جامعة الموصل

كلية الزراعة والغابات

قسم المكائن الزراعية

المعادن

العام الدراسي 2022-2023

(المرحلة الثانية)

مدرس المادة:احمد سعدون عبد العزيز

ملاحظة:لا تعتبر الملزمة بديلا عن استخدام المصادر العلمية بل هي مساعدة فقط

مقدمة:

في البدء فان المواد الهندسية يمكن تصنيفها الى مواد معدنية كالحديد ،الالمنيوم ،الفضة والنحاس وغيرها من المعادن ، والى مواد غير معدنية كالمطاط والزجاج والخشب وغيرها كما يمكن ان تصنف المواد المعدنية الى مواد حديدية واخرى لاحديدية .

خواص المعادن

هنالك عدد من الخواص التي تخص المعادن منها خواص فيزياوية كالكثافة ومعامل التمدد الحراري وغيرها ،واخرى كيمياوية كالوزن الذري لكن ما يهمنا في منهجنا هو الخواص الميكانيكية للمعادن وفيما يلي اهم هذه الخواص.

1-الصلادة:

تعرف بانها مقاومة المعدن للقشط وتقاس باجهزة فحص الصلادة وتستخدم عدة اساليب للفحص منها اسلوب صلادة روكويل وكذلك اسلوب صلادة برينل ، وبالنسبة لفحص صلادة روكويل فهو على نوعان احدهما يستخدم لفحص صلادة المعادن الصلدة حيث تكون اداة التغلغل المستخدمة بشكل مخروط من الماس مع حمل كلي مقداره 150 كغم قوة ويسمى ( )، اما الاسلوب الثاني فيستخدم اداة تغلغل بشكل كرة من الصلب المقسى مع حمل كلي (100) كغم قوة ويستخدم لفحص صلادة المعادن اللينة ويسمى ( ).

2-المرونة:

قابلية المعدن على الرجوع الى ابعاده الاصلية عند زوال الحمل المسلط .

3-المطيلية:

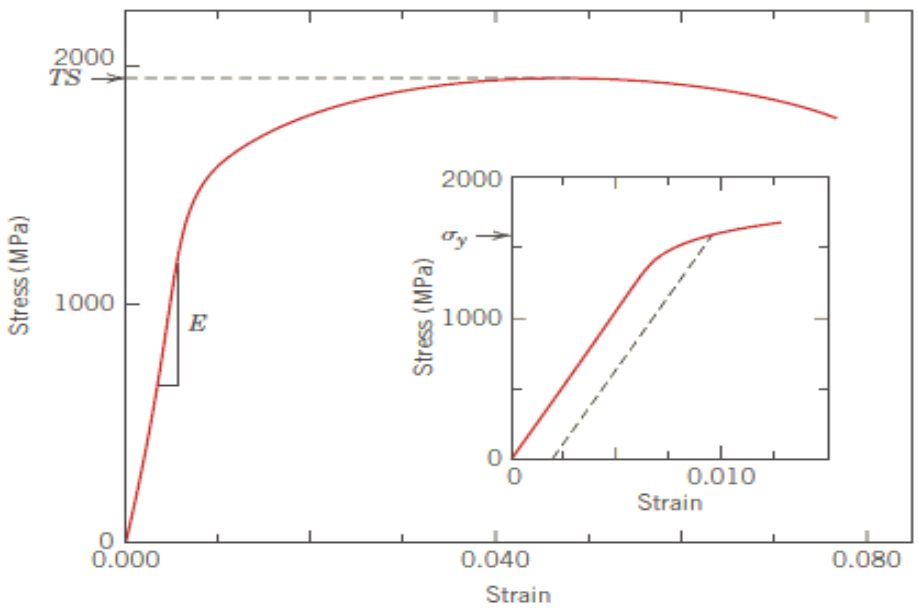
قابلية المعدن على التشوه الدائمي (تغيير ابعاده) بتأثير قوة الشد.

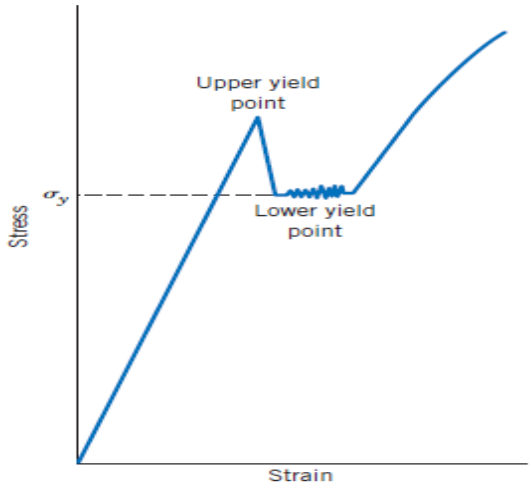
4-الطروقية:

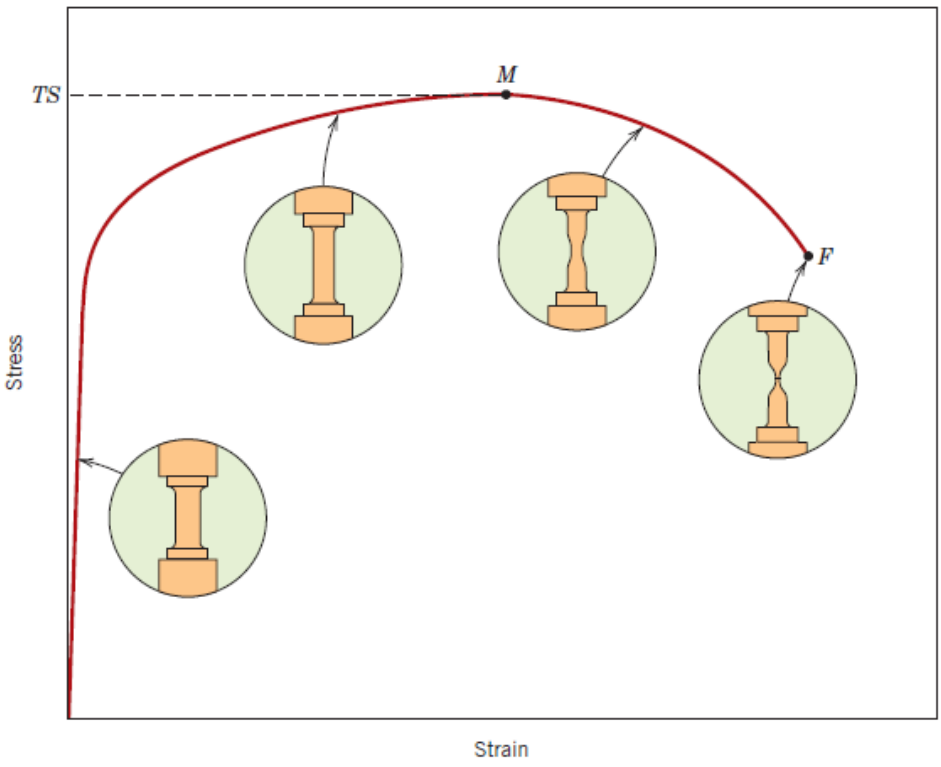
قابلية المعدن على التشوه الدائمي (تغيير ابعاده) بتأثير قوة الضغط.ومن الفحوصات الشائعة ما يعرف بفحص الشد والذي يفيد في استنباط العديد من الخواص الميكانيكية.

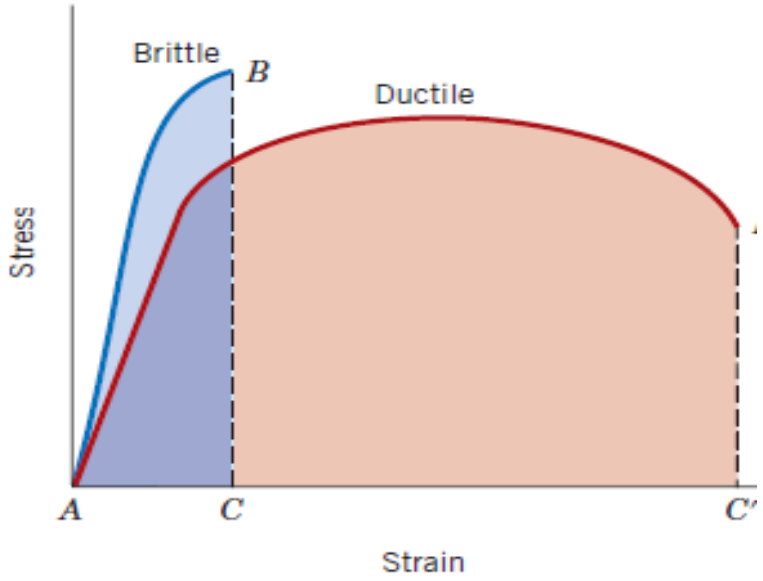
فحص الشد:

يتم الفحص باستخدام نماذج قياسية يجري تصنيعها في الورشة الميكانيكية حيت يتم مسك النموذج في ماكنة فحص الشد عبر فكوك مهيئة لهذا الغرض ومن ثم يتم تسليط الحمل على النموذج ويستمر تسليط الحمل حتى ينهار النموذج المعدني ويحصل الكسر ويتم تسجيل القراءات ما بين الحمل المسلط والاستطالة الحاصلة على طول فترة الفحص وذلك لاجل رسم العلاقة البيانية بين الحمل والاستطالة لغرض ايجاد واستنباط قيم للخواص الميكانيكية كاجهاد الخضوع ،معامل المرونة،مقاومة الشد القصوى واجهاد الكسر وغيرها وكما مبين في الاشكال التالية.




