

Науковий журнал

1. 2002

ВІСНИК

**Технологічного
університету Поділля**

Технічні науки

Хмельницький 2002

ВІСНИК

Технологічного

університету

Поділля

Засновано в липні 1997р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2002, №1 (38)

Засновник і видавець : Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький)

Головний редактор академік АІН України, д.т.н. Сілін Р.І.

Заступник головного редактора д.т.н. Каплун В.Г.

Відповідальний секретар Гуляєва В.О.

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Технічні науки

д.т.н. Костогриз С.Г., д.т.н. Ройзман В.П., д.т.н. Локазюк В.М., д.т.н. Ковтун В.В.,
д.т.н. Шевеля В.В., д.т.н. Кіницький Я.Т., к.т.н. Драпак Г.М., д.т.н. Параска Г.Б., к.т.н. Баннова І.М.,
к.т.н. Троцишин І.В., к.т.н. Косенков В.Д., д.т.н. Мазур М.П., д.т.н. Гладкий Я.М.,
д.т.н. Калда Г.С., д.т.н. Мичко А.А., д.т.н. Стечишин М.С., д.т.н. Кузьменко А.Г.,
д.т.н. Рудницький В.Б., д.т.н. Камбург В.Г., д.ф.-мат.н. Петренко О.М., д.т.н. Мясищев О.А.

Відповідальний за випуск Яремчук В.С.

Технічний редактор Горященко К.Л.

Редактор-коректор Біла Т.Н.

Адреса редакції :

Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, Технологічний університет Поділля,
редакція журналу "Вісник Технологічного університету Поділля"

☎ (03822) 2-51-08

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №2362 від 27 грудня 1996 року

© Технологічний університет Поділля, 2002
© Редакція журналу "Вісник Технологічного
університету Поділля", 2002

ЗМІСТ

І.В. ШЕВЕЛЯ, Г.С. КАЛДА МОДЕЛЮВАННЯ РЕОЛОГІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ МЕТАЛОПОЛІМЕРНОЇ ТРИБОСИСТЕМИ	7
Я.Т. КІНИЦЬКИЙ, О.Б. СВЕТЛОВСЬКИЙ, В.О. ХАРЖЕВСЬКИЙ КІНЕТОСТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ ЧЕБИШЕВА ІЗ ЗУПИНКОЮ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ	15
І. М. ПАСТУХ МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ КАМЕР ДЛЯ ВАКУУМНО-ДИФУЗІЙНИХ ГАЗОРОЗРЯДНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ	20
І.П. МОМОТ НОВИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ ХАРАКТЕРИСТИЧНОГО ПОЛІНОМА МАТРИЦІ	38
О.В. ДИХА РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ ЗМАЩЕНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА СХЕМОЮ КУЛЯ-КІЛЬЦЕ	43
А. Н. ЕВДОКИМОВА, Є.В. БАБИНЕЦ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТЕМПЕРАТУР ПРИ РОЗРІЗУВАННІ ЗАГОТОВОК ДВОМА ФРИКЦІЙНИМИ ДИСКАМИ АБО АБРАЗИВНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ	45
О. М. СИНЮК МОДЕЛЮВАННЯ ПЛИНУ РІДИН З В'ЯЗКІСТЮ, ЩО ЗАЛЕЖИТЬ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ	51
Є.А. УРБАНИЮК ПРОБЛЕМИ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ І КОНСТРУЮВАННЯ ВУЗЛІВ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ З ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ	54
В.П. СВІДЕРСЬКИЙ, Л.М. КИРИЧЕНКО, О.О. ПІДПАЙЛО ВОДЯНІ НАСОСИ АВТОМОБІЛІВ. ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ВОДЯНОГО НАСОСА АВТОМОБІЛЯ "МОСКВІЧ-2141"	57
В.О. ПРИВАЛА, А.А. МИЧКО ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ НА ЇХ КАПЛЯРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВІДОМЛЕННЯ І	61
Н. В. МИХАЙЛОВА, А. А. МИЧКО АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НИТКОВОГО З'ЄДНУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ	64
В.І КРАВЦОВ., Н.М. ЗАЩЕПКІНА, О.М.НЕДБАЙЛО ПРОСТОРОВЕ ДЕФОРМУВАННЯ КАНАТА З УРАХУВАННЯМ ВЗАЄМОДІЇ ВИТКІВ У ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ	66
І.П ГАМЕЛЯК ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ АКУСТИЧНИМ СПОСОБОМ	70
С.Н. БІРЮКОВ, Г.С. САРІБЕКОВ НАДАННЯ СТІЙКОГО ЕФЕКТУ ГІДРОФОБНОСТІ ТКАНИНАМ ІЗ СУМІШІ ЦЕЛЮЛОЗНИХ І ПОЛІЕФІРНИХ ВОЛОКОН	76
О.П. ГЛАДУН, А.Л. СЛАВІНСЬКА РОЗРОБКА ПАРАМЕТРИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАРМОНІЙНОЇ ФІГУРИ ЖІНКИ	81
О.П. КОЧЕТОВ, М.Є. СКИБА, В.О. ГУЛЯЄВА ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СПЕЦОДЯГУ МЕТАЛУРГІВ	86

