

الاهتزازات القسرية للنظام التكنولوجي في عمليات الخراطة الطولية للأعمدة باستخدام مجاري تكسير الرايش

الدكتور المهندس عصام قرقوط⁽¹⁾

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة الاهتزازات القسرية المتولدة أثناء عملية الخراطة الطولية للأعمدة، وذلك بسبب وجود مجاري تكسير الرايش على السطح المشغل، وهذه المجاري عبارة عن مجاري حلزونية ذات خطوة كبيرة مشكلة على السطح المراد تشغيله من أجل تقطيع الرايش الناتج إلى قطع صغيرة، بحيث يسهل إبعادها عن منطقة القطع. إن وجود هذه المجاري على سطح المشغولات بسبب تغيير في مقطع الرايش وتغيير عمق القطع، وبالتالي تغيير قوة القطع، وهذا بدوره يسبب تولد حركة اهتزازية قسرية في النظام التكنولوجي. من أجل دراسة وتحليل هذه الحركة الاهتزازية فقد تم إيجاد المعادلات التفاضلية الممثلة لحركة النظام التكنولوجي ودراسة علاقة سعة الاهتزاز A بالتردد ω_f وتأثير كل من نظام القطع (V, S, t) وعمق المجرى على هذه العلاقة بالنتيجة فقد تم تحديد مجال استقرار حركة النظام التكنولوجي المدروس، بحيث تكون سعة الاهتزازات المتولدة ثابتة تقريبا وذات أثر محدود في دقة التشغيل.

الكلمات المفتاحية: الاهتزازات القسرية- النظام التكنولوجي- تكسير الرايش

⁽¹⁾دكتور في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، قسم هندسة التصميم الميكانيكي، جامعة دمشق.

The forced vibration of the technological system in the turning shafts by using chip-Breaking flutes

Dr.Essam karkout⁽¹⁾

Abstrac

This research studies the forced vibration which is generated during the internal turning cylinders by using chip-Breaking flutes. These flutes are spiral with big pitch formed on the surface of the working-piece for breaking the chip to small pieces that can be easily moved away from the cutting place.

These flutes periodically cause a change in the section of the cutting layer which cause a creation of the forced vibration motion, it has been found the differential equations that represent the motion of the system and studying the characteristics of "amplitude-frequency" and the effects of cutting depth, feeding, cutting speed and the depth of the flute on them.

As a result it has been found a stability field for the studied motion of the technological system in which the amplitude of the generated vibration is nearly constant and it has a small effect on the accuracy of the working pieces

⁽¹⁾ .Faculty of Eng.Mech & Elec Damascus University.

1- المقدمة:

أثناء عمليات التشغيل الميكانيكي للقطع يمكن أن تتولد أشكال مختلفة من الحركات الاهتزازية في النظام التكنولوجي (اهتزازات قسرية، اهتزازية أوتوماتيكية محرضة ذاتيا) وهي ذات أثر سلبي كبير على دقة التشغيل وجودة المنتج وعلى عناصر وميكانيزمات آلة التشغيل.

وكما هو معلوم عند تشغيل العناصر الفولاذية بالخراطة فإن الرايش الناتج يكون على الغالب على شكل شريط حلزوني مستمر يمكن ان يلتف على اداة القطع والمشغولة ويشكل خطرا على سلامة العاملين، كما انه يزيد من احتكاك الرايش على السطح المشغل مما يسيء لنعمته وجودته بشكل عام، وهذا بدوره يعيق من عملية التشغيل ويعيق من الإنتاجية.

ومن هنا فإن عملية تقطيع أو تكسير الرايش المعدني (chip breaking) الناتج عن عملية التشغيل تشكل واحدة من المسائل الهامة التي نالت الكثير من الدراسة والبحث من قبل الاختصاصيين من اجل ايجاد الطرائق الكفيلة بتقطيع الرايش الناتج الى قطع صغيرة طولها بحدود (120-80) mm في عمليات الخراطة الخارجية و بحدود (80-50) mm في الخراطة الداخلية بحيث يسهل إبعادها عن منطقة القطع.

