

2020

The Effect of machining parameters of thin brass sheets using Abrasive Water Jetting technology on optimizing the cutting quality of products surfaces

Abdelrahman Abouzaid

Assistant professor at Metal Product & Jewelry Department, Faculty of Applied Arts, Helwan University, Arabic Republic of Egypt., abdelrahman169@yahoo.com

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/faa-design>



Part of the [Art and Design Commons](#)

Recommended Citation

Abouzaid, Abdelrahman (2020) "The Effect of machining parameters of thin brass sheets using Abrasive Water Jetting technology on optimizing the cutting quality of products surfaces," *International Design Journal*: Vol. 10 : Iss. 2 , Article 12.

Available at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/faa-design/vol10/iss2/12>

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in International Design Journal by an authorized editor. The journal is hosted on [Digital Commons](#), an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aarj.edu.jo, marah@aarj.edu.jo, u.murad@aarj.edu.jo.

دراسة تأثير عوامل تشغيل الألواح النحاسية الرقيقة بتقنية القذف النفث بالماء لضبط جودة قطع أسطح المنتجات المعدنية

The Effect of machining parameters of thin brass sheets using Abrasive Water Jetting technology on optimizing the cutting quality of products surfaces

د/ عبد الرحمن أبو زيد

أستاذ مساعد، قسم المنتجات المعدنية والحلي، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر
أستاذ مشارك، قسم الفنون التطبيقية، كلية العمارة والتصميم، جامعة جازان، المملكة العربية السعودية

كلمات دالة Keywords:

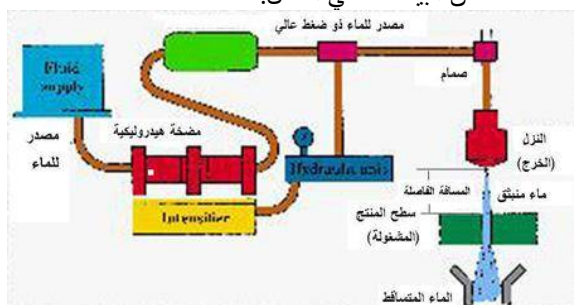
التشغيل بالقطع
Cutting Machining
القذف النفث بالماء والحبيبات
Abrasive Water Jet
المسافة الفاصلة
Standoff Distance
عرض القطع
Kerf Width
جودة القطع
Cutting Quality

ملخص البحث Abstract:

يهدف البحث إلى دراسة تأثير كلا من المسافة الفاصلة وسرعة القطع كعوامل تشغيل بين نزل تقنيّة القطع بالقذف النفث بالماء والحبيبات وسطح النحاس، وذلك لضبط جودة القطع لأسطح المنتجات المعدنية. وقد أمكن الحصول على جودة قطع عالية لأسطح الألواح الرقيقة من النحاس الأصفر سمك 0.8 مم باستخدام تقنية القطع بالقذف النفث بالماء والحبيبات من خلال ضبط كلا من المسافة الفاصلة وسرعة القطع. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي في تشغيل عدد 57 عينة من الألواح الرقيقة من النحاس الأصفر سمك 0.8 مم بمقاس 150×100 مم للعينة بالقطع بالقذف النفث بالماء والحبيبات لمسار قطع يشتمل على خطوط مستقيمة، زاوية منفرجة، وحادة، وقائمة، خط منحنى، تقابل خط مستقيم مع قوس في اتجاه واحد. تم استخدام سرعات قطع ومسافات فاصلة متنوعة. تم استخدام قيم متنوعة وتم تسجيل القراءات الناتجة عن إجراء التجارب وتم تقييمها. تم رصد جودة القطع من خلال قياس عرض القطع عند مواضع مختلفة لمسار القطع وتم التحقق منها. تم تقديم نتائج التجارب بياناً، للحصول على أفضل النتائج التي تعطي جودة قطع عالية. تم مناقشة تأثير كلا من المسافة الفاصلة وسرعة القطع على عرض القطع للعينات. ومن أهم النتائج أن كلا من المسافة الفاصلة وسرعة القطع أثرا على عرض القطع وبالتالي على جودة قطع العينات. استخدام مسافة فاصلة أكبر أنتج عرض قطع في الحد الأقصى وجودة قطع منخفضة، ولتحسين جودة القطع فإن ذلك يتطلب استخدام مسافة فاصلة أقل. زيادة سرعة القطع أنتج عرض قطع في الحد الأدنى وأتاح جودة قطع عالية، لكن مع خفض سرعة القطع زاد عرض القطع إلى الحد الأقصى وأنتج جودة قطع منخفضة. استخدام سرعات قطع عالية مع مسافة فاصلة أقل أنتج جودة قطع عالية على أسطح العينات. وبالنسبة للسرعات العالية عند الزوايا الحادة لمسار القطع أيضاً أنتجت عرض قطع أكبر عند مسافة فاصلة أعلى، بينما كان عرض القطع أقل عند كلا من الزوايا المنفرجة والقائمة والخط المنحني وعند الخط المستقيم المقابل مع القوس والخط المستقيم على الترتيب. أوضحت الدراسة تأثيراً ملحوظاً لكل من المسافة الفاصلة وسرعة القطع على عرض مسار القطع وبالتالي على جودة القطع. وتبين أن استخدام مسافة فاصلة بقيمة 1 مم مع سرعة قطع 150 مم/د تعد القيم الأمثل للحصول على جودة قطع مناسبة ووقت أقل وبالتالي تكلفة أقل.

