Study and Study and Compare the Productivity of Manual and Automatic Plate Bending Machines

Dr. Tammam Salloum*
Yousef Dayoub**

(Received 2 / 7 / 2024. Accepted 5 / 8 / 2024)

□ ABSTRACT □

This research aims to analyze the total productivity (total output) / (total input) and partial productivity (productivity of raw materials - productivity of capital - productivity of auxiliary services - productivity of machines - productivity of the work component or labor) of the manually operated plate bending machine and the plate bending machine that operates by hand. Powered. And comparing productivity, which is the result of (effectiveness: the degree of achieving goals, and efficiency: production at the lowest cost, least effort, and least waste of economic energies and resources, or (actual output) / (linear output), taking into account the time required to complete one tube, and the total expenses required to manufacture one tube, and the number of operators and workers required during both operations, The quality of the pipe - which is its suitability for use according to the standard specifications according to the concept of the International Organization for Standardization (ISO) - and so on. In order to evaluate productivity indicators. It also discusses the limitations of manual use, the importance of the process of bending plates with powered machines, the use of automation and technological innovations in the metal pipe industry and various modern local industries, and improving the quality of products in order to benefit humans and society.

Keywords: productivity, manufacturing, analysis, outputs, inputs.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Associate Professor, Faculty of Mechanical Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.**
** **Doctor, Department of Design and Production Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia - Syria. yousefdayoub@gmail.com**

دراسة ومقارنة الإنتاجية لآلات ثني الصفائح اليدوية والآلية

د. تمام سلوم*

يوسف ديب**

(تاريخ الإيداع 2 / 7 / 2024. قُبِل للنشر في 5/ 8 / 2024)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى تحليل الإنتاجية الكلية (إجمالي المدخلات/ إجمالي المخرجات) والإنتاجية الجزئية (إنتاجية المواد الخام – إنتاجية رأس المال – إنتاجية الخدمات المساعدة – إنتاجية الآلات – إنتاجية عنصر العمل أو العمالة) لآلة ثني الألواح التي تعمل يدويًا وآلة ثني الألواح التي تعمل بالطاقة. ومقارنة الإنتاجية التي هي نتاج (الفعالية: درجة تحقيق الأهداف، والكفاءة: الإنتاج بأقل تكلفة وأقل جهد وأقل هدر للطاقات والموارد الاقتصادية أو المخرجات الخطية/المخرجات الفعلية)، مع مراعاة الوقت المطلوب لإكمال أنبوب واحد، وإجمالي النفقات المطلوبة لتصنيع أنبوب واحد، وعدد المشغلين والعمال المطلوبين أثناء كلتا العمليتين، وجودة الأنبوب – التي هي صلاحيته للاستخدام وفق المواصفات القياسية حسب مفهوم المنظمة العالمية للتقييس الآيزو (ISO) – وما إلى ذلك. بغية تقييم مؤشرات الإنتاجية. كما يناقش أيضًا قيود الاستخدام اليدوي، وأهمية عملية ثني الألواح بالآلات التي تعمل بالطاقة، واستخدام الأتمتة والابتكارات التكنولوجية في صناعة الأنابيب المعدنية ومختلف الصناعات المحلية الحديثة، وتحسين جودة المنتجات من أجل إفادة الإنسان والمجتمع.

الكلمات المفتاحية: الإنتاجية، التصنيع، التحليل، المخرجات، المدخلات.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **أستاذ مساعد – كلية الهندسة الميكانيكية- جامعة حلب- حلب- سورية.**

** **دكتور- قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

yousefdayoub@gmail.com

مقدمة :