2- طرائق تكسير الرايش

(methods of chip breaking):

من الممكن تطبيق مختلف الطرائق والاساليب المتبعة لتكسير الرايش المعدني في عمليات الخراطة الى أربع مجموعات رئيسية:

1- طرائق حركية (kinematic methods):

هذه الطرق جميعها مؤسسة إما على إعطاء قلم القطع او المشغولة حركة اهتزازية دورية طولية ينتج عنها تقطيع الرايش الناتج [4،5]، او على تثبيت قلم القطع على

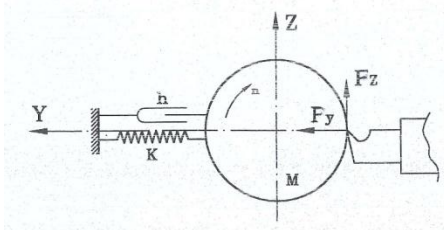
جهاز خاص يرتبط مع الية التغذية في المخرطة ويعمل هذا الجهاز على فصل حركة التغذية دوريا ولفترة زمنية قصيرة جدا مما يسبب توقف حركة أداة القطع خلالها، مما يسبب قطع الشريط الرايش الناتج [6] وقد تم إيجاد العديد من التصميمات المختلفة لهذه الأجهزة. ولكن لم تلتق هذه الطرق الانتشار الواسع بسبب تعقيد تصميم هذه الأجهزة مما يزيد من تعقيد المخطط الكينماتيكي لعملية التشغيل، كما ان هذه الطرائق يمكن ان تزيد من خشونة (roughness) السطح المشغل ولا تلبى درجة النعومة المطلوبة للسطح في عمليات التشغيل اللانهائية الدقيقة.

2- طرائق تعتمد على تركيب لقمة إضافية على السطح الامامي لقلم القطع، او تشكيل حفر ومجاري صغيرة على السطح الامامي لأداة القطع وخلف الحد القاطع مما يساعد على التقاف الرايش وتكسيه.

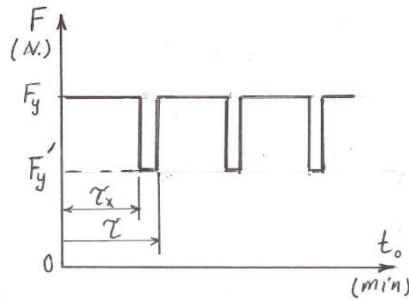
3- طرائق تعتمد على التحكم في هندسة وزوايا قلم القطع تبعا لنظام التشغيل المستخدم وخواص المادة المشغلة. وان فعالية هذه الطرق مرتبطة بالاختيار الصحيح لنظام القطع (cutting condition- v,s,t) مما يجعلها طرائق غير عمومية وغير فعالة في مجال تغيير نظام التشغيل.

4- طرائق تعتمد على معالجه او تحضير السطح المراد تشغيله مسبقا بشكل يساعد على تكسير الرايش اثناء التشغيل [6] ومن هذه الطرائق يمكن أن نذكر تشكيل مجاري حلزونية بخطوة كبيرة على السطح المراد تشغيله [1].

للطرائق الثلاثة الاولى المذكورة أعلاه ميزات وسيئاتها، ولا يمكن ان نعتبر اي منها طريقه عامة صالحة للاستخدام في جميع ظروف تشغيل، ومن أجل تشغيل كافة العناصر المعدنية. بناء على ذلك فان تشكيل مجرى



الشكل (1) المخطط الحسابي للنظام التكنولوجي في عمليات خراطة الأعمدة الفولاذية في المراكز



