

нейтральним газом, и устанавливать непосредственно перед спуском в скважину. В особых случаях, когда материал выбран таким, что размеры уплотнения в рабочей жидкости или смазке меняются и стабилизируются со временем, упаковка должна быть заполнена рабочим агентом. Необходимо учитывать также, что резины способны поглощать газ, находящийся под высоким давлением, и вздуться при резком снижении давления окружающей среды вплоть до разрушения. Поэтому операции, связанные со снижением давления, если они не предшествуют ремонту и ревизии комплексов, следует проводить как можно медленнее [3].

Наиболее перспективно использование резиновых колец круглого сечения с прочным, химически и термически стойким покрытием типа тефлон (рис. 2 е). Создание хлоропреновых и кремнийорганических резин удерживающих температуры до 200 - 300°C позволяет утверждать, что резиновые кольца с пластмассовым покрытием могут заменить сложные сальниковые уплотнения. Заслуживает внимания разработка пластмассонаполненных резин с уменьшенным коэффициентом трения и рабочей температурой до 400°C.

Прогрессивным методом решения этой проблемы является ионно-плазменное напыление фторопласта,

проводимое на модернизированной установке УВМ-5, который позволяет соединить преимущества резинового и фторопластового колец в едином образце. Покрытие толщиной 2...3 мкм наносимое в низкотемпературной плазме тлеющего разряда, имеет хорошую адгезию к резине уплотнительных колец и не схватывается с поверхностью подвижных втулок. При этом на 1...2 порядка уменьшаются усилия страгивания и коэффициент трения. Инертное покрытие необходимо для повышения длительности хранения РТИ и ограничения их набухания в скважинных условиях, поэтому имеет неограниченное применение.

Литература

- 1 Червинский В.П., Ключко А.И., Гончаренко А.Е. «Комплекс подземного оборудования «Резерв – 3М». – М.: ВНИИЭ-Газпром «Транспорт и хранение газа» № 1, 1998. – 43 с.
- 2 Червинский В.П., Шлахтер И.С., Кушнарев В.Л., Бабий С.А. Патент Украины № 68261 А «Циркуляційний клапан». Бюл. № 7. – К., 2004. – 45 с.
- 3 Червинский В.П., Мельник Н.В. «Введение в специальность «Нафтогазова справа». Учебное пособие.». – Х, НТУ «ХПИ» 2009 г. 132 с.

Проводиться порівняння характеристик анізотропії міцності в площині армування склотекстолітів і органотекстолітів, а також здійснюється графічне відображення тензорів для уяочнення результатів математичних обчислень за допомогою пакета MathCad

Ключові слова: анізотропія міцності, графічна інтерпретація, тензори

Проводится сравнение характеристик анизотропии прочности в плоскости армирования стекло- и органотекстолитов, а также осуществляется графическое отображение тензоров для визуализации результатов математических расчетов при помощи пакета MathCad

Ключевые слова: анизотропия прочности, графическая интерпретация, тензоры

The characteristics of the anisotropy of strength in the plane of glass- and organotekstolits reinforcement are compared, there is also graphic representation of the tensors for the visualization of the results of mathematical calculations by the package MathCad

Keywords: anisotropy of strength, graphical interpretation, tensors

Постановка проблеми

Проблема полягає в проведенні аналізу анізотропії за результатами опису поверхонь міцності в n-просторі

напруг. Крім того, вкрай вагомою є проблема візуалізації. Доповнення дослідження наочними моделями з можливістю інтерактивного варіювання дозволяє глибше і швидше розкрити потенціал запропонованих

УДК 515.2:539.4.001

АНАЛІЗ ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ АНІЗОТРОПІЇ МІЦНОСТІ ТЕКСТОЛІТІВ

О.М. Гумен

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки

Національний технічний університет "Київський політехнічний інститут"

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03057

Контактний тел.: 063-490-91-95

E-mail: gumens@ukr.net

методів, забезпечити подальший розвиток даного напрямку досліджень.