Upper yield
point
σ_y
Lower yield
point
Stress
Strain


TS
M
F
Stress
Strain



المعدن المطيلي: يعتبر المعدن الذي له القابلية على الاستطالة تجاه الاحمال المسلطة بالمعدن المطيلي وعلى العكس من المعدن الهشي الذي ينكسر بشكل مفاجئ نتيجة للحمل المسلط عليه

(ductility)

5-نقطة الخضوع:

هي الحد الفاصل بين منطقة المرونة واللدونة على منحني الشد

(yield point)

6-مقاومة الشد القصوى:

اقصى اجهاد يمكن ان يتحمله المعدن دون ان ينكسر.

(uts)

7-معامل المرونة:

هو ميل منطقة المرونة في منحني الشد حيث يكون العلاقة ما بين الحمل المسلط والاستطالة الحاصلة بشكل خط مستقيم في منطقة المرونة اي في بداية منحني الشد وكما موضح في الاشكال السابقة.

(elastic modulus)

التبلور ومنحني التبريد

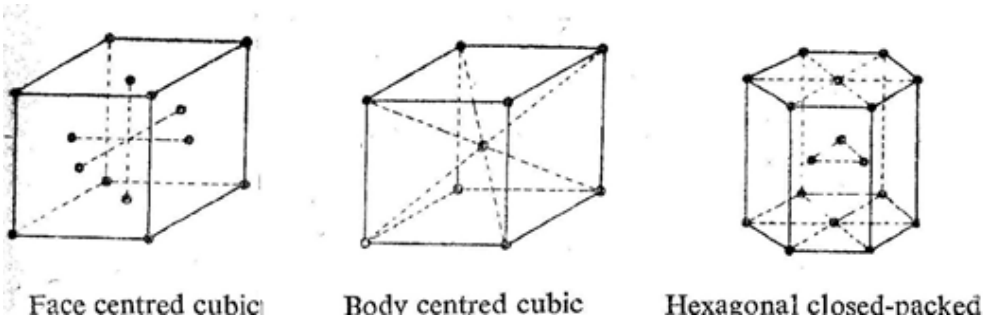
ان المعادن الشائعة تتبلور عادة على نمط معين من الانماط الرئيسة الثلاثة التالية:

1-مكعب متمركز الجسم

2-مكعب متمركز الوجه

3-السداسي المكتظ.

الاشكال التالية توضح الانماط الثلاث.

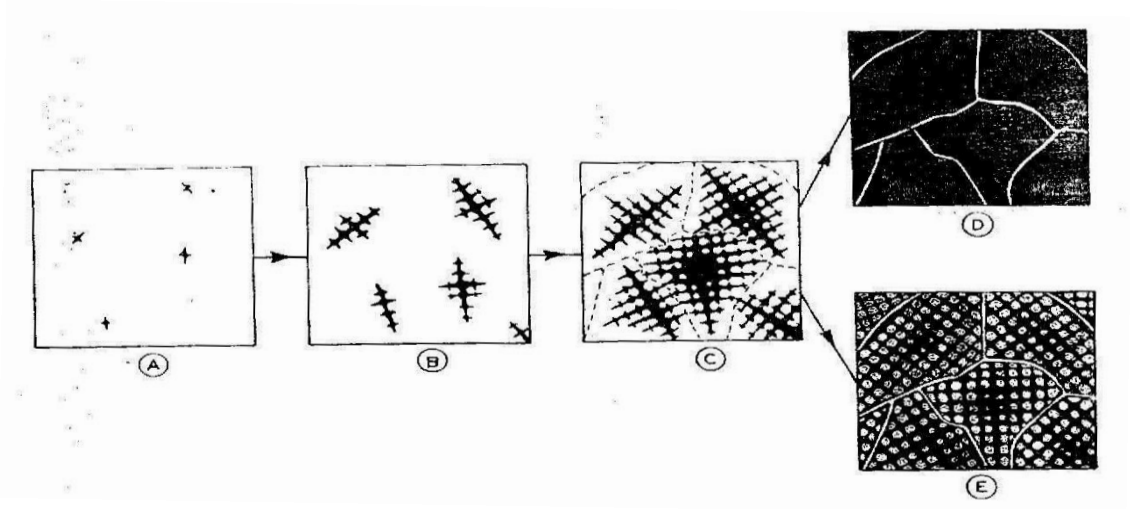


(السداسي المكتظ) (مكعب متمركز الجسم) (مكعب متمركز الوجه)

تبلور المعادن:

بعد ان وضحنا انواع الشبكات الفراغية المعدنية (انماط التبلور) نتطرق الان الى مراحل عملية التبلور.

الشكل التالي يمثل مراحل عملية التبلور

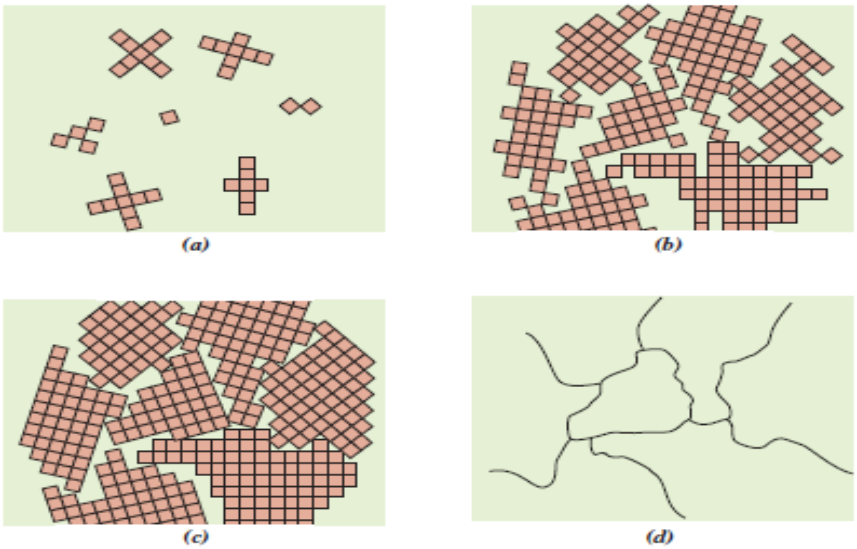


أ:تكون النواة في السائل المبرد وستبدا بالنمو في الاتجاهات الثلاثة

ب: بلورات شجيرية تنمو من النواة

ج: تلاقي اذرع البلورات الشجيرية وتوقف النمو نحو الخارج (اسطح التماس تكون الحدود البلورية)

د: ينجمد اسائل المتبقي بين الاذرع الشجيرية مكونا حبيبات متجانسة وهذه الحالة تحصل عند اجراء معاملات حرارية كالتخمير، بينما الحالة الاخيرة (البلورات الشجيرية) تظهر عادة عند وجود شوائب مثلاً .



ظاهرة التاصل:

هتالك بعض المعادن يمكن ان تكون بلوراتها في اكثر من حالة (طور) وذلك بتغير درجة حرارتها منها الحديد.

منحنيات التبريد

عند وضع كتلة معدنية في بودقة ثم تسخينها داخل فرن ليصل المعدن الى درجة الانصهار (اي تحوله من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة) فان المعدن سيصبح في الحالة السائلة وبايقاف عملية التسخين تبدأ عملية التبريد وباستمرار عملية التبريد تنخفض درجة حرارة المعدن بمرور الزمن لكي يكتمل انجماد الكتلة المعدنية لتصبح في الحالة الصلبة وعند تسجيل القراءات ما بين درجة الحرارة والزمن يصبح لدينا جدول يمكن استخدامه في انشاء ما يعرف بمنحني التبريد الذي هو منحني يصف العلاقة ما بين درجة الحرارة وزمن الانجماد.

