وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل / كلية هندسة المواد

قسم المعادن / المرحلة الرابعة

عنوان البحث :

(المعاملات الحرارية لحديد الزهر الكروي)

بحث مقدم الى (كلية هندسة المواد) قسم المعادن وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الهندسة

اعداد الطالبة : اماني فلاح كريم

بإشراف الدكتور : أحمد عودة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحِيمِ

قَالُواْ سُبْحَانَكَ لاَ عِلْمَ لَنَا إِلاَّ مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

صدق الله العظيم

سورة البقرة الاية (32)

اهداء

بكل حب ...

الى الشمعتين اللتين انارتا ما لي درب نجاحي ..

امي وابي

الى الذين علموني قيمة الموقف والمبادئ في الحياة ..

الاصدقاء الذين أشهد لهم نعمة الرفاق

الى المدرسة التي علمتني الكثير ...

اساتذتي لكرام من مرحلة الابتدائية الى مرحلة الجامعة ..

إلى الذين وقفوا معي يتأملون نجاحي...

اخوتي واخواتي

اهدي هذا الجهد المتواضع .

الشكر والتقدير

الى من وقف على المنابر وأعطى من حصيلة أفكاره لينير دروبنا على مدى السنوات الست عشر .....

ولكل من له الفضل في مساندتي ولو بحرف

.....

الشكر الجزيل الى الدكتور احمد عودة الذي تفضل باشرافه على هذا المشروع وجهوده وتوجيهاته القيمة..

المحتويات:-

Chapter one

١-١ المقدمة ٩

١-٢ أنواع حديد الزهر ١٠

١-٣ حديد الزهر الابيض ١٠

١-٤ حديد الزهر الرمادي ١١

١-٥ حديد الزهر القابل للطرق ١٢

١-٦ حديد الزهر المرقش ١٣

١-٧ حديد الزهر المطيلي ١٤

Chapter tow

٢-١ البنية المجهرية لحديد الزهر المطيلي ١٨

٢-٢ التركيب الكيميائي ١٩

٢-٣ مزايا حديد الزهر المطيلي ٢٠

٢-٤ أنواع حديد الزهر المطيلي ٢١

٢-٥ حديد الزهر المطيلي الفرايتي..... ٢١

٢-٦ حديد الزهر المطيلي البرلايتي ٢٢

٢-٧ حديد الزهر المطيلي الاوستنايتي ٢٣

٢-٨ حديد الزهر المطيلي المارتنسايتي..... ٢٤

Chapter three

٣-١ المعاملات الحرارية..... ٢٦

٣-٢ أنواع المعاملات الحرارية ٢٧

٣-٣ معاملة التخمير..... ٢٨

٣-٤ معاملة الإصلاد..... ٢٩

٣-٥ معاملة المراجعة ٣٠

Chapter four

٤-١ الجزء العملي ٣١

٤-٢ الاجهزه المستخدمة..... ٣١

٤-٣ جهاز المعاملات الحراريه ٣١

٤-٤ جهاز قياس الصلادة (برينل) ٣٣

٤-٥ الأوساط المستخدمة في التبريد ٣٤

٤-٦ إجراء الفحوصات ٣٤

٤-٧ فحص البنية المجهرية ٣٥

٤-٨ فحص صلادة برينل..... ٣٦

Chapter five

٥-١ النتائج والمناقشة ٣٩
٥-٢ القيم والحسابات التي تم استخراجها ٤٠
٥-٣ العينة المعاملة بالتخمير التام ٤١
٥-٤ العينة المعاملة بالاصلاد ٤٢
٥-٦ العينة المعاملة بالمراجعة ٤٣

المصادر ٤٤

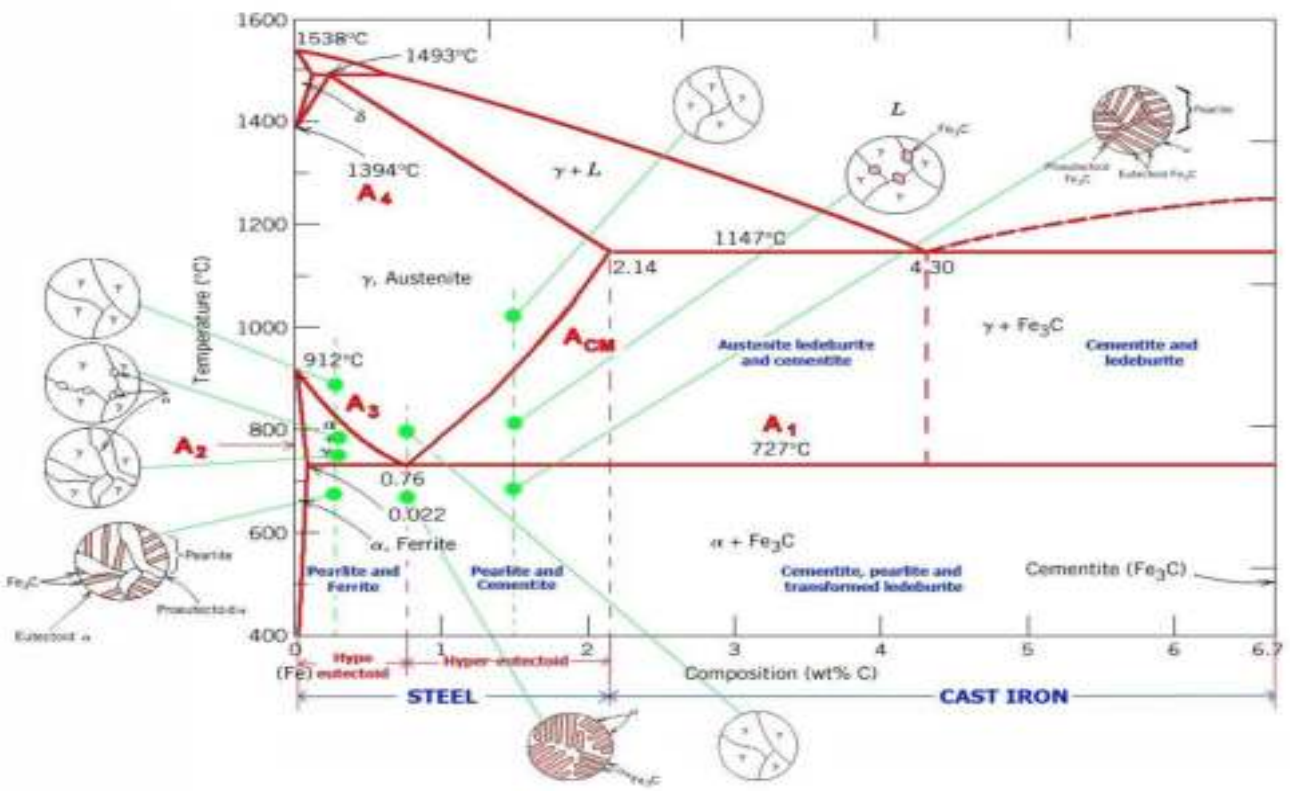
chapter one

حديد الزهر وأنواعه

Cast iron

المقدمة :

يعتبر الحديد الزهر من أقدم المعادن الحديدية في الاستخدام التجاري. يتكون بشكل أساسي من الحديد (Fe) والكربون (C) والسيليكون (Si) ، ولكنه قد يحتوي أيضًا على آثار من الكبريت (S) والمنغنيز (Mn) والفوسفور (P). يحتوي على نسبة عالية نسبيًا من الكربون من ٢٪ إلى ٥٪. عادة ما تكون هشة وغير قابلة للكسر (أي لا يمكن ثنيها أو شدها أو طرقها في شكل) وهي ضعيفة نسبيًا في الشد. تشكيل سمنتيت ، أو أي جرافيت بحرية ، وغالبًا ما يوجد الكربون كلا الشكلين معًا شكل (١)



ينقسم الحديد الزهر إلى عدة أنواع حسب نسبة الكربون وكيفية تواجده في الحديد وشكل هيكله المجهري هي:

- الحديد الزهر الأبيض (White Cast Iron).
- الحديد الزهر الرمادي(Gray Cast Iron).
- حديد الزهر القابل للطرق (Malleable Cast Iron).
- حديد زهر مبرد أو مرقش (Chilled or Mottled Cast Iron).
- حديد الزهر المطيلي (ductile cast iron).

