

دراسة تحليلية مقارنة لفعالية السيور الناقلة وأثرها على جودة أداء ماكينات

الورش الميكانيكية

صلاح الدين احمد بن حليم¹ ، عادل السيد علي الأحرش² ، عبدالسلام خليفة المهدي³المعهد العالي للعلوم والتقنية الخمس - ليبيا¹ كلية التقنية الهندسية جنزور - ليبيا² المعهد العالي لتقنيات علوم البحار صبراتة³salahaldeenn095@gmail.comAdel00017@gmail.com

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة السيور الإسفينية المسننة (Cogged V-Belts) وتأثيرها على جودة أداء ماكينات التشغيل الميكانيكي، ولا سيما المخرطة والتفريز والمتقاب. تناولت الدراسة القدرة المنقولة، وسرعة الدوران، وأقطار البكرات، والمسافة المركزية، وساعات التشغيل، مع إجراء حسابات تصميمية ومقارنتها بالتجهيز الفعلي للماكينات. أظهرت النتائج توافقاً بين متطلبات التصميم وعدد ونوع السيور المستخدمة، كما تبرز السيور الإسفينية المسننة بمرونة جيدة وتبديد حراري أفضل وقدرة مناسبة للتعامل مع الأحمال والسرعات المرتفعة.

الكلمات المفتاحية

السيور الإسفينية المسننة؛ V-Belts ؛ نقل القدرة؛ البكرات؛ المخرطة؛ التفريز؛ المتقاب؛ كفاءة نقل الحركة.

Comparative Analytical Study on the Effectiveness of Conveyor Belts and Their Impact on the Operational Quality of Workshop Machines

Salahaldeenn.A.Binhalim¹، Adel.s.Alahrish² ، ahdussalam khalifa almhdi³Higher Institute of science and Technology-al khomes-Libya¹ College of EngineeringTechnology, Janzour, Libya² 'Higher Institute of Marine Sciences Techniques Sabratha³

Abstract

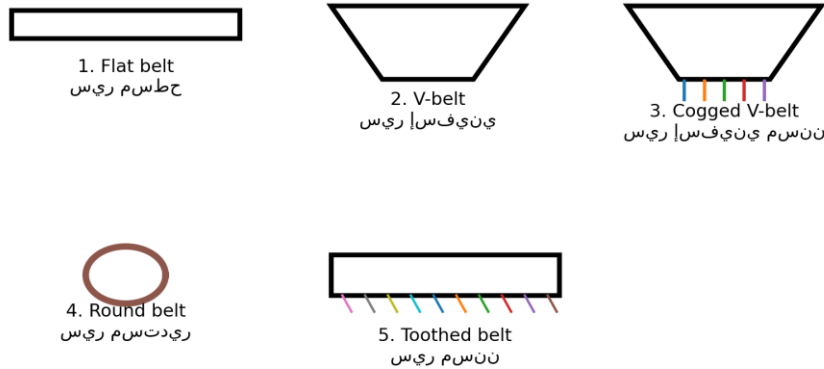
This study evaluates the operational effectiveness of cogged V-belts and their impact on the performance quality of workshop machine tools, particularly the lathe, milling machine, and drilling machine. The analysis considers transmitted power, rotational speed, pulley diameters, center distance, and operating hours. The design calculations were compared with the physical belt arrangements. The results indicate agreement between the design requirements and the belt configurations used on the investigated

machines, while cogged V-belts provide improved flexibility and heat dissipation and are suitable for high-load and high-speed operation.

Keywords: Cogged V-belts; V-belts; power transmission; pulleys; lathe; milling; drilling; transmission efficiency.

1-المقدمة

تُعد السيور من أكثر عناصر نقل الحركة الميكانيكية شيوعاً، وتستخدم لنقل وعكس الحركة الدورانية بين الأعمدة المتباعدة بمسافات مركزية مختلفة. ويمكنها نقل الحركة بالسرعة نفسها أو بنسب سرعة مختلفة عند استخدام البكرات البسيطة أو المدرجة. وتصنع السيور من مواد متعددة، وتتميز بحسب شكل مقطعها إلى سيور مسطحة، وإسفينية، ومستديرة، ومسننة.