في جميع أنحاء العالم، يتم استخدام التكنولوجيا بمعدل سريع في العديد من المجالات، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج، وخفض التكلفة وزيادة كفاءة النظام. هناك العديد من الصناعات المنتشرة في جميع أنحاء العالم، والتي تعمل في إنتاج أنابيب الصفائح المعدنية. في الوقت الحاضر، يتم إنتاج الأنابيب المعدنية بواسطة ماكينات ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا. جرت محاولة لإدخال تقنية الأتمتة في الصناعات التي تنتج أنابيب معدنية بأقطار وسماكات مختلفة.
في هذه الدراسة يتم مقارنة للمعلمات المختلفة المطلوبة (الوقت المطلوب، وإجمالي النفقات المطلوبة، وجودة المنتجات، وعدد المشغلين والعمال المطلوبين، وما إلى ذلك.....)، وتأثيرها على الإنتاجية لتصنيع أنبوب واحد باستخدام آلات ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا والتي تعمل بالطاقة.

الدراسات المرجعية Literature review:

[2] قام (C. C. Weng And) وزملاؤه في عام (1990) بدراسة سلوك الانحناء البارد للصفائح الفولاذية السميكة ودراسة تجريبية للضغوط المتبقية في صفائح فولاذية سميكة عالية القوة شديدة الانحناء على البارد. تم استخدام كل من طرق التقطيع وحفر الثقب لقياس الإجهاد المتبقي، وتبين أن مجموعتي النتائج متفقتان بشكل جيد. تتراوح ضغوط الشد المتبقية على السطح الداخلي للانحناء من %(46) إلى %(92) من إجهاد الخضوع للمادة. وبالإضافة إلى ذلك، يتم قياس الضغوط المتبقية من خلال سمك اللوحة باستخدام طريقة التقسيم. ويلاحظ وجود نمط توزيع الضغط المتبقي من النوع المتعرج من خلال سمك اللوحة. تتم بعد ذلك مقارنة نتائج الاختبار بالقيم التي تنبأت بها المعادلات التي اقترحها دات في عام (1980).

[3] وضّح (R. L. Mitchell) وزملاؤه في عام (1992) في المنظمة الدولية للعمالة في كتاب مقدمة لدراسة العمل، كيف يمكن لدراسة العمل أن تساهم في تحسين الإنتاجية وفي بيئة عمل آمنة ومرضية. ووصف التقنيات الأساسية لدراسة العمل كما تُمارس في أجزاء كثيرة من العالم، وأكد على استخدام نظم المعلومات والحوسبة لحل مشاكل دراسة العمل لاستيعاب التطورات في دراسة العمل. كما تناول مناهج إدارة الإنتاج وعلاقتها بدراسة العمل. وتم أيضًا تضمين العديد من الرسوم التوضيحية.

[4] أكّد (Nitin P. Padghan) وزملاؤه في عام (2015) أنّ عمليات ثني الصفائح المعدنية من أكثر عمليات التصنيع الصناعية استخدامًا. وأن تحسينها وتطويرها يستغرق وقتًا طويلاً ومكلفًا. لذلك، قد تساعد محاكاة العناصر المحدودة في ضمان التصميم وجودة منتجات الصفائح المعدنية. تم بناء نموذج العناصر المحدودة لهذه العملية في بيئة (ANSYS) بناءً على حل العديد من التقنيات الرئيسية، مثل معالجة حالة حدود الاتصال، وتعريف خاصية المادة، وتقنية الربط، وما إلى ذلك. ثم تقديم نموذج رياضي لعملية ثني و دحرجة المكونات ذات الجدران الرقيقة مع الأخذ في الاعتبار الشكل الهندسي اللاخطية. كما تم تقديم تقنية حساب متغيرات الإعداد لمعدات الثني، والتي تعتمد على تقليل مشكلة القيمة الحدية التفاضلية الأولية إلى المشكلة المنفصلة باستخدام طريقة الفرق المحدود.

[1] قام (Manoj Kumar) وزملاؤه في عام (2017) بتطوير نموذج لآلة الثني المتعرجة الهيدروليكية والتي تعتبر نسخة مطورة من الآلة التقليدية لثني الفولاذ إلى شكل منحني. وجدوا أنها أكثر فائدة لعمل ثني متعرج في قطعة العمل، بحيث يمكن تشكيل مقطع متعرج باستخدام الضغط الهيدروليكي العادي. وحجم الماكينة مناسب جدًا للعمل وسهلة الحمل والاستخدام في أي وقت وفي أي مكان بحيث يمكن وضعها في جميع ورش الآلات وجميع ورش ثني الصفائح المعدنية لاستبدال الشيء التقليدي بتكلفة أقل وصيانة منخفضة.

