وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الفرات الأوسط التقنيه
المعهد التقني / الديوانية
قسم التقنيات الميكانيكيه

الحقيبة التعليمية لمادة المعادن
المرحله الثانيه/ فرع الإنتاج

مدرسة الماده : م. اسيا مشعل

Asía

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/هيئة التعليم التقني/التخصصات التكنولوجية/القسم الميكانيك / فرع الانتاج

أسم المادة	السنة الدراسية	الساعات الاسبوعية		
المعادن	الثانية	النظري/ساعتان	العملي/ساعتان	المجموع/٤ساعات

المفـــ

الهدف من المادة

تهدف دراسة علم المعادن إلى التعرف على تركيب الماده التي تمتلك الخواص المطلوبه في تطبيق هندسي معين وكذلك دراسة الشبكات البلورية للمواد , كيفية تبلور هذه االمواد والخواص الميكانيكيه لها , والعيوب التي تنشا اثناء عملية التبلور ,ومخططات الاتزان للمواد(المعادن والسبائك) , والمعاملات الحراريه ,والتأكل الذي يحدث للمواد في محيط اوبيئه غير مناسبه ,وكيفية الوقايه منه او حماية المواد منه لتقليل اضرار التأكل.

علم المعادن:

هو علم يختص بدراسة المعادن بصوره عامه من حيث الخصائص والتركيب والعوامل المؤثره فيها ويختص ايضا بدراسة التركيب الداخلي للمعادن وسبائكها , وترتيب ذراتها , اسلوب ترابط هذه الذرات, كذلك يهتم بدراسة المعاملات الحراريه وطرق تنفيذها .

Metals المعادن

:عباره عن مواد موجوده بأشكال وتراكيب مختلفه حيث تحتوي المعادن على ذرات منتظمه بأشكال معينه تدعى البلورات كما ان انتظام البلورات هذا ينهار بأنصهار المعدن وان هذا الانتظام يتغير في الحاله السائله عن الصلبه ويكون هذا التغيير مصحوبا بتغيير خواص المعدن.

التبلور

هي عملية تحول المعدن المنصهرالى معدن صلب متبلور اي تحول الماده المنصهره الى ماده بلوريه ذات تركيب بلوري منتظم نتيجة التوزيع الذري المنتظم لذرات العنصربالنسبه لبعضها البعض ويسمى الشكل الهندسي الناتج بوحدة الخليه والتي تعيد نفسها بانتظام في الاتجاهات الثلاثه مكونه بلورة العنصر.

يمكن لجميع العناصر ان تتواجدعلى هيئة صلبه او سائله او غازيه وذلك تبعا لظروف درجة الحراره والضغط المحيطه بها, اما المعادن فجميعها صلبه في درجات الحراره الاعتياديه ماعدا الزئبق.

وتنقسم بصوره عامه الى:-

1- مواد بلوريه Crystalline :- هي مواد تكون فيها الذرات تترتب في نمط ثلاثي الابعاد منتظم يطلق عليه الشبكه الفضائيه (الفراغيه) space lattice والذي تعاد فيها وحده معينه من البنيه مرارا وتكرارا في اجزاء الماده.

2- المواد غير البلوريه Amorphous :-هي مواد التي يكون وضع الذرات فيها عشوائيا دون انتظام معين ولاتخضع في ترتيبها لاي نظام هندسي كما هو الحال في جميع المواد في الحال السائله والغازيه وبعض المواد في الحاله الصلبه مثل الزجاج والشمع واللدائن.

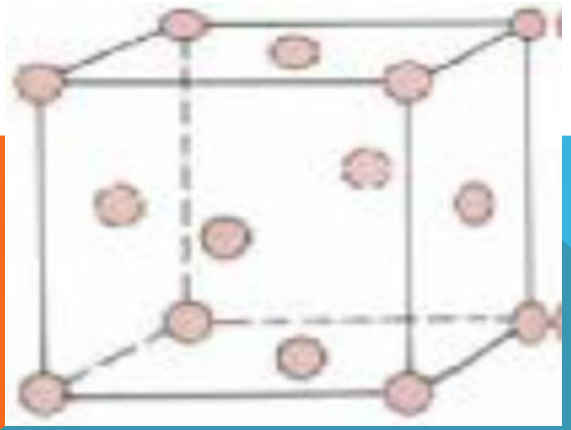
CRYSTAL STRUCTURE الشبكه البلوريه للمعادن

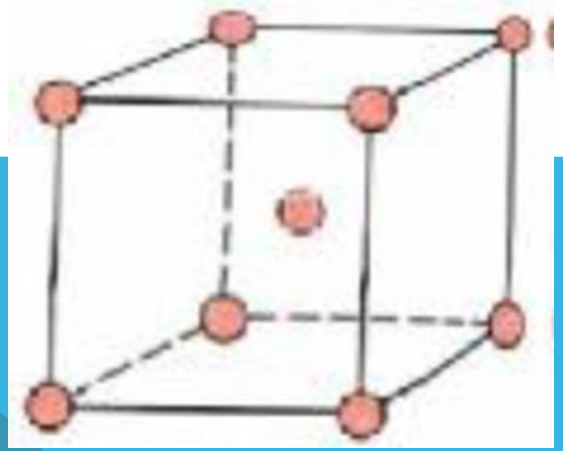
ان اكثر انواع الشبكات البلوريه انتشارأ في المعادن هي :

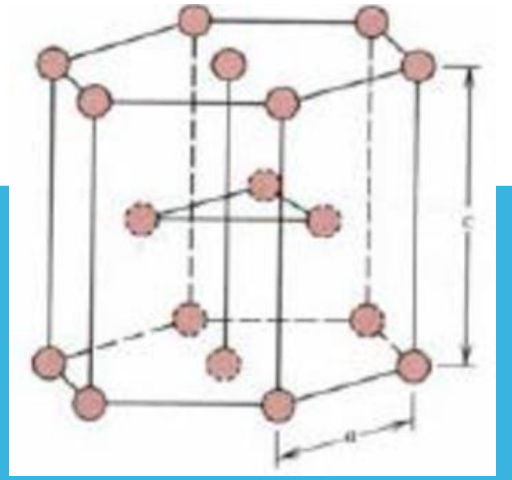
1. Face center cubic F.C.C مكعب متمركز الوجه, مثال لهذه الشبكه هو حديد الفا, الكروم, التنجستن, رصاص, ذهب.

2- Body center cubic B.C.C مكعب متمركز الجسم, مثال لهذه الشبكه النحاس, الالمنيوم, حديد كاما., النيكل

3- Hexagonal closed packed H.C.P شبكه سداسيه متراصه, مثال لهذه الشبكه المغنسيوم, التيتانيوم , الكادميوم .







التبلور الشجيري

اثناء عملية تجمد المعدن قد تأخذ البلورات المتكونه اشكالا مختلفه فاما ان تكون شجيريه او شرائحيه او ابريه وذلك تبعا لمعدل التبريد ونوع الاضافات او الشوائب الموجوده في منصهر المعدن.فعندما يبدأ منصهر المعدن النقي بالتجمد فان كل بلوره تبدأ بالتكون على حده من النواة التي هي وحدة خليه بسيطه تنطلق منها عملية نمو البلوره بتجمع الذرات حولها طبقا للشبكه البلوريه للمعدن حيث تكون ما يسمى بالفرع هو عباره عن هيكل بلوري يشبه العمود الفقري الذي تبدأ منه الاذرع بالنمو في اتجاهات اخرى ومن هذه الاذرع تبدأ اذرع اخرى فرعيه في التكون وهكذا تستمر عملية النمو والتفرع في اتجاهات مختلفه منطلقه من نويات متعدده حيث تلتقي افرعها فيما بينها بحيث تتوقف عملية النمو مكونه عند تلاقيها ما يسمى بحدود الحبيبات التي تفصل بين البلورات كما في الشكل ادناه :-

شكل يوضح النمو الشجيري

حيث يبدأ النمو الثانوي من الاذرع الرئيسية للبلورة حتى يتشكل هيكل البلورة والذي يعرف بالدندرايت او النمو الشجيري .

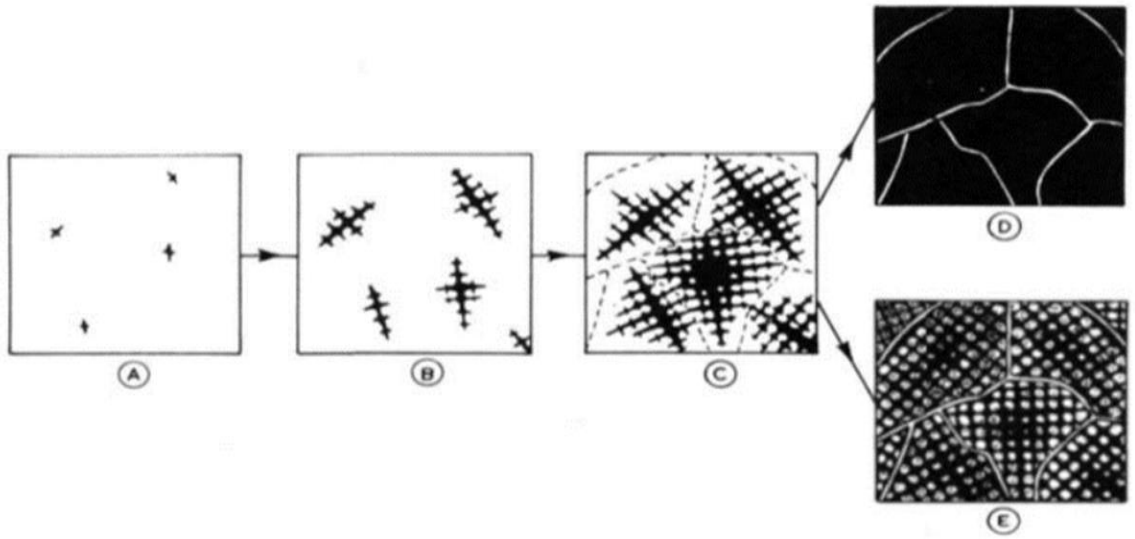
ويمكن تلخيص عملية التبلور بالخطوات التالية :

A - تكوين نواة في السائل المبرد .

B - البلورة الشجيرية تنمو منطلقة من النواة .

C - تلاقي الاذرع الشجيرية فيتوقف النمو نحو الخارج فتتكون حدود الحبيبات من اسطح التماس.

D - يتجمد السائل المتبقي بين اذرع البلورات مكونا حبيبات متجانسة.



تأثير معدل التبريد على بنية المعادن

ان المعدل الذي يبرد به المعدن المنصهر عندما يصل الى درجة تجمده يؤثر في حجم البلورات التي تتكون.فالانخفاض المتدرج في درجة الحراره يؤدي الى تكون نوى قليله فقط, بحيث ان البلورات يمكن ان تنمو الى حجم كبير دون اعاقه.

تأثير سرعة التبريداذا كانت :-

1. سرعة التبريد عاليه :- فانها تؤدي الى تبريد القالب بكامله او جدرانه بواسطة عامل مبرد مثل الماء فأن ذلك يؤدي الى تكوين عدد كبير من النوى في جميع انحاء المنصهر فالبلورات الناتجه تكون صغيره الحجم ان ذلك يعود اى استهلاك المنصهر من قبل هذا العدد الكبير من النويات اي انها سوف تعيق الواحده للاخرى اثناء النمو بحيث لا تستطيع الى حجوم كبيره.

2 سرعة التبريد بطيئه:-على سبيل المثال اذا صب المعدن المنصهر في قالب معزول بشكل جيد عن المحيط الخارجي بماده عازله للحراره فان التدرج الحراري يكون قليل جدا خلال القالب اي ان درجة الحراره تكون متساويه او متقاربه,اي جميع مناطق المنصهر سوف تبرد بنفس السرعه البطيئه وذلك يؤدي الى تكوين بلورات متشابهه من حيث الشكل والحجم. ان انتظام شكل وحجم هذه البلورات نتيجة ان النواة الاوليه المتكونه او البلوره سوف تنمو الى جميع الجهات بنفس السرعه وبنفس المقدار,وان هذه النويات تستطيع النمو الى احجام كبيره منتظمه الشكل والحجم ومن هنا تسمى بالبلورات المتساوية المحاور.

3 . السرعه عاليه وواطئه :- يعني وجود تدرج حراري كبير بنفس الوقت.اذا صب المعدن المنصهر في قالب معدني ذو مقطع كبير في هذه الحاله جزءمن المعدن الذي يلامس جدار القالب سوف يفقد الحراره بسرعه خلال جدران القالب في حين ان المنصهر وسط القالب يبقى سائلا وفي درجات الحراره العاليه لفتره زمنيه طويله اي انه سوف يتجمد بسرعه بطيئه جدا بمعنى ان هنالك تدرج حراري يبدأمن جدار القالب حيث سرعة تبريد عاليه وينتهي في مركز القالب حيث سرعة التبريد البطيئه.

تركيب الكتل المعدنية المسبوكة

بعد ان يتم استخلاص المعدن من خاماته يسبك في قوالب صب كبيرة تكون هي المادة الاولية التي تجرى عليها عمليات التصنيع الاخرى للمعدن وحسب الحاجة .

ان عدد الطبقات البلورية المتكونة في الصبة بعد انتهاء عملية الانجماد تتوقف على نوع وطبيعة المعدن المنصهر وفيما يلي الطبقات البلورية التي تظهر في الكتل المعدنية :

1- **الطبقة الاولى : الحبيبات المصقعة** Chill Crystals Chill Crystals Chill Crystals Chill Crystals Chill Crystals

عند صب المعدن في القالب الذي تكون درجة حرارته عادة مساوية لدرجة حرارة الغرفة ، فان المعدن الملامس لجدار القالب سوف يبرد بسرعة نتيجة الافراط في التبريد وهذا يؤدي الى تكوين حبيبات صغيرة الحجم عشوائية الترتيب متماثلة أي متساوية الحجم يطلق عليها الحبيبات المصقعة او الحبيبات المبردة سريعا .

2 - Columner Crystals : **الحبيبات الطولية او العمودية**

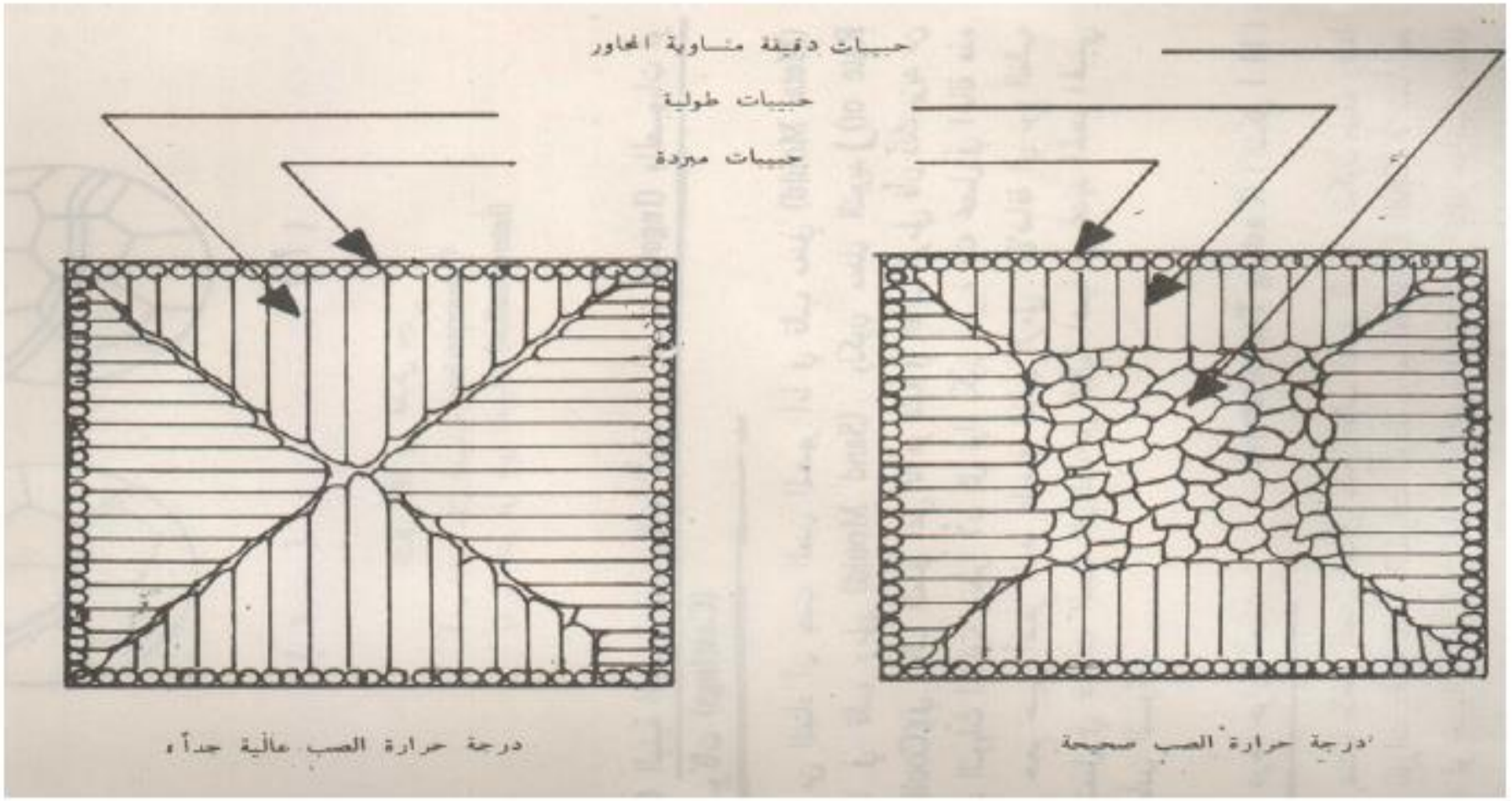
تمتاز هذه البلورات بكونها كبيرة الحجم طولية الشكل وتنمو عكس اتجاه فقدان الحرارة من جدران القالب وتكون عمودية على جدار القالب وتتوجه نحو مركز القالب.

3 - Equi -Axed Crystals **الطبقة الثالثة : الحبيبات الكروية او متساوية المحاور**

وتمتاز بكونها كبيرة الحجم كروية الشكل نتيجة فقدان الحرارة من جميع الاتجاهات وسرعة التبريد البطيئة .

ان النسبة بين هذه الطبقات تتوقف على عوامل عديدة منها :

1 - حجم الصبة
2 - مقدار الافراط في التبريد
3 - معدل التبريد
4 - تركيب السبيكة


حبيبات دقيقة متساوية المحاور
حبيبات طولية
حبيبات مبردة
درجة حرارة الصب عالية جداً
درجة حرارة الصب صحيحة

يصب المعدن المنصهر إما في قالب معدني أو رملي . ولكون معدل التبريد في القالب المعدني أعلى من القالب الرملي فان ذلك يزيد من عدد النويات المتكونة ونظرا لان كل نواة تكون حبيبة لذا نحصل على حجم حبيبي اصغر مما هو عليه في القالب الرملي .

بالإضافة إلى نوع القالب المستعمل في عمليات الصب فان هناك عوامل تحدد الحجم الحبيبي للمعادن والمسبوكات ومن هذه العوامل :-

1- درجة حرارة الصب .

كلما كانت درجة حرارة الصب صحيحة نحصل على بنية بلورية جيدة أي إن السائل في مركز الصبة يتصلب مكونا حبيبات متساوية المحاور قبل أن تلتقي الحبيبات الطويلة .

2 - سمك المعدن .

تبرد المقاطع الرقيقة بسرعة اكبر مما يودي الى تكوين حجم حبيبي صغير مقارنة مع المقاطع الاسمك من المسبوكات .

3 - نقاوة المعدن . كلما كان المعدن أكثر نقاوة كانت الحبيبات المتكونة اكبر .

الاختبار القبلي

1) عرف :- المعادن , التبلور

2) اذكر الخطوات التي تلخص عملية التبلور.

Defect in cast metals:العيوب الشائعه في الصبات

1-العيوب في المعادن المصبوبة وهي :-

A - الفجوات الانبوبية (المخروطية) piping . وتتكون في الجزء العلوي من الصبة والذي يتجمد في الاخير وسبب تكونها الفرق بين حجم المعدن المنصهر والمعدن المتجمد.

B - المسامية porosity :- يعزى مصدر المسامية الى سببين اساسيين هما :-

أ -**المعدن المنصهر** غير قادر على انه يغذي الفجوات المتكونة بين الشجيرات نتيجه الانكماش بسبب الانجماد وخصوصا اذا تم تبريد المعدن بسرعه عند ذلك تبقى فسح كمسامات دقيقه Micro porosity.

ب - **تنشأ المسامية بسبب انحصار** الغاز في المصبوبة وهذا الغاز ممكن ان يتكون بسبب التفاعل الكيمياوي في المنصهر مع سطح القالب .

C- الفجوة الانكماشية : -

تظهر الفجوة الانكماشية نتيجة الفرق في الحجم بين المعدن المنصهر والمعدن المتجمد في منطقة الاذرع الشجيرية .

D- الانعـزال (الفـرز) segregation:- ان التركيـب الكيميـاوي غيـر المنـتظم للمصـبوبات والمسبوكات يجعل توزيع العناصر الكيمياوية غير منتظم وبالتالي المادة غير متجانسة عندما يكون عدم الانتظام في التكوين الكيمياوي خلال مسافات بحدود الابعاد الحبيبية يدعى العزل او الفرز الدقيق .

ايضا ينشأ الانعزال (الفرز) بسبب الشوائب تصبح متمركزه في السائل المتبقي وبناءا على ذلك تكون مناطق الحدود البلورية غنية بالشوائب نسبة الى مركز الحبيبية.

2- العيوب فى الشبكه البلوريه:-

على الرغم من ان تركيب الذرات في المواد البلورية يكون منتظم فهي تكون غير مثالية وينشأ عدم انتظام بعيوب الشبكة البلورية والتي يمكن ان يتكون عيوب نقطية تظهر خلال الشبكة البلورية الثنائية الابعاد او العيوب الخطية التي تظهر على طول عمود من الذرات او ا لعيوب السطحية وتؤثر العيوب على الخواص الميكانيكية والكهربائية للمادة الصلبة وقد تؤثر بشكل ايجابي على خواص المواد هذه العيوب هي :-

1- العيوب النقطيه

2- العيوب الخطية (الانخلاعات)

3- الحدود الحبيبية

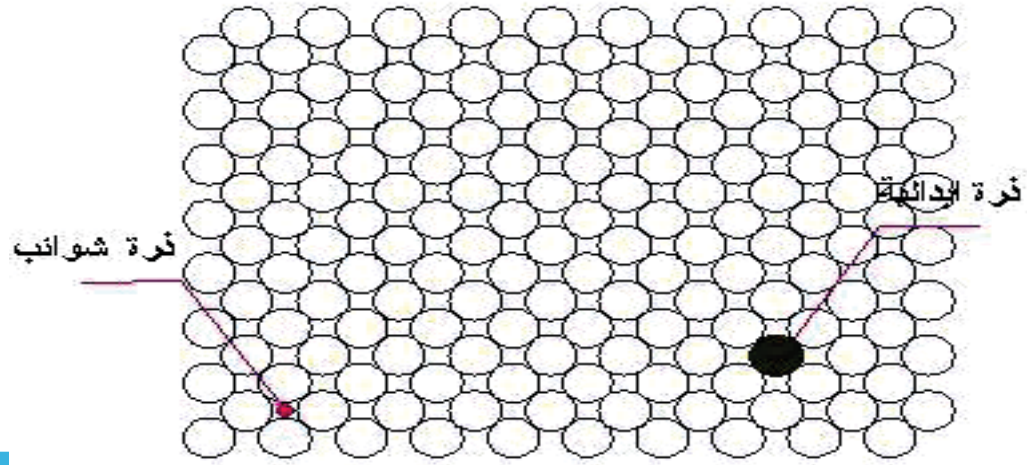
1- العيوب النقطيه Point defects-

تحدث هذه العيوب في نقطة منتظمة في البنية البلورية .تؤثر هذه العيوب على الخواص الكهربائية للمادة ويحدث تشوه في البنية البلورية بجوار منطقة العيوب النقطية مما يؤثر على الخواص الكهربائية للبلورة .

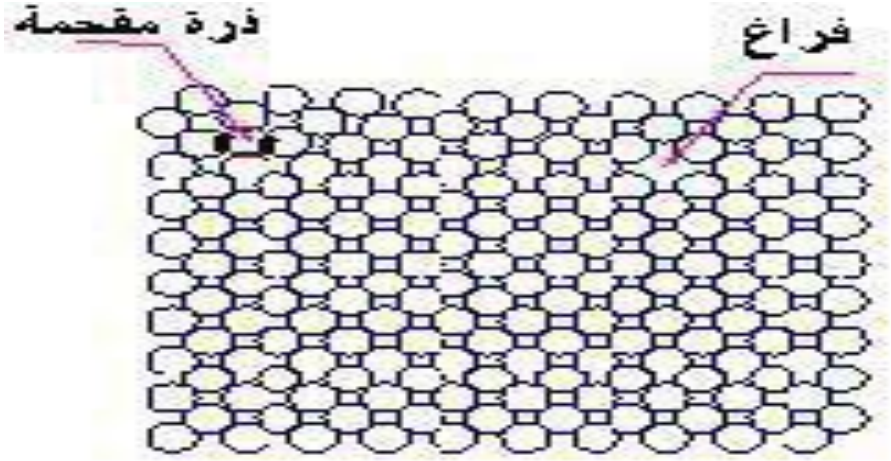
تشمل العيوب النقطية :-

- **الفجوات vacancies :-** وهي ابسط انواع الخلل النقطي والتي هي عبارة عن ذرة مفقودة ضمن التركيب البلوري وقد يحدث هذا النوع من الخلل نتيجة خلل في الاكتظاظ الذري اثناء عملية التبلور الاصلية للمادة ،او من جراء زيادة في تذبذب الذرات في درجات الحرارة العالية الذي يزيد من احتمال قفز الذرات من مواقعها ذات مستوى الطاقة الواطئ.

