Araid Journal of Science and Technology

Higher Institute of Science and Technology-Shmokh

مجلة الرائد للعلوم والتقنية

المعهد العالي للعلوم والتقنية - الشموخ

دراسة وتحليل الاجهادات علي أعمدة المرفق باستخدام برنامج SOLIDWORKS

أ. نوري مفتاح علي جويلي

قسم الهندسة الميكانيكية،المعهد العالي للعلوم والتقنية ، الزنتان ،ليبيا

Email : nj44292@gmail.com

سامي عبدالله المشاط

قسم الهندسة الميكانيكية، كلية التقنية الهندسية /جنزور ، ليبيا

0925582011

sami9mash73@gmail.com

Summary

Crankshafts are one of the important parts in internal combustion engines. They are designed to convert reciprocating motion into rotating motion. They are usually manufactured by forging at high temperatures. Due to their importance and widespread use, many studies have been published on crankshafts using the finite element method. Therefore, work was done in this study to determine the metal used from the type of re-normalized steel for two types of models that represent the crankshaft using the SOLIDWORKS program through a work platform to obtain three-dimensional images that simulate reality and show the places where the highest stress affects the crankshaft and also the percentage of formation during the work of the column. The values of the strain and the safety factor and work on comparing the models used and determining the best, as the values of the results of stress and strain, as well as the safety factor and the percentage of formation were

very close, so the comparison was made through the weight of each column, and the weight of column (A) was 3.5 kg and column (B) was 5.44 kg. The preference was for the least expensive column

الملخص

أعمدة المرفق من الأجزاء المهمة في محركات الاحتراق الداخلي وهي مصممة لتحويل الحركة الترددية إلي حركة تدوير و في العادة يتم تصنيعها عن طريق الحدادة في درجات حرارة عالية ونظرا لأهميتها واستخدمها بشكل كبير تم نشر العديد من الدراسات حول أعمدة المرفق بطريقة العناصر المحدودة . ولذالك تم العمل في هذه الدراسة علي تحديد المعدن المستخدم من نوع الصلب المعاد تطبيعه لنوعين من النماذج والتي تمثل عمود المرفق باستخدام برنامج SOLIDWORKS من خلال منصة عمل للحصول علي صور ثلاثية الأبعاد تحاكي الواقع وتوضح أماكن تأثير أعلي إجهاد علي عمود المرفق وأيضا نسبة التشكل أثناء عمل العمود وقيم الانفعال وعامل الأمان والعمل علي المقارنة بين النماذج المستخدمة وتحديد الأفضل،حيث كانت قيم النتائج الاجهادات والانفعال وكذلك عامل الأمان ونسبة التشكل متقاربة بشكل كبير لدلك تمت المفاضلة من خلال وزن كل عمود وكان وزن العمود (A) 3.5 Kg و العمود (B) 5.44 Kg حيث كانت الأفضلية للعمود الأقل تكلفة.

الكلمات الرئيسية: عمود المرفق ، تحليل العناصر المحددة (FEA) ، برنامج SOLIDWORKS ، التحليل الساكن

1. المقدمة

الاعمدة المرفقية من الاجزاء ميكانيكية المصممة وفق معايير و ضوابط محددة و معقدة وهي في العادة جزء من محرك الاحتراق الداخلي، والذي يستخدم في تحويل الإزاحة الترددية للمكابس إلى حركة دوران بآلية توصيل بأربعة أدرع أو أكثر تستخدم لتوصيل المكابس بعمود المرفق. و من المعلوم أن الإزاحة الخطية للمحرك الناتجة عن الحركة الترددية المتسلسلة و المتولد عن أللانفجار الحاصل من اشتعال رذاذ الوقود في غرفة الاحتراق ، فإن الإزاحة يصدر عنها صدمات مفاجئة و التي يتم امتصاصها و تحويلها عبر عمود المرفق من صدمات مفاجئة إلى دوران سلس بالإشارة أيضًا إلى أن استخدام دولاب الموازنة الذي

