

## تحديد وتحليل العلاقة بين الاجهاد وعدد الدورات للفولاذ السبائكي المنخفض الكربون تحت تأثير المعاملات السطحية المختلفة باستخدام معامل الارتباط

عبد الجبار سعد جمعة<sup>١</sup>، زينب علاوي ابراهيم<sup>٢</sup>، حسين علي حسين<sup>٣</sup>

<sup>١</sup> مدرس مساعد / كلية الهندسة / جامعة ديالى

<sup>٢،٣</sup> قسم هندسة الانتاج والمعادن / الجامعة التكنولوجية

البريد الالكتروني: <sup>١</sup> abdaljabar\_saad@yahoo.com, <sup>٢</sup> engzainab@yahoo.com, <sup>٣</sup> g.hunter@yahoo.com

(الاستلام:-٢٣/٦/٢٠١٣، القبول:-١١/١٢/٢٠١٣)

### الخلاصة

استخدام تحليل الارتباط Correlation Analysis في تحديد قوة ونوع علاقة الارتباط بين الاجهاد المسلط وعدد دورات الكلال (Fatigue Cycles) لحين حصول الفشل (كسر العينة) وصولا الى حد الكلال (Fatigue Limit) لسبيكة الفولاذ المنخفض الكربون لمعاملات سطحية مختلفة وكذلك تحديد تأثير المعاملة السطحية على هذه العلاقة. تم اجراء اختبار الكلال على أربع مجاميع من العينات (A,B,C,D) تتكون كل مجموعة من ست عينات اجري لكل مجموعة معاملة سطحية مختلفة (Surface Treatment) هي على التوالي: مجموعة (A) بدون معاملة حرارية (As Received)، مجموعة (B) القذف بالكرات (Shot Penning)، مجموعة (C) النتردة (Nitriding)، مجموعة (D) النتردة والقذف بالكرات (Shot Penning & Nitriding).

تم استخدام البرنامج الحاسوبي Win QSB في تحديد مقدار قوة ونوع الارتباط بين الاجهاد المسلط وعدد دورات الكلال لحين حصول الفشل حيث وجد ان هناك علاقة سالبة قوة العلاقة تختلف باختلاف المعاملة السطحية بين الاجهاد المسلط وعدد دورات الكلال للمجاميع الاربعه وهي على التوالي: سالبة عكسية قوية مقدارها (٠,٨٩٣٤-) في حالة المعدن غير المعامل، سالبة عكسية قوية جدا مقدارها (٠,٩٣٤٣-) في حالة المعدن المعامل بالقذف بالكرات، سالبة عكسية قوية جدا في حالة المعدن المعامل بالنتردة مقدارها (٠,٩٣٧٥-)، وسالبة عكسية قوية جدا مقدارها (٠,٩٨-) في حالة النتردة والقذف بالكرات.

**الكلمات المفتاحية :-** اجهاد وعدد دورات الكلال، الفولاذ السبائكي المنخفض الكربون، المعاملات السطحية، معامل الارتباط Win QSB.

### ١ - المقدمة

تتعرض العديد من الاجزاء الهندسية للفشل نتيجة للاجهادات الميكانيكية لاسباب تصميمية او ميتالورجية وتمثل ظاهرة فشل الكلال الحيز الاكبر من فشل الاجزاء الهندسية والتي تكون معرضة الى اجهادات دورية. ان خطورة فشل

الكلال تكمن في حصوله بدون سابق انذار، لذلك اخذت ظاهرة الكلال جانب كبير من الدراسات والبحوث التي تعالج فشل المعادن، حيث تركز هذه البحوث على طبيعة الكلال وألية الكسر ابتداءً من تكون الشقوق وسلوكها خلال فترات نموها وانتهاءً بالعمر العملي للاجزاء التي تتعرض للاجهادات المتكررة التي تسبب الكلال<sup>(١)</sup>.

المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية، هي اشباع السطح الخارجي للمعادن والسبائك باحد العناصر السريعة الانتشار بطريقة بينية واستبدالية بتأثير درجة الحرارة والزمن كالكرينة والنتردة وهي اشباع السطح الخارجي للفولاذ بالكربون والنتروجين بطريقة بينية اما الطريقة الاستبدالية فهي اشباع السطح الخارجي باحد العناصر التي تستبدل مواقع ذرات العناصر المراد اشباعها بالعنصر الجديد كاشباع الفولاذ بالكروم او الالمنيوم والتيتانيوم مع تأثير درجة الحرارة والزمن ايضا، ان لهذه الطرق الانتشارية البينية والاستبدالية في المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية تأثير على التحولات الطورية مما يؤدي الى ظهور كاربيدات العناصر على السطح عند (M<sub>2</sub>C, M<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>) الكرنية عند (M<sub>2</sub>N, M<sub>3</sub>N, M<sub>4</sub>N) اونتريدات العناصر النتردة وهذه الاطوار الكاربيدية و النتريدية تؤدي الى زيادة الصلادة ومقاومة الشد وانخفاض المطيلية او نتريدات وكاربيدات العناصر عند عملية الكاربوننتردة. ولها ايضا تأثير في تحسين الخواص الميكانيكية للفولاذ. ان المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية (الكرينة، والنتردة، والكاربوننتردة) لها تطبيقات هندسية كثيرة كاستخدامها في تحسين الخواص الميكانيكية للدرافيل، اجزاء نقل الحركة (الدشالي)، المحاور القلابة، عدد القطع بكافة انواعها<sup>(٢)</sup> <sup>(٣)</sup>. وتمثل طريقة تشكيل على البارد (الفذف بالكرات) احد الطرائق الميكانيكية للمعالجة السطحية، حيث تتكون نتيجة العملية اجهادات ضغطية عالية على السطح. وتتم العملية بتوجيه ضربات صدمية بدقائق صلدة وبسرعة عالية وبظروف مسيطر عليها على سطح المشغولة فتعمل الدقائق المقذوفة على تشويه السطح وتحميله اجهادات ضغطية وقد يصل عمق التشوه السطحي الى ٠,٥ ملم. طريقة الفذف بالكرات تحسن خصائص الكلال<sup>(٤)</sup>.

عدة بحوث تطرقت لموضوع الكلال فالباحث (براكاش وجماعة ٢٠٠٧) توصلوا الى نموذج رياضي اعطى تخمين جيد لاعمار الاجزاء المعرضة للكلال معتمداً على المواصفات الميكانيكية للمادة حيث تم تطبيق هذا النموذج على عينات من سبائك الالمنيوم والنحاس والفولاذ والتيتانيوم واعطت نتائج امينة ومرضية من حيث التصميم والتنبؤ باعمار الاجزاء<sup>(٥)</sup>.

