

встигають реалізуватися дисипативні процеси у твердому агрегатному стані, тому пружна енергія, яка акумульована в дефектах структури, вивільнюється тільки після плавлення. Ця додаткова енергія і спричиняє подрібнення кластерів, концентрація яких суттєво збільшується. Тому, в результаті охолодження із швидкостями, що перевищують 10^6 К/с, нам вдалося зафіксувати супердисперсну, метастабільну структуру, яка утворює у поверхневих шарах конструкційного матеріалу своєрідні “бар’єри”, які захищають його від агресивної дії розплавлених металів.

1. Алиханов С.Г., Бахтин В.П. Применение плазменного импульсного нагрева для получения метастабильных структур на поверхности твердых тел // *Поверхность. Физика, химия, механика*. 1983. № 5. С.142–146. 2. Remy A et al. *Rapidly Quenched Metals* // Elsevier Science Publishers B.V. 1985. № 5. P.843–846. 3. Прохоренко В.Я., Дурагина З.А. и др. Влияние лазерной обработки на совместимость нержавеющей сталей с расплавом $Li_{17}Pb_{83}$ // *Физико-химическая механика материалов*. 1989. № 5. С.103–105. 4. Дурагина З.А., Мурачов О.Д. Застосування лазерного легування для підвищення працездатності нержавіючих сталей // *Тез. II Міжнар. симп. українських інженерів-механіків у Львові*. Львів, 1995. С.155–156. 5. Пархоменко В.Д., Сорока П.И., Краснокутский Ю.И. и др. *Плазма в химической технологии*. К., 1986.

УДК. 539.376; 539.41

Завірохін М.І.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра деталей машин

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКРЕТНОГО КОМІРЧАСТОГО ЗАПОВНЮВАЧА

© Завірохін М.І., 2000

Наведено результати експериментів з визначення міцнісних характеристик дискретного комірчастого заповнювача і тришарових пластин з дискретним комірчастим заповнювачем при різноманітних типах навантажень. Заповнювач і зовнішні шари виготовлені з алюмінію. Наведено зовнішній вигляд і основні геометричні розміри дослідного зразка, а також типи випробовувань і кількість зразків, що були задіяні у кожному з експериментів. Описано методику проведення експериментів, показано схеми випробовувань. Зображено зруйновані, в ході експерименту, зразки. Наведено числові результати. Подано аналіз результатів і висновки.

Одним із найперспективніших розв’язків у забезпеченні прецизійності конструкцій є застосування тришарових панелей і оболонок у побудові суцільних або збірних рефлекторів. Тому розробка точних і жорстких параболічних тришарових оболонок є актуальною

проблемою. Існуючі типи заповнювачів мають ряд суттєвих недоліків, які відмічені в роботах [1, 2]. Розроблена конструкція дискретного комірчастого заповнювача дає змогу частково вирішити ряд питань. Експеримент дав можливість визначити міцнісні характеристики дискретного комірчастого заповнювача і тришарових пластин з ним.

Зразок має вигляд симетричної тришарової пластини. Дискретний комірчастий заповнювач виготовлений з алюмінієвого сплаву АМц товщиною 0,5 мм. Зовнішні шари зразків виготовленні з аналогічного матеріалу. Для двох зразків на поздовжній стиск товщина зовнішніх шарів становить 0,8 мм.

Склеювання проводилось за ТУ 6-41-1499-89. Зразки дискретного комірчастого заповнювача до зовнішніх шарів і оснастки приклеювались плівковим клеєм ВК-36 ТУ 6-41-1499-89 (товщина клею за паспортом – $H=200-280$ мкм). Під кожен “п'ятачок” заповнювача, який прилягає до зовнішнього шару чи оснастки підкладали шматочки клею розмірами 15×15 мм. Тиск при склеюванні створювався вантажами $P=0,1$ кГ/см² по площі зразка. Режим затвердіння – $T=(175 \pm 5)^\circ\text{C}$ протягом 3,5 години. Вигляд і розміри зразків подані у табл.1 і на рис.1.

