

تأثير التصليد السطحي لأعمدة الصلب المتوسط الكربون بالشعلة الأوكسي – الأستيلينية على مقاومة الكلال ونسبة أجهاد اهتزاز الفتل

صباح حاتم عبيد

هادي رحيم أبراهيم

حيدر محمد عباس

كلية الهندسة-جامعة بابل

الخلاصة

تناول البحث التصليد السطحي لعينات فحص الكلال من الفولاذ المتوسط الكربون بواسطة الشعلة الأوكسي – الأستيلينية وبثلاث أنواع من اللهب (المكربن, المختزل, المؤكسد) وبثبيت زمن التصليد السطحي للعينات , وتم إجراء اختبار الكلال (نوع الأنحاء الدوار) على العينات عند أجهادات ثابتة السعة. ظهر أن التصليد باللهب المكربن لسطح المعدن يؤدي الى تحسين مقاومة الكلال , كذلك تقليل تأثير اهتزازات الفتل نتيجة لزيادة كثافة المعدن بعملية الكربنة الغازية وبالتالي فإن نسبة الانحراف الزاوي الديناميكي الى السكوني تكون منخفضة , كما تبين بان التصليد أو القطع باللهب المؤكسد يؤدي الى انخفاض مقاومة الكلال والفتل السريع للمعدن .

Abstract

The search is deal with surface hardening for fatigue test samples from mean carbon steel by Oxi – Acetylene touch with three type of (Carbide , Balance , Oxide) bonfire , & by limite surface hardening time for samples.The fatigue test is produce (Rotating bending type) on samples at constant capacity stresses . From results appair that the hardening by carbide flame for the metal surface lead to improvement fatigue strength , also reduce the effect of torsional vibrations as resulte to increase metal density by prosses of gas carbonized , therefore , the ratio of dynamic deflection to static deflection is decreased .Also appair that the hardening or cutting by oxide flame lead to decrease fatigue strength &fast failure for metal.

1-المقدمة :

تتعرض العديد من الأجزاء الهندسية لفشل نتيجة للأجهادات الميكانيكية , ولأسباب تصميمية أو ميتالورجية تأخذ ظاهرة فشل الكلال الحيز الأكبر من فشل الأجزاء الهندسية والتي تكون معرضة الى أجهادات دورية متكررة . وأن خطورة فشل الكلال تكمن في حصوله بدون سابق أذار لذلك أخذت ظاهرة الكلال جانب كبير من الدراسات والبحوث التي تعالج فشل المعادن , حيث تركز هذه البحوث على طبيعة الكلال وآلية الكسر وطرق زيادة العمر العملي للأجزاء التي تتعرض للأجهادات المتكررة . [ثامر , أمين داود , 2007 – John.UTZ, 1997] أن فشل الكلال بسبب تأثير دورات الأجهاد المتكررة, أجهادات السحب, التشوه اللدن, وهذا الأخير يتولد بسبب الأجهادات الدورية المتكررة وهي بداية حدوث الشق بينما أجهاد الشد يؤدي الى نموه, وتغيرات المواصفات الميكانيكية والتركيبي الكيماوي والمجهري والهيكلي يسبب انخفاض مقاومة المعدن للكلال. [Mosa, 2005; Cartz. 1997] تناول البحث دراسة تأثير عمليات التصليد السطحي بواسطة اللهب الأوكسي – أستيليني وبأنواعه الثلاثة (المكربن – المتعادل – المؤكسد) وذلك للأستدلال على أهمية تلافي حالات تعرض المعدن للهب المؤكسد في عمليات قطع ولحام المعادن بالشعلة الأوكسي أستيلينية وخاصته الأجزاء الميكانيكية الدوارة حيث تتعدم مقاومتها للكلال .

2-الجانب النظري

ان معادلة الحركة لعمود دائر , يتعرض الى اهتزاز فتل (Torsional vibration) نتيجة عزم التدوير (Torque) وهي مشابهه لمعادلة الاهتزازات الطولية , يكون الانحراف الزاوي هو دالة للزمن ((t وموقع انتقال الاهتزاز (w) وبوجود معامل مواصفات مادة العمود هو حاصل ضرب معامل الجساءة والتعجيل الأرضي مقسوما على كثافة مادة العمود . [Thomson .W.T, 1973]

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \left(\frac{Gg}{\rho}\right) \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن :

θ = الانحراف الزاوي الديناميكي (rad).