(الباحث Hui Feng وجماعة ٢٠٠٨) توصلوا الى بناء نموذج رياضي يعتمد على النتائج العملية لعملية -تداخل ظاهري الكلال والزحف Fatigue creep interaction حيث استخدم هذا النموذج لتخمين اعمار الكلال تحت حالة السيطرة على الاجهاد واعطى نتائج جيدة جدا لمعادن حديدية ولا حديدية<sup>(٦)</sup>. الباحثون (د. حسين العكاوي وآخرون ٢٠١٠) قاموا بدراسة ظاهرة الكلال لسبيكة الالمنيوم ذات الرمز (T3-2024) تحت اجهادات ثابتة ومتغيرة السعة لدراسة تأثيرات تتابع الاجهاد والضرر المتراكم. الحمل المسلط من نوع الانحناء الدوار ومقطع العينة دائري بقطر (٦,٧٦) ملم جميع الفحوصات العملية تمت تحت نسبة إجهاد  $R = -1$  ودرجة حرارة الغرفة. وتم بناء نموذج رياضي نظري سمي نموذج مرونة - لدونه لتقييم الأعمار للأجزاء و اجراء مقارنة النموذج المقترح مع نظرية ماينر الخطية ونظرية نمو الشقوق المرنة. بالاعتماد على النتائج العملية واتضح ان النموذج المقترح هو اقرب إلى النتائج العملية<sup>(٧)</sup>. الباحث (Takahashi ٢٠١٠) قام باجراء معاملة السطحية لسبيكة التيتانيوم Ti6Al4V باستخدام انتشار الاوكسجين لتحسين خواص الكلال لان وجود الاوكسجين بنسبة عالية يقلل من مقاومة الكلال بسبب تفاعل الاوكسجين مع التيتانيوم مكونا اجهادات متبقية. حيث تم تقليل تأثير الاوكسجين بأجراء معاملة سطحية (الفذف بالكرات) وهي تقنية فعالة لتحسين مقاومة الكلال للتيتانيوم المعالج بانتشار الاوكسجين<sup>(٨)</sup>. وقام الباحث حسين علي حسين وآخرون (٢٠١٢) بدراسة تحليل المعولية باستخدام توزيع بيرنهام - ساندرس لدراسة اجهاد الكلال لسبيكة الفولاذ المنخفض الكربون لاربع مجاميع من العينات اجري لها معاملات سطحية مختلفة، حيث عالج توزيع بيرنهام-ساندرس مسالة معدل النمو غير الثابت للشقوق على السبيكة وايضا تم تقدير معاملات

التوزيع باستخدام طريقة الامكان الاعظم (Maximum likelihood Method)، وتم ايجاد قيم تقديرية لمعاملات التوزيع وايجاد دالة المعولية ودالة الخطورة<sup>(٩)</sup>.

في هذا البحث تم استخدام تحليل الارتباط والذي هو مقياس لتوضيح قوة ونوع العلاقة بين متغيرين لتحديد قوة ونوع الارتباط بين الجهد المسلط على الفولاذ السباتكي المنخفض الكربون بعدد دورات الكلال لحين حصول الفشل وصولاً الى حد الكلال

## ٢- الجانب العملي

### ١- المادة المستخدمة

تم إجراء التحليل الكيميائي للحديد الكربوني المنخفض السباتكية والموضح بالجدول (١) بأستخدام جهاز المطياف (Spectrometer) في الشركة العامة للصناعات الميكانيكية.

### ٢- تصنيع العينات

صنعت عينات اختبار الكلال وفق المواصفة القياسية لفحصها على جهاز اختبار الكلال بالانحناء الدوار Rotating Bending عينة الكلال موضحة بالشكل (١).

### ٣- ترميز العينات Specimen classification

صنفت عينات الكلال لاربع مجاميع رئيسية A,B,C,D جدول (٢) حسب معاملتها حرارياً او ميكانيكياً لغرض اجراء الاختبار، تتكون كل مجموعة من ست عينات، تم للمجاميع الاربع استبعاد العينة السادسة عند احتساب قوة ونوع علاقة الارتباط بين اجهاد المسلط وعدد الدورات لحين حدوث الفشل لانها تمثل حد الكلال (Fatigue Limit "F.L") الذي لا يحدث بعده كسر للعينة مهما سلط عليها من جهد اقل او يساوي جهد حد الكلال.

### ٤- المعاملات الحرارية والميكانيكية:

١- التقسية: اجريت المعاملة الحرارية (التقسية) قبل عملية التبريد عند درجة حرارة ٨٣٠C والتثبيت لمدة ٢٥ دقيقة بعدها التبريد في الماء للحصول على البنية المارتزيتية.

٢- عملية تصليد سطحي من خلال قذفها بكرات بقطر ١,٥، تم تثبيت زمن القذف لمدة خمسة عشرة دقيقة.

٣- معاملة حرارية كيميائية هي التبريد السائلة عند درجة حرارة ٥٨٠C و لمدة ساعة في محلول ملحي وهو ملح الامونيا الذي يرمز له (TF١) وبمساعدة عامل منشط (REG١) وهذه الاملاح مصنعة من قبل الشركة الالمانية (Degossa Durferrit) عند التحلل يتحرر النتروجين الذي ينتشر خلال سطح الفولاذ مكونا النتريدات.

### ٥- الفحوصات والاختبارات:

#### ١- التركيب المجهرى

تم فحص العينات باستخدام مجهر ضوئي نوع (Unversed Camera Microscope, M٢F٢, Serial

No٣٦٣٧٥٣)

#### ٢- اختبار الكلال

تم إجراء أختبارات الكلال على اربع مجاميع من العينات (A,B,C,D) تتكون كل مجموعة من ست عينات، تم للمجاميع الاربع استبعاد العينة السادسة عند احتساب قوة ونوع علاقة الارتباط بين اجهاد المسلط وعدد الدورات لحين حدوث الفشل لانها تمثل حد الكلال (Fatigue Limit "F.L") الذي لا يحدث بعده كسر للعينة مهما سلط عليها من جهد

اقل اويساوي جهد حد الكلال. الاحمال ثابتة السعة بأستخدام جهاز الانحناء الدوار (Rotating Bending) نوع Schenckpunn Rotating Bending Machine بطروف المختبر.

