دراسة أمثلية بارامترات التشغيل للمخرطة للحصول على أفضلية متوسط خشونة للسطح المشغل Ra

حسام يوسف يعقوب ، فتحي الوحيشي مفتاح ، زايد محمد شقاف

المعهد العالي والمتوسط للمهن الشاملة/بني وليد

ملخص

تعتبر جودة تشطيب الأسطح (surface finish) في المخارط، أحدى المتطلبات الأساسية في قطع المعادن والمحركات إذ من خلال ضمان نعومة السطح يمكن الحصول على التقليل من الاحتكاك بين القطع المتحركة وبالتالي تخفيض درجة الحرارة والسهولة بالحركة، والتقليل من التآكل بين القطع المتحركة، وكذلك التقليل من إجهادات الكلال للمعادن (Fatigue stress). ونظراً لهذه الأهمية، هنالك العديد من العوامل المؤثرة على خشونة السطح، تم في هذا البحث دراسة ستة عوامل من هذه العوامل (سرعة القطع، التغذية، عمق القطع، سوائل التبريد، زاوية الجرف، زاوية الاقتراب الأفقية). كما تم في هذا البحث استخدام تقنيات التمثيل الإحصائي المتمثلة بطريقة تاجيوشي في تحديد التجربة الأفضل من بين التجارب التي أجريت، ثم فصل كل عامل سيطرة بمفرده وذلك للحصول على بارامترات التشغيل المثلى على المخرطة. استخدامنا طريقة تاجيوشي للأسباب التالية:-

- توفير للوقت والجهد والسرعة بالوصول إلى الهدف المراد تحقيقه.
- تقليل عدد التجارب.
- تتعامل هذه الطريقة مع أكثر من عامل واحد في نفس الوقت.
- طريقة تاجيوشي تشير بسرعة إلى جودة المنتجات بسرعة من خلال تصميمها منذ البداية.

الكلمات الاستدلالية :-

1- مقدمة

التصميم المتين لتاجيوشي:Taguchi Method

هو هندسة علم المنهج لتحسين معدل الإنتاج أثناء البحث والتطوير وكذلك إنتاج منتجات عالية الجودة بسرعة وبكلفة منخفضة. والفكرة بجانب التصميم المتين هو تحسين النوعية للمنتجات وذلك بتقليل تأثير الانحرافات بدون إزالة المسببات بسبب (صعوبتها أو أيضاً عوامل مكلفة للسيطرة عليها،غالية الثمن). هذه الطريقة مفصولة عن طريقة السيطرة النوعية التي تقيم كلاً من الإنتاج ومرحلة تصميم العملية لتحسين قابلية تصنيع المنتج والمعولية (الوثوقية) وذلك بجعل الإنتاج أقل حساسية للشروط البيئية والاختلافات المكونة.

إن النتيجة النهائية لتصميم تاجيوشي المتين هو تصميم منتج له حساسية دنيا إلى الاختلافات في العوامل الخارجة عن السيطرة.[1]،[2].

منهج تصميم بارامترات تاجيوشي

في تصميم البارامترات، هنالك نوعان من العوامل التي تؤثر على خصائص وظائف المنتجات

أولاً عوامل السيطرة : هي تلك العوامل التي من السهل السيطرة عليها مثل (اختيار المواد، زمن الدورة، شروط القطع (التغذية، سرعة القطع، عمق القطع)، مادة قلم الخراطة، سوائل التبريد والتزييت)، زوايا القلم.

