

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДОРНОВАНИХ ОТВОРІВ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК З АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ Д16ЧТ

П.В. Ясній, І.М. Підгурський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Abstract: The article presents the method of measuring the fields of residual deformations around holes after cold expansion. The technique is based on the measurement of microhardness in the vicinity of the hole and the obtained dependence of microhardness on plastic deformation. The methodology is tested on plates of aluminum alloy Д16ЧТ after cold expansion.

Під час експлуатації силові елементи конструкцій літаків зазнають одночасного впливу циклічних та вібраційних навантажень з різними поєднанням амплітуд та частот. Зважаючи на жорстку вимогу мінімальної ваги конструкцій, в зонах конструктивних та технологічних концентраторів напружень при такому характері діючих навантажень можуть розвиватися пружнопластичні деформації, що призводять до зародження і поширення втомних тріщин.

Найбільш ефективним заходом підвищення втомної довговічності елементів конструкцій є зменшення рівня діючих напружень різними технологічними методами [1]. Одним з таких методів, що забезпечують підвищення надійності та довговічності виробів, є зміцнююча обробка деталей поверхневим пластичним деформуванням (ППД). Підвищення втомної довговічності при зміцненні ППД пов'язано з формуванням в поверхневому шарі матеріалу залишкових стискувальних напружень та розвинутої дислокаційної субструктури, що перешкоджає зародженню і розвитку тріщин. Максимальній втомній довговічності відповідає певний рівень поверхневої твердості і залишкових напружень стиску, причому екстремуми цих властивостей реалізуються в певному діапазоні значень інтенсивності зміцнення [2].

Одним з методів ППД, який дозволяє підвищити якість поверхні і точність отворів є їх дорнування. Суть процесу полягає в тому, що через отвір в заготовці переміщують з натягом жорсткий робочий інструмент – дорн. Розміри поперечного перерізу інструменту дещо більші розмірів поперечного перерізу отворів для забезпечення натягу. В процесі обробки за рахунок натягу забезпечується зміцнення металу в поверхневому шарі, згладження початкових шорсткостей. Обробка отворів в листових матеріалах методом дорнування з відповідними натягами підвищує довговічність конструкцій в 3-5 разів [2,3]. Підвищення довговічності суттєво пов'язане з утворенням полів залишкових напружень та деформацій при ППД в околі отворів.

У зв'язку з цим проведено експериментальне дослідження залишкових деформацій після дорнування з використанням методу вимірювання мікротвердості в околі отвору. Для знаходження мікротвердості використовується мікротвердомір ПМТ-3 з алмазною пірамідою та мікроскопом, який дозволяє збільшення відбитків до 130 разів.

Попередньо будують калібрувальну залежність мікротвердості від пластичної деформації за одновісного розтягу зразків. На основі отриманих даних на рис. 1 представлено результати мікротвердості μH в залежності від деформації ϵ . Як бачимо, спостерігається збільшення числа мікротвердості з ростом деформації ϵ .

Було також проведено дослідження мікротвердості алюмінієвого сплаву Д16ЧТ в області дорнованого отвору діаметром 8 мм після статичного розтягу зразка до руйнування (рис. 2). Зазначимо, що дорнування отвору відбувалось з натягом 2%.

Мікротвердість вимірювалась в 20 точках через 0,25 мм у трьох напрямках (5° ; 45° ; 90°), заміряних від лінії, перпендикулярної до осі розтягу зразка. Результати вимірювань представлені на рис. 3.

