помилки у назвах параграфів, наприклад:

1.9. Процес пароутворення в двофазних полікристалах з ОЦК структурою – „пароутворення” замість „пороутворення”.

Текстовий матеріал у Розділах дисертації Дячком Д.О. розміщується не тільки у параграфах, що мають нумерацію, назву та відображаються у Змісті, а безпосередньо за оголошенням назви Розділу. Таке розташування тексту недопустимо – він (текст) повинен бути віднесений до якогось оголошеного у Змісті пункту.

Також мають місце недоліки в англійській анотації.

3. Зауваження до фізичних результатів.

Серед постановлених автором дисертації задач дослідження є виявлення умов отримання полікристалів з мінімальним рівнем пошкодження для порівняння їх за властивостями з пошкодженими при пластичній деформації розтягненням. Чіткого формулювання таких умов серед висновків не міститься. Потрібні уточнення виявлених оптимальних умов отримання листів сталі DP600 з найменшим рівнем пошкодження.

Доцільно було б співставити більш детально деякі висновки автора з останніми експериментальними даними (зокрема, по зародженню і розвитку мікропошкоджень в мартенситі двофазної сталі при деформації розтягуванням).

4. Термінологія та позначення

Робота містить значну кількість абревіатур, котрі слід було б винести в окрему таблицю на початку тексту дисертації.

5. Ілюстрації та таблиці

У цілому, є зауваження до стандарту представлення в роботі експериментальних даних без їх статистичної обробки та аналізу можливих похибок вимірювань.

6. Список та посилання на літературні джерела.

У списку відсутні посилання на видання, що не старші 2012 року. Це вказує на обмежений аналіз автором дисертації поточного стану проблем, що ним досліджуються.

При оформленні посилань присутні неточності, наприклад, у посиланні на власну роботу автор допускає помилку при вказуванні сторінок:

Dyachok D. A. Effect of deformation texture on the anisotropy of elasticity and damage of two-phase steel sheets, A. A. Bryukhanov, G. Gerstein, D. A. Dyachok // Phys. Metals Metallogr.– 2016 – Vol.117, pp.742-747. Потрібно - pp.719-724.

Зазначені зауваження не є принциповими і не знижують наукову та практичну цінність результатів та висновків дисертаційної роботи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Дисертантом Дячком Д.О. отримано велику кількість результатів, які задовольняють критеріям наукової новизни, достовірності та практичної значущості. Отримані дані узгоджені з результатами експериментів, виконаних іншими дослідниками. Дисертація Дячка Д.О. є завершеним науковим дослідженням. Автореферат та опубліковані статті **повністю відображають зміст дисертації**. Автором досліджені процеси зародження і коалісценції мікропошкоджень в полікристалах зі структурою α -заліза й отримано результати, серед яких оцінений вплив текстури для її головних ідеальних орієнтувань на властивості пружності листів α -заліза. Оцінені вклади текстури та рівня пошкодження в характеристики пружності при пластичній деформації розтягу відпалених листів однофазної низьковуглецевої сталі. Визначені інтегральні характеристики текстури з даних аналізу функцій розподілу орієнтацій для відпалених листів та анізотропія пошкоджень, що представлена тензорами четвертого рангу. Отже, результати роботи є необхідними і своєчасними та відповідають концептуальним цілям розвитку транспортного будівництва в Україні.

Вважаю, що за актуальністю теми, обсягом, науковою новизною, практичною цінністю отриманих результатів і висновків дисертаційна робота «Розвиток пошкоджень в текстурованих полікристалах α -заліза з феритно-мартенситною структурою» повністю відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Дячок Дмитро Олександрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Професор кафедри фізики та методики її навчання
Криворізького державного педагогічного університету,
доктор фізико-математичних наук

Підпис професора Р.М. Балабай засвідчую,
перший проректор Криворізького державного
педагогічного університету



Р.М. Балабай

О.А. Остроушко