Paper received 18th October 2019, Accepted 13th November 2019, Published 1st of January 2020

المواد المعدنية وغير المعدنية، لا سيما الخامات التي يصعب قطعها مثل السيراميك والرخام، والمواد المركبة من طبقات. وشمل التشغيل كلا من القطع، والثقب، والتفريز. فبالمقارنة بطرق التشغيل التقليدية وغير التقليدية فإن هذه التقنية تمتلك عدداً من المزايا الواضحة، كإعدام التشوه الحراري، وكفاءة التشغيل العالية، والقدرة على إنتاج الخطوط الخارجية "الكنترولز"، وجودة السطح الفائقة، والتوافق مع معدات التشغيل، والرايش في الحد الأدنى [Liu, H. et al. 2004. P. 488]. ويوضح شكل رقم (1) الأجزاء المكونة لعملية القطع بالقذف النفث بالماء [أبو زيد، عبدالرحمن (2008) ص45] ومشار إلي مكونات النظام والمسافة الفاصلة ضمن البيانات على الشكل.



شكل رقم (1) يوضح الأجزاء المكونة لعملية القطع بالقذف النفث بالماء.

لقد أجريت مقارنة بين تقنيات التشغيل بالقذف النفث والتشغيل بالليزر في قطع المواد المركبة وتم دراسة خصائص القطع لاثنتين

1- مقدمة Introduction:

في عام 1950م بدأ اهتمام الأقسام الهندسية والصناعية بالمؤسسات وأضحاً في الاتجاه نحو خفض تكلفة تشغيل المنتجات، وساهمت تقنية القذف النفث بالماء في ذلك بإتاحتها العديد من السمات المنقطعة النظر والتي يمكن أن تؤثر بدور كبير في تكلفة قطع أسطح المنتجات. ويُعد نورمان فرانز Norman Franz أول من درس استخدام الضغط المرتفع للماء Water Ultrahigh-Pressure (UHP) كأداة للقطع [Walker, R. J. 1997. p. 455, 456]. فعلى مدى ما يقرب من ثلاثة عقود من نهاية القرن الماضي وخلال السنوات الأخيرة نُشرت العديد من الأبحاث التي تناولت تقنية القذف النفث بالماء والحبيبات، وتم استيفاء مجموعة كبيرة من التطبيقات الصناعية. ومع مطلع القرن الحادي والعشرين شكلت هذه التقنية دوراً بارزاً في تشغيل المواد الحديثة والتي كان من الصعب على التقنيات التقليدية التعامل معها، وشاع استخدامها في الصناعة وذلك في ظل المتطلبات والتحديات البيئية. فبالقذف النفث بالماء تقنية نظيفة يتم فيها إعادة تدوير الماء، ولا ينتج عنها غباراً، إلا أنها تحدث ثلوثاً ضوئياً. لقد تحسنت موثوقية المعدات المستخدمة في هذه التقنية بإطراد، فيمكننا الآن مقارنة نظام ضغط الماء العالي بالتقنيات التقليدية. إن الدقة والتشطيب لأسطح القطع يعتمدان بشكل أساسي على جودة القطع بالقذف النفث وعلى عوامل التشغيل المتوقع تطورها في السنوات المقبلة، هذا بالإضافة إلى كيفية تنظيم تدفق الحبيبات الحاكة والتحكم فيها وجودة فوهة الخرج "النزل" [Mazurkiewicz, M. 2000 P. 112, 117, Wang, J. et al. 2002. P. 371]. أمكن لهذه التقنية تشغيل

القطع، وأهمية قياس كفاءة القطع الناتجتان عن تقنية القذف النفث بالماء لتشغيل نوعين من المواد المركبة: الأيوكسي الجرافيتي والأيوكسي الزجاجي [Shanmugam, D.K. et al. 2009. P. 3887].

أيضاً تم دراسة عوامل قطع المواد في القذف النفث بمعلق الماء والحبيبات. وتم مناقشة العوامل المثلى لتحسين عملية القطع باستخدام طريقة البورجيت التي تسمح بتقنية القذف النفث بمعلق الماء والحبيبات. وأظهرت النتائج المثلى للفحص إمكانية وضع معايير لخفض تكاليف كلاً من استهلاك الحبيبات الحاكة وعملية القطع [Borkowski, J. et al. 2009. P. 5,12,13]. أيضاً تم استخدام المنهج التجريبي في فحص جودة القطع بالقذف النفث بالماء وأمكن تحديد قوتي القطع من خلال مقارنة نتائج التجربة التي ثبت أنها صالحة لحساب زاوية إمالة رأس القطع وسرعة القطع وتغيراتها [Hlavac, L.M. et al. 2009. 6194].

وفي دراسة للقطع بالقذف النفث بالماء والحبيبات لسبائك التيتانيوم تم بحث تأثير التشكيل بالحبيبات على التيتانيوم وخواصه الميكانيكية وجودة القطع [Boud, F. et al. 2010. P. 2197, 2204]. كما تم فحص تأثير شكل وصلادة الحبيبات عند تشغيل سبائك التيتانيوم 6A14V بالقذف النفث بالماء والحبيبات المعروفة بأكسيد الألومنيوم على خواص السطح [Fowler, G. et al. 2009. P. 613, 619].

وفي دراسة بعنوان التشكيل البارز بالقذف النفث بالماء تم تقديم طريقة مبتكرة للتشكيل ثلاثي الأبعاد لخامات مختلفة باستخدام الضغط العالي للقذف النفث [Borkowski, P. 2011. P. 267, 274]. وفي دراسة بعنوان القذف النفث بالماء الموجه بالليزر كبديل للتشغيل بالتفريغ الكهربائي للثقب الدقيق لفوهات حاقن الوقود "دراسة مقارنة للأسطح المشغلة". أثبتت الدراسة أن القذف النفث بالماء الموجه بالليزر الناقب بديلاً جيداً عن التشغيل بالتفريغ الكهربائي [Rashed, C.A.A. et al. 2013. P. 524, 528, 531].

