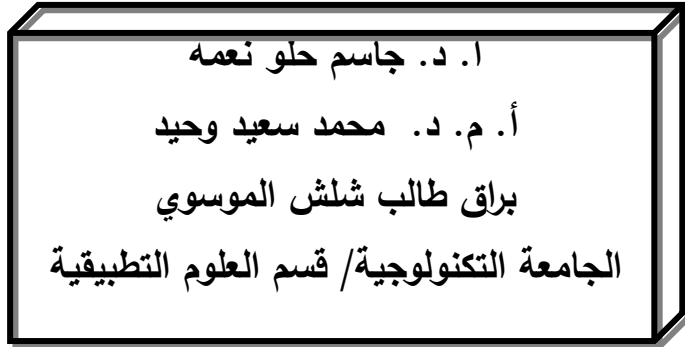


# تأكل الفولاذ الواطئ الكاربون بفعل البكتيريا

## دراسة تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال)



### الخلاصة

درس دور التاكل البايولوجي الحاصل بفعل البكتريا المؤكسدة للكبريت *Thiobacillus thiooxidans* وتأثيرها في الصفات الفيزيائية للصلب المنخفض الكربون ( ٠,١١ %) . وقد ركز البحث على دراسة مقاومة الكلال *Fatigue* لاهميتها في قياس تحمل المواد.

استحصلت البكتريا من عيون المياه الكبريتية في حمام العليل (شمال العراق). وقد عزلت هذه البكتريا على وسط الثايوسلفات الصلب ، ثم اخذ منها عينات ولقح بها وسط محلول خاص من الاملاح المعدنية في دورق زجاجي.

عدل الرقم الهيدروجيني ( pH ) إلى (4) وتركت العينات ساكنة مدة ثلاثة أيام بدرجة حرارة ( 28 ) ° م بعدها حضنت بالحاضن الهزاز بسرعة ( 170 ) دورة \ دقيقة بدرجة الحرارة نفسها. بعد مرور (15) يوم من الحضنة قدرت حامضية كل مزرعة و عدد البكتريا فيها حيث كانت (  $4.0 \times 10^6$  ) خلية \ مل .

اعتبر هذا الدورق مزرعة أصلية لقحت منها المزارع الجديدة التي غمرت بها عينات النماذج المعدنية في دوارق زجاجية معقمة.

عرضت عينات من السبيكة المذكورة أعلاه لفترات مختلفة تراوحت من ( 2-6 ) أسابيع عند مدى درجات حرارة ( 15-20 )°م و ( 30-25 )°م و ( 35-30 )°م . بينما غمرت عينات أخرى في محلول ذي أس هيدروجيني يعطي صفة الحامضية و لنفس الشروط المذكورة أعلاه من حيث مدى درجة الحرارة و الفترة الزمنية. و قد لوحظ أن العينات التي تعرضت للوسط الحاوي على البكتريا اظهرت حالة من التآكل الموضعي مما سبب حصول انخفاض في قيم حد الكلال مقارنة مع القيم المرتفعة للعينات التي تمثل السبيكة كما هي .

كما وجد أن قيمة حد الكلال للسبيكة ( 247.5 MPa ) بينما بلغ للعينات المغمورة في الوسط الحاوي على البكتريا مدة أسبوعين ( 207.5 MPa ) و في الوسط الخالي من البكتريا بلغ حد الكلال ( 247.5 MPa ) و قد لوحظ أن هذا التأثير يزداد بزيادة درجة الحرارة و الفترة الزمنية للغمر .

### المقدمة :

يمكن تعريف التآكل الحيوي أو البكتيري أو الميكروبيولوجي أو التآكل بفعل الأحياء المجهرية ( مهما اختلفت التسمية ) بأنه تشوه المواد بصورة مباشرة أو غير مباشرة بفعل البكتريا ( Bacteria ) أو الطحالب ( Algae ) أو الفطريات ( Fungi ) ، بصورة منفردة أو مجتمعة .

تؤثر الأحياء المجهرية على التفاعلات الكاثودية والانودية ، وتولد ظروف تآكلية والحالة الأكثر قبولا هي أن الأحياء المجهرية تسبب التآكل بوساطة الهجوم الكيميائي ( Chemical attack ) على المعدن أو الكونكريت أو أي مادة أخرى بوساطة النواتج الايضية لتلك المجهرات وغالبا ما تكون تلك النواتج حوامض ( مثالها : حامض الكبريتيك أو الكربونيك أو حوامض عضوية أخرى ) أو نواتج مثل كبريتيد الهيدروجين أو الأمونيا .

بحث Gaines ( 1910 ) إمكانية اشتراك الأحياء المجهرية في عمليات تآكل المعادن . حيث وجد إن للبكتريا دورا في تآكل الحديد والفولاذ المطمور تحت سطح التربة أو المغمور في المياه ، فقد لاحظ حدوث درينات ( Tubercles ) على السطح الخارجي

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكال).....

أ.د. جاسم حلو نعمة ، أ.م.د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

للكائنات الحديدية المغمورة في المياه في إحدى البحيرات وعند تحليل نواتج التآكل في هذه الدرينات تمكن من عزل بكتريا الحديد (*Gallionella -ferruginea*) ، واستدل على وجود بكتريا الكبريت من التركيز العالي من الكبريت والمادة العضوية في نواتج التآكل للحديد والفولاذ<sup>(1)</sup>.

درس Beckwith & Bovard ( 1937 ) التآكل الحاصل في خطوط الأنابيب الفولاذية بفعل بكتريا (*Thiobacillus*) التي تؤكسد الكبريت المرتبط مع مركبات أخرى إلى حامض الكبريتيك ، يشترك الكبريت في بعض السبائك بنسبة قد تصل إلى ( 60% ) فيمكن أكسدته بفعل أجناس الثايوباسلس ثم يختزل تحت الظروف اللاهوائية إلى كبريتيد الهيدروجين بفعل البكتريا المختزلة للكبريت ، ووجد أن هذه الحالة مسؤولة عن التآكل الشديد لروابط أنابيب المياه إلا أن حدوث وأهمية تآكل المعادن بفعل حامض الكبريتيك المنتج من قبل الأحياء المجهرية ما زالت غير محددة ، وعلى الرغم من إن هذا النوع من التآكل يكون مهما فقط تحت الظروف الهوائية عندما توجد كميات مناسبة من الكبريت أو مركباته المختزلة حيث إن الكمية القليلة منهما في التربة غير كافية لزيادة تركيز الحامض في التربة إلى الدرجة التي تجعله يسبب التآكل ، إلا أن وجود مستعمرات البكتريا على أو بالقرب من سطوح المواد المعدنية تجعل تركيز الحامض بينها وبين السطح عال إلى الدرجة التي تسبب حدوث التآكل وعلى شكل نقر<sup>(2)</sup>.

أشار كل من Colmer & Hinkle etal ( 1947 ) إلى أن الحامض المنتج بفعل البكتريا المؤكسدة للكبريت في المياه الساكنة أو الملوثة بالفضلات الكبريتية قد يصل إلى تراكيز تسبب التآكل ، و لوحظ إن المياه الحامضية سببت تآكلا لمكائن الضخ في مناجم البايريت ( FeS ) في بنسلفانيا الغربية ، حيث أنتجت بكتريا (*T.ferrooxidans*) بفعل أكسدتها لترسبات البايريت ما يقارب المليون طن من حامض الكبريتيك سنويا، وتحصل هذه البكتريا على الطاقة من أكسدتها لأيونات الحديدوز إلى أيونات الحديدك تحت الظروف الهوائية ، و أملاح الحديدك تؤكسد مركبات الكبريت المختزلة التي يكثر وجودها مع ترسبات البايريت إلى حامض الكبريتيك .<sup>(3)</sup>

ذكر Syrett ( 1977 ) أن وجود أيونات الكبريتيد والأوكسجين في بيئة ما يسمح بحدوث تفاعل بينهما وتكوين نواتج تأكسدية أعلى مثل (  $H_2Sn$  ،  $HSn^-$  ،  $Sn^{-2}$  ) حيث (  $n \geq 2$  ) ، أو عنصر الكبريت وفي بعض الحالات يتكون حامض الكبريتيك ، وان هذه النواتج تسبب انخفاض الأس الهيدروجيني وزيادة سرعة التآكل بشكل ملحوظ . (٤)

