

УДК 670.191.33

Павло Марущак¹, Ігор Коноваленко¹, Сергій Панін², Михайло Журавков³

¹*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна*

²*Інститут фізики міцності і матеріалознавства СВ РАН,
Росія*

³*Білоруський державний університет,
Білорусь*

АНАЛІЗ ДЕФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛУ З МНОЖИННИМИ ТРИЩИНАМИ ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ ВТОМИ ЯК РОЗЛОМНО- БЛОКОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Поверхня та приповерхневі шари конструкції відіграють визначальну роль у накопиченні пошкоджень, тому їх можна розглядати, як окрему структурну підсистему, яка відповідає за формування концентраторів та процеси релаксації напружень [1]. Дослідження закономірностей розвитку структурної деградації та розтріскування поверхневих шарів дозволяє розробити підходи діагностування технічного стану конструкції та інженерні заходи зменшення інтенсивності розтріскування. При цьому слід враховувати структурну неоднорідність матеріалу зумовлює утворення локальних ділянок концентрації напружень, а релаксація цих концентраторів за механізмами пластичного деформування спричиняє його структурну перебудову та перехід деформування на вищий структурний рівень [2].

У даній роботі досліджено фізичні передумови зміни тримкої здатності матеріалу з множинними дефектами за умов квазістатичного деформування.

В роботі досліджували призматичні темплети вирізані з поверхні експлуатованого ролика машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), шириною $b = 40$ мм та товщиною $t = 10$ мм; висота зразка $L = 60$ мм за умов одновісного розтягу на гідравлічній випробувальній машині ZD 100 Pu. Осьову деформацію зразків вимірювали за методом тензометрії. Також проводили оцінювання інтенсивності локальних деформацій за аналізом цифрових зображень поверхні програмним комплексом TOMSC [1].

Виявлено, що наявність розвиненої мережі дефектів суттєво змінює деформівну здатність матеріалу. На відміну від суцільного середовища, у якому деформування починається з мікрорівня, у матеріалі з множинними макродефектами деформації і переміщення визначаються розмірами та взаємним розташуванням дефектів (тріщин, розломів) і проміжків між ними, які можна розглядати як блоки. Наявність просторового градієнту піддатливості спричиняє неоднорідність полів деформацій у таких матеріалах, тому їх можна віднести до розломно-блокових середовищ.

Розроблено методику, яка забезпечує автоматичне ідентифікувати зони найбільшого накопичення поверхневих дефектів на різних стадіях деформування зразка. Показано також, що структурна адаптація розтрісканого

матеріалу може супроводжуватися процесами перерозподілу локалізованого стану в делокалізований. Виявлено, що одним з основних механізмів деформування є розкриття дефектів і деформація областей з максимальним градієнтом напружень.

Виявлено, що система тріщин термомеханічної втоми є впорядкованим структурним утворенням, яке виникло та розвинулось внаслідок адаптації матеріалу до зовнішнього силового впливу.

Аналіз форми та деформаційної поведінки блочних структур дослідженого темплету, активація та перерозподіл зсувних та ротаційних процесів в околі розломів свідчить про самоорганізацію процесів деформування у поверхневих шарах роликів МБЛЗ.

Запропоновано фізико-механічну інтерпретацію стадійності процесів деформування матеріалу з множинними дефектами, яка забезпечується узгодженістю деформації матеріалу і розкриття дефектів. Враховуючи градієнт властивостей матеріалу з тріщинами у перерізі зразка, його, у першому наближенні, можна розглядати як композит, що містить розорієнтовані фрагменти матеріалу, оточені тріщинами.

Експериментально доведено взаємозв'язок параметрів множинного розтріскування та деформаційних характеристик матеріалу, показано основні закономірності зміни масштабно-інваріантних розподілів тріщин при переході від локалізованого до макроскопічного руйнування. Проаналізовано умови локалізації деформацій, вплив виду напруженого стану на характер руйнування матеріалу. З використанням оптичної системи аналізу полів деформацій досліджено закономірності локалізації пластичної деформації в місцях концентрації напружень. Урахування структурних особливостей матеріалу дозволило ідентифікувати основні стадії еволюції пошкоджень в матеріалі. Виявлено взаємозв'язок між стадіями формозміни твердого тіла та характером механічного впливу на нього.

Встановлено, що ієрархічна будова розломно-блокового середовища не лише підвищує деформівну здатність матеріалу, але й надає йому нових властивостей, докорінно змінюючи напрям локальних зсувів та зміщень.

Одержані результати використано при розробленні методів технічного діагностування стану металургійного обладнання, зокрема роликів МБЛЗ, що дозволило урахувати вплив тріщиноподібних дефектів на напружено-деформований стан конструкції. З одного боку, значна кількість дефектів співмірних розмірів розвантажує зони концентрації напружень, проте їх індивідуальне підростання або коалесценція можуть спричинити появу тріщини більшого масштабу рівня і подальше непрогнозоване руйнування конструкції.

1. V.E. Panin, Russian Physics Journal **38**, 1117 (1995).
2. S.G. Psakhie, Y. Horie, G.P. Ostermeyer *et al*, Theoretical and Applied Fracture Mechanics **37**, 311 (2001).