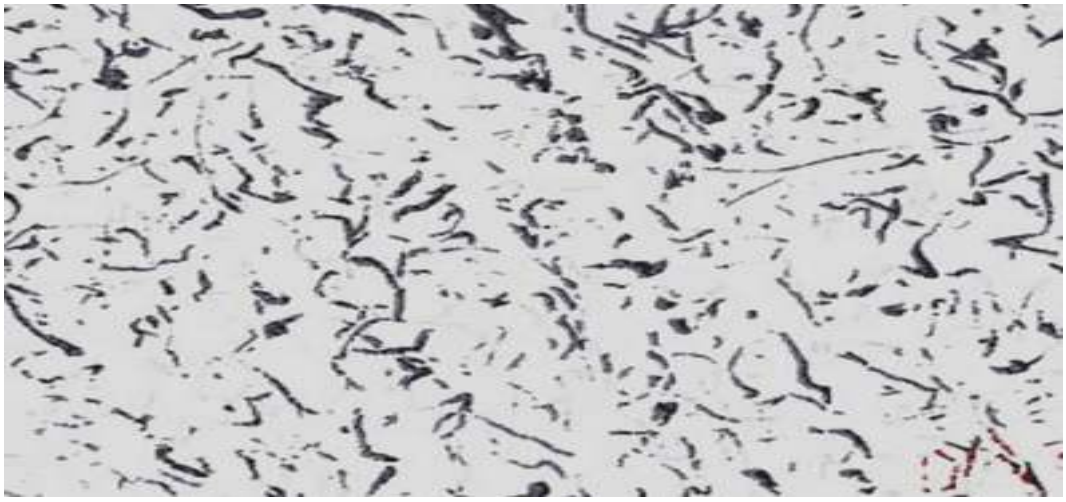
حديد الزهر الابيض (White cast iron):

يسمى حديد الزهر الأبيض (White cast iron)بهذا الاسم بسبب لونه الأبيض المائل إلى أصفر ويعود ذلك بسبب احتوائه على مركبات الحديد التي تسمى السمنتايت ،يحتوي حديد الزهر في تركيبه على ١.٨ إلى ٣.٦ بالوزن كربون، ٠.٥ إلى ١.٩ بالوزن سيليكون و ١ إلى ٢ بالوزن منجنيز،[٢] يعتبر حديد الزهر الأبيض قاسي ولكن بنفس الوقت هش، يحتوي على نسبة منخفضة من السيليكون ونقطة انصهار منخفضة حيث يترسب الكربون الموجود في حديد الزهر الأبيض ويشكل جزيئات كبيرة تعمل على زيادة صلابته، يمتاز هذا النوع بفعاليته من حيث التكلفة وبمقاومته للمواد الكاشطة، ويتم استخدامه في قضبان الرافعة وفي الهيكل الداخلي لطواحين الطحن وغيرها

شكل (٢): بنية مجهرية من حديد الزهر الأبيض

▪ حديد الزهر الرمادي (Grey cast iron):

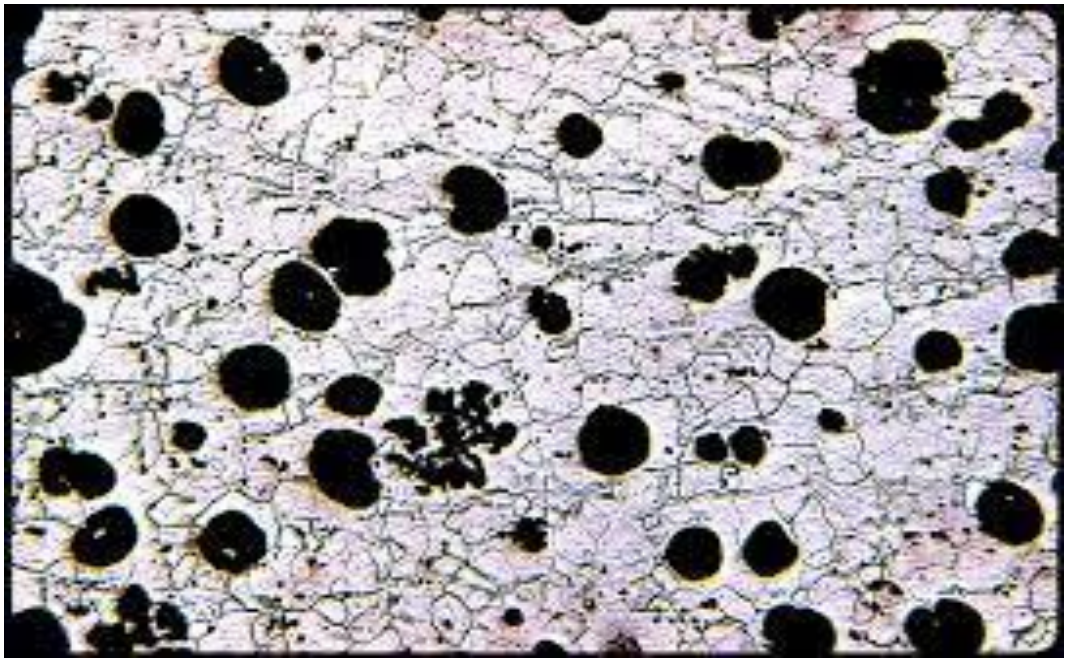
يمتاز حديد الزهر الرمادي ببنية دقيقة من الجرافيت التي تعطيه اللون الرمادي الغامق، يعود تواجد رقائق الجرافيت في تكوينه نتيجة إضافة السيلكون الذي يثبت الكربون على شكل جرافيت بدلًا من كربيد الحديد، يحتوي حديد الزهر الرمادي في تركيبه على ٢.٥ إلى ٤ بالوزن كربون و ١ إلى ٣ بالوزن سيليكون، يعد حديد الزهر الرمادي أكثر أنواع حديد الزهر شيوعًا، حيث يتم استخدامه في التطبيقات التي تكون فيها الصلابة عالية، قابلية معالجة، الموصلية الحرارية العالية مثل: المشعبات، أدوات الطهي وغيرها



شكل (٣): البنية المجهرية لحديد الزهر الرمادي

▪ حديد الزهر القابل للطرق:

الحديد الزهر القابل للطرق (Malleable cast iron)هو عبارة عن حديد أبيض يتم إخضاعه للمعالجة الحرارية بحيث يتحول الكبربيد إلى جرافيت ويتشكل هيكل الكبريد على جزيئات كروية غير منتظمة الشكل،[٤] تصل فترة تسخينه ومعالجته إلى يومين وبعدها يبرد وبعد الانتهاء يمكن ثنيه وتحريكه وفقًا للشكل أو الحجم المطلوب،[٣] ويكون له خصائص تختلف عن حديد الزهر الرمادي والأبيض، يمتاز بمرونة وليونة جيدة ومتانة ضد الكسر في درجات الحرارة المنخفضة، يتم استخدامه في التركيبات والمعدات الكهربائية، الأدوات اليدوية، الغسالات، المعدات الزراعية، معدات التعدين، وفي أجزاء الماكينة.



