



## تأثير متغيرات التشغيل على الخطأ في الاستدارة للمشغولات بأنصاف أقطار قطع مختلفة Effete of Machining Parameters on Error of Work Pieces Rounding For Different Cutting Nose Radial

أحمد المعلول<sup>1</sup>، محمد نوير<sup>2</sup>

1-كلية الهندسة ، جامعة طرابلس ، ليبيا.

2- كلية التقنية الهندسية ، جنزور، ليبيا.

### Abstract:

In machining processes, studying the error of rounding using different nose radial that affect surface quality of the machined part depends on many factors such as cutting speed, feed rate, cutting tool geometry and cutting depth. In this research, a numerical model for predicting the error of rounding for different nose radial with and without cooling fluid were achieved. It is possible to determine the variation in surface roughness from the values adopted by tool errors. This work focused on round insert cutting tools and the influence of tool errors. Experiments made to verify the validity of the model and the discrepancies between the experimental and theoretical surface profiles.

### المخلص

تهدف الدراسة لمعرفة مدى تأثير أهم عوامل عمليات التشغيل وهي سرعة القطع والتغذية وعمق القطع باستخدام إحدى ماكينات الخراطة ذات التحكم الرقمي (CNC) والتي تساعد على استخدام قيم لهذه المتغيرات خارج حدود التشغيل التقليدي (باستخدام ماكينات الخراطة التقليدية) مما يعرف بالتشغيل الدقيق والذي يؤدي إلى الحصول على سطح عالي الجودة ذو خصائص سطحية دقيقة جيدة ، وأيضاً سوف تتم دراسة تأثير هذه المتغيرات باستخدام ثلاثة أنصاف أقطار استدارة للحد القاطع للقم الكريبيدية في حالة كل من التشغيل ( باستخدام سائل تبريد وبدون سائل ) . وأيضاً استنتاج نماذج رياضية تربط بين متغيرات عملية التشغيل الدقيق وكل خاصية من خصائص السطح الناتج لكل لقمة من اللقم الكريبيدية المستخدمة بحيث يمكن لمهندس الإنتاج الاستعانة بها للتنبؤ بقيم خصائص السطح عند أي ظروف تشغيل في حدود المدى المستخدم في هذا البحث ولكل متغير.

الكلمات المفتاحية: الخروج عن الاستدارة (OR)، اللقم الكريبيدية، معدل التغذية، سرعة القطع، عمق القطع. "RSM" منهجية استجابة الأسطح المشغلة.

### 1. المقدمة

تحدث عملية إزالة المعدن الغير مرغوب فيه للحصول على شكل جسم العينة عند خراطة المشغولات الميكانيكية مما يؤدي إلى تعرض المواد المستخدمة [1]. لظروف عمل قاسية، وقد أشار [2] إلى أن العديد من العوامل كمعدل التغذية، سرعة الدوران، زاوية أداة القطع وأخير عمق القطع للمعدن المراد تشغيله وكذلك مقدار التوافق بين نوع مادة أداة القطع " اللقم الكريبيدية " وبين مادة الشغلة ومدى تأثير القطع باستخدام أو بدون سائل تبريد، عند السرعات العالية على دقة الخراطة وجودة الإنهاء السطحي، حيث تهدف هذه الورقة إلى دراسة العوامل الأساسية لمتغيرات التشغيل على مقدار الخطأ في الاستدارة لعينة من الصلب منخفض الكربون حيث أوضح [2] وجود علاقة بين كلا من مقدار خشونة السطح ومقدار الانحراف في السطحي " الخروج عن الاستدارة " وبين العوامل المصاحبة لعمليات القطع مثل (الضوضاء، الحرارة المتولدة في منطقة القطع، عزم اللي ، إضافة إلى شكل ونوع الرانش الناتج من عملية القطع ) ومدى انعكاس ذلك على دقتهم، وذلك فإن عدم استقرار عمليات التشغيل الناتج من الاهتزازات المتولدة بسبب تركيز قوى القطع المسلطة إضافة إلى عدم تموضع أداة القطع في المكان الصحيح [4]. إن مدى الخروج عن الاستدارة لأي جزء ميكانيكي مشغل يعتمد اعتماداً أساسياً على متغيرات عملية القطع مثل سرعة القطع، معدل التغذية، عمق القطع وأيضاً على الشكل الهندسي للحد القاطع والتي تتحكم في نتائج كل من قوى القطع وأيضاً تآكل أداة القطع. وقد قدم أحد الباحثين دراسة عن تأثير بعض متغيرات عملية الخراطة على بعض الخصائص وذلك باستخدام RSM [5]



## 2. تصميم التجارب

عند هذه الدراسة أُتبعت طريقة التصميم المركب الدائري للمعادلات من الدرجة الثانية بواقع  $2K$  حيث  $K$  هو عدد المتغيرات لعملية التشغيل وذلك لغرض تحسين اعتمادية النتائج وتقليل عدد التجارب بدون أي فقد للدقة والهدف الرئيسي للتجارب هو احتوائها على دراسة العلاقات بين الاستجابة ( الناتج ) ومستويات المتغيرات الداخلية [5,6,7]، حيث أستخدم برنامج مختبر المصفوفات الماتلاب " MATLAB " وهذه التقنية تساعد المصمم على اختيار الاتجاه الذي يجب أن تؤدي به التجارب التالية للوصول إلي الحالة المثالية للسطح، في الحالة العامة فأن استجابة السطح قد وصفت بواسطة المعادلة في الصيغة [8].

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad (1)$$

حيث أن  $Y$  تعني الاستجابة، وان  $X_1, X_2, \dots, X_k$  هي المستويات الكودية للمتغيرات الكمية  $K$ . لنفترض أن لدينا عدد من المتغيرات  $K$  وهي  $X_1, X_2, \dots, X_k$  ونرغب أن نلائمهم مع كثيرة الحدود ومن الدرجة  $d = 1$ ، في هذه الحالة فأن السطح المبسط هو المستوى التالي.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k \quad (2)$$

حيث تكون  $Y$  هي الاستجابة المرتقبة،  $b_0$  هي المعامل الحر،  $b_i$  يمكن تقديرها بطريقة المربعات التي تقلل من الأخطاء وهذه المعادلة قد أشير إليها كمعادلة من الدرجة الأولى، وكقاعدة فأن التجارب التي تصمم لإيجاد الظروف المثالية للعملية توصف باستخدام كثيرة الحدود من الدرجة الثانية [9,10].

وبالنسبة  $2^k$  العملي مع التصميم الدائري المركب للدرجة الثانية [7] فإن العدد الكلي  $N$  بالنسبة للتجارب يقدر بالمعادلة

$$N = n_c + n_a + n_o = 2^k + 2k + n_o \quad (3)$$

حيث  $n_c = 2k$  وتسمى بنقاط العملي أو نقاط الركن بحيث إن كل مكونات العناصر الممكنة على كل المستويات المتواجدة قد استعملت بالتجربة. في نظام الإحداثيات الغير مصحوبة بالأبعاد فأن المستوى العلوي والسفلي يبدأ عند  $+1$  و  $-1$  على التوالي. المجموعة  $n_a = 2k$  تسمى بالنقاط المحورية أو نقاط النجم. 2، حيث  $n = n_c + n_a$  وتعتمد على عدد المتغيرات المستقلة، وفي الدراسة الحالية سندرس تأثيرات كل من سرعة القطع والتغذية وعمق القطع والخروج عن الاستدارة باستخدام طريقة تصميم التجارب العملية مع تصميم دائري مركب من الدرجة الثانية وتبعاً لهذا التصميم وفي حالة وجود ثلاثة متغيرات مستقلة (داخلية) أي عندما  $k=3$  وبالتالي  $n_c = 2k = 8$ ، حيث تمثل نقاط الأركان عند المستوى  $(-1, +1)$ ،  $n_a = 2k = 6$ ، تمثل نقاط محورية عند  $\gamma = \pm 1.682$  حيث إن قيمة الثابت عند ثلاث متغيرات مستقلة هو  $0.857$  [7]. وبذلك تكون المشاهدات التجريبية الكلية هي 20 تجربة. حيث العلاقة الرابطة بين قيمة الخروج عن الاستدارة (OR) ومتغيرات عملية التشغيل مثل (سرعة القطع، معدل التغذية وعمق القطع) يمكن أن تتخذ صورة المعاملة كثيرة الحدود من الدرجة الثانية التي تأخذ الشكل التالي [5,10,11].

$$Y_u = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + A + B \quad (4)$$

حيث،

$$A = \sum_{i=1}^k b_{ii} x_{ii}^2$$

$$B = \sum_{j \geq i} b_{ij} x_i x_j$$



حيث أن  $Y_u$  تكون الاستجابة ( الناتج ) والمستويات ( القيم ) الكودية لـ  $K$  الكمي ، العامل  $b_0$  الحد الحر، والمعاملات  $b_i$  هي الحدود الخطية والمعاملات  $b_{ii}$  هي الحدود المعادلة من الدرجة الثانية المعاملات  $b_{ij}$  هي الحدود التداخلية وتطبيق تقنية المربعات الصغرى فإن قيم هذه المعاملات يمكن تقديرها باستعمال النتائج المتحصل عليها، خلال نتائج تجارب التصميم (N) . وهذه المعادلة يمكن إعادة كتابتها في حالة استخدام ثلاث متغيرات (كما في هذه الدراسة) في صيغة رمزية كودية) كما يلي:

$$Y_u = b_0 + I + II + III + B_1 + B_2 + B_3 + A_1 + A_2 + A_3 \quad (5)$$

حيث  $(\gamma = K^{0.5})$  هي المسافة من نقطة المركز للتصميم إلى نقطة التفرع النجمي . المجموعة  $n_0 = \frac{\lambda n(k+2) - kn}{k}$  تسمى بنقاط المركز

حيث،

$$\begin{aligned} I &= b_1 x_1 , \quad II = b_2 x_2 , \quad III = b_3 x_3 \\ A_1 &= b_{12} x_1 x_2, A_2 = b_{13} x_1 x_3, A_3 = b_{23} x_2 x_3 \\ B_3 &= b_{33} x_3^2, B_2 = b_{22} x_2^2, B_1 = b_{11} x_1^2 \end{aligned}$$

حيث أن  $X_1, X_2, X_3$  هي القيم الرمزية (الكودية) للمتغيرات  $(f, v, a_p)$ . أما المعاملات  $b_0, b_1, b_2, \dots$  في المعادلة (5) يمكن حسابها بواسطة طريقة المربعات الصغرى وإتباع المعادلات التالية [7].

$$b_o = AN^{-1} \left( 2\lambda^2 (K + 2) \sum_{U=1}^K Y_u - 2\lambda c \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 Y_u \right) \quad (6)$$

$$b_i = CN^{-1} \sum_{u=1}^n x_{iu} y_u \quad (7)$$

$$\begin{aligned} b_{ii} &= ACN^{-1} (C[(K + 2)\lambda - K] \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 Y_u + \\ & C(1 - 2) \sum_{i=1}^K \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 Y_u - 2\lambda \sum_{u=1}^N Y_u) \end{aligned} \quad (8)$$

$$b_{ij} = C^2 \lambda^{-1} N^{-1} \sum_{U=1}^N X_{in} X_{ln} X_u \quad (9)$$

حيث،

$$\begin{aligned} A &= \{2\lambda[(K + 2)\lambda - K]\}^{-1} \\ C &= N / (n_c + 2\sqrt{n_c}) \end{aligned}$$

$$k=3, \lambda = 0.857, n_c = 8, A = 0.454, C=1.464$$



وباستخدام قيم القياسات الخاصة لمقدار الخطأ في الاستدارة وذلك في حالة عدم وجود سائل تبريد، وفي حالة وجود سائل تبريد، تم استنتاج نماذج رياضية تربط بين الخطأ في الاستدارة (متغير تابع) ومتغيرات عملية التشغيل (متغيرات مستقلة) وكان النموذج الرياضي لكل حالة في الصيغة.

