

В. Воробець

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Науковий керівник **Т.В. Гембара**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики і механіки

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЇХ РЕСУРСУ

Проблема впливу водню на деформування і міцність матеріалів виділилася з кола інших наукових проблем фізико-хімічної механіки матеріалів. Це пов'язано з загостренням її актуальності, викликаним з одного боку з різким збільшенням використання водню в різних галузях виробництва, а з іншої - з його неординарною здатністю значно впливати на фізико-хімічні властивості металів і сплавів, в першу чергу завдяки його виключній здатності катастрофічно пришвидшувати процес руйнування. Останнім часом ця проблема стала однією з найвагоміших проблем математичного моделювання металознавства, механіки матеріалів і забезпечення міцності та надійності конструкцій. Розробка моделі повинна включати рівняння механіки суцільного середовища, макроскопічної дифузії, співвідношення математичної теорії пружності та пластичності, що пов'язують напружено-деформований стан з водневою деградацією.

Розглянемо пружнопластичне ізотропне тіло, яке містить макротріщину довжиною l (рис.1) і піддане дії розтягувальних напружень p і воденьвмісного середовища, яке створює біля вершини тріщини концентрацію водню C_S . Згідно експериментальних даних [1] воднева макротріщина росте послідовними стрибками. Пов'язано це з тим, що при навантаженні тіла з тріщиною в околі її вершини формуються передвісники дислокацій руйнування, проходить накопичення водню і утворення мікротріщини. З'єднання мікротріщини з магістральною означає здійснення акту підростання макротріщини. Подальший її ріст буде зупинений на деякій відстані від первинного положення її вершини областю металу, не насиченого ще достатньо воднем. В околі кінця новоутвореної тріщини знову виникає зона перед руйнування з передвісниками дислокацій руйнування. Через поверхню металу у вершині тріщини, що розкрилася, знову проходить наводнення і т.д. Середній період $\Delta t = t_*$ здійснення циклу формування передумов руйнування – накопичення водню – утворення мікротріщини буде періодом повторення стрибків, який разом з їхньою середньою довжиною $\Delta l = x_*$ визначатимуть середню макроскопічну швидкість поширення магістральної тріщини

$$v = \frac{x_*}{t_*} \quad (1)$$

Для цього випадку рівняння балансу швидкостей запишеться у вигляді

$$\frac{\partial l}{\partial t} = \frac{B\sigma_0 \int_0^{l_p} \frac{\partial C_H(x,t)}{\partial t} \Big|_{t=t_*} dx}{\gamma_0 - \gamma_p}, \quad (2)$$

де l_p - довжина пластичної зони в околі вершини тріщини; $\gamma_p = \sigma_0 \delta$ - питома енергія пластичних деформацій при статичному навантаженні; δ - розкриття вершини тріщини при навантаженні; σ_0 - усереднені нормальні напруження, що виникають в зоні передруйнування, згідно з відомою [2] δ_c - моделлю квазікрихкого руйнування матеріалу з тріщиною.

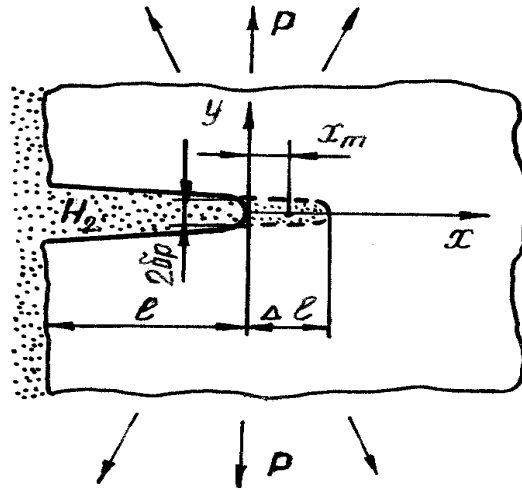


Рис.1. Схема тіла з макротріщиною в середовищі водню
Питома енергію руйнування представимо у вигляді $\gamma_0 = \sigma_0 \delta_c$, де δ_c - критичне розкриття вершини тріщини.

Література

1. Clark W.G. Effect of Temperature and Pressure on Hydrogen Cracking in High Strength Type 4340 Steel // J. Materials for Energy Systems. – 1999. - №1. – P. 33-40.
2. Hembara O., Chepil O., Hembara T., Mochulskiy V., Sapuzhak Ya. Influence of temperature and hydrogen on fatigue fracture of 10kh15n27t3v2mr steel / Journal of Theoretical and Applied Mechanics. – Warsaw 2020 – 58, 1. – P. 3-15, DOI: 10.15632/jtam-pl/115214.