شكل (٤): البنية المجهرية لحديد الزهرالقابل للطرق

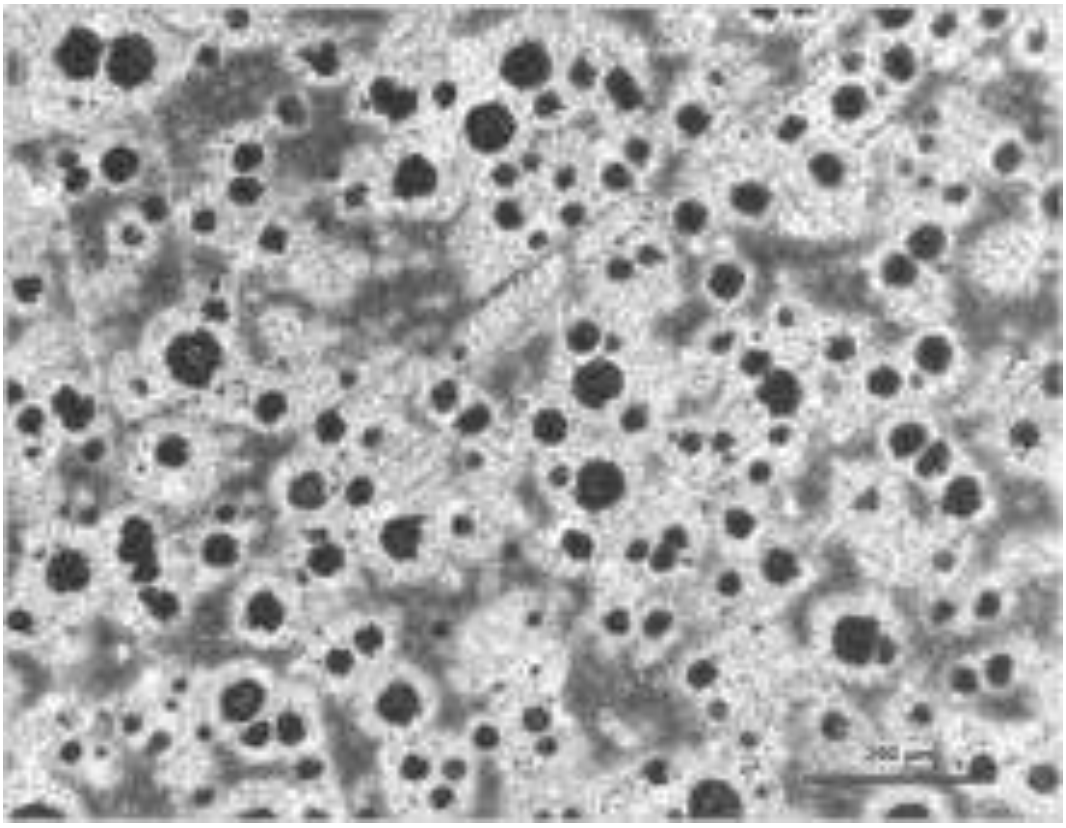
▪ حديد زهر مبرد أو مرقش (chilled cast iron):

يتم إنتاج حديد الزهر المبرد (Chilled cast iron) عن طريق تعديل مركبات الكربون لحديد الزهر الأبيض، حيث عند التبريد الطبيعي على السطح ينتج حديد الزهر الأبيض وعند التبريد البطيء أسفل السطح ينتج الحديد الرمادي لذا عند انخفاض عمق البرودة تزداد صلابة المنطقة المبردة ويزداد محتوى الكربون ويستخدم الكروم بنسبة ١% إلى ٤% للتحكم في عمق البرودة وزيادة الصلابة وتحسين مقاومة التآكل ويعمل عمل على استقرار الكربيد ويمنع تكون الجرافيت، وعند إضافة الكروم بنسبة من ١٢% إلى ٣٥% يضيف مقاومة للتآكل والأكسدة في درجات الحرارة مرتفعة

شكل (٥): بنية مجهرية من حديد الزهر المرقش

▪ حديد الزهر الدكتايل (ductile cast iron):

يتشكل حديد الزهر المرن من وجود جرافيت على شكل عُقدّ كروية، ولا يتم إخضاعه للمعالجة الحرارية بل يتشكل نتيجة تركيب كيميائي محدد، يحتوي حديد الزهر المرن في تركيبه على ٣.٢ إلى ٣.٦ بالوزن كربون، ٢.٢ إلى ٢.٨ بالوزن سيليكون و ١ إلى ٢ بالوزن منجنيز وكميات قليلة من المغنيسيوم والفوسفور والكبريت والنحاس، ويعود الشكل الكروي لشوائب الجرافيت نتيجة وجود المغنيسيوم، يمتاز هذا النوع بكونه أكثر مرونة من حديد الزهر الأبيض والرمادي ويتحمل درجات الحرارة العالية، لذا يتم استخدامه في أنابيب البنية التحتية للمياه والصرف الصحي، وفي المكابح والصمامات والمضخات والأجزاء الهيدروليكية وغيرها .