الشكل (2) مخطط قوة القطع عند الخراطة باستخدام مجاري تكسير الرايش

جرى دراسة وتحليل بارامترات النظام التكنولوجي وألية وضع المخطط الحسابي المذكور في مقالة سابقة [1]. ان التغير الدوري لعمق القطع بسبب وجود المجري على السطح المشغل يؤدي الى ظهور قوه محرضة دورية وهذا ما يسبب تولد اهتزازات قسرية (forced vibration) في النظام التكنولوجي المدروس كما هو معلوم في نظرية الاهتزازات فان النظام المدروس والمعبر عنه بمخطط حسابي ذي درجة طلاقة واحدة (الشكل 1)، ومع الاخذ بعين الاعتبار كافة القوى المؤثرة في الاتجاه القطري، يمكن تمثيلها في معادله تفاضلية من الشكل [8]:

$$m\ddot{y} + h\dot{y} + ky = F_y(y, \dot{y}) \dots (1)$$

حيث:

$$F_y(y, \dot{y}) - \text{المركبة القطرية لقوة القطع}$$

$$\text{Cutting force (N)}$$

$$K - \text{جساءة النظام التكنولوجي في الاتجاه القطري}$$

$$\text{coefficient of rigidity (N/mm)}$$

حلزوني أو أكثر بخطوه كبيره على السطح المراد تشغيله يمثل طريقه فعاله و اكثر عمومية لتكسير الرايش الناتج ولا تعتمد على الخواص الفيزيائية_ الميكانيكية للمادة المشغلة. ان عمق المجاري اللازمة وعددها يتعلق بنظام القطع المستخدم وقطر السطح المشغل. وبشكل عام يمكن أن يؤخذ بحدود:

$$t_x = (0.85 \dots 0.9).t$$

حيث t: عمق القطع و t_x : عمق المجري.

3 - الحركة الاهتزازية للنظام التكنولوجي:

ان تشكيل مجاري حلزونية بشكل مسبق على السطح المشغل بهدف تكسير الرايش يؤدي الى تغير دوري في عمق القطع اثناء عمليه التشغيل وفي لحظة مرور قلم القطع في المجري وبالتالي تغيير دوري في قيمة قوة القطع.

ان الأبحاث العملية المتعلقة بعمليات التشغيل بالقطع تبين أن نقطع او عدم استمرارية عملية التشغيل والتغيير الدوري لقيمة قوة القطع يؤدي الى تولد حركة اهتزازية قسرية في النظام التكنولوجي (آلة التشغيل، المشغولة، اداة القطع) [5.4] من أجل دراسة هذه الحركات الاهتزازية وتحليلها فقد تم تمثيل النظام التكنولوجي المدروس بمخطط حسابي، نموذج رياضي mathematical model مبسط يتمتع بدرجة طلاقة واحده للعنصر المشغل بالاتجاه القطري $y-y$ كما هو مبين على الشكل (1).

بالنسبة للنظام التكنولوجي لخراطة الأعمدة الطويلة في المراكز والمعبر عنه بمخطط حسابي ذي درجة طلاقة واحدة فان المجموعة الاساسية المهتزة هي على الغالب المشغولة [1].

$$F_y(y, \dot{y}) = C_p t^{xp} S^{yp} V^{-np} + \theta \dot{y} \dots (4)$$

حيث:

t, s, v - سرعة القطع، التغذية، عمق القطع على

الترتيب.

C_p - معامل يتعلق بالخصائص الميكانيكية للمعدن

المشغل وبظروف التشغيل [2].

تولد القوة المحرصة $F(t_0)$ حركة اهتزازية للمشغولة في

الاتجاه القطري y وبذلك فان عمق القطع سيكون متغير

بسبب ذلك، وعمق القطع الآتي t_m في هذه الحالة يساوي:

$$t_m = (t - y) \quad (\text{mm})$$

حيث:

t - عمق القطع الاسمي المعطى في نظام التشغيل.

y - مقدار إزاحة المشغولة في اللحظة المدروسة (سعة

الاهتزاز في هذه اللحظة).