- **العيوب البينية Interstitials:-** وتحدث عندما تتداخل بعض ذرات معدن أخر الفراغ بين ذرات المعدن الاساسي وخاصة في التركيب ذو الاكتظاظ الذري القليل.
- **الشوائب الأستبدالية** : ـ تظهر في مواقع منتظمة من الشبكة وتأخذ مكان المذيب وعند وجود كمية كافية من الشوائب .



ذرات استبداليه وذرات الشوائب



الفراغات والذرات المقحمة

2- العيوب الخطية (الانخلاعات) Dislocation :-

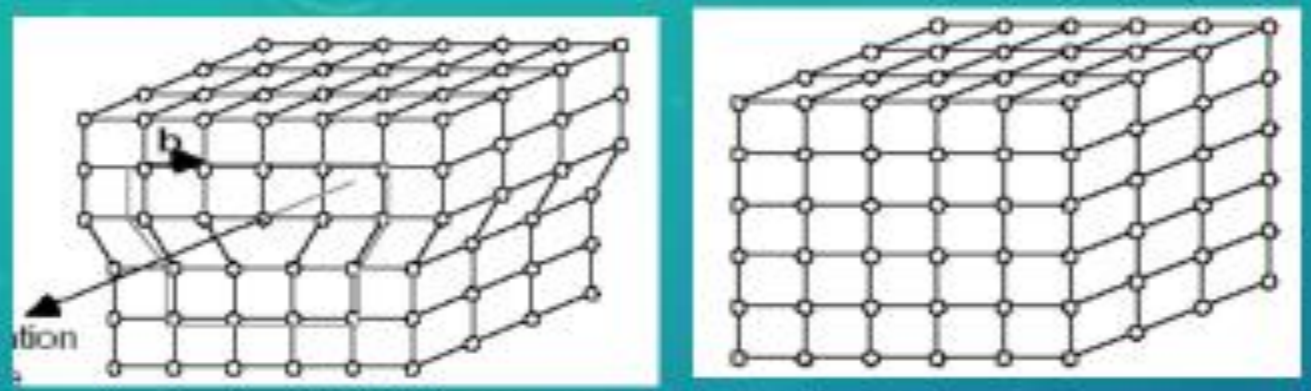
تسمى عادة الانخلاعات وهي هامة جداً وتعتبر من اهم العيوب تأثيرا على المعادن وتشكيلها .
لم تكن هذه العيوب ، لكن من الصعب جداً تشكيل المعادن ومن ثم ما كانت هناك كثيرا من الصناعات . يعرف الانخلاع عموماً على انه عيب بلوري حيث يحدث تشوه لمواقع الذرات حول خط في البلورة . تنقسم الانخلاعات الى:-

A- الانخلاعة الطرفيه Edge dislocation :-

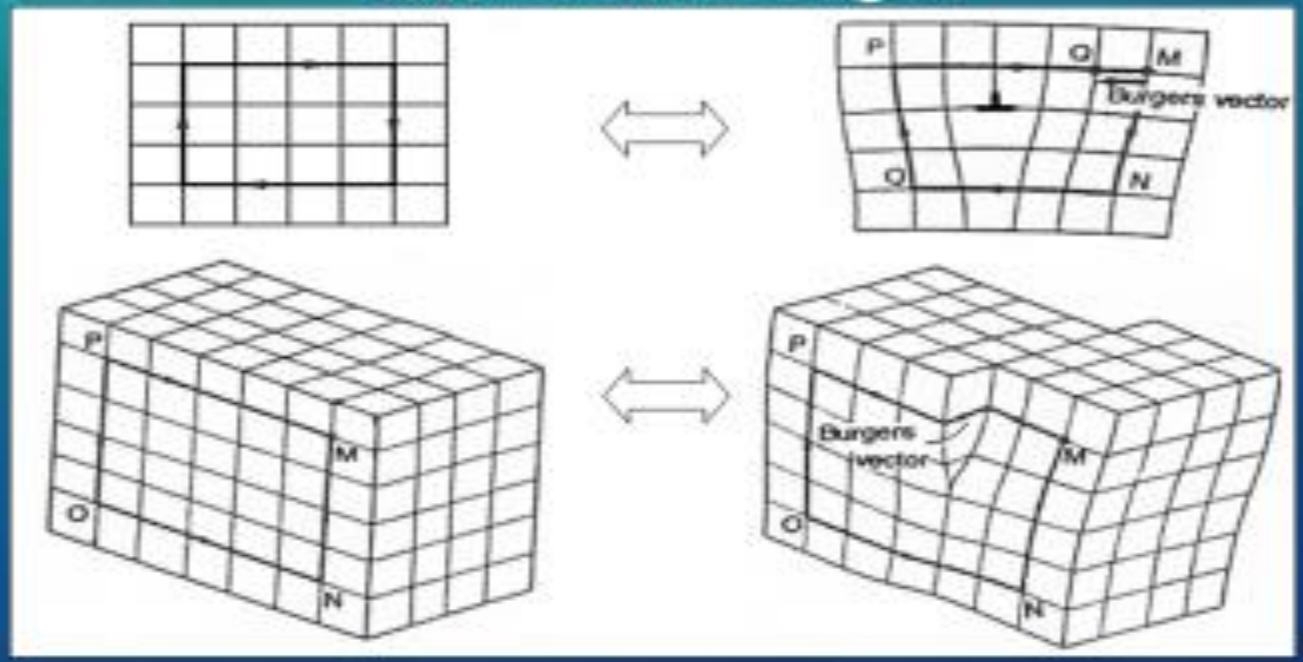
وهي عبارة عن مستوي اضافي من الذرات فوق او تحت خط الانخلاعة .تكون المستويات على جانبي الانخلاعة غير مستقيمة وتنحني حول خط الانخلاعة , وجود الانخلاعات يؤثر على كثير من خواص المواد.

B- الانخلاعة اللولبية screw dislocation :-

فهي لاينجم عنها الا اجهاد القص من الاتجاه الموازي لمستوي الانزلاق , يلاحظ أن الانخلاع اللولبي ليس له مستوي انزلاق كما في الانخلاع الحافي (الطرفي)، ولذلك يمكنه أن يتحرك في أي اتجاه في البلورة بينما لا يستطيع الانخلاع الحافي التحرك إلا في مستوى انزلاقه . و تكون الطاقة الناتجة ، من هذا الإنخلاع أكبر منها في حالة الإنخلاع الطرفي.



إنخلاع الحافة داخل الشبيكة البلورية



الأنخلاع اللولبي

3- الحدود الحبيبية:-

المواد البلورية تتألف من مجموعة من الحبيبات في اتجاهات مختلفة وكل حبيبة لها اتجاه خاص ،هذه الحبيبة تتألف من مجموعة من الذرات مرتبة بأتجاه واحد وقالب لوحدة الخلية . والحبيبات المتجاورة معزولة بواسطة الحدود الحبيبية, والتي تكون منطقة انتقالية ,حيث الذرات في الحدود الحبيبية لا تكتظ مع الحبيبات المجاورة مما تسبب ضعف في منطقة الحدود الحبيبية .

هذا الاكتظاظ الضعيف في الحدود الحبيبية يكون قناة فعالة لأنتشار وحركة الذرات داخل الجسم الصلب وبهذه الحركة تتكون الفراغات التي تسبب ضعف الخواص..

تشوه المعادن

في علم المعادن هو تغيير في شكل او حجم المعدن بواسطة قوة خارجية وتتحول الطاقة الى شغل ميكانيكي او الى حرارة.

بعض عمليات تشكيل المعادن هي:-

1. عمليات تشكيل المعادن في الحالة السائلة والتي تسمى بالسباكة
2. عمليات تشكيل المعدن في الحالة الصلبة ,وتقسم الى قسمين وهي :-
   - التشكيل على البارد
   - التشكيل على الساخن
3. تكنلوجيا المساحيق

انواع التشوه Deformation types

بالأعتماد على نوع وحجم وهندسة المعدن والقوة المسلطة هنالك انواع من التشوه التي تحدث للمعدن:-

1- Elastic Deformation التشوه المرن

هذا النوع من التشوه يحصل بدون انكسار للمعدن ويؤدي ازالة الحمل المسلط الى رجوع الذرات الى موقعها الاصلي وهو موقع الاتزان وهذا يعني ان المعدن يعود الى وضعه الاصلي بعد زوال القوة المؤثره مثل النوابض والمواد ذات المرونة العاليه .

2- Plastic Deformation التشوه اللدن

يحدث هذا النوع من التشوه عند تعرض المعدن الى اجهاد اكبر من اجهاد الخضوع اواجهاد اكبر من حد المرونه في هذا النوع من التشوه المعدن لا يعود الى وضعه الاصلي بعد زوال القوة الخارجية .الطاقة التي تسلط على المعدن تستهلك في لحظة خضوع المعدن بواسطة انزلاق الانخلاعة او التوأمة.

slipping الانزلاق (الية التشويه اللدن) :-

ان حدوث التشويه اللدن في البلورات المعدنية يتم عادة بواسطة عملية الانزلاق ويمكن مشاهدة على سطح المعدن المتعرض للتشويه اللدن على شكل خطوط (slip linesخطوط الانزلاق متوازيه مفصولة بمسافات منتظمة .ان عملية الانزلاق هذه تحدث بسهولة اكثر في المستويات التي يكون فيها الذرات متراصه وذات كثافة عالية ويحدث تشويه البلورات بواسطة القص او جهد ضغط , على مستوى الانزلاق مقدارا حرجا معينا.

2- Plastic Deformation التشوه اللدن

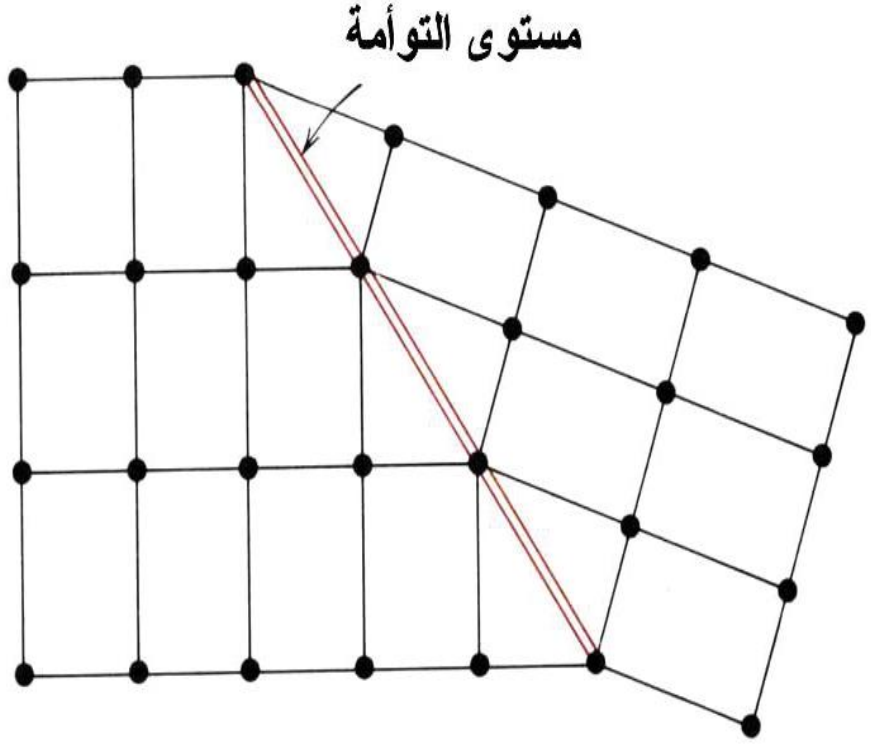
يحدث هذا النوع من التشوه عند تعرض المعدن الى اجهاد اكبر من اجهاد الخضوع اواجهاد اكبر من حد المرونه في هذا النوع من التشوه المعدن لا يعود الى وضعه الاصلي بعد زوال القوة الخارجية .الطاقة التي تسلط على المعدن تستهلك في لحظة خضوع المعدن بواسطة انزلاق الانخلاعة او التوأمة.

slipping الانزلاق (الية التشويه اللدن) :-

ان حدوث التشويه اللدن في البلورات المعدنية يتم عادة بواسطة عملية الانزلاق ويمكن مشاهدة على سطح المعدن المتعرض للتشويه اللدن على شكل خطوط (slip linesخطوط الانزلاق متوازيه مفصولة بمسافات منتظمة .ان عملية الانزلاق هذه تحدث بسهولة اكثر في المستويات التي يكون فيها الذرات متراصه وذات كثافة عالية ويحدث تشويه البلورات بواسطة القص او جهد ضغط , على مستوى الانزلاق مقدارا حرجا معينا.

B- Deformation by Twinning التشويه بواسطة التوائمة (التوائم)

هناك طريقة اخرى يتم بواسطتها ظاهرة التشويه اللدن في المعادن وهي حدوث التشويه بواسطة التوائم. يعرف التشكيل بالتوائم انه تشكيل لدن ينتج عن تغيير في دوران جزء من البلورة الى وضع يماثل فيه الجزء لاول بالرجوع الى مستوي يفصل بينهما مستوي التوأمة فنلاحظ من الشكل انه جزء صغير من البلورة فقط يشارك عملية التوأمه. هذا الجزء هو مرآة بالنسبة لجزئي البلورة بحيث يكون احدهما صورة للأخر.



التوأمه تحدث عند اجراء عملية التشويه اللدن في المعادن ذات المكعب المتمركز الجسم (B.C.C) او الشبكة السداسية المتراصة الذرات(HCP) بصورة رئيسية

الاختبار البعـدي

س1) اعط سبب لما ياتي :-

1. الانعزال في المعادن المصبوبه.
2. الفجوه الانكماشيه في المعادن المصبوبه.
3. الفجوات الانبوبيه والمساميه في المعادن المصبوبه.
4. العيوب البينيه في المعادن.

س2) ماهي العيوب الشائعه في الصبات ؟

س3) عدد:- 1) العيوب في الشبكه البلوريه.

2) العيوب في المعادن المصبوبة .

3) العيوب النقطيه .

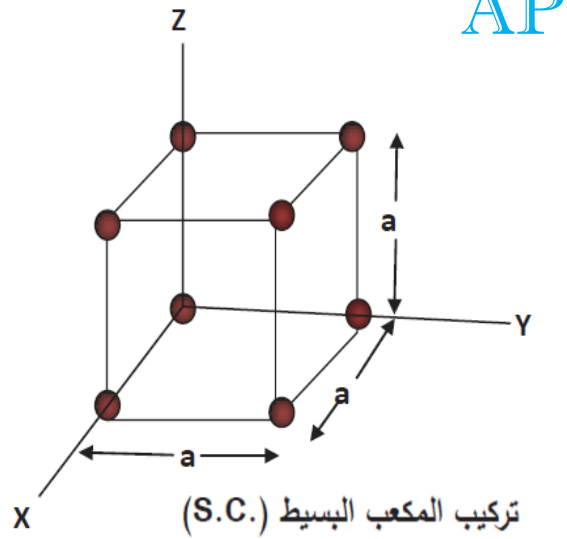
س4) ماذا يعني التشوه وما هي انواعه ؟.

معامل الاكتظاظ الذري
Atomic Packing Factor APF

APF: - هو نسبة الحجم من الخلية الذي تحتله الذرات.

نسبة الاكتظاظ الذري = (حجم الذرة *العدد الفعلي للذرات في الخلية) \ حجم الخليه

APF = (حجم الذره X العدد الفعلي للذرات) / حجم الخليه



تركيب المكعب البسيط (S.C.)

1- في نظام المكعب البسيط Simple cubic

اذا فرضنا ان طول ضلع المكعب البسيط(a) , نصف قطر الذره (r)

a = 2r

العدد الفعلي للذ را ت في الخلية هو عدد الذر ا ت داخل الخلية نجد ان ذرة المركز بكاملها داخل الخلية ، وذر ا ت الاركان نصيب كل خلية منها 1\8

عدد الذرات الفعلي للذرات في الخليه ← 1/8 * 8 = 1

معامل الاكتظاظ الذري لتركيب المكعب البسيط (APF) = $\frac{1*(4/3\,\pi(r)^3}{a^3}$

$$APF = \frac{4/3\,\pi(r)^3}{(2r)^3}$$

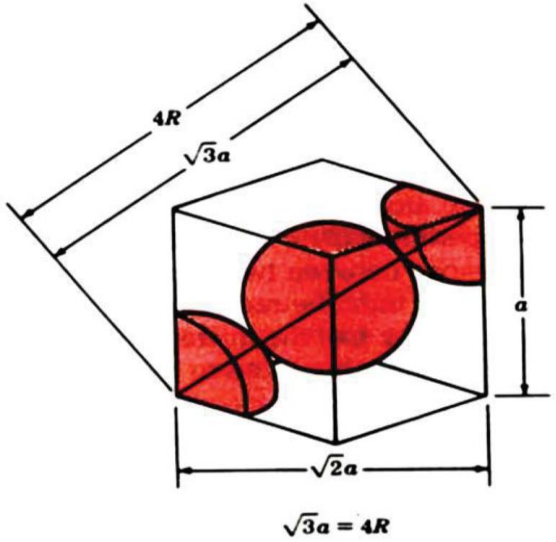
$$= \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{8 \times r^3}$$

= 0.52

حجم الذره : $4/3\pi r^3$

حجم الخليه : a^3

2- في نظام Body center cubic (**BCC**)



العدد الفعلي للذرات في الخلية هو عدد الذرات داخل الخلية ,نجد ان ذرة المركزبكاملها داخل الخليه وذرات الاركان نصيب كل خلية منها (1/8).

العدد الفعلي للذرات في (B.C.C) =1+ 8 * 1/8

= 2

العلاقة بين ابعاد الخلية ونصف قطر الذرة في (B.C.C) : اذا فرضنا ان طول ضلع المكعب (a) ونصف قطر الذرة (r) .

$$\mathbf{a}\ \sqrt{3} = 4R$$

$$\mathbf{a} = 4R / \sqrt{3}$$

معامل الاكتظاظ الذري atomic Packing Factor (A.P.F)

$$APF = \frac{2\times(4/3\pi R^3)}{(a)^3}$$

حيث

حجم الذره $= (4/3\pi R^3)$

حجم الخلية $= (4R/\sqrt{3})^3$

$$APF = \frac{2 * (4/3\ \pi\ R^3)}{(4R/\sqrt{3})^3} = 0.68$$

3- في النظام (FCC):- Face center cubic

نجد ان ذرا رت الاركان نصيب كل خلية منها 1/ 8 وذرات مراكزالاوجه نصيب كل خلية منها 1/ 2.

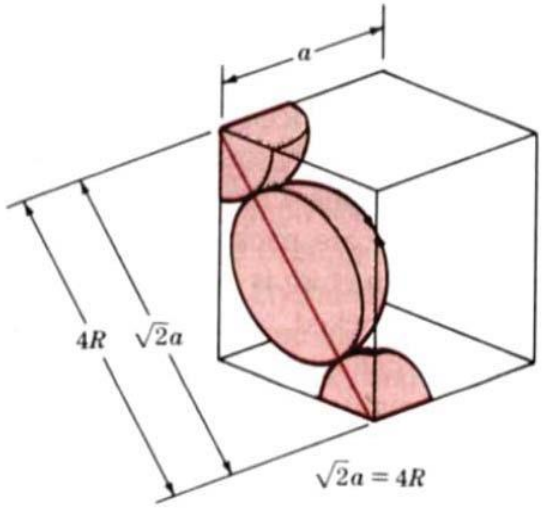
العدد الفعلي للذرات **1/8 * 8 + 6 * 1/2 = 4**

$$\mathbf{APF} = \frac{4 * (4/3\ \pi\ R^3)}{(4R/\sqrt{2})^3} = 0.74$$

حبث ان :-

حجم الذره $(4/3)\ \pi\ R^3$

حجم الخليه $(4R/\sqrt{2})^3$



العلاقة بين ابعاد الخلية ونصف قطر الذرة FCC

المستويات البلورية ومعاملات ميلر Miller Indices

تتكون البلورات من مستويات ذريةوان لكل مستوى من المستويات موقع واتجاه داخل البلورة الواحدة .

معاملات ميلر Miller Indices:-

معاملات ميلر هي طريقة رياضية وصفية لتوجه المستوي البلوري أو مجموعة

المستويات البلورية ضمن الشبكة البلورية المتعلقة بخلية الوحدة والتي ابتكرها العالم

ميلر William Hallowes Miller

هذه الطريقة تكون غير معتمدة على الزوايا الصلبة للبلورة بل تعتمد على أرقام ثلاثه تسمى معاملات

يرمز لها .(hkL) ميلر.

هذه المعاملات مفيدة لفهم العديد من الظواهر في علم المواد وخصوصا البلورات المفردة وشكل البنية التركيبية الدقيقة للمواد وحركتها والتي تحدد الخواص الميكانيكيه للمواد. من خلال استخدام حيود الاشعة السينيةوالعيوب البلورية

تتلخص طريقة تمثيل معاملات ميلر بما ياتي :-

1-نحدد قيم المحاور الثلاثة (x,y,z), ونقطة الاصل (0,0,0)

٢ -ناخذ مقلوب قيم تلك المحاور .

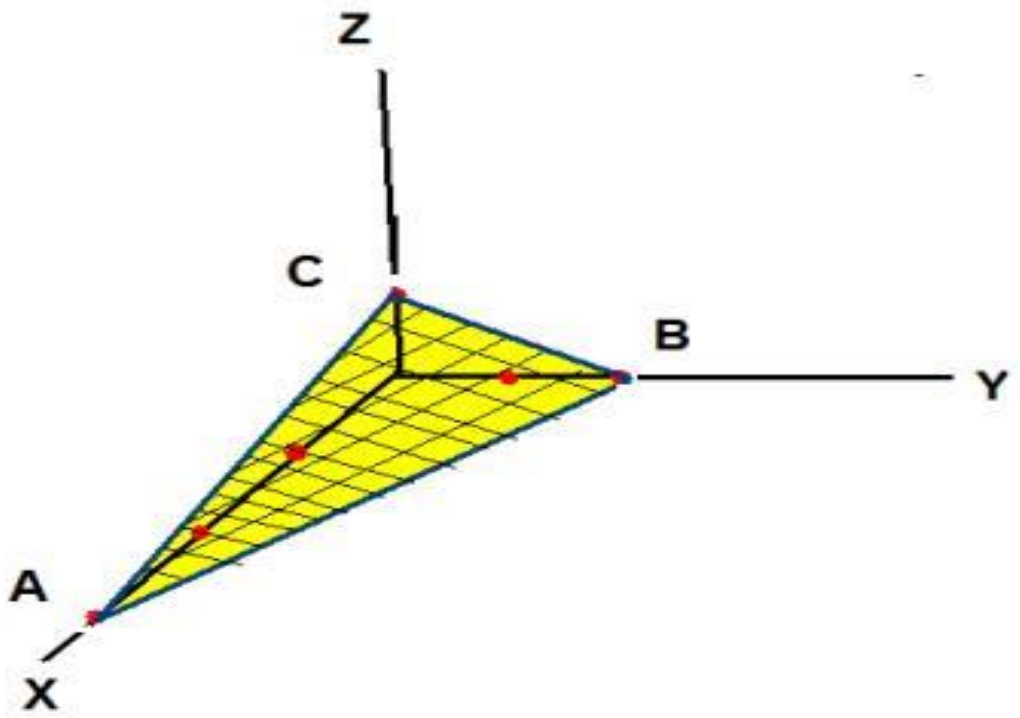
٣ -نجد القيم الجديدة ونضعها داخل قوسين صغيرين من دون وضع اشارة الفارزة بين قيم المعاملات وكالاتي ( ) ليمثل المستوي المرسوم .