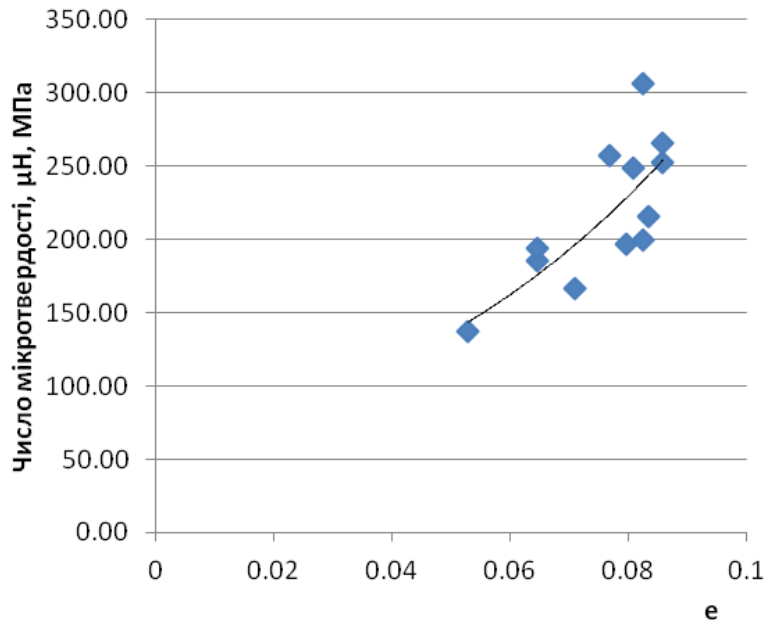


Рис. 1. Залежність мікротвердості μH від деформації e алюмінієвого сплаву Д16чТ

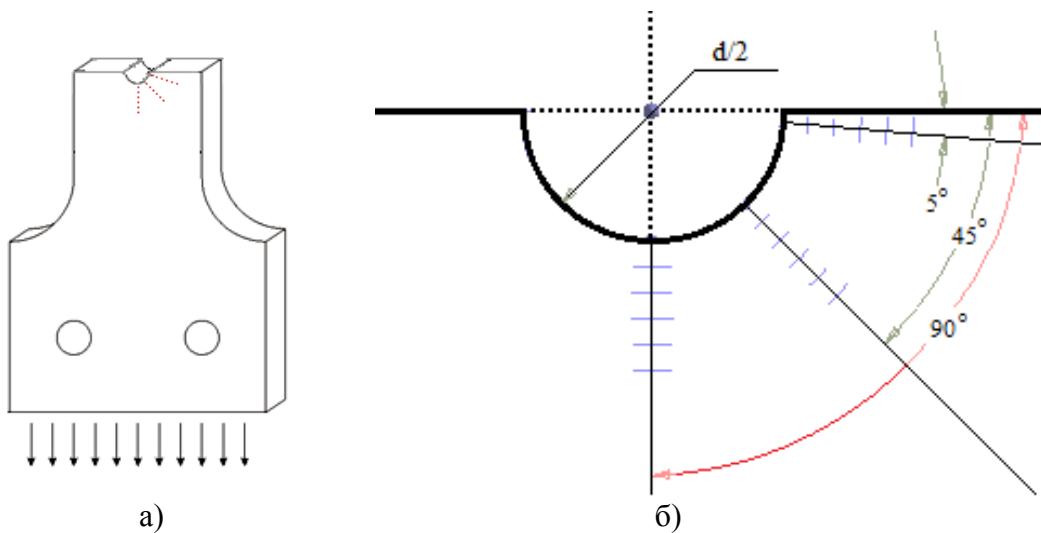


Рис 2. Методика дослідження мікротвердості зразка з дорнованим отвором:
а) ескіз зруйнованого зразка; б) схема вимірювань.

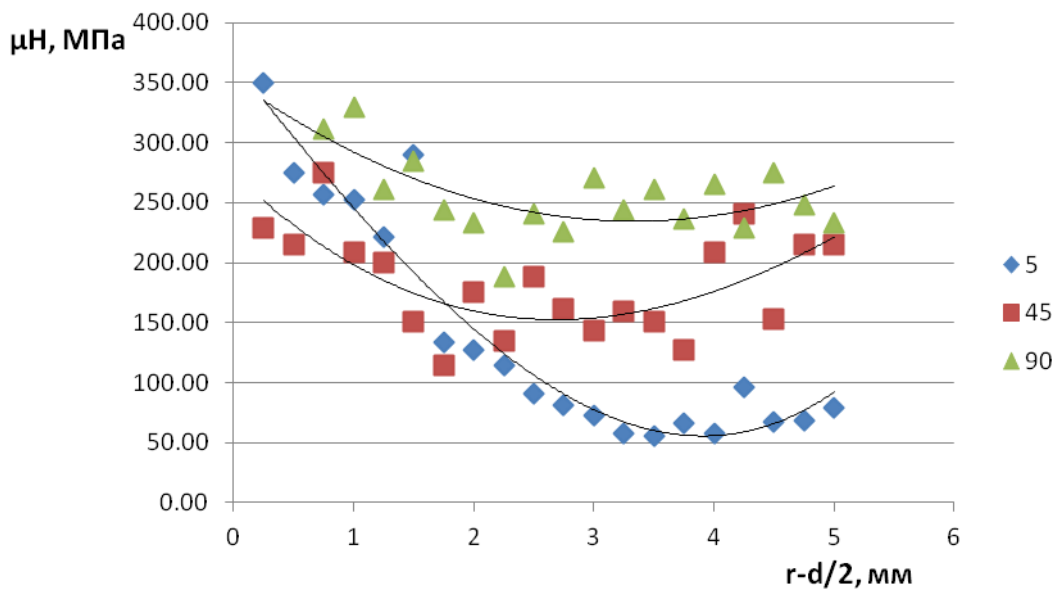


Рис. 3. Мікротвердість алюмінієвого сплаву Д16чТ в залежності від відстані до дорнованого отвору для трьох напрямків досліджень: 5°; 45° та 90°.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що у безпосередній близькості до отвору (0,25 – 1,75 мм), де реалізується попереднє пластичне деформування, викликане дорнуванням, мікротвердість зростає у всіх трьох напрямках.

