

Міністерство освіти і науки України
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України
Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України
Механіко-машинобудівний інститут Національного технічного університету України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
Вінницький національний технічний університет
Інститут надміцних матеріалів НАН України ім. В.М. Бакула
Бельцький державний університет ім. Алеку Руссо
Каракалпакський державний університет ім. Бердаха
УП "Белмікросистеми" НПО "Інтеграл"
Фізичний факультет Бакинського державного університету

Ministry of Education and Science of Ukraine
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia)
V.Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, NAS of Ukraine (Kyiv)
B.Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering, NAS of Ukraine (Kharkiv)
G.Kurdjumov Institute of Metal Physics, NAS of Ukraine (Kyiv)
Institute of Mechanical Engineering National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
National Pedagogical Dragomanov University (Kyiv)
Vinnytsia National Technical University (Vinnytsia) V.Bakul Institute for Superhard Materials, NAS of Ukraine (Kyiv)
Alecu Russo Balti State University (Balti, Moldova)
Berdakh Karakalpaty State University (Nukus, Uzbekistan)
UP "Belmikrosistemy" NPO "Yntehral" (Minsk, Belorussia)
Physical department, Baku State University (Baku, Azerbaijan)



МАТЕРІАЛИ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТРУКТУРНА РЕЛАКСАЦІЯ У ТВЕРДИХ ТІЛАХ

MATERIALS of

VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC - PRACTICAL CONFERENCE STRUCTURAL RELAXATION IN SOLIDS

22 - 24 травня, 2018 рік, Вінниця, Україна
May 22 - 24, 2018 Vinnitsia, Ukraine

| | |
|---|----|
| КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕШМИДОВСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ВИНТОВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В МАГНИИ Остаповец А.А., Ватажук Е.Н. | 38 |
| ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ, СФОРМИРОВАННЫХ В ПРОЦЕССЕ ЭИЛ ПРИ НАЛОЖЕНИИ НА ЗОНУ ОБРАБОТКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ Перетятку П.В., Кракан К.Д. | 41 |
| ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ІМПУЛЬСУ ПРИ УДАРНОМУ МЕХАНІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ МЕТАЛІВ Філатов О.В., Мазанко В.Ф., Бевз В.П., Богданов С.Є., Ворона С.П., Богданов Є.І. | 44 |
| ОЦІНКА ГРАНИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ НЕМОНОТОННОМУ НАВАНТАЖЕННІ Сивак Р. І., Савчинський І. Г. | 47 |
| АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ-УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ТЕРТЯ Карбовський О.Ф., Лисий М.В., Савуляк В.І., Мозговий О.В. | 49 |
| ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ДИСЛОКАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ А1 - сталь ПІСЛЯ ТЕРМОЦИКЛЮВАННЯ Лисий М. В., Мозговий О. В., Білюк А. І., Крот І. Л. | 51 |
| REGULARITIES OF CHANGES IN THE LEVEL OF DECREMENT OF LOW- FREQUENCY OSCILLATIONS AFTER EXPOSURE TO PULSES OF A WEAK MAGNETIC FIELD Datsko O.I., Hotsuliak S.V., Nedybaliuk A.F., Kasiyanenko V.H. | 52 |
| AMPLITUDE OF MAGNON-PHONON INTERACTION AND PRESSURE EFFECTS IN THE HALF METAL MODEL Orel E.S. | 54 |
| ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЧИННИКІВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТРИВАЛО ЕКСПЛУАТОВАНИХ ГАЗОПРОВІДІВ Грабовський Р.С., Полутренко М.С., Федорович І.Я., Федорович Я.Т. | 56 |
| ДЕФОРМАЦІЙНІ ЕФЕКТИ ПРИ УКЛАДАННІ ТРУБОПРОВІДІВ Побережний Л.Я., Марущак П.О., Пиріг Т.Ю., Побережна Л.Я. | 60 |
| ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЧНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ В ДОСЛІДЖЕННЯХ РЕЛАКСАЦІЙНИХ ЯВИЩ ТА МІКРОПЛАСТИЧНОСТІ НАВОДНЕНИХ СПЛАВІВ ТИТАНУ Теус С.М., Шиванюк В.М. | 64 |
| ВПЛИВ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ВОДНЕВОЇ ПЛАЗМИ НА КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ Бурдін В.В., Войтенко Л.М., Гладковський В.В., Костін Є.Г., Недибалюк А.Ф., Оберемок О.С., Петряков В.О., Полозов Б.П., Рокицький О.А., Федорович О.А. | 65 |

ОЦІНКА ГРАНИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ НЕМОНОТОННОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Сивак Р. І., Савчинський І. Г. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, вул. Хмельницьке шосе, 95, sivak_r_i@ukr.net

Запропоновано методику оцінки пластичності металів при немонотонному навантаженні в основу якої покладено гіпотезу про те, що пошкодження мають направлений характер і описуються тензором другого рангу. В якості направляючого тензора вибрані компоненти направляючого тензора напружень. Прийнято, що руйнування настає при умові, коли згортка тензора пошкоджень дорівнює одиниці. Запропонована умова руйнування використана для оцінки величини граничних деформацій при деформуванні по дволанкових траєкторіях навантаження. Отримані залежності величини граничної деформації від кута зламу дволанкової траєкторії навантаження та від величини ступеня деформації перед зломом.