حيث تصبح العلاقة (4) على الشكل الآتي:

$$F_y(y, \dot{y}) = C_p (t - y)^{xp} S^{yp} V^{-np} + \theta \dot{y} \dots (5)$$

الحد الممثل لعمق القطع في العلاقة السابقة يمكن أن

ينشر في سلسلة أسية بالنسبة للإزاحة y :

$$(t - y)^{xp} = t^{xp} - X_p t^{(xp-1)} \cdot y + \frac{1}{2} X_p (X_p - 1) t^{(xp-2)} \cdot y^2 - \frac{1}{6} X_p (X_p - 1) (X_p - 2) t^{(xp-3)} \cdot y^3 \dots (6)$$

بتعويض المعادلة (6) في (5) والتعويض في المعادلة

النفاضلية للحركة (2) وبإهمال الحدود اللاخطية للإزاحة

اعتمادا على ما ذكر سابقا، وبعد اجراء الصياغة المناسبة

للعلاقة الناتجة نحصل على معادلة الحركة من الشكل:

$$\ddot{y} + G_0 \cdot \dot{y} + w_n^2 - D_0 = F(t)/m \dots (7)$$

حيث:

$$G_0 = (h + \theta)/m ;$$

$$; w_n^2 = \frac{k_n}{m} = \frac{k + C_p S^{yp} V^{-np} X_p t^{(xp-1)}}{m}$$

$$D_0 = \frac{C_p t^{xp}}{m}$$

h - معامل قوة المقاومة (قوة التخماد) $(N \cdot \text{sec}/m)$.

$h\dot{y}$ - تمثل قيمة قوى المقاومة في النظام (N) .

m - الكتلة المكافئة للمجموعة المهتزة (N) .

بسبب وجود المجاري على السطح المشغل تصبح قوه

القطع متغيرة دوريا على شكل تابع زمني يمكن تمثيله

بالمخطط المبين على الشكل (2) من أجل تبسيط العلاقات

الرياضية من الممكن فصل المركبة المتغيرة لقوه القطع،

والتي تمثل القوى المحرصة الخارجية الدورية والتابعة

للزمن عن المركبة الثابتة وبذلك تصبح المعادلة (1) من

الشكل:

$$m\ddot{y} + h\dot{y} + ky = F_y(y, \dot{y}) + F(t_0) \dots (2)$$

حيث:

$F(t_0)$ - القوة المحرصة الخارجية

t_0 - الزمن.

في دراستنا لاستقرار النظام التكنولوجي (1) تبين ان

وضع التوازن المستقر للنظام التكنولوجي في عمليات

خرائطة الاعمدة الطويلة نسبيا يتحقق من أجل سرعات

القطع الموافقة للجزء الصاعد من منحنى القوة المحصلة،

اي في المجال $v \geq 120 [m/min]$ وكما هو

معلوم، عند دراسة الحركات الاهتزازية للمجموعات

اللاخطية، وعندما تتمتع المجموعة بجساءة عالية فانه

يمكن تمثيل الجزء الصاعد من منحنى القوة المحصلة

بعلاقه خطيه [8] هي من الشكل:

$$F_y(y, \dot{y}) = F_{y0} + \theta \dot{y} \dots (3)$$

حيث:

F_{y0} - قوة القطع في حال انعدام الاهتزازات.

θ - ميل منحنى القوة المحصلة في النقطة الموافقة

لنظام التشغيل (بارامترات القطع).

بالنسبة لقوة القطع F_{y0} يمكن تمثيلها بعلاقة أسية،

وبذلك تصبح العلاقة (3) من الشكل:

$$a_n = \frac{1}{n\pi} \Delta p_y \sin n w_f \tau_x$$

$$b_n = \frac{1}{n\pi} \Delta p_y (1 - \cos n w_f \tau_x)$$

بالاعتماد على نظرية الاهتزاز [8,4] فان حل المعادلة النفاضلية (8) يمثل معادلة الحركة الاهتزازية للنظام

المدرّوس وهي على الشكل التالي:

$$y = \frac{a_0}{2k_n} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n \cos(nw_f t_0 - \varphi_n) + b_n \sin(nw_f t_0 - \varphi_n)}{m \sqrt{(w_n^2 - n^2 w_f^2)^2 + (2G_0 n w_f)^2}} \dots (12)$$

أو تكتب معادلة الحركة بعد الإصلاح بالشكل:

$$y = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A \sin(nw_f - \varphi_n) \quad (13)$$