شكل (٦): البنية المجهرية لحديد الزهر المطيلي

Chapter tow

حديد الزهر المرن

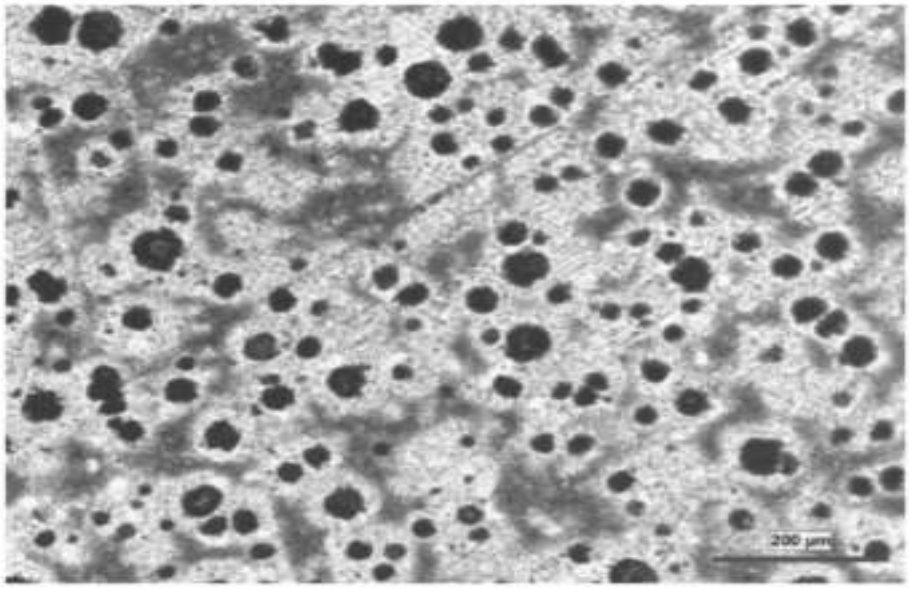
Ductile iron

حديد الزهر المطيلي:-

حديد الدكتايل هو نوع من الحديد الزهر معروف بمقاومته للتأثير والتعب والاستطالة ومقاومة التآكل بسبب الهياكل الكروية (الدائرية) من الجرافيت في المعدن. يُطلق على حديد الدكتايل أيضًا الحديد الزهر المطيلي أو الحديد الزهر الجرافيت الكروي أو الحديد الزهر العقدي. هو احد سبائك حديد الزهر اخترعه كيث ميليس ١٩٤٣ م. بالرغم من ان معظم انواع حديد الزهر تكون هشة ، الا ان هذا النوع من حديد الزهر يكون مطيلي ، بسبب ان الكرافيت يكون بشكل عقد كروية . يمكن الحصول على هذا النوع من حديد الزهر بإضافة كمية قليلة من المغنيسيوم ، على شكل سبيكة من المغنيسيوم و النيكل الى البودقة قبل الشروع بعملية الصب.

البنيه المجهرية:

الحديد الزهر المطيلي ليس سبيكة واحدة ، و لكنه مجموعة من السبائك التي يمكن ان تنتج للحصول على خصائص معينة عن طريق التحكم في البنية المجهرية . السمة المشتركة المميزة لهذه السبائك هو الهيئة التي يتواجد بها الكرافيت . ففي الحديد الزهر المطيلي ، يتواجد الكرافيت على شكل عقيدات كروية بدلا من شكل الرقائق) كما في حديد الزهر الرمادي (، مما يقلل من فرص تكون الشروخ و يحسن مرونته تتكون العقيدات الكروية بإضافة عناصر تعمل كأنوية للعقيدات ، اكثر شيوعا المغنسيوم و في بعض الاحيان السيريوم اثناء عملية الصهر. بالإضافة الى التحكم في جعل الكرافيت كوري الشكل ، يمكن ايضا التحكم في نسبة الفرايت و البرلايت عن طريق التحكم في العناصر السبائكية المضافة و التحكم في درجات الحرارة او بمعالجة السبيكة حراريا بعد الصب . يمكن انتاج الكثير من سبائك حديد الزهر المطيلي مختلفة الخصائص من خلال التحكم في نسب الفرايت الى البرلايت شكل يبين البنيه المجهريه لحديد الزهرالمطيلي:



شكل (٧) :البنية المجهرية لحديد الزهر المطيلي

التركيب الكيميائي:

التحليل الكيميائي النموذجي لسبائك الحديد الزهر المطيلي، يتكون من حديد فيه نسبة كاربون(٣.٣%-٣.٤%) (c) ومنغنيز((mn (0.1%-0.5%) ومغنيسيوم (0.03%-0.05%) (mg) ومكونات اخرا في جدول(١)

يمكن إضافة عناصر أخرى مثل النحاس أو القصدير لزيادة قوة الشد وإجهاد الخضوع، إلا أنها تقلل من الاستطالة . ولزيادة مقاومة الحديد الزهر المطيلي للتآكل يستبدل (١٥ - ٣٠ %) من الحديد في السبيكة بكميات من النيكل أو النحاس أو الكروم .

المادة	النسبة
حديد Fe	%94.36 - %93.19
كاربون C	%3.4 - %3.3
السيليكون Si	%2.8 - %2.2
المنغنيز Mn	%0.5 - %0.1
المغنيسيوم Mg	%0.05 - %0.03
الكبريت S	%0.02 - %0.005
الفسفور P	%0.04 - %0.005

جدول التركيب الكيميائي لحديد الزهر المطيلي

مزايا حديد الزهر المطيلي :

هناك العديد من المزايا التي يوفرها حديد الدكتايل للمصممين:

- يمكن صب حديد الدكتايل وتشكيله بسهولة.
- لديها قوة ممتازة نسبة الوزن.
- يمكن تصنيع حديد الدكتايل بتكلفة أقل بكثير من الفولاذ.
- لديها قابلية عالية للصب والتشغيل الآلي.

يختلف حديد الزهر الكروي عن النوع الطروق:

اولا : انتاجه يتم التحكم في عمليه الانجماد في الحالة السائلة وليس بالمعاملة الحراريه

ثانيا : شكل الكرافيت فيه يكون اكثر انتظاما من النوع الطروق

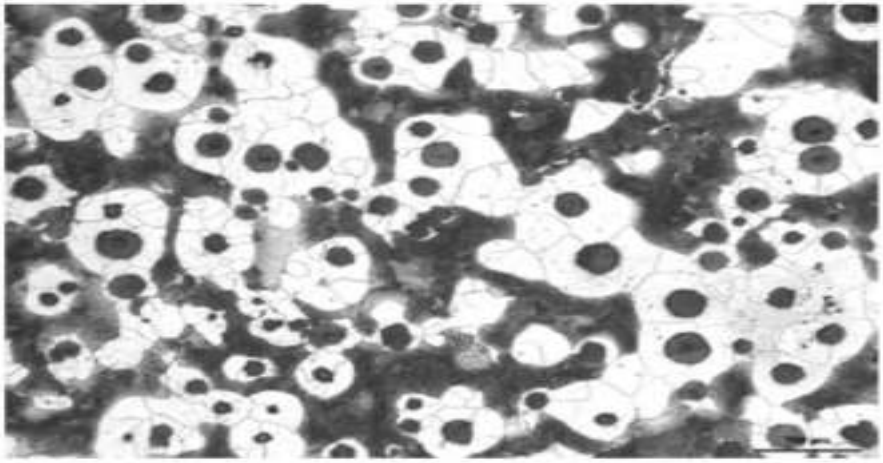
ثالثا : تساوي نسبه الكاربون في حديد الزهر الكروي والرمادي

انواع حديد الزهر المطيلي :-

يصنف حديد الزهر المطيلي الى عدة انواع حسب البنية المجهرية و الخواص الميكانيكية له و هي :

a.حديد الزهر المطيلي الفرايتي:

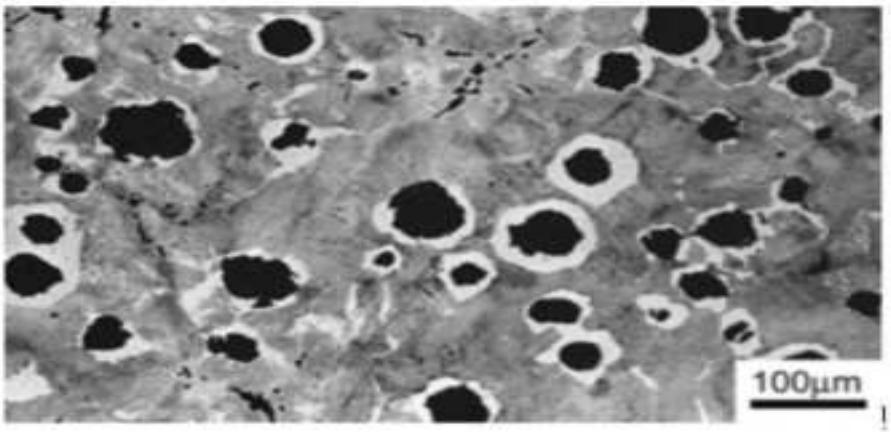
تسمى الأنواع التي تحتوي على ١٠ بالمية من البرلايت كحد أقصى بحديد الزهر الكروي الفرايتي تمتاز هذه البنيه بأقصى مطيلية ومتانة وقابيلة التشغيل. يتم إنتاج هذا النوع من حديد الزهر المطيلي من خلال تسخين الى درجة حرارة (٩٠٠_ ٩٥٠) درجة سيليزية .ثم يتم تبريده تبريدا بطيئا داخل الفرن) معاملة تخمير تام .كما في الشكل الآتي:



شكل (٨) : حديد الزهر المطيلي الفرايتي

bحديد الزهر المطيلي البرلايتي :

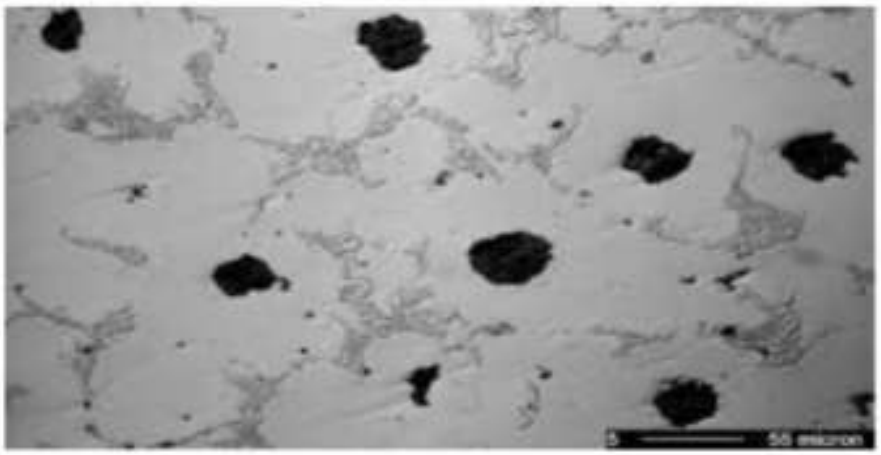
يمكن الحصول ع بنيه تحتوي ع البرلايت فقط وذلك بواسطة معاملة التطبيع)التبريد في الهواء (من درجة (900_870)تمتاز بارتفاع مقاومتها إلا أنها اقل مطيلية من النوع الفرايتي :.



الشكل (٩): حديد الزهر المطيلي البرلايتي

حديد الزهر المطيلي الاوستنايتي:

يتم انتاج بإضافة عناصر سبك تقوم بتثبيت طور الاوستنايت عند التسخين الى درجات حرارة اعلى من ١١٣٠oc أي اعلى من نقطة اليوتكتك هناك أنواع من حديد الزهر الكروي ذات طور اساس من الاوستنايت وذلك لدى احتوائها على عناصر سبك تثبت الاوستنايت ويمتاز هذا النوع بمقاومته العاليه ضد التاكل والزحف في درجات الحرارة العاليه كما في الشكل الاتي :



الشكل (١٠) : حديد الزهر المطيلي الاوستنايتي

d حديد الزهر المطيلي الماتنسايتي :-

يتم إنتاجه بالتسخين عند درجة حرارة (٩٠٠-٩٥٠) درجة سيليزية ومن ثم تبريده تبريد سريع بالماء او الزيت فيتكون الطور الأساس المارتينسايت ، كما في الشكل الآتي :-

الشكل (١١): حديد الزهر المطيلي المارتنسايتي

Chapter three

المعاملات الحراريه
heat treatment

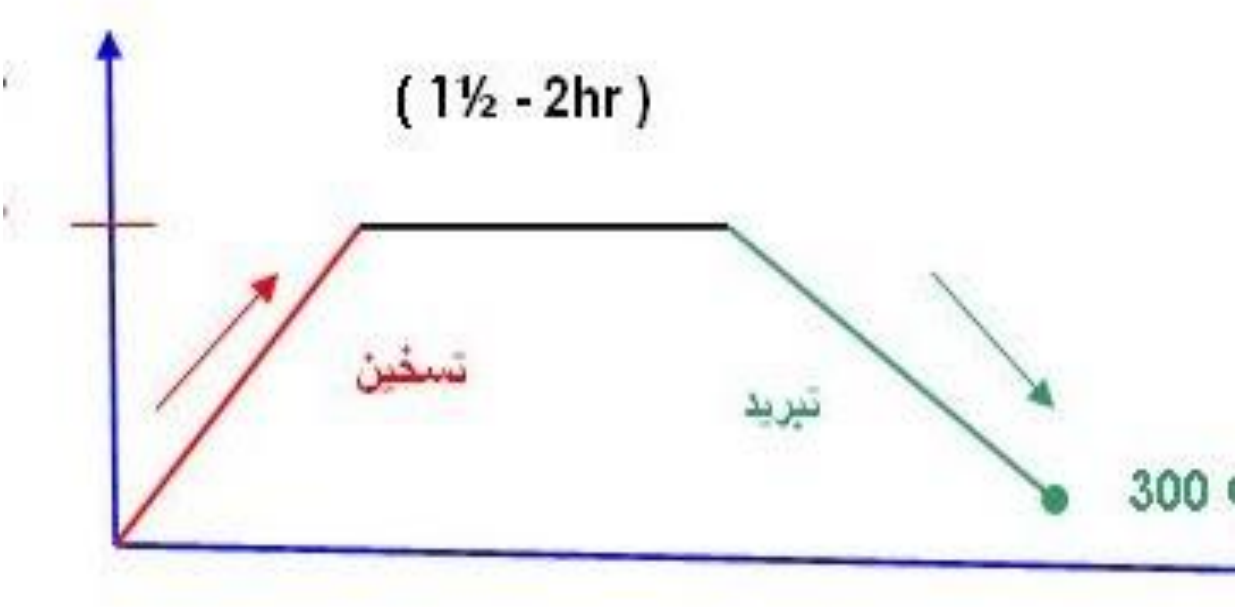
المعاملات الحراريه:

تعرف المعاملة الحراريه بأنها عملية مزدوجة تشمل دوره تسخين تعقبها دوره تبريد خلال فترات زمنية محدده، وتنطبق على المعادن والسبائك في الحالة الجامدة بأسلوب يضمن تحسين خواصها بصورة عامة وتتضمن كافة المعاملات الحراريه المطبقة على الفولاذ تحول او تحلل الاوستنايت . وتعتمد الخواص الفيزياويه والميكانيكية الناتجة في الفولاذ نتيجة هذه المعاملات على طبيعة ونوعيه النواتج التحولات المتكونة بعد المعاملة الحراريه.

وتتجسد الخطوه الاولى في المعاملة الحراريه للفولاذ بتسخينه إلى درجات فوق الدرجة الحرجة العليا لغرض تحويله كليا إلى الاوستنايت وتجري عملية التبريد اللاحقة بمعدلات وسرع تبريد متباينة .