أشار Alicxander ( 1977 ) إلى إن أكثر أنواع البكتريا أهمية في إنتاج الحوامض غير العضوية هي البكتريا المؤكسدة للكبريت من جنس ( *Thiobacillus* ) ويضم هذا الجنس أعدادا قليلة من الأنواع القريبة جدا من بعضها ، وهي سالبة لصبغة غرام ، لا تكون سبورات ، شكلها عصوية وجميعها متحركة بأسواط قطبية عدا ( *T.novellus* ) التي تتصف بكونها غير متحركة وتحصل على الطاقة من أكسدة المركبات الكبريتية غير العضوية وتحصل على الكربون من غاز ثاني أو أكسيد الكربون من الجو ، الرقم الهيدروجيني الأمثل لبعض أنواع هذا الجنس يتراوح ما بين ( 2 – 3.5 ) للأنواع المتحملة للحموضة مثل ( *T.thiooxidans* ، *T.ferrooxidnans* ) أو متعادل إلى القاعدي الضعيف للأنواع ( *T.dentrificans* ، *T.thioparus* ، *T.novellu* ) كما أن البكتريا ( *T.dentrificans* ) لاهوائية اختيارية و بهذا تختلف عن بقية أفراد الجنس في قدرتها على استعمال النتراة بدلا من الأوكسجين كمستلم نهائي للإلكترونات ، أما البكتريا ( *T.ferrooxidans* ) فيمكنها الحصول على الطاقة أما من أكسدة الكبريتيد إلى كبريتات أو أكسدة أيونات الحديدوز إلى حديديك ، وفيما عدا جنس ( *T.novellus* ) فإن أفراد هذا الجنس غير قادرة على استهلاك أي من المركبات العضوية و هي بالتالي ذاتية التغذية مجبرة ، كما أن لأنواع هذا الجنس القدرة على أكسدة الكبريت ومركباته تحت الظروف الهوائية إلى حاله تأكسدية أعلى ولبعض الأنواع يكون حامض الكبريتيك هو الناتج النهائي . (5)

أشار Ringas & A.Robinson ( 1988 ) إلى تآكل الفولاذ المقاوم بواسطة البكتريا المختزلة للكبريت بواسطة تقنية التغطيس الكلي. اختبار الغطس الكلي لمدى من سبائك الفولاذ المقاوم و الفولاذ المطاوع في مزارع من البكتريا المختزلة للكبريت . دراسة مفصلة

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال).....

أ.د. جاسم حلو نعمة ، أ.م.د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

للنماذج المتآكلة تحت المجهر الإلكتروني الماسح ( S.E.M ) يؤشر بأن التآكل نفسه يظهر كنتقار أو تحبب يهاجم الفولاذ المقاوم ( AISI304L ) و بمدى اقل للفولاذ المقاوم ( AISI316L ) وجد بأنه قابل للتآكل بوجود البكتريا المختزلة للكبريت وان تأثير التاكل على مقاومة الكلال لهذه المعادن درست بشكل واسع ، وبداية يعد فشل المعادن بسبب الأحمال المتكررة مشكلة هندسية توسع ظهورها خلال الثورة الصناعية ، إذ أدى انبثاق الثورة الصناعية في بداية القرن التاسع عشر إلى ظهور المكائن و المعدات الدوارة و المتذبذبة ، فقد اصبح وجود الأجزاء المتحركة التي تفشل بسبب الأحمال الدورية شائعا بشكل كبير .

إن أول من استخدم اختبارات التحميل الدوري على سلسلة من الحديد هو المهندس الألماني Albert ( 1829 ) ، إذ سلط أحمال شد متكررة على سلاسل مرفاع الخامات قبل دخولها الخدمة<sup>(6)</sup> . وبعد العالم الفرنسي ( Pancelet ) ، ( 1839 ) أول من أطلق مصطلح الكلال على ظاهرة الفشل بسبب الأحمال المتكررة.<sup>(7)</sup> .

قام العالم البريطاني ( Rankine ) ، ( 1843 ) بدراسة خواص الفشل بسبب الأحمال المتكررة أو الكلال و بين خطورة وجود الزوايا الحادة في أجزاء المكائن ( 8 ) . والمعروف عن الزوايا الحادة و الانحناءات المفاجئة أنها سبب لتركز الاجهادات مما يضعف من مقاومة المواد .

قام العالم البريطاني ( Hodgkinson ) ، ( 1849 ) بدراسة التساؤلات حول استخدام الحديد المطاوع و حديد الزهر في بناء هياكل الجسور إضافة إلى استخدامها في سكك الحديد ، حيث قام باختبار الاحناء الدوار ووجد بأن الفشل يحدث عند تكرار الانحراف أو الانفعال بعد أكثر من (  $10^5$  ) دورة و بقيمة تساوي ثلث قيمة الانفعال المسبب للكسر في حالة التحميل السكوني.<sup>(9)</sup> قام العالم الألماني ( August Wohler ) ، ( 1871 ) بوضع أول البحوث المتعلقة بالشقوق . وقام بدراسة أسباب فشل محاور قاطرات سكك الحديد ، و أجرى الاختبارات باستخدام أول ماكينة فحص الكلال وهي ماكينة الاحناء الدوار

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال).....

أ.د. جاسم حلو نعمة ، أ.م.د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

وقام برسم منحنى الإجهاد- عدد الدورات حتى الفشل ( S – N curve ) وأوجد مفهوم حد الكلال ( Fatigue limit ) أو حد التحمل للمعادن ( Endurance limit ).<sup>(9)</sup>

قام الباحث جلال محمد صالح ( 1987 ) بدراسة التأثير التآكلي لانموذجين من حديد الصب الرمادي ( Gray cast iron ) في محلول حامضي ( 2.5M, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ) و قاعدي ( 1M, NaOH ) ضمن مدى درجات الحرارة ( 303-333 K<sup>0</sup> ).<sup>(10)</sup>

قام الباحثون نوفل ألا عرجي واحمد علي اكبر و فؤاد فوزي ( 1988 ) بدراسة تأثير المحيط الحامضي على مقاومة الكلال لثلاثة أنواع من سبائك الفولاذ ذات نسب كاربون مختلفة . وقد ظهر أن متانة الكلال تزداد مع زيادة نسبة الكاربون في الفولاذ ولكلا المحيطين ، المحيط الحامضي وظروف المختبر .<sup>(11)</sup>

في هذا البحث أجريت دراسة لمعرفة تاثير البكتريا المؤكسدة للكبريت في تاكل الفولاذ واطئ الكربون ودور ذلك على سلامة الصلب والصفات الفيزيائية لسبائكه من حيث اختبارات الشد واختبارات الصدمة.

## المواد وطرق العمل Material & Methods

### الأوساط الزرعية Culture Media:

استخدمت ثلاثة أوساط زرعية في الاختبارات ، الأول لعزل بكتريا الثايوباسلس (*Thiobacillus*) بصورة عامة ويسمى " الوسط العام " ، الثاني يستخدم لتنمية بكتريا الثايوباسلس المؤكسدة للكبريت (*T.Thiooxidans*) فقط دون الأنواع الأخرى ويدعى " وسط الأملاح المعدنية السائل " ، أما الوسط الثالث والأخير فيدعى " وسط الثايوسلفات الصلب " الذي يستخدم لعزل البكتريا على أطباق نظيفة ومعقمة على شكل مستعمرات ( colonies ) ، وفي ما يأتي طريقة تحضير كل وسط :

أولا . الوسط العام general medium : لعزل بكتريا جنس (*Thiobacillus*)<sup>(12)</sup> ويتكون من :

Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	KCl	FeSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	المادة
-----------------------------------	-------------------	-----	-------------------	-------------------	---------------------------------	---	---	--------

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال) .....

أ. د. جاسم حلو نعمة ، أ. م. د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

0.5	0.2	0.5	0.01	0.5	0.25	0.3	10	الوزن g/L
-----	-----	-----	------	-----	------	-----	----	--------------

طريقة تحضير الوسط تتضمن : توزن المواد حسب الكميات أعلاه . تذاب كل المواد الموزونة ( عدا الكبريت ) في (900) ملتر من الماء المقطر . تعقم المواد المذابة بدرجة حرارة ( 121 ) درجة مئوية وضغط ( 15 ) باوند \ انج مربع مدة ( 15 ) دقيقة باستخدام الأوتوكليف (Autoclave).

وضع الكبريت في 5 قنان في كل منها 2 غم كبريت أذيت في 20 مل ليصبح الحجم الكلي للكبريت 100 مل تضاف إلى الوسط العام ليصبح الحجم النهائي لتر. ( حسب طريقة أرنولد ) (12) . ثم يخلط الكبريت مع باقي المكونات تحت ظروف معقمة .

ثانيا . وسط الأملاح المعدنية السائل : ويتكون من

MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	S	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	المادة
0.5	10.0	3.0	0.25	0.2	الوزن g/L

يستخدم هذا الوسط (12) لتنمية بكتريا ( *Thiobacillus thiooxidans* ) ويحضر عن طريق الخطوات الآتية : يوضع الكبريت وحده في قنان نظيفة سعة ( 300 ) مل وتسد فوهتها بسداد قطني وتعقم بالبخار في حمام مائي لمدة ساعة لثلاثة أيام متعاقبة . تذاب المكونات في لتر من الماء المقطر و تعقم في الأوتوكليف. يضاف ( 100 ) مل من المحلول المعقم إلى كل قنينة كبريت معقمة تحت الظروف المعقمة . يعدل الـ ( pH ) إلى ( 3 ) باستخدام حامض الفوسفوريك ( H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ) .

ثالثا . وسط الثايوسلفات الصلب : ويتكون من

KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O	MgCl <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	Agar	المادة
3	0.25	5	0.1	0.1	20	الوزن g/L

يستخدم هذا الوسط <sup>(12)</sup> لعزل بكتريا (*Thiobacillus thiooxidans*) في أطباق نظيفة ومعقمة حسب الخطوات الآتية : تذاب المكونات كلها في لتر من الماء المقطر . تعدل قيمة الرقم الهيدروجيني ( pH ) إلى ( 7.5 ) باستخدام ( 0.1N of NaOH ) . تعقم المكونات في الأوتوكليف كما في أولا . يصب المحلول في أطباق نظيفة ومعقمة مباشرة بعد إخراجها من الأوتوكليف . تترك الأطباق لتبرد ويتصلب فيها الوسط بعدها تصبح جاهزة للعمل .

