المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات
العدد الثالث و الخمسون شهر (١١) ٢٠٢٢

علاقة العمليات الهندسية ببعض ممارسات الفنيين في ورش النجارة وأثرها على التفاوتات البُعدية

عبدالله سعود السميري

as.alsimairi@paaet.edu.kw

أحمد محمد الجمالي

am.aljamali@paaet.edu.kw

الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب، معهد التدريب المهني، قسم العمارة ونجارة الأثاث

دولة الكويت

Abstract

The technician deals with carpentry machines and tries to adapt them to work more efficiently, either by adding some pieces that are basically attached to the machine, or adapting them through pieces he makes himself to work with them to fulfill the purpose he seeks to implement accurately, safely and quickly in completion and production, and these pieces are called Jigs It is a tool that varies in size, including small and large, simple and complex, but all of them depend on engineering and perhaps mechanical operations as well. In this research, the two researchers try to shed light on some of the basic technical processes and practical procedures carried out by the worker in the carpentry workshop specifically and analyze them and know their roots and origins and their relationship to engineering processes and their impact on dimensional and geometric tolerances.

Keywords: *Engineering Operations, Carpentry workshop, Dimensional and Geometric Tolerances, Jigs/Jig.*

الملخص

يقوم الفني بالتعامل مع ماكينات النجارة ويحاول تطويعها لتعمل بكفاءة أعلى، وذلك إما بإضافة بعض القطع الملحقة أساساً مع الماكينة، أو تطويعها من خلال قطع يصنعها بنفسه لتعمل معها لتقوم بالوفاء بالغرض الذي يسعى من أجله لتنفيذه بدقة وأمان وسرعة الإنجاز والإنتاج، وهذه القطع تسمى الـ Jigs، وهي أداة متفاوتة في الحجم فمنها الصغير والكبير ومنها البسيط والمعقد، ولكن جميعها يعتمد أداؤها على العمليات الهندسية وربما الميكانيكية أيضاً. في هذا البحث يحاول الباحثان تسليط الضوء على بعض العمليات الفنية الأساسية والإجراءات العملية التي يقوم بها العامل في ورشة النجارة تحديداً وتحليلها ومعرفة جذورها وأصولها وعلاقتها بالعمليات الهندسية وأثرها على التفاوتات البُعدية.

الكلمات المفتاحية: العمليات الهندسية، ورشة نجارة، تفاوتات بعدية، أداة jig.

مقدمة

برغم أن الرسم الهندسي هو لغة المهندسين الذين يمتلكون معرفة علمية هندسية تساعدهم في رسم وتصميم الأشكال الهندسية الخاصة بهم، إلا أن هناك فئة من الفنيين يمارسون ويطبقون العمليات الهندسية بحرفية عالية – ولربما من دون أن يكونوا قد تعلموها أو درسوها يوماً- ونقصد هنا الفنيين بسيطي التعليم في ورش النجارة.

1. مشكلة البحث

يُشكل تصنيع بعض القطع الصناعية وانتاجها بكميات وفق معايير وقياسات موحدة وبشكل يدوي صعوبة لدى بعض الفنيين لاستحالة الحصول على نفس المواصفات في كل مرة وهذا ما يسمى ب (Reproducibility)، وقد يعتري هذا التصنيع بعض الأخطاء البسيطة والتفاوتـات البعدية التي تحددها نطق السماح والخلوص (Tolerance Range)، وتشمل التفاوتات ثلاثة أنواع:

- التفاوتات البعدية والهندسية (- /+) Dimensional and Geometric Tolerances/Deviation
- مدى خشونة أو نعومة الأسطح Surface Roughness
- تفاوتات العمليات التصنيعية من معالجات حرارية، دهانات وأصباغ Mechanical Properties

2. أسئلة البحث

ما هو واقع استخدام أداة jigs لدى الفنين في ورش النجارة؟

ويتفرع من هذا السؤال السؤالين التاليين من الأسئلة الفرعية:

- ما وظيفة أداة ال jigs والهدف منها؟
- ما علاقة العمليات الهندسية بوظيفة أداة ال jigs؟
- ما علاقة التفاوتات البعدية باستخدام ال jigs؟
- ما أثر التفاوتات البعدية على سلامة المُنتج ؟

3. أهداف البحث

الكشف عن علاقة العمليات الهندسية ببعض الممارسات الفنية في ورش النجارة.