Аналіз останніх досліджень

Питання анізотропії властивостей міцності армованих пластиків багаторазово розглядалося в літературі [1,2]. Але було встановлено, що оцінка анізотропії за експериментальними даними випробувань плоских зразків, вирізаних під різними кутами до напрямку армування, може привести до спотворених результатів. Враховуючи це, в даній роботі аналіз анізотропії проводився за результатами опису поверхонь міцності при плоскому напруженому стані, отриманих простим квазістатичним навантаженням в n-просторі напруг з застосуванням результатів досліджень структури і властивостей тензорів відображення [3].

Формулювання цілей статті

Ціллю даної статті є дослідження характеристик анізотропії міцності текстолітів, розрахунок і аналіз полярних діаграм, визначення коефіцієнтів анізотропії, розгляд основних властивостей тензорів та їх графічна інтерпретація за допомогою MathCad.

Основна частина

Об'єктом дослідження служать текстоліти на основі епоксидного зв'язуючого, армовані тканинами сатинового переплетіння із скляних і органічних ниток. Апроксимація експериментальних поверхонь міцності цих матеріалів при плоскому напруженому стані може бути здійснена рівнянням поверхні другого порядку у вигляді:

$$P_{11}\sigma_{11} + P_{22}\sigma_{22} + P_{1111}\sigma_{11}^2 + P_{2222}\sigma_{22}^2 + 4P_{1212}\sigma_{12}^2 + 2P_{1122}\sigma_{11}\sigma_{22} = 1, \tag{1}$$

де p – тензори другого і четвертого рангів, що визначають поверхню міцності в просторі напруг (тензори поверхні міцності); σ_{11} і σ_{22} – напруги, що діють у напрямках осей матеріала.

Маючи значення компонент тензорів міцності, із (1) знаходимо рівняння, що описує зміни міцності зразків, по-різному розташованих до осей матеріала. Розглянемо це на прикладі міцності на розтяг, стиснення і зсув у площині армування.

На доповнення до основної декартової системи координат, суміщеної з осями матеріала, введемо систему координат, що розташована в площині армування довільно – $\alpha, \beta = x, y$. Взаємне розташування цих осей визначається матрицями коефіцієнтів (косинусами кутів між осями) – $l_{\alpha i}$ ($\alpha = x, y; i = 1, 2$). У випадку плоского напруженого стану коефіцієнти l рівні:

$$l_{x1} = \cos\varphi; l_{y1} = -\sin\varphi; l_{x2} = \sin\varphi; l_{y2} = \cos\varphi, \tag{2}$$

де φ – кут між осями 1 і x (рис. 1).

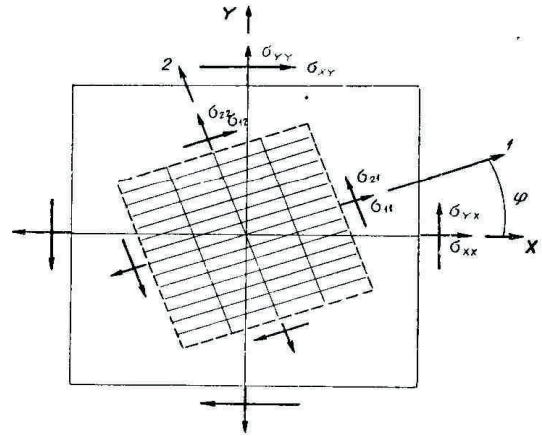


Рис. 1. Направлення осей основної та довільної системи координат

При повороті осей координат компоненти тензорів перетворюються:

$$P_{\alpha\beta} = P_{ij} l_{\alpha i} l_{\beta j}; \tag{3}$$

$$P_{\alpha\beta\gamma\delta} = P_{ijkl} l_{\alpha i} l_{\beta j} l_{\gamma k} l_{\delta l}.$$

Тоді рівняння поверхні з урахуванням (1) і (3) матиме вигляд:

$$P_{ij} \sigma_{\alpha i} l_{\alpha j} + P_{ijkl} \sigma_{\alpha i} \sigma_{\beta j} l_{\alpha k} l_{\beta l} = 1. \tag{4}$$