1- في حالة عدم وجود سائل تبريد.

$$Or_{r=0.4} = 18.328 - 1.1011X_1 - 10.6X_2 + 2.805X_3 - 1.018X_1^2 + 10.12X_2^2 + 5.731X_3^2 + 8.625X_1X_2 - 1.875X_1X_3 - 2.875X_2X_3 \quad (10)$$

$$Or_{r=0.8} = 24.224 - 2.854X_1 - 0.159X_2 - 3.923X_3 - 1.4070X_1^2 + 10.24X_2^2 - 1.245X_3^2 + 4.375X_1X_2 + 0.625X_1X_3 + 7.625X_2X_3 \quad (11)$$

$$Or_{r=1.2} = 25.60 - 3.287X_1 - 8.235X_2 + 4.069X_3 + 5.933X_1^2 - 3.79X_2^2 + 2.22X_3^2 + 6.75X_1X_2 + 4.75X_1X_3 - 2.75X_2X_3 \quad (12)$$

2- في حالة وجود سائل تبريد.

$$Or_{r=0.4} = 25.613 + 3.929X_1 - 2.804X_2 + 6.939X_3 - 1.06X_1^2 - 1.06X_2^2 + 4.420X_3^2 + 3.750X_1X_2 + 10.50X_1X_3 + 4.5X_2X_3 \quad (13)$$

$$Or_{r=0.8} = 13.81 + 0.808X_1 - 2.02X_2 - 6.841X_3 + 10.13X_1^2 + 9.429X_2^2 + 6.423X_3^2 + 2X_1X_2 + 0.5X_1X_3 + 2X_2X_3 \quad (14)$$

$$Or_{r=1.2} = 27.77 - 6.155X_1 - 0.013X_2 + 5.499X_3 - 0.900X_1^2 - 1.254X_2^2 - 1.784X_3^2 - 7.125X_1X_2 - 7.875X_1X_3 + 9.625X_2X_3 \quad (15)$$

وباتباع اختبار (Student's t-test) على المعادلات السابقة (10) إلى (15) لتحديد المعاملات المعنوية والغير معنوية للمعادلة السابقة في حالة عدم استخدام سائل تبريد وباستخدام سائل تبريد على التوالي، وبعد حذف المعاملات الغير معنوية التي ليس لها تأثير على قيم النتائج تكون المعادلات النهائية بالصيغة التالية:

1- في حالة عدم وجود سائل تبريد.

$$Or_{r=0.4} = 18.328 - 10.66X_2 + 10.12X_2^2 + 8.625X_1X_2$$

$$Or_{r=0.8} = 24.224 - 2.854X_1 - 3.923X_3 + 4.375X_1X_2 + 7.625X_3 + 10.24X_2^2 + X_2X_3$$

$$Or_{r=1.2} = 25.60 - 3.287X_1 - 8.235X_2 + 4.069X_3 + 5.93X_1^2 + 6.75X_1X_2 - 2.75X_2X_3$$



2- في حالة وجود سائل تبريد.

$$Or_{r=0.4} = 25.613 + 3.929X_1 + 6.939 + 4.5X_2X_3X_3 + 4.420X_3^2 + 10.50X_1X_3$$

$$Or_{r=0.8} = 13.81 + 6.841X_3 + 10.13X_3 - 10.13X_1^2 + 9.429X_2^2 + 6.423X_3^2$$

$$Or_{r=1.2} = 27.77 - 6.155X_1 + 5.499 X_3 - 7.125X_1X_2 - 7.875X_1X_3 + 9.625X_2X_3$$

### 3. النتائج والمناقشة

يرجع الهدف الرئيسي من هذا البحث هو دراسة تأثير المتغيرات المختلفة لعملية التشغيل الدقيق (سرعة القطع، معدل التغذية، وعمق القطع) الخروج عن الاستدارة )، على عينة من استخدام الصلب منخفض الكربون كمادة خام للعينة وذلك لأهميته في الصناعة وأيضاً لحساسيته أثناء عملية التشغيل من خلال السطح والطبقة تحت سطحية. يوضح جدول (1) التحليل الكيميائي لسبيكة الصلب منخفض الكربون محل البحث.

جدول (1) التركيب الكيميائي لسبيكة الصلب الكربوني

المادة	اسم العنصر	الرمز الكيميائي	النسبة المئوية
صلب	الحديد	Fn	97.98
منخفض الكربون	المنجنيز	Mn	0.569
	الكربون	C	0.4952
	السيلكون	Si	0.2618
	النيكل	Ni	0.1551
	النحاس	Cu	0.2828

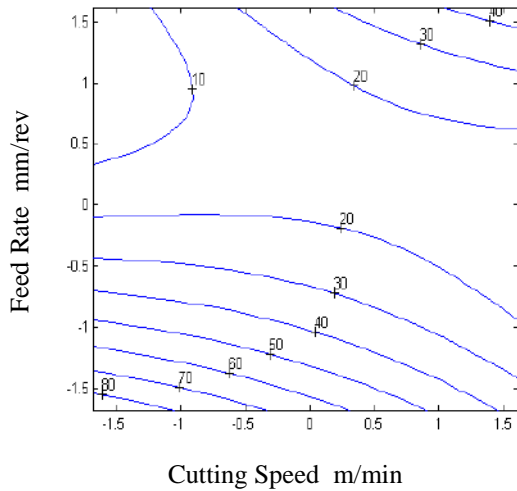
وفي هذا البحث قُدمت النتائج على شكل منحنيات ثنائية وثلاثية الأبعاد والشكل الكنتوري والذي عن طريقه يمكن معرفة القيم المختلفة للمتغيرات الداخلة والتي تعطي نفس النتائج وسوف يتم عرض نتائج تأثير متغيرات القطع على خصائص السطح عند نفس الظروف ولكن في حالة كل من القطع بدون سائل تبريد والقطع مع وجود سائل تبريد، وتعرض الفقرات الآتية أهم العلاقات بين متغيرات عملية التشغيل والخطأ في الاستدارة (الخروج عن الاستدارة) للسطح المشغل وحيث يعرض الجدول (1) قيم متغيرات عملية التشغيل الدقيق المختلفة والمستخدم في هذا البحث.

**1.3 سرعة القطع:** يوضح شكل (1) تأثير سرعة القطع على مقدار الخطأ في الاستدارة عند قيم مختلفة لمعدل التغذية وباستخدام أداة نصف قطر استدارة حدها القاطع  $r = 0.4 \text{ mm}$ ، وذلك أثناء عملية الخراطة في حالة وجود وعدم وجود سائل تبريد وبثبوت عمق القطع عند  $0.08 \text{ mm}$ . ومن هذا الشكل نلاحظ حدوث تداخل بين سرعة القطع والتغذية حيث عند القيمة الصغرى لسرعة القطع الخطية  $338 \text{ m/min}$  يكون فيها مقدار الخطأ في الاستدارة أكبر ما يمكن ومع زيادة سرعة القطع يميل الخطأ في الاستدارة إلى الانخفاض التدريجي عند قيم معدّل التغذية الأقل من  $0.075 \text{ mm/rev}$  أثناء عملية القطع الجاف. وفي حالة القطع باستخدام سائل تبريد فنلاحظ أيضاً حدوث تداخل بين سرعة القطع وبين معدل التغذية هذا يعني أن تأثير سرعة القطع على مقدار الخطأ في الاستدارة تتغير بتغير قيم معدل التغذية.

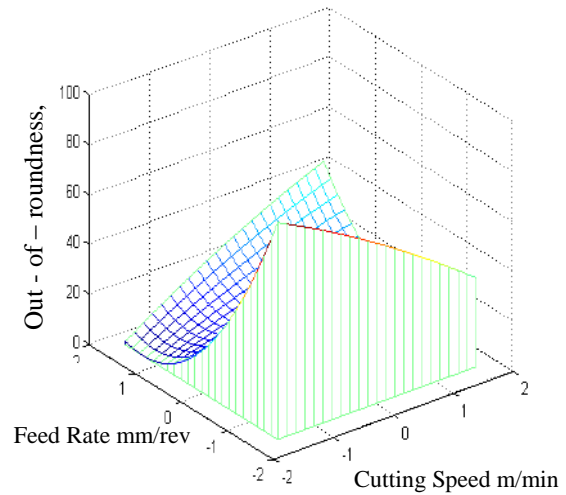


جدول (2) متغيرات عملية التشغيل

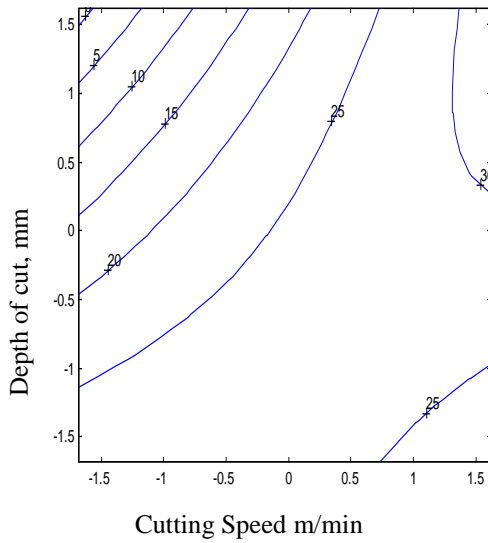
الوصف	الوحدة	متغيرات التشغيل
1990,2400,3000 3600,4009	Rpm	سرعة الدوران
8,25,50,75,92	$\mu\text{m}/\text{rev}$	معدل التغذية
54.8,65 80,95,105	$\mu\text{m}$	عمق القطع
$r = 0.4, 0.8, 1.2$	Mm	نصف قطر استدارة الشكل الهندسي للحد القاطع للقمّة الكريبيدية
باستعمال سائل تبريد و بدون تبريد	-	ظروف الخراطة (التشغيل)
$0.4 \text{ mm} = 6^\circ$ $0.8 \text{ mm} = 6^\circ$ $1.2 \text{ mm} = 6^\circ$	$\Gamma$	زاوية الخلوص للقمّة القطع
$r_{0.4,0.8,1.2} = -4^\circ$	$\alpha$	زاوية الجرف



