جامعة الموصل
كلية الهندسة

الخصائص الاهتزازية للأعمدة الدوارة بوجود الشقوق المائلة

عماد خضير صالح

رسالة الماجستير علوم
في الهندسة الميكانيكية / الميكانيك التطبيقي

بإشراف
الأستاذ الدكتور
صباح محمد جميل علي

١٤٣٨ هـ
٢٠١٧ م

الخلاصة

يقدم البحث دراسة مستفيضة عن الخصائص الاهتزازية للأعمدة الدوارة المحتوية على الشقوق المائلة. وتم ذلك نظرياً باستعمال طريقة العناصر المحددة في برنامج (ANSYS) بوصفه وسيلة حل رياضية عن طريق رسم النموذج بالأبعاد المطلوبة باستعمال برنامج (SOLID WORK) وإدخاله كبيانات الى برنامج (ANSYS) فضلاً عن بيانات المواصفات الميكانيكية والفيزيائية للعمود الدوار والقرص المعدني لدراسة تأثير عدد من العوامل المؤثرة مثل عمق الشق، وزاوية ميلانه، على التردد الطبيعي، وشكل الطور وجسائة العمود والمرونة الموقعية – عن طريق افتراض وجود شق مائل بزوايا مختلفة وهي (90°,70°,45°,20°) واعماق مختلفة كذلك وهي (12,8,4)mm على بعد (2 cm) من الجهة اليسرى القرص المعدني في المنطقة التي يكون فيها أعلى عزم انحناء – ومعرفة تأثيرها على الخصائص الاهتزازية. وأظهرت النتائج أن قيم التردد الطبيعي تتأثر على نحو واضح عند وجود الشق، وتقل بزيادة زاوية ميلان الشق عن المحور وعمقه، أما شكل الطور فان تأثره بزيادة عمق الشق وزاوية الميلان قليل، ولا يظهر إلا بعد أن يصل عمق الشق الى مراحل متقدمة من قطر العمود، اما جسائة العمود فتقل بزيادة عمق الشق وزاوية الميلان، لذلك فإن جسائة الشق المائل اكبر من جسائة الشق المستعرض في حين ان المرونة الموقعية تزداد بزيادة عمق الشق وزاوية الميلان، كما تم اشتقاق مصفوفة المرونة بالاعتماد على معامل تركز الإجهاد (SIF) الناتج عن إجهاد الانحناء (bending stress) ومن ثم مصفوفة الجسائة

أما عملياً، فقد تم تصنيع أنموذج اختباري صغير يحاكي عمل الأعمدة الدوارة في الكثير من التطبيقات الهندسية والصناعية، لدراسة تأثير عمق الشق وزاوية الميلان على مديات الاهتزاز، عن طريق إنشاء شقوق صناعية بواسطة ماكنة القطع بالسلك(CNC Wire Cutting Machine) في عدد من الأعمدة الدوارة، على بعد 2cm من القرص المعدني، وبأعماق مختلفة (12,8,4mm) وزاوية (45°) التي تمثل حالة الشق المائل وزاوية (90°) التي تمثل حالة الشق المستعرض بسمك (0.18mm) وإجراء التجارب العملية لقياس قيم معدل الجذر التربيعي (rms) للسرعة والازاحة والمركبات التوافقية (1X,2X,3X) عند السرعة 1000 rpm بواسطة أجهزة قياس الاهتزاز وتحليله إذ أظهرت النتائج أن قيم معدل الجذر التربيعي تزداد بزيادة عمق الشق بصورة متقاربة في

حالة الشق المائل والمستعرض إلى عمق 8mm نلاحظ بعدها ارتفاع حاد في القيم في حالة الشق المستعرض بينما تكون الزيادة في الشق المائل تكون اقل، أما قيم المركبة التوافقية 1X فتزداد بزيادة عمق الشق في حالة الشق المائل والشق المستعرض ولكن قيمتها في الشق المائل أقل من الشق المستعرض وفي حالة المركبة التوافقية2X عند حالة الشق المستعرض فهي تزداد بزيادة عمق الشق. ولكن في حالة الشق المائل نلاحظ انخفاضاً قليلاً في قيم المركبة، ثم تزداد بزيادة عمق الشق . كما أظهرت نتائج المقارنة في التردد الطبيعي للعمود الدوار من دون قرص تقارباً بين النتائج النظرية التي تم الحصول عليها بواسطة استعمال طريقة العناصر المحددة مع النتائج العملية والسلوك نفسه يتكرر عند إضافة القرص المعدني، ولكن قيمة التردد الطبيعي تكون اقل من ذلك.

ABSTRAUCT

The present research about vibration characteristics of a rotating shaft with slant crack using finite element method(FEM) in using ANSYS program as mathematical tool and model drawing on the SOLID WORK program to be inserted to the (ANSYS) program in addition to mechanical and physical properties data for rotating shaft with disc to study the effect of several parameters such as crack depth and crack inclination angle on the natural frequency .mode shapes ,stiffness and local flexibility by using (ANSYS 14.5) program and from workbench window the crack creates at different Inclination angle (20°,45°,70°,90°) and different depth (4,8,12) mm , the crack location at distance 2cm from the left side of the disc at maximum bending moment position to study its effect on the vibration characteristics . The result was indicated that the natural frequencies are significantly affected in the presence of a crack and reduces with increasing the inclination angle and depth of crack while the mode shape affected by increasing inclination angle of crack and depth slightly low and not appear except after the crack depth receive advance stage from diameter of shaft ,the stiffness decreasing with increasing the inclination angle and crack depth for the slant crack more stiffer compared with the transverse crack .while local flexibility increase with increasing the crack depth and inclination angle flexibility matrix was investigated based on the concepts of fracture mechanics and stiffness matrix.

Practical investigation by fabricating a test model rotor imitates rotating shaft in many industrial and engineering applications to study effect of crack depth and crack inclination angle on vibration amplitude by creating new artificial cracks in many rotating shaft in CNC wire cutting machine and location of crack at distance 2cm from left side of the disc with different depth (4,8,12)mm and inclination angle (45°) which represent slant crack and angle (90°) which represent transvers crack with thickness 0.18mm, the experimental result to measure magnitude of root mean

square (RMS) for velocity , displacement and harmonic components (1X,2X,3X) at 1000rpm on test model show that the value of root mean square increase with crack depth at slant and transverse crack but at 8mm depth notices strong rise in transverse crack curve and in slant less than . the amplitude of frequency components values which obtain from vibration analyzer appear the first harmonic components (1X) increase with crack depth in transverse and slant crack .the second components (2X) in transverse crack also increase with crack depth while this behavior different in slant crack where the values slightly decrease and increase with crack depth. The behavior of amplitude of (3X) frequency components is quite different in this case the amplitude of frequency components increase with crack depth in slant and transverse crack until depth 8mm the values will shape drop in transvers crack but in slant not same behavior . this useful to investigate the type of crack.

University of Mosul
College of Engineering

VIBRATION CHARACTERISTICS OF The ROTATING SHAFTS WITH SLANT CRACKS

Emad Khudyer Salh

M. Sc. Thesis
Mechanical Engineering /Applied Mechanics

Supervised By
Professor

Dr. Sabah M. J. Ali

2017 A.C. **1438 A.H.**