تقسم المعاملات الحراريه إلى عدة أقسام على حسب طريقة التبريد ،اذا ان كل أنواع المعاملات الحرارية تتشابه في مراحل التسخين الا انها تختلف في عملية التبريد .

معدل وسرعة التبريد المستعملة هي التي تقرر البنية المجهرية الناتجة بعد المعاملة الحرارية وبالتالي فهي التي تقرر الخواص الفيزياويه والميكانيكية الخاصة بهذه البنية .



الشكل (١٢) : مخطط المعالجة الحرارية

انواع المعاملات الحرارية :

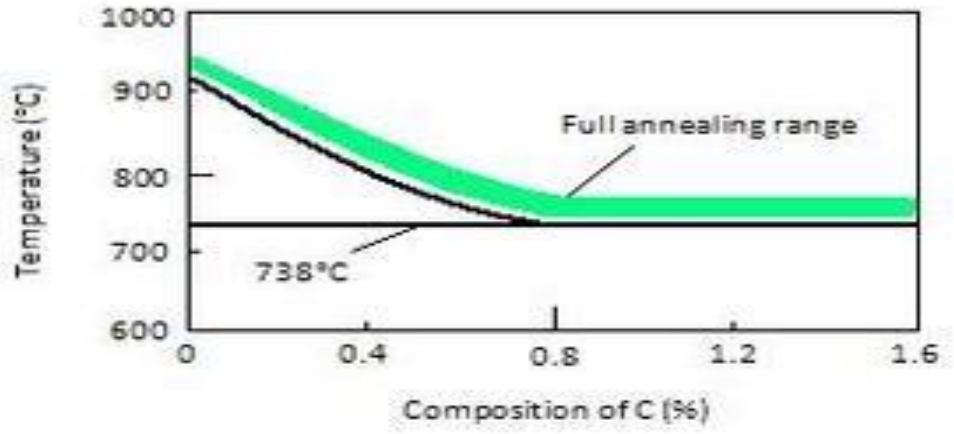
- التخمير Annealing
- المعادلة Tempering
- الإصلاد Hardening

معاملة التخمير التام Full Annealing:

تتضمن تسخين حديد الزهر المرن الى درجات حرارة (٩٠٠_٩٥٠) درجة سيليزية اي فوق A3 ،ثم المكوث في هذه الدرجة لفترة زمنية ومن ثم يبرد ببطء شديد (داخل الفرن).

الأهداف الأساسية لعمليات التخمير التام :

- التلين
- تحسين قابلية التشغيل
- ازالة الجهود
- تحسين البنية المجهرية

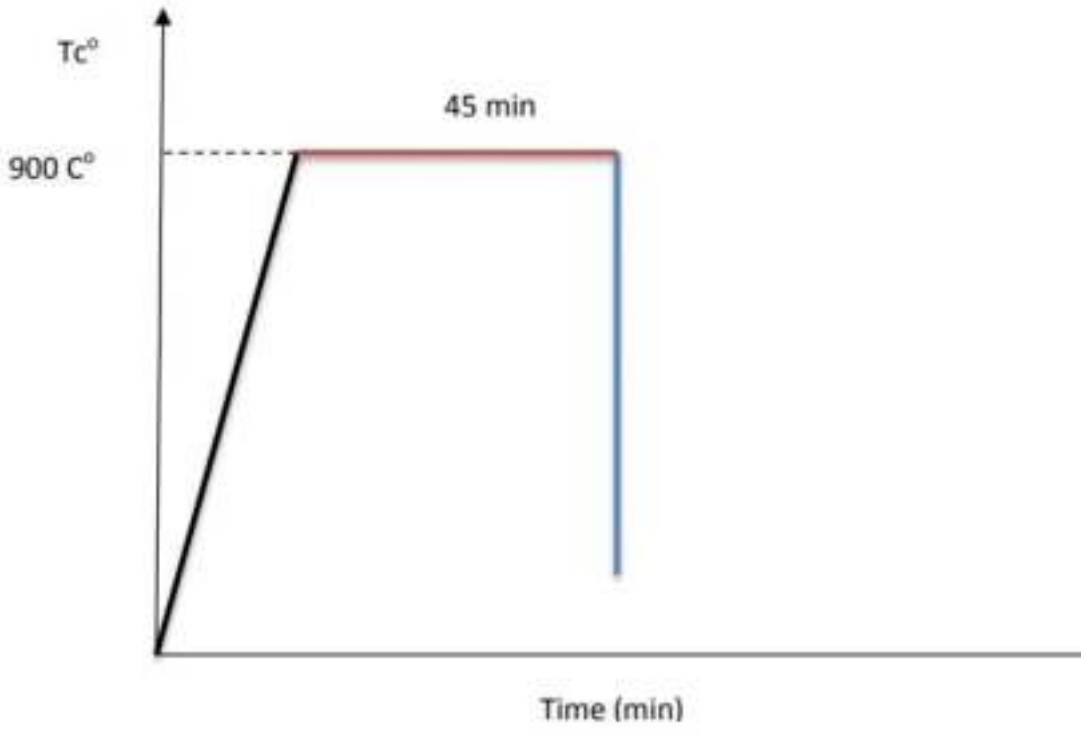


شكل (١٣) : معاملة التخمير

الا صلاد Hardening

هو تسخين حديد الزهر المرن إلى درجة حرارة (٩٠٠) درجة سيليزية اي فوق A1 ، ثم إبقاءه فتره زمنية محدده ، ثم يبرد تبريد سريع بالزيت والغرض الرئيسي من إجراء هذه المعاملة :

زياده الصلادة والمقاومة لحديد الزهر المرن او المطيلي .

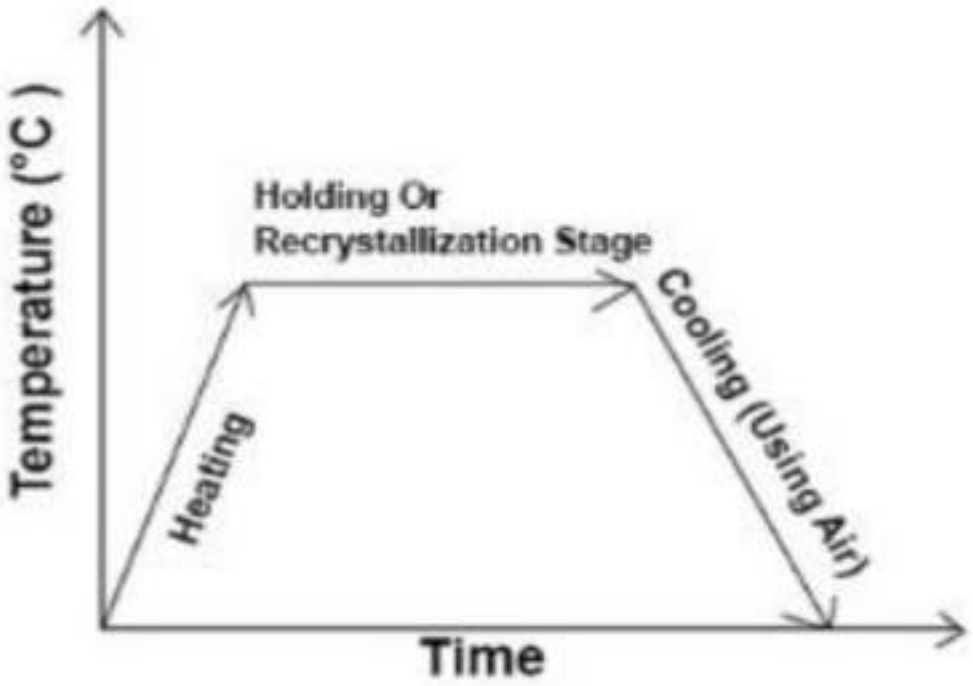


معاملة المراجعة (Tempering)

وهي معاملة تجرى على حديد الزهر المطيلي بعد معاملة الإصلاد وتتضمن تسخين المعدن إلى درجة حرارة (٥٠٠) درجة سيليزية اي تحت A1 ثم يبرد في الهواء الساكن .

