مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (3) العدد (٤) 2019
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (3) No. (4) 2019

دراسة تأثير أوساط التقسية البولميرية على الخصائص الميكانيكية لفولاذ العدة السبائكي نوع (K100)

* نوفل الأحمد
** هبه يوسف
*** سامر احمد

(تاريخ الإيداع ١٣/ ١٠ / ٢٠١٨ . قُبل للنشر ١٤ / ٧ / ٢٠١٩)

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير المعالجة الحرارية كالتقسية والمراجعة على بعض الخصائص الميكانيكية لفولاذ العدة السبائكي نوع (k100) .

تضمنت المعالجات الحرارية المستخدمة عمليتين مختلفتين هما: التقسية ، التقسية والمراجعة؛ مع مقارنة تأثير أوساط التقسية البوليميرية المتمثلة بالمحلول المائي للبولي فينيل كحول (PVA)، مع تأثير أوساط التقسية التقليدية والمتمثلة بالماء المقطر وزيت المحرك فاقد اللزوجة في الحصول على خصائص ميكانيكية أفضل، حيث جرى قياس قساوة روكويل ومقاومة الشد ومعدل الاهتراء للعينات قبل المعاملات الحرارية وبعدها.

أظهرت النتائج أن عملية التقسية تؤدي إلى تحسين الخواص الميكانيكية ، حيث سجلت أعلى قيمة للخواص الميكانيكية المدروسة عند التقسية في المحلول المائي للبولي فينيل كحول ذي التركيز g/l (0.4) ، بينما أعطى المحلول البوليميري ذو التركيز g/l (1–1.2) قيماً وسطية للخصائص الميكانيكية بعد عمليتي (التقسية ، التقسية والمراجعة) على الترتيب، مقارنة بالأوساط الأخرى .

الكلمات المفتاحية :أوساط التقسية البوليميرية ، k100 ، أدوات التشكيل على البارد ، فولاذ العدة السبائكي.

*أستاذ دكتور مهندس في كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس
**دكتور مهندس في كلية الهندسة التقنية ، جامعة طرطوس
*** طالب دراسات عليا /ماجستيركلية االهندسة التقنية ، قسم المعدات والآليات ، جامعة طرطوس

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (3) العدد (٤) 2019
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (3) No. (4) 2019

study of Polymer Quenchants Effect on Some Mechanical Properties of alloyed tool steel type k100

***Nawfal Al ahmad**
****.E.Heba Yousf**
*****.Samer Ahmad**

(Received 17 / 10 / 2018 . Accepted 14 / 7 / 2019)

Abstract

This search aims to study the effect of heat treatment, such as quenching and tempering on some mechanical properties of alloyed tool steel type (k100).

Two different processes of heat treatment have been done including quenching, quenching with tempering , A comparison has been done between the effect of polymeric quenchant Water solution of poly vinyl alcohol (PVA) and the conventional quenchants represented by distilled water, bad oil engine in having better properties .

The results showed that hardness process caused improvement of mechanical properties and the , where the Water solution of (PVA) with (0.4)g/l concentration gave high values and (1-1.2) g/l concentrations gave median values for mechanical properties after **(**quenching, quenching with tempering**)** respectively in Comparing with the other conventional quenchants **.**

key words
Quenchants polymer , k100 , cold work tool steel , alloyed tool steel.

*Prof.Dr.E. in Faculty of Technical Engineering , Tartous university
**Dr.E. Faculty of Technical Engineering , Tartous university
***Master Student , Faculty of Technical Engineering , Tartous university

المقدمة:

يعد فولاذ العدة السبائكي نوع (k100) من المواد المهمة في صناعة العدد المستخدمة في التشكيل على البارد؛ مثل سكاكين قص الصاج والورق والبلاستيك وقالب الكبس والضغط ، ونتيجة لظروف العمل القاسية التي تتعرض لها هذه الأدوات (قيم مرتفعة للاحتكاك والتآكل على سبيل المثال) فهذا يتطلب تمتعها بقساوة عالية . تعد المعالجات الحرارية بالتقسية ضمن أوساط تبريد مختلفة من أهم الطرق التكنلوجية في الحصول على مواصفات ميكانيكية عالية للأدوات المصنعة لهذا النوع من الفولاذ ، ومن أهم الخواص التي يجب أن تتوفر في وسط التبريد هي معدل تبريد عالٍ في مدى التحولات الانتشارية أعلى من معدل التبريد الحرج، ومعدل تبريد متوسط في مدى التحولات المارتنزيتية، وذلك لتفادي تشكل الإجهادات والتشققات؛ كما يجب أن تتمتع بلزوجة منخفضة ، ونظراً لأهمية نوع أوساط التبريد وتأثيرها على البنية المجهرية للعينة المقساة ، فقد كانت موضوع دراسة مكثف؛ إذ درس العديد من الباحثين تأثير عملية التقسية لأجزاء العدد الفولاذية متوسط باستخدام أوساط التبريد المتمثلة بـ (المحلول المائي للبولي فينيل بيروليدون بتراكيز تتراوح بين %(١٥-٢٠-٢٥-٣٠-٤٠) والماء العادي وزيت المحرك) على الخصائص الميكانيكية كالقساوة والمتانة والبنية المجهرية لفولاذ العدة متوسط الكربون؛ حيث أعطى المحلول المائي للـ (PVP) عند تركيز %(٤٠) أفضل النتائج للخصائص الميكانيكية المدرسة **[١]** . كما درس الباحثون تأثير التقسية في المحلول المائي للبولي أيتيلين غليكول بتراكيز تتراوح بين %(10-30) على البنية المجهرية والخصائص الميكانيكية (القساوة ، ومقاومة الشد ،ومقاومة الصدم) لعدة أنواع من الفولاذ متوسط الكربون (EN18 ، EN19، EN 24 ، وEN25) **[٢]** ، وتم الحصول على أعلى خصائص ميكانيكية بعد التبريد في المحلول المائي للبوليمير ذي التركيز % (٣٠) حيث اظهر الفحص المجهري نسبة عالية من الطور المرتنزيتي. كما قام الباحثون بتحليل البنية المجهرية الناتجة عن استخدام (المحلول المائي للبولي الكينيل غليكول (PAG) عند تركيز %(١٠-20-30-40) والماء والزيت) وتأثيرها على الخصائص الميكانيكية **[٣،٤،٥]** ، حيث تم الحصول على أفضل الخصائص الميكانيكية كالقساوة ومقاومة التآكل ومقاومة الصدم عند التبريد في المحلول المائي للـ (PAG) عند تركيز %(20) وأعطى بنية مجهرية دقيقة من المارتنزيت والأوستنيت المتبقي والكربيدات، كما أنه يوفر تبريداً متناسقاً على كامل السطح العينات مقارنة بالماء الذي يسبب تدرّجاً حرارياً كبيراً على سطح العينة المبردة ويؤدي إلى التشوه والتشققات.

في بحثنا هذا قمنا بدراسة تأثير أوساط التقسية البوليميرية المتمثلة بالمحلول المائي للبولي فينيل كحول على الخصائص الميكانيكية لفولاذ العدة السبائكي نوع (K100) المستخدم في صناعة أدوات القطع على البارد.

هدف البحث وأهميته:

الهدف من هذا البحث هو دراسة إمكانية استخدام المحلول المائي للبوليمير كوسط تبريد في المعالجات الحرارية؛ للحصول على خصائص ميكانيكية جيدة لفولاذ العدة السبائكي المستخدم في الدراسة؛ كون أوساط التقسية البوليميرية تعطي معدلات تبريد تتوسط الزيت والماء. حيث تتعرض هذه الأدوات في أثناء الاستخدام وبشكل مفاجئ ومتكرر إلى أحمال كبيرة جداً ودرجات حرارة عالية، لذلك يجب أن تتحمل كل هذه الظروف من دون أن تتكسر أو تتآكل ، وأن تحافظ على قساوتها ومتانتها حتى لا تفقد فاعليتها كأدوات قطع.

طرائق البحث وأدواته:

1) تحضير العينات:

تم تحضير ٤٢ عينة من سبيكة الفولاذ عالي الكربون عالي الكروم المصنف بالرقم (X210Cr12 1.2080) بحسب نظام ال DIN ذي التركيب الكيميائي الموضح في الجدول (١) :

C%	si %	Mn %	cr %
2	0.25	0.35	11.5

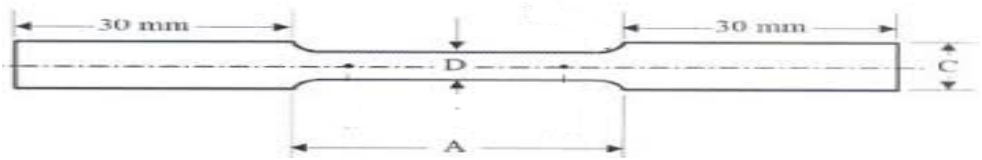
الجدول (1) التركيب الكيميائي النظري % لفولاذ العدة السبائكي نوع K100

أما التركيب الكيميائي المقاس فجرى تحديده باستخدام جهاز التحليل الطيفي للمعادن نوع –FOUNDRY MASTER UV الموجود في مخبر المقاومة /كلية الهندسة التقنية /جامعة طرطوس والمبين في الجدول(٢) :

C%	si %	Mn %	cr %
1.37	1.48	0.235	10.6

الجدول (٢) التركيب الكيميائي المقاس % لفولاذ العدة السبائكي نوع K100

جرى توزيع العينات وفق الآتي: [٢١ عينة خاصة باختبار القساوة والاهتراء أبعادها cm(٢×٢×٤)] و[21عينة خاصة باختبار الشد طولها (19) أبعاد المقطع الكبير cm(2X1) والمقطع الصغير cm(1X1)] والمبينة في الشكل (١) :



الشكل (١) عينة اختبار الشد المستخدمة

كما تم تحضير المحلول المائي للبولي فينيل الكحول بتراكيز متعدد g/l(0.3–0.4–0.6–0.8–1–1.2–1.4) عن طريق إذابة مادة البولي فينيل كحول في الماء المقطر بالتسخين لدرجة حرارة $200C^{\circ}$ ، ولفترات زمنية مختلفة بحسب تركيز المحلول المطلوب .

2) المعالجة الحرارية وتصوير البنية المجهرية

أجريت المعالجة الحرارية على ٢٠ عينة مع بقاء عينة مرجعية واحدة دون معالجة ويلخص الجدول (3) تفاصيل عملية المعالجة الحرارية المستخدمة في الدراسة:

درجة حرارة التقسية	زمن إبقاء العينات	نوع وسط التقسية	درجة حرارة المراجعة	زمن إبقاء العينات	نوع التبريد
960 C°	30دقيقة	المحلول المائي للبولي فينيل الكحول	350 C°	120دقيقة	الهواء
		ماء مقطر			
		زيت محرك فاقد اللزوجة			

الجدول (٣) المعالجة الحرارية المستخدمة في الدراسة

و استُخدم المجهر الضوئي الإلكتروني نوع OLYMPUS BX41 عند قوة تكبير 200X بعد تخريش سطح العينات المدروسة بواسطة حمض الكبريت المركز للحصول على صور مجهرية واضحة؛ بهدف مقارنة البنية قبل المعالجة الحرارية وبعدها في كل الأوساط.

3) اختبار القساوة :

جرى اختبار القساوة بواسطة مقياس قساوة روكويل الإلكتروني نوع INDINTEC مبين بالشكل (٢) الموجود في مخبر المقاومة في قسم المخابر / مرفأ طرطوس للعينات المعالجة في الأوساط المذكورة سابقا، وللعينة المرجعية؛ وذلك بعد تجليخ سطح العينات وتلميعها وإزالة ٢mm من الطبقة السطحية بغية الوصول إلى الطبقة التي تكون عندها القساوة أعظمية للحصول على قيم دقيقة .

الشكل (2) جهاز اختبار قساوة روكويل

3) اختبار الشد:

جرى اختبار متانة العينات المعالجة وحساب قيمة قوة الشد العظمى التي يمكن أن تتحملها قبل أن تنكسر ؛ باستخدام جهاز اختبار الشد نوعZWICK/ROELL الموجود في مخبر المقاومة في كلية الهندسة التقنية، والمبين في الشكل (3):

الشكل (3) جهاز اختبار الشد

5) اختبار الاهتراء

دُرِست مقاومة الاهتراء باستخدام مقشطة رأسية مجهزة بقرص جلخ تتحرك تحته منضدة ممغنطة، تثبت عليها العينات تحت تأثير قوة المغنطة بحركة ترددية، ويحدد طول شوط الجلخ بطول العينة 4cm وحركة عرضية ٢cm كما يظهر الشكل (4):

الشكل (٤) المقشطة الرأسية المستخدمة في دراسة الاهتراء

وتم حساب مقدار النسبة المئوية للفقدان بالوزن باستخدام القانون الآتي:

$$W\% = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

W1= (237.79328)g وزن العينة قبل الاختبار.

W2: وزن العينة بعد الاختبار.

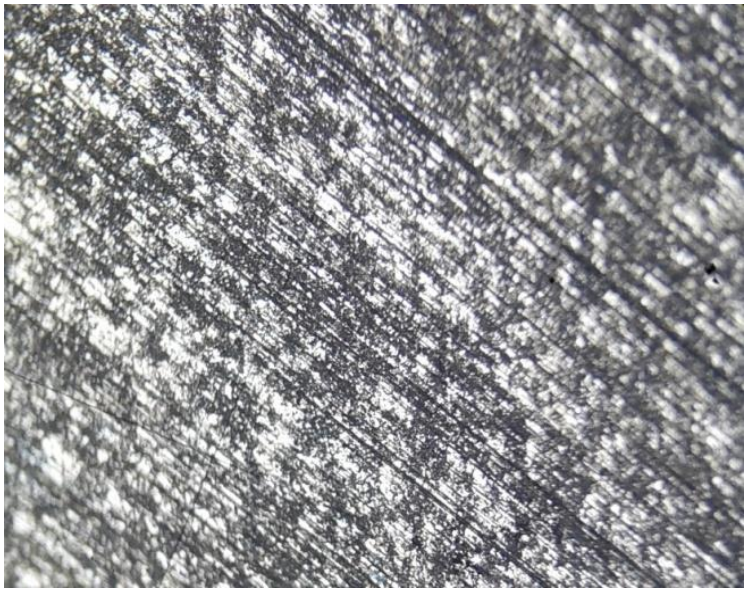
ويبين الجدول (٣) نتائج الاختبارات التي أجريت على عينات الفولاذ السبائكي المدروسة:

نوع وسط التقسية	رقم العينة	نوع المعالجة	قيمة القساوة HRC	مقاومة الشد العظمى	النسبة المئوية للفقد بالوزن
ـــــ	0	-	25	831	0.245
الماء المقطر	19	تقسية	64.2	2203	0.0412
	14	تقسية ومراجعة	58.6	2011	0.0699
زيت محرك فاقد اللزوجة	15	تقسية	60.4	2072	0.0633
	13	تقسية ومراجعة	56.5	1938	0.0852
محلول البوليمر g/l (٠,٣)	2	تقسية	61.2	2100	0.0498
	9	تقسية ومراجعة	56	1921	0.0892
محلول البوليمر g/l (٠,٤)	7	تقسية	64.7	2219	0.0398
	20	تقسية ومراجعة	56.7	1945	0.0767
محلول البوليمر g/l (٠,٦)	12	تقسية	63	2162	0.0597
	6	تقسية ومراجعة	57.2	1963	0.0732
محلول البوليمر g/l (٠,٨)	4	تقسية	60.6	2079	0.0645
	22	تقسية ومراجعة	56.9	1952	0.0811
محلول البوليمر g/l (1)	5	تقسية	62.2	2134	0.0521
	18	تقسية ومراجعة	58.1	1993	0.0712
محلول البوليمر g/l (1.2)	10	تقسية	63.6	2182	0.0546
	21	تقسية ومراجعة	57.3	1966	0.0757
محلول البوليمر g/l (1.3)	3	تقسية	59	2024	0.0699
	17	تقسية ومراجعة	56.9	1952	0.0822
محلول البوليمر g/l (1.4)	8	تقسية	55.9	1918	0.0722
	16	تقسية ومراجعة	55.1	1890	0.0912

الجدول (3) نتائج اختبار القساوة بعد عمليتي التقسية ،التقسية والمراجعة.

تحليل النتائج ومناقشتها

يظهر الشكل (٥) البنية المجهرية للعينة الخام، المصنوعة من فولاذ العدة السبائكي (k100) ، حيث بلغت قيمة القساوة ومقاومة الشد العظمى والنسبة المئوية للفقد بالوزن (25HRC ، 831 Mpa ، 0.245%) على الترتيب للعينات قبل المعالجة ، ويظهر تحليل البنية المجهرية للعينة الخام كربيدات سبائكية متغيرة الحجم في مصفوفة من الفريت الذي يتصف بكونه طور طري والبرليت الذي يتصف بمطيلية عاليه .



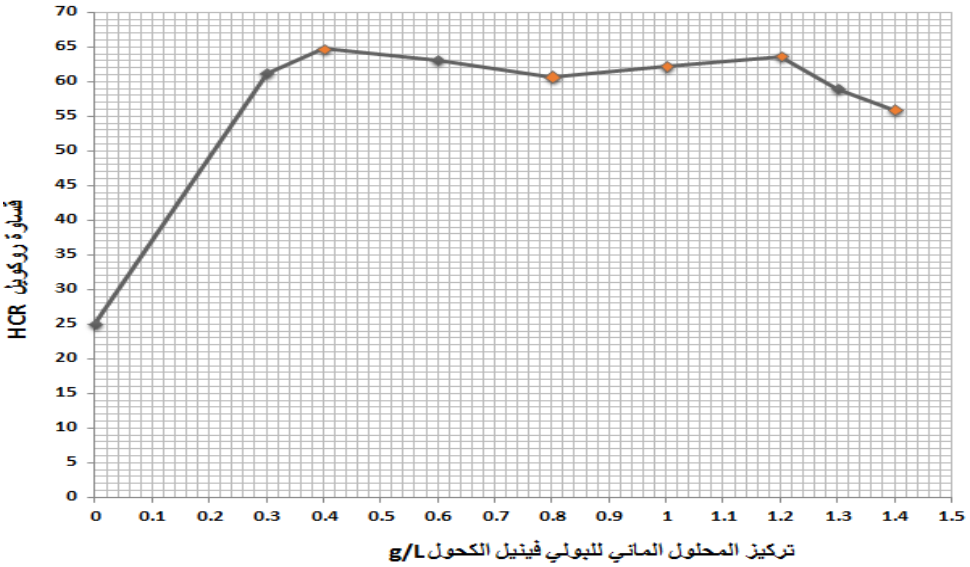
الشكل (٥) البنية المجهرية لفولاذ العدة السبائكي نوع K100

1) تحليل نتائج اختبار القساوة

1-1) تحليل نتائج اختبار القساوة والبنية المجهرية بعد عملية التقسية فقط:

أولاً) تحليل نتائج اختبار القساوة والبنية المجهرية في المحلول المائي لـ PVAعند تراكيز مختلفة:

و يوضح الشكل (٦) العلاقة بين تركيز البولي فينيل كحول وقساوة روكويل لعينات فولاذ العدة السبائكي نوع K100 بعد اجراء عملية التقسية فقط:



الشكل (٦) يوضح العلاقة بين تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول وقساوة روكويل

يظهر المخطط تزايد القساوة بزيادة تركيز المحلول المائي للـ (PVA) بعد اجراء التقسية فقط، حيث تم الحصول على أعلى قساوة 64.7 HRC عند تركيز ٠,٤g/l ، وتظهر البنية المجهرية لهذه العينة تكون بنية مارتنزيتية كثيفة

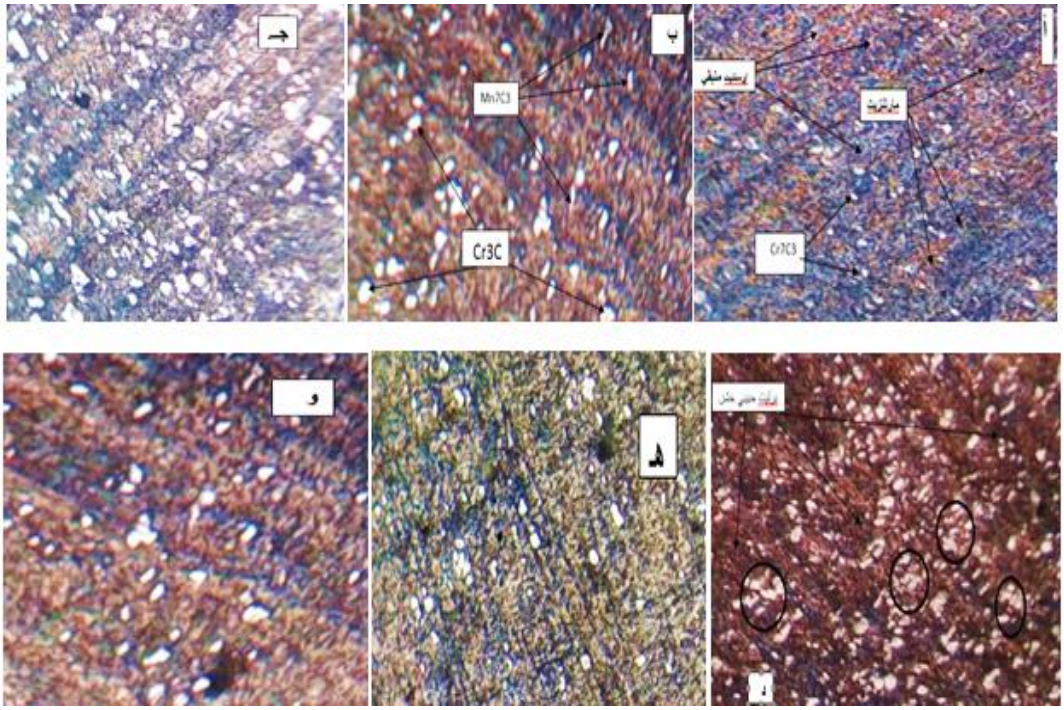
ابرية ناعمة باللون الأسود مكتظة بالكربون؛ مما يسبب تشوه الهيكل الشبكي للمارتنزيت وتشكل إجهادات عالية تسبب قساوة البنية الناتجة، إلى جانب نسبة قليلة من الاوستنيت المتبقي والذي يظهر باللون أفتح نسبياً مع ترسب نسبة قليلة من كربيدات السبائكية الثانوية كما يظهر في **الشكل (7–أ)** ، ومع ازدياد التركيز حتى 0.8 g/l تنخفض القساوة حيث بلغت 60.6 HRC وتظهر الصورة المجهرية تخشن بنية الأرضية المرتنزيتية الإبرية وزيادة نسبة الأوستنيت المتبقي الذي يرتبط وجوده بقساوة منخفضة؛ كونه طوراً غير مستقر في درجة حرارة الغرفة لكن وجود عناصر سبائكية منحلة فيه تساعد على ثباته ، مما يسبب زيادة سرعة التبريد الحرج، وينقص قابلية التقسية ، ويفسر زيادة طور الأوستنيت المتبقي بانخفاض القدرة الحركية للمحلول البوليميري مع زيادة الزوجة أي تنخفض سرعة التبريد اللازمة لتحويل كل الاوسنيت إلى مرتنسيت ، فيما تتحد ذرات الكربون المنتشرة من الهيكل الشبكي للاوستنيت مع ذرات الحديد والكروم لتشكيل كربيدات سبائكية أولية خشنة Mn3C وCr3C إلى جانب الكربيدات الثانوية كما في الشكل (7–ب) ، لتعود وتزداد القساوة إلى 63.6 HRC مع زيادة تركيز المحلول البوليميري إلى 1.2g/l ، وتفسير ذلك يرجع إلى ترسب الكربيدات السبائكية الأولية والثانوية بصورة ناعمة وكثيفة وأهمها كربيد الكروم إلى جانب كربيد الحديد الذي يشكل مع البرليت المتكون بنية صفائحية متداخلة تؤدي إلى زيادة القساوة كما يظهر في الشكل (٧– جـ) ، ومع زيادة تركيز المحلول البولميري إلى 1.4g/l تنخفض القساوة إلى 55.9 HRC، حيث يظهر تحليل البنية المجهرية تشكل أرضية برليتية حبيبية خشنة وتركيبات سبائكية خشنة ومعقدة؛ ويفسر ذلك أن بطئ معدل التبريد بشكل كبير في مدى التحول الانتشاري نتيجة زيادة تركيز المحلول البوليميري يؤدي إلى تحول كامل الاوستنيت إلى برليت، الذي يتميز بأنه طور لين وطري أقل قساوة بكثير من المارتنزيت الامر الذي يسبب انخفاض القساوة .

ثانياً) تحليل نتائج اختبار القساوة والبنية المجهرية للعينات بعد عملية التقسية في الماء المقطر

عند استخدام الماء المقطر وسط تبريد حصلنا على قيمة مرتفعة للقساوة، وتظهر الصورة المجهرية تكون بنية مارتنزيتية ابرية كثيفة خشنة تظهر باللون الأسود، مع غياب شبه كامل لكربيدات العناصر السبائكية كما في الشكل (٧–هـ) مما يرفع قيمة القساوة من 25 HRC إلى 64.2HRC؛ ويفسر ذلك بسرعة التبريد العالية جدا للماء في مدى التحول الانتشاري الذي يحول دون خروج الكربون والعناصر السبائكية من الهيكل الشبكي للاوستنيت وبسرعة تبريد أكبر من سرعة التبريد الحرجة في مدى التحول المارتنزيتي؛ الامر الذي يسبب إجهادات عالية وتشوه اً كبيراً في الهيكل الشبكي للاوستنيت، ويتحول إلى بنية مرتنزيتية خشنة.

ثالثاً) تحليل نتائج اختبار القساوة والبنية المجهرية في زيت المحرك فاقد اللزوجة:

يظهر تحليل البنية المجهرية في الشكل (7– و)للعينة المبردة بالزيت تكون بنية مرتنزيتية خشنة في أرضية برليتي يظهر باللون البني الغامق، ويتصف بكونه طوراً طرياً ومرناً؛ حيث ارتفعت قيمة القساوة من 25 HRC إلى 60.4 HRC.

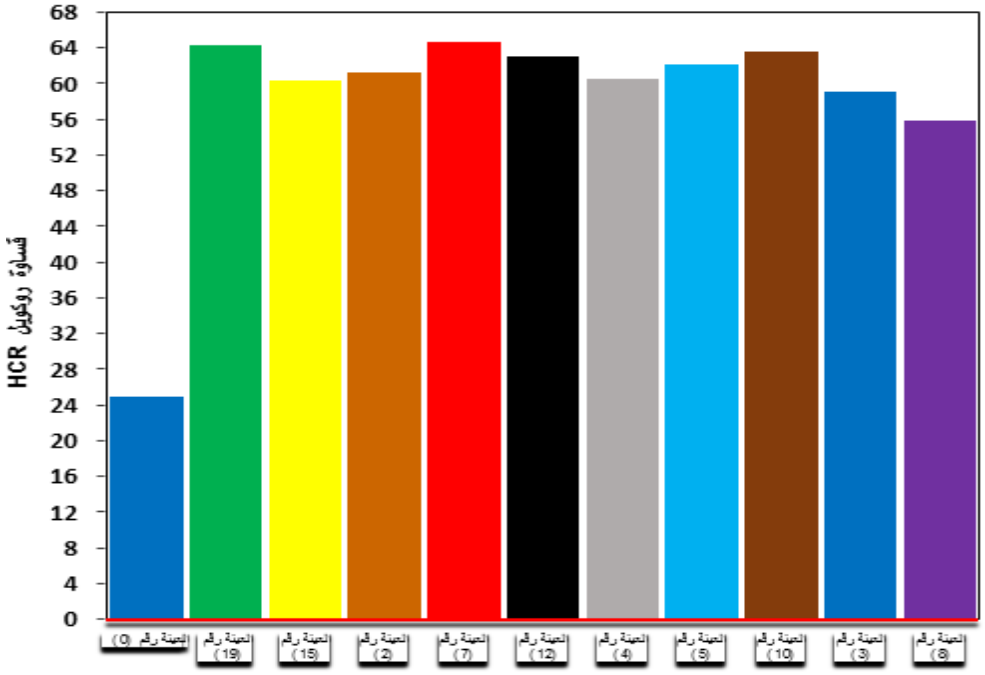


الشكل (7) الصور المجهرية لبنية بعض العينات بعد عملية التقسية فقط في المحلول المائي لـ PVA

أ–العينة مقساة عند تركيز PVA 0.4g/l ب– العينة مقساة عند تركيز PVA 0.8g/l جـ– العينة مقساة عند تركيز PVA 1.2g/l د– العينة مقساة عند تركيز PVA 1.4g/l هـ– العينة المقساة في الماء المقطر و– العينة المقساة في زيت المحرك فاقد اللزوجة

كما يظهر الشكل (8) مقارنة بين قيم القساوة في اوسط التقسية المستخدمة حيث أعطى وسط التقسية البوليميري عند تركيز 0.4 g/l أعلى قيمة للقساوة مقارنة بالأوساط الأخرى (الماء المقطر، زيت المحرك فاقد اللزوجة) ، فيما سجلت أدنى قيم للقساوة في الوسط البوليميري ذي التركيز 1.4 g/l، فيما أعطت التقسية في المحلول البوليميري ذي التركيز

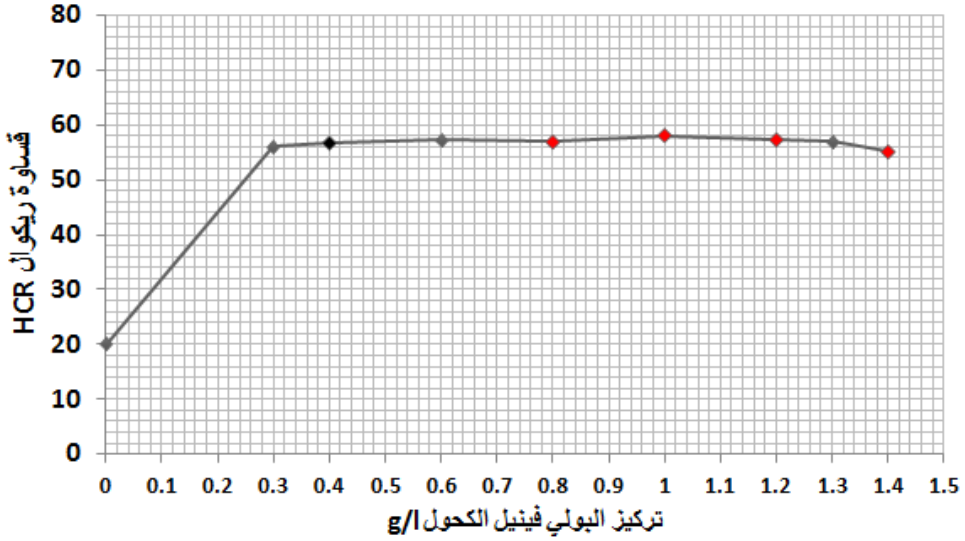
1 g/l قيمة وسطية للقساوة بين الزيت والماء المقطر



الشكل (٨) مقارنة بين قساوة روكويل للعينات في أوساط التقسية المدروسة

٢-١) تحليل البنية المجهرية وقيمة القساوة للعينات بعد عمليتي التقسية والمراجعة

يبين الشكل (٩) العلاقة بين تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول وقساوة روكويل بعد اجراء عمليتي التقسية والمراجعة لعينات فولاذ العدة السبائكي نوع (K100) .



الشكل (٩) يوضح العلاقة بين تركيز محلول البولي فينيل كحول وقساوة ريكوال بعد عمليتي التقسية والمراجعة

أولاً) تحليل البنية المجهرية للعينات المقساة في المحلول المائي للبولي فينيل كحول متعدد التراكيز:

حيث تزداد القساوة بزيادة تركيز محلول البوليمير بعد عمليتي التقسية والمراجعة حتى الوصول إلى تركيز 0.8 g/l، والذي انخفضت عنده قيمة القساوة إلى 56.9 HRC، وتظهر البنية المجهرية تشكل أرضية من المرتنزيت المراجع باللون كاشف نسبياً بسبب انتشار ذرات الكربون خارج الهيكل الشبكي وترسيب كربيد الحديد على حدود ابر

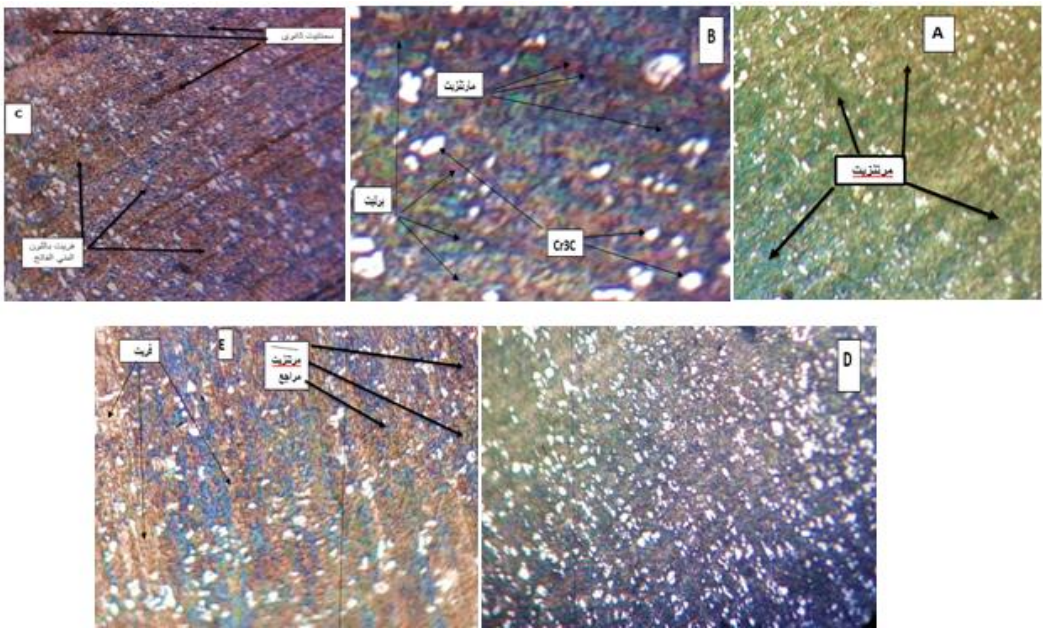
المرتنزيت **كما في الشكل (١٠-A)**؛ مما يسبب ضعف الارتباط بين الجزيئات وانخفاض القساوة، مع زيادة تركيز المحلول البولميري إلى g/l ١ نحصل على أعلى قساوة 58.1 HRC بعد عمليتي التقسية والمراجعة، ويظهر الفحص المجهري تشكل بنية من المرتنزيت المراجع باللون البني الكاشف **كما في الشكل (١٠-B)** إلى جانب حبيبات البرليت المتشكلة حديثاً من الاوستنيت المتبقي إلى جانب كربيد الكروم الذي يظهر بشكل كروي ويعطي قساوة عالية للبنية.تعود بعدها القساوة للانخفاض إلى 55.1 HRC بزيادة تركيز المحلول البولميري إلى 1.4 g/l حيث يتفكك البرليت إلى فريت يتميز بطراوة عالية وسمنتيت ثانوي؛ ويلاحظ انخفاض نسبة الكربيدات وتنعم في حجمها ويقتصر وجودها على الكربيدات الثانوية الدقيقة **كما في الشكل (١٠-C)**.

ثانياً) تحليل نتائج اختبار القساوة والبنية المجهرية بعد عملية التقسية في الماء المقطر:

ارتفعت قيمة القساوة من 25 HRC إلى 58.6 HRC بعد القيام بعملية التقسية والمراجعة في الماء المقطر ، وتظهر البنية المجهرية تشكل بنية مرتنزيتية مراجعة أقل قصافة من البنية المتشكلة بعد عملية التقسية فقط، بسبب خروج ذرات الكربون من الهيكل الشبكي للمرتنزيت مما يقلل قصافته مع زيادة نسبة التركيبات المعدنية السبائكية الأولية والثانوية حديثة التكوين، والتي تتميز بهشاشتها وتسبب انخفاض القساوة كما يظهر في الشكل (١٠-D) .

ثالثاً) تحليل نتائج اختبار القساوة والبنية المجهرية بعد عملية التقسية في زيت المحرك فاقد اللزوجة :

بعد عملية التقسية في زيت المحرك فاقد اللزوجة والمراجعة ارتفعت القساوة من 25 HRC إلى 56.5 HRC ويظهر الشكل (10-E) تشكل بنية من الفريت باللون البني الفاتح المتشكل من تفكك البرليت في أرضية من المارتنزيت المراجع، ويلاحظ تخشن حجم الكربيدات الأولية والثانوية المترسبة؛ مما يسبب انخفاض القساوة بالمقارنة مع قساوة العينة بعد عملية التقسية فقط .



الشكل (10) بعض صور المجهرية لبنية العينات بعد عملية التقسية والمراجعة في المحلول المائي لـ PVA

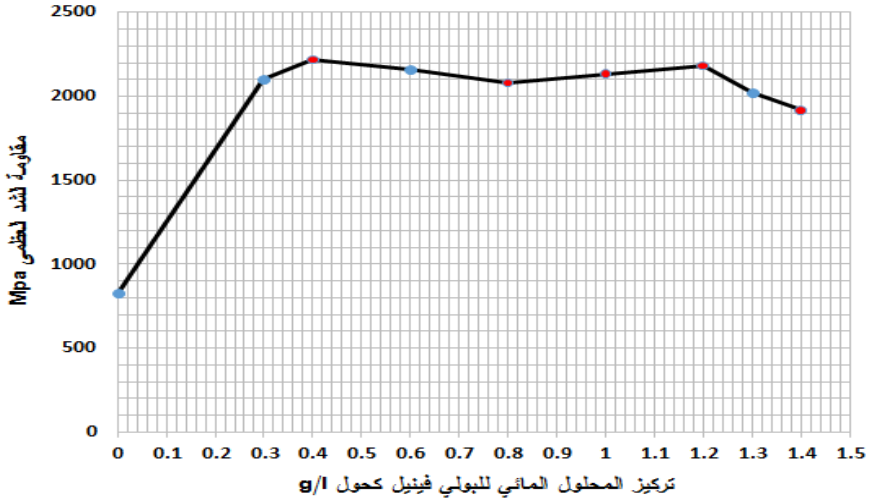
A-العينة مقساة ومراجعة عند تركيز PVA g/l (0.4) B- العينة مقساة ومراجعة عند تركيز PVA g/l(1) C - العينة مقساة ومراجعة عند تركيز PVA g/l(1.4) D- العينة مقساة ومراجعة في الماء المقطر E- العينة مقساة ومراجعة في زيت المحرك فاقد اللزوجة

٢) نتائج اختبار الشد

2-1) تحليل نتائج اختبار الشد للعينات المعالجة حرارياً بعد عملية التقسية فقط

أولاً) تحليل نتائج اختبار الشد للعينات المعالجة حرارياً بعد عملية التقسية فقط في المحلول البوليميري:

ويظهر الشكل (١١) تغير مقاومة الشد العظمى بتغير تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول:



الشكل (١١) تغير مقاومة الشد العظمى بتغير تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول

بعد اجراء عملية التقسية فقط ازدادت مقاومة الشد للعينة المعالجة عند تركيز 0.4g/l؛ حيث بلغت قيمتها 2219 Mpa ويفسر ذلك بتكون بنية مارتنزيتية ابرية ناعمه مكتظة بالكربون ، ونسبة ضئيلة من الاوستنيت مما يؤدي إلى زيادة مقاومة الشد .ومع زيادة تركيز المحلول البولميري إلى 0.8 g/l تنخفض مقاومة الشد إلى 2079 Mpa، ويظهر تحليل البنية المجهرية للعينة المقساة عند هذا التركيز تشكل بنية مارتنزيتية خشنة مع زيادة نسبة الاوستنيت المتبقي وبدء ترسب كربيدات العناصر السبائكية الثانوية، وأهمها Cr7C3 وMn7C3 الامر الذي يقلل تماسك البنية ويسبب انخفاضاً وبالتالي قوة الشد . لكن عند التبريد في المحلول البولميري ذي التركيز 1.2 g/l ترتفع مقاومة الشد إلى 2182 Mpa نتيجة تداخل صفائح البرليت مع صفائح كربيد الحديد مما يزيد تماسك البنية وترتفع مقاومة الشد ، ومع استمرار انخفاض معدل التبريد للوسط عند الوصول إلى تركيز 1.4 g/l تنخفض مقاومة الشد إلى 1918 Mpa نتيجة تخشن حجم حبيبات الأرضية البرليتية مما يقلل ترابط البنية.

ثانياً) نتائج اختبار الشد بعد التقسية في الماء المقطر

ارتفعت مقاومة الشد للعينة المقساة بالماء من 831Mpa إلى 2203 Mpa؛ يفسر ذلك من خلال تكون بنية مارتنزيتية خشنه ابرية مكتظة بالكربون تزيد ترابط البنية، تسبب زيادة مقاومة الشد .

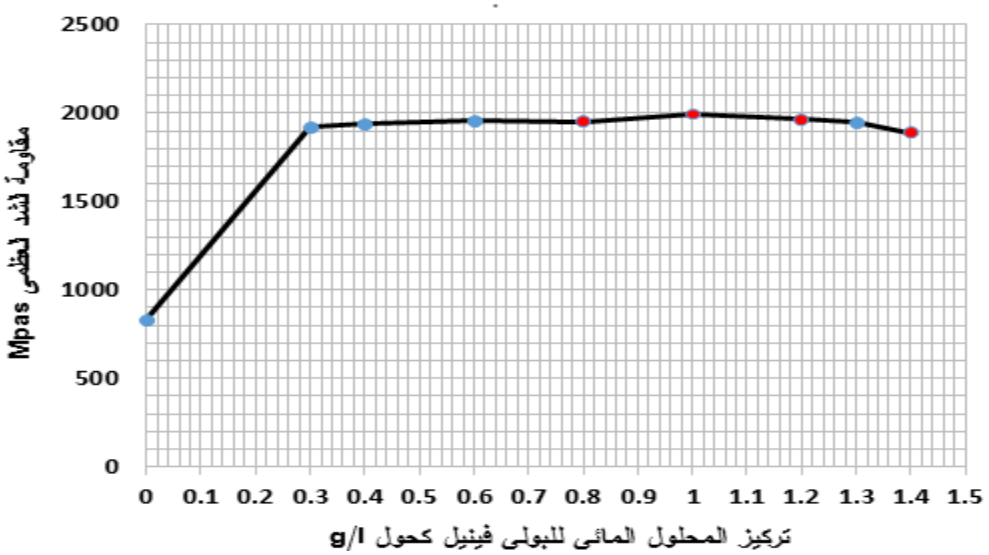
ثالثاً) نتائج اختبار الشد بعد التقسية في زيت المحرك فاقد اللزوجة

ارتفعت مقاومة الشد للعينة المقساة في الزيت من 831Mpa إلى 2072 Mpa نتيجة تكون بنية مارتنزيت يفي أرضية برليتية ترفع مقاومة الشد .

2-4) نتائج اختبار الشد بعد عمليتي التقسية والمراجعة

أولاً) تحليل نتائج اختبار الشد بعد عمليتي التقسية والمراجعة في محلول البوليمير

يظهر الشكل (١٢) تغير مقاومة الشد بتغير تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول بعد عمليتي التقسية والمراجعة:



الشكل (١٢) تغير مقاومة الشد العظمى بتغير تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول

يلاحظ تزايد قيمة مقاومة الشد العظمى بزيادة تركيز المحلول البوليميري حتى الوصول إلى تركيز 0.8 g/l، الذي تنخفض عنده مقاومة الشد إلى 1952 Mpa نتيجة ترسب كربيد الحديد على حدود ابر المارتنزيت ، مما يسبب ضعف ترابط البنية البلورية ويخفض مقاومة الشد العظمى ، لتعود وترتفع مقاومة الشد إلى أعلى قيمة لها 1993 Mpa بعد عمليتي التقسية والمراجعة عند تركيز 1 g/l؛ نتيجة تشكل بنية من المارتنزيت المراجع ذي بنية حبيبي، إلى جانب البرليت المتشكل من الاوستنيت المتبقي المراجع مما يزيد متانة البنية؛ وترتفع مقاومة الشد العظمى ، ومع انخفاض معدل تبريد الوسط نتيجة ازياد تركيز المحلول البولميري إلى 1.4 g/l تنخفض قيمة مقاومة الشد إلى 1890 Mpa بعد عمليتي التقسية والمراجعة، نتيجة تفكك البرليت إلى فريت يتميز بطراوة ومطيلية عالية وسمنتيت شبكي وانحلال التركيبات الكربيدات السبائكية .

ثانياً) نتائج اختبار الشد بعد عمليتي التقسية والمراجعة للعينة في الماء المقطر.

اما بعد عملية التقسية والمراجعة للعينة المبردة في الماء المقطر ارتفعت قيمة مقاومة الشد العظمى من 831Mpa إلى 2011 Mpa نتيجة تشكل بنية حبيبية ناعمة من المارتنزيت المراجع يتميز بهيكل شبكي مكتظ بالكربون يسبب ارتفاع مقاومة الشد العظمى.

ثالثاً) نتائج اختبار الشد بعد عمليتي التقسية والمراجعة للعينة في زيت المحرك فاقد اللزوجة.

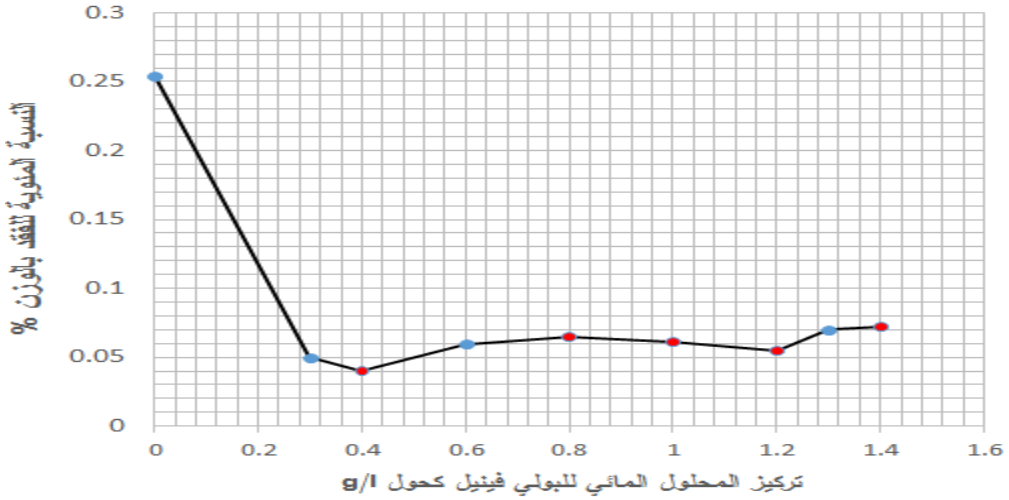
تزداد مقاومة الشد العظمى للعينة المبردة في الزيت من 831Mpa إلى 1938Mpa نتيجة تشكل بنية برليتية حبيبية في الأرضية إلى جانب المرتنزيت؛ مما يسبب تماسك البنية ويرفع مقاومة الشد العظمى.

3) تحليل نتائج اختبار الاهتراء

3-1) تحليل نتائج اختبار الاهتراء بعد عملية التقسية :

أولاً) تحليل نتائج اختبار الاهتراء بعد عمليتي التقسية في المحلول المائي للبولي فينيل كحول:

يظهر الشكل (13) تغير النسبة المئوية للفقد بالوزن بعد عملية التقسية في المحلول المائي للبولي فينيل كحول:



الشكل (١٣) تغير النسبة المئوية للفقد بالوزن بعد عملية التقسية في المحلول المائي للبولي فينيل كحول

ويظهر انخفاض النسبة المئوية للفقدان بالوزن بزيادة تركيز محلول البولي فينيل كحول حتى 0.4 g/l، حيث بلغت %(0.0398)؛ بسبب تشكل بنية مرتنزيتية قصفة مكتظة بالكربون الذي يقترن وجوده في البنية بقساوة ومقاومة عالية ، ومع زيادة تركيز محلول المائي للبولي فينيل كحول إلى 0.8 g/l انخفضت مقاومة الاهتراء حيث ازدادت النسبة المئوية للفقدان بالوزن ليبلغ % (0.0645) وسبب تخشن حجم الحبيبات المرتنزيت وزيادة نسبة الاوستنيت المتبقي الذي يتصف بكونه طوراً طرياً، لتعود وترتفع مقاومة الاهتراء للعينات المقساة في الوسط البوليمرية ذي التركيز 1.2 g/l حيث بلغت النسبة المئوية للفقد بالوزن % (0.0546) ويظهر تحليل البنية المجهرية تنعم في حجم حبيبات البنية الحبيبية للبرليت في أرضية مرتنزيتية ناعمة وترسب كربيدات سبائكية ناعمة ،ومع زيادة تركيز محلول البوليمير وانخفاض معدل تبريد الوسط نلاحظ تخشناً في حجم البنية البرليتية الحبيبية وتخشناً في حجم الكربيدات مما يسبب انخفاض مقاومة الاهتراء، ويزداد مقدار الفقد بالوزن ليبلغ أعلى قيمة للنسبة المئوية للفقد بالوزن % (0.0722) عند تركيز 1.4 g/l.

ثانياً) تحليل نتائج اختبار الاهتراء للعينات بعد عملية التقسية في الماء المقطر

بعد عملية التقسية في الماء المقطر انخفضت النسبة المئوية للفقد بالوزن من %(0.245) إلى % (0.0398) نتيجة تشكل بنية مرتنزيتي خشنة تزيد مقاومة الاهتراء .

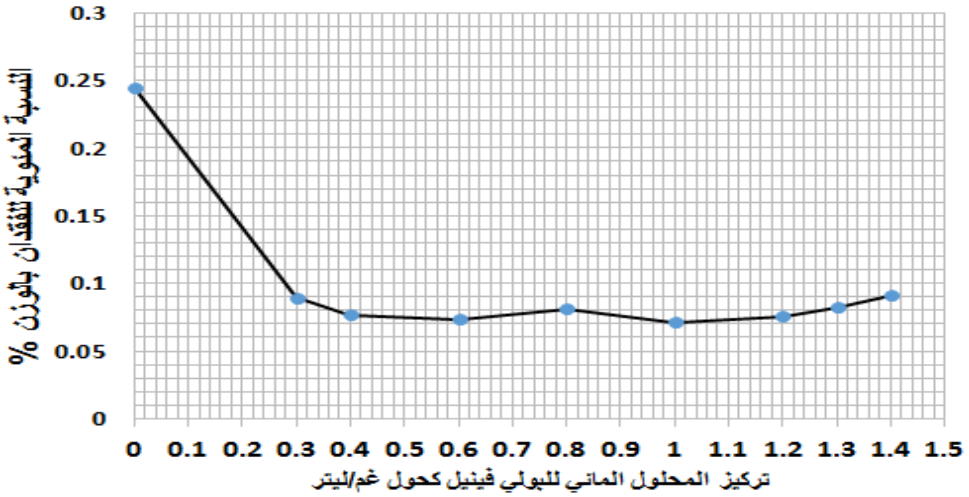
ثالثاً) **تحليل نتائج اختبار الاهتراء للعينات بعد عملية التقسية في زيت المحرك فاقد اللزوجة**

أما بعد التقسية في زيت المحرك فاقد اللزوجة انخفضت النسبة المئوية للفقدان بالوزن من %(0.245) إلى % (0.0633) نتيجة تشكل بنية مرتنزيتي حبيبية إلى جانب البرليت الحبيبي فيزداد الترابط عند حدود الحبيبات وتزداد مقاومة الاهتراء .

3-٢) تحليل نتائج اختبار الاهتراء بعد عمليتي التقسية والمراجعة:

أولاً) تحليل نتائج اختبار الاهتراء بعد عمليتي التقسية في المحلول المائي للبولي فينيل كحول والمراجعة:

يظهر الشكل (14) العلاقة بين تغير تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول والنسبة المئوية للفقد بالوزن بعد عمليتي التقسية والمراجعة:



الشكل (14) تغير النسبة المئوية للفقد بالوزن بتغير تركيز المحلول المائي للبولي فينيل كحول

ويلاحظ انخفاض النسبة المئوية للفقد بالوزن ويستمر هذا الانخفاض حتى تركيز 0.8 g/l الذي يحدث عنده زيادة في النسبة المئوية للفقد بالوزن %(0.0811)؛ ويعود ذلك لتفكك االأوستنيت المتبقي إلى برليت وسمنتيت شبكي الذي يتميز بأنه أقل قساوة من المارتنزيت ، ليعود وينخفض مقدار النسبة المئوية للفقد بالوزن حيث بلغ %(0.0712)؛ ويعود ذلك إلى وجود المنغنيز في الأرضية المعدنية الناتج عن تفكك التركيبات المعدنية الهشة الناتجة من اتحاد المنغنيز والسيلكون والذي يزيد مقاومة الاحتكاك والتأكل الميكانيكي ، وبانخفاض تركيز المحلول البوليميري إلى 1.4 g/l ينخفض معدل تبريد الوسط حيث يزداد مقدار النسبة المئوية للفقد بالوزن حتى %(0.0912)؛ نظرا لتفكك البرليت إلى فريت يتميز بطراوة عالية وسمنتيت ثانوي وتحلل التركيبات السبائكية .

ثانياً) تحليل نتائج اختبار الاهتراء للعينات بعد عملية التقسية والمراجعة في الماء المقطر

بعد عملية التقسية في الماء المقطر ثم المراجعة انخفضت النسبة المئوية للفقد بالوزن من %(0.245) إلى % (0.0699) نتيجة تشكل بنية من المارتنزيت المراجع التي تزيد مقاومة الاهتراء .

ثالثاً) تحليل نتائج اختبار الاهتراء للعينات بعد عملية التقسية والمراجعة في زيت المحرك فاقد اللزوجة

أما بعد التقسية في زيت المحرك فاقد اللزوجة انخفضت النسبة المئوية للفقدان بالوزن من %(0.245) إلى % (0.0852) نتيجة تشكل بنية مارتنزيتية حبيبية إلى جانب البرليت الحبيبي؛ فيزداد الترابط عند حدود الحبيبات وتزداد مقاومة الاهتراء .

الاستنتاجات

١-استخدام المحلول المائي البوليميري يحسن الخواص الميكانيكية .

٢- المحلول البوليميري ذو التركيز g/l(0.4) أعطى أعلى قيمة للقساوة ومقاومة الشد العظمى ومقاومة الاهتراء بعد عملية التقسية بحيث يمكن اعتباره قيمة حدية، تصبح بعدها تغيرات القساوة ومقاومة الشد العظمى ومقاومة الاهتراء طفيفة، بزيادة تركيز المحلول البوليميري .

٣-المحلول البوليميري ذو التركيز g/l(١) أعطى قيمة وسطية للقساوة ومقاومة الشد العظمى ومقاومة الاهتراء بعد عملية التقسية مقارنة بالأوساط الأخرى (زيت المحرك فاقد اللزوجة ، الماء المقطر).

٤- المحلول البوليميري ذو التركيز g/l(١,٢) أعطى قيمة وسطية للقساوة ومقاومة الشد العظمى ومقاومة الاهتراء بعد عملية التقسية والمراجعة مقارنة بالأوساط الأخرى (زيت المحرك فاقد اللزوجة ، الماء المقطر).

٥- المحلول البوليميري ذو التركيز g/l(١,٤) أعطى أدنى قيمة للقساوة ومقاومة الشد العظمى ومقاومة الاهتراء بعد عملية التقسية والمراجعة مقارنة بالأوساط الأخرى (زيت المحرك فاقد اللزوجة ، الماء المقطر).

التوصيات:

١-متابعة اجراء التجارب المتعلقة باستخدام المحلول المائي للبوليمير كوسط تبريد، ودراسة أنواع مختلفة من البوليميرات؛ نظرا لتنوعها الكبير واختلاف الخواص الحرارية لكل بوليمير حسب تركيبه الكيميائي لغرض الوصول إلى أفضل النتائج العلمية، وإمكانية تعميم النتائج على عدة مجالات صناعية يستخدم فيها الفولاذ المعالج حرارياً.

٢-اجراء المزيد من الاختبارات الميكانيكية مثل اختبار الصدم؛ بغية الحصول على مواصفات ميكانيكية أخرى لفولاذ العدة السبائكي نوع (k100).

٣-اختيار أنواع أخرى من الفولاذ لدراسة تأثير استخدام المحاليل البوليميرية كأوساط تقسية على خواصها الميكانيكية.

المراجع العلمية

1) A A Zainulabdeen 1, N Y Mahmood 2 and J H Mohmmed ، *"The effect of polymeric quenching media on mechanical properties of medium carbon steel*" ، International Conference on Materials Engineering and Science 454 (2018) .

2) Chandan B R, Pramod V , Ramesha C M , Sharanraj V , "*Evaluation of Mechanical Properties of Medium Carbon Low.Alloy Forged Steels by Polymer Quenching*" , Materials Science and Engineering 225 (2017) 012185 .

3)George E. Totten , *Use of aqueous polymer quenchants for hardening of carbonitrided parts , Int. J. Materials and Product Technology*, Vol. 24, Nos. 1–4, 2005.

4) M. Eshraghi Kakhki, M.A. Soltani, K Amini, H.R. Mirjalili and Kermanpur A.,2011," *Application of Polymeric Quenchant in Heat Treatment* international journal of ISSI, vol.6 (2009), NO.1, pp.34-38 .

5) Kahtan K. Al-Khazraji, Waleed A. Hanna, Osama S. Muhammed " *Study the Effect of Polymeric Quenching on Wear Resistance of Eutectic Modified Aluminium –*

Silicon Alloy" Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. 10, No.10, pp.941-958, 2011 .

6) Jassim M.Salman Abdulazeez O. Mousa Al-Uqaily " *Effect of Quenching Media, Heat Treatment and Alloying Elements on Properties of Al-Si-Mg Alloy*" Journal of Babylon University/Engineering Sciences/ No.(4)/ Vol.(22): 2014 .

7) د. حاتم عبد حسن ، المعهد التقني بعقوبة " *تأثير التقسية بزيت محرك فاقد اللزوجة على الخواص الميكانيكية لسبيكة الفولاذ نوع (ck38)* " ، مجلة ديالى للعلوم الهندسية ،المجلد الرابع ،العدد الاول ، صفحات البحث (20-30) ،حزيران 2011.

8) د. خضر جاسم محمد د.هويدا ابراهيم احمد " *بدراسة تأثير المعاملات الحرارية على الصلادة والتركيب البنيوي لسبيكة الحديد عالية الكروم* " مجلة الهندسة والتكنلوجيا ، المجلد 28 ، العدد 6 ، 2010.

9) أ.د.نوفل الاحمد "*كتاب تكنلوجيا المعادن* " جامعة تشرين ، كلية الهندسة التقنية ، 2012-2011.

10) N.A.Hilder,"polymer Quenchantaa Review", Heat treatment of metals,vol. 13, pp.15-26,19861) .

11) د.م.جميل ابو جهجاه ، جامعة دمشق ، المعادن ،1981 .

12) R.M.HORN , ROBERT O.RITCHI "*Mechanisms Of Tempered Martensit in low Alloy Steel "* the U.S. Energy Research and Development Administration 2011.

13) B. Mašek, D. Aišman, H. Jirkova *" Microstructure of tool steel upon combined semi-solid processing and thermomechanical treatment*" Journals of alloys and compounds 586 (2014) S165-S167 .

14) Harvinder Singh*, *Ramandeep Singh and Rupinder Singh* , Department of Mechanical Engineering Chandigarh Engineering College, Landran (Mohali), India " Comparison of Wear Properties of AISI D3 and O1 Steel with the Same Hardness , Asian Review of Mechanical Engineering ISSN: 2231-6108 Vol. 5 No. 2, 2016, pp.14-17 .

15) bohler (k100) ، *bohler stainless* ، Germany 2016 .

16) O.M.Becker, "*High speed steels*",Mc Graw Hill, N.Y., 1970 .

17) G.E.Totten, L.C.F.Canale, "*Polymer Quenchants*", Encyclopedia of Materials Science and Technology, ISBN: 0-08-043152-6, 2005, pp. 1-11 .

18) Oerilikon Industrial projects, "*Heat treatment of tool steel*", Vol.(3), 1983, Handbook of Oerlicon Company Swiss .

19) *POLYVINYL ALCOHOL* , Chemical and Technical Assessment (CTA) , First draft prepared by S.K.Saxena , 2004 .

20) Barlow, L. D. & Du Toit, M. (2012). *Effect of the austenitising heat treatment on the microstructure and hardness of martensitic stainless steel AISI 420* . Journal of Materials Engineering and Performance, 21 (7), 1327-1336 .

21) EN.Iva TKALCEC, University of Zagreb, MECHANICAL "*PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF A HIGH CARBON STEEL*" , THESIS NO 3089 (2004) .

22) Arzum ULUKÖY , Yavuz KAPLAN , Volkan ONAR , Merve YILDIZ , Pamukkale University, Department of Manufacturing Engineering , " *THE MICROSTRUCTURE AND HARDNESS ANALYSIS OF DECARBURIZATION FOLLOWED BY BORONIZING AISI D3 TOOL STEEL"* .

23) د. عبدلله ضايع عاصي، د. سلمان حسين عمران، المجلة العراقية للميكانيك والمراد الهندسية ،المجلد(11)، العدد (4) ، 2011 .

٢٤) د.عيسى مسعود بغني ،الهيئة الليبية للبحث والعلوم والتكنولوجيا، دار الكتب الوطنية "أساسيات هندسة المواد " العدد الاول ٢٠١٤ .

٢٥) د.منهل محمد ، د.جورج حنوش ، "*علم المعادن*"، المعهد التقني ،قسم التقنيات الميكانيكية جامعة الموصل، ٢٠٠٩-٢٠١٠ .