

تصميم المجرى الحلزوني لريشة النقب بواسطة الحاسوب

الدكتورة لطيفة عبد الحفيظ الحموي*

(قبل للنشر في 2003/1/15)

□ الملخص □

يعطي البحث فكرة هامة عن تصميم المجرى الحلزوني لريشة النقب برمجياً تبعاً للمقادير الهندسية الخاصة بهذا المجرى. تم استخدام وبرمجة نظرية الأقواس للحصول على النتائج النظرية والعملية مع اعتبار تأثير زاوية الجرف على عمل مجرى الريشة الحلزوني. ولقد تبين من خلال البحث أن النتائج التي تم الحصول عليها تتوافق مع الأفكار النظرية والعملية المقترحة سابقاً.

* مدرس في قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Design of Helical Flute Cutting Drill Tool Using a Computer Programme

Dr. Latifa Abdul Hafiz Alhamwi*

(Accepted 15/1/2003)

□ ABSTRACT □

The present work gives an important idea about a programmed helical flute cutting drill tool design, with its special geometry parameters.

The ares method is used and programmed to achieve the theoretical and experimental results, since the rake angle influences the helical drill work.

The results obtained are in agreement with the theoretical and experimental ideas previously proposed.

*Lecturer in Department of Production And Designing – Faculty of Electrical and Mechanical Engineering - Tishreen University-Lattakia-Syria.

مقدمة:

تسمح الطرق العصرية التقنية بممارسة تصميم أدوات القطع المعدنية بمساعدة الحاسوب، حيث يتسم هذا النظام بالتأثير المتبادل للتخصصات ضمن نطاق إنتاج أدوات القطع المعدنية، البرامج الآلية والطرق التكنولوجية المطابقة. يتصف تحضير الرسم الهندسي لأداة القطع المخصصة بأنه النتيجة النهائية لهذا التصميم وعلى أساس دراسة خطط التصميم للأدوات القاطعة تؤخذ أداة القطع كنظام عناصر مستقلة متبادلة العلاقة والارتباط. وعلى هذا الأساس تحدد أطوار التصميم وتفرز بأنظمة تحتية مستقلة لأدوات القطع. يتمثل هذا النظام وفق شكل محدد بصناديق مستقلة، كل واحد منها يمكن أن يوظف في النظام بشكل مستقل.

هدف البحث:

يتمثل في تحديد المقطع الجانبي لمجرى ريشة الثقب الحلزوني نظرياً وفق العلاقات الرياضية وبالاستناد إلى نقاط عشوائية اعتمدت على طريقة أقواس الدائرة ثم مقارنتها بالنتائج التي تم الحصول عليها بمساعدة الحاسوب. تم في البحث أيضاً دراسة تغير زاوية الجرف ومدى تأثير هذا التغير على عمل الريشة نظرياً ومقارنتها بالنتائج العملية التي تم الحصول عليها بمساعدة الحاسوب.

النظام الأساسي لتصميم أداة القطع [1]

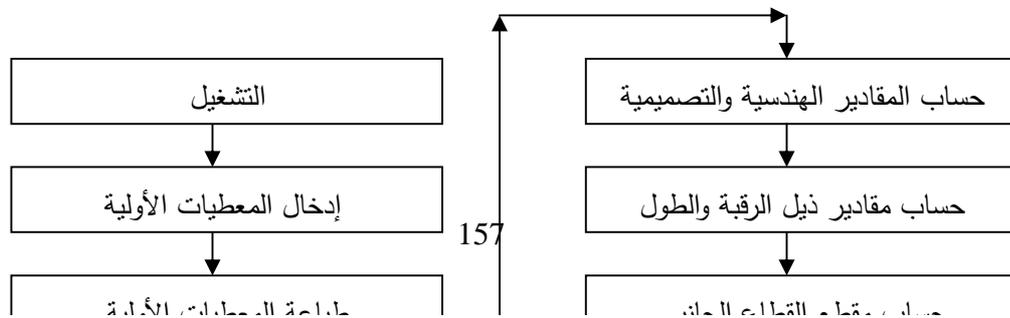
يمكن توضيح المبادئ الأساسية لتصميم أدوات القطع المعدنية بمساعدة الحاسوب بالمثال التالي: ريشة ثقب حلزونية مصنعة من فولاذ صلب يمثل لنا أداة القطع المراد تصميمها بمساعدة الحاسوب.

إنشاء الخوارزمية:

يوضح الشكل (1) الخوارزمية الخاصة بمراحل تصميم ريشة الثقب المتتالية.

