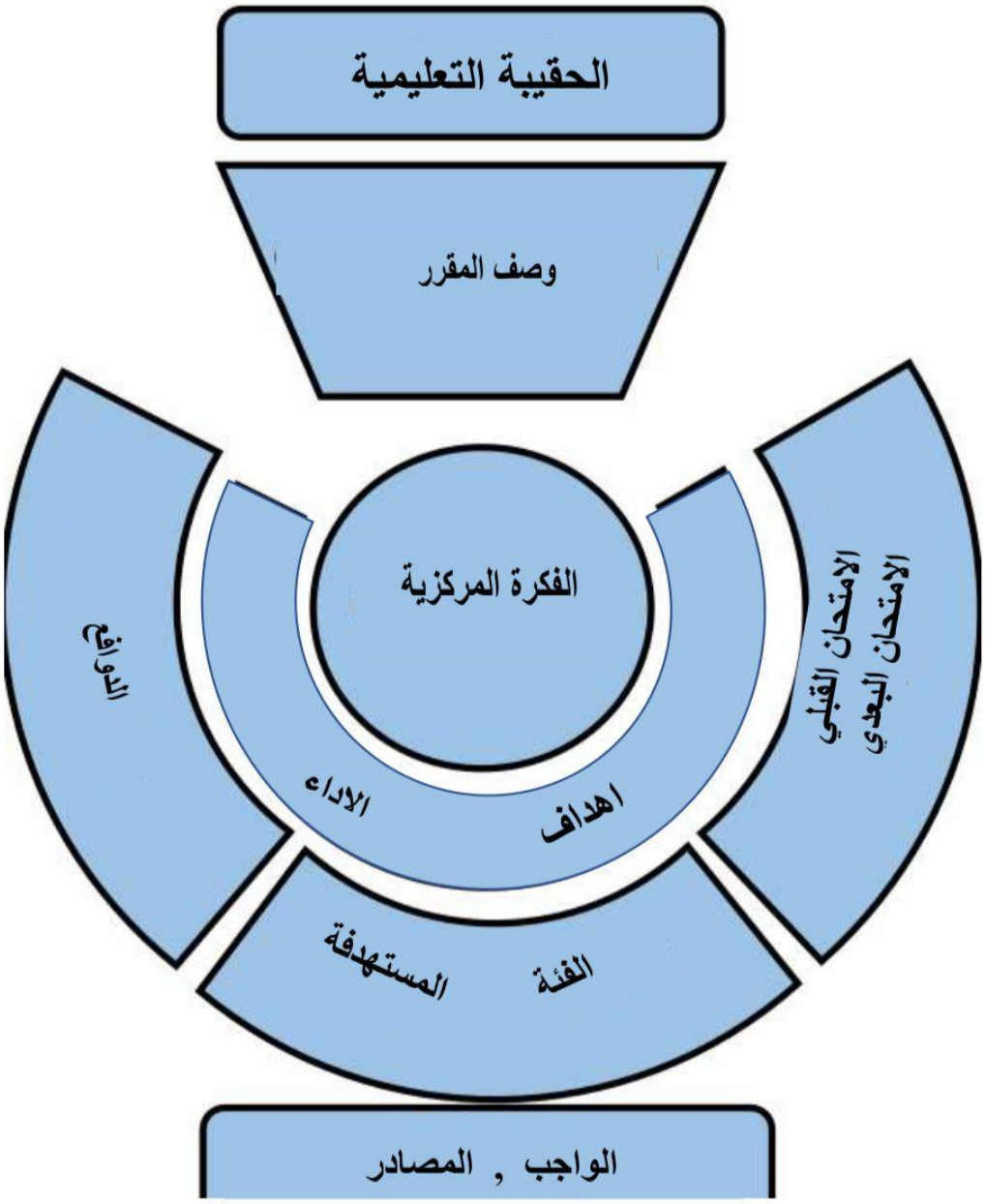
زارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية االجنوبية
المعهد التقني التكنولوجي /البصرة
قسم التقنيات الميكانيكية/انتاج

الحقيبة التعليمية

مادة المعادن
للمرحلة الثانية

اعداد
المهندسة مكارم عباس حسن
مدرس مساعد
قسم التقنيات الميكانيكية
2025


الحقيبة التعليمية
وصف المقرر
الدوافع
الامتحان القبلي
الامتحان البعدي
الفكرة المركزية
الاداء
اهداف
المستهدفة
الفئة
الواجب , المصادر

وصف المقرر

يوفر وصف المقرر هذا إيجازاً مقتضياً لأهم خصائص المقرر ومخرجات التعلم المتوقعة من الطالب تحقيقها مبرهناً عما إذا كان قد حقق الاستفادة القصوى من فرص التعلم المتاحة. ولابد من الربط بينها وبين وصف البرنامج.

1. المؤسسة التعليمية	الجامعة التقنية الجنوبية/ المعهد التقني – بصرة
2. القسم العلمي / المركز	القسم العلمي قسم التقنيات الميكانيكية/ميكانيك انتاج
3. اسم / رمز المقرر	المعادن 1 / المعادن 2
4. أشكال الحضور المتاحة	حضوري
5. الفصل / السنة	الفصل الاول – الفصل الثاني /2024-2025
6. عدد الساعات الدراسية (الكلي)	30 ساعة نظري + 30 ساعة عملي
7. تاريخ إعداد هذا الوصف	2025/6/25
8. أهداف المقرر	
– تمكين الطالب من التعرف على علم المعادن بما فيه من دراسة لخواص المعادن وبنيتها البلورية وتراكيبها الداخلية وطرق تجمدها بالاضافة الى التعرف على انواع السبائك المعدنية ودتراكيب نسبها المختلفة. – التعرف على المعاملات الحرارية التي تجرى على المعادن والسبائك المختلفة . – التعرف على انواع التآكل والوقاية منها. – التعرف على الانواع الحديثة من المعاملات السطحية. – التعرف على المواد النانوية باعتبارها علم حديث.	

9. مخرجات المقرر وطرائق التعليم والتعلم والتقييم
أ- الأهداف المعرفية أ1- معرفة مبادىء علم المعادن. أ2-التعرف على الاختبارات التي تجرى عليها. أ3- التعرف على انواع السبائك واخواصها واستخداماتها. أ4-التعرف على المعاملات الحرارية والفائدة منها. أ5- التعرف على المواد الحديثة الداخلة في الصناعة.
ب - الأهداف المهاراتية الخاصة بالبرنامج ب1 – استخدام الاجهزة المختبرية لاجراء الاختبارات المختلفة على المعادن مثل اختبارات الصلادة والصدم. ب2 – الاطلاع على التراكيب المجهرية للمعادن والتعرف على انواع الاطوار في السبائك. ب3 – التعرف على فوائد واستعملات المواد النانوية بالاضافة الى سلبيات الاستخدام.
طرائق التعليم والتعلم
1- المحاضرات النظرية. 2- المختبر. 3- التدريب المنهجي. 4- الورش.
طرائق التقييم
- الاختبارات اليومية. - الواجبات البيتية. - تقييم سلوك الطالب. - المناقشات المباشرة اثناء المحاضرة . - امتحانات منتصف الفصل والامتحان النهائي لكل فصل. - الالتزام بالمحاضرات من حيث الحضور واوقات المحاضرة
ج- الأهداف الوجدانية و القيمية. ج1- تسهيل فهم مخططات الاتزان الحراري والتعامل معها. ج2-تفاعل الطلاب وتفهمهم للمخططات المطروحة. ج3-استجابة الطلبة وتفاعلهم مع مفردات المنهج المطروحة.
طرائق التعليم والتعلم
بالاضافة الى المحاضرات المقررة هناك طرق اخرى يتم الاستعانة بها من قبل التدريسي وهي : 1- محاضرات ارشاد وتوعية.

2- محاضرات تربوية. 3- ندوات وورش الكترونية.
طرائق التقييم
1- اختبارات تحريرية. 2- الامتحانات الفصلية. 3- الامتحانات النهائية. 4- التقييم اليومي.
د - المهارات العامة و التأهيلية المنقولة (المهارات الأخرى المتعلقة بقابلية التوظيف والتطور الشخصي). د1- تنمية قدرة الطالب على التعامل مع الوسائل التقنية. د2- تنمية القدرة على التعامل مع سوق العمل. د3- معرفة التعامل مع الانترنت. د4- تطوير قدرة الطالب على الحوار والمناقشة.

10.بنية المقرر

الفصل الاول

الأسبوع	الساعات	مخرجات التعلم المطلوبة	اسم الوحدة / المساق أو الموضوع	طريقة التعليم	طريقة التقييم
1	2نظري +2عملي	المام الطالب بعلم المعادن وتكون نواة التبلور والاذرع الشجيرية	التعريف بعلم المعادن والتبلور وتأثير معدل التبلور	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
2	2 نظري + 2 عملي	التعرف على عيوب الصبات بانواعها	تركيب الكتل المعدنية وعيوبها	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
3	2 نظري + 2 عملي	معرفة عدد الذرات الفعالة	معامل الاكتظاظ الذري والاتجاهات والمستويات البلورية	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
4	2 نظري + 2 عملي	الالمام بالعيوب البلورية	عيوب الشبكات البلورية	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
5	2 نظري + 2 عملي	التعرف على التشكيل المرن وتطبيقاته والتشكيل اللدن وتطبيقاته	التشكيل المرن واللدن	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
6	2 نظري + 2 عملي	معرفة الاصلاد الانفعالي وعيوبه ومعالجته	الاصلاد الانفعالي والتشكيل على البارد والساخن	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
7	2 نظري + 2 عملي	معرفة كيفية النمو البلوري ابتداءا" من النواة وتلاقي الاذرع الشجيرية	الاستعادة واعادة التبلور والنمو البلوري	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
8	2 نظري + 2 عملي	التعرف على كيفية انشاء منحنى الاجهاد الانفعال وحساب معامل المرونة منه	منحنيات الاجهاد والانفعال وانواع الكسر	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
9	2 نظري + 2 عملي	التعرف على اسباب الكلال ونشوءه	الكلال والمواد المقاومة له	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية

10	2 نظري + 2 عملي	التعرف على منحنى الزحف ومراحله وكيفية حدوثه	الزحف والية حدوثه	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
11	2 نظري + 2 عملي	معرفة الطالب وتمييزه بين المركب والطور والمحاليل الجامدة	المركب والطور والمحلول الجامد ، الاتزان،تكوين السبائك	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
12	2 نظري + 2 عملي	التعرف على المخططات وطرق انشائها وحساب الاطوار الصلبة والسائلة	مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الاذابة في الحالتين السائلة والصلبة ومخطط اليوتكتيك	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
13	2 نظري + 2 عملي	التعرف على المخططات وطرق انشائها وحساب الاطوار الصلبة والسائلة	مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الاذابة في الحالة السائلة ومحدود الاذابة بالحالة الصلبة	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
14	2 نظري + 2 عملي	التعرف على المخططات وطرق انشائها وحساب الاطوار الصلبة والسائلة	مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الاذابة في الحالة السائلة ويكون مركب كيمياوي بالحالة الانجماد	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
15	2 نظري + 2 عملي	التعرف على المخطط ومراحله ومميزات كل مرحلة	الحديد، مخططالاتزان الحراري لنظام الحديد-الكربون	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية

الفصل الثاني

الأسبوع	الساعات	مخرجات التعلم المطلوبة	اسم الوحدة / المساق أو الموضوع	طريقة التعليم	طريقة التقييم
1	2نظري +2عملي	التعرف على المخطط ومراحله ومميزات كل مرحلة	تكملة مخطط الحيد-كربون	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
2	2 نظري + 2 عملي	دراسة تكون الاوستنايت وتحوله الى بيرلايت	تكوين الاوستنايت والية تحول البيرلايت	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية

3	2 نظري + 2 عملي	معرفة تأثير درجة الحرارة وسرعة التبريد على تحول الاوستنايت	تحولات الاوستنايت	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
4	2 نظري + 2 عملي	التعرف على انواع المعاملات الحرارية	المعاملات الحرارية	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
5	2 نظري + 2 عملي	التعرف على انواع المعاملات الحرارية	تكملة المعاملات الحرارية والمعاملات دون الصفرية	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
6	2 نظري + 2 عملي	التعرف على التقسية السطحية المتمثلة بالكربنة والنتردة	التقسية السطحية	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
7	2 نظري + 2 عملي	التعرف على تأثير اضافة العناصر السبائكية على الصلب	الصلب السبائكي	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
8	2 نظري + 2 عملي	الالمام بخواصه واستخداماته	الصلب المقاوم للصدأ	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
9	2 نظري + 2 عملي	التعرف على انواع حديد الزهر واستخداماته	حديد الزهر	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
10	2 نظري + 2 عملي	التعرف على انواع حديد الزهر واستخداماته	تكملة حديد الزهر	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
11	2 نظري + 2 عملي	التعرف على انواع التآكل وطرق الوقاية منه	التآكل	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
12	2 نظري + 2 عملي	التعرف على انواع التآكل وطرق الوقاية منه	التآكل الكهفي والكلفاني	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية
13	2 نظري + 2 عملي	تلطيف الاجواء لغرض التقليل من التآكل	تلطيف المحيط والوقاية من التآكل	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية

14	2 نظري + 2 عملي	التعرف على استخدامات الليزر والبلازما والنودة	المعاملات السطحية باستخدام التقنيات الحديثة	نظري + عملي	اختبارات يومية +تقارير مختبرية
15	2 نظري + 2 عملي	التعلرف على انواعها واستخداماتها وسلبياتها	تعريف بالمواد النانوية	نظري + عملي	مناقشة +تقارير مختبرية

11. البنية التحتية	
1. الكتب المقرر المطللوبة	**مباديء هندسة المعادن للدكتور حسين باقر رحمة الله**
2. المراجع الرئيسية (المصادر)	**مباديء هندسة المعادن للدكتور حسين باقر رحمة الله** **علم المعادن للدكتور عماد محمد ابراهيم خليل**
أ. الكتب و المراجع التي يوصى بها المجلات العلمية, التقارير	**Engineering materials 1** **Nanotechnologies principles , applications**
ب. المراجع الالكترونية, مواقع الانترنيت	**الجامعة التقنية الشمالية / المعهد التقني الموصل** **الجامعة التكنلوجية /هندسة المواد**

12. خطة تطوير المقرر الدراسي
-الاطلاع ومتابعة تطويرعلم المعادن والتقنيات الحديثة من المعالجات الحراية والمعاملات السطحية للحصول على افضل مواصفات للمعادن . -كتابة البحوث والمشاركة بالمؤتمرات العلمية في مجال علم المعادن بالاضافة الى الورش الحضورية والالكترونية في هذا المجال.

وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
الجامعـة التقنيـة الجنوبيـة
المعهـد التكنولوجـي بصرة
قسـم التقنيـات الالكترونيـة

حقيبـــة تعليميـــة

فـــي

المعادن/1

لطلبـــة المرحلـــة الثانية

اعداد
المهندسة مكارم عباس حسن
مدرس مساعد
قسم التقنيات الميكانيكية

2025

A / 1 الفئة المستهدفة:-

طلبــة المرحلــة الثانية
المعهـد التقنــي في البصــرة
قســم التقنيــات الميكانيكية

الاسبوع الاول :

B/ 1 الدوافع -:

تعريف بعلم المعادن ، التبلور، التبلور الشيجيري ، تأثير معدل التبريد على بنية المعادن ، بشكل نظري وعملي.

C/ 1 الفكرة الرئيسة -:

1- التبلور

2- انواع التبلور

3- تأثير معدل التبريد على التبلور

D/ 1الأهداف السلوكية:-

تعريف الطالب بعلم المعادن ، وكيفية تبلور المعادن وانواع التبلور وتأثر سرعة تبريد المعدن على بنية المعدن وحجم الحبيبات وطريقة ترتيبها.

E/1 الوسائل المستخدمة :- **لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .**

3/ علم المعادن

هوالعلم الذي يهتم بدراسة جميع جوانب المعدن بما في ذلك خصائصه الفيزيائية، وتركيبه الكيميائي، وبُنيته البلورية الداخلية وتوزيعها وطبيعتها، بالإضافة إلى أصل المعدن اعتمادًا على الظروف الفيزيائية والكيميائية المسؤولة عن تكوينه.