Таблиця 1

Види випробувань і розміри та кількість зразків

№ п/п	Види випробувань	Розміри зразків	Кількість зразків
1	Випробування заповнювача на зсув	75×75	1
2	Випробування зразків на поперечний стиск	75×75	2
3	Випробування зразків на поздовжній стиск	75×75	3
4	Випробування міцності клеєного з'єднання дискретного комірчастого заповнювача з зовнішнім шаром при відриванні	75×75	2

Випробування проводились на універсальній розривній машині 1231У-10 з використанням існуючої оснастки. Засоби вимірювання – штатні.

У першому експерименті визначалась статична міцність при зсуві заповнювача. Зразок для випробувань мав вигляд двох однакових панелей заповнювача, що склеєні з трьома алюмінієвими пластинами, які передають зусилля з одного торця заповнювача на інший, і які викликають в останньому напруження зсування.

Підготований до випробувань зразок встановлювали в зажин дослідної машини так, щоб напрямок розтягуючої сили збігався з його поздовжньою віссю.

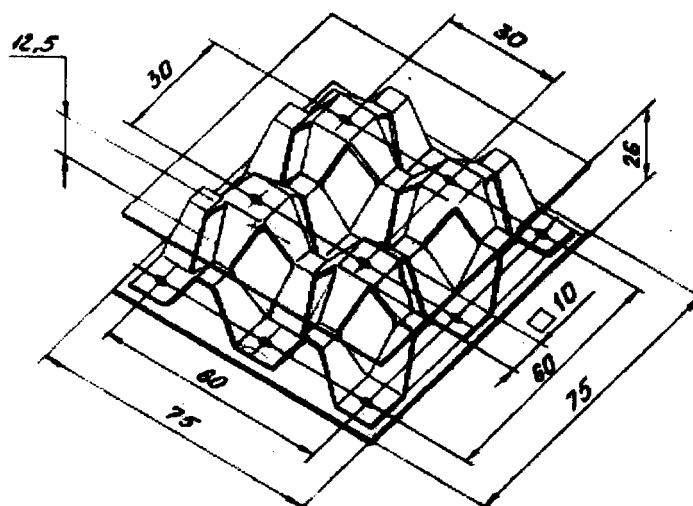


Рис.1. Зовнішній вигляд дослідного зразка (цифрові значення в мм)

Зразки навантажувались зі швидкістю 10 мм/хв до моменту руйнування. Схема випробування показана на рис.2, а.

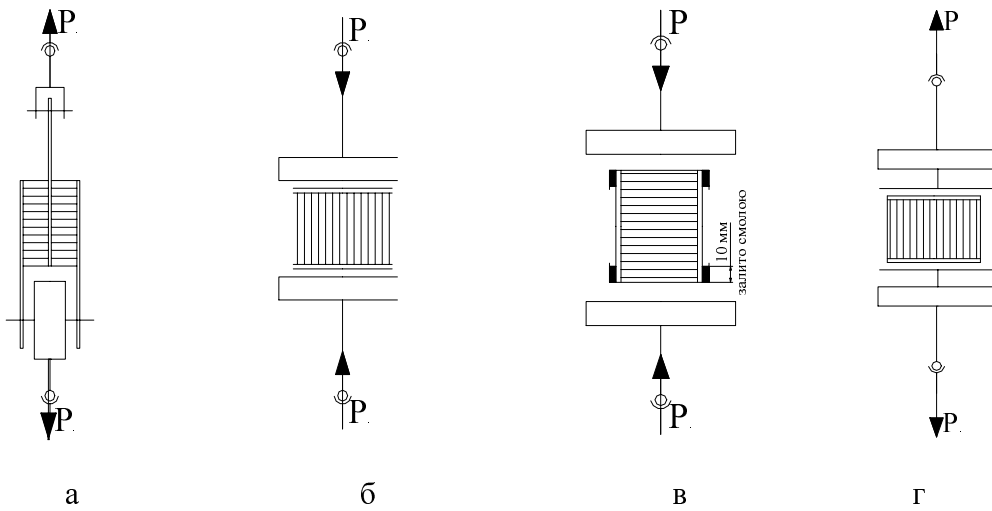


Рис.2. Схема випробувань на міцність:

а – зсування; б – стискання; в – поздовжнє стискання; г – відривання

Результати випробувань подані у табл.2. Вигляд зруйнованого зразка показаний на рис.3, а.