Г.І. ПАВЛЕНКО, Б.Ф. ППА СИСТЕМА ГАЛЬМУВАННЯ КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ З ПНЕВМАТИЧНИМИ ГАЛЬМАМИ	91
А.К. КАРМАЛІТА, Д.В. ПРИБЕГА, О.С. ПОЛЩУК ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	94
В.М. БАНДУРА, І.П. ПАЛАМАРЧУК ОЦІНКА ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОЇ СИРОВИНИ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ	97
В.В. ТУРИЧ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКУ ПІД УЛЬТРАЗВУКОВЕ ВИГЛАДЖУВАННЯ З ПОПЕРЕДНІМ ЗАЗОРОМ	101
В. Ф. БАРДАЧЕНКО, В. М. ТОМАШОВ, В. П. ДРОБИНОВ ЕКОНОМІЧНА КОНЦЕПЦІЯ БЕЗПЕКИ ЮРИДИЧНИХ ТА ФІЗИЧНИХ ОСІБ, ЩО ДОСЯГАЄТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ОХОРОННИХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЮЧИХ ЗАМКИ	103
М.О. ОХРЕМЧУК ТЕРМОЦИКЛІЧНА ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ КЛАСУ «ВАЛ», ВІДНОВЛЕНИХ КОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ МЕТАЛЕВИМИ СТРІЧКАМИ	106
В.В. КУХАР, К.К. ДІАМАНТОПУЛО НЕРІВНОМІРНІСТЬ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ОДЕРЖАННІ ПРОФІЛЬОВАНОЇ ЗАГОТОВКИ ОСАДЖУВАННЯМ ІЗ УТРАТОЮ СТІЙКОСТІ	109
О.В. ЧЕПЕЛЮК МІНІМАЛЬНО НЕОБХІДНИЙ ЗАПРАВНИЙ НАТЯГ НИТОК ОСНОВИ НА ТКАЦЬКИХ ВЕРСТАТАХ	114
В. В. МИЦА ПРОБЛЕМИ АДАПТАЦІЇ ІНОЗЕМНИХ СИСТЕМ РОЗМІРІВ ОДЯГУ ДЛЯ ЕКСПОРТНОГО ВИРОБНИЦТВА В ШВЕЙНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ ПОВІДОМЛЕННЯ №1	117
В.Г.ЗДОРЕНКО АНАЛІЗ РОБОТИ МЕХАНІЗМІВ ПОДАЧІ ОСНОВИ, ВІДТЯЖКИ ТА НАКАТКИ ПОЛОТНА ПРИ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ	119
Н.В. КУДРЯВЦЕВА, К.І. БОНДАР, Л.А. СМАЛКІВСЬКА ФОРМЕНІЙ ДИТЯЧИЙ ОДЯГ І НАПРЯМКИ ЙОГО УДОСКОНАЛЕННЯ	129
В.М. ЛОЗА, Т.С. ШОСТАК ПОЛІМОРФНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПОЛІКАПРОАМІДУ В КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОЛІКАПРОАМІД - ПЕК ВОЛОКНАХ	131
Г. І. РАДЕЛЬЧУК АДАПТИВНО-ПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ГРУПОВОГО НАВЧАННЯ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ	133
Л.С.СТЕПАНОВА, О.С.ФУРМАН, Г.Г. ЗАСПА ПОРІВНЯННЯ МІУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СУЧАСНИХ ПРАЛЬНИХ ЗАСОБІВ	136
Н.С. ХРАМОВА, В.І. БЕГНЯК БЕЗКОНТАКТНИЙ СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ УМОВНОЇ РОЗГОРТКИ БОКОВОЇ ПОВЕРХНІ ВЗУТТЄВОЇ КОЛОДКИ. ПОБУДОВА «КІСТЯКА» ПОВЕРХНІ ВЗУТТЄВОЇ КОЛОДКИ ПОВІДОМЛЕННЯ 1	138

О.Р. МОКРОУСОВА, Г.В. ЦИМЕНКО ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ШУБНОЇ ОВЧИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИРКОНІЄВИХ ДУБИТЕЛІВ	140
О.Д. ОРЛОВА, В.А. ЖУРАВСЬКИЙ, О.С. РОМАНЬ РОЗРОБКА СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЇ “ОКТОЛЕН” ДЛЯ ОЗДОБЛЮВАННЯ ШКІР	142
А.А.ГОРБАЧОВ ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРАХУНКІВ У ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ШКІР	145
А.Г. ДАНИЛКОВИЧ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОВЧИН, ЖИРОВАНИХ ГЛІКОЛЕВИМИ ЕСТЕРАМИ	150
Ю.І. ФОРДЗЮН, І.Г. КРИВИЧ, В.Я. ПОДУБИНСЬКИЙ ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКОПОДІБНОГО ПРИРОДНОГО МІНЕРАЛУ ЦЕОЛІТУ ДЛЯ НАПОВНЕННЯ КАРТОНІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	152
Г.Т. БУБЕНЩИКОВА, С.А. КАРВАН ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЗМІН У ВОВНЯНИХ МАТЕРІАЛАХ ПРИ БАГАТОКРАТНОМУ ХІМІЧНОМУ ЧИЩЕННІ	155
В.І. СЕМЕНЮК, В.А. ВЕНГРЖАНОВСЬКИЙ, Л.І. ГАНЗЮК, В.В. СЕМЕНЮК ШЛЯХИ ГУМАНІТАРИЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ	157
А.М. ШОСТАЧУК КОНВЕКТИВНО-НАДВИСОКОЧАСТОТНЕ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ ДУБА: ЕНЕРГЕТИЧНІ АСПЕКТИ	161
К.М. ЛУКАСИК ГОМОГЕНІЗАЦІЯ ПЮРЕПОДОБНИХ ФРУКТОВО-ОВОЦЬНИХ СОКОВ	164
О.В. ПОРКУЯН МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПСЕВДОПРУЖНОГО ПОВОДЖЕННЯ СПЛАВІВ У ПРОЦЕСІ ІЗОТЕРМІЧНОГО МАРТЕНСІТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ	169
О.В. ПОРКУЯН МЕХАНІЗМ ПЕРЕОРІЄНТАЦІЇ МАРТЕНСІТНОЇ ФАЗИ ПІД ДІЄЮ ЗОВНІШНІХ НАПРУГ	171
О.В. ПОРКУЯН ЗВЕРХПРУЖНІСТЬ АУСТЕНІТНИХ СПЛАВІВ У ХОДІ МАРТЕНСІТНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ	173
А.Р.МАРЧУК, Г.Б.ПАРАСКА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДАТЧИКА ШВИДКОСТІ НИТОК ОСНОВИ В’ЯЗАЛЬНИХ МАШИН ...	176
П.М. СОПРУНЮК, В.М. ЮЗЕВИЧ, Я.Є. ПІДГІРНЯК МОРСЬКИЙ МОДУЛЯЦІЙНИЙ СЕНСОР ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ТА ЙОГО ФАЗОЧАСТОТНІ ВЛАСТИВОСТІ	180
Г.Б.ПАРАСКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВАГОВИХ СТАБІЛІЗАТОРІВ СЕРЕДНЬОГО НАТЯГУ НИТОК ОСНОВИ В’ЯЗАЛЬНИХ МАШИН	182
М.В.МАТІЙШИН МЕТОДИКА ВИПРОБОВУВАНЬ НА ВИТРИВАЛІСТЬ КАНАТНОГО ДРОТУ ПРИ СКЛАДНОМУ НАПРУЖЕНОМУ СТАНІ	184

