Experimental study of the affect of engineering tool shape on surface roughness of aluminum (al 1060 – o) on turning process .

دراسه عمليه لتاثير الشكل الهندسي لعدة القطع على الخشونه السطحيه لمعدن الالمنيوم (AL 1060-O) في عملية الخراطه

م.م. علي عواد اسماعيل /المعهد التقني/المسيب

الخلاصـــــه :

تضمن هذا البحث دراسة تاثير كل من زاويتي الخلوص والجرف (Clearance Angle & Rake Angle) على خشونة سطح القطعه المشغله , وقد استخدمت ماكنة الخراطه التقليديه وعدة قطع من نوع صلب السرعات العاليه (HSS) وقد تم استخدام مشغوله من معدن الالمنيوم (AL-1060-O), وفي ظروف قطع متغيره لعمق قطع (Cutting Depth) ومعدل تغذيه (Feed Rate) , مع ثبوت السرعه (56.5 m/min) .

لقد اجريت تجارب عمليه عند تغيير كلا الزاويتين الخلوص والجرف للعده المستخدمه وفي ظروف قطع مختلفه للوقوف على الانهاء السطحي . لقد ثبت من خلال النتائج بان هناك تاثير كبير لزاويتي الخلوص والجرف (α & γ) على الخشونه السطحيه للمعدن , حيث تبين ان زاوية الخلوص المثلى لعدة قطع نوع صلب السرعات العاليه (HSS) (α) $= 9^0$ وزاوية الجرف($\gamma = 12^0$) . كذلك تبين ان لعمق القطع والتغذيه تاثير كبير على قيمة الخشونه السطحيه , حيث ان بزيادتهما تزداد الخشونه السطحيه .

Abstract :

This research includes a study of the effect of both clearance and rake angles on surface roughness of workpiece by using conventional lathe and cutting tool ,high speed steel (HSS) . The work material in this researth was (AL-1060-O), at different cutting conditions of cutting depth , feed rate and at constant cutting speed 56.5 m/min) .

An experimental , were being made with changing clearance and rake angles at different cutting condtions for surface finish . Experimental results showed that ,the clearance and rake angles (α & γ) affect the surface roughness, There are ideal values for clearance and rake angles ($\alpha=9^0$, $\gamma=12^0$) for (HSS). experimental showed that the cutting speed and feed rate have affect on surface roughness ,where at increases depth of cut and feed rate , then the surface roughness is increases .

كلمات رئيسيه :

الخشونه السطحيه – الشكل الهندسي -عدة القطع – زاوية الخلوص – زاوية الجرف – ظروف القطع – الخراطه – الالمنيوم

1- **المقدمه** :

يسعى التطور العلمي الحديث لتحقيق افضل صناعه من خلال انتاج منتوجات ذات جوده ودقه عاليتين ، وان التطور الهائل في الصناعه الحديثه قد اعطى للانهاء السطحي اهميه كبيره ، حيث ان دراسة معالم السطوح الهندسيه الدقيقه وطرائق قياسها من المتطلبات الملحه تقنياً وتشكل عنصراً اساسياً ورابطاً حيوياً للسيطره على عملية تصنيع الاجزاء الهندسيه والتنبؤ بدرجة ملاءمتها للعديد من التطبيقات الهندسيبه. ان متغيرات اداة القطع (cutting tool variables) من هندسة الاداة والتي تتضمن زوايا القطع الرئيسيه ومنها زاويتي الخلوص والجرف لها تاثير كبير في اهمية قطع المعادن وبالتالي في اعمال الانهاء السطحي

2- الهدف من البحث :

1- اجراء دراسه عمليه لتاثير كل من زاويتي الخلوص والجرف لعدة القطع (صلب السرعات العاليه HSS) على الخشونه السطحيه لمعدن الالمنيوم في ظروف قطع متغيره .

2- اختيار ظروف قطع افضل للحصول على خشونه سطحيه افضل .

3-البحوث السابقه :

ذكر الباحثان (Juneja. & Sekhon.) [1] بأن لزاوية الخلوص وزاوية الجرف وظروف القطع تاثيراً في الخشونه السطحيه . فقد ذكرا بان زيادة مقدارزاوية الجرف تقلل من قوة القطع المطلوبه لقطع المعدن وعندما تقل قوة القطع تقل معها الانحناءات والتموجات السطحيه مما يحسن من خشونة السطح المقطوع .

قدم الباحثان (Shirashi. & Sato.) [2] . بحثا تناولا فيه موضوع السيطره على الابعاد لمعدنين من الصلب والنحاس(45 steel & copper) بهدف الوصول الى سطح املس من خلال استخدام تقنيه مجهريه (Optical Technique) ونظام سيطره يتكون من جزئين هما نظام السيطره على الابعاد ونظام السيطره على الخشونه السطحيه للوصول الى انهاء سطح جيد.

انجز الباحث (.Wright) [3] بحثاً تناول فيه وصفاً لطريقة حساب اتجاه جريان الرايش (Chip Flow Direction) من هندسة الحد القاطع للاداة وظروف قطع مختلفه واجريت مجموعه من التجارب باستخدام معدن من الفولاذ الكاربوني مع اداة قطع من نوع الكاربيد (p20) .