يتضمن الشكل بما يخص المرحلة الأولى إدخال المعلومات الابتدائية، حيث تتسم المقادير الابتدائية عند تصميم ريشة الثقب الحلزوني بأنها أبعاد الثقب المشغل، المادة المشغلة وخصائصها، الأجهزة التي يمكن بها إنتاج الثقب، المقياس الذي يتم به إنتاج المادة المشغلة، شكل وأبعاد الأجزاء المشغلة، وجود تسامحات أو عناصر أخرى على الأجزاء، التي تنشأ ضرورة زيادة طول أداة القطع،.... الخ. تظهر لدينا أيضاً معلومات شرطية دائمة بما يخص نوعية المعطيات على شكل جدول مطابق يتمثل ببطاقة الاستخدام، وجدول مماثلة لاختيار مادة أداة القطع، المقادير الهندسية للقسم القاطع،.... الخ.

تحفظ المعلومات الشرطية الثابتة في ذاكرة الآلة وفي اللحظة المناسبة يمكن الحصول من البرنامج على التصميم الخاص بالريشة. تتلخص مرحلة تدقيق المعطيات الابتدائية بما يلي: تحديد قطر الريشة والأجهزة المستخدمة لتشغيل الثقب لأن المنطقة المفترضة تتضمن استخدام ريشة لتشغيل ثقب بقطر حتى 100mm.



الشكل (1) - خوارزمية تصميم ريشة ثقب حلزونية

في حال وجود آلة ثقب يحدد القطر الأعظمي الممكن للثقب، الذي يمكن ثقبه في المشغولة فإن طول الثقب لا يجب أن يزيد عن (10D) من قطر الريشة. وبما أن طرد الرايش عند الثقب العميق بمثقب عادي هي عملية صعبة. لهذا فإنه عند الطول الكبير للثقب تستعمل ريشة ثقب حلزونية للثقب العميق. توافق الدقة المرغوبة لتشغيل الثقب بريشة ثقب حلزونية لدرجة دقة مساوية لـ (3 - 4 a) حسب النظام الروسي. إذا تطلب الأمر دقة أكثر يمكن تشغيل مثل هذا الثقب، ويتم ذلك عند تحديد قطر ريشة الثقب بحساب التسامحات قبل التشغيل وإدخال التصميمات الموافقة في المعطيات الابتدائية. إن تحديد مادة ريشة الثقب في المرحلة 5 (الشكل 1) تنتج بمساعدة بطاقات الاستخدام للمادة الخاصة بأداة القطع. عند اختيار مادة أداة القطع تؤثر عدد كبير من العوامل والعامل المحدد هنا يتصف بأنه مادة الجزء المشغل وخصائصها. فمن أجل تشغيل الفولاذ السبائكي؛ حديد الزهر؛ الخلائط الألومنيومية ينصح باستخدام (P6) P6M5P, P6M3 - صلب سرعات عالية بنسبة تتغستن 6% وموليبيدوم 3% أو 5%) ومن أجل التشغيل بعمليات صعبة للفولاذ المقيس بالحرارة والخلائط ينصح باستخدام الفولاذ المحتوي على الموليبيدوم والكوبالت P6M5K5, P9K5, 10P6M5 لرفع الانتاجية.

يمكن أن تتضمن بطاقة الاختيار لمادة أداة القطع عدد كبير من العوامل، وبشكل خاص معرفة نوعية المادة المشغلة، حالة السطح المنتج، وجود قشور على السطح، تعددية الإنتاج وبرنامج إصدار المنتج، طريقة إنتاج أداة القطع، نوعية النظام التكنولوجي، وجود مادة الأداة في المصنع..... الخ. يحدد الحساب التصميمي من أجل الشروط الإنتاجية المحددة بالنوعية الأكثر تناسبا وهي حاليا الفولاذ سريع القطع. عند استخدام التصميم بمساعدة الحاسوب لريش الثقب الحلزونية ووفق البطاقات الموضوعية لاختيار مادة أداة القطع ممكن أن يستعمل نظام التقييمات وذلك بتحديد كمية النماذج لكل عامل من العوامل ووفق درجات معينة يحدد التقييم لكل نموذج عند جمع الدرجات وقد اختيرت للتصميم نوعية الفولاذ سريع القطع.

تمثل المرحلة 6 الموضوع الأكثر أهمية عند تصميم ريشة المثقب الحلزوني وهو تحديد المقادير الهندسية والتصميمية لأداة القطع. فهي تتضمن برنامج فرعي لتحديد المقادير الهندسية للقسم القاطع، قيمة قطر ريشة المثقب ، قطر النواة ، مقطع القطاع الجانبي لمجرى ريشة الثقب. تتعلق المقادير الهندسية للحد القاطع الخاص بريشة الثقب الحلزونية بشكل أساسي بالخواص الفيزيائية-الميكانيكية للمادة المشغلة، ولكن في الوقت الحالي لا تشكل العلاقة المتشكلة بين خصائص المادة المشغلة والمقادير الهندسية للمثقب إمكانية عالية، فهذه العلاقات بين المقادير تعطي على شكل جداول قياسية. يشكل البرنامج الأولي حل مسألة اختيار قيمة القطر الخارجي للمثقب ، حيث يمثل القطر الأعظمي المفروض للريشة d_{max} فرق القطر الأعظمي للمثقب D_{max} و التقسيم الأعظمي P_{max} للمثقب عند ثقبه. يحدد التقسيم الأعظمي للمثقب تجريبياً أو بحسب وفق المعادلة :

$$P_{max} = 0.75 d_o$$

حيث d_o -التسامح على الثقب.

