ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Лукашина Віктора Васильовича «Деформаційна пошкоджуваність анізотропних ОЦК-структур», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук (доктора філософії) за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Актуальність теми

Руйнування металів є однією з найважливіших проблем теорії та технології обробки металів тиском (ОМТ). Вивчення процесів руйнування в результаті накопичення деформаційної пошкоджуваності на різних технологічних етапах та процесах ОМТ повинно сприяти не тільки отриманню якісної металопродукції, а й управлінню її властивостями шляхом раціоналізації та оптимізації технологічних параметрів. Аналіз, раціоналізація та оптимізація технологічних параметрів та процесів ОМТ традиційно базуються на основних положеннях теорії пластичності та феноменологічної теорії руйнування. Основна проблема прогнозування руйнування полягає в складності послідовного обліку історії навантаження при визначенні напружено-деформованого стану особливо з урахуванням кристалографічної текстури, яка виникає в процесі будь якої дії на метал.

Прогнозування руйнування та якості металопродукції у процесах пластичної деформації відбувається на основі феноменологічної теорії руйнування, яка була запропонована ще у 60-70 роках минулого століття у роботах Ю. Н. Роботнова, Л. М. Качанова, В. Л. Колмогорова і розвивались у подальших дослідженнях. Але не дивлячись на значну кількість результатів сучасних досліджень у цьому напрямку, проблема прогнозу руйнування продовжує залишатися актуальною.

В дисертації В. В. Лукашина проведена комплексна робота з вивчення особливостей вихідних листів сталі DC04 (у стані поставки) та впливу різних стадій деформації як одновісним розтягом, так і періодичної зміни деформації «розтяг-стиск» та відпалу на структуру, кристалографічну текстуру на мікро та мезорівнях, рівень пошкоджуваності та анізотропію пружних та механічних властивостей.

Структура дисертаційній роботи

Дисертація В.В. Лукашина складається зі вступу, чотирьох розділів, кожний з яких закінчується відповідними висновками, загальних висновків та списку цитованої літератури зі 102 найменувань, що включають власні публікації автора. Робота викладена на 136 сторінках, включаючи список літератури, та містить 59 рисунків та 4 таблиці.

У вступі міститься актуальність роботи, визначення мети, об'єкту та предмету досліджень, методів дослідження, завдань роботи, сформульовані наукова новизна, практична значимість та основні положення, що виносяться автором на захист.

У першому розділі представлено літературний огляд щодо видів руйнування полікристалів, зародження тріщин, зокрема критерій Грріффітса для росту крихкої тріщини, пластичної деформації в області тріщини, видів зламів (в'язкій, крихкий), формування поверхонь зламів, розглядаються особливості окрихнення ОЦК металів, масштабні рівні руйнування твердих тіл. Представлено огляд теорій прогнозування руйнування в результаті

Сканировано с CamScanner

накопичення пошкоджень, зокрема підходи Пальмгрена, Л. М. Качанова, і Ю.Н. Работнова, Леметра.

Другий розділ присвячений методикам дослідження текстури, мікроструктури, та пружних властивостей сталі. Описано рентгенівські дифрактометричні методи визначення текстури, метод дифракції зворотно розсіяних електронів, орієнтаційна мікроскопія, яка дозволяє досліджувати контраст і зміну кристалографічних орієнтацій у матеріалах. Описано динамічний метод виміру пружних властивостей анізотропних полікристалів оснований на визначенні частоти власних згинальних коливаннях прямокутного зразка точність якого не перевищує 1 %, а також статичний метод визначення модуля пружності, що базується на триточковому вигині прямокутних зразків.

У третьому розділі представлено дослідження текстури, мікроструктури та анізотропії пружних властивостей листів феритної сталі DC04 як в умовах постачання (після гарячого прокатування), так і після дорекристалізаційного відпалу в інтервалі температур від 100 до 400°С через кожні 50°С. Показано, що основною компонентною текстури сталі є {111}<uvw>, яка є ізотропною щодо пружних властивостей. При цьому за анізотропію відповідають додаткові компоненти (001) [100] +(332) [1$\bar{1}$0]. Встановлено, що оптимальною температурою відпалу сталі DC04 є 175-200°С, при якої рівень пошкоджуваності є мінімальним.

Модуль пружності у напрямку нормалі до площини листа є важкодоступним для виміру. Тому для опису анізотропії модуля пружності у перерізі листа перпендикулярному площині прокатування, запропоновано використання так званих інтегральних характеристик текстури, які визначаються з величин модуля пружності, виміряних прокатування у напрямку прокатування, поперечному напрямку та у напрямку під кутом 45° до напрямку прокатування.

У четвертому розділі представлено результати дослідження характеристик пошкоджуваності листів досліджуваної сталі DC04, деформованих як одновісним розтягом, так і при деформації знакозмінним вигином з різною кількістю циклів, який часто застосовують у промисловості для випрямляння листового та рулонного металу. Рівень пошкоджень визначали при цьому за зміни модуля пружності.