تصنيف المواد

يمكن تصنيف المواد اعتمادا على :

1- نوع الماده الى :

أ- مواد معدنية مثل سبائك الالمنيوم وسبائك الحديد وسبائك النحاس.

ب- مواد سيراميكية.

ج- بوليمرات .

د- المواد المركبة .

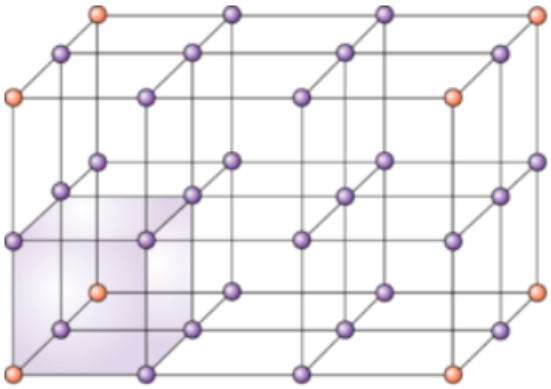
2- اعتمادا على سلوك المادة عند التجمد الى :

أ- مواد بلورية : حيث تصطف ذراتها عند الانجماد بأشكال هندسية منتظمة مثل الفلزات والمعادن وتنصهروتتبلور في درجات حرارة ثابتة .

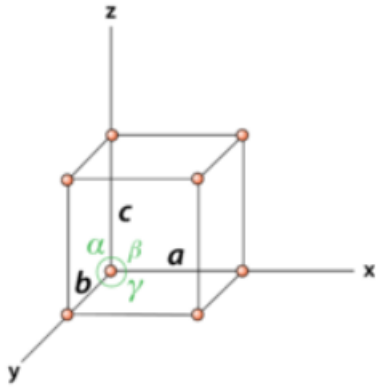
ب-مواد غير بلورية : وهي المواد التي لاتنتظم ذراتها عند الانجماد وفق اشكال هندسيه وانما بشكل عشوائي كذلك ليس لها درجة تبلور وانصهار ثابتة بل يحدث تبلورها وانصهارها على مدى من درجات الحرارة مثل اللافلزات والمواد غير المعدنية.

التركيب البلوري وتأثيره على خواص المعدن:

تتكون البنية البلورية من مجموعة من الذرات مرتبة بطريقة معينة في الشبكة البلورية. من الممكن تخيل وحدات البنية البلورية على أنها مجموعات من الذرات على شكل صناديق صغيرة تدعى الخلايا (وحدة الخلية)، وبتكرار هذه الخلايا في الفضاء الثلاثي الأبعاد تتشكل البلورة العينية الشكل (1).



الشبكة البلورية



وحدة الخلية

الشكل (1) التركيب البلوري ووحدة الخلية

وحدة الخلية:

وحدة الخلية في علم البلورات هي أصغر خلية، وبواسطة نقلها على ثلاثة محاورالفراغ يتكون منها البناء البلوري. يتم النقل موازيا لكل محور من دون أي تدوير لوحدة الخلية.

الشبكات البلورية:

برهن عالم البلورات الفرنسي برافي أنه يوجد 14 نوعاً من الشبكات البلورية في 7 أصناف أو أنظمة رئيسية هي: ثلاثية الميل، أحادية الميل، معينية، رباعية، مكعبية، ثلاثية متساوية الأحرف، وسداسي .

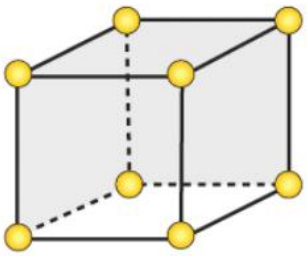
في دراستنا الحالية سوف نتطرق الى النظام المكعبي والبلوري السداسي .

اولا- النظام المكعبي:

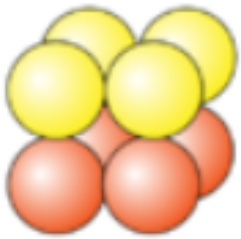
توجد ثلاث انواع من النظام المكعبي وهي :

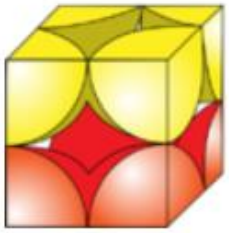
1-المكعب البسيط Simple cubic (SC) :

في هذا النوع تكون الشبيكة الفضائية على شكل مكعب ويكون في كل ركن من اركان اي خلية نقطة شبيكة واحدة .أن النقطة الواحدة الموجودة عند كل ركن تكون مشتركة مع ثمانية خلايا متلاصقة وعليه تكون حصة الخلية الواحدة من هذه النقطة هي (8/1) نقطة فقط. لذلك تحتوي كل خلية وحدة اساسية اولية نقطة شبيكة واحدة فقط. يبين الشكل (2) خلية المكعب البسيط.



الشكل (2)





المكعب البسيط

عدد الذرات الاساسية في هذا النوع من الشبكات البلورية (وهي تمثل الحصة الفعلية لوحدة الخلية من الذرات) :

$$B.A = 8 \times \frac{1}{8} = 1$$

B.A= Basic Atoms

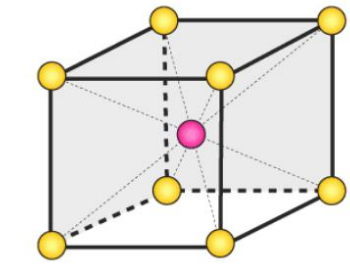
حيث ان عدد ذرات الاركان =8 ، وكل منها مشتركة بين 8 وحدات خلية لذا تكون حصة كل وحدة خلية ذرة واحدة . مثال على هذا النوع المنغنيز ، القصدير (في درجات الحرارة المنخفضة).

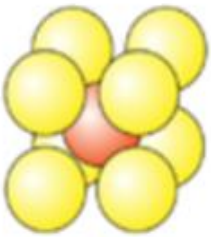
2- المكعب متمركز الجسم Body Center Cubic (BCC) :

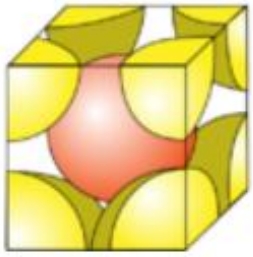
في هذا النوع تكون الشبيكة الفضائية على شكل مكعب ويكون في كل ركن من اركان اي خلية نقطة شبيكة واحدة بالاضافة الى نقطة في المركز . وكما في حالة المكعب البسيط فالنقطة الواحدة الموجودة عند كل ركن تكون مشتركة مع ثمانية خلايا متلاصقة وعليه تكون حصة الخلية الواحدة من هذه النقطة هي (8/1) نقطة فقط. لذلك تحتوي كل خلية وحدة اساسية اوليةعلى نقطتي شبيكة و يبين الشكل (3) خلية المكعب المتمركز الجسم .

$$B.A = 8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$$

حيث ان عدد ذرات الاركان 8 وكل منها مشتركة بين 8 وحدات خلية مع ذرة واحدة مركزية تعود لكل خلية وغير مشتركة مع غيرها .مثال ذلك الحديد ، الكروم ، البوتاسيوم ، الصوديوم .







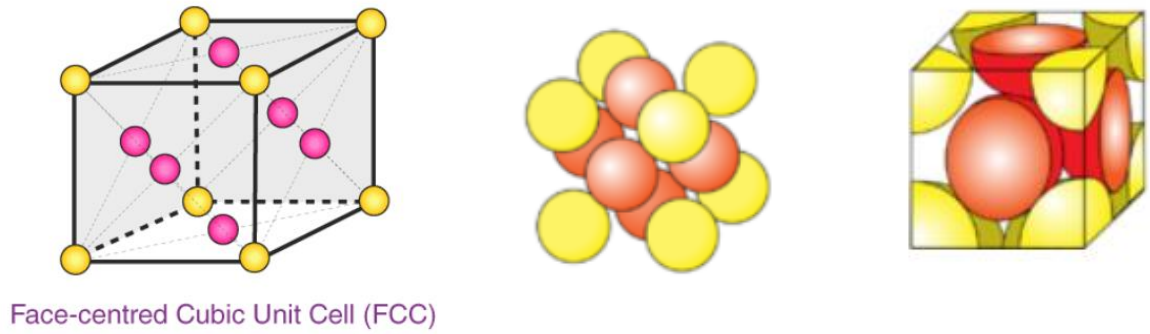
الشكل (3) مكعب متمركز الجسم

3- المكعب متمركز الاوجه Face Centred Cubeic (FCC) :

في هذا النوع تكون الشبكة الفضائية على شكل مكعب ويكون في كل ركن من اركان اي خلية نقطة شبكة واحدة بالاضافة الى نقطة في مركز كل وجه . وكما في حالة المكعب البسيط فالنقطة الواحدة الموجودة عند كل ركن تكون مشتركة مع ثمانية خلايا متلاصقة وعليه تكون حصة الخلية الواحدة من هذه النقطة هي (8/1) نقطة فقط ،اما بالنسبة للنقطة الموجودة على كل وجه فتكون مشتركة مع خليتين متلاصقتين فتكون حصة كل خليه منها (2/1)وعليه تحتوي كل خلية وحدة اساسية اولية على اربع نقاط شبكية و يبين الشكل (4) خلية المكعب المتمركزالاوجه .

$$B.A = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

حيث ان عدد ذرات الاركان 8، وكل منها مشتركة مع 8 وحدات خلية اما ذرات اوجه المكعب الستة فكل منها تكون مشتركة بين وحدتين .مثال ذلك النحاس ، الالمنيوم ، الرصاص ،الفضة ، الذهب ، البلاتين .



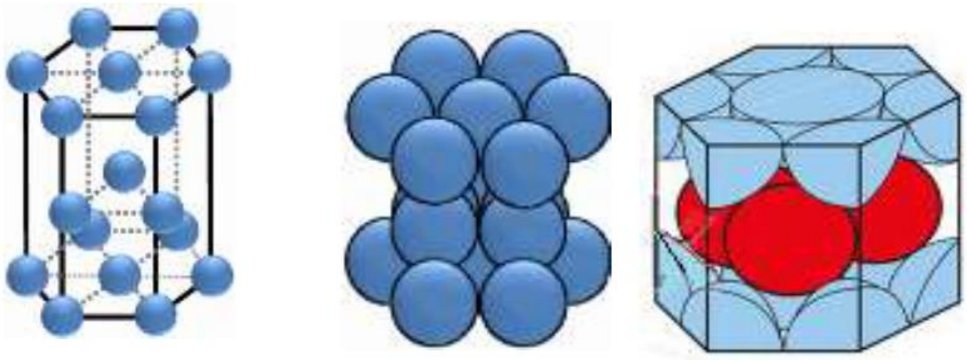
الشكل (4) مكعب متمركز الاوجه

ثانيا –السداسي المكتظ (المزدحم) Closed Packed Hexagonal (CPH) :

في هذا النوع تتكون وحدة الخلية من مستويين علوي وسفلي يحوي كل منها سبعة ذرات مكونة الشكل السداسي حول ذرة مركزية وفي منتصف المسافة بين هذين المستويين يوجد ثلاث ذرات. كل ذرة من هذه الذرات الثلاث تمس ثلاث ذرات فوقها وثلاث ذرات اسفلها في كل من القاعدتين العليا والسفلى ، ثم ان كل ذرة في وحدة الخلية يجب ان تمتلك نفس الظروف المحيطة بها كما هو واضح في الشكل (5) .

$$\text{B.A} = 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 6$$

حيث عدد ذرات القاعدتين 12،ستة في كل قاعدة ، وكل منها مشتركة بين 6 وحدات خلية ، اما ذرات القاعدتين ، فكل منها مشتركة بين وحدتين ، اما الذرات المركزيه الثلاث فانها تعود بكاملها لوحدة الخلية ولاتشترك مع غيرها. مثال ذلك الخارصين ، المغنيسيوم ، الكوبلت ، التيتانيوم .



الشكل (5) السداسي المكتظ

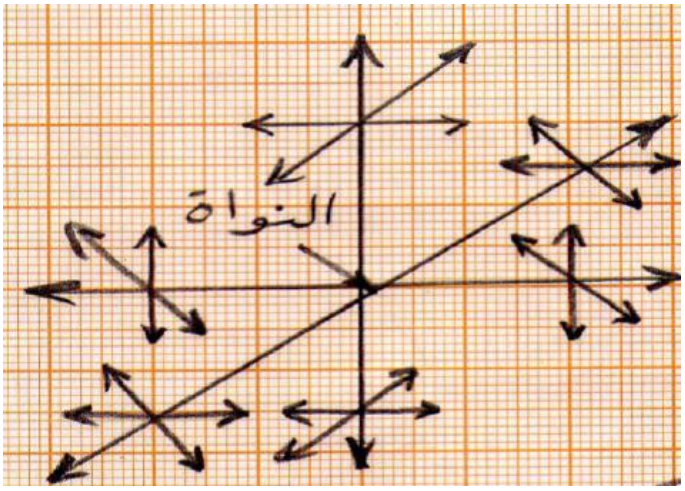
التبلور: عبارة عن عملية تشكيل للبلورات الصلبة من المحلول. تعد عملية التبلور أيضاً من تقنيات الفصل في الأوساط الصلبة-السائلة، حيث تحدث عملية انتقال لجزيئات للمادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة. تعتمد عملية التبلور على ضبط درجة حرارة الوسط وضبط الضغط وإعطاء النظام الوقت الكافي الذي يسمح بتكون البلورات الكبيرة . ان عملية التبلور او الانجماد تبدأ بتكوين نوى صغيرة لحظة الوصول الى درجة حرارة الانجماد . تنتشر هذه النوى بصورة عشوائية في السائل المبرد . تتكون هذه النوى من عدد قليل من الذرات ترتب نفسها بصورة منتظمة وتأخذ شكلا هندسيا معينا، مثلا مكعب متمركز الوجه . ثم تبدأ النويات بالنمو في الاتجاهات الثلاثة . حيث يبدأ النمو الثانوي من الاذرع الرئيسية للبلورة حتى يتشكل هيكل البلورة والذي يعرف بالدندرايت او النمو الشجيري . ويمكن تلخيص عملية التبلور بالخطوات التالية :

1- تكوين نواة في السائل .

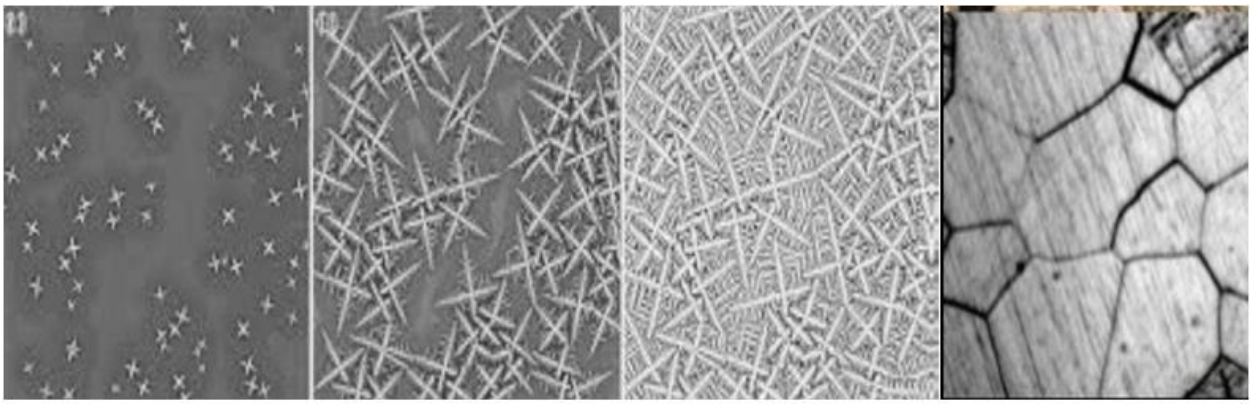
2- البلورة الشجيرية تنمو منطلقة من النواة.

