

Лосєв В.О., наук. кер. Бабак А.М., асистент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: a.babak@kpi.ua

ВПЛИВ ДОРНУВАННЯ НА ВТОМНУ МІЦНІСТЬ ПРИ РІЗНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Механічні з'єднання, в які входять болти, заклепки або штифти, широко використовуються в конструкціях, особливо в літаках. Такі з'єднання, незалежно від того, чи є вони постійними (наприклад, з заклепувальним з'єднанням) або тимчасовими (наприклад, за допомогою шарнірного з'єднання) вимагають використання просвердлених отворів. Однак ці з'єднання за своєю природою уразливі до втоми, оскільки наявність отвору викликає концентрацію навантаження, і, таким чином, навантаження викликають локалізоване збільшення напруження.

Одним із способів, збільшення терміну служби конструкцій в умовах дії циклічних навантажень розтягу (втома) є внесення позитивного стискаючої залишкового напруження навколо отвору, що може бути досягнуто дорнуванням. Для цього через отвір примусово протягується або конусоподібний штифт [1, 2] для негабаритного об'єкта, або кулька [3, 4] для інших об'єктів. Це дозволяє створити в матеріалі зону пластичності та віддалити від краю отвору область максимальних (небезпечних) напружень, що виникають під час роботи конструкції.

Крім того, тертя кульки або штифта вздовж поверхні отвору може згладити його поверхню, що, в свою чергу, може справити позитивний вплив на збільшення довговічності. Але такий метод обробки отворів може викликати їх поверхневе пошкодження. З метою запобігання виникнення даного негативного явища між поверхнею отвору та доном встановлюється змащена тверда або роздільна втулка.

Для оцінки впливу процесу дорнування технологічних отворів на малоциклову втому використовувалися плоскі веслоподібні зразки з алюмінієвого сплаву Д16чТ товщиною 5 мм з центральним отвором (ГОСТ 25.502-79) (рис. 1) та випробувальний стенд Ві-02-112.

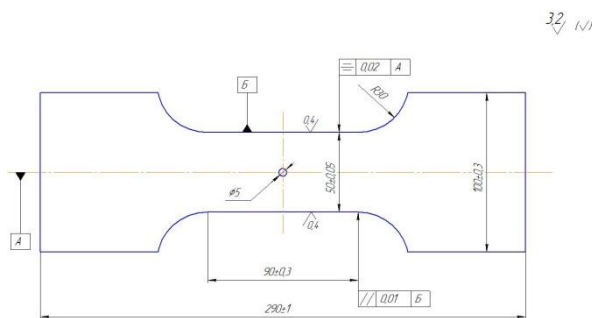


Рис. 1. Зразок для досліджень на малоциклову втому

Технологічний процес дорнування зразків до 3% пластичної деформації проводився відповідно до методики [5].

Визначення залежності кількості циклів до руйнування зразків від рівня пластичної деформації, що виникає в отворах після дорнування, проводилося при величині напружень розтягу 150...270 МПа [6]. Відповідні криві циклічної втоми представлені на рис. 2.