4. أهمية البحث

تتضح أهمية هذا البحث من خلال عدد من الاعتبارات وهي كالتالي:

- ندرة البحوث العربية التي تطرقت للكشف عن أصل عمل أداة ال jig على حد علم الباحثان.
- لفت الانتباه لأهمية عمل أدارة ال jigs في ورش النجارة وفي الصناعات بشكل عام.
- توفير معلومات فنية متخصصة للاستفادة منها في بحوث لاحقة.

5. مصطلحات البحث

- **ورش النجارة:**
- **العمليات الهندسية:** عرفها الفلاحي (2011) بأنها كل العمليات المتعلقة برسم الخطوط المستقيمة والمتوازية والمتعامدة وتنصيفها أو تقسيمها إلى عدة أجزاء متساوية، ورسم الدوائر والزوايا وعمليات التماس وإيجاد المراكز لهذه الأشكال.
- **التفاوتات البعدية:** هي انحرافات في الشكل أو في الوضع الهندسي لسطح أو حد أو ملمح لمشغولة ما حتى تأمن أداء وظيفتها بالشكل المطلوب (المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني (1423هـ).
- **نطق السماح:** هو مقدار الانحراف المسموح أو الخطأ به ضمن مجال محدد في مقاس أو معالم قطعة معينة (المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني (1423هـ).
- **Jigs:** عرفها Sandor Nagyszalanczy (2014) بأنها قاعدة لعقد العمل (سواءً كان يدوي أو كهربائي) ، بحيث تحتفظ بقطعة العمل وتدعمها وتحدد موقعها وتوجه أداة قطع أو نشر أو ثقب الخشب لإجراء عملية محددة بصورة متكررة بدقة عالية.

6. الإطار النظري

1 قوانين ونظريات في العمليات الهندسية من خلال التطبيق العملي

يلجأ الفني لبعض الحيل لزيادة انتاج العمل وللتقليل من أخطائه ومن حجم التفاوتات البعدية باستخدام الـ Jigs، وقد تختلف مواصفات الـ Jigs من عمل لآخر ومن فني لآخر، كلاً بحسب تقديره للموقف وإمكانياته الحرفية ولطبيعة العمل والميزانية المرصودة له، فعلى سبيل المثال الدائرة هي شكل يتكون من مجموعة نقاط موجودة في مستوى يكون على مسافة متساوية (طول نصف القطر) من نقطة معيَّنة، وهي المركز.

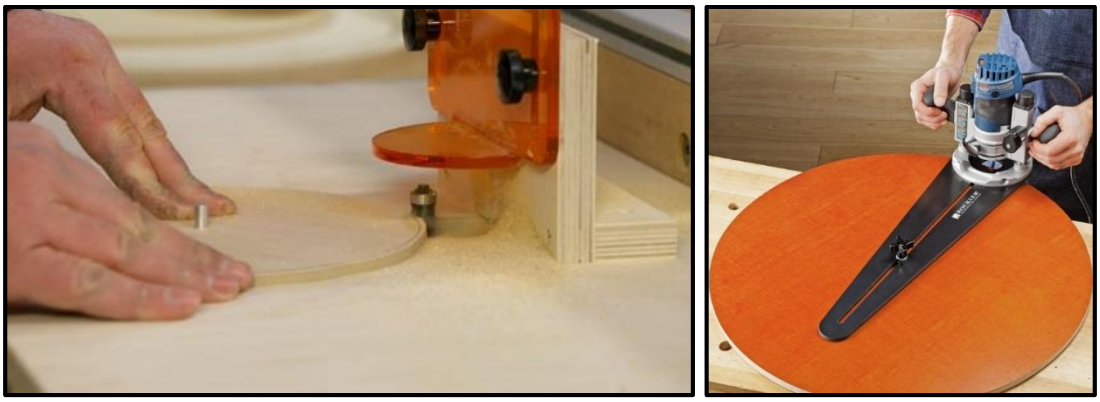
الطريقة الأولى: يمكن نشر الخشب بواسطة المنشار الترددي بشكل يدوي كما هو موضح في الشكل (2)، حيث يقوم الفني بالسير على خط محيط الدائرة الذي تم رسمه مُسبقاً، وهذا العمل قد يشوبه الخطأ بنسبة 1% على أقل تقدير، تارةً بالنشر أعلى الخط وتارة تحت الخط وتارةً أخرى على الخط، قد لا يلاحظ المستخدم العادي ذلك التفاوت البعدي بين مركز الدائرة وأجزاء من محيطها وأقصد هنا اختلاف أطوال أنصاف الدائرة، ولكن لو افترضنا أن هذا القرص في محك اختبار ومصمم للاستخدام كعجلة مثبتة على موتور كهربائي يدور بسرعة عالية، فإن عملية الدوران تسبب طرد مركزي عنيف ولن يكون الدوران متزن اطلاقاً، وربما خروج القرص من مركز الدوران والتسبب بمشكلات جسيمة.