ثانياً عوامل الضوضاء : هي العوامل التي من الصعب أو المستحيل السيطرة عليها لأنها باهضة الثمن.[1]،[2]

تصميم التجارب بطريقة تاجيوشي (Design of experiments (techniques by Taguchi)

هي تقنية إحصائية التي تجعل من الممكن تحليل أكثر من عامل واحد في نفس الوقت.[1]،[2]

خطوات إجراء التصميم التجريبي

1- حدد الوظيفة الرئيسية، أثارها الجانبية، نمط الفشل. 2- حدد عوامل الضوضاء، شروط الاختبار، وخصائص الجودة. 3- حدد الدالة الموضوعية لكي يتم تحسينها. 4- حدد عوامل السيطرة ومستوياتها.5- اختر تجربة المصفوفة الصف المتعامد. 6- اعمل تجربة المصفوفة. 7- حلل البيانات، وتوقع مستويات الأداء الأفضل. 8- اعمل تجربة التحقق، وخطط للعمل المستقبلي.[1]،[2]

تحليل نسبة إشارة الضوضاء

للتحليل الإحصائي وتفسير النتائج في تصميمِ بارامترات تاجيوشي، الهدف الأساسي منه أن يميز الشروطَ التي تحسّن العملية / أداء منتج. في الوصول إلى هذه المجموعةِ المثاليةِ للشروطِ، يستخدم تاجيوشي نسبة إشارة الضوضاء (S/N)- الحاجة أن تزيد أداء نظام أَو منتج بتقليل تأثير الضوضاءِ بينما يزيدان الأداء المتوسطَ. (S/N) وتعتبر استجابة (ناتج) التجربةِ، الذي هو مقياس لاختلاف عواملِ ضوضاءِ لا تمكن السيطرة عليها موجودة في النظام.

نسبة (S/N) في طريقة تاجيوشي، مشتقة من دالة الخسارة حيث تعرف بحساب الإنحراف بين القيم التجريبية والقيمة المطلوبة، وتصنيف خصائص الأداء في تحليل نسبة الإشارة. وعند تحليل قيمة نسبة (S/N) عندما مستوى العوامل الأعظم لنسبة S/N تكون هي النسبة الأفضل.[1]،[2]

هنالك ثلاثة أنواع قياسية لنسبة (S/N) تعتمد على الاستجابة المطلوبة.

1- دالة الخسارة Lij عندما تكون القيمة الأدنى- هي الأفضل في خصائص الأداء تحسب كالتالي:-

$$L_{ij} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk}^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث أن L_{ij} دالة الخسارةَ لخاصيةِ الأداءِ i_{th} في تجربة j_{th}

n - عدد الإختباراتِ،

y_{ijk} القيمةُ التجريبيةُ لخاصيةِ الأداءِ i_{th} في تجربةِ j_{th} في إختبارِ k_{th}.

2- دالة الخسارة Lij عندما تكون القيمة الأعلى هي الأفضل خصائص الأداء تحسب كالتالي:-

$$L_{ij} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\frac{1}{y_{ijk}^{2}} \quad \text{.....(2)}$$

دالة الخسارة Lij عندما تكون القيمة الأسمية - هي الأفضل في خصائص الأداء تحسب كالتالي:-

$$n_{ij} = -\log(L_{ij}) \quad \text{.....(3)}$$

2- الجزء العملي

استخدم في التجارب معدن البرونز (سبيكة من النحاس والقصدير). تحتوي نحاس (Cu) 95.6%، قصدير (Sn) 4.2% ، فسفور (p) 0.2، وباستخدام ماكنة خراطة روسية الصنع موديل (M/16/K20)، وأقلام خراطة كاربيدية نوع (T15K6) التركيب الكيميائي لها (كاربيد التنجستن (WC) 79% و كاربيد التيتانيوم (TIC) 15% والكوبلت (Co) 6% روسية الصنع.

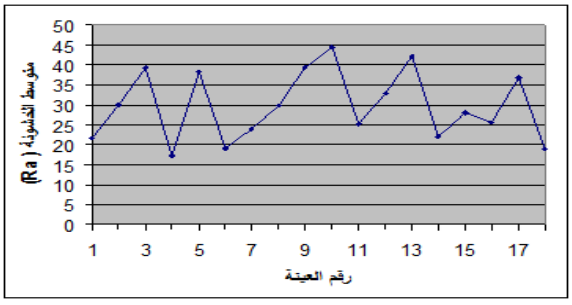
1- اختيار بارامترات التشغيل ومستوياتها.

