

تأثير سرعة عمود الدوران على طول الثقب والإنهاء السطحي في

عملية التنقيب العميق

سعد حميد نجم الشافعي

جامعة بابل — كلية الهندسة — قسم هندسة المواد

E-mail:saadalshafaie75@yahoo.com

الخلاصة

يتضمن البحث الحالي دراسة تأثير سرعة عمود الدوران على طول الثقب والإنهاء السطحي للثقوب المنتجة ، حيث تم إجراء التجارب باستخدام برايم حلزوني Twist Drills باقطار (9،10،11) ملم وباستخدام عينات من الفولاذ المقاوم للصدأ تحت ظروف من القطع الجاف .

من النتائج لوحظ ان زيادة سرعة عمود الدوران تحد من طول الثقب المنتج ولها تأثير سلبي على مقدار انحراف البريمة واهتزازها، وان انحراف واهتزاز البريمة الأقل قطرا يكون اكثر مما للبريمة الأكبر قطرا . ولهذه السرعة وقطر البريمة اثرهما الواضح على عرض البلى الخلوصي فزيادتهما يزداد عرض البلى . كذلك لوحظ ان هنالك علاقة طردية بين هذه السرعة وقطر البريمة من جهة وجودة السطح من جهة اخرى ، حيث ان قيم الخشونة تزداد كلما زادت السرعة وقطر البريمة .

Effect of Spindle Speed on the Drilling Length and Surface Finish in Deep Drilling Operation

Abstract:

This research deals with studying the effect of spindle speed on the drilling length and surface finish for producing deep holes. Where experiments are done by using twist drills having (9, 10, 11) mm diameters by using samples of stainless steel under dry cutting conditions.

The results show that increases of the spindle speed limits from producing drilling length and it has negative effect upon magnitude of drill deflection and its vibration , it keeping in mind the drill deflection and its vibration these have small diameter will be more for the drill that has big diameter . The speed and drill diameter have clear effect on flank wear land, in another word, with the increasing of speed and drill diameter, the flank wear land will increase. Also, there is a direct proportional relationship between the speed and drill diameter in one hand and the surface quality on the other hand, therefore; the roughness increase when the speed and drill diameter increases.

الكلمات الرئيسية: تنقيب عميق ، الفولاذ المقاوم للصدأ ، طول الثقب ، الخشونة السطحية

المقدمة :

عملية التنقيب العميق إحدى العمليات الأساسية والرئيسية في تشغيل وإنتاج الثقوب العميقة للأجزاء الميكانيكية والتركيبية والأجزاء الخاصة أن مواكبة التطور الذي حصل على صعيد تصنيع القوالب والموجهات والأجزاء الميكانيكية والعدد والأدوات والأجزاء الخاصة ، قد ابرز جملة من الصعوبات تتلخص أهمها في حاجة هذه الأجزاء إلى ثقوب عميقة بأقطار وأطوال وأشكال مختلفة [M.A.Yahya,2003] وتعتبر عملية تشغيل الثقوب العميقة إحدى العمليات الصناعية الأكثر تعقيدا وتستخدم في تشغيل وإنتاج ثقوب لها نسبة طول إلى قطر تصل إلى خمس مرات أو أكثر ، وعادة ماتكون هذه الثقوب بمواصفات جيدة من ناحية الاستقامة والأنهاء السطحي [Y.B.Guo,2000,G.Szepannek,2006] تستخدم هذه العملية في كثير من الصناعات مثل صناعة الفولاذ والمحطات النووية وحقول النفط والمحطات الغازية وصناعة الفضاء [Sandvik Coromant ,1994] . من المشاكل التكنولوجية الكبيرة في هذا المجال هي مرونة العدة والمقترنة بالجساءة الغير كافية [S.A.Batzer,1999] فجساءة البريمة تكون قليلة بسبب طول الثقب المفرط [P.N.RAO, 2004] ومن غير الممكن توفر الجساءة التامة سواء كان ذلك للعدة أو للمشغولة ، لذلك فهما ينحرفان ويهتزتان بشكل حتمي خلال تشغيل الثقوب العميقة . والانحراف سيؤثر بشكل كبير على دقة العملية والأنتاجية [A.M.Gouskov,2000] . والاهتزازات قد يكون لها تأثير إيجابي وقد يكون سلبي . فقد تكون مفيدة وفي الواقع ضرورية لتكسير النحافة وأزالتها بشكل فوري من منطقة القطع ونقلها خارج الثقب [S.A.Batzer,2001] ولكن اهتزاز البريمة سيؤثر بشكل أو بآخر على محصلة التشغيل بصورة عامة والأنهاء السطحي بصورة خاصة ، وسيؤثر أيضا على عمر العدة [N.Raabe, 2004].

الهدف من البحث الحالي هو تحديد أقصى طول للثقب المنتج عند استخدام سرع دورانية مختلفة ودراسة تأثير هذه السرع على الإنهاء السطحي للثقب الناتج.

الجزء العملي:

تم اختيار مشغولات من الفولاذ المقاوم للصدأ stainless steel وذلك لدخوله في العديد من الأجزاء والمنتجات والجدول (1) يوضح التركيب الكيميائي للفولاذ المستخدم ، أذ حضرت عينات بقطر خارجي (38) ملم وبطول (120) ملم ، وتم عمل ثقب مركزي بقطر (4) ملم وعمق (3) ملم . أما عدة القطع فقد اختيرت برايم حلزونية (Twist Drill) أنكليزية الصنع من فولاذ السرعات العالية (H.S.S) بأقطار (9،10،11) ملم وبطول كلي (168،170،176) ملم على التوالي ، زاوية مقدمة البريمة (118°) ، زاوية الخلوص (12°) وزاوية الجرف (6°) والجدول (2) يوضح التركيب الكيميائي لهذه البرايم .

أجريت التجارب باستخدام ماكينة الخراطة نوع (Harrison) أنكليزية الصنع ذات قدرة (2.2KW) ومدى السرعة الدورانية من (40) الى (2500) دورة/دقيقة ، اما مدى معدل التغذية فيتراوح من (0.03) الى (1) ملم/دورة حيث تم تثبيت البريمة في الغراب المتحرك المتعشق مع العربة ويتحرك الغراب آليا بمقدار التغذية المعطاة .