[7] أكّد (Löfgren, H.B) وزملاؤه في عام (2018) أنّ الخواص الميكانيكية للصفائح المعدنية عاملاً مهماً في تصميم عمليات تصنيع (SMF)، كما أنّ عدم مراعاة هذا العامل يؤدي إلى التواء المكونات وترققها الزائد وتمزقها وتجعدها. تشمل العوامل الأخرى التي تؤثر على الشكل النهائي للمكونات (على سبيل المثال، ظروف الاحتكاك، التلامس الجاف أو المشحم، ونوع مادة التشحيم، ضغط التلامس.....إلخ).

[5] أكّد (O.M. Ikumapayi) وزملاؤه في عام (2020) تم إجراء دراسة موجزة عن عملية الدرفلة في تشكيل المعادن والمعدات. يساهم قطاع التصنيع، سواء على نطاق صغير أو كبير، بشكل كبير في التنمية الوطنية، كما أنه القطاع الأكثر تصورًا لنشر مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة. في قطاع التصنيع الصناعي، هناك حاجة إلى مجموعة واسعة من المنتجات بكميات كبيرة لتطبيقات مختلفة، سواء لفترات يومية أو طويلة. يهدف هذا المقال إلى الوصول إلى تقنيات الدرفلة في عملية تشكيل المعادن، أو كجزء من عملية التصنيع الصناعي. يتم عرض مقارنة في أداء طرق الدرفلة المختلفة، مع تحليل عيوبها، ومجالات تطبيق المنتجات أو المكونات المدرفلة. ومن ثم، تمت مناقشة الوظيفة ومبدأ العمل للدرفلة كعملية تصنيع أو تشكيل، واقتراح آفاق التصنيع في المستقبل. يستكشف البحث العلاقة بين التعامل مع الإنسان والآلات، والتعامل مع المعدات، ومناولة المواد وفهم نوع الخلل في التدحرج لتلبية الزيادة في الأداء التشغيلي، حتى عندما تصبح العمليات أكثر تقدمًا.

[6] قام (Tomasz Trzepieciński) وزملاؤه في عام (2020) بالتوازي مع تطوير تقنيات تشكيل جديدة، بتطوير الأساليب العددية والتجريبية لتشكيل الصفائح المعدنية. واقتراح العديد من الخوارزميات الرقمية المبتكرة والأساليب التجريبية والمساهمات النظرية لـ (SMF). لتحسين قابلية تشكيل المواد، وإنتاج أجزاء معقدة الشكل ذات جودة سطحية جيدة، وتسريع دورة الإنتاج، وتقليل عدد العمليات والأداء البيئي للتصنيع.

[8] أكّد (José Valdemar Fernandes) وزملاؤه في عام (2020) على أهمية المحاكاة الرقمية لعمليات تشكيل الصفائح المعدنية، وأنها أداة لا غنى عنها لتصميم المكونات وعمليات تشكيلها، لما لها من تأثير كبير في تقليل الوقت اللازم لطرح المكونات في السوق وتكلفة تطوير مكونات جديدة في الصناعات، فضلاً عن تمكين فهم أفضل لآليات التشوه وتفاعلها مع معلمات العملية، وتحليل السلوك أثناء الخدمة، وتحسين نتائج التنبؤ لعملية التشكيل التقليدية، وتمكين تطوير عمليات تشكيل جديدة. إلا أن إمكاناتها للتطبيق لا تزال تُكتشف مع الحاجة المستمرة لمحاكاة عمليات أكثر تعقيداً.