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

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



تكون الدندرايت(التبلور الشجيري)



a b c d

مراحل التبلور

ان تكوين نواة التبلور في السائل تعتبر هي مراكز التبلور وان عملية تكوين مراكز التبلور هذه تسمى بعملية الانبات او التخليق والتي تتم بطريقتين :

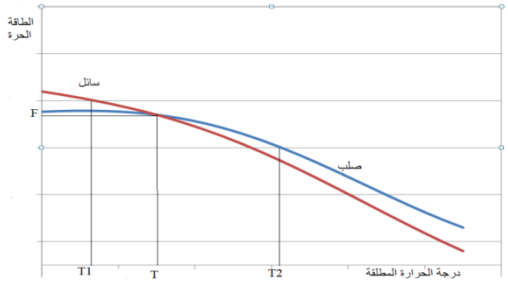
1 - الانبات المتجانس (التلقائي) :ويحدث نتيجة لوجود افراط كبير في التبريد (0.2 x درجة حرارة التجمد) يؤدي الى تكوين عدد كبير من مراكز التبلور دون الحاجة الى الارتكاز على مراكز انبات اخرى .يحدث هذا النوع في المعادن النقية .

2- الانبات غير المتجانس : يحدث نتيجة افراط قليل بالتبريد (0.02 x درجة حرارة التجمد) ،ويحدث نتيجة تجمع الذرات على مواقع الانبات من شوائب المواد اخرى ، الموجودة بالمنصهر او المعدن نفسه ، وعند تبلور السبائك حيث تعمل هذه الشوائب كمراكز جاهزة للتبلور. وفي هذا النوع يلاحظ تكون مراكز تبلور اقل وفرصة نمو للبلورات اكبر.

حدود الحبيبات : وهي الحدود الفاصلة بين البلورات المتكونة حيث الذرات المتجمعه عند خطوط تلاقي البلورات فتكون مرتبة بشكل شبه عشوائي.

الطاقة الحرة :هي جزء من الطاقة الموجود في المادة والذي يمكن الاستفادة منه وتحويله من صورة الى اخرى مثل تحول الطاقة الكيمياوية الى كهربائية وميكانيكية بالاضافة الى جزء اخر من الطاقة يسمى **الطاقه الحبيسة** وهي طاقة الوضع والطاقة الحركية للذرات.

ان المعدن وفي جميع درجات الحرارة يميل لان يكون بالوضع ذو الطاقة الحرة الاقل كونه الوضع الاكثر استقرارا . لذا فان المعدن يميل الى التواجد بالحالة الصلبة عند درجات الحرارة المنخفضة كون الطاقة الحرة لهذه الحالة في هذه الدرجات تكون اقل كما موضح بالشكل (6) .



الشكل (6) العلاقة بين الطاقة الحرة ودرجة الحرارة

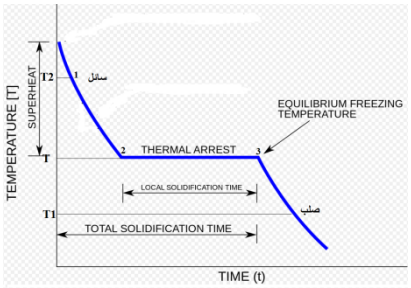
عند درجات الحرارة العالية يميل المعدن الى التواجد بالحالة السائلة لان الطاقة الحرة في هذه الحالة تكون اقل ،وتتساوى الطاقة الحرة للسائل والصلب عند درجة حرارة وسطية تسمى **درجة حرارة الاتزان** والتي تمثل درجة حرارة التبلور للمعدن .

يتضح مما سبق انه يمكن من المخطط اعلاه تحديد حالة المعدن من حيث كونه سائل او صلب .

منحنى تبريد المعدن النقي :

خط رسومي يمثل تغير طور المادة سواء كان التغير من غاز إلى سائل أو من سائل إلى صلب.والمنحنى يمثل درجة الحرارة كدالة في الزمن. حيث إن انخفاض درجة الحرارة لا يكون نزولا مستقيما أو حتى منحنيا بل إنه على عكس ذلك، فعند تبدل طور المادة فإن درجة الحرارة تسلك خطا افقيا.

يوضح الشكل (7) ادناه ان المعدن يكون في الحالة السائلة عند نقطة (1) بالمخطط وذلك بسبب ان درجة الحرارة مرتفعة بالنسبة لدرجة حرارة التبلور للمعدن والتي تكون فيها الطاقة الحرة للحالة السائلة اقل مما للحالة الصلبة . وعند تبريده يبدأ تبلوره عند النقطة (2) حيث يحدث التبريد بسبب فقدان الحرارة من المنصهر الى المحيط ،وتمثل هذه النقطة بداية التبلور ومنها تثبت درجة الحرارة مع استمرار عملية التبلور حتى النقطة (3)وهي نقطة انتهاء التبلور حيث تثبت درجة الحرارة خلال فترة التبلور وذلك بسبب الطاقة الحرارية المتحررة بسبب انتظام الذرات بالشكل البلوري المحدد والتي تصبح حرارة مكتسبه للمنصهر .يستمرتبريد المعدن المتجمد بعد النقطة (3) بسبب استمراره بفقدان الحرارة للمحيط وعدم تعويضها من المنصهر الى نهاية عملية التبلور.



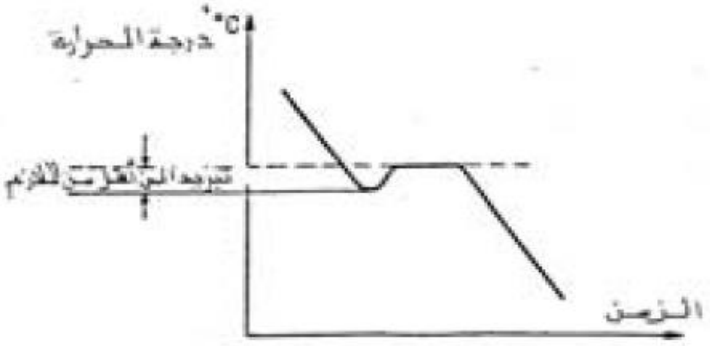
الشكل (7) منحني التبريد للمعدن النقي

الافراط بالتبريد: ان لسرعة التبريد للمعدن المنصهر تأثير مباشر على حجم الحبيبات الناتجة . ويطلق على الانخفاض في درجة حرارة المعدن المنصهر تحت درجة حرارة الانجماد خلال زمن معين (**فرط التبريد**) كما موضح بالشكل (8) فكلما زاد فرط التبريد كانت الحبيبات ناعمة والتي تمتاز بخواص ميكانيكية افضل من الحبيبات الكبيرة عند درجات الحرارة الاعتيادية . كذلك تتأثر حجم الحبيبات بالعوامل التاليه :

1-درجة حرارة الصب .

2- سمك القطعه .

3- نقاوة المعدن .



الشكل (8) منحنى يوضح فرط التبريد

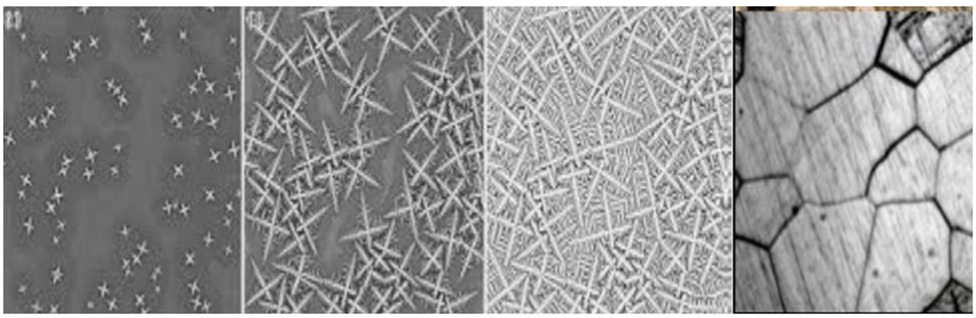
2/ الاختبارات البعدية

1- مالمقصود بالتبلور الشجيري ؟ وضح ذلك مع الرسم.
2- ماتأثير سرعة التبريد على حجم وشكل البلورات؟

الإجابة النموذجية:-

.

1- تكوين نوى صغيرة لحظة الوصول الى درجة حرارة الانجماد . تنتشر هذه النوى بصورة عشوائية في السائل المبرد . تتكون هذه النوى من عدد قليل من الذرات ترتب نفسها بصورة منتظمة وتأخذ شكلا هندسيا معينا، مثلا مكعب متمركز الوجه . ثم تبدأ النويات بالنمو في الاتجاهات الثلاثة . حيث يبدأ النمو الثانوي من الاذرع الرئيسية للبلورة حتى يتشكل هيكل البلورة والذي يعرف بالدندرايت او النمو الشجيري .



a b c d

2- عند سرعة التبريد العالية تنشأ حبيبات صغيرة الحجم وعشوائية الترتيب بينما في حالة التبريد البطيء تنشأ حبيبات كبيرة الحجم ذات ترتيب منتظم.

3/الجانب العملي:-

تعريف بمختبر المعادن (مختبر المقاومة، مختبر المعالجات الحرارية ، مختبر الفحص المجهريوتحضير العينات، مختبر التصوير)

4/واجبات منزلية:-

1- احسب عدد الذرات الفعالة لكل من المكعب متمركز الوجه والسداسي المكتظ.

الاسبوع الثانى:

الدوافع:تركيب الكتل المعدنية تجميد الصبات (العيوب الشائعة في الصبات).

الاهداف السلوكية : التعرف على تركيب الكتل المعدنية وشكل الحبيبات عند التجمد بالاضافة الى اهم عيوب تلك الصبات.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملى :

3/ تركيب الكتل المعدنية:-

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 :

الطبقة الاولى : الحبيبات المصقعة 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.

الطبقة الثانية : الحبيبات الطولية او العمودية Columnar Crystals

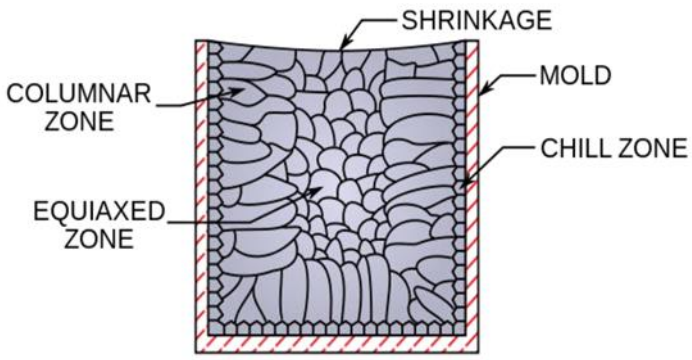
تمتاز هذه البلورات بكونها كبيرة الحجم طولية الشكل وتنمو عكس اتجاه فقدان الحرارة من جدران القالب وتكون عمودية على جدار القالب وتتوجه نحو مركز القالب (عمودية على بلورات الطبقة المصقعة وتمتد باتجاه مركز القالب) . تكون درجة الحرارة اعلى عند نهاية الطبقة المصقعة بسبب ارتفاعها بعد حصول التبلور فيها ،وهي اقل في السائل باتجاه مركز القالب بسبب حصول الافراط بالتبريد وعدم بدأ التبلور ممايجعل النمو للبلورات يحصل بالاتجاه الاقل درجة الحرارة ولا يحصل نمو جانبي لبلورات الطبقة العمودية بسبب امتداد ونمو لبلورات الطبقة العمودية بسبب امتداد ونمو جميع بلوراتها سوية باتجاه المركز.

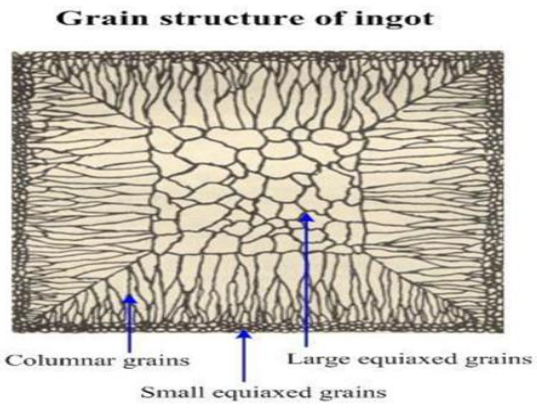
الطبقة الثالثة : الحبيبات الكروية او متساوية المحاورEqui- Axed Crystals

وتمتاز بكونها كبيرة الحجم كروية الشكل نتيجة فقدان الحرارة من جميع الاتجاهات وسرعة التبريد البطيئة.حيث يكون معدل التبريد منخفض نسبيا في المركزممايسبب افراط قليل بالتبريد وتكون مراكز تبلور قليلة.

ان النسبة بين هذه الطبقات تتوقف على عوامل عديدة منها :

- حجم الصبة
- مقدار الافراط في التبريد
- معدل التبريد
- تركيب السبيكة



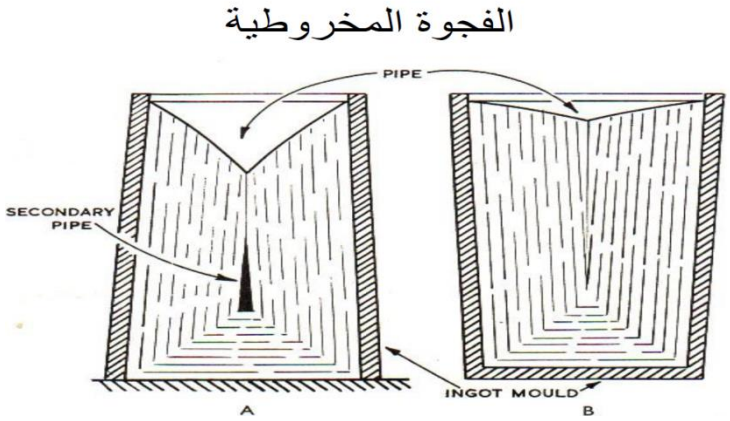


شكل (10) اشكال الحبيبات بالكتل المعدنية المسبوكة (المصبوبة)

العيوب الشائعة في الصبات :

1-الفجوة المخروطية :

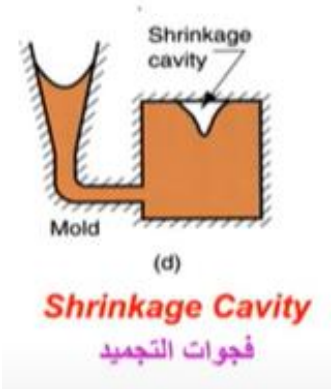
وتتكون في الجزء العلوي من الصبة والذي يتجمد في الاخير وسبب تكونها الفرق بين حجم المعدن المنصهر والمعدن المتجمد . حيث يحدث التجمد بشكل طبقات متتالية تبدأ من جدار القالب المعدني وينقص الحجم بعد تجمد كل طبقة مما يتسبب عن تكون الفجوة ذات الشكل المخروطي .



شكل (11) الفجوة المخروطية

2-الفجوة الانكماشية :

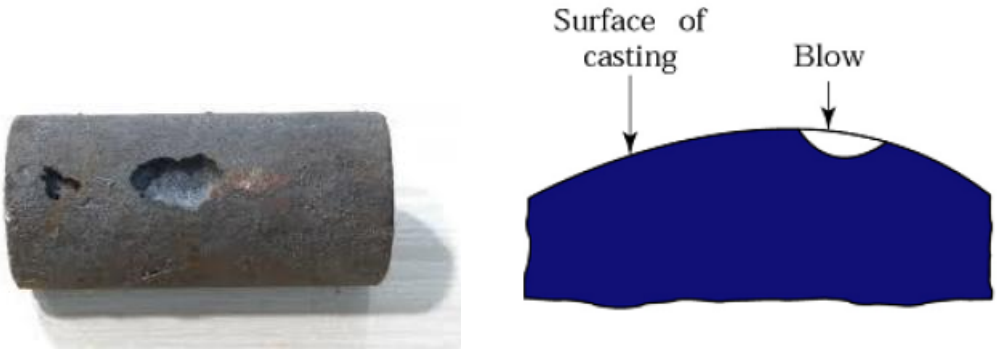
تظهر الفجوة الانكماشية نتيجة الفرق في الحجم بين المعدن المنصهر والمعدن المتجمد في منطقة الاذرع الشجيرية .