$$d_{max} = D_{max} - P_{max}$$

عند إيجاد القيمة d_{max} تقرب إلى أقرب أصغر قيمة قياسية، أما التسامح على القطر الخارجي فيرمز له بـ hg أو hg . تقدر قيمة المخروطية Δd عند القطر الخارجي حسب طول الريشة وعمق الثقب أما الطول فيؤخذ مع الأخذ بعين الاعتبار قطر الريشة d (mm).

d	£ 2	2-10	10-18	18-63	63-100
Dd	0.01-0.025	0.03-0.08	0.05-0.1	0.06-0.12	0.1-0.2

القيمة الأصغر للقطر الخارجي لريشة الثقب يجب أن تكون أكبر أو تساوي الفرق بين القطر الأصغر للمثقب والقيمة الصغرى للتقسيم الخاصة بالثقب

$$d_{min}^3 D_{min} - P_{min}$$

يحدد قطر نواة ريشة الثقب بالعلاقة مع قطر الريشة وخصائص المادة المشغلة ، كما يمكن حساب الذيل المخروطي لهذه الريشة وفق العلاقات التمهيدية وعند الجهود المعروفة للمثقب. ويحدد عزم الفتل على ريشة الثقب والجهد المحوري وفق نظام طبيعي ومناسب للقطع ويمكن حسابها وفق العلاقات التجريبية التالية حسب معدن الريشة ونوع المادة المشغلة [4]

$$M = 9.81 C_M S^{0.75} D^2 [N.mm]$$

$$P_{O,C} = 9.81 C_P S^{0.75} D [N]$$

حيث D -قطر الريشة [mm]، S -مقدار التغذية mm في اللفة.

C_M, C_P - الثوابت التي تؤخذ وفق نظام طبيعي ومناسب للقطع.

يختار طول الرقبة مع الأخذ بعين الاعتبار ارتفاع الجلبة الدليلية ، أبعاد الأقسام المرتفعة للأجزاء، وعند تدقيق طول ريشة الثقب يراعى استخدام الريش القصيرة.

النقطة M في المستوي H على طول محور الريشة بمسافة h خلال فترة الانتقال التقدمي للنقطة M وتدور حول محور الريشة بزاوية h:

$$h = \frac{h}{p} 360^\circ$$

حيث p- خطوة المجري الحلزوني للريشة وهي قيمة حقيقية على المستوي H لهذا في حال الدوران حول محور المنقب بالنقطة M₁ وفق الزاوية h، نحصل على النقطة B المرتبطة بالمقطع الجانبي لمجربالريشة. وبشكل مشابه يمكن أن نجد نقاطاً أخرى للمقطع الجانبي لمجري الريشة.
من جهة أخرى يمكن أن نحصل على العلاقات التالية من أجل حساب إحداثي نقطة اختيارية B لقطاع مجربالريشة.

$$Y_b = r_i \cos(h - m_1 + m)$$

$$X_b = r_i \sin(h - m_1 + m)$$

$$m_1 = \arcsin \frac{r_c \sin \alpha}{r_i}, m = \arcsin \frac{r_c \sin \alpha}{r}$$

حيث r_i - نصف قطر النقطة الاختيارية للطرف القاطع.

$$h = \frac{180^\circ}{p} \frac{\cot j \sin(m_1 - m)}{\cot w \sin m_1}$$

إحداثيات النقطة الطرفية A لقطاع مجري الريشة، المتوضعة على نصف القطر r هي X_A = 0, Y_A = r
إحداثيات النقطة الطرفية الثانية T لقطاع السطح الأمامي للريشة، المتوضع على نصف القطر r_c

$$Y_T = r_c \sin(h_c + m)$$

$$X_T = r_c \cos(h_c + m)$$

$$h_c = \frac{180^\circ}{p} \frac{\cot j \cos m}{\cot w}$$

يحدد قوس الدائرة (للتبسيط افترض أن جزء منها يشكل المقطع الجانبي للمجرى الحلزوني الذي يمثل الجزء العامل) بنصف قطر r_1 عند النقطة A, B, T (الشكل 3) والذي يشكل المركز $O_1(X_{O1}, Y_{O1})$ وتحسب إحداثياته بالشكل التالي:

معادلة المستقيم CE :

$$Y = 0.5 (r + Y_b - X_b \tan t) + X \tan t$$

$$\tan t = \frac{X_b}{r - Y_b}$$

معادلة المستقيم OO_1

$$Y = - X \tan(h_c + m)$$

بالحل المشترك لمعادتي المستقيمين OO_1 و CE يحدد إحداثيي النقطة O_1 (مركز دائرة نصف القطر ρ_1)

$$X_{O1} = \frac{0.5 (r + Y_b - X_b \tan t)}{- \tan(h_c + m) - \tan t}$$

$$r_1 = OO_1 - r_c \quad \rho_1: \text{ نصف القطر}$$

تمر الدائرة ذات نصف القطر ρ_2 ، المطابقة لقطاع القسم غير العامل لمجرى الريشة عبر النقطة K وتكون النقطة T ماسة لدائرة نواة ريشة الثقب ودائرة نصف القطر ρ_1

$$r_1 = \frac{Y_{O1}}{\sin(h_c + m)} - r_c$$

تحدد وضعية النقطة الطرفية K بقيمة زاوية مجرى الرايش

$$\varepsilon = 90 \dots 92.8^\circ$$

تحسب إحداثيات النقطة K من العلاقات التالية :

$$X_K = - r \sin e$$

$$Y_K = r \cos e$$

يمثل المركز O_2 للدائرة ذات نصف القطر ρ_2 نقطة تقاطع المستقيم OO_1 و O_2P ، حيث يمر المستقيم O_2P بشكل متعامد خلال منتصف القطعة المستقيمة TK.

يمكن إيجاد المركز O_2 ونصف القطر ρ_2 للدائرة المحددة بقطاع الجزء غير العامل لمجرى الريشة (الشكل 3) بالعلاقات التالية :

$$r_2 = \frac{r \sin e - r_c \cos(h_c + m)}{2 \cos b \cos(b + h_c + m)}$$

$$\tan b = \frac{r_c \sin(h_c + m) - r \cos e_c}{r \sin e - r_c \cos(h_c + m)}$$

$$X_{O2} = - (r_2 + r_c) \cos(h_c + m)$$

$$Y_{O2} = (r_2 + r_c) \sin(h_c + m)$$

تحسب إحداثيات النقاط المختارة المتوضعة على الدائرة ذات نصف القطر ρ_2 كما يلي :

1- نختار الإحداثي X_i للنقطة العشوائية المتوضعة بين النقاط T و K.

2- يحدد الإحداثي Y_i للنقطة المبينة وفق المعادلة :

$$Y_i = Y_{O2} - r_2 \cos d_i$$

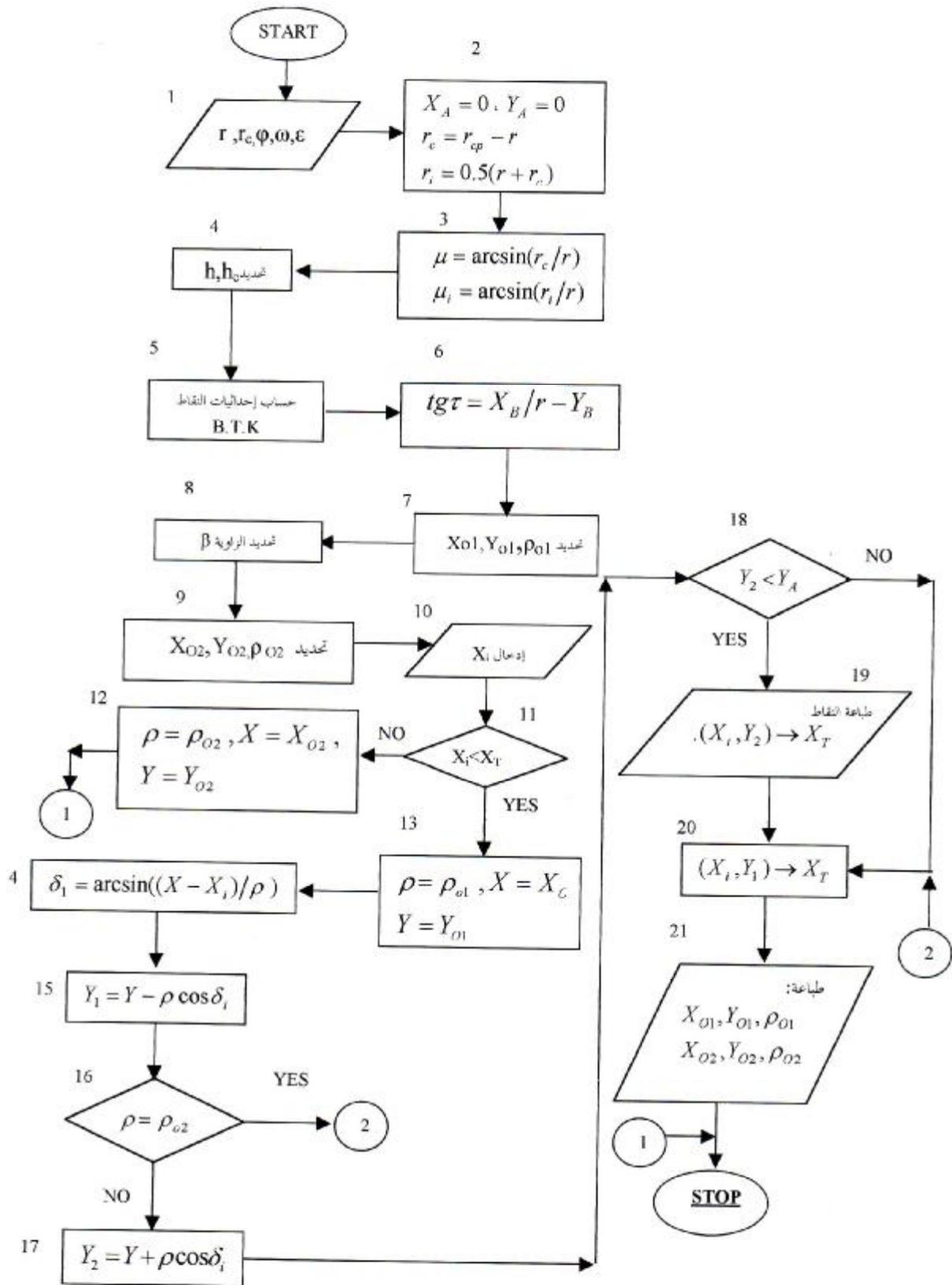
$$d_i = \arcsin \frac{Y_{O2} - Y_i}{r_2}$$