الهدف الأساسي منها :

- زياده المتانة
- تعطي صلاده أعلى من معاملة التخمير
- تقليل الاجهادات



Three Stages Of Normalizing

Chapter four

الجزء العملي

الاجهزه المستخدمة :

▪ اجهزة المعاملات الحرارية:

تم استخدام فرن من نوع (Box-type resistance) لغرض إجراء المعاملة الحرارية وهو صيني المنشأ أعلى درجة حرارة (١٢٠٠) درجة سيليزية . كما في الشكل الموضح ادناه:

شكل الفرن المستخدم في المعاملة الحرارية

▪ جهاز قياس صلاة برينل:

جهاز (Wilson Hardness) موديل (UH-250المانيالمنشأ يتم التحكم به من خلال شاشة الحاسوب موجوده ضمن الجهاز .

شكل جهاز قياس صلادة برينل

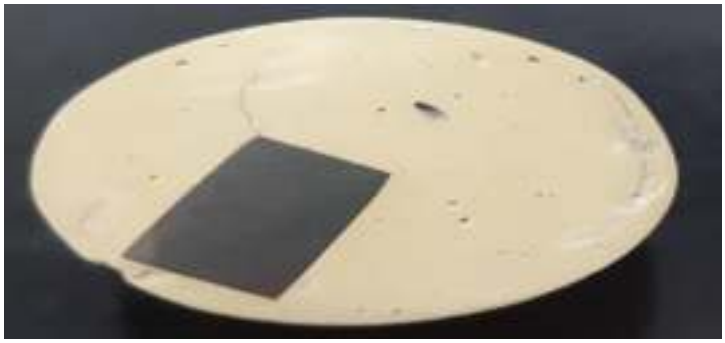
الأوساط المستخدمة في التبريد:

- تبريد داخل الفرن
- تبريد في الهواء الساكن
- تبريد سريع (بالاخماد) بزيت الفرامل

إجراء الفحوصات:

العينة المعاملة حراريا (تخمير تام) :

١. ناخذ العينة ويدخلها الفرن الحراري
٢. نقوم بتشغيل الفرن وتضبط مقدار الفولتية والتيار ومقدار درجة الحرارة المطلوبة وهي ٩٠٠ درجة سيليزية
٣. ننتظر درجة الحرارة ترتفع من درجة حرارة الغرفة إلى ٩٠٠
٤. عندما تصل درجة الحرارة إلى ٩٠٠ نقوم بحساب الوقت المخصص لإبقاء العينة داخل الفرن وهو ٤٥ دقيقة
٥. عند انتهاء الوقت المخصص لإبقاء العينة داخل الفرن نقوم بإطفاء الفرن ونترك العينة لكي تبرد داخل الفرن (تبريد بطئ)
٦. نقوم بإجراء الفحوصات (فحص البنية المجهرية ،فحص الصلادة)



(عينة معاملة التخمير)

فحص البنية المجهرية :

- نقوم بتجليخ أحد أسطح العينة بورق التجليخ (٢٢٠,٤٠٠,٦٠٠,٨٠٠,١٠٠٠,١٢٠٠٠)
- نقوم بصقل السطح المجلخ باستخدام ماده الصقل Diamond وقطعة قماش
- نقوم بغسل العينة وتجفيفها
- بعدها نقوم بوضع العينة في محلول الاضهار وهنا نستخدم النايتل لمده ١٠ ثواني ،بعدها نقوم بغسل العينة وتجفيفها
- نستخدم المجهر الضوئي لكي نرى البنية المجهرية العينة

فحص صلاة برينل :

بعد فحص البنية المجهرية نقوم بإجراء هذا الفحص بالخطوات التالية :

طريقة العمل :

- تنظف سطح العينة جيدا
- تشغيل مفتاح الكهرباء
- تشغيل برنامج الجهاز
- توضع العينه على المنصة ونرفع المنصة إلى ان تلامس مع العدسة ونعطي ايعاز التشغيل
- نحدد الحمل المناسب والزمن المناسب ونوع الصلاده المطلوبه
- نقوم برؤية سطح العينة من خلال إيعاز(single measure
- إعطاء إيعاز التشغيل لتسليط الحمل
- قياس قطر كرة الاثر المتروك وقياس الصلاده
- بعد الانتهاء نقوم بتنزيل المنصة واطفاء برنامج الحاسبة

العينة المعاملة حراريا (Hardening):

١. ناخذ العينة ونقوم بوضعها بالفرن
٢. تضبط درجة حرارة الفرن بين (٩٠٠-٩٥٠) درجة سيليزية
٣. عند وصولها إلى درجة الحرارة المطلوبة نقوم بحساب الوقت المحدد وهو ٤٥ دقيقة
٤. نجهز كأس زجاجي ونضع فيه سائل التبريد (زيت الفرامل)
٥. بعد انتهاء الوقت المخصص لإبقاء العينة في الفرن نقوم بإخراج العينة ونبردها تبريد سريع بواسطة وضعها في الزيت وننتظرها حتى تبرد تماما
٦. بعد عملية التبريد أيضا نقوم الفحوصات السابقة (فحص البنية المجهرية ،وفحص الصلادة) لعينة معاملة الإصلاد

(عينة معاملة الإصلاد)

العينة المعاملة حراريا (tempering) :

ناخذ العينة وندخلها بالفرن الحراري ونقوم معاملة الإصلاد عليها، بعد أن يتم تبريدها بالزيت نقوم بتنظيفها من الزيت ونضبط درجة حرارة الفرن إلى ٥٠٠ درجة سيليزية ويتم أبقائها في الفرن لمده ٤٥ دقيقة ،وبعد انتهاء الوقت نخرجها من الفرن ونجعلها تبرد في الهواء الجوي ، وبعد ذلك نقوم بالفحوصات السابقة(فحص بنية مجهرية، فحص صلادة) .