تم اختيار بارامترات التشغيل من خلال المصادر المعتمدة .[3]،[4]، وخبرة الفني الذي يعمل على المخرطة وإجريت عدد من التجارب وذلك لاختيار أفضل معدلات القطع فكانت الاختيارات المحصلة كما يلي في الجدول التالي رقم (1)

2- اختيار المصفوفة المتعامدة L 18

3- نأخذ متوسط القراءات لكل عينة كما هو موضح بالجدول رقم (3).

نرسم العلاقة بين متوسط الخشونة (Ra) وكل عينة حسب الترتيب كما موضح بالشكل رقم (4-7) حيث نلاحظ أن تجربة رقم (4) هي أفضل تجربة من بين التجارب (18) التي أجريت.



شكل رقم (4-7) يمثل العلاقة بين قيمة الخشونة Ra ورقم العينة

جدول رقم (1) يمثل عوامل التحكم ومستوياتها

الرمز	عوامل التحكم	الوحدات	مستوى I	مستوى II	مستوى III
A	عدد الدورات	د/د	500	630	1000
B	التغذية	ملم/د	500.	0.1	0.15
C	عمق القطع	ملم	0.5	1	1.5
D	سائل التبريد	-	جاف	ماء	مستحلب
E	زاوية الجرف γ°	درجة	صفر	6°	-
F	الزاوية المقابلة κ°	درجة	45°	90°	-

جدول رقم (2) يمثل المصفوفة المتعامدة L 18

رقم التجربة	عدد الدورات د/د	التغذية ملم/د	عمق القطع ملم	سائل التبريد	زاوية الجرف درجة	الزاوية المقابلة درجة
	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	1	2	2	1
3	3	3	1	3	1	1
4	2	2	2	1	1	1
5	3	3	2	2	2	1
6	1	1	2	3	2	1
7	3	1	3	1	2	1
8	1	2	3	2	1	1
9	2	3	3	3	1	1
10	2	1	1	3	2	2
11	3	1	1	2	1	2
12	1	2	1	3	2	2
13	1	3	2	1	2	2
14	2	1	2	2	1	2
15	3	2	2	3	1	2
16	3	2	3	1	2	2
17	1	3	3	2	1	2
18	2	1	3	3	2	2

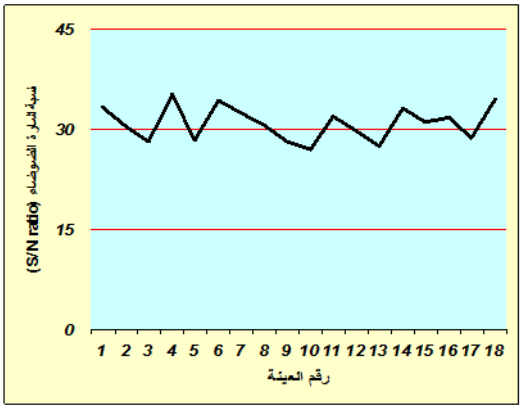
نأخذ قيم الخشونة ونطبق عليها قانون نسبة إشارة الضوضاء لتاجيوشي S/N Ratio بعد تحويل القيم من ميكرون إلى ملمترات وذلك للحصول على قيم موجبة فقط (ديسبل) decibel لحساب الانحراف بين القيم التجريبية والقيمة المطلوبة وهي وحدة قياس التفاوت بين قيمتي الانحراف.

$$(S/N)\ \text{the lower} - \text{the better}$$

$$S/N = -10 \cdot \log y^2$$

نثبت القراءات بعد تطبيق القانون على جميع العينات بالتسلسل وكما هو موضح بالجدول رقم(4)

ثم نرسم العلاقة بين نسبة إشارة الضوضاء لتاجيوشي S/N Ratio وكل عينة حسب الترتيب كما موضح بالشكل رقم (4-8) حيث نلاحظ أن تجربة رقم (4) هي أفضل تجربة من بين التجارب (18) التي أجريت.لأن الرقم الأعلى في تحليل إشارة الضوضاء S/N كان هو (35.29).