مثال

- في الشكل لدينا التقاطعات
  x=3a , y=2b , z=1c
  ومنه x/a =3, y/b =2 , z/c =1

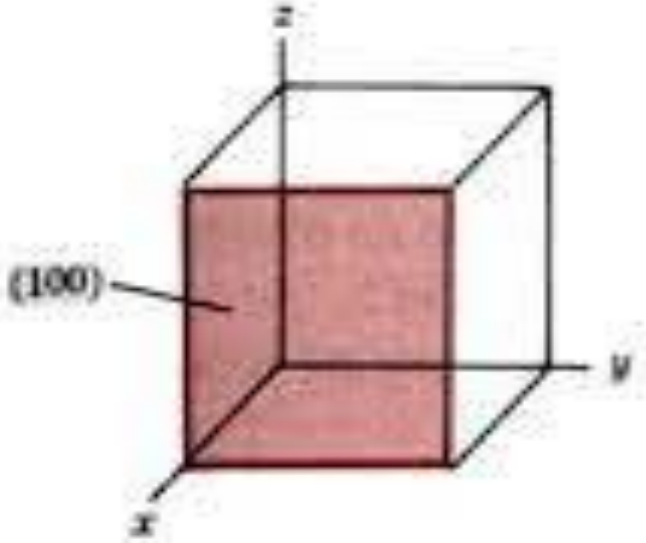
- وبالتالي فان مقلوب الأعداد هو 1/1 : 1/2 : 1/3

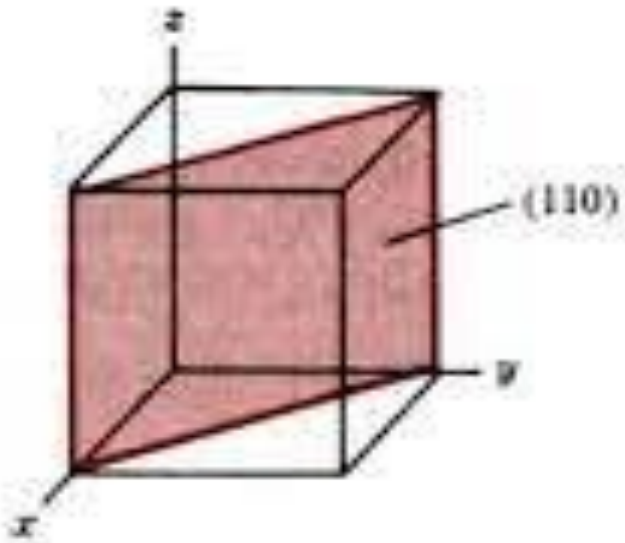
- وبتوحيد المقامات حيث المقام المشترك (6) نجد:
  6/6 : 3/6 : 2/6

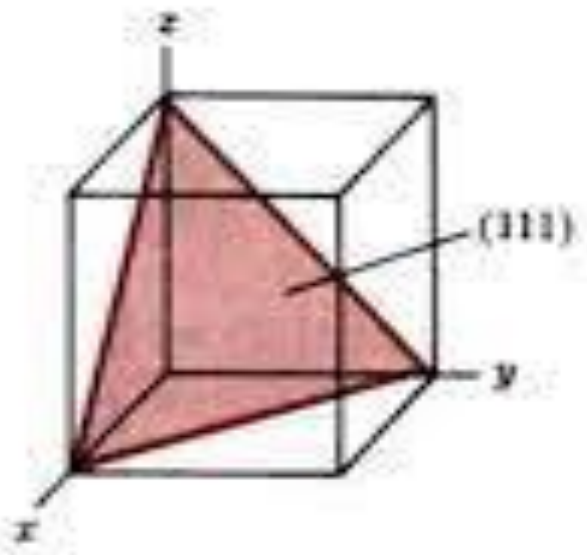


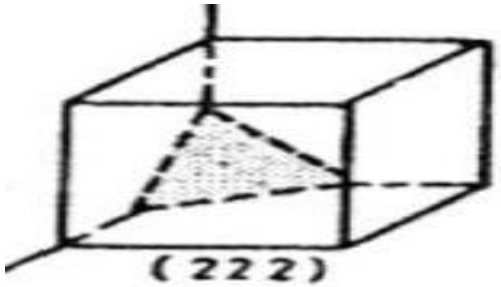
ومنه فان الأعداد 6 و 3 و 2 هي معاملات ميلر

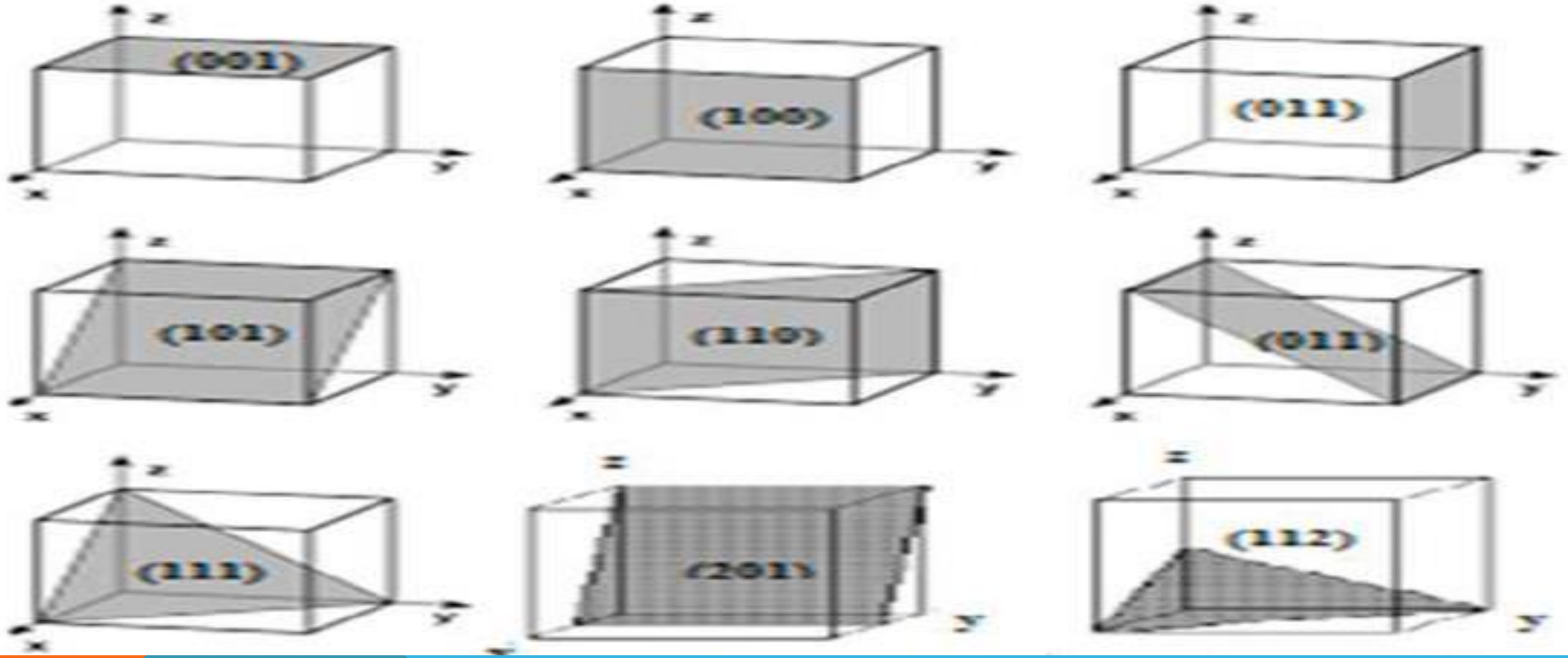
- وتكتب h=2 , k=3 , l=6
- وبشكل مختصر (236)


z
(100)
y
x


z
(110)
y
x


z
(111)
y
x


(222)


z
(001)
x
y
z
(100)
x
y
z
(011)
x
y
z
(101)
x
y
z
(110)
x
y
z
(011)
x
y
z
(111)
x
y
z
(201)
x
y
z
(112)
x
y

اتجاهات المستويات البلورية

عملية تحديد الاتجاهات تبدو ابسط من المستويات حيث تحتاج الى مقلوبات القيم ويتم تحديد الاتجاه بالتحرك من نقطة xبما يساويه ثم من هذه النقطه نتحرك باتجاه المحور y بما يساويه ثم نتحرك على المحور z.

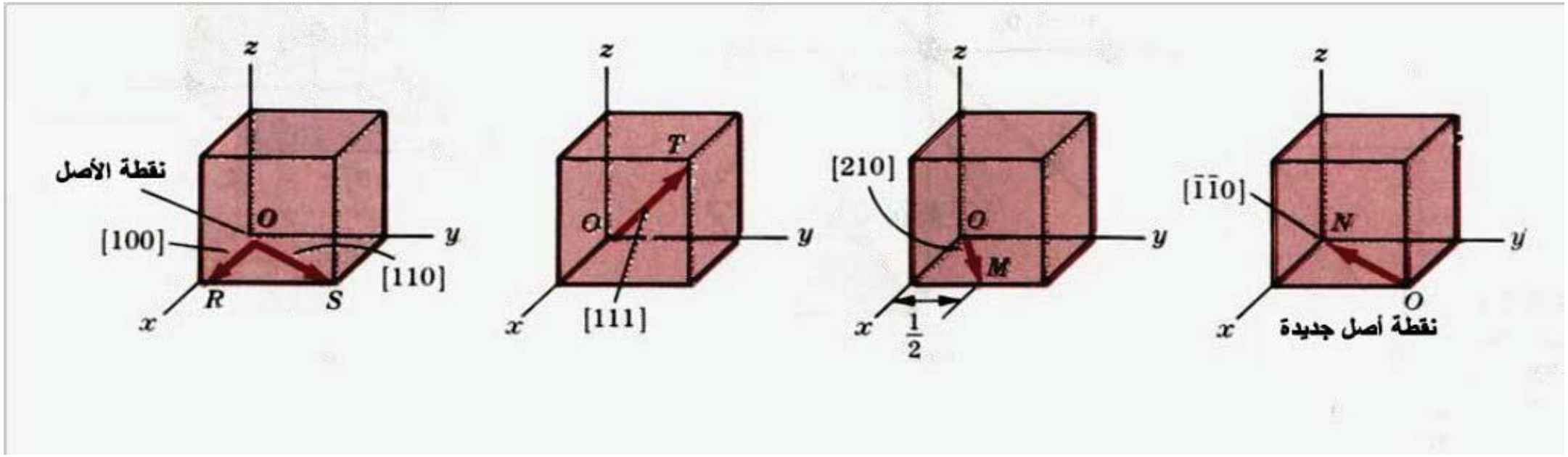
الاصل (دون ان نحتاج لرفع القلم عن الورقه) على المحور

ثم نرسم متجه من نقطة الاصل يمس اخر نقطه.

لتحديد اتجاه المستويات في البلورة نستخدم ثلاث معاملات

h , k , l توضع بين قوسين مربعين [h k l]

فعلى سبيل المثال , اتجاه المستوي (111) يعبر عنه بالمتجه [111] .



امثلة للمتجهات

ظاهرة التأصل
Allotropic

Allotropic **لتأصلي** التحول, الحديد النقي نفسه يتواجد بأكثر من شكل فيزيائي وتسمى هذه الحالة Pure Iron

ففي درجة حرارة الغرفة تكون البنية البلورية للحديد النقي هي مكعب متمركز الجسم

Body-Centered Cubic (BCC) ويسمى α-Fe يفقد خواصه المغناطيسية عند **770 °C**

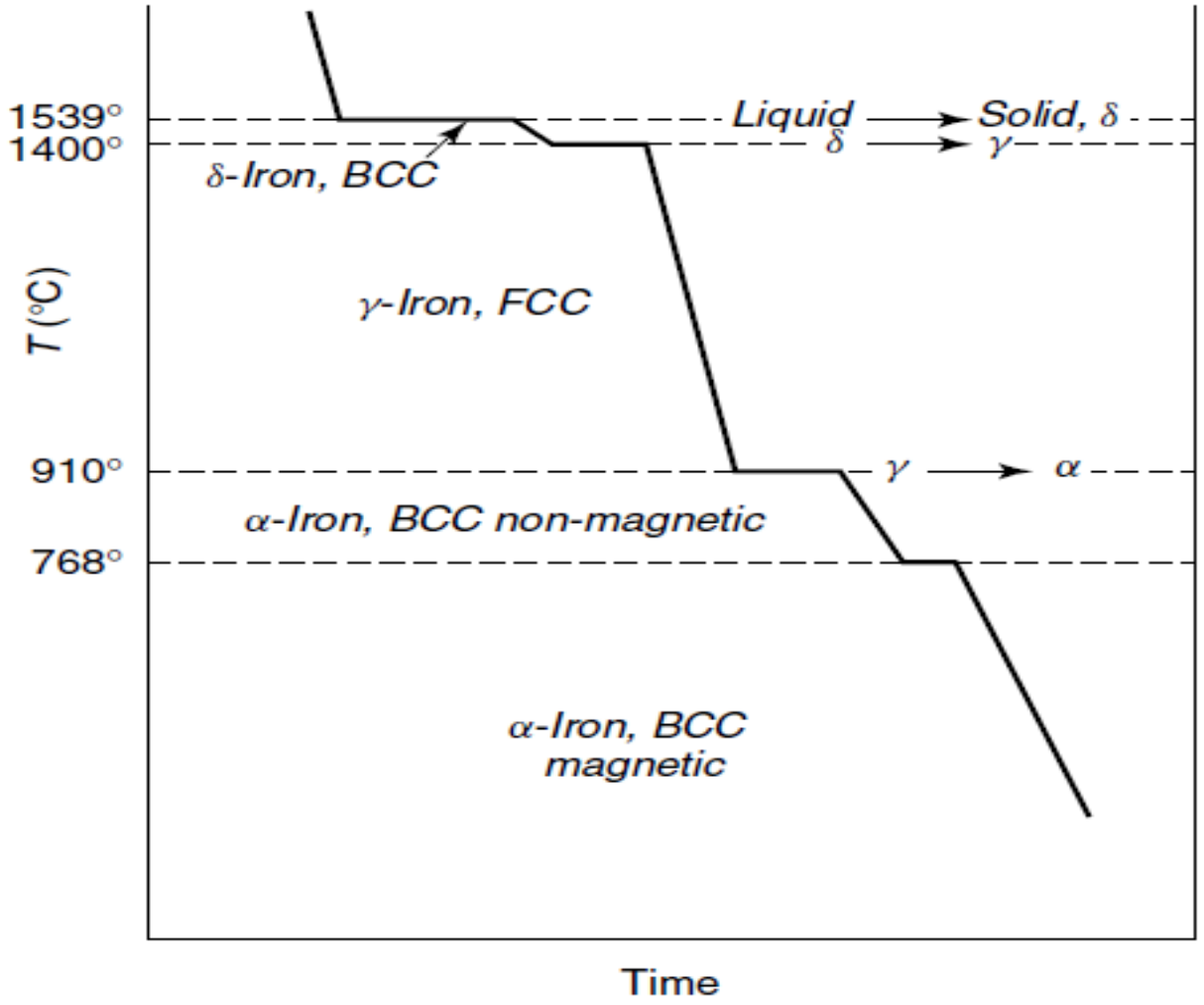
دون ان يغير بنيته البلورية . يبقى الحديد مستقراً لغاية 910°c ثم يتحول بين (910- 1390)

الى مكعب متمركزالوجه Face-Centered Cubic (FCC), ويسمى Ɣ - Fe

هو فولاذ غير مغناطيسي الى حد كبير عند تخطي 1390°c يتحول مرة اخرى الى مكعب متمركز الجسم

Bcc يسمى Delta(δ)- Ferrite او δ- Fe (دلتا فرايت) .

عند تبريد الحديد من درجة الانجماد تحدث نقاط توقف .او تسمى النقاط الحرجة Critical Point. ناتجة عن انبعاث الحرارة الكامنة .



ظاهرة التأصل

الاختبار القبلي

اجب عن الاسئله التاليه :-

س) اسب معامل الاكتظاظ الذري في نظام :-

FCC , BCC , SC

س) ارسم المستويات البلوريه التاليه حسب معاملات ميلر:-

(100) , (101) , (110) , (123) , (111)

strain Hardening الاصلاد الانفعالي

هو إحدى طرق تقوية المعادن بواسطة التشوه اللدن ويحدث هذا النوع من التقوية بسبب حركة الانخلاعات خلال البلورة و أي نوع في المعادن التي لها درجة انصهار عالية من المعادن والسبائك التي يتم تقويتها باستخدام هذه الطريقة . يمكن ان يعزى الاصلاد الانفعالي في المعادن الى وجود الحواجز Barriers والاعاقات للحركه الحره للانخلاعات , فالذرات البينيه والاستبداليه والترسبات ومجال الانفعال والحدود البلوريه جميعا تعيق حركة الانخلاعه , والانخلاعات تبدأ بمنع حركة احدها الاخرى مما يسبب زيادة كثافة الانخلاعات مع التشوه اللدن .

$$C.W\% = (A_0 - A_d / A_0) \times 100$$

A_0 مساحة المقطع العرضي الاصلية

A_d المساحة بعد التشوه Deformation

C .W % نسية التشكيل على البارد

تأثيرات الاصلاد الانفعالي :-

1. مقاومة الخضوع تزداد
2. مقاومة الشد تزداد
3. المطيلية تقل
4. المعدن يصبح اكثر هشاشة

التشوه اللدن يؤدي الى زيادة كثافة الانخلاعات ويؤدي الى تغيير ترتيب الحجم الحبيبي للذرات وهذا يؤدي الى خزن طاقة في النظام في الحدود البلورية ومجال انفعال الانخلاعات وعند ازالة الاجهاد المسلط فأن معظم الانخلاعات والتشوه الحبيبي وطاقة الانفعال المصاحبة سوف تبقى والرجوع الى حالة المعدن قبل مرحلة التشكيل .

Cold –working of metals تشكيل على البارد

يعرف التشكيل على البارد بأنه التشكيل الذي يتم عند درجات حرارة اقل من درجة حرارة اعادة التبلور للمعدن , مثل عملية سحب الاسلاك والدرفلة. ان تأثير التشكيل على البارد يحطم البنية الشبكية ذات المستويات البلورية المنتظمة والتي يتم فيها التشويه اللدن بسهولة لهذا فأن المعدن يزداد صلادة وتقل المطيلية المميزة.

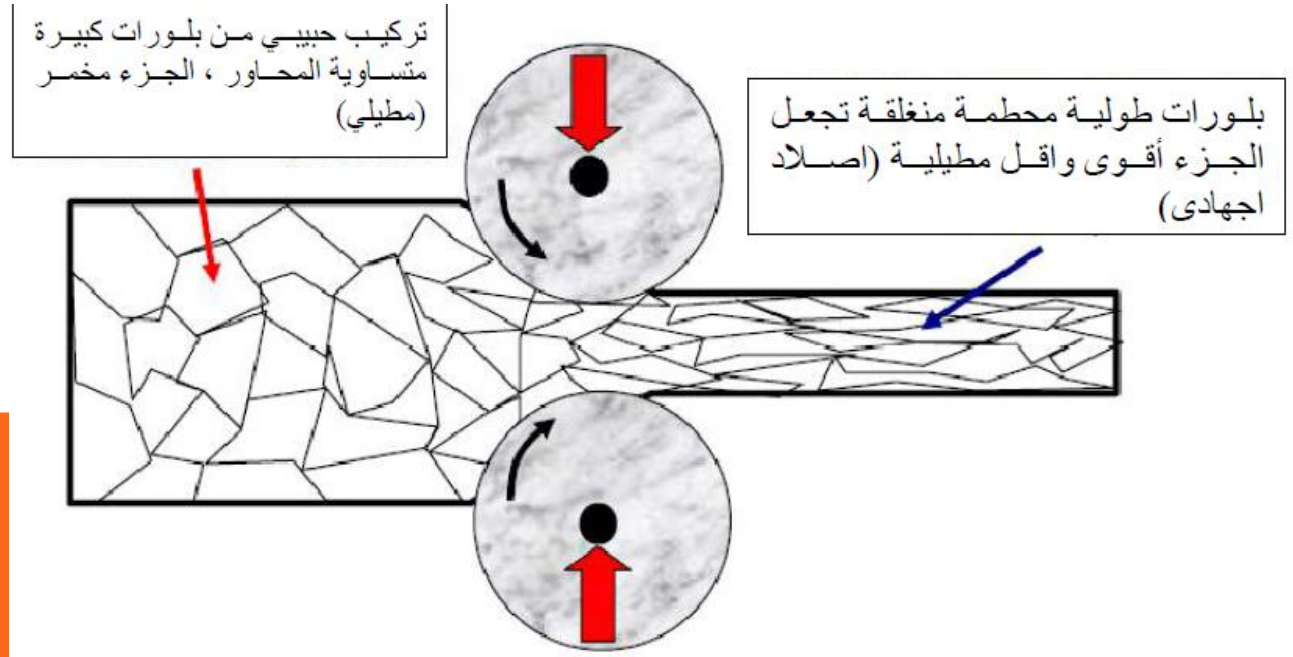
وهي الطريقة الوحيدة المستخدمة لزيادة صلادة المعادن النقية وكثير من السبائك اللاحديدية Non-Ferrous Alloys

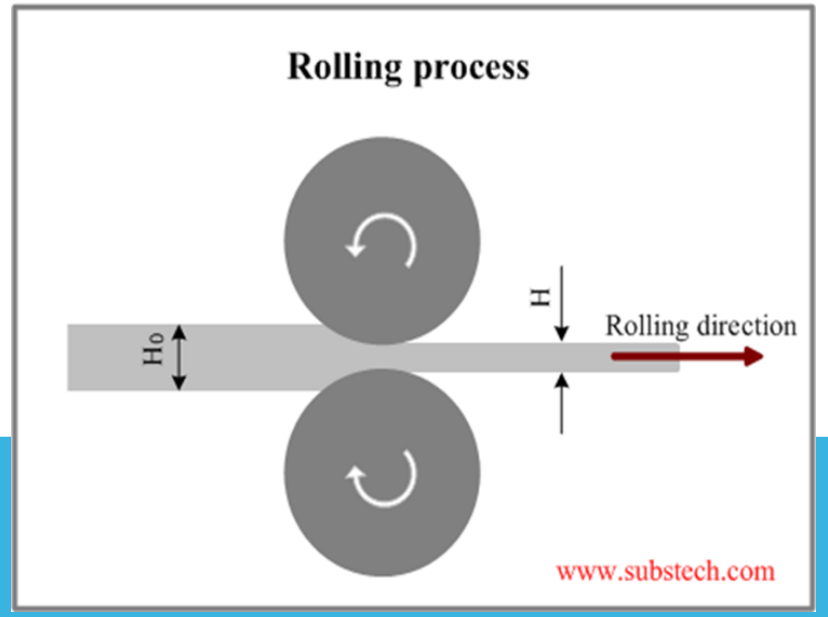
من مزايا التشكيل على البارد (cold working) عن التشكيل على الساخن هي (Hot-working) :-

1 - سيطرة اكثر دقة على الابعاد.

2 - يكون الناتج اكثر بريقا ولمعانا

3 - تحسن قيمة نقطة الخضوع والصلادة وكذلك قابلية التشغيل بالمكائن - yield point





Scheme of rolling process is shown in the picture

تخمير المعادن المشكلة على البارد : (Annealing of cold –worked metals)-

قبل الاستمرار بعمليات التشكيل (Forming) المختلفة مثل الكبس او السحب (Deep Drawing) على المعادن المشكلة على البارد يصبح تليين المواد ضروريا ويتم ذلك بواسطة عملية التخمير (Annealing).

والتي تتضمن تسخين المعدن حيث تحدث التغيرات التالية :-

1. إزالة الجهود الداخلية (الاستعادة) (Recovery)
2. إعادة البلورة (Recrystallization)
3. نمو الحبيبات (النمو الحبيبي) Grain Growth .

1 - ازالة الاجهادات الداخلية (الاستعادة) :

عند تسخين المعدن الى درجات الحرارة الواطئة نسبيا والتي تعتمد على نوع المعدن او السبيكة , تزال الاجهادات الداخلية الناتجة من التشكيل على البارد ولكن تبقى الخواص الميكانيكية بدون اي تغير ملحوظ أي تبقى الصلادة ومقاومة الشد مرتفعة والمطيلية كذلك ولكن تبقى الحبيبات مشوهة. ان عملية التخمير لازالة الجهود الداخلية تعتبر ضرورية لتجنب حدوث التأكل الاجهادي اثناء الخدمة Stress corrosion cracking .

2 - اعادة التبلور Recrystallization

عند بلوغ درجة حرارية معينة تحل حبيبات مضلعة جديدة محل الحبيبات المشوهة ويحدث التليين وتعرف هذه الظاهرة بأعادة التبلور .سوف نلاحظ تغييرا جذريا في البنيه البلوريه للمعدن المشكل على البارد حيث نلاحظ بلورات جديده تتكون بشكل رئيسي على حدود الحبيبات المشوهه بالتشكيل او في الاماكن المشبعه بالاجهادات .وبصوره عامه فان البنيه البلوريه الناتجه بعد اعادة التبلورلها نفس البنيه التي كانت في المعدن قبل التشكيل على البارد وبناءا على ذلك فان الخواص الميكانيكيه والفيزياويه تكون متشابهه. .

ان درجة حرارة تخمير معدن معين او سبيكه تعتمد على العوامل التاليه:-

أ- معدل التشكيل على البارد المسبق .

ب- اضافة عناصر اخرى

ج- زمن التخمير

3- نموالحبيبات Grain Growth:-

عند الاستمرار في رفع درجة حراره التخمير فان الحبيبات المتكونه حديثا تبدأ بالنمو حجما وهذه الحبيبات الحديثة التكوين والمتحرره من الاجهاد تنمو بواسطة امتصاص الحبيبات الاقل استقرارا منها .

وهناك عوامل تتحكم في نمو الحبيبات :-

A. درجة حرارة التلدين كلما زادت الدرجة كلما يكبر حجم الحبيبات ويكون النمو الحبيبي سريع

B. درجة التشكيل على البارد المسبقه كلما ازدادت كمية التشكيل على البارد كلما صغر الحجم الحبيبي .

C. نقاوة المعدن وجود الشوائب يعيق نمو الحبيبات purity of metal.

التشكيل على الساخن Hot working :-

يتميز التشكيل على الساخن (Hot working) عن التشكيل على البارد (cold working) في ان الاول يتم في درجة حرارة اعلى من درجة حرارة اعادة التبلور وفي هذه العملية يحدث التشوه اللدن واعادة التبلور في وقت واحد بحيث ان معدل التليين Softening يكون اكبر من معدل الاصلاد بالتشكيل Work-Hardening.

ان العامل المهم في عملية التشكيل على الساخن هو درجة حرارة الانجاز (Finishing Temperature) حيث ان التشكيل على الساخن يجب ان ينجز في درجة حرارة هي فوق درجة حرارة اعادة التبلور مباشرة بحيث يمكن الحصول على حجم حبيبي صغير . اذا كانت الدرجة الحرارية اعلى بكثير من درجة حرارة اعادة التبلور فأن نمو في حجم الحبيبات قد يحصل عند هذه الدرجة الحرارية .اما اذا كانت هذه الدرجة الحرارية اقل من درجة حرارة اعادة التبلور فأن المعدن يتصلد بالتشكيل (Work Hardening) .

ان الطاقة اللازمة لتشكيل المعادن في درجات الحرارة العالية هي اقل بكثير مما هي عليه في درجات الحرارة الواطئه ,نظراً لان المعدن يكون اكثر ليونة ولدونة . فأن عملية التشكيل على الساخن هي اكثر اقتصادية من عملية التشكيل على البارد. .