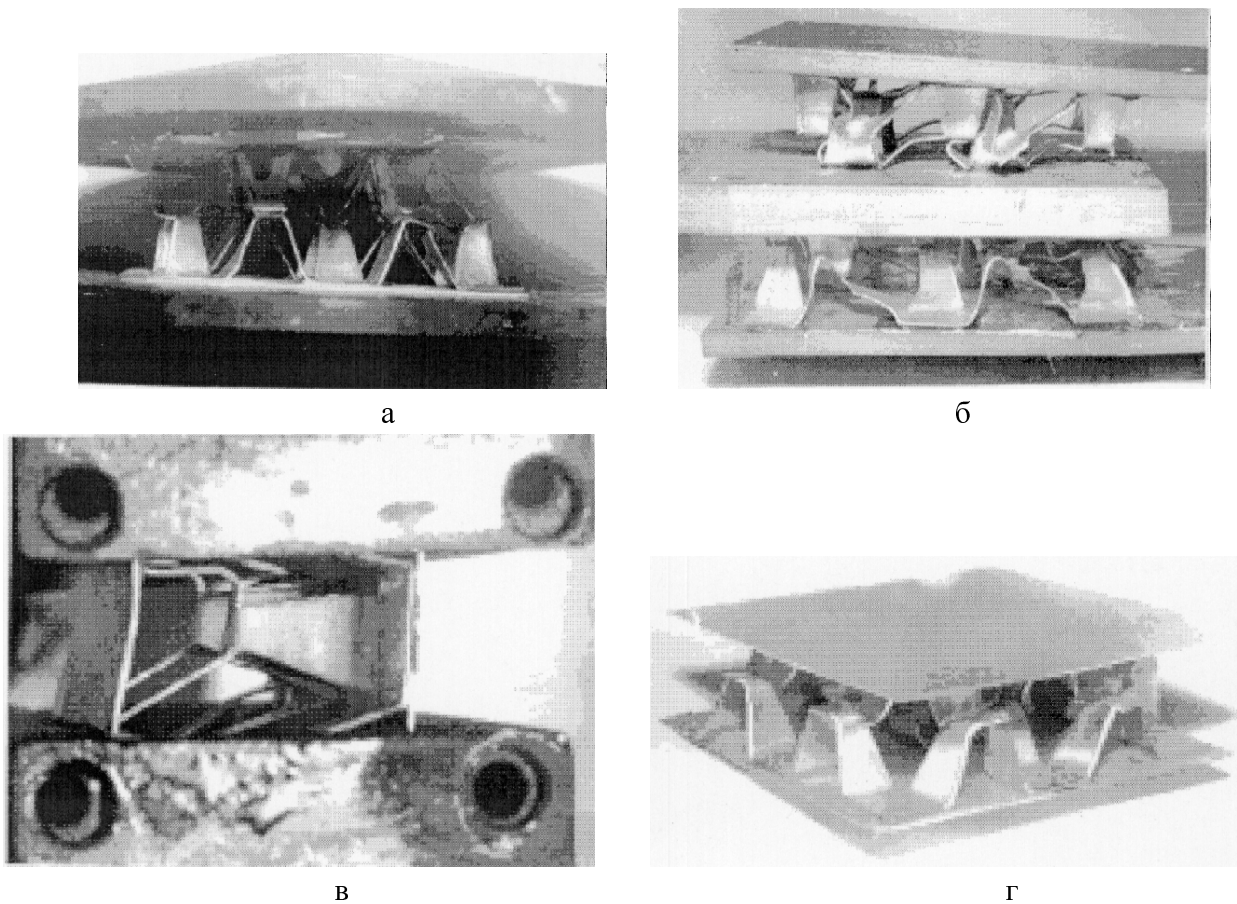


Рис.3. Вигляд зруйнованого зразка після випробувань:

а – відривання; б – поздовжнє стискання; в – зсування; г – стискання

У другому експерименті визначали міцність при стисканні наповнювача в напрямку перпендикулярному площині зовнішніх шарів.

Зразки встановлювали у центрі шарової опори, що була закріплена на випробувальній машині. Випробування проводились поступовим нарощуванням навантаження до руйнування зразка. Швидкість руху навантажуючого зажиму машини – 2 мм/хв. Схема випробувань показана на рис.2, б.