الشكل (1) الأنواع الرئيسية للسيور المستخدمة في تطبيقات نقل الحركة.

يوضح الشكل (1) الأشكال الهندسية الأساسية لمقاطع السيور. ويظهر السير المسطح كمقطع مستطيل، والسير الإسفيني كمقطع شبه منحرف، بينما يحتوي السير الإسفيني المسنن على تجاويف داخلية تزيد مرونته. أما السير المستدير فيستخدم في التطبيقات التي تتطلب مقطعاً دائرياً، في حين يعتمد السير المسنن على أسنان للتعشيق الموجب مع البكرة.

2-المشكلة البحثية والأهداف

تتمثل المشكلة البحثية في أن استخدام سير غير متوافق من حيث النوع أو العدد أو السعة مع قدرة المحرك وسرعة الدوران قد يؤدي إلى الانزلاق والتآكل وارتفاع الحرارة وانخفاض العمر التشغيلي.

لذلك تستلزم منظومة نقل الحركة ربط القدرة التشغيلية بنوع السير وعدده وأبعاد البكرات وظروف التشغيل.

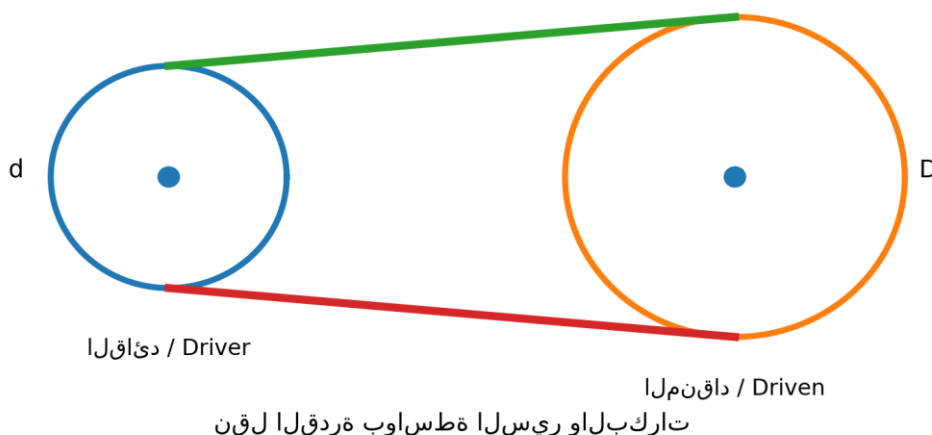
أهداف البحث :

- 1- تحديد معايير اختيار السيور المناسبة لماكينات التشغيل؛
- 2- إجراء الحسابات التصميمية للسيور على ثلاث ماكينات رئيسية هي المثقاب والتفريز والمخرطة
- 3- مقارنة النتائج الحسابية بالتجهيز الفعلي؛
- 4- توضيح أثر سرعة الدوران وساعات التشغيل في أداء منظومة السيور.

3-تصنيف السيور والبكرات المدرجة

السيور المسطحة مناسبة للتطبيقات التي تتطلب مسافات طويلة نسبياً بين الأعمدة وتعتمد بصورة أساسية على الاحتكاك السطحي. أما السيور الإسفينية (V-Belts) فتمتلك مقطعاً شبه منحرف، وتعمل داخل مجرى البكرة، مما يحسن التماسك ويحد من الانزلاق. وتحتوي السيور الإسفينية المسننة على تجاويف عرضية داخلية تزيد المرونة وتساعد على العمل مع بكرات صغيرة القطر. وتستخدم البكرات المدرجة في أزواج متقابلة للحصول على نسب سرعة مختلفة؛ إذ يقابل القطر الصغير في إحدى البكرات القطر الكبير في البكرة الأخرى. ويسمح نقل السير بين الدرجات المختلفة بتغيير سرعة الدوران حسب متطلبات التشغيل.