الشكل (2) نشر الخشب بطريقة المنشار الترددي

- الطريقة الثانية: الاستفادة من بعض العمليات الهندسية بتثبيت المنشار بقطعة مستقيمة من الخشب المثبتة بالطرف الآخر بمركز الدائرة كما هو موضح في الشكل (3)، ودفعة للسير على محيط الدائرة، قد تبدو أفضل من الطريقة الأولى، ولكن بسبب تردد المنشار للأسفل والأعلى وبسبب الحرارة المتولدة من احتكاك صفيحة المنشار وبسبب رقة صفيح المنشار قد تسبب بعض الميلان الرأسي الذي يمكن الكشف عنه بالزاوية القائمة أو بمحاولة إقامة القرص على طاولة مستوية كما في الصورة.

الشكل (3) تثبيت المنشار بقطعة مستقيمة من الخشب المثبتة بالطرف الآخر بمركز الدائرة

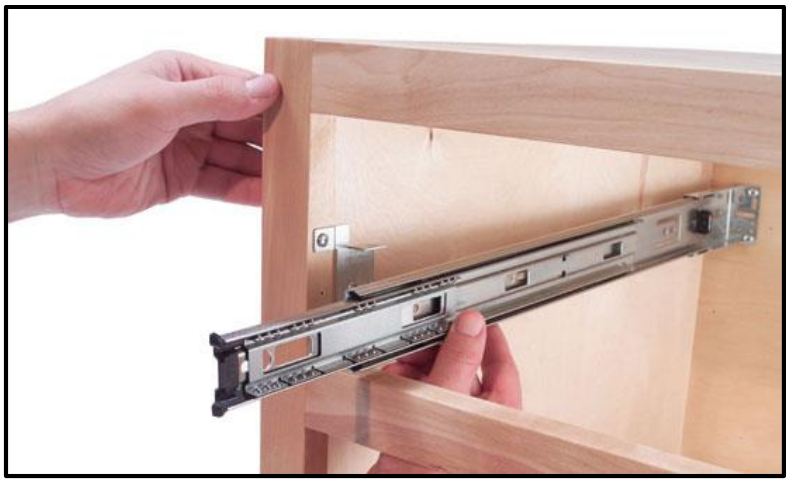
- الطريقة الثالثة: بغرار الطريقة الهندسية الثانية استخدام جهاز الحلية (الراوتر) وهو جهاز يمتاز بالسرعة والدقة العالية بفضل سلاحه الحاد والقوي كما هو موضح في الشكل (4)، فيمكن عمل قرص دائري بدقة عالية وبأعداد كثيرة بنسبة خطأ لا تذكر ولا تكشف، ويلاحظ بالصورة أداة الـ Jigs، الجاهزة، وتمتاز بقابليتها بالتحكم بمقدار طول نصف قطر الدائرة وبالتالي زيادة أو تقليل من حجم القرص الدائري. وتوجد العشرات من الطرق نذكر منها عكس الطريقة الثالثة وهي جعل جهاز الراوتر ثابت وتحريك القرص حول نقطة مركزه كما هو موضح في الشكل (5).



الشكل (4-5) نشر الخشب بطريقة استخدام جهاز الحلية (الراوتر)

ويستخلص الباحثان أن جميع ما سبق ذكره من عمليات نشر(ما عدى الطريقة الأولى) اعتمدت على أداة الــ Jigs، بأبسط صورها وأنواعها، وهي عملية نشر قائمة على نظرية نصف قطر الدائرة وهو يساوي المسافة الفاصلة بين مركز الدائرة ومحيطها، وذلك مع مراعاة سُمك المنشار أو سُمك سلاح جهاز الراوتر الذي قد يصل إلى 10ملم.