يساعد علي تنعيم الصدمات الناتجة عن تحويل الحركة الترددية إلي دوران . حيث يتم ربط محركات الاحتراق الداخلي من خلال عمود المرفق مع العديد من الأجهزة المصنعة بشكل منفصل مثل المولدات والمضخات والضواغط .. لذا فإن موثوقية وعمر أداء عمود المرفق يعتمدان على قوة العمود وصلابة ونوع المعدن المستخدم وكذلك الشكل الهندسي للعمود إلى حد كبير وعليه فان انتقال حمل الصدم من المكبس إلى عمود مرفق ، والدي يتسبب في عزم انحناء كبيرة على العمود بأكمله ودلك في منتصف العمود عند ذراع التوصيل وأيضا عند جوانب العمود حيث يكون تركيز الاجهادات العالية وهذه المواقع ذات نطاق عالي لتأثر بالضغط وهي النقاط التي يمكن أن تتسبب فيها الأحمال في إرهاق عمود مرفق مما يؤدي إلى حدوث الكسر والتلف وعليه تزداد مقاومة أعمدة المرفق للكلل والتعب بالعمل علي تدوير الزوايا أو الحواف عند أطراف المحامل الأساسية وعند أدرع التوصيل في عمود المرفق و دلك يقلل من تركيز الإجهادات في هذه المناطق الحساسة. في نفس الوقت يجب أن تترك بعض الإجهادات المتبقية علي سطح المعدن لمنع تشكل التشققات. يتضح أن قوى الاحتراق والقصور الذاتي على عمود المرفق تولد أحمال الالتواء و الانحناء وعليه يجب أن يكون العمود قوياً بما يكفي لتحمل القوة الهابطة دون انحناء مفرط ، لذا فإن موثوقية وعمر محرك الاحتراق الداخلي يعتمدان على قوة عمود المرفق إلى حد كبير

1.2 تتلخص مشكلة البحث في النقاط التالية

- يتم تصنيع أعمدة المرفق بشكل نموذجي عن طريق عمليات الحدادة بقوالب محددة علي الساخن
- تتميز عملية التصنيع بالحدادة للحصول على أجزاء متجانسة البنية البلورية حيث يظهر عددًا أقل من الفراغات والعيوب الهيكلية الدقيقة مقارنةً بالعمليات الأخرى .
- تساعد خصائص اتجاه أليف المعدن الناتجة عن عملية الطرق والحدادة للجزء على الحصول على صلابة وقوة أعلى في اتجاه تدفق حبيبات المعدن.
- أثناء تصميم عملية الحدادة لعمود المرفق ، يمكن التحكم في اتجاه ألياف المعدن من خلال تدفق الحبوب في اتجاه مكان تأثير أقصى إجهاد يكون علي مجسم العمود.
- العمل علي تصميم نوعين من أعمدة المرفق من حيث الشكل بتثبيت الأبعاد الرئيسية لأقطار الأعمدة والمسافة بين المحاور وسمك جوانب عمود المرفق للتقليل من الوزن باستخدام الفولاذ المطروق.

- استخدام تحليل العناصر المحدودة لاكتشاف الشكل الأمثل لعمود المرفق من حيث الوزن وتحمل للإجهادات.

1.3 الأهداف

- إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد 3D لأعمدة المرفق باستخدام برنامج SOLIDWORKS وإجراء التحليل الساكن لتقييم إجهاد von-misses وإجهاد القص وعامل ألامان وعمر التعب لعمود المرفق.
- إجراء تحليل العناصر المحدودة علي مجسم العمود لتوضيح أماكن تركيز الاجهادات من خلال رؤية واقعية
- تحديد أماكن حدوث الفشل في عمود المرفق بدقة عالية للعمل علي اتخاذ أجرأت وقائية
- دراسة الأحمال الساكنة وتحديد التصميم الأمثل لعمود المرفق من حيث الشكل ونوع مادة التصنيع