ةيزكرمل ةفاسملا C —



الشكل (2) مخطط مبسط لمنظومة نقل القدرة بواسطة السيور والبكرات.

يمثل المخطط البكرة القائدة المرتبطة بالمحرك والبكرة المنقادة المرتبطة بالآلة. وتحدد أقطار البكرات والمسافة المركزية بين محوريهما خصائص السرعة وطول السير وزاوية التلامس، وهي عوامل تدخل مباشرة في الحسابات التصميمية.

4-المعادلات التصميمية

يعتمد تصميم سير V على مجموعة من العلاقات الأساسية. ويحسب محيط السير من العلاقة:

$$L_p = 2C + 1.57(D + d) + (D - d)^2/(4C)$$

حيث L_p محيط السير، و C المسافة المركزية، و D قطر البكرة الكبيرة، و d قطر البكرة الصغيرة. وتحسب سرعة السير الخطية بالعلاقة:

$$V = (\pi d n)/12 \quad (ft/min)$$

تكون V بوحدة (ft/min) و n بوحدة دورة/دقيقة، تكون V بوحدة (ft/min)

أما زاوية التلامس على البكرة الأصغر فتقارب:

$$\theta = 180^\circ - 57^\circ(D - d)/C$$

وتحدد القدرة التصميمية الكلية وفق العلاقة الواردة في الملف:

$$H_2 = H_1(K_s + 0.1)$$

ثم تصحح قدرة السير الواحد باستخدام معاملات زاوية التلامس وطول السير، ويحسب عدد السيور من:

$$N = H_2/H_4$$

يجب ملاحظة أن هذه العلاقات تُستخدم مع وحدات ومعاملات التصحيح المتوافقة مع جداول تصميم السيور المعتمدة في الدراسة الأصلية.

5- البيانات والحسابات للماكينات

الماكينة	القدرة (hp)	القدرة التصميمية (hp)	نوع السير	العدد حسابياً	العدد فعلياً	السرعة
المتقارب	1.34	≈1.87	V-Cogged (A)	1	1	48-1400 rpm
التفريز الأفقي	9.38	13.13	V-Cogged (A50)	4	4	355-1800 rpm
المخرطة	6.03	8.442	V-Cogged (A)	5	5	18-1600 rpm

5.1- آلة المثقاب

البيانات الواردة في الملف :قدرة المحرك (1.34 hp) 1 kW ، سرعة تشغيل من 48 إلى 1400 rpm ، قطر البكرة الصغيرة $d = 68 \text{ mm}$ ، قطر البكرة الكبيرة $D = 234 \text{ mm}$ ، والمسافة المركزية $C = 460 \text{ mm}$. تشير النتيجة التصميمية إلى استخدام منظومة من الصنف الإسفيني المسنن، مع الاعتماد على البكرة المدرجة لتوفير السرعات المطلوبة. حيث ان عند تغير موضع السير بين درجات البكرة تتغير نسبة السرعة بين العمود القائد والمنقاد .ولذلك يكون اختيار قطر البكرة الفعال عاملاً أساسياً في تحديد السرعة الخطية للسير والقدرة المنقولة.