ويرى الباحثان أن مشكلة التفاوتات تبرز في الأجزاء التي يتطلب إنتاجها بدقه عالية أو أعداد كبيرة، حيث إن وجود التفاوتات أو الخلوص كما يُسميها الفنيين يصبح مطلباً ضرورياً كما في الأجزاء التي تتداخل مع بعضها البعض مثل المحامل (Ball bearing) في سكك أدراج المكاتب وغيرها كم هو موضح في الشكل (1)، وفي مثل هذا الوضع تصبح الدقة مطلب ضروري لضمان توافق الأجزاء مع بعضها البعض. وبشكل عام يُحدد مقدار التفاوت المسموح به بالرجوع إلى طبيعة العمل وأهمية الجزء وعمره الافتراضي وعلاقته بالعناصر المجاورة له وظروف التشغيل التي سيتعرض لها وغيرها من الاعتبارات التي يجب الأخذ بها، فكلما كانت الدقة (التفاوتات) عالية احتاج العامل أو الفني لوقت عمل أكثر ولجهد مضاعف وبالتالي ازدياد تكاليف الإنتاج، لذلك يمكن التجاوز في بعض الأحيان عن انحراف مسموح به ضمن مجال محدد يسمى نطاق السماح (Tolerance Range) وهو مقدار الخطأ المسموح به في مقاس قطعة ما أو شكلها أو أحد معالمها، والجدير بالذكر أن نطاق السماح يختلف في خامة الخشب عنه عن خامة الحديد مثلا.



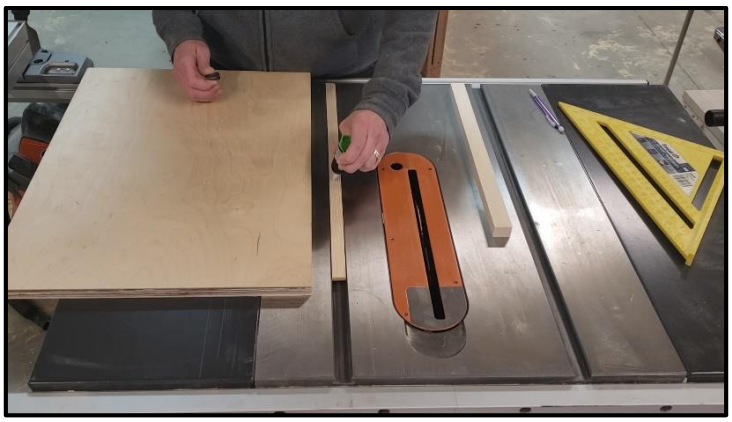
الشكل (6) وجود التفاوتات أو الخلوص في سكك أدراج المكاتب

2 نظرية نصف قطر الدائرة عند نقطة التماس (المماسات)

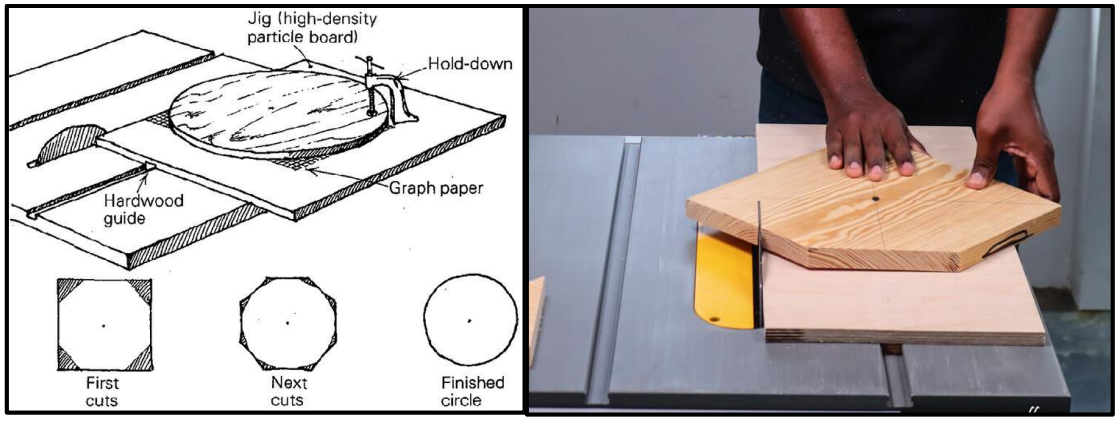
- نصف قطر الدائرة يكون عمودياً على مماس الدائرة عند نقطة التماس. يمكن الاستفادة من المماسات بعمل دائرة على منشار الطاولة، وهو جهاز يعمل على نشر الأخشاب بشكل طولي مستقيم فقط كما هو موضح في الشكل (6)، ولكن يمكن تطويعه لعمل دوائر خالية من الانبعاجات بالاستعانة الـ Jigs، وذلك على مراحل كالتالي:
- تجهيز لوح خشبي بمقياس مناسب لحجم الدائرة، بحيث يُثبت من أسفل اللوح بالصمغ القوي عود خشبي يتناسب قياسه مع الأخدود الموجود بالأصل على الطاولة الأساسية للمنشار، مع ترك خلوص مناسب يسمح بحرية الحركة، ويسير العود كدليل للسير بالتوازي مع صينة المنشار الدائرية، حيث يعمل سلاح القطع في المنشار مماس عمودي مع اتجاه الحركة.
- يتم تثبيت اللوح المربع المراد تدويرة بمركز يبعد عن المنشار قيمة نصف قطر الدائرة المطلوب تنفيذها.
- يتم قطع ولف اللوح المراد تدويرة بزاوية 45 درجة ونشر زوايا المربع للحصول على مماسات تشكل مثمن، ومن ثم لفه للحصول على شكل مضلع 16 ضلع، ثم لفه للحصول على شكل مضلع 32 ضلع كما هو موضح في الشكل (7).

