

В. Вуйцик
І. Шедреєва
Л.К. Поліщук
В. Бронзов

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ОПТИЧНИХ СЕНСОРІВ

Люблінський технологічний університет, Польща
Тараський регіональний університет імені М.Х.Дулаті,
Вінницький національний технічний університет

***Анотація.** У роботі розглянуто два методи визначення деформації матеріалу для виготовлення протезів уздовж поздовжньої осі конструкції з полікомпозитних матеріалів з використанням оптоволоконних сенсорів на основі волоконних бреггівських решіток на прикладі стандартних зразків та тристрингової панелі з вуглепластику VKU-47I. Показано, що вимірювання деформації полікомпозитних матеріалів методом калібрування деформації тензодавача дає результат з похибкою до 6 %.*

***Ключові слова:** Волоконні рецептори, волоконні бреггівські решітки, сенсори.*

***Abstract.** The paper considers two methods for determining the deformation of the material for the manufacture of prostheses along the longitudinal axis of the structure of polycomposite materials using fiber-optic sensors based on fiber Bragg gratings on the example of standard samples and Tristring carbon carbon tristringer panel VKU-47I. It is shown that the measurement of deformation of polycomposite materials by the method of strain gauge deformation calibration gives a result with an error of up to 6%.*

***Key words:** Fiber receptors, fiber Bragg gratings, sensors.*

Вступ

Розвиток сучасних методів та засобів неруйнівного контролю (НК) та діагностики є невід'ємним аспектом безпеки експлуатації виробів різних галузей промисловості. Широке застосування пошарових полікомпозитних матеріалів (ПКМ), що мають високу питому міцність, тріщиностійкість, стійкість до корозії та малу вагу в порівнянні з традиційними металевими матеріалами і сплавами, для створення високонавантажених та особливо відповідальних біомеханічних конструкцій ставить завдання високої складності, що приводить до необхідності розробки інтегрованих систем вбудованого контролю, які виконують сенсорну та процесорну функції. Сенсорна функція може бути реалізована за рахунок введення на стадії виготовлення конструкції давачів, що зберігають свою працездатність та функціонал після впливу технологічних режимів формування ПКМ та здатних безперервно реєструвати величини діючих навантажень у процесі статичних та динамічних механічних впливів на матеріал конструкції, а також під час дії інших

експлуатаційних факторів .

Перспективним з погляду вбудованого контролю матеріалу конструкції є оптичні волоконні давачі на основі бреггівської решітки [1, 2]. Волоконні бреггівські решітки (ВБР) у порівнянні з традиційно застосовуваними тензодавачами компактніші, не схильні до електромагнітних перешкод і можуть інтегруватися в єдине оптоволоконно. Разом з цим оптоволоконно досить легко інтегрується в ПКМ (наприклад, у вугле-, скло-, органопластику тощо) у процесі виготовлення елемента конструкції. Різним питанням визначення деформації ПКМ з використанням ВБР присвячено окремий пласт робіт, серед яких слід відзначити працю [3], спрямовану на вимірювання неоднорідних полів деформації, що нерозривно пов'язано з багатьма авіаційними та будівельними конструкціями, а також наукову роботу [4], присвячену вирішенню головних питань в цій області.

Завдяки своїм перевагам ВБР починають застосовуватися для систем вбудованого контролю у біомедичній інженерії та механіці. Досліджується можливість використання ВБР для оцінювання міцності виробів протезів, наприклад, на основі стержня стегнового з вуглепластику.

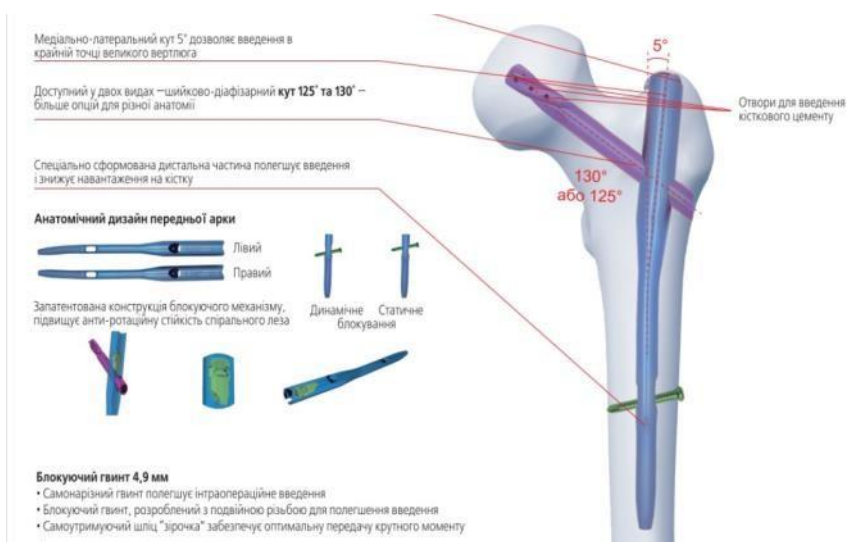


Рисунок 1 – Модель протезу з давачем на базі ВБР

Під час визначення деформації протеза методом калібрування деформації тензодавача необхідно визначити коефіцієнт пропорційності між деформацією, що вимірюється ВБР і визначається тензодавачем. У згаданій роботі в односпрямованого зразка вуглепластику марки ВКУ-47І коефіцієнт пропорційності становив 1,136. За результатами експериментів на зразках, виготовлених із різних партій, точність визначення деформації з використанням ВБР по відношенню до результатів, отриманих за допомогою тензометрії та екстензометра, склала для однакових рівнів навантажень не більше 6% за загальної деформації зразків до 0,83% (рис. 1).