ان سطح المنتج بطريقة التشكيل على الساخن يكون غير جيد بسبب الاكسدة لذلك فان الابعاد لا يمكن السيطرة عليها بدقة لذلك دائما نحتاج الى تنظيف السطح بماده كيمياوية للتخلص من طبقة الاوكسيد وكذلك تكون عملية التشكيل على البارد كمرحلة اخيرة ضرورية للحصول على دقة الابعاد للمنتج .

س1) اذكر السبب لما ياتي:-

A) الاصلاد الانفعالي في المعادن.

B) عملية التخمير لازالة الجهود الداخلية تعتبر ضرورية.

C) عملية التشكيل على الساخن هي اكثر اقتصادية من عملية التشكيل على البارد

D)الطاقة اللازمة لتشكيل المعادن في درجات الحرارة العالية هي اقل بكثير مما هي عليه في درجات الحرارة الواطئه.

س2) اذكر العوامل التي تعتمد درجة حرارة تخمير معدن معين او سبيكه

س3) **ماهي العوامل تتحكم في نمو الحبيبات.**

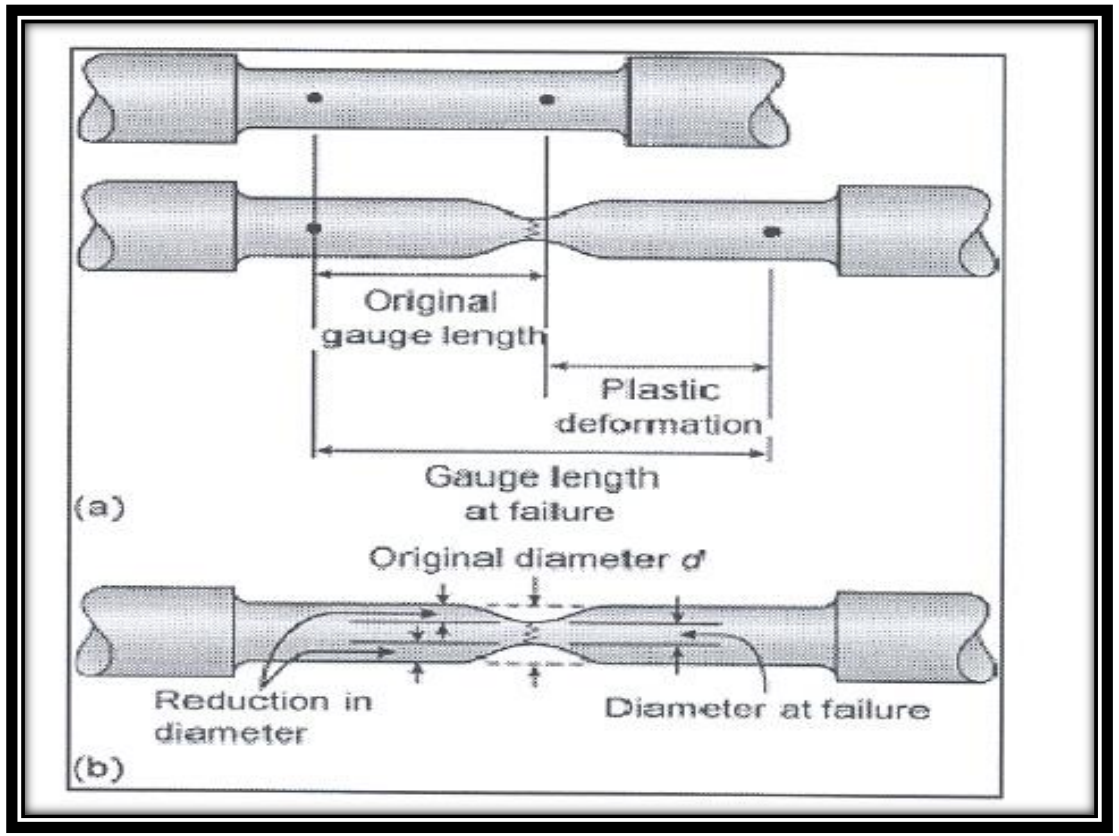
منحني الاجهاد - الانفعال

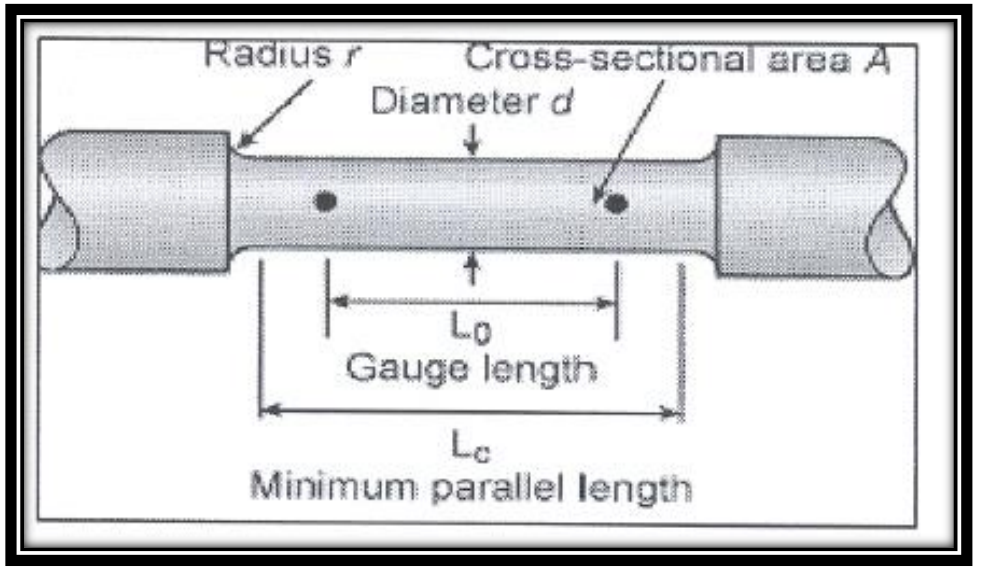
يتم دراسة منحني الاجهاد – انفعال من اختبار الشد هو الاختبار الذي يتم فيه تسليط حمل شد متزايد على العينة التي تم تحضيرها مسبقا بناءا على مواصفات قياسية معينة , وذلك بمسك طرفيها بمعدات خاصة و تسليط الحمل بشكل محوري, و بذلك يزداد طول العينة

ان اختبار الشد و الانضغاط هي اكثر الاختبارات شيوعا و بساطة, و المعلومات التي يتم حصول عليها من هذه الاختبارات ذات اهمية خاصة للمصمم .

تجهز عينة الاختبار في الشد بأشكال مختلفة و يكون مقطعها أما دائري أو مستطيلاً, تفضل العينة ذات المقطع المستدير.كما في الشكل التالي :-

عينة الاختبار



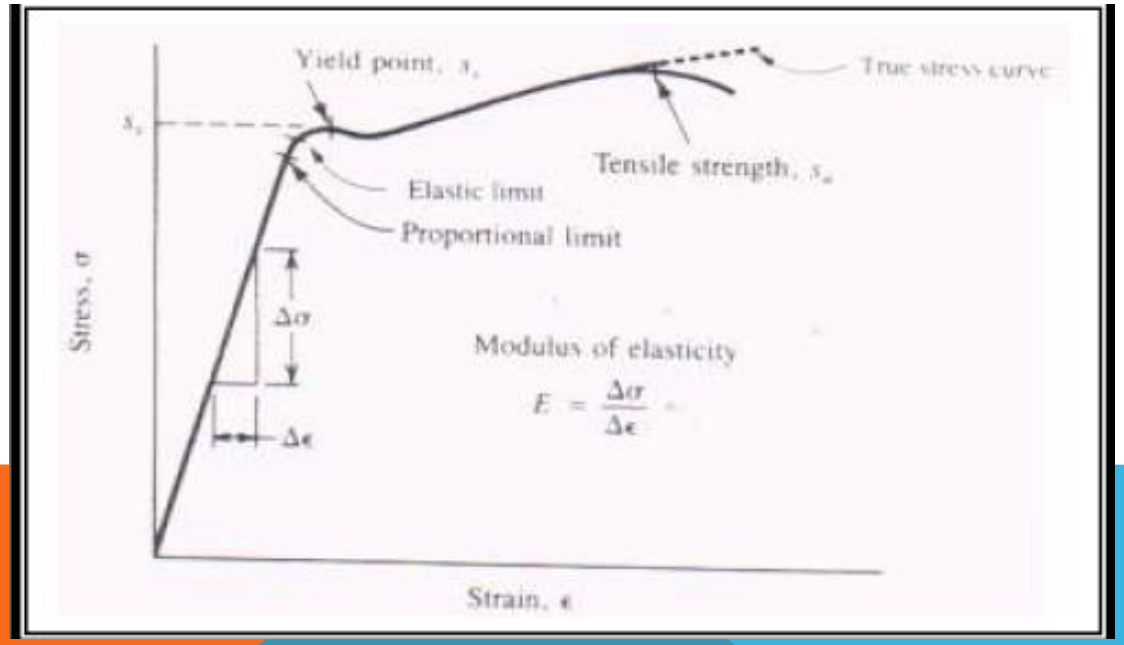


منحنيات الاجهاد - الانفعال

1- Materials Ductile المواد المطيليه

حيث يمكن ان يقسم المنحني الى :

أ)- منطقة المرونة :- هي تعود المادة الى ابعادها الاصلية بعد رفع الحمل عنها .وفيها حد المرونة ويتم حساب معامل المرونة (معامل يونك)في هذه المنطقة فقط(منطقة حد التناسب).و خاصية المادة لمقاومة التشوه وهي قيمة ثابتة ويمكن أستخراجها من ميل الخط



$$E = \frac{stress}{strain} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$ معامل المرونه (E

$$Stress = \frac{Load}{area} = \frac{P}{A}$$ الاجهاد stress (σ

حيث :-

(ε) الانفعال , (p) الحمل ,

(A) مساحة المقطع

ب) - مقاومة الخضوع:وهو الاجهاد الذي تبدأ عنده عملية التشوه اللدن بمعنى ان المادة لا تعود الى ابعادها الاصلية حتى بعد رفع الحمل عنها.(بداية اللدونة) هذه المنطقة تسمى منطقة التقسية بالانفعال Strain hardening region .

ج)-الاجهاد الاقصى Ultimate Strength :- هو اقصى اجهاد يمكن تتحمله الماده.

د)- نقطة الانهيار : وهي نقطة التي تفشل(تنكسر) عندها المادة وذلك بعد ان تصل اقصى انفعال ممكن وتكون قيمة الاجهاد عنده اقل بقليل من الاجهاد الاقصى . هذه المنطقه تسمى منطقه حدوث الرقبه (التخصر)

Ductility المطيليه :-

بأنها قابلية المادة على التشكيل اللدن تحت تأثير اجهادات شد بدون حدوث فشل , وهي الانفعال الهندسي عند الكسر وعادة ما يسمى بالاستطالة وانخفاض المساحة عند الكسر, اي مقدار النقصان في مساحة المقطع. وتحسب باحدى الطريقتين:-

اما :-

% الاستطالة النسبية Elongation = % (100) * الطول الاصلي/ الطول النهائي –الطول الاصلي

او:-

% Reduction in Area = نسبة التناقص في مساحة المقطع

% 100 * مساحة المقطع الاصلي / (مساحة المقطع الاصلي- مساحة المقطع النهائي)

اما المواد الهشة فلا يحدث فيها اي تشويه لدن قبل الفشل او الكسر.

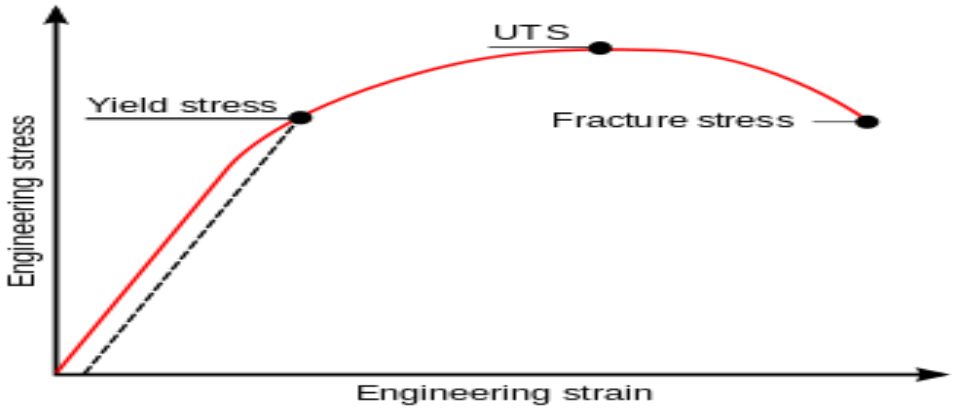
$$ductility = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100\ \%$$ (1

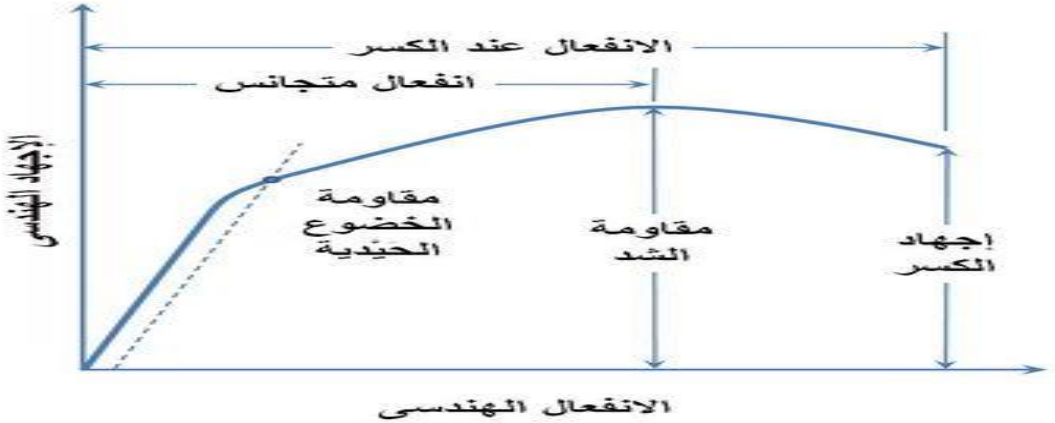
$$\text{Percentage Reduction In Area} = \frac{A_{original} - A_{final}}{A_{original}} * 100\%$$ (2

L = الطول النهائي (Final Length)

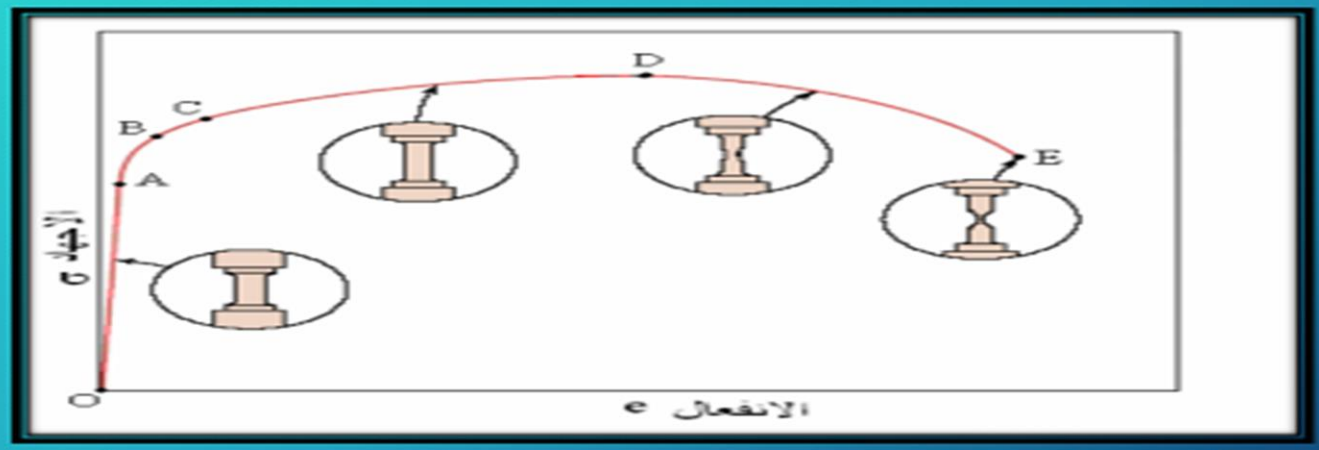
L = الطول الأصلي (Original Length)

وكلاالطريقتين يتم الحصول عليها بعد الكسر عن طريق وضع جزئي العينه معا مره اخرى واخذ قياسات (L , A).





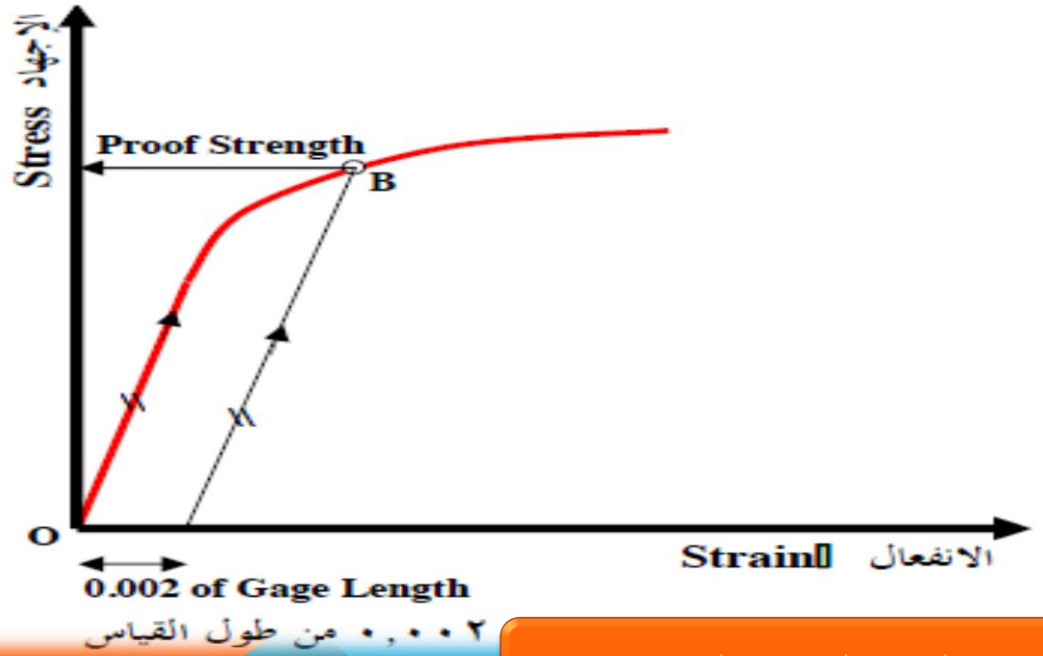
منحنيات المواد المطيليه



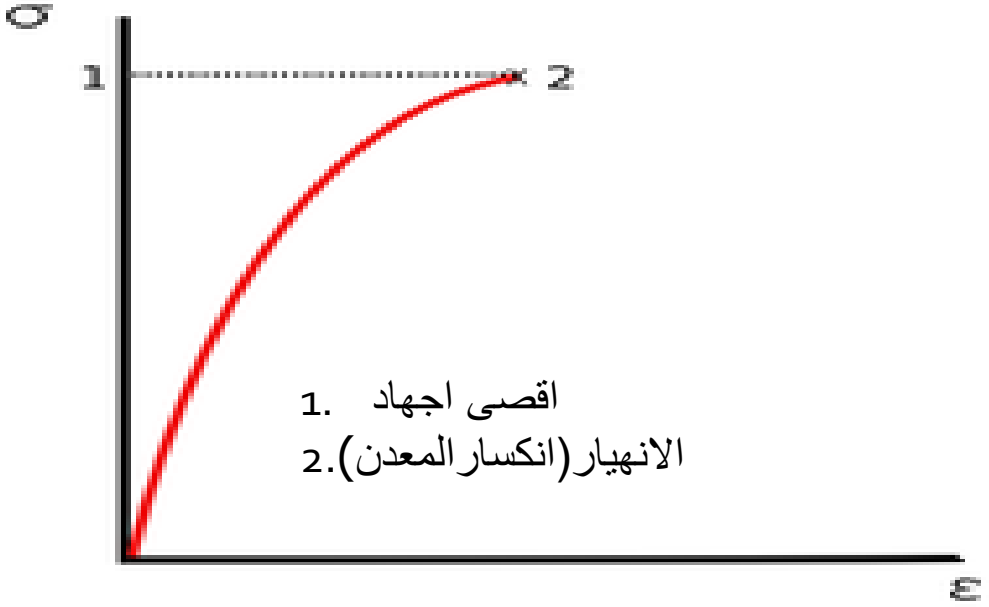
منحنى الإجهاد و الانفعال لمعدن مطيل مبينا شكل العينة عند فترات مختلفة من الشد

2-Brittle Materialالمواد القصفة(الهشه)

هذه المواد ليس لها نقطة خضوع ولا تقبل الاستطالة كثيرا.تحدد نقطة الخضوع لهذه المواد بأخذ 0.2 % من الطول الاصلي للعينه نحدد هذه القيمة على محور الاستطالة ، من هذه النقطة نرسم خط يوازي خط المرونة أي منطقة الخط المستقيم من منحنى الشد ، يتقاطع المستقيم مع المنحني ,نقطة التقاطع هذه تسقط على خط الاجهاد وبهذا نحصل على نقطة الخضوع او اجهاد الخضوع (اجهاد الصمود) للمعدن الهش.



المواد الهشه (القصفه)



1. اقصى اجهاد
2. الانهيار(انكسار المعدن)

منحني الموادالهشه

الكسور في المعادن
Fractures

هو انفصال موضعي لجسم او مادة الى قطعتين او اكثر تحت تأثير الاجهاد.وتستخدم كلمة كسور في عدة ميادين مثل كسر عظام المخلوقات الحية او البلورات او المواد البلورية مثل الاحجار الكريمة او الفلزات .وقد تنكسر المواد البلورية احيانا دون ان ينفصل الجسم الى قطعتين او اكثر .

يتم تقسيم الكسور الى نوعين اساسيين :-

1- كسر على حدود البلورات

هذا النوع من الكسر سهل التعرف عليه وتحديد نوعه حيث يكون الكسر في حدود الحبيبات ويظهر الكسر كأنه ذو ابعاد ثلاثة , وفيها يوضح تحديد شكل الحبيبات .ويرتبط الكسر على حدود البلورات لانه غالبا من النوع القصيف حيث يحدث الكسر بدون اي تشكيل اللدن .يتميز بتفرعه ونموه في عدة اتجاهات في نفس الوقت ويمكن ان يكون كسر حدود البلورات من النوع المطيل (حيث يحدث تشكيل مرن للمادة قبل كسرها)واهم ملامح الكسر في هذه الحالة وجود هزوم ناعمة على حدود الحبيبات نتيجة النمو المطيل واتصال الفجوات الصغيرة معا , ويمكن القول ان هذا الكسر يكون ناتجا من الزحف عند درجات الحرارة العالية.

2 - كسر داخل الحبيبات

وهو يمثل النوع الثاني من الكسر وفيه يمر الكسر بداخل الحبيبات ويكون سطح الكسر مستوي او مخروطي ولاتظهر حدود الحبيبات كما في النوع السابق. ويمكن تقسيم الكسر داخل الحبيبات الى :-

1- الكسر المطيلي :-

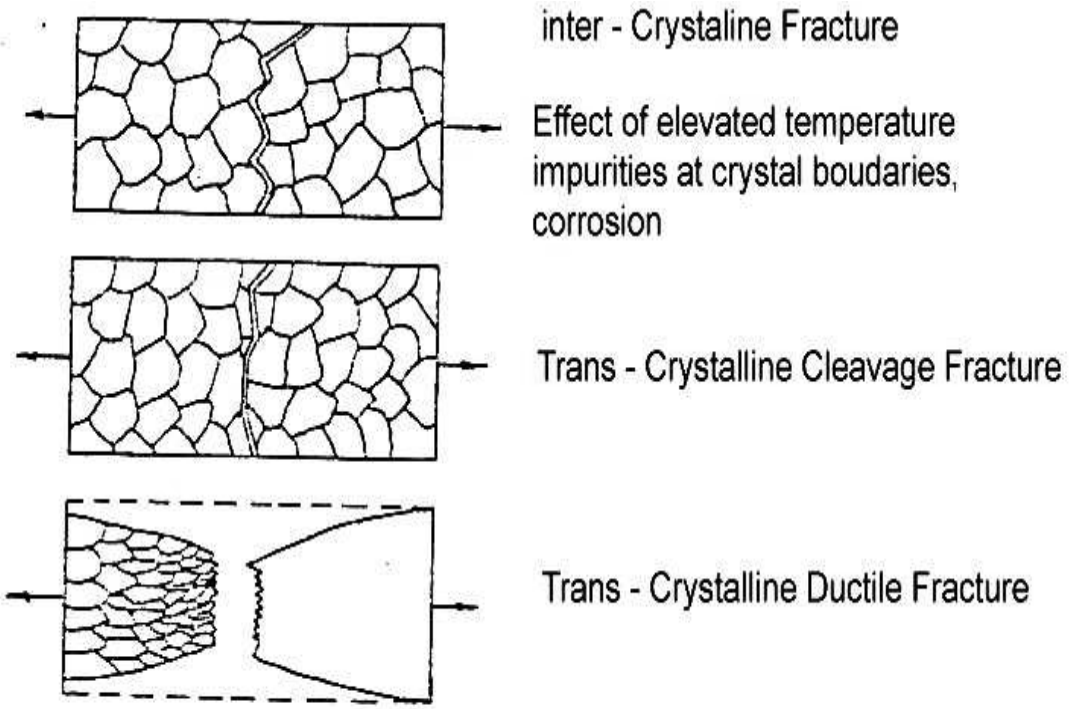
يتميز بنسبة كبيرة من التشكل اللدن ويحد الكسر البسيط في مراحل التشكيل اللدن حيث يتم انفصال تام .شكل سطح القطع يكون ذو نسيج ليفي هو تشوه لدن ممتد يحدث قبل الانكسار . الكثير من المعادن المطيلية وخصوصا المواد عالية النقاوة , يمكن ان تتحمل تشوه كبيرا جدا .