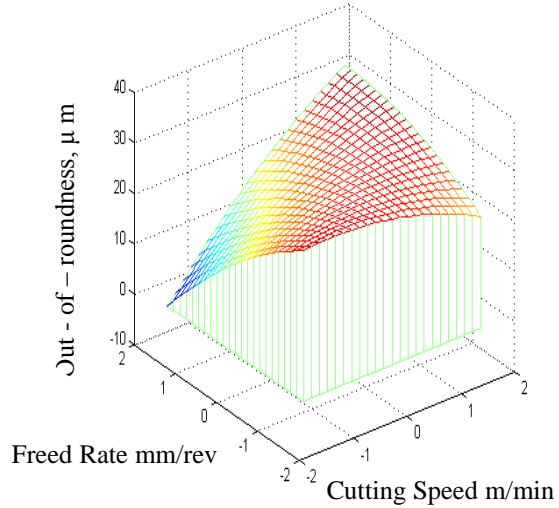
ب - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$



أ - القطع بدون سائل تبريد  $r = 0.4\text{mm}$



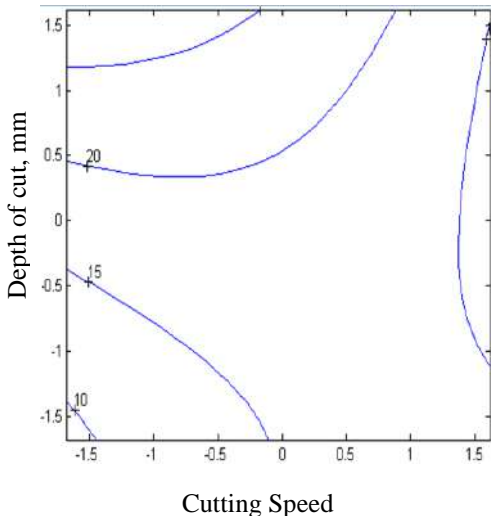
ب - القطع بسائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$



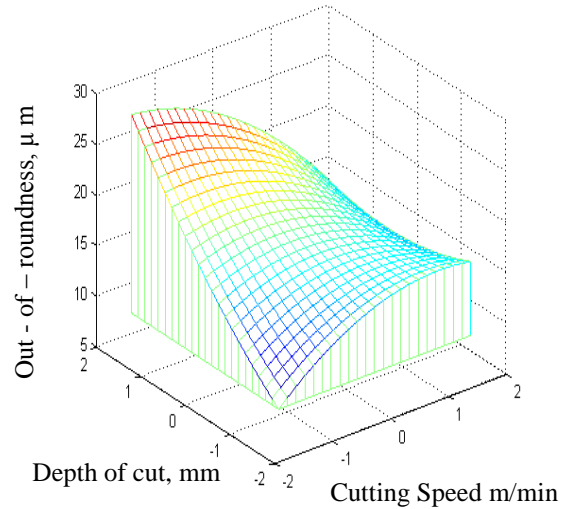
أ - القطع بسائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$

شكل 1 تأثير سرعة القطع والتغذية على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت عمق القطع عند  $a_p=0.08\text{mm}$

في حالة التشغيل الجاف نلاحظ أيضا حدوث تداخل بين تأثير سرعة وعمق القطع، وتكون القيمة المنخفضة لمقدار الخطأ عند القطع بسرعة  $390\text{ m/min}$  وعند عمق قطع منخفض ومع الزيادة في سرعة القطع نجد أن الخطأ يزداد بشكل تدريجي عند تثبيت مقدار عمق القطع على القيمة المنخفضة ( $0.056\text{ mm}$ ).

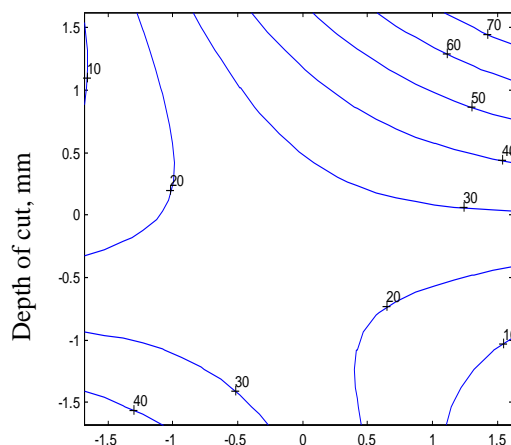


ب - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$

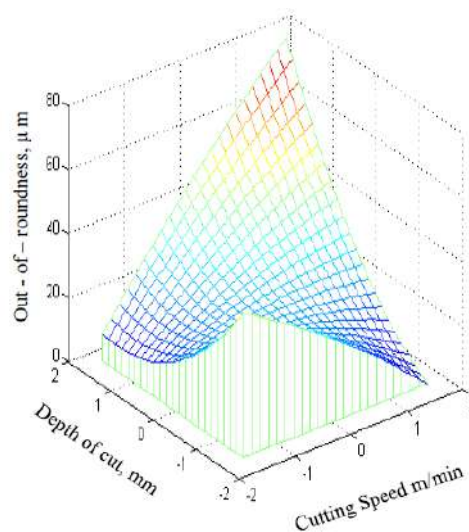


أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$

وفي حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد فان الشكل (2) يوضح مدى تأثير السرعة وعمق القطع على الخطأ في الاستدارة وعليه نلاحظ حدوث تداخل بين المتغيرين الاتنين السابقين أي تكون قيمة الخطأ في الاستدارة حوالي  $20\text{ }\mu\text{m}$  عند القطع بسرعة  $338\text{ m/min}$  وعند القيمة الأولية لعمق القطع وكلما زادت السرعة ينخفض مقدار الخطأ إلى أقل قيمة له عند نفس عمق القطع ولكن كلما زادت قيمة عمق القطع وتزايدت السرعة نحصل على أكبر قيمة للخطأ في الاستدارة أي يتجاوز  $70\text{ }\mu\text{m}$ .



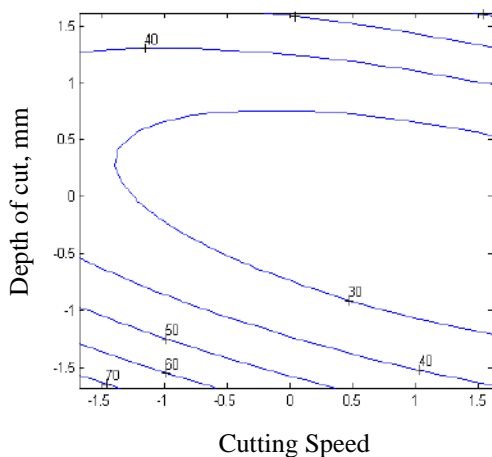
ب - القطع سائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$



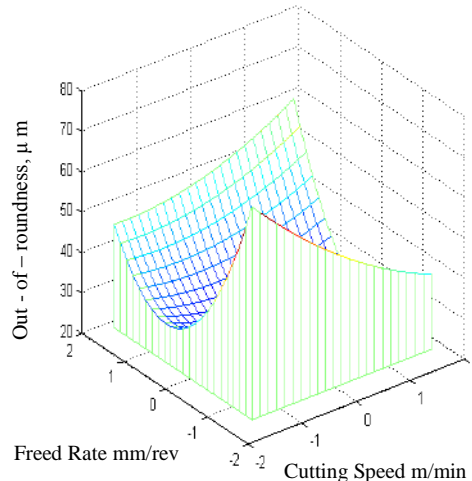
أ - القطع بسائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$

شكل 2 تأثير سرعة القطع وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت التغذية عند  $f=0.05\text{mm/rev}$

ومن الشكل (3) نجد تأثير سرعة القطع على مقدار الخطأ في الاستدارة الناتجة من عملية التشغيل عند القيم المختلفة لمعدل التغذية عند استخدام أداة نصف قطر استدارة حدها القاطع  $r = 0.8 \text{ mm}$ . وفي حالة عملية الخراطة الجافة والغير جافة وبثبات عمق القطع عند  $r = 0.8 \text{ mm}$ .



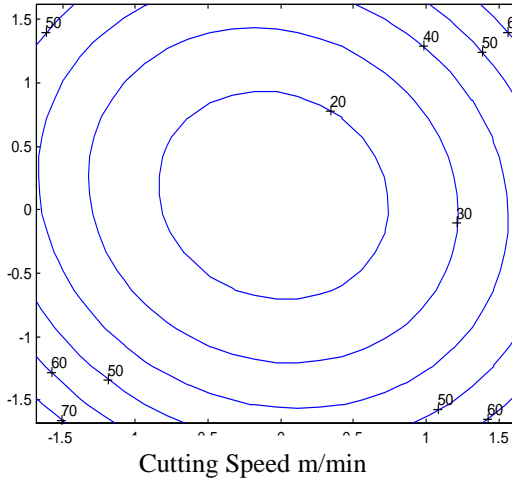
ب - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$



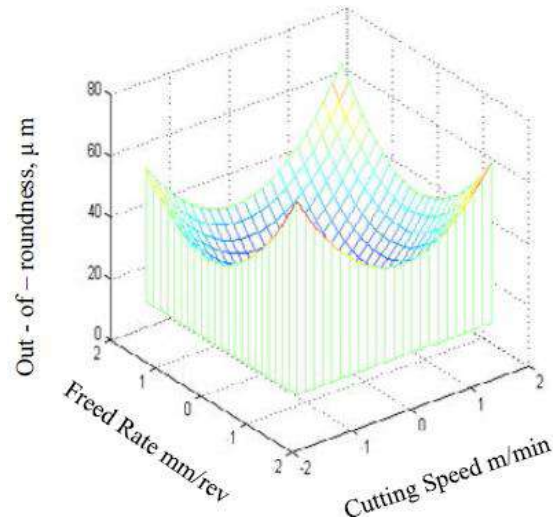
أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$

ففي حالة القطع الجاف نلاحظ أن تأثير سرعة القطع يتوقف على قيمة التغذية المستخدمة حيث إن زيادة السرعة باستخدام معدل تغذية منخفض يؤدي إلى الانخفاض التدريجي في الخطأ لاستدارة السطح المشغل أما في حالة استخدام معدل تغذية مرتفع فإن زيادة سرعة القطع تؤدي إلى زيادة الخطأ في الاستدارة للسطح المشغل وهذا ما يعرف بوجود تداخل بين

المتغيرين. ويوضح الشكل إن أقل خطأ في الاستدارة يكون عند معدل تغذية متوسط ( $f = 0.05 \text{ mm/rev}$ ) وعند أعلى سرعة قطع ( $v = 680 \text{ m/min}$ ). وفي حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد نلاحظ أن مقدار الخطأ في الاستدارة ينخفض كلما زادت السرعة لكل قيم التغذية حتى تصل إلى أقل قيمة لها عند سرعة قطع حوالي  $610 \text{ m/min}$ ، وكلما زادت السرعة بعد هذه القيمة فإن مقدار الخطأ في الاستدارة يزداد أيضا أي أن عند تغير في نصف قطر استدارة الشكل الهندسي للحد القاطع من  $0.4$  إلى  $0.8 \text{ mm}$  يؤدي إلى الزيادة في مقدار الخطأ في الاستدارة عند سرعة قطع حوالي  $680 \text{ m/min}$  وتغذية  $0.09 \text{ mm/rev}$ .