المشكلة العلمية للبحث The scientific problem of research:

تتلخص المشكلة العلمية للبحث في مقارنة الإنتاجية لآلات ثني الصفائح اليدوية والآلية، وبالعملية اليدوية التي تتسبب في إجهاد العمال، والتقليل من كفائتهم، ومن كفاءة العمل لعملية ثني الألواح، ونقص جودة المنتجات والإنتاجية. والحاجة الماسة لبعض الأتمتة في صناعة الأنابيب المعدنية لزيادة الإنتاجية، وتحقيق اقتصادية عالية.

أهمية البحث وأهدافه:

هدف البحث The novelty of the search:

بعد الاطلاع على العديد من الدراسات المرجعية كان هدف البحث:

- دراسة ومقارنة الإنتاجية لآلات ثني الصفائح اليدوية والآلية.

- تقليل العمالة المطلوبة، والوقت اللازم، والتكلفة الإجمالية لتصنيع الأنابيب المعدنية.
- تحسين جودة المنتجات، وزيادة الإنتاجية، وتحقيق الربح في صناعة الأنابيب المعدنية.
- استخدام الأتمتة والابتكارات التكنولوجية في صناعة الأنابيب المعدنية ومختلف الصناعات المحلية الحديثة، من أجل إفادة الإنسان والمجتمع.

أهمية البحث Research Importance:

تأتي أهمية هذا البحث من:

- ✓ استخدام التكنولوجيا في الصناعة عموماً وصناعة الأنابيب المعدنية خصوصاً، وتحقيق الإنجازات في العلوم لتنمية وتطوير الصناعات المحلية واقتصاد الدولة.
- ✓ خفض النفقات اللازمة لصناعة الأنابيب المعدنية والمحافظة على اليد العاملة والإنسان العامل.

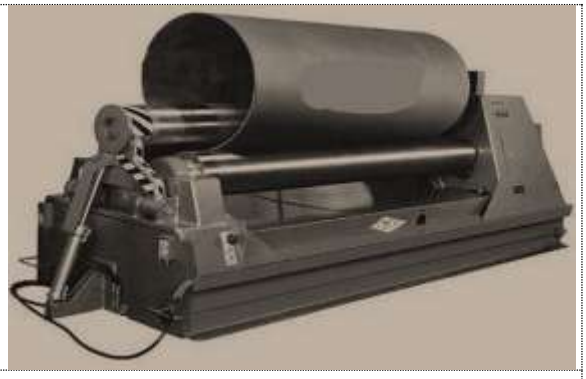
طرائق البحث ومواده:

1- آلة ثني الألواح اليدوية:

الشكل(1) آلة ثني الألواح التي تم يتم تشغيلها يدويا (نموذج الة لف بثلاثة أسطوانات)

يتم تشغيل آلة ثني الألواح يدويًا في الصناعات. في هذه العملية، يدوّر العامل الأسطوانة بمساعدة رافعة صغيرة. لذلك يتم إرفاق عجلة بعمود الترس. يتم توصيل هذا الترس مرة أخرى مع اثنين من التروس الأخرى المتصلة بالأسطوانتين. هنا تم تصميم العجلة الخارجية بحيث يجب أن يمسك الأنبوب بمحور الدوران، المقابض ملحومة بالجانب الخارجي لمحور الدوران. هنا تمسك الأنبوب بمحور الدوران ويتم تدويرها في اتجاه عقارب الساعة. يتم توصيل الترس بمحور، ويقوم بتدوير الترسين الآخرين، وتقوم هذه التروس بتدوير البكرتين. عندما يتم تدوير هاتين البكرتين، بسبب الاحتكاك بين البكرات والصفيحة التي يتم إدخالها بين الأسطوانة العلوية والسفلية اثنين من البكرات، يتم أيضًا تدوير الأسطوانة العلوية.
يتم ضبط الأسطوانة العلوية وفقًا لسماكة الصفيحة، يتم ترتيب اللولب الذي يشد أو يفقد قطعة العمل. في هذه العملية، يتم تدوير الصفائح في اتجاه عقارب الساعة وعكس اتجاه عقارب الساعة بعدد المرات وفقًا لطول الصفيحة وسماكة الصفيحة.

