تأثير التصليد على خواص الشد و الصلادة و الصدم للصلب متوسط الكربون

جيهان عبد الرحيم الداعور

قسم الهندسة الميكانيكية-كلية الهندسة-جامعة الزيتونة

الملخص

يهدف البحث لمعرفة مدى تأثير المعالجة الحرارية المعروفة بأسم التصليد Hardening على خواص الشد المتمثلة في معامل المرونة " E " و إجهاد الخضوع "σ_Y" ومقاومة الشد القصوى "σ_{UTS}" و مقاومة الكسر "σ_F" بالإضافة إلى تسجيل قيم الصلادة بإستخدام طريقة روكويل و كذلك قيم طاقة الصدم لعينات تشاربي ذات حز على شكل حرف V من حيث تأثير و تغيير المعالجة الحرارية للقيم السالفة الذكر قبل و بعد إجراء المعالجة الحرارية، مع العلم أن المعالجة بالتصليد تمت على عينات من الصلب متوسط الكربون C32 وذلك بتسخين العينات لدرجة حرارة 850^0C لمدة ساعة تقريباً ثم تبريدها بعملية التقسية من خلال وسطين هما الزيت و الماء مع فحص العينات مجهرياً لتوضيح الفرق في التركيب المجهري الحاصل و الذي يؤدي بدوره إلى تغيير في الخواص الميكانيكية للعينات المختبرة حيث أظهرت النتائج إختلاف القيم نتيجة لتغيير أسلوب التبريد و تسجيل أعلى قيمة للصلادة عند تبريدها بالماء نتيجة تكون طور المارتنسيت مع تحسن للخواص الميكانيكية كمقاومة الشد القصوى عند تبريد العينة بالزيت كما أن العينة الغير معالجة سجلت أعلى قيمة للمتانة نتيجة كونها مطيلية ولوجود طور الفيرايت.

الكلمات المفتاحية: التصليد - صلب متوسط الكربون - المعالجة الحرارية - المارتنسيت

المقدمة

يعتبر الحديد في صورته النقية غير مناسب لكثير من الاستعمالات الهندسية بسبب ضعفه إلا أن تسباكه مع الكثير من العناصر التي يتسابك معها وخصوصا الكربون يحسن من خواصه، تسمى سبائك الحديد التي تحتوي كربون حتى نسبة 2٪ بالصلب كما يطلق على السبائك التي بها

نسبة كربون أعلى من 2٪ بحديد الزهر. يذوب الكربون في الحديد سواء في الحالة المنصهرة أو الحالة الجامدة كما يمكنه أن يكون مع الحديد مركبا كيميائيا هو كربيد الحديد.

الصلب الكربوني هو سبيكة أساسها الحديد و يحتوي علي نسبة كربون لا تتعدي عن 1.4% إضافة إلي عناصر سبائيكية أخري مثل المنجنيز (1%) والسيلكون (0.3%) والفسفور (0.05%). تؤثر نسبة الكربون علي خواصه الميكانيكية فزيادتها تقلل من قابليته للحام وسهولة تشكيله وتشغيله ومقاومته للشد.

أنواع الصلب الكربوني هي :

1- صلب منخفض الكربون (0.1 - 0.15 %) يمتاز بمتانته المنخفضة ومطيليته العالية.

2- صلب كربوني طري (0.15 - 0.3 %) ويسمي بصلب الإنشاءات.

3- صلب متوسط الكربون (0.3 - 0.6 %) يمتاز بقابليته للتصليد بالتقسية والمتانة بعد إجراء عملية المراجعة عليه.

4- صلب عالي الكربون (0.6 -1.4 %) يمتاز بالصلادة العالية ومقاومة الاحتكاك والبري Erosion بعد إجراء عملية التقسية عليه.(م.عمري،2008)

تزداد صلادة الحديد وتتباين خواصه مع زيادة نسبة الكربون التي يحتويها إلي أن تصل إلى نسبة لا يمكن بعدها الإستمرار في زيادة نسبة الكربون وأكبر نسبة كربون يمكن أن تتواجد متسابكة مع الحديد هي 6.67% في صورة المركب الكيميائي كربيد الحديد (السمنتيت). تبلغ درجة حرارة انصهار الحديد النقي $1538\ ^0C$ وتنخفض تدريجيا مع زيادة نسبة الكربون في تركيبه إلى أن تصل درجة الإنصهار إلي حدها الأدني عندما تصل نسبة الكربون إلى 4.3 % والتي تمثل تركيب الخليط اليوتكتي ، حيث تكون درجة الانصهار $1147\ ^0C$ عند زيادة نسبة الكربون عن 4.3 % تبدأ درجة حرارة الإنصهار بالإرتفاع مرة أخري. تختلف البنية المجهرية للصلب عند درجة حرارة الغرفة حسب نسبة الكربون ودرجة حرارة التسخين ومعدل التبريد.

أما التصليد فهو عملية الحصول على صلادة أو متانة عالية حيث يتم تسخين الصلب بحدود 730^0C ثم تبريده فجأة في وسط بارد مثل الماء أو الزيت أو الهواء، حيث أن تسخين الحديد الصلب لدرجة الحرارة الحرجة Critical Point حيث تتراوح الحرارة الحرجة ما بين 730^0C - 900^0C لتتغير خواصه و نحصل على خواص مختلفة بتغير توزيع الكربون فيه، عندها يتكون كربيد الحديد في المحلول وعند التبريد السريع يكتسب صلادة عالية بتحوله إلى المارتنسيت فعلى سبيل المثال إذا سخن

الصلب الكربوني C45 لدرجة 800^0C ثم برد فجأة بالماء فأن رقم برنيل للصلادة يزداد من 2000 إلى 6000.(م.عمري، 2008).

أهمية البحث

يعتبر البحث إضافة للمهتمين بمجال المعالجات الحرارية و تحديداً التصليد ،فعند إستخدام عملية التصليد للصلب متوسط الكربون يحدث تغير ملحوظ للخواص الميكانيكية للصلب وعليه يمكن إنتاج صلب بمميزات جديدة لإستخدامه في تطبيقات مناسبة.

أهداف البحث

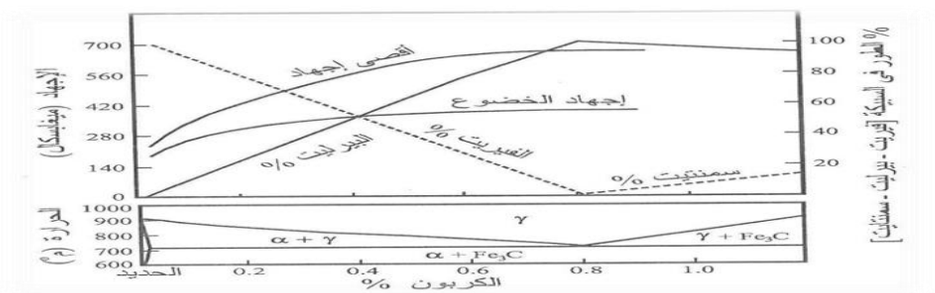
1- بسبب التغيرات التي تحدث في البنية الداخلية التي تتم في الحالة الصلبة يمكن تطبيق المعالجة بالتصليد للصلب متوسط الكربون (C32) بإستخدام وسطي تبريد مختلفين هما (الماء و الزيت) للحصول على إختلاف واضح لقيم الصلادة و بالتالي المقارنة بين النتائج المتحصل عليها.

2- التعرف على العلاقة بين الخواص الميكانيكية للحديد الصلب و التصليد و بالتالي وضع منهجية للتعامل مع الحديد المصلد.

تأثير المحتوي الكربوني علي خواص الصلب Effect of carbon content on steel properties

تحدد نسبة الكربون في الصلب المستوي العام لخواصها الميكانيكية فيؤدي تزايد المحتوي الكربوني للصلب إلى ارتفاع ملحوظ في مقاومته الميكانيكية نظرا لتزايد نسبة السمنتيت في التركيب الطوري للصلب (شكل 1).

وهو الطور الذي يتميز بصلادته المرتفعة وقصافته أيضا لذا فان إرتفاع صلادة ومقاومة الصلب الميكانيكية مع زيادة نسبة الكربون تصحب بانخفاض مناظر في إستطالته النسبية ومقدار النقص النسبي لمساحة المقطع العرضي في إختبار الشد أي (مطيلية الصلب).



شكل (1) تغير نسبة السمنتيت والفيريت والبيرليت في الصلب (تحت ظروف الإتزان) مع زيادة المحتوي الكربوني له وتأثير ذلك على الخواص الميكانيكية للصلب الكربوني. (د. عياد عبد الواحد□ د.كمال زاهر، 2004 ، ص 203).

إذ تؤدي زيادة نسبة الكربون بمقدار 0.1 % إلى رفع درجة حرارة التحول إلى السلوك القصيف وهو ما يقيد استخدام الصلب الكربوني المحتوي على أكثر من 0.4% كمادة إنشائية دون معالجته حراريا بزيادة نسبة الكربون ، أي أنه يمكن القول إن الكربون المضاف يتخذ شكل رقائق السمنتيت التي تتداخل مع مقادير متزايدة من الفيريت محولة إياها إلى بيرليت عندما تصل نسبة الكربون إلى 0.8 % ليكون كل الفيريت قد أستبدل بالبيرليت ويصبح الصلب يوتكتويديا (بيرليتيا).

وبزيادة نسبة الكربون إلى مافوق ذلك يتخذ السمنتيت المضاف شكل الشبكة المحيطة بحبيبات البيرليت الذي تتناقص نسبته في بنية الصلب وتدريجيا تصبح خواص السمنتيت هي التي تحكم الخواص الميكانيكية للصلب فتتوقف مقاومته الميكانيكية عن التزايد ثم لاتلبث أن تبدأ في التناقص عند زيادة نسبة الكربون عن 1.3 % مما يحد من استخدام هذه التركيبات للصلب الكربوني إلا لأغراض خاصة جداً شكل (1). (د. عياد عبد الواحد□ د.كمال زاهر، 2004 ، ص 204)

المعالجة الحرارية للصلب Heat Treatment of Steel

تعرف المعالجة الحرارية بأنها عملية تسخين المادة إلى درجة حرارة معينة لفترة زمنية محددة ثم تبريدها، حيث تتم المعالجة الحرارية على ثلاث مراحل هي :

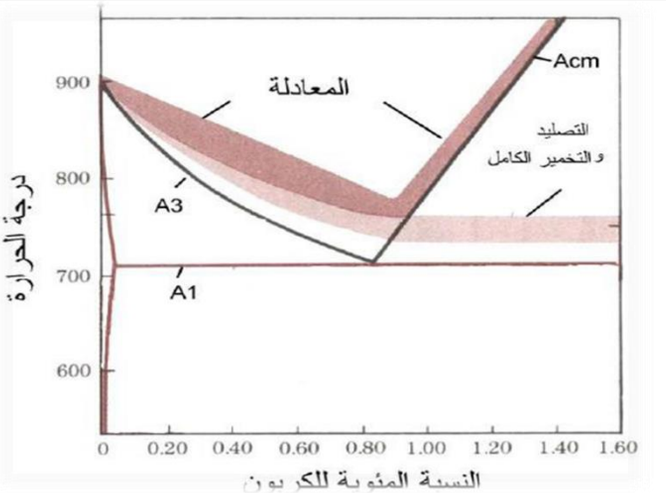
1- التسخين إلى درجة حرارة معينة.

2-إبقاء المادة عند تلك الدرجة لفترة زمنية تكفي لحدوث تجانس حراري والحصول على التغيرات المطلوبة في تركيب الفلز أو السبيكة .

3- تبريد المادة بمعدل معين حتى يتم الحصول على البنية المطلوبة للمادة. (م. محمد الشمري، 2009).

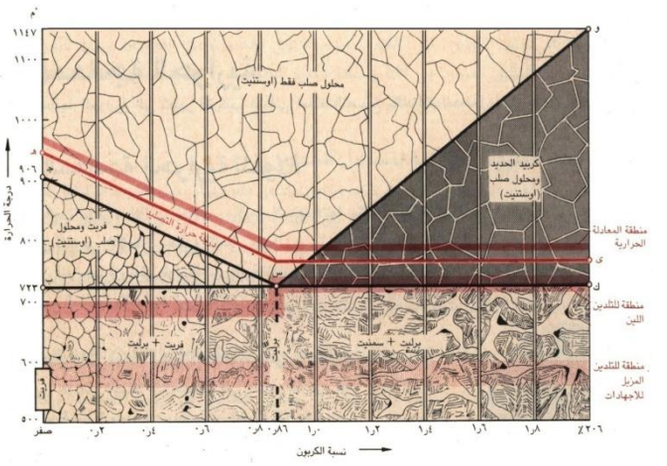
أنواع المعالجات الحرارية

شكل (2) يوضح أنواع المعالجات الحرارية التي من خلالها تتغير الخواص الميكانيكية للصلب اليوتكتويدي وشكل (3) يوضح التركيب البلوري المصاحب لعمليات المعالجة. (د. عثمان محمد عثمان & و آخرون،2005)



شكل (2) أنواع المعالجات الحرارية التي من خلالها تتغير الخواص الميكانيكية للصلب اليوتكتويدي (د. عثمان محمد عثمان & و آخرون،2005)

نستنتج من الشكل (2) أنه في حالة التركيب تحت اليوتكتويدي يتم تسخين الصلب لدرجة حرارة فوق النقطة الحرجة العليا A_3 لجميع المعالجات الحرارية (تصليد - تخمير- معادلة)، أما التركيب تحت اليوتكتويدي فالتسخين فوق النقطة الحرجة العليا A_{cm} بالنسبة لعملية المعادلة أما التصليد والتخمير فيكون التسخين فوق النقطة الحرجة السفلىA_1. (د. عثمان محمد عثمان & و آخرون ،2005)



شكل (3) يوضح التركيب البلوري المصاحب لعمليات المعالجة. (د. عثمان محمد عثمان & و آخرون،2005)

وفيما يلي وصف لأهم المعالجات الحرارية للصلب الكربوني والتي يمكن تقسيمه لأربع أنواع هي التخمير، التطبيع، التصليد، المعادلة ، جدول (1):

جدول (1) أهم المعالجات الحرارية للصلب الكربوني (م. محمد الشمري، 2009)

نوع المعالجة	طريقة التبريد	البنية البلورية	الاستعمالات
تصليد	سريع ومفاجئ باستخدام الماء أو الزيت	مارتنسيت (طور واحد قصف وصلد جدا)	رفع الصلادة
تطبيع	تسخين من 200-700 °c ثم تبريد بطئ وتستخدم بعد التصليد	فريت و سمنتيت و مارتنسيت	خفض القصافة رفع اللدونة
تخمير تام	بطئ داخل الفرن	حسب نسبة الكربون برليت+فريت برليت+سمنتيت	خفض الصلادة رفع المطيلية إزالة الاجهادات
تخمير تحت الحرج	تسخين تحت A1 ثم التبريد داخل الفرن	لا تتغير	إزالة الاجهادات الداخلية
معادلة	الهواء	بايينيت (عبارة عن فريت به سمنتيت على شكل إبري) أو برليت دقيق ومارتنسيت	إزالة تأثير التشكيل على البارد تنظيم شكل الحبيبات

أهداف المعالجة الحرارية

يمكن القول أن المعالجة الحرارية للمعادن و السبائك تهدف بشكل عام إلى:

1- **تحسين الخواص التشغيلية و التشكيلية للمعدن، و ذلك بزيادة لدونته مما يسمح بزيادة إنتاجية التشغيل و عدم حدوث تشوهات أثناء عمليات التشكيل مثل الكبس و السحب. ومن المعتاد أن يتم ذلك على المواد الخام و النصف مصنعة قبل و أثناء عمليات التشغيل أو التشكيل.**

2- **إكساب المعدن الخواص النهائية المرغوب فيها، و يتم ذلك على قطع العمل المنتهية مثل (التصليد ، التصليد الغلافي).**

ومن الممكن أن تتبع هذه العملية عمليات تشطيب نهائية لإزالة بعض تشوهات المعالجة الحرارية .

و حتى نتمكن من تعديل خصائص المعدن يجب توفر حد أدنى من الكربون في تركيبه لتكوين كربيد الحديد الصلد في المعدن عند تسخينه و تبريده. (م. عارف راوح& م. محفوظ يا ماجد، 2017، ص15-16)

يبين الجدول (2) تأثير نسبة الكربون على مدى تعديل خصائص الصلب بالتسخين و التبريد.

الجدول (2) تأثير نسبة الكربون على خصائص الصلب بالتسخين و التبريد. (م. عارف راوح& م. محفوظ يا ماجد، 2017، ص15-16)

نوع الصلب	النسبة المئوية للكربون	تأثير التسخين و التبريد
صلب منخفض الكربون	أقل من 0.3%	لا تأثير (يمكن إهماله)
صلب متوسط الكربون	0.5-0.3	يصبح أكثر صلادة
	0.9-0.5	
صلب عالي الكربون	1.3-0.9	يصبح صلدا جداً

المواد والطريقة MATERIALS AND METHOD

العينات هي من نوع الصلب متوسط الكربون تم شرؤاها من السوق الليبي حيث تم إستخدام 3 عينات إختبار شد بأبعاد: (d_0 = 20 mm, L_0 = 137 mm) و 3 عينات إختبار صدم بحزة V بأبعاد: (10 mm, 10 mm, 55 mm) V عمقها 2 mm و بزاوية مركزية 45^o، حيث تم إجراء الفحوصات المعملية بالمركز العالي المهني للسباكة بسيدي السائح وهي بالترتيب كالتالي:

1- **بالنسبة لعينات أختبار الشد**

- فحص التركيب الكيميائي Chemicals Composition لعينة واحدة.
- فحص التركيب المجهري Micro Structure لنفس العينة السابقة.
- إجراء إختبار الصلادة بطريقة روكويل لسطح نفس العينة السابقة.
- قياس إجهاد الخضوع σ_Y - المقاومة القصوي للشد σ_{UTS} - إجهاد الكسر σ_F لنفس العينة السابقة.
- معالجة العينتان الأخريان حرارياً بالتصليد أحداهما تقسى بالزيت و الأخرى بالماء.
- فحص التركيب المجهري MicroStructure للعينتين المعالجتين السابقتين.
- إجراء إختبار الصلادة بطريقة روكويل لسطح العينتين المعالجتين السابقتين.
- إجراء إختبار الشد للعينتان المعالجتان حرارياً و تكرار قياس إجهاد الخضوع σ_Y - المقاومة القصوي للشد σ_{UTS} - إجهاد الكسرσ_F.

2- **بالنسبة لعينات أختبار الصدم**

- قياس طاقة الصدم لعينة بدون معالجة من إختبار الصدم.
- إجراء نفس المعالجة الحرارية السابقة (التصليد) التي إجريت على عينات الشد للعينات المتبقية (عددهم 2) (واحدة تقسى بالزيت) (الأخرى تقسى بالماء)
- بعد المعالجة الحرارية المذكورة أعلاه أعيد إختبار الصدم للعينات المعالجة بالتصليد و قياس طاقة الصدم.

1- التركيب الكيميائي للعينات

عند فحص العينات بإستخدام جهاز FONDARY MASTER PRO أظهرت النتائج إحتواء العينة المختبرة على نسبة كربون (0.327 %) جدول (3)، مما يجعل العينات موضوع البحث تحت مسمى الصلب متوسط الكربون (C 32).

جدول (3) التركيب الكيميائي للصلب C 32 لعينات الإختبار

%Fe	% C	%Si	%Mn	%P	% S	%Cr	%Mo	%Ni	Others
97.7	0.327	0.242	0.691	0.0005	0.0018	0.0131	0.019	0.1	-

2- المعالجة الحرارية

تمت المعالجة الحرارية في فرن كهربائي و ذلك بتسخين عينتي الشد لدرجة حرارة $850\ ^0C$ لمدة 45 min تم تبريد أحداها في الماء و الأخرى في الزيت وأعيدت نفس المعالجة على عينات الصدم بتسخينها لدرجة $850\ ^0C$ لمدة 15 min تم تبريدها في نفس الأوساط السابقة.

3- الإختبارات الميكانيكية

تم قياس الخواص الميكانيكية للعينات المعالجة حرارياً و الغير معالجة باستخدام المعايير الأمريكية القياسية للاختبارات (ASTM) لكل العينات:

إختبار الشد Tension Test

يجرى إختبار الشد لتحديد الخواص الميكانيكية المهمة للمادة و دراسة كيفية إستجابة المواد للقوى المؤثرة عليها أثناء التحميل الأستاتيكي مثل المرونة و اللدونة أو تحديد متانة المعدن و التي تعبر عن مقاومة الأنهيار للمعدن تحت تأثير القوى الخارجية المؤثرة عليه ، حيث يجرى الأختبار بإختيار مقطع للعينة المختبرة ذات المقاييس المعلومة تحت تأثير شد متزايد و محسوب ويبدأ المعدن بالأنفعال أو الأستجابة للتأثير بعد فترة قصيرة حتى يصل إلى حالة التعنق Necking وهي المنطقة التي يقل فيها القطر على حساب زيادة الطول و بعدها تنكسر. تسجل إستطالة العينة بوحدة (mm) مع الحمل المسلط (KN) و تسجل على الجهاز قراءات الحمل مع الطول ومنها رسم منحنيات القوة مع الطول القياسي للعينة ومنها نرسم الإجهاد و الإنفعال و يكونان متشابهين إلى حد ما و عليه في بحثنا هذا حملت العينات المعالجة و الغير معالجة حسب المواصفة ASTM E8 بواسطة جهاز ZWICK1000 حيث سجل الجهاز قراءات لمقاومة الكسر σ_F (N/mm^2) وإجهاد الخضوع σ_Y

(N/mm^2) و أخيراً مقاومة الشد القصوى (N/mm^2) σ_{UTS} و من ثم رسمت النتائج بواسطة الجهاز كمنحنى إجهاد □ إنفعال. (ASTEM, E8, 2008)

إختبار الصلادة Hardness Test

الصلادة هي قدرة المادة على مقاومة الخدش و التآكل الناتج من الأحتكاك و التغلغل Indentation.

تقاس الصلادة بشكل عام بفكرة تطبيق حمل و ضغطه ببطء بزاوية 90^0 على سطح المعدن المراد إختباره حيث يستعمل أداة ضاغطة Indenter و التي هي في الغالب كرة أو هرم أو مخروط من مادة قاسية جداً مثل الفولاذ المصلد أو كربيد التنجستن أو الماس لفترة زمنية محددة و بعد الأنتهاء من عملية الضغط و نزع Indenter تقاس مساحة أو عمق العلامة بواسطة مؤشر رقمي، و تستخدم طريقة روكويل مادة إختبار مصنوعة من مخروط ماسي زاوية فتحة رأسه 120^0 أو تستخدم كرة من الفولاذ قطرها 1.59mm تضغط على سطح العينة تحت حمل بسيط تمهيدي 10Kg وكذلك نضغط حمل إضافي رئيسي 90Kg للكرة و 140Kg للمخروط لمدة 5 ثواني ثم يحسب الفرق بين الأثرين أو الضغوط.

تم أخذ عدة قراءات في أماكن مختلفة للعينات (المعالجة و الغير معالجة) بإستعمال إختبار روكويل للصلادة بإستخدام الجهاز BULUT – BMS 201 –R حسب المواصفة ASTM E 18 ، ثم حساب المتوسط للقراءات. (ASTM E18, 2008)

إختبار الصدم Impact Test

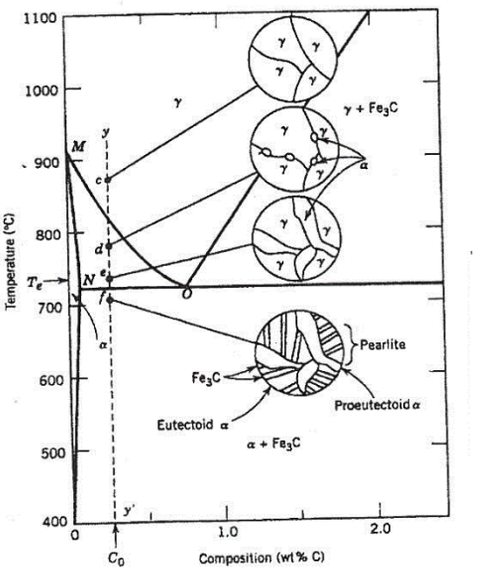
هو إختبار لقياس كمية الطاقة التي يمتصها و تتحملها المادة قبل أن تنكسر و بالذات إختبار قصافة المعدن بشكل مباشر و يستخدم هنا جهاز قياس الصدمة الذي هو عبارة عن بندول ثقيل يسقط من إرتفاع معروف أثناء هبوطه ليضرب العينة ذات حز على شكل حرف V حاد موضوع على فكي الجهاز ليكسرها و بمعرفة كتلة البندول و الفرق ما بين الإرتفاع الإبتدائي و الإرتفاع النهائي لتعيين الطاقة التي إمتصتها العينة قبل كسرها، حيث أن كمية الحركة قبل التصادم تساوي كمية الحركة بعد التصادم و أخيراً تم تطبيق أختبار تشاربي للصدم بأستخدام الجهاز ZWICK حسب المواصفات القياسية ASTM E 23. (ASTM E23, 2008)

4- الفحص المجهري

تم تجهيز سطح العينات للفحص المجهري بالطرق القياسية بإستخدام أجهزة شركة BULUPOL وذلك بإجراء عمليات السنفرة Grinding لمسح طبقات الصدأ ومن ثم إجراء التلميع Polishingبإستعمال Al_2O_3 و الإظهارEtching بإستخدام محلول 2% حمض النيتريك و أخيراً الفحص بإستخدام الميكروسكوب و تسجيل الصور الناتجة بتكبير X1000

DISCUSSION

في حال كانت نسبة الكربون تقل عن 0.4 % موضوع البحث كما في الشكل(4) حيث أنه عند النقطة (C_0) تسمي هذه السبيكة هيبوإيوتكتويد (hypoeutectoide) كما ذكر سابقاً.



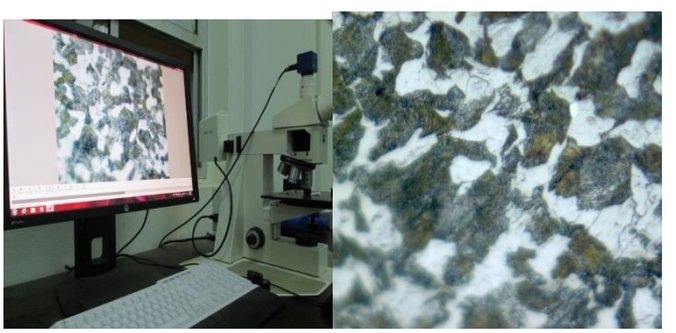
شكل (4) مراحل تكوين الإطوارالمختلفة لسبيكة هيبوإيوتكتويد وفقاً لتغير درجة الحرارة.
(م. الشمري، 2009)

حيث يمكن تمثيل تبريد هذه السبيكة بالخط العمودي(yy´) عند حوالي ^0C 875 النقطة (C) سيكون التركيب المجهري لهذه السبيكة حديد (γ) بصورة تامة وعند التبريد إلي النقطة (d) أي حوالي ^0C 775 وهذا ضمن منطقة (α+ γ) ويتواجد هذان الطوران بصورة مشتركة مع بعضها البعض كما في الشكل(4) كما ويلاحظ أن غالبية حبيبات (α) الصغير الحجم تتشكل علي طول حدود حبيبات (γ) ومع الإستمرار بالتبريد ضمن منطقة (α + γ) يستمر التغير في طور الفيريت علي طول الخط (MN) لتزداد نسبة الكربون بشكل بسيط . وفي المقابل يكون التغير في تركيب الأوستنيت أكثر وضوحاً أثناء التبريد وذلك علي طول الخط (MO) ومع استمرار التبريد من النقطة (d) إلي النقطة (e) لا تزال ضمن منطقة (α+ γ) وأعلي من منطقة اليوتكتويد بقليل ستزداد نسبة حديد (α) وتنمو حبيبات حديد (α) لتصبح أكبر وعند درجات حرارة أدني من نقطة اليوتكتويد النقطة (F) يتحول كامل الحديد (γ) الي بيرليت . كما يظهر من الدائرة السفلي في الشكل السابق(4) ويبين الشكل (5) صورة مجهرية تظهر البيرليت (المناطق الداكنة) ويحيط بها حديد الفريت (α).(م. الشمري، 2009).

شكل (5) البيرليت (المواقع الداكنة) يحيط بها حديد α. (م. الشمري، 2009)

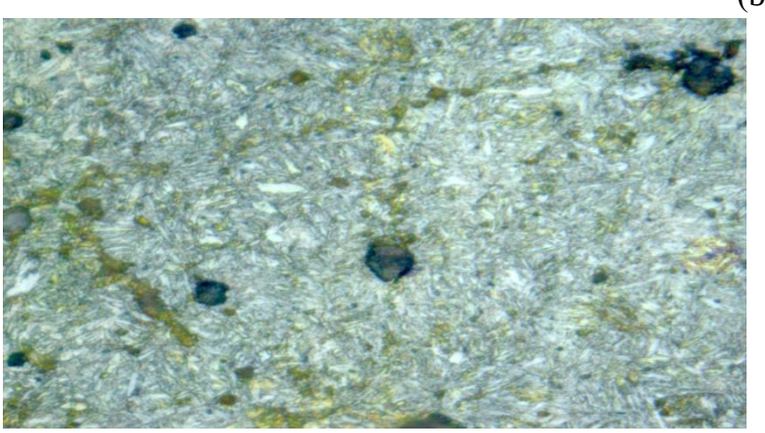
النتائج المجهرية

أظهرت الصور الناتجة من الفحص للعينة الغير معالجة وجود طوري الفيرايت الأبيض و البيرليت شكل (6)

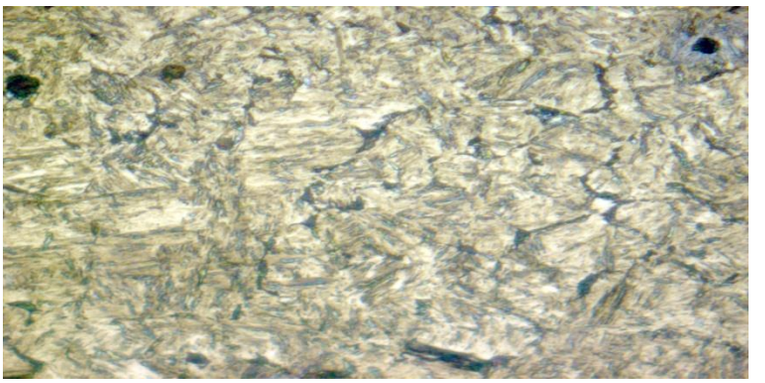


شكل (6) صورة مجهرية لعينة غير معالجة تظهر المنطقة البيضاء (الفيريت) و السوداء البيرليت

أما عند التبريد السريع بواسطة الماء فكان الشكل الإبري الناتج يعبر عن المارتنزيت مع وجود جرافيت على شكل كروي شكل (7) إذا ما قورنت بالعينة التي قسيت بالزيت التي تحتوي على المارتنزيت و البانيت مع وجود الجرافيت شكل (8) وهذا أيضاً يتفق مع مخطط TTT (ASM HAND book, 1991)



شكل (7) صورة مجهرية للعينة المقساة بالماء حيث يظهر التركيب الأبري للمارتنزيت



شكل (8) صورة مجهرية للعينة المقساة بالزيت حيث يظهر التركيب للباينيت و المارتنزيت

النتائج الميكانيكية

تأثير التصليد على الخواص الميكانيكية (إجهاد الخضوع ، مقاومة الشد القصوى، مقاومة الكسر، الصلادة ، طاقة الصدم) تم تلخيصها في الجدول(4).

جدول (4) الخواص الميكانيكية للعينة المعالجة بالتصليد و غير المعالجة للعينة C32

العينات	معامل المرونة $KN\backslash mm^2$	إجهاد الخضوع MPa	مقاومة الشد القصوى MPa	إجهاد الكسر MPa	رقم روكويل للصلادة	طاقة الصدم J
بدون معالجة	6.07	320	459.99	311.36	26	14
تقسية بالزيت	6.35	570.27	829.51	734.5	53	10
تقسية بالماء	4.61	730.9	730.97	730.97	60	3

عند مقارنة نتائج إختبار الشد للعينات المعالجة و الغير معالجة نجد إن أعلى قيمة لمعامل المرونة والممثل لصلابة السبيكة يتضح أن العينة المقساة بالزيت كانت الأعلى ($6.354KN\backslash mm^2$) أما على مستوى إجهاد الخضوع فكانت القيمة الأعلى للعينة المقساة بالماء (730.9 MPa).

في حين أن المقارنة بين نتائج مقاومة الشد القصوى كانت النتيجة لصالح العينة المقساة بالزيت أيضاً (829.51MPa) و أخيراً بالنسبة لاختباري الصلادة و الصدم فكانت النتائج لصالح العينة المقساة بالماء والغير معالجة على التوالي (14J, 60 RHN) ويعزى إرتفاع الصلادة للعينة المقساة الماء لوجود المارتنسيت المعروف بإرتفاع صلادته أما عن إرتفاع طاقة الصدم أي متانتها للعينة الغير

معالجة لمطيليتها وبالتالي قدرتها على إمتصاص الصدمات وهذا يتفق مع مخطط الأجهاد الأنفعال للعينة الغير المعالجة.

CONCLUSIONS & FUTURE WORK

من النتائج المتحصل عليها من المعمل عن تأثير التصليد على الخواص الميكانيكية و التركيب المجهري لعينة C32 نلخص النقاط التالية:

1-العينات الغير معالجة تتميز بمتانة عالية لمطيليتها و معامل مرونتها عالي و هذا يعزى لوجود الفيريت في التركيب المجهري.

2-العينات المقساة بالماء أظهرت أعلى رقم للصلادة نتيجة لتكون المارتنسيت و هو ما أظهره التركيب المجهري أيضاً و أقل قيمة للمتانة نظراً للقصافة الناتجة من معدل التبريد السريع و كذلك وجود كربيد الحديد.

3-التقسية بالزيت لعينة صلب متوسط الكربون سجلت أعلى قيم للخواص الميكانيكية المتمثلة في معامل المرونة ومقاومة الشد القصوى و كذلك إرتفاع الصلادة و الصدم نسبياً و هذا يعزي لوجود طوري البانيت و المارتنسيت.

4-يمكن تكرار العمل مع عينات C32 بعمليات معالجة حرارية أخرى مثل التطبيع و المعادلة ومقارنة النتائج .(Fadara D.A., 2011)

المراجع العربية

1-م. محمود أحمد عمري، علم المواد الهندسية، الطبعة الأولى، 2008، مكتبة المجتمع العربي للنشر و التوزيع، عمان.

2-د.عياد عبد الواحد، د. كمال زاهر، المواد الهندسية بنيتها و خواصها، 2004، الطبعة الأولى ، المكتب الوطني للبحث و التطوير،ص 203-204 ، طرابلس.

3-م. محمد عبد الرضا الشمري، خواص و مقاومة المواد، 2009، الطبعة الأولى، دار صفاء للنشر و التوزيع ،عمان.

4-د.عثمان محمد عثمان و آخرون، مبادئ تقنيات المواد و عمليات التصنيع، 2005، الطبعة الأولى، مكتب البحوث و الإستشارات الهندسية، طرابلس.

5-م.عارف راوح ، م.محفوظ أحمد ياماجد، إجراء عملية المعالجة الحرارية للمشغولات، 2017، الطبعة الأولى، وزارة التعليم التقني و التدريب المهني، ص 15- 16، اليمن.

المراجع الأجنبية

1- ASTM E8. 2008, Standard Test Method for Tension Testing of Metallic Materials, American Society of Testing and Materials.
2- ASTM E18. 2008, Standard Test Method for Rockwell Hardness of Metallic Materials, American Society of Testing and Materials.
3- ASTM E23. 2008, Standard Test Method for Charpy Bar Impact Testing of Metallic Materials, American Society of Testing and Materials.
4- ASM International 1991, ASM Handbook: Heat Treatment, Vol.4, American Society for Metals Park, Ohio
5- Fadare D.A., 2011, Journal of Minerals& Materials Characterization& Engineering, Vol.10, No.3"Effect of heat treatment properties and microstructure of NST37-2 Steel, USA.