قدم الباحث (.Wright) . بحثاً تم من خلاله أجراء مجموعة من عمليات التشغيل للفولاذ واطيء الكاربون (Low Carbon Steel)، وباستخدام عدد من الفولاذ (Tool Steel)، وذات زوايا جرف جانبية مختلفة. فقد تم تحديد طبيعة توزيع الحرارة على وجه جرف العدة (Tool Rake Face) باستخدام وسيلة متطورة. وقد وجد ان استخدام العدد ذات منطقة تماس محددة (Controlled Chip-Tool Contact) طولها (0.5mm) افضل من استخدام العدد ذات زاوية جرف (6^o)، لان استخدام العدد ذات منطقة تماس محددة ادى الى خفض درجة الحرارة بمقدار (30%) وبالنتيجة يمكن الحصول على عمر عدة اكبر وذلك بسبب خفض القدرة المطلوبة للقطع بسبب تقليل طول منطقة التماس بين العدة والنحاتة.

قام الباحثان (Dawson. & Thomas.) [4] بحثاً تناولا فيه معدل البليان (wear rate) . وعمرالاداة (tool life) تحت ظروف قطع متغيره في عمليات الخراطه بهدف الوصول الى انهاء سطحي جيد .

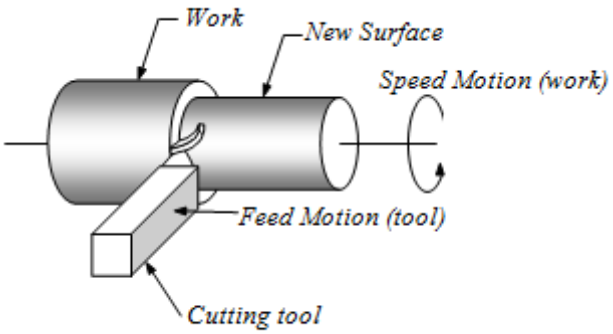
وقد بين الباحثان انه يمكن الاستعانه بالخراطه (Hard Turning) في عمليات الانهاء السطحي بدلاً من عمليات التجليخ .

وقد بينا كذلك بان اداة القطع نوع (Low CBN) لها عمر أطول من اداة القطع نوع (High CBN) لا ان الاخيرة تعطي انهاء سطحي افضل .

4- الجزء النظري

1-4 عمليات قطع المعادن: (Metal Cutting Process)

تعد عمليات قطع المعادن من أهم طرائق تصنيع المعادن (Manufacturing Process) ويمكن تعريف قطع المعادن بانه عملية تغيير شكل جسم المشغولة بفصل ميكانيكي موضعي لاجزاء من هذا الجسم لغرض تشكيل او انتاج قطع ذات ابعاد هندسية محددة [2] . شكل(1)



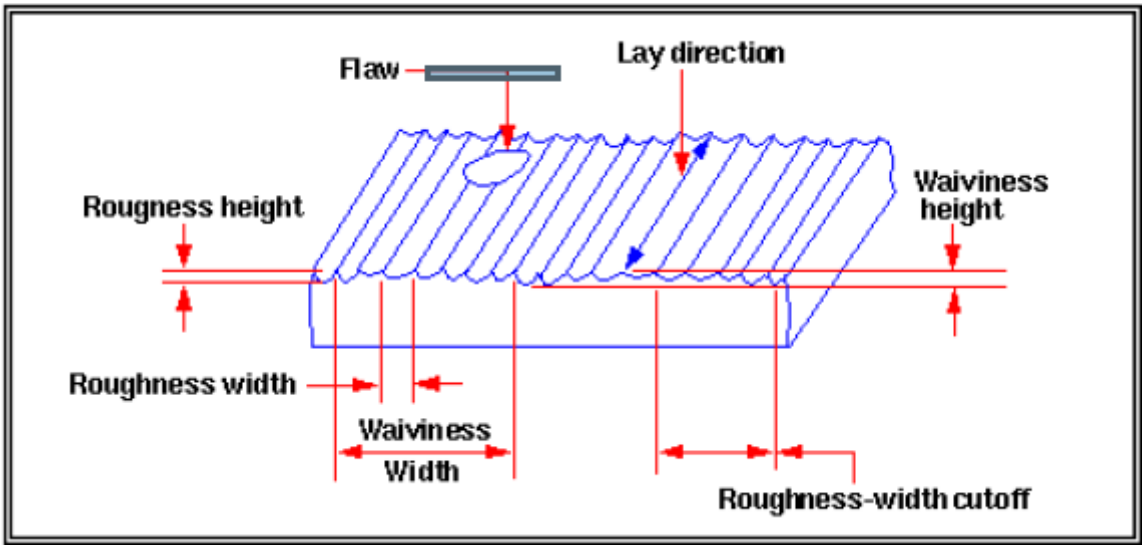
شكل(1) الشكل التقليدي لعملية الخراطه [2]

4-1 هندسة عدة القطع : Cutting Tool Geometry

تعتبر عدة القطع المستخدمه في عمليات الخراطه عدة قطع مفردة الاتصال (single point tool) والذي يعني ان حافة قطع واحده فقط هي التي تقوم بعملية التشغيل . تعتمد هندسة عدة القطع بشكل رئيسي على خواص مادة العده والشغله . والشكل ادناه يوضح مصطلحات عدة القطع المستخدمه في الخراطه . وهي وجه العده: (Face) , نصف قطر المقدمه: (Nose Radius) , زاوية الجرف (Rake Angle- γ) , زاوية الخلوص (Clearance Angle – α) وزاوية الموشور (Wedge Angle – ß) بالاضافه الى زوايا قطع جانبيه اخرى . [4]