حيث:

$$A = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}}{m \sqrt{(w_n^2 - n^2 w_f^2)^2 + (2G_0 n w_f)^2}} \dots (14)$$

$$\varphi_n = \tan^{-1} \frac{2G_0 n w_f}{w_n^2 - n^2 w_f^2} \dots (15)$$

A-سعة الحركة الاهتزازية للمجموعة

(Amplitude of vibration)

φ_n - فرق الطور بين القوة المحرّضة والاهتزازات

القسرية (phasa)

w_f - تردد الاهتزازات القسرية (vibration)

frequency) ويحسب بالعلاقة التالية:

$$w_f = R \cdot n / 60 \dots \dots \dots (\text{HZ}) \dots \dots \dots (16)$$

حيث:

R - عدد المجاري للسطح المشغل، n - عدد دورات

عمود المخرطة/دورة/الدقيقة.

اعتمادا على العلاقات السابقة (12,14) فقد تمت

دراسة الحركة الاهتزازية للنظام التكنولوجي في عمليه

خرابة الأعمدة وتحديد سعة الاهتزازات (A) تبعا لتردد

بفرض ان $y = y_1 + D_0/w_n^2$ واهمال الدليل (1)

فيما بعد، تصبح العلاقة (7) بعد الإصلاح على الشكل:

$$\ddot{y} + G_0 \dot{y} + w_n^2 y = F(t_0)/m \quad (8)$$

ان القوة المحرّضة $F(t_0)$ الناتجة عن وجود مجاري

تكسير الرايش على السطح المشغل هي تابع زمني وذات

طبيعة دوريه ولكنها ليست توافقيه لذلك يمكن تحليل هذه

القوة بمساعده سلسله فورييه الى مجموع مركبات

توافقيه على الشكل التالي:

$$F(t_0) = \frac{a}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n w_f t_0 + b_n \sin n w_f t_0) \dots (9)$$

حيث n عدد موجب a_0, a_n, b_n - معاملات سلسله

فورييه والتي تحدد بالعلاقات التالية:

$$a_0 = \frac{2}{t} \int_0^t F(t_0) dt_0 \dots (10)$$

$$a_n = \frac{2}{t} \int_0^t F(t_0) \cos n w_f t_0 \cdot dt_0$$

$$b_n = \frac{2}{t} \int_0^t F(t_0) \sin n w_f t_0 \cdot dt_0$$

من الشكل (2) فان القوة $F(t_0)$ تساوي:

$$F(t_0) = \begin{cases} 0 \dots \dots \dots 0 < t_0 < \tau_x \\ - (p_y - p'_y) \dots \tau_x < t_0 < \tau \end{cases}$$

حيث:

τ دور القوة $F(t_0)$,

τ_x - دور مجال القطع بدون مجرى تكسير الرايش.

P_y - قوة القطع القطرية عند التشغيل بدون مجاري

(انعدام الحركة الاهتزازية).

p'_y - قوة القطع من اجل عمق قطع يساوي $(t - t_0)$

حيث $(p_y - p'_y = \Delta p_y)$ بتعويض قيمة القوة $F(t_0)$

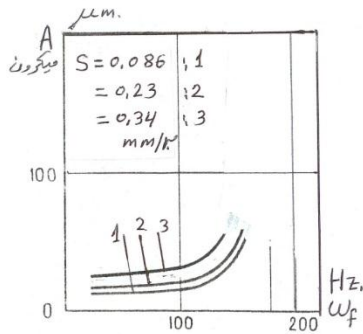
حسب الشكل (2) في العلاقات (10) نجد قيم معاملات

سلسله فورييه تساوي:

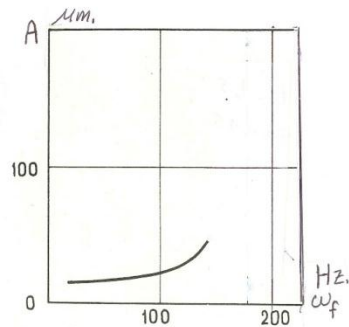
$$a_0 = -\frac{2}{t} \Delta p_y (\tau - \tau_x) \dots (11)$$

وعدد مجاري $R=2$ وبعمق $(t_x=0.9.t)$ وبعمق قطع $t=1$, 1.5 , 2.2 [mm] جرى تمثيل نتائج حساب سعة الاهتزاز A في هذه الحالة بالمنحنى المبين على الشكل (4).