وبشكل مماثل تحدد إحداثيات النقطة المختارة المتوضعة على دائرة نصف القطر ρ_1 بين النقاط A و T :

$$Y_i = Y_{O1} - r_1 \cos x_i$$

$$x_i = \arcsin \frac{Y_{O1} - Y_i}{r_1}$$

عند ذلك من الضروري الأخذ بالحسبان القيمة $\sin \delta_i$ و $\sin \delta_i$ وتحدد قيمتين للزوايا δ_i و δ_i في مجالات القوس المعطى الخاص بالدائرة عند قيمة واحدة X_i وعندها يمكن أن تكون هناك قيمتين لـ Y_i هذا يعني أن المستقيم $X_i = \text{Const}$ يكون مماساً في نقطتين لقوس الدائرة السابقة.



الشكل (4) المخطط الصندوقي لخوارزمية تحديد المقطع الجانبي للمجرى الحلزوني في ريشة النقب

والشعاعية للريشة أثناء عملية الثقب وبالاعتماد على زوايا عديدة كزاوية المجرى الحلزوني ω وزاوية رأس ريشة المثقب φ والزاوية μ توصلت إلى المعادلة التالية التي تمثل قيمة زاوية الجرف على المقطع الناظمي للحد القاطع :

$$\tan g_n = \tan w_i (1 - \sin^2 m \sin^2 j / \sin j \cos m) - \tan m \cos j \quad (1)$$

$$\tan w_i = \frac{r_i}{r} \tan w$$

حيث: r - نصف قطر ريشة المثقب،

r_i - نصف قطر النقطة المختارة على الحد القاطع

ووفق هذه المعادلة يمكن حساب قيمة الزوايا الأمامية للريشة في الثقب في نقاط مختلفة من الجوانب القاطعة له كما سيوضح أدناه.

تمثل هذه المعادلة تغير زاوية الجرف بتغير μ ، ω ، φ ، والشكل (a-5) يبين التغير الحاد للزوايا α ، γ ، λ على طول الحد القاطع في المثقب أما تغير زاوية الجرف γ_t فيوضحه الشكل (b-5) على طول الشفة والمقاسة في مستوي الريش المناسب.

عند رسم المنحني على الشكل السابق والقيام بالحسابات [3] افترضنا أن الزوايا

$$w = 30^\circ, \quad 2j = 120^\circ$$

وأن وتر الثخانة للحد القاطع العرضي $d = 0.15 D$ ، سطح خلوص الشفة اعتبرناه مسطح أي