2-4 معالم السطوح الهندسيه : Surface Texture

ان خشونة السطح تنتج من عمليات التشغيل التي تترك انماط متنوعه وواسعه على السطح المشغل ، وهنالك الكثير من المصطلحات التي تستخدم لوصف وتحديد جودة السطح وكما موضح في الشكل (2) . [5]



الشكل :(2) اشكال خشونة السطح . [5]

3-4 الخشونه المثاليه Ideal Surface Roughness

وهي افضل خشونه يمكن الحصول عليها لشكل عدة قطع ومقدار تغذيه ويمكن الوصول اليها اذا توفرت الشروط التاليه : [5]

- عدم وجود حد قاطع ناشئ Built-Up Edge
- عدم وجود اصطكاك Chatter
- حركات عدة القطع مظبوطه

تحسب الخشونه المثاليه (النظريه) وتحت الظروف المثاليه على وفق المعادله التاليه : [3]

$$R_a = \frac{F^2}{32r} \quad [3]$$

حيث ان :

R_a **: متوسط الخشونه المثاليه (µm) .** r **: نصف قطر مقدمة القلم (mm)**

F : مقدار التغذيه (ملم / دوره)

4-4 طرق قياس الخشونه :Measurement Method
هنالك عدة طرق حسابيه تستخدم لتقدير خشونة السطح الناتجه من عمليات التشغيل المختلفه وهذه الطرق هي :

1. طريقة متوسط الخط المركزي : (Center Line Average – C.L.A.)
2. طريقة الارتفاع المتوسط بين القمه والقاع (R_z Average Peak To Valley Height)
3. طريقة اقصى ارتفاع بين القمه والقاع (Max. Peak To Valley Height R_{max})
4. طريقة الجذر التربيعي لمتوسط مربعات الارتفاعات : Root Mean Square Value RMS

5- الجزء العملي :

5- 1 الاجهزه المستخدمه :

- المخرطه (Lathe)

استخدمت في هذا البحث مخرطه (CNC) انكليزية الصنع نوع EXCEL متوسطة الحجم ذات قدره (1.5 kw) وسرعتها الدورانيه (2000 rpm) ونوع العينه رباعية الفكوك .

- جهاز قياس الخشونه

استخدم جهاز قياس خشونه الاسطح انكليزي الصنع نوع (TALYSURF – 4) . حيث يتكون هذا الجهاز من اجزاء رئسيه وهي محول التيار الكهربائي والمحرك المربوط بالمحول وقاعده ومحس ووحده الكترونيه التي تحتوي على وحدة التحكم ومكبر التيار

- العده المستعمله :

استخدمت لاجراء تجارب البحث عدة قطع من نوع فولاذ السرعات العاليه (High Speed Steel HSS) الشكل (3) .

الشكل (3) عدة قطع من نوع صلب السرعات العاليه

5–2 تحضير المشغولات :

تم الحصول على المشغولات المستخدمه من الاسواق المحليه على شكل قضبان بطول (5) متر وبقطر (Ø20mm) من معدن الالمنيوم(Al 1060-O), وقد تم فحصها في مركز التقييس والسيطره النوعيه للوقوف على تركيبها الكيميائي بعد ذلك تم استخدام مادة الاسيتون والكحول كماده منظفه لغرض تنظيف العينات من الزيوت والاكاسيد والمواد العالقه الاخرى وذلك لتهيئتها قبل اجراء عمليية الخراطه وبعدها لاجل قياس خشونة السطح .

5-3 طريقة العمل :

- ❖ تم تقطيع القضبان الدائرية المقطع الى قطع مشغولات (work pieces) وبالابعاد (Ø20mm X110mm) بواسطة منشار ترددي .
- ❖ تم تشغيل العينات على المخرطه (CNC) ذات العينه الرباعيه للحصول على الابعاد (Ø18mm X 100mm) لتكون جاهزه للعمل .
- ❖ تم استخدام سرعة قطع ثابته لكافة التجارب وهي سرعة دوران (1000 rpm) لتكون سرعة القطع مساويه الى (56.5m/min)

- تم اختيار عمق قطع لكل التجارب بمقدار(0.5mm) كذلك تم اختيار عمق قطع اخر بمقدار (1mm) لغرض معرفة تاثيرها في نتائج التجارب عند ظروف قطع اخرى .
- تم اختيار معدل تغذيه بمقدار (0.05 mm/rev) لكل التجارب وكذلك تم اختيار معدل تغذيه اخر بمقدار (0. 1 mm/rev) لغرض معرفة تاثيرها في نتائج التجارب عند ظروف قطع اخرى .
- عند استخدام اداة قطع من نوع (HSS) لاجراء التجارب تم عمل زوايا خلوص مختلفة القيم ($2^0, 3^0, 4^0, \ldots\ldots, 15^0$)
- كذلك تم استخدام عدة القطع المذكوره اعلاه وبزوايا جرف موجبه وبقيم($2^0, 3^0, 4^0, \ldots\ldots, 20^0$)

3-5 قياس خشونة السطح :

تم قياس خشونة السطح وفق المواصفات الانكليزية . حيث يحرك المجس بواسطة عتله خاصه حتى يلامس سطح العينه ونستمر بالحركه مع ملاحظة التسجيل في لوحة التسجيل . ندور العينه وتؤخذ عدة قراءات ويحسب المعدل الحسابي لهذه القراءات .

