

«Закономірності руйнування монокристалів і кристалітів різноманітної орієнтації при циклічному навантаженні»

Основні наукові результати

На основі аналізу сучасних теорій деформаційного зміцнення, літературних даних про орієнтаційну залежність деформаційного зміцнення і втоми монокристалів із гранецентрованою кубічною кристалічною решіткою, закономірностей формування деформаційного рельєфу поверхні металів обґрунтована можливість використання деформаційного рельєфу для індикації втоми металів. Проведено порівняння вказаного підходу з існуючими інструментальними методами діагностики втомного пошкодження металевих деталей конструкцій. Досліджено еволюцію деформаційного рельєфу поверхні плакуючого шару конструкційних алюмінієвих сплавів Д16АТ, 2024 Т3, 7075 Т6 методами оптичної і електронної мікроскопії.

Розроблено і апробовано методика кількісної оцінки пошкодження за станом поверхні плакуючого шару. Дослідження виконано при деяких, близьких до експлуатаційних, режимах навантаження. Визначено розподілення пошкодження поблизу типового конструкційного концентратора напружень. Встановлено, що характер пошкоджень (деформаційного рельєфу) відповідає відомому розподіленню напружень поблизу отвору при пружньо-пластичному деформуванню.

Досліджено еволюцію деформаційного рельєфу поверхні мульткристалічних зразків сплаву АД-1. Показано, що характер рельєфу, інтенсивність його еволюції обумовлені кристалографічною орієнтацією. Визначено кристалографічні орієнтації, що є оптимальними для виготовлення монокристалічних індикаторів деформаційного пошкодження, а також ті, що є неприйнятними в зв'язку з відсутністю деформаційного рельєфу на початкових стадіях пошкодження, або в наслідок неможливості однозначної інтерпретації рельєфу.

Проведено аналіз існуючих теорій формування втомних тріщин і огляд літературних даних про вплив кристалографічної орієнтації на розвиток втомної тріщини. Показано, що кінетика втомних тріщин може бути залежною від кристалографічної орієнтації кристалітів, в яких тріщина розповсюджується.

Проведено випробування на втому і аналіз кінетики поширення втомної тріщини. Експериментально підтверджена залежність кінетики втомних тріщин в монокристалах від їх кристалографічної орієнтації.

Досліджено еволюцію мікротвердості кристалітів алюмінієвого сплаву АД-1 в процесі втоми при різних циклічних напруженнях. Встановлено зв'язок характеристик мікротвердості з кристалографічною орієнтацією.

Достовірність отриманих результатів визначається проведенням всіх експериментів в статистичному аспекті.

Наукова новизна: вперше показана можливість кількісної оцінки деформаційного рельєфу і можливість застосування кількісних параметрів рельєфу в якості показника пошкодження; встановлено складний немонотонний характер зміни мікротвердості в процесі втоми і його обумовленість кристалографічною орієнтацією; при дослідженні кінетики втомних тріщин вперше було показано, що кристали множинного ковзання (Q-фактор більше 0,9) і кристали одного ковзання (Q-фактор менше 0,9) повинні розглядатися як такі, що мають різну залежність деформаційної пошкоджуваності від максимальних напружень зсуву, які визначаються величиною фактору Шміда в первинній системі ковзання.

Практична цінність

Дослідження закономірностей руйнування монокристалів і кристалітів різноманітної орієнтації при циклічному навантаженні, що проводяться на кафедрі конструкції літальних апаратів Національного авіаційного університету спрямовані на отримання результатів, які мають як фундаментальне, так і прикладне значення.

Прикладне значення полягає в можливості використання вказаних експериментальних даних при розробці і впровадженні нових інструментальних методів діагностики втомного пошкодження.

Необхідність інструментальної діагностики втомного пошкодження обумовлена відсут-

ністю достатньо надійних розрахункових методів визначення ресурсу конструкцій, які працюють в умовах нерегулярного циклічного навантаження.

Отримані дані можуть бути застосовані в методах діагностики втоми, що базуються на використанні деформаційного рельєфу в якості індикатора деформаційного пошкодження.

Деформаційний рельєф, що контролюється може формуватися як на поверхні моно- і полікристалічних індикаторів, які закріплюються на поверхні конструкцій, так і безпосередньо на поверхні конструкційних алюмінієвих сплавів. Такими матеріалами, як показало проведене дослідження є сплави Д16АТ, 2024 Т3, 7075 Т6, що мають на поверхні шар чистого алюмінію, так званий плакуючий шар.

Відомо, що достатньо ефективними можуть бути індикатори, в яких про стан конструкції можна судити по розміру втомної тріщини в зразку-свідку. В разі виготовлення зразка-свідка з монокристалу, що дає певні переваги, необхідно мати дані про закономірності розвитку втомних тріщин в монокристалах. Такі дані, що вказують на залежність швидкості розповсюдження тріщини викладено в представленому звіті.

Таким чином, дослідженням, що проведено, створена база для подальшого розвитку методів діагностики втомного пошкодження.

Для підтвердження оригінальності сформульованого підходу підготовлена заявка на отримання деклараційного патенту України на винахід.

Найбільш ефективно запропонований підхід може бути застосований при проведенні натурних ресурсних випробувань конструкцій повітряних суден з метою визначення найбільш напружених зон конструкцій.

Реалізація запропонованого підходу дозволяє діагностувати ранні стадії втомного пошкодження. Впровадження методу в практику натурних випробувань, які є невід'ємним етапом розробки нової авіаційної техніки, забезпечить значну економію матеріальних ресурсів внаслідок скорочення тривалості випробувань.

Можливість підвищення надійності авіаційної техніки в разі впровадження розробки обумовлює її соціальний ефект.

Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

1. Ігнатович С.Р., Карускевич М.В., Карускевич О.М. та інші. Моніторинг втоми конструкційних алюмінієвих сплавів, Вісник НАУ, прийнята до друку.

2. Карускевич М.В., Радченко О.І., Корчук О.Ю. Орієнтаційна залежність утомленості кристалітів алюмінієвого сплаву, Вісник НАУ №2 (13) 2002 - сс.146-151.

3. Ігнатович С.Р., Кучер А.Г., Якушенко А.С., Башта А. В. Математическая модель и численная реализация множественного разрушения. Збірник наукових праць “Авіаційно-космічна техніка і технологія”: ХАІ, Харків, 2002, Вип. 34 – С. 99-102.

4. Ігнатович С.Р., Карускевич М.В., Пантелеев В.М., Карускевич О.М. Диагностика усталости плакированных алюминиевых сплавов. Вестник национального технического университета Украины «КПИ», Машиностроение, Т.43, 2002, с.53-55.

5. Ігнатович С.Р., Кучер А.Г. Якушенко А.С. Проблемы идентификации математической модели множественного разрушения материала. Матеріали VI Міжнародної НТК “АВІА-2003”, 23-25 квітня 2003 р. Т. 3. – Київ: НАУ. 2003. – С. 34.5-34.9.