التجربة الثالثة من اجل دراسة تأثير عمق مجرى تكسير الرايش t_x على سعات الاهتزازات المتولدة في النظام حيث تم تشغيل ثلاث عينات بعمق قطع ثابت $t=1.5$ [mm] وتغذيته ثابتة $S=0.28$ [mm/rev] وبعمق مجرى متغير $t_x=1.3$, 1 , 0.7 [mm]. نتائج حساب سعة الاهتزازات في هذه الحالة تم تمثيلها بالمنحنيات المبينة على الشكل (5)



الشكل (3) منحنيات الصفات (السعة- التردد) $(A-Wf)$ خراطة أعمدة فولاذية ماركة ST.45 بمجربين لتكسير الرايش حيث: $t=1.5$ [mm], $t_x=1.2$ [mm], $R=2$, $S=0,086$, $0,23$, $0,34$ [mm/r]



الشكل (4) منحنى الصفة (السعة- التردد) $(A-Wf)$ عند الخراطة بتغذيته ثابتة $S=0.23$ [mm/r] وعمق قطع $t=1$, 1.5 , 2.2 و عدد مجاري $R=2$ و $t_x=0.9$ [mm]

الاهتزازات القسرية W_f وبذلك تم انشاء المنحنيات الممثلة للعلاقة (السعة- التردد) والتي تبين تأثير القوى المحرصة الناتجة عن وجود مجاري تكسير الرايش على شدة الاهتزازات المتحرصة وعلى النظام التكنولوجي عموما. نظرا لما تتمتع به الات التشغيل من درجه مقاومه وجساءة عاليتين فانه عند دراسة العلاقة (السعة، التردد) (amplitude - frequency) للاهتزازات القسرية المتولدة، من الممكن اجراء الحساب من أجل الحركة التوافقية الاولى (الأساسية) للحركة الاهتزازية، أي من أجل $n=1$ في العلاقة (14) وإهمال باقي المركبات [9] وبذلك تصبح هذه العلاقة بعد الاصلاح من الشكل:

$$A = \frac{w_n^2}{\sqrt{(w_n^2 - n^2 w_f^2)^2 + (2G_0 n w_f)^2}} \cdot \frac{\tau_x \Delta F_y}{\pi n (k + C_p S^{yp} v^{-np} x^p t^{(xp-1)})} \dots \quad (17)$$

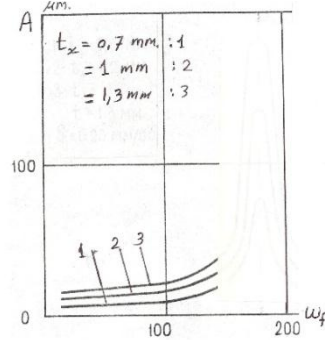
في هذه العلاقة (17) يظهر بشكل واضح تأثير كل من نظام القطع (v,s,t) وبارامترات النظام التكنولوجي (k,w,h,m) وهندسه قلم القطع على سعة الاهتزازات المتولدة. لقد تم حساب القوة ΔF_y تجريبيا عند تشغيل أعمده فولاذية ما ركه ST.45 لقد تم إجراء ثلاثة تجارب مختلفة لحساب سعة الاهتزازات A حسب العلاقة (17) عند تشغيل اعمده من الفولاذ ماركة ST45 وباستخدام مجاري تكسير الرايش وقيم مختلفة لعمق القطع t والتغذية S وعمق مجرى تكسير الرايش T_x

من أجل دراسة أثرعملية التغذية على سعة الاهتزاز فقد تم تشغيل عينات مختلفة بقيم تغذية مختلفة هي $S=0.086$, 0.23 , 0.34 [mm/rev] وبعمق قطع ثابت $t=1.5$ [mm] وعدد المجاري $R=2$ وبعمق $t_x=1.3$ [mm] جرى تمثيل نتائج حساب سعة الاهتزاز A لعملية التشغيل هذه وفق العلاقة (17) بالمنحنيات المبينة على الشكل (3).