ظروف القطع المختارة:

أجريت تجارب القطع تحت ظروف القطع الجاف بمعدل تغذية ثابت مقداره (0.05) ملم/دورة وأربع سرع دورانية (1700،1200،800،540) دورة/دقيقة لانتاج ثقوب وصلت اطوالها الى (86) ملم.

قياس انحراف أداة القطع:

لغرض قياس انحراف البريمة ، أستخدم مقياس ذو قرص مدرج (Dial Gauge) ياباني الصنع دقته (10) مايكرون حيث تم قياس الانحراف على أبعاد متساوية وعلى طول أخدود البريمة ابتداء من مقدمة البريمة ولغاية الوصول الى معيار متفق عليه (300) مايكرون وهو مقدار انحراف البريمة [L.Andren,2003] . المسافة بين بعد وآخر (5) ملم بحيث يقاس أقصى انحراف على كل بعد والشكل (1) يوضح ترتيب عملية التنقيب .

قياس اهتزاز البريمة:

لغرض قياس اهتزاز البريمة ، استخدم جهاز راسم الذبذبات Digital Storage Oscilloscope نوع Dss 5040 Ach صيني الصنع ، حيث تم قياس إزاحة اهتزاز البريمة (displacement) بعد دخولها في المشغولة مسافة تعادل خمسة أضعاف قطرها ولمدة ثلاث ثواني ، من خلال وضع مجس الجهاز على البريمة والذي بدوره يقوم بنقل الإشارة الى شاشة الجهاز ويتم تثبيت صورة الاهتزاز على الشاشة بواسطة عتلة خاصة والنقاط هذه الصورة بواسطة كاميرا رقمية digital .

قياس بلى أداة القطع:

لغرض قياس البلى على سطح الخلوص (Flank) للبريمة ، أستخدم مجهر ضوئي صيني الصنع بقوة تكبير (400X) لتحديد عرض البلى . يتم قياس البلى مع استمرار عملية التنقيب لكل مسافة مقدارها (5) ملم ولغاية وصول الانحراف في البريمة (300) مايكرون . والشكل (2) يوضح عرض البلى الخلوصي الحاصل على سطح خلوص البريمة.

قياس الخشونة للثقوب المنتجة:

تمت عملية قياس الخشونة السطحية لجداران الثقوب المشغلة بعد تحضيرها بعمل شق طولي للعينات من بداية الثقب الى نهايته بواسطة ماكينة تفريز جامعة وتم قياس الخشونة بمعدل

ثلاث قراءات لكل (5) ملم تشغيل وقد أستخدم في هذا القياس جهاز قياس الخشونة السطحية (Taylor Hobson) دنماركي الصنع . حيث تم تنظيف السطح المراد قياس خشونته باستخدام الكحول ومن ثم وضع العينة على قاعدتين ذات شكل حرف (V) وبشكل متوازن ومستوي .

النتائج والمناقشة:

تأثير سرعة عمود الدوران على أقصى انحراف للبريمة:

نتائج تأثير سرعة عمود الدوران على أقصى انحراف للبريمة موضحة في الشكل (3) ويمثل هذا الشكل العلاقة بين طول الثقب وأقصى انحراف للبريمة عند معدل تغذية (0.05) ملم/دورة وللسرعة الدورانية (540، 800، 1200، 1700) دورة/دقيقة.

يلاحظ من الشكل السابق تأثير تغير سرعة عمود الدوران على أقصى انحراف للبريمة ، حيث يلاحظ من الشكل (3-a) أنه في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع سرعة دوران مقدارها (540) دورة/دقيقة وبعد مسافة (10) ملم من التنقيب يكون أقصى انحراف للبريمة (27) مايكرون ، وتزداد قيمة انحراف البريمة الى (40) مايكرون عند زيادة سرعة عمود الدوران الى (800) دورة/دقيقة ، وتستمر الزيادة في قيمة انحراف البريمة مع زيادة سرعة عمود الدوران لتصل الى (55) مايكرون مع السرعة (1200) دورة/دقيقة ، وصولاً الى (60) مايكرون عند السرعة (1700) دورة/دقيقة. ويمكن تعليل ذلك على أساس ان استخدام سرع عمود الدوران المنخفضة يؤدي الى استقرار عملية القطع من حيث اختراق البريمة للمشغولة بينما يلاحظ زيادة قيم انحراف البريمة مع زيادة سرع عمود الدوران حيث تؤدي السرع العالية الى حدوث اهتزازات مرافقة لاختراق المشغولة كما واضح في الشكل (4) حيث يلاحظ من هذا الشكل انه كلما زادت سرعة عمود الدوران كلما ازداد اهتزاز البريمة ففي السرعة (540) دورة/دقيقة تهتز البريمة لتتحرك أقصى مسافة عن محورها الأصلي حوالي (4) مايكرون ، وتزداد هذه المسافة الى (8) مايكرون عند السرعة (800) دورة/دقيقة ، وتستمر الزيادة في المسافة مع زيادة سرعة عمود الدوران لتصل الى (13) مايكرون مع السرعة (1200) دورة/دقيقة وصولاً الى (19) مايكرون عند السرعة (1700) دورة/دقيقة (الاشكال a، b، c، d) على التوالي. ويلاحظ نفس التأثير السابق لزيادة سرعة عمود الدوران في زيادة قيم أقصى انحراف للبريمة عند استخدام برايم بقطر (10، 11) ملم (الشكلين 3-b، 3-c) على التوالي ولنفس الاسباب المذكورة سابقاً .

يلاحظ ايضاً من الشكل (3-a) التأثير السلبي لزيادة طول الثقب على أقصى انحراف للبريمة ، حيث يظهر عند استخدام السرعة (540) دورة/دقيقة وبعد مسافة (15) ملم من التنقيب ان قيمة الانحراف (45) مايكرون ، وترتفع هذه القيمة لتصل الى (100) مايكرون بعد مسافة

(30) ملم , وتصل قيمة الانحراف الى (157) مايكرون بعد مسافة (45) ملم , وترتفع قيمة انحراف البريمة لتصل الى (218) مايكرون بعد مسافة (60) ملم , وتصل قيمة الانحراف الى (293) مايكرون بعد مسافة (75) ملم من التثقيب , وقد يعود السبب في ذلك الى انه مع زيادة عمق او طول الثقب فان النحافة تعاني صعوبة كبيرة جدا من الاندفاع خارج الثقب , V.Arshinov , [1979] وهذا بدوره يؤدي الى تداخل واضطراب النحافة وبالتالي اهتزاز وتذبذب البريمة وانحرافها عن محورها الاصلي . ويلاحظ نفس التأثير عند التشغيل بالبرام ذات الاقطار (11,10) ملم (الشكلين 3-b, 3-c) على التوالي ولنفس الاسباب المذكورة سابقا .