6- النتائج العمليه والمناقشه :

تم الحصول على قيم الخشونه السطحيه للعينات التي تم تشغيلها باستخدام عدة قطع من نوع (HSS) وبتغيير قيم زاوية الخلوص وفي ظروف قطع مختلفه (عمق القطع ، التغذيه) وبثبات سرعة القطع .

من خلال المنحنيات في الاشكال (4) ، 5) ، (6) يتبين لنا بان قيم الخشونه السطحيه (Ra) تكون في أعلى مستوياتها عندما تكون قيم زاوية الخلوص منخفضه (2^0)، وعندما تزداد زاوية الخلوص نلاحظ منحني الخشونه السطحيه يبدأ يتناقص الى ان يصل الى ادنى قيمه له عند زاوية الخلوص التي قيمتها (9^0) . وبعد زيادة زاوية الخلوص (أكبر من 9^0) سوف يبدأ من جديد منحني الخشونه السطحيه بالازدياد الى ان يصل الى أعلى مستوياته .

يمكن ان يرجع سبب ذلك الى الاحتكاك العالى الذي يحصل عندما تكون زاوية الخلوص قليله ، حيث تزداد مساحة التلامس بين عدة القطع والماده المشغله وبذالك سوف تزداد درجة الحراره الناتجه من الاحتكاك والتي يمكن ان تؤدي الى حدوث الحد القاطع الناشئ الذي يكون على شكل حبيبات سوداء ملتحمه على سطح القلم يمكن في لحظه ان تتهشم وتحدث تشوه في سطح المعدن المشغل . وكذلك يمكن ان تؤدي الى حدوث ثلم في مقدمة القلم الذي بدوره سوف يؤدي الى تشوه السطح المشغل وبذلك تكون قيمة الخشونه السطحيه عاليه .

اضافه الى ذلك فان قوى القطع وقدرة الماكنه سوف تزداد مما يؤدي الى حدوث أهتزازات والتى تلعب دوراً كبيراً في زيادة الخشونه السطحيه .

وكذلك عندما تزداد قيمة زاوية الخلوص سوف تنعكس الحاله وتتحسن النعومه السطحيه شيئاً فشيئاً الى ان تصل الى احسن مستوياتها عندما تكون قيمة زاوية الخلوص (9^0) . وعندما تزداد زاوية الخلوص (اعلى من 9^0) ، تبدأ الخشونه السطحيه بالازدياد شيئاً فشيئاً الى ان تصل الى اعلى مستوياتها . اما عندما تكون زاوية الخلوص بقدار (9^0) او ما يقارب من هذه القيمه ، فأن عدة القطع تحتفظ بشكلها الهندسي لفترات طويله وتعمل بكفاءه عاليه مما يؤدي الى تحسن في درجة الخشونه السطحيه .

ويرجع سبب ذلك الى النقصان الحاصل في زاوية الموشور والتي تسبب ضعف في متانة عدة القطع امام الاجهادات مما يجعلها عرضه للثلم او الكسر وتكون معرضه الى تكوين الحد القاطع الناشئ والذي يسبب تشوه في الشكل الهندسي للشغله مما يؤدي الى زيادة الخشزنه السطحيه .

من خلال ملاحظة الشكل (7) والشكل (8) يتبين لنا ان لعمق القطع والتغذيه تاثير كبير على مقدار الخشونه السطحيه عند تغيير قيم زاوية الخلوص .

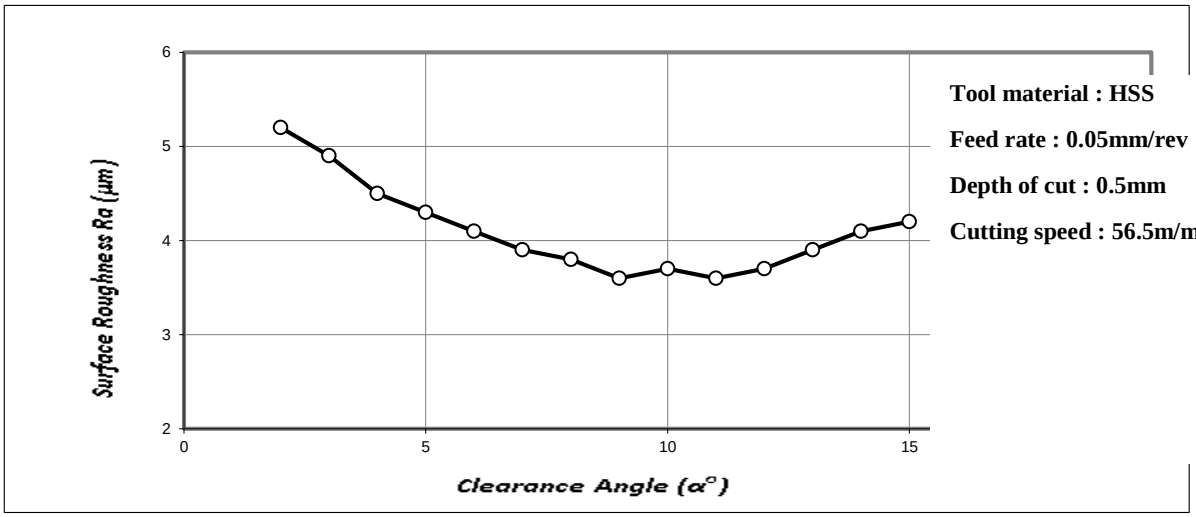
في الشكل (7) يظهر منحنيان لزاوية الخلوص احدهما بعمق قطع (0.5mm) ولاخر بعمق قطع (1mm) عند ثبات عوامل القطع الاخرى من تغذيه وسرعة قطع ، ومن خلال مقارنة المنحنيان يظهر لنا بان لعمق القطع تاثير على قيم الخشونه السطحيه ويمكن أرجاع سبب ذلك الى زيادة قوى القطع والاهتزازات عند زيادة عمق القطع .