استخدمت الأوساط الثلاثة السابقة في تحضير مزارع البكتريا المؤكسدة للكبريت بغض النظر عن جنس أو نوع تلك البكتريا ولكن النمو والتكاثر في هذه الأوساط هي الدليل إلى نمو البكتريا المؤكسدة للكبريت من نوع (*Thiobacillus*) التي تسبب التآكل في المعادن أو السبائك الحديدية أو حتى المواد واللاحيديية .

### مصادر البكتريا Bacteria Sources :

تتواجد بكتريا الكبريت في مواطن كثيرة مثل المستنقعات المائية و التربة والمياه و الوحل ( Muds ) و الينابيع الحارة ( Hot Springs ) و العيون الكبريتية ومياه البحار ومياه البالوعات و مجاري التصريف . لكن المصدر الأكثر احتواء على بكتريا الثايوباسلس (*Thiobacillus thiooxidans*) هو العيون الكبريتية الحارة الطبيعية . لذلك تم اختيار موقع الينابيع الكبريتية الساخنة في منطقة حمام العليل في محافظة الموصل شمال العراق لأخذ النماذج كالاتي : حضرت قنن زجاجية ( Screw Bottles ) و عقت بالبخار في الأوتوكليف بدرجة حرارة ( 121 ) درجة مئوية وضغط ( 15 ) باوندانج مربع مدة ربع ساعة ( 15 دقيقة ) . أخذت نماذج من المياه الكبريتية على مسافات مختلفة عن سطح الماء تتراوح ما بين ( 5 , 10 , 0.0 ) سم مع ملاحظة فتح غطاء القنينة داخل الماء لتجنب التلوث . تؤخذ عينات من التربة المجاورة للعين الكبريتية بأعماق مختلفة أيضا تتراوح بين ( 5 , 10 ) سم عن سطح الأرض . تحفظ عينات المياه و التربة بدرجة حرارة ( 5 ) درجة مئوية لحين نقلها إلى المختبر و إجراء الاختبارات عليها .

### عزل البكتريا Isolation Of Bacteria :



يحضر الوسط العام لعزل البكتريا من جنس الثايوباسلس (*Thiobacillus*) الوارد في الفقرة (اعلاه) ويوضع في دوارق زجاجية سعة ( 500 ) مل بمقدار ( 100 ) مل لكل دورق . تقسم الدوارق إلى مجموعتين إحداهما لعينات الماء و الأخرى لعينات التربة . تلتقح الدوارق بمقدار ( 1g ) من التربة أو ( 1ml ) من المياه الكبريتية ، بعدها توضع الدوارق في الحاضنة مدة ثلاثة أيام بدرجة حرارة ( 28 ) درجة مئوية بعد ذلك توضع في الحاضنة الهزاة بسرعة ( 170 ) دورة/ دقيقة لمدة أربعة أيام . بعدها ينقل ( 0.1 ) مل من هذه المزارع إلى وسط الأملاح المعدنية الوارد في الفقرة (اعلاه) ووسط الثايوسلفات الصلب الوارد في الفقرة (اعلاه) حيث اعتمد النمو في هذين الوسطين دليلا على نمو بكتريا (*Thiobacillus thiooxidans*) وبهذا عزلت البكتريا أصبحت جاهزة للعمل . كذلك حضر وسط الأملاح المعدنية السائل المعقم الوارد في الفقرة (اعلاه) ويوضع في 5 دوارق زجاجية نظيفة و معقمة سعة ( 500 ) مل بمقدار ( 200 ) مل لكل دورق وتلقح بمقدار ( 2 ) مل من المزارع المحضرة سابقا . تترك الدوارق ساكنة لثلاثة أيام بدرجة حرارة ( 28 ) درجة مئوية ثم حضنت بالحاضنة الهزاة بسرعة ( 170 ) دورة / دقيقة بدرجة حرارة (28) درجة مئوية . تقاس حامضية المزرعة كل أربعة إلى سبعة أيام ، الانخفاض الشديد في الرقم الهيدروجيني دليل على نمو البكتريا و إنتاج حامض الكبريتيك ، بعد مرو ( 3-2 ) أسابيع يمكن عزل بكتريا (*T.Thiooxidans*) بصورة نقية على وسط الثايوسلفات الصلب من هذه المزارع . (12)

### تنمية البكتريا Bacteria Enrichment :

بعد عزل البكتريا (*T. thiooxidans*) على وسط الثايوسلفات الصلب ، تؤخذ عينات بكتيرية من الأطباق الحاوية على البكتريا بواسطة الشراج ( loop ) المعقم ، ويلقح بها وسط الأملاح المعدنية السائل المعقم المحضر مسبقا . بعدها يعدل الرقم الهيدروجيني (pH) إلى ( 4 ) وتترك ساكنة لمدة ثلاثة أيام بدرجة حرارة ( 28 ) درجة مئوية بعدها تحضن بالحاضن الهزاز بسرعة ( 170 ) دورة / دقيقة بدرجة حرارة (28) مئوية . بعد مرور (15) يوم من الحضنة قدرت حامضية المزرعة و أعداد البكتريا فيها حيث كانت (  $4.0 \times 10^6$  ) خلية / مل و يعتبر هذا الدورق كمزرعة أصلية تلتقح منها المزارع الجديدة الحاوية على النماذج المعدنية . (12)

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال) .....

أ.د. جاسم حلو نعمة ، أ.م.د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

## قياس الأس الهيدروجيني pH :

حضرت ( 10 ) دوارق من وسط الأملاح المعدنية السائل المعقم حجمها 500 مل بمقدار ( 100 ) مل لكل دورق و لقت بمقدار ( 1 ) مل من المزرعة الأصلية في فقرة سابقة بوساطة الوسط العام . وتم قياس الدالة الحامضية ( pH ) من بداية التلقيح إلى مدة ثمانية أسابيع و بمعدل مرة كل أسبوع و تم اخذ معدل القراءات للدوارق العشرة لأجل رسم مخطط الزمن إلى الدالة الحامضية و عدد الخلايا البكتيرية واستخدام افضل الظروف والحالات عند معاملة المعدن . ( 12 )

## نوع المعدن المستعمل ( Metal Type ) :

استخدم معدن الصلب الكربوني الواطئ طبقا لمواصفات ( ASTM ) والمسمى 27- ( A 80 ) . ويسمى هذا المعدن تجاريا " شيش التسليح الأملس " أو " قضبان التسليح الملساء " . وقد تم اختيار هذا المعدن نظرا لاستخداماته الواسعة في تصنيع أجزاء المكائن التي تتعرض إلى أحمال ديناميكية وبالتالي حصول ظاهرة الفشل بالكلال . فهو يستخدم في صناعة التروس و المحاور . ويستخدم المعدن أيضا في صناعة أبدان السفن و أنابيب النفط ومواسير المجاري و أحواض حفظ الحوامض وفي تسليح البناء ، لقد تم استلام المعدن على شكل قضبان أسطوانية بطول ( 6 ) متر وقطر ( 12 ) ملليمتر .

## التركيب الكيميائي للمعدن Chemical Composition of Metal

تم إجراء فحص التركيب الكيميائي للمعدن في شركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية باستخدام جهاز التحليل الطيفي لسبائك الحديد والألمنيوم نوع ART سويسري المنشأ ، والنتائج كالآتي :

العنصر	Fe	Ti	Pb	Zr	V	W	Al	Cu	Mo	Ni	Cr	S	P	Si	Mn	C

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال) .....

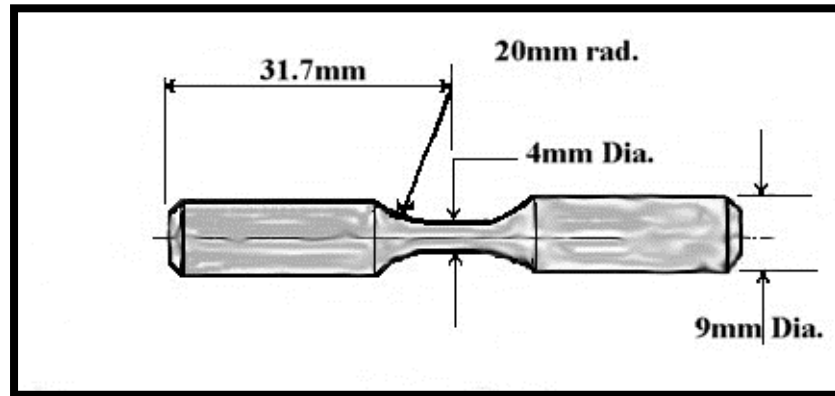
أ. د. جاسم حلو نعمة ، أ. م. د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

(Wt.) %
99.279
0.0007
0.0014
0.0002
0.0003
0.001
0.009
0.098
0.005
0.027
0.046
0.012
0.012
0.010
0.362
0.11133

### تصنيع عينات اختبار الكلال Fatigue Test Specpcimen Manufacturing

تم تصنيع عينات اختبار الكلال وفق المتطلبات القياسية الخاصة بعينات فحص الكلال لاختبارها على جهاز اختبار الكلال بالاحناء الدوار ( HSM,19 Rotating Fatigue Machine ) ويوضح الشكل الاتي شكل و أبعاد عينة الكلال القياسية. وقد تم تصنيع العينات كالاتي :

١- تقطيع القضبان الحديدية المستلمة إلى قطع بطول ( 65mm ) وبقطر ( 12mm ) ثم تشغل إلى قطر ( 10mm ) و من اجل الحصول على أبعاد متساوية ودقيقة وظروف تشغيل متشابهة لكل العينات تم استخدام ماكينة التجليخ الأسطواني Cylinder Grinding Machine ) للحصول على قطر خارجي مقداره يساوي تقريبا 9mm .