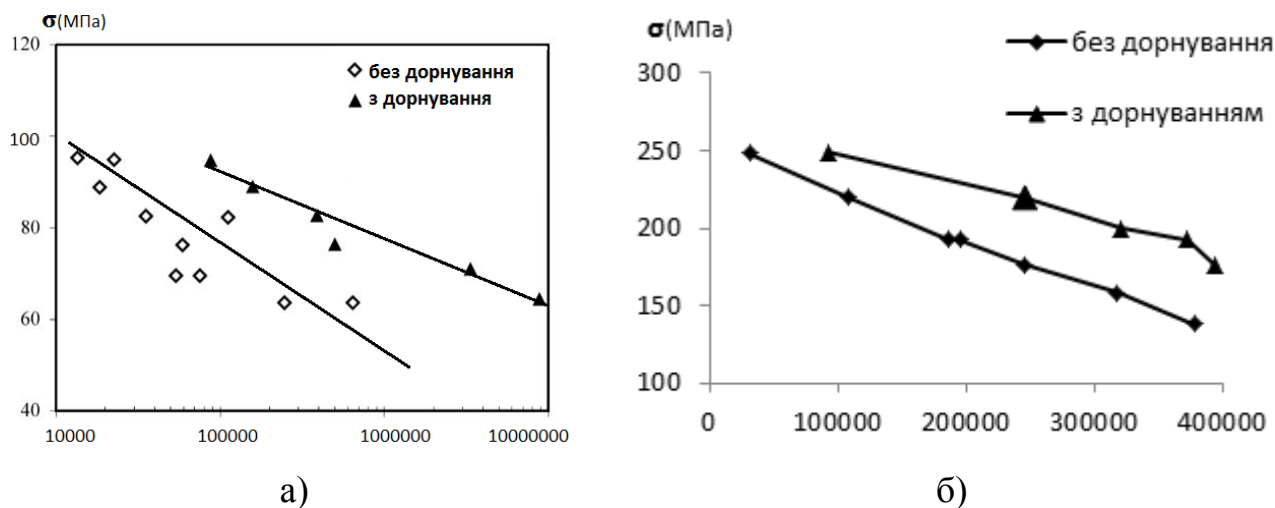


Рис. 2. Криві циклічної втоми:
а) при малих рівнях напружень [7],
б) при середніх рівнях напружень [8]

Використовуючи отримані експериментальні данні за допомогою регресійного аналізу була отримана залежність значення кількості циклів до руйнування N_R при різних ступенях напруження та рівня пластичної деформації при дорнуванні. Дана залежність була степенева та має вигляд:

$$N_R \approx e^{114,76} \cdot \sigma_{\max}^{-5,45} \cdot (\varepsilon^p)^{-46,96}$$

При аналізі експериментальних результатів [7, 8], було розглянуто вплив процесу дорнування на збільшення ресурсу конструкційних матеріалів, при різних видах напруження, розглядався недорнований та дорнований зразки при малих (60...100 МПа) та середніх напруженнях (150...250 МПа). Як видно на наведених залежностях кількості циклів від значень напружень (рис. 2), дорнування позитивно впливає на збільшення кількості циклів до руйнування, як для діапазону напруження (60...100 МПа) так і при більших рівнях напружень (150...250 МПа). Також з вищенаведених графіків видно, що у дорнованого зразка кількість циклів до руйнування значно більше ніж у недорнованого, що свідчить про суттєве зростання ресурсу конструкції.

Висновок. Використання описаного процесу зміцнення отворів позитивно впливає на продовження ресурсу конструкцій та матеріалів, які працюють в широкому діапазоні навантажень.

Список використаних джерел:

1. Chandawannich N, Sharpe Jr WN. An experimental study of fatigue crack initiation and growth from cold worked holes. *Engineering Fracture Mechanics*. – 1979. – №1(1). – PP. 609-20.
2. Link RE, Sanford RJ. Residual strains surrounding split-sleeve cold expanded holes in 7075-T651 Aluminium. *J Aircraft*. – 1990. – №27(7). – PP. 599-604.
3. Lai MO, Siew YH. Fatigue properties of cold worked holes. *Journal of Material Processing Technology*. – 1995. – №48. – PP. 533-534.
4. Lai MO, Oh JT, Nee AYC. Fatigue properties of holes with residual stresses. *Engineering Fracture Mechanics*. – 1993. – №45(5). – PP. 551-557.
5. Конструктивно-технологические методы повышения усталостной долговечности элементов конструкции планера самолета в зоне функциональных отверстий /Д. С. Кива, Г. А. Кривов, В. Ф. Семенцов, А.Г. Гребеников, В. А. Матвиенко, Е. Т. Василевский, А. М. Гуменный. – Киев: КВИЦ, 2015. – 188 с.
6. Піманов В.В., Тимошенко О.В., Бабак А.М. Исследование процесса дорнования технологических отверстий в авиационном сплаве д16чт // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Машинобудування. – 2015. – №1 (75) – С.144-150.
7. T.N. CHAKHERLOU, J. VOGWELL :The effect of cold expansion on improving the fatigue life of fastener holes. *Engineering failure analysis-Elsevier*. – 2003. – vol. 10. – PP. 13-24.
8. Втомна довговічність функціональних отворів силових конструктивних елементів. Тимошенко О.В., Бабак А.М., Федосенко П.В. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Стр 184-187 II International scientific-practical conference "Current technologies of industrial complex – 2016" September 14, 2016 - September 18, 2016