С. ДИЛЮНАС, Т. КЛЯВЯЦКАС, Й. ЛЮКАЙТИС, В.М. ЦИМБАЛЮК ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МЯГКИХ ПОДОШВАХ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	187
В.П. РОЙЗМАН, І.І. КОВТУН, С.А. ПЕТРАЩУК РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНЬ В СИСТЕМІ КОМПАУНД – ЕЛЕКТРОННИЙ ЕЛЕМЕНТ ПРИ ТЕРМОУДАРАХ	189
В.П. РОЙЗМАН, І.І. КОВТУН, А.В. ГОРОШКО ЛОКАЦІЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДЕФЕКТІВ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ	195
В.П. КОНОВАЛ, Ю.М. ПИЛИПЕНКО, Г.В. ПОЛІЩУК ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАХВАТУ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХУ ВЗУТТЯ ЗІ СТОСУ ПОВІДОМЛЕННЯ 4	201
В.В. СТРЕЛЬБЦЬКИЙ, А.М. ТАРАНЕНКО, Р.С. ЖУК НЕБЕЗПЕКИ ПРИ АВАРІЯХ І ВИКИДАХ НА РАДІАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТАХ	203
О.П. ТЕРЕЩЕНКО ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ГОЛОВНОГО ВАЛА ШВЕЙНОЇ МАШИНИ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ	205
І.В. ТРОЦИШИН ЗАСТОСУВАННЯ ВИМІРЮВАЧІВ ПОВНИХ ФАЗОВИХ ЗСУВІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСТАБІЛЬНОСТІ ОПОРНИХ ГЕНЕРАТОРІВ	207
П. ВАСИЛЮК КОРОЗІЙНА ТРИВКІСТЬ ЗАЛІЗОХРОМОВИХ СПЛАВІВ У СИЛКАТНИХ РОЗПЛАВАХ	211
АКАДЕМІКУ НАН УКРАЇНИ МИКОЛІ ВАСИЛЬОВИЧУ НОВІКОВУ – 70 РОКІВ	214

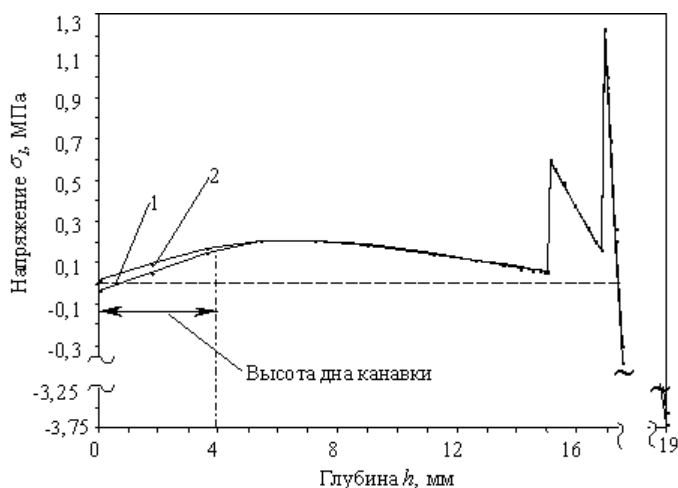


Рис. 4. Распределение напряжений по толщине низа обуви в сечении по оси выступов: 1 - подошва с закругленными канавками; 2 - подошва с незакругленными канавками

В сечении по оси выступов подошвы напряжения имеют экстремум (рис. 4) на уровне 1,5 – 2 мм выше дна канавок. На ходовой поверхности подошвы напряжения являются незначительными, особенно на углах выступов.

С уменьшением толщины подошвы нейтральная линия напряжений приближается к центру жесткой стельки. Деформация растяжения слоев стельки со стороны подошвы увеличивается до 1,5 %. Очевидно, что вместе с ней увеличивается и пластическая составляющая деформации. Накапливаясь при носке обуви, пластическая деформация может существенно влиять на утомление подошвы и вызывать ее разрушение.

Аналогичное распределение напряжений по толщине низа обуви было получено и при других величинах толщины подошвы, ширины канавок и выступов, глубины канавок и радиуса закругления дна канавок. Во всех случаях менялась лишь величина напряжений.

Для проверки полученных результатов распределение напряжений в образцах аналогичной конструкции (рис. 1) определили методом фотоупругости [4]. Максимальное расхождение экспериментальных и расчетных значений напряжений не превышало 11 %.

Таким образом установлено, что жесткая стелька увеличивает напряженность подошвы более чем в два раза по сравнению с мягкой стелькой. Наличие рисунка на ходовой поверхности подошвы увеличивает концентрацию напряжений еще в несколько раз.

Литература

1. Обувь кожаная. Ч. 1.- М.: Издательство стандартов, 1977 - 504 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир, 1975. - 541 с.
3. Chandrupatla T. R., Belegundu A. D. Introduction to Finite Elements in Engineering. - New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1991. – 414 p.
4. Асаткин Б. С., Кудрин А. Б., Любанов М. Н. и др. Экспериментные методы исследования деформаций и напряжений. - Киев: Наукова думка, 1977. – 182 с.

Надійшла 8.12.2001 р.

УДК 621.396.6 :539.4

В.П. РОЙЗМАН, І.І. КОВТУН, С.А. ПЕТРАЦУК
Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНЬ В СИСТЕМІ КОМПАУНД – ЕЛЕКТРОННИЙ ЕЛЕМЕНТ ПРИ ТЕРМОУДАРАХ

В результаті рішення задачі нестационарного радіального розподілу температур в електронному елементі і композиті, що знаходяться у складі композитованого мікро модуля, отримані формули для розрахунку внутрішніх радіальних і тангенціальних напружень.

Сучасний розвиток радіоелектроніки з використанням новітніх інтегральних і модульних схем, прагнення до мікромініатюризації для досягнення в малих габаритах і легких виробках більших компактностей

монтажу поставило перед її створювачами ряд нових задач, одна з яких - забезпечення механічної міцності і надійності.