Chapter five

النتائج والمناقشة

القيم والحسابات التي تم استخراجها من خلال الجزء العملي :-

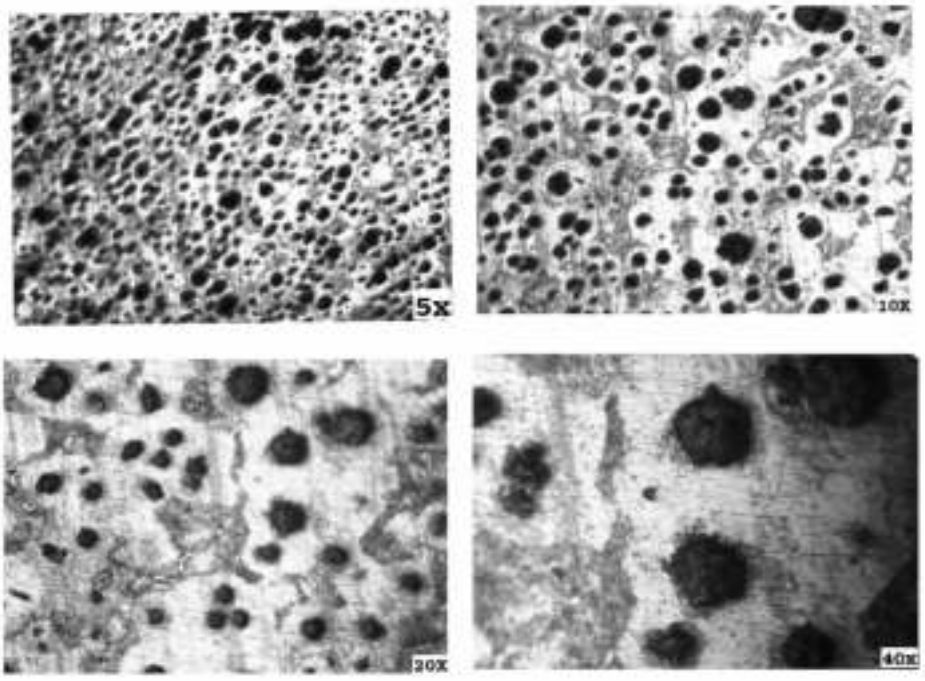
No.	المعاملة الحرارية	درجة الحرارة المستخدمة	الوقت Min.	وسيلة التبريد	فحص الصلادة
١	Annealing	900-950	45	تبريد داخل الفرن	173HB
٢	Tempering	500	45	تبريد في الهواء	200HB
٣	Harding	900-950	45	تبريد بالزيت	385HB

- في فحص صلادة برينل قطر الكرة D=2.5 mm
  والزمن 10 s ، والحمل المسلط 31kpa ،

العينة المعاملة حراريا (تخمير تام):-

من خلال ملاحظه البنية المجهرية نجد الطور الأساس فيه هو (الفرايت) مغمور فيه الكرافيت المكور وتم الحصول على هذا الطور نتيجة التبريد البطئ العينة داخل الفرن .

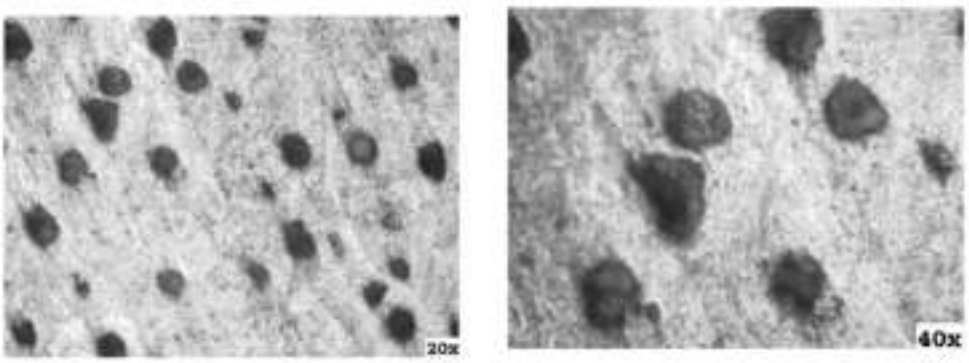
بما ان البنية المجهرية (فرأيت + كرافيت كروي) تمتاز العينة في التطبيقات التي تتعرض للصدمات والاحمال الفجائية، وتمتاز بحدوث توزيع متجانس للاطوار.



البنية المجهرية لعينة معاملة حرارية (تخمير تام)

العينة المعاملة الحرارية (الإصلاد):-

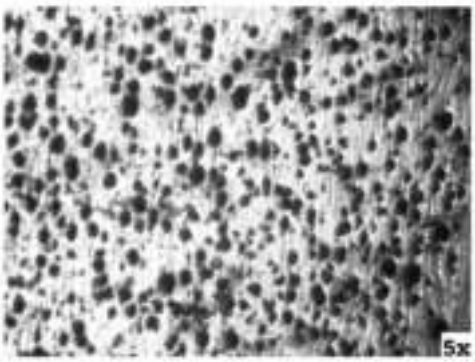
من خلال ملاحظة البنية المجهرية نلاحظ نشوء طور المارتينسايت الذي يكون بشكل صفائح ،مما يؤدي إلى زيادة الصلادة ،ومعاملة الإصلاد تعطي حجم حبيبي متوسط .

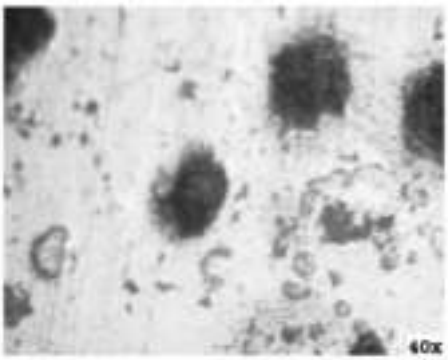


البنية المجهرية لعينة معاملة حرارية (الاصلاد)

العينة المعاملة حراريا (tempering) :-

نلاحظ تحسن في المتانة عند المراجعة بدرجة حرارة (500) درجة سيليزية ،ويعزى ذلك إلى تحلل المارتينسايت ذو الصلادة العالية إلى كاربيدات مترسبة في الطور الأساس (الفرايت) ، أثناء المراجعة يحصل تحول للطور الشبه مستقر (المارتينسايت) الى كاربيدات المترسبة والفرايت ،هذا التحول يؤدي إلى زياده المتانة مقارنة مع العينات المصلدة ، كما تعمل هذه المعاملة على التخلص من الاوستنايت المتبقي .





البنية المجهرية لعينة معاملة (tempering)

المصادر:-

- Gloag and Derek Bridgwater, *A History of Cast Iron in Architecture*, Allen and Unwin, London (1948)
- Peter R Lewis, *Beautiful Railway Bridge of the Silvery Tay: Reinvestigating the Tay Bridge Disaster of 1879*, Tempus (2004) ISBN 07524 3160 9
- Peter R Lewis, *Disaster on the Dee: Robert Stephenson's Nemesis of 1847*, Tempus (2007) ISBN 0 7524 4266 2
- George Laird, Richard Gundlach and Klaus Röhrig, *Abrasion-Resistant Cast Iron Handbook*, ASM International (2000) ISBN 0-87433-224-9
- Lyons, William C. and Plisga, Gary J. (eds.)
- Y. LAKHTIN, Engineering Physical Metallurgy, (Moscow1968).
- M.C. LOVELL et al., Physical Properties of Materials, (Van Nostrand Reinhold Co, London1977).
- TERKEL ROSENQUIST, Principles of Extractive Metallurgy, (McGraw-Hill 1991).
- "Principles of Physical Metallurgy". Reed-Hill, Robert. 3rd edition. PWS Publishing, Boston. 1994.