مثال:

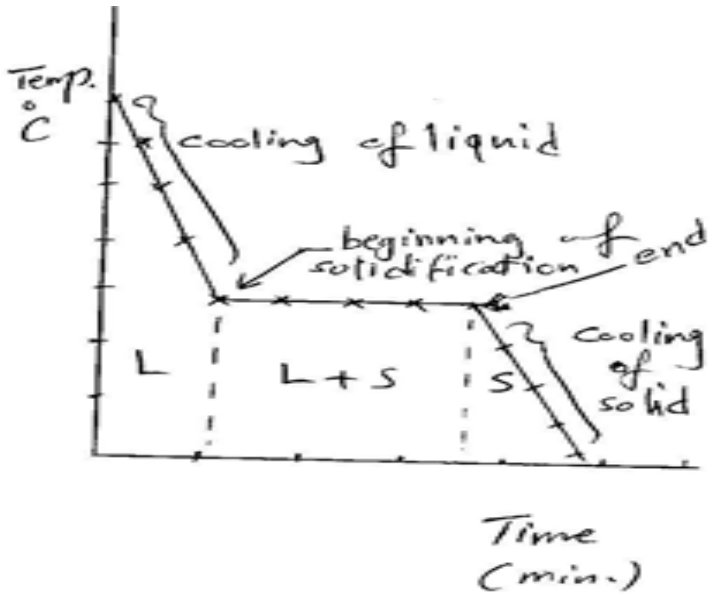
نموذج المنيوم تم تسخينه الى درجة الانصهار .ارسم منحني التبريد لنموذج الالمنيوم

جواب:

تم تسجيل القراءات ما بين درجة الحرارة والزمن.درجة الحرارة المسجلة على الفرن 660 مئوية .الجدول التالي يبين القراءات بين الزمن ودرجة الحرارة

الزمن/دقيقة	درجة الحرارة/مئوية
0	660
2	650
4	620
6	610
8	590
10	580
12	540
14	531
.....	.....
.....	.....
60	25

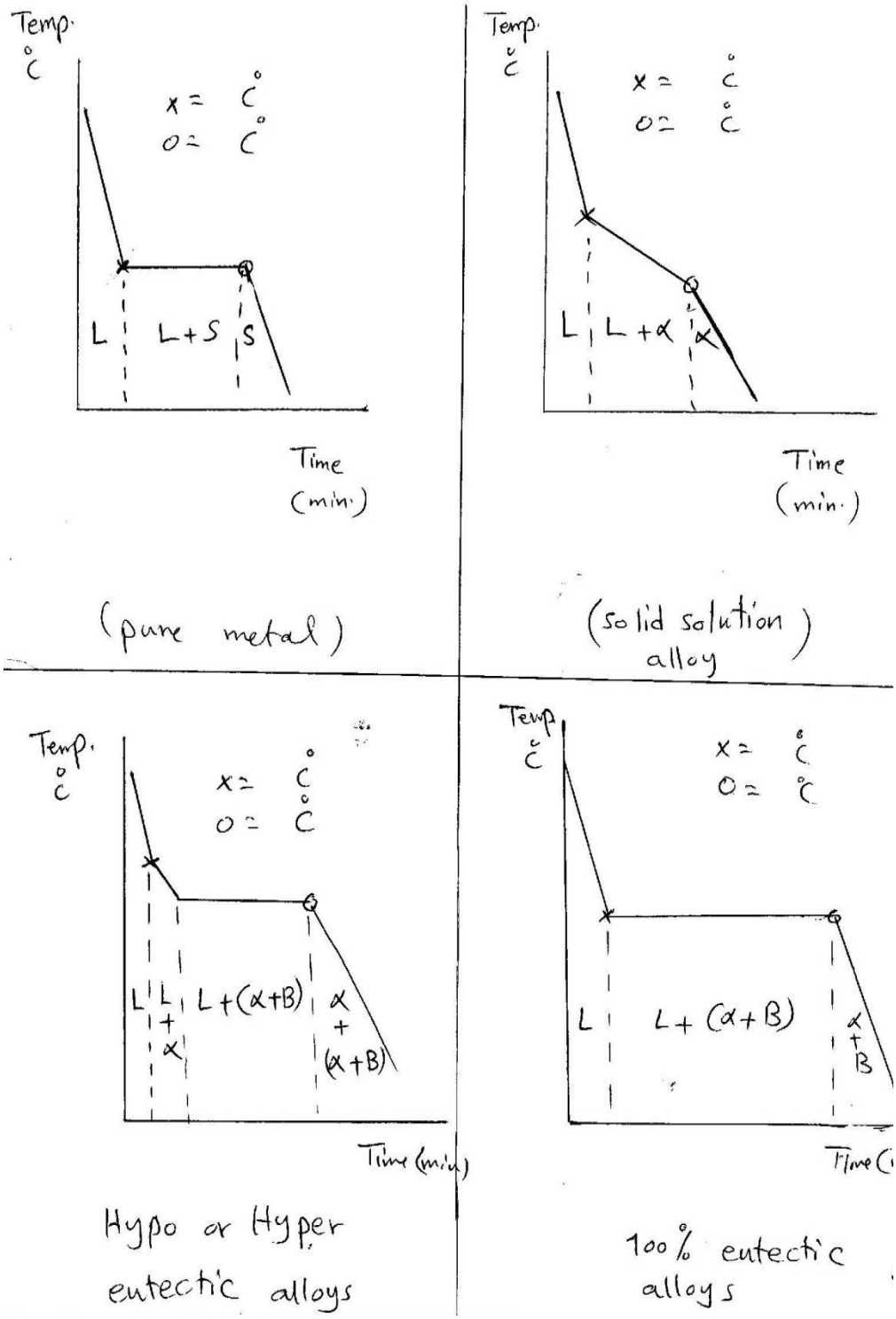
الشكل التالي يمثل منحني التبريد للتجربة اعلاه والذي يمكن الاستنتاج منه على درجة حرارة بداية الانجماد ودرجة حرارة نهاية الانجماد.



المنحني اعلاه يمثل العلاقة بين درجة الحرارة وزمن الانجماد حيث ان نقطة x تمثل درجة حرارة بداية الانجماد ونقطة o تمثل درجة حرارة نهاية الانجماد

انواع منحنيات التبريد:

الاشكال التالية تبين انواع منحنيات التبريد



مخططات التوازن الحراري

يمكن تعريف مخطط التوازن الحراري بانه ذلك المخطط الذي يصف العلاقة بين درجة الحرارة والتركيب الكيمياوي للسبيكة ما معناه ان السبائك فقط لها مخططات اتزان حرارية.

يتم انشاء المخطط بالاعتماد على منحنيات التبريد التي يتم رسمها للنظام السبائكي وان اي مخطط توازن حراري يحتاج على الاقل الى عشرة منحنيات تبريد على سبيل المثال لكي يتم رسمه بدقة ووضوح.ومن خلال معرفة درجة حرارة بداية ونهاية الانجماد لكل سبيكة يتم اسقاط هذه النقاط على المخطط لغرض الحصول على الشكل النهائي لمخطط التوازن الحراري بواسطة ربط نقاط درجات حرارة بداية الانجماد فيتكون خط او منحني السيولة وكذلك ربط نقاط درجات حرارة نهاية الانجماد مكونة خط او منحني الصلابة.

ومن خلال هذه المخططات فانه يمكننا التعرف على التغييرات الحاصلة في اطوار السبيكة والسبائك اما تكون ثنائية او ثلاثية فالسبائك المكونة من معدنين فقط تسمى بالسبائك الثنائية.

انواع الانظمة السبائكية:

تعتبر كافة انواع السبائك الثنائية عند انصهارها (الحالة السائلة) من طور واحد حيث تكون جميع المكونات مذابة مع بعضها ولكن عند الانجماد يختلف سلوك الانظمة السبائكية وحسب كل نوع وبالتحديد حسب حالة الاذابة بين المكونات في حالة الانجماد اي في الحالة الصلبة ، وعليه يمكن تحديد الانظمة السبائكية الشائعة التالية:

1-نظام سبائكي نوع المحلول الجامد

2-نظام سبائكي نوع اليوتكتك

3-نظام سبائكي من النوع المشترك

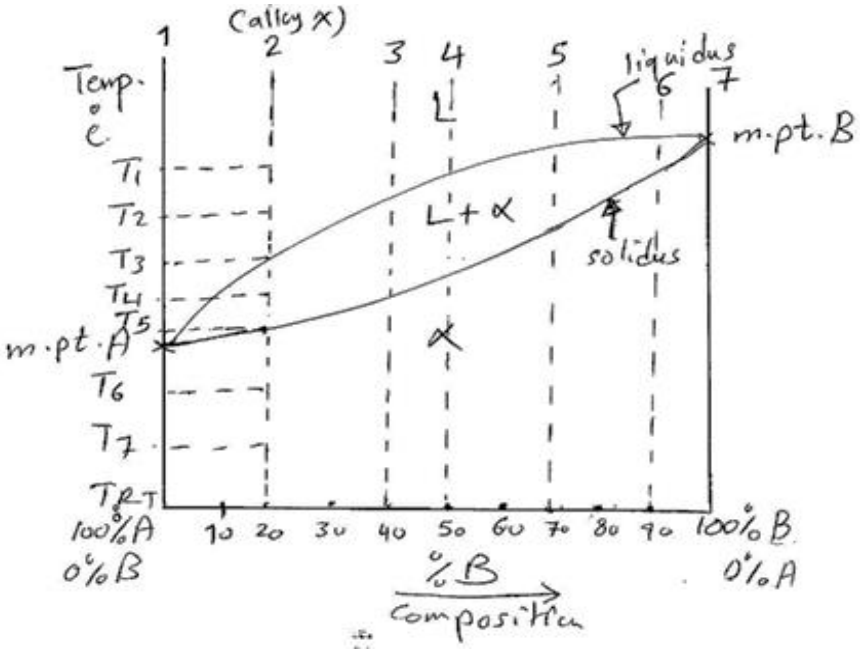
نظام سبائكي نوع المحلول الجامد :

تستخدم هذه التسمية للاستدلال على حالة الاذابة الكاملة ما بين المعدنين المكونان للسبيكة وفي الحالتين السائلة والصلبة.