- وفي المرحلة الأخير يتم لف القرص بشكل مستمر (بحذر وثبات) على منشار الصينة للحصور على شكل دائري تام.

إذاً يمكن للباحثان القول أنه بالإمكان ضبط تطابُق أي دائرتين بواسطة الـ Jigs، إذا تم ضبط طول أنصاف الأقطار، طول الأقطار و تطابق المحيطان.



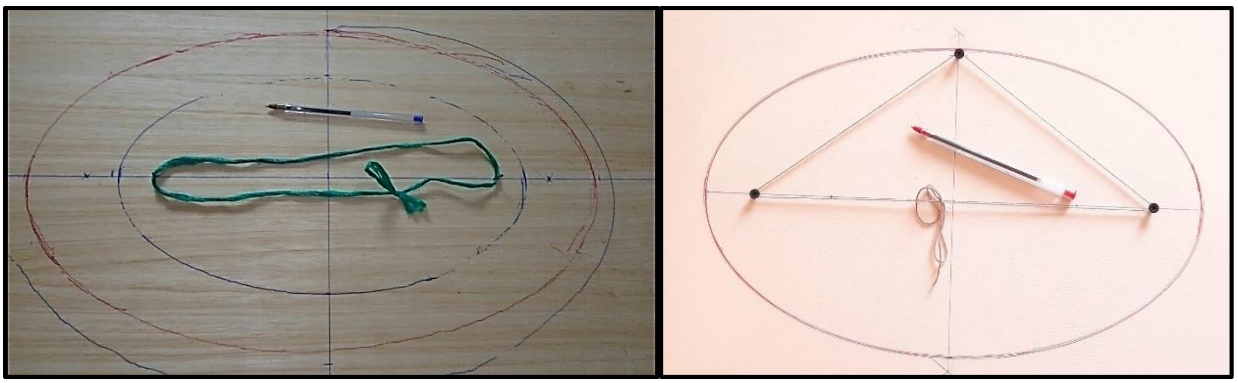
الشكل (7) جهاز منشار الطاولة يعمل على نشر الأخشاب بشكل طولي مستقيم



الشكل (8) قطع ولف اللوح بزاوية 45 درجة للحصول على مضلعات

3 نظرية الشكل البيضاوي

عمل قرص خشبي يمكنك بنفس الطريقة التي تستخدم فيها قلم وخيط في رسم دائرة منتظمة، أن تستخدم أيضًا قلم وحلقة من الخيط في رسم شكل بيضاوي. لفعل ذلك يتم تثبيت مسمارين في الخشب يشكلان مركزي الشكل البيضاوي، ومن ثم وضع حلقةً من الخيط حولهما، ثم استخدام قلم الرصاص لشد حلقة الخيط بإحكام ومن ثم سحب القلم حول المسمارين مع شد حلقة الخيط لرسم شكل بيضاوي، وكلما كان الخيط مشدودًا تجاه محصلة المحور الرأسي والأفقي كلما سيتحرك القلم في شكل بيضاوي متجانس كما هو موضح في الشكل (8).