شكل رقم (4-8) يمثل العلاقة بين نسبة إشارة الضوضاء ((S/N Ratio ورقم العينة

تم فصل لكل عامل سيطرة على حدة، ثم نقوم بوضع ناتج تحليل إشارة الضوضاء لكل تجربة ثم ناخذ متوسط كل عامل على حدة ثم نأخذ متوسط متوسطات العوامل جميعها. نأخذ المتوسط لكل عامل سيطرة ونضعه في الجدول 5. للحصول على أفضل عوامل سيطرة يجب أخذ قيم العوامل التي هي مساوية أو أكبر من المتوسط الكلي لعوامل السيطرة وبذلك تكون هذه العوامل هي العوامل المثالية، والتي سنطبق عليها التجربة الأخيرة للتحقق من النتائج. إذن عوامل السيطرة لتجربة التحقق من بارامترات التشغيل المثالية لهذه المخرطة كما هي في الجدول 6

3- الاستنتاجات

- أن أهم العوامل المؤثرة على جودة التشطيب هي (المعدن والشكل الهندسي لعدة القطع، زوايا القطع، سوائل التبريد، سرعة القطع، التغذية، عمق القطع)، حيث تعتبر كل عوامل التشغيل مجتمعة مشتركة في النتيجة التي يخرج عليها السطح بعد الانتهاء من عملية القطع (بغض النظر عن مدى التأثير لكل عامل على حدة) فكلما كانت هذه العوامل أو أكبر عدد منها على درجة عالية من الكفاءة كلما ارتفعت جودة السطح الناتج.
- تحسين معدل الإنتاج أثناء البحث والتطوير وكذلك تحصلنا على متوسط الخشونة Ra =7.53 m
- إنتاج منتجات عالية الجودة بسرعة وبكلفة منخفضة.
- تحسين النوعية للمنتجات وذلك بتقليل تأثير الانحرافات بدون إزالة المسببات بسبب (صعوبتها أو أيضاً عوامل مكلفة للسيطرة عليها،غالية الثمن).
- النتيجة النهائية لتصميم تاجيوشي المتين هو تصميم منتج له حساسية دنيا إلى الإختلافات في العوامل الخارجة عن السيطرة.
- تحصلنا على أفضل تجربة وهي تجربة رقم (4) من ناحية متوسط الخشونة Ra =17.2 m و مقدار نسبة إشارة الضوضاء S/N Ratio = 35.29 من بين (18) تجربة التي أجريت.
- بعد فصل كل عامل سيطرة بمفردهِ وأخذ متوسط القيم لكل عامل بمفرده وأخذ متوسط المتوسطات لجميع العوامل، حصلنا على عوامل السيطرة المثالية، والتي هي عدد دورات ظرف المخرطة(630 د/د)، التغذية (0.05 ملم/د), عمق القطع (1 ملم)، سائل التبريد (جاف)، زاوية الجرف (0˚)، والزاوية المقابلة (45˚).
- مقدار نسبة إشارة الضوضاء.S/N Ratio = 42.46
- تم تحسين متوسط الخشونة Ra بمقدار 56.22%، و تحسين قيمة نسبة الإشارة الضوضاء بمقدار 20.31%، عن تجربة رقم 4 التي هي أفضل تجربة من بين 18 تجربة التي أجريت للحصول على البارامترات المثالية

المراجع

1- William Y. fowlkes. Et al "Engineering Methods for Robust Production Design" using taguchi Methods in Technology and Product Development, Copyright © 1995 by Addison-Wesley Puplishing Company

2- Taguchi method to industrial engineers," Volume 50 Number 4 2001 pp, 141-149, www.caledonian.ac.uk.com/ University of Warwick, Coventry, UK.