من أجل دراسة أثرعمق القطع على سعة الاهتزاز تم تشغيل عينات مختلفة بتغذيته ثابتة $S=0.23$ [mm/w]

الخاتمة:

إن النتائج التي توصلنا إليها في بحثنا هذا يمكن استخدامها لدراسة استقرار حركة النظام التكنولوجي الذي يعمل في ظروف تولد اهتزازات قسرية، ولتحديد مجال العمل الآمن لهذا النظام بما يوافق دقة التشغيل المطلوبة. من دراسة علاقة سعة الاهتزاز بالتردد ومن أجل قيم مختلفة لكل من عمق القطع والتغذية وعمق مجرى تكسير الرايش، تبين أنه في مجال تردد الاهتزازات القسرية بحدود (5-50) هيرتز، وهو المجال الموافق لسرعات قطع لا تزيد عن 600m/s، فإن سعة الاهتزاز ثابتة تقريبا وذات أثر محدود على استقرار النظام وعلى دقة التشغيل.



الشكل (5) منحنيات الصفات (السعة- التردد) تبعا لعمق مجرى تكسير الرايش tx عند التشغيل بعمق قطع وتغذية

ثابتين: $R=1$, $t_x=0.7, 1, 1.3$

1.3 [mm], $S=0.28$ [mm/r], $t=1.5$ [mm]

من هذه الدراسة والتجارب المذكورة نلاحظ بان منحنيات (السعة-التردد) (A-wf) المبينة على الاشكال (5،4،3) لها نفس الشكل العام تقريبا من اجل مختلف قيم عمق القطع والتغذية وعمق مجرى تكسير الرايش. وإن تحليل النتائج السابقة يظهر ان العلاقة A-wf هي تقريبا خطية في المجال $wf < 100$ [Hz] من اجل مختلف قيم التغذية S وعمق القطع t وعمق المجرى tx. وهو المجال الموافق لسرعات القطع المعتمدة والمقبولة أثناء عملية التشغيل المدروسة حسب العلاقة (16).

بينما من اجل $wf > 100$ [Hz] تزداد سعة الاهتزاز بشدة وتصبح العلاقة غير خطية وهذا يوافق سرعات دوران عالية جدا و خارج مجال التشغيل (حسب العلاقة 16).

كما نلاحظ من النتائج السابقة ان تزايد سعة الاهتزاز في المجال المدروس لسرعة القطع والتردد wf هو محدود جدا مما يظهر الاثر البسيط جدا لمجاري تكسير الرايش على استقرار النظام التكنولوجي ويجعل من هذه المجاري طريقة فعالة لتكسير الرايش في عمليات الخراطة الطولية نصف اللانهائية.

References

المراجع

- 1- دراسة وتحليل الحركات الاهتزازية للنظام التكنولوجي لعمليات الخراطة في المستوى الطوري. مجلة باسل الاسد للعلوم الهندسية العدد (18) - 2003.
- 2- ارشينوف ف.، الكسيف.2-نظرية قطع المعادن وتصميم ادوات القطع، ترجمة د.عبد العزيز عرار 1994
- 3- د.محمد غانم، د.عصام قرقوط. خطط الانتاج وطرقها-منشورات جامعة دمشق 2006.
- 4-Koumabia D. cutting with vibrations, (translate at Japanese language).
- 5-Podourae V.N. cutting metals with vibration
- 6-Lsterzon M.A. ,chegolev V.V. chip breaking on turning machine CNC.
- 7-Karout essam. Stability of technological system for internal turning with non-kinematic breaking of chip. Thesis for Ph.D.
- 8-Mourashkin L.C. Applied linear mechanics of machines. Leningrad - 1997.
- 9-Panovko I.J. Introduction to the theory of vibration. Mosco, Naoka.
- 10-Vibration in technique, vol.1, "vibrations of the liner systems" Machin- stroenia, 1978.

Received	2021/5/10	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2021/9/7	قبول البحث للنشر