أيضاً تم دراسة قطع سبائك الألومنيوم AA5083-H32 بالقذف النفث بالماء والحبيبات، من خلال تغيير زوايا اصطدام القذف النفث والحجوم الشبكية للحبيبات. وأوضحت النتائج أن تأثير التغيرات في زوايا اصطدام القذف، والحجوم الشبكية للحبيبات أنتج حالة سطح جيدة بمساعدة النيتروجين السائل [Yuvaraj, N. et al. 2016. P. 18]. وفي دراسة هدفت إلى تحديد متطلبات تصميم الشكل الدقيق لحافة القطع باستخدام التشغيل بالقذف النفث بالحبيبات الرطبة أوضحت النتائج أنه يمكن عن طريق التشغيل بالقذف النفث بالروبوت إعداد حافة قطع في مدي واسع، وتم التأكد من أن سرعة القطع بالقذف النفث وزاوية ميل القذف النفث ذا تأثير كبير على متوسط ناتج تقريب حافة القطع وعامل الشكل [Biermann, Dirk. et al. 2016. P. 195, 198].

وفي دراسة تم تقييم تغييرات البنية المجهرية لسطح النحاس الأصفر CW614N بعد القطع بالقذف النفث بالماء. وأشارت النتائج إلى الحاجة لإجراء فحص بعد تفكيك الخامات بالقذف النفث بالماء، واستخدام عوامل تكنولوجية مختلفة وتأثيرها على أشكال الفوهات وليس فقط الخامات المعدنية [Lehocká, Dominika. et al. P. 236, 243]. كما تم دراسة تأثير عوامل تشغيل الألواح الرقيقة من النحاس الأصفر سمك 0,8م بالقطع بقوس البلازما لضبط جودة قطع أسطح المنتجات المعدنية، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي في تغيير قيم كلاً من الأمبير المستخدم وسرعة القطع على عينات من النحاس، كما بينت مدى تأثير كل عامل تشغيل على عرض مسار القطع وصلادة السطح والبنية المجهرية لحبيبات النحاس، ومن أهم النتائج الحصول على قطع مثالي عند استخدام القيمة 30 أمبير مع سرعة 1500سم/دقيقة [Abouzaid, A. et al. P. 13]. وتهدف الدراسة الحالية إلى ضبط جودة قطع أسطح المنتجات المعدنية المصنعة من الألواح الرقيقة من النحاس

من المواد هما مخلوق كربوني وألياف البلاستيك المقوي، وأوضحت الدراسة أنه على الرغم من إمكانية استخدام طرق تشغيل عديدة إلا أن القطع بالقذف النفث بالماء والحبيبات يعد الأفضل عن غيره في هذه الحالة [Shanmugam, D.K. et al. 2002. P. 289, 296]. أيضاً القطع بالقذف النفث بالماء فعال في تشغيل المواد السيراميكية الحديثة. [Hocheng, H. et al. 1994 P. 287, 303]. وقد تم تطوير نموذج تحليلي لمعرفة عمق القطع للخامات الكريستالية الهشة المشغلة بالقذف النفث بالماء والحبيبات وتم الأخذ بعين الاعتبار لشكل وحجم الحبيبات الحاكة [Paul, S. et al. 1998. P. 210]. وتم بحث تأثير القطع متعدد الأشواط بالقذف النفث بالماء والحبيبات على كفاءة قطع السيراميك الصناعي، وتبين أن استخدام القطع متعدد الأشواط يحسن من الأداء التكنولوجي مقارنة بالقطع في شوط واحد [Wang, J. et al. 2002. P. 371, 376, 377]. كما تم بحث ظاهرة تآكل الكريستالات السيراميكية المرتبطة بالقطع بالقذف النفث بالماء. [Zeng, J. et al. 1996 P. 207, 215]. وفي دراسة للثقب الدقيق بالقذف النفث بالماء والحبيبات لزجاج البوروسليكات، تم تناول العوامل التي تؤثر بالتشويه أثناء عمليات ثقب زجاج البوروسليكات [Schwartzentruber, J. et al. 2015. P. 143, 153].

كما أجريت دراسة تجريبية لبحث منع التآكل بالمصطدم بالقذف النفث بالماء وبين مدى تأثير خواص الخامات المعدنية ووجد أن البنية المجهرية للخامات المعدنية خالية من شروخ الكلل [Mann, B.S. et al. 2002. P. 650, 660]. أيضاً تم تطوير طريقة بديلة لتقييم قطع حديد الزهر الرمادي وأستخدمت لتقدير حجم حطام وتآكل حبيباته الناتجة أثناء القطع بالقذف النفث بالماء والحبيبات [Momber, A. W. et al. 1997 P. 65, 71]. كما تم تطوير نموذج لشكل القطع للخامات القابلة للسحب [Paul, S. et al. 1998 P. 191, 197]. أيضاً تم فحص تأثير سرعة القطع على جودة السطح لعينات من الاستانليس ستيل 316L سمك 10م بالقذف النفث بالماء والحبيبات. وتم أخذ صور للأسطح المقطوعة. وتم الحصول على اختلافات بين البنيات الهندسية للسطح وتم مناقشتها. وقد أظهرت الدراسة تأثيراً كبيراً لسرعة القطع على جودة السطح بوجود علامات بالقطع. وكان هذا التأثير ملحوظاً خاصة في الأجزاء السفلية من قطع الأسطح المفحوصة [Löschner, Piotr. et al. 2016. P. 276].

وفي دراسة لنمذجة إزالة الخامة في عمليات التشغيل المتقدمة تم تقييم الأداء لعمليات التشغيل من حيث معدل التشغيل وتشطيب السطح المُشغل [K. Jain, Neelesh. et al. 2001. P. 1573, 1630, 1633]. وفي دراسة لتأثير اختلاف القطع بالقذف النفث على تشغيل الخطوط الجانبية للسطح في القذف النفث بالماء والحبيبات تم فحص أسطح القطع لخامات مختلفة وأوضحت الدراسة تأثير توزيع الحبيبات الحاكة بالقذف النفث على الخطوط الجانبية لسطح القطع [Chen, F. L. et al. 2003. P. 1, 4].