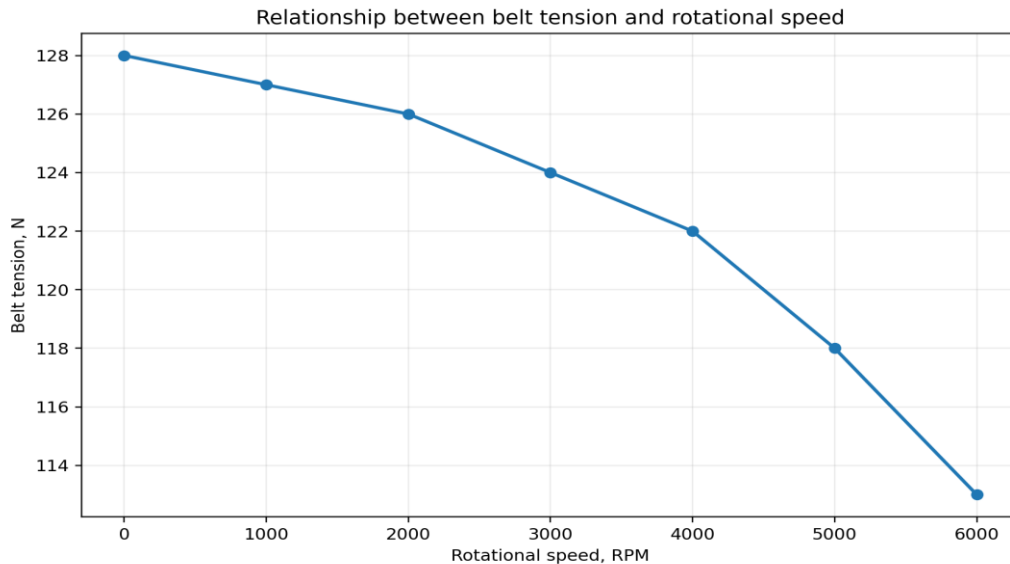
5.2- آلة التفريز الأفقية

البيانات الواردة في الملف :القدرة (9.38 hp) 7 kW ، مدى السرعة 355–1800 rpm ، قطر البكرة الصغيرة $d = 156 \text{ mm}$ ، قطر البكرة الكبيرة $D = 173 \text{ mm}$ ، والمسافة المركزية $C = 385 \text{ mm}$. وباستخدام معامل الأمان ومعامل التشغيل المستمر الواردين في الدراسة، بلغت القدرة التصميمية 13.13 hp ، وأظهر الحساب أن العدد المطلوب أربعة سيور من النوع V-Cogged (A50)، وهو مطابق للتجهيز الفعلي.

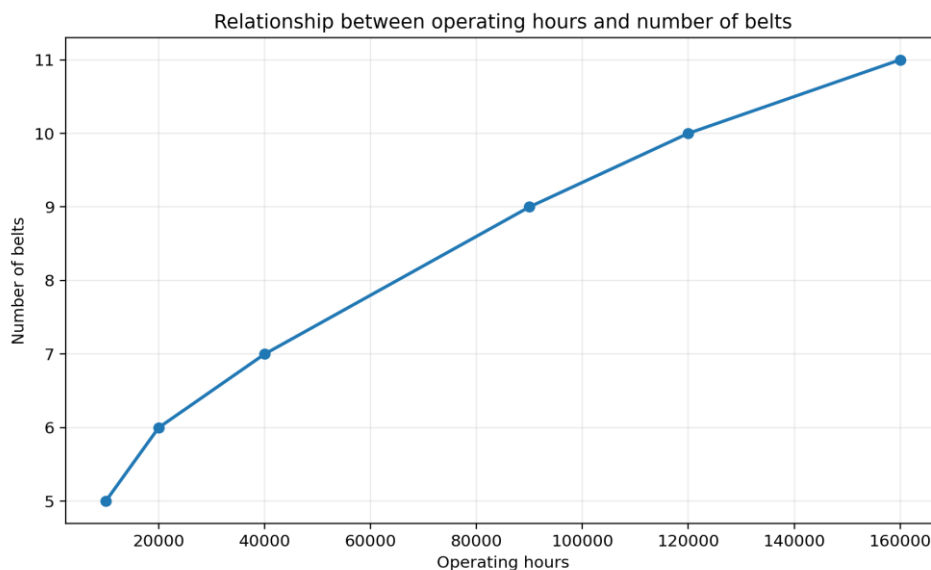
5.3- آلة المخرطة

البيانات الواردة في الملف :مخرطة TUG 40-AFM ، مدى السرعة 18–1600 rpm ، والقدرة 4.5 kW (6.03 hp). بلغت القدرة التصميمية 8.442 hp بعد تطبيق المعاملات المذكورة في الدراسة .وأظهر الحساب أن المنظومة تتطلب خمسة سيور متوازية من النوع V-Cogged ، وهو ما يتطابق مع الوضع الفعلي للآلة.