### ٣- حساب معامل الارتباط بأستخدام برنامج Win QSB الحاسوبي

#### ٣-١ استخدام البرنامج الحاسوبي Win QSB

تم أستخدام البرنامج الحاسوبي Win QSB ومعادلة بيرسون لحساب معامل الارتباط لتحديد قوة ونوع العلاقة الارتباط بين الاجهاد وعدد دورات الكلال لبيان تأثير نوع المعاملة السطحية على قوة ونوع الارتباط للمجاميع الاربعة، ومعادلة بيرسون لحساب معامل الارتباط هي (١٠) :-

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2} \sqrt{\sum(y-\bar{y})^2}} \dots \dots \dots (1)$$

حيث:-

y = متوسط الاجهاد المسلط (N/mm<sup>2</sup>)

x = عدد الدورات بالدقيقة (Cycle)

n = عدد العينات المدروسة.

$\bar{x}$  = معدل عدد الدورات

$\bar{y}$  = معدل الاجهاد المسلط

ويتم احتساب  $\bar{x}$  و  $\bar{y}$  بأستخدام المعادلتين (٣)(٢) بالشكل التالي :-

$$\bar{x} = \sum x / n \dots \dots (2)$$

$$\bar{y} = \sum y / n \dots \dots (3)$$

#### ٣-٢ - تحليل الارتباط Correlation Analysis

يستخدم تحليل الارتباط لتحديد قوة ونوع العلاقة بين متغيرين ويتم هذا التحليل بأستخدام مقياس رقمي يسمى معامل الارتباط Correlation Coefficient ويرمز له (r) وتتراوح قيمته بين +1 ≤ r ≤ -1 ، فالإشارة الموجبة لمعامل الارتباط تدل على العلاقة الطردية بينما الإشارة السالبة تشير للعلاقة العكسية، ويعتبر معامل بيرسون الكمي Pearson Correlation Coefficient من اكثر معاملات الارتباط استخداما، يركز معامل الارتباط على نقطتين هم (١٢)(١١):-

##### ١- تحديد نوع العلاقة

تحديد شكل العلاقة بين المتغيرين بأستخدام الشكل (٢) والشكل (٣) الذي يوضح اشكال انواع الارتباط بين متغيرين، يمثل (X) المتغير الاول و (Y) المتغير الثاني. ومن خلال مقارنة الشكل البياني الممثل بأستخدام البرنامج الحاسوبي Win QSB لكل مجموعة من مجاميع العينات مع الاشكال الرئيسية الموضحة بالشكل (٣ و ٢) ويحدد شكل علاقة الارتباط اعتمادا على إشارة معامل الارتباط وكما يلي (١٣) :-

أ- إشارة معامل الارتباط سالبة (r < ٠) توجد علاقة عكسية بين المتغيرين .

ب- اذا كانت إشارة معامل الارتباط موجبة (r > ٠) توجد علاقة طردية بين المتغيرين .

ج- اذا كان معامل الارتباط قيمة صفر (r=٠) دل ذلك على انعدام العلاقة بين المتغيرين.

٢- **قوة العلاقة:-** ويمكن الحكم على قوة العلاقة من حيث درجة قربها او بعدها عن  $(\pm 1)$ ، حيث ان قيمة معامل الارتباط تقع في المدى  $(1 < r < -1)$  ويمكن وصف العلاقة ومدى قوتها من خلال مطابقة قيمة معامل الارتباط المستخرجة باستخدام البرنامج الحاسوبي Win QSB مع درجات قوة العلاقة بين المتغيرين الموضحة في الشكل (٤)

#### ٤- المناقشة والنتائج

تم اجراء اختبارات الفحص المجهرى واختبار الكلال وكذلك تطبيق عامل الارتباط الرياضى.

##### ٤-١ الفحص المجهرى:

وجد ان الفرايت والبرلايت هو الطور السائد والنتريديات المتكونة  $Cr_7N$ ,  $Fe_4N$ ,  $Fe_7N$  بعد النتردة السائلة على السطح باستخدام حيود الاشعة السينية والشكل (٥) يوضح البنية المجهرية.

##### ٤-٢ اختبار الكلال

من نتائج اختبار الكلال لمجاميع العينات (B, C, D) وجد تحسن في مقاومة الكلال مقارنة مع المجموعة (A) المعدن الاساس اذ تؤدي المعاملة السطحية الميكانيكية (القذف بالكرات) الى تكوين انخلاعات بكثافة عالية وكذلك تؤدي الى تعميم الحبيبات في الطبقة السطحية المنفعلة بعد القذف والتي تحسن من خواص الكلال. وكذلك المعاملة السطحية بالنتردة ادت الى تحسين في خواص الكلال بسبب تكوين النتريديات على السطح, ودمج عمليتي القذف بالكرات والمعاملة الكيماوية (النتردة) ادت الى تحسن واضح في مقاومة الكلال من خلال زيادة في الاجهادات الضغطية والصلابة السطحية كما مبين في الشكل (٦)

##### ٤-٣ ايجاد معامل الارتباط (تحديد قوة ونوع العلاقة بين الاجهاد وعدد دورات الكلال)

تم استخدام البرنامج الحاسوبي WINQSB في تحديد قوة وشكل علاقة الارتباط بين الاجهاد وعدد دورات الكلال وللمجاميع الاربعة وبالشكل الاتي:-

المجموعة الاولى (A), بعد اجراء الاختبار للعينات من الفولاذ السبائكي المنخفض الكربون وبدون تعامل حرارى (As Received) تم الحصول على البيانات الموضحة بالجدول (٣), تم ادخال بياناتالجدول (٣) للعينات الخمس في واجهة ادخال بيانات المتغيرين في البرنامج الحاسوبي لاحتساب مقدار قوة العلاقة بين المتغيرين من خلال البرنامج كما موضح في عمود (Correlation) بالشكل (٨) حيث وجد ان معامل الارتباط  $= -0.8934$  , وبمطابقة هذه القيمة مع درجات قوة العلاقة الشكل (٤) نجد ان العلاقة بين المتغيرين قوية سالبة . وايضا بمقارنة شكل العلاقة الموضحة بواسطة برنامج WINQSB شكل (٩) مع الاشكال الرئيسية لانواع علاقات الارتباط شكل (٢) حيث نلاحظ تباعد توزيع النقاط،تباعد وتقارب النقاط من الخط يؤثر على شكل العلاقة فكلما اقتربت النقاط من الخط كانت العلاقة اقوى وكلما ابتعدت ضعفت علاقة الارتباط نجد ان شكل العلاقة بين المتغيرين في حالة المعدن الاساس بدون معاملة حرارية يماثل شكل العلاقة (d) علاقة وارتباط عكسي.