وفي دراسة لعملية التشغيل بالقذف النفث بالماء والحبيبات لمركب الأيوكسي/ الزجاج تم بحث نسبة خلوص القطع، ومن أهم النتائج التي تم التوصل إليها اعتبار الضغط الهيدروليكي للقذف ونوع الحبيبات للمواد الحاكة "العقيق وأكسيد الألومنيوم" عاملان هامان مؤثران [Azmir, M.A. et al. 2009. P. 6173]. وفي دراسة كان الهدف منها هو الكشف عن آلية فصل مركبات الإيوكسي/ جرافيت إلى صفائح تحت التشغيل بالقذف النفث بالماء والحبيبات، تم فصل المركب عملياً إلى طبقات بالقطع. ووجد أن الفصل إلى صفائح بدأ بتأثير موجة الصدم من القذف بالماء في مرحلة القطع الأولية عندما تم استهداف سطح الخامة [Shanmugam, D.K. et al. 2008. P. 923, 928]. كما تم فحص خصائص القطع بالقذف النفث بالماء والحبيبات للمواد المركبة من طبقات وقدم البحث فحص لزاوية خلوص

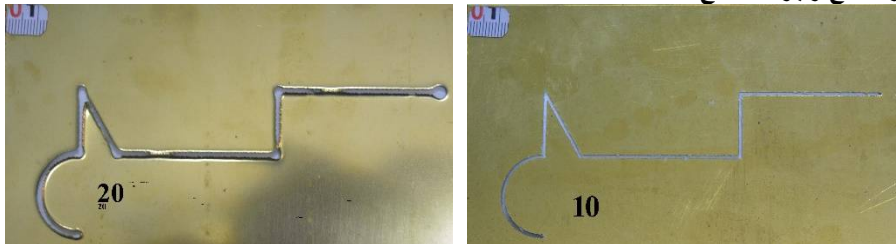
120م/د، فأنتج ذلك عرض مسار قطع في الحد الأقصى وكان $22.321\mu\text{m}$ عند النقطة رقم 7 والتي يمثلها الزاوية الحادة 30 درجة، أما العينة رقم 10 عند استخدام مسافة فاصلة 1مم ونفس سرعة القطع 120م/د أنتج ذلك عرض مسار قطع في الحد الأدنى وكان $2.525\mu\text{m}$ عند نفس النقطة رقم 7 والتي يمثلها نفس الزاوية الحادة 30 درجة، وهذا يبين أن العلاقة طردية بين عرض القطع الناتج والمسافة الفاصلة فكلما زادت المسافة الفاصلة المستخدمة كعامل تشغيل في القذف النفاث بالماء والحبيبات زاد عرض مسار القطع وبالتالي قلت جودة القطع، والعكس كلما قلت المسافة الفاصلة قل معها عرض مسار القطع وبالتالي زادت جودة القطع.

تم تسجيل متوسط القراءات لعدد 9 نقاط وذلك عن طريق قياس عرض مسار القطع للسطح باستخدام جهاز التكبير الـ Projector المبين في شكل رقم (3). تم إدراج القراءات في جدول (راجع ملحق رقم ج) وتم تمثيل نتائج القياس بيانياً في الأشكال أرقام من 6-17. ولم يؤثر التشغيل بالقطع بالقذف النفاث بالماء والحبيبات علي كلاً من البنية المجهرية والصلادة للعينات راجع [B.S. Mann et al. 2002. P. 660] ص (3).

يوضح شكل رقم (4) مقارنة لعينتين تظهران خلفية مسار القطع للعينات أرقام 20، و10 عند استخدام مسافة فاصلة 15مم بين نزل القذف النفاث للماء والحبيبات وسطح العينة النحاس بسرعة قطع

10 نتائج البحث Results:

8-1- عرض مسار القطع وجودة القطع:-



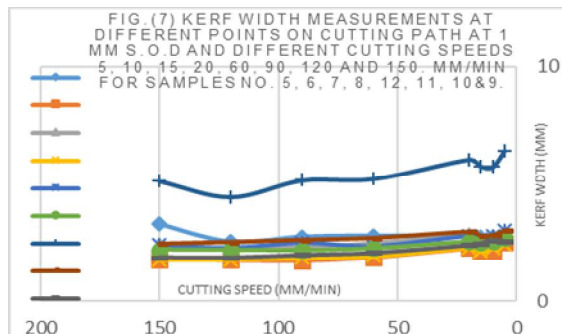
القطع عند سرعة قطع 120م/د واستخدام مسافة فاصلة 10 و1مم. علي الخط المستقيم لمسار القطع فكانت القيم 10.77، و 2.533 μm ويمكن مراجعة القيم التي تم الحصول عليها من جهاز قياس عرض مسار القطع في ملاحق الدراسة.

أيضاً شكل رقم (5) يوضح مقارنة لعينتين تظهران خلفية مسار القطع للعينات أرقام 5، و55 عند مسافة فاصلة 1مم وسرعة قطع 5م/د و150م/د علي التوالي، وقد أوضحت نتائج القياس لعرض مسار القطع عند النقطة رقم 7 ويمثلها الزاوية الحادة أن القيم كانت 6.428، و4.636 μm ، هذا بالإضافة إلي باقي نتائج القياس لباقي النقاط فإن عرض مسار القطع يزداد عند السرعة الأقل وبالتالي تقل جودة القطع، ويقل عرض المسار عند استخدام السرعة الأقصى وتزداد جودة القطع وتكون العلاقة عكسية.