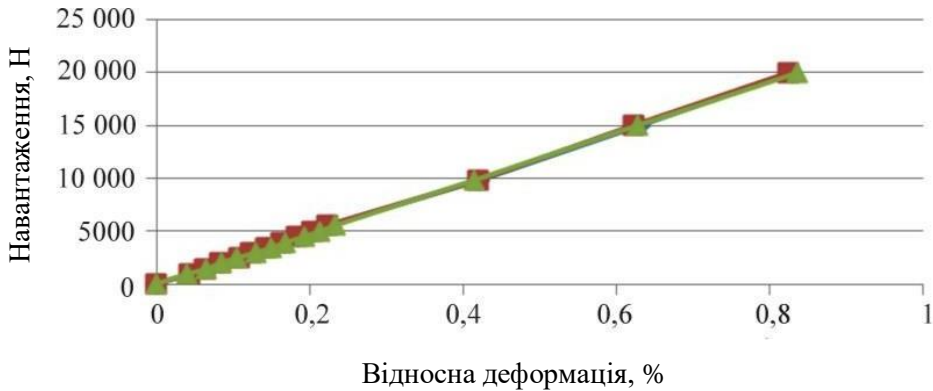


Рисунок 2 – Порівняння показань ВБР: – деформація зразка, виміряна тензодавачем; деформація зразка, виміряна екстензометром; – деформація зразка, виміряна ВБР.

Використання такого методу калібрування для оребрених панелей вимагає виготовлення спеціального оснащення під конкретні тип та розмір деталі, а головне – необхідність руйнування виготовленої конструкції, що є неекономічним. Крім того, неможливо калібрувати конструкції, які мають важкодоступні місця для приклеювання тензодавачів. Тому для визначення деформації ПКМ в тристрингерній панелі за допомогою ВБР був випробуваний метод калібрування за значеннями деформації, отриманими теоретичним розрахунком (калібрування з розрахункової деформації).

Висновок

У роботі розглянуто два методи визначення деформації матеріалу вздовж поздовжньої осі конструкції з ПКМ із використанням оптоволоконних сенсорів на основі ВБР на прикладі стандартних зразків та тристрингерної панелі з вуглепластику ВКУ-47І. Показано, що вимірювання деформації ПКМ методом калібрування деформації тензодавача дає результат з похибкою до 6 %. Проте, цей метод не може бути реалізованим для використання на готових конструкціях, особливо великогабаритних і важкодоступних місць. Така методика рекомендована для стандартних зразків, наприклад, застосовуваних визначення властивостей ПКМ, зокрема в біотехнічних системах.

Список літератури

1. Волоконні ґрати показника заломлення та їх застосування/С.А. Васильєв, І.О. Медведков, І.Г. Корольов, А.С. Божков, А.С. Курков, Є.М. Діанов// Квантова електроніка. - 2005. - Т. 35, № 12. - С. 1085-1103.
2. Вимірювання неоднорідних полів деформації вбудованими в полімерний композиційний матеріал волоконно-оптичними датчиками / О.М. Аношкін, А.А. Воронков, Н.А. Кошелева, В.П. Матвєєнко, Г.С. Серова, Є.М. Спаськова, І.М. Шардаков, Г.С. Шипунов // Звістки Ріс. акад. наук. Механік твердого тіла. – 2016. – №5. – С. 42–51.

3. Назір М.Ф., Жуков Ю.А., Ликова К.А. Вимірювання деформованого стану зразків за допомогою оптоволоконних датчиків, запроваджених у структуру композиційного матеріалу // Питання оборонної техніки. Сер. 16: Технічні засоби протидії тероризму. - 2015. - № 9-10. - С. 95-101.

4. Recent advances in composite fuselage demonstration program for damage and health monitoring in Japan / N. Takeda, N. Tajima, T. Sakurai, T. Kishi // Structural control and health monitoring. – 2005. – Vol. 12. –P. 245–255.

5. Механічні властивості полімерних композиційних матеріалів з інтегрованим оптичним волокном (огляд)/В.В. Махсїдов, М.Ю. Федотов, В.А. Гончаров та ін. // Деформація та руйнування матеріалів. - 2014. - № 9. - С. 2-7.

Вуйцик Вальдемар – доктор технічних наук, професор, директор інституту електроніки та інформатики, Люблінський технологічний університет, Польща, e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

Шедреєва Індіра – магістр, старший викладач кафедри автоматики та телекомунікації, Тараський регіональний університет ім. М. Кн. Дулату, Республіка Казахстан, e-mail: indisher@mail.ru

Поліщук Леонід – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Україна, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com

Бронзов Володимир – студент групи ІГМ-18б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Україна, e-mail: Vovabronzov4@gmail.com

Wójcik Waldemar – D.Sc., professor, Director of Institute of Electronic and Information Technologies, Electrical Engineering and Computer Science Faculty, Lublin University of Technology, Poland, e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

Shedreyeva Indira – M.Sc., Senior Lecturer of the Department of Automation and Telecommunications, Taraz Regional University named after M. Kh. Dulaty, Taraz, Republic of Kazakhstan, e-mail: indisher@mail.ru

Polishchuk Leonid – D. Techn. Sc., professor, head of Industrial Engineering Department, Vinnytsia National Technical University Ave. Khmelnytskeshose, 95 Vinnytsia, 21021, Ukraine, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com

Bronzov Volodymyr – student of Faculty of Mechanical Engineering of Transport, Vinnytsia National Technical University Ave. Khmelnytskeshose, 95 Vinnytsia, 21021, Ukraine, e-mail: Vovabronzov4@gmail.com