

Д.В.БРЕСЛАВСЬКИЙ, докт.техн.наук, проф., НТУ «ХПІ»;
І.В.НАУМОВ, аспірант, НТУ «ХПІ»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ ТОНКИХ ПЛАСТИН

Стаття містить короткий опис обладнання, призначеного для проведення експериментальних досліджень руйнування тонких пластин при ударі. Описані досліди по ударному навантаженню аж до руйнування, проведені на зразках і тонких пластинах, виготовлених із легованої сталі. Приведені результати експериментів.

The paper contains the brief description of the equipment for experimental investigations on thin plate's fracture under impact loading. The impact loading fracture tests, which were carried on specimens and thin plates made from alloy steel, are described. The experimental results are presented.

Аналіз стану проблеми. Питання ударного навантаження та руйнування тонкостінних конструкцій здавна привертають увагу дослідників [1]. Це пов'язано з критичністю питань ударної міцності для багатьох відповідальних конструктивних елементів у космічному, авіаційному, енергетичному, хімічному та транспортному машинобудуванні. Дослідження процесів ударного навантаження дуже інтенсивно проводяться й в теперішній час [2, 3], що пов'язано з великою складністю їхнього теоретичного опису та чисельного моделювання, а також з необхідністю отримання експериментальних даних з властивостей опору удару сучасних конструкційних матеріалів.

Одним з напрямків досліджень поведінки тонкостінних елементів конструкцій при ударному навантаженні, що є менш вивченим на теперішній час, є аналіз циклічної ударної міцності. Дослідження, виконані авторами в цьому напрямі, роблять, на наш погляд, невеликий внесок до вирішення питань з'ясування закономірностей процесів, що розглядаються. Дану статтю присвячено викладенню результатів досліджень малоциклової ударної втоми пластин, які виготовлені з легованої сталі 12X18H10T.

Постановка завдання та опис експериментального обладнання. Завданням експериментального дослідження є вивчення руйнування тонких квадратних шарнірно опертих пластин, а також знаходження характеристик малоциклової ударної втоми матеріалу, з якого вони виготовлені. Як завжди в механіці деформованого твердого тіла, результати проведених тестів мають бути застосовані при визначенні достовірності чисельних та чисельно-аналітичних методів, що далі застосовуватимуться для розрахунків деформування та руйнування пластин.

До проведення експериментів залучено інформаційно-вимірювальний комплекс, розроблений на кафедрі систем і процесів управління НТУ «ХПІ»

[4]. Його призначено для реєстрації деформацій при тестуванні тонких ударно навантажених пластин. Комплекс складається з сукупності тензорезисторів, блоку формування сигналів датчиків, блоку спрягання та захисту, плати АЦП ADA-1406 та персонального комп'ютеру.

Цифрові дані, що отримані з плати АЦП, надходять до комп'ютеру та обробляються там за допомогою спеціального програмного забезпечення. Воно дозволяє записати сигнал, визначити значення вимірюваних параметрів, спектри сигналів, час затухання коливань [4].

Комплекс входив до складу лабораторної тестово-вимірювальної системи (ЛТВС), що додатково ще включає пристрій фіксації пластин з реалізованим шарнірним закріпленням (рис. 1) та пристрій навантаження (рис. 2), який працює за допомогою електромеханічного імпульсного перетворювача. Розгін ударника проводиться магнітним полем індуктора. Застосовано циліндричний ударник діаметром 4 мм, шлях його руху складав 5 мм.

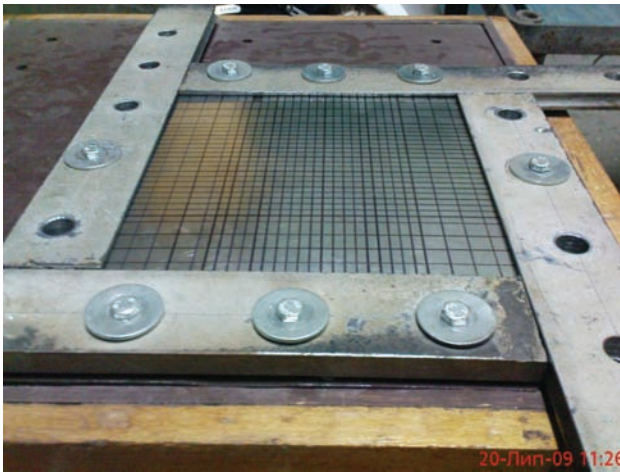


Рисунок 1 – Пристрій фіксації пластин

На пластини наноситься прямокутна сітка, яка призначена для відображення поточного стану деформування. Після кожного блоку навантажень відбувається сканування сітки. Отримані зображення зберігаються в форматі .psd. Цей формат дозволяє створювати багатошарові зображення, для того, щоб у подальшому сумістити сітки, отримані на різних етапах дослідження. Також проводились відеозаписи експериментів з метою визначення швидкості руху ударника.

Проведення експерименту потребувало виконання низки заходів, спрямованих на боротьбу з перешкодами, що створюються магнітним полем електромеханічного імпульсного перетворювача.