الشكل يوضح شكل و أبعاد عينة الكلال القياسية (13)

٢- للحصول على التقوس الموجود في العينة ( R20 ) تم تشغيل العينات على مخرطة استنساخ نوع ( Harsion 300 ) حيث تم استنساخ القطر على عينة قياسية صنعت على ماكينة خراطة مبرمجة ( C.N.C ) وبقطر ( 4mm ) لمنطقة التقوس (R) مع ترك سماحية مقدارها ( 0.05mm ) لغرض التنعيم اليدوي للتقوس .

- ٣- تنعيم الجزء المقوس ( R20 ) باستخدام ورق كاربيد السيليكون بدرجات نعومة ( , 220 , 400 , 600 , 1000 , 1200 ) حيث تربط العينة على ماكينة خراطة اعتيادية ويمسك القطر ( 4mm ) أو التقوس بكامله بورق التنعيم مع استخدام سائل للتبريد .
- ٤- صقل الجزء المقوس ( R20 ) وذلك باستخدام قماش خاص للصقل مع محلول الألومينا ( وهو مسحوق ابيض من أو كسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  ذي خشونة 2um). ٥- قبل البدء بعملية الاختبار تم قياس القطر الصغير ( 4mm ) وذلك لأهميته الكبيرة في حساب الحمل المسلط على العينة في اختبارات الكال .

#### تصنيف عينات الكال:

A	السبيكة الأصلية بدون معاملة ( As Received )	1
T1,2WB+	معاملة بالبكتريا لمدة أسبوعين عند ( 15-20 ) <sup>0</sup> م	2
T1,4WB+	معاملة بالبكتريا لمدة أربعة أسابيع عند ( 15-20 ) <sup>0</sup> م	3
T1,6WB+	معاملة بالبكتريا لمدة ستة أسابيع عند ( 15-20 ) <sup>0</sup> م	4
T1,2WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة أسبوعين عند ( 15-20 ) <sup>0</sup> م	5
T1,4WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة أربعة أسابيع عند ( 15-20 ) <sup>0</sup> م	6
T1,6WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة ستة أسابيع عند ( 15-20 ) <sup>0</sup> م	7
T2,2WB+	معاملة بالبكتريا لمدة أسبوعين عند ( 20-25 ) <sup>0</sup> م	8
T2,4WB+	معاملة بالبكتريا لمدة أربعة أسابيع عند ( 20-25 ) <sup>0</sup> م	9
T2,6WB+	معاملة بالبكتريا لمدة ستة أسابيع عند ( 20-25 ) <sup>0</sup> م	10
T2,2WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة أسبوعين عند ( 20-25 ) <sup>0</sup> م	11
T2,4WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة أربعة أسابيع عند ( 20-25 ) <sup>0</sup> م	12
T2,6WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة ستة أسابيع عند ( 20-25 ) <sup>0</sup> م	13

T3,2WB+	معاملة بالبكتريا لمدة أسبوعين عند ( 35-30 ) م <sup>0</sup>	14
T3,4WB+	معاملة بالبكتريا لمدة أربعة أسابيع عند ( 35-30 ) م <sup>0</sup>	15
T3,6WB+	معاملة بالبكتريا لمدة ستة أسابيع عند ( 35-30 ) م <sup>0</sup>	16
T3,2WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة أسبوعين عند ( 35 - 3 0 ) م <sup>0</sup>	17
T3,4WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة أربعة أسابيع عند ( 35-30 ) م <sup>0</sup>	18
T3,6WB-	معاملة بدون بكتريا لمدة ستة أسابيع عند ( 30-35 ) م <sup>0</sup>	19

### جهاز اختبار الكلال : Fatigue Test Apparatus

تم إجراء اختبار الكلال (13) لجميع العينات بدرجة حرارة الغرفة والهواء الجوي الاعتيادي بجهاز من نوع ( HSM,19 Rotating Fatigue Machine ) من نوع الانحاء الدوار ( Rotating Bending ) والمصنع من قبل شركة الألمانية ( HI-TECH ) . ويشغل الجهاز بتردد ( 5600rpm ) ينتج خلالها إجهاد انحاء على هيئة موجة جيبية ذات سعة ثابتة ومتوسط إجهاد قيمته صفرا طيلة فترة الاختبار ، وان نسبة الإجهاد ( R = -1 ) وان منظومة التحميل تلغي أي تأثير لتوليد عزم انحاء وذلك بتعليق ثقل بطرف خيط يمر على بكرة ثابتة إلى المنظومة للقيام بإلغاء عزم الانحاء . الجهاز المستخدم مزود بعدد يعمل على تسجيل عدد الدورات للعينة خلال فترة دورانها وفي حالة فشل العينة فأن الجهاز يتوقف تلقائيا عن الدوران بسبب انقطاع الدائرة الكهربائية الذي يتحكم به مفتاح أوتوماتيكي يدعى ( - Micro Switch ) ويكون العداد مكونا من خمسة مراتب مخفضة بنسبة ( 1: 100 ) وتثبت العينة بين ماسكين يحوي كل منهما تجويفا يدخل به نهاية العينة ويوجد فحه تثبيت في كل تجويف لتثبيت العينة بقوة . وعند تثبيت العينة يجب مراعاة الاستقامة المحورية للعينة ( Axially ) كما يراعى ذلك عند تصميم العينة وتصنيعها لحمايتها من اهتزازات جانبية غير التي تأتي من الاختبار . وقد تم تثبيت عداد الدورات وفق مواصفات معينة ليسجل عدد دورات الإجهاد لغاية الفشل .

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال).....  
كل الفولاذ الواطئ الكربون بفعل البكتيريا دراسة تأثيره في

أ.د. جاسم حلو نعمة ، أ.م.د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

حساب الإجهاد المسلط على العينة : تم تنفيذ كافة اختبارات الكلال الثابتة السعة (13) والتي تتعرض فيه العينة المختبرة إلى حمل يسלט من الجهة اليسرى لفك الجهاز الأيسر وبشكل عمودي على محور العينة مولدا عزم انحناء وبذلك يتعرض سطح القطعة إلى إجهاد شد و إجهاد انضغاطي عند دوران العينة ويتم استخراج الحمل ( F ) المراد تسليطه على العينة والمقاسة بوحدات النيوتن ( N ) لمقدار إجهاد (  $\delta$  ) معلوم بوحدات (  $N/mm^2$  ) عن طريق الاشتقاق الآتي :

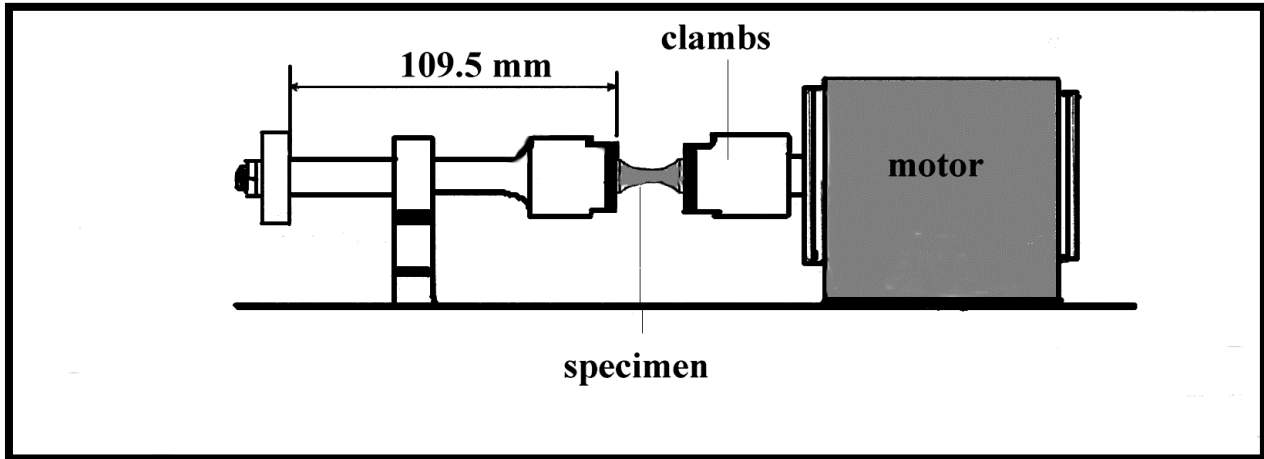
$$\delta = MY / I \quad \dots\dots\dots ( 1 )$$

$$M = F \cdot L \quad , \quad Y = r = d / 2 \quad , \quad I = \pi d^4 / 64$$

$$F = \delta \pi d^3 / 125.7 \times 32 = \delta / 20 \quad ( 2 )$$

حيث :  $\delta$  = إجهاد الانحناء = Bending Stress  $N/mm^2$  . الحمل المسلط = F  
بوحدات N d = قطر تخرص العينة ( mm )

L = بعد الحمل المسلط عن اقل تخرص في قطر العينة ويساوي 125.7 mm كما في الشكل الاتي. في هذا لبحث تم إجراء الاختبار تحت تأثير حمل الانحناء الدوار على عينات الكلال المثبتة بصورة أفقية على المحور السيني وعليه فأن العينة تخضع نتيجة لهذا التحميل إلى إجهاد الانحناء الناتج عن الانحناء ( Bending ) علاوة على إجهاد القص ولكنه يهمل لصغره .