كذلك يظهر الشكل (8) منحنيان لزاوية الخلوص احدهما بمقدار تغذيه (0.05mm/rev) والاخر بمقدار تغذيه (0.1mm/rev) وبثبوت عوامل القطع الاخرى . ومن خلال المقارنه بين المنحنيين يظهر لنا ان لمقدار التغذيه تاثير كبير هو اكبر من تاثير عمق القطع على الخشونه السطحيه ، ويمكن ارجاع سبب ذلك الى ان التغذيه تتناسب طردياً مع الخشونه النظريه حسب قانون الخشونه ($R_a = F/32r$) .

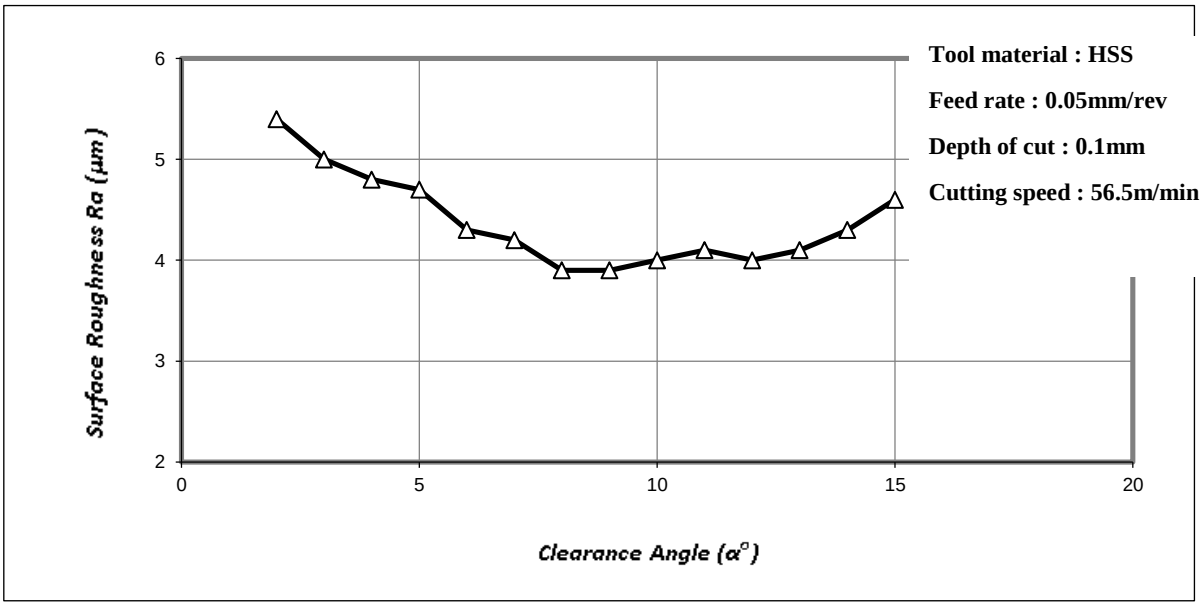
من خلال المنحنيات في الاشكال (9)،(10)،(11) نلاحظ ان الخشونه السطحيه تبدا بالانخفاض عند زيادة زاويةالجرف الى ان تصل الى قيمه (12^0) ، حيث نحصل على اقل خشونه (خشونه مثاليه) ، ثم تبدأ بعد ذلك الخشونه بالازدياد بعد هذه الزاويه الى ان تصل الى اعلى قيمه . ويمكن ارجاع سبب ذلك الى الاحتكاك بين الرايش وعدة القطع وكذلك سعة منطقة تماس العده والرايش وكذلك قوى القطع . حيث تزداد مساحة التلامس عندما تكون زاوية الجرف صغيره جداً ، وعندما تكون زاوية الجرف كبيره (اكبر من 12^0) فأحافة القطع للعده تكون اقل متانه مما يعرضها الى التثلم او الكسر مسببه تغير في الشكل الهندسي للعده وهي التي تسبب زياده في الخشونه السطحيه .

أما المنحنيات (12) ، (13) فتظهر فيها مقارنه للخشونه السطحيه في ظروف قطع مختلفه وبثبوت سرعة القطع . حيث نلاحظ من خلال الشكل (12) ان قيمة الخشونه تتأثر بعمق القطع ، ويمكن ارجاع سبب ذلك الى أن زيادة عمق القطع تسبب زياده في قوى القطع والاهتزازات التي تسبب زياده في في خشونة السطح .