2- الكسر القصيف:- لايحدث اي تشوه لدن مميز قبل الكسر .ويمكن للكسر في المواد البلورية القصفة ان يحدث بالانفلاق كنتيجة لاجهاد الشد المؤثر عموديا على المستويات البلورية . بينما في المواد الصلبة غير البلورية فان نقص البنية البلورية يؤدي الى تصدعات تكون عمودية على اتجاه الشد المطبق100% قبل الانكسار

تحول الكسر من الكسر المطيلي الى الكسر القصف:-

إن ظاهرة التحول من المطيلية إلى التقصفية تحصل عند درجات الحرارة الواطئة لأن اجهاد الخضوع يقل بزيادة درجة الحرارة بينما يبقى اجهاد الكسر ثابتاً . هناك درجة حرارة خاصة تتحول عندها المادة من الصفة المطيلية إلى الصفة التقصفيه. وتسمى حرارة التحول

عندما تكون هذه الدرجه أقل من درجة الحرارة التي يعمل بها الجزء الميكانيكي لا يكون هناك احتمال حدوث كسرتقصفي.



رسم تخطيطي يبين أساليب الكسر، الكسر بين حدود الحبيبات والكسر الانشقاقي عبر الحبيبات

انكسار قصف(هش)

الانكسار المطليلي .

الاختبار القبلي

س1) عرف منطقة المرونه في منحنى الاجهاد - الانفعال , كيف يمكن حساب خاصية الماده ؟

س2) كيف يمكن حساب النقصان في مساحة المقطع لعينه اجري عليها اختبار شد؟

س3) عدد انواع الكسور ,وماهو الفرق بينهم؟

س4) كيف يتم تحول الكسر من المطيلي الى الهش؟

الكلال Fatigue

(الكلل) , **حد الكلل , منحنى الكلل :-**

هو فشل يصيب المواد المعدنيه نتيجة تعرضها لاجهادات ترديديه او تكراريه او تذبذبيه (تتعرض لفشل كهذا الجسور والطائرات وجزاء المكائن ومعدات كثيره اخرى). ليس من الضروره ان يفشل المعدن المعرض للكلال كله, اذ قد يحدث فشل للاجزاء التي يبلغ فيها الاجهاد قيمه قصوى عند السطح.

تفاصيل كسر الكلال:-

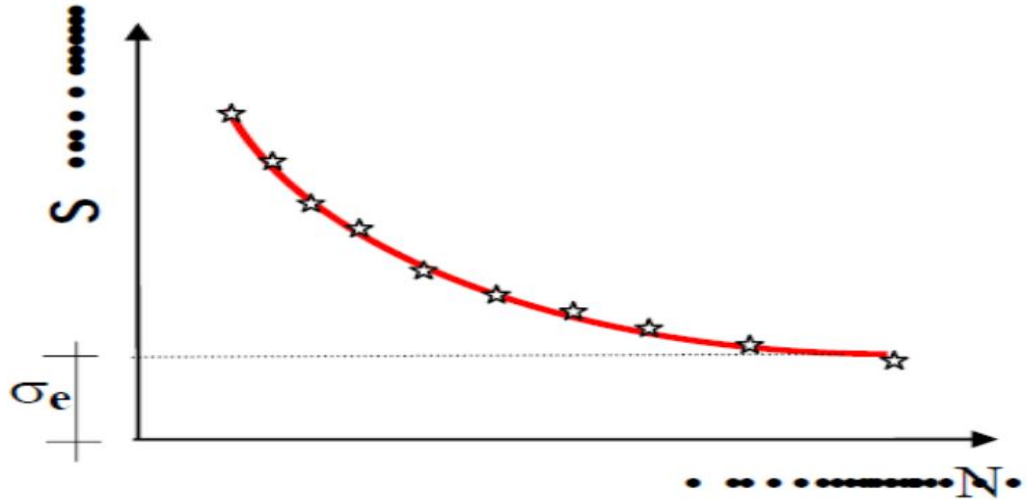
يتصف سطح كسر الكلال بوجود منطقتين:-

الجزءالاول ناعم Smooth متغير لونه وتعلوه علامات تموج تشبه العلامات التي تتركها موجات الماء التي تضرب الشاطئ الرملي هذه العلامات تؤشر زحف الشق تدريجيا من موقع او اكثر من مراكز تركيز الاجهادات ويبدأ شق صغير جدا بالظهور والنمو حتى يصل الى مقدار معين تبدا بعدها منطقة الجزء الثاني بقية سطح كسر الكلال فهي اما بلوريه او ليفية المظهر تشير الى التمزق النهائي للعينه لعدم قدرة الجزء المتبقي منها على تحمل الاجهاد الترددي المسلط عليها.

حد الكلل(الكلال) :- والذي يعرف بانه اكبر اجهاد تستطيع العينه تحمله عندما يكرر تسليط الحمل عدداً معيناً من المرات دون ان تنكسر .

ويجرى هذا الإختبار على عدد من العينات المتشابهة والتى يناسب شكلها ماكنة الإختبار ويتم آلآتي:-

1 ـ تعرض العينة الأولى لإجهاد متكرر كبير وتعين عدد الدورات التى تكسرها.
2 ـ تعرض العينة الثانية لإجهاد متكرر أقل من إجهاد العينة الأولى ويعين عدد الدورات التى تكسرها والذى يكون أكبر من العدد الذى كسر العينه الأولى.
٣ -يُكرر نفس العمل مع باقى العينات الأخرى وفى كل مرة يقلل قيمة الإجهاد المتكرر وتُعين عدد الدورات اللازمة لكسر العينة.
4- نرسم العلاقه (S-N) بين الإجهاد وعدد الدورات .



حيث ان : -
N عدد الدورات هو
S الاجهاد

الزحف, حد الزحف , منحني الزحف

الزحف Creep

الزحف Creep يمثل وصف التشويه اللدن الذي يحدث ببطئ بسبب تأثير احمال خارجيه لفتره زمنيه طويله,يحدث عادة في درجات حراريه مرتفعه , الزحف يحدث بتأثير حمل ثابت لكن التغيير في مساحة مقطع العينه مع الزمن ضئيل, لذا مما لاشك فيه ان الاستخدام بدرجات الحراره العاليه يرافقه تدني في الخواص الميكانيكيه والكيمياويه ,وبصوره عامه تقل مقاومة المعدن للزحف بارتفاع درجة الحراره .

يحدث تأثير الزحف عند تصميم التوربينات الغازية والحرارية ، وأي جزء يعمل تحت ضغط عند درجات الحرارة العالية.

الطريقه الشائعه لاختبار الزحف creep test تتم بتعريض عينة الاختبار الى اجهاد شدي ثابت بدرجة حراره ثابته.

العوامل المؤثرة على حد الكلل :-

1- وجود الشوائب
2- متوسط الاجهاد
3- الانهاء السطحي
4- التصميم وانجاز السطح
5- درجة الحرارة
6- البيئه (وسط الاستخدام)
7– الاجهادات المتبقيه **(Residual stresses).**
8- الخشونة السطحية **(Surface roughness).**

ان اهم المواد المقاومة للكلل هي :-

1- صلب النيكل 2 - صلب النيكل-كروم 3- السبائك الفائقة

اختبار قبلي

س1) بماذا يتصف سطح الكسر في الكلال.

س2) ماهي اهم المواد المقاومة للكلل.

الزحف, حد الزحف , منحني الزحف

الزحف Creep

الزحف Creep يمثل وصف التشويه اللدن الذي يحدث ببطئ بسبب تأثير احمال خارجيه لفتره زمنيه طويله,يحدث عادة في درجات حراريه مرتفعه , الزحف يحدث بتأثير حمل ثابت لكن التغيير في مساحة مقطع العينه مع الزمن ضئيل, لذا مما لاشك فيه ان الاستخدام بدرجات الحراره العاليه يرافقه تدني في الخواص الميكانيكيه والكيمياويه ,وبصوره عامه تقل مقاومة المعدن للزحف بارتفاع درجة الحراره .

يحدث تأثير الزحف عند تصميم التوربينات الغازية والحرارية ، وأي جزء يعمل تحت ضغط عند درجات الحرارة العالية.

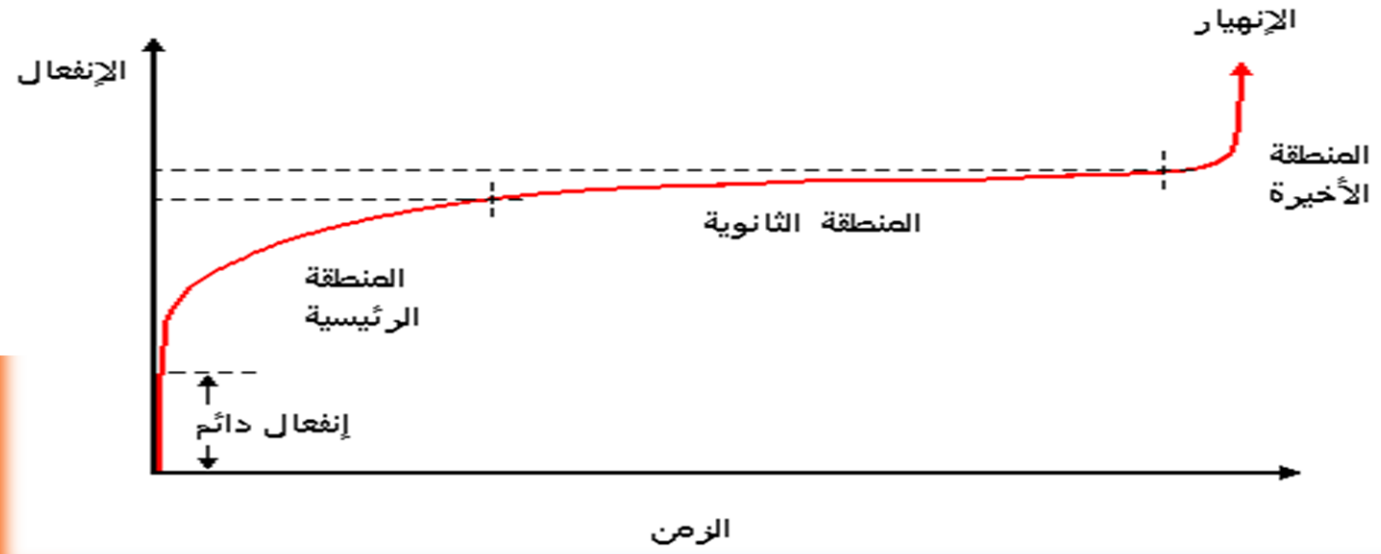
الطريقه الشائعه لاختبار الزحف creep test تتم بتعريض عينة الاختبار الى اجهاد شدي ثابت بدرجة حراره ثابته.

من هذا الاختبارنحصل على منحنى يحتوى ثلاث مناطق توضح عملية الزحف:

المنطقة الأولى:يحصل في هذه المرحله تصليد انفعالي Strain hardening, ويكون معدل زيادة الانفعال عاليا في البدايه ثم ينخفض بعد ذلك بمرور الزمن.

المنطقة الثانية:تتميز هذه المرحله بمعدل ثابت في زيادة الانفعال .ويكون لهذاالمعدل اقل قيمة مقارنة ببقية المراحل هذه المرحله تمثل الجزء الاهم في منحني الزحف.

المنطقة الثالثة:ويحدث فيها زيادة في معدل الانفعال بصوره كبيرة حتى تحدث عملية الانهيار.



منحني الزحف

اما منحني الزحف فيمثل العلاقة بين مقدار الانفعال والزمن وذلك بقياس مقدار الاستطالة والتي اصابت عدد من العينات ولفترة زمنية محددة حيث تمثل الزيادة بالانفعال مع مرور الزمن تأثير اجهادات مختلفة مقياسه ب نيوتن/ملم² ·

حد الزحف :- هو اكبر اجهاد يمكن تسليطه في درجة حراراة معينة ولفترة معينه من الزمن بحيث لا يتعدى معدل الزحف عن قيمة معينة.

ان اهم السبائك المقاومة للزحف

السبائك التي تحتوي على اعاقة اوعقبات حركة الانخلاعات مثل الدقائق الصغيره المبعثره التي يمكن ان تحدث بواسطة التصليد بالترسيب مثلا ،بحيث تكون هذه الدقائق مقاومه لدرجات الحراره التي يستخدم فيها المعدن اي لاتتجمع او تذوب في البنيه بارتفاع درجة الحراره.

اوالسبائك من نوع الصلب السبائكي الواطئ المحتوي على (0,5%) مولبيدنوم وبعض العناصر الاخرى التي لها القابليه على تكوين كاربيدات مستقره.

الاختبار البعدي

س1) ماذا يعني ,الكلال ,الزحف .

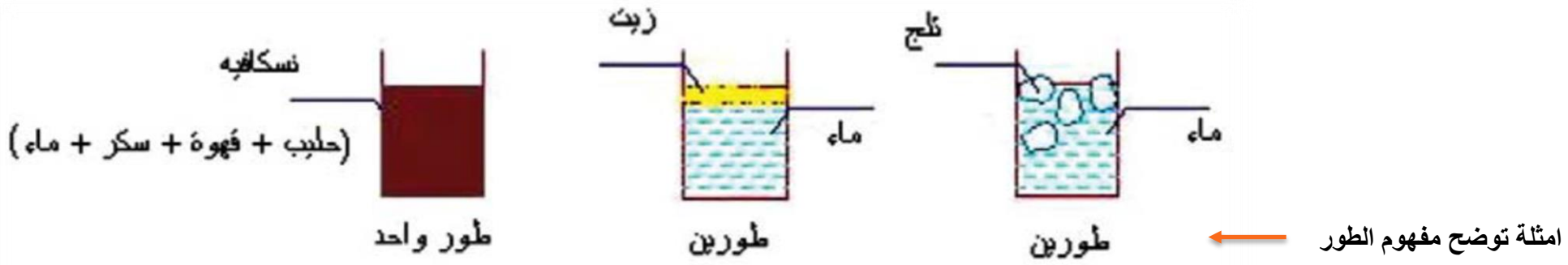
س 2) ارسم منحنى يمثل :-

1 - العلاقه بين الاجهاد وعدد الدورات

2 -العلاقه بين الزمن والانفعال

المركب :- هو مادة تكونت من عنصرين أو أكثر, ذات نسب ثابتة , تحدد تركيبه بالتالي تحدد خواص هذا المركب.

الطور :- يعرف الطور بأنه جزء من المادة متجانس له خواصه الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية المميزة . مثال لذلك الثلج في الماء هما طوران لأنه يمكننا تمييز الماء عن الثلج رغم ان لهما نفس التركيب الكيميائي . الزيت والماء عند خلطهما والانتظار لفترة ليطفو الزيت فوق الماء ويمكن تمييزهما ولذلك فهما طوران .المثال الثالث هو (النسكافيه) القهوة بالحليب فهي طور واحد رغم احتوائها على عدة عناصر (قهوة –سكر –حليب –ماء)الا انها امتزجت مع بعضها بحيث لا يمكن تمييز هذه العناصر واصبحت طورا اسمه نسكافيه.



امثلة توضح مفهوم الطور

النظام:- هو جسم أو مجموعة من الأجسام المادية التي تتبادل الطاقة والمادة فيما بينها, أو مع الوسط المحيط بها وايضاً بأنه جسم من المادة معزول عن المحيط تماماً. تستعمل لفظة النظام لتعني سلسلة من السبائك لها نفس المكونات ,على سبيل المثال فان نظام النحاس الخارصين يرمز الى كافة سبائك النحاس والخارصين المحتملة.

الخليط:-هو مادة مكونة من أكثر من طور هو يحتوي على مجموعة من الأجسام أقلها اثنين (قد يكون متجانس أو غير متجانس).

الاتـزان(التـوازن): هـي الحالـة التـي لا يحـدث فيهـا أي تفاعـل بـين الأطـوار المتواجـدة داخـل المنظومة وان مجموع الأطوار المختلفة تبقى ثابتة.

مخطـط الاتـزان :–تسـتعمل مخططـات الاتـزان لتوضـيح بعـض التغيـرات التـي تتعـرض لهـا المعـادن عنـد تبريـدها او تسـخينها بـبطء يمكـن ان يشـمل الانصـهار والانجمـاد او بعـض انـواع المعـاملات الحراريـة التـي تتعـرض لهـا المعـادن وهـي مخططـات لدرجـة الحـرارة مقابـل التركيـب الكيمياوي.

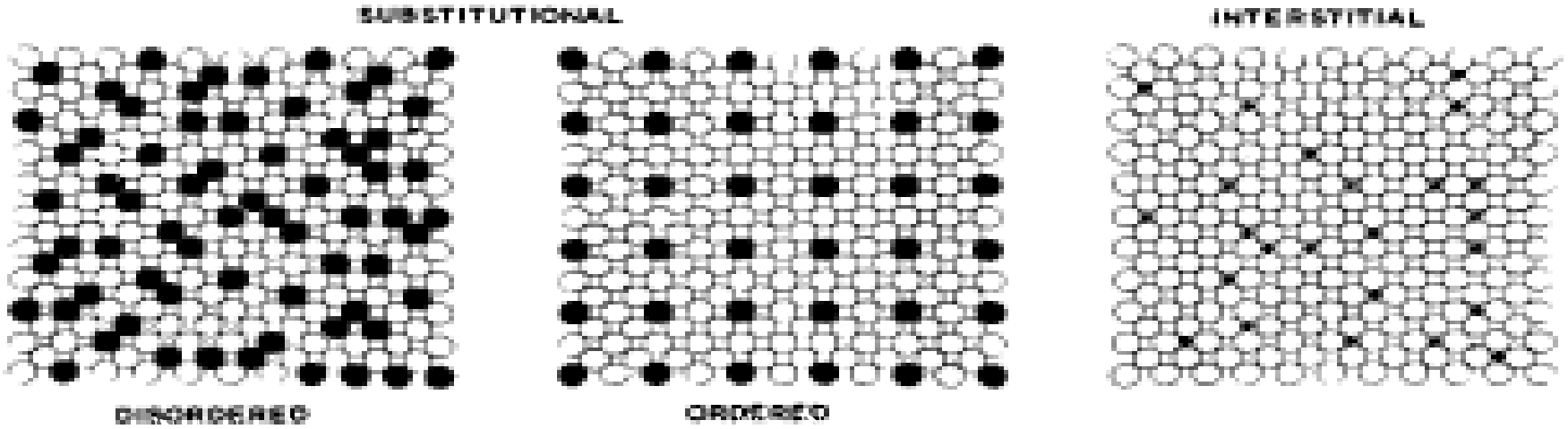
الايوتكتـك :- هو خليط من المركبات أو العناصر الكيميائية التي لها تركيب كيميائي يتجمد (يتصلب).

السبائك :عند خلط عنصريين أو أكثر مع بعضهما البعض على ان يكون احدهما معدناً وتسخين الخليط لدرجة انصهاره ثم اعادة تبريده يمكن الحصول على مادة جديدة لها صفات معدنية تختلف عن تلك التي تكونت منها ويطلق على هذه المواد الجديدة بالسبائك . Alloys.

المحلول الجامد :- هو الطور الناتج عن ذوبان مكون أو أكثر (يسمى المذاب) في مكون آخر يسمى (المذيب) دون أن يغير ذلك في التركيب البلوري للمذيب أي أنه مستقر في الحالة الجامدة كما ان البنية البلورية للسبيكة تمثل البنية البلورية للمعدن المذيب بينما تكون ذرات المعدن المذاب موزعة في تلك البنية [يقصد بالمعدن المذيب المعدن الموجود بنسبة أعلى في السبيكة]والمذاب [المعدن الموجود بنسبة أقل].

هنالك نوعان رئيسيان من المحاليل الجامدة وهما:-

1-المحلول الجامد الاحلالي :- هو المحلول الذي تحتل ذرات المذاب فيه أماكن ذرات المذيب في نقاط تقاطع الشبكة البلورية فان الشبكة البلورية للمذيب قد تعرضت للتشويه نتيجة لاستيعاب المذيب لعدد من ذرات المذاب ويصاحب هذا التشويه زيادة في صلادة المعدن المذيب ومقاومته ويلاحظ كذلك ان الأبعاد الذرية ستزداد اذا كانت أقطار ذرات المذاب اكبر من اقطار ذرات المذيب في حين تقلص هذه المسافة أقطار ذرات المذاب اصغر من أقطار ذرات المذيب.



2- المحلول الجامد البيني :- وهو المحلول الذي تحتل فيه ذرات المذاب مواقع بينية بين ذرات المذيب عندما تكون أنصاف أقطار ذرات المذاب اقل من أنصاف أقطار ذرات المذيب مما يؤدي الى حدوث تشوه بسيط وزيادة في صلادة البنية البلورية.

العوامل المؤثرة في قابلية الذوبان في الحالة الصلبة :-

تتوقف قابلية الذوبان التام بين المعادن في الحالة الصلبة على عدة عوامل اهمها:

1- تشابه نوع الشبكة الحيزية للبنية البلورية للمذاب والمذيب.

2- الأقطار الذرية النسبية للمذاب والمذيب.

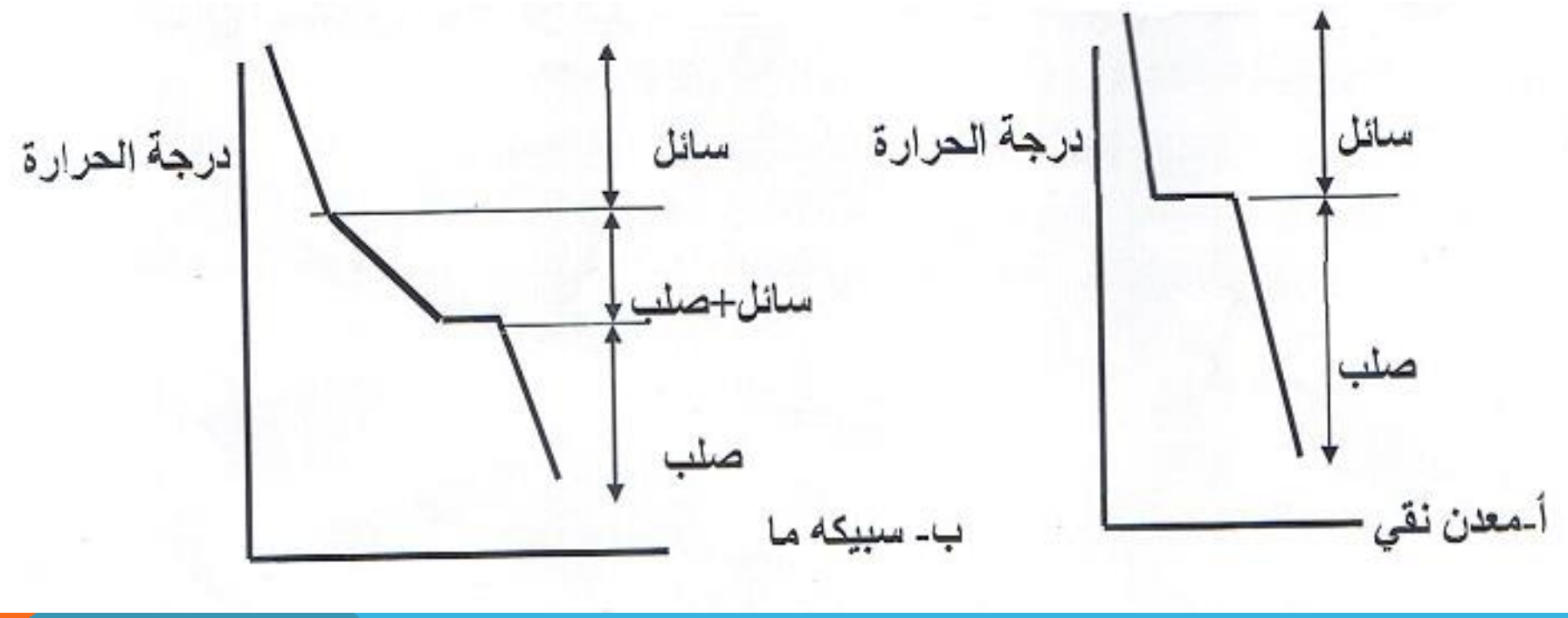
3- التكافؤ الكيمياوي بين المذيب والمذاب .

4- شحنة ذرات المذيب والمذاب.