الشكل يوضح طريقة تثبيت عينة الكلال في الجهاز. (13)

طريقة الاختبار : Testing Method

تم تنظيف العينة ومن ثم تثبيتها في فكوك الجهاز وبعد أن يتم تحديد قيمة الأحمال المقابلة للإجهاد والمطلوب يتم وضع الأتقال الخاصة بالجهاز لتسليط ذلك الإجهاد بعدها يتم تشغيل الجهاز وتدوير العينة إلى حد الكسر .

## النتائج والمناقشة

### اختبارات الكلال :

تتضمن نتائج اختبارات الكلال أربعة مجاميع، المجموعة الأولى تمثل اختبار الكلال للسبيكة الأصلية (بحالتها المستلمة)، المجموعة الثانية تتضمن معاملة بالوسط البكتيري مرة وبالوسط فقط بدون بكتيريا مرة أخرى وعند درجة حرارة (20-15) 0 م والمجموعة الثالثة تتضمن المعاملة بالبكتيريا مرة وبدون بكتيريا مرة أخرى عند درجة حرارة (30-25) 0 م أما المجموعة الرابعة والأخيرة فتتضمن المعاملة بالوسط البكتيري مرة وبالوسط فقط بدون بكتيريا مرة أخرى وعند درجة حرارة (35-30) 0 م. وتمت المعاملات في المجموعات الثلاث الأخيرة على فترات زمنية مختلفة تضمنت أسبوعين، أربعة أسابيع وستة أسابيع. وقد تم اختيار هذه الظروف من المعاملة ودرجات الحرارة على أساس دراسة منحنى النمو للبكتيريا. نتائج الكلال للمجموعة الأولى التي لم تجر لها معاملة :

تم الحصول على منحنى الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل (S-N curves) للمعدن الأصلي (بحالته المستلمة) في درجة حرارة المختبر. ويبين الشكل (1) منحنى الإجهاد - عدد دورات الفشل في جو المختبر والذي يعبر عنه رياضياً بالمعادلة الآتية:

$$\delta = 274.14 - 0.00001 N_c \quad \text{حيث أن : } N_c = \text{عدد دورات الفشل (دورة)}$$
$$\delta = \text{الإجهاد المسلط (MPa)}$$

من خلال منحنى الإجهاد - عدد دورات الفشل أدناه (الشكل (1)) للسبيكة الأصلية التي لم نجر لها معاملة. يمكن استنباط حد الكلال عملياً وكان بحدود (247.5MPa).

### نتائج ومناقشة اختبارات الكلال للمجموعة الثانية: معاملة بدرجة حرارة (20-15) م:

مجموعة المعاملة بالوسط الحاوي على البكتيريا: أجريت معاملة عينات الكلال في الوسط البكتيري ولثلاث فترات زمنية هي أسبوعين، أربعة أسابيع وستة أسابيع. وتم الحصول على

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال) .....

أ.د. جاسم حلو نعمة ، أ.م.د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

منحني الإجهاد- عدد دورات الفشل بعد تعرض العينات للوسط الأكال ولكل فترة زمنية. ويبين الشكل (2) منحنيات الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل لحالات المعاملة الثلاثة والتي يعبر عنها بالمعادلات الآتية:

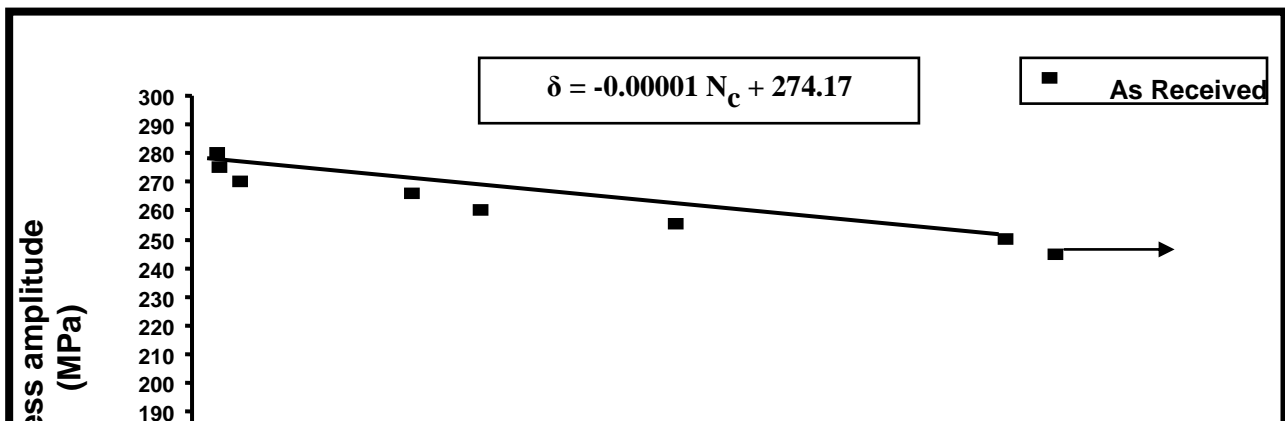
$\delta = 238.61 - 0.00001 N_c$	T1, 2WB+
$\delta = 230.06 - 0.00001 N_c$	T1, 4WB+
$\delta = 225.65 - 0.00001 N_c$	T1, 6WB+

وقد تم استنباط حدود تحمل الكلال لكل معاملة والذي يحسب عمليا من مخطط (S-N - curves) في الشكل (2) وكانت نتائج حدود الكلال هي (207.5MPa) بالنسبة للمعاملة لمدة أسبوعين وانخفض إلى (202.5MPa) للمعاملة لمدة أربعة أسابيع وانخفض اقل بحدود (197.5MPa) للمعاملة بزمان ستة أسابيع.

\*مجموعة المعاملة بالوسط فقط (بدون البكتيريا) : وكانت عند نفس الدرجة الحرارية أعلاه و أجريت لنفس الفترات الزمنية لمعرفة تأثير الوسط فقط بدون البكتيريا ومقارنته مع نتائج الوسط الحاوي على البكتيريا. وتم الحصول على منحنيات الإجهاد- عدد الدورات حتى الفشل للمجموعة عند الفترات الزمنية الثلاثة. ويوضح الشكل (2) منحنيات الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل للمجموعة الثانية بوجود البكتيريا وبعدم وجودها (بالوسط فقط) مقارنة مع السبيكة الأصلية (المجموعة الأولى) ويعبر عن منحنيات المعاملة بالوسط فقط بالمعادلات الرياضية الآتية:

$\delta = 272.85 - 0.00001 N_c$	T1, 2WB-
$\delta = 273.24 - 0.00002 N_c$	T1, 4WB-
$\delta = 268.61 - 0.00002 N_c$	T1, 6WB-

وتم حساب حدود الكلال العملية من مخططات الإجهاد - عدد دورات الفشل وكانت (247.5MPa) للمعاملة بالوسط فقط لأسبوعين و انخفضت إلى (232.5 MPa) للمعاملة لمدة أربعة أسابيع وانخفضت اقل إلى (227.5 MPa.) للمعاملة لمدة ستة أسابيع.





يلاحظ من الشكل (2) بان المعاملة بالبكتيريا أدت إلى حصول عملية التآكل وتقليل حدود الكلال مقارنة بحدود الكلال للعينة بحالتها المستلمة (المجموعة الأولى ، الشكل (1) ) . حيث كان حد الكلال للسبيكة الأصلية بحدود (247.5 MPa) بينما قلت حدود الكلال للعينات المعاملة بالوسط البكتيري عن المقدار أعلاه وعند مقارنتها بالعينات المعاملة بالوسط فقط نجد إنها اقل من الأخيرة بالرغم من التأثيرات السلبية للوسط فقط بدون بكتيريا على حدود الكلال للعينات.