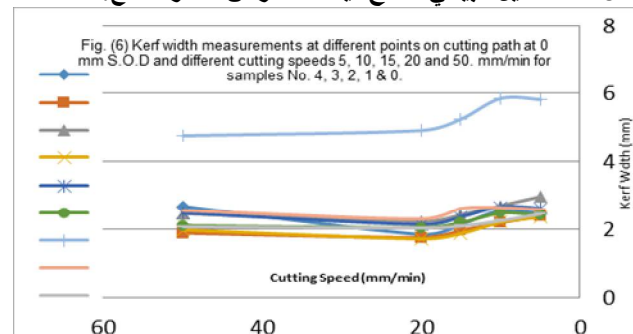


شكل رقم (5) يوضح مقارنة لعينتين أرقام 5، و55 تظهران خلفية عرض مسار القطع عند مسافة فاصلة 1م وسرعة قطع 5م/د و150م/د علي التوالي.

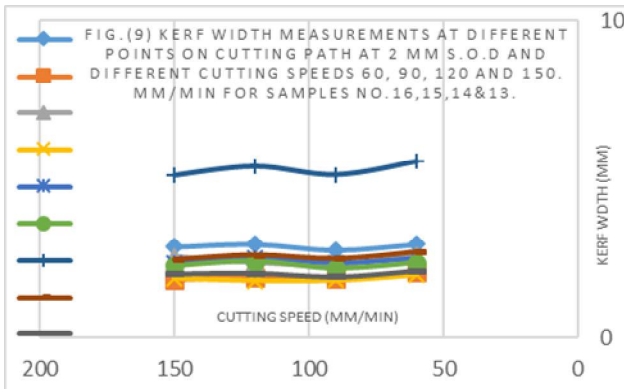
8-2- التمثيل البياني لنتائج قياسات عرض مسار القطع:



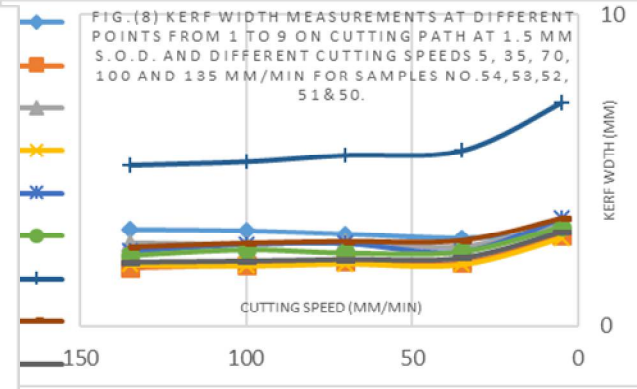
شكل رقم (7) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 1مم وسرعات قطع 5، 10، 15، 20، 60، 90، 120، و150م/د للعينات أرقام 5، 6، 7، 8، 12، 11، 10، و9.



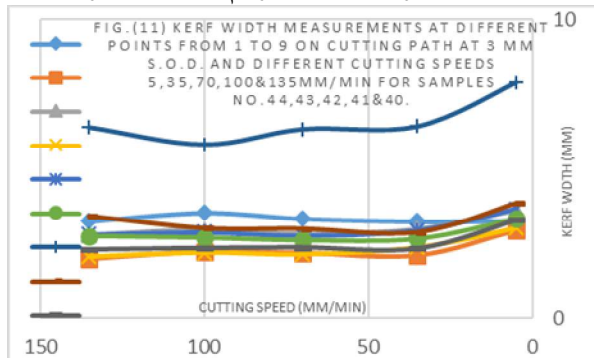
شكل رقم (6) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 0مم وسرعات قطع 5، 10، 15، 20، و50م/د للعينات أرقام 4، 3، 2، 1، و0.



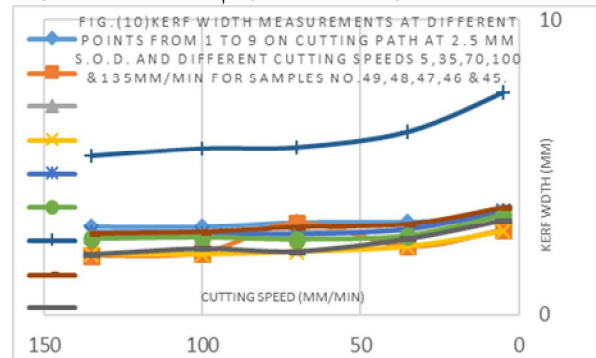
شكل رقم (9) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 2 مم وسرعات قطع 60، 90، 120، و 150 للعينات أرقام 13، 14، 15، و 16.



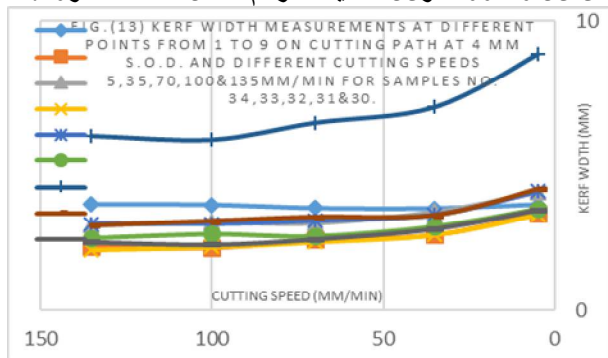
شكل رقم (8) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 1.5 مم وسرعات قطع 5، 35، 70، 100، و 135 للعينات أرقام 50، 51، 52، 53، و 54.