يلاحظ ايضا من الشكل سالف الذكر (3-a) تأثير قطر البريمة على اقصى انحراف للبريمة , حيث يلاحظ في اشكل (3-a) انه في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع سرعة دوران (800) دورة/ دقيقة وبعد مسافة تثقيب (20) ملم يكون اقصى انحراف للبريمة (84) مايكرون , وتخفض قيمة انحراف البريمة الى (63) مايكرون مع البريمة (10) ملم ولنفس السرعة ومسافة التثقيب (شكل 3-b) , ويستمر الانخفاض في قيمة الانحراف مع زيادة قطر البريمة ليصل الى (45) مايكرون مع البريمة (11) ملم ولنفس الظروف اعلاه (شكل 3-c) وربما يعود ذلك على اساس ان قطر البريمة الأكبر يعطي جساءة انحناء (Flexural Rigidity) أعلى وبالتالي ينخفض الانحراف [J.M.Gere, 2004].

تأثير سرعة عمود الدوران على طول الثقب:

ان زيادة طول او عمق الثقب بشكل مفرط وبقاء البريمة بدون اسناد وسطي يؤدي الى انحراف البريمة نتيجة لزيادة الاهتزازات المصاحبة للعملية , لذلك يعتبر هذا الطول النتيجة النهائية لانحراف البريمة وان كل العوامل المؤثرة على انحرافها تؤثر على هذا الطول .

من خلال الاشكال (3-a, 3-b, 3-c) تم تحديد اقصى طول للتقوب ذات الاقطار (9, 10, 11) ملم وتم رسمها كما موضح في الشكل (5) والذي يمثل العلاقة بين سرعة عمود الدوران واقصى طول للتقوب , ويلاحظ من هذا الشكل انه في حالة زيادة سرعة عمود الدوران فانه يجب تقليل طول الثقب والعكس بالعكس أي في حالة زيادة طول الثقب فيجب تقليل سرعة عمود الدوران , ويمكن تعليل ذلك على اساس انه في حالة زيادة سرعة عمود الدوران وعدم تقليل طول الثقب فان انحراف البريمة يزداد فوق المعيار المستخدم وهو (300) مايكرون .

يلاحظ ايضا من الشكل (5) التأثير الايجابي لزيادة قطر البريمة , فكلما زاد قطر البريمة كلما زاد طول الثقب بحيث لا يتجاوز انحراف البريمة (300) مايكرون . فمثلا ان اقصى طول للتقوب في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع السرعة (540) دورة/دقيقة هو (76) ملم ويزداد هذا الطول مع البريمة (10) ملم ومع نفس السرعة الى (83) ملم ويستمر بالزيادة ليصل الى (86) ملم

مع البريمة (11) ملم ومع نفس السرعة وربما يعود السبب في ذلك الى جساءة البريمة كما اسلفنا سابقا .

تأثير سرعة عمود الدوران على البلى الخلوصي:

نتائج تأثير سرعة عمود الدوران على البلى الخلوصي موضحة في الشكل (6) ويمثل العلاقة بين طول الثقب واقصى عرض للبلى الخلوصي (Max. Flank wear).

يلاحظ من الشكل (6-a) انه في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع سرعة دوران (540) دورة/دقيقة وبعد مسافة (20) ملم من التنقيب يكون عرض البلى (72) مايكرون ، ويزداد عرض البلى (98) مايكرون عند زيادة سرعة عمود الدوران الى (800) دورة/دقيقة ، وتستمر الزيادة في عرض البلى مع زيادة سرعة عمود الدوران لتصل الى (113) مايكرون مع السرعة (1200) دورة/دقيقة ، وصولا الى (141) مايكرون عند السرعة (1700) دورة/دقيقة بمعنى اخر انه كلما زادت سرعة عمود الدوران كلما زاد ميل بلى اداة القطع . ويعود السبب في ذلك الى ان زيادة سرعة عمود الدوران يزيد من سرعة القطع والتي بدورها تزيد من عرض البلى [1999 M.P.Groover]. ويلاحظ نفس التأثير السابق لزيادة سرعة عمود الدوران في زيادة قيم عرض البلى عند استخدام البرايم (10، 11) ملم (الشكلين 6-b، 6-c) على التوالي ولنفس السبب اعلاه .

يلاحظ ايضا من الشكل أنف الذكر تأثير قطر البريمة على عرض البلى الخلوصي ، حيث يلاحظ في الشكل (6-a) انه في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع سرعة دوران (1200) دورة/دقيقة وبعد مسافة تنقيب (20) ملم يكون عرض البلى (113) مايكرون ، وتزداد قيمة عرض البلى الى (141) مايكرون مع البريمة (10) ملم ولنفس السرعة ومسافة التنقيب (شكل 6-b) ، وتستمر الزيادة في عرض البلى مع زيادة قطر البريمة لتصل الى (175) مايكرون مع البريمة (11) ملم ولنفس الظروف اعلاه (شكل 6-c) والسبب هنا مطابق لنفس السبب المذكور مع زيادة سرعة عمود الدوران .