اما بالنسبة للمجموعة الثانية (B), بعد اجراء الاختبار للعينات من الفولاذ السبائكي المنخفض الكربون المقذوف (Shot Penning) تم الحصول على البيانات جدول رقم (٤).

بعد ادخال بيانات المتغيرين، اظهرت النتائج ان قوة الارتباط بين المتغيرين  $= -0.9345$  كما موضح بالشكل (١٠) وبمقارنة هذه النتيجة مع درجات قوة العلاقة الشكل (٤) نجد ان العلاقة بين المتغيرين سالبة قوية جدا، وشكل توزيع النقاط وتقاربها من الخط كما موضح في شكل (١١) تبين ان نوع العلاقة لهذه المجموعة من العينات المعاملة بالقذف بالكرات ارتباط وعلاقة عكسية سالبه كما موضح بالشكل (٢) وتمائل النوع (e)

اما بالنسبة للمجموعة الثالثة (C), بعد اجراء الاختبار للعينات من الفولاذ السبائكي المنخفض الكربون المعاملة سطحيا بالنتريده (nitriding) كانت نتائج اختبار الكلال كما موضح بالجدول (٥).

بعد ادخال بيانات الاجهاد وعدد دورات الكلال جدول (٥) اظهرت النتائج المستخرجة بواسطة البرنامج الحاسوبي ان قوة الارتباط بين المتغيرين =  $-0,9375$  كما موضح بالشكل (١٢) وبمقارنة هذه النتيجة مع درجات قوة العلاقة الشكل (٤) نجد ان العلاقة بين المتغيرين سالبة قوية جدا، وشكل توزيع النقاط وتقاربها من الخط كما موضح في شكل (١٣) تبين ان نوع العلاقة لهذة المجموعة من العينات المعاملة سطحيا بالنتريده ارتباط وعلاقة عكسية سالبه كما موضح بالشكل (٢) وتمائل النوع (e) .

المجموعة الرابعة (D) بعد اجراء الاختبار الكلال لعينات من الفولاذ السبائكي المنخفض الكربون القذف بالكرات (Penning Shot) والمنتريده (Nitriding) المعامل حرارياً تم تم الحصول على البيانات جدول (٦).

بتطبيق هذه البيانات في برنامج WINQSB لايجاد قوة علاقة الارتباط بين الاجهاد وعدد دورات الكلال وجد انها =  $-0,9800$  شكل (١٤) وبمقارنة هذه القيمة مع قيم درجات قوة العلاقة شكل (٤) نجدها من النوع سالبة قوية جدا، وبمقارنة نوع العلاقة بين المتغيرين في حالة المعاملة السطحية بالنتريده والقذف بالكرات الموضحة بالشكل (١٥) مع الاشكال الرئيسية لانواع العلاقات شكل (٢) شكل توزيع النقاط يقابل النوع (e) نوع العلاقة عكسية قوية.

جدول (٧) يلخص النتائج، حيث يبين الجدول ان مدى قوة ونوع العلاقة بين الاجهاد وعدد الدورات سالبة قوية للمعدن لمختلف المعاملات السطحية لكن مقدار القوة تتباين قليلا من معاملة سطحية الى اخرى، حيث كانت العلاقة الاقوى في حالة المعدن المعامل سطحيا بالنتريده والقذف بالكرات تليها النتريده وبعدها القذف بالكرات والعلاقة الاقل في حالة المعدن الاساس بدون معاملة سطحية اي ان المعاملة السطحية كان لها تأثير واضح ومتباين حسب نوع المعاملة السطحية على اجهاد الكلال.

## ٥ - الاستنتاجات

- ١- ان المعاملة السطحية كان لها تأثير واضح ومتباين حسب نوع المعاملة السطحية على اجهاد الكلال.
- ٢- العلاقة بين الاجهاد المسلط وعدد دورات الكلال لحين حصول الفشل بالعيونة وصولا الى حد الكلال سالبة عكسية دائما.
- ٣- تؤثر نوع المعاملة السطحية على درجة قوة العلاقة بين المتغيرين.
- ٤- تزداد قوة العلاقة عند اجراء معاملة سطحية للمعدن حيث كانت العلاقة قوية فقط في حالة المعدن الاساس وقوية جدا في حالة المعدن المعامل سطحيا.
- ٥- اظهرت النتائج ان اكبر تأثير للمعاملة السطحية على خواص الكلال كانت في حالة المعاملة السطحية بالنتريده والقذف بالكرات .

## ٦ - المصادر

- ١- دواي، د. أمين ثامر (٢٠٠٧)، "دراسة تأثير درجة حرارة المعاملات الحرارية على الخواص الميكانيكية والكلال للفولاذ الكربوني (CK ٣٥ كاربون)", مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ٨.
- ٢- دواي، د. أمين ثامر (٢٠٠٨)، "دراسة تأثير المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية على الخواص الميكانيكية لفولاذ (٤٠ Cr)", مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٦، العدد ٨.

٣- حسن، خيرية سلمان (٢٠٠١)، "دراسة تأثير الكرينة على مقاومة الكلال للفولاذ"، اطروحة ماجستير، الجامعة التكنولوجية.

٤- LAKHWINDER SINGH, R.A. KHAN and M.L. AGGARWAL, "Effect of shot penning on hardening and surface roughness of nitrogen austenitic stainless steel", International Journal of Engineering Science and Technology Vol. ٢ (٥), ٨١٨-٨٢٦, ٢٠١٠.

٥- Prakash, C. G (٢٠٠٧), "Geometry and Material Property Uncertainty Model for Fatigue Life Predictions" Paper ١١٩, Proceedings of the SEM ٢٠٠٧ Annual Conference and Exposition, spring, Massachusetts, USA.

٦- Huifeng, J (٢٠٠٨), "A new Empirical life prediction method for stress controlled fatigue – creep interaction" Materials letters ٦٢.

٧- العلكاوي، د. حسين واخرون (٢٠١٠)، "تخمين اعمار كلال الاجزاء باستخدام نموذج رياضي مقترح"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٨، العدد ١٩.

٨- Takahashi, Kyo and Eiichi Sato (٢٠١٠), "Influence of Surface Treatments on Fatigue Strength of Ti-6Al-4V Alloy", Materials Transactions, Vol. ٥١, No. ٤, pp. ٦٩٤ - ٦٩٨.

