

تصميم وتصنيع آلة الكشف عن رأس اسطوانة محرك سيارة تعمل بطريقة الضغط

عبدالباسط محمد الإمام¹، عبدالسلام محمد النثي²، منير علي الكوني³

¹قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، ليبيا

²الشركة العامة للكهرباء، طرابلس، ليبيا

³هيئة السلامة الوطنية، طرابلس، ليبيا

*العنوان البريدي (a_alemam@yahoo.co.uk)

ملخص البحث

تم في هذا العمل تصميم وتصنيع آلة للكشف عن التشققات التي تظهر على رأس اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي للسيارات تعمل بطريقة ضغط الهواء. وتعتبر هذه الطريقة من الطرق المثالية للكشف عن هذه التشققات. وقد أنجزت هذه الآلة من حيث التصميم والتصنيع بكلية التقنية الهندسية، جنزور. اعتنت هذه الدراسة أساساً بالتصميم الميكانيكي لجميع أجزاء الآلة للحصول على مواصفات على مستوى يتفق مع آلية أداء عمل الآلة. في هذه الورقة تم التركيز على تصميم منظومة نقل الحركة (مجموعة التروس) وذلك بإجراء عمليات حسابية لإيجاد أبعاد التروس المستخدمة في تخفيض سرعة دوران المحرك الكهربائي من سرعة دوران 1370 rpm إلى 14 rpm، ومنها خفضت هذه السرعة إلى 4 rpm بواسطة منظومة التروس. وهذه هي السرعة المناسبة لدوران حامل رأس الاسطوانة داخل خزان الماء الذي بدوره يستخدم في تحديد وكشف أماكن التشققات على رأس الاسطوانة. كذلك أجريت عدة اختبارات على أجزاء الآلة أثناء وبعد التجميع النهائي للتأكد من أداء الآلة لوظيفتها بالصورة التي صنعت من أجلها. من هذه الاختبارات اختبار الحركة الرأسية لحامل رأس الإسطوانة في اتجاهين لأعلى ولأسفل والتي تتم بواسطة مشغل كهربائي. إضافة إلى ذلك، تم اختبار الحركة الدورانية لحامل رأس الاسطوانة التي تنقل الحركة عندها بواسطة منظومة التروس.

الكلمات الدالة: آلة الكشف، رأس الإسطوانة، مجموعة التروس، التشققات.

1. المقدمة

عندما نطلع على جملة من العلوم الحديثة التي ساهمت في التطور الهائل الذي حصل في الصناعة من ابتكار للآلات والأجهزة التي ساعدت في عمليات التصنيع بشكل واسع نلاحظ تحسن واضح للمنتجات من حيث الكم والجودة. في هذا البحث تم تناول موضوع الكشف عن الشقوق لرأس اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي، حيث استخدمت منذ فترة طويلة الطرق التقليدية للكشف عن الشقوق مثل طريقة الكشف بعدسة التكبير. وبعد فترة من الزمن تم التوصل لطرق أخرى أفضل للكشف مثل الصبغة المخترقة وطريقة المغناطيس. حيث يعتمد الكشف

بهذه الطرق على التشققات السطحية، حتى تم التوصل إلى طريقة أفضل وهي طريقة الكشف عن الشقوق باستخدام ضغط الهواء. وتعتبر هذه من طرق الاختبارات الغير هدامة والتي بدورها تكشف عن العيوب الداخلية والسطحية.

تم التطرق في هذا العمل خصوصا إلى خطوات تصميم منظومة التروس لما لها من أهمية كبرى لتشغيل هذه الآلة. ويعتبر الترس من الأجزاء الميكانيكية المهمة التي تستعمل لنقل القدرة وخفض الدوران وزيادة العزم من محور لآخر. وبالرجوع إلى قانون حفظ الطاقة، تعتبر القدرة التي ينقلها صندوق التروس ثابتة، أي القدرة الداخلة إلى صندوق التروس تساوي القدرة الخارجة مع إضافة القدرة الحرارية المستهلكة داخل صندوق التروس نتيجة الاحتكاك. على خلاف ذلك، تعتبر العلاقة بين الدوران وعزم الدوران علاقة عكسية [1]. وقد تم تصنيع كل أنواع التروس المستخدمة لهذه الآلة من معدن الصلب الكربوني وذلك لتحمله للضغوطات والإجهادات الميكانيكية أثناء التشغيل.