ب - القطع بسائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$

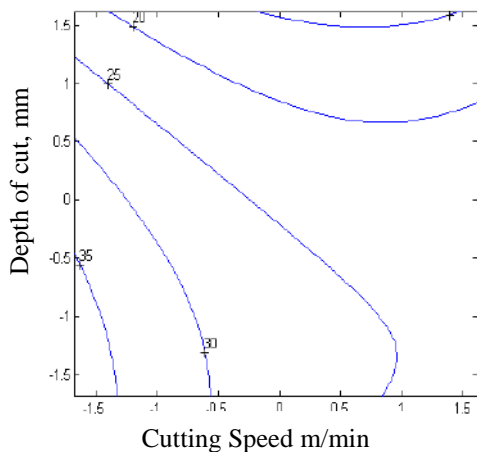


أ - القطع بسائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$

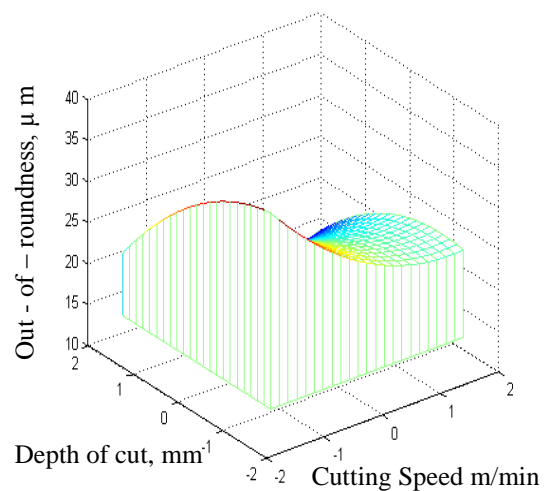
شكل 3 تأثير سرعة القطع والتغذية على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت عمق القطع عند  $a_p=0.08\text{mm}$

ويوضح شكل (4) تأثير سرعة القطع باختلاف قيم عمق القطع ومع ثبوت معدل التغذية عند  $f=0.05 \text{ mm/rev}$  وعند حد قطع  $r = 0.8\text{mm}$ . ففي حالة عدم استخدام سائل تبريد تكون أكبر قيم الخطأ عند أقل قيمة لسرعة القطع  $338 \text{ m/min}$  وعند معدلات أعماق قطع منخفضة، ومع الزيادة في سرعة القطع فإن قيمة الخطأ تنخفض لجميع قيم عمق القطع، ونحصل على أقل قيمة لها عند أكبر سرعة قطع متزامنا مع أقصى قيمة لعمق القطع.

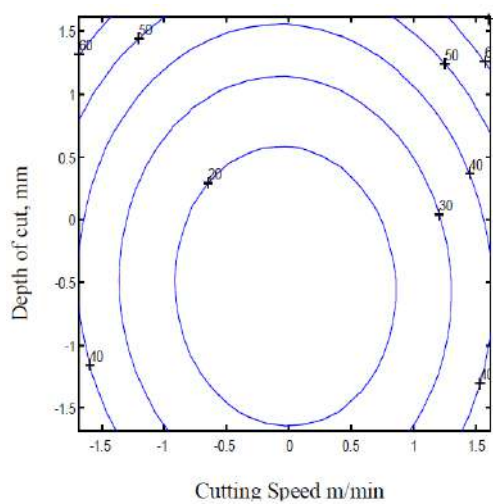
أما في حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد نلاحظ أن سرعة القطع تأخذ نفس تأثيرها في الشكل (3) أي أنه كلما زادت سرعة القطع فإن مقدار الخطأ في الاستدارة يقل لغاية القطع بسرعة  $590 \text{ m/min}$ ، وبعد هذه السرعة نلاحظ الزيادة في مقدار الخطأ في الاستدارة. وعند إجراء مقارنة بين الشكلين (2،4) في حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد نلاحظ إن مقدار الخطأ في الاستدارة له قيمة متقاربة في الشكلين وذلك عند القيم الأولية لسرعة القطع  $338 \text{ m/min}$  وعند أعماق القطع الدنيا أي عند  $0.06 \text{ mm}$  وكذلك عند القيم القصوى لسرعة وعمق القطع منها نرى أن التشغيل بأداة نصف قطر استدارة حدها القاطع  $r = 0.4 \text{ mm}$  تعطي قيمة أكبر للخطأ في الاستدارة



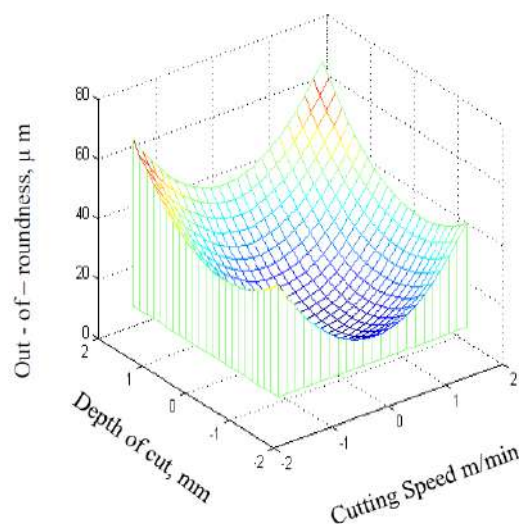
ب - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$



أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$



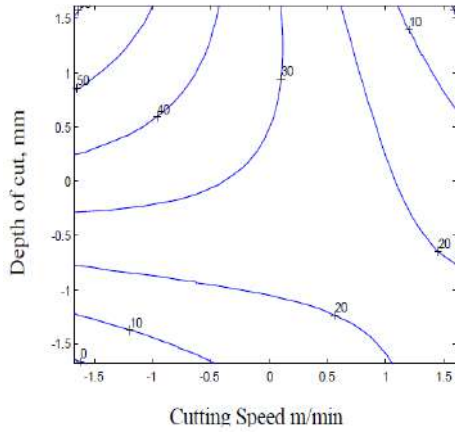
ب" - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$



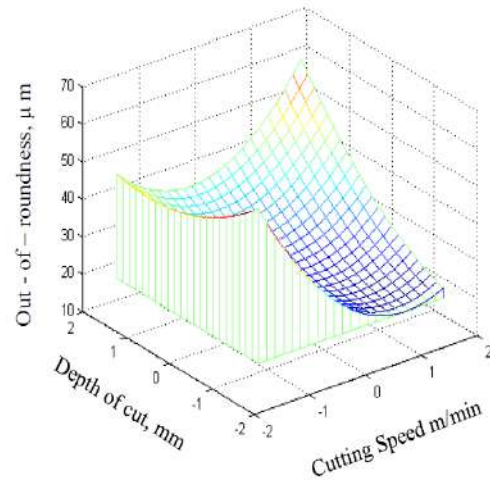
أ" - القطع سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$

شكل 4 تأثير سرعة القطع وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت التغذية عند  $f=0.05\text{mm/rev}$





ب" - القطع بسائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$

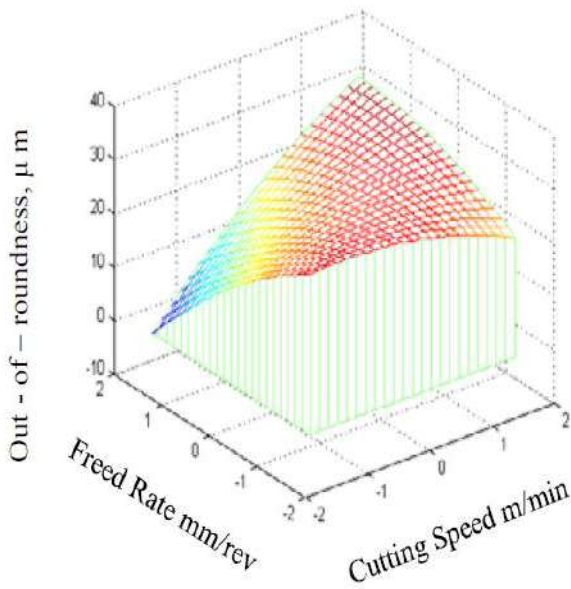


أ" - القطع بسائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$

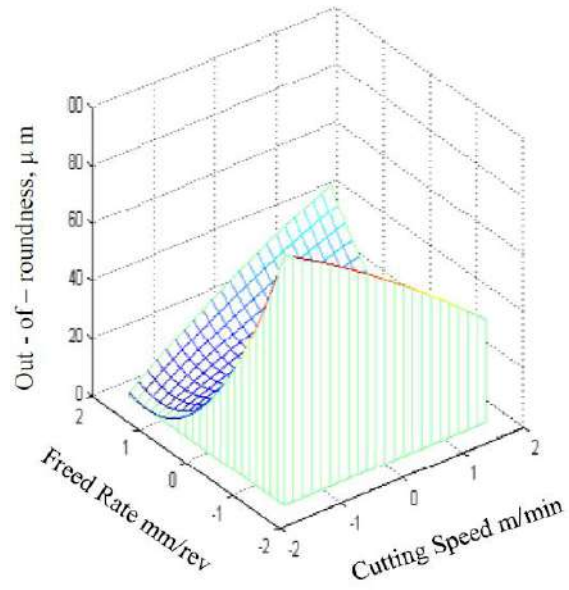
شكل 6 تأثير سرعة القطع وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت التغذية عند  $f=0.05\text{mm/rev}$