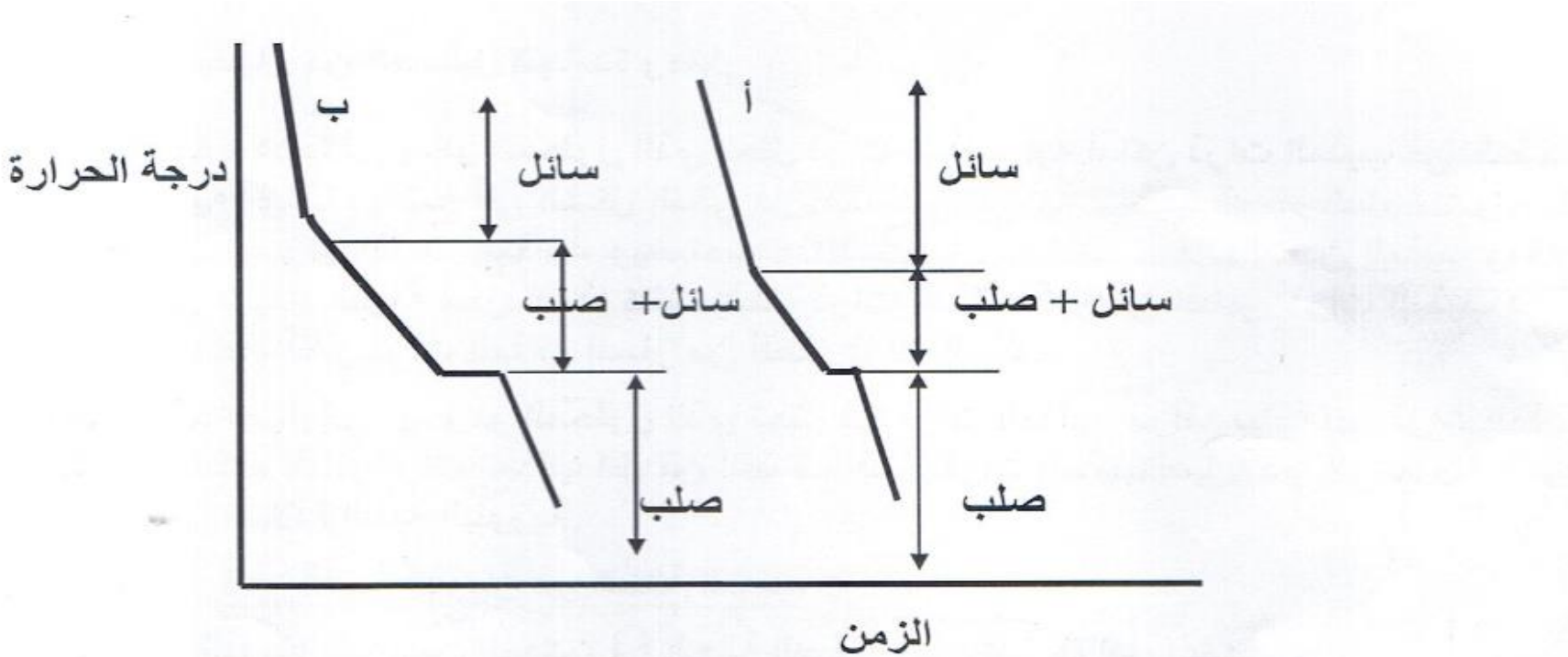
5- التشابه الكيمياوي بين المذيب والمذاب.

منحني التسابك :-

ان منحني التبريد او التسخين لسبيكة ما يختلف عن منحني التبريد او التسخين للمعادن النقية او المواد الغير بلورية (الامورفية) كما في الشكل الاتي:-



ان الشكل الذي يتخذه المنحني يعتمد بالدرجة الأولى على نسب مكونات السبيكة (العناصر التسابكية) فلو فرضنا ان سبيكة تتكون من المعدن أ والمعدن ب فان منحني التسابك لهذه السبيكة والتي تحتوي على 10% من وزن السبيكة من المعدن (أ) و90 % من وزن السبيكة من المعدن (ب) يختلف بعض الشيء عن منحني التسابك لسبيكة تحتوي على 80% من وزن السبيكة من المعدن(أ) و20% من وزن السبيكة من المعدن (ب), بالرغم من كون مكونات هذه السبائك واحدة وهي المعدن أ والمعدن ب كما في الشكل الآتي:-



منحنيات ألتسابك لسبيكة ما أ-10%معدن أ و90%معدن ب

ب- 80% معدن أ و20 %معدن ب

اختبار بعدي

س1) اذكر العوامل المؤثرة في قابلية الذوبان في الحالة الصلبة.

س2) ماهو المحلول الجامد وما هي انواعه ؟

س3) مستعينا بالرسم ، قارن بين منحنى التبريد لمعدن نقي وأخر لسبيكة .

مخططات الاتزان الحراري

عبارة عن رسومات توضح أطوار مختلفة لتنظيم المواد عند اختلاف درجة الحرارة والتركيب، وبوا سطة هذه الرسومات يمكن الحصول على المعلومات الآتية:-

1)العلاقة بين درجة الحرارة وتركيب المادة مع بيان الأطوار المختلفة. 1)

2) تحديد توازن ذائبية المواد في بعضها.

3) التعرف على التركيب الكيميائي والأطوار المكونة للسبيكة عند حرارة معينة

4) تحديد إمكانية إجراء المعالجة الحرارية على سبيكة ما من عدمه

5) تحديد درجة حرارة تحول المادة إلى حالة الانصهاراو التجمد.

ولرسم مخططات الاتزان لابد من التعرف على طريقة رسم منحنيات التبريد والتي من خلالها يتم رسم مخطط الاتزان الحراري لأي سبيكة، ومنحنى التبريد ببساطة يوضح العلاقة بين درجة حرارة المادة والزمن بحيث يتم صهر المعدن أو السبيكة ومن ثم التبريد ببطء، وعند تكرار هذه العملية لتركيبات مختلفة من السبيكة يلاحظ في المنحنيات وجود تغير فجائي في معدل التبريد، ويتم تحديد هذه النقاط في رسم آخر يبين العلاقة بين تركيب السبيكة ودرجة الحرارة.

انواع الانظمة السبائكية:-هناك عدة انواع من الانظمة السبائكية ومنها:-

سبائك النوع الاول

السبائك ذات المكونين القابلين للذوبان في الحالة السائلة وغير قابلين للذوبان في الحالة الصلبة (الخليط الميكانيكي).

كمثال لهذا النوع من السبائك فلو فرضنا ان الكادميوم يمثل المعدن (أ) والبزموث يمثل المعدن (ب) درجة حرارة انصهار الكادميوم 321 ودرجة حرارة انصهار والبزموث 271.

1- بالنسبة للسبيكة(1) عند تبريد المحلول السائل لهذه السبيكة وتجاوز فاصل السيولة تنفصل بلورات من المعدن (أ) , بعد تخطي منحني فاصل السيولة(س ي), وبعد الاستمرار بالتبريد وتخطي الخط (د ي) والذي يسمى فاصل الصلابة تتحول السبيكة جميعها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة كليا حيث يتكون خليط من بلورات الكادميوم + اليوتكتك.

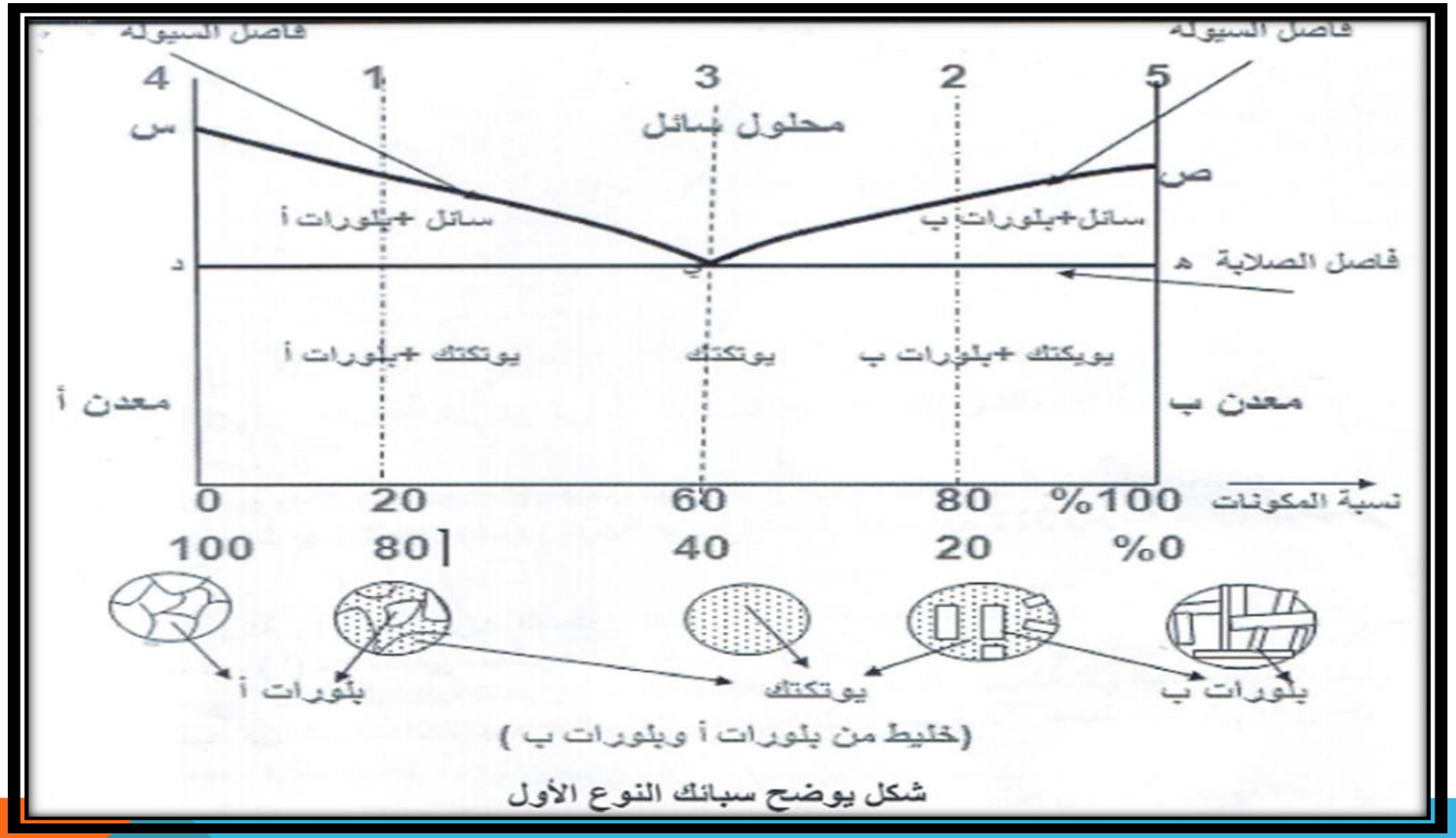
(اليوتكتك) عبارة عن خليط ميكانيكي دقيق من بلورات (الكادميوم والبزموث).

2- أما بالنسبة للسبيكة (2) تنفصل بلورات من المعدن (ب)بعد تخطي منحني فاصل السيولة ص ي وبعد الاستمرار بالتبريد وتخطي الخط (هـ ي) والذي يسمى فاصل الصلابة تتحول السبيكة جميعها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة كليا حيث يتكون خليط من من بلورات والبزموث + اليوتكتك (اليوتكتك) عبارة عن خليط ميكانيكي دقيق من بلورات (الكادميوم والبزموت)

3- أما بلورات السبيكة رقم 3 تكون متكونة كليا من اليوتكتك عند تحولها من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.

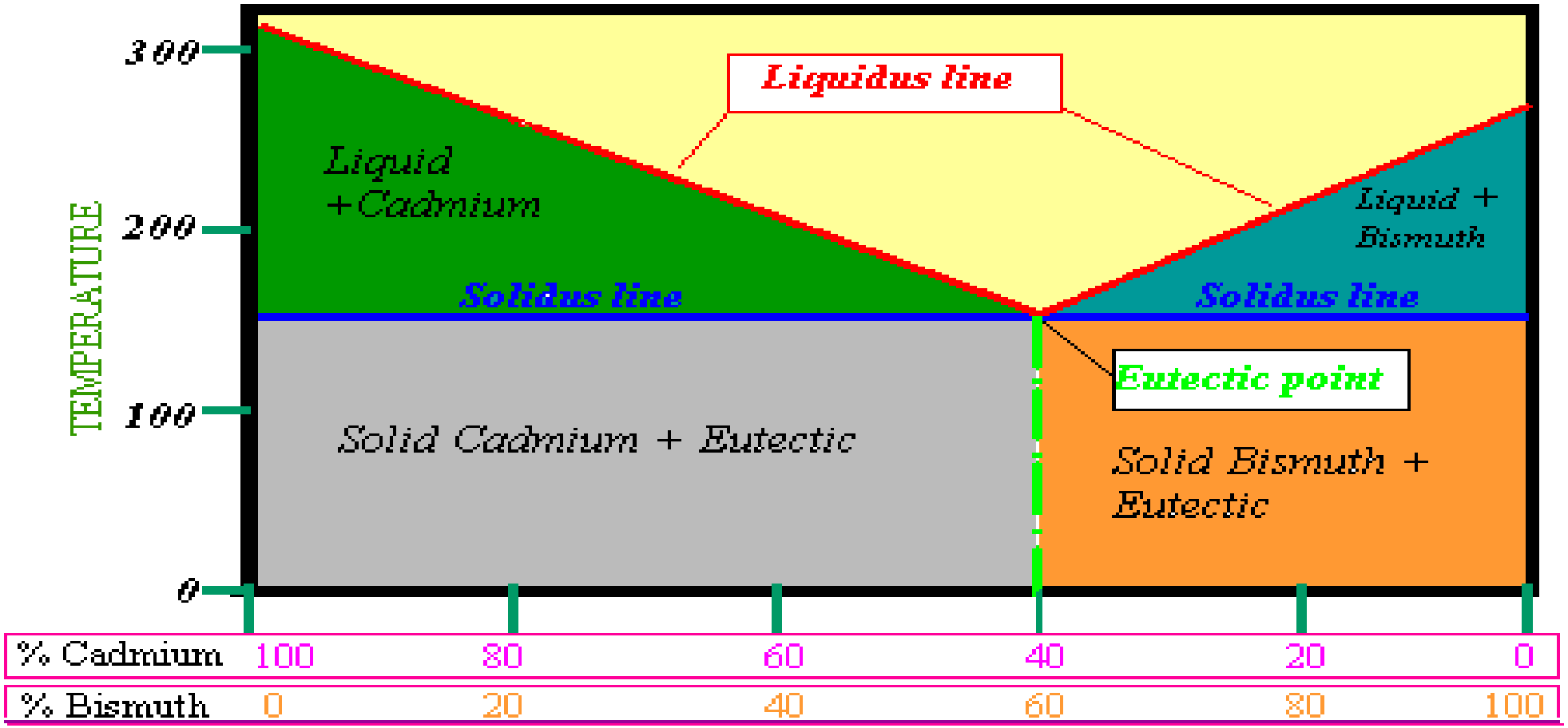
4- أما المعادن النقية الكادميوم (أ) والبزموت (ب) فتركيبها كما في سبيكة 4و5

الشكل الآتي يمثل مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الإذابة في الحالة السائلة وغير قابلين للذوبان في الحالة الصلبة (الخليط الميكانيكي) والبنية المجهرية لسبائكه.



شكل يوضح سبائك النوع الأول

Eutectic thermal equilibrium diagram for Cadmium - Bismuth



سبائك النوع الثاني

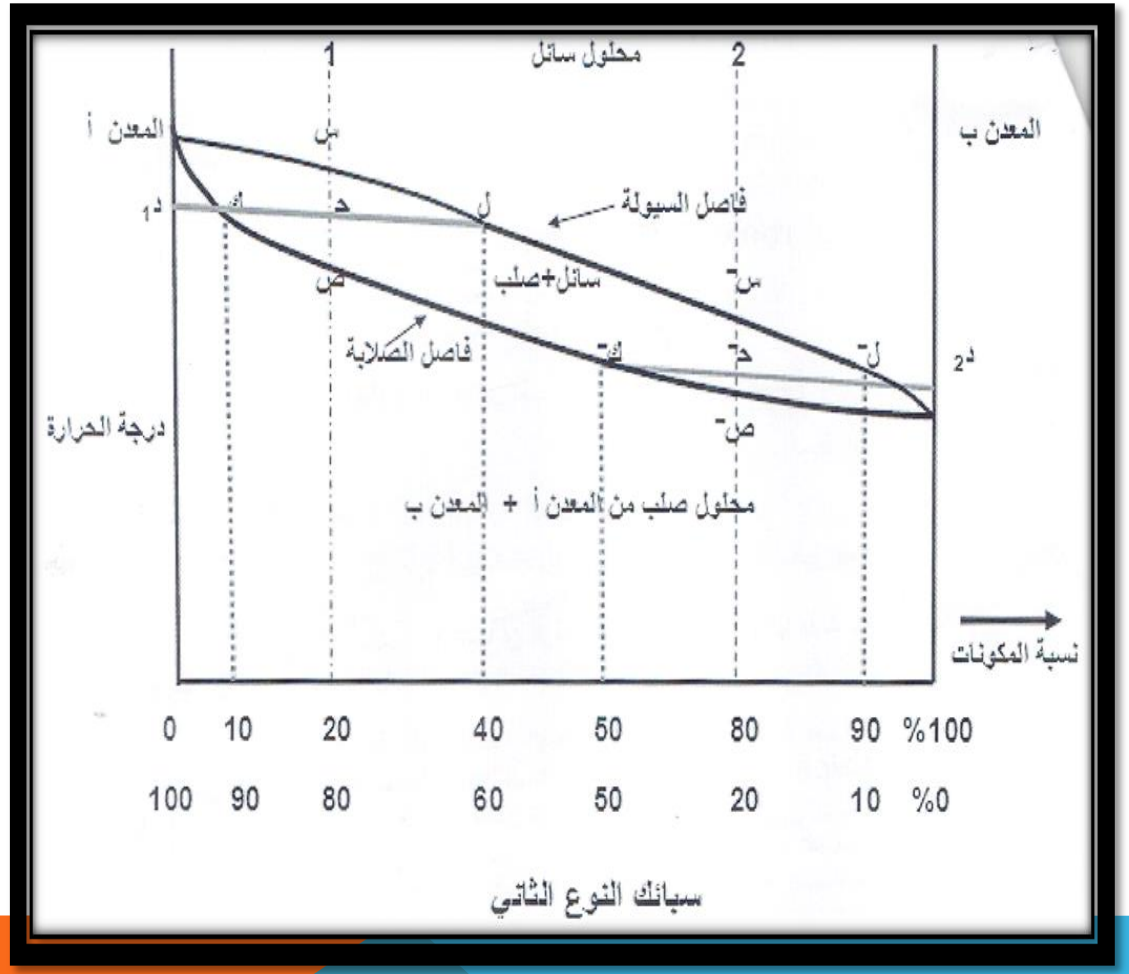
السبائك ذات المكونين القابلين للذوبان في الحالة السائلة والحالة الصلبة

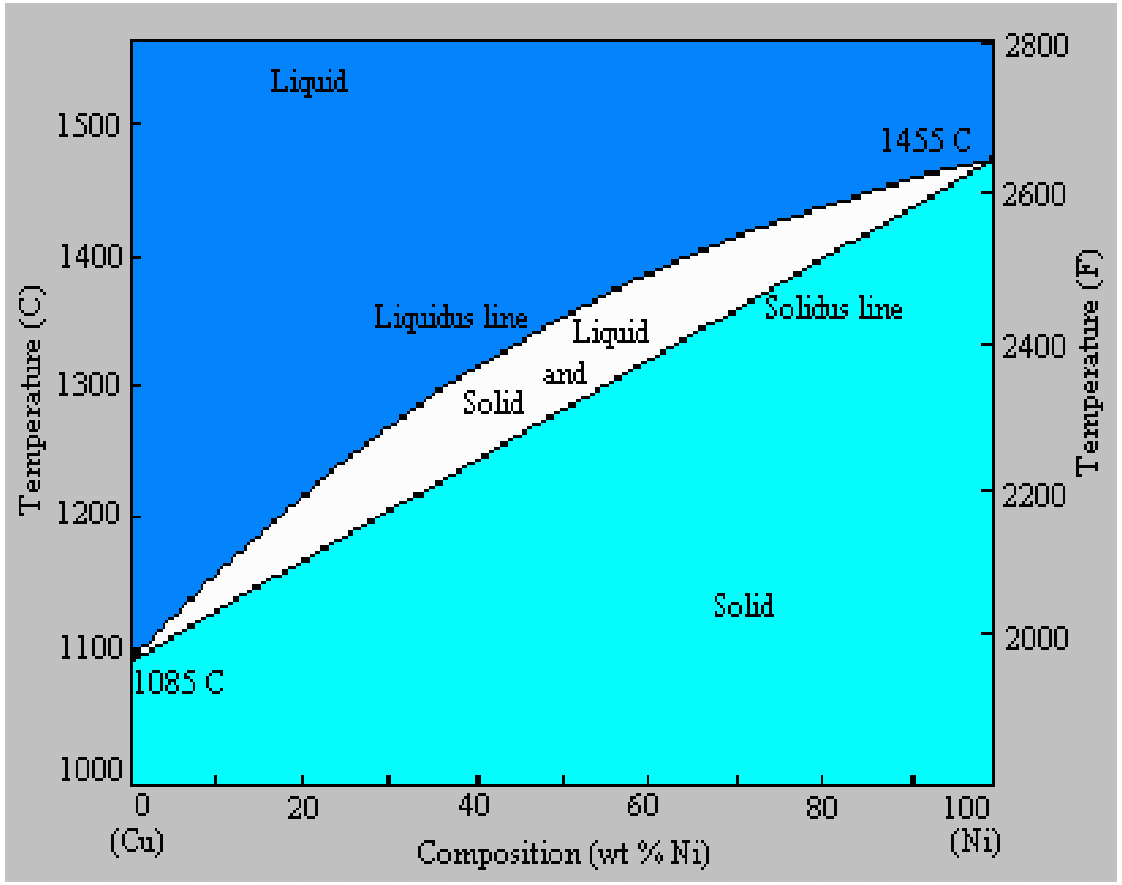
- تعتبرسبائك النحاس والنيكل كمثال لهذا النوع من السبائك

فلو فرضنا ان النيكل يمثل المعدن(أ)والنحاس يمثل المعدن (ب) درجة حرارة انصهار النيكل 1452م ودرجة حرارة انصهار النحاس1083 م .

1–عند تبريد المحلول السائل لهذه السبيكة وتجاوز فاصل السيولة تنفصل بلورات عبارة عن المحلول صلب من النيكل(أ) والنحاس (ب)سواء كان ذلك في السبيكة 1او2من المحلول السائل للنيكل(أ) والنحاس(ب).

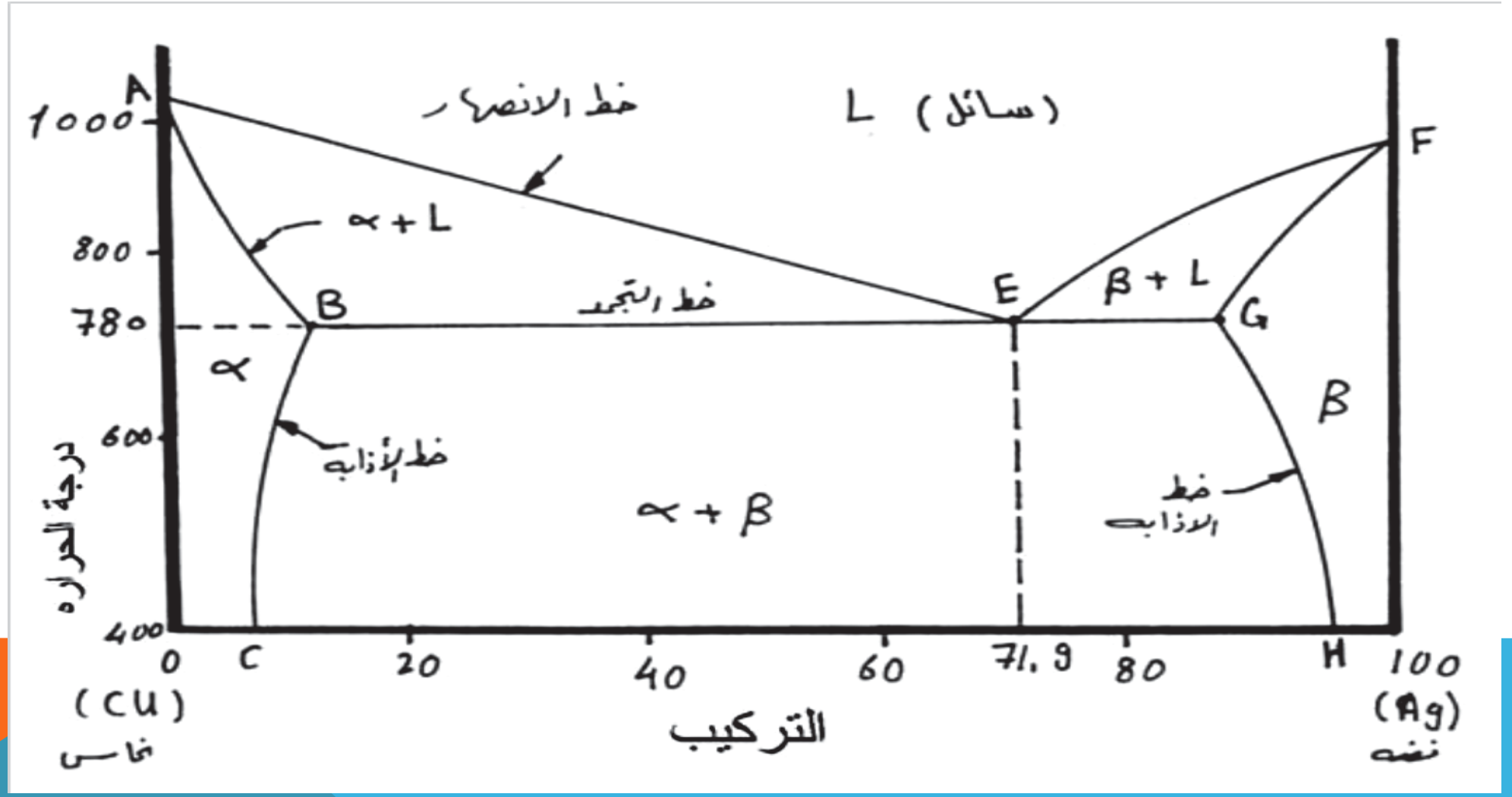
2– وبعد تجاوز فاصل الصلابة يتحول ما تبقى من المحلول السائل الى الحالة الصلبة وفي هذه النوع من السبائك تتكون السبيكة في الحالة الصلبة من محلول صلب للنيكل أ والنحاس ب.