6- المنحنيات وتحليلها

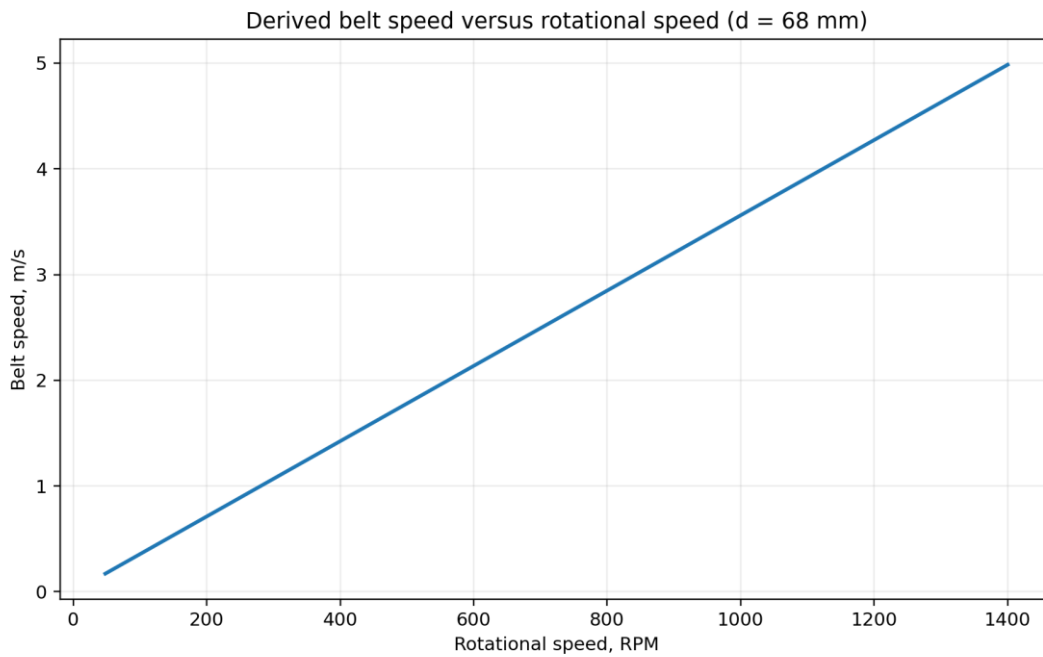


الشكل (3) العلاقة بين شد السير وعدد لفات التشغيل، باستخدام البيانات الواردة في الدراسة. يُظهر المنحنى انخفاض شد السير تدريجياً مع زيادة سرعة الدوران. وتتناقص قيمة الشد من نحو 128 N عند الصفر إلى نحو 113 N عند 6000 rpm وفق البيانات المستخدمة في الدراسة. ويشير الاتجاه العام إلى أن ظروف السرعة المرتفعة ترتبط بانخفاض قيمة شد الجر المعروضة، وهو ما يستلزم الانتباه إلى الضبط الصحيح للشد عند التشغيل لتقليل الانزلاق والفقد.



الشكل (4) العلاقة بين ساعات التشغيل وعدد السيور، باستخدام القيم الواردة في الدراسة.

يوضح المنحنى اتجاهًا تصاعدياً في عدد السيور مع زيادة ساعات التشغيل: من 5 سيور عند 10000 ساعة إلى 11 سيوراً عند 160000 ساعة ضمن مجموعة البيانات الواردة. ووفق إطار الدراسة، تعكس هذه العلاقة أهمية عامل التشغيل المستمر في تحديد عدد السيور المطلوب لتحقيق القدرة والعمر التشغيلي المناسبين.



الشكل (5): سرعة السير الخطية مقابل سرعة الدوران للبكرة الصغيرة ($d = 68 \text{ mm}$) منحنى مشتق من معادلة سرعة السير).

هذا المنحنى مشتق مباشرة من علاقة سرعة السير باستخدام قطر البكرة الصغيرة للمقاييس الوارد في الدراسة. العلاقة خطية؛ فكل زيادة في سرعة الدوران تؤدي إلى زيادة متناسبة في السرعة الخطية للسير. وتزداد أهمية هذا العامل عند السرعات المرتفعة لأن السرعة الخطية تؤثر في الحرارة، والفقد، والإجهادات الديناميكية، وبالتالي في العمر التشغيلي للسير.