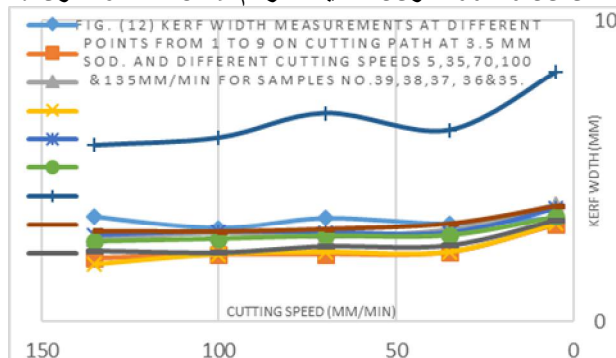
شكل رقم (11) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 3 مم وسرعات قطع 5، 35، 70، 100، و 135 للعينات أرقام 40، 41، 42، 43، و 44.



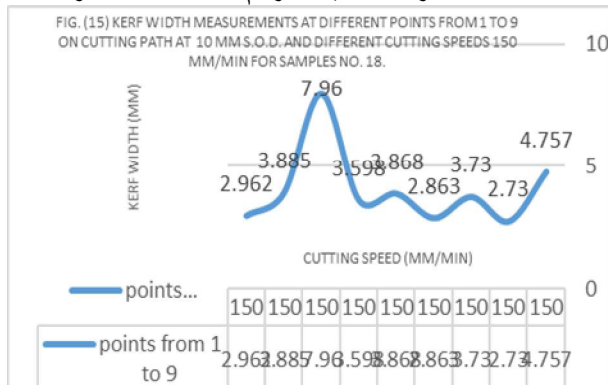
شكل رقم (10) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 2.5 مم وسرعات قطع 5، 35، 70، 100، و 135 للعينات أرقام 45، 46، 47، 48، و 49.



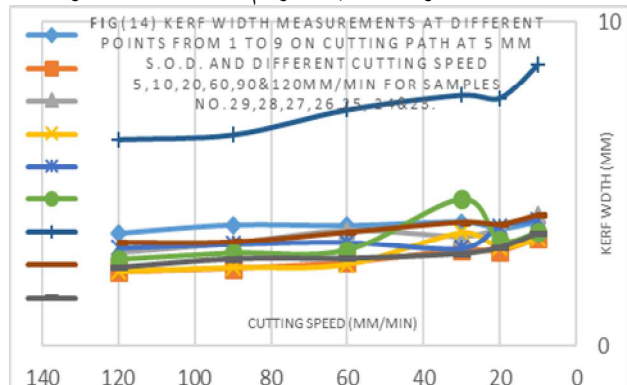
شكل رقم (13) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 4 مم وسرعات قطع 5، 35، 70، 100، و 135 للعينات أرقام 30، 31، 32، 33، و 34.



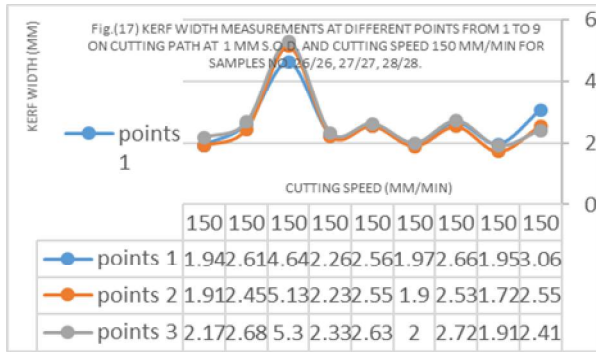
شكل رقم (12) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 3.5 مم وسرعات قطع 5، 35، 70، 100، و 135 للعينات أرقام 35، 36، 37، 38، و 39.



شكل رقم (15) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 10 مم وسرعة قطع 150 للينة رقم 18



شكل رقم (14) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 5 مم وسرعات قطع 5، 10، 20، 60، 90، و 120 للعينات أرقام 23، 24، 25، 26، 27، 28، و 29.



شكل رقم (17) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 1 مم وسرعات قطع 150، 150، 150، و 56، 55.

وبالتالي تكلفة تشغيل أقل.

- بينت الدراسة مجموعة من القيم المثلى التي يمكن بواسطتها ضبط عرض القطع وبالتالي ضبط جودة القطع بالإضافة إلى ضغط تدفق الماء المستخدم والحبيبات الحادة وحجم الحبيبات.

الشكر:-

يتقدم الباحث بالشكر لفريق عمل مصنع الفنار لبلات السيراميك بالرياض علي تعاونهم في تنفيذ تجارب البحث.

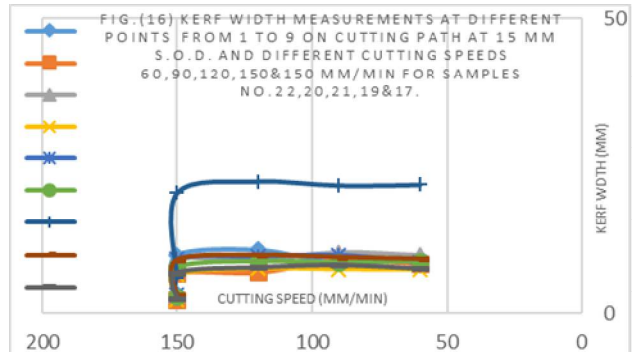
المراجع References :

- المراجع العربية:-

[1] أبوزيد، عبدالرحمن (2008م)، "معايير استخدام التكنولوجيا المتقدمة ومدي أثرها علي المنتج المعدني"، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، القاهرة، ص 43 - 45.