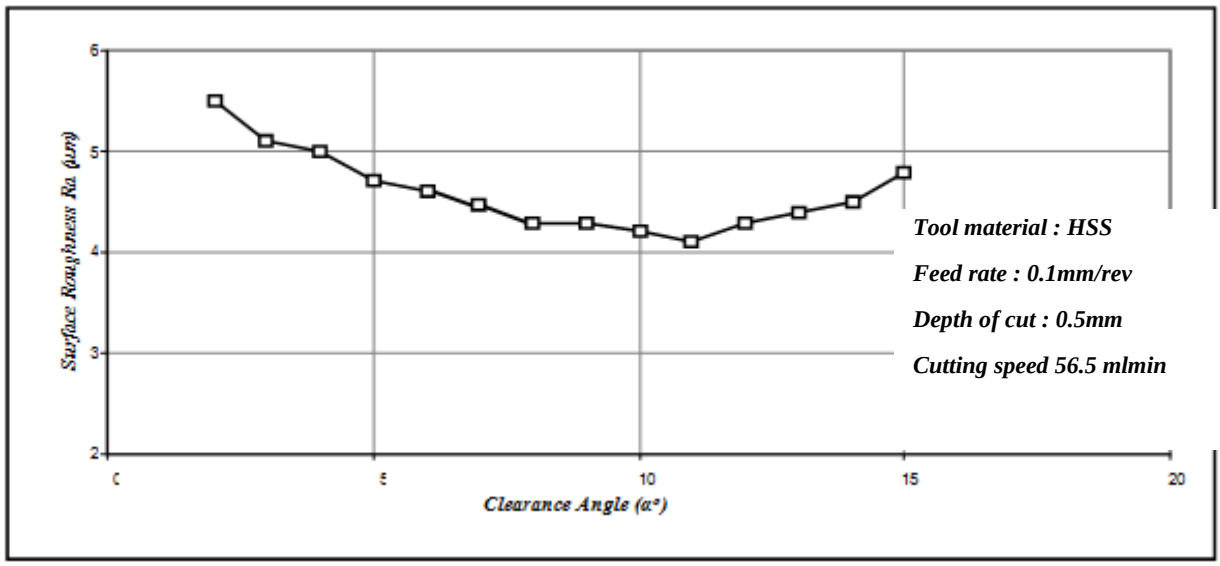
اما الشكل (13) فنلاحظ ان الخشونه تزداد بزيادة مقدار التغذيه ويمكن ارجاع سبب ذلك الى الى مقدار الاهتزازات في أثر التغذيه (feed mark) والتي تسبب زياده في الخشونه السطحيه .



الشكل (4) منحني الخلوص – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 0.5mm وسرعة قطع 56.5m/min)

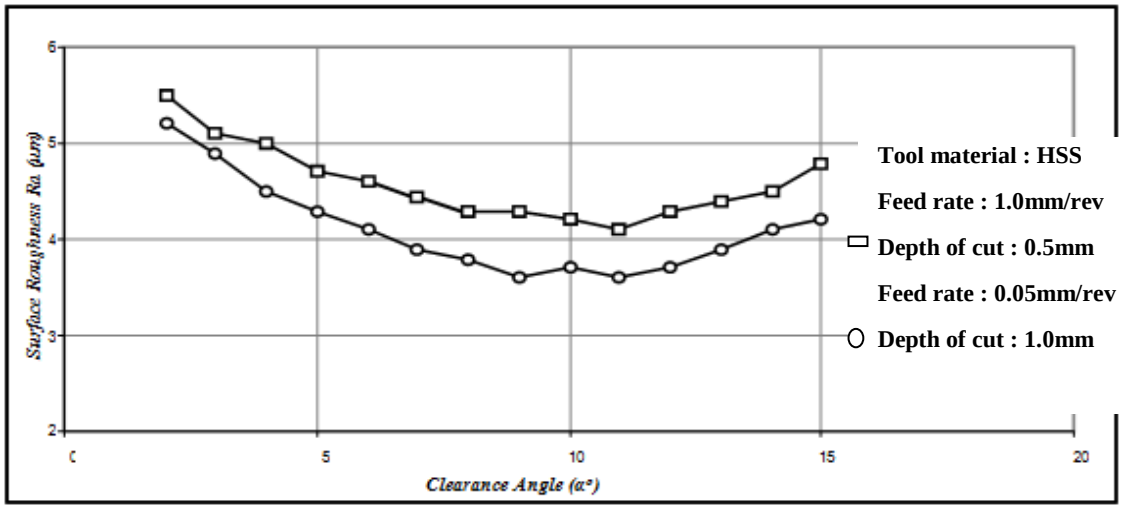


الشكل (5) منحني الخلوص – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 0.1mm وسرعة قطع 56.5m/min)

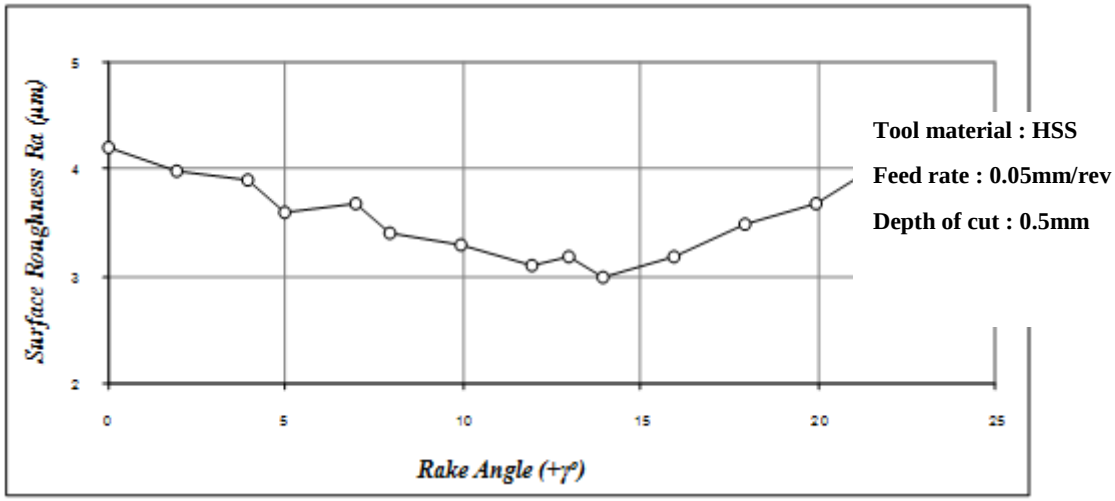


الشكل (6) منحني الخلوص – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.1mm/rev وعمق قطع 0.5mm وسرعة قطع 56.5m/min)