٩- حسين، م.م حسين علي، حسين، م.م افتخار علي (٢٠١٢)، "استخدام توزيع بيرنهام-ساندرس في تحليل المعولية لسبيكة الفولاذ المنخفض الكربون -تطبيق عملي، مؤتمر المعلوماتية، الكلية التقنية الادارية/ بغداد.

١٠- Egghe, Leo and Leydesdorff, Loet (٢٠١٠), "The relation between Pearson's correlation coefficient r and Salton's cosine measure", Journal of the American Society for Information Science & Technology.

١١- د. محمود الدريني "تحليل الانحدار الخطي البسيط" [www.bsofian-ksu.com/agec613/Lecture4.pdf](http://www.bsofian-ksu.com/agec613/Lecture4.pdf).

١٢- Samprit, Chatterjee and Ali S. Hadi (٢٠٠٦), "Regression Analysis by Example", Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.

١٣- محسن، د. عبد الكريم، النجار، د.صباح (٢٠٠٤)، "أدارة الانتاج والعمليات" الطبعة الاولى، دار وائل للطباعة، الأردن.

١٤- Jim Higgins, Ed .D (٢٠٠٥), "Excerpted from The Radical Statistician", Copyright.

١٥- صالح، د. مفتاح، حسين، بلوضاح (٢٠٠٦)، "المفاضلة بين نودج السلاسل الزمنية ونموذج الانحدار البسيط في التنبؤ بحجم المبيعات في المؤسسة الاقتصادية، مذكرة تدخل في متطلبات شهادة الماجستير، جامعة محمد بو مضياف.

١٦- د. محمود الدريني "التوزيعات الاحتمالية المشتركة"، <http://www.iefpedia.com/arab/wp>.

جدول رقم (١): التركيب الكيماوي لفولاذسباتكي منخفض الكربون.

العنصر	C	Si	Mn	P	Cr	Mo	V
النسبة المئوية %	٠,٤١٢	٠,١٩٨	٠,٧٤٧	٠,٠٠٢	٠,٧٨٨	٠,٠١٣	٠,٠٠١

جدول (٢): مجاميع عينات الكلال.

رمز المجموعة	نوع التعامل
A	بدون تعامل
B	قذف بالكرات
C	نتردة
D	نتردة + قذف بالكرات

الجدول (٣): يوضح بيانات المجموعة (A) بدون تعامل حراري

عينات المجموعة	متوسط الاجهاد $\sigma_f (N/mm^2)$	عدد الدورات بالدقائق $N_f (Cycle)$
A		
A <sub>١</sub>	٣٥٠	٤١٥٠٠
A <sub>٢</sub>	٣٢٥	١٠٥٠٠٠
A <sub>٣</sub>	٣٠٠	١٢١٠٠٠
A <sub>٤</sub>	٢٧٥	٤٧٥٠٠٠
A <sub>٥</sub>	٢٥٠	١٠٥٥٠٠٠
A <sub>٦</sub>	٢٥٢	F.L

الجدول (٤): بيانات المجموعة معاملة سطحية ميكانيكية (القذف بالكرات)

عينات المجموعة B	متوسط الاجهاد $\sigma_f (N/mm^2)$	عدد الدورات بالدقائق $N_f (Cycle)$
B <sub>١</sub>	٣٥٠	٦٥٥٠٠
B <sub>٢</sub>	٣٢٥	١٥٢٠٠٠
B <sub>٣</sub>	٣٠٠	٢٢١٠٠٠
B <sub>٤</sub>	٢٧٥	٦٨٥٠٠٠
B <sub>٥</sub>	٢٥٠	١١٦١٠٠٠
B <sub>٦</sub>	٢٥٢	F.L



الجدول (٥): بيانات المجموعة (C) معاملة سطحية بالنتردة.

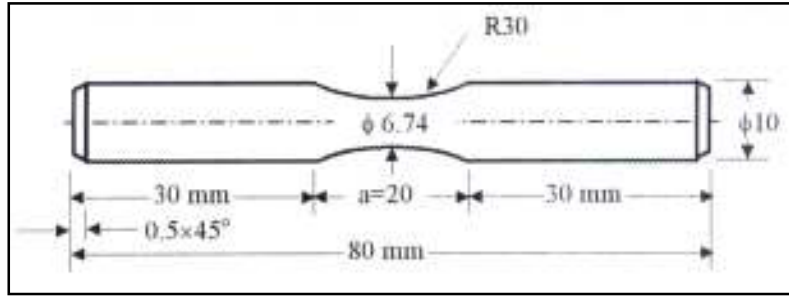
عينات المجموعة C	متوسط الاجهاد $\sigma_f (N/mm^2)$	عدد الدورات بالدقائق $N_f (Cycle)$
C <sub>١</sub>	٧٥٠	١٧٠٠٠٠
C <sub>٢</sub>	٧٢٥	٢٠٩٠٠٠
C <sub>٣</sub>	٧٠٠	٤٠٧٠٠٠
C <sub>٤</sub>	٦٧٥	٥٩٨٠٠٠
C <sub>٥</sub>	٦٥٠	١١١٩٠٠٠
C <sub>٦</sub>	٦٢٥	F.L

الجدول (٦): بيانات المجموعة (D) تعامل بالنتردة والقذف بالكرات (Shot Penning & Nitriding).