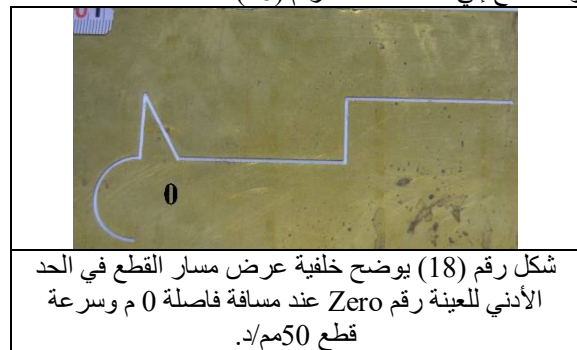
- المراجع الأجنبية:-

- [1] Abouzaid, A., Newishy, M., & AlQotari, I. (2018). The effect of machining parameters on 0.8 mm thickness brass thin sheets using plasma arc technique for optimizing cutting quality of metal products. The 5th international conference of Applied Arts [CD ROM]: International Design Journal.
- [2] Azmir, M.A., & Ahsan, A.K. (2009). A study of abrasive water jet machining process on glass/epoxy composite laminate. Journal of Materials Processing Technology, Vol. (209), 6168– 6173, from ScienceDirect database.
- [3] Biermann, Dirk., Aßmuth, Robert., Schumann, Sebastian., Rieger, Michael., & Kühlenkötter, Bernd. (2016). Wet abrasive jet machining to prepare and design the cutting edge micro shape Procedia CIRP, Vol. (45) 195– 198, from ScienceDirect database.
- [4] Borkowski, J., & Borkowski, P. (2009). Criteria of effective materials cutting with suspension abrasive-water jet. Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. IX (2), 5- 14.
- [5] Borkowski, P. (2011). Hydro-jetting method of bas-relief shaping. Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. XI (2), 267- 276.
- [6] Boud, F., Carpenter, C., Folkes, J., & Shipway, P.H. (2010). Abrasive waterjet cutting of a titanium alloy: The influence of abrasive



شكل رقم (16) يوضح التمثيل البياني لقياسات عرض القطع عند نقاط مختلفة لمسار القطع عند مسافة فاصلة 15 مم وسرعات قطع 150، 120، 90، 60، و 19، 20، 21، 22، 150.

كما أن استخدام المسافة الفاصلة 0 مم مع سرعة قطع 50 مم/د للعينة رقم ZERO أنتج أيضاً عرض قطع في الحد الأدنى بقيمة $4.761 \mu\text{m}$ عند النقطة رقم 7 علي مسار القطع وبالتالي أثر علي جودة القطع إلي الأفضل شكل رقم (18).



الخلاصة Conclusion :

أظهرت الدراسة التجريبية تأثيراً لكاملاً من المسافة الفاصلة (بين خرج "نزل" القذف و سطح القطع) وسرعة القطع كعوامل تشغيل للقذف النفاث بالماء والحبيبات علي عرض مسار القطع، وبالتالي علي جودة الأسطح المقطوعة والمشغلة من ألواح النحاس الأصفر سمك 0.8 مم المستخدمة في المنتجات المعدنية وعلي زوايا القطع المتعددة سواء الحادة أو القائمة أو المنفرجة والقطع المستقيم والمنحني وزاوية تقابل الخط المستقيم مع القوس، حيث تم استخدام قيم متغيرة لكل من سرعة القطع والمسافة الفاصلة. وذلك للحصول علي أفضل قيم والتي تمكنا من نتائج قطع مثالية من عرض قطع في الحد الأدنى وسلبية قطع ضيقة وقد تبين الآتي:-

- كلاً من المسافة الفاصلة وسرعة القطع تؤثران علي عرض مسار القطع وبالتالي تؤثران علي جودة القطع للعينات.
- استخدام مسافة فاصلة أكبر أدى إلي إنتاج عرض قطع في الحد الأقصى للعينات ولتحسين جودة القطع فإن ذلك يتطلب استخدام سرعات قطع أعلى مع مسافة فاصلة أقل وأنتج ذلك عرض مسار قطع في الحد الأدنى.
- أيضاً تبين أن العلاقة طردية بين كل من المسافة الفاصلة وبين عرض القطع فكلما زادت المسافة الفاصلة بين نزل القطع و سطح النحاس الأصفر زاد عرض القطع وكلما قلت المسافة الفاصلة قل عرض القطع.
- استخدام سرعات قطع أقل ومسافة فاصلة أقل أنتج عرض مسار قطع أكبر.
- تبين أن العلاقة عكسية بين كل من سرعة القطع وعرض القطع فكلما زادت سرعة القطع قل عرض مسار القطع.
- أيضاً استخدام سرعات عالية لقطع الزوايا الحادة مع مسافة فاصلة أعلى أدى إلي إنتاج عرض مسار قطع أكبر.
- استخدام مسافة فاصلة 1 مم مع سرعة قطع 150 مم/ دقيقة تعد بمثابة القيم المثلى للحصول علي جودة قطع عالية في وقت أقل