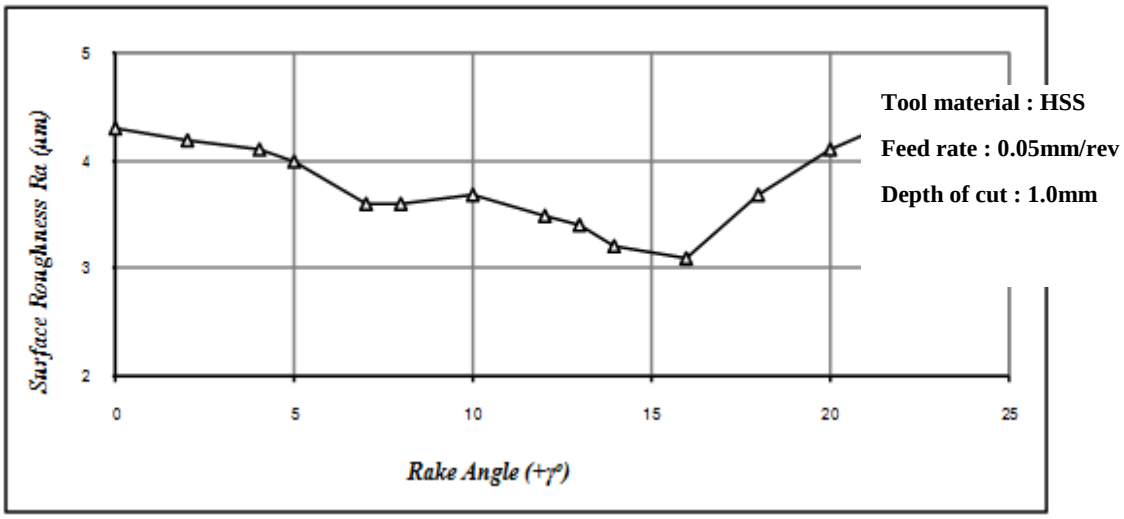
الشكل (7) منحني المقارنه لزاوية الخلوص – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 0.5mm وعمق قطع 1.0mm)



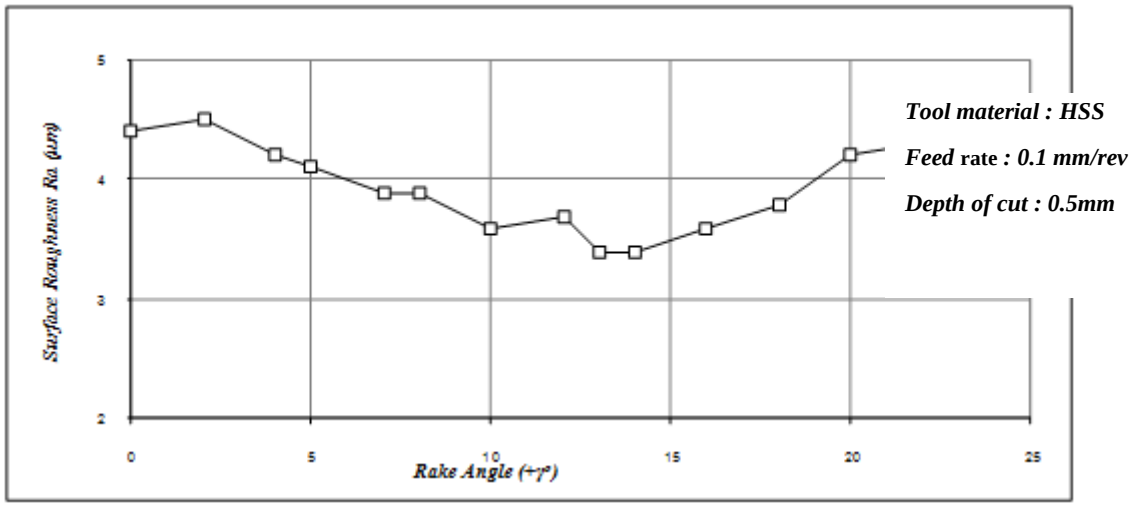
الشكل (8) منحني الخلوص – الخشونه عند [(معدل تغذيه 1.0 mm/rev وعمق قطع 0.5mm)] و عند [(معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 1.0 mm)].