$$.q_n = \text{const}$$

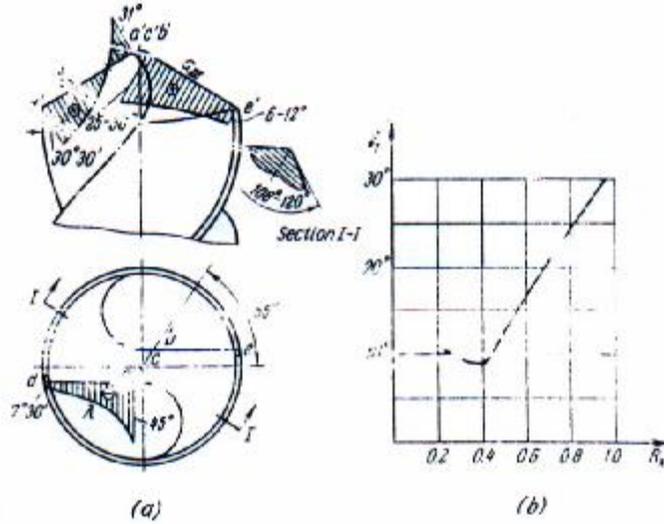
يتضح من الأشكال (b-a-5) أن المقادير الهندسية تتغير بشكل حاد على نقطة من الريشة وهذه تعتبر عيب أساسي في تركيب ريش الثقب الحلزونية يجب تفاديها كما ذكر سابقاً. تلاحظ التغيرات الكبيرة بشكل خاص في قيمة زاوية الجرف التي تتوافق مع ω_i المتناقصة بنفس النسبة كلما اقتربنا من محور الريشة ، كما يصبح المجرى الحلزوني في مركز ريشة الثقب مجرى مستقيم وعندها زاوية الحلزون $\omega_i = 0$ وبالتالي زاوية الجرف تتناقص كلما اقتربنا من مركز ريشة الثقب.

من أجل تخفيض كثافة تغير الزوايا الأمامية والخلفية على الجزء القاطع يمكن اختيار ريشة ثقب ذو توضع قطري للأطراف القاطعة. في هذه الريشة الزاوية $\mu = 0$ وتهمل سماكة العصب أما γ_n فيمكن حسابها عند ذلك من المعادلة التالية [1] :

$$\tan g_n = \frac{\tan w_i}{\sin j}$$

يمكن حساب زاوية الجرف عموماً من المعادلة التالية [3] :

$$\tan g = \frac{\tan g_n}{\cosh c} \quad \mathbf{L(2)}$$

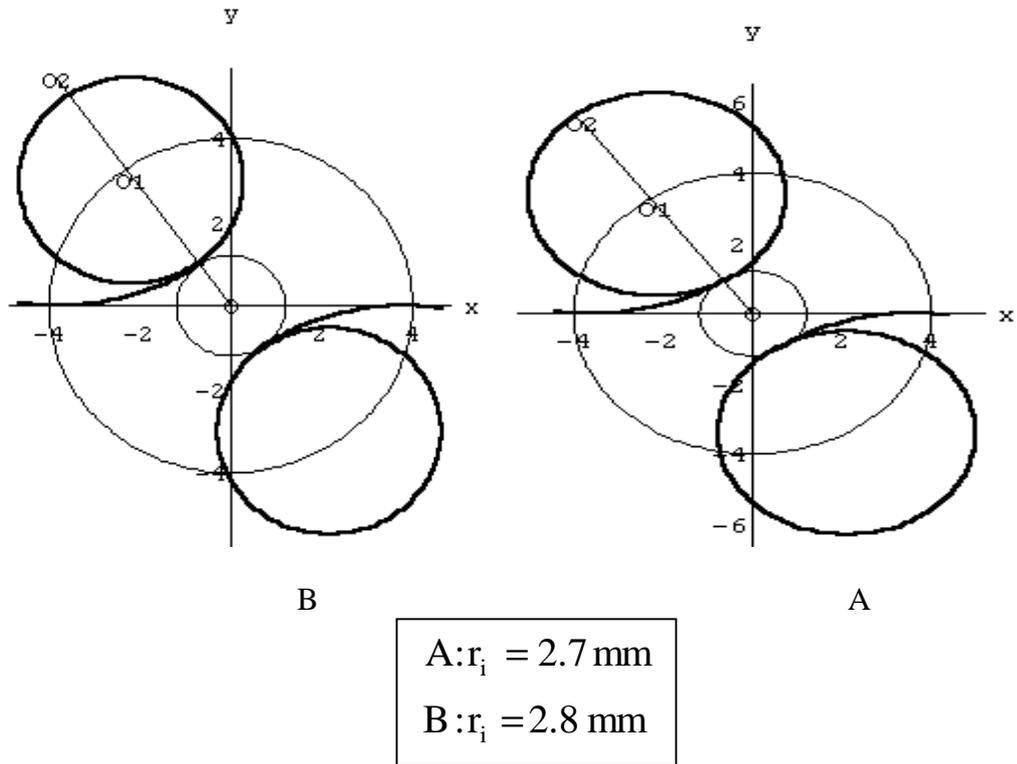


الشكل (5)-تغير المقادير الهندسية على طول الحد القاطع في ريشة المثقب الحلزوني a-تغير الزوايا λ ، α ، γ على طول الحد القاطع، b-تغير زاوية الجرف المماسية على طول الحد القاطع