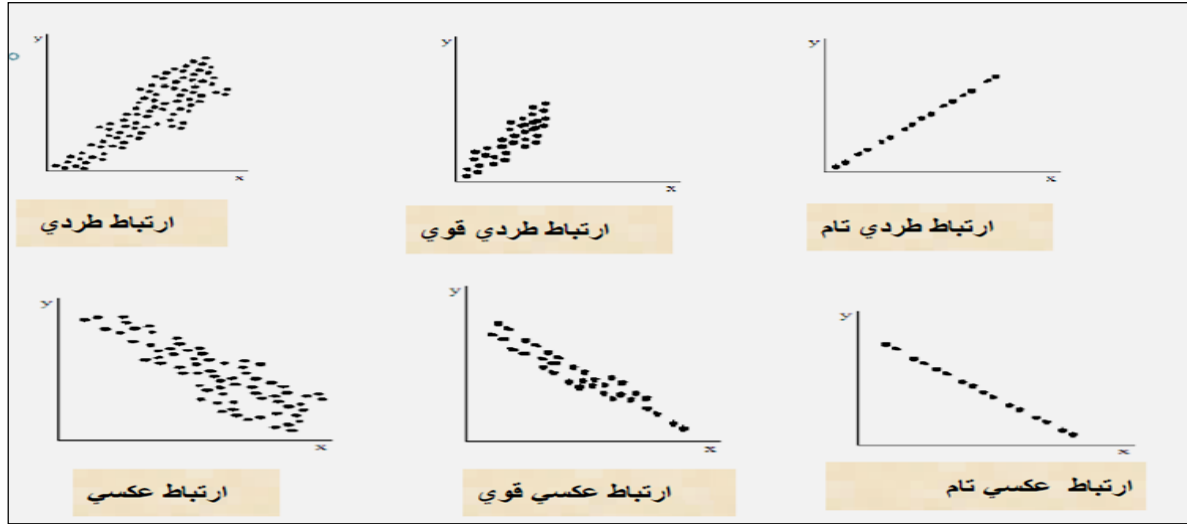
عينات المجموعة D	متوسط الاجهاد $\sigma_f (N/mm^2)$	عدد الدورات بالدقائق $N_f (Cycle)$
D <sub>١</sub>	٧٥٠	٢٩٦٠٠٠
D <sub>٢</sub>	٧٢٥	٤٣٥٠٠٠
D <sub>٣</sub>	٧٠٠	٧٠٦٠٠٠
D <sub>٤</sub>	٦٧٥	٩٨٥٠٠٠
D <sub>٥</sub>	٦٥٠	١٤٥٥٠٠٠
D <sub>٦</sub>	٦٢٥	F.L

جدول (٧): يوضح النتائج المستحصلة لقوة ونوع الارتباط بين اجهاد الكلال وعدد دورات جهاز الكلال لحين الفشل.

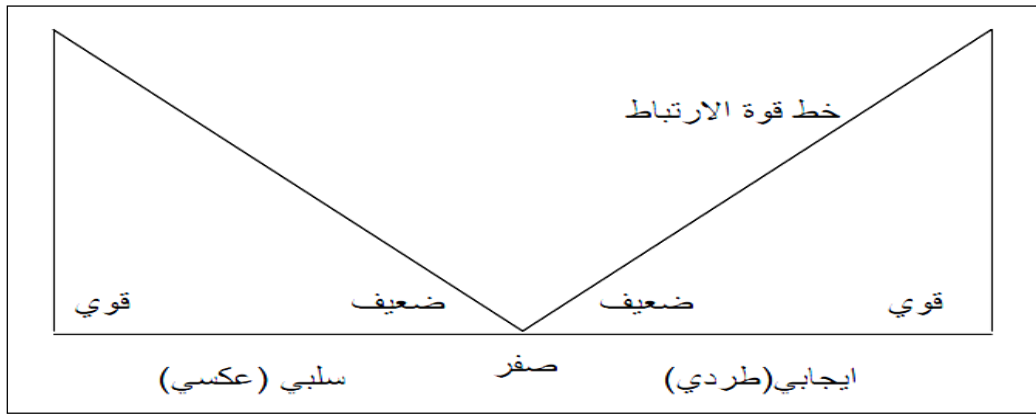
المجموعة	نوع المعاملة السطحية	مقدار قوة الارتباط	نوع الارتباط	تسلسل قوة الارتباط
A	بدون معاملة	-٠,٨٩٣٤	سالبة قوية	٤
B	القذف بالكرات	-٠,٩٣٤٣	سالبة قوية جدا	٣
C	النتردة	-٠,٩٣٧٥	سالبة قوية جدا	٢
D	النتردة والقذف بالكرات	-٠,٩٨٠٠	سالبة قوية جدا	١



الشكل (١): ابعاد عينة الكلال وفق المواصفة القياسية ASTM.



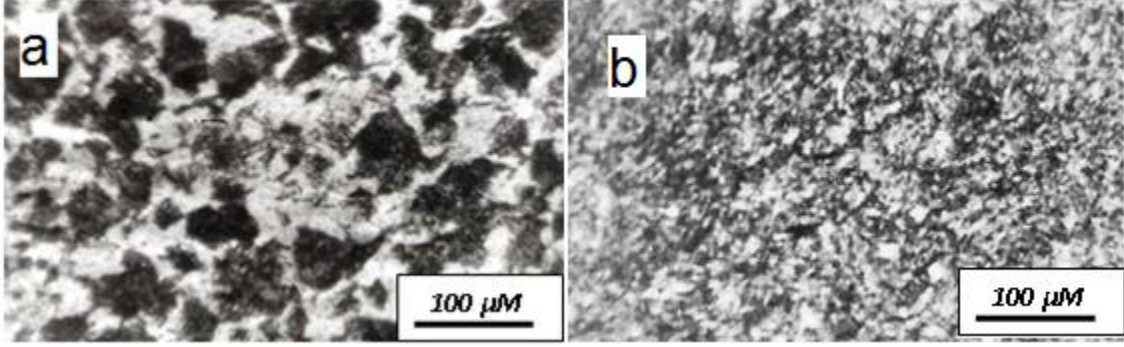
شكل (٢): يوضح اشكال الارتباط بين متغيرين (١٤)



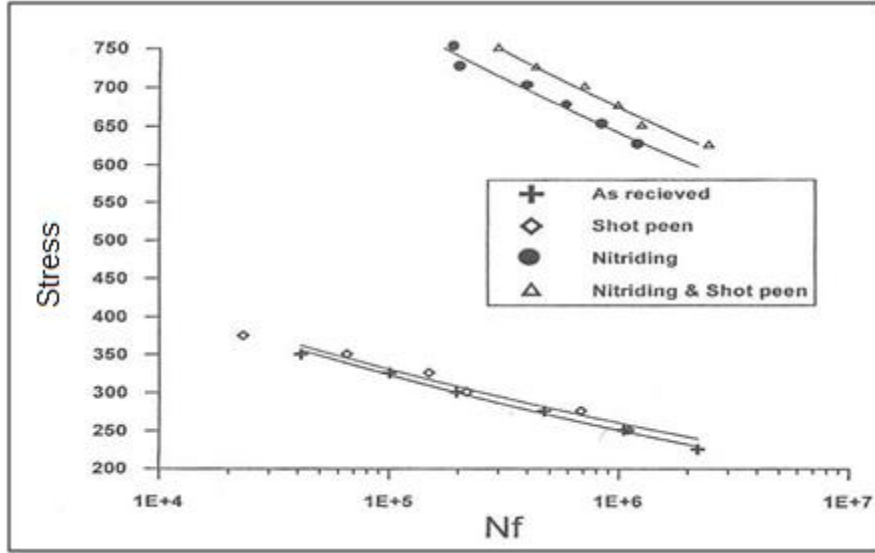
شكل (٣): يوضح شكل وقوة الارتباط بين المتغيرين (١٥)