يلاحظ أيضا من الشكل (6-a) التأثير السلبي لزيادة طول الثقب على عرض البلى الخلوصي ، حيث يظهر عند استخدام السرعة (540) دورة/دقيقة وبعد مسافة (25) ملم من التنقيب ان عرض البلى (81) مايكرون ، وترتفع هذه القيمة لتصل الى (117) مايكرون بعد مسافة (50) ملم ، وتصل قيمة عرض البلى الى (152) مايكرون بعد مسافة (75) ملم من التنقيب ، والسبب في ذلك يعود الى انه مع زيادة طول الثقب فان النحافة تعاني صعوبة كبيرة من الاندفاع خارج الثقب لذلك تكون النحافة دائما بتماس مع البريمة وجدار الثقب وعليه يخضع الجدار الى الاحتكاك ، ونتيجة لذلك تتعرض السطوح المشغلة الى تصليد انفعالي بدرجة كبيرة وهذا يعني انه مع زيادة طول الثقب سوف تحتك البريمة مع جدار الثقب عالي الصلادة وعليه يزداد عرض البلى

الخلوصي تبعا لذلك [J.E.Wyatt, 2006] . ويلاحظ نفس التأثير السابق لزيادة سرعة عمود الدوران في زيادة عرض البلى الخلوصي عند التشغيل بالبراييم (10،11) ملم (الشكلين 6-b،6-c) على التوالي ولنفس الاسباب المذكورة سابقا .

تأثير سرعة عمود الدوران على خشونة السطح:

يوضح الشكل (7) تأثير سرعة عمود الدوران على خشونة السطح ويمثل هذا الشكل العلاقة بين طول الثقب والخشونة السطحية .

يلاحظ من الشكل (7-a) انه في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع سرعة دوران (540) دورة/دقيقة وبعد مسافة (20) ملم من التنقيب تكون خشونة السطح ($Ra=2.4$) مايكرون ، وتزداد هذه الخشونة الى ($Ra=4.6$) مايكرون عند زيادة السرعة إلى (800) دورة/دقيقة ، وتستمر الزيادة في قيمة الخشونة مع زيادة سرعة عمود الدوران لتصل الى ($Ra=6$) مايكرون مع السرعة (1200) دورة/دقيقة ، وصولا إلى ($Ra=6.6$) مايكرون مع السرعة (1700) دورة/دقيقة . وقد يعود السبب في ذلك الى انه مع زيادة سرعة عمود الدوران يزداد عرض البلى الخلوصي للبريمة وهذا الاخير يؤدي الى زيادة عزم التنقيب أو القوة المؤثرة على مقدمة البريمة او كليهما ، وزيادة أي منهما او كليهما يحدث اهتزاز لساق البريمة ومقدمتها القاطعة كما واضح في الشكل (4) وكما أسلفنا سابقا وهذا يؤثر سلبا على الخشونة السطحية للثقوب . ويلاحظ نفس التأثير السابق لزيادة سرعة عمود الدوران في زيادة قيم الخشونة السطحية للثقوب عند استخدام البراييم (10،11) ملم (الشكلين 7-b،7-c) على التوالي ولنفس السبب أعلاه .

يلاحظ من الشكل آنف الذكر (7-a) تأثير قطر البريمة على خشونة السطح ، حيث يلاحظ انه في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع سرعة دوران (1700) دورة/دقيقة وبعد مسافة (25) ملم تكون الخشونة السطحية ($Ra=6.65$) مايكرون ، وتزداد قيمة الخشونة الى ($Ra=10.3$) مايكرون مع البريمة (10) ملم ولنفس السرعة ومسافة التنقيب (شكل 7-b) ، وتستمر الزيادة في الخشونة السطحية مع زيادة قطر البريمة لتصل الى ($Ra=15$) مايكرون مع البريمة (11) ملم ولنفس الظروف اعلاه (شكل 7-c) والسبب مطابق لنفس السبب المذكور مع زيادة سرعة عمود الدوران .

أن اهتزاز البريمة يلعب دور مهم في خشونة السطح ، ويلاحظ من الشكل (4) تأثير قطر البريمة على اهتزازها ، حيث يلاحظ من الشكل (4-d) انه في حالة استخدام البريمة (9) ملم مع سرعة دوران (1700) دورة/دقيقة تهتز البريمة لتتحرك اقصى مسافة عن محورها الاصلي (19) مايكرون وتنخفض قيمة الاهتزاز لتصل الى (13.5) مايكرون مع البريمة (10) ملم ولنفس السرعة (شكل 4-h) ويستمر الانخفاض في قيمة الاهتزاز مع زيادة قطر البريمة

ليصل الى (8.5) مايكرون مع البريمة (11) ملم ولنفس السرعة أيضا (شكل 4-1) والسبب في ذلك هو كلما زاد قطر البريمة زادت جسامتها كما ذكرنا ذلك سابقا .

ان زيادة سرعة عمود الدوران تؤدي الى زيادة كل من اهتزاز البريمة وانحرافها والذان بدورهما (أي الاهتزاز والانحراف) ينخفضان كلما زاد قطر البريمة وهذا له تأثير ايجابي على خشونة السطح من ناحية ومن ناحية اخرى زيادة سرعة عمود الدوران تؤدي الى زيادة البلى الخلوصي للبريمة وان البلى يزداد كلما زاد قطر البريمة وهذا له تأثير سلبي على خشونة السطحية . ولكن التأثير السلبي للبلى له الحصة الكبرى أي بمعنى يسيطر على التأثير الايجابي لاهتزاز البريمة وانحرافها لذلك تكون المحصلة تدني الانهاء السطحي بزيادة سرعة عمود الدوران وكما واضح في الشكل أعلاه .

يلاحظ ايضا من الشكل (7-a) التأثير السلبي لزيادة طول او عمق الثقب على خشونة السطحية , حيث يظهر عند استخدام السرعة (1700) دورة/دقيقة وبعد مسافة (15) ملم من التنقيب ان قيمة خشونة السطحية ($Ra=6.5$) مايكرون , وترتفع هذه القيمة لتصل الى ($Ra=6.7$) مايكرون بعد مسافة (30) ملم , وتصل قيمة خشونة الى ($Ra=7.1$) مايكرون بعد مسافة (45) ملم من التنقيب والسبب في ذلك يعود الى انه بالإضافة الى زيادة عرض البلى الخلوصي يزداد انحراف البريمة مع زيادة طول الثقب . ويلاحظ نفس التأثير السابق لزيادة سرعة عمود الدوران في زيادة قيم خشونة السطحية للثقوب عند التشغيل بالبريم (10,11) ملم (الشكلين 7-b, 7-c) على التوالي ولنفس الاسباب المذكورة سابقا .