Розглянемо тепер випадок розтягу при $\sigma_{\alpha\beta} = \sigma_{xx}$; граничну напругу позначимо σ_{xx}^* . Перетворивши вираз (4) з урахуванням (2) для ортотропного матеріала отримуємо рівняння другого порядку відносно σ_{xx}^* :

$$\sigma_{xx}^{*2} (P_{1111} \cos^4 \varphi + P_{2222} \sin^4 \varphi + \frac{1}{2} P_{1122} \sin^2 2\varphi + P_{1212} \sin^2 2\varphi) + \sigma_{xx}^* (P_{11} \cos^2 \varphi + P_{22} \sin^2 \varphi) - 1 = 0. \tag{5}$$

Аналогічно для випадків стиснення і зсуву отримуємо відповідні рівняння відносно граничних напруг при стисненні σ_{xx}^* і зсуві σ_{xy}^* :

$$\begin{aligned} & \sigma_{xx}^{*2} (P_{1111} \cos^4 \varphi + P_{2222} \sin^4 \varphi + \frac{1}{2} P_{1122} \sin^2 2\varphi + P_{1212} \sin^2 2\varphi) - \\ & - \sigma_{xx}^* (P_{11} \cos^2 \varphi + P_{22} \sin^2 \varphi) - 1 = 0; \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} & \sigma_{xy}^{*2} [(P_{1111} + P_{2222} - 2P_{1122}) \sin^2 2\varphi + 4P_{1212} \cos^2 2\varphi] + \\ & + \sigma_{xy}^* (-P_{11} + P_{22}) \sin 2\varphi - 1 = 0. \end{aligned} \tag{7}$$

Розв'язок рівнянь (5) – (7) має вигляд:

$$\sigma^*(\varphi) = \frac{-\lambda_2 + \sqrt{\lambda_2^2 + 4\lambda_1}}{2\lambda_1}, \tag{8}$$

де через λ_1 і λ_2 позначені наступні вирази:

- для розтягу

$$\lambda_1 = P_{1111} \cos^4 \varphi + P_{2222} \sin^4 \varphi + \frac{1}{2} P_{1122} \sin^2 2\varphi + P_{1212} \sin^2 2\varphi; \lambda_2 = P_{11} \cos^2 \varphi + P_{22} \sin^2 \varphi; \tag{9}$$

- для стиснення

$$\lambda_1 = P_{1111} \cos^4 \varphi + P_{2222} \sin^4 \varphi + \frac{1}{2} P_{1122} \sin^2 2\varphi + P_{1212} \sin^2 2\varphi; \lambda_2 = -P_{11} \cos^2 \varphi - P_{22} \sin^2 \varphi; \tag{10}$$

- для зсуву

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= (p_{1111} + p_{2222} - 2p_{1122})\sin^2 2\phi + 4p_{1212} \cos^2 2\phi; \\ \lambda_2 &= (-p_{11} + p_{22})\sin 2\phi. \end{aligned} \quad (11)$$

Для кількісної оцінки і порівняння анізотропії міцності матеріалів, що досліджуються, визначимо коефіцієнт анізотропії міцності матеріала k_a :

$$k_a = \frac{100}{\max k_a} \sqrt{\frac{1}{S_1} \int \frac{1}{S_2} \int \left(\frac{R-R_0}{R_0}\right)^2 ds_2 ds_1}, \quad (12)$$

де перший інтеграл береться за всіма можливими напруженими станами в 6-вимірному просторі напруг $\sigma_{\alpha\beta}$ ($n = 6$), а другий інтеграл за всіма можливими орієнтаціями в осях x, y, z .

Для визначення інтегральних характеристик міцності матеріала при його повороті лише навколо осі, яка перпендикулярна площині армування, з усіх 6-ти компонент тензора напруг відмінними від нуля приймаємо тільки ті, котрі діють у площині армування 1, 2 при $n = 3$ і $m = 2$ має місце рівність

$$\frac{1}{S_2 S_2} \int \left(\frac{R-R_0}{R_0}\right)^2 ds^2 = \frac{1}{S_2 R_0^2} \int R^2 ds_1 - 2\frac{R_{cp}}{R_0} + 1 = 2\left(1 - \frac{R_{cp}}{R_0}\right), \quad (13)$$