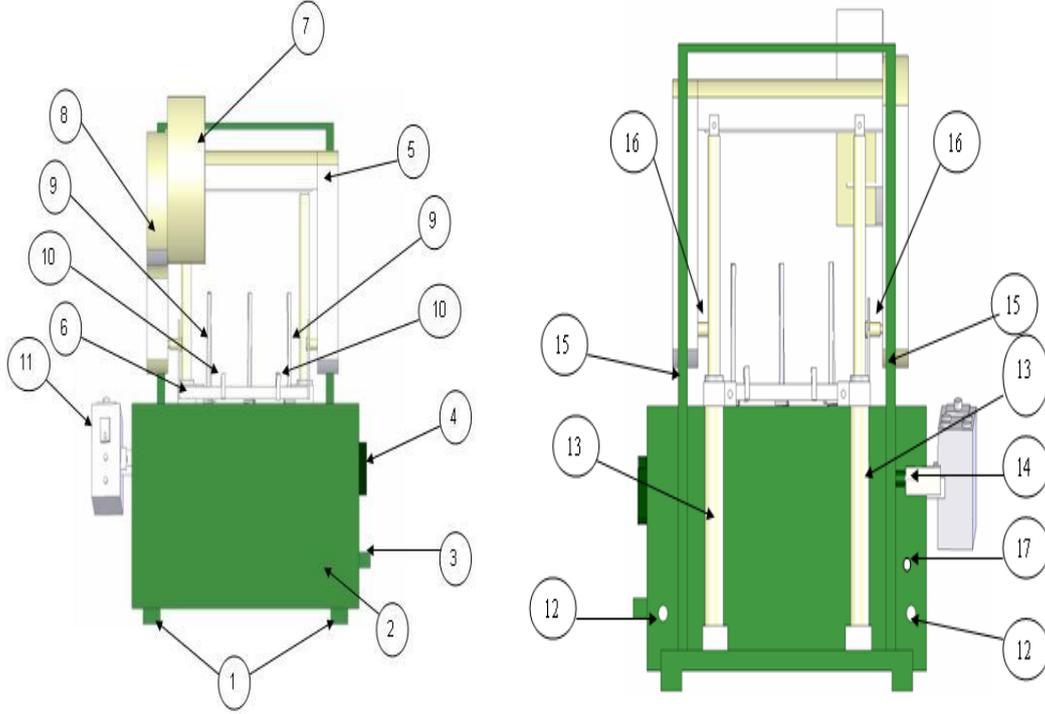
تهدف هذه الدراسة إلى تصنيع آلة محليا للكشف عن عيوب رأس اسطوانة محرك سيارة للتعرف على خطوات التصميم والتصنيع الأساسية المطلوبة لإنتاج هذا النوع من المنتجات. إضافة إلى ذلك، يمكن استخدامها للعمل في بعض التجارب المعملية للمساهمة في التطوير والبحث العلمي.

كما تم تنسيق باقي الورقة على النحو التالي. مقدمة عامة عن الآلة مبينا فيها الأجزاء الرئيسية للآلة و أيضا تعريف لرأس الاسطوانة المستخدمة في الكشف. يليها شرح تفصيلي عن الحسابات الخاصة بمنظومة تروس العدة والجنزير. بعد ذلك، تم عرض الاختبارات التي أنجزت أثناء وبعد تجميع الآلة. وتنتهي الورقة بخاتمة وتوصيات لهذا العمل.

2. مقدمة عامة عن الآلة ورأس الاسطوانة

تتكون آلة اختبار رأس الاسطوانة من محرك كهربائي مثبت به صندوق تروس الذي يعمل على تخفيض السرعة من 1370 rpm إلى 14 rpm، وبقدرة مقدارها 0.37 Kw. ويتم تخفيض هذه السرعة إلى 4 rpm بواسطة منظومة التروس. هذه المنظومة تقوم بنقل الحركة إلى حامل رأس الاسطوانة بواسطة سير جنزير. وهناك مشغلان كهربائيان يقومان بالحركة الرأسية ومثبتان على خزان وقاعدة متحركة. تنزلق القاعدة المتحركة على دليلين بواسطة أربع بكرات، كل بكرتين مثبتتين على دليل. الدليلان مثبتان في الخزان التي تتم فيه عملية الفحص، والخزان مثبت بداخله مسخنات تقوم بتسخين الماء، ومجس حراري لقياس درجات الحرارة. الأجزاء الأساسية للآلة مبينة على النحو التالي (انظر الشكل (1)) [2]:

1. قاعدة الآلة
2. خزان الماء
3. مكان عدة التثبيت
4. مثبت لوحة غلق رأس الاسطوانة
5. قاعدة متحركة
6. حامل رأس الاسطوانة
7. المحرك الكهربائي
8. منظومة التروس
9. مسامير تثبيت الحامل
10. مكان وضع رأس الاسطوانة
11. لوحة التحكم
12. المسخن
13. مشغلان كهربائيان
14. ذراع لوحة التحكم
15. دليلا الخزان
16. أعمدة الإدارة
17. مجس حراري.



شكل رقم (1): الأجزاء الرئيسية لآلة الكشف

1.2 رأس الاسطوانة

عبارة عن جزء مركب في محرك الاحتراق الداخلي الذي يغطي سطح الاسطوانة من أعلى. يحتوي من الجهة السفلى على غرفة الاحتراق وعلى فتحات الاتصال بأنابيب السحب وأنابيب العادم. ومن الجهة العليا تحتوي على محامل عمود الحذبات وأدلة الصمامات والثقوب الملولبة لشمعات الاشتعال. تم تصميمها بحيث تتحمل الضغوطات المرتفعة ودرجات الحرارة العالية التي تتعرض لها أثناء التشغيل. شكل (2) يبين رأس الاسطوانة. يتم إنتاج رأس الاسطوانة من جدارين بينهما فراغات خاصة لمرور مياه التبريد. عند تصنيعها ينصح بتقليل سمك الجدار السفلي لتحسين خاصية الانتقال الحراري، مع ضرورة مراعاة توزيع إجهادات الضغط على الجدارين السفلي والعلوي والمحافظة على إحكام الاسطوانة حتى لا تتسرب منها غازات الاحتراق.



شكل رقم (2): رأس الاسطوانة

3. حسابات التروس

1.3. حساب ترس العدلة المستخدم لتخفيض سرعة الدوران

يتناول هذا الجزء الحسابات الخاصة بمنظومة التروس باستخدام معادلات وعلاقات رياضية. كخطوة أولى تم استخدام المعادلة (1) لإيجاد الموديول المناسب لفتح مجرى الترس [3]. الموديول عبارة عن أداة يتم اختيارها لفتح مجرى الترس.

$$F_t = Q * b * m * y * K_v \quad m = \frac{F_t}{Q * b * y * K_v} \quad (1)$$

حيث أن m : الموديول، F_t : الحمولة المنقولة (حمل التصميم) عند دوران الترس، Q : إجهاد الاحتكاك، b : عرض سن الترس، y : معامل التكوين و K_v : معامل السرعة. ويمكن حساب المسافة بين مركزي القائد والمنقاد من المعادلة (2).

$$C = (D_p + D_g) / 2 \quad (2)$$

باستخدام سرعة دوران ترس القائد (n_p)، وسرعة دوران ترس المنقاد (n_g)، وبالاعتماد على المعطيات الآتية: $C = 90 \text{ mm}$ ، $n_p = 14 \text{ rpm}$ ، $n_g = 4 \text{ rpm}$ ، يمكن الحصول على السرعة النسبية وقطر دائرة الخطوة لترس القائد (D_p) من المعادلتين (3) و (4).

$$V = (n_p / n_g) \quad (3)$$

$$= (14 / 4) = 3.5V$$

$$(n_p / n_g) = (D_g / D_p) = 3.5 \quad (4)$$

$$= 3.5 D_p D_g$$

بالتعويض في المعادلة (2) نحصل على قطر دائرة الخطوة لترس القائد (D_p).

$$C = (D_p + 3.5 D_p) / 2 = 90$$

$$4.5 D_p = 180$$

$$D_p = 40 \text{ mm}$$

وبالتعويض في المعادلة (4) نحصل على قطر دائرة الخطوة لترس المنقاد (D_g).

$$D_g = 140 \text{ mm}$$

يمكن حساب السرعة المحيطية لدائرة الخطوة (V) من المعادلة (5).

$$V = \pi * D_p * n_p / 60 \quad (5)$$

$$V = 1.759 \text{ m/min}$$

كذلك تحسب القوة المنقولة (f) من المحرك الكهربائي للترس من المعادلة (6) على اعتبار أن قدرة المحرك المستخدم لتشغيل الترس تساوي 0.5 HP.