G = معامل جساءة معدن العمود الدائر .

g = التعجيل الأرضي (m/sec²)

ρ = كثافة معدن العمود الدائر (Kg/m³)

t = زمن انتقال تأثير اهتزاز الفتل (sec)

X = موقع انتقال اهتزاز الفتل (mm)

وبأستخدام شروط بدء الحركة للعمود والعلاقة بين أجهاد القص (τ) المتولد نتيجة الفتل وأنفعال القص بدلالة معامل الجساءة ($\tau = G \cdot \gamma$) , ($\gamma = \partial\theta/\partial x$) . وتم أستنتاج المعادلة أدناه مشابهه لمعادلة الاهتزاز الحر الطولي [حاتم عبيد , صباح , 2005]

$$\frac{\theta(\ell, t)}{\theta_0} = 8 \sum_{i=1,3,5}^{\infty} (-1)^{i-1/2} \frac{1}{(\pi \cdot i)^2} [(-1)^{i-1/2} \cdot \cos\left(\frac{i\pi a}{2\ell}\right)t + \frac{W_o}{(\gamma_o \cdot a)} \sin\left(\frac{i\pi a}{2\ell}\right)t] \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن :

$\frac{\theta(\ell, t)}{\theta_{0oo}}$: نسبة الأراحة الزاوية الديناميكية عند الطرف الحر للعمود الى الأراحة الزاوية θ_{0oo}

السكونية لمادة العمود .

$\sqrt{\frac{G}{\rho}} = a$: سرعة انتقال الأجهاد نتيجة اهتزاز الفتل .

W_o : السرعة الزاوية الأبتدائية للعمود . (rad /sec)

γ_o : أنفعال القص السكوني لمعدن العمود.

مما تقدم نستنتج أن نسبة الأنفعال الزاوي أعلاه تشير الى أنها معكوس معامل الأمان لتجنب حالة اهتزاز الفتل الكثير الخطورة على الأعمدة الدوارة الحرة الحركة من طرف أو المسندة من الطرفين لذلك فأن قيمة الانحراف الزاوي الديناميكي الذي تمثله زاوية الفتل أثناء الدوران وزيادة قيمتها عن قيمة الانحراف الزاوي السكوني

لمعدن العمود يشكل خطراً على الأجزاء الميكانيكية المتحركة .
 [AIMASI , Amin, 2009, (IATSO9), Turkey-Mercer., 2006]
 ومن خلال الجهد العملي تم رصد تأثير التصليد السطحي باللهب المكربن فيؤدي الى زيادة معامل
 الجساءة لمعدن العمود الدائر وهذا بدوره يقلل من تأثير نسبة الأنفعال الزاوي السابقة الذكر معادلة (2) فنكون
 أعلى قيمة لها هي الواحد , وكلما تتخفف يكون العمود ضمن حدود الأمان .
 ومن المعادلة (2) وبأستخدام برنامج حاسوب (Under Window) ويتحدد مقدار الثوابت السابقة
 الذكر $(\omega_0, \rho, G, \gamma_0)$ الميكانيكية والفيزيائية لمعدن العمود يمكن الحصول على قيم نظرية لنسبة الانحراف
 الزاوي الديناميكي الى الانحراف الزاوي السكوني $(\frac{\theta(l,t)}{\theta_0})$ ومنها تكون القيم النظرية للانحراف الزاوي
 الديناميكي كما سيأتي لاحقاً في جدول (1) .