Значна кількість конструкцій сучасних радіоелектронних пристроїв являють собою заполімеризований брусок компаунда з численними включеннями у вигляді різномірних елементів, плат із контактними виводами і можуть розглядатися як єдине тіло, що складається з великої кількості неоднорідних матеріалів, об'єднаних в одне ціле (рис.1).

При експлуатації таких виробів радіоелектроніки з нових неметалевих матеріалів із недостатньо вивченими фізико-механічними характеристиками в різноманітних об'єктах техніки: літаках, ракетах, машинах, судах, радіолокаційних станціях і інших - в умовах великих перепадів температур (термоударів - від -60°C до +70°C) виникають напруження, що призводять до поломок електронних елементів або до втрати герметичності через руйнування компаунда.

Для розрахунку напружень, які виникають в електронних елементах, що мають форму тіл обертання (резисторах, конденсаторах, діодах і т.д.) і виділеному шарі компаунда, у загальному виді обґрунтована можливість використання теорії Ляме-Гадоліна [1]. Електронний елемент і виділений навколо нього шар компаунда розглядаються як скріплені товстостінні циліндри (рис. 2, 3).

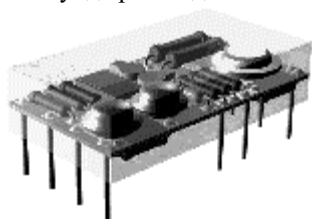


Рис. 1. Мікромодуль

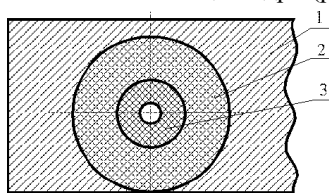


Рис. 2. Утворення розрахункової схеми (1 – компаунд; 2 – виділений компаундний циліндр; 3 – електронний елемент).

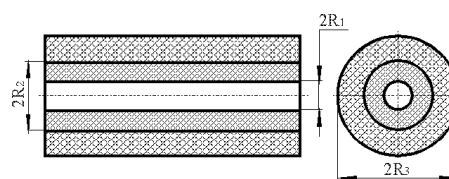


Рис. 3. Схема електронного елемента, оточеного шаром компаунда

У випадку, коли деталь нагрівається (охолоджується) спільні радіальні σ_r і тангенціальні σ_t напруження знаходяться як сума напружень від контактної тиску P , що виникає на межі компаунд - електронний елемент при зміні температури, і напружень, які виникають від нерівномірності розподілу температури в електронному елементі :

$$\sigma_{r1} = \frac{E_1}{1-\mu_1} \left[-\frac{1}{r^2} I_1 + \frac{r^2 - R_1^2}{r^2(R_2^2 - R_1^2)} I_2 \right] + \frac{PR_2^2}{R_2^2 + R_1^2} \left[\frac{R_1^2}{r^2} - 1 \right]; \quad (1)$$

$$\sigma_{t1} = \frac{E_1}{1-\mu_1} \left[\frac{1}{r^2} I_1 + \frac{r^2 + R_1^2}{r^2(R_2^2 + R_1^2)} I_2 - \alpha_1 \Delta T_1 \right] - \frac{PR_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left(1 + \frac{R_1^2}{r^2} \right), \quad (2)$$

і в компаунді :

$$\sigma_{r2} = \frac{E_2}{1-\mu_2} \left[-\frac{1}{r^2} I_3 + \frac{r^2 - R_2^2}{r^2(R_3^2 - R_2^2)} I_4 \right] + \frac{PR_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \left[1 - \frac{R_3^2}{r^2} \right]; \quad (3)$$

$$\sigma_{t2} = \frac{E_2}{1-\mu_2} \left[\frac{1}{r^2} I_3 + \frac{r^2 + R_2^2}{r^2(R_3^2 - R_2^2)} I_4 - \alpha_2 \Delta T_2 \right] + \frac{PR_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \left(1 + \frac{R_3^2}{r^2} \right), \quad (4)$$

де μ_1, μ_2 - коефіцієнти Пуассона матеріалів електронного елемента і компаунда відповідно;
 E_1, E_2 - модулі пружності першого роду матеріалів електронного елемента і компаунда;
 α_1, α_2 - коефіцієнти лінійного теплового розширення матеріалів електронного елемента і компаунда;
 R_1, R_2 - внутрішній і зовнішній радіуси електронного елемента;
 R_2, R_3 - внутрішній і зовнішній радіуси виділеного компаундного циліндра;
 r, R - змінні радіуси : $R_1 \leq r \leq R_2, R_2 \leq R \leq R_3$;

$$I_1 = \int_{R_1}^r \alpha_1 \cdot \Delta T_1 \cdot r \cdot dr, \quad I_2 = \int_{R_1}^{R_2} \alpha_1 \cdot \Delta T_1 \cdot r \cdot dr, \quad I_3 = \int_{R_2}^r \alpha_2 \cdot \Delta T_2 \cdot r \cdot dr, \quad I_4 = \int_{R_2}^{R_3} \alpha_2 \cdot \Delta T_2 \cdot r \cdot dr - \text{температурні}$$

інтеграли;

P - контактний тиск :

$$P = \frac{2E_1 E_2 \left[(1+\mu_1)(R_3^2 - R_2^2) \cdot I_2 - (1+\mu_2)(R_2^2 - R_1^2) \cdot I_4 \right]}{E_2 (R_3^2 - R_2^2) \cdot \left[(1+\mu_1)R_1^2 + (1-\mu_1)R_2^2 \right] + E_1 (R_2^2 - R_1^2) \cdot \left[(1+\mu_2)R_3^2 + (1-\mu_2)R_2^2 \right]}. \quad (5)$$

Перепади температур ΔT_1 , ΔT_2 , які входять у формули температурних інтегралів (і напружень σ_{t_1} і σ_{t_2}), визначаються як $\Delta T_1 = T_{ел}(r, t) - T_0$, $\Delta T_2 = T_{ком}(r, t) - T_0$, де $T(r, t)$ - це температура циліндричної поверхні радіуса r в момент часу t , t - час, що відраховується з моменту перенесення виробу зі сталой позитивної T_0 у камеру холоду з температурою $T_1 = -60^\circ C$. У розрахунках T_0 приймаємо за початкову температуру тіла.

Для розрахунку по формулах (1) - (5) необхідно обчислити температурні інтеграли I_1, I_2, I_3, I_4 , для чого необхідно знати розподіл температури по радіусу електронного елемента і компаунда в будь-який момент часу t .