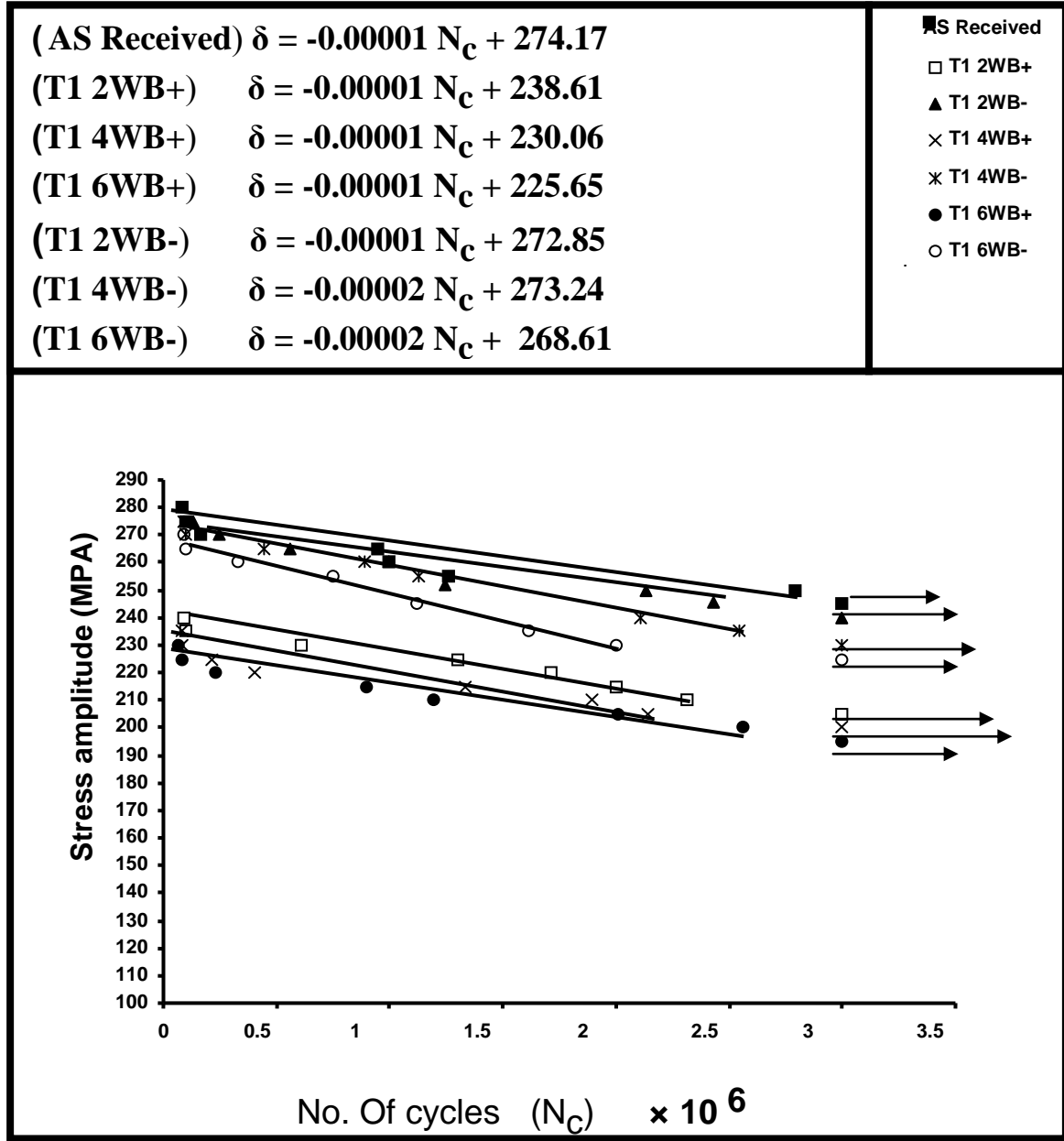
يمكن تفسير ذلك بان وجود الخلايا البكتيرية يؤدي إلى تسريع عملية التآكل من خلال أكسدة الكبريتات و إنتاج حامض الكبريتيك وبالتالي خفض حموضة الوسط الأمر الذي يؤدي إلى حدوث تتقر لسطح النماذج وتصبح هذه النقر فيما بعد مراكز لتجمع الاجتهادات وبناء شقوق الكلال وبالتالي الفشل السريع.

أما في الوسط الخالي من البكتيريا فقد لا يحدث نفس التأثير أعلاه و إنما يحصل التلف أو الفشل بمقدار اقل مما لو كانت الأوساط حاوية على البكتيريا. ويلاحظ أيضا أن زيادة فترة الغمر بالوسط الحاوي على البكتيريا يؤدي إلى انخفاض حد الكلال ونزول المنحني اسفل منحني المجموعة الأولى التي لم تجر لها معاملة. أي أن عدد دورات الفشل لنفس قيمة الإجهاد

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال) .....

أ. د. جاسم حلو نعمة ، أ. م. د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

للسبيكة الأصلية تصبح اقل بالنسبة للعينة المعاملة بالوسط فقط بدون بكتيريا ولكن بتأثير اقل مما لو وجدت البكتيريا في الوسط.



الشكل (2) منحنيات الإجهاد – عدد الدورات الفشل للمجموعة الثانية المعاملة عند درجة حرارة (15 – 20) م<sup>0</sup>

### نتائج ومناقشة اختبارات الكلال للمجموعة الثالثة :

معاملة عند درجة حرارة (25-30)<sup>0</sup> م تتضمن هذه المجموعة أيضا قسمين ، الأول مجموعة الغمر بالوسط الحاوي على البكتيريا والثاني مجموعة الغمر بالوسط فقط بدون البكتيريا واستخدمت ثلاث فترات زمنية للغمر وهي أسبوعين ، أربعة أسابيع وستة أسابيع. وقد تم الحصول على منحنيات الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل لكلا المجموعتين وهي موضحة بالشكل (3) . كما تم حساب حدود الكلال العملية لكل منحنى واستخراج معادلة المنحنيات المرسومة. وفيما يخص مجموعة الغمر بالبكتيريا فكانت معادلات المنحنيات المرسومة هي :

$\delta = 250.79 - 0.00001 Nc$	T2, 2WB+
$\delta = 246.16 - 0.00001 Nc$	T2, 4WB+
$\delta = 215.83 - 0.00001 Nc$	T2, 6WB+

وتم استخراج حدود الكلال العملية لهذه المجموعة وكانت :

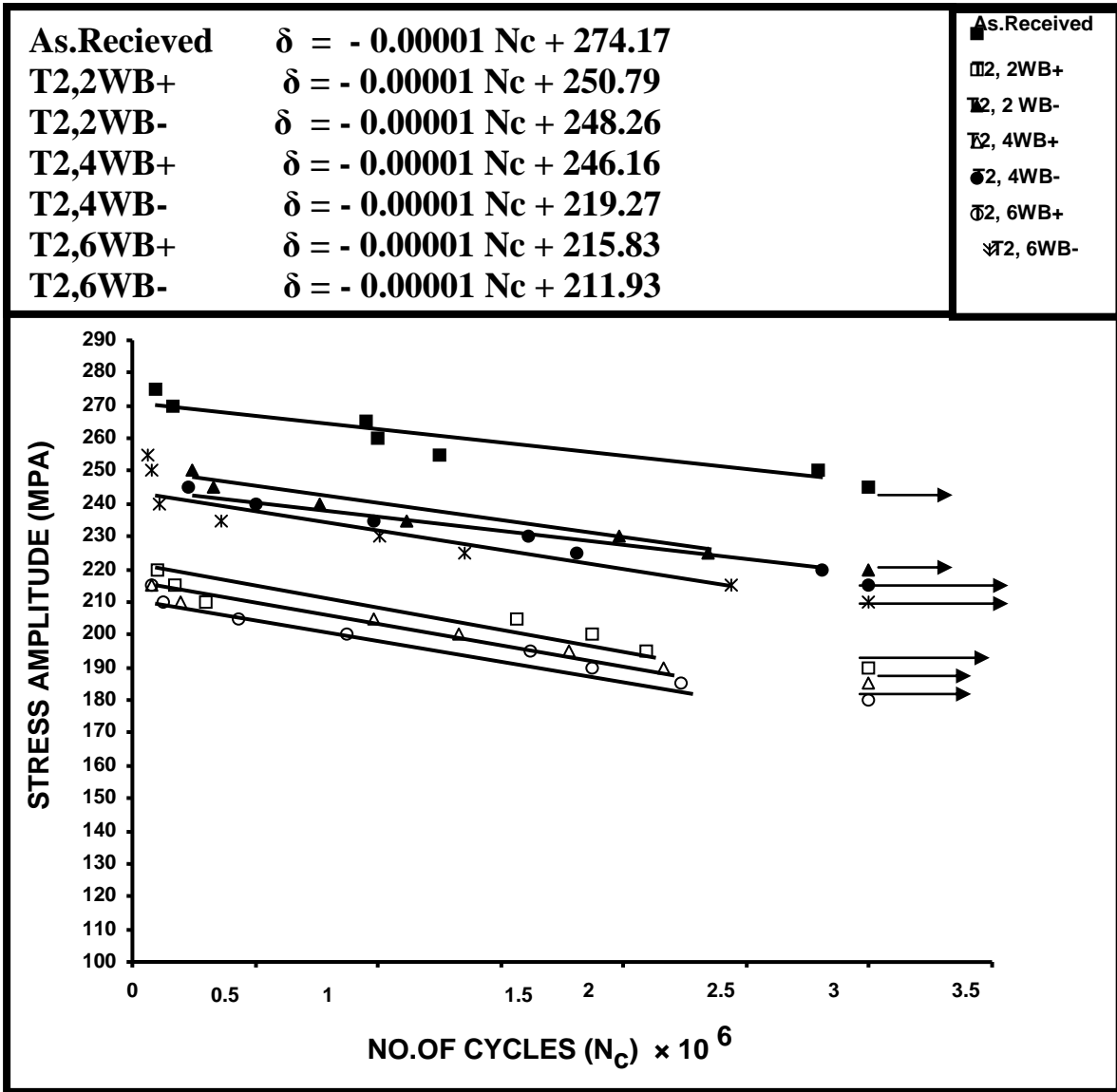
$\delta = 193.5 \text{ MPa}$	T2, 2WB+
$\delta = 187.5 \text{ MPa}$	T2, 4WB+
$\delta = 182.5 \text{ MPa}$	T2, 6WB+