3-الجانب العملي

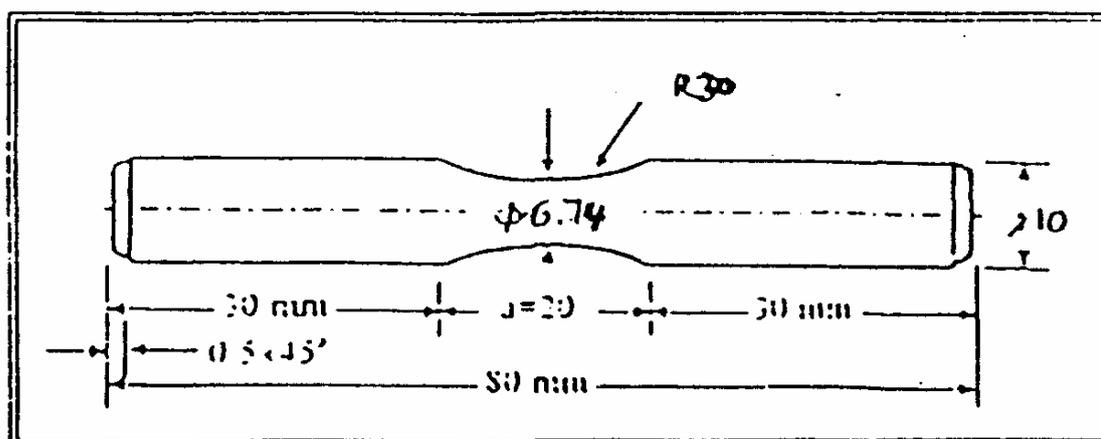
المعدن المختار (Metal Select)

1 - تم اختيار فولاذ منخفض الكربون C_{15} وفق مواصفات (DIN) وتركيبه الكيميائي موضح في الجدول
 (1) أدناه :

جدول (1) التركيب الكيميائي لفولاذ متوسط الكربون $AISC_{15}$

العنصر	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Ni%	Cr%	Mo%	V%	Cu%	Zn%
القيمة الفعلية	0.163	0.201	0.503	0.016	0.023	0.113	0.089	0.01	0.002	0.031	0.002

2 - تصنيع العينات :تم تصنيع عينات اختبار الكلال وفتح الاختبار الخاص بلأنحاء الدوار (Rotary Bending)
 كما موضح في الشكل رقم (1) أما شكل العينة موضح بالشكل رقم (2) وفق $ASTM$