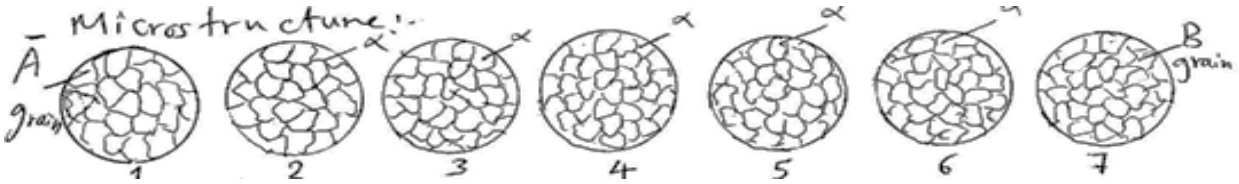
توجد عدة انظمة سبائكية من نوع المحلول الجامد ومن اكثرها شيوعا نظام النحاس-النيكل.

الشكل التالي يبين المخطط السبائكي لمعدنين هما :

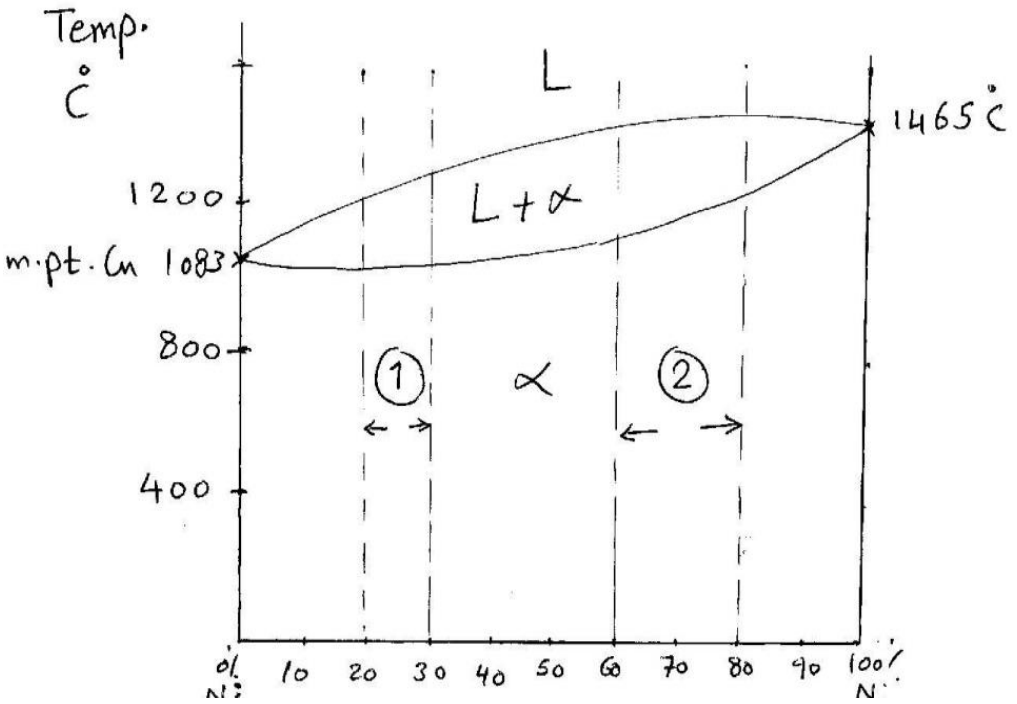
(A & B)



نلاحظ من المخطط اعلاه ان المنحني العلوي يعتبر منحني السيولة والمنحني السفلي منحني الصلابة، وان درجات الانصهار للمعدنين غير متماثلة وان جميع سبائك هذا النظام في درجة حرارة الغرفة هي المحلول الجامد (الفا) ،التراكيب المجهرية في درجة حرارة الغرفة لجميع سبائك نظام المحلول الجامد.



نظام النحاس النيكل:



تطبيقات صناعية:

1-السبيكة 25% نيكل لها مطيلية عالية ومقاومة تاكل جيدة.تستخدم في صناعة العملات المعدنية

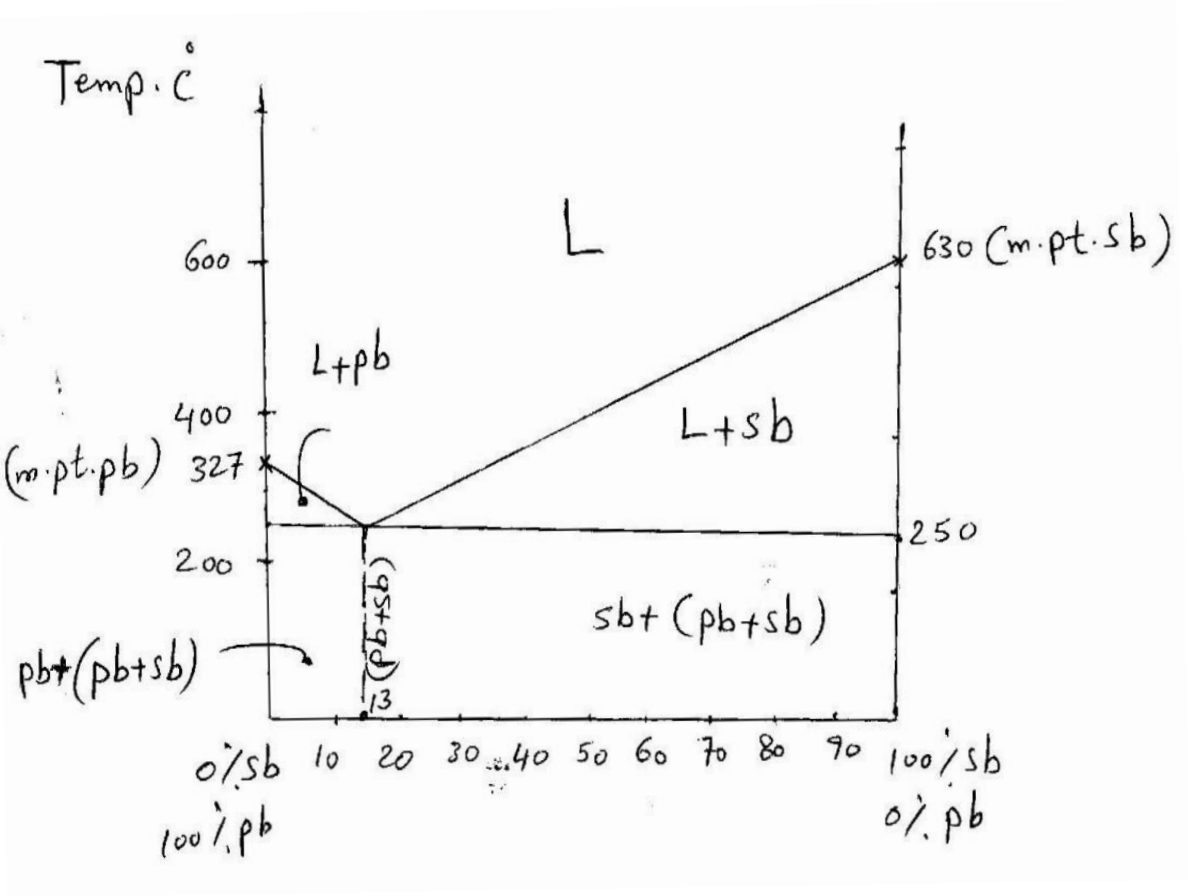
2-التركيب المجهري لها في درجة حرارة الغرفة المحلول الجامد الفا بنسبة 100%.

3-السبيكة 68% نيكل ذات مقاومة عالية للتاكل وتستخدم في محطات الهندسة الكيميائية.

السبيكة 40% نيكل تستخدم غي صناعة المزدوجات الحرارية

نظام سبائكي نوع اليوتكتك البسيط:

يعتبر نظام الرصاص-الانتيمون مثالا لهكذا انظمة سبائكية.



حيث نلاحظ من الشكل وجود سبيكة اليوتكتك عند(13%) انتيمون والتي قسمت المخطط الى جزئين هما قبل اليوتكتك وبعد اليوتكتك. نلاحظ ايضا الخط العلوي المسمى خط السيولة والخط السفلي خط الصلابة.