النتائج واختبار البرنامج :

في هذا البحث ومن خلال العلاقات الرياضية السابقة التي تمثل الدراسة النظرية التصميمية لتحديد المقطع الجانبي للمجرى الحلزوني في الريشة تم الاستعانة بالحاسوب لإيجاد كافة إحداثيات النقاط والزوايا الخاصة بها اعتماداً على نقاط عشوائية وبطريقة أقواس الدائرة وذلك وفق برنامج خاص كتب بلغة turbo-Pascal [6]. من خلال هذا يمكن تحديد المقطع الجانبي الملائم لأي ريشة مثقب حلزوني ووفق أي معطيات موافقة والنتائج التالية توضح ذلك بمعطيات لريشة ثقب قياسية [5].

R_2	Y_{02}	X_{02}	R_1	Y_{01}	X_{01}	φ	ω	ε	r	r_c	r_i
5.415	5.415	3.8-	2.464	2.999	2.18-	60	25	90	4	1.2	2.7
5.5	5.145	3.61-	2.89	3.4	2.128-	60	25	90	4	1.2	2.8

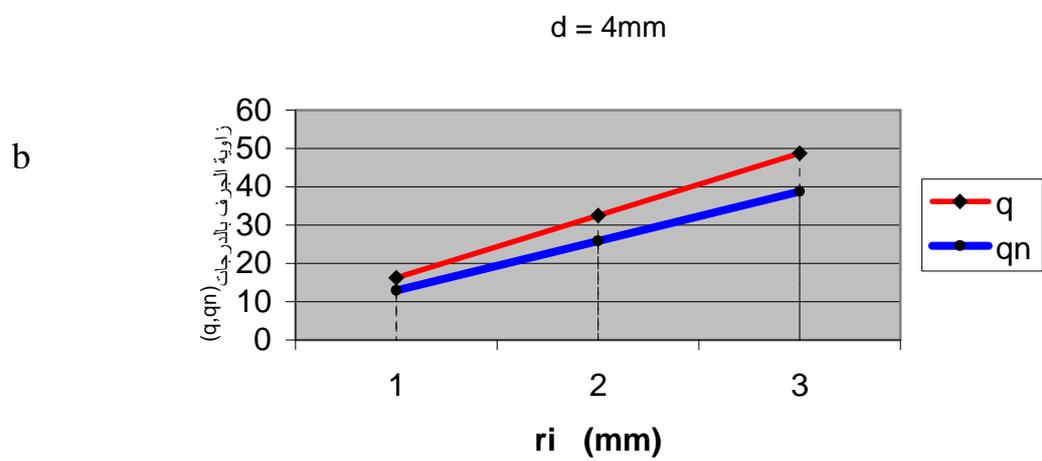
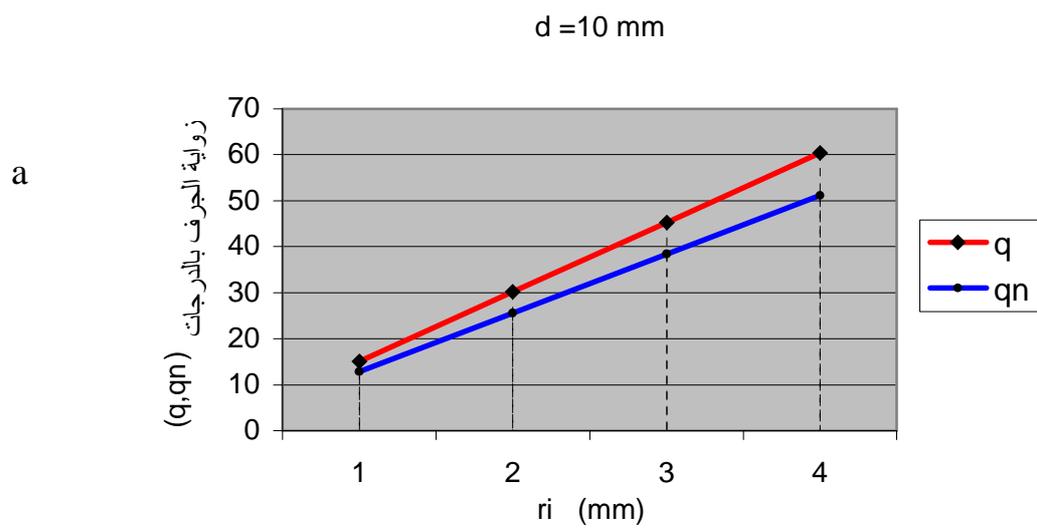


الشكل (6)-تحديد المقطع الجانبي للمجرى الحلزوني تجريبياً

اعتماداً على جدول النتائج تم الحصول على مسقط المجرى الحلزوني الجانبي (القوس الذي يمس دائرة الحد القاطع العرضي وأحد الإحداثيين بينما يقطع الآخر) ويوضح ذلك الشكل (6) وبمقارنة الشكلين (3) و(6) يمكن ملاحظة صحة النتائج.

