

Винахід відноситься до методів визначення структурно-механічних параметрів конструкційних матеріалів, зокрема розміру зони передруйнування при циклічних навантаженнях, яка формується в приповерхневих шарах гладких і надрізаних об'єктів. Зона передруйнування є місцем локалізації інтенсивної пластичної деформації матеріалу, що визначає особливості зародження та розвитку втомних тріщин.

Відомий спосіб визначення розміру зони передруйнування  $d^*$  полягає в проведенні випробувань на втому зразків з різним (не менше 5 значень) радіусу надрізу (конструктивного концентратора напружень) та побудові залежності числа циклів до зародження макротріщин від радіусу надрізу. Розмір  $d^*$  зони передруйнування приймають рівним абсцисі точки, в якій побудована залежність переходить від горизонтальної до монотонно зростаючої ділянки [Осташ О.П. Роль зони передруйнування у визначенні концентрації напружень для циклічно деформованих матеріалів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2001. - №3. - с.47-58 або Осташ О.П., Панасюк В.В., Костик Є.М. Уніфікована модель зародження та росту втомних макротріщин. Частина 1: Застосування силових параметрів механіки руйнування матеріалів на стадії зародження тріщини // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 1998. - №3. - с.7-21].

Недоліком відомого способу є необхідність доведення досліджуваних об'єктів до часткового руйнування (зародження макротріщини). Таким чином, відомий спосіб не є прямим і не може вважатися неруйнівним методом, що обмежує сферу його можливого застосування. Крім того, відомий спосіб є дуже трудомістким і потребує складного обладнання для випробувань значної кількості зразків. Крім того, він не дає можливості визначити розмір  $d^*$  в зоні концентратора напружень із заданим радіусом його вершини.

Найбільш близьким до запропонованого винаходу є спосіб визначення розміру  $a$  зони передруйнування на основі прямого рентгеноструктурного мікроаналізу зони концентрації напружень циклічно навантажених об'єктів [Осташ О.П., Панасюк В.В., Костик Є.М. Уніфікована модель зародження та росту втомних макротріщин. Частина 1: Застосування силових параметрів механіки руйнування матеріалів на стадії зародження тріщини // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 1998. - №3. - с.7-21].

Спосіб полягає у визначенні розподілу ширини рентгеновської лінії, яка обумовлена величиною пластичної деформації, від поверхні вплибу матеріалу вздовж осі ОХ надрізу, для чого проводиться послідовне видалення приповерхневих шарів досліджуваного матеріалу в зоні надрізу заданого радіуса його вершини. Параметр  $d^*$  матеріалу визначається абсцисою точки максимуму встановленого розподілу.

Недоліком цього способу є надзвичайно велика трудомісткість пошарового видалення матеріалу в зоні надрізу. Крім того, він є руйнуючим методом, точність якого недостатня, так як вона обмежена товщиною видалених шарів матеріалу.

Мета запропонованого способу - забезпечення можливості визначення розміру зони передруйнування неруйнівним методом, зменшення трудомісткості та підвищення точності контролю.

Запропонована мета досягається тим, що як і у випадку реалізації відомого способу встановлюють лінійний розподіл характеристики матеріалу, що корелює з величиною пластичної деформації в об'єкті контролю, зокрема в околі конструктивного концентратора напружень, і визначають відстань від краю об'єкта контролю (вершини концентратора напружень) до характерної точки цього розподілу, яку вважають відповідною розміру зони передруйнування. Але, на відміну від відомого способу, в якості характеристики матеріалу, яка корелює з величиною пластичної деформації, використовують значення локальної контактної термоелектрорушійної сили, а лінійний розподіл цієї характеристики вимірюють на поверхні об'єкта контролю.

Можна визначати лінійний розподіл першої похідної кривої лінійного розподілу термоелектрорушійної сили, а розмір зони передруйнування визначати як відстань від краю об'єкта контролю (вершини конструктивного концентратора напружень) до точки, в якій перша похідна має мінімум.

Для забезпечення необхідної точності термоелектрорушійну силу визначають за допомогою термозонду, кінчик якого має форму зрізаного конуса, що утворює контактну площадку діаметром не більше 0,03мм для матеріалів з відносним видовженням  $\delta \geq 10\%$  і не більше 0,01мм для матеріалів з відносним видовженням  $\delta < 10\%$ .