شكل (12) الفجوة الانكماشية (فجوة التجمد)

3-الفجوات الغازية :

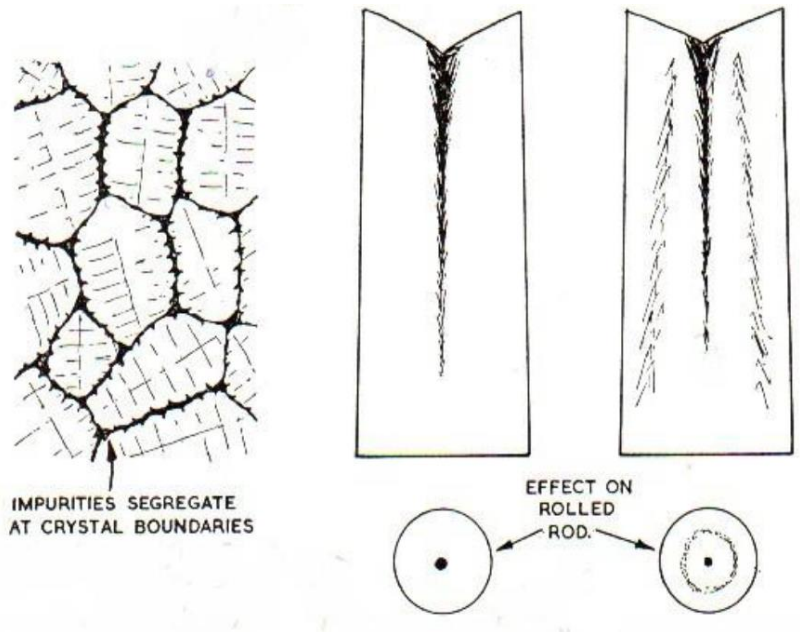
تتكون اثناء التبريد السريع للمعدن لان الغازات الذائبة في المعدن المنصهر تقل قابلية ذوبانها بانخفاض درجة الحرارة لذا فان الغازات لا تتمكن من الخروج مكونة مسامات او فجوات غازية .



شكل (13) الفجوات الغازية

4- الانعزال :

ويعرف بأنه عدم تجانس التركيب الكيمياوي للمسبوكة نتيجة اما الفرق في درجات الانصهار او الاختلاف الكبير في الوزن النوعي .تميل الشوائب للبقاء في جزء المعدن الذي يتجمد في اخر مرحلة ولكون الانباتات او بداية التبلور تكون من المعدن النقي لذا فان تركيز الشوائب يزداد بالمنصهر المتبقي وتتركز في حدود الحبيبات او في وسط الصبة او بين طبقات البلورات .



شكل (14) الانعزال

الاختبار البعدي:

1- عرف الحبيبات المصقعة.

2- علل تكون الحبيبات المصقعة.

3- ماهو سبب تكون الحبيبات الطولية؟

4- لماذا تكون الحبيبات في قلب الصبات كروية الشكل وكبيرة الحجم؟

الاسبوع الثالث:

الدوافع: معامل الاكتظاظ الذري ، الاتجاهات البلورية ، المستويات البلورية ،ظاهرة التاصل.

الاهداف السلوكية : لتعرف على عدد الذرات الفعالة لكل معدن وحساب معامل الاكتظاظ الذري بالاضافة الى طريقة رسم المستويات الذرية.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء ، مجسمات .

الجانب العملي : تجربة الضغط، منحني الحمل، الاستطالة، منحني الاجهاد –الانفعال، علاقة الطول بمساحة المقطع ، العوامل المؤثرة على تجربة الضغط.

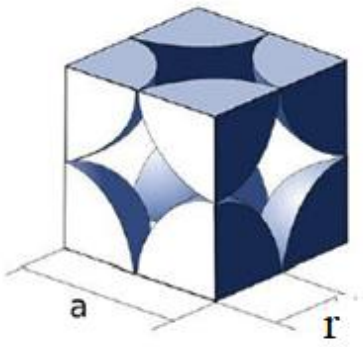
معامل الاكتظاظ (الازدحام) الذري (APF) : يعرف معامل الاكتظاظ الذري بأنه النسبة بين مجموع حجم الذرات المكونة لوحدة الخلية الى حجم وحدة الخلية .

$$APF=\frac{\text{حجم مجموع الذرات}}{\text{حجم الخلية}}$$

مثال 1

احسب معامل الاكتظاظ الذري للمكعب البسيط .

الحل :



$$B.A=8\times\frac{1}{8}=1$$

$$a=2r \quad \therefore \quad r=\frac{a}{2}$$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = \text{حجم الذرة}$$

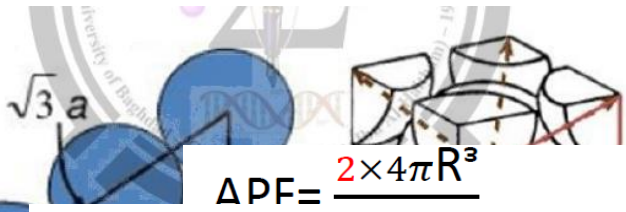
$$a^3 = \text{حجم الخلية}$$

$$APF=\frac{1\times\frac{4}{3}\pi\left(\frac{a}{2}\right)^3}{a^3}=\frac{\pi}{6}=0.52$$

مثال 2

احسب معامل الاكتظاظ الذري لبنية بلوريه من نوع مكعب متمركز الجسم .

الحل :



$$APF=\frac{2\times4\pi R^3}{\text{unit cell volume}=a^3} \quad \& \quad B.A=2$$

$$B.A=8\times\frac{1}{8}+1=2$$ نظرية $r^2=a^2+a^2=2a^2$ في المثلث الصغير

وفي المثلث الكبير $(4r)^2=r^2+a^2$ بالتعويض عن r

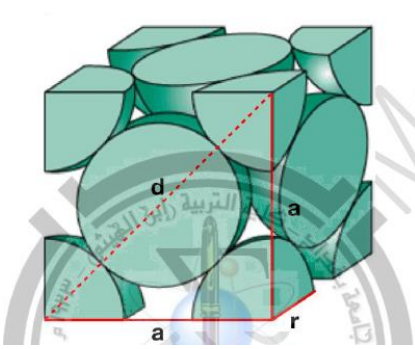
$$(4r)^2=a^2+2a^2=3a^2$$

$$16R^2=3a^2 \text{ then } R=\frac{\sqrt{3}}{4}a \quad \& \quad R^3=\frac{3\sqrt{3}a^3}{(4)^3}$$

$$APF=\frac{2\times4\pi \quad 3\sqrt{3}\times a^3}{3\times a^3\times(4)^3}=\frac{\sqrt{3}}{8}\pi=0.68$$

مثال 3

احسب معامل الاكتظاظ الذري لمعدن الرصاص .



FCC

$4r=\sqrt{2}\ a$

الحل :

$$B.A = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

$$APF=\frac{4\times 4\pi R^3}{3\ x\ a^3} \qquad B.A=4$$

Also unit cell volume= a^3 & Atom volume = $\frac{4\pi}{3}R^3$

العلاقة بين R & a

$$(4R)^2 = a^2+a^2$$

$$16\,R^2 = 2\,a^2 \text{ then } R=\frac{a\sqrt{2}}{4}$$

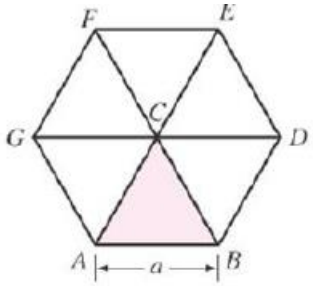
$$APF=\frac{4\times 4\pi \quad 2\sqrt{2}\times a^3}{3\ x\ a^3\ x\ (4)^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.74$$

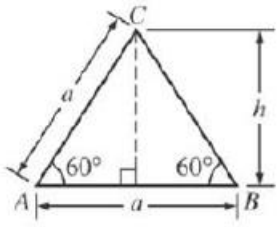
مثال 4

احسب معاما الاكتظاظ الذري لشبكة بلورية من الخارصين .

الحل :

$$B.A = 12\times\frac{1}{6}+2\times\frac{1}{2}+3=6$$





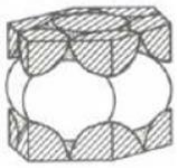
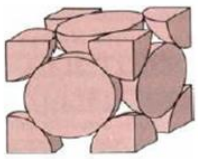
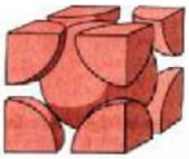
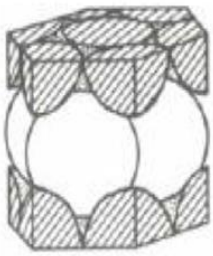
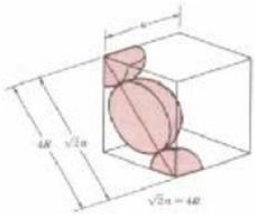
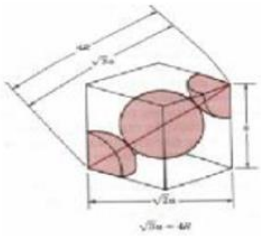
الارتفاع $1.633\ a =$

مساحة القاعدة $2.6\ a^2 =$

$$r = \frac{a}{2}$$

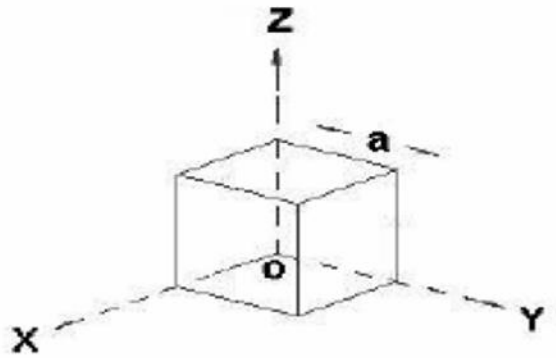
$$APF = \frac{6 \times \frac{4}{3}\pi\left(\frac{a}{2}\right)^3}{2.6a^2 \times 1.633\, a} = 0.74$$

الجدول التالي يوضح طريقة حساب معامل الاكتظاظ (الإزدحام) الذري لمجموعة من الخلايا :

HCP	FCC	BCC	
12 	12 	8 	العدد التنسيقي
3+12*1/6+2*1/2 =6	8*1/8+6*1/2 = 4	8*1/8+1=2	العدد الفعلي
a = 2R 	√2 a = 4 R 	√3 a = 4 R 	العلاقة بين a و R
$4/3\ \pi\ R^3$	$4/3\ \pi\ R^3$	$4/3\ \pi\ R^3$	حجم الذرة
$4.24\ a^3$	a^3	a^3	حجم الخلية
0.74	**0.74**	**0.68**	APF

المتجهات البلورية في النظام المكعبي:

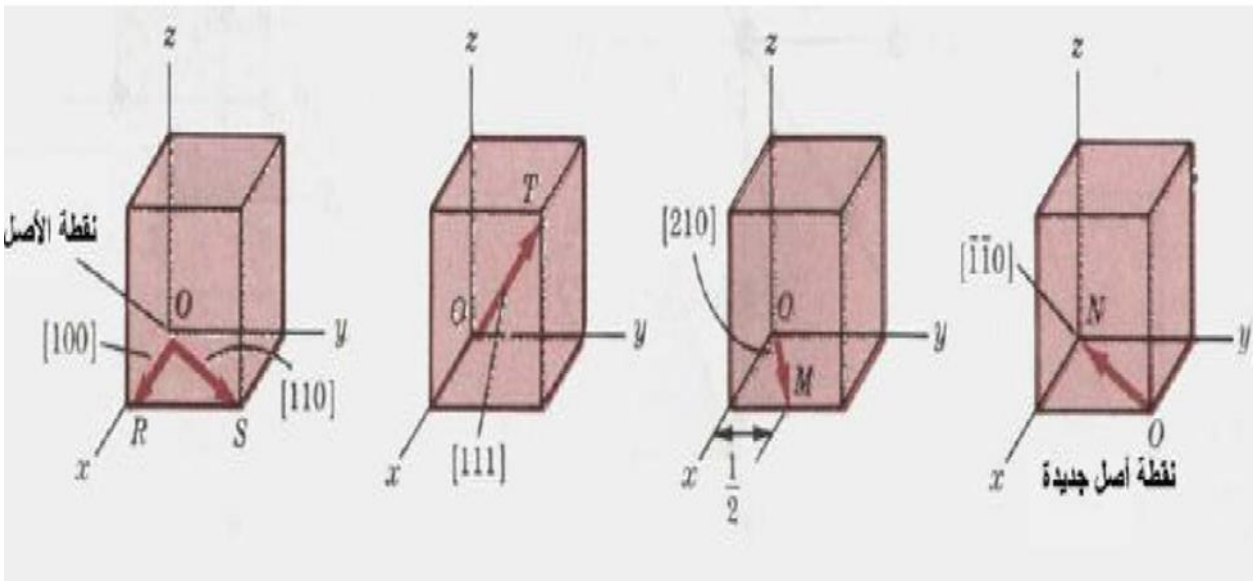
يمثل المتجة بثلاثة ارقام صحيحة بين قوسين مربعين [123] ويعبر عن الارقام السالبة بخط على اعلى الرقم [$\bar{1}23$] .
لرسم وقراءة اي متجة لابد من معرفة الآتي:
١- رسم مكعب ثلاثي الابعاد طول ضلعه **a** (خلية الوحدة)، وتحدد الاتجاهات الموجبة والسالبة بناءا على نقطة الاصل **O** .



شكل (٣-١) خلية الوحدة

٢- تحدد نقطة اصل المتجة على أي ركن من اركان المكعب.
٣- نحدد اسقاطات رأس المتجة على المحاور الثلاثة [X Y Z] وتكتب الارقام بصورة صحيحة.

امثلة:



المستويات البلورية في النظام المكعبي:

يمثل المستوى بثلاثة ارقام صحيحة بين قوسين دائريين (123) ويعبر عن الارقام السالبة بخط على اعلى الرقم $(1\bar{2}3)$.

لرسم وقراءة اي مستوى نتبع الخطوات الاولى والثانية في رسم المتجهات ثم :

١- اذا كان المستوى يمر بنقطة الاصل نختار نقطة اخرى مع الاحتفاظ باتجاه المحور .

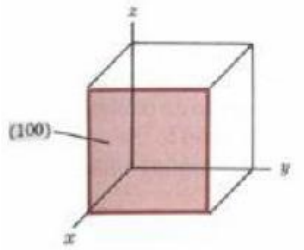
٢- نحدد نقاط التقاطع مع المحاور مع الأخذ بالاعتبار الاتجاهات الموجبة والسالبة.

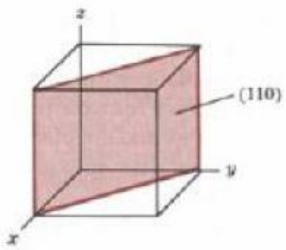
٣- اذا كان المحر موازى للمستوى فإن التقطع يكون عند ما لا نهاية ، وبالتالي نأخذ المقلوب وتكون القيمة الصحيحة (صفر).

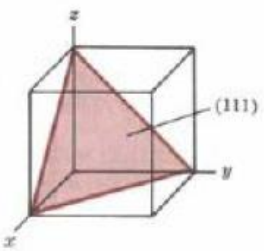
٤- تكتب الارقام في اقل صورة صحيحة بمعنى اننا نقوم بالقسمة او الضرب في عامل مشترك.

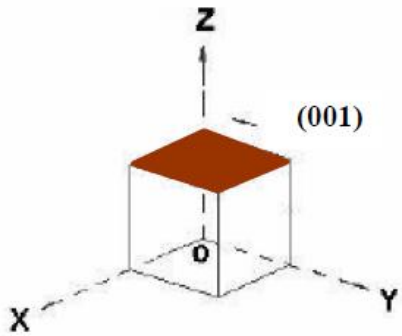
٥- تكتب الارقام بين قوسين بالترتيب التالي (X Y Z).