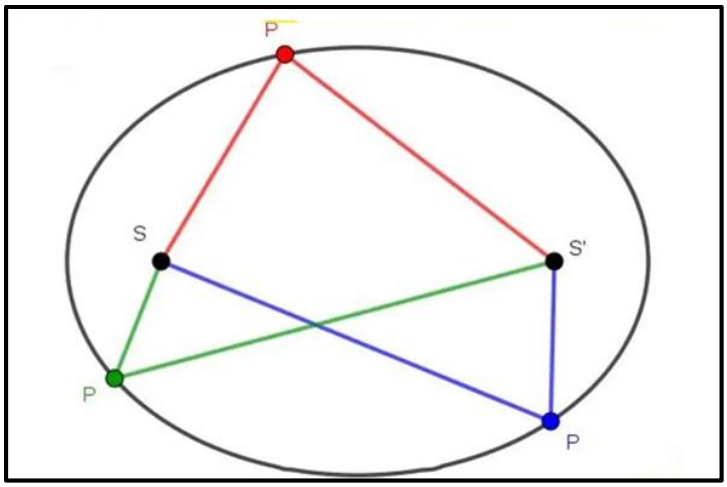


الشكل (9) نظرية الشكل البيضاوي بتثبيت مسمارين في الخشب يشكلان المركز

وبذات المبدأ السابق، يمكن أن يعمل الـ Jigs، بمبدأ احداثيات محصلة اتجاه الخط الرأسي والأفقي بمسار اهليجي ينتج عنه شكل قرص بيضاوي. كما يمكن لفني تنفيذ الديكور الاستعانة بذات الـ Jigs، في صب قوالب الديكور الضخمة ذات الشكل البيضاوي كما هو موضح موضح بالشكل (9).

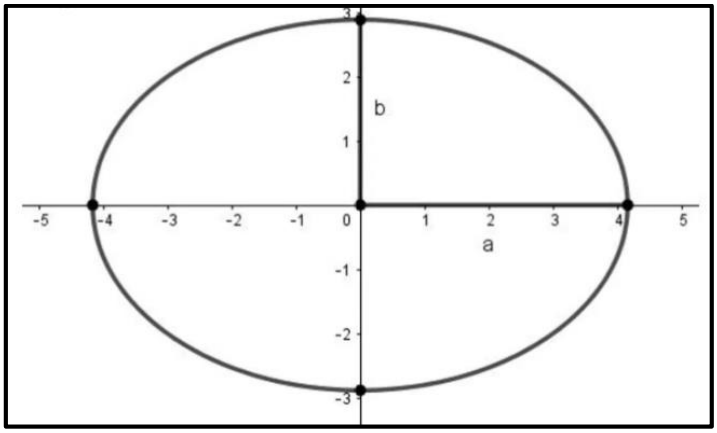
الشكل (10) تنفيذ الديكور في صب قوالب الديكور الضخمة ذات الشكل البيضاوي

تفسير حركة القلم ضمن حلقة الخيط من الناحية الهندسية هو أن القلم يلتف متمركزاً حول نقطتين محوريتين، بحيث يكون مجموع المسافتين بين هاتين النقطتين، أو أي نقطة على حافة المنحنى ثابتة بقيمة طول حلقة الخيط، وبمعني رياضي جبري ($C = PS + PS'$) حيث أن قيمة (C) ثابتة دائماً كم هو موضح بالشكل (10).



الشكل رقم (11) حركة القلم ضمن حلقة الخيط من الناحية الهندسية

وأما حركة الـ Jigs، فإنه يسير على نظام إحداثي مركزه صفر، ونصف قطره 1، بحيث تكون معادلته (x2 + y2 = 1)، بغرار حركة القلم والخيط، حيث إن المسافة بين المركز والحافة ليست ثابتة في معظم الأشكال البيضاوية، إذ يوجد اختلاف بين قيمتين (a وb). يحدد البعدان (a و b) مدى حجم وتقعر الشكل البيضاوي، ويقدم معادلة الشكل البيضاوي على النحو التالي $((x/a)^2 + (y/b)^2 = 1)$ وهي المعادلة التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمعادلة الدائرة – إذْ يمكن الحصول على شكل بيضاوي من خلال استطالة أو تمدد الدائرة كم هو موضح بالشكل (11).