2- آلة ثني الألواح التي تعمل بالطاقة:



الشكل(2) آلة الإنحناء التي تعمل بالطاقة

الشكل(3) منتج آلة الثني التي تعمل بالطاقة

يشبه بناء (تصميم) آلة ثني الألواح (لف الالواح) التي تعمل بالطاقة آلة ثني الألواح اليدوية. باستثناء أن هذه الآلة هي آلة تعمل بالطاقة تتطلب المحرك وتجويف التروس وترتيب التروس.

إعداد الأسطوانة يعتمد على سمك وقطر الصفيحة التي سيتم ثنيها في الماكينة. بمجرد انتهاء ضبط البرغي، يبدأ المشغل تشغيل الماكينة، وتمر الصفيحة باتجاه الجانب الآخر من الماكينة. بعد مرور واحد، مرة أخرى يتم ضبط المسمار إذا تطلب الأمر، ثم يبدأ التمريرة التالية مرة أخرى، يقتصر الأمر على الأنبوب الأسطواني.

بعد الحصول على أنبوب أسطواني، يتم لحام بعض مواضع الأنابيب وتسمى التثبيت. بعد اللحام، يمر الموضع الملحوم للأنبوب عبر الأسطوانة.

ثم يتم إزالة هذا الأنبوب من الماكينة عن طريق إزالة القاعدة بعد إزالة البرغي، ويتم حراثة الجسم الجانبي إلى الجانب. قبل إمالة الجسم، يتم إدخال قضيب واحد بين الأسطوانة العلوية والسفلية، ثم يتم حراثة الجسم وإزالة الأنابيب من الماكينة.

النتائج والمناقشة:

النتائج:

1- تحليل الإنتاجية:

زيادة الإنتاجية هي العامل الرئيسي للازدهار على جميع المستويات. إنها العلاقة بين النتيجة التي تم الحصول عليها والعوامل المستخدمة لتحقيق النتيجة. الإنتاجية هي العلاقة بين المخرجات والمدخلات. إنه مؤشر على قدرة المؤسسة. في حالة الجهاز المحدد، يعتمد الناتج بشكل كبير على مهارة العمل للأشخاص العاملين. إذا كان لديه خبرة طويلة في العمل على الماكينة، فمن المؤكد أن معدله في صنع الأنابيب سيكون أعلى من معدل الشخص الجديد في الماكينة.

وفقًا لتعريف الإنتاجية، لدينا علاقة بسيطة لها وهي مقدمة من: **productivity =Output/Input**

للمقارنة المباشرة للإنتاجية من حيث رأس المال المطلوب، تم أخذ نسبة الإنتاج من حيث الأنابيب التي يتم تصنيعها بالساعة للمدخلات من حيث الأصول الرأسمالية المستخدمة.

- يُفترض أن تكون فترة العمل القياسية في اليوم (8) ساعات.
- تكلفة التصنيع لكل كيلوغرام = (1116) ل س (لحام كامل).
- تكلفة التصنيع لكل كيلوغرام = (651) ل س (مع معالجة).

- وزن الصاج = (62) كغ.

تكلفة تصنيع الأنابيب:Manu facturing Cost of pipe=62x651

تكلفة تصنيع الأنابيب: ل س Manu facturing Cost of pipe=40362

البيانات المطلوبة لتحليل الإنتاجية لآلة ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا مذكورة في الجدول الآتي:

الجدول (1) البيانات الأولية للتحليل

البارامترات (العوامل المتغيرة) (Parameters)	الكميات (Quantities)	
	آلة تعمل بالطاقة Power Operated Machine	آلة تعمل يدويا Manual Operated Machine
سماكة الصفيحة	5 mm	5 mm
العرض	1000 mm	1000 mm
القطر	500 mm	500 mm
العمالة المطلوبة	03 Nos	07 Nos
المشغل المطلوب	01 No	01 No
الوقت اللازم	20 min	40 min
تكلفة قضيب اللحام	1000 ل س	1000 ل س
استهلاك الكهرباء	4 Unit	1 Unit
راتب العمل / يوم	9300 ل س	9300 ل س
راتب المشغل / يوم	18600 ل س	18600 ل س