### 2.3 معدّل التغذية

تلعب التغذية دوراً هاماً في مقدار الخطأ في الاستدارة الناتج من عملية التشغيل حيث تؤثر على سمك الرائش المزال من المعدن وأيضاً على قوى القطع وعلى التشوه السطحي للسطح المشغل لذا من الضروري معرفة تأثير التغذية على الخطأ الناتج في الاستدارة عند السرعات العالية للقطع. توضح الأشكال (7،8،9) تأثير معدّل التغذية على الخطأ في الاستدارة عند قيم مختلفة لأنصاف أقطار استدارة حدها القاطع  $r = 1.2\text{ mm}$ ،  $0.8$ ،  $0.4$ ،  $0.08\text{ mm}$  وعند تثبيت عمق القطع عند  $a_p = 0.08\text{ mm}$  وفي حالة عملية التشغيل الجاف والغير الجاف، فعند التشغيل الجاف يوضح الشكل (7) أن معدّل التغذية له تأثير كبير واضح على مقدار الخطأ في الاستدارة حيث تكون أقصى قيمة لها عند أقل معدّل تغذية،  $0.008\text{mm/rev}$  وكلما زادت قيمة معدّل التغذية فإن مقدار الخطأ يقل بشكل تدرجي إلى أن يصل إلى أقل قيمة له عند معدّل التغذية  $0.092\text{mm/rev}$  وعند سرعة قطع  $338\text{m/min}$ . ومع الزيادة في سرعة القطع ومعدّل التغذية نحصل على قيمة عالية لمقدار الخطأ تصل إلى حوالي  $40\text{ }\mu\text{m}$ .



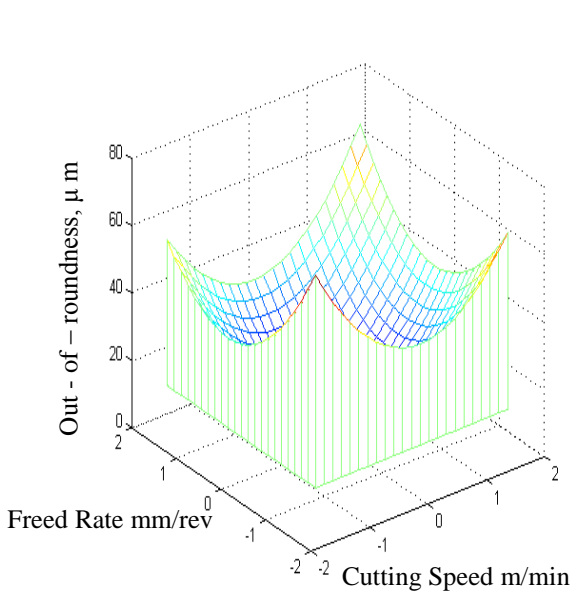
أ - القطع بسائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$



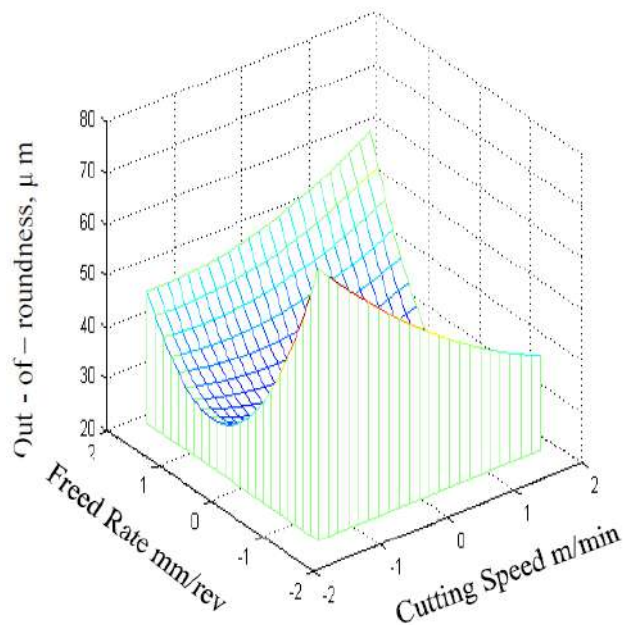
أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$

شكل 7 تأثير سرعة القطع والتغذية على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت عمق القطع عند  $a_p=0.08\text{mm}$

السرعة ومعدل التغذية ومن هذا التداخل نلاحظ أنه عند الزيادة في معدل التغذية فإن مقدار الخطأ يقل إلى أقل قيمة له عند سرعة القطع  $407\text{ m/min}$  وكلما زادت السرعة فإن قيمة الخطأ تزداد بشكل تدريجي حتى تصل إلى أقصى قيم لها لجميع معدلات التغذية.



أ - القطع بسائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$



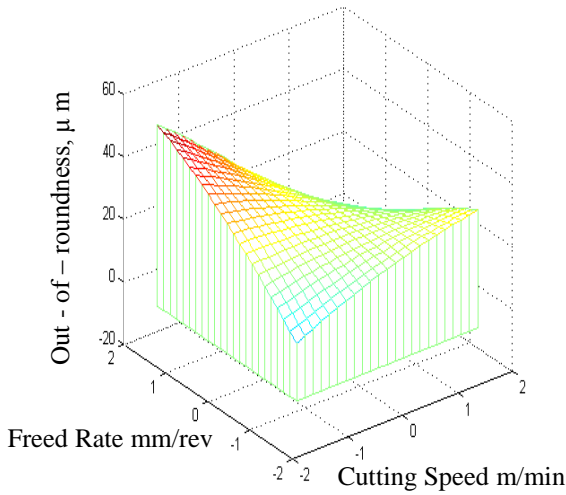
أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$

شكل 8 تأثير سرعة القطع والتغذية على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت عمق القطع عند  $a_p=0.08\text{mm}$

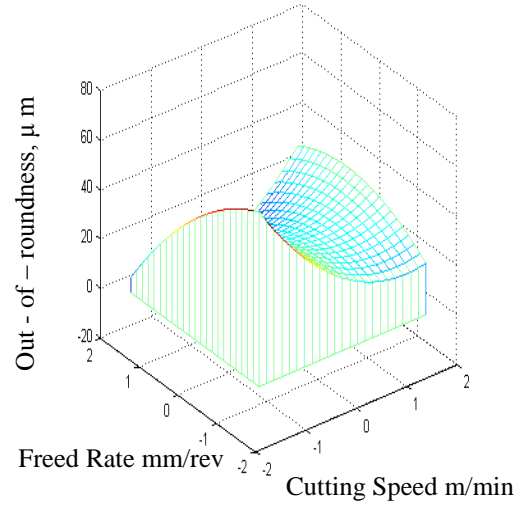


وعند التشغيل بدون استخدام سائل تبريد فان الشكل (8) يوضح أن أكبر قيمة للخطأ في الاستدارة تكون عند معدل التغذية  $0.008 \text{ mm/rev}$  وعند سرعة القطع  $338 \text{ m/min}$  ومع الزيادة في معدل التغذية فإن قيمة الخطأ تنخفض بشكل تدريجي حتى تصل التغذية إلى  $0.065 \text{ mm/rev}$  وذلك لكل قيم سرعة القطع، وكلما زادت التغذية يزداد أيضا مقدار الخطأ في الاستدارة بشكل تدريجي حتى تصل إلى  $43 \mu\text{m}$  عند معدل تغذية  $0.092 \text{ mm/rev}$  وعند نفس سرعة القطع  $407 \text{ m/min}$  ، وعندما تصل سرعة القطع إلى  $680 \text{ m/min}$  وبتثبيت معدل التغذية على  $0.092 \text{ m/rev}$  فإن قيمة الخطأ في الاستدارة تبلغ حوالي  $58 \mu\text{m}$  .

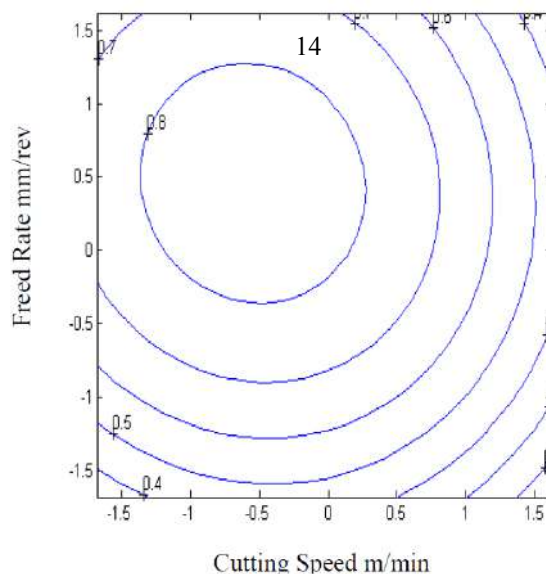
أما عند التشغيل في وجود سائل تبريد فإن مقدار الخطأ في الاستدارة يعتمد على قيمة التغذية حيث أنه عند القيم الأولية لمعدل التغذية  $0.027 \text{ mm/rev}$  تكون قيمة الخطأ في الاستدارة واضحة، وكلما زادت قيمة التغذية فإن مقدار الخطأ في الاستدارة يقل حتى يصل إلى أقل قيم له عند التشغيل بمعدل تغذية  $0.075 \text{ mm/rev}$  وعند سرعة القطع المناظرة لهذه القيمة وهي  $610.4 \text{ m/min}$  أي عند هذه الظروف نحصل على أقل قيمة للخطأ في الاستدارة عند القطع بأداة بنصف قطر حدها  $r = 0.08 \text{ mm}$



أ - القطع سائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$



أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$

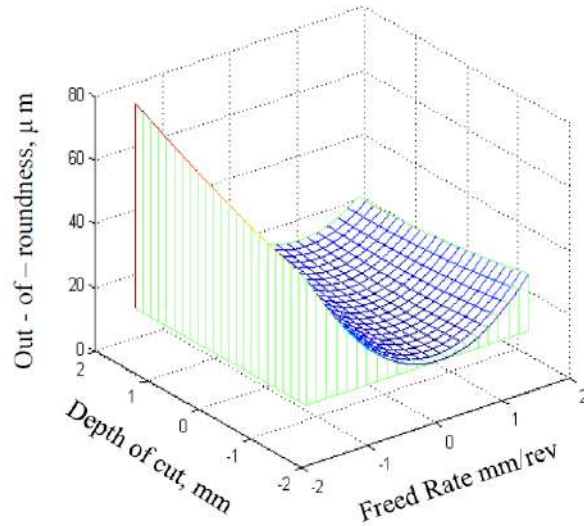


ب - القطع بدون سائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$

شكل 9 تأثير سرعة القطع والتغذية على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت عمق القطع عند  $a_p=0.08\text{mm}$  في حالة عدم وجود سائل تبريد.