2.0 الدراسات السابقة

هناك الكثير من الأبحاث حول تحليل الاجهادات و طرق انهيار وفشل الأعمدة الدوارة حيث التعب هو الآلية السائدة لفشل أعمدة المرفق، وعليه فإن تحليل الإجهاد وأخطاء النقل والتنبؤ بالأحمال الديناميكية والاهتزازات عند تصميم أعمدة المرفق هي دائماً شروط رئيسية في تصميم الأعمدة للحصول علي التصميم الأمثل لأعمدة المرفق حيث قام [1] Rinkle garg and Sunil Baghl ببناء نموذج لعمود المرفق باستخدام برنامج Pro / E وعمل على استيراده إلي برنامج ANSYS لتحليله والعمل علي تخفيض الحدود القصوى للإجهاد والتوتر والتشوه الكلي، لتحسين قوة عمود المرفق وأيضا تقليل وزن العمود ، مما يقلل من قوة القصور الذاتي ونظرًا لانخفاض وزن العمود سيؤدي ذلك إلى تقليل تكلفة العمود وزيادة أداء المحرك ولقد عمل [2] Abhishekchoubey, and Jamin Brahmbhatt علي تحليل نموذج عمود المرفق وإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للعمود بواسطة برنامج SOLID WORKS واستيراده إلى برنامج ANSYS. ليظهر أقصى تشوه يحدث في عمود المرفق بين العنق و أخدود العمود أو جوانب العمود من ناحية ذراع التوصيل

وأيضا عند المحور المركزي عند حافة العمود أو جوانب العمود حيث هي منطقة الاجهادات المرتفعة . وقدم Solanki et al. [3] دراسته حول تصميم عمود المرفق وتحسينه وعمل علي مراجعة المواد وعملية التصنيع وتحليل الفشل واعتبارات التصميم وما إلى ذلك . حيث أخذ في الاعتبار التحميل الديناميكي علي عمود المرفق والعمل علي تحديد قطر عمود الدوران الذي يلبي متطلبات ومواصفات السيارات مع خفض التكلفة والحجم. حيث توصل إلى أن الشقوق تنمو بشكل أسرع على الأسطح الحرة بينما يصبح الجزء المركزي من مقدمة الشق أكثر استقامة. وأيضا استنتج إلي أن التعب هو الآلية السائدة لفشل أعمدة المرفق و إن الإجهادات المتبقية على أسطح أعمدة المرفق ضرورية للأداء.[4] Meng et al. ناقش تحليل الإجهاد من خلال تحليل نموذج لعمود ألمرفق المكون من 4 أسطوانات. تم استخدام برنامج ANSYS لتحليل حالة الاهتزاز والتشوه والضغط نتيجة لاندفاع ذراع التوصل. تم شرح العلاقة بين التردد وشكل الاهتزاز من خلال تحليل نموذج العمود حيث يوفر هذا أساسًا نظريًا قيمًا لتحسين تصميم المحرك.