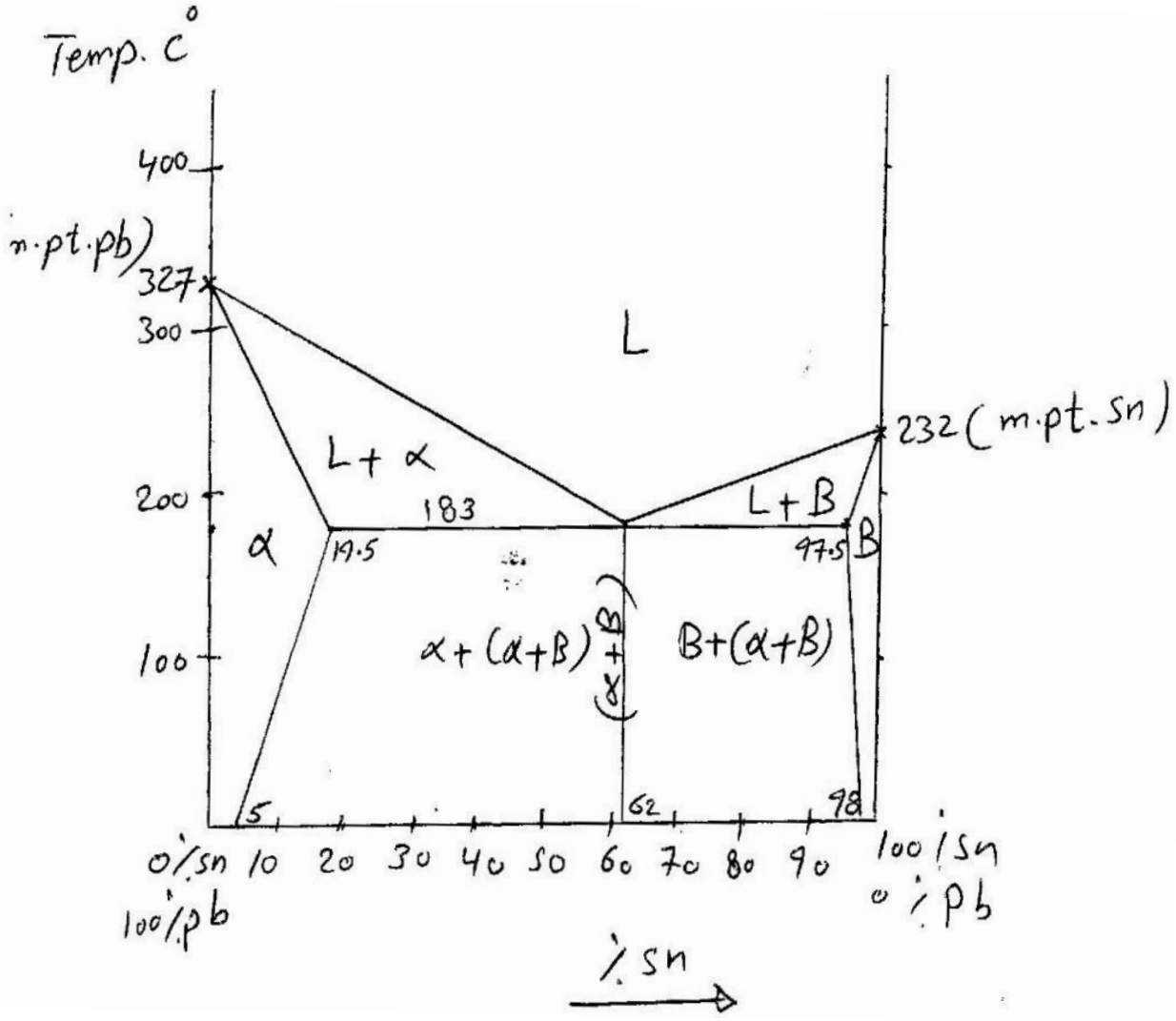
التطبيقات:

12-7/1% انتيمون والباقي رصاص تستخدم في صناعة شبكات البطاريات.

15/2% انتيمون-80%رصاص-5%قصدير تستخدم في صناعة المحامل(المساند)

نظام سبائكي نوع المشترك:

يشكل نظام الرصاص القصدير مثالا واضحا للنظام السبائكي من النوع المشترك.



التطبيقات:

33%قصدير والباقي رصاص تستخدم في اللحام بالسمكرة

60% قصدير تستخدم في اعمال لحام الخرائط الكهربائية

تمارين حول مخططات التوازن الحراري:

تمرين(1)

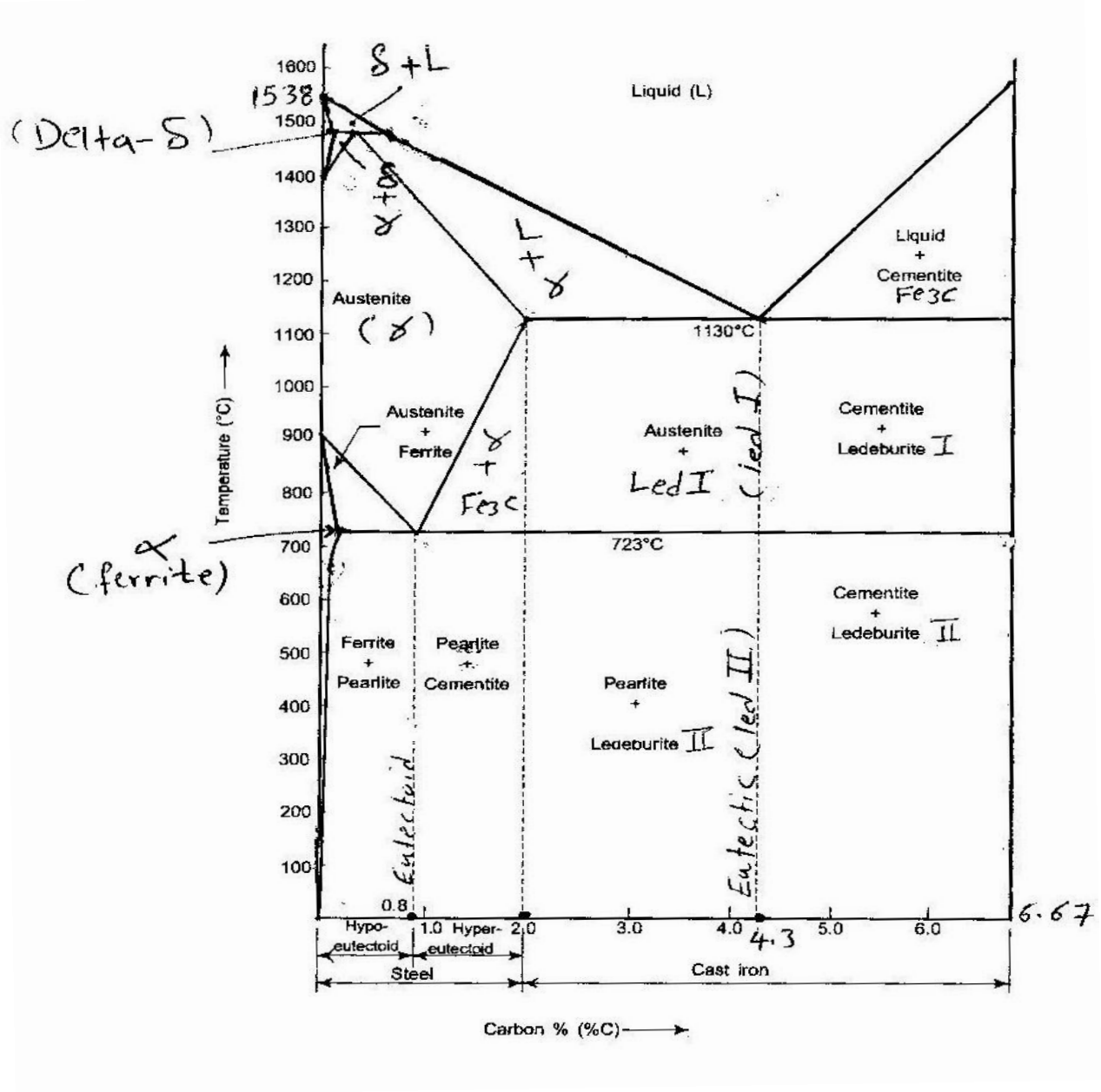
تمرين(2)

تمرين(3)

تمرين(4)

نظام الحديد الكربون

يعتبر نظام الحديد الكربون من اكثر الانظمة السبائكية شيوعا نظرا لكثرة استخدام سبائك هذا النظام في العديد من التطبيقات الصناعية.المخطط التالي يبين مخطط التوازن الحراري للحديد-الكربون.



-ملاحظات حول مخطط الحديد-الكربون

1-ينقسم المخطط الى جزئين رئيسين هما جزء الفولاذ وجزء حديد الزهر.

2-حدود جزء الفولاذ من بداية المخطط لحد 2% كربون.

3- من 2% كربون لحد 6.67% كربون تمثل منطقة حديد الزهر.

4-درجة انصهار الحديد 1538 مئوية

5-الاطوار الظاهرة في المخطط هي حديد دلتا ،الاوستنايت ،الفرايت ،البرلايت ،ليدوبرايت ،سمنتايت.