7- المقارنة والتحليل الهندسي

توضح المقارنة أن الماكينات الثلاث تختلف في القدرة والسرعة وأبعاد البكرات، ولذلك يختلف عدد السيور المطلوب. ومع ذلك، فإن النوع المستخدم في الحالات المدروسة هو السير الإسفنجي المسنن، وهو اختيار يتوافق مع طبيعة الأحمال والسرعات وحاجة الماكينات إلى مرونة جيدة وتبديد حراري

مناسب. في المثقاب، تسمح البكرة المدرجة بتغيير السرعة عبر تغيير موضع السير. وفي التفريز والمخرطة، تنقل مجموعة السيور المتوازية القدرة من المحرك إلى منظومة نقل الحركة أو صندوق التروس. وتؤكد الدراسة أن المطابقة بين الحسابات التصميمية والتجهيز الفعلي تعزز موثوقية منظومة نقل الحركة.

8- الاستنتاجات

• أثبتت المقارنة وجود توافق بين عدد ونوع السيور المحسوب وبين التجهيز الفعلي في الماكينات الثلاث المدروسة.

• السيور الإسفينية المسننة مناسبة للتطبيقات التي تتطلب مرونة جيدة وتبيداً حرارياً وقدرة على العمل تحت الأحمال والسرعات المرتفعة.

• اختيار عدد السيور لا يعتمد على القدرة وحدها، بل يرتبط أيضاً بسرعة الدوران وأبعاد البكرات وزاوية التلامس وطول السير وساعات التشغيل ومعاملات الخدمة.

• زيادة ساعات التشغيل تتطلب اهتماماً أكبر بتوزيع الحمل وعدد السيور والشد الصحيح والفحص الدوري.

• المحافظة على الشد المناسب ونظافة مجاري البكرات تقلل الانزلاق والفقد في القدرة وتساعد على إطالة العمر التشغيلي.

9- التوصيات

• إجراء فحص دوري لشد السيور ونظافة مجاري البكرات.

• استخدام سيور إسفينية مسننة ذات خامات مناسبة للحرارة والزيوت، مثل التركيبات المطاطية عالية المقاومة عند ملائمتها للتطبيق.

• تجنب السيور منخفضة الجودة التي تظهر عليها علامات الانزلاق أو التشقق أو ارتفاع الحرارة.

• إعادة التحقق من عدد السيور عند تغيير قدرة المحرك أو نطاق السرعة أو ساعات التشغيل.

• توسيع الدراسة مستقبلاً لتشمل نماذج أحدث من آلات المثقاب والمخرطة والتفريز ومقارنة أنواع أخرى من السيور تحت ظروف تشغيل مقننة.

10- المراجع

- [1] أحمد زكى و حلمى نقل وسایل الحركة الدار الجماهيريه للنشر والتوسيع والاعلان. مصراته 1989
- [2] عماد بن توما ،نقل اجهزة كرش،وزارة التعليم والبحث العلمى، الجامعة التقنيه، العراق الشماليه 2005
- [3] Samiul Haider Chowdhury, Final Design Report, Ahsanullah University of Science & Technology, 2024.
- [4] I. Omorodion, S. Amiebenomo, and B. Ozigic, “Effect of under belting a multiple V-belt drive,” Journal of Advances in Science and Engineering (JASE), 2020.
- [5] J. E. Shigley, Mechanical Engineering Design, 8th ed., McGraw-Hill, 2006.
- [6] P. J. Hoffman et al., Precision Machining Technology, Delmar Cengage Learning, 2012.
- [7] E. K. Hussein, “Belts Systems & Types of Belts Systems,” Technical Report, 2016.
- [8] Megadyne Rubber S.A., Rubber V-Belts Specification Manual, 2004.
- [9] J. Rodriguez, R. Keribar, and J. Wang, “A Comprehensive and Efficient Model of Belt-Drive,” Gamma Technologies Inc., 2010.