Отже розглянемо радіальний розподіл температури в циліндрі електронного елемента, що знаходиться в об'ємі компаундованого мікро модуля, при зміні температури від $T_0 = +70^\circ C$ до температури зовнішнього середовища $T_1 = -60^\circ C$. При цьому температури на граничних поверхнях радіусів R_1 і R_2 позначимо T_a і T_b відповідно.

Диференціальне рівняння, що описує несталий радіальний розподіл температури в товстостінному циліндрі [2], має вигляд :

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} - \frac{1}{\chi_1} \frac{\partial T}{\partial t} = 0, \quad R_1 < r < R_2 \quad (6)$$

де χ_1 - коефіцієнт теплопровідності електронного елемента.

У нашому випадку розв'язувати це рівняння необхідно :

$$\text{- при граничних умовах} \quad T|_{r=R_1} = T_a(t), \quad T|_{r=R_2} = T_b(t); \quad (7)$$

$$\text{- при початковій умові} \quad T|_{t=0} = T_0, \quad (8)$$

Для спрощення поставленої задачі розіб'ємо її на дві більш прості задачі. Нехай :

$$T = T_y(r) + T_n(r, t), \quad (9)$$

де T_y - функція тільки від r ;

T_n - функція перемінних r, t .

Функція $T_y(r)$ не залежить від часу й задовільняє диференціальному рівнянню :

$$\frac{\partial^2 T_y}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_y}{\partial r} = 0, \quad R_1 \leq r \leq R_2, \quad (10)$$

$$\text{при граничних умовах :} \quad T_y|_{r=R_1} = T_a(t), \quad T_y|_{r=R_2} = T_b(t). \quad (11)$$

Для розв'язання диференціального рівняння (10) із граничними умовами (11) було запропоновано використовувати принцип Дюамеля [2], відповідно до котрого увесь проміжок часу остигання розбивається на малі інтервали (у нашому випадку $\Delta t = 1c$), у яких граничні умови передбачаються постійними, тобто не залежними від часу, а температури T_a і T_b в кінці кожного інтервалу часу визначаються за законом розподілу температури [3, 4] у компаундованому мікро модулі з розмірами $-a \leq x \leq a$, $-b \leq y \leq b$, $-c \leq z \leq c$:

$$T_{a_i} = T|_{R=R_1} = (T_0 - T_1) \cdot \Phi\left(\frac{a - |x_c + R_1|}{2\sqrt{\chi \cdot t_i}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{b - |y_c|}{2\sqrt{\chi \cdot t_i}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{c - |z_c|}{2\sqrt{\chi \cdot t_i}}\right) + T_1; \quad (12)$$

$$T_{b_i} = T|_{R=R_2} = (T_0 - T_1) \cdot \Phi\left(\frac{a - |x_c + R_1|}{2\sqrt{\chi \cdot t_i}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{b - |y_c|}{2\sqrt{\chi \cdot t_i}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{c - |z_c|}{2\sqrt{\chi \cdot t_i}}\right) + T_1, \quad (13)$$

де t_i - кінець i -го інтервалу;

T_{a_i}, T_{b_i} - температури поверхонь R_1 і R_2 відповідно на i -му інтервалі;

$\Phi(x), \Phi(y), \Phi(z)$ - функції Лапласа;

x_c, y_c, z_c - координати центру ваги виділеного в компаундованому мікро модулі електронного елемента.

З урахуванням цього граничні умови для задачі, що розглядається, можна сформулювати таким чином:

$$T_{y_i}|_{r=R_1} = T_{a_i}, \quad T_{y_i}|_{r=R_2} = T_{b_i}.$$

І тепер перший член рівняння (9) $T_y(r)$ точніше позначати як $T_{y_i}(r)$, бо він являє собою розподіл

температури на i -му інтервалі часу між поверхнями $r = R_1$ з температурою T_{a_i} і $r = R_2$ з температурою T_{b_i} і має вигляд:

$$T_{y_i}(r) = \frac{T_{b_i} \ln \frac{r}{R_1} - T_{a_i} \ln \frac{r}{R_2}}{\ln \frac{R_2}{R_1}}. \quad (14)$$

Другий член рівняння (9), тобто функція $T_n(r, t)$ задовольняє рівнянню [2]:

$$\frac{\partial^2 T_n}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_n}{\partial r} = \frac{1}{\chi_1} \frac{\partial T_n}{\partial t}, \quad (15)$$

при початковій умові:

$$T_n|_{t=0} = T_0 - T_{y_i}(r) \quad (16)$$

і граничних умовах:

$$T_n|_{r=R_1} = 0; \quad T_n|_{r=R_2} = 0. \quad (17)$$

Розв'язок рівняння (15), що задовольняє початковій умові (16) і граничним умовам (17), має вид:

$$T_n(r, t) = \pi \sum_{n=1}^5 \left[\frac{T_0}{J_0(\lambda_n R_1) + J_0(\lambda_n R_2)} - \frac{T_{b_i} \cdot J_0(\lambda_n R_1) - T_{a_i} \cdot J_0(\lambda_n R_2)}{J_0^2(\lambda_n R_1) - J_0^2(\lambda_n R_2)} \right] \cdot J_0(\lambda_n R_1) \cdot e^{-\chi_1 \lambda_n^2 t} \cdot U_0(\lambda_n r), \quad (18)$$

де $U_0(\lambda r) = J_0(\lambda r) Y_0(\lambda R_2) - J_0(\lambda R_2) Y_0(\lambda r)$ - циліндрична функція, яка задовольняє граничним умовам (17); $J_0(\lambda r)$ - функція Бесселя 1-го роду нульового порядку; $Y_0(\lambda r)$ - функція Бесселя 2-го роду нульового порядку; λ - дійсний корінь рівняння $J_0(\lambda R_1) Y_0(\lambda R_2) - J_0(\lambda R_2) Y_0(\lambda R_1) = 0$.