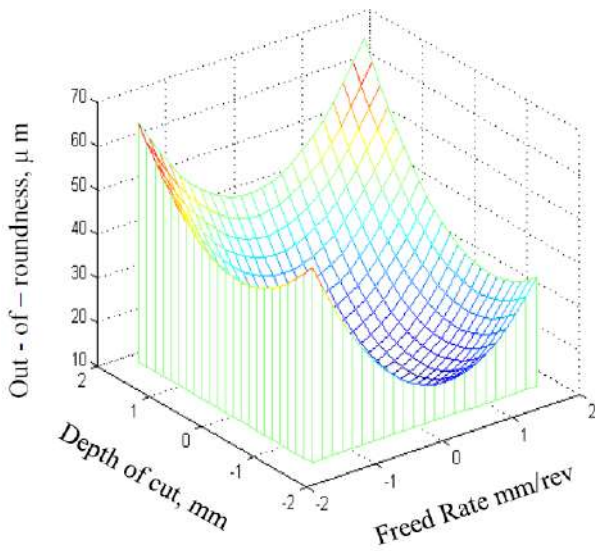
وتوضح نتائج شكل (9) أن قيمة الخطأ في الاستدارة تكون عالية نسبياً عند سرعة القطع المنخفضة وعند أقل معدل تغذية وبدون سائل تبريد، عند هذه السرعة كلما زاد معدل التغذية فإن قيمة الخطأ في الاستدارة تقل إلى أقل قيمة لها عند أعلى معدل تغذية  $0.092\text{mm/rev}$  وتكون قيمة الخطأ في الاستدارة منخفضة عند سرعة القطع العالية وذلك لجميع قيم معدل التغذية، ولكن في حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد فنلاحظ وجود تداخل بين سرعة القطع ومعدل التغذية. حيث نلاحظ زيادة الخطأ في الاستدارة مع أي زيادة في معدل التغذية وذلك عند سرعات القطع المنخفضة، أما في حالة السرعات العالية فإن الخطأ في الاستدارة يقل تدريجياً مع أي زيادة في معدل التغذية.

الأشكال (10،11،12) تبين تأثير معدل التغذية على مقدار الخطأ في الاستدارة وذلك باختلاف قيم عمق القطع وعند ثبوت سرعة القطع عند  $V=509\text{ m/min}$  وعند نصف قطر استدارة للحد القاطع  $0.4$ ،  $0.8$  و  $r=1.2\text{ mm}$  على التوالي. وفي حالة التشغيل (الجاف والغير الجاف) ، ففي حالة التشغيل بدون استخدام سائل تبريد تصل قيمة الخطأ في الاستدارة عند الشكل (10) إلى قيمتها القصوى عند معدل التغذية  $0.025\text{mm/rev}$  وعند أقصى قيمة لعمق القطع، وكلما زادت قيمة معدل التغذية فإن مقدار الخطأ في الاستدارة يقل إلى أقل قيمة له عند معدل التغذية  $0.075\text{mm/rev}$  ولجميع قيم عمق القطع تم تزداد قيمة الخطأ حتى تصل إلى  $22\mu\text{m}$  وذلك عند معدل التغذية  $0.092\text{mm/rev}$ . أما في حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد فإن الأشكال السابقة تشترك بارتفاع قيمة الخطأ في الاستدارة عند القيم القصوى لكل من عمق القطع ومعدل التغذية.

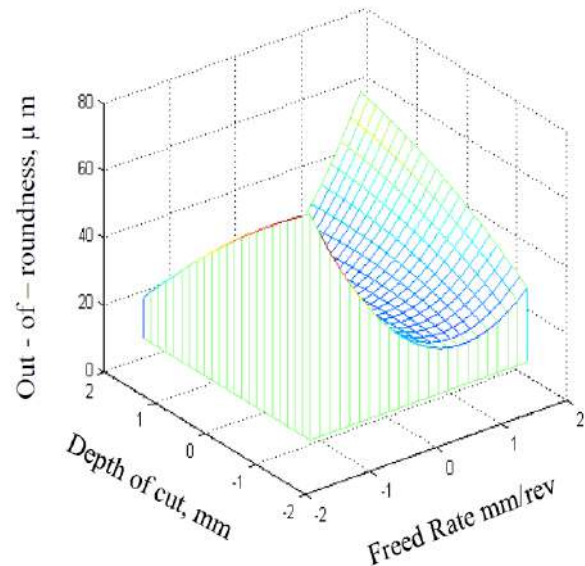


شكل 10 تأثير التغذية وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت سرعة القطع عند  $V = 509 \text{ m/min}$  عند القطع بدون سائل تبريد  $r = 0.4 \text{ mm}$ .

عند التشغيل الجاف تكون قيمة الخطأ في الاستدارة عالية وتصل قيمتها إلى  $45 \mu\text{m}$  عند معدل تغذية  $0.008 \text{ mm/rev}$  كما يشير الشكل (11) ذلك، وعند معدل التغذية  $0.075 \text{ mm/rev}$  ومع الزيادة في معدل التغذية تزداد قيمة الخطأ بشكل تدريجي حتى تصل إلى  $24 \mu\text{m}$  عند معدل التغذية  $0.092 \text{ mm/rev}$  وعند ثبوت عمق قطع  $a_p = 0.0548 \text{ mm}$



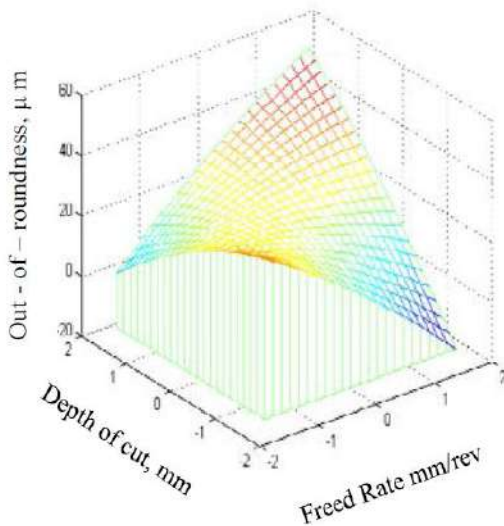
أ - القطع بسائل تبريد  $r = 0.8 \text{ mm}$



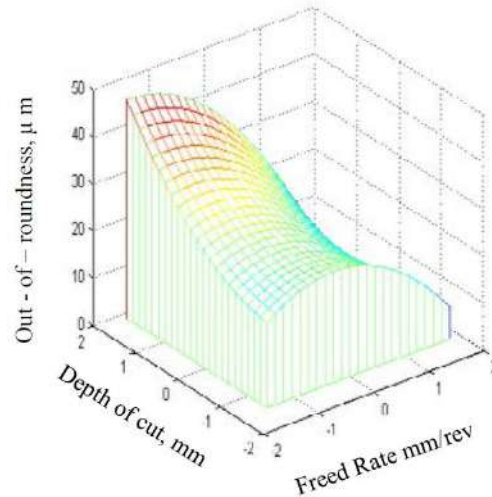
أ - القطع بدون سائل تبريد  $r = 0.8 \text{ mm}$

شكل 11 تأثير التغذية وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت سرعة القطع عند  $V = 509 \text{ m/min}$ .

في حالة استخدام سائل التبريد نلاحظ إن قيمة الخطأ في الاستدارة تبلغ حوالي  $45 \mu\text{m}$  وذلك عند القيم الأولية لكلا من معدّل التغذية وعمق القطع، وكلما زادت قيم معدّل التغذية فإن مقدار الخطأ في الاستدارة يتجه إلى الانخفاض لجميع قيم عمق القطع حتى تصل إلى أقل قيمة له عند معدّل تغذية  $0.065 \text{ mm/rev}$  وبعد هذه القيمة نلاحظ الزيادة في مقدار الخطأ في الاستدارة. ومن خلال الشكل (12) فإننا نحصل على أكبر قيمة للخطأ في الاستدارة عند معدّل التغذية  $0.055 \text{ mm/rev}$  ثم تنخفض إلى أقل قيمها بشكل تدريجي لجميع قيم عمق القطع



أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$

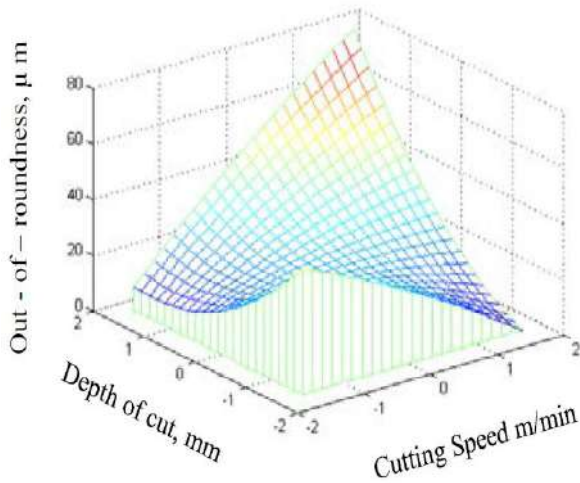


أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$

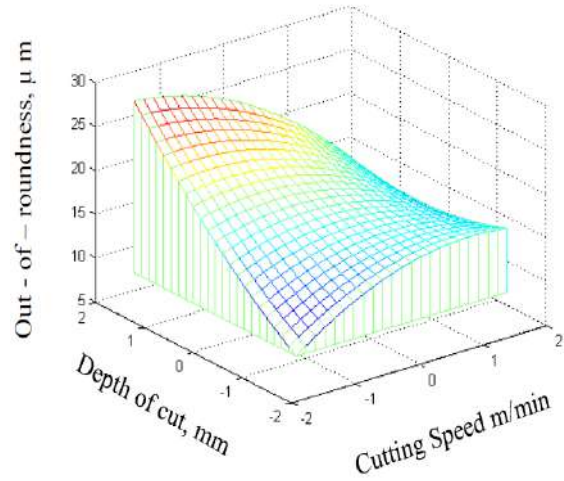
شكل 12 تأثير التغذية وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت سرعة القطع عند  $V=509 \text{ m/min}$ .