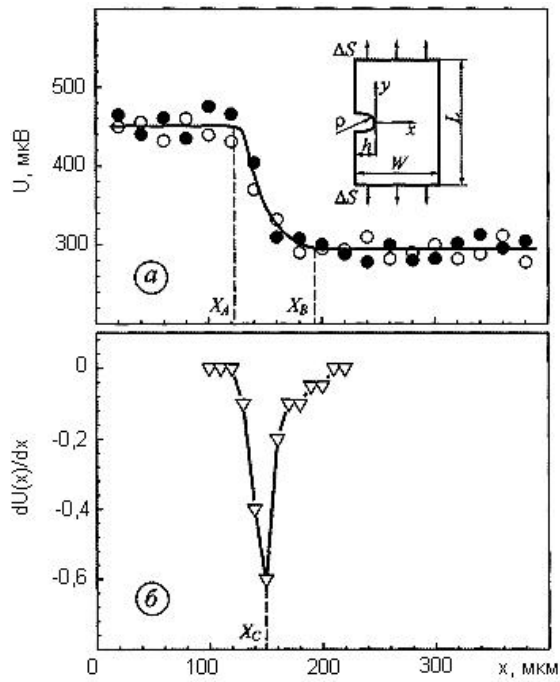
Таким чином, запропонований спосіб є неруйнівним методом контролю, який дозволяє досить точно і швидко визначити розмір  $d^*$  зони передруйнування як на дослідних зразках, так і в небезпечних зонах елементів конструкцій в умовах їх експлуатації.

На фіг.1 представлено схему навантаження об'єкта контролю (взірця) з концентратором напружень та лінійний розподіл терморушійної сили і похідної кривої розподілу терморушійної сили в зоні концентратора напружень.

Розглянемо можливість реалізації запропонованого способу на прикладі випробувань при циклічному навантаженні зразка з алюмінієвого сплаву Д16Т ( $\delta = 16\%$ ) з конструктивним концентратором напружень (див. схему на фіг.1). Досліджували зразок шириною  $W=20\text{мм}$ , довжиною  $L=80\text{мм}$  з надрізом радіуса  $\rho = 2\text{мм}$  і глибиною  $h=5\text{мм}$ , який навантажували 500000 циклів з розмахом номінальних напружень  $\Delta S = 40\text{МПа}$  за частоти  $f=10\text{Гц}$  і коефіцієнта асиметрії циклу  $R=0,1$ . (Число циклів навантаження до зародження втомної макротріщини в такому зразку досягає 720000). Локальну контактну термоелектрорушійну силу виміряли за допомогою термозонду, виготовленого з ніхромом з діаметром контактної площадки 25мкм, який притискали до об'єкта контролю зусиллям 0,2Н; різниця температур гарячого і холодного спаю становила  $50^\circ\text{C}$ . Визначали лінійний розподіл термоелектрорушійної сили,  $U(x)$ , від вершини конструктивного концентратора напружень вздовж осі ОХ (світлі символи на фіг.1а) і у зворотному напрямі (темні символи), а також зміну першої похідної кривої розподілу,  $dU(x)/dx$  (фіг.1б). Видно, що розмір  $d^*$  зони передруйнування можна визначати за абсцисами точок  $X_A$  або  $X_B$ , а більш точно за абсцисою точки  $X_C$  (фіг.1). Отриманий з представленого експерименту розмір зони передруйнування співпадає зі значенням  $d^*$ , що отримано іншими методами.

Термоелектрорушійну силу в нашому випадку слід вимірювати за допомогою термозонду, кінчик якого має форму зрізаного конуса, що утворює контактну площадку діаметром  $s_k$ . Значення  $s_k$  вибирають, виходячи з середнього розміру  $D$  елементів структури матеріалу та довжини  $a$  зони передруйнування за умовою:  $D > d_k < 0,1d^*$ ,

при цьому визначальним є параметр  $d^*$ . Для більшості конструкційних матеріалів  $D=0,005-0,05\text{мм}$ , а  $d^*=0,2-0,3$  для пластичних ( $\delta \geq 10\%$ ) і  $d^*=0,05-0,1$  для малопластичних ( $\delta < 10\%$ ) матеріалів. На цій підставі для термозонду слід вибирати контактну площадку діаметром  $d_k=0,02-0,03\text{мм}$  для пластичних і  $d_k=0,005-0,01\text{мм}$  для малопластичних матеріалів.



Фиг. 1