$$f = (HP * 4500) / V \quad (6)$$

$$f = 1279 \text{ N.}$$

يتم حساب الحمولة المنقولة (F_t) مع الأخذ في الاعتبار معامل الخدمة (K_s) من المعادلة (7). يتم اختيار معامل الخدمة بناء على الساعات التشغيلية المقدرة للآلة [3]. والمعامل الذي تم اختياره هو (1.25)، على

اعتبار أن الساعات التشغيلية لآلة ساعات متقطعة و يتم استخدامها عند الحاجة. كذلك الإجهاد (Q) تم اختياره بناء على معدن الترس المستخدم وهو حديد صلب وقيمته 1650 kg/cm^2 [3]. عرض سن الترس (b) تم اختياره طبقا لمواصفات سن الترس المطلوبة [4] على مقياس الجمعية الأمريكية لتصنيع التروس. والموديول المناسب له يساوي 1m. بما أن عدد أسنان ترس القائد غير معلوم فإن معامل التكوين y تم افتراضه وتم الحصول عليه باستخدام طريقة المحاولة والخطأ ويساوي 0.25. إضافة إلى ذلك، يمكن حساب معامل السرعة (Kv) من المعادلة (8). تستخدم هذه العلاقة الرياضية عندما تكون السرعة خطية والمعدن صلبا حداديا [5].

$$(7) Ft = f/Ks$$

$$Ft = 1279/1.25 = 1023.14 \text{ N}$$

$$(8)Kv = 275/(275 + V)$$

$$Kv = 0.994$$

ومنه يتم حساب الموديول بالتعويض في المعادلة (1)

$$m = Ft/Q * b * y * Kv$$

$$m = 1023.14/1650 * 1 * 0.25 * 0.994$$

$$m = 2.49 \text{ mm}$$

في هذه الحالة نختار أقرب موديول قياسي (m) بناء على الناتج الذي تم الحصول عليه. والموديول الذي تم اختياره لحساب أقطار وعدد أسنان ترس القائد والمنقاد هو 2.5 mm. يستخدم لذلك المعادلات من (9-12). حيث أن Tp : عدد أسنان ترس القائد، Tg : عدد أسنان ترس المنقاد، dp : القطر الخارجي لترس القائد، dg : القطر الخارجي لترس المنقاد. شكل (3) يبين تروسا القائد والمنقاد وعمود الإدارة.

$$(9)Tp = Dp/m$$

$$Tp = 40/2.5 = 16 \text{ teeth}$$

$$(10)dp = m * (Tp + 2)$$

$$dp = 2.5 * (16 + 2) = 45 \text{ mm}$$

$$(11)Tg = Dg/m$$

$$Tg = 140/2.5 = 56 \text{ teeth}$$

$$(12)dg = m * (Tg + 2)$$

$$dg = 2.5 * (56 + 2) = 145 \text{ mm}$$

2.3. حساب ترس الجنزير

بعد تخفيض سرعة المحرك إلى 4 rpm بواسطة منظومة التروس، يتم نقل هذه الحركة خلال ترس الجنزير إلى عمود الإدارة الرئيسي. في هذا العمل تم تصنيع تروسين من حديد الصلب الكربوني، قطر كل منهما 90 mm، والمسافة بينهما 540 mm. بناء على ذلك، تم حساب طول الجنزير من المعادلة (13). حيث أن L: طول الجنزير، R: نصف قطر الترس الأول، r: نصف قطر الترس الثاني و A: المسافة بين المركزين. يمكن التعرف على ترس الجنزير في الشكل (3). الجدول (1) يبين خلاصة للنتائج الحسابية لعناصر منظومة نقل الحركة المطلوب تصنيعها.