Результати випробувань подані у табл.2. Вигляд зруйнованого зразка показаний на рис.3, б.

Таблиця 2

Результати випробувань

Тип випробувань	№ зразка	F, см ²	P _{руйн.}	Руйнування, кГ/см ²	Характер руйнування
1	2	3	4	5	6
Поперечне стискання	1	36	54	1,5	Зминання центральної частини дискретного комірчастого заповнювача
	2	36	52	1,44	
Поздовжнє стискання	1	0,6	357,5	297,92	Втрата стійкості зовнішніми шарами
	2	0,6	438	365	
	3	0,375	207,5	276,67	
Відривання	1	36	101	2,81	Розрив по дискретному комірчастому заповнювачу
	2	36	105	2,92	
Зсування	1	36	120	1,67	Зминання центральної частини дискретного комірчастого заповнювача

У третьому експерименті визначали міцність при стисканні дискретного комірчастого заповнювача у напрямку паралельному площині зовнішніх шарів. Для того, щоб запобігти зминанню торців, на зразках передбачені накладки у вигляді “корита”, куди вставляється зразок і заливається смолою. Зразок з накладками встановлювали у центрі шарової опори, що була закріплена на випробувальній машині. Випробування проводились поступовим прирощенням навантаження до руйнування зразка. Швидкість руху навантажуючого зажиму машини – 2 мм/хв. Схема випробувань показана на рис.2, в.

Результати випробувань подані у табл.2. Вигляд зруйнованого зразка показаний на рис.3, в.

У четвертому експерименті визначали міцність клеєного з'єднання при відриванні оболонок від дискретного комірчастого заповнювача у напрямку перпендикулярному площині склеювання. Перед проведенням випробувань зразки дискретного комірчастого заповнювача приклеювали до “грибків” – сталених дисків клеєм К-300-61.

Зразки прикріплювали до зажимів випробувальної машини через передбачені для цього отвори в “грибках” так, щоб напрям розтягуючої сили збігався з поздовжньою віссю зразка. Швидкість руху навантажуючого зажиму машини – 4 мм/хв, до руйнування. Схема випробувань показана на рис.2, г. Результати випробувань подані у табл.2. Вигляд зруйнованого зразка показаний на рис.3, г.

У четвертому експерименті визначали міцність клеєного з'єднання при відриванні оболонок від дискретного комірчастого заповнювача у напрямку перпендикулярному площині склеювання. Перед проведенням випробувань зразки дискретного комірчастого

заповнювача приклеювали до “грибків” – сталених дисків клеєм К-300-61. Зразки прикріплювали до зажинів випробувальної машини через передбаченні для цього отвори в “грибках” так, щоб напрямом розтягуючої сили збігався з поздовжньою віссю зразка. Швидкість руху навантажуючого зажину машини – 4 мм/хв, до руйнування. Схема випробовувань показана на рис.2, г. Результати випробовувань подані у табл.2. Вигляд зруйнованого зразка показаний на рис.3, г.

Проведемо аналіз результатів випробувань.

При поперечному стисканні руйнування зразків відбувається при навантаженні 53...54 кГ, що відповідає навантаженню на одну точку дискретного комірчастого заповнювача приблизно 13 кГ. Розрахунки показують, що при цих навантаженнях номінальне стискувальне напруження у бічних поверхнях зрізаних вершин змінюється від 75 кГ/см² біля зовнішніх шарів, до 150 кГ/см² – у районі центральної частини, що становить 15...30 % від границі повзучості матеріалу дискретного комірчастого заповнювача. Недостатня ефективність використання властивостей матеріалу пояснюється конструкцією дискретного комірчастого заповнювача. Перехід бічної поверхні зрізаної вершини до ділянки серединної площини здійснюється по короткому боку ($b=5$ мм) з радіусом 0,5...1 мм. Наявність радіуса призводить до появи у зоні переходу згінних напружень, що у 2–2,5 рази перевищують номінальне стискувальне напруження. При досягненні сумарним напруженням границі повзучості матеріалу відбувається додаткове викривлення бічної поверхні зрізаної вершини і подальше змінання дискретного комірчастого заповнювача відбувається без збільшення стискувального навантаження. Збільшення несучої здатності дискретного комірчастого заповнювача при стискуванні можна досягнути за рахунок зменшення радіуса у зоні переходу, введення відбортовок на бічних поверхнях зрізаних вершин, заміни матеріалу заповнювача на матеріал з більшою границею повзучості, розробки конструкції дискретного комірчастого заповнювача без центральних ділянок.