ارتباط عكسي					ارتباط طردي					
قوي جدا	قوي	متوسط	ضعيف	ضعيف جدا	ضعيف جدا	ضعيف	متوسط	قوي	قوي جدا	
1 -	0,9 -	0,7 -	0,5 -	0,3 -	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1
تام					منعدمة					تام

شكل (٤): درجات قوة معامل الارتباط (١٦)



شكل (٥): البنية المجهرية (a) الطور السائد (b) طور النتريدات



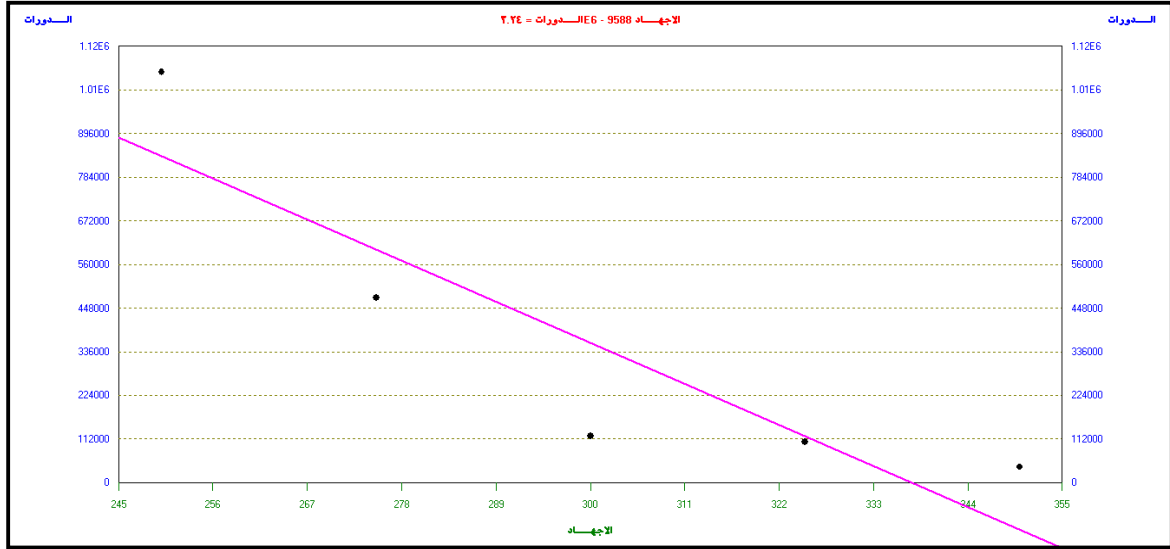
شكل (٦): يوضح المقارنة بين المجاميع الاربعة.

Observation	الاجهاد	عدد الدورات
1	350	41500
2	325	105000
3	300	121000
4	275	475000
5	250	1055000

شكل (٧): بيانات المتغيرين في حالة بدون معاملة حرارية.

06-16-2013	Variable	Variable	Correlation
1	الاجهاد	عدد الدورات	-0.8934104

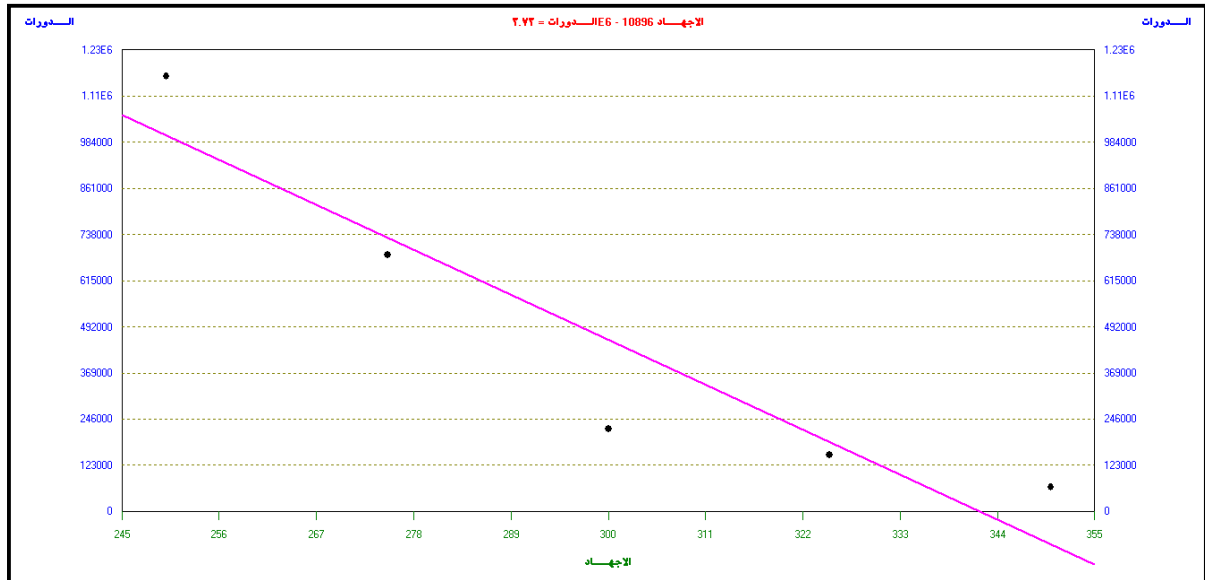
شكل (٨): يوضح مقدار قوة العلاقة بين عدد الدورات واجهاد الكلال في حالة المعدن بدون معاملة حرارية.



شكل (٩): يوضح شكل ونوع العلاقة بين عدد الدورات واجهاد الكلال في حالة المعدن بدون معاملة حرارية.

