عن السلوك الانبعاجي الميكانيكي والحراري - المرن للصفائح الكهروضغطية متدرجة الخواص

إعداد

مريم حماد عطيه الجدعاني

بإشراف

أ.د./ أشرف بن مبارز زنقور

المستخلص

تهدف هذه الرسالة لدراسة الانبعاج الميكانيكي والحراري لصفيحة كهروضغطية متدرجة الخواص. في هذا الدراسة تم استخدام نظرية قص الانفعال العرضي المعدّلة التي تأخذ باعتبار توزيع إجهادات القص العرضي بحيث تحقق الشروط الحدية على السطحين العلوي والسفلي للصفيحة وبالتالي لا تحتاج إلى أي معامل تصحيح للقص العرضي. خصائص مواد الصفيحة الكهرضغطية متدرجة في اتجاه سُمْك الصفيحة وفقاً لقانون التوزيع الأسي. توزيع الجهد الكهربائي الذي يحقق معادلة "ماكسويل" يتكون من دالة جيب التمام ودالة خطية. تم استخدام مبدأ الطاقة الكامنة الكلية للحصول على معادلات الإتزان. تم التوصل للحل الدقيق لانبعاج صفيحة كهرضغطية متدرجة الخواص ترتكز ارتكازاً بسيطاً باستخدام طريقة "نافيير".

أولاً، تمت دراسة الانبعاج لصفيحة متدرجة الخواص باستخدام نظرية قص الانفعال العرضي والانفعال العمودي المعدّلة. تتضمن النظرية الانفعال العرضي والعمودي. الصفيحة خاضعة لضغط أحادي المحور وضغط ثنائي المحور وأحمال ضغط وشد.

ثانياً، تمت دراسة تحليل الانبعاج الكهروميكانيكي لصفيحة كهروضغطية متدرجة الخواص باستخدام نظرية قص الانفعال العرضي المعدّلة. الصفيحة واقعة تحت تأثير حمل ميكانيكي وجهد كهربائي خارجي.

ثالثًا، تمت دراسة تحليل الانبعاج الكهروميكانيكي لصفيحة نانو كهروضغطية متدرجة الخواص باستخدام نظرية قص الانفعال العرضي ونظرية "إرينجن" غير المحلية. الصفيحة النانوية واقعة تحت تأثير جهد كهربائي خارجي وثلاث بيئات حرارية مختلفة (تغيرات درجة الحرارة منتظمة وخطية وغير خطية).

أخيرًا، تمت دراسة الانبعاج الحراري للصفائح النانوية المسامية الكهرضغطية متدرجة الخواص. استخدمت نظرية "إرينجن" غير المحلية مع نظرية قص الانفعال العرضي. خصائص مواد الصفيحة الكهرضغطية متدرجة في اتجاه سُمْك الصفيحة وفقاً لقانون التوزيع الأسي المعدل. تتضمن الدراسة صفائح متساوية وغير متساوية في توزيع المسامية. الصفيحة تقع تحت تأثير العديد من الأحمال الحرارية (تغيرات درجة الحرارة منتظمة وخطية وغير خطية) وجهد كهربائي خارجي.

تمت مقارنة النتائج العددية بالنتائج المتاحة في الدراسات السابقة للتحقق من دقة وكفاءة التحليل الحالي. تتم دراسة تأثيرات العديد من المُعامِلات مثل الأبعاد الهندسية للصفيحة ومُعامِل تباين المادة ومُعامِل المسامية ومُعامِل غير المحلية والأحمال الميكانيكية والأحمال الحرارية والجهد الكهربائي الخارجي.

On mechanical and thermoelastic buckling behaviors of functionally graded piezoelectric plates

By Maryam Hammad A Aljadani

Supervised by
Prof. Dr. Ashraf M. Zenkour

Abstract

The aim of this dissertation is to investigate mechanical and thermoelastic buckling behaviors of functionally graded piezoelectric plates. A refined higher-order shear deformation theory is proposed in this study. The theory considers the transvers shear stresses distribution, which satisfies the zero traction boundary conditions on the upper and lower of the plate's surfaces. Therefore, the transverse shear correction factor is not needed. The plate material properties possess continuous graded variation across the plate thickness. The distribution of electric potential of the smart plate that satisfies Maxwell's equation is considered as a combination of a half-cosine and linear variation. The total potential energy principle is utilized to obtain the

equilibrium equations. Navier's method is employed to attain the solution of the buckling of a simply-supported functionally graded piezoelectric plate.

Firstly, the mechanical buckling of a simply-supported functionally graded (FG) plate using a refined higher-order shear and normal deformations theory is investigated. The impact of transverse normal strain is considered. The plate is subjected to uniaxial, biaxial compression and biaxial compression and tension loads.

Secondly, the electro-mechanical buckling analysis of functionally graded piezoelectric (FGP) plates based on a refined sinusoidal higher-order shear deformation theory is examined. The plate is under the influence of mechanical loading and external electric voltage.

Thirdly, the analytical analysis of thermo-electrical buckling of a functionally graded piezoelectric nanoscale plate based on a refined hyperbolic higher-order shear deformation theory is obtained. Eringen's nonlocal theory has been proposed to capture the small size influence. The nonlocal model is exposed to external electric voltage and three different thermal environments (uniform, linear, nonlinear temperature changes).

Finally, the thermal buckling of actuated functionally graded piezoelectric porous nanoplates is addressed. Eringen's nonlocal elasticity theory with a refined exponential higher-order shear deformation theory are used to obtain

the analytical solution. The FGP porous nanoscale plate material possesses smooth continuous gradient transition of properties between materials as the dimension varies according to a modified power law function. Even and uneven distributions of porosity are considered. The plate is under the influence of several thermal loadings (uniform, linear, nonlinear thermal difference) and electric voltage.

The numerical results are compared with available results in the literature to validate the accuracy of the current analysis. The influences of several parameters such as porosity coefficients, small-length scale parameters, mechanical loadings, thermal loadings, geometric parameters, gradient indexs and external electrical voltages are discussed.