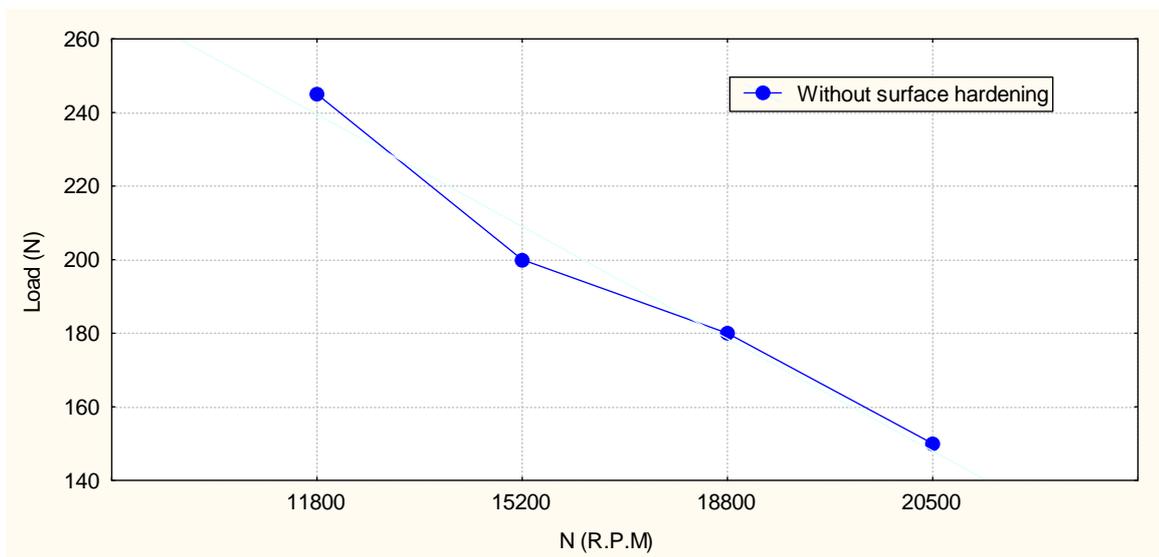


الشكل (1) يوضح أبعاد عينة الكلال

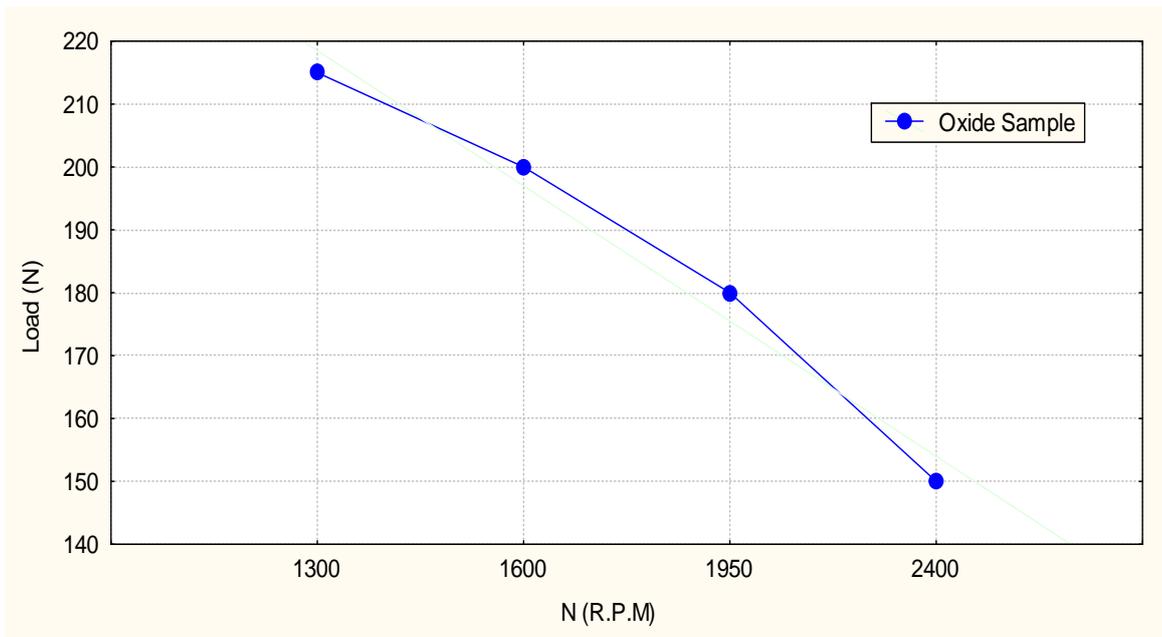


الشكل (2) يوضح جهاز اختبار الكلال بالأنحناء الدوار (Rotary Bending) المستخدم في البحث

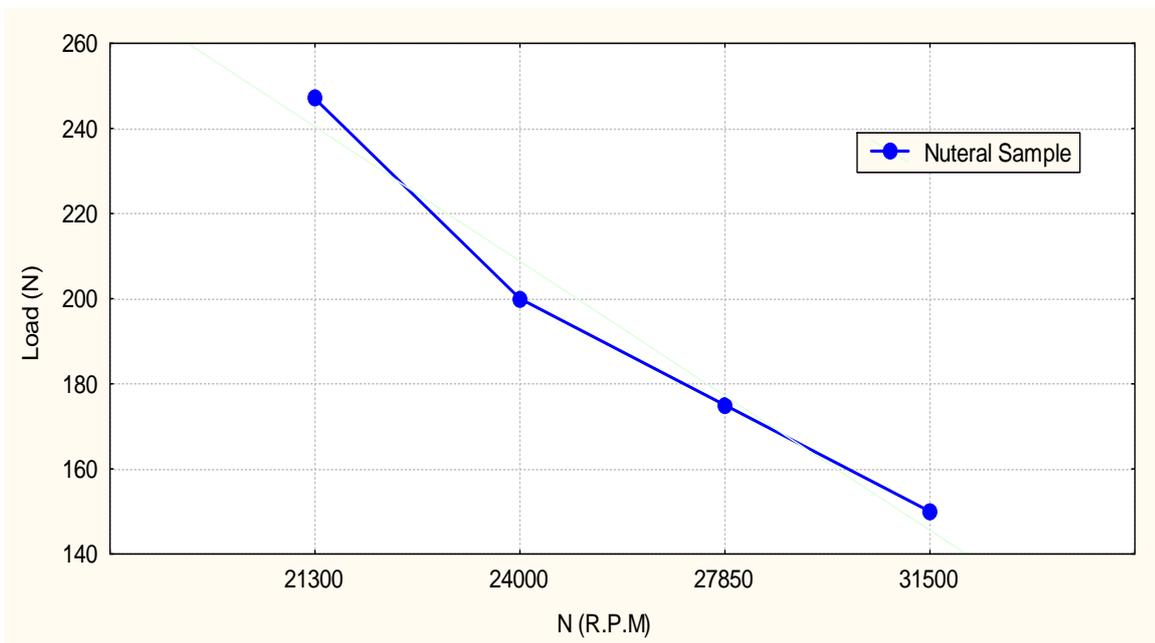
3- تم فحص الكلال لنموذج من معدن الفولاذ المتوسط الكربون بدون إجراء عمليات التصليد السطحي عليه، ثم أجري الاختبار لنماذج تم تصليدها سطحيا بالشعلة الأوكسي - أستيلينييه الأولى باللهب المكربن والثانية باللهب المتعادل والثالثة باللهب المؤكسد ، ورسمت النتائج العملية في الأشكال (3) و (4) و (5) و (6) .