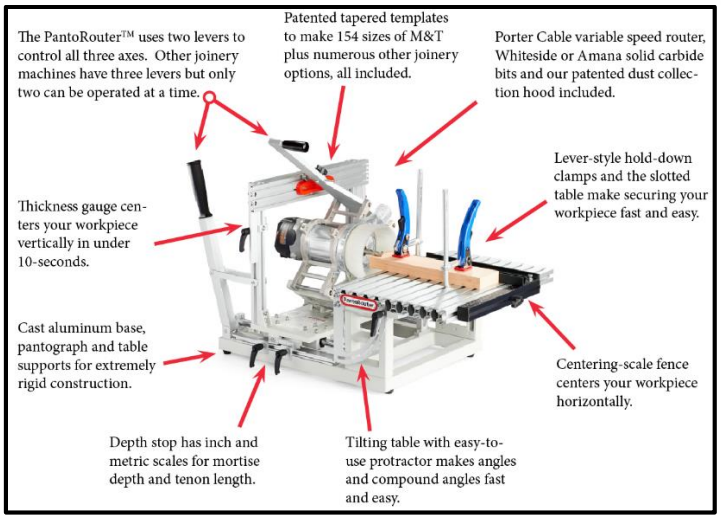


الشكل رقم (12) معادلة مدى حجم وتقعر الشكل البيضاوي

4 الكعب العدل - التعاشيق الخشبية Box Joint

تعتبر تعاشيق الكعب العدل من التعاشيق الجميلة والقوية وتسمى كذلك تعشيقة الأزرار، وتستخدم هذه التعاشيق في بعض قطع الأثاث المصنوع من الخشب الطبيعي فقط، ويمكن عمل هذه التعشيقة بالعدد اليدوية مثل الأزاميل وهي أداة حادة تحفر في الخشب كما هو موضح في الشكل (12)، ولكنها تحتاج إلى مهارة عالية ودقة متناهية في تكرار العمل يزيد فرصة التفاوتات البعدية والخطأ المتراكم. كما يمكن كذلك تنفيذها آلياً بواسطة ماكينة منشار الصينية أو الراوتر الذي تحدثنا عنهما سابقاً. ومؤخراً تم تطوير عملية تنفيذ التعاشيق الخشبية لتكون آلية وبدقة عالية لتجنب التفاوتات البعدية أثناء التنفيذ كما هو موضح في الشكل (13)، وذلك حتماً باستخدام القوالب الـ Jigs، والتي هي ذاتها تحتاج لتصنيع دقيق وضبط وضعها قبل استخدامها بواسطة جهاز مثقاب خاص يسمى Pant-router.

الشكل (13) تعاشيق الكعب العدل التعشيقة بالعدد اليدوية مثل الأزاميل



الشكل (14) تعاشيق الكعب العدل التعشيقة بالعدد اليدوية مثل الأزاميل

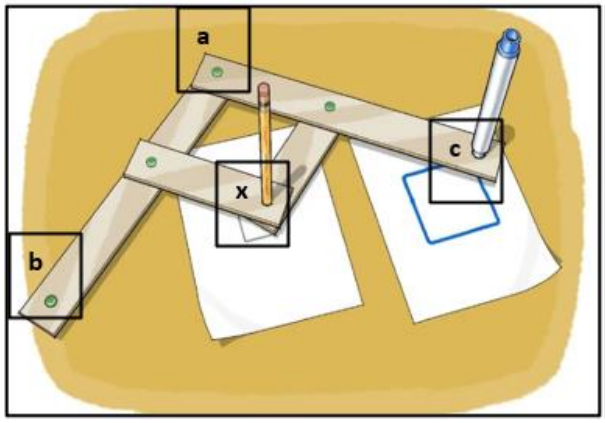
وقد قام الباحثان بتصميم وتنفيذ جهاز البانتوراوتر خشبياً واختباره كما هو موضح في الشكل (14)، وتعتمد فكرة البانتوراوتر على قانون متوازي الأضلاع والذي يمتاز بالخصائص التالية:

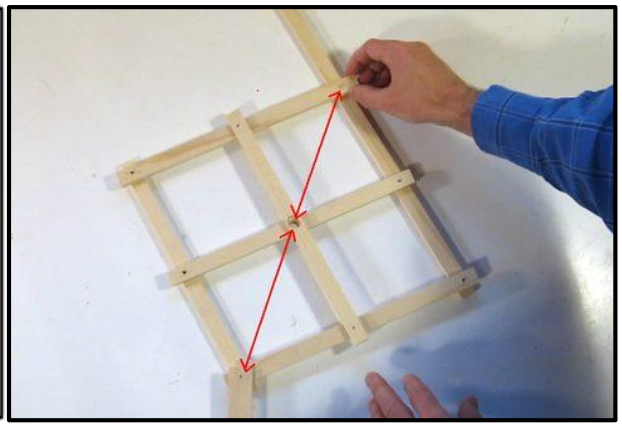
- كل ضلعين متقابلين متساويين.
- كل ضلعين متقابلين متوازيين.
- كل قطر في متوازي الأضلاع منصف للقطر الآخر.
- يتقاطع قطراه في نقطة مركز تناظر لمتوازي الأضلاع، وتسمى مركز متوازي الأضلاع.
- أي مستقيم يمر بمركز متوازي الأضلاع يقسمه إلى شكلين متطابقين.
- كل زاويتين متقابلتين متساويتان.
- مجموع مربعات أطوال الأضلاع تساوي مجموع مربعي طولي القطرين.
- مجموع كل زاويتين متحالفتين (على ضلع واحد) $180°$.