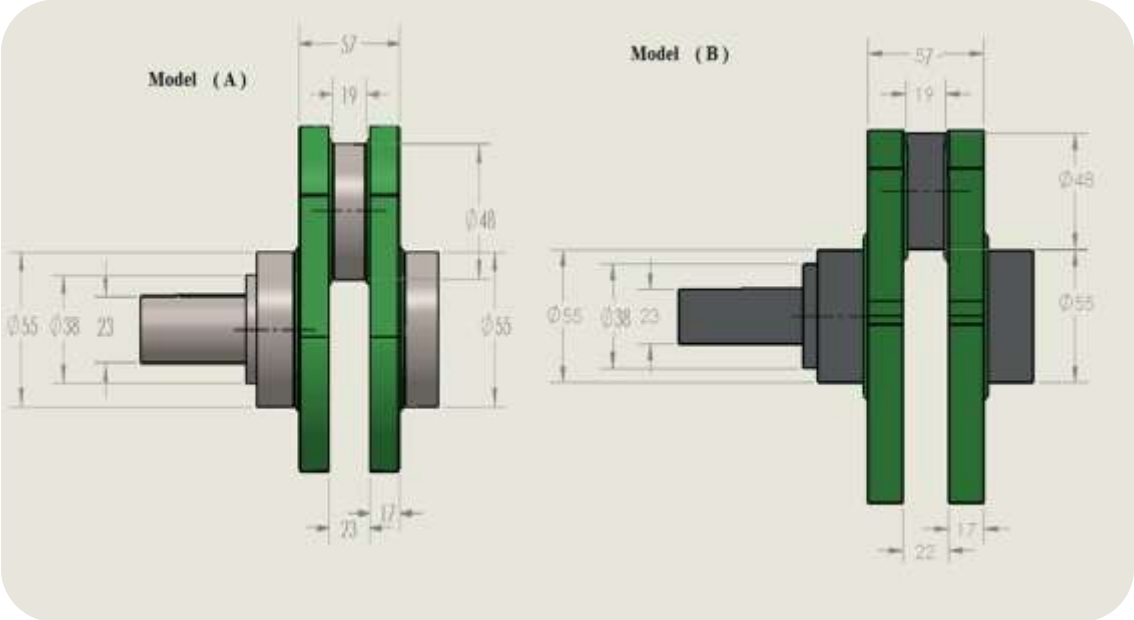
2.1 مواصفات النموذج

تم استخدام الإبعاد من عمود مرفق لمحرك احتراق دخلي دو أربع اسطوانات حيث كان قطر العمود عند كراسي الإسناد $R_i = 55mm$ وطوله 22mm وقطر العمود عند ذراع التوصيل $R_O = 48mm$ وطوله 19 mm حيث الجدول (2.1) أدناه يوضح أبعاد العمود المستخدمة.

الجدول (2.1) الأبعاد الرئيسية لعمود المرفق

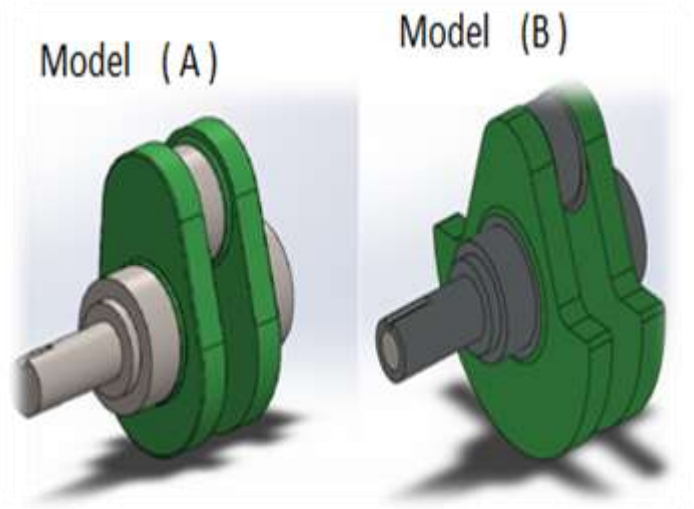
إبعاد العمود	
قطر العمود عند ذراع التوصيل	48 mm
طول العمود عند ذراع التوصيل	19 mm
قطر العمود عند كراسي الإسناد	55mm
طول العمود عند كراسي الإسناد	22mm
سمك جوانب العمود	17mm
المسافة بين المحاور	52mm
المسافة الكلية	150mm

يتم العمل علي تحويل الأبعاد في الجدول (2.1) التي تم الحصول عليها من خلال عمود مرفق لمحرك احتراق دخلي دو أربع اسطوانات ألي الرسم الأيزومتري لشكلين من أعمدة المرفق كما في الشكل (2.1)



الشكل (2.1) يوضح أبعاد العمود المستخدم من خلال مسقط جانبي لنموذج A والنموذج B

وبعد دلك جري العمل على تحويل الرسم الأيزومتري الي مجسمات ثلاثية الأبعاد من خلال برنامج SOLIDWORKS كما هو موضح في الشكل (2.2)



الشكل (2.2)

2.2 خواص ومميزات المواد:

يتم تنفيذ هذا البحث لتقييم وتحليل تأثير الاجهادات لتوضيح اماكن حدوث الفشل من أجل تحديد الفوارق بدقة علي عمود المرفق باستخدام طريقة العناصر المحددة FEM وهي من الطرق المناسبة جداً لتوضيح آماكن حدوث الفشل. وعليه سيتم العمل علي استخدام شكلين مختلفين من النماذج A وB لعمود المرفق كما في الشكل (2.2). بفرض أن المعدن المستخدم من النوع الصلب المعاد تطبيعه AISI 4130 Steel, normalized at 870C كمادة للعمود حيث يتمتع بمثانة وصلابة عالية ولا يحتاج إلي إعادة معالجة والجدول أدناه يوضح خصائص والمميزات الحجمية للمعدن المستخدمة.