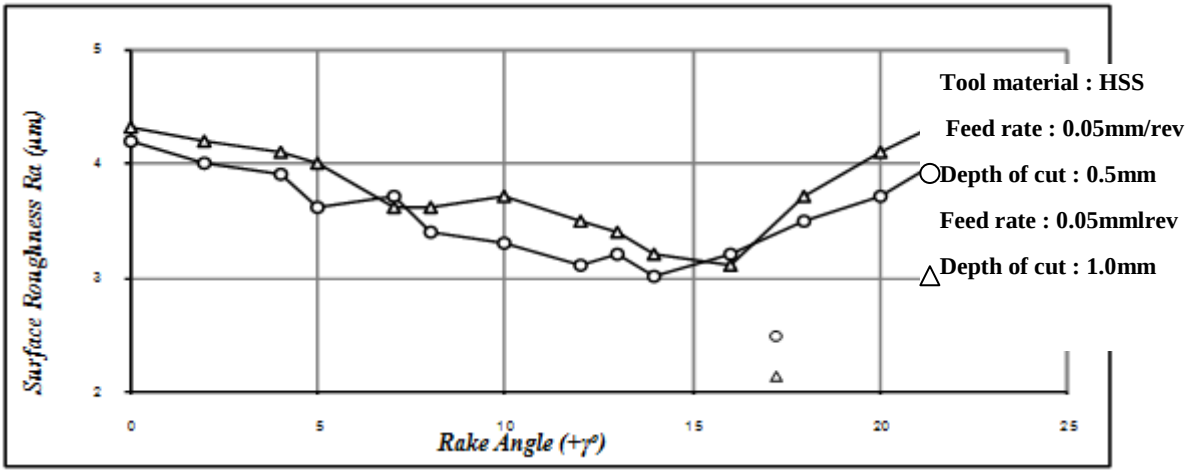
الشكل (9) منحني زاوية الجرف – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 0.5mm)



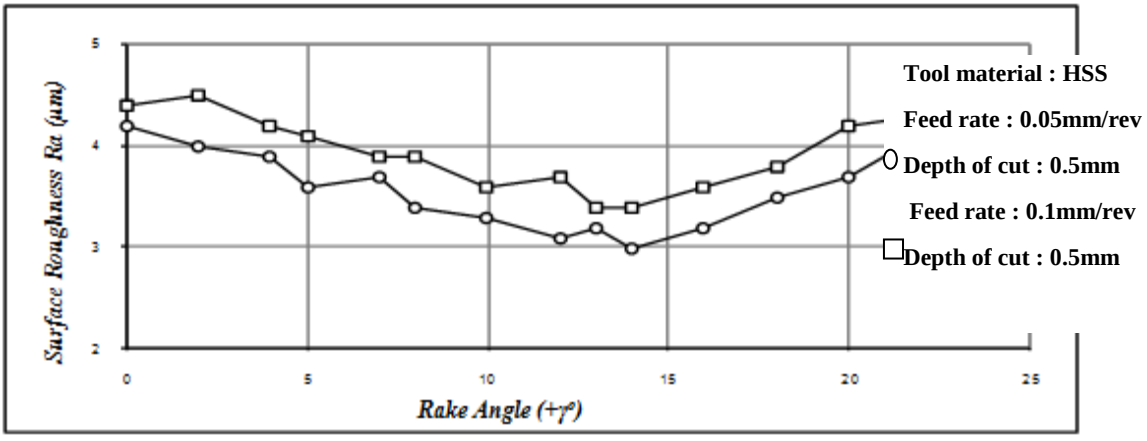
الشكل (10) منحني زاوية الجرف – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 1.0 mm)



الشكل (11) منحني زاوية الجرف – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.1mm/rev وعمق قطع 0.5mm)



الشكل (12) منحني المقارنه لزاوية الجرف – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 0.5mm) و عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 1.0 mm)



الشكل (13) منحني زاوية الجرف – الخشونه عند (معدل تغذيه 0.05mm/rev وعمق قطع 0.5mm) و عند (معدل تغذيه 0.1mm/rev وعمق قطع 0.5 mm)

7- **الاستنتاجات** :

1- وجد ان القيمه المثلى لزاوية الخلوص هي (9^0) بالنسبه لعدة القطع HSS والتي تسبب تحسن ملحوظ في درجة النعومه السطحيه ، حيث تهبط قيم الخشونه السطحيه الى ادنى مستوياتها عند هذه الزاويه

2- وجد ان القيمه المثلى لزاوية الجرف هي (12^0) بالنسبه لعدة القطع HSS والتي تسبب تحسن كبير في النعومه السطحيه

3- وجد ان قيم عناصر القطع (عمق القطع والتغذيه) تتناسب طردياً مع قيم الخشونه السطحيه ، وان تأثير مقدار التغذيه على الخشونه السطحيه هو اكبر من تأثير عمق القطع .

المصـــــــــادر :

1- Juneja . , And Sekhon . "Fundamental Of Metal Cutting And Machine Tool '' Wiley Eatern Limited , 2011 .

2- Lee D. , "The Effect Of Cutting Speed On Chip Formation Under Orthogonal Machining'' Journal Of Engineering For Industry , February , Vol. 107/59 2008 .

3- Shirashi . & Sato . " Diamension And Surface Roughnees Controls In Turning Operation'' Journal Of Engineering For Industry , Vol. 112, Pp. 78-82 Fabruary 2010

4- Wright . , "Effectof Rake Face Design On Cutting Tool Temperature Distribution" Journal Of Engineering For Industry , Vol. 102, Pp. 123-128 May 2013 .

5- Dawson TYG. "Tool Life, Wear Rates, And Surface Quality In Hard Turning", Harding.Com/Usr/Pdf/Hard Turn/Dawson-Name Rc-2007. Pdf.