- Piotr. (2016). Investigation of the effect of cutting speed on surface quality in abrasive water jet cutting of 316L stainless steel. *Procedia Engineering*, Vol. (149), 276– 282, from ScienceDirect database.
- [15] Mann, B.S., & Arya, Vivek. (2002). An experimental study to correlate water jet impingement erosion resistance and properties of metallic materials and coatings. *Wear*, Vol. (253), 650–661. Received 12 November 2001, received in revised form 10 April 2002, accepted 1 May 2002, from Elsevier database.
- [16] Mazurkiewicz, M. (2000). A manufacturing tool for a new century. *Journal of Material Processing Technology*, Vol. (106), 112- 118, from Elsevier database.
- [17] Momber, A. W., Kovacevic, R., & Kwak, H. (1997). Alternative method for the evaluation of the abrasive water- jet cutting of grey cast iron. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. (65), 65-72. Recived 18 May 1995; reviced 30 October 1995, from Elsevier database.
- [18] Paul, S., Hoogstrate, A.M., Van Luttervelt, C.A., & Kals, H.J.J. (1998). Analytical and experimental modelling of the abrasive water jet cutting of ductile materials. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. (73), 189–199. Received 24 February 1996, from Elsevier database.
- [19] Paul, S., Hoogstrate, A.M., Van Luttervelt, C.A., & Kals, H.J.J. (1998). Analytical modelling of the total depth of cut in the abrasive water jet machining of polycrystalline brittle material. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. (73) 206–212. Received 24 February 1996, from Elsevier database.
- [20] Rashed, C.A.A., Romoli, L., Tantussi, F., Fuso, F., Burgener, M., Cusanelli, G., Allegrini, M., & Dini, G. (2013). Water jet guided laser as an alternative to EDM for micro-drilling of fuel injector nozzles: A comparison of machined surfaces. *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. (15) 524–532. Received 15 April 2013, received in revised form 24 June 2013, accepted 2 August 2013, available online 17 September 2013, from ScienceDirect database.
- [21] Shanmugam, D.K., Chen, F.L., Siores, E., & Brandt, M. (2002). Comparative study of jetting machining technologies over laser machining technology for cutting composite materials. *Composite Structures*, Vol. (57), 289–296, from Elsevier database.
- [22] Shanmugam, D.K., & Masood, S.H. (2009). An investigation on kerf characteristics in morphology and mechanical properties on workpiece grit embedment and cut quality. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. (210), 2197–2205. Received 11 May 2010, received in revised form 3 August 2010, accepted 6 August 2010, from ScienceDirect database.
- [7] Chen, F. L., & Siores, E. (2003). The effect of cutting jet variation on surface striation formation in abrasive water jet cutting. *Journal of material processing technology*, Vol. (135), 1-5. Accepted 8 March 2001, from Elsevier database.
- [8] Fowler, G., Pashby, I.R., & Shipway, P.H. (2009). The effect of particle hardness and shape when abrasive water jet milling titanium alloy Ti6Al4V. *Wear*, Vol. (266), 613–620. Received 29 May 2007, received in revised form 6 June 2008, accepted 17 June 2008, available online 10 December 2008, from ScienceDirect database.
- [9] Hlavac, L.M., Hlavacova, I.M., Gembalova, L., Kalicinsky, J., Fabian, S., Mestanek, J., Kmec, J., & Madr, V. (2009). Experimental method for the investigation of the abrasive water jet cutting quality. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. (209), 6190–6195, from ScienceDirect database.
- [10] Hocheng, H., & Chang, K.R. (1994). Material removal analysis in abrasive waterjet cutting of ceramic plates. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. (40), 287-304. Recived Agust 8, 1992; accepted March 10, 1993, from Elsevier database.
- [11] K. Jain, Neelesh., & K. Jain, Vijay. (2001). Modeling of material removal in mechanical type advanced machining processes: a state-of-art review. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. (41), 1573–1635. Received 15 March 2000, received in revised form 28 November 2000, accepted 8 January 2001, from Pergamon database.
- [12] Lehocka, Dominika., Klich, Jiří., Foldyna, Josef., Hloch, Sergej., Hvizdoš, Pavol., Fides, Martin., Botko, František., & Cárach, Ján. (2016). Surface integrity evaluation of brass CW614N after impact of acoustically excited pulsating water jet. *Procedia Engineering*, Vol. (149), 236– 244, from ScienceDirect database.
- [13] Liu, H., Wang, J., Kelson, N., & Brown, R. J. (2004). A study of abrasive waterjet characteristics by CFD simulation. *Journal of materials processing technology*, Vol. (153–154), 488–493, from Elsevier database.
- [14] Löschner, Piotr. Jarosz, Krzysztof. Nieślony,

performance in multipass abrasive waterjet machining of industrial ceramics. *Journal of material processing technology*, Vol. (133), 371- 377. Recived 4 July 2000, recived in reviced from 12 February 2002, accepted 12 November 2002, from Elsevier database.

- [27] Yuvaraj, N., & Kumar, M. Pradeep. (2016). Cutting of aluminium alloy with abrasive water jet and cryogenic assisted abrasive water jet: A comparative study of the surface integrity approach. *Wear*, Vol. (362-363), 18–32. Received 12 February 2016, received in revised form 7 May 2016, accepted 9 May 2016, available online 13 May 2016, from ScienceDirect database.
- [28] Zeng, J., & Kim, Thomas J. (1996). An erosion model of polycrystalline ceramics in abrasive waterjet cutting. *Wear*, Vol. (193), 207-217. Recived 28 July 1994; accepted 22 June, 1995, from Elsevier database.

11- Internet sites:-

- [29] https://www.onejetwaterjet.cn/PRODUCTS.html?gclid=EAIaIQobChMIufzuuIeN4wIVCgHTCh1roQinEAAYASAAEgLfBPD_BwE

abrasive waterjet cutting of layered composites. *Journal of materials processing technology*, Vol. (209), 3887–3893, Received 13 February 2008, received in revised form 30 August 2008, accepted 2 September 2008, from Elsevier database.

- [23] Shanmugam, D.K., Nguyen, T., & Wang, J. (2008). A study of delamination on graphite/epoxy composites in abrasive waterjet machining. *Composites, Part A* (39), 923–929. Received 17 January 2008, received in revised form 22 March 2008, accepted 5 April 2008, from ScienceDirect database.
- [24] Walker, R. J. (1997). *Modern Metal Working*. Tinley Park. Illinois. The Goodheart. Willcox Company. INC. Publishers. Pp: 455- 456.
- [25] Schwartzentruber, J., & Papini, M. (2015). Abrasive waterjet micro-piercing of borosilicate glass. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. (219), 143–154. Received 16 September 2014, received in revised form 4 December 2014, accepted 7 December 2014, Available online 15 December 2014, from ScienceDirect database.
- [26] Wang, J., & Guo, D.M. (2003). The cutting