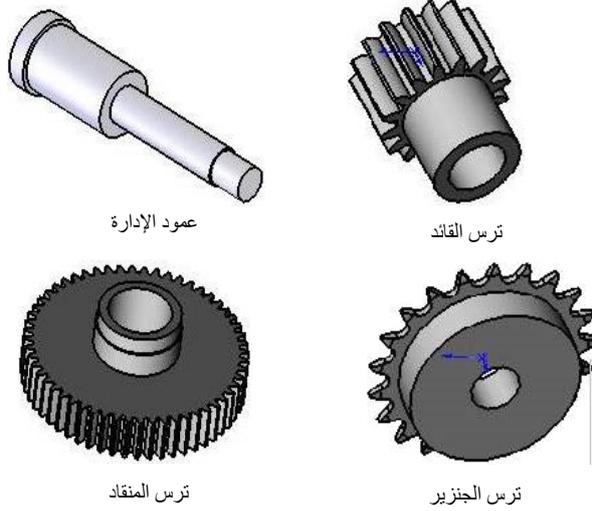
$$(13)L = 2 * A + \pi(R + r) + \left(R - \frac{r}{A}\right) * 2$$

$$L = 2 * 540 + \pi(45 + 45) + \left(45 - \frac{45}{540}\right) * 2$$

$$L = 1362.6 \text{ mm}$$

جدول رقم (1): نتائج حسابية لمتطلبات تصميم تروس الآلة

| ترس الجنزير | | ترس المنقاد | | | | | ترس القائد | | | |
|-------------|--------|-------------|---------|------------|---------|----------|------------|------------|---------|----------|
| L (mm) | r (mm) | R (mm) | dg (mm) | Tg (teeth) | Dg (mm) | ng (rpm) | dp (mm) | Tp (teeth) | Dp (mm) | np (rpm) |
| 1362.6 | 45 | 45 | 145 | 56 | 140 | 4 | 45 | 16 | 40 | 14 |



شكل رقم (3): تروس الآلة وعمود الإدارة

4. اختبار الآلة والاستنتاجات

استنادا على الجدول (1) المتضمن على نتائج حسابات عناصر منظومة التروس، تم تصنيع جميع عناصر هذه المنظومة. وللتأكد من فاعلية الآلة أثناء التشغيل تم عمل اختبارات لبعض عناصر الآلة أثناء وبعد تجميعها. في هذا العمل سيتم شرح نوعين من الاختبارات اللذين تم تنفيذهما و لهما علاقة بمنظومة حركة التروس للآلة. وهما اختبار الحركة الدورانية والحركة الرأسية واختبار ضغط الهواء لرأس الاسطوانة. في اختبار الحركة الدورانية، أجري الاختبار لحامل رأس الاسطوانة لعدة مرات للوصول إلى السرعة الدورانية المطلوبة للحامل وهي 4 rpm وعليه رأس الاسطوانة. تم في هذا الاختبار تشغيل المحرك الكهربائي المثبت به صندوق السرعات، وبواسطة ترس الجنزير تنقل السرعة الدورانية إلى حامل رأس الاسطوانة. واتضح من هذا الاختبار أنه لا توجد أية مشاكل في عملية الدوران للآلة مما يدل على أن العمليات الحسابية التي أجريت لمنظومة التروس صحيحة وتتفق مع أبعاد أجزاء الآلة ذات العلاقة بالمنظومة. كما تم اختبار الحركة الرأسية عن طريق مشغلين كهربائيين للتحكم في مكبسي الحركة عن طريق دائرة إلكترونية تساعد في رفع وخفض المكبسين لأعلى وأسفل في نفس الوقت. الاختبار الثاني وهو الاختبار باستخدام ضغط الهواء في وجود رأس الاسطوانة. تم الكشف بهذه الطريقة على

عدة مراحل. أولاً: يتم وضع رأس الاسطوانة المراد فحصها في حامل رأس الاسطوانة ويتم إغلاق جميع فتحات التبريد بواسطة سدادات مطاطية ولوح من الزجاج، ويتم تثبيتها بإحكام. ثانياً: يملء الخزان بماء عذب وذلك لمنع حدوث ترسبات للأجزاء المعرضة للتسخين. يسخن الماء داخل الخزان إلى درجة حرارة تعادل درجة حرارة رأس الاسطوانة أثناء عملها في محرك السيارة. ثالثاً: يضغط الهواء داخل رأس الاسطوانة بواسطة ضاغط بمقدار 3 بار تقريبا. بعد ذلك يتم إنزال رأس الاسطوانة داخل الخزان، وتترك في الماء لدقائق قليلة قبل تدويرها للكشف عن الشقوق. وتكشف الشقوق بملاحظة فقاعات هوائية خارجة إلى سطح الخزان. ومنها يتحدد مكان العيب على رأس الاسطوانة. شكل (4) يبين عملية اختبار رأس الاسطوانة في آلة الاختبار باستخدام ضغط الهواء.