بفرض اهمال ضلعين من أضلع متوازي المستطيلات وتثبيت ركني متوازي المستطيلات النقطة (a و b)، وتحريك الركن (c) فإن مركز متوازي المستطيلات النقطة (x) تتحرك بنفس الاتجاه وبمسافة تساوي نصف المسافة التي تحركت الى النقطة (c)، وبالتالي فهي عملية تصغير للرسم لأي رسم يتم رسمة بواسطة قلم مثبت بالنقطة (c) كما هو موضح في الشكل رقم (15). وبالتالي عند تثبيت جهاز حفر راوتر بمركز متوازي

المستطيلات وتحريك أحد الأضلاع المقابلة للمركز وتثبيت الضلع المقابل الآخر، فأنه يمكن الحصول على عملية حفر دقيقة طبقاً لشكل الطبعة المراد نسخها.

الشكل (15) تصميم وتنفيذ جهاز البانتوراوتر خشبياً





الشكل (16) جهاز البانتوراوتر وخطوات عملية حفر دقيقة طبقاً لشكل المراد نسخها

5 نتائج البحث

قام الباحثان بإجراء الكثير من التجارب العملية في ورش النجارة بهدف تفسير بعض العمليات هندسياً وعلمياً والوقوف على مدى العلاقة بين النظريات الهندسية وتطبيقاتها العملية في ورش النجارة. وقد توصل الباحثان إلى وجود علاقة أساسية بين العمليات الهندسية وممارسات الفني في ورش النجارة، وكذلك تبين لهم أن أثر تجهيز القوالب الـ Jigs يساعد على تقليل فرصة التفاوتات البعدية ورفع قيمة الجودة وزيادة الإنتاج مع وخفض الإصابات أثناء العمل، إلا أنها تحتاج لبعض الوقت والمجهود لإنتاجها وتصنيعها، وبالتالي فهي مسألة تتوقف على دراسة الجدوى من تنفيذها أو عدمه.

6 توصيات البحث

- إن تعليم وتدريس مادة الرسم الهندسي يجب أن يكون مقترناً بالأمثلة والتطبيقات الحياتية والعملية والتي من شأنها أن تحفز الطالب وتدفعه نحو التعلم والاستفادة عملياً مما تعلمه.
- اجراء المزيد من البحوث التي تبين حقيقة الممارسات العملية في الورش وعلاقتها بالنظريات الهندسية والرياضية العلمية.
- اجراء المزيد من البحوث التي تبين حقيقة الممارسات العملية وعلاقتها بالنظريات الفيزيائية والميكانيكية.
- اجراء المزيد من البحوث للتوصل لمسميات عربية فنية تخصصية مُوحدة تقابل المسميات الفنية الأجنبية الحديثة.

7 قائمة المراجع

[1] الفلاحي، عامر حماد (2011). **أسياسيات ومبادئ الرسم الهندسي**، عمان: مركز الكتاب الأكاديمي.

[2] المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني (1423هـ). **مذكرة تخصص ميكانيكا إنتاج الرسم الفني 173 ميك**، المملكة العربية السعودية: الإدارة العامة لتصميم وتطوير البرامج.

[3] معهد التدريب المهني (2021). **مذكرة تخصص التقنية النظرية 361**، دولة الكويت:الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب.

[4] Sandor Nagyszalanczy (2014). Taunton's Complete Illustrated Guide to Jigs & Fixtures, Publisher Taunton Press, 272 pages, ISBN-10 (1631860844).

[5] Danny Proulx (2004). **The Pocket Hole Drilling Jig Project Book (Popular Woodworking)**, Publisher Kreg, 128 pages, ISBN-10 (1558706879).

[6] Time-Life Books (1994). **Shop-Made Jigs and Fixtures (Art of Woodworking)**, Publisher Time-Life Books, 144 pages, ISBN-10 (0809495082).

[7] R. J. De Cristoforo (1999). **The Ultimate Woodshop Jig Book, Publisher Popular Woodworking Books**, 160 pages , ISBN-10 (1558704914).