أما بالنسبة لمجموعة الغمر بالوسط فقط (وسط الأملاح المعدنية السائل المعقم فقط) بدون بكتيريا) فتم الحصول على منحنى الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل أيضا ولنفس الفترات الزمنية أعلاه. وتمثل المعادلات الرياضية الآتية هذه المنحنيات وهي:-

$\delta = 248.26 - 0.00001 Nc$	T2, 2WB-
$\delta = 219.27 - 0.00001 Nc$	T2, 4WB-
$\delta = 211.93 - 0.00001 Nc$	T2, 6WB-

وقد استنبط حدود الكلال العملية بالاستعانة بالشكل (3) وكانت:

$\delta = 222.5 \text{ MPa}$	T2, 2WB-
$\delta = 217.5 \text{ MPa}$	T2, 4WB-
$\delta = 212.5 \text{ MPa}$	T2, 6WB-



الشكل (3) منحنى الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل للمجموعة الثالثة المعاملة عند درجة حرارة (25-30) م<sup>0</sup>

ويلاحظ من الشكل ( 3 ) الذي يمثل منحنيات الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل للمجموعة المعاملة عند درجة حرارة (25-30) 0 م، بان المنحنيات تعاني انخفاضا في قيم أعمار الكلال بالإضافة إلى انخفاض في حد التحمل للسبيكة مقارنة مع السبيكة الأصلية مما يعكس اثر الوسط البكتيري الأكال. ومن ملاحظة سطوح المعادن تحت المجهر يمكن مشاهدة تكون النقر التي يمكن أن تلعب دور العيوب التي تكون مراكز رافعة لقيم الاجهادات وهذه تعجل نشوء الشقوق وبالتالي نموها إلى حد الفشل .

يلاحظ بان حدود الكلال تنخفض كلما ازدادت فترة الغمر بالوسط البكتيري وهذا يعني بان زيادة الغمر تؤدي إلى زيادة التآكل أو زيادة النقر التي تقلل من كفاءة المعدن أو تقلل من عمر الكلال. وكذلك يلاحظ بان مجموعة الغمر بالوسط فقط بدون البكتيريا تمتلك منحنيات بمستوى أعلى من منحنيات الغمر بالوسط البكتيري وكذلك تمتلك حدود كلال أعلى من حدود الكلال بالنسبة لعينات الغمر بالوسط البكتيري . وذلك لان الوسط الحاوي على البكتيريا تكون قيمة (pH) قيمة اقل من وسط الأملاح المعدنية (حموضة اقل من 4) التي تبقى تقريبا ثابتة أو تحاول أن تصل إلى حالة التعادل نظرا لعدم وجود خلايا بكتيرية تؤكسد الكبريتات وتنتج حامض الكبريتيك.

يلاحظ أيضا إن زيادة درجة الحرارة لهذه المجموعة أعطت نتائج تآكل أسرع من المجموعة السابقة [المجموعة الأولى غير المعاملة والمجموعة الثانية عند (15-20) م<sup>0</sup>] حيث كانت حدود الكلال لهذه المجموعة اقل من المجموعات السابقة. وكذلك الحال بالنسبة للأوساط الخالية من البكتيريا فقد تأثرت بزيادة درجة الحرارة ولكن بمقدار اقل من تأثير الأوساط الحاوية على البكتيريا.

وهذا يمكن أن يفسر بان زيادة درجة الحرارة معناها زيادة في أعداد الخلايا البكتيرية بسبب زيادة نشاط وفعالية البكتيريا وبالتالي زيادة في سرعة أكسدة الكبريتات في الوسط وزيادة في إنتاج حامض الكبريتيك وهذا يسرع عملية التآكل و تسريع ظهور النقر على سطح العينات وبالتالي زيادة خشونة السطح وتصبح هذه النقر مراكز لتركز الاجهادات وبناء الشقوق وبالتالي

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال) .....

أ. د. جاسم حلو نعمة ، أ. م. د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

الفضل السريع. و يجب الإشارة إلى أن درجة الحرارة ما بين (25-30) م<sup>0</sup> هي الدرجة الحرارية المثلى لنمو بكتيريا (T.thiooxidans) حيث تكون فيها تلك البكتيريا في قمة فعاليتها الايضية والكيمائية والوظيفية.

### نتائج ومناقشة اختبارات الكلال للمجموعة الرابعة :

المعاملة عند درجة حرارة (30 – 35) م<sup>0</sup>، تتضمن هذه المجموعة مجموعتين أيضا هي مجموعة الغمر بالوسط مع البكتيريا ومجموعة الغمر بالوسط فقط ولفترات زمنية ثلاثة هي أسبوعين، أربعة أسابيع، ستة أسابيع. تم خلالها الحصول على منحنيات الإجهاد – عدد الدورات حتى الفشل لكلا المجموعتين وكذلك استنباط المعادلات الرياضية لكل منحنى واستخراج حدود الكلال العملية لكل منحنى. ويلاحظ في الشكل (4) منحنيات الإجهاد – عدد دورات الفشل لكلا المجموعتين مقارنة مع السبيكة الأصلية. بالنسبة لمجموعة الغمر مع البكتيريا فتمثل المنحنيات بالمعادلات الآتية:

$\delta = 208.17 - 0.00001 \text{ NC}$	T3, 2WB+
$\delta = 203.15 - 0.00001 \text{ NC}$	T3, 4WB+
$\delta = 129.96 - 0.00002 \text{ NC}$	T3, 6WB+

وقد تم استخراج حدود الكلال العملية لهذه المجموعة وكانت:

$\delta = 177.5 \text{ MPa}$	T3, 2WB+
$\delta = 172.5 \text{ MPa}$	T3, 4WB+
$\delta = 167.5 \text{ MPa}$	T3, 6WB+

أما بالنسبة لمجموعة العينات المعاملة بالوسط فقط وبدون وجود البكتيريا فتم الحصول على منحنيات الإجهاد – عدد دورات الفشل التي تمثل المعادلات الرياضية الآتية:

$\delta = 241.35 - 0.00001 \text{ NC}$	T3, 2WB-
$\delta = 243.64 - 0.00002 \text{ NC}$	T3, 4WB-
$\delta = 229.75 - 0.00001 \text{ NC}$	T3, 6WB-

وتم حساب حدود الكلال العملية لهذه المعاملة استعانة بالمنحنيات المرسومة وكانت

كالآتي:

$\delta = 207.5 \text{ MPa}$	T3, 2WB-
$\delta = 202.5 \text{ MPa}$	T3, 4WB-
$\delta = 197.5 \text{ MPa}$	T3, 6WB-

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكال).....  
تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكال).....

أ.د. جاسم حلو نعمة ، أ.م.د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

يلاحظ من الشكل (4) أدناه بأن منحنيات الإجهاد - عدد الدورات حتى الفشل للمجموعة المعاملة بوجود البكتيريا تمتلك مستويات اقل من السبيكة الأصلية بكثير وانخفاض في حدود الكلال وبالنسبة لنفس المجموعة نلاحظ اختلاف في المستويات حسب الفترة الزمنية للغمر. أي زيادة فترة الغمر بالوسط البكتيري خفضت حد الكلال للمعدن.

كذلك يلاحظ بان مجموعة الغمر بدون بكتيريا تمتلك مستويات أعلى من مجموعة الغمر بالبكتيريا واقل من السبيكة الأصلية.