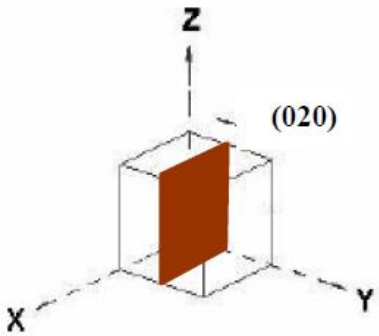
امثلة:

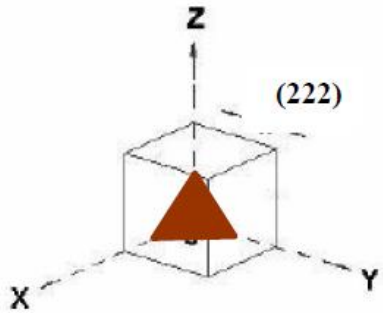








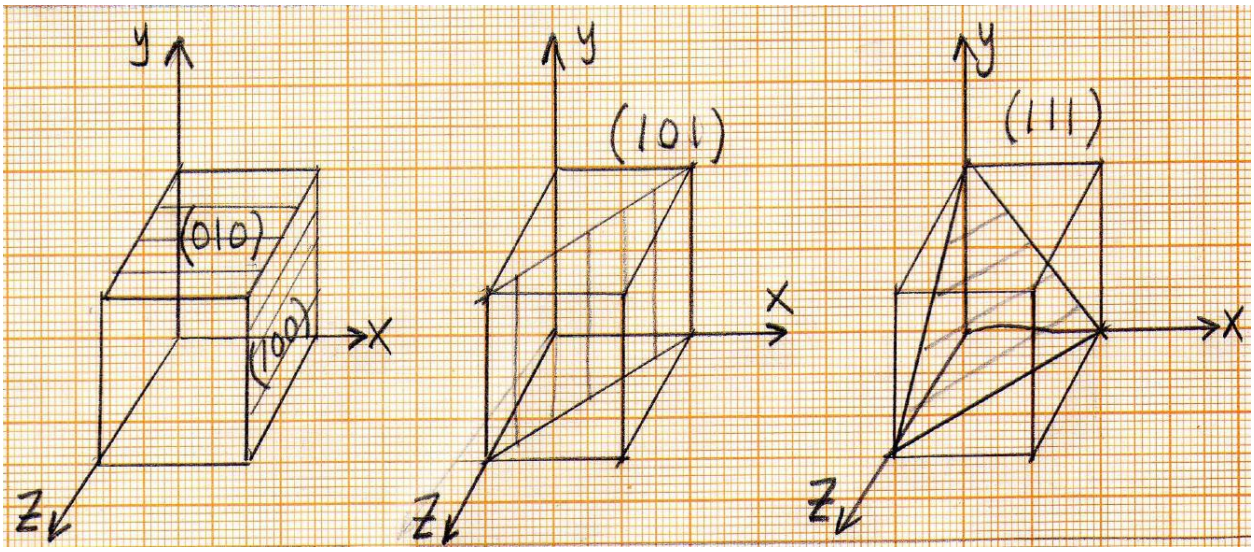




ان المستويات الموازية لمحور او محورين يعبر عنها انها تتقاطع مع المحور في المالانهاية ∞ . كذلك اختار ميلر وسيل اخرى لتجنب ذلك بان يعطي المستوي المطلوب تمثيله ارقاما هي مقلوب النسب بين اطوال المقاطع وكما في المثال التالي :

المستوي المظلل يقطع y في 1 ويوازي المحور z,x أي يقطع هذين المحورين في المالانهاية ∞ .

اي ان الاحداثيات هي (∞ ،1 ،∞)ومقلوب هذه الاحداثيات هو (1/∞ ،1، 1/∞) اي ان المستوي هو (0 10) وبنفس الطريقة نرسم (110) و(111).

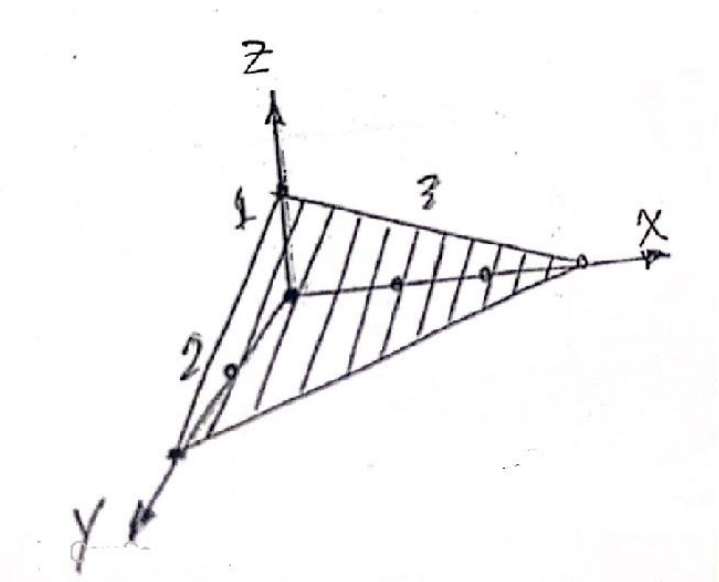


أمثلة واسئلة عن تمثيل المستويات البلورية :

1-ارسم المستوي الذري رقمه حسب طريقة ميللر هو (326).

- لرسم اي مستوي بمعلومية رقمه يجب ان نعين احداثيات ذلك المستوي اي نقاط تقاطعه مع المحاور x y z ولما كانت
- معاملات ميلر هي مقلوبات نقاط تقاطع المستوى مع تلك المحاور لذلك ولفرض تعيين الاحداثيات نقوم بقلب رقم المستوى وكما يلي :- $x=\frac{1}{2}$ $y=\frac{1}{3}$ $z=\frac{1}{6}$
- وللتخلص من الكسور نضرب بالمضاعف المشترك
- $x=3=6\times\frac{1}{2}$ $y=2=6\times\frac{1}{3}$

$z=1=6=\times\frac{1}{6}$ اذن الاحداثيات هي 3,2,1



2-ارسم كل من المستويات التالية :

1- يتقاطع مع X ويوازي كل من Y,Z .
2- يوازي المحورين X,Z ويقطع محور Y.
3 - يوازي X,Y ويقطع مجور Z.

4- يقطع كل من محور X,Y ويوازي محور Z .

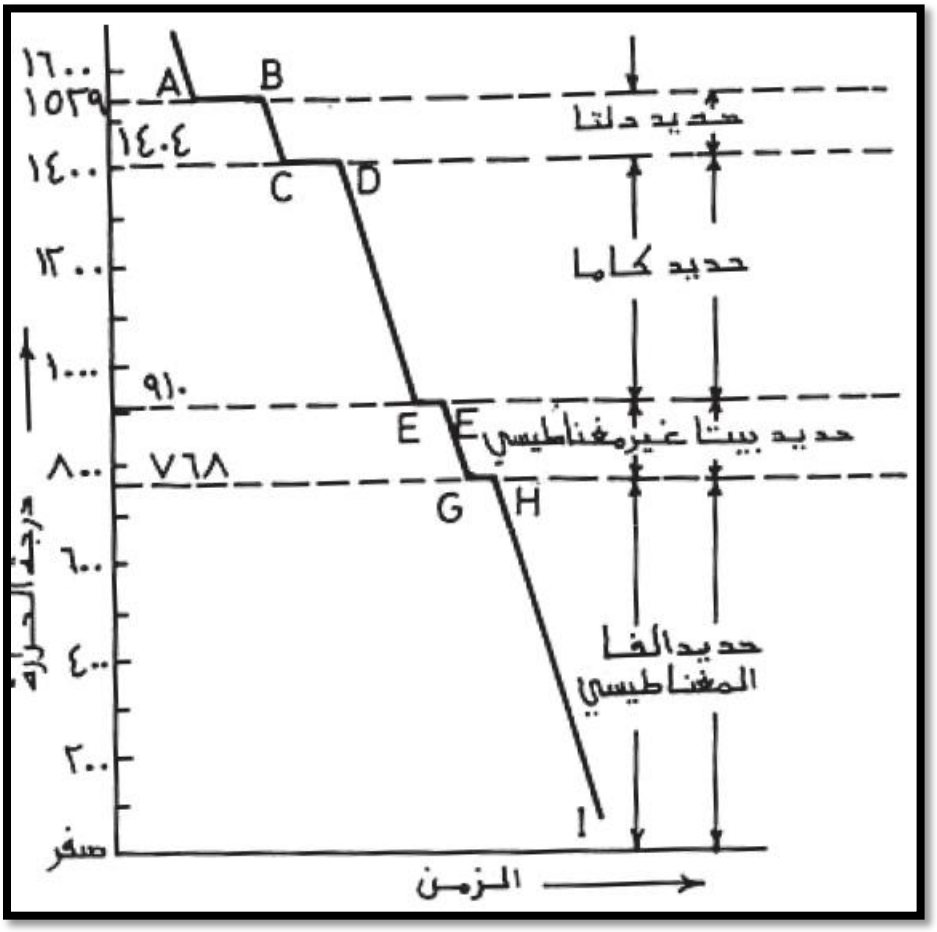
5- يتقاطع مع المحاور الثلاث بنفس المسافة .

6- المستوي C يتقاطع مع المحورين Y,Z عند مسافة ذرية واحدة ومع محور X عند مسافتين ذرية .

ظاهرة التآصل:

تعرف ظاهرة التاصل بأنها امكانية تواجد المعدن في حالتين أي طورين مستقرين او اكثر ولكن ببنية بلورية مختلفة ويتوقف ذلك على ظروف درجة الحرارة والضغط ومثال ذلك الحديد . فالحديد ذو شبكة بلوريه مكعب متمركز الجسم عند درجات حرارة تحت 910 °م ويطلق على هذا الطور حديد الفا α .عندما تتجاوز درجة الحرارة 910 °م يتحول حديد الفا الى حديد كاما γ وبشبكة بلورية مكعب متمركز الوجه.

يستمر هذا الطور حتى 1400° م حيث تتحول الشبكة البلورية الى مكعب متمركز الجسم مرة اخرى . ويطلق على هذا الحديد حديد دلتا δ. والذي يتحول من الحالة الصلبة الى الحالة المنصهرة او السائلة كما موضح بالشكل:



الشكل (9) منحنى التبريد لمعدن الحديد يوضح ظاهرة التاصل

الاختبار البعدى:

1- احسب معامل الاكتظاظ الذري لمعدن الرصاص.

2- اثبت ان معامل الاكتظاظ الذري لمعدن الخارصين هو (0.74) .

3- علل عدد الذرات الفعالة لمكعب متمركز الوجه (FCC) هي 4 .

4- مالمقصود بظاهرة التآصل.

5- ارسم المستويات الذرية التالية (123) ، [101] ، (001).

الاسبوع الرابع:

الدوافع: عيوب الشبكة البلورية ، النقطية ، الخطية.

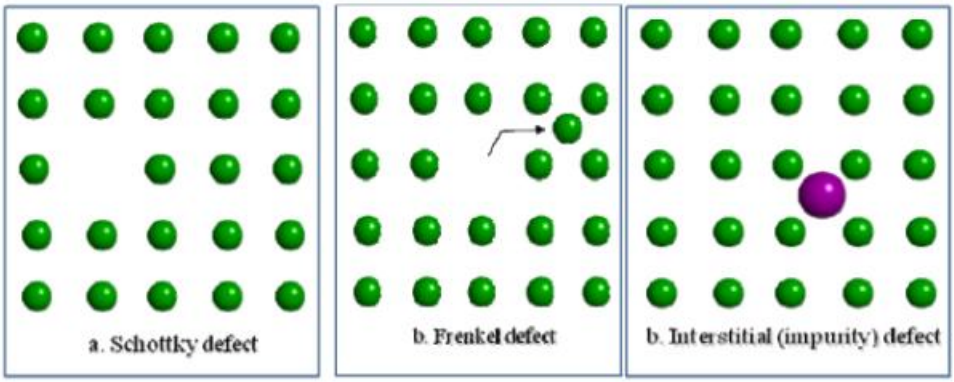
الاهداف السلوكية : معرفة العيوب البلورية واسباب نشوءها وانواعها .

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اختبار الصلادة ، طريقة برنيل.

عيوب الشبكات البلورية:

1-العيوب النقطية Point Defect : وتوجد اما على شكل فجوات او ذرات بينية.



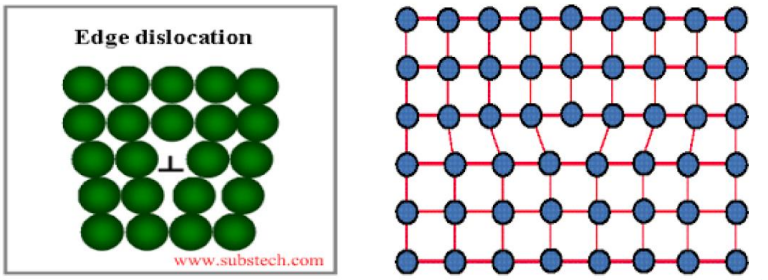
الشكل (15) العيوب النقطية

وتكون على نوعين :

1- **عيب شوتكي:** هو عيب نقطي يحدث عندما تهاجر ذرة ما موقعها في الشبكة البلورية وتستقر عند سطح البلورة ويحدث هذا بمراحل متعاقبة.
2- **عيب فرنكل:** هو أن تزال ذرة أساسية من مكانها في الشبكة البلورية وتتوضع في موقع بيني ويتضمن زوجاً من العيوب خلق فجوة أو ثغرة وذرة إضافية داخل البنية البلورية.

2-العيوب الخطية Linear Defects :

وتحدث اثناء انجماد المعدن او تشكيله اذ تكون عدد الذرات N في أي صف من صفوف البلورة يقابله N+1 ذرة في الصف المقابل فيتكون ما يسمى بالانخلاعة Dislocation .



الشكل (16) العيوب الخطية

المعادن متعددة البلورات:

ان المواد المعدنية تتألف بشكل عام من بلورات عديدة او حبيبات والتي لها عادة اتجاهات عشوائية تماما ويجب ملاحظة ان مستويات الانزلاق ومستويات التوأمة لا تمتد الى حد ما بعد الحدود الحبيبية للبلورة التي يحدث فيها الانزلاق او التوأمة لذلك يكون للحدود الحبيبية في المعدن النقي عند درجات حرارية منخفضة نسبيا تأثير تقوية وتصليد .

ان المعدن ذو الحبيبات الناعمة يكون أقوى من نموذج اخر لنفس المعدن يحتوي على عدد قليل جدا من الحبيبات الكبيرة ، فالسيطرة اذن على الحجم الحبيبي مهم جدا للحصول على الخواص المطلوبة . ان البلورات الاحادية لها خواص مختلفة بالاتجاهات المختلفة (اي متباينه الخواص)اما المادة المتعددة البلورات ذات الاتجاه العشوائي ستكون موحدة الخواص .

سلوك التشكيل لانواع البلورات الثلاثة الاساسية في النماذج متعددة البلورات يمكن ان يوصف بما يلي :

- ان المعادن ذات البنية (FCC) مطيلية طول الوقت تقريبا وعلى مدى واسع من درجات الحرارة .
- المعادن ذات البنية (BCC) هي اقل مطيلية ، وتكون مطيلية في مدى صغيرنسبيا من درجات الحرارة .

المعادن ذات البنية (CPH) لها مطيلية منخفضة ، وتكون مطيلية في مدى صغير من درجات الحرارة وعندما تكون خارج هذا المدى تكون هشة غالبا .

الاختبار البعدي:

1- مالفرق بين عيوب شوتكي وعيوب فرينكل؟ وضح ذلك مع الرسم.

2- عرف الانخلاعة وسبب تكونها.

الاسبوع الخامس:

الدوافع: التشكيل المرن والتشكيل اللدن (الانزلاق ، التوأمة).

الاهداف السلوكية : تعرف الطالب على الفرق والتمييز بين التشكيل المرن واللدن وانواع التشكيل اللدن.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اختبار الصلادة ، طريقة فيكرز.

التشكيل المرن والتشكيل اللدن Elastic & Plastic Deformation :

التشكيل هو التغير الذي يحدث في ابعاد المادة تحت تأثير القوى الخارجية المسلطة ويكون اما تشكيل مرن وهو التشكيل الذي يزول عند زوال القوى الخارجيه المسلطه اوالتشكيل اللدن وفيه لا ترجع المادة الى وضعها الاصلي حتى عند زوال القوة المسلطة .

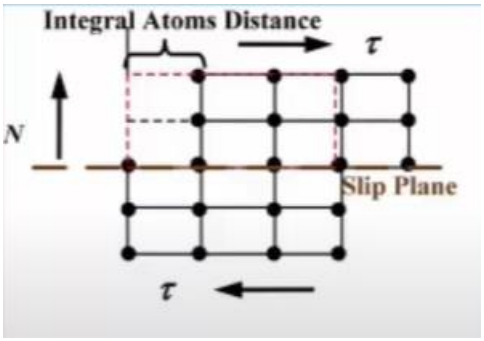
1-التشكيل المرن : وينتج من تحرك الذرات لمسافة جزئية في البناء البلوري (اقل من المسافة بين ذرتين) تحت تسليط جهد معين والذي عند ازالته تعود الذرات لوضعها الاصلي ويتلاشى التشويه الحاصل .