Склавши відповідно до (9) розв'язок (14) задачі для $T_{y_i}(r)$ і розв'язок (18) задачі $T_n(r, t)$, отримаємо температурний розподіл по радіусу електронного елемента в будь-який момент часу термоудара:

$$T_{en}(r, t) = \pi \sum_{n=1}^5 \left(\frac{T_0}{J_0(\lambda_n R_1) + J_0(\lambda_n R_2)} - \frac{T_{b_i} J_0(\lambda_n R_1) - T_{a_i} J_0(\lambda_n R_2)}{J_0^2(\lambda_n R_1) - J_0^2(\lambda_n R_2)} \right) \times \\ \times J_0(\lambda_n R_1) \cdot e^{-\chi_1 \lambda_n^2 t} \cdot U_0(\lambda_n r) + \frac{T_{b_i} \ln \frac{r}{R_1} - T_{a_i} \ln \frac{r}{R_2}}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (19)$$

Аналогічно розв'язуємо задачу несталої радіальної розподілу температури в обумовлено виділеному шарі компаунда з внутрішнім і зовнішнім радіусами R_2 і R_3 відповідно (товщина шару компаунда визначається із співвідношення $R_3 \geq 4R_2$ [1]), коефіцієнтом теплопровідності χ_2 , температурами граничних поверхонь R_2 і R_3 рівними T_b і T_c відповідно.

Температурний розподіл по радіусу виділеного компаундного циліндра визначається виразом:

$$T_{ком}(r, t) = \pi \sum_{n=1}^5 \left(\frac{T_0}{J_0(\lambda_n R_2) + J_0(\lambda_n R_3)} - \frac{T_{c_i} J_0(\lambda_n R_2) - T_{b_i} J_0(\lambda_n R_3)}{J_0^2(\lambda_n R_2) - J_0^2(\lambda_n R_3)} \right) \times \\ \times J_0(\lambda_n R_2) e^{-\chi_2 \lambda_n^2 t} \cdot U_0(\lambda_n r) + \frac{T_{c_i} \ln \frac{r}{R_2} - T_{b_i} \ln \frac{r}{R_3}}{\ln \frac{R_3}{R_2}}. \quad (20)$$

Отримані закони (19) - (20) дають можливість визначати температурний розподіл по радіусах електронного елемента і компаунда в будь-який момент часу t .

Тепер, підставивши в інтеграли I_1 , I_2 , I_3 , I_4 отримані формули температурного розподілу в електронному елементі (19) і компаунді (20), одержимо:

- для електронного елемента:

$$I_1 = \alpha_1 \pi \sum_{n=1}^5 \left(\frac{T_0}{J_0(\lambda_n R_1) + J_0(\lambda_n R_2)} - \frac{T_{b_i} J_0(\lambda_n R_1) - T_{a_i} J_0(\lambda_n R_2)}{J_0^2(\lambda_n R_1) - J_0^2(\lambda_n R_2)} \right) \times \\ \times (r(Y_0(\lambda_n R_2) J_1(\lambda_n r) - J_0(\lambda_n R_2) Y_1(\lambda_n r)) - R_1(Y_0(\lambda_n R_2) J_1(\lambda_n r) - J_0(\lambda_n R_2) Y_1(\lambda_n R_1))) \times \\ \times \frac{1}{\lambda_n^2} J_0(\lambda_n R_1) \cdot e^{-\chi_1 \lambda_n^2 t} + \frac{\alpha_1}{2} \left[r^2 \frac{T_{b_i} \ln \frac{r}{R_1} - T_{a_i} \ln \frac{r}{R_2}}{\ln \frac{R_2}{R_1}} - T_{a_i} R_1^2 - (r^2 - R_1^2) \left(\frac{T_{b_i} - T_{a_i}}{2 \ln \frac{R_2}{R_1}} + T_0 \right) \right], \quad (21)$$

$$I_2 = 2\alpha_1 \pi \sum_{n=1}^5 \frac{T_0 (J_0(\lambda_n R_1) - J_0(\lambda_n R_2)) - T_{b_i} J_0(\lambda_n R_1) + T_{a_i} J_0(\lambda_n R_2)}{\lambda_n^2 (J_0(\lambda_n R_1) + J_0(\lambda_n R_2))} \times \\ \times e^{-\chi_1 \lambda_n^2 t} + \frac{\alpha_1}{2} \left[(T_{b_i} R_2^2 - T_{a_i} R_1^2) - (R_2^2 - R_1^2) \left(\frac{T_{b_i} - T_{a_i}}{2 \ln \frac{R_2}{R_1}} + T_0 \right) \right]; \quad (22)$$

- для компаунда :

$$I_3 = \alpha_2 \pi \sum_{n=1}^5 \left(\frac{T_0}{J_0(\lambda_n R_2) + J_0(\lambda_n R_3)} - \frac{T_{c_i} J_0(\lambda_n R_2) - T_{b_i} J_0(\lambda_n R_3)}{J_0^2(\lambda_n R_2) - J_0^2(\lambda_n R_3)} \right) \times \\ \times (r(Y_0(\lambda_n R_3) J_1(\lambda_n r) - J_0(\lambda_n R_3) Y_1(\lambda_n r)) - R_2(Y_0(\lambda_n R_3) J_1(\lambda_n r) - J_0(\lambda_n R_3) Y_1(\lambda_n R_2))) \times \\ \times \frac{1}{\lambda_n^2} J_0(\lambda_n R_2) \cdot e^{-\chi_2 \lambda_n^2 t} + \frac{\alpha_2}{2} \left[r^2 \frac{T_{c_i} \ln \frac{r}{R_2} - T_{b_i} \ln \frac{r}{R_3}}{\ln \frac{R_3}{R_2}} - T_{b_i} R_2^2 - (r^2 - R_2^2) \left(\frac{T_{c_i} - T_{b_i}}{2 \ln \frac{R_3}{R_2}} + T_0 \right) \right], \quad (23)$$

$$I_4 = 2\alpha_2 \pi \sum_{n=1}^5 \frac{T_0 (J_0(\lambda_n R_2) - J_0(\lambda_n R_3)) - T_{c_i} J_0(\lambda_n R_2) + T_{b_i} J_0(\lambda_n R_3)}{\lambda_n^2 (J_0(\lambda_n R_2) + J_0(\lambda_n R_3))} \times \\ \times e^{-\chi_2 \lambda_n^2 t} + \frac{\alpha_2}{2} \left[(T_{c_i} R_3^2 - T_{b_i} R_2^2) - (R_3^2 - R_2^2) \left(\frac{T_{c_i} - T_{b_i}}{2 \ln \frac{R_3}{R_2}} + T_0 \right) \right]. \quad (24)$$

Підставляючи обчислені інтеграли (21) - (24) у формули (1) - (5), можна знайти значення напружень σ_r і σ_θ , які виникають в електронному елементі і компаунді, у різноманітні моменти часу термоудара.