1
محلول سائل
2
المعدن أ
المعدن ب
س
فاصل السيولة
ل
ك
ح
ص
سائل+صلب
س-
فاصل الصلابة
ك-
ح-
ل-
ص-
درجة الحرارة
محلول صلب من المعدن أ + المعدن ب
نسبة المكونات
0 10 20 40 50 80 90 %100
100 90 80 60 50 20 10 %0
سبائك النوع الثاني


Liquid
1455 C
Liquidus line
Liquid
and
Solid
Solidus line
Solid
1085 C
Temperature (C)
Temperature (F)
1500
1400
1300
1200
1100
1000
2800
2600
2400
2200
2000
0
20
40
60
80
100
(Cu)
(Ni)
Composition (wt % Ni)

سبائك النوع الثالث-

مادتان تامتي الذوبان في الحالة السائلة ومحدوديتي الذوبان في الحالة المتجمدة



لمخطط الاتزان الحراري للنحاس والفضه هناك عدة سمات لهذا المخطط وهي:-

1-هناك ثلاثة اطوار موجودة في المخطط وهي (السائل , α, ß) . الطور α هو محلول متجمد غني بالنحاس وهو يحتوي على نسبة من الفضة كمذاب في هذا المحلول .الطور ß غني بالفضة والنحاس مذاب فيه.

2- يمثل الخط CBA حدود اذابة الفضة في النحاس كما يمثل HGF حدود اذابة النحاس في الفضه.

3- تكون نسبة الاذابة (سواء فضة في نحاس أو نحاس في فضة) اقصاها على الخط الافقي BEG.

4- تكون اقل درجة انصهار على نفس الخط عند نقطة وهذا الخط الافقي هو جزءمن خط التجمد

6 - النقطة E يلتقي عندها ثلاثة اطوار L، β، α ويكون عندها اقل درجة انصـهار وتسمى نقطـة اليوتيكتيـك .

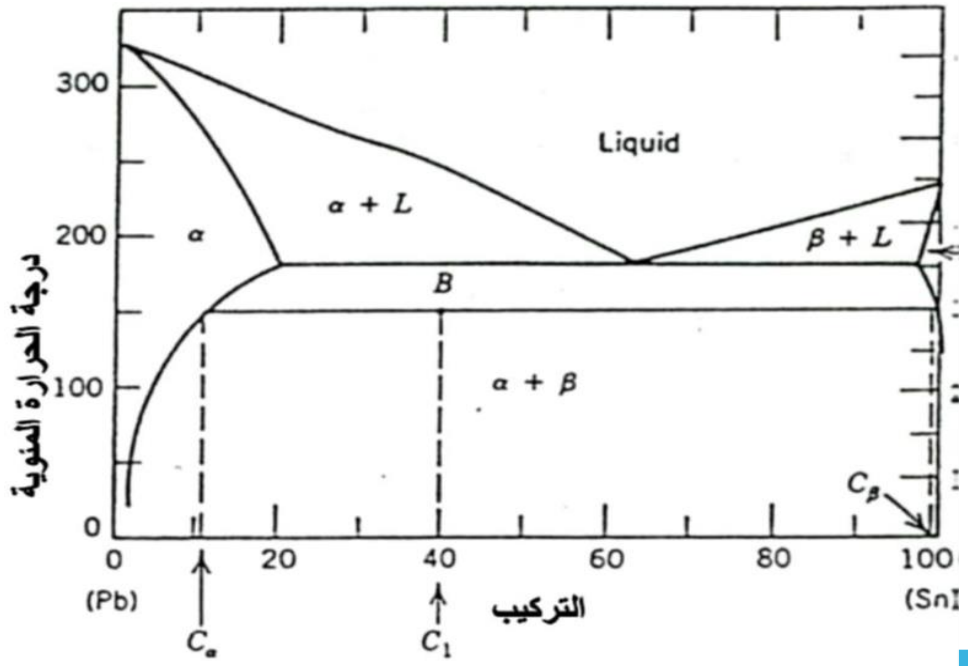
نقطـة اليوتيكتيـك وفـي هـذه الحالـة (اي فـي هـذا المخطـط) النقطـة تحـدث عنـد درجـة حـرارة 780 C° وتركيب 71.9% فضة واذا لاحظنا فإن هناك ثلاثة اطوار تتجمع عند هذه النقطة .

مثال:-

في منحنى الرصاص Pb والقصدير Sn المبين بالشكل عند تركيب 40 Sn% ودرجة حرارة C°150 اوجد :-

1- تركيب كل من الطورين α و β

2. نسبة اوزان كل طور.



الحـــــل:-

كما هو موضح بالشكل االمجاور وبتطبيق قاعد العتلة المذكور سابقا فان

تركيب α =(11% Sn , 89% Pb)

تركيب β = (99% Sn , 1% Pb)

نسبة الطور α = 40 – 99 / 11 – 99 = 0.67

نسبة الطور β = 11 – 40 / 11 – 99 = 0.33

قانون العتله :-

عند وجود a ،b ,cهناك طور واحد - وهناك طوران عند النقاط d عند النقاط

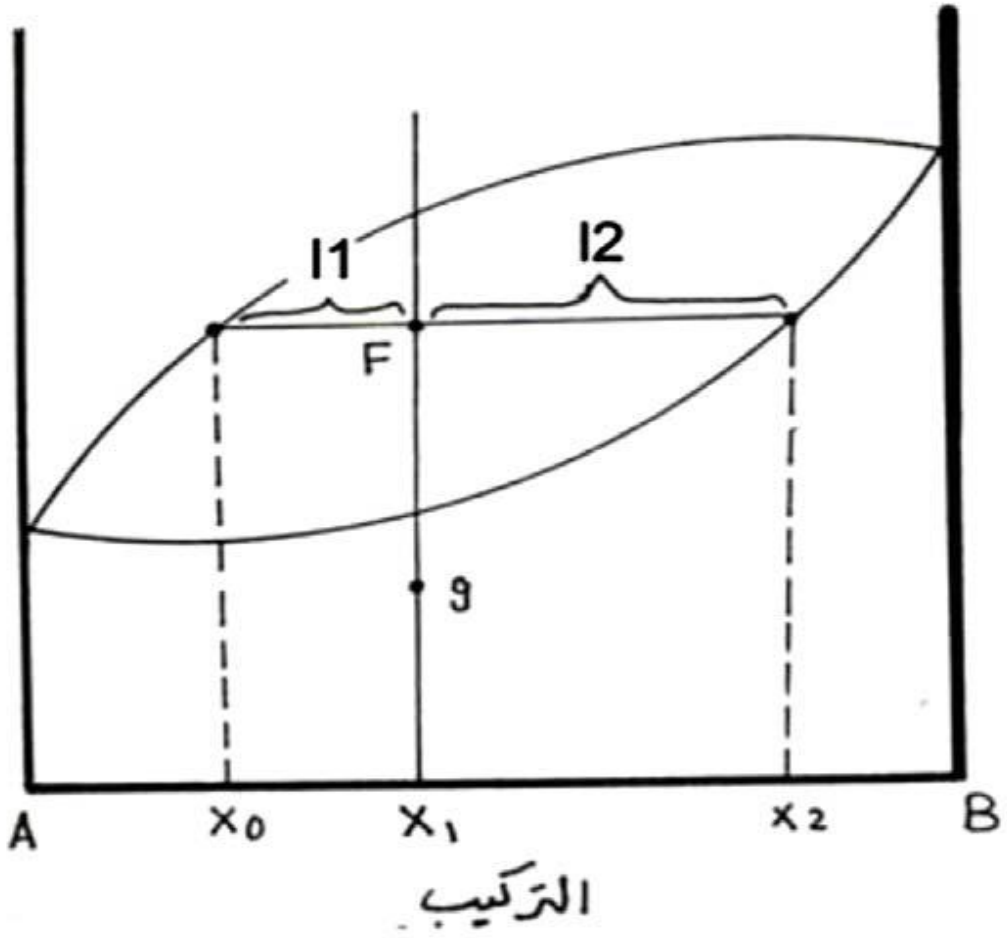
طور واحد فإن نسبة الاطوار تكون 100 % والتركيب

للطور هو نفس تركيب السبيكةعند وجود كثر من طور فإن

هناك نسبة من كل طور كما ان كل طور له تركيبه الخاص

الذي يختلف عن تركيب السبيكة ولإيجاد ذلك نتبع قاعدة العتلة

كما هو موضح بالشكل ادناه :-



في هذا الشكل السبيكة مكونة من عنصرين A,B .عند الطرف الايسر من المحور الافقي يكون تركيب السبيكة (A 100%)اي (B 0 %) وبالتالي يكتب الحرف A وفي الطرف الايمن يكون التركيب (B 100 %) , (A %0) وبالتالي يكتب الحرف B ما بينهما هو خليط من الاثنين(X).

عند النقطة F تركيب x_1 هناك طوران هما سائل ومتجمد لإيجاد نسبة الاطوار وتركيب الاطوار ، نرسم من نقطة F خطاً افقياً ليتقاطع مع خط المنصهر وخط المتجمد ويكون تركيب السائل هو x_0 وتركيب المتجمد هو x_2 والنسبة بينهما هي:-

$$\frac{x_1 - x_0}{x_2 - x_0} = \frac{l_1}{l} = \text{نسبة المتجمد}$$

$$\frac{x_2 - x_1}{x_2 - x_0} = \frac{l_2}{l} = \text{نسبة السائل}$$

حيث ان l هي المسافة بين نقطتي تقاطع العتلة مع خط المنصهر وخط المتجمد ($l = l_1 + l_2$) .

تقسم هذه المسافة عند تركيب x_1 الى مسافتين l_1 القريبة من المتجمد و l_2 المسافة القريبة من السائل

أي ان نسبة السائل والمتجمد تحسب بالمسافات العكسية وهذه قاعدة عامة .

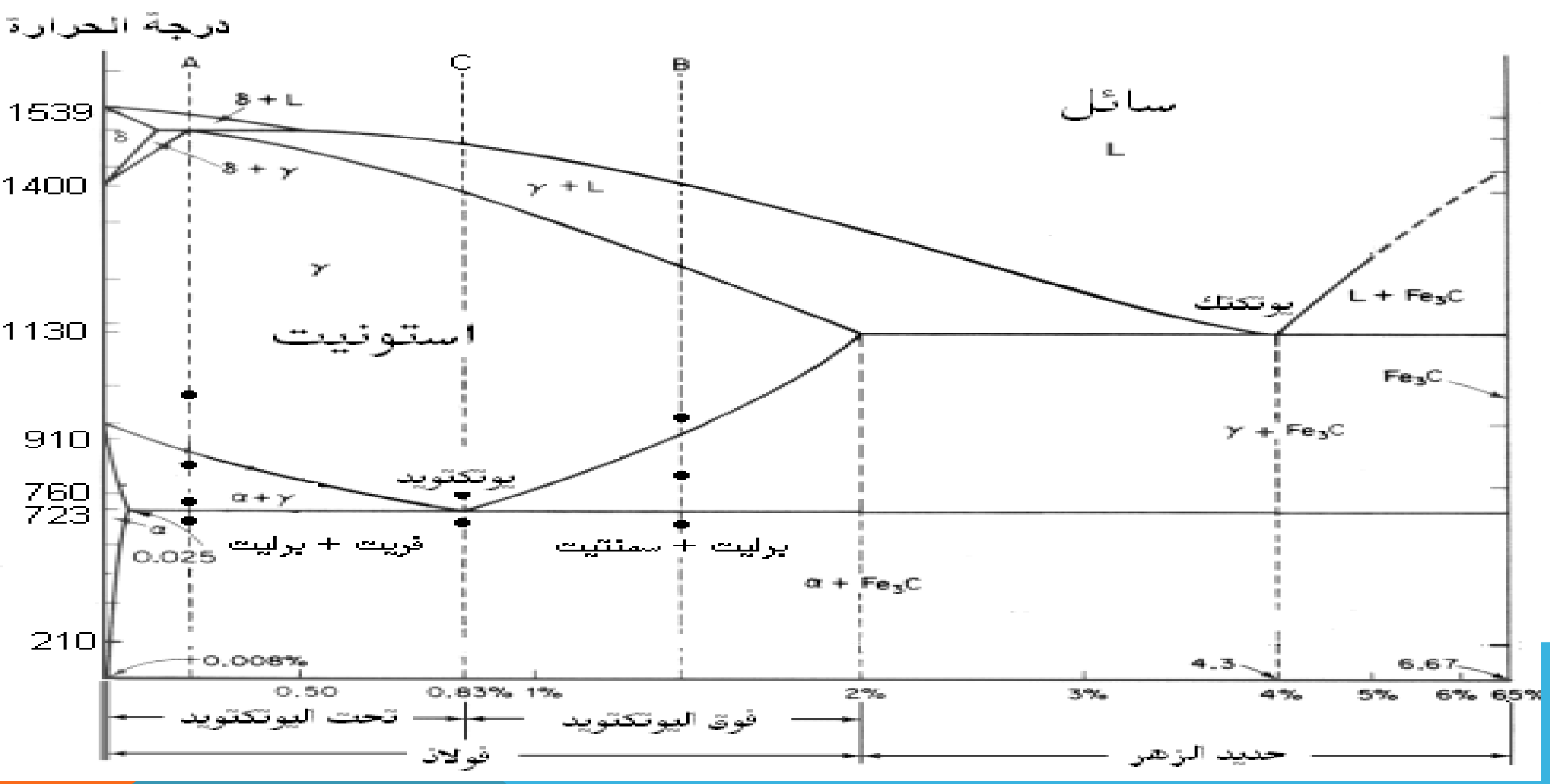
الحديد

درجة مئويه درجة انصهاره . هو عنصر كيميائي و فلز، وهو من اقدم الفلزات المكتشفة ،وعدده الذري26
يرمز له Fe , 1535 ^{o}C

يعد الحديد أقوى الفلزات على الاطلاق وأكثرها أهمية للأغراض الهندسية، بشرط حمايته من الصدأ. (أي التفاعل مع الأوكسجين).

قابلية ذوبان الكربون في الحديد:-

1. اقصى نسبة ذوبان الكربون في حديد الفا α تصل الى 0.03 % في درجة حرارة 723 c^{o} وتقل الى 0.006 % في درجة حرارة الغرفه ويسمى حديد الفا بالفرايت ويرمز له بالرمز α .
2. قابلية الذوبان القصوى للكاربون في حديد γ تبلغ 2% عند 1130c^{o} ويسمى المحلول الصلب الناتج عند ذوبان الكربون في حديد كاما بالاوستنايت ويرمز له γ .
3. السمنتايت Fe_3c هو مركب كيميائى ناتج من تفاعل الكربون مع الحديد بنسب وزنيه ثابته مقدارها 6.67% ويمتاز بصلادته العاليه لكنه قصيف (هش).



مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون

يمكن ملاحظة الاطوار التالية في منحنى حديد كاربون :-

حديد δ :محلول صلب للكاربون في الحديد دلتا δ ذو شبكة بلورية مكعب متمركز الجسم BCC يتواجد بين درجات الحرارة 1539 – 140م .اعلى نسبة لذوبان الكاربون فيه هي 0.1 % عند درجة حرارة 1496 م.

الاوستنايت : (γ Iron) محلول صلب للكاربون في حديد γ ذو شبكة بلورية مكعب متمركز الوجه FCC يتواجد بين درجات الحرارة 1496 – 723 م. كما يمكن الحصول عليه في درجات الحرارة الغرفة بوسائل خاصة كما في الصلب المقاوم للصدأ . اعلى نسبة لذوبان الكاربون فيه هي 2 % عند درجة الحرارة 1130 م . له مقاومة عالية للصدمات وصلادته HRC 40 .

الفيرايت Ferrite (α iron) محلول صلب للكاربون الذائب قي حديد الفا ، شبكته البلورية مكعب متمركز الوجه . BCC يتواجد في درجات الحرارة تحت 910 م . اعلى نسبة ذوبان الكاربون فيه هي 0.02 % عند درجة حرارة 723 م . صلادته قليلة ومطيليته عالية ومقاومته للصدمات جيدة.

السمنتايت (كاربيد الحديد: Cementite Fe 3 C) مركب معدني ونسبة الكاربون فيه 6.67 % ، صلادته عالية ومقاومته للشد قليلة ، هش وسهل الانكسار ، يقاوم الانضغاط . من اصلد الاطوار التي تظهر في منحنى الحديد مع الكاربون.

البيرلايت Pearlite : خليط يوتكتويدي من الفيرايت والسمنتايت ، نسبة الكاربون فيه 0.8 % عند درجة حرارة 723 م . يتكون نتيجة التبريد البطيء للاوستنايت ، وهو عبارة عن طبقات متعاقبة من الفيرايت والسمنتايت . حبيباته تظهر غامقة تحت المجهر ، وإذا زيدت قوة التكبير اكبر من 400 فان الحبيبات تبدو مخططة . صلادته HRC 20 .

ليدوبورايت : Ledeburite

خليط يوتكتي من الاوستنايت والسمنتايت . نسبة الكاربون فيه % 4.3 ويتكون عند درجة حرارة 1130 م ويتحول الى البيرلايت والسمنتايت عند 723 م.

النقاط المهمة على المخطط:-

1 - نقطة بريتكتيك عند تركيب 0,2 % ودرجة حرارة 1538 (درجه مئويه).
2 - نقطة اليوتكتك عند التركيب ٤,٣ % كربون ودرجة حراره 1130 م
3- نقطة اليوتكتويد عند التركيب ٠,٨٣ % كربون ودرجة حرارة 723 م

يمكن تقسيم المنحني الى جزئين :-

1 - الجزء الاول التفاعل اليوتكتويدي نسبة الكربون لاتزيدعن 2%

يسمى التفاعل عند هذه الدرجه $723c^{o}$, وتركيز 0.8% كاربون بالتحولات اليويكتويديه, **ومنه:-**

1- التركيب اليوتكتويدي

يبدأ من طور الاستونايت ثم ينتقل بالتبريد الى البرليت (سمنتيت + فريت).

٢- التركيب تحت اليوتكتويدي:

عملية التبريد إلى أن نحصل على (الفريت + البرليت ينتج عندما تكون نسبة الكربون أقل من ٠,٨٣ % ويبدأ من طور الاستونيت ثم يتكون الفريت) تحت درجة الحرارة ٧٢٣

٣- التركيب فوق اليوتكتويدي:

ينتج عندما تكون نسبة الكربون أعلى من ٠,٨٣ % ويبدأ من طور الاستونيت ثم بالتبريد يتكون السمنتايت ويزداد تدريجيا حتى تصبح ونلاحظ أيضا زيادة أغلفة السمنتيت درجة الحرارة أقل من ٧٢٣°م ويتكون (السمنتيت +البرليت)

2-الجزء الثاني الذي يمثل تحولات اليوتكتيك في حديد الزهر وتكون نسبة الكربون فيه من 2% الى 6.67% .

يسمى التفاعل عند درجة حرارة 1130 c° ونسبة كاربون 4.3 % بتحولات اليوتكتك لحديد الزهر **ومنه :-**

1 – اذا كانت نسبة الكاربون 4.3% ودرجة حرارة 1130 °c يسمى الليديبورايت تركيبه هو السمنتايت 6.67% + الاوستنايت 2% .

2 - اما اذا كانت نسبة الكربون اعلى من 4.3 % يسمى حديد زهر بعد اليوتكتك.

3 - اما اذا كانت نسبة الكربون اقل من 4.3% يسمى حديد زهر قبل اليوتكتك.

تحول الاوستنايت

يتحول الاوستنايت مع الزمن عند درجة حراره ثابته الى بيرلايت **وسبب التحول** هو التغيير بالطاقه الحره مع درجة الحراره , حيث ان الطاقه الحره للاوستنايت اعلى من الطاقه الحره للبيرلايت وهذا يعني ان البيرلايت اكثر استقراريه من الاوستنايت.

الاختبار البعدي

اجب عن أسئله التاليه:-

س1) وضح اقصى قابلية ذوبان الكربون في الحديد α , γ وفي اي درجه حراريه .

س2) اذكر النقاط المهمه على مخطط الحديد كاربون.

س3) كيف يمكن تقسيم منحني الحديد كاربون ؟

س4) اعط سبب , تحول الاوستنايت مع الزمن عند درجة حراره ثابته الى بيرلايت .

س5) اكمل الجمل التاليه:-

1- _____ محلول صلب للكاربون الذائب قي حديد الفا ، شبكته البلورية مكعب متمركز الوجه

2 - _____ خليط يوتكتي من الاوستنايت والسمنتايت . نسبة الكاربون فيه 4.3 % .

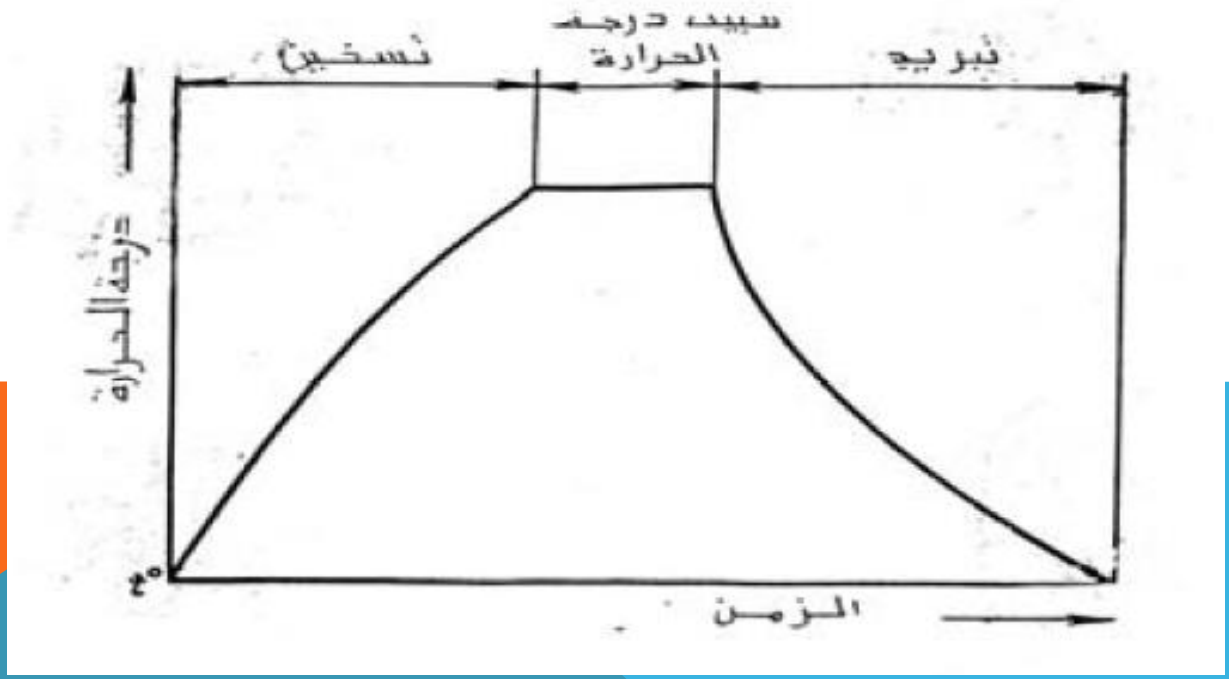
3- التركيب اليوتكتويدي يبدأ من طور الاستونايت ثم ينتقل بالتبريد الى ----------

Heat Treatment المعالجات الحراريه

المعالجة الحرارية هي رفع درجة حرارة المعدن أو السبيكة إلى درجة حرارة معينة وتثبيت درجة الحرارة لفترة زمنية ملائمة ومن ثم التبريد بمعدل تبريد معين.

هذه العوامل الثلاثة لها تأثير بالغ على الخواص المراد تحقيقها من المعالجة الحرارية :-

1. درجة الحراره التي يسخن اليها المعدن.
2. زمن تثبيت درجة الحراره.
3. معدل التبريد .



الهدف من المعالجات الحرارية:-

1-زيادة الصلادة.

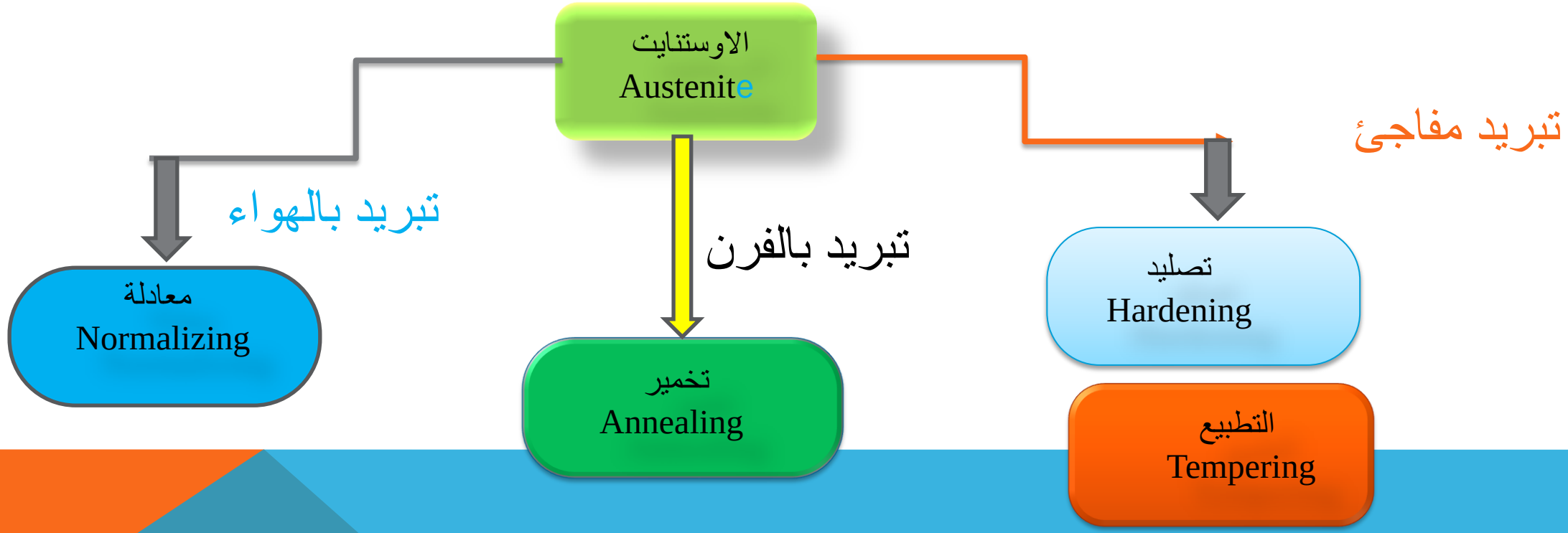
٢ -زيادة المطيلية والمتانة.