При збільшенні відстані від отвору ($> 1,75 - 2$ мм) спостерігається вирівнювання значень мікротвердості для напрямку, перпендикулярного до осі руйнування зразка (90°). Найбільше зниження мікротвердості спостерігається вздовж лінії, близької до зони руйнування зразка, що, очевидно пов'язано зі змінами структури матеріалу під час руйнування.

На рис. 4 представлено графіки зміни відносної деформації e , % в залежності від відстані до отвору. Тут $d/2$ – радіус отвору, r – відстань від точки вимірювань до центра отвору.

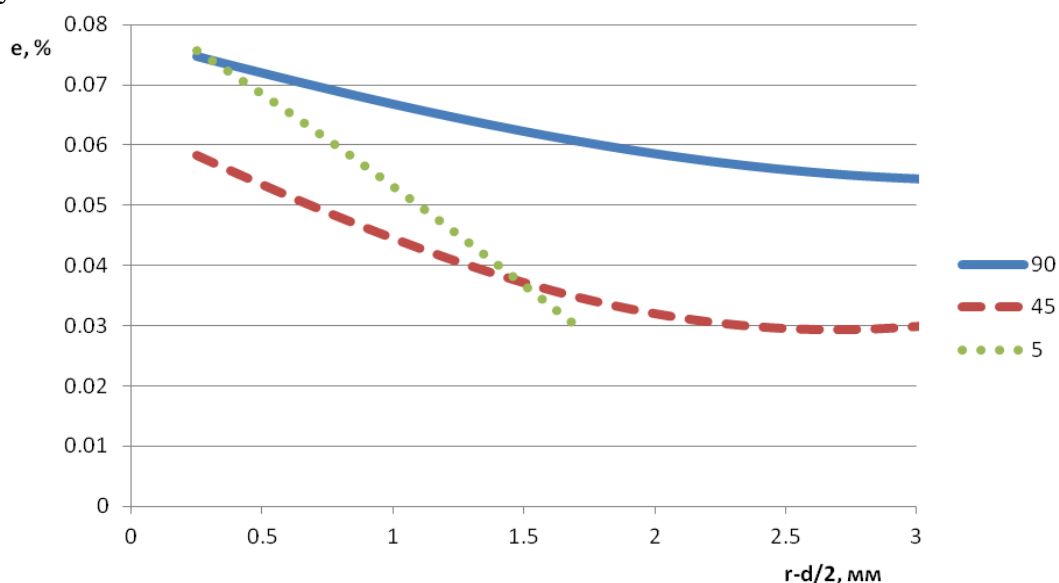


Рис. 4. Залежність деформації від відстані до дорнованого отвору для трьох напрямків досліджень: 5° ; 45° та 90° .

Графіки побудовані на основі даних вимірювання мікротвердості в околі дорнованого отвору (до 3 мм по контуру) (дані рис. 1 та 3). Видно, що деформація e суттєво зростає при поступовому наблизненні до контура отвору: від 0,03% до 0,06–0,075%.

Висновки. Розроблено і опрацьовано методику вимірювання полів залишкових деформацій після дорнування пластин з отворами, основу на вимірюванні мікротвердості (твердості) в околі отвору та отриманні базової залежності мікротвердості від пластичної деформації за результатами механічних випробувань гладких зразків за деформування одновісним розтягом. Дана методика апробована на пластинах із отворами із алюмінієвого сплаву Д16чТ після дорнування. Досліджено вплив кута нахилу до поздовжньої осі симетрії пластини на розподіл пластичної деформації біля отвору, зміцненого холодним пластичним деформуванням.

Література

1. Конструктивно – технологические методы повышения усталостной долговечности элементов конструкций планера самолета в зоне функциональных отверстий / Д.С. Кива, Г.А. Кривов, В.Ф. Семенов и др. – К.: КВИЦ, 2015. – 188 с.
2. Investigation on fatigue performance of cold expansion holes of 6061 – T6 aluminum alloy / Wang, Yan-li and other. –Int. J. Fat., vol. 95, 2017, pp. 116 - 228.
3. Формування залишкових напружень у пластинах з функціональними отворами після дорнування / Ясній П.В., Гладь С.В., Скочеляс В.В., Семенець О.І. // Фізико – хімічна механіка матеріалів. – 2014. – № 6. – С. 95 – 98.