2-التشكيل اللدن : ويحدث نتيجة تسليط جهد يزيد عن حد معين يعرف بحد المرونة بحيث يسبب تحرك الذرات من مواقعها لتأخذ اوضاع جديدة ولا تعود لوضعها الاصلي عند زوال المؤثر. يحدث التشكيل اللدن بطريقتين :

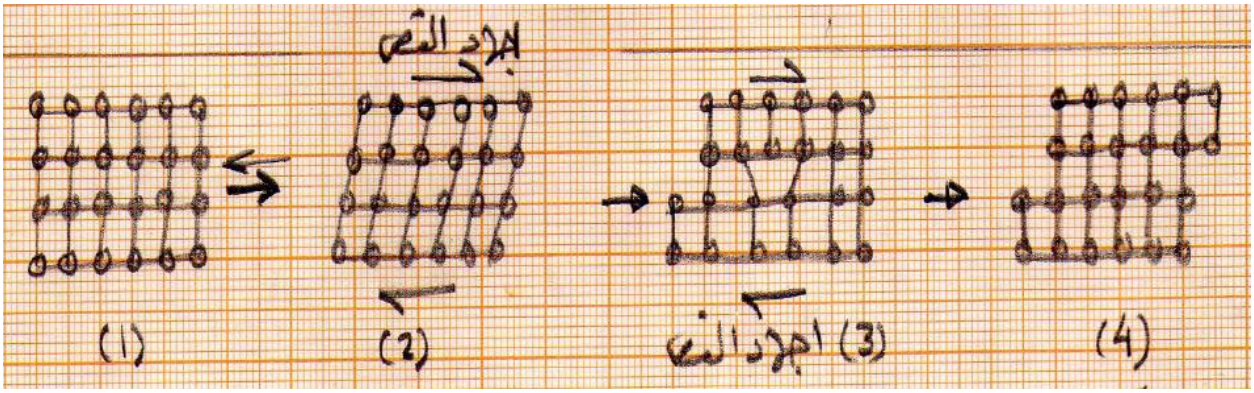
1-الانزلاق Slipping

2-التوأمة او التوائم Twinning

1-التشكيل اللدن بالانزلاق: يحدث التشكيل على شكل خطوات بواسطة تحرك الانخلاعة على طول مستوي الانزلاق . فبهذه الالية يمكن للانخلاعة او ما يعرف بالمستويات الانزلاقية ان تسير خلال البلورة وبصورة تدريجية وذلك بتسليط قوة . وبواسطة حركة الانخلاعة كليا خلال البلورة فإنها تكون قد سببت انزلاق طبقة من المستويات مسافة ذرية واحدة . حيث يمكن تشبيهها بالتشويه الناتج لمجموعه من ورق اللعب عند دفعها من جانب واحد ،حيث يحدث الانزلاق عند زيادة اجهاد القص عن القيمة الحرجه له كما موضح بالشكل (17)و(18).



الشكل (17)



الشكل (18)

حيث :

1: يمثل شبكة بدون اجهاد .

2: يمثل التشويه المرن .

3: يمثل تكون الانخلاعة .

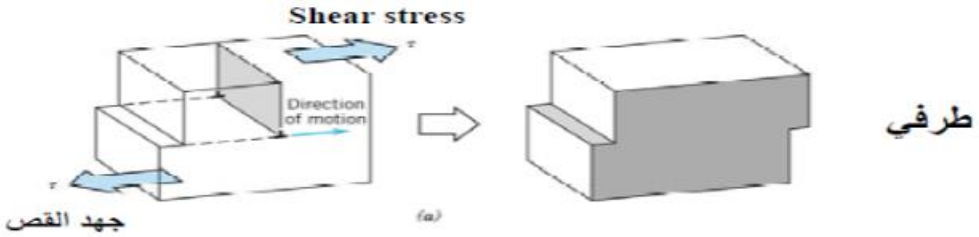
4: يمثل انتهاء التشويه اللدن بخروج الانخلاعة .

يكون الانزلاق اسهل في البلورات التي تكون فيها عدد احتمالات حدوث الانزلاق اكثر والذي يعتمد على عدد مستويات الانزلاق المتماثلة وعدد اتجاهات الانزلاق المحتملة فيها ، لذا تشكيل بلورات FCC اسهل من BCC اسهل من CPH .

انواع الانخلاعات :

الانخلاعة هي صف من الذرات تحرك من موضعه تحت تأثير جهد معين الى موضع اخر لا يتماثل مع احد مواضع الشبكة البلورية محدثا فيها تشويها ، وهناك نوعان من الانخلاعات هما :

1- انخلاعات طرفية :تحدث عند تحرك صف من الذرات الى موضع من البلورة لا يماثل الانتظام المثالي لمواقع الصفوفبحيث نصف البلورة العلوي يحتوي على صف من الذرات زيادة مقارنة بالجزء السفلي ، كما في الشكل (19) .

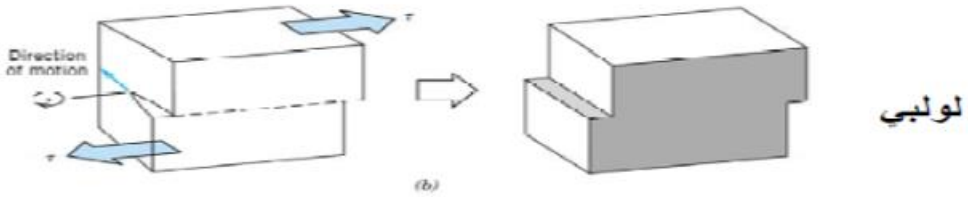


الشكل (19)

2- انخلاعات لولبية : وتتميز بما يلي :
أ – مستوى الانخلاعة يكون موازيا لاتجاه الانزلاق .

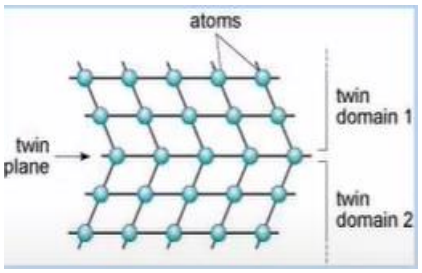
ب- الانزلاق يحدث بجزء من المقطع العرضي للبلورة وليس بكل المقطع .

كما في الشكل (20) .

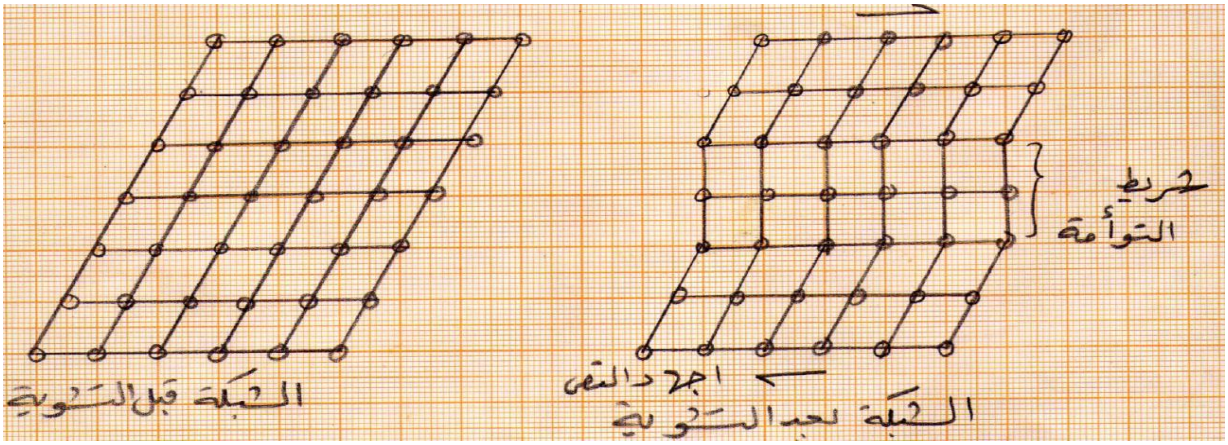


الشكل (20)

2-التشكيل اللدن بالتوائم: يعرف التشكيل بالتوائم انه تشكيل لدن ينتج عن تغيير في دوران جزء من البلورة الى وضع يماثل فيه الجزء الاول بالرجوع الى مستوي يفصل بينهما مستوي التوأمة. فنلاحظ من الشكل انه جزء صغير من البلورة فقط يشارك في عملية التوأمة . هذا الجزء هو مرآة بالنسبة لجزئي البلورة بحيث يكون احدهما صورة للأخر .يحدث هذا النوع في بعض المعادن مثل الزنك (CPH) وذلك لصعوبة حدوث الانزلاق فيه لكونه لا يحدث الا في مستويات القاعدة فقط . الشكل (21)، (22) يوضح التشكيل بالتوأمة .



الشكل (21) التشكيل بالتوأمة



الشكل (22) التشكيل بالتوأمة

3- تحدث التوأمة خلال فترة زمنية قصيرة تبلغ عدة ميكروثانية ' اما الانزلاق فيحتاج الى فترة زمنية اطول تصل الى عدة ملي ثانية قبل حدوث شريط الانزلاق .

4- عندما تحدث التوأمة خلال فحص الشد , تؤدي الى ظهور تذبذب في منحني الاجهاد – الانفعال .

ان التوأمة تختلف عن الانزلاق بعدة نقاط :-

1. في الانزلاق يبقى اتجاه البلورة ثابتا فوق مستوى الانزلاق وتحته بعد التشكيل كما قبل التشكيل ' بينما تودي التوأمة الى تغير الاتجاه عبر مستوي التوأمة .
2. يحدث الانزلاق لمسافات ذرية عديدة , بينما في التوأمة حركة الذرات تكون اقل من المسافات الذرية , ويحدث الانزلاق على مستويات متباعدة نسبيا ' ولكن في المنطقة المتوأمة لبلورة تشترك كل المستويات الذرية في التشكيل .

الاختبار البعدي:

1- قارن بين التشكيل بالانزلاق والتوأمة.

2- قارن بين التشكيل المرن والتشكيل اللدن.

الاسبوع السادس:

الدوافع: الاصلاد الانفعالي ، التشكيل على البارد ، التشكيل على الساخن.

الاهداف السلوكية : معرفة ما المقصود بالاصلاد الانفعالي وسبب حدوثه وماهو التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن والفرق بينهما.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اختبار الصلادة ، طريقة روكويل –B-

الاصلاد الانفعالي Strain – Hardening :

اذا سلط اجهاد على معدن بقدر كاف فان تشوه المعدن بالانزلاق او التوائم سوف يقل ، لذلك يحتاج الى قدر اعلى من الاجهاد لحدوث الانزلاق فتزداد صلادة المعدن ومقاومته القصوى وتقل المطيلية ويقال ان المعدن حصل فيه اصلاد انفعالي . باستمرار تسليط الاجهاد الى نقطة تكون فيها الصلادة ومقاومة الشد قد وصلت الى اعلى قيمة والمطيلية اقل قيمة فان التشكيل التالي سوف يؤدي الى حدوث الكسر.

وبالامكان اجراء هذه العمليات اما على البارد (درجة حرارة التشكيل اقل من درجة حرارة اعادة التبلور) الو على الساخن (درجة التشكيل اعلى من درجة حرارة اعادة التبلور) .

التشكيل على البارد Cold Working :

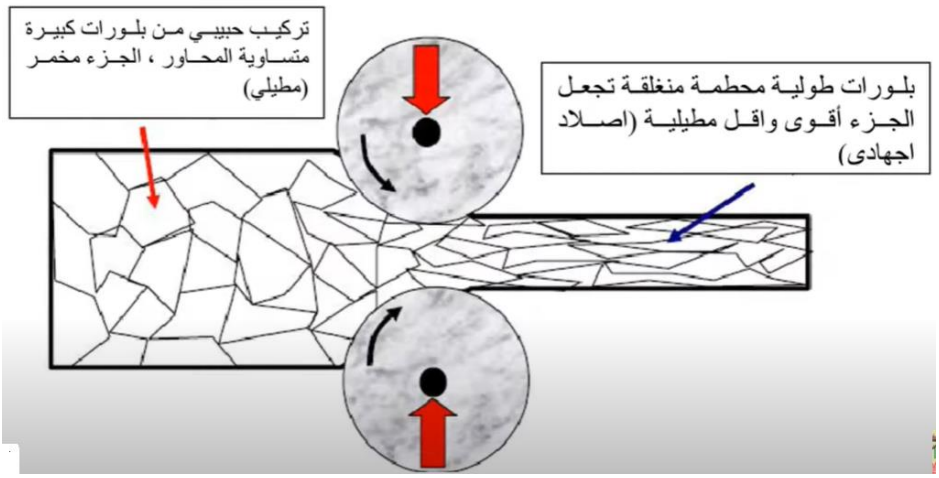
يعرف التشكيل على البارد بأنه التشكيل الذي يتم عند درجات حرارة اقل من درجة حرارة اعادة التبلور للمعدن مثل عملية سحب الاسلاك والدرفلة .

مزايا التشكيل على البارد:

1- زيادة صلادة ومقاومة الشد للمعادن اللاحديدية وصلب منخفض الكاربون.
2- الحصول على سطح نظيف وناعم للمنتج .
3- الحصول على ابعاد دقيقة للمنتج .
4- تحسين قابلية التشغيل على المكائن .

عيوب التشكيل على البارد:

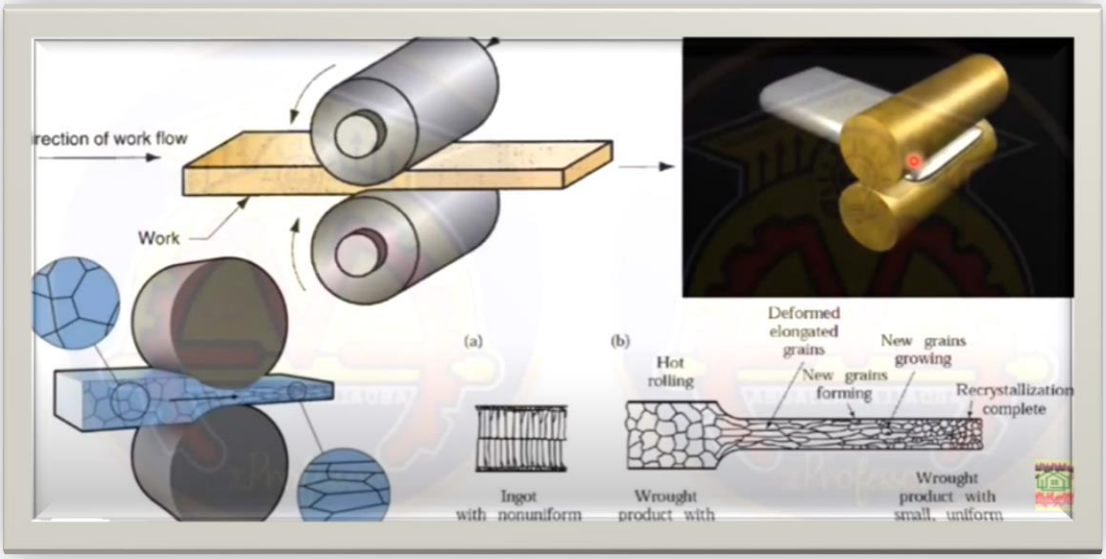
1- يؤدي إلى تشويه البنية الداخلية للمعدن وكذلك تحطيم بعض بلوراته بسبب وجود اجهادات داخلية مخزونة تتركز عند حدود الحبيبات وداخل البلورات وتغير شكل الحبيبات من الكروي الى المغزلي مما ينتج عنه زيادة صلابة المعدن.



2-تشكيل على البارد يصحبه دائماً تصليد انفعالي يقلل من مطيلة المعدن ومقاومته للصدمات .

3- حدوث شروخ في المعدن ويمكن معالجة هذه العيوب أو الأضرار الناتجة من عمليات التشكيل على البارد قبل أن تصل إلى إحداث الشروخ وذلك بمعالجة المعدن حرارياً بعد كل عملية تشكيل أو خلال المراحل المختلفة لعمليات التشكيل.

4-عدم نظافة سطح المعدن ووجود الاكاسيد عليه يؤدي الى تلف القوالب المستخدمة بالتشكيل .