الجدول (2) نفقات صنع أنبوب واحد على الآلة

البارامترات (العوامل المتغيرة) (Parameters)	الكميات (Quantities)	
	آلة تعمل بالطاقة Power Operated Machine (ل س)	آلة تعمل يدويا Manual Operated Machine (ل س)
ثمن العمالة	1162.5	5423.76
ثمن المشغل	773.76	1549.38
قضيب اللحام	744	744
استهلاك الكهرباء	5115	1023
النفقات العامة	1558.68	1746.54
تكلفة متنوعة	372	372
المجموع (ل س)	9725.94	10858.68

$$\textbf{productivity} = \frac{\textbf{Manf. Cost pipe in } (\text{ل س}) \textbf{ of pipe X No. of pipes Manf./day}}{\textbf{Expenditure per pipe X No. of pipes Manf/day}}$$

1-1- إنتاجية آلة ثني (لف) الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا:

نظرًا لأن الوقت اللازم لتصنيع الأنبوب الواحد هو min (40)، فإن إجمالي عدد الأنابيب المصنعة في اليوم هو(12). باستخدام المعادلة أعلاه، يتم حساب إنتاجية آلة ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا على النحو التالي:

$\textbf{productivity} = 3.71$ لآلة ثني الألواح التي تعمل يدويًا.

2-1- إنتاجية آلة (لف) ثني الألواح التي تعمل بالطاقة:

نظرًا لأن الوقت اللازم لتصنيع الأنبوب الواحد هو min (20)، فإن إجمالي عدد الأنابيب المصنعة في اليوم هو(24) أنبوب. وبالتالي، يتم حساب إنتاجية آلة ثني الألواح التي تعمل بالطاقة على النحو التالي:

$\textbf{productivity} = 4.14$ لآلة ثني الألواح التي تعمل بالطاقة.

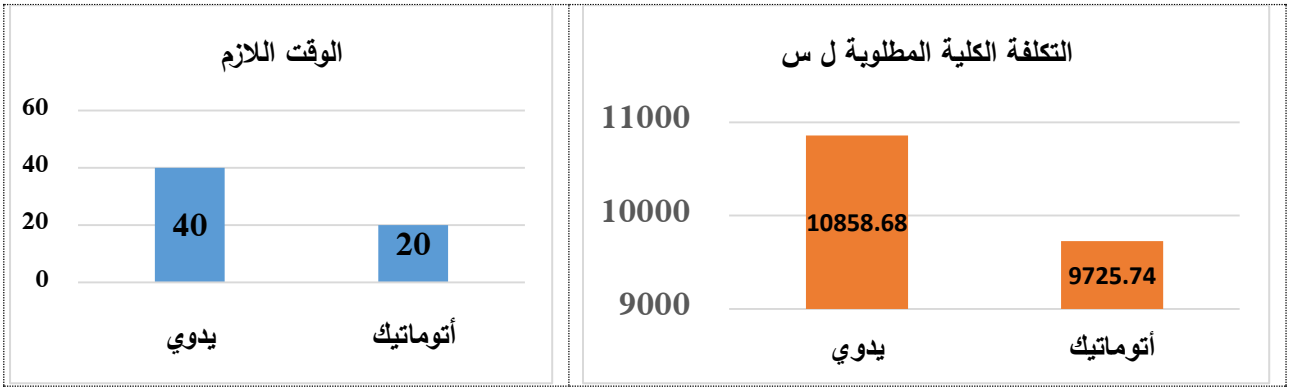
2- عيوب آلة ثني (لف) الألواح اليدوية:

1. صفيحة سميكة تصل إلى mm (12) يمكن أن ينحني بسهولة.
2. عرض الصفيحة محدود أيضًا بـ mm (1500).
3. العمل الشاق تتطلب عمل أو جهد كبير.
4. العملية بطيئة ليست ومتقطعة غير مستمرة، بسبب الجهد الكبير.
5. الوقت اللازم للعملية مرتفع للغاية.
6. معدل الإنتاج منخفض جدا.
7. جودة الأنابيب التي تنتجها الآلة ليست جيدة حسب المواصفة القياسية (ASTM A234 WPB).
8. الإنتاجية منخفضة للغاية.