6-درجة الحرارة الحرجة العليا 910 مئوية

7-درجة الحرارة الحرجة السفلى 723 مئوية

8-نسبة الكربون في (اليوتكتويد/جزء الفولاذ) 0.83% كربون

9-نسبة الكربون في (اليوتكتك/جزء حديد الزهر) 4.3% كربون

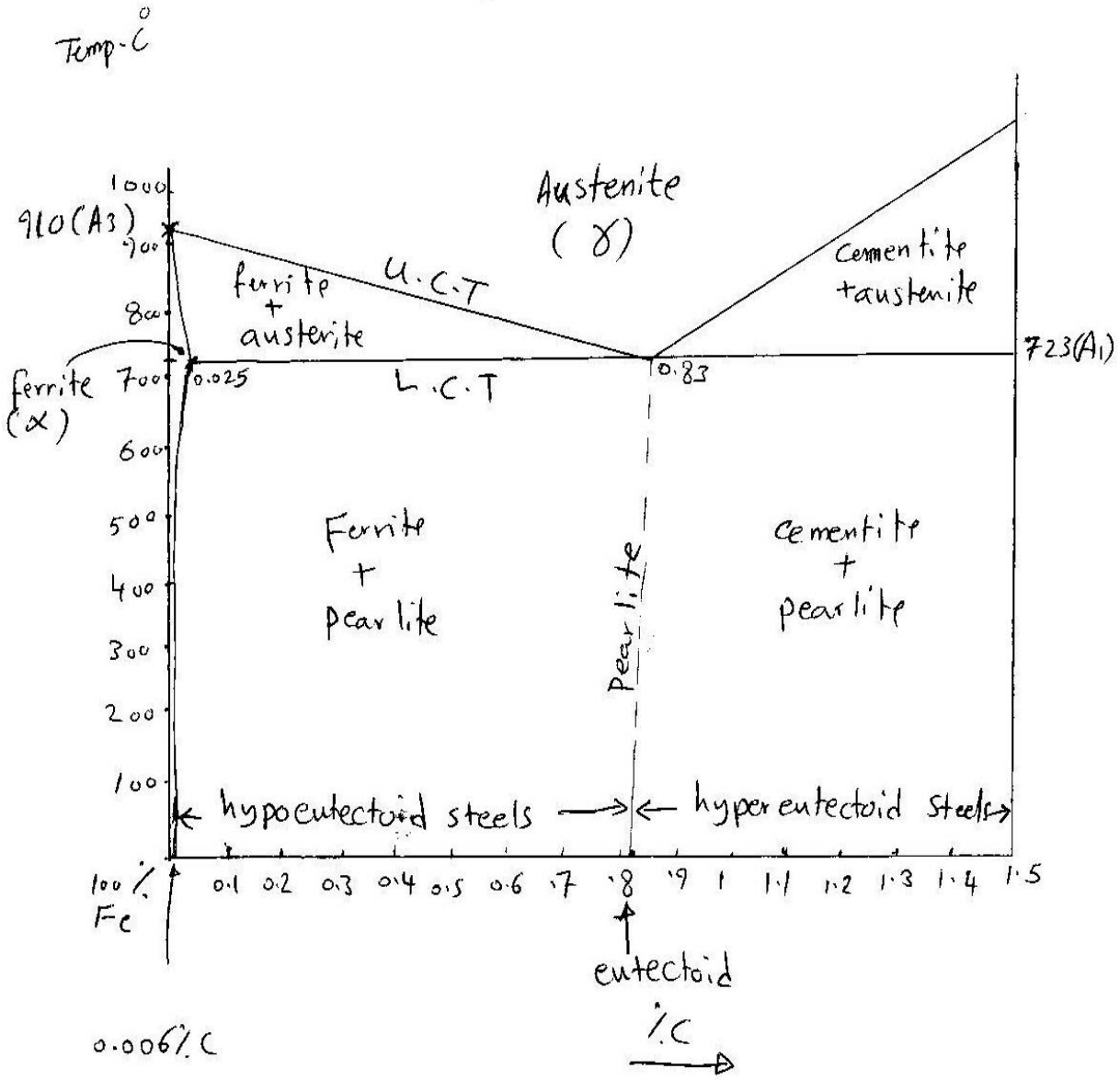
10-الاوستنايت:محلول جامد من الحديد والكربون يحتوي على اكبر كمية مذابة من الكربون في الحديد تصل الى 2% في 1130 مئوية.غير مغناطيسي وتركيبه البلوري مكعب متمركز الوجه

11-الفرايت :محلول جامد من الحديد والكربون يحتوي كربون بنسبة 0.006% في درجة حرارة الغرفة.مغناطيسي وتركيبه البلوري مكعب متمركز الجسم.

12-البرلايت:خليط من الفرايت والسمنتايت

13-السمنتايت:كاربيد الحديد صلد جدا وهش

جزء الفولاذ:


Temp. C°
1000
910(A3)
900
800
ferrite
(α)
700
600
500
400
300
200
100
Austenite
(γ)
ferrite
+
austerite
U.C.T
Cementite
+austenite
723(A1)
0.025
L.C.T
0.83
Ferrite
+
pearlite
Pearlite
cementite
+
pearlite
hypoeutectoid steels
hypereutectoid steels
100%
Fe
0.006%C
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 .7 .8 .9 1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5
eutectoid
%C

التحولات الطورية في نظام الحديد الكربون/جزء الفولاذ

مثال1/لسبيكة الفولاذ (0.4%)كربون تتبع التغير في الاطوار عند تغير درجة الحرارة من درجة حرارة الغرفة الى درجة حرارة1000 مئوية.

الحل:

مثال2/ لسبيكة الفولاذ (0.8%)كربون تتبع التغير في الاطوار عند تغير درجة الحرارة من د\رجة حرارة الغرفة الى درجة حرارة 900 مئوية

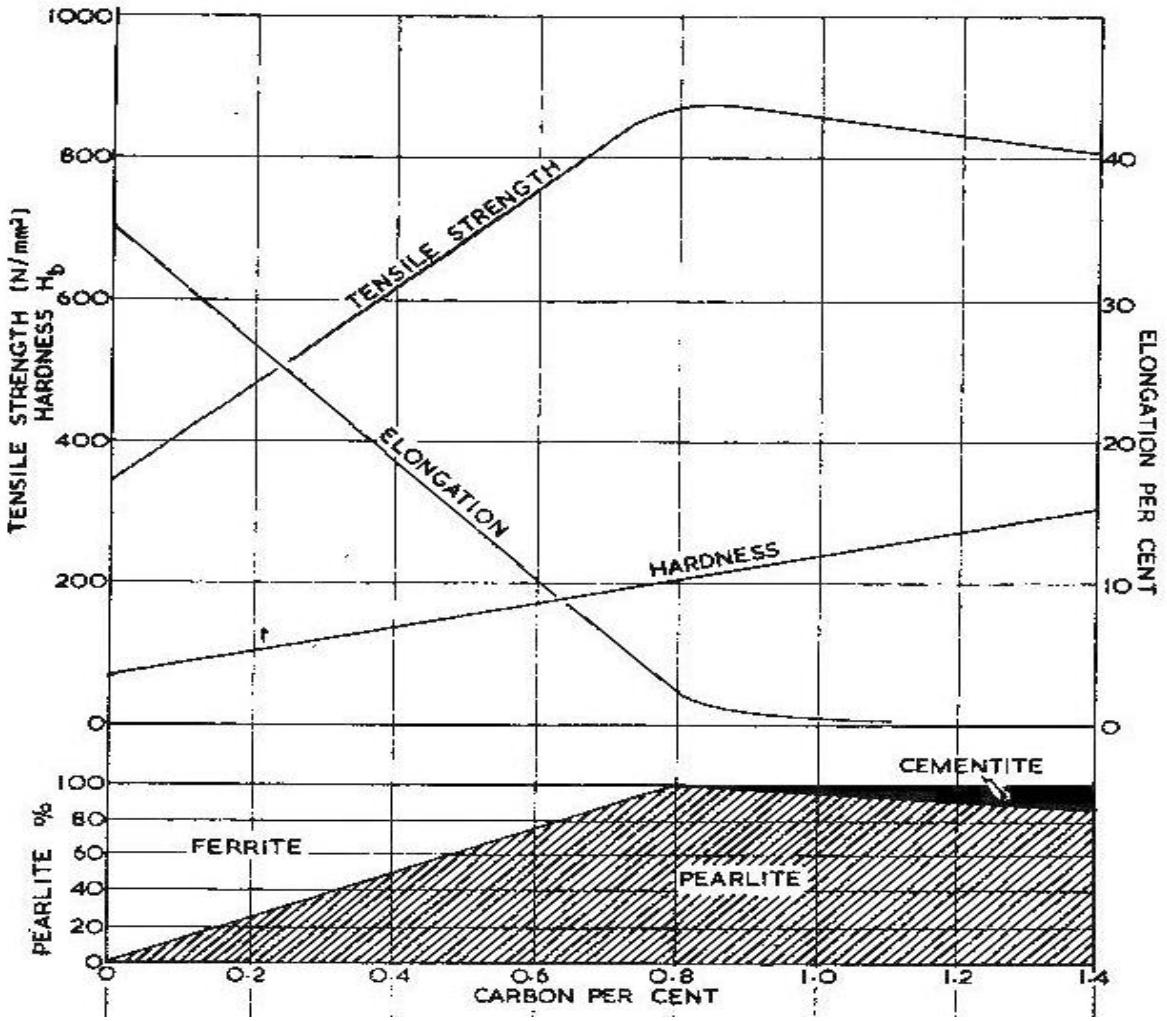
الحل:

مثال3/ لسبيكة الفولاذ (1.2%)كربون تتبع التغير في الاطوار عند تغير درجة الحرارة من درجة حرارة الغرفة الى درجة حرارة 1000 مئوية

الحل:

مثال(4): لسبيكة الفولاذ (1.4%)كربون تتبع التغير في الاطوار عند تغير درجة الحرارة من درجة حرارة الغرفة الى درجة حرارة 1100 مئوية

الخواص الميكانيكية للفولاذ: تتاثر خواص الفولاذ بنسبة الكربون .الشكل التالي يبين العلاقة بين الخواص الميكانيكية ونسبة الكربون للفولاذ.