٣ -زيادة قابلية المعدن لعمليات التشكيل والتشغيل.

٤ -إزالة الاجهادات الداخلية الناتجة عن عمليات التشغيل.

٥ -إزالة تأثيرات عمليات التشكيل على البارد

والمخطط التالي يوضح أنواع المعالجات الحرارية وأوساط التبريد التي من خلالها تتغير الخواص الميكانيكية للفولاذ اليوتكتويدي:-



1-التقسيه Hardening

نعني بالتصليد (التقسيه) تسخين الفولاذ الى درجة حرارة فوق درجة AC_3 تكون كافيه لتكوين اوستنايت متجانس من حيث التركيب الكيمياوي ودرجة الحرارة ،ثم ابقائه عند تلك الدرجة لفترة زمنية مناسبة تعتمد على سمك المقطع والتركيب الكيمياوي ثم اخماده بعد ذلك باستخدام الماء او الزيت.

ان هذه العملية تتضمن تسخين الصلب قبل اليوتكتويد إلى فوق درجة الحراره الحرجه العليا (30-50) م

الهدف من عملية التقسيه (التصليد)

١- زيادة صلادة الفولاذ

٢- رفع مقاومته لإجهاد الشد ومقاومة التآكل بالاحتكاك

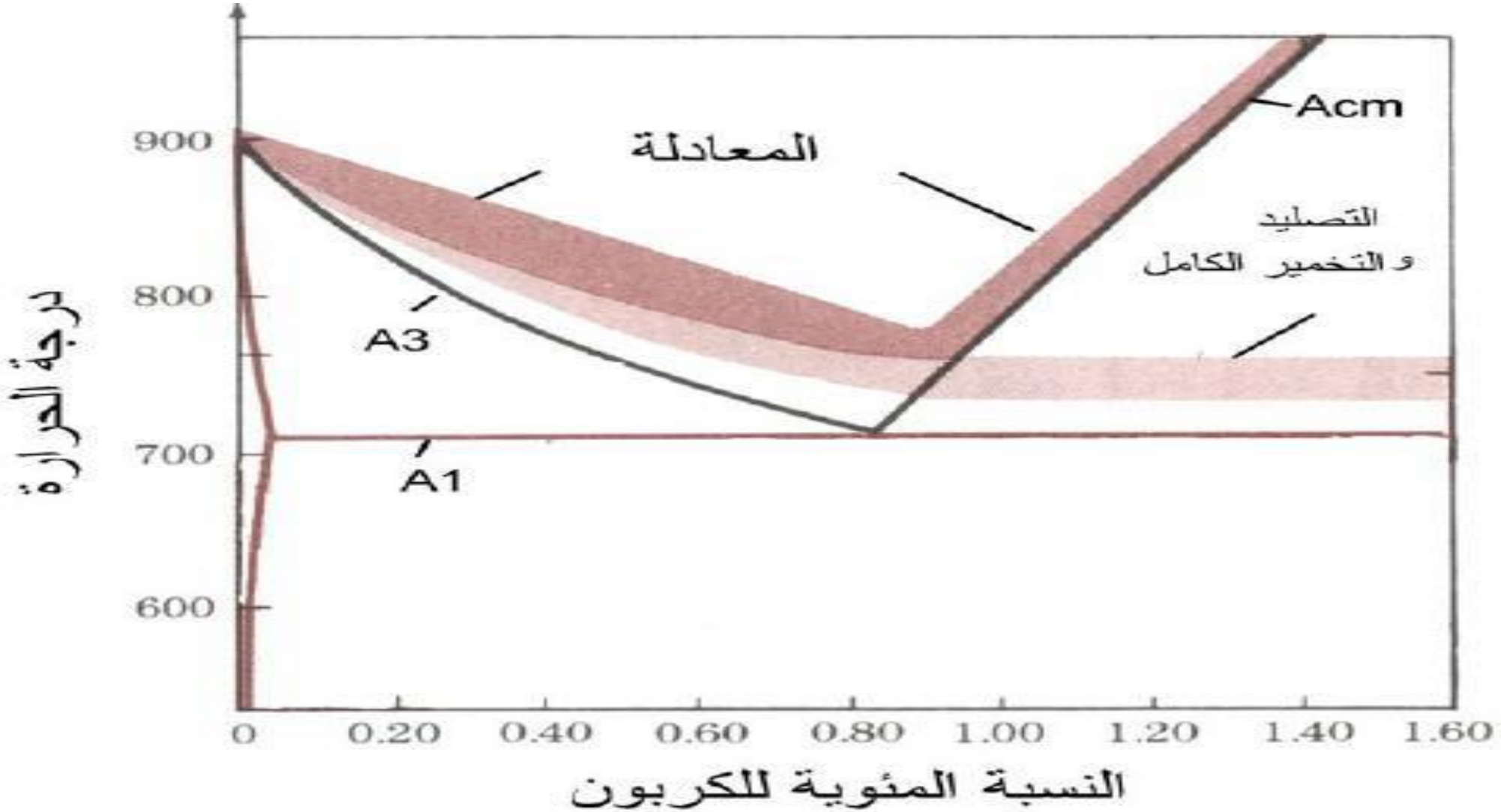
يتم التصليد إما بالتشكيل على البارد أو بالمعالجات الحراريه

2-المراجعه Tempering:

تسخين الصلب المقسى أو المصلد إلى درجات مختلفة اقل من درجة حرارته الحرجة A_1 (723 °C) ثم تبريده بهدف تقليل صلادته العالية و قصافته. كلما ارتفعت درجة الحرارة التي يراجع عليها كلما قلت صلادته و زادت ليونته. ان عملية المراجعه تتبع عملية التقسيه لغرض التخلص من الاجهادات الداخليه.المراجعه التي تتم في درجات حراريه منخفضه بين (200-250) م تؤدي الى زيادة متانة المعدن دون نقصان ملحوظ في صلادته.

2-المراجعه Tempering:

تسخين الصلب المقسى أو المصلد إلى درجات مختلفة اقل من درجة حرارته الحرجة A_1 (723 °C) ثم تبريده بهدف تقليل صلادته العالية و قصافته. كلما ارتفعت درجة الحرارة التي يراجع عليها كلما قلت صلادته و زادت ليونته. ان عملية المراجعه تتبع عملية التقسيه لغرض التخلص من الاجهادات الداخليه.المراجعه التي تتم في درجات حراريه منخفضه بين (200-250) م تؤدي الى زيادة متانة المعدن دون نقصان ملحوظ في صلادته.


Acm
المعادلة
التصليد
و التخمير الكامل
A3
A1
900
800
700
600
درجة الحرارة
0
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
1.20
1.40
1.60
النسبة المئوية للكربون

3-التخمير (التلدين) Annealing

هو احد أشكال المعالجات الحرارية حيث يتم تسخين المعدن تسخينًا بطيئًا وإبقاؤه عند هذه الدرجة فترة زمنية معينة ومن ثم تبريده تبريدًا بطيئًا داخل الفرن.

ان الغرض الاساسي من التلدين التخلص من عدم الأستقرار الذي ينجم عن التصليد في اثناء التشكيل اللدن او اثناء عملية السباكة لذا يتطلب الأمر تسخين المعدن او السبيكه هي هي الدرجة المطلقه لانصهار المشكلة الى درجة من الحرارة تعادل(Tm 0.3) , Tmالمعدن.

ولاتغير هذه الدرجة من شكل وأبعاد الحبيبات المشكلة الا انها كافية لاحداث في تغيير خواص المعدن.

التخمير او التلدين : ويقسم الى الانواع التالية

ا- التخميرلغرض التشكيل :

- يتم عند درجات حرارة 550-650م
- يستخدم لازالة االاجهادات الداخلية و المشكلة على البارد

ب- تخمير التكور :

- تستخدم في تخمير الصلب عالي الكاربون عادة .
- تتم عند درجات حرارة 650-700م ولفترة زمنية طويلة .
- البنية المجهرية الناتجة هي سمنتايت متكور في ارضية من الفيرايت .
- تؤدي عملية التخمير هذه الى انخفاض الصلادة ، زيادة قابلية التشكيل على البارد ، تحسين قابلية التشغيل على المكائن .

ج- التخمير التام او الشامل

يتم بتسخين الصلب (30-50) م والابقاء عند هذه الدرجه لفتره زمنيه مناسبه (2 دقيقه لكل واحد سم اوقطر) ثم التبريد البطئ داخل الفرن المطفأ.

- التركيب المجهري الناتج هو البيراليت الخشن والفيرايت للصلب قبل اليوتكتويد ، والبيراليت الخشن المحاط بشبكة من السمنتايت للصلب بعد اليوتكتويد .

- الخواص الميكانيكية : اقل صلاة ومقاومة شد ، مع اعلى مطيلية ومقاومة الصدمات

4- المعادلة Normalizing

تتم عملية المعادلة برفع درجة حرارة الصلب اعلى من الد رجة الحرجة بحوالى ٣٠ درجة مئوية ثم يتم التبريد الى درجة حرارة الغرفة بالهواء الساكن.

الهدف من عملية المعادله:-

والغرض من اجراء عملية المعادلة للصلب يمكن تحديدها بما يلى :-

ا- التقليل من حجم الحبيبات الكبيرة .

ب- زيادة مقاومة الشد القصوى .

ج- تحسين قابلية الصلب للتشغيل .

د- التخلص من شبكة السمنتايت المحيطة بالبيرلايت في الصلب فوق اليوتكتويدى .

هـ - تقليل الاجهادات الداخلية .

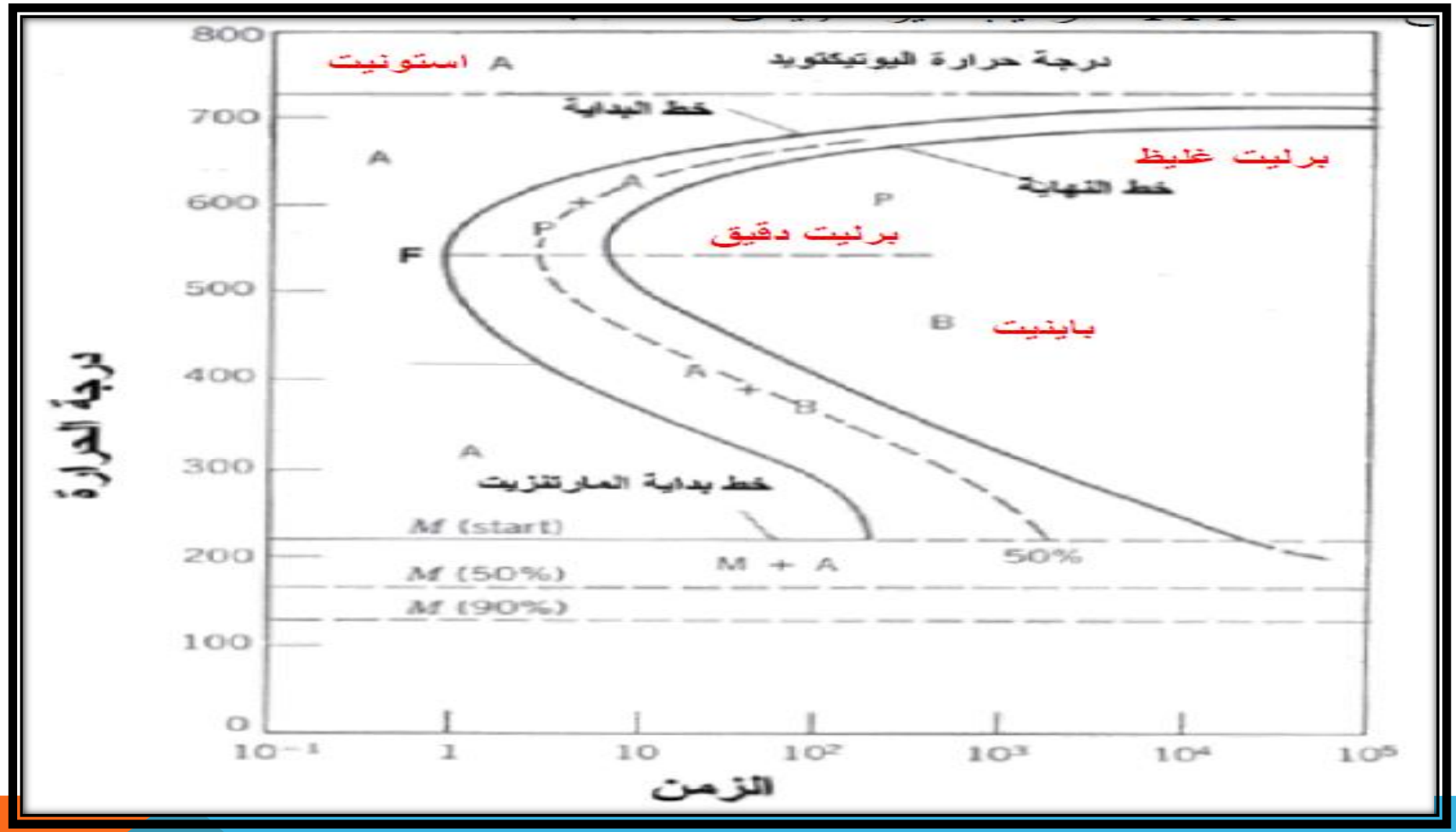
بعد التعرف على عمليات التبريد المختلفة للصلب وما ينتج عنها من أطوار وخواص ميكانيكية مختلفة

سؤال / هل يمكن ان التحكم في الخواص الميكانيكية للصلب؟ أو بمعنى آخر هل نستطيع الوصول إلى خواص معينة و محدده باستخدام لمعالجات الحرارية؟

نعم وذلك باسخدام مسارات تبريد محدده على مخطط التحول بالوقت ودرجة الحرارة

(Time-Temperature-Transformation diagram)

هذا المخطط يوضح تغير الأطوار مع الوقت ودرجة الحرارة ويمكن ملاحظة التالي :-


درجة حرارة اليوتيكتويد
استونيت A
خط البداية
برليت غليظ
خط النهاية
برليت دقيق
بانيت
B
A
P
F
A + B
A
خط بداية المارتنزيت
M (start)
M (50%)
M (90%)
M + A
50%
800
700
600
500
400
300
200
100
0
10^{-1}
1
10
10^2
10^3
10^4
10^5
درجة الحرارة
الزمن

1- عند درجة حرارة أعلى من اليوتكتويد يوجد طور واحد مستقر هو الاستنايت

2- يبدأ الاستنايت في التحول مع الزمن وانخفاض درجة الحرارة خط بداية التحول) وحينها يكون الاستنايت

3- عند درجات الحرارة العليا يكون التحول إلى برليت غير مستقر و ينتهي التحول بتجاوز خط نهاية التحول

وهو على نوعين إما:-

برليت طبقي (lamella pearlite)

أو برليت دقيق (Fine pearlite)

أصبح البرليت دقيقا زادت الصلادة وقلت اللدونة .

4- يكون التغير إلى باينيت B (Bainite) عند درجات حرارة أقل من درجة التي تفصل بين البرليت والباينيت

٥- إذا كان التبريد سريعا نحصل على طور المارتنسيت M (Martensite) وهو صلد وقصف جدا

اختيار بعدي

س1) ماذا تعني المعالجه الحراريه ؟ ما هو الهدف من المعالجه الحراريه

س2)عدد المعالجات الحراريه.واذكر وسط كل معالجه

التقسيه السطحيه

يكون التصليد السطحي على سطح قطع العمل منها

gears - bearings - valves

- - cams - hand tools - rolls
- - shafts - machine tools - bearing rac**es**

وذلك للحصول على سطح يقاوم التآكل بالاحتكاك مع الاحتفاظ بقلب لين يقاوم الصدمات ويتم التصليد السطحي بشكل عام على الصلب منخفض الكربون وذلك بعدة طرق منها :-

1- الكربنة السطحية
2- النتردة السطحية
3- السيندة
4- التصليد السطحي باللهب
5- التصليد السطحي بتأثير التيارات الحثية

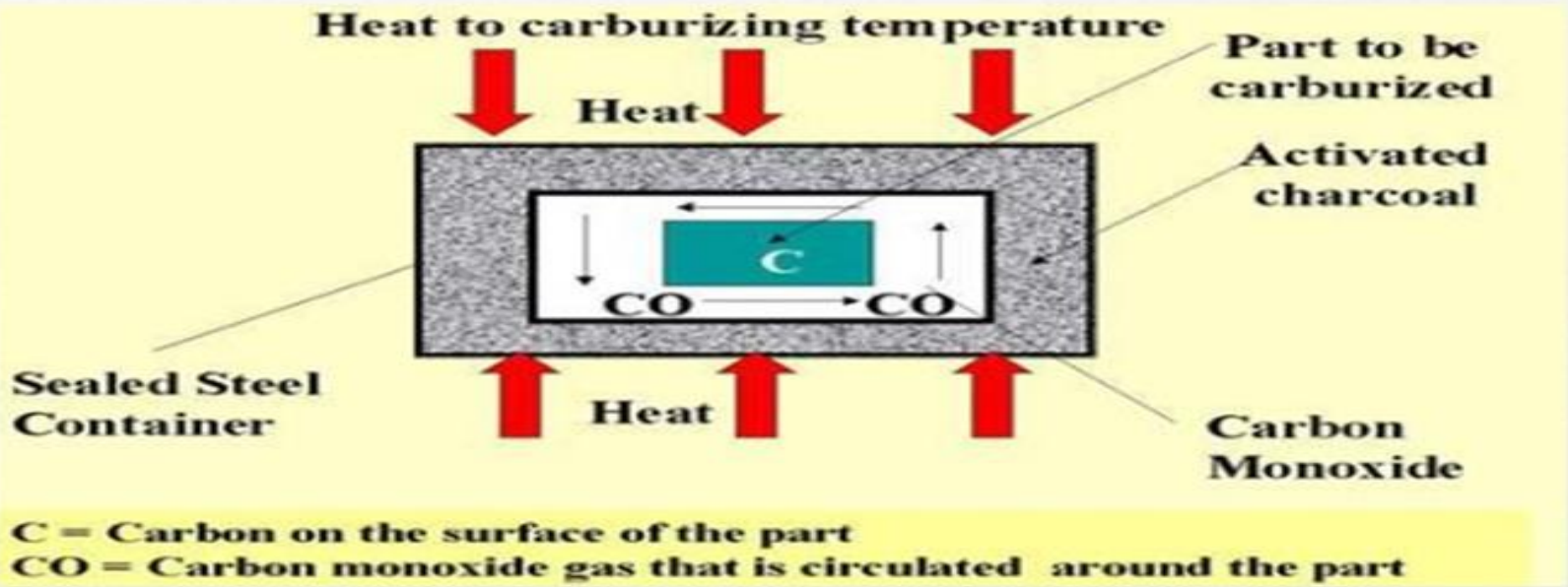
1-Carburizingالتصليد بالكربنة

وتعتمد على تغلغل الكربون وانتشاره على سطح الصلب مكونًا مركب كربيد الحديد بعد تسخينه لدرجة تكون الأوستنايت ، Fe_3C والكربون يكون محاطًا بقطعة العمل على شكل صلب أو سائل ,غاز.

1 - الكربنة في وسط صلب: - توضع العينة في صناديق وتكون محاطة بالمادة الكربونية مثل فحم لخشب أو اي نوع من الفحم وتوضع على مسافات 50 مم وتضاف مادة منشطة مثل كربونات الصوديوم أو كربونات الباريوم ويحكم غلق الصندوق بحشو اسمنتي مانع من التسرب ويسخن ببطء حتى

درجة حرارة الكربنة (900 -950) °C ويحفظ عند هذه الدرجة لمدة تصل إلى خمس ساعات تبعًا لسمك الطبقة المطلوبة .

PACK CARBURIZING



C = Carbon on the surface of the part
CO = Carbon monoxide gas that is circulated around the part

2- الكربنة في وسط سائل :-

(870 – 950) لفترات ويتم تسخن هذا الخليط الغني بالسيانيد في بواتق مغلفة بالألومنيوم حتى درجة حرارة تتراوح من خمس دقائق وحتى ساعة وذلك حسب الطبقة المطلوبة.

تتم بغمر الجزء في منصهر من املاح سيانيد الصوديوم وكاربونات الصوديوم وكلوريد الصوديوم , ومن مميزات هذه الطريقة نظافة سطح المشغولات ودقة التحكم في درجة حرارة المنصهر مع إمكانية تبريد السلة الحاوية للمنتج تبريدًا فجائيًا وتستخدم هذه الطريقة لإنتاج طبقة رقيقة.

LIQUID CARBURIZING

3- الكربنة في وسط غازي: - تجري عمليات الكربنة الغازية في الأفران ذات الإنتاج المتقطع والأفران الإنتاجية وفيها تسخن المنتجات حتى 900 م° لمدة ثلاث أو أربع ساعات في جو يحتوي على الكربون

لتفادي الترسيب والذي يعيق عملية الكربنة.

2- Nitriding التصليد بالنترده

النتردة تشبه عملية الكربنة وذلك باستخدام النيتروجين بد لا من الكربون بالإضافة إلى أن عملية النتردة تحتاج إلى انواع خاصة من الصلب السبائكي وتتم في درجات حرارة منخفضة نسبيًا 500 م° لمدة 2 -4 يوم في وعاءمحكم يمر بداخله غازالأمونيا .

مزايا النتردة مقارنة بطرق التقسية السطحية الاخرى :

1 - الحصول على صلادة اعلى .

2 - مقاومة سوفان اعلى .

3 - مقاومة كلل افضل .

4 - القطع المنتردة تحتفظ بصلادتها حتى 500 م بينما في الطرق الاخرى تفقد الصلادة اذا سخنت اعلى من 200 م.

5 - كلفة النتردة اقل اذا كانت القطع المنتجة كبيرا .

مساوئ النتردة :

1 - التكاليف الابتدائية عالية ، ولهذا الطريقة غير اقتصادية في حالة كون القطع المنتجة قليلة .

2 - تفقد القطعة صلادتها نهائيا اذا سخنت اعلى من 500 م ولا يمكن استرجاع الصلادة إلا بالنتردة مرة اخرى

3- Cyanidingالتصليد بالسينده

تتلخص عملية السيندة فى تشبع سطح الصلب بالنيتروجين والكربون فى وقت واحد وتتم بتسخين الصلب في مواد سائله او غازيه محتوية على النيتروجين والكربون.

لفترة قصيرة 60 دقيقه ويبرد وفي هذه الطريقة يغمرالفولاذ في مصهور سيانيد البوتاسيوم بدرجة حراره 850

بعد ذلك تبريدًا فجائيًا سريعًا حيث يمتص الفولاذ بعضًا من الكربون والنيتروجين مما يؤدي إلى زيادة الصلادة

هذه الطريقة للحصول على تصليد السطحية وتطبق سطحي قليل العمق.

4 - Flame Hardening التقسية السطحية باللهب

تتم بتسخين القطعة بواسطة تسخين السطح بلهب غاز مثل خليط غاز الأسيتيلين والأوكسجين الى اعلى من درجة الحرارة الحرجة العليا ، ثم التبريد برشاش من الماء مباشرة .

- القطع تكون عادة مصنعة من الصلب متوسط الكاربون .
- تستخدم هذه الطريقة اذا كان عدد القطع قليلة. تتم عملية التصليد باللهب على المشغولات الكبيرة.

5- التصليد بالحث الكهربائي

- يستخدم ملف لانتاج مجال مغناطيسي متردد يحدث تيارات دوامية في قطعة العمل ويؤدي سريان التيار إلى ارتفاع سريع في درجة حرارة الطبقة **السطحية المطلوب تصليدها**

ومن مميزات هذه الطريقة ❖

- إمكانية التحكم في عمق الطبقة السطحية المصلدة
- وقلة التشوه في المشغولات الناجم من عملية التصليد

العيوب التي ممكن حدوثها اثناء عملية التصليد :-

1. انخفاض الصلادة وتحدث نتيجة عدم التسخين إلى درجة الحرارة اللازمة أو عدم التبريد بالسرعة الكافية.
2. الصلادة المتفاوتة ويحدث لعدم تجانس الأوتنسيت في البنية .
3. تأكسد السطح واحتراق الكربون فيه ويحدث نتيجة عدم عزل سطح القطعة المصلدة .
4. تشقق المشغولات واعوجاجها وهو من أخطر العيوب ويحدث نتيجة الإجهادات الكبيرة التي تحدث أثناء عملية التصليد لذلك يجب تدوير أركان القطع المصلدة والتدرج في مقاطع المشغولات

اختبار بعدي

س1) ماالمقصود بالتقسبه السطحيه ؟ وعلى اي نوع من الصلب تتم؟

س2) عدد طرق التقسيه السطحيه واذكر طريقه ملائمه للمشغولات الكبيره؟

س3) اذكر مميزات:-

1- الكربنة في وسط سائل

2- التصليد بالحث الكهربائي

Thank you