Ключові слова: пластичність металу, немонотонне навантаження, граничні деформації, траєкторія навантаження, використаний ресурс пластичності.

Аналіз процесу накопичення пошкоджень при пластичній деформації показує, що дефекти кристалічної будови виникають в самому початку пластичної деформації, а потім послідовно розвиваються і видозмінюються. Різними експериментальними методами було доведено, що густина пошкоджень зростає пропорційно ступеню деформації [1 - 4]

$$e_u = \int_0^t \dot{\epsilon}_u d\tau, \quad (1)$$

де $\dot{\epsilon}_u$ - інтенсивність швидкостей деформацій,

t – час деформування з моменту початку пластичної деформації до деформованого стану, що розглядається.

Процес накопичення пошкоджень в елементарному об'ємі залежить від фізичної природи металу і історії навантаження, тобто від закономірностей розвитку напружено-деформованого стану. Інтенсивність накопичення пошкоджень може бути суттєво знижена зміною характеру навантаження, наприклад, при немонотонному навантаженні. В цьому випадку можливе часткове заліковування дефектів, повернення дислокаційної структури, виникнення додаткових смуг ковзання, що приводить до значного збільшення сумарних деформацій до руйнування. Напружений стан в елементарному об'ємі і його зміну в процесі навантаження можна задати траєкторією навантаження в просторі тензора напружень [5]. Такий підхід використовується в основному при дослідженні пластичності металів з позицій фізики твердого тіла. При оцінці впливу історії навантаження на пластичність в процесах обробки металів тиском в більшості випадків використовують безрозмірні інваріантні показники напруженого стану [1-4].

На основі аналізу сучасного стану проблеми оцінки пластичності металів при немонотонному навантаженні можна зробити висновок, що закономірності процесів накопичення пошкоджень при такому деформуванні складні і їх точне описання важке [1 – 4, 6, 7]. Найпростіший варіант теорії накопичення пошкоджень при пластичній деформації металів будується в припущенні, що цей процес має направлений характер і може бути описаний тензором другого рангу. При цьому не виключається, що пошкодженість можна описати скаляром, який може бути побудований на основі такого тензора. При немонотонному навантаженні найбільш достовірні результати

отримуються при описанні процесу накопичення пошкоджень тензором другого рангу [6, 7].

Якщо при пластичній деформації матеріал не досяг граничного стану, то величина використаного ресурсу пластичності буде дорівнювати

$$\psi = \sqrt{\psi_1^2 + \psi_2^2 + \psi_3^2}. \quad (2)$$

де ψ_1, ψ_2, ψ_3 - головні компоненти тензора пошкоджень.

Були виконані розрахунки залежності граничної деформації ϵ_p від величини кута зламу траєкторії і від величини ступеню деформації на першому етапі деформування. Розрахунки виконані для сталі 10.

На кожному етапі до і після зламу траєкторії навантаження величину використаного ресурсу пластичності розраховували по формулі (2), а граничну деформацію знаходили із умови, що сумарне значення використаного ресурсу пластичності за два етапи дорівнює одиниці.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що при немонотонному навантаженні обумовленому зломом двохланкової траєкторії навантаження, величина граничної деформації збільшується із збільшенням кута зламу траєкторії в інтервалі 0 ... 0,6-0,8 радіан. Встановлено, що при будь-якому значенні ступеню деформації перед зломом траєкторії навантаження завжди існує такий кут зламу, при якому величина граничної деформації приймає максимальне значення.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатов А.А. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением / А. А. Богатов, О. И. Мижирицкий, С. В. Смирнов. – М.: Металлургия, 1984. – 144 с.
2. Колмогоров В.Л. Напряжения, деформации, разрушение / В.Л. Колмогоров. - М: Металлургия, 1970. – 229 с.
3. Дель Г.Д. Технологическая механика / Г. Д. Дель. - М.: Машиностроение, 1978. - 174 с.
4. Огородников В.А. Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы) / В.А. Огородников, В.Б. Киселёв, И.О. Сивак – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
5. Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории / А. А. Ильюшин. – М.: АН СССР, 1963. – 271 с.
6. Дель Г.Д. Пластичность деформированного металла / Г.Д. Дель // Физика и техника высоких давлений. - 1982.- №11. - С. 28-32.
7. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / В. М. Михалевич. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998. – 195 с.

Estimation of limit strains under nonmonotonic loading. Sivak R. I., Savchinskiy I. G.

The method of estimation of plasticity of metals is offered at the unmonotonous loading in basis of which a hypothesis is fixed that damages have the directed character and described the tensor of the second grade. In quality a tensor the components of tensor of tensions are chosen. It is accepted that destruction comes subject to the condition, when faltung of tensor of damages equals unit. The condition of destruction is offered d for the estimation of of maximum deformations at deformation on the doublelink trajectories of loading. Dependences of of maximum deformation are on the corner of fracture of doublelink trajectory of loading and from the of degree of deformation before a fracture.

Keywords: plasticity of metal, nonmonotonic loading, ultimate deformation, loading path, used plasticity resource