والشكل اعلاه يبين تاثر كل من الصلادة ومقاومة الشد ونسبة الاستطالة بتغير نسبة الكربون للفولاذ.

تصنيف سبائك الفولاذ:

1/فولاذ طري خامد(0.07-0.15)% كربون

2/فولاذ منخفض الكربون(0.15-0.3)%كربون

3/فولاذ متوسط الكربون(0.3-0.6)%كربون

4-فولاذ عالي الكربون(0.6-0.9)%كربون

5-فولاذ العدد(0.9-1.5)%كربون

تطبيقات الفولاذ:

نوع الفولاذ	التطبيق	السبب
فولاذ طري خامد	انابيب مشكلة بالسحب	مطيلي جدا
فولاذ منخفض الكربون	القطاعات المختلفة وقضبان الزاوية	مطيلي
فولاذ متوسط الكربون	المحاور،الاعمدة المرفقية،القضبان الرابطة	مقاومة شد وصلادة متوسطة ومطيلية اقل
فولاذ عالي الكربون	الحبال السلكية	اعلى مقاومة شد مع صلادة كبيرة
فولاذ العدد	المبارد،عدد الخراطة	صلادة كبيرة جدا

تمرين/ارسم التراكيب المجهرية لسبائك الفولاذ حسب جدول تصنيفه

تمرين/ماهي التطبيقات الصناعية لجميع اصناف الفولاذ؟

حديد الزهر:

ان مخطط الحديد الكربون يتكون من جزئين هما حجزء الفولاذ وجزء حديد الزهر ومن الملاحظ ان حديد الزهر له درجة انصهار اوطأ من الفولاذ وعليه فانه يمكن صهره بسهولة وبكلفة اقل حيث تكون للمنصهر سيولة جيدة وقابلية للانسياب في القالب.يحتوي حديد الزهر بالاضافة للكربون كل من المنغنيز والسليكون والكبريت والفسفور.

يكون شكل الكربون في حديد الزهر على نوعين هكا الكربون المتحد (سمنتايت9 حيث يكون حديد الزهر في هذه الحالة صلد وهش وغير قابل للتشغيل وعند كسره فان لون السطح المكسور يكون ابيض اللون لذا يسمى هذا النوع حديد الزهر الابيض.

اما اذا كان الكربون متواجد بشكل حر فانه يكون بشكل كرافيت فيصبح حديد الزهر لينا نسبيا وذو قابلية للتشغيل وعند كسره يكون لون المكسر رماديا ولهذا سمي بحديد الزهر الرمادي .ان العوامل التي تتحكم بشكل الكربون في حديد الزهر هي معدل التبريد ،التركيب الكيمياوي والمعاملات الحرارية فاذا كان معدل التبريد المستخدم بطئ يتكون كرافيت بينما التبريد السريع يتكون السمنتايت كما ان لسمك مقطع المسبوكة ونوعغ القالب المستخدم تاثير على معدل التبريد.

ملاحظة:من خلال مخطط الاتزان الحراري للحديد الكربون يمكننا ملاحظة التغيرات الحاصلة في اطوار حديد الزهر الابيض فقط دون انواع حديد الزهر الاخرى والتي يمكن اجمالها كما يلي:

1-حديد الزهر الابيض

2-حديد الزهر الرمادي

3-حديد الزهر المتكور

4-حديد الزهر الطروق

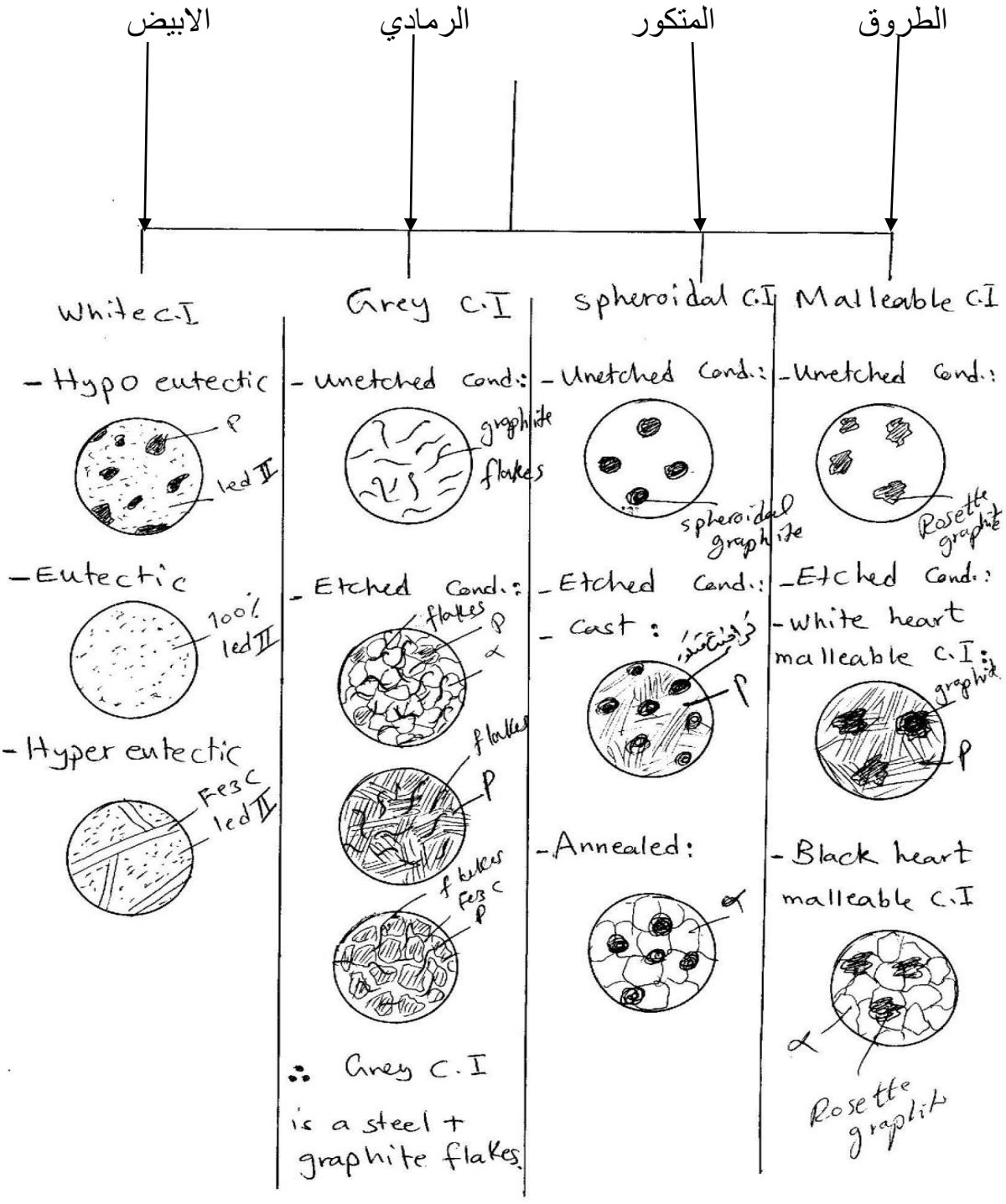
والكربون يكون بشكل سمنتايت في النوع الاول فقط بينما يكون بشكل كرافيت للانواع الاخرى.

يتم الحصول على الزهر المتكور باضافة النيكل ، المغنيسيوم الى المنصهر قبل عملية الصب بينما ينتج الزهر الطروق باجراء عملية التخمير لحديد الزهر الابيض.

استخدامات وخواص حديد الزهر:

النوع	الخواص	التطبيقات
حديد الزهر الابيض	صلد جدا وهش -مقاوم للسوفان -غير قابل للتشغيل -مقاومة صدمة قليلة	-درافيل مصلدة -صناعة حديد الزهر الطروق -نصال المحراث
حديد الزهر الرمادي	-طري نسبيا -قابل للتشغيل -مقاومة انضغاط كبيرة	-اسطوانات ومكابس المحركات -انابيب الماء الرئيسة -حلقات المكابس
حديد الزهر المتكور	-متانة -مطيلي نسبيا -قابل للتشغيل -مقاومة شد كبيرة	-الاعمدة المرفقية -اذرع التوصيل
حديد الزهر الطروق	-مطيلي -قابل للتشغيل -مقاومة شد كبيرة -متانة	

التراكيب المجهرية لحديد الزهر في درجة حرارة الغرفة:



المعاملات الحرارية للفولاذ

تتضمن المعاملة الحرارية تسخين الفولاذ الى درجة حرارة محددة (على مخطط الاتزان الحراري) وابقاءه عند تلك الدرجة الحرارية لفترة زمنية محسوبة (تعتمد على السمك) ثم تبريده باحد اوساط التبريد.