3.3 عمق القطع لعمق القطع الأثر الكبير على العديد من الخصائص السطحية لمادة المشغلة، حيث يعتبر عمق القطع من المتغيرات المستقلة المؤثرة في الخطأ في الاستدارة، في هذه الدراسة نستنتج الأثر الحاصل لسطح القطعة المشغلة عند اختيار مقيم مختلفة لكل من معدّل تغذية عمق القطع عند استخدام أدوات قطع ذات أنصاف أقطار استدارة للحد القاطع  $0.8 \times 0.4$  و  $r = 1.2\text{mm}$  على الترتيب. ومع ثبوت معدّل التغذية على  $f=0.05\text{mm/rev}$  وعند التشغيل بدون استخدام سائل تبريد فإن الشكل (13) يوضح وجود تداخل بين عمق القطع وسرعة القطع، وتكون قيمة أقل قيمة للخطأ في الاستدارة تصل إلى حوالي  $5 \mu\text{m}$  عند عمق وسرعة قطع  $0.0548 \text{ mm} \cdot \text{min}/338$  على التوالي. وتزداد قيمة الخطأ في الاستدارة بشكل تدريجي حتى تحصل إلى أكبر قيمة لها عند القطع بعمق  $0.105 \text{ mm}$  وتنخفض قيمة الخطأ مع الزيادة في سرعة القطع وثبوت عمق القطع على  $0.015 \text{ mm}$ .

أما في حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد فإننا أيضاً نلاحظ وجود تداخل، وعند اختيار سرعة قطع منخفضة  $330 \text{ m/min}$  تتجه قيمة الخطأ في الاستدارة من الارتفاع إلى الانخفاض عند الزيادة في قيمة عمق القطع ولتقادي حدوث الخطأ في الاستدارة الناتج أثناء عملية التشغيل يفضل سرعات القطع المنخفضة وأعمق قطع مرتفعة. وفي حالة نصف قطر استدارة  $r = 0.8\text{mm}$  يوضح شكل (14) نتائج تأثير عمق القطع على الخروج عن الاستدارة، فمع الزيادة في عمق القطع فإن قيمة الخطأ في الاستدارة تنخفض لجميع قيم سرعات القطع وتصل لأقل قيمة لها عند أقصى عمق قطع  $0.105 \text{ mm}$  مع ثبوت سرعة القطع عند  $610 \text{ m/min}$ . أما في حالة التشغيل باستخدام سائل تبريد نلاحظ أن الخطأ في الاستدارة يكون في القيم الدنيا له عند عمق قطع  $0.08 \text{ mm}$  وسرعة قطع  $590 \text{ m/min}$  تقريباً والعكس تماماً في النتيجة إذا قمنا بزيادة هذين المتغيرين.

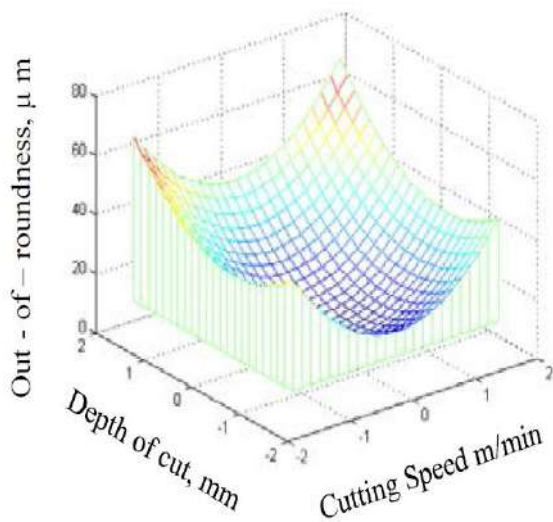


أ - القطع بسائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$

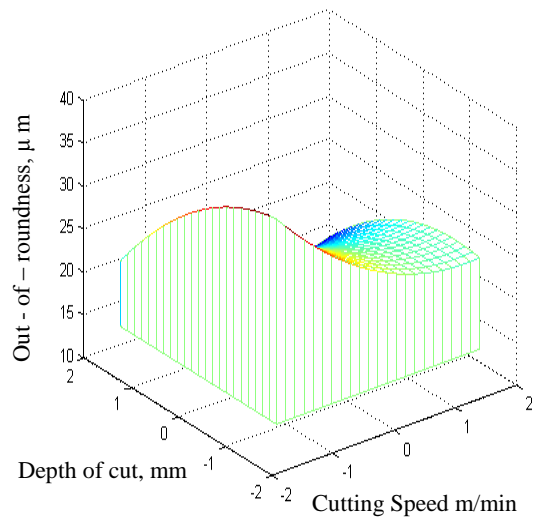


أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.4\text{mm}$

شكل 13 تأثير سرعة القطع وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت التغذية عند  $f=0.05\text{mm/rev}$



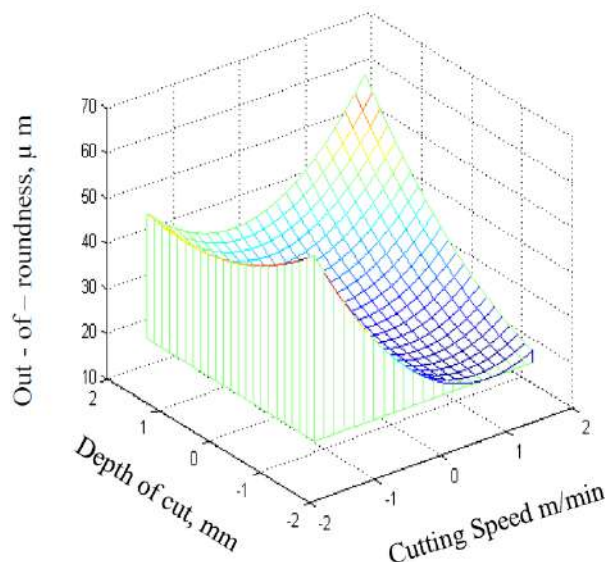
أ - القطع بسائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$



أ - القطع بدون سائل تبريد  $r=0.8\text{mm}$

شكل 14 تأثير سرعة القطع وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت التغذية عند  $f=0.05\text{mm/rev}$

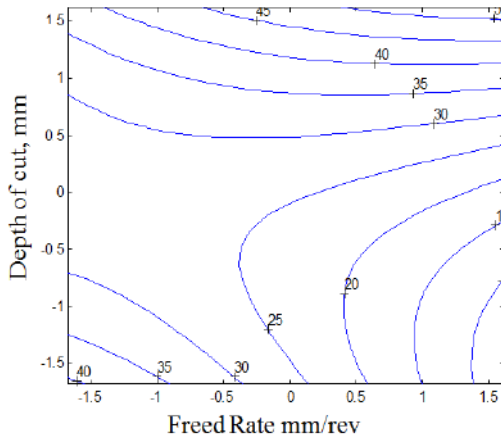
وعند التشغيل الجاف وبنصف قطر استدارة للحد القاطع  $r=1.2\text{mm}$  وعند سرعة القطع  $407\text{m/min}$  فإن الشكل (15) يوضح أن التغير في عمق القطع يُقيى قيمة الخطأ في الاستدارة شبه ثابتة وتصل حوالي إلى  $43\mu\text{m}$ . وعند الزيادة في سرعة القطع فإن قيمة الخطأ تنخفض لجميع قيم عمق القطع حتى تصل إلى أقل قيمة لها عند سرعة القطع  $650\text{m/min}$  وتكون قيمة الخطأ في الاستدارة  $58\mu\text{m}$  عند أقصى قيمة لسرعة وعمق القطع، أما في حالة استخدام سائل تبريد فإننا نلاحظ التداخل بين السرعة وعمق القطع وتكون أقل قيمة للخطأ في الاستدارة عند القطع بعمق  $0.056\text{mm}$  وذلك عند القيم الأولية لسرعة القطع ومع الزيادة في عمق القطع نحصل على أكبر قيمة للخطأ في الاستدارة عند اختيار القطع بسرعات منخفضة، وتنخفض قيمة الخطأ إذا قمنا بزيادة السرعة وعند أقصى قيمة لعمق القطع.



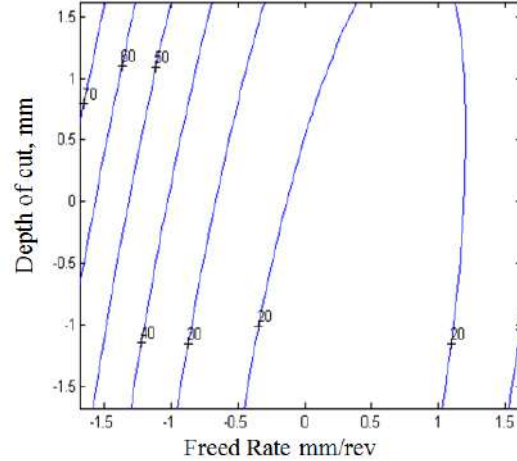
15- القطع بدون سائل تبريد  $r=1.2\text{mm}$

شكل 15 تأثير سرعة القطع وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت التغذية عند  $f=0.05\text{mm/rev}$

وتوضح الأشكال (10،11،12) تأثير عمق القطع على مقدار الخطأ في الاستدارة باختلاف معدل التغذية وعند نصف قطر استدارة للحد القاطع  $0.4, 0.8$  و  $r=1.2\text{mm}$  على التوالي ، وفي حالات التشغيل الجاف والغير الجاف وسرعة قطع عند  $V=509\text{m/min}$  ، ففي حالة التشغيل بدون استخدام سائل تبريد فإن فقيمة الخطأ في الاستدارة تصل إلى حوالي  $42\mu\text{m}$  عند القيم الأولى لعمق القطع وذلك في الشكل (10) وتزداد هذه القيمة بشكل تدريجي عند معدلات التغذية الأقل من  $0.075\text{mm/rev}$  حتى تصل إلى أكبر قيمة للخطأ في الاستدارة إلى حوالي  $72\mu\text{m}$  عند القيم القصوى لعمق القطع  $0.105\text{mm}$  وعند معدل التغذية  $0.026\text{mm/rev}$ .