الاستنتاجات:

- [1] يزداد مقدار انحراف البريمة مع زيادة طول الثقب وسرعة عمود الدوران وخصوصا عند السرعة 1700 دورة/دقيقة للبريمة (9) ملم.
- [2] زيادة قطر البريمة تعود بمردود ايجابي على انحرافها وسلبي على كل من عرض البلى الخلوصي والخشونة السطحية للثقوب .
- [3] يزداد مقدار اهتزاز البريمة مع زيادة سرعة عمود الدوران وينخفض مع زيادة قطرها.
- [4] بزيادة طول الثقب يزداد عرض البلى الخلوصي والخشونة السطحية .
- [5] تؤثر زيادة سرعة عمود الدوران سلبيا على عرض البلى الخلوصي والخشونة السطحية للثقوب

المصادر:

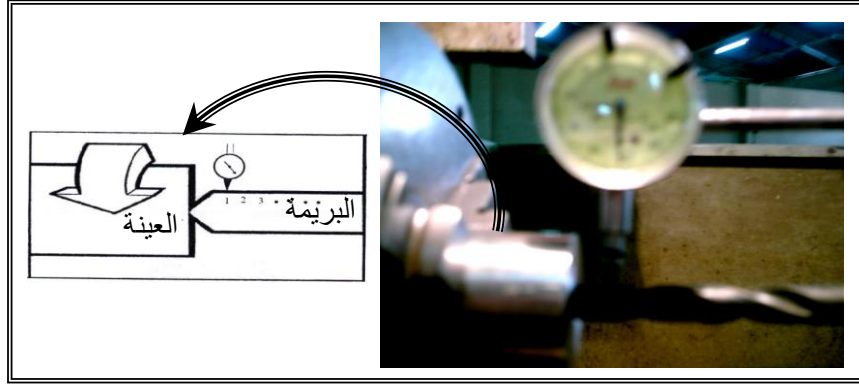
- A.M.Gouskov, S.A.Voronov and S.A.Batzer, "Dynamic stability of rotating abrasive tool for deep hole drilling", Proceedings of DETC 01 2000 ASME Design Engineering Technical Conferences September 9-12, 2000, Pittsburgh, Pennsylvania.
- G.Szepeannek, N.Raabe and others, "Prediction of spiraling in BTA deep-hole drilling-estimating the system's eigenfrequencies" University of Dortmund 2006.
- J.E.Wyatt and G.J.Trmal, "Machinability: Employing a Drilling Experiment as a Teaching Tool", J of Industrial Technology, Vol.22, No.1 January 2006.
- J.M.Gere, "Mechanics of Materials", THOMSON Brooks/Cole, Sixth edition, 2004.
- L.Andren, L.Hakansson and others, "Identification of Motion of Cutting Tool Vibration in a Continuous Boring Operation – Correlation to structural properties", Department of Telecommunication and Signal Processing, Blekinge Institute of Technology, Sweden, September 2003.
- M.A.Yahya, "Improving The Performance of Deep Drilling Operation for Carbon Steel", Production Engineering and Metallurgy, University of Technology 2003.
- M.P.Groover, "Fundamentals of Modern Manufacturing", Lehigh University, 1999.
- N.Raabe, O.Webber and W.Theis, "Spiralling in BTA Deep Hole Drilling –How to model varying frequencies" Conference CD of the Fourth Annual Meeting of ENBIS 2004, Copenhagen
- P.N.RAO, "Manufacturing Technology – Metal Cutting and Machine Tools" Tata Mc Graw-Hill, Ninth reprinted 2004
- S.A.Batzer, A.M.Gouskov and S.A.Voronov, "Modeling the vibratory drilling process", Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences September 12-15, 1999 Las Vegas, Nevada.
- S.A.Batzer, A.M.Gouskov and S.A.Voronov, "Modeling vibratory drilling dynamics", J. of Vibration and Acoustics, Vol.123 October (2001)435-443.
- Sandvik Coromant, "Modern Metal Cutting –a practical handbook", First English list 1994
- V.Arshinov , G.Alekseev, "Metal Cutting Theory and Cutting Tool Design", MIR Publishers Moscow, Fourth print 1979.
- Y.B.Guo, D.A.Dornfeld, "Finite Element Modeling of Burr Formtion Process in Drilling 304 Stainless Steel", J. of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 122 November 2000.

جدول (1) التركيب الكيميائي للفولاذ المقاوم للصدأ المستخدم

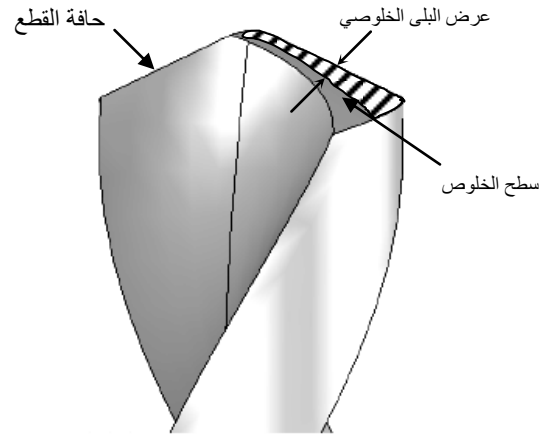
Ni	Mo	Cr	Mn	Si	C	Fe
3.00	0.80	24.00	0.50	0.90	0.08	Rem.

جدول (2) التركيب الكيميائي للبراييم المستخدمة

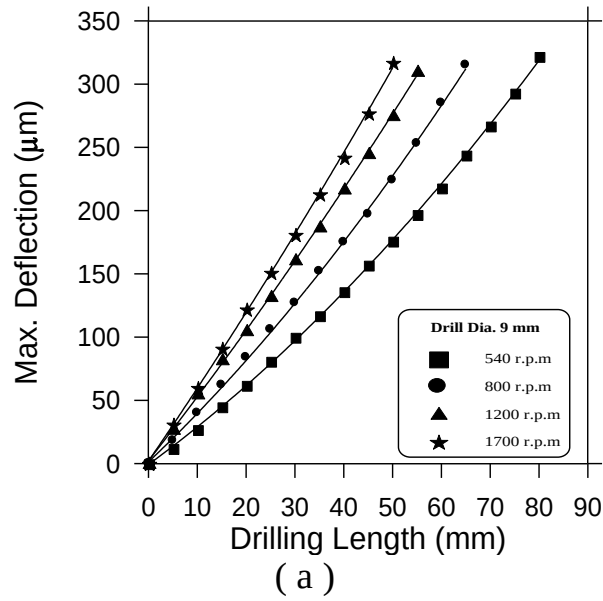
C	Si	Mn	P	S	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	V	W	Fe
0.83	0.50	0.50	0.03	0.03	0.50	4.40	0.25	1.00	0.60	1.40	18.50	Rem.