اوساط التبريد:

-ماء

-زيت

-هواء

-فرن

حيث ان الفولاذ له القابلية على تغيير خواصه الميكانيكية عند اجراء المعاملات الحرارية وسبب ذلك يعود الى التغييرات التي تحصل في التركيب البلوري خلال التسخين والتبريد

انواع المعاملات الحرارية:

1-التخمير

2-المعادلة

3-التقسية والمراجعة

1-التخمير:وسط التبريد المستخدم يكون الفرن.يجرى لغرض تليين وتطرية الفولاذ.التخمير يكون على انواع:

أ/التخمير لغرض التشكيل:يجرى على اسلاك وصفائح الفولاذ منخفض الكربون المشكل على البارد وذلك لغرض ازالة الاجهادات الداخلية المتكونة بفعل التشكيل على البارد.

درجة حرارة اعادة التبلور:

تقدر بنصف درجة الانصهار تقريبا للمعادن النقية ويؤثر على قيمتها عدد من العوامل.عند اجراء عملية التشكيل بدرجة حرارة اقل منها سمي بالتشكيل على البارد وعند اجراءه بدرجة حرارة اكبر منها سمي بالتشكيل على الساخن.

يجرى التخمير لغرض التشكيل في درجات حرارة بحدود (550-650)مئوية .

ب/التخمير الشامل:

يجرى للمسبوكات لغرض الحصول على بلورات متجانسة ذات مطيلية كبيرة.

ج/تخمير التكور:يستخدم لتليين فولاذ عالي الكربون بتسخينه الى (650-700)مئوية وتكون البنية المجهرية كرات من السمنتايت في ارضية من الفرايت فيصبح الفولاذ له القابلية على السحب والتشغيل.

2/المعادلة:تتضمن هذه المعاملة الحرارية تسخين الفولاذ الى (30-50) مئوية اكبر من درجة الحرارة الحرجة العليا للفولاذ قبل اليوتكتويد وابقائه لفترة زمنية محددة ثم تبريده بالهواء الساكن.الفولاذ المعادل يمتلك صلادة اكبر من الفولاذ المخمر تخميرا شاملا مع حجم بلوري اصغر مما يعطي تحسن في قابلية التشغيل ونعومة للاسطح.

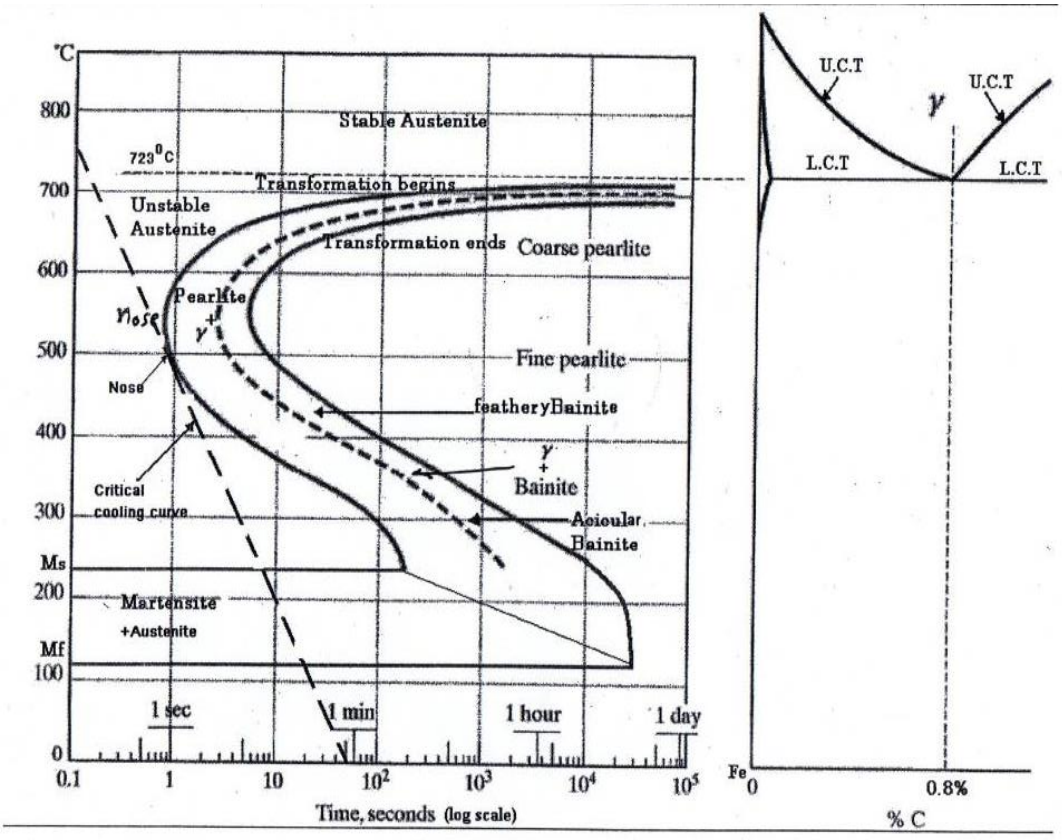
3/التقسية: وتتم بالنسبة للفولاذ بتسخينه الى درجة حرارة اعلى من الحرجة العليا وابقاءه لفترة زمنية محسوبة ثم تبريده بالزيت او الماء.سيكتسب الفولاذ المقسى صلادة كبيرة ومقاومة شد ومقاومة سوفان وان التقسية بالماء تكون اسرع من التقسية بالزيت وتعطي صلادة اكبر.

مثال:لديك اربع نماذج من فولاذ متوسط تم معاملتها حراريا باربعة طرق مختلفة كما في المخطط.بين الخواص الميكانيكية كالصلادة الناتجة من اجراء كل تعامل حراري

الحل/

مخطط الزمن –درجة الحرارة-التحول

الشكل التال يبين هذا المخطط لفولاذ يحنوي كربون(0.8)% كربون.

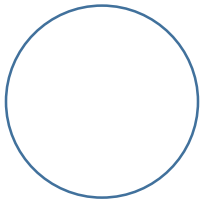
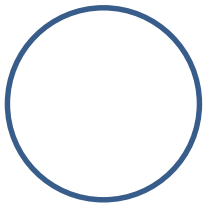
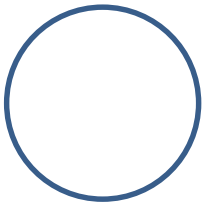
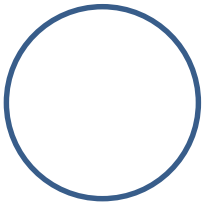
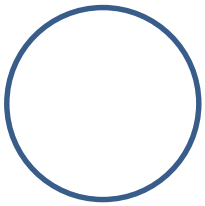
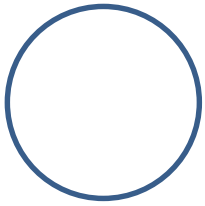
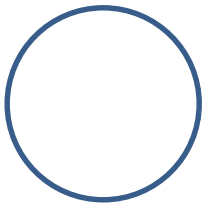
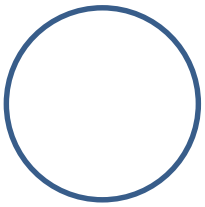
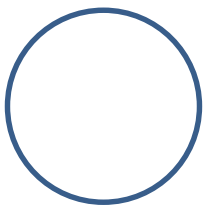


ويلاحظ من المخطط وجود مماس يسمى معدل التبريد الحرج فعند اجراء التقسية بمعدل اكبر من معدل التبريد الحرج يتكون طور المارتنسايت وهو مجهريا تركيب ابري ذو تركيب بلوري مختلف يمتلك اعلى صلادة من بين اطوار الفولاذ، اما اذا تم التبريد بمعدل اقل من الحرج كالتبريد بالزيت مثلا سيتكون طور البانايت الذي يعتبر اقل صلادة من طور المارتنسايت بالنسبة للتبريد بلهواء وبالفرن فتعتبر من النعاملات الحرارية المتزنة حيث ان الفقدان.

الحراري يكون معتدل مما سيكون التركيب المجهري لها عبارة عن برلايت خشن او برلايت ناعم على الترتيب.

وبانسبة لعملية المراجعة فتعتبر انها عملية تابعة دائما للتقسية وتجرى لازالة الاجهادات المتكونة بفعل التقسية وتجرى بتسخين الفولاذ الى درجة حرارة اقل من الدرجة الحرارية الحرجة السفلى.

اسم لطالب:	عنوان التجربة:	مادة المعادن المرحلة الثانية
المجموعة:	التاريخ:	مختبر المعادن

		
1	2	3
		
4	5	6
		
7	8	9