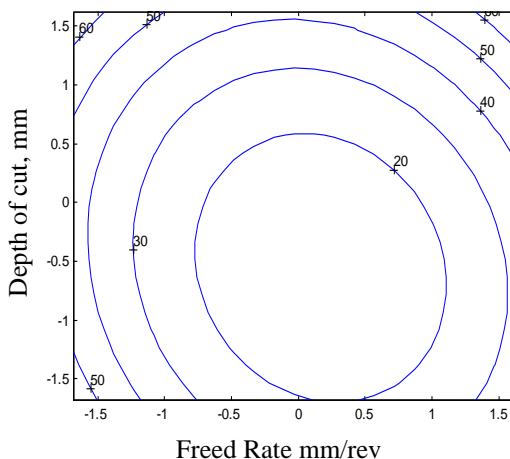
شكل 10 - ب" تشغيل غير جاف



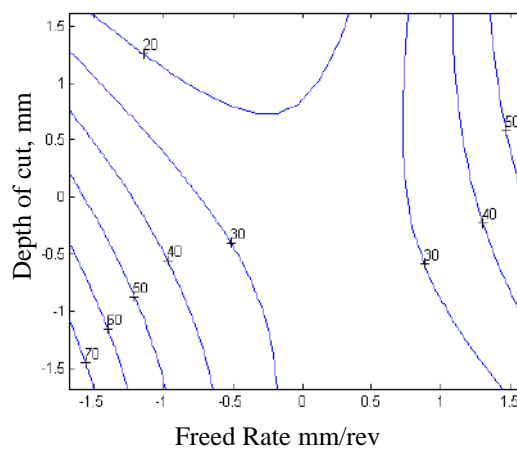
شكل 10 - ب تشغيل

شكل 10 تأثير التغذية وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت سرعة القطع عند  $V=509$  m/min

وعند التشغيل الغير الجاف فان الشكل (10) يوضح ان أقل قيمة للخطأ في الاستدارة يمكن الحصول عليها عند أعماق قطع منخفضة ومعدلات تغذية مرتفعة والعكس تماماً من ناحية قيمة الخطأ في الاستدارة عند أعماق قطع عالية ، ومن الشكل (11) نلاحظ حدوث تداخل بين قيم معدل التغذية وعمق القطع ، حيث تكون قيمة الخطأ في الاستدارة عالية عند القطع بعمق  $0.0548$  mm بدون سائل تبريد يحدث باستخدام معدل تغذية  $f = 0.075$  mm/rev وذلك لجميع قيم عمق القطع وعند التشغيل باستخدام سائل تبريد (11) نلاحظ أن قيمة الخطأ في الاستدارة تبلغ قيمة مرتفعة عند التشغيل بمعدل تغذية  $0.008$  mm/rev وتصل هذه القيمة إلى حوالي  $60\mu\text{m}$  ونلاحظ انخفاض تدريجياً في قيمة الخطأ في الاستدارة مع زيادة عمق القطع حتى عمق قطع  $0.08$ mm وبعدها تزداد قيمة الخطأ في الاستدارة تدريجياً وتكون أقل قيمة للخطأ عند القطع بعمق  $0.065$  mm ومعدل تغذية  $0.065$  mm/rev، وأخيراً في الشكل (12) وعند التشغيل الجاف فإن قيمة الخطأ في الاستدارة تزداد بشكل تدريجي عند معدلات التغذية الأقل من  $0.05$ mm/rev لكل قيم عمق القطع، وبعد هذه القيمة لمعدل التغذية تقل قيمة الخطأ في الاستدارة حتى تصل إلى أقل قيمها عند القطع بعمق  $0.105$  mm وعند أقصى معدل تغذية.



شكل 11 - ب" تشغيل غير جاف

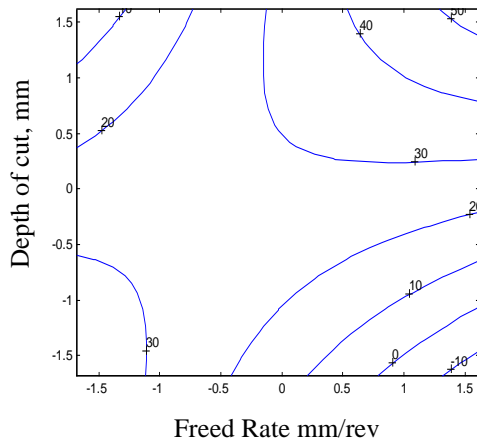


شكل 11 - ب تشغيل جاف

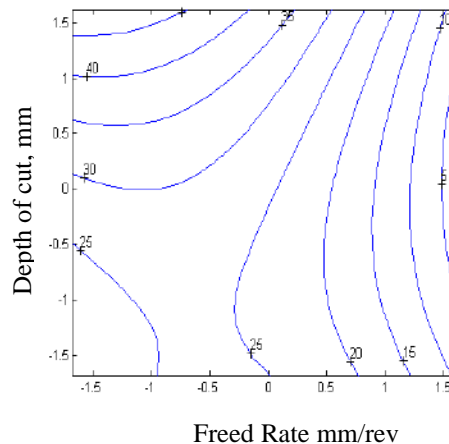
شكل 11 تأثير التغذية وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت سرعة القطع عند  $V=509$  m/min



وفي الشكل ( 12 – ب ) نلاحظ وجود تداخل بين معدّل التغذية وعمق القطع عند استخدام سائل تبريد حيث عند القيم المنخفضة لعمق القطع 0.0548mm. وعند معدل تغذية 0.008mm/rev تكون قيمة الخطأ في الاستدارة حوالي 35  $\mu\text{m}$



شكل 12 – ب" تشغيل غير جاف



شكل 12 – ب تشغيل جاف

شكل 12 تأثير التغذية وعمق القطع على الخروج عن الاستدارة عند تثبيت سرعة القطع عند  $V = 509 \text{ m/min}$

ولكن كلما زاد مقدار عمق القطع عند نفس قيم التغذية السابقة نلاحظ انخفاض تدريجي في قيمة الخطأ في الاستدارة، وتبلغ أقصى قيمة للخطأ في الاستدارة عند الزيادة في معدّل التغذية وعمق القطع حتى تصل إلى حوالي 50  $\mu\text{m}$ .  
وبإجراء عملية مقارنة بين الأشكال الثلاثة السابقة حيث تتم هذه المقارنة عند ثبوت معدّل التغذية عند 0.092 mm/rev واختيار عمق قطع منخفض 0.548mm فإننا نلاحظ حدوث تحسن في قيمة الخطأ في الاستدارة عند استخدام لقم قطع  $r = 1.2 \text{ mm}$  و 0.4 وتجنب العمل بأعماق قطع مرتفعة.

### جدول (3) قيم المتغيرات المستخدمة في التحليل

المتغير	سرعة القطع m/min	معدل التغذية mm/rev	عمق القطع Mm
-1.682	337.4	0.008	0.0548
-1	407	0.025	0.065
0	509	0.050	0.080
1	610.4	0.075	0.095
1.682	680	0.092	0.105



#### 4. الخلاصة

تمت دراسة متغيرات القطع الدقيق (سرعة قطع ومعدل التغذية وعمق القطع) وذلك على الخروج عن الاستدارة وأيضا تمت دراسة تأثير نصف قطر استدارة الشكل الهندسي للحد القاطع من خلال استخدام ثلاث أنصاف أقطار مختلفة للقم كربيدية وهي:  $r=0.4, 0.8, 1.2\text{mm}$ . وأهم ما يمكن استخلاصه من هذه الدراسة ما يلي:

- 1- في حالة القطع الدقيق توجد العديد من التداخلات بين تأثير متغيرات التشغيل على خصائص السطح، بمعنى أن اتجاه تأثير أي متغير يعتمد على قيم المتغيرات الأخرى.
- 2- تأثير متغيرات التشغيل على خصائص السطح تتغير مع تغير نصف قطر استدارة الشكل الهندسي للحد القاطع والذي يلعب دورا هاما في مساحة التلامس بين أداة القطع والسطح المشغل.
- 3- تأثير كل متغيرات التشغيل على خصائص السطح ربما تتأثر كثيرا بوجود سائل تبريد (في بعض الحالات أظهرت نتائج عكسية).
- 4- يفضل استخدام سرعات قطع منخفضة أو متوسطة مع عمق قطع صغير وذلك في المدى الذي تم دراسته في هذه الدراسة للحصول على درجة تشطيب عالية.
- 5- يقل التحسن في صلادة السطح المشغل كلما زاد معدل التغذية وذلك لعدم انتظام تدفق معدن الطبقة السطحية.
- 6- معدل التغذية الذي يعطى أقل خطأ في الاستدارة (الخروج عن الاستدارة) يختلف باختلاف نصف قطر استدارة الشكل الهندسي للحد القاطع . والمدى الأفضل لمعدل التغذية كان من  $0.065\text{ mm/rev}$  إلى  $0.092\text{ mm/rev}$  وذلك مع عمق قطع في المدى من  $0.05\text{ mm}$  إلى  $0.08\text{ mm}$ .
- 7- أقل قيم للخروج عن الاستدارة يحدث عند نصف قطر حد القاطع  $r = 1.2\text{mm}$  وعند أقل معدل تغذية وأقل عمق قطع .

#### 5. المراجع

- [1] M. Rajesh, G. Naga Malleswara Rao, B. Charles, Mohana Reddy., “ A review on optimization of cutting parameters in machining using predictive models”., International Journal for research in applied science & engineering technology, (IJRASET)., volume 5 , issue XII , December 2017.
- [2] Yang hna , Liu Zhangiang ., “ Effect of cutting parameters and tool nose radius on surface roughness and work hardening during dry turning Inconel 718., International journal of advanced manufacturing technology ., 96 (3) May 2018.
- [3] El-Baradie, M. A., “Surface Roughness Model for Grey Cast iron (154BGN),” Part B: Journal of Engineering Manufacture, Vol. 207, pp. 43-54, 1993.
- [4] P. Franco , M. Estrems ., “Influence of radial and axial run outs on surface roughness in face milling with round insert cutting tolls” , Int. Journal of machine tools and manufacture , 44(15), 1555 – 1565, December 2004.
- [5] S. Yousefi , m. Zohoor., “ Experimental Studying of the variation of surface roughness dimensional accuracy in dry hard turning operation”, The Open mechanical engineering journal.,PP 175 – 191, volume 12, 2018, ISSN: 1874 – 1555X .
- [6] Das, M. N. and N. G. Girti, “Design and Analyses of Experiments”, John Wiley and Sonse, New York, Second Edition, 1986.
- [7] Duncan, J.A., “Quality Control and Industrial Statistics”, Irwin Dorsey, Georietown, 4 th end, 1974.



- [8] Hasan Khlifi, Lefi Abdellaoui, Hedi Hamdi, Wasila Bouzid., “ Influence of the nose radius on the cutting for cuss during turning”., International Conference on advanced materials mechanics & manufacturing., PP 152 – 159 , 2018.
- [9] Axinye, D. A. and R. C. Dewes, “Surface Integrity of Hot Work Tool Steel after High Speed Milling Experimental Data and Empirical Models”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 127, pp. 325-335, 2002. <sup>22</sup>
- [10] Box, G. E. P. and J. S. Hunter, “Multifactor Experimental Designs”, Ann, Math. Stat, Vol. 28, pp. 195, 1957.
- [11] Tonshoff , H. K., H. G. Wobker and D. Brandt “Tribological Aspects of Hard Turning With Ceramic Tools”, J . Soc. Tribal kubr. Eng., Vol .51, pp. 163-168, 1995.
- [12] Akhbazarova, S. and V.Kafarov, “Experimental Optimization in Chemistry and Chemical Engineering”, 1982.