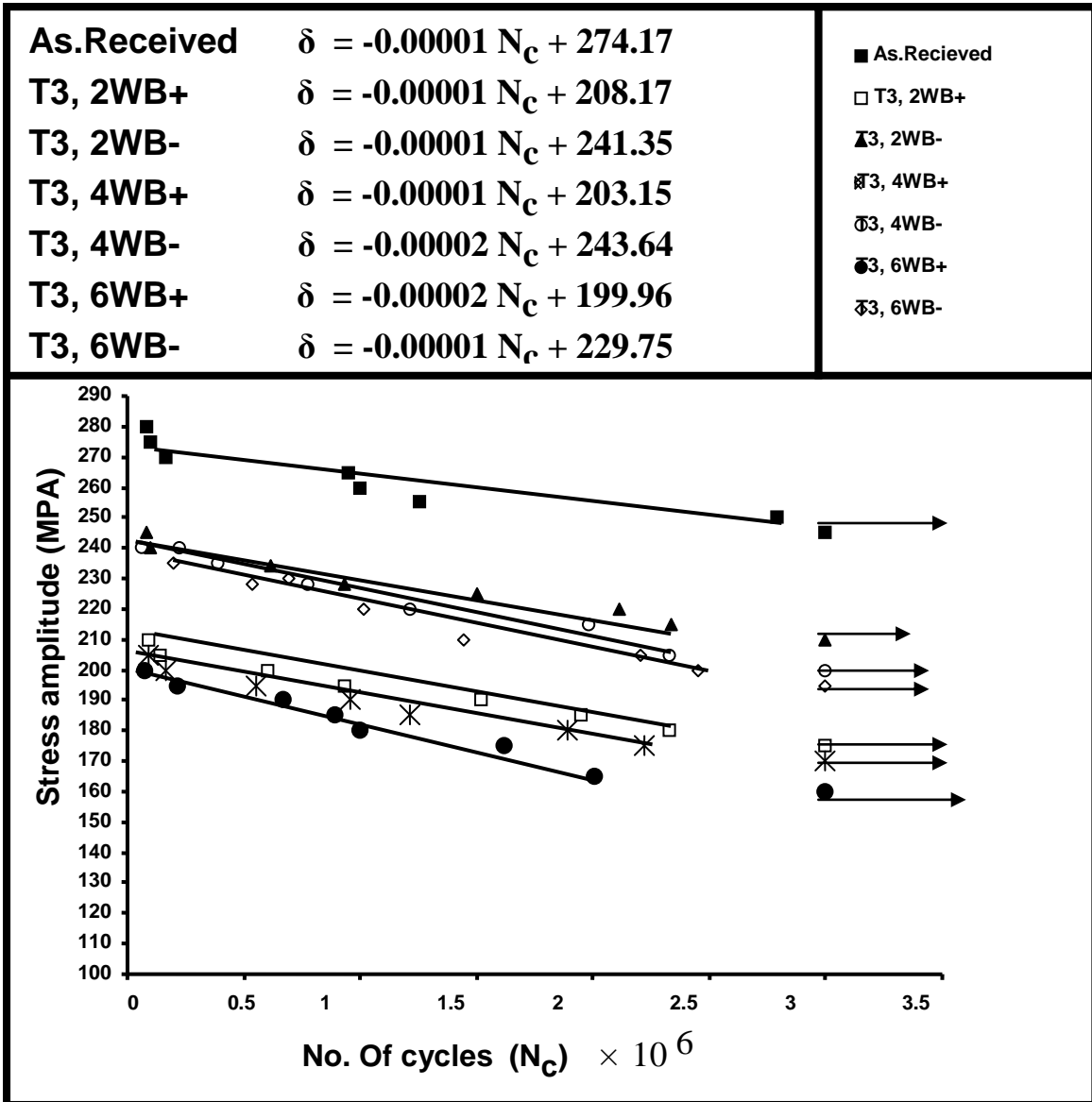
أما بالنسبة لهذه المجموعة (مجموعة الغمر بالبكتيريا) مقارنة مع المجموعات الأخرى (الغمر بالبكتيريا أيضا) فيلاحظ بان هذه المجموعة تمتلك حدود كلال ومستويات ارتفاع اقل من المجموعات السابقة. هذا يمكن أن يفسر بسبب ارتفاع درجة الحرارة وزيادة تفاعلات الأكسدة للكبريتات وتحولها إلى حامض الكبريتيك الذي يسبب التآكل في النماذج ويزداد هذا التآكل بزيادة درجة الحرارة.

أما مجموعة الغمر بالوسط فكانت تمتلك حدود كلال ومستويات ارتفاع أقل بالنسبة لمجموعات الغمر بالوسط فقط للمجاميع السابقة و أعلى من مستويات ارتفاع منحنيات الغمر بالبكتيريا لكل المجموعات.

يلاحظ من عرض نتائج كل المجموعات بان الأوساط المحتوية على البكتيريا اعطت حدود كلال ومنحنيات منخفضة عن الأوساط الخالية من البكتيريا أو إن حدوث النقر على السطح يقلل من متانة الكلال لان النقر تزيد من خشونة السطح علما أن شقوق الكلال تنشأ من النقر التي تتكون على السطح، لذلك تلعب تلك العوامل مجتمعة دورا كبيرا في خفض أعمار الكلال بزيادة الخشونة وتنقر السطح، حيث تلعب تلك النقر دور مماثل للحزوز في العينات أو يمكن أن تمثل تجاويف (Cavities) يتركز فيها التآكل ومنها تتكون شقوق التآكل الإجهادي.

وقد لاحظ أحد الباحثين (1976 King) وجماعته أن تركيز أيونات الحديدوز في الوسط أدى إلى حدوث حالات شديدة من تكوين الدرنات التي ترافقها النقر، وان النقر ازدادت عددا بزيادة فترة الغمر (التعرض). كما لاحظوا زيادة مقدار فقدان بالوزن بشكل كبير نتيجة تحطيم أيونات الحديدوز لطبقات كبريتيد الحديد (FeS) الواقية على سطوح المعادن الحديدية المتكونة عند غمرها في الوسط المستخدم في التجربة<sup>(14)</sup>.





الشكل (4) منحنيات الإجهاد – عدد الدورات حتى الفشل للمجموعة الرابعة المعاملة  
عند درجة حرارة (30-35) م<sup>0</sup>

## REFERENCES

- ١- Gaines, R.H, 1910,"Bacterial activity as a corrosion influence in the soil " Ind.engng.chem.Part 2 ,P(128-140).
- 2- starky,R.L.G.E.Johnes & H.R.Frederick, 1956, " Effect of medium aggitation & wetting agents on oxidation of sulfur by (*T.thiooxidans* ) J.Gen.Microbiology,P(329-334).
- 3- Silverman,M.P & H.L.Erlic,1954," Microbial formation and degradiaition of minerals " Adva.Appli.Microbiology, N(6),P(153-206) .
- 4- Aliexander,M.1977."Introduction to soil microbiology,John Willy & Sons. Inc. P(43-55).
- 5- Syrett,B.C.1977." Accelerated corrosion of copper in flowing pure water contaminated with oxygen and sulfide".Corrs.No(33), P(257-262).
- 6- Collins J.A., 1981."Fialur of materials in mechanical design analysis prediction", John wiley & Sons,P(156).
- ٧ - Robert L.. N, 1998,"Machine design", Prentice hall,Inc P(345-354).
- 8- Fuchs,H.O. & Stepheris,R.I. 2001,"Metals fatigue in engineering" John wiley & Sons , P(311-414).
- 9- Concanda,S.1978."Fatigue failure of metals",Sijth off & Noordahoof Int.Pub.,P(292-300).
- ١٠-Jalal.Mohamad Saleh , "Poteniostatic Studies of the Corrosion of Grey Cast Iron in Sulfuric Acid and Sodium Hydroxide Solutions "Corrosion Science , Vol.27 .No.3,p.221 ,1987

تأثيره في الصفات الفيزيائية (الكلال) .....  
الصفات الفيزيائية (الكلال) .....

أ. د. جاسم حلو نعمة ، أ. م. د. محمد سعيد وحيد ، براق طالب شلش الموسوي

١١- نوفل الاعرجي، احمد علي اكبر، فؤاد فوزي، "دراسة تأثير المحيط الحامضي على مقاومة الكلال في سبائك الفولاذ الكربوني"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد (٥) العدد (٣) الصفحة (١١٣)، ١٩٨٨ .

12- Bergey's manual of systematic bacteriology, William's & wikins, Baltimor, London, Vol. (1), 1981.P (655-710).

13- HI-TECH. Instruction manual of rotating fatigue machine HSM 19 mk3 , Prepared by Dr.N.P.Roberts, Issue no.(10), 2001

14- King, R.A. 1976 . " Effect of ferrous iron concentration on the corroion of iron in semicontinuous cultures of sulfate reducing bacteria " J.Corros. No(4), P(105-107).

## **CORROSION OF LOW CARBON STEEL BY BACTERIA.**

### **STUDY THE EFFECT ON PHYSICAL PROPERTIES: THE FATIGUE**

Dr. Jasim Al-Hilo , Dr. Mohammed Saeed & Buraq Al-Mosawi  
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, APPLIED SCIENCE DEP.  
IRAQ

## **ABSTRACT**

This work is to study the role of biological corrosion that caused by oxidant sulfur bacteria *Thiobacillus thiooxidans* and the effect on low carbon steel ( 0.11% ) alloy. The paper focused on property of Fatigue limit that is significant in determination of materials strength.

This species of bacteria were gotten from Hammam Al-Alil spring, and isolated on solid thiosulfate media in Petri dishes. Bacteria samples were taken from their plates, and added to mineral salts solution in flask under sterilized conditions, taken pH value was done to be (4) and the samples were left for three days to 28 C°. After that the samples were incubated by shaker incubator with ( 170 c/min ), the acidity and number of bacteria were estimated after 15 days and was found to 4X10<sup>6</sup> cell/ml.

Low carbon steel alloy samples were immersed in the media mentioned before for (2-6) weeks at (15-20) C°, (25-30) C° and (30-350)

C<sub>0</sub> where other groups of samples were immersed in a solution has the same pH under the same conditions of incubating time and temperatures.

It was noted that the samples which were immersed in the bacterial medium undergo local corrosion (pitting), resulting lower values of Fatigue limit. And found that the Fatigue limit value of alloy was (247.5 MPa) , but reduced to( 207.5 MPa) in the samples which were immersed in the bacterial medium, this effect was noted to be increased when the temperature and time period increased.