Аналіз діаграм деформування зразків при відриванні показує, що до навантажень, наближених до 50 кГ, зразки деформуються за лінійним законом. Подальше деформування відбувається з накопиченням залишкових деформацій. До навантаження 50 кГ характер напруженно-деформованого стану заповнювача описується лінійним законом, однак через те, що при досягненні сумарним напруженням границі повзучості матеріалу, відбувається зменшення радіуса кривини у зоні переходу і відповідне зменшення складової згінних напружень. Руйнування відбувається від перерізуючих напружень по ділянках серединної поверхні під кутом 45° (від кутових точок ділянки серединної поверхні до центра). При цьому номінальне напруження у бічних поверхнях зрізаних вершин змінюється від 150 кГ/см² біля зовнішніх шарів, до 300 кГ/см² – в районі центральної частини, що становить 30...60 % від границі повзучості матеріалу дискретного комірчастого заповнювача.

При зсуванні у бічних поверхнях зрізаних вершин дискретного комірчастого заповнювача виникають напруження розтягування, стискування чи зсування залежно від їх орієнтації по відношенню до діючого навантаження. Руйнування зразків відбувається по бічних поверхнях зрізаних вершин дискретного комірчастого заповнювача.

При поздовжньому стискуванні зразків з товщиною зовнішніх шарів 0,5 мм руйнування відбулося при напруженні 275 кГ/см², що становить 55 % від границі повзучості матеріалу дискретного комірчастого заповнювача, тобто заповнювач забезпечує використання характеристик матеріалу зовнішніх шарів з достатньою ефективністю. Подальше підви-

щення ефективності використання міцнісних характеристик матеріалу (при необхідності) можна отримати за рахунок зменшення відстані між вершинами дискретного комірчастого заповнювача (кроку) чи за рахунок збільшення товщини зовнішніх шарів. При товщині зовнішніх шарів 0,8 мм втрата стійкості відбувалася при напруженнях 300...350 кГ/см², що становить 60...70 % від границі повзучості матеріалу.

З отриманих результатів можна зробити такі висновки. Клей ВК-36 і рекомендації до режимів склеювання дискретного комірчастого заповнювача до зовнішніх шарів забезпечують реалізацію міцнісних характеристик дискретного комірчастого заповнювача при усіх видах навантаження. При усіх випробовуваннях руйнування по клеєному з'єднанню не відмічено.

Дискретний комірчастий заповнювач даної конструкції може бути рекомендований до застосування в тришарових конструкціях, для яких робочі навантаження не перевищують наведених у табл.2.

Найслабкішим місцем дискретного комірчастого заповнювача є перехід від бічних поверхонь зрізаних вершин до ділянок серединної площини.

1. Кобелев В.Н. и др. Расчет трехслойных конструкций: Справочник. М., 1984. 2. Биргер И.А., Пановко Я.Г. Прочность. Устойчивость. Колебания: Справочник: В 3 т. М., 1968.

УДК 539.375

Зеленяк В.М., Лібацький Л.Л.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра вищої математики

ТЕМПЕРАТУРНІ НАПРУЖЕННЯ У ПІВПЛОЩИНІ З ДОВІЛЬНО ОРІЄНТОВАНОЮ КРАЙОВОЮ ТРІЩИНОЮ, ЗУМОВЛЕНІ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛА

© Зеленяк В.М., Лібацький Л.Л., 2000

Методом сингулярних інтегральних рівнянь розглянуто стаціонарну задачу термопружності для півплощини, послабленої довільно орієнтованою крайовою тріщиною, краї якої термоізолювані, ненавантажені і не контактують між собою. Межа півплощини вільна від навантажень, її бокові поверхні термоізолювані, а в довільній точці півплощини на деякій віддалі від краю розміщене зосереджене джерело тепла.

Числовий розв'язок інтегрального рівняння одержано методом механічних квадратур. Обчислено коефіцієнти інтенсивності напружень у вершині тріщини для різних геометричних параметрів задачі.