الشكل(23) احد انواع التشكيل (الدرفلة)

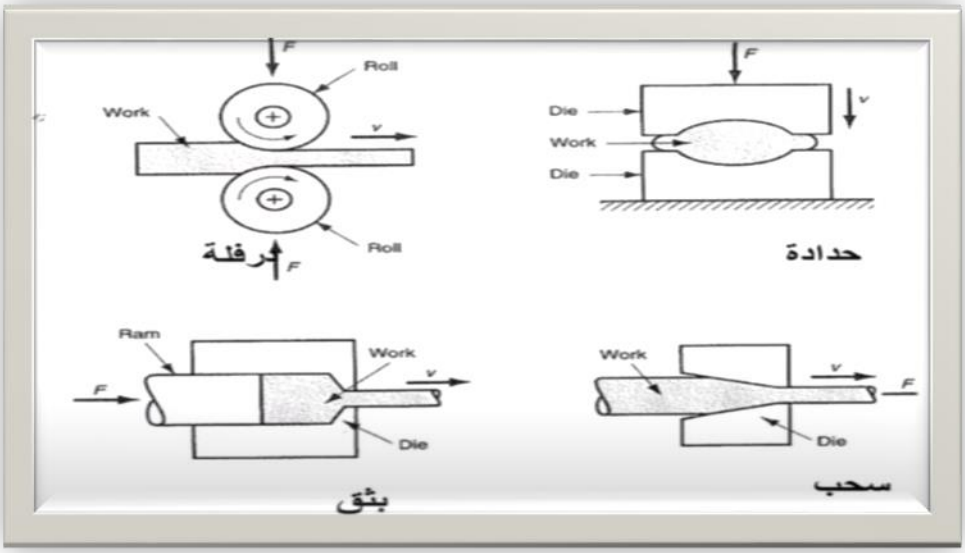
التشكيل على الحار او الساخن Hot Working :

هو التشكيل الذي يتم عند درجة حرارة اعلى من درجة حرارة اعادة التبلور للمعدن ، مثل الدرفلة على الساخن والحدادة والبثق ..... ونتيجة اجراء التشكيل عند درجات حرارة فوق درجة حرارة اعادة التبلور للمعدن فالاصلاد الانفعالي لن يحدث أي لن تتغير الخواص الميكانيكية، أي الصلادة ومقاومة الشد والمطيلية لذلك يمكن الوصول الى الشكل المطلوب للمنتج باقل قدر من الطاقة المصروفة . لذلك فان هذه الطريقة تكون اقتصادية بسبب الطاقة المصروفة والزمن اللازم يكونان اقل من التشكيل على البارد .

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

العمليات الانتاجية لتشكيل المعادن :

1- الدرفلة Rolling.
2- السحب Drawing .
3- البثق Extrusion.
4- الطرق او الحدادة Forging .
5 - عملية تشكيل الصفائح المعدنيه Metal Sheet Forming وهي عملية تشكيل على البارد او الساخن وباستعمال نفس التقنيات والمكائن .



الشكل (25) العمليات الانتاجية لتشكيل المعادن

درجة حرارة اعادة التبلور Tr :

هي درجة الحرارة التي يمكن أن تحدث فيها إعادة التبلور لمادة وظروف معالجة معينة ،حيث لكل معدن او سبيكة درجة اعادة تبلور خاصة به تعتمد على درجة انصهاره (Tm) Melting Temperature .

درجة حرارة اعادة التبلور للمعدن النقي = درجة الانصهار للمعدن x 0.3 .

درجة حرارة اعادة التبلور للسبيكة = درجة حرارة الانصهار للسبيكة x 0.4 .

Tmو Trتقاس بالقياس المطلق (كلفنK).

ان مقدار درجة حرارة اعادة التبلور يقل بوجود التشويه بالبلورات وبوجود الشوائب .

مثال :

تم تشكيل صفيحة من الالمنيوم بالدرفلة بقصد تقليل سمكها بدرجة 60 درجة مئوي احسب درجة حرارة اعادة التبلور للألمنيوم اذا كانت درجة انصهاره 660 درجة مئوية ثم حدد ان كان التشكيل قد جرى على البارد ام على الساخن .

الحل :

لحساب درجة حرارة اعادة التبلور للالمنيوم على اعتبار انه معدن نقي فأن درجة حرارة اعادة التبلور تحسب من القانون التالي :

$$Tr=Tm \times 0.3$$

حيث يجب اولا" تحويل درجة حرارة الانصهار للالمنيوم من القياس المئوي الى المطلق وذلك باضافة 273 لدرجة حرارته ثم تعويض الناتج في المعادلة اعلاه .

$$Tm = 660 + 273 = 933° K$$

$$Tr = 933 \times 0.3 = 279.9 °K$$

لتحديد ما اذا كان التشكيل كان قد اجري على البارد ام على الساخن ، نقوم بمقارنة درجة حرارة اعادة التبلور مع درجة الحرارة التي اجريت فيها الدرفلة لكن بعد ان نحولها من النظام المئوي الى المطلق .

$$60 + 273 = 333° K$$

وبما انها (333° K) اكبر من درجة حرارة اعادة التبلور للالمنيوم (279.9° K) اذن التشكيل كان على الساخن .

الاختبار البعدى:

1- مالمقصود بالاصلاد الانفعالي وما هو سببه؟

2- كيف يمكن التخلص من الاصلاد الانفعالي؟

3- عرف درجة حرارة اعادة التبلور.

4- قارن بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن

الاسبوع السابع:

الدوافع: الاستعادة ، اعادة التبلور ، النمو البلوري.

الاهداف السلوكية : التعرف على الاستعادة وكيفية اجراءها والفائدة منها ، والفائدة من اعادة التبلور والنمو البلوري.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اختبار الصلادة ، طريقة روكويل –C-

التلدين (التخمير) واعادة التبلور Annealing & Recrystallization:

ان التشكيل على البارد يؤدي الى زيادة الصلادة ومقاومة الشد ونقصان المطيلية ، كذلك تتشوه الحبيبات حيث تستطيل الحبيبات باتجاه التشكيل لذلك يصبح من الضروري تليين المعدن (أي تقليل الصلادة ومقاومة الشد وزيادة المطيلية) للاستمرار بعمليات التشكيل . ويطلق على عملية التليين (التخميراو التلدين) والتي تتضمن اعادة تسخين المعدن المشكل على البارد الى درجات حرارة منخفضة نسبيا حيث تحدث التغيرات التالي :

. 1- ازالة الاجهادات الداخلية . 2- اعدة التبلور . 3- النمو الحبيبي

وسنتناول كل نقطة من النقاط اعلاه بالتفصيل وكما يلي :

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) . حيث تتمكن الذرات من التحرك الى مواضع الاتزان داخل البناء البلوري للمعدن وبالتالي تقليل الاجهادات الداخلية المتكونة دون التأثير على شكل البلورات المشوهه او مقدار الصلادة.

2- اعادة التبلور :

. عندما يسخن المعدن الى درجة معينة تحل حبيبات مضلعة جديدة محل الحبيبات المشوهة القديمة ويحدث التليين وتعرف درجة الحرارة التي تحدث فيها هذه الظاهرة " درجة حرارة اعادة التبلور " . كما ان العوامل التي تؤثر على درجة حرارة اعادة التبلور هي :

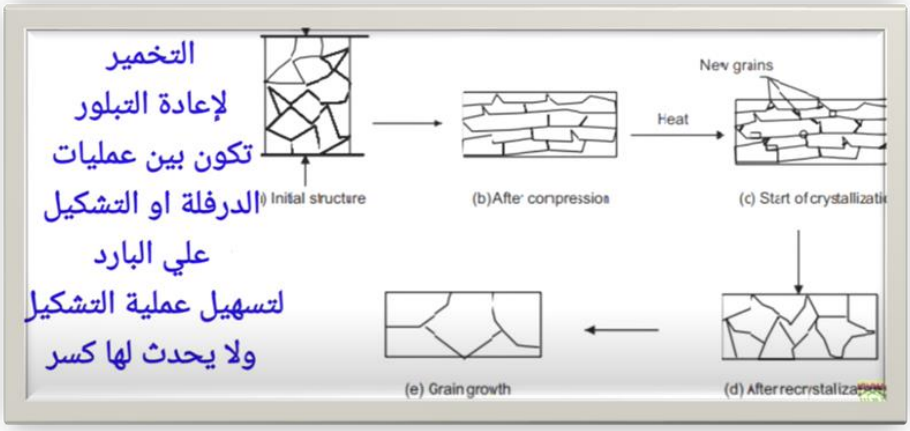
1- درجة التشكيل على البارد المسبقة : اذ كلما زادت نسبة التشكيل على البارد ، قلت درجة حرارة اعادة التبلور.

2- اضافة العناصر الاخرى : تؤدي اضافة العناصر الاخرى الى المعدن الى زيادة درجة حرارة اعادة التبلور.

3- زمن التخمير : كلما زاد زمن التخمير قلت درجة حرارة اعادة التبلور .

3- نمو الحبيبات :

عند الاستمرار في التسخين فوق درجة حرارة اعادة التبلور فان الحبيبات المتكونة حديثا أي المعاد تبلورها ، تبدأ بالنمو حجما" بامتصاص الحبيبات الاقل استقرارا .



الشكل (24) التخمير واعادة التبلور

الاختبارالبعدي:

ماهي التغيرات التي تحدث في المعدن نتيجة التخمير ؟ اشرحهابالتفصيل.

الاسبوع الثامن:

الدوافع: منحنيات الاجهاد ، الانفعال في الحني ، الشد ، الكسر ، أنواع الكسر ، التجوال من الكسر المطيلي الى الهش.

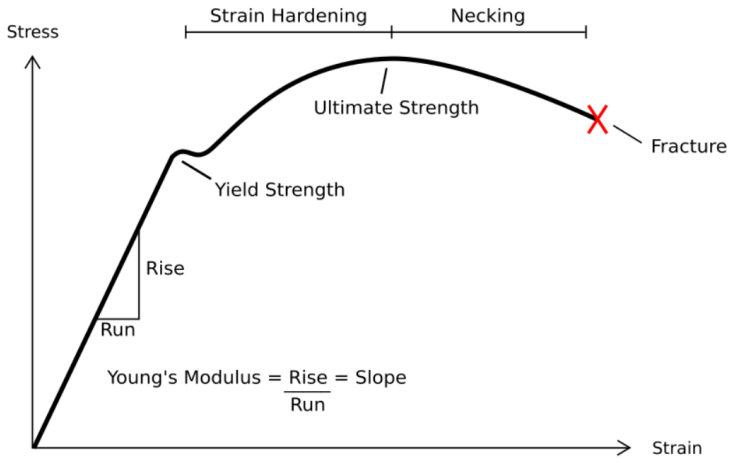
الاهداف السلوكية : التعرف على الاجهاد والانفعال وكيفية حساب كل منهما ،والتعرف على المواد المطيلية والهشة والفرق بين شكل الكسر لكل منهما.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اختبار الكلال

منحنيات الاجهاد – الانفعال

منحنى الإجهاد- الانفعال هو منحني يوضح العلاقة بين الإجهاد والإنفعال التي تظهرها المواد المختلفة. لكل مادة منحني خاص بها، ويتم ايجاد هذا المنحنى عن طريق إجراء اختبار شد أو إختبار ضغط لعينة من المادة وتسجيل مقدار التشوه فيها لفترات زمنية معينه. وتكشف هذه المنحنيات العديد من خصائص المواد .



الشكل (26) منحنى الاجهاد الانفعال

يجرى هذا الاختبار على عينات قياسية اسطوانية الشكل عادة بطول ابتدائي (اصلي) L_o وقطر ابتدائي (اصلي) D_o ومن خلال هذا الاختبار نحصل على المنحني الموضح في الشكل (26) .

الاجهاد (σ) = الحمل/مساحة المقطع اي :

$$\sigma = P/A_o (N/m^2)$$

الانفعال= التغير بالطول /الطول الاصلي اي :

$$\varepsilon = \delta L / L_o$$

بما ان العينة القياسية التي تم اجراء اختبار الشد عليها اختبار الشد اسطوانية فان مساحة مقطعها دائرة وتحسب من القانون التالي :

مساحة المقطع الاصلي =النسبة الثابتة x مربع نصف القطر الابتدائي اي:

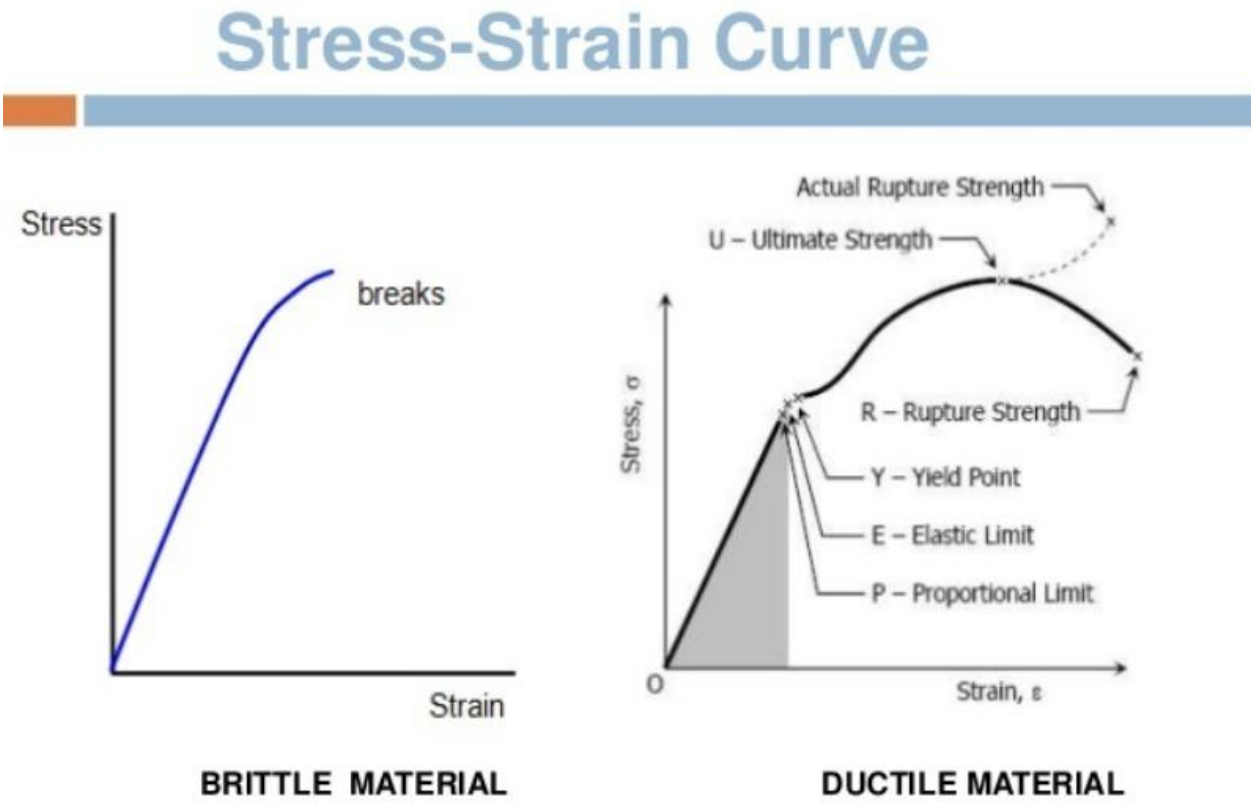
$$A_o = \pi \times r^2$$

يلاحظ من الشكل (27) ان الحمل يزداد بانتظام مع الاستطالة والعلاقة هي خط مستقيم (OP)، ميل هذا الخط يعطي خاصية للمعدن تسمى معامل المرونة (E) والتشويه خلال هذه المرحله يكون تشويه مرن .

معامل المرونة = الاجهاد / الانفعال اي:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

يختلف منحني اللاجهاد الانفعال للمواد المطيلية عن المواد الهشة وكما مبين في الشكل (27) :



الشكل (27) منحنى الاجهاد – الانفعال للمواد المطيليه والهشة

تسمى نقطة E حد المرونة ،بينما تمثل نقطة Y نقطة الخضوع ، ويعرف الخضوع بأنه المنطقة التي تحدث فيها استطالة بدون ان يصاحبها أي زيادة في الحمل .

