Heat Treatment of Carbon Steel

Introduction المقدمة

Plain carbon steels and alloy steels are among the relatively few engineering materials which can be usefully heat treated in order to vary their mechanical properties. Steels can be heat treated because of the structural changes that can take place within solid iron-carbon alloys. The various heat-treatment processes appropriate to plain carbon steels are:

1. Annealing (التخميراو التلدين)
2. Normalizing (المعادلة)
3. Hardening (التصليد)
4. Tempering (المراجعة)

In all the above processes the steel is heated slowly to the appropriate temperature for its carbon content and then cooled.

المعاملة الحرارية للفولاذ بصورة عامة تتم عن طريق تسخيه إلى درجة حرارة معينة ثم الاحتفاظ به عند تلك الدرجة لفترة من الزمن ومن ثم التبريد بمعدل محدد الى درجة حرارة الغرفة.

The Purpose of Heat Treatment

1. زيادة الصلادة السطحية للمادة (Increase the surface hardness of materials)
2. رفع قيم المتانة للمادة (Increase the toughness of materials)
3. تحسين خواص المطيلية للمادة (Improvement the ductility)
4. ازالة الاجهادات الداخلية الناتجة من عمليات التشكيل (Relief internal stress result from formation)
5. الحصول على بنية بلورية منتظمة ومتجانسة (Getting ordered and homogeneous structure)
6. ازالة الاجهادات الداخلية الناتجة من عمليات التشغيل (Relief internal stress result from machining)
7. فهم مخطط ال (TTT) وخطوط التبريد واستنتاج الاطوار (Understanding the TTT diagram)

Types of Heat Treatment

1. Annealing

All annealing processes are concerned with rendering steel soft and ductile so that it can be cold worked and/or machined. There are three basic annealing processes, and these are:

معاملة التخمير يمكن ان تتم بثلاث طرق, وان اختيار الطريقة المناسبة يعتمد على نسبة الكربون في الفولاذ, وهذه الطرق هي:

1. Stress-relief annealing (التخمير لإزاله الإجهادات)
2. Spheroidied annealing (التخمير لغرض التكوير)
3. Full annealing (التخمير التام)

The process chosen depends upon the carbon content of the steel, its pretreatment processing, and its subsequent processing and use.

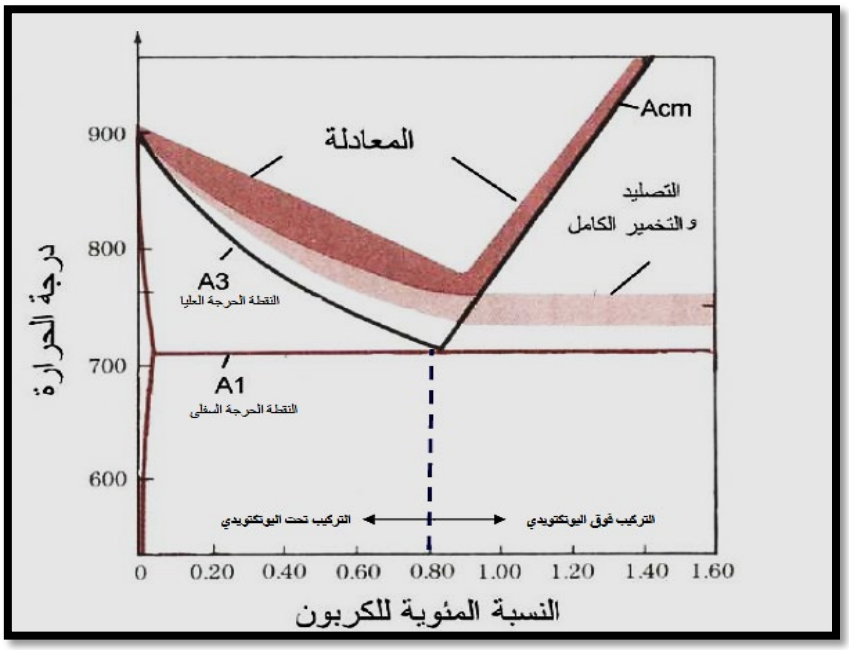
a) Stress-relief annealing

It is often used for softening cold worked low carbon (0.4 % carbon content) steel or mild steel. Annealing a cold worked mild steel in the temperature range (**550 - 600**)˚**C** will result in complete recrystallization of ferrite, although the cold worked pearlite will be largely unaffected. Such annealing is carried out at about **650°C**.