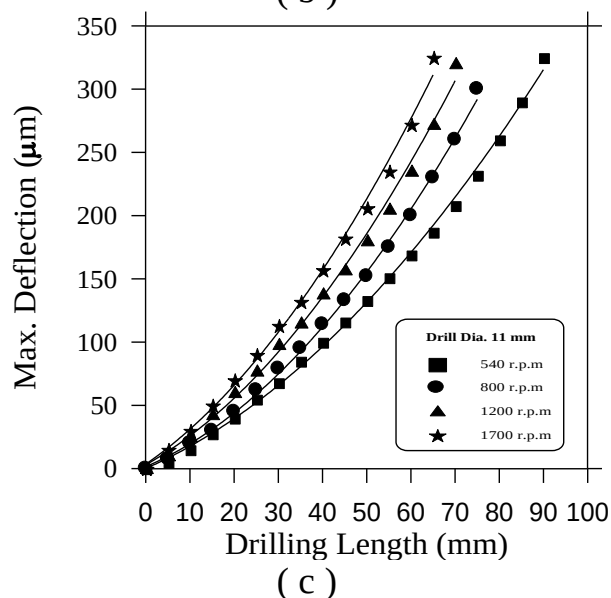
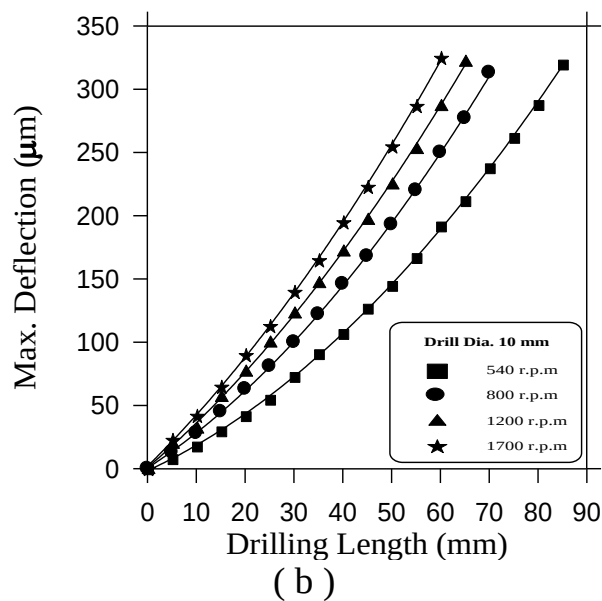


شكل (1) يوضح ترتيب عملية التثقيب .



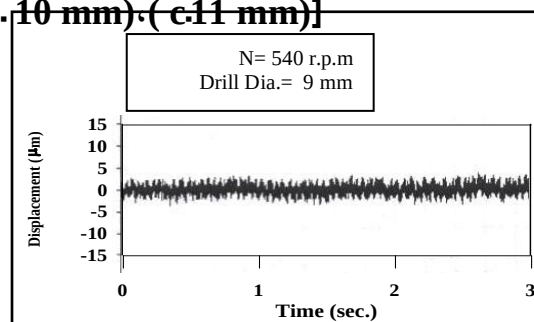
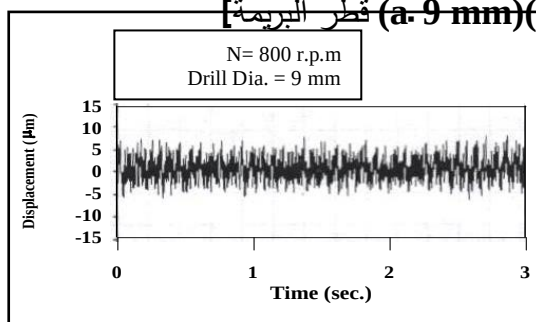
شكل (2) يوضح عرض البلى الخلوصي على سطح خلوص البريئة

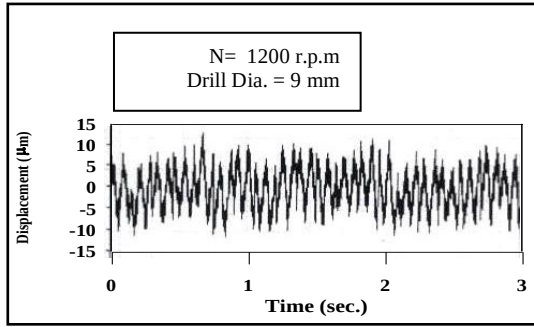




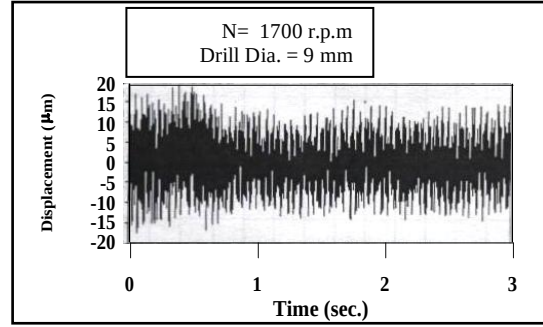
شكل (3) العلاقة بين طول الثقب وأقصى انحراف للبريمة

(a- 9 mm) (b- 10 mm) (c- 11 mm) قطر البريمة

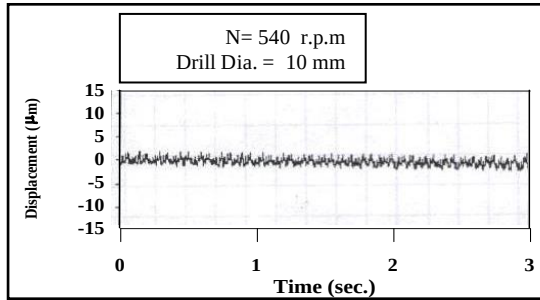




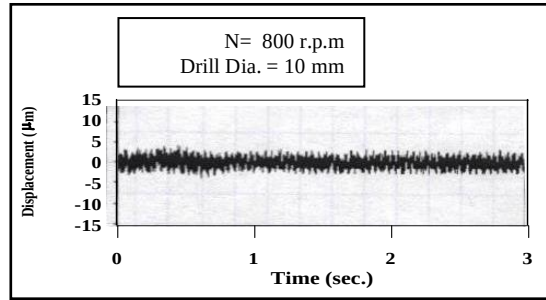
(c)