الجدول (2.2)

Volumetric Properties	
Model (A)	**Model (B)**
Mass:3.50125 kg	Mass:5.44004 kg
Volume:0.000446018 m^3	Volume:0.000692999 m^3
Density:7850 kg/m^3	Density:7850 kg/m^3
Weight:34.3122 N	Weight:53.3124 N

الجدول (2.3) يوضح الخواص الميكانيكية للمعدن المستخدمة من حيث مقاومة الخضوع وأعلى مقاومة شد و معامل المرونة أو معامل يونج والكثافة ونسبة أبوس Poisson's ratio ومعامل القص للمعدن المستخدم في تصنيع العمود من نوع الصلبAISI 4130 Steel, normalized at 870C

الجدول (2.3)

Properties	
Name:	**AISI 4130 Steel, normalized at 870C**
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress
Yield strength:	4.6e+008 N/m^2
Tensile strength:	7.31e+008 N/m^2
Elastic modulus:	2.05e+011 N/m^2
Poisson's ratio:	0.285
Mass density:	7850 kg/m^3
Shear modulus:	8e+010 N/m^2

2.3 طريقة العناصر المحددة (FEM)

أصبح تحليل العناصر المحددة من عمليات التحليل الشائعة في السنوات الأخيرة. يمكن إجراء الحل العددي للمشاكل المعقدة بسهولة باستخدام هده الطريقة. إلى جانب ذلك، يعد هذا الإجراء مهمًا جدًا لدرجة أن الصناعة تستخدم خطوات تصميم الآلات التي يجب تحديدها بواسطة الميزات الرئيسية. حيت تسمح هذه الطريقة للمصمم ببناء نماذج أكبر حجماً وأكثر تطوراً وتعقيداً، وفي الوقت المناسب والتي يمكن استدعاها في إي وقت، وإيجاد الحلول الفعالة من حيث الوزن و التكلفة وقوة التحمل والعمل بنجاح طيلة عمر التصميم، وتعد هده الطريقة دقيقة وغنية بالمعلومات لحل مشاكل العملاء.

3.0 المنهجية

تشمل هده الدراسة جميع الوسائل لتمام هدا البحث و تتلخص التقنيات المستخدمة في تنفيذ هدا البحث حيث استخدم الباحث برنامج SOLIDWORKS لإنشاء نموذجين مختلفين في الشكل ولهما نفس الأبعاد من حيث طول وقطر العمود وطول الشوط وأيضا استخدام الصلب من نوع AISI 4130 Steel, normalized at 870C كمادة لعمود المرفق والعمل علي إجراء منصة عمل لتحليل القوة المؤثر علي عمود المرفق حيث أظهرت الدراسات أن اعلي قوة يتعرض لها العمود عند الزاوية 90° عند النقطة الميتة و التي يكون فيها

تأثير القوة مباشر علي العمود باستخدام ضغط مباشر قدره 4 KN والعمل علي استخدام جميع الأساليب التحليلية، والتجريبية لطريقة العناصر المحددة FEA . حيث تتضمّن الدراسة المحاكاة وكل الخطوات التي تليها لإنجاز أهداف هذه الدراسة.

4.0 النتائج والتحليل الساكن

في التحليل الساكن يتم تحديد المؤثرات من أماكن التثبيت ومكان تأثير الضغط علي النموذج الذي يمثل عمود المرفق و نوع المادة للعمود من خلال إجراء منصة عمل باستخدام برنامج SOLIDWORKS للحصول علي صور نمطية ثلاثية الأبعاد 3D اقرب للواقع لمجسم عمود المرفق والتي يتم فيها توضيح الإجهاد و الضغط المستحث علي العمود من خلال نظرية von Mises Stress وفيها يتم تميز الأماكن الحرجة أو الأكثر تأثر واعلى تركيز للإجهاد بالون الأحمر وكل ما يقل تركيز اللون يكون المكان أقل تأثر حيث يتم تدرج الألوان البرتقالي ثم الأخضر و هو في منطقة الأمان ثم الأزرق و هو أكثر أمان وكذلك في الشكل أدناه لكلا الشكلان A وB والذي يوضح نسبة التمدد أو التشوه المرن الذي يحصل للعمود أثناء العمل و أيضا نسبة الانفعال وقيمة عامل ألامان كما في الشكل (4.1)