شكل رقم (4): اختبار رأس الاسطوانة على آلة الاختبار بالضغط

5. الخاتمة والتوصيات

من خلال دراسة هذا البحث تم التعرف على بعض المشاكل التي ظهرت أثناء صنع واختبار الآلة، مما يتطلب معالجة وتحسين أداء هذه الآلة بالشكل المطلوب. من هذه المشاكل وهي عند اختبار الحركة الرأسية للآلة والتي تتم بمشغلين كهربائيين يتحكم بهما في دائرة الكترونية تحتوي على محول فولتية واحد. أثناء الاختبار ظهر فرق في الارتفاع بين المشغلين بمعنى أن الحركة غير متزامنة، مما سبب في ميل القاعدة المتحركة واحتكاك على البكرات وذلك لاحتواء الدائرة الالكترونية على محول فولتية واحد. وبعد التعديل أي تركيب كل مشغل بدائرة الكترونية خاصة به، كانت الحركة الرأسية للمشغلين متزامنة وعلى نفس المستوى. ولوحظ أيضاً في الاختبار الذي أجري على رأس الاسطوانة داخل خزان الكشف، أن درجة حرارة تسخين الماء ينبغي أن تكون بين 60 - 70 درجة مئوية مساوية لدرجة حرارة محرك السيارة أثناء تشغيلها، وذلك لضمان إتمام الكشف بالصورة الصحيحة. ويمكن القول أن آلة الاختبار المصنعة تعتبر نموذجاً جيداً لاختبار رأس الاسطوانة في حدود حجم الشقوق الموجودة بها، والتي يصعب الكشف عن الشقوق التي يقاس حجمها بالميكرومترات. وبناء على النتائج المتحصل عليها والدراسة التي تمت على هذه الآلة نوصي بالتالي:

- العمل على تطوير الحركة الرأسية للآلة وذلك باستبدال المشغلين الكهربائيين بمنظومة هيدروليكية أو وسيلة نقل حركة أخرى لها دقة عالية من حيث التحكم في مستوى الارتفاع.

- استخدام بعض أجزاء الآلة من معادن ذات مواصفات تتناسب مع الاختبارات التي يتم عملها مثل استخدام حديد مجلفن لحامل رأس الاسطوانة ولأعمدة الإدارة والقاعدة المتحركة.
- دراسة إمكانية تطوير الآلة لاستخدامها في الكشف عن شقوق لرؤوس اسطوانات على شكل حرف V. هذا النوع يتطلب مثبتات وموجهات تختلف إلى حد ما عنها عند استخدام رؤوس الاسطوانات العادية.

شكر وامتنان

يقدم فريق العمل بخالص الشكر والتقدير لإدارة كلية التقنية بجنزور لدعمهم التام لإنجاز هذا البحث من توفير مواد واستخدام الورش لتصنيع كل أجزاء الآلة المطلوبة. ونخص بالشكر العاملين بقسم اللحام والمطروقات والعاملين بقسم الميكانيكا العامة وقسم الكهرباء بالكلية. والشكر موصول أيضا لقسم الملكية الفكرية بمركز البحوث الصناعية بتاجوراء لمراجعتهم وتقييمهم لهذه الآلة وتسجيلها بالمركز كمشروع مبتكر.

المراجع

- [1] جلال الحاج عبد. التصميم والصيانة والتنصيب في الهندسة الميكانيكية. منشورات مكتبة نور، 2009، رقم الصفحات 139-145.
- [2] عبدالسلام الثني، منير الكوني. تصميم وتصنيع آلة اختبار رأس اسطوانة محرك سيارة تعمل بطريقة الضغط. شعبة هندسة الإنتاج، قسم الهندسة الميكانيكية، المركز العالي للمهن الميكانيكية، جنزور. مشروع تخرج ضمن متطلبات الدبلوم العالي. 2007، رقم الصفحات 11-14.
- [3] خيرى مصباح إسماعيل. تصميم الماكينات. الجزء الثاني. منشأة الشنهاجي للطباعة والنشر. الإسكندرية، مصر. 2004، رقم الصفحات 152-136.
- [4] Budynas, R.; Nisbett, K. Shigley's Mechanical Engineering Design. McGraw-Hill. Eighth Edition, 2008, Chapter 14, pp. 714-750.
- [5] محمد عبدالرحمن عناني، إبراهيم توفيق الرشيدي. قواعد تشغيل المعادن. الناشر دار الفكر. طرابلس، ليبيا. 1973.