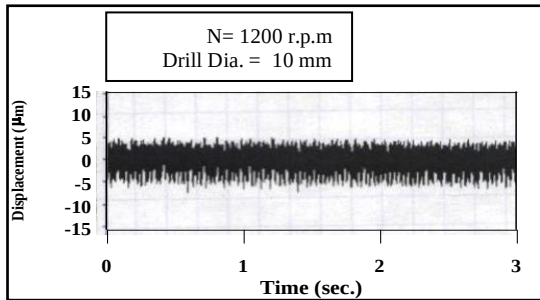
(d)



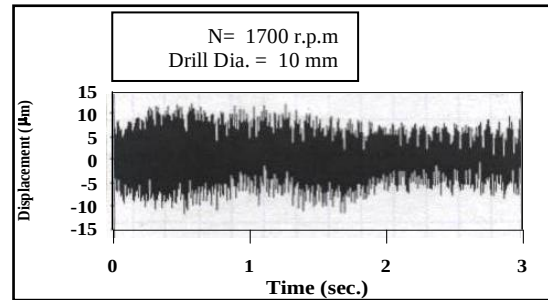
(e)



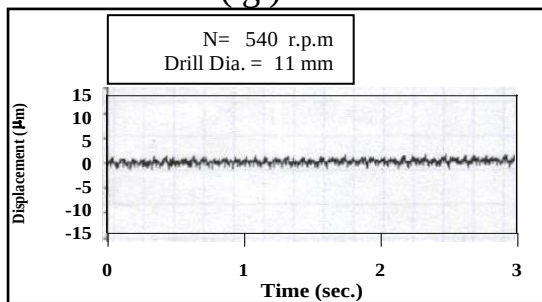
(f)



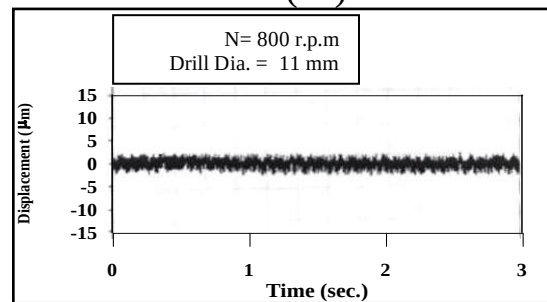
(g)



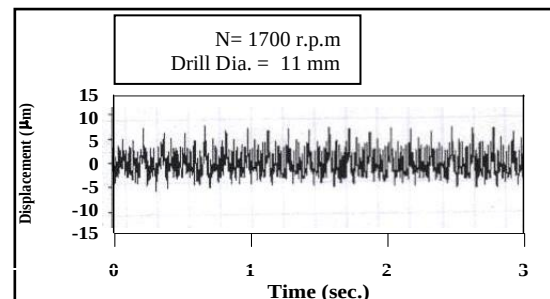
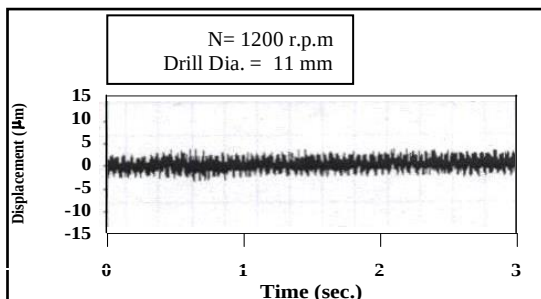
(h)



(i)



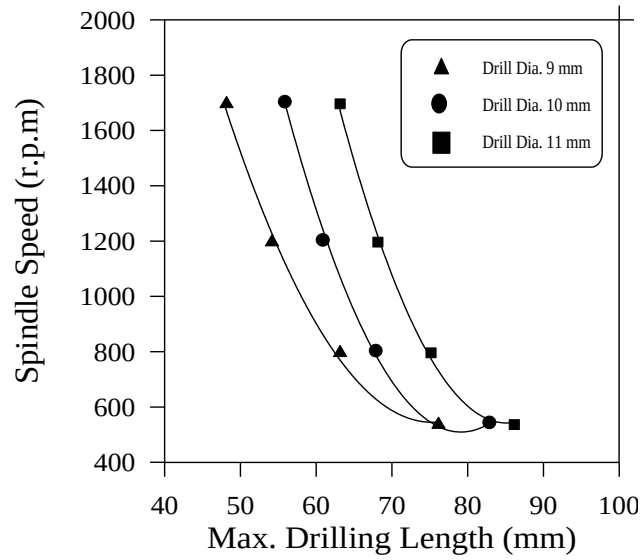
(j)



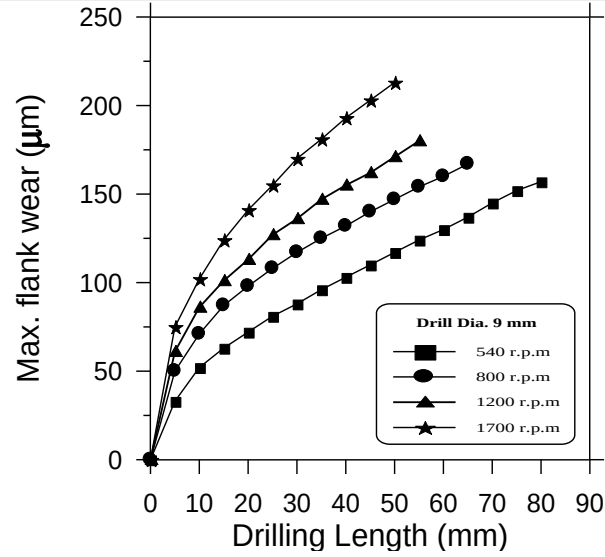
(k)

(l)