Для проведення одновісних ударних випробувань зразків, виготовлених

з того ж матеріалу, що й пластини, які досліджувались, ЛТВС було модифіковано шляхом заміни пристрою фіксації на інший.



Рисунок 2 – Пристрій навантаження

Опис проведених експериментів. Цикл проведених випробувань складався з чотирьох серій експериментів: 1) визначення числа циклів до руйнування при одновісному навантаженні; 2) статичне навантаження пластин; 3) ударне навантаження, при якому реалізовувались лише пружні деформації пластини; 4) ударне малоциклове руйнування пластин.

До випробувань залучено квадратні пластини зі стороною 180 мм, виготовлені з листів легованої сталі 12Х18Н10Т товщиною 1.5 мм. Зразки для одновісних випробувань виготовлялись з цих же листів. Всього було протестовано 6 зразків (по 3 для двох рівнів напружень) та 3 пластини.

В результаті проведених на зразках іспитів визначено середні значення числа циклів до руйнування. Для першої групи воно склало 146 циклів, а для другої – приблизно 39 циклів. На рис. 3 наведено три зразки, сфотографовані після досліджень: зліва направо – два зразки з другої групи, один з першої. Тут же наведено число циклів до руйнування для кожного з них.



Рисунок 3 – Зруйновані зразки

Експерименти другої та третьої серії були виконані для тарування створеної ЛТВС. Завдяки статичним експериментам при їхньому порівнянні

з аналітичним розв'язком задачі про напружено-деформований стан шарнірно-закріпленої пластини було визначено співвідношення між результатами вимірювань змін електричних напружень в тензодатчиках та значеннями деформацій в пластинах. Після цього виконувалось ударне навантаження пластин сферичним та циліндричним ударниками. Вони були застосовані для порівняння отриманих в результаті проведених експериментів залежностей деформацій від часу з результатами чисельно-аналітичного моделювання удару по пластині за методикою, наведеною в роботі [5].

Опишемо експериментальне дослідження з малоциклового руйнування пластин. Пластини розміщувались у пристрої фіксації та піддавались повторному ударному навантаженню доти, доки не відбувалось повного руйнування з вильотом пробки, що мала діаметр ударника. Швидкість руху ударнику складала 0.0625 м/с при електричному напруженні 360 В на конденсаторі перетворювача ємністю 4700 мкФ. Середнє значення числа циклів до руйнування складало 79 ударів, розкид не перевищував 16 %.

Наголосимо на досить локальному характері пластичних деформацій в районі дії ударнику (рис. 4), що не перевершує 6 % від загальної площі поверхні пластини.

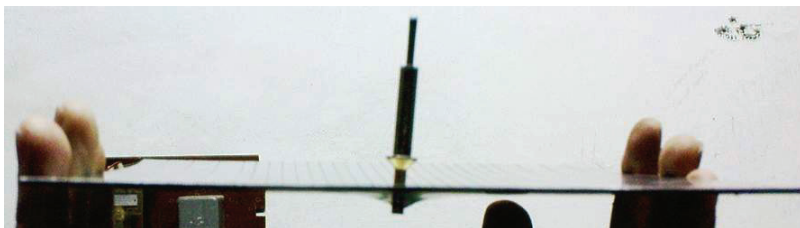


Рисунок 4 – Зруйнована пластина

Висновки. В статті наведено опис експериментів, спрямованих на вивчення процесів ударного малоциклового навантаження тонких пластин. Визначено основні параметри лабораторної тестово-виміральної системи, серед яких швидкість руху ударника, значення електричного напруження на конденсаторі перетворювача. Створено методику експерименту, що дозволяє проводити тестування розрахункових методів для оцінки деформованого стану за допомогою послідовного запису характеристик сіток, які нанесені на поверхню пластини та змінюються при кожному циклі навантаження, та числа циклів до руйнування.

Список літератури: 1. Гольдсмит В. Ударная теория и физические свойства соударяемых тел. – М., 1965. – 451 с. 2. G. Ben-Dor, A. Dubinsky, T. Elperin. Ballistic Impact: Recent Advances in Analytical Modeling of Plate Penetration Dynamics—a Review // Applied Mechanics Reviews, November 2005. – Vol. 58. – P. 355-371. 3. J.E. Field Review of experimental techniques for high rate deformation and shock studies // Int. J. Imp. Eng.— Vol. 30. – 2004. – P. 725-775. 4. Д.В.Бреславский, И.В.Наумов, А.В.Онищенко. Экспериментальное исследование процессов ударного нагружения тонких пла-

стин // Вісник НТУ «ХП». – Харків, НТУ «ХП». – 2007. – № 38. – С. 30-35. 5. *Д.В.Бреславский, А.В.Онищенко. Удар сферического тела по ортотропной пластине // Вісник НТУ «ХП». – Харків, НТУ «ХП». – 2003. – № 8, т. 2. – С. 3-10.*

Надійшла до редколегії 12. 11. 2009