Для розрахунку напружень σ_r і σ_θ , що виникають в електронному елементі і компаунді при несталій температурі, створена прикладна програма в середовищі MATHCAD. Програма дозволяє одержувати графіки розподілу радіальних σ_r і тангенціальних σ_θ напружень по радіусах компаундного циліндра й електронного елемента в різноманітні моменти часу.

Далі на прикладі резистора ОМЛТ - 0,125, що знаходиться в складі стандартного мікро модуля, герметизованого компаундом типу ЭЗК - 25, розглянемо розподіл окружних і радіальних напружень, які виникають при переносі мікро модуля з температури полімеризації $T_0 = +70^\circ\text{C}$ у термостат із мінімальною від'ємною температурою $T_1 = -60^\circ\text{C}$. Один із варіантів розташування резистора в гермомодулі, при не симетричному відносно осі шарі компаунда, поданий на рис.4, де внутрішній і зовнішній радіус резистора відповідно $R_1 = 0,2$ мм і $R_2 = 0,75$ мм, виділеного компаундного циліндра - $R_2 = 0,75$ мм і $R_3 = 3,8$ мм. Розміри мікро модуля (мм) $21 \times 14 \times 8$. Фізико-механічні характеристики матеріалів резистора і компаунда: $\chi_1 = 0,18$ мм²/с, $\chi_2 = 0,414$ мм²/с, $\mu_1 = 0,292$, $\mu_2 = 0,3$, $E_1 = 13,1 \cdot 10^4$ Н/мм², $E_2 = 1,21 \cdot 10^4$ Н/мм², $\alpha_1 = 6 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, $\alpha_2 = 45 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹.

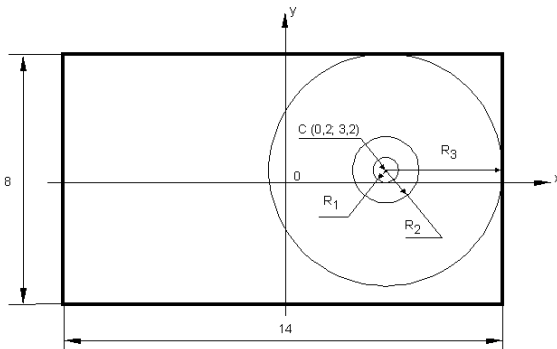


Рис. 4. Схема розташування резистора в мікромодулі

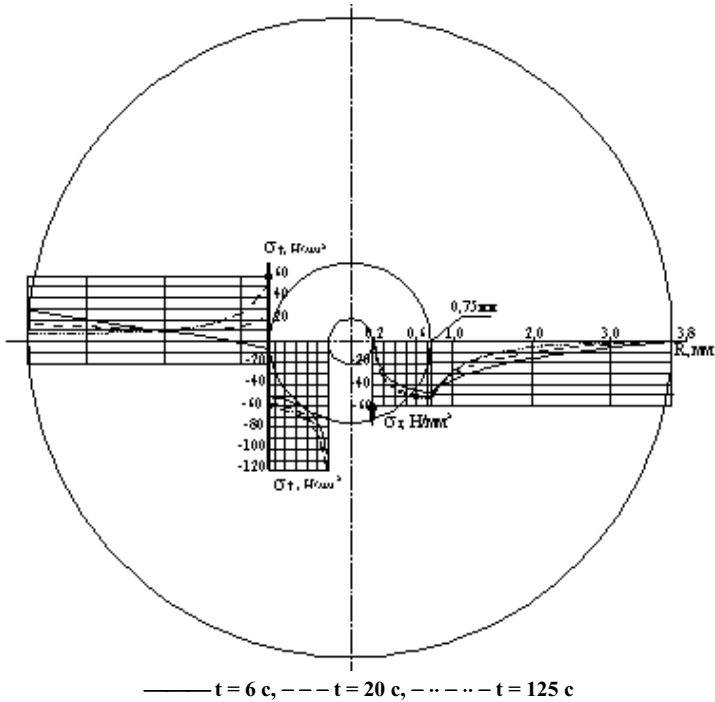


Рис. 5. Епюри радіальних і окружних напружень в матеріалах електронного елемента і компаунда в різні моменти часу

Епюри розподілу напружень у поперечному перерізі мікромодуля в межах обумовлено виділеного шару компаунда [1] показані на графіках (рис.5), де по осі абсцис відкладені значення радіусів резистора і компаунда, а по осі ординат - значення окружних σ_r і радіальних σ_x напружень, які виникають у матеріалах резистора і компаунда в вибрані моменти термоудару (6 с, 20 с, 125 с).

У резисторі обидва напруження стискуючі, причому $\sigma_r > \sigma_x$ (по абсолютній величині). Найбільшого значення напруження σ_r (по абсолютній величині) досягає на внутрішній поверхні резистора і звідси починається розвиток тріщини до остаточного руйнування резистора.

В компаунді напруження σ_r стискує, а σ_x у початкові моменти часу на внутрішній поверхні є стискуючим і растягуючим на зовнішній. З часом σ_x стають растягуючими і їх найбільші значення будуть на внутрішній поверхні. Напруження $\sigma_r > \sigma_x$ (по абсолютній величині). Тому, як і у резисторі, найбільш небезпечними точками є точки на внутрішній поверхні компаунда.

Крім того, і в резисторі, й у компаунді значення спільних радіальних і тангенціальних напружень збільшуються з часом, і при вирівнюванні температури в об'ємі всього мікромодуля досягають максимальні значень. Таким чином, максимальні значення напружень відповідають найбільшому перепаду температур (у нашому випадку $\Delta T = 130^\circ\text{C}$) при сталому температурному стані, коли температура всього виробу досягає -60°C .