3- مبادئ خراطة (نظري وعملي) / تأليف أحمد زكي حلمي /دار الفجر للنشر والتوزيع القاهرة/ الطبعة الثانية/1994 م.
4- فن الخراطة / بروشتين،ديمينتيف / الطبعة الثالثة (موسكو) 1981.
5- قطع المعادن / د.محمد التورنجي، د. ضياء شنشل /وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / الجامعة التكنولوجية /العراق/ بغداد/مطابع التعليم العالي/الموصل 1990م.
6- فحص وقياس خشونة الأسطح /د.محمد عيشوني/قسم التقنية الميكانيكية/ليبيا/طرابلس/الباب السابع 2007.

جدول رقم (3) يمثل نتائج لقيم الخشونة المتوسطة للتجارب

رقم التجربة	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Average (Ra) µm	21.67	30.00	39.27	17.20	38.27	19.13	23.87	29.80	39.40
رقم التجربة	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Average (Ra) µm	44.53	25.20	32.87	42.20	21.93	28.07	25.60	36.80	18.93

جدول رقم (4) يمثل نتائج لقيم الخشونة المتوسطة للتجارب و نسبة إشارة الضوضاء S/N Ratio

رقم التجربة	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S/N Ratio Decibel	33.28	30.46	28.12	35.29	28.34	34.36	32.44	30.52	28.09
رقم التجربة	10	11	12	13	14	15	16	17	18
S/N Ratio Decibel	27.03	31.97	29.66	27.49	33.18	31.04	31.84	28.68	34.46

جدول رقم (5) يمثل متوسطات عوامل التحكم ومستوياتها

الرمز	عوامل التحكم	الوحدات	مستوى I	مستوى II	مستوى III
A	عدد الدورات	د/د	30.67	31.42	30.63
B	التغذية	ملم/د	33.28	31.47	27.96
C	عمق القطع	ملم	30.09	31.62	31.01
D	سائل التبريد	-	31.23	30.53	30.96
E	زاوية الجرف γ°	درجة	31.13	30.68	-
F	الزاوية المقابلة κ°	درجة	31.21	30.59	-

المتوسط الكلي لجميع عوامل السيطرة: 30.90

جدول رقم (6) يمثل بارامترات التشغيل لتجربة التحقق من بارامترات التشغيل المثالية

أسم التجربة	عدد الدورات د/د A	التغذية ملم/د B	عمق القطع ملم C	سائل التبريد – D	زاوية الجرف درجة E	الزاوية المقابلة درجة F
تجربة التحقق	630	0.05	1	جاف	صفر	45°

جدول رقم (7) يمثل نتائج قيمة الخشونة لتجربة التحقق من بارامترات التشغيل المثالية

R_a

No.	(Ra)(1) µm	(Ra)(2) µm	(Ra)(3) µm	Average (Ra) µm
تجربة التحقق	7.21	8.10	7.28	7.53

جدول رقم (8) يمثل نتائج قيمة نسبة اشارة الضوضاء S/N Ratio لتجربة التحقق من بارامترات التشغيل المثالية

Ra & S/N

No.	Average (Ra) µm	Average (Ra) mm	S/N Ratio (dB) Decibel
تجربة التحقق	7.53	0.00753	42.46

جدول رقم (9) يمثل المقارنة بين نتائج قيمة الخشونة Ra ونسبة إشارة الضوضاء S/N Ratio لتجربة رقم (4) وتجربة التحقق من بارامترات التشغيل المثالية

عوامل السيطرة للتجربة رقم (4) عدد دورات ظرف المخرطة(630 د/د)، التغذية (0.1 ملم/د)، عمق القطع (1 ملم)، سائل التبريد (جاف)، زاوية الجرف (0°)، والزاوية المقابلة (45°).	Ra 17.20 µm S/N 35.29
عوامل السيطرة لتجربة التحقق من بارامترات التشغيل المثالية لهذه المخرطة. عدد دورات ظرف المخرطة(630 د/د)، التغذية (0.05 ملم/د)، عمق القطع (1 ملم)، سائل التبريد (جاف)، زاوية الجرف (0°)، والزاوية المقابلة (45°).	Ra 7.53 µm S/N 42.46