اما (YU) فهي تمثل منطقة الاصلاد الانفعالي ، حيث تزداد صلادة المعدن نتيجة التشكيل على البارد . وتستمر الصلادة بالازدياد حتى تصل الى اعلى قيمة عند نقطة U والتي تمثل اقصى حمل ، المنطقة (UR) فتمثل منطقة التخصر، اذ باستمرار تسليط الحمل تبدأ العينة بالتخصر حتى الوصول الى النقطة (R) والتي تمثل نقطة الكسر او الفشل .

المطيلية Ductility : هي قابلية المادة على التشكيل اللدن تحت تأثير اجهادات شد بدون حدوث فشل وتعرف المطيلية في هذا الاختبار بأي من المصطلحين:

الاستطالة النسبية Elongation % = (طول النهائي –الطول الاصلي/ الطول الاصلي) x 100% .

او

نسبة التناقص في مساحة المقطع Reduction in Area % = (مساحة المقطع الاصلي- مساحة المقطع النهائي)/ مساحة المقطع الاصليx 100%.

اما المواد الهشة فلا يحدث فيها اي تشويه لدن قبل الفشل او الكسر وكما موضح في الشكل (27) .

الكسر Fracture :

قلنا سابقا ان المعادن المطيلة يحصل فيها تشكيل لدن اما بالانزلاق او التوائم او الطريقتين معا . هذا التشكيل يتسبب في حصول اصلاد انفعالي فيها ، فتزداد الصلادة ومقاومة الشد وتقل المطيلية . وباستمرار التشكيل تزداد الصلادة حتى تصل قيمة عظمى وبعدها يحصل الكسر.

ان كمية التشويه اللدن والذي يحدث قبل ان ينكسر المعدن ، يعتبر اداة التمييز بين المتانة والهشاشية . فإذا حدث الكسر بدون حصول تشويه لدن فهذا يعني ان المعدن هش او قصيف ، والكسر الحاصل يطلق عليه

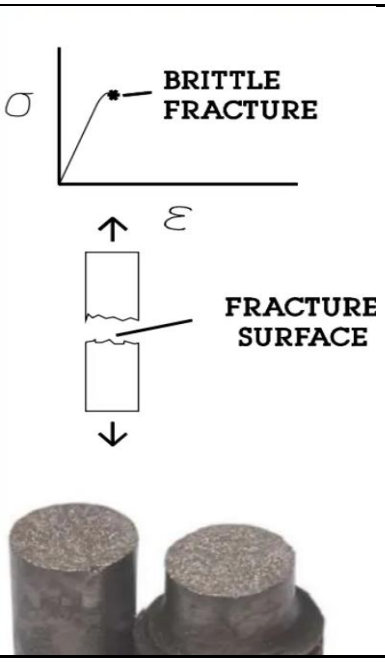
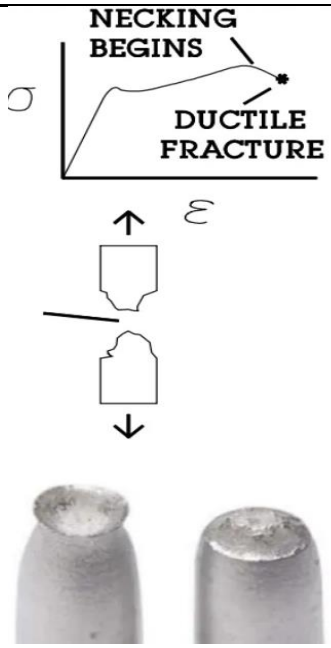
" كسر هش" Brittle Fracture والذي يمتاز بكونه حبيبي لماع ينتشر على حدود حبيبات المعدن في منطقة الكسر . اما اذا حدث تشويه لدن قبل حدوث الكسر فهذا يطلق عليه" الكسر المطيلي" Ductile Fracture والذي يمتاز بكونه ليفي داكن وينتشر الكسر داخل الحبيبات.

تحول الكسر من الكسر المطيلي الى الكسر الهش:

اظهرت نتائج اختبار الصدمات والتي اجريت عند درجات حرارية مختلفة ، ان مقاومة المعدن للصدمات تنخفض انخفاضا مفاجئا عندما تنخفض درجات الحرارة في نطاق معين . كذلك يكون الكسر مطيليا في نطاق

درجات الحرارة اعلى من الصفرالمئوي ، وكذلك تكون قيمة طاقة الصدمة عالية . ليبدأ بعدها وبانخفاض درجات الحرارة ، الكسر المطيلي بالتحول الى الكسرالهش تدريجيا ، ومع التحول تقل قيمة طاقة الصدمة بشدة . وعرف نطاق درجات الحرارة والذي يتحول فيه الكسر المطيلي الى الكسر الهش بنطاق التحول او درجة حرارة التحول . ويظهر نطاق التحول في المعادن التي تملك شبكة بلورية من نوع مكعب متمركز الجسم ولا تظهر في النوعين الاخرين .

مقارنة الكسر المطليلي والكسر الهش:

الكسر المطيلي	الكسر الهش
1-يحدث بعد حدوث التشويه اللدن (استطالة المعدن او المادة)	**يحدث بدون حدوث تشويه لدن**
2-عدم وجود حز (شرخ)	**يحدث بوجود حز (شرخ)**
3-يحدث الكسر خلال البلورات	**يحدث الكسر خلال الحدود البلوريه**
4-يتحول الى كسر هش بانخفاض درجات الحرارة	**يحدث في درجات الحرارة المنخفضة بسبب صعوبة حدوث الانزلاق**
5-الطاقة اللازمة لحدوثه كبيرة	**الطاقة اللازمة للكسر اقل**
6-مظهر الكسر لماع	**مظهر الكسر حبيبي**
7-يسري الكسر بسرعة منتظمة	**يسري بسرعة بعد حدوث الشق**
	

الاختبار البعدي:

1- مالمقصود بمعامل المرونة وكيف يتم حسابه؟

2- قارن بين منحنى الاجهاد الانفعال بين الماد المطيلية والهشه.

الاسبوع التاسع:

الدوافع: الكلال ،الية حدوث الكلال ،العوامل المؤثره على حد الكلال ، المواد المقاومة للكلال.

الاهداف السلوكية : التعرف على معنى الكلل وكيف يحدث ، ونوع القوة المسببة له والمواد المقاومة للكلل.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اختبار الزحف

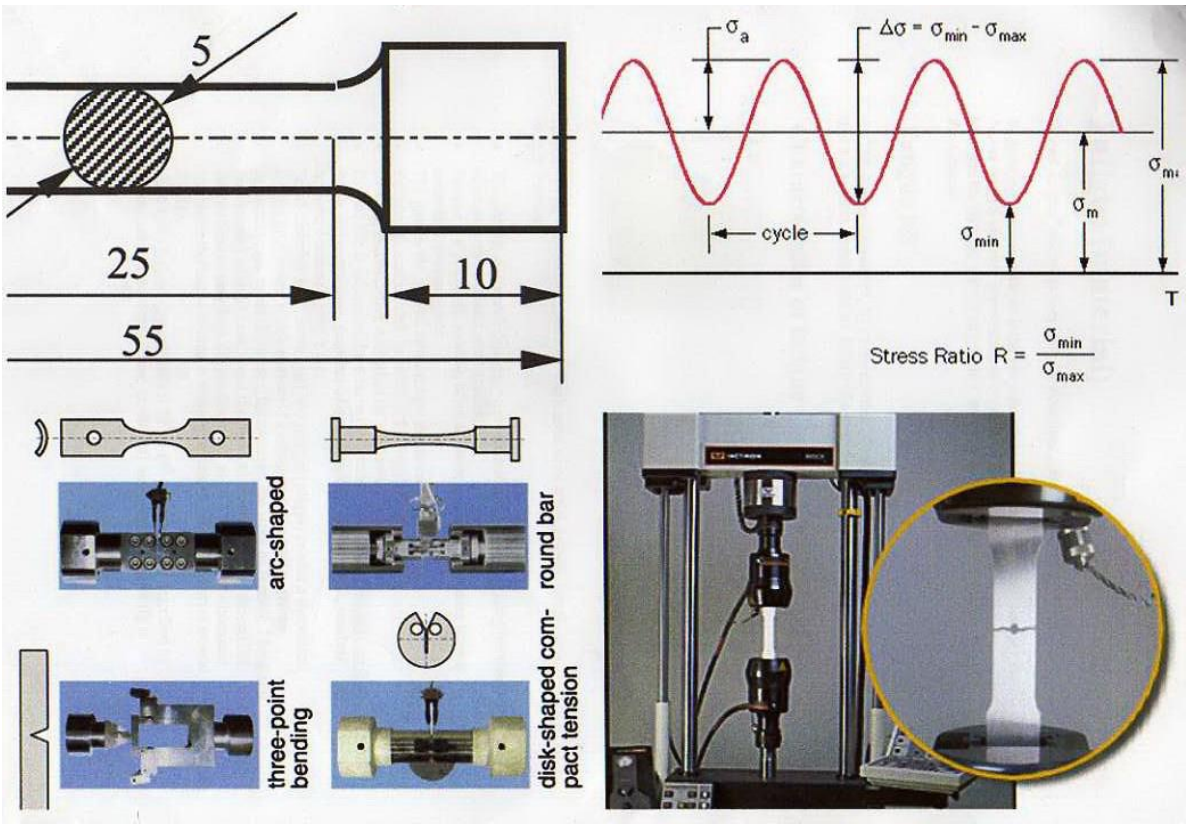
الكلل (الكلال) Fatigue :

يطلق الكلل على الفشل الذي يحصل في المواد عند تعرضها الى حمل ديناميكي متكرر ، هذا الحمل لو سلط على المادة ستاتيكيا لما سبب هذا الفشل .

يتميز كسر الكلل بوجود منطقتين : الاولى تكون ملساء ناعمة ، حيث يبدأ فيها شق صغير جدا بالظهور ثم ينمو باستمرار حتى يصل الى مقدار معين لتنكسر المادة فجأة ، وتتكون المنطقة الثانية والتي تمتاز بكون طبيعة الكسر هش اي حبيبي براق وكما يوضحه الشكل (28) و(29).

كما يمكن من ملاحظة منحني الكلل للمواد الحديدية والمواد اللاحديدية ، انه في منحنى الكلل للمواد الحديدية ، ان هناك اجهاد له قيمة معينة لا تتسبب في كسر الكلل حتى لو سلط هذا الجهد بعدد ما لا نهاية من المرات ويطلق على هذا الجهد (**حد الكلل fatigue limit**) . اما في المعادن اللاحديدية ، فليس هناك قيمة معينة للإجهاد لا تتسبب في كسر الكلل كما في المواد اللاحديدية .

وتم الاستعاضة عن حد الكلل بقيمة اخرى يطلق عليها(**حد التحميل endurance limit**) والتي تعرف بأنها الجهد اللازم لكسر النموذج عند تعريضه الى عدد معين من دورات الاجهاد ويرمز له بالرمز (σ_e).



الشكل (28) اختبار الكلال

الشكل (29) كسر الكلال

يعين حد الإحتمال للمعدن σ_e على أساس الإختبار بإستخدام دورة إجهاد معكوسة كليا ولذلك يعتبر حد الإحتمال هو الإجهاد الأقصى والأدنى المسموح به. أما إذا كانت دورة الإجهاد غير معكوسة كليا أي أن هناك قيمة للإجهاد المتوسط σ_m فإن حد الإحتمال لا يعبر عن الإجهاد الأقصى والأدنى ويلزم لذلك تحديد قيم الإجهادات القصوى والدنيا المسموح بها حتى لا يتم الإنهيار بالكلال. وقد وضعت لذلك عدة قواعد أو معادلات تربط بين الخواص الداخلية للمعدن والأحمال المتكررة المؤثرة على المنشأ. وبصفة عامة فإنه ينبغى أن لاتزيد أكبر قيمة للإجهاد يتعرض لها المعدن عن قيمة σ_y .

حيث يحسب الاجهاد المتوسط من المعادلة التالية :

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

العوامل المؤثرة على حد الكلل:

1- متوسط الاجهاد.

2- التصميم وانجاز السطح.

3- معالجة او معاملة السطوح.

4- وجود الشوائب.

5- درجة الحرارة.

6- الاجواء المساعدة على التآكل.

ان اهم المواد المقاومة للكلل هي : صلب النيكل ، صلب النيكل – كروم ، السبائك الفائقة.

مراحل الانـهيار بسبب الكلال:

1-عيب نقطي Point defect .

2- شقوق صغيرة Small cracks .

3- تركز الاجهادات Stress concentration .

4- نمو الشق Crack propagation .

5- فشل مفاجيء Sudden failure .

اختبار منحنى الإجهاد وعدد الدوراتS-N:

ويجرى هذا الإختبار على عدد من العينات المتشابهة والتى يناسب شكلها مكنة الإختبار ويتم كالآتى:

1- تعرض العينة الأولى لإجهاد متكرر كبير وتعين عدد الدورات التى تكسرها .

2- تعرض العينة الثانية لإجهاد متكرر أقل من إجهاد العينة الأولى ويعين عدد الدورات التى تكسرها والذى يكون أكبر من العدد الذى كسر العينه الأولى.

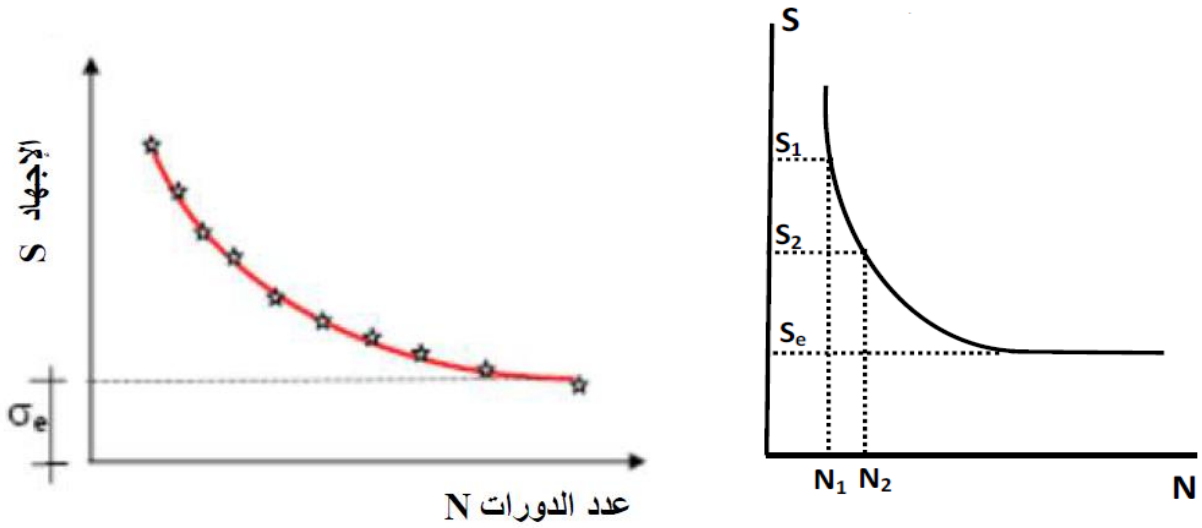
3- يُكرر نفس العمل مع باقى العينات الأخرى وفى كل مرة يقلل قيمة الإجهاد المتكرر وتعين عدد الدورات اللازمة لكسر العينة.

4- تُرسم العلاقة بين الإجهاد S وعدد الدورات N كما في الشكل (30) ويعين حد الاحتمال .

عيوب هذا الإختبار:

1- يحتاج إلى عدد كبير من العينات.

2- كل عينة تحتاج إلى وقت كبير لإحداث الإنهيار بها مما قد يجعل هذا الإختبار يستغرق عدة شهور.



الشكل (30) منحني الاجهاد-عدد الدورات

الاختبار البعدي:

1- ما نوع الحمل المؤثر المسبب للكلل؟

2- كيف يمكن تمييز كسر الكلل؟ وضح ذلك مع الرسم .

الاسبوع العاشر:

الدوافع: الزحف ، الية حدوث الزحف ،منحني الزحف ، طريقة استخراج حد الزحف ، المواد المقاومة للزحف.

الاهداف السلوكية : تعريف معنى الزحف وسبب حدوثه والمخطط الذي يمثله.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اختبار الصدمات (ايزود- شاربي)

الزحف Creep :

يعرف الزحف بأنه الفشل الذي يصيب المواد عند تعرضها الى اجهادات ثابتة ولفترات زمