

تأثير بعض المعاملات الحرارية على خواص الفولاذ المتوسط الكربون

جودت علي يعقوب	إحسان فاضل عباس	نجاة نجم الدين حميد
مدرس	مدرس مساعد	مدرس مساعد
الكلية التقنية / كركوك	المعهد التقني / الحويجة	الكلية التقنية / كركوك

الخلاصة

استهدفت الدراسة الحالية مقارنة بين تأثير معاملات التلدين الايزوثيرمي المحور مع معاملات التلدين الشامل والمعادلة التقليديتين على خواص الفولاذ المتوسط الكربون، بالتلدين الشامل والمعادلة لعينات اختبار الشد وأخرى قرصية من بالتسخين عند (860C؛) لمدة (15min) ، تبعتها التبريد البطيء داخل الفرن للمعاملة الأولى وبالتبريد بالهواء للأخيرة إلى درجة حرارة الغرفة . نفذت أيضا معاملات التلدين الايزوثيرمي المحور بتسخين ثمان مجاميع من العينات (كل مجموعة تتضمن عينة شد وأخرى قرصية) بالتوالي عند(860C؛) لمدة (15min)، ثم التبريد البطيء داخل الفرن إلى درجات حرارية مختلفة مجموعة عند إحدى هيC؛(260,340,380,460,560,600,700,760) وثبتت كل مجموعة عند إحدى هذه الدرجات لفترة بلغت (1hr)، ثم التبريد بالهواء إلى درجة حرارة الغرفة . تم الحصول على قيم (σ_T) الذي تجاوز (800Mpa) و(VHN) عند التلدين عند (760C؛) أكبر عند مقارنتها مع القيم التي تم الحصول عليها بالمعادلة. بينما حدثت زيادة في قيمة (ϵ %) عند التلدين عند (260C؛) عن قيمتها لتلك الملدنة شاملاً ، من هنا تحسنت قابلية التشكيل عند المعاملة عند (260C؛) مع اختزال في الطاقة الكهربائية المستهلكة بسبب الدورة الحرارية الاقصر بالمقارنة مع التلدين الشامل . وتم أيضا الأخذ بنظر الاعتبار المتانة بتقويم المساحة المحصورة تحت منحنيات الإجهاد - الانفعال . أخيراً لوحظ التغيرات في البنى المجهرية بالمجهر الضوئي .

الكلمات الدالة

المعاملات الحرارية ، الفولاذ المتوسط الكربون

المقدمة

يعد الفولاذ المتوسط الكربون الذي يحتوي على C% (0.4- 0.7) [1] واسع الاستخدام للمطروقات والأغراض الهندسية العامة [2] وفي تصنيع أعمدة نقل الحركة ، ألواح الخزانات والمنشآت المجهدة ويستخدم الفولاذ بالمحتوى الكربوني C% (0.4- 0.5) في صناعة المحاور وعجلات القطار [1]. ازداد أهمية الفولاذ بالمحتوى الكربوني (C 0.3%) فأكبر بالنظر لقابليته على التعامل الحراري [3]، إذ أجريت في القرن الماضي بحوث عديدة حول المعاملة الحرارية للفولاذ [4]، إذ تعتمد خواصه بدرجة عالية على تداخل السـلوك البنيـائي المجهري- الميكانيكي الذي يعتمد بدوره على المعاملة الحرارية [5] ويستخدم بعد التعامل حيث تكون المتانة والمقاومة مطلوبتين [6].

تشير معظم المراجع المتوفرة إلى الخواص الميكانيكية والميتالورجية للفولاذ المسحوب على البارد، المشكل على الساخن أو المعامل حرارياً بالتنقية والمراجعة ، وقلما تتوفر معلومات متكاملة عن الخواص الميكانيكية للفولاذ الملدن آيزوثيرمياً الذي يستخدم لغرض تقليل زمن الدورة الحرارية بالنسبة إلى التلدين الشامل (Full Annealing) الذي يجرى بالتسخين عموماً عند (0.7) من درجة حرارة الانصهار بالنسبة للسبائك [4] وللحصول على بني مجهرية (Microstructure) مختلفة اعتماداً على درجة حرارة وزمن المعاملة ذات خواص ميكانيكية أفضل [7] وتجرى المعاملة بين الدرجة لأنواع الفولاذ المتوسط الكربون للحصول على قابلية تشغيل أفضل [8] وتحسين خواص الشحنات الصغيرة من الفولاذ المدرفل أو المطروق [9]. لقد استطاع الباحث (SHEHATA) [10] الحصول على قيمة مقاومة شد (σ_T) أكبر من (800Mpa) بالتحكم في درجة حرارة التلدين الايزوثيرمي مع إجراء سلسلة متلاحقة من التبريد؛ التشكيل على الساخن ثم اللف (Coiling) عند درجات حرارية تراوحت بين C° (450-650) ، كما

أجرى الباحث (James) [11] نوعين من التلدين الأيزوثيرمي على الفولاذ المستخدم في صناعة البراغي ، تعرف الأولى بالدورة بين الحرجة (Intercritical Cycle) والمتضمنة تسخين الفولاذ فوق الدرجة الحرارية الحرجة السفلى (أي فوق 723C°) لمدة (2hr) ، تبعها التبريد تحت هذه الدرجة والاحتفاظ به لفترات زمنية مختلفة تحت هذه الدرجة . أما الأخرى فنفذت تحت الدرجة الحرارية الحرجة السفلى (Subcritical) مباشرة ولأزمنة مختلفة . لقد حاول الباحث الحصول على معلومات حول تلك المعاملات من ثمان شركات ، ولم يحصل على أية معلومات جديدة بالاعتبار لأهميتها التصنيعية ، لذلك، فقد استهدفت الدراسة الحالية دراسة تأثير التلدين الأيزوثيرمي المحور (Modified Isothermal Annealing) (سميت بهذه التسمية في هذه الدراسة تحديداً لتمييزها عن التلدين الأيزوثيرمي المؤلف في المصادر ذات العلاقة بعلمي المعادن والمعاملات الحرارية) عند درجات حرارية مختلفة ومقارنتها مع التلدين الشامل والمعادلة التقليديتين.

الجزء العملي

أولاً: المواد المستخدمة

صنعت عينات الدراسة الحالية من قضيب من الفولاذ المتوسط الكربون المسحوب على البارد (1042) (Garde)، جلب من شركة غاز الشمال/ كركوك ، بالتركيب الكيميائي المعتمد من قبل الشركة والمبين في الجدول (1)

ثانياً: خطوات العمل

أ- حضرنا عينات اختبار الشد بعمليات الخراطة لقطع من قضيب الفولاذ إلى الأبعاد المطلوبة بطول قياسي (Lo=100mm) وقطر (Do=10.1mm) .
حسب المواصفة اليابانية (JIS NO.14 Test Piece) [12] وحضرنا عينات قرصية بسمك (10mm) وقطر (25mm) لقياس الصلادة للتصوير المجهرية.
ب- عوملت عينة اختبار شد وأخرى قرصية بالتلدين الشامل بتسخينها عند (860C°) لمدة (15min) ثم بردت ببطيء داخل الفرن إلى درجة حرارة الغرفة، كما

عوملت عينة شد وأخرى قرصية بالمعادلة بالتسخين عند نفس الدرجة الحرارية والفترة الزمنية أعلاه ، لكن بردت بالهواء الساكن خارج الفرن . بينما عوملت ثمان مجاميع من العينات (تضمنت كل مجموعة عينة اختبار شد وأخرى قرصية) تباعاً بالتسخين عند (860C°) لمدة (15min) في الفرن، ثم بردت الأولى ببطيء داخل الفرن إلى (760C°) والاحتفاظ بها عندها لمدة (1hr) ، ثم بردت بالهواء الساكن خارج الفرن إلى درجة حرارة الغرفة. كررت هذه الدورة الحرارية للمجاميع السبعة الأخريات بثبوت درجة حرارة وزمن التسخين الأولية البالغتين (860C°) و(15min) على التوالي ، ثم بردت كل مجموعة ببطيء تباعاً داخل الفرن إلى درجات حرارية مختلفة هي (260,340,380,460,560,600,700)C° مع ثبوت زمن التسخين عند هذه الدرجات البالغة (1hr)، ثم التبريد بالهواء الساكن من هذه الدرجات. الخاصة بكل مجموعة إلى درجة حرارة الغرفة، والدورة الحرارية لكل من المجاميع الثمانية موضحة في الشكل (1). نفذت جميع المعاملات بالفرن الكهربائي نوع (Heracu – Germany MAX . Temp) (1400 C°) .

ج- تم تنعيم الطول القياسي (Lo) لعينات اختبار الشد على ماكينة الخراطة باستعمال أوراق تنعيم مختلفة الدرجات وصولاً إلى (1000) درجة من قطر (10.1 mm) إلى (10mm) للتحقق من إزالة أية آثار سلبية قد نجمت من المعاملة الحرارية المتبعة على السطح مثل الأكسدة. أجريت اختبارات الشد بجهاز الاختبار نوع (Ruf 50TONS Universal Testing Machine Type Tokyo Koki Seizosha Japan) ، كانت سرعة حركة الفك (Cross Head Velocity) (0.1 cms⁻¹) ، كما قيست رقم الصلادة الفكرية (VHN) للعينات القرصية (المسبق تنعيمها وصلقلها) بجهاز قياس الصلادة نوع (kashi mode AUK – Japan) بتسليط حمل قدره (30 Kg) .

د- حضرت عينات التصوير المجهرى بالتنعيم الرطب لها باستعمال أوراق تنعيم مختلفة الدرجات وصولاً إلى (1000) درجة ثم الصقل باستعمال عالق الألومينا بحجم (5µm) باستخدام جهاز (Metallographic Polisher Type Maramote Vogyo) ثم أظهرت العينات باستعمال محلول الإظهار النيتال ، بعدها غسلت

بالماء المقطر والكحول ثم جففت ، فصورت بالمجهر الضوئي نوع (M.F.Matic Photomicrographic Equipment) موديل (G -505g) .

النتائج والمناقشة

يوضح الشكل (2) وجود تشابه في الشكل العام لمنحنيات الإجهاد - الانفعال الهندسي للعينات التي عوملت بالأنواع المختلفة من المعاملات الحرارية السالفة الذكر ، رغم وجود تفاوت في قيم مقاومة الشد القصوى (σ_T) والانفعال الكلي (ϵ %) ، حيث تراوح قيمتهما بين (828-635) و % (24.01 - 14.5) على التوالي . يقع قيمة (σ_T) للعينة المدونة تلديناً شاملاً المرمزة بالرمز (A860) في الشكل (2) البالغة (700Mpa) بين (600-850) Mpa الذي ورد في المصدر^[3] الخاص بالفولاذ الكربوني المحتوى على (0.45% C)، إذ تقل نسبة الكربون في عينات الدراسة الحالية بمقدار (0.015 %) عنها ، وهي نسبة ضئيلة من الفرق وذو تأثير ضئيل على الخواص الميكانيكية خاصة في حالة الفولاذ المدن . أما العينة التي عوملت بالمعادلة فكانت قيمة (σ_T) لها (790 Mpa) فهي مقاربة لقيمتها لنماذج الفولاذ الكربوني التي عوملت بالمعادلة البالغة (750 Mpa) والواردة في (الدليل الخاص بنوعيات الفولاذ)^[8] نوع (CK45) ذو المحتويات المقاربة جداً من الكربون ، المنغنيز ، السليكون ، الفسفور ، و الكبريت (مع الأخذ بنظر الاعتبار بأن العنصر الرئيسي الذي يؤثر على خواص الفولاذ الكربوني هو الكربون أما البقية فتعتبر شوائب لا يؤخذ تأثيراتها بنظر الاعتبار)^[14,13,8] . أما قيمة (ϵ %) لتلك المدونة شاملاً البالغة (20.72%) فهي مقاربة لما ورد في المصدرين^[3,1] البالغة (20%) للفولاذ المدن المحتوى على (0.4% C) ، بينما بلغت قيمتها للعينة التي عوملت بالمعادلة في هذه الدراسة (18%) وهي مقاربة لما ورد في^[13] للفولاذ الكربوني المعادل بمحتوى كربوني (0.46%) البالغة (17%) كحد أدنى .

لقد تأثرت قيمتي (σ_T) و $(\epsilon\%)$ للعينة التي عوملت بالمعادلة عند 860°C عن مثيلتها المدنة شاملاً عند نفس الدرجة الحرارية بصغر الحجم الحبيبي للأولى مقارنة مع الأخيرة كما هو واضح في الشكلين (3, 4) ، إذ وفرت المعادلة معدل تبريد أسرع من التلدين الشامل مما أدى إلى صغر الحبيبات الممثلة للبنية المجهرية والمكونة من الفرايت (الحبيبات البيضاء) والبيرلات (الحبيبات الداكنة) ، ولوجود التناسب العكسي بين الجذر التربيعي للحجم الحبيبي والمقاومة ، ولكون معامل تركيز الإجهاد في الحبيبات الكبيرة أكبر بـ (100) مرة عما هو عليه بالنسبة للحبيبات الأصغر وبذلك يكون الجهد المسلط أكبر من الكمية الكافية لبدأ التشكيل اللدن [15,1]، أي أن البنية المدنة بالحجم الحبيبي الأكبر ستكون أسهل تشكيلاً فتبدي بذلك (σ_T) أقل و $(\epsilon\%)$ أعلى. من جهة أخرى يتأثر التشكيل اللدن في البنية المتعددة التبلور بالاتجاهات البلورية (Crystal Orientation) المختلفة سلبياً ويزداد احتمالية التأثر بصغر الحجم الحبيبي ، و يتأثر أيضاً بالتقوية بالحدود البلورية إذ تعمل هذه الحدود كحاجز فيزيائي لحركة الانخلاعات مما يؤدي إلى تجمعها عندها وكلما كان الحجم البلوري اصغر كلما ازدادت نسبة المساحات الممثلة للحدود البلورية وبدوره يؤدي الى زيادة المقاومة للتشكيل اللدن بالانزلاق وانخفاض الانفعال الكلي ، لذا سيتطلب جهوداً أعلى لأحداث هذا التشكيل واستمراره [16] . من هنا يلاحظ ارتفاع قيمة (σ_T) وانخفاض قيمة $(\epsilon\%)$ للعينة التي عوملت بالمعادلة بالمقارنة مع المدنة شاملاً. وهذا يتفق مع ماورد في المصدر [9]. أما ما يخص العينات المدنة تلديناً آيزوثيرمياً محوراً ، فبلغت قيمتي (σ_T) و $(\epsilon\%)$ لتلك التي لدنت بين الدرجة الحرجة (Intercritical) أي عند (760°C) و (14.5%) على التوالي ، كما تكونت بنية بحبيبات بيرلاتية خشنة كما مبين في الشكل (5) مع حدوث بعض التكوير للبيرلايت وتوزيعها ضمن حبيبات الفرايت في بعض المناطق الموضحة في الشكل (6) مما ساهمت في تقوية البنية وزيادة مقاومتها للتشكيل اللدن من خلال إعاقة حركة الانخلاعات ، ولامتلاك طور البيرلايت صلادة ومقاومة أكبر من الفرايت [17] وبالتالي فقصها من قبل الانخلاة أثناء انزلاقها

ستكون أصعب مما تؤدي إلى عرقلة حركتها وتوزيعها بشكل أوسع في البنية كما حصلت مع هذه المعاملة، فتتطلب معها تسليط قوة إضافية كافية من هنا يتضح زيادة المقاومة . كما ساهمت الشرائح الفراييتية البيضاء الفاصلة للحبيبات البيرلايتية الداكنة في بعض المواقع المبينة في الشكلين (6,5) الذي يتولد في الفولاذ المتوسط الكربون عند التبريد بالهواء [9] في زيادة هشاشة البنية وبذلك أبدت انفعال كلي (ϵ %) منخفض نسبياً وأقل من الملدنة شاملاً . بينما أدى التلدين الايزوثيرمي المحور لعينة الفولاذ عند (700°C) الموضحة بنيتها المجهرية في الشكل (7) إلى انخفاض قيمة (σ_T) الى (728 Mpa) مع زيادة (ϵ %) إلى (15.82%) ، إذ أتاحت الدورة الحرارية المرمزة بالرقم (2) في الشكل (1) إلى بدء تحول طور الأوستنيتات إلى الفرايت ثم تحول الجزء المتبقي منه والغني بالكربون إلى البيرلايت وفي أثناءها استمرت حبيبات الفرايت البيضاء بالنمو المتزايد مع فترة التثبيت البالغة (1hr) على حساب حبيبات طور البيرلايت المعتمد تكوينها ونموها على انتشار ذرات الكربون الذي يتطلب فترة زمنية أكبر لذلك بدت أصغر حجماً وكما أشار إلى ذلك ايضا الباحث (Samoilov) [18]، من جانب آخر فالتحولات بهذه الدورة الحرارية تحت الظروف الأكثر اتزاناً مع انخفاض درجة الحرارة إلى اسفل (723°C) ساهمت في اقتراب قيم (σ_T) و (ϵ %) لهذه العينة مع قيمتها لتلك الملدنة شاملاً بدرجة أكبر مع اختفاء الشرائح الفراييتية التي لوحظت في الشكلين (5,6) مما ساهم في زيادة المطيلية. لقد رافق انخفاض درجة حرارة التلدين الايزوثيرمي المحور إلى (600°C) حدوث انخفاض في قيم (σ_T) مع زيادة (ϵ %) بالمقارنة مع تلك الملدنة عند (700°C) كما موضح في الشكل (2) ، مع حدوث نمو حبيبات البيرلايت المبينة في الشكل (8) بسبب إتاحة الدورة الحرارية المرمزة بالرقم (3) في الشكل (1) فترة أطول لانتشار ذرات الكربون إلى مسافات أطول واتحادها مع ذرات الحديد لتكوين السمنتايت لوقوعها ضمن منطقة التحولات الانتشارية المحصورة بين ($550-723$) $^{\circ}\text{C}$ [9] و نمو حبيبات البيرلايت بانخفاض درجة الحرارة دون (723°C) ولحد (600°C)، والذي ساهم في ظهور البنية المجهرية لهذه العينة الموضحة في الشكل (8) بعد إظهاره بلون غامق. مع انخفاض درجة الحرارة إلى (560°C) تكونت بنية شبه

سوربايتيه ، ببدء تكور الكاربيدات المكونة للحبيبات البيرلاتية عند حدود حبيبات الفرايت البيضاء اللون كما موضح في الشكل (9). هذا النمط من البنية المجهرية للفولاذ المتوسط الكربون المراجع عند (500°C) وردت بأسم السوربايت في النشرة الخاصة بخلاصة البنى المجهرية القياسية [19] ، حيث ساهمت هذه البنية في زيادة طفيفة في قيمة (σ_T) مع انخفاض طفيف في قيمة (ϵ %). لقد ازدادت قيمة (σ_T) مع انخفاض طفيف جداً في قيمة (ϵ %) عند التلدين عند (460°C) كما مبين في الشكل (2) بسبب اكتمال تكوين البنية السورباتية في الأرضية الفرايتية والموضحة في الشكل (10)، إذ تمتلك هذه البنية متانة عالية ومقاومة جيدة [17]. مع استمرار انخفاض درجة الحرارة إلى ($260,340,380^{\circ}\text{C}$) حدث انخفاض واستقرار شبه تام لقيمة (σ_T) مع زيادة مستمرة في قيمة (ϵ %) من (20.25%) إلى (24.01%) بسبب التلدين الناتج من ازدياد زمن الدورة الحرارية التي تعرضت لها البنية ، كما موضح من مسار المنحنيات المرمزة بالأرقام (6،7،8) في الشكل (1) ، ففي (380°C) تكونت بنية حبيبات بيرلايتية وفرايتية غير منتظمة شبيهة بالبنية البانائيتية الريشية في أرضية فرايتية ، والمبينة في الشكل (11) . بالتلدين الايزوثيرمي المحور عند (260°C) تقاطع مسار المنحنى المرمز بالرقم (8) في الشكل (1) مع خطي بداية ونهاية التحول الاوستنايتي إلى الأطوار الأخرى عند درجة حرارية أعلى من (50°C) ، أي تحول الاوستنايت إلى الفرايت ثم تحول الجزء المتبقي من الاوستنايت الغني بالكربون إلى البيرلايت بنمط مشابه عند التلدين عند (700°C) ولكن النمو المرافق لعملية التحول عند (260°C) لطوري الفرايت والبيرلايت كان أكبر في الاتجاهات الثلاث ونحو مركز حبيبات الاوستنايت وهذا واضح عند المقارنة بين الشكلين (7 ، 12). لقد ساهمت الدورة الحرارية المرمزة بالرقم (8) في عدم تكوين البنية البانائيتية السفلية الابرية الشكل المألوف تكونها عند التقسية المتبوعة بالمراجعة عند درجات الحرارة الواقعة دون (350°C) المشار إليها في المصدرين [13,9]، إذ كان لعامل الزمن ودرجة الحرارة عند التلدين الايزوثيرمي المحور دور كبير في تكوين بنية مكونة من طوري الفرايت والبيرلايت، ولم يتأثر فقط بتغير درجة حرارة معاملات التلدين الايزوثيرمي التقليدية الواردة في اغلب المصادر ذات العلاقة ومنهم [17,13,9,8,1] ، من هنا بدت البنية

المجهرية لها بالنمط الموضح في الشكل (12) والتي ساهمت في زيادة (ϵ %) بشكل ملحوظ ووصلت إلى أقصاها في هذه الدراسة ، من جهة اخرى كانت قيم الانفعال الكلي (ϵ %) التي تعتبر معيار للمطيلية عند إجراء معاملات التلدين الايزوثيرمي المحور تحت الدرجة الحرجة السفلى ($723C^\circ$) عموماً أعلى من قيمتها عند إجرائها في الدرجة الحرارية بين الدرجة ($760C^\circ$) الموضحة في الشكل (13-A) مؤكدة لما ذكره الباحث (James)^[11] حيث أشار إلى أن التثبيت لساعة واحدة عند الدورة تحت الدرجة تعطي مطيلية أكبر من المعاملة لفترات أطول بكثير في الدورة بين الدرجة. من أجل التحقق بدقة أكبر من نتائج (σ_T)، لذا قيست ولوحظت التغيرات في قيم الصلادة السطحية للعينات ، وذلك لتتناسب هاتين الخاصيتين طردياً مع بعضهما الأخر^[20] ، فمن خلال ملاحظة ومقارنة العلاقة بين قيم الصلادة الفكرية (VHN) وقيم (σ_T) من جهة ونوع المعاملة الحرارية من جهة أخرى وكما مبين في الشكل (13-C,B) يظهر بان اية زيادة في قيمة (σ_T) لأية عينة رافقها زيادة في صلابتها والعكس صحيح. من جانب آخر فأرقام الصلادة الفكرية التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية كمعدل لثلاثة قراءات لكل حالة مبوبة في الجدول (2) والمحوّلة إلى أرقام صلادة برينلية (BHN) بالاعتماد على جدول التحويل المنوه عنه في المصدر^[20]، ومقارنتها مع أرقام الصلادة البرينلية المثبتة في الجهة اليسرى من الجدول (2)، اظهرت تطابق رقم (BHN) للعينة المدونة شاملاً المرمزة بـ (A860) ، والتطابق وبنسبة خطأ (4%) للعينة التي عوملت بالمعادلة والمرمزة بـ (N860) في الدراسة الحالية والبالغتين (155) و (172) على التوالي مع القيمتين المشار إليهما في المصدر^[6] والبالغتين (155.25) و (180.5) على التوالي وتحت نفس الظروف ،من جانب آخر فقد أعطت معاملات التلدين الايزوثيرمي المحور مدى واسع لقيم الصلادة وكما مبين في الجدول (2) تراوحت بين BHN(136) كحد أدنى عند التلدين الايزوثيرمي المحور عند ($260C^\circ$) وهي اقل من قيمتها عند التلدين الشامل التقليدي البالغة BHN(155) و BHN(204.5) كحد أقصى عند التلدين الايزوثيرمي المحور عند ($760C^\circ$) وهي اكبر من قيمتها عند المعاملة بالمعادلة التقليدية البالغة BHN(172) وهذا يعني الحصول على قدرة افضل في التحكم في خاصية الصلادة وبما يتلائم مع مدى

اوسع من التطبيقات الهندسية وبدرجة افضل عند المقارنة مع معاملتي التلدين الشامل والمعادلة التقليديتين. أما ما يخص معيار المتانة فأظهرت النتائج الموضحة في الشكل (13-D) إجراء التلدين الايزوثيرمي المحور عند (760C°) أدت إلى انخفاض ملحوظ في المتانة بسبب تكوين شرائح فيراييتيه والمبينة في الشكل (5) ، ثم ازدادت مع انخفاض درجة الحرارة بضالّة وبدأت بالزيادة بشكل ملحوظ مع انخفاض درجة الحرارة إلى (560C°) ووصلت الى قيمة عالية عند (460C°) بسبب تكوين البنية شبة السوربايتية في أرضية فرايتية المعروفة بمتانتها العالية حسب ما ورد في [17]. بانخفاض درجة الحرارة إلى (380C°) حدث انخفاض في المتانة لتمييز البنية الشبه البايئاتية الريشية في الأرضية الفرايتية بالحببيات الضخمة الموضحة في الشكل (11) بهشاشيتها . لقد أدت انخفاض درجة حرارة التلدين الايزوثيرمي المحور إلى أقل من (3 80C°) وصولاً إلى (260C°) إلى تحسين ملحوظ في المتانة وصلت إلى أقصاها عند التلدين عند (260C°) كما موضح في الشكل (13-D) . عموماً ، لقد حسبت المتانة في الدراسة الحالية بالاعتماد على مقدار المساحة المحصورة تحت منحنى الجهاد - الانفعال (الموضح في الشكل التوضيحي (14)) والخاص بكل عينة والتي حسبت بمساعدة البرنامج الحاسوبي (Curve Expert 1.3) ، إذ تمثل هذه المساحة مقدار الطاقة الممتصة من بدء الاختبار لحد الكسر . لذلك ففي حالة التلدين الايزوثيرمي المحور عند (260C°) طغت تأثير الزيادة الكبيرة في قيمة الانفعال الكلي البالغة (24.01) على تأثير قيمة (σ_T) المنخفض نسبياً البالغة (644Mpa) عند مقارنتها مع عينات الدراسة الأخرى وخصوصاً مع تلك التي لدنت ايزوثيرمياً محوراً عند (340C°) و(460C°) ، هذا بالأحرى عن كونها أفضل متانة من هذا المفهوم عن العينات الأخرى .

الاستنتاجات

- 1- تم الحصول على أقصى إجهاد شد (σ_T) والتي تعتبر هامة لتجاوزها المقدار (800Mpa) وصلادة عالية عند التلدين الايزوثيرمي المحور عند (760C°) .

2- تم الحصول على أقصى انفعال كلي (ϵ %) والمتانة المحسوبة بدلالة المساحة المحصورة تحت منحنى الإجهاد-الانفعال عند التلدين الايزوثيرمي عند (260°C) .

3- تظهر النتائج بأن التشكيل اللدن سيكون أفضل من حيث المعطيات التكنولوجية والاقتصادية عند تلدين العينة ايزوثيرمياً محوراً عند (260°C) عما هو عليه عند تدينه شاملاً وذلك بسبب المطيلية العالية عند إجراء المعاملة الأولى ، كذلك فترة المعاملة الأقصر لها وبالغية أقل من نصف الفترة الكلية للدورة الحرارية الخاصة بإجراء معاملة التلدين الشامل التي تؤدي الى اختزال الطاقة الكهربائية المستهلكة في إجراء المعاملة.

4- بالنظر لكون الانفعال الكلي لعينات الدراسة الحالية باختلاف معاملاتها الحرارية اكبر من (15%) (مع الأخذ بنظر الاعتبار إهمال الفرق البسيط للعينة المدونة عند (760°C) وبالغية (14.5%)) لذلك فتصنف عينات الدراسة الحالية من حيث مطيليتها ضمن المعادن والسبائك المطيلية ،استنادا إلى التصنيف الذي ورد في المصدر^[21].

المصادر

1. V.Raghavan",Materials Science and Engineering", Prentice-Hall of India Private Limited, New Dalhi (1982), P-154, 196-197,254-255,366.
2. Alan Everett",Materials",BT Batsford Limited,London,(1978), P.200
3. د . أحمد سالم الصباغ ، الميتالورجيا الفيزيائية (الفلزات)،عالم الكتب - الطبعة الثالثة،القاهرة، (1979)،ص107-28،277،108-283 .

4. Henrik Alberg , Material Modeling for simulation of heat treatment , Lulead University of Technology, (2003), p. 3, 15
5. M. Andre Meyers et al",Mechanical Behavior of Materials", Prentice-Hall(USA),(1999),P.114-115
6. W. Bolten",Engineering Materials Technology", Butter Worths third edition,(1998),P.194-195
7. I. Madariaga etal, Metallurgical and Material Transaction , Vol.29A, MARCH (1998), P.1003
8. الخبير ف. بالاكريشنان واخرون ،"دليل المعاملات الحرارية للسبائك الحديدية"وزارة الصناعة الثقيلة، المعهد المتخصص للصناعات الهندسية ،(بغداد)،(1986)،ص142،39،37-143.
9. د. عارف ابو صافية ،"الميتولوجيا الفيزيائية الهندسية"، مركز التعريب ، الجامعة التكنولوجية ، بغداد، (1982)، 245 - 246 ، 256 ، 333 ، 338
10. M.T Shehata etal, Session 53, International Symposium," Microstructural Characterization of Experimental High Dual-Phase and Bainite steels",Wednesday, August,27,2003,P.M.
11. James M.D. Brien etal, Metallurgical and Metals Transactions A,vol.33 A,APRIL(2002), P.1255
12. Japanese Standards Association , JIS Hand book , (1978) , P.71
13. دائرة تصميم المنتجات ، "دليل توحيد مواصفات الفولاذ في الصناعات الهندسية"، المعهد المتخصص للصناعات الهندسية ،بغداد،1988،305،135-306.
14. Davis , Mike Meier , Department of chemical engineering ad Metal science , University of California , (2004). P 1-2

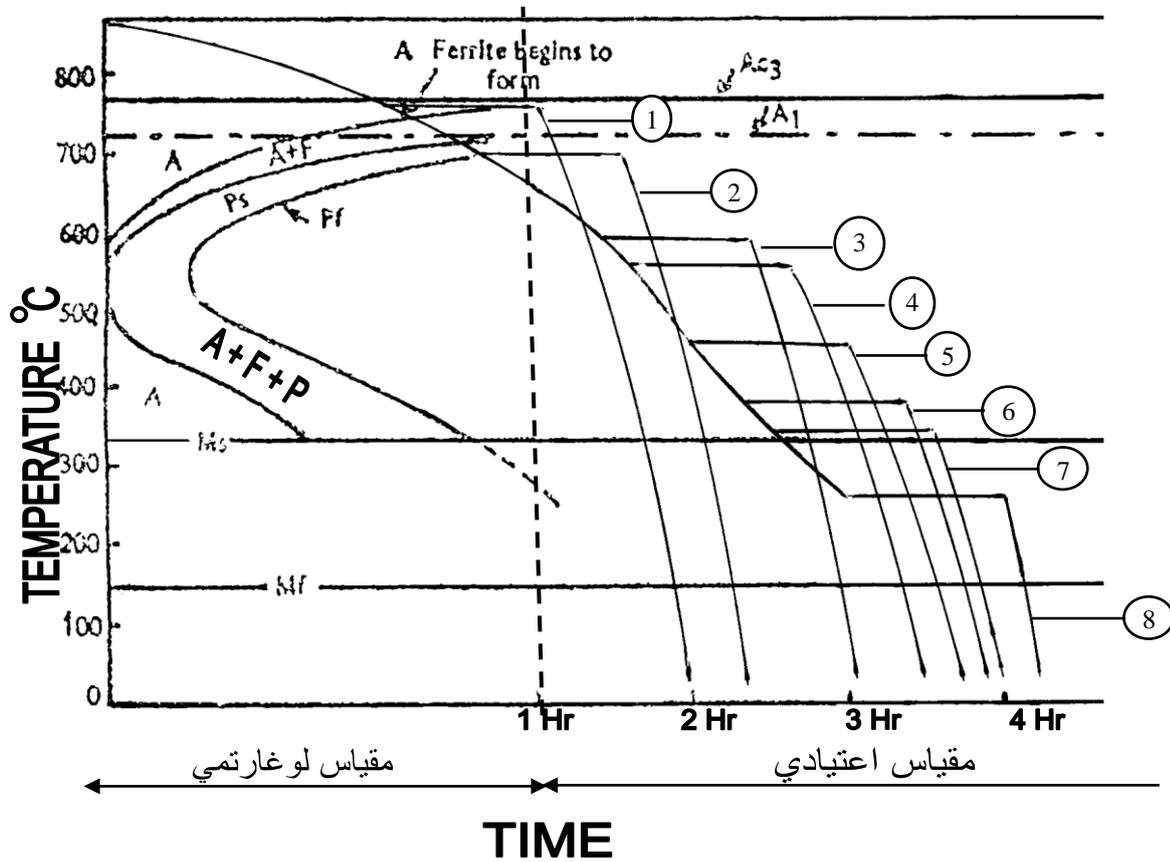
15. Sukh Dev Sehgal etal, "Materials-Their Nature Properties and Fabrication", S. Chand & Co.(Pvt.)LTD.Ram Nagar New Delhl, 2nd Edition ,(1975). P.65
16. R. S. Khurmi etal, "Material Science," S. Chand & Co. (Pvt), New Dalhi, (1987).P.145,158,188,(224-225)
17. ف .بيلي،ترجمة د.حسين باقر رحمة الله، "مبادئ هندسة المعادن والمواد"، طبع بمطابع (1985)، ص79، 103، 106 جامعة الموصل
18. A. Samoilov etal, Session32,International Symposium",Modelling of Pearlite Reaction in Plain Carbon Steels" Tuesday, August, 26-2003. P.M.
19. Yamamoto ScientificTool Laboratory CO., LTD., Standard Microstructure Summary,Group . 3,P 5.
20. Karal.Erik.TheImng",Steel and Its Heat Treatment, Printed in England Gartwgman Ltd.,(1975).P.13,50.
21. R.S.Khurmietal",WorkshopTechnology",Vol.1,Rammn Agar, Newdelhi,(1987),P.21

جدول رقم (1) يبين التركيب الكيميائي للفولاذ المتوسط الكربون
(Grade 1042) المستخدم في الدراسة الحالية

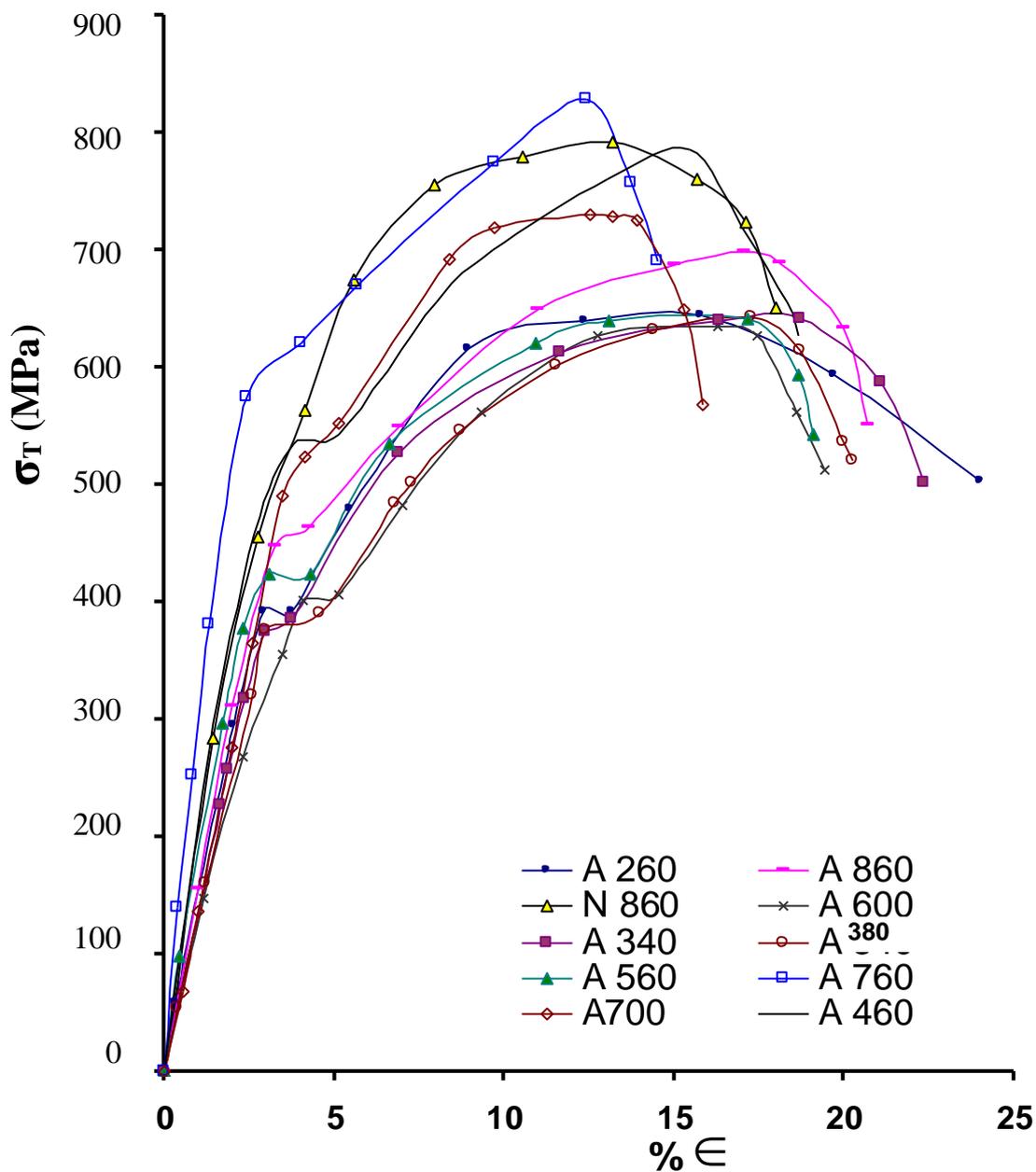
العنصر	C	Mn	Si	P	S	Fe
التركيز %	047 – 04	09 – 06	0.3 – 0.15	0.04MAX	0.05MAX	Rem.

جدول رقم (2) يوضح التغيرات في الخواص الميكانيكية للفولاذ المتوسط
الكربون (Grade 1042) استناداً لنوع المعاملة الحرارية

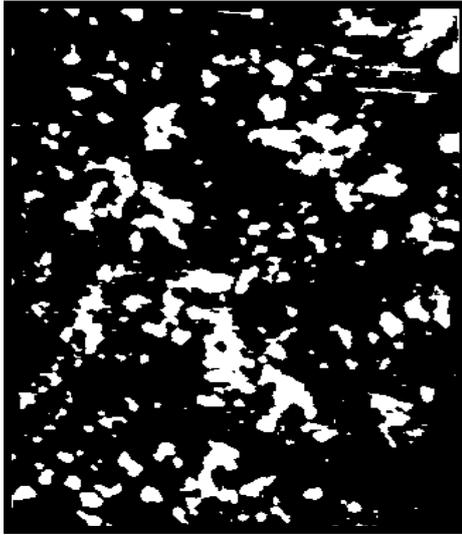
أرقام الصلادة المستتبطة من المصادر الأخرى			أرقام صلادة عينات الدراسة الحالية				
المصدر	نوع الفولاذ	رقم صلادة BHN	رقم الصلادة BHN	رقم الصلادة VHN	الانفعال الكلي	مقاومة الشد Mpa	رمز العينة
6	(0.4-0.6) % C(معادل) (0.435) %C	170 – 230 180.5	172	181	18	790	N860
6	(0.4-0.6) %C(ملدن) (0.435) %C	150 – 180 155.25	155	163	20.72	700	A860
-	-	-	204.5	215	14.5	828.4	A760
-	-	-	167.4	176	15.82	728.7	A700
-	-	-	145.7	153	19.45	635.1	A600
-	-	-	148.4	156	19.1	646.4	A560
-	-	-	174	183	18.65	784.5	A460
-	-	-	143.9	151	20.25	626	A380
-	-	-	141	148	22.33	641.4	A340
-	-	-	136	143	24.01	644	A260



شكل (1) يوضح منحنيات التلدين الايزوثيرمي المحور لعينات الدراسة الحالية استنبط منحنى (T-T-T) المبين في الشكل أعلاه من المصدر رقم (10) مع تغيير مقياس الزمن من ساعة واحدة فأكبر إلى المقياس الاعتيادي لزيادة توضيح مسار منحنيات التبريد



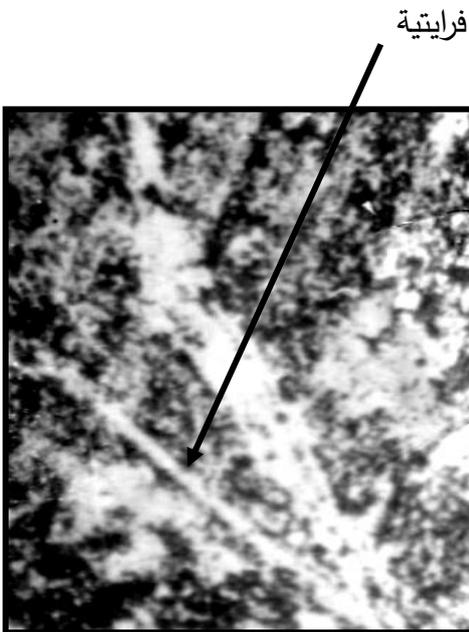
شكل (2) منحنيات الإجهاد - الانفعال لعينات الدراسة الحالية



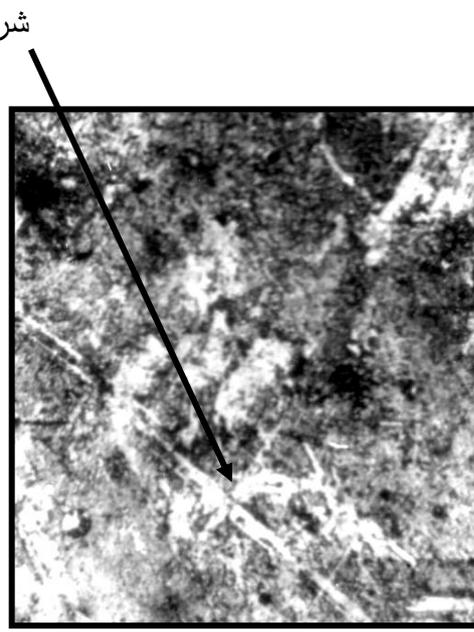
شكل رقم (4) : يوضح البنية
المجهرية للعينة التي عوملت
بالمعادلة ، قوة التكبير (875X)



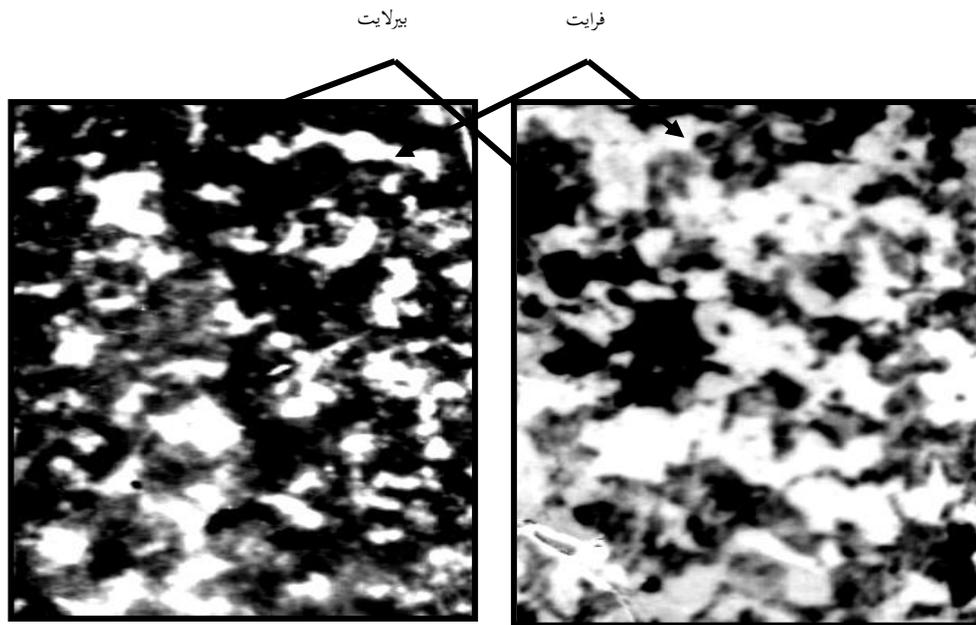
شكل رقم (3) : يوضح البنية
المجهرية للعينة المدونة شاملاً،
قوة التكبير (875X)



شكل رقم (6) : يوضح البنية
المجهرية للعينة المدونة آيزوثيرمياً
عند (760 C°) قوة التكبير (875X)

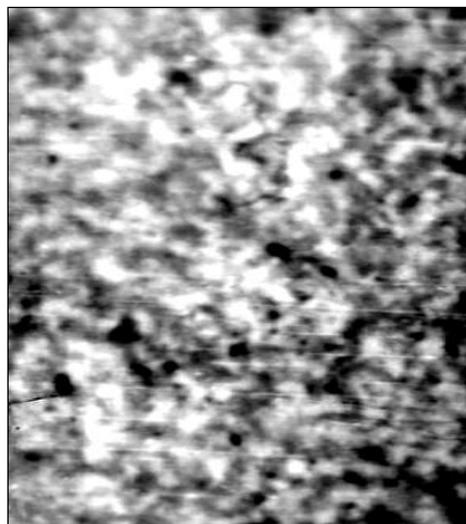


شكل رقم (5) : يوضح البنية
المجهرية للعينة المدونة آيزوثيرمياً
عند (760 C°) قوة التكبير (440X)

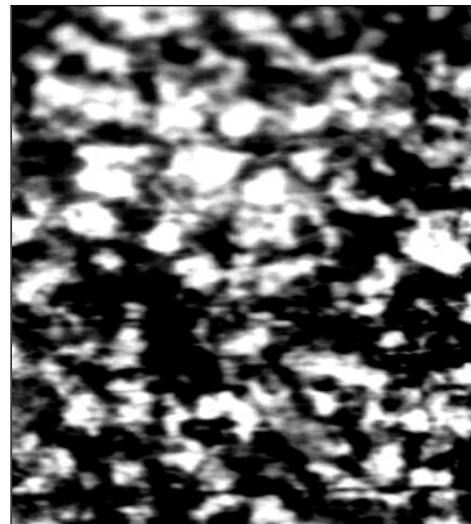


شكل رقم (8) : يوضح البنية
المجهرية للعينة المدونة آيزوثيرمياً
عند (600 C°) قوة التكبير (875X)

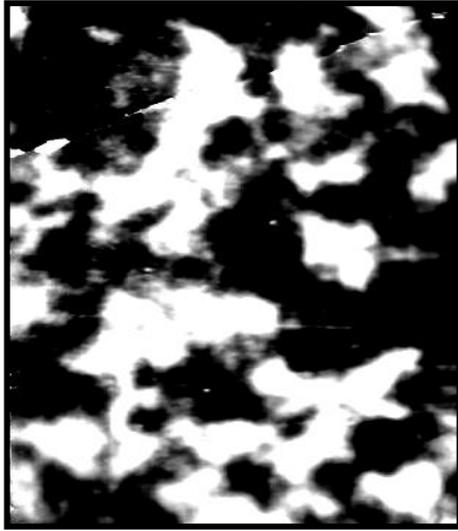
شكل رقم (7) : يوضح البنية
المجهرية للعينة المدونة آيزوثيرمياً
عند (700 C°) قوة التكبير (875X)



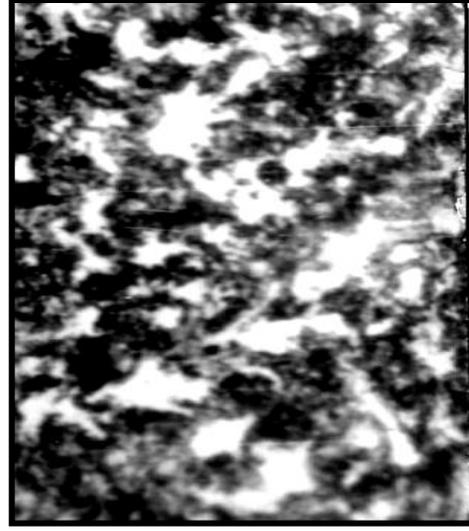
شكل رقم (10) : يوضح البنية
المجهرية للعينة المدونة آيزوثيرمياً
عند (460 C°)، قوة التكبير (875X)



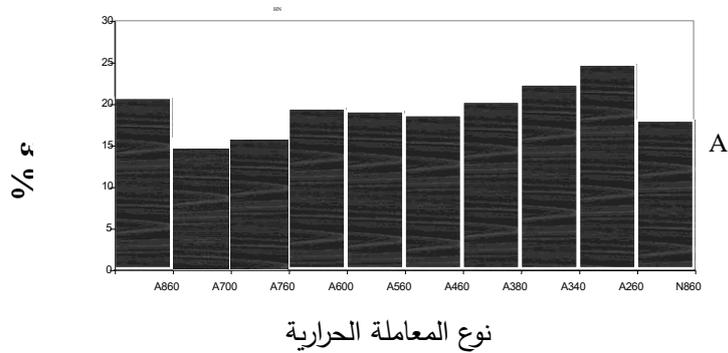
شكل رقم (9) : يوضح البنية
المجهرية للعينة المدونة آيزوثيرمياً
عند (560 C°)، قوة التكبير (875X)

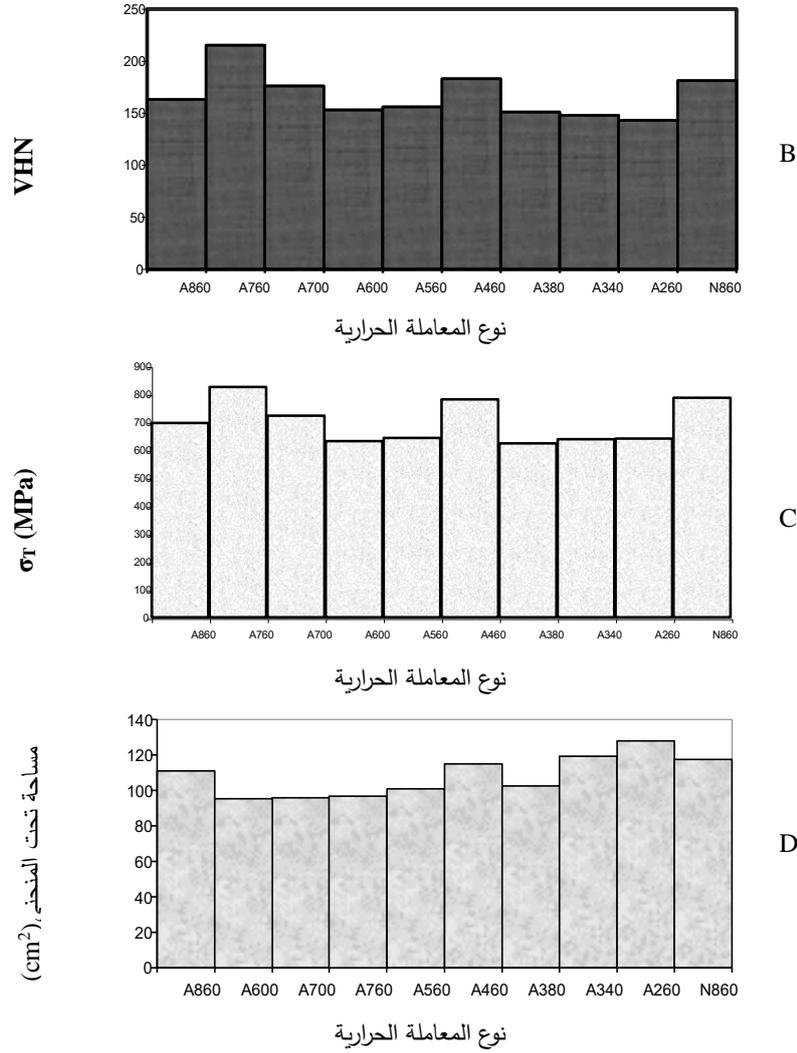


شكل رقم (12) : يوضح البنية
المجهرية للعينة الملدنة آيزوثيرمياً
عند (260 C°)، قوة التكبير (875X)



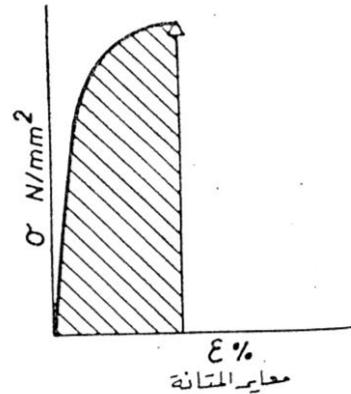
شكل رقم (11) : يوضح البنية
المجهرية للعينة الملدنة آيزوثيرمياً
عند (380 C°)، قوة التكبير (875X)





شكل (13) يوضح العلاقة بين نوع المعاملة الحرارية و (A) الأنفعال الكلي ، (B) الصلادة ، (C) مقاومة الشد القصوى ، (D) المساحة تحت المنحني

شكل رقم (14) : يوضح كيفية حساب معايير المتانة إستناداً إلى المساحة المحصورة تحت منحنى الاجهاد-الانفعال .
الشكل مستنبط من المصدر [3]



THE EFFECT OF SOME HEAT TREATMENTS ON THE PROPERTIES OF MEDIUM CARBON STEEL

Jawdat Ali
Lecturer

Ihsan Fadal
Ass. Lecturer

Najat Najmaldeen
Ass. Lecturer

ABSTRACT

The present study is aimed to compare between the effect of the modified isothermal annealing with conventional full annealing and normalizing on the properties of medium carbon steel by full annealing and normalizing tensile test and other disclike shape specimens by heating them at (860°C) for (15min); followed by slowly cooling inside furnace for the former treatment and by air cooling for the later to room temperature. The modified isothermal annealing was conducted by heating eight group of specimen (each groups includes a tensile and a disclike shape specimen) respectively at (860°C) for (15min) , then slowly cooled inside furnace to different temperatures (760,700,600,560,460,380,340,and 260) °C then each group is soaked at one of those temperatures for an (1hr), then air cooled to room temperature .Larger (σ_T) which exceed (800Mpa) and (VHN) values of the treated specimens at (760°C) were obtained when compared with those obtained by normalizing. While an increase was took place in ()value of the treated specimens $\epsilon\%$

at (260°C) over its value when full annealed , hence the formability was improved by treating at. (260°C) isothermally with a reduction in consumed electric energy because of the shorter thermal cycle. Also the toughness was considered by evaluating the restricted areas under stress – strain curves. Finally the resulted variations in microstructures were observed by optical microscope

KEY WORDS

Heat Treatments, Medium Carbon Steel