عند استخدام الحاسب لحساب زاوية الجرف وفق الافتراضات السابقة للدراسة النظرية وبقطر لريشة الثقب بحدود mm10 موافق للزاويا المفترضة [4] ولريشة مصنوعة من صلب السرعات العالية أما المشغولة فهي صلب σ_t حتى 700 MPa حصلنا على المنحني البياني المبين على الشكل (a-7) والذي يوضح لنا أيضاً تزايد زاوية الجرف كلما ابتعدنا عن مركز الريشة بشكل مطابق للدراسة النظرية السابقة مع الأخذ بعين الإعتبار أنه في منطقة قمة الريشة تكون قيم زاوية الجرف قيم سالبة، ولذلك اعتمدت النتائج على قيم لنصف القطر الافتراضي أكبر من قيمة r_c نصف قطر قمة الريشة.

أخذنا فرضيات أخرى للقيم السابقة بحيث يكون قطر ريشة الثقب mm 3.5-4.4 والزاوية $\omega = 25^\circ$ أما $2\phi = 120^\circ$ فكان تغير زاوية الجرف وفق المنحني على الشكل (b-7) يؤكد لنا أيضاً الدراسة النظرية.



الشكل (7) تغير زاوية الجرف على طول الحد القاطع تجريبياً حيث $\gamma_n = q_n$ ، $\gamma = q$

ملاحظات حول النتائج والمنحنيات :

اعتمد في المنحنيات (a,b) المقارنة بين γ و γ_n وفق المعادلة (1) و (2) حيث يلاحظ ازدياد γ عن γ_n بمقدار كاف.

المجال الملائم لقيم زاوية الجرف بالنسبة لـ $d=4\text{mm}$ هو $\gamma_n=25-38^\circ$ أما عند $d=10\text{mm}$ تكون $\gamma_n=38-51^\circ$.

القيم الافتراضية لنصف القطر r_i التي هي أقل من القيمة المقترحة نظرياً لا تعطي قيم ملائمة لتحديد المقطع الجانبي للمجرى الحلزوني حسب النتائج وبالتالي فإن قيم زاوية الجرف غير مرغوب بها.

الاستنتاجات:

- 1- يرتبط تحديد المقطع الجانبي للمجرى الحلزوني عملياً بمجال محدد لنصف القطر الافتراضي فُرض نظرياً وأثبتت النتائج صحة هذه الفرضية.
- 2- إمكانية دراسة تأثير زاوية المجرى الحلزوني على شكل المجرى بطريقة أقواس الدائرة.
- 3- يرتبط تغير زاوية الجرف تماماً بشكل الريشة الهندسي وتعتمد القيمة المناسبة على قيمة نصف القطر الافتراضية المقترحة نظرياً.
- 4- يمكن تعيين زاوية الجرف الملائمة عند المقطع الجانبي المحدد بأخذ نفس القيمة المفترضة لنصف القطر تجريبياً.
- 5- تزايد قيمة زاوية الجرف عموماً عن زاوية الجرف على المقطع الناظمي مع ازدياد قطر ريشة الثقب كما يلاحظ من المنحنيات يساعد على تحديد القيمة المناسبة لزاوية الجرف عند قطر محدد للريشة.
- 6- إمكانية تحديد المقطع الجانبي للمجرى الحلزوني بطريقة أقواس الدائرة بمساعدة الحاسوب ووفق قيم محددة لقطر الريشة.
- 7- إمكانية تطوير البحث لتحديد قطاع مقطع التفريز المناسب للمجرى الحلزوني وكذلك القطر الخارجي لريشة الثقب اعتماداً على وضع برنامج وخوارزمية خاصة.
- 8- إمكانية تحديد القيم المثلى لتحديد المجرى الحلزوني باستخدام طريقة أقواس الدائرة واسقاطها رياضياً على مجموعة من النقاط من ضمنها المجال الذي تم إيجاده في هذا البحث وإمكانية التطوير ضمن هذا المجال.

المراجع:

.....

1-Rodin.P, **Principals of Cutting Tools Design**, Kiev, Hay school, 1990.

2-Ranganth, B.J., **Metal Cutting and Tool Design**, Writ, 1993.

3-Rodin.P,**Design and Production of Metal-Cutting Tools**, N.Weinstein, 1968.

4- د.عبد العزيز عرار، **نظرية قطع المعادن وتصميم أدوات القطع**، منشورات جامعة دمشق، 1980

5- د.زاهي اسبيرو، **نظرية قطع المعادن**، منشورات جامعة حلب، 1997

6-جيفري هسو ترجمة المهندس حسن لطفي، **لغة التريو باسكال**،الدار العربية للعلوم، 1990