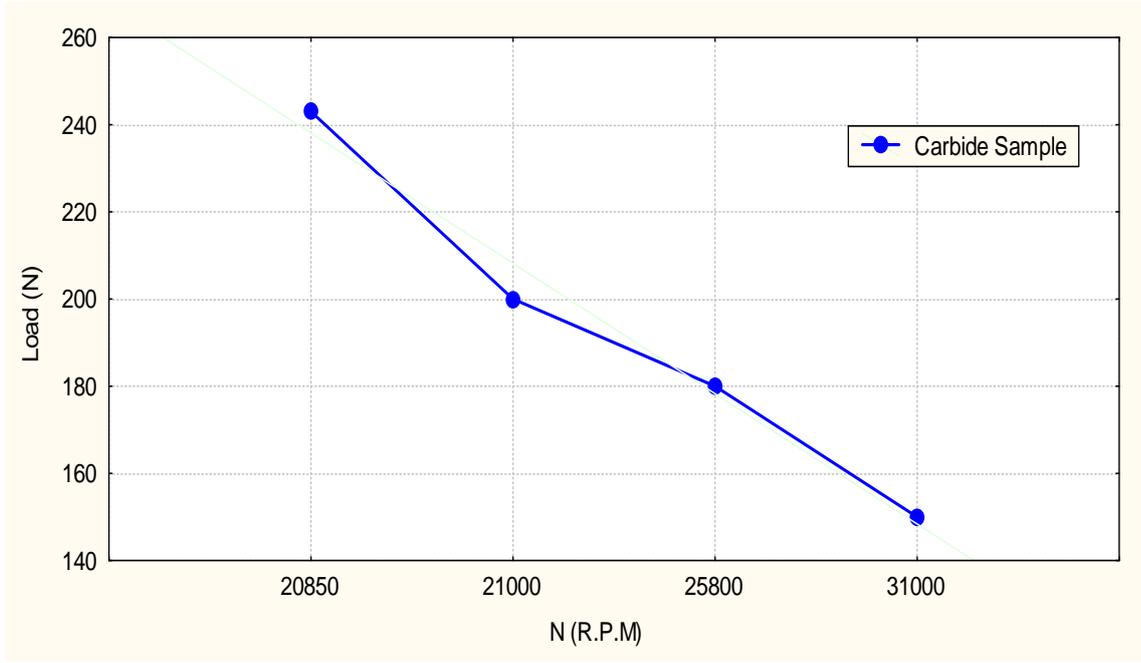
الشكل (3) يوضح نتائج اختبار الكلال لأربعة نماذج بدون تصليد سطحي لفولاذ متوسط الكربون



الشكل (4) يوضح نتائج اختبار الكلال لأربعة نماذج مع تصليد سطحي بالشفعة الأوكسي أستيلينية ذات اللهب المؤكسد