Для цього сталого по радіусу електронного елемента і компаунда перепаду температур ΔT формули (1-5) для визначення напружень і контактного тиску спрощуються і набувають вигляду:

$$\begin{aligned} \sigma_{r1} &= -\frac{PR_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left(1 - \frac{R_1^2}{r^2}\right); & \sigma_{r2} &= -\frac{PR_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \left(\frac{R_3^2}{r^2} - 1\right); \\ \sigma_{t1} &= -\frac{PR_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left(\frac{R_1^2}{r^2} + 1\right); & \sigma_{t2} &= \frac{PR_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \left(\frac{R_3^2}{r^2} + 1\right); \\ P &= \frac{[(1+\mu_1)\alpha_1 - (1+\mu_2)\alpha_2]\Delta T}{\frac{(1+\mu_1)R_1^2 + (1-\mu_1)R_2^2}{E_1(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{(1+\mu_2)R_3^2 + (1-\mu_2)R_2^2}{E_2(R_3^2 - R_2^2)}}. \end{aligned} \quad (25)$$

Отримані формули використовуються в інженерних розрахунках для оцінювання міцності системи компаунд - виріб.

Оскільки матеріали резистора і компаунда знаходяться в складному напруженому стані, то висновок про їх міцність належить робити із застосуванням теорій міцності, а ще надійніше - порівнюючи максимальні експлуатаційні напруження в компаунді і резисторі з граничними, тобто руйнуючими, які виміряні в умовах напруженого стану, подібного експлуатаційному. Однак це зауваження виходить за межі даної статті і буде

розглянуто надалі.

Література

1. Ройзман В., Григоренко С. Міцність пасивних електронних компонентів, герметизованих компаундом, при термоударах // Вісник ДУ "Львівська політехніка" .- Радіоелектроніка та телекомунікації.- 2000. - №387. - С.265-270.
2. Карлсру Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. - М.: Наука, 1964.-488 с.
3. Камбург В.Г., Ковтун И.И., Григоренко С.А. Влияние температуры на механическую прочность пассивных электронных компонентов, герметизируемых компаундом // Надежность и качество .- Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. - 2000. - С.348-351.
4. Камбург В.Г. Григоренко С.А. Ковтун И.И. Моделирование температурных полей в сложных микромодулях, герметизируемых компаундом // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2000. - №6. - С.10-13.

Надійшла 27.11.2001 р.

УДК 621.01:620.179.1

В.П. РОЙЗМАН, І.І. КОВТУН, А.В. ГОРОШКО
Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

ЛОКАЦІЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДЕФЕКТІВ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Запропоновано спосіб локації джерел акустичної емісії (АЕ) у технічних об'єктах, поверхня яких містить матеріали з неоднаковими акустичними параметрами, триангуляційним акусто-емісійним методом і пристрій його реалізації - чотирьохканальний програмно-апаратний комплекс акустичної емісії, що містить чотири широкопasmових давача акустичної емісії, два вдосконалені двоканальні прилади реєстрації АЕ типу АФ-15 та персональний комп'ютер, як пристрій реєстрації опрацьованих сигналів та обробки отриманого інформаційного масиву з метою визначення координат місця дефекту.

В більшості акусто-емісійних систем, призначених для локації, давачі розташовуються на поверхні досліджуваного об'єкту [1,2,3]. Недоліком відомих способів локації є те, що при визначенні місцеположення акусто-емісійного джерела (АЕ-джерела) у деталях зі складною неоднорідною поверхнею, наприклад, при дослідженні міцності паяних з'єднань друкованих плат електронної техніки, поверхня яких містить значну кількість радіоелементів, металевих доріжок та отворів, що характеризуються неоднаковими акустичними властивостями (швидкість поширення, загасання ультразвукових хвиль і т. д.), часова різниця реєстрації давачами фронту хвилі від АЕ-джерела — залежить не лише від їх взаємної віддалі, але і від місця розташування давачів, що значно ускладнює процес визначення джерела хвилі. Врахування середньої швидкості поширення акустичних хвиль в матеріалі не дає бажаної точності локації дефектів. У відомих способах розташування давачів процес обчислення координат джерела АЕ зводиться до громіздких формул, в результаті чого приходиться застосовувати наближені обчислення, які ведуть до зростання похибки локації.

Авторами запропоновано спосіб принципового спрощення та підвищення точності визначення координат дефектів в деталях, поверхня яких містить матеріали з неоднаковими акустичними характеристиками [4, 5].

Поставлена задача досягається тим, що досліджуваний об'єкт разом з приймальними перетворювачами занурюється в однорідне плинне акустопрозорє середовище, з відомою швидкістю поширення ультразвукових хвиль, АЕ-давачі розміщуються на площині, відлеглій площині досліджуваної деталі на задану відстань так, щоб приймаюча поверхня давачів була спрямована в сторону поверхні деталі і хвиля напруг, створена АЕ-джерелом, поширювалась та приймалась давачами в об'ємі рідини. Давачі розміщуються на кінцях осей симетрії прямокутної площини, ідентичної за формою та розмірами до досліджуваної деталі. Фіксуються дві незалежні різниці часу приходу сигналу акустичної емісії на давач кожної пари. В плинному акустопрозорєму середовищі, наприклад рідині, затухання повністю визначається поглинанням, оскільки (в межах допуску), розсіяння енергії акустичних хвиль внаслідок відбиття від неоднорідностей середовища відсутнє.

Для реалізації даного способу створено чотирьохканальний програмно-апаратний комплекс акустичної емісії. Комплекс містить чотири широкопasmових АЕ-давача, два модифіковані двоканальні прилади реєстрації АЕ типу АФ-15 та персональний комп'ютер (ПК), як пристрій часової реєстрації опрацьованих сигналів та обробки отриманого інформаційного масиву з метою визначення координат місця дефекту (рис.1).

Для досягнення поставленої задачі були допрацьовані субблоки координат, амплітуд та суматора приладів АФ-15, а саме:

У журналі “Вісник Технологічного університету Поділля” №5, 2001 р. на сторінках 162, 163 та 164 була припущена помилка. Слово “пароутворення” скрізь слід читати як “пороутворення”.

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради ТУП, протокол №5 від 27.12.2001р.

Підп. До друку 24.11.2001р. Ум. друк арк. 24,76. Обл.-вид. арк. 24,15
Формат А4, папір офсетний. Друк різнографією.
Наклад 100, зам. №

Друк здійснено редакційно-видавничим центром Технологічного університету Поділля
з оригінал-макету, виготовленого редакцією журналу “Вісник Технологічного університету Поділля”
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1
тел (0382) 72-83-63