У загальному випадку маємо залежності:

$$k_a = 100 \sqrt{\frac{1}{S_1} \int \left(1 - \frac{R_{cp}}{R_0}\right) ds_1};$$

$$\frac{1}{S_1} \int ds_1 = \frac{1}{4\pi} \int \int \sin \theta_2 d\theta_2 d\theta_1; \quad 0 \leq \theta_1 \leq 2\pi; \quad 0 \leq \theta_2 \leq \pi; \quad (14)$$

$$V = \frac{1}{2S_1} \int \int R^2 d\phi ds_1; \quad V^* = \frac{1}{n} \int R^n ds_1;$$

$$R_0 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int R^2 d\phi}; \quad R_{cp} = \frac{1}{2\pi} \int R d\phi, \quad 0 \leq \phi \leq 2\pi,$$

де n – розмірність простору діючих напруг в осях x, y, z ; m – розмірність простору поверхні анізотропії міцності; R – міцність – довжина вектора в просторі напруг від початку координат за обраним променем навантаження до стану границі міцності (з урахуванням конкретної орієнтації осей матеріалу); θ_1, θ_2 – кути орієнтації променя навантаження в осях напружень $\sigma_{\alpha\beta}$; R_0 – радіус круга, площа якого дорівнює площі поверхні анізотропії міцності матеріала при заданому напруженому стані $\sigma_{\alpha\beta}$; R_{cp} – середня арифметична міцність за всіма напрямками; V – площа, обмежена поверхнею анізотропії міцності; V^* – об’єм, обмежений поверхнею міцності матеріала.

Якщо розглядати лише один конкретний напружений стан в осях x, y (розтяг, стиснення або зсув, $n = 1$), то система осей 1, 2 може приймати різноманітні орієнтації в залежності від кута ϕ , що приводить до спрощення залежностей (14):

$$k_a = 100 \sqrt{1 - \frac{R_{cp}}{R_0}}; \quad V = \frac{1}{2} \int R^2 d\phi; \quad R_0 = \sqrt{V/\pi}. \quad (15)$$

Розраховані таким чином характеристики анізотропії міцності склотекстолітів і органотекстолітів приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики анізотропії міцності в площині армування текстолітів

Характеристика	Напружений стан	Скло-текстоліт при 20°C	Органотекстоліт при 20°C	
Коефіцієнт анізотропії $k_a, \%$	$+\sigma_{xx}$	13,6	14,2	
	$-\sigma_{xx}$	7,3	2,3	
	τ	12,4	7,6	
	$\pm\sigma_{xx}, \pm\sigma_{yy}$	11,0	10,0	
	$\pm\sigma_{xx}, \tau$	12,0	9,5	
	$\pm\sigma_{xx}, \pm\sigma_{yy}, \tau$	11,0	8,9	
Відношення мінімального радіуса-вектора міцності до максимального (min Rm/max Rm) у просторі $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \tau$ ($\tau = \sqrt{2}\sigma_{xy}$)	$+\sigma_{xx}$	$\frac{2,14}{3,85}$	$\frac{3,93}{6,80}$	
	$-\sigma_{xx}$	$\frac{1,65}{2,31}$	$\frac{1,93}{2,11}$	
	τ	$\frac{1,57}{2,71}$	$\frac{2,34}{3,26}$	
	$\pm\sigma_{xx}, \pm\sigma_{yy}$	$\frac{1,56}{3,90}$	$\frac{1,93}{8,31}$	
	$\pm\sigma_{xx}, \tau$	$\frac{1,55}{3,85}$	$\frac{1,93}{6,80}$	
	$\pm\sigma_{xx}, \pm\sigma_{yy}, \tau$	$\frac{1,54}{3,90}$	$\frac{1,89}{8,36}$	
	Об’єм, обмежений поверхнею міцності в осях $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \tau, V^*, m^3$	$+\sigma_{xx}$	22,3	73,0
		$-\sigma_{xx}$	11,3	12,8
		τ	12,7	22,1
		$\sigma_{11}, \sigma_{22}, \tau$	44,8	113,1

У багатьох задачах для моделювання процесів та систем доречно використовувати графічну інтерпретацію тензорів. Таку графічну інтерпретацію здійснимо засобами пакета MathCad.