الشكل (5) يوضح نتائج اختبار الكلال لأربعة نماذج مع تصليد سطحي بالشفعة الأوكسي الأستيلينية ذات اللهب المتعادل



الشكل (6) يوضح نتائج اختبار الكلال لأربعة نماذج مع تصليد سطحي بالشعلة الأوكسي أستيلينية ذات اللهب المكربن

4- تم استخدام ملحق جهاز فحص أجهاد القص نتيجة الفتل والتي تعطي قيم لزاوية الفتل (Twist angle) وثبتيته على العمود بواسطة مسند يحتوي على جلبه رقيقة بسمك (0.5mm) لتقليل الفقد في قيم زاوية الفتل العملية الديناميكية ، ومن خلال معرفة مواصفات معدن العمود ومواصفات المحرك الكهربائي لجهاز الاختبار يمكن حساب قيم زاوية الفتل السكونية حسب المعادلة : [Shigley, 1983]

$$\theta = \frac{T \cdot \ell}{G \cdot J} \dots \dots \dots (3)$$

حيث أن:

$$T = \text{عزم التدوير} = T \cdot w \text{ (Power=T*w) , } (w = 2\pi N)$$

$$\ell = \text{طول العمود الدائر (80mm)}$$

$$G = \text{معامل الجساءة لمعدن العمود . (Pa.)}$$

$$J = \text{عزم القصور الذاتي القطبي} \left(J = \frac{\pi d^4}{32} \right)$$

يبين الجدول رقم (2) القيم النظرية والعملية لزاوية الانحراف الديناميكية وأستخدمت المعادلات التالية لحساب مقدار الانحراف المعياري (S.D.) ومعامل التصحيح (Correction Factor) [R²] : [SMIA.HPC, 2003]

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\theta)^2}{N}} \dots \dots \dots (4)$$

N = No. of experiment

$$\Delta\theta = \theta_{th} - \theta_{exp}$$

$$\theta = \theta_{th} \pm SD$$

$$R^2 = \frac{\sum(\theta_{th} - \theta_{mean})^2}{\sum(\theta_{exp} - \theta_{mean})^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$\theta_{mean} = \frac{\sum\theta_{exp}}{N} \dots\dots\dots(6)$$

جدول (2)

Statment	N (r.p.m)	ω_o (rad/sec)	θ_{exp}	$\theta_{th.}$	$\Delta\theta$
Carbide	20893	2187	0.00565	0.008	0.00035
Nutral	21321	2232	000055	0.0075	0.00037
Oxide	1335	139	0.0886	0.109	0.0064
Without surface hardening	11580	1212	0.0099	0.013	0.0051
Standard Deviation (S.D) =0.00337					
Correction Factor (R ²) =0.75					

4- مناقشة النتائج:

1- يتضح من الشكل البياني (6) لنماذج اختبار الكلال الذي تم تصليده سطحيا باللهب الأوكسي أستيليني المكرين بأن فشل النماذج المستخدمة بأحمال مختلفة يكون ضمن مدى (20000 < N < 31000) دورة / دقيقة وهذا يكون مثله لنموذج اللهب المتعادل كما في الشكل (2) , وعند مقارنة النتائج أعلاه بنتائج النماذج التي لم يتم تصليدها سطحيا كما في الشكل (4) حيث يكون الفشل ضمن المدى (11500 < N < 21000) دورة / دقيقة , فيلاحظ بان عدد الدورات التي يتحملها النموذج بعد التصليد السطحي وضمن المدى الأمين قد أزداد وبالتالي الهدف المهم لموضوع البحث .

2- يتضح من الشكل البياني (3) لنماذج اختبار الكلال الذي تم تصليده سطحيا باللهب الأوكسي أستيليني المؤكسد بأن فشل النماذج يكون بعدد دورات ضمن مدى (1350 < N < 2400) دورة / دقيقة ويكون قليل جدا مقارنة بالنتائج لعينات حتى الغير مصلدة سطحيا وهذا يوضح خطورة استخدام اللهب المؤكسد في عمليات اللحام وخاصة للأجزاء الميكانيكية الدوارة , والملاحظة المهمة هي أن عمليات القطع التي تتم باللهب الأوكسي أستيلين وبأستخدام كمية كبيرة من الأوكسجين لطرد المعدن المذاب وبالتالي يتم القطع, فيجب الأخذ بنظر الاعتبار بعد عمليات القطع تحويل اللهب الى لهب مكرين ويتم تصليده سطحيا لتجنب حالة الفشل, ومن الممكن إجراء تجارب بهذا الخصوص , كذلك مراجعة حالات الفشل التي حصلت للمركبات التي تم تحويلها داخل القطر بأستخدام عمليات القطع بالشعلة الأوكسي أستيلينية .