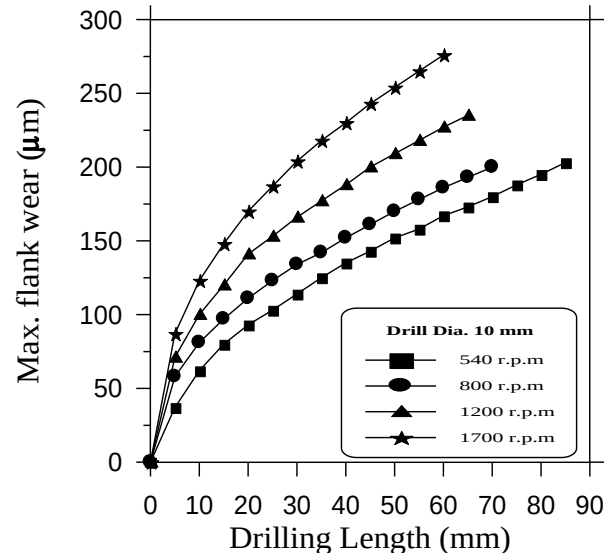
شكل (4) العلاقة بين زمن القطع ومسافة أهتزاز البريمة عن محورها الاصلي.



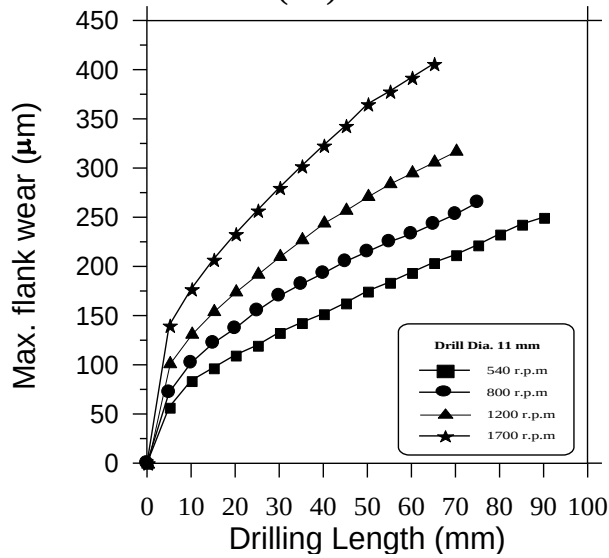
شكل (5) العلاقة بين أقصى طول للتقّب وسرعة عمود الدوران .



(a)



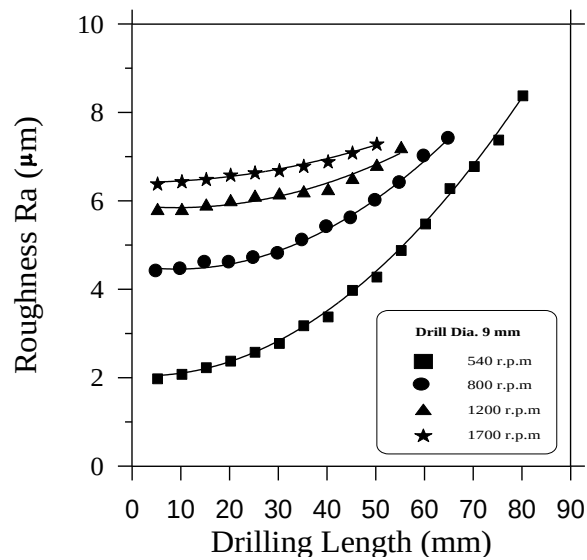
(b)



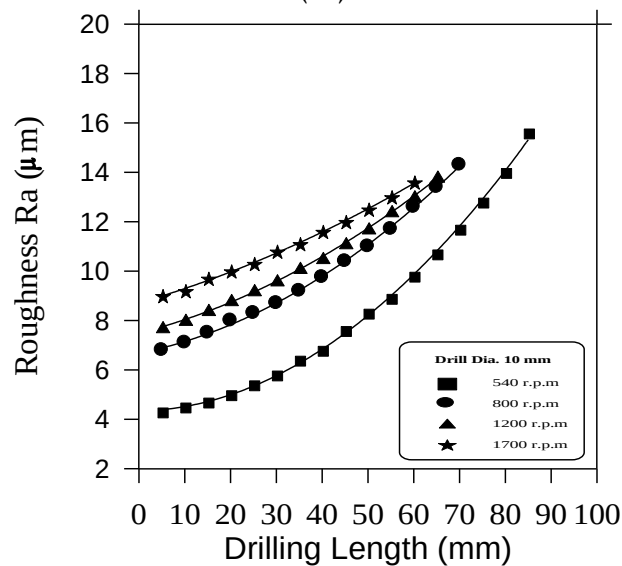
(c)

شكل (6) العلاقة بين طول الثقب واقصى عرض للبلى الخلوصي للبريمة.

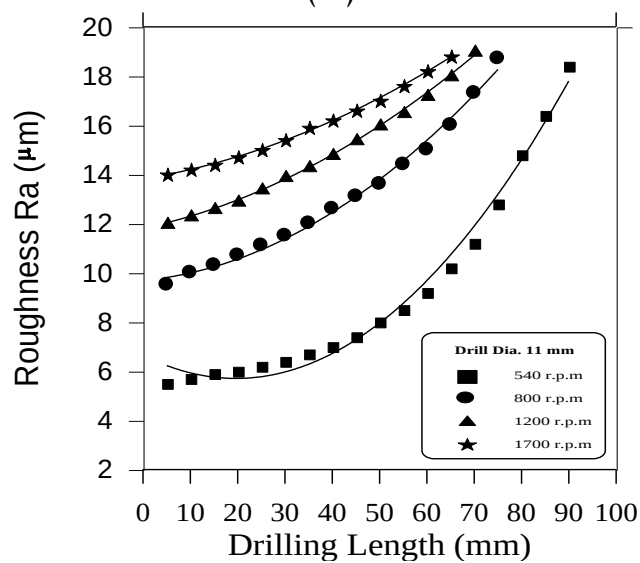
[(a. 9 mm) ، (b. 10 mm) ، (c. 11 mm) قطر البريمة]



(a)



(b)



(c)

شكل (7) العلاقة بين طول الثقب والخشونة السطحية للثقوب عند التشغيل بالبريمة.

[(a. 9 mm) ، (b. 10 mm) ، (c. 11 mm) قطر البريمة]