06-16-2013	Variable	Variable	Correlation
1	الاجهاد	الدورات	-0.9345482

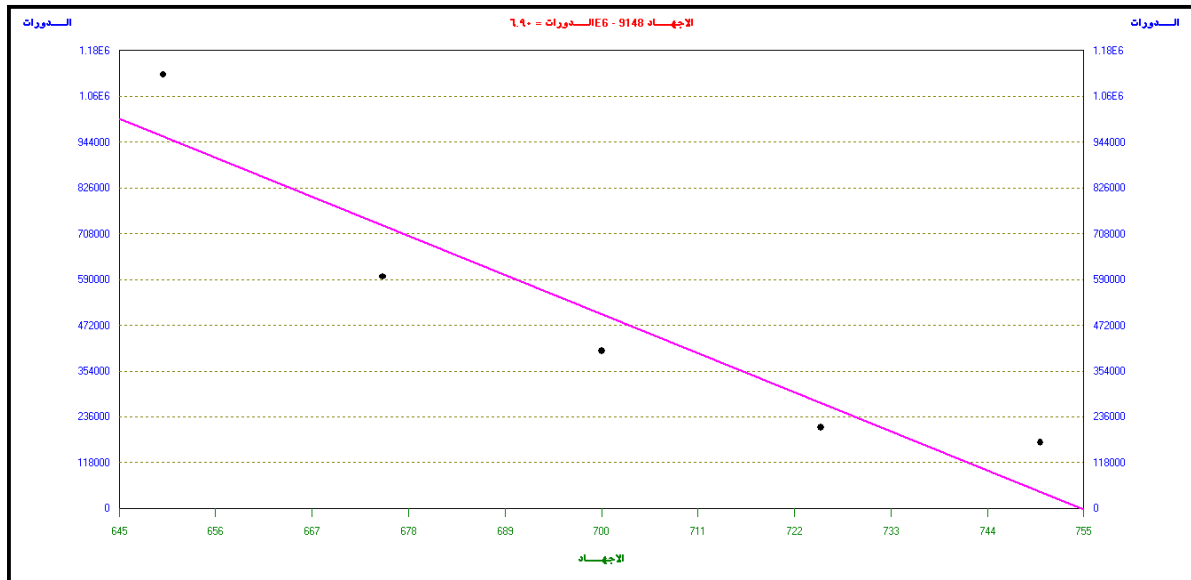
شكل (١٠): يوضح مقدار قوة العلاقة بين عدد الدورات واجهاد الكلال في حالة المعاملة السطحية الميكانيكية (القذف بالكرات).



شكل (١١): يوضح شكل ونوع العلاقة بين عدد الدورات واجهاد الكلال في حالة المعاملة السطحية الميكانيكية بالقذف بالكرات

06-16-2013	Variable	Variable	Correlation
1	الاجهاد	الدورات	-0.9375851

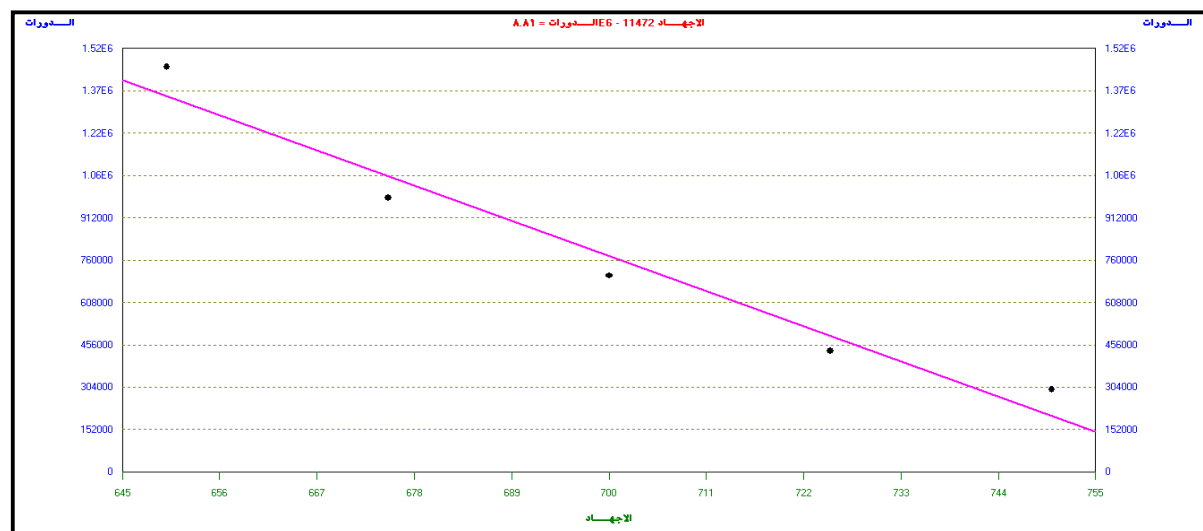
شكل (١٢): يوضح مقدار قوة العلاقة بين عدد الدورات واجهاد الكلال في حالة التعامل بالنتردة.



شكل (١٣): يوضح شكل ونوع العلاقة بين الاجهاد وعدد دورات الكلال في حالة معاملة سطحية بالنتردة.

06-16-2013	Variable	Variable	Correlation
1	الاجهاد	الدورات	-0.9800924

شكل (١٤): يوضح مقدار قوة العلاقة بين عدد الدورات واجهاد الكلال في حالة المعاملة السطحية بالنتردة والقذف بالكرات.



شكل (١٥): يوضح شكل ونوع العلاقة بين عدد الدورات واجهاد الكلال في حالة التعامل سطحيًا بالنتردة والقذف بالكرات.

## DETERMINE AND ANALYZE THE RELATIONSHIP BETWEEN STRESS AND THE NUMBER OF CYCLES FOR LOW CARBON STEEL ALLOY FOR VARIOUS SURFACE TREATMENTS BY USING CORRELATION COEFFICIENT

Abdul-jabar saad jomah <sup>1</sup>, Zainab Allawi Ibrahim <sup>2</sup>, Hussein Ali Hussein <sup>3</sup>

<sup>1</sup> College of Engineering / Diyala University

<sup>2,3</sup> University of technology

**ABSTRACT:** In this research used correlation analysis in determining the strength and type of correlation between fatigue stress and the number of fatigue cycles while the sample failure reaching to Fatigue Limit, for low carbon alloy steel for various surface treatments as well as determine the effect of treatment surface on this relationship.

The Win QSB Program has been used in determining the strength and type of correlation between fatigue stress and the fatigue cycles number. results of the present work show that there is a strong negative relationship between stress and the cycles number of fatigue machine for four groups vary depending on the surface treatment respectively: - alloy steel without treatment is strong negative relation =  $-0,8934$ , negative & very strong relation =  $-0,9343$  in case of shoot penning treatment, negative & very strong relation =  $-0,9370$  in case nitriding treatment, negative & very strong relation =  $-0,98$  in case shoot penning & intruding.

**Key words:** Win QSB, treatment surface, low carbon alloy steel, stress and the number of fatigue cycles.