الجدول (4.1) يوضح نتائج المتحصل عليها من التحليل أعلاه كما في الشكل (4.1)

Model (A)			**Model (B)**	
Min	Max	Type	Min	Max
0.1366	8.406×10^{6}	von Mises Stress $\frac{N}{m^2}$	7.687	7.908×10^{6}
0	65.3×10^{-5}	Displacement mm	0	62.4×10^{-5}
6.68×10^{-3}	2.69×10^{-5}	Strain	4.43×10^{-11}	2.31×10^{-5}
54.72	3.37×10^{9}	Factor of Safety	58.17	5.98×10^{7}

5. الاستنتاج:

يتضح من خلال النتائج أعلاها والمتحصل عليها من خلال طريقة العناصر المحدودة FEM و كانت قيم الاجهادات المستحثة علي الأعمدة المختلفة متقاربة بشكل كبير حيث كانت على العمود (A) 8.4×10^6 $\frac{N}{m^2}$ وللعمود (B) 7.9×10^6 $\frac{N}{m^2}$ وكذلك قيم الانفعال كما في الجدول (4.1) أعلاه أما بالنسبة لقيم نسبة التشوه أو التشكل للنموذج (A) 0.00065 mm وللنموذج (B) 0.000624 mm وهي نسبة صغيرة تدل علي أن الأعمدة لها فترة عمر طويلة ولها درجة عالية لتحمل الكلل وكذاك قيم عامل الأمان تظهر نسبة عالية جداً في الأماكن التي لا تتعرض لأي اجهادات وكذلك اقل قيم لعامل الأمان تكون في الأماكن التي تتعرض لأعلى إجهادات بصورة مباشرة في حواف كراسي التحميل، حيث كانت للعمود (A) 54.7 وللعمود(B) 58.1 ونظراً لهذا التقارب في قيم النتائج وعدم الوضوح تتم المفاضلة من خلال وزن كل عمود وكما في الجدول (2.2) حيث كان وزن العمود (A) 3.5 Kg و العمود (B) 5.44 Kg يتضح أن تكاليف العمود (B) اعلي من العمود(A)

المراجع

[1] Bhumesh J. Bagde, Laukik P. Raut, Finite Element Analysis Of Single Cylinder Engine crankshaft, International Journal of Advances in Engineering & Technology',ISSN: 2231-1963,vol. 6, Issue 2,(2013), pp. 981-986

[2] Rincle Garg, Sunil Baghla. Finite element analysis and optimization of crankshaft .International Journal of Engineering and Management Research, vol-2, Issue-6. ISSN: 2250-0758. Pages: 26-31 .December 2012.

[3] Abhishek choubey, Jamin Brahmbhatt, "Design and Analysis of Crankshaft for single cylinder 4-stroke engine", International Journal of Advanced Engineering Reaserch and studies, vol-1, issue-4, ISSN:2249-8974, pages: 88-90, July-sept 2012.

[4]. A. Solanki, K. Tamboli, M. J. Zinjuwadia, (2011), "Crankshaft Design and Optimization- A Review" National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology.

[5]. J. Meng, Y. Liu, R. Liu, (2011), "Finite Element analysis of 4-Cylinder Diesel Crankshaft" I.J. Image, Graphics and Signal Processing, vol 5, pp 22-29

[6] F.S. Silva, Analysis of a vehicle crankshaft failure, International journal of engineering research and applications , science direct ,Engineering Failure Analysis 10 (2003) , pp.605-616.

[7] Jaimin Brahmbhatt, Prof. Abhishek choubey. “Design and analysis of crankshaft for single Cylinder 4-stroke diesel engine” International Journal of Advanced Engineering Research and Studies E-ISSN2249–8974

[8] Silva, F.S., 16 January 2003, Analysis of a vehicle crankshaft failure, Engineering Failure Analysis 10 (2003) 605–616.

[9] K. Thriveni, Dr. B.Jaya Chandraiah, "Modal Analysis of A Single Cylinder 4-Stroke Engine Crankshaft", International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 12, December 2013, ISSN 2250-3153

[10] Rincle Garg,Sunil Baghla,Finite element analysis and optimization of crankshaft,International Journal of Engineering and Management Reaserch,vol-2, Issue-6, ISSN:2250-0758, Pages:26-31, December 2012.