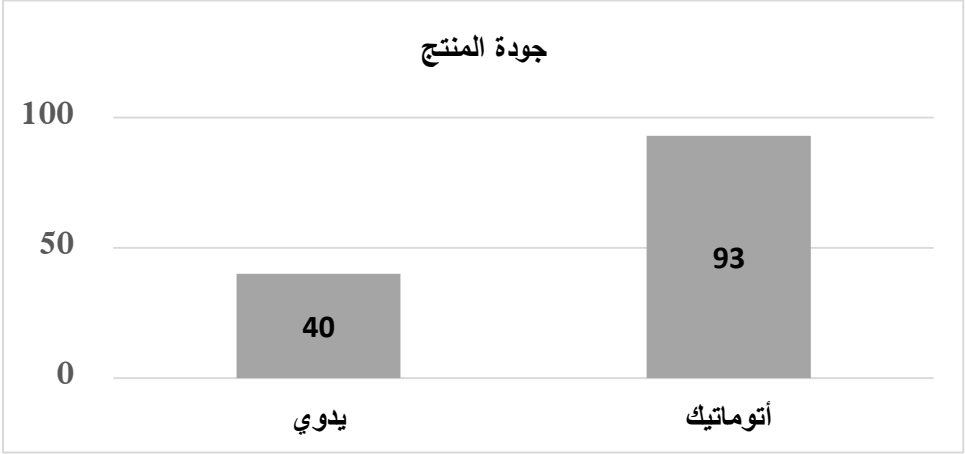
المناقشة:

تم إجراء دراسة مقارنة لآلة ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا وآلة ثني الألواح التي تعمل بالطاقة. كما تم حساب إنتاجية كلا الجهازين.

تم رسم جميع الرسوم البيانية الموضحة أدناه من خلال دراسة مقارنة للمعلمات المختلفة المطلوبة لتصنيع أنبوب واحد باستخدام آلات ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا والتي تعمل بالطاقة.



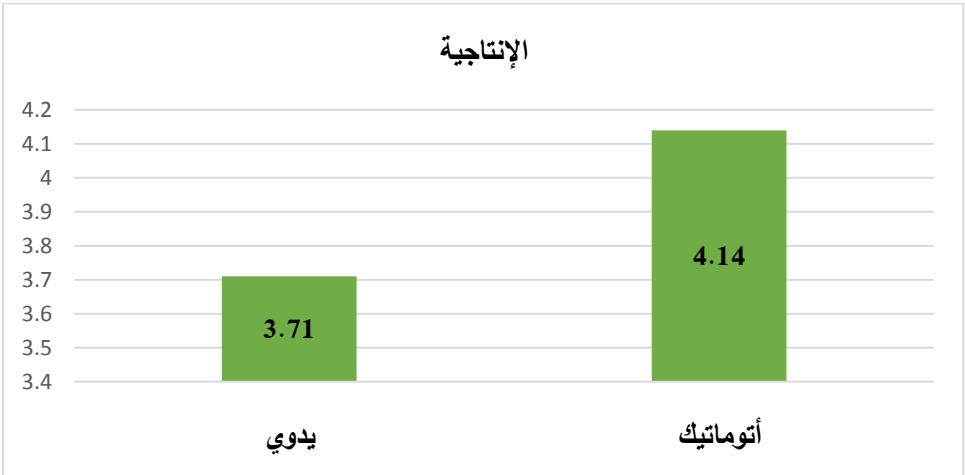
الشكل(4) دراسة مقارنة للمعلمات المختلفة المطلوبة لتصنيع أنبوب واحد باستخدام آلات ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا والتي تعمل بالطاقة.