Показано, що деформація розтягуванням сприяє зміцненню сталі, монотонному збільшенням рівня пошкоджень, який різко зростає після 20% деформації. При знакозмінної деформації вигином рівень пошкодження сталі поступово зростає. Встановлено, що пошкодження, в основному, накопичуються у вигляді пір. При цьому характер анізотропії накопичення пошкоджень повторює характер анізотропії модуля пружності. Цікаво, що при збільшенні кількості циклів до 10 коефіцієнт пошкодження зменшується.

Наукова новизна отриманих результатів

Вперше запропоновано визначення інтегральних характеристик текстури (ІХТ) листового матеріалу не з рентгенівських даних, а з експериментальних модулів пружності, виміряних у напрямку прокатування, поперечному напрямку та напрямку під кутом 45° до напрямку прокатування. Показано, що використання вищезазначених ІХТ дозволяє визначити анізотропію модуля пружності у важкодоступних до виміру напрямках площини перерізу листового матеріалу.

Встановлено механізм залікування дефектів у вигляді різноманітних пошкоджень на нижчому масштабному рівні внаслідок дорекристалізаційних відпалів та зародження нових пошкоджень при процесах рекристалізації.

Сканировано с CamScanner

Знайдено область температур відпалу для отримання мінімально пошкоджених еталонів.

Показано, що процеси зародження деформаційних пошкоджень найбільш інтенсивне протікають при малих деформаціях, коли зародки у вигляді мікропір та мікротріщин формують кластери полів підвищеної напруги і які у свою чергу, провокують зародження нових пошкоджень. Середні та високі деформації сприяють збільшенню та коагуляції зародкових, доводячи, зрештою, до тріщин, рух яких призводить до поділу кристалічного тіла на частини.

Практична значимість отриманих результатів дослідження

Практично важливими є:

рекомендації щодо термічної обробки та її впливу на пошкоджуваність сталі;

запропоновані методи знаходження інтегральних характеристик текстури за результатами прямих вимірювань модулів Юнга у площині листів та на підставі цих результатів оцінки рівня пошкодженості листів, призначених для штампування або глибокої витяжки.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій та висновків

Достовірність та наукова обґрунтованість отриманих результатів забезпечувалися використанням різних методів досліджень та аналізу, доброю відтворюваністю результатів вимірювань та розрахунків, а також відповідністю результатів даного дисертаційного дослідження результатам робіт інших авторів на цю тематику. Положення, що виносяться на захист, засновані на коректності отриманих експериментальних результатів та їх докладному та ретельному аналізі. Підсумкові результати та висновки дисертаційного дослідження добре узгоджуються з результатами виконаних ранніх наукових досліджень.

Дискусійні питання та зауваження.

Позитивно оцінюючи в цілому досягнуті в дисертації В. В. Лукашина теоретичні та практичні результати дослідження вважаю за необхідне висловити певні зауваження:

1. Потребує пояснення, наскільки результати можуть бути застосовані для прогнозування термін служби сталі DC04?
2. Потребує уточнення закономірності формування мікротріщин, що були виявлені при циклічних навантаженнях.
3. У роботі представлено великий обсяг експериментальних даних щодо впливу різних режимів термічної обробки та механічних деформацій на пошкоджуваність сталі DC04. Однак ці результати було б доцільно систематизувати у вигляді більшої кількості порівняльних таблиць або графіків для зручнішого аналізу та кращої наочності.
4. У п.4.2 слід було б більш повніше обґрунтувати обрані способи обробки заготовок. Чому саме обрані розтяг та знакозмінний вигин?
5. При знакозмінній деформації у дослідженнях слід було б врахувати вплив ефекту Баушингера на властивості матеріалу.
6. У дисертації висвітлено вплив розтягування та знакозмінного вигину на пошкоджуваність сталі, але бракує аналізу інших видів навантажень, наприклад, кручення чи комбінованих деформацій. Це могло б надати дослідженню більш комплексного характеру.
7. У тексті дисертації зустрічаються помилки, наприклад, на с. 83 використане «стані прокатки», тоді як з контексту ясно, що потрібно написати «у стані поставки», с. 100 «мікропор», вірно є «мікропір» і т. д.

Сканировано с CamScanner

Перелічені зауваження не знижують загального позитивного враження від цього дисертаційного дослідження.

Висновок

Дисертація Лукашина Віталія Васильовича є науково-кваліфікаційною роботою, у якій досліджено важливі закономірності впливу різних видів деформації одновісним розтягом та знакозмінним вигином на пошкодження, текстуру та анізотропію фізико-механічних властивостей феритної сталі DC04. Враховуючи актуальність виконаних досліджень, наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів, вважаю, що подана дисертація задовольняє всім вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 14 січня 2022 року №44, а її автор Віталій Васильович Лукашин заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри «Автоматизація
виробничих процесів»
Донбаської державної
машинобудівної академії, Олег МАРКОВ

Підпис Маркова О.Є.
засвідчую, Ректор ДДМА Віктор КОВАЛЬОВ

Сканировано с CamScanner