ORIGIN:=1
 i:= 1..3 j:= 1..3
 T1_{i,j}:= -0.99 T2_{i,j}:= 0 T3_{i,j}:= 1
 T5_{i,j}:= 2 T5_{i,i}:= 2 - 1

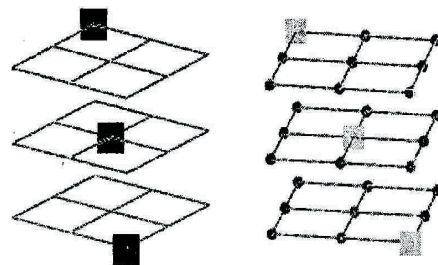


Рис. 2. Графічна інтерпретація тензора третього рангу з виділенням компонент головної діагоналі тензора

У цьому випадку тензор має вигляд сукупності точок, що утворюють плоску решітку. Кожній точці поставлена у відповідність певна складова тензора. Решітка і компоненти тензора будуються як одиничні матриці третього порядку. Після здійснення необхідних форматуввань просторового графіка, отримуємо просторову структуру, що відповідає тензору третього рангу (рис. 2).

Графічна інтерпретація доцільна при аналізі тензорних об'єктів. Вона дозволяє підкреслити геометричну суть технічної задачі та запобігти можливим помилкам при аналізі.

Подібним чином графічна інтерпретація може бути здійснена для тензора будь-якого рангу, що дозволить відстежити послідовність виконання операцій та контролювати їх.

Висновки

Порівняння результатів розрахунку показує, що для обох матеріалів спостерігається залежність ступеню анізотропії міцності від виду навантаження: найбільша анізотропія – при розтягу, найменша – при стисненні, проміжне значення – при зсуві. Це підтверджується порівнянням коефіцієнтів анізотропії ка, а також відношенням мінімальних і максимальних

значень міцності. Порівнюючи матеріали, було визначено, що за винятком випадку розтягу, при якому виявились практично рівними, у всіх інших випадках навантаження коефіцієнти анізотропії міцності склотекстоліта вище, ніж органотекстоліта. Дане дослідження було унаочнено графічною інтерпретацією тензорів різних рангів.

Література

1. Ашкенази Е.К. Анизотропия конструкционных материалов / Е.К. Ашкенази, Э.В. Ганов [Справочник]. – Л., 1972. – 216 с.
2. Огибалов П.М. Механика полимеров / П.М. Огибалов, В.А. Ломакин, Б.П. Кишкин. – М., 1975. – 528 с.
3. Гумен О.М. Дослідження властивостей тензорів нелінійного відображення проективного n-вимірного простору / О.М. Гумен // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К., 2010. – Вип.84. – С. 159-162.

УДК 330.15.332

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ ПО ЛИКВИДАЦИИ СЛИПАЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Г. Ю. Бурлакова

Старший преподаватель
Приазовский государственный технический университет
г. Мариуполь

О. А. Ковалев

Кафедра «Технология машиностроения»
Восточноукраинский национальный университет имени
Владимира Даля
г. Луганск

А. П. Николаенко

Кандидат технических наук, старший преподаватель
Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»
*Восточноукраинский национальный университет имени
Владимира Даля
г. Луганск

У статті надані результати експериментальних досліджень з визначення сил зсуву і тертя, що виникають при вібраційній обробці деталей

Ключові слова: віброзбудник, адгезія, коефіцієнт тертя, опір зсуву, вологе тертя, сухе тертя, хімічно активні розчини

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению сил сдвига и трения, возникающих при вибрационной обработке деталей

Ключевые слова: вибровозбудитель, адгезия, коэффициент трения, сопротивление сдвигу, влажное трение, сухое трение, химически активные растворы

In the article the results of experimental researches are presented on determination of forces of change and friction, arising up at oscillation treatment details

Keywords: vibroexciter, adhesion, coefficient of friction, resistance a change, moist friction, dry friction, chemically active solutions

Постановка проблемы

Отделочно-зачистные операции мелких деталей (масса 0,3...20г, наибольший габаритный размер – 30

мм) выполняются вручную или при помощи средств малой механизации, что не отвечает требованиям современного производства. При вибрационной обработке мелкие плоские детали сложной конфигурации