3- من خلال الجدول رقم (2) يتضح تأثير عملية التصليد السطحي بالشعلة الأوكسي أستيلينية بأحتمالية زيادة معامل الجساءة (G) وتناقص زاوية الانحراف الديناميكي في حالة استخدام اللهب المكرين والمتعادل

عن حالة استخدام اللهب المؤكسد أو بدون تصليد سطحي وهذا دوره يؤدي الى تناقص قيم الأنفعال القصي الديناميكي ($\gamma_{dynamic}$) حيث أنه يعرف ($\gamma_d = \frac{\partial \theta_d}{\partial \chi}$) وتم الاستدلال نظريا بالمعادلة (2) تأثير الأنحراف المذكور وحساب قيمها النظرية والتحقق من تقارب النتائج من قيمة الأنحراف المعياري ومعامل التصحيح (R^2) وكثير من العوامل تؤثر على تلك القيم وأهمها استخدام الجلبة (Bush) لتثبيت ملحق قياس زاوية الفتل على العمود الدائر .

5- الأستنتاجات :

- 1 - زيادة نسبة الأوكسجين لأي سبب كان أو أثناء عمليات القطع يقلل مقاومة الكلال للأعمدة الفولاذ الدائرة وبالتالي يحدث الفشل .
- 2 - إعادة تصليد معدن العمود بلهب الشعلة الأوكسي أستيلينية المكربن يزيد مقاومته لأجهادات الكلال
- 3 - إعادة تصليد معدن العمود سطحيا بلهب الشعلة الأوكسي أستيلينية المكربن أو المتعادل يزيد معامل الجساءة وبالتالي يقلل تأثير أهتزازات الفتل .

6-التوصيات :

- 1- ممكن استخدام آلية مقياس الأنفعال الديناميكي (Dynamic strain gage) لقياس الأنفعال القصي المستعرض مع جهاز قراءة الأنفعال الديناميكي الرقمي لمقارنة قيم الأنفعال القصي الديناميكي العملي بالقيم النظرية .
- 2-أخذ زمن عملية التصليد السطحي كمتغير بنظر الأعتبار في الجانب العملي .
- 3- قياس قيم معامل الجساءة في حالات متغيرة للتصليد السطحي وبالتالي تكون قيمة متغيرة في الحسابات النظرية.

المصادر

- ALMASI .A .2009, (IATSO9), Turkey.Tecnicas Reunidas SA. Madrid , SPAIN.
E-mail:aalmasi@trsaes amin_ almassi@yahoo.com.
Mosa .Ahmed.M, "EFFECT OF SURFACE TREATMENT ON THE FATIG –UE PERFORMANCE OF AISI4340STEEL", al-Taqani, 2006
Cartz L., "Design Consideration &Materials ASM International , 1997
Shigley .J. Edward "Mechanical Engineering Design", 1983
Thomson , William T "Vibration Theory & Application "4th Impression, 1973
John A.L.UTZ. Manager of Engineering the June, Issue of ASM Heat Treating Progress, 1997
Mercer, C. "Tortional vibration, measuring twists in shafts & gear train", 2006
<http://www.prosig.com>
SMIA.HPC@2003 MIT "Numerical Method for P.D.E."

ثامر , امين داود , "دراسة تأثير المعاملات الحرارية على الخواص الميكانيكية والكلال للفولاذ الكاربوني" مجلة الهندسة والتكنولوجيا , 2007 .

عبيد, صباح حاتم , "دراسة تأثير الأهتزازات الطولية على عدة القشط في حالة التوقف المفاجئ" مجلة جامعة بابل , 2008 .