الشكل(5) جودة الأنابيب التي تنتجها الآلة حسب المواصفة القياسية (ASTM A234 WPB).

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال ما تقدّم، ومن دراسة مقارنة الإنتاجية لتصنيع أنبوب واحد باستخدام آلات ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا والتي تعمل بالطاقة تم رسم الشكل الآتي الموضح أدناه:



الشكل(6) دراسة مقارنة للإنتاجية لتصنيع أنبوب واحد باستخدام آلات ثني الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا والتي تعمل بالطاقة.

- العمالة المطلوبة لتصنيع الأنابيب المعدنية باستخدام آلة تعمل بالطاقة أقل بنسبة (233.33)% من الآلات التي تعمل يدويًا.
- الوقت اللازم لتصنيع الأنابيب المعدنية باستخدام آلة تعمل بالطاقة أقل بنسبة (50)% من الآلة التي تعمل يدويًا.
- التكلفة الإجمالية لتصنيع الأنابيب المعدنية باستخدام آلة تعمل بالطاقة أقل بنسبة (10.43)% من الآلة التي تعمل يدويًا.

التوصيات والمقترحات للأعمال المستقبلية Recommendations and proposals for future work:

من خلال ماتقدّم نوصي بمايأتي:

- تم دراسة وتحليل الإنتاجية لتصنيع الأنابيب، وإيجاد معادلات نظرية مفيدة للشركات العاملة في مجال تصنيع الأنابيب. نوصي بإدخالها وإدخال أي تقنية حديثة في الصناعات اليدوية التي تنتج أنابيب معدنية بأقطار وسماكات مختلفة.
- استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي في إجراء المقارنة بين إنتاجية الآلات اليدوية والعاملة بالطاقة لتحسين الإنتاجية في مختلف قطاعات الصناعة المحلية.
- ينبغي النظر في كيفية استخدام الابتكارات التكنولوجية المختلفة في مختلف الصناعات المحلية من أجل إفادة الإنسان والمجتمع في البحث المستقبلي.

References:

[1] Manoj Kumar, Ravi Kumar. A, Sakthivel. R, Sundra Balaji. R, Suresh Kumar. S***"Design and Fabrication of Hydraulic Zigzag Bending Machine",*** ETDM – 2017 (Volume 5 – Issue 07).

[2] C. C. Weng And R. N. White,***" Residual stresses in cold- Bent thick steel plates",*** Journal of structural Engineering, 116 (1990), no.1, PP. 24- 39

[3] R. L. Mitchell ***"Introduction to work study",*** Universal book corporation, third revised edition.

[4] Nitin P. Padghan, Ketan .K.Tonpe, C.N.Sakhale, ***"Calculation Of Setup Variable For Process Of Bending And Rolling Operation Using Analytical Approach & Finite Elemet Method"*** January 2015, Volume 2, Issue 1 JETIR (ISSN-2349-5162).

[5] O.M. Ikumapayi, E.T. Akinlabi, P. Onu, O.P. Abolusoro ***"Rolling operation in metal forming: Process and principles – A brief study"*** Volume 26, Part 2, 2020, Pages 1644-1649.

[6] Tomasz Trzepieciński***"Recent Developments and Trends in Sheet Metal Forming"*** *Metals* 2020, *10* (6), 779; https://doi.org/10.3390/met10060779.

[7] Löfgren, H.B، ***" A first order friction model for lubricated sheet metal forming".*** Theor. Appl. Mech. Lett. 2018, 8, 57–61. [Google Scholar] [CrossRef]

[8] José Valdemar Fernandes, Marta Oliveira. ***" Modelling and simulation of sheet metal forming processes".*** April 2020،254 pages. https://doi.org/10.3390/books978-3-03928-557-0.