عادة تستخدم هذه المعاملة لزيادة ليونة الفولاذ المنخفض الكربون (الحاوي على نسبة كربون 0.4%) والمشكل على البارد او الفولاذ الطري. ان تسخين الفولاذ الى مدى حراري بين (550-600) درجة سيليزية ينتج عنه اعادة تبلور تام للفرايت. لذلك فانه يتم عند درجة حرارة (650) درجة سيليزية.

It should be noted that process annealing is a sub-critical operation, that is, it takes place below the lower critical temperature (A_1). For this reason, although recrystallization is promoted, there is no phase change and the constituents ferrite and cementite remain present in the structure throughout the process.

يجب ملاحظة ان هذه المعاملة تحدث عند درجة حرارية اقل من درجة حرارة التحول الحرجة الصغرى, ولهذا السبب تتحفز عملية اعادة التبلور, وليس هنالك تحول طوري وان السمنتايت والفرايت باقيان في تركيب المادة بعد المعاملة الحرارية.



b) Spheroidised annealing

The Spheroidised condition is produced by annealing the steel at a temperature between **650°C** and **700 °C**, just below the lower critical temperature. During this treatment cementite forms as spheroidal particles in a ferrite matrix, putting the steel into a soft, but very tough, condition. Since the temperature involved are sub critical no phase changes take place and spheroidisation of the cementite is purely a surface tension effects.

هذه المعاملة تتم عن طريق تسخين الفولاذ الى درجة حرارية بين (650-700) درجة سيليزية تحت الدرجة الحرجة الصغرى. خلال هذه المعاملة, السمنتايت يصبح بشكل دقائق كروية في مادة اساس (الارضية) من الفرايت, وهذا يعطي الفولاذ خواص طرية ولكن بمتانة جيدة. وعند هذه الدرجة الحرارية لايحدث تحول طوري, ويحدث تكوير السمنتايت نتيجة تأثير الشد السطحي.

c) Full annealing

It is the treatment given to produce the softest possible condition in a hypo-eutectoid steel. It involves heating the steel to a temperature within the range (**30 -50**)**°C** above the upper critical temperatures and then allowing the steel to cool slowly within the furnace. This produces a structure containing coarse pearlite.

هذه المعاملة تستخدم للحصول على خصائص ليونة للفولاذ ما قبل اليوتكتويد. تتضمن تسخين الفولاذ الى مدى حراري ما بين (30-50) درجة سيليزية فوق درجة حرارة التحول الحرجة العليا وبعد ذلك تترك العينة تبرد ببطيء داخل الفرن. هذه المعاملة تؤدي الى الحصول على تركيب برلايتي ذو حبيبات خشنة.

2. Normalizing

The holding temperature is (**30-50**)**°C** above A_3 or A_{cm} in austenite field range. The temperature depends on carbon content. After soaking the alloy is cooled in still air. This cooling rate and applied temperature produces small grain size. The small grain structure improve both toughness and strength (especially yield strength).

هذه المعاملة تتضمن تسخين السبيكة الى مدى حراري (30-50) درجة سيليزية فوق درجة حرارة التحول الطوري (الى طور الاوستنايت). وهذه الدرجة الحرارية تعتمد على محتوى الكربون. وبعد ذلك يتم تبريد السبيكة في الهواء. ان معدل التبريد ودرجة الحرارة المستخدمة ينتج عنهما حجم حبيبي صغير. والتركيب ذو الحجم الحبيبي الصغير يحسن كل من المتانة والمقاومة للسبيكة (خصوصا مقاومة الخضوع).

3. Hardening

Rise temperature of an alloy between (**30-50**)**°C** above A_3 or A_1, then fast cooling (in water or oil) with cooling rate exceeding a critical value. The critical cooling rate is required to obtain non-equilibrium structure called martensite. During fast cooling austenite cannot transform to ferrite and pearlite by atomic diffusion.

هذه المعاملة تتم برفع درجة حرارة المادة الى مدى (30-50) درجة سيليزية فوق درجة حرارة التحول (A_1, A_3) والمكوث لفترة من الزمن عند تلك الدرجة الحرارية ومن ثم التبريد السريع الى درجة حرارة الغرفة في الماء او الزيت فيتكون نتيجة ذلك تركيب غير مستقر يدعى بالمارتنسايت. خلال التبريد السريع, فان الاوستنايت لا يمكن ان يتحول الى فرايت وبرلايت بواسطة الانتشار الذري.

Martensite is supersaturated solid solution of carbon in α-iron (greatly supersaturated ferrite) with tetragonal body centered structure. Martensite is very hard and brittle. Martensite has a “needle-like” structure.

المارتنسايت هو محلول جامد فوق الاشباع يتكون من الكربون في حديد الفا ذو تركيب (BCT) ويمتاز بالصلادة والهشاشية العاليتين. ويمتلك المارتنسايت تركيب ابري.

4. Tempering

This process is carried out on hardened steels to remove the internal stresses and brittleness created by the severe rate of cooling.

هذه المعاملة يتم اجرائها على الفولاذ المصلد لإزالة الإجهادات الداخلية والهشاشية التي تكونت نتيجة التبريد السريع.

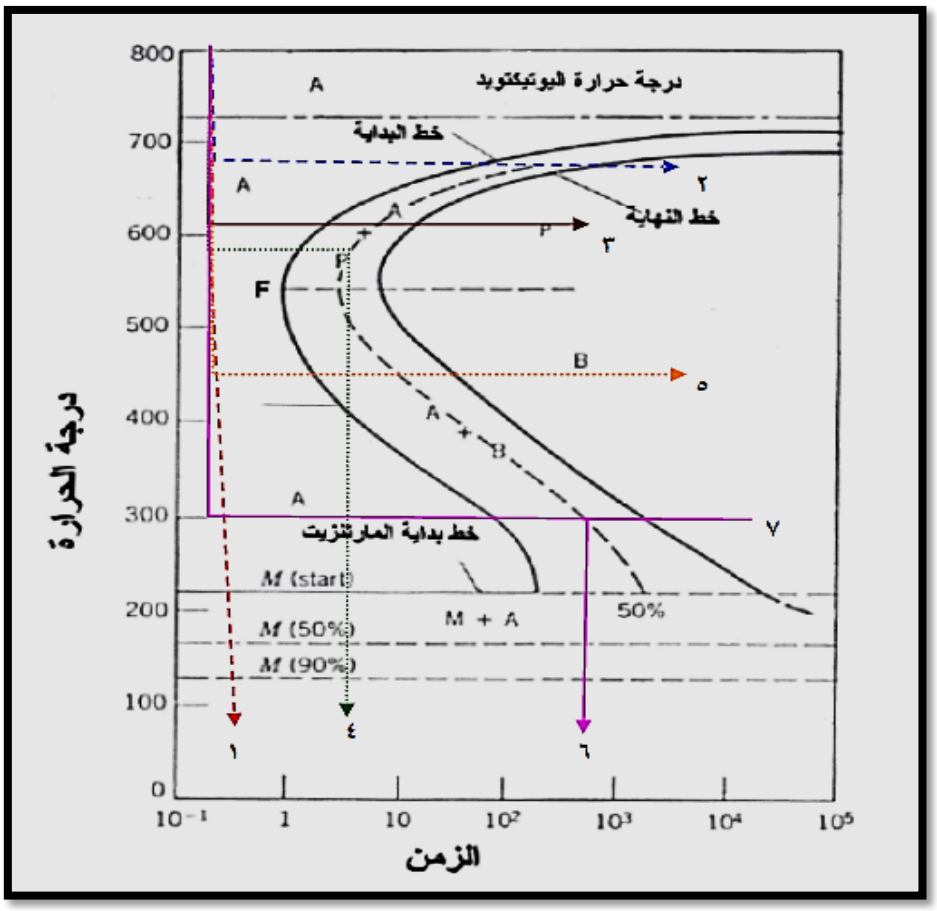
The treatment requires heating the steel to a temperature range of between **200°C** and **600°C** depending upon the final properties desired.

هذه المعاملة تتم عن طريق تسخين الفولاذ الى مدى حراري (200-600) درجة سيليزية اعتمادا على الخصائص النهائية المتطلبة.

This heat energy allows carbon atoms to diffuse out of the distorted lattice structure associated with martensite, and thus relieve some of the internal stresses. As a result the hardness is reduced and the ductility (which was negligible before tempering treatment) is increased slightly. The combined effect is to "toughen" the material which is now capable of resisting certain degree of shock loading.The higher the tempering temperature the greater the capacity for absorbing shock.

ان الطاقة الحرارية تسمح لذرات الكربون بالانتشار خارج تركيب البنية المشوهة للمارتنسايت, وهذا يؤدي الى ازالة بعض الاجهادات الداخلية. ونتيجة لذلك فان الصلادة تقل والمطيلية تزداد بشكل مناسب. وبالتالي فان المتانة سوف تتحسن فتكون المادة قادرة على مقاومة الاحمال الصدمية. الدرجة الحرارية العالية للمراجعة تعني زيادة سعة امتصاص الصدمة للمادة بعد المراجعة.

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 ٢٠٠-٧٠٠ مº 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 A_1 ثم التبريد داخل الفرن	لا تتغير	إزالة الاجهادات الداخلية
معادلة	الهواء	باينيت (عبارة عن فريت به سمنتيت على شكل إبري) أو برليت دقيق ومارتنسيت	إزالة تأثير التشكيل على البارد تنظيم شكل الحبيبات



TTT Diagram

Discussion

A. متى يكون التحول تاما ؟
B. ما هو المارتنسايت وما هو تركيبه وكيف يمكن الحصول عليه ؟ وضح ذلك ؟
C. صلب ذو تركيب يوتكتويدي تم تبريده من طور الاوستنايت عند (800°C) ، اوجد التركيب النهائي لها اذا كان مسار التبريد كالآتي:
1- تبريد مفاجئ لدرجة حرارة الغرفة ؟
2- تبريد مفاجئ لدرجة (690°C) والثبات ساعتين ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة ؟
3- تبريد مفاجئ لدرجة (610°C) والثبات 3 دقائق ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة ؟
4- تبريد مفاجئ لدرجة (580°C) والثبات ثانيتين ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة ؟
5- تبريد مفاجئ لدرجة (450°C) والثبات ساعة ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة ؟
6- تبريد مفاجئ لدرجة (300°C) والثبات 7 دقائق ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة ؟
7- تبريد مفاجئ لدرجة (300°C) والثبات 5 ساعات ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة ؟
8- تبريد فجائي إلى درجة حرارة (350°C) والثبات 10^4 ثانية ثم تبريد فجائي لدرجة حرارة الغرفة ؟
9- تبريد فجائي لدرجة (650°C) والثبات 10^2 ثانية ثم التبريد الفجائي لدرجة (400°C) والثبات 10^3 ثانية ثم التبريد الفجائي لحرارة الغرفة ؟
D. من خلال استخدام مخطط (TTT) هل يمكن الحصول على تركيب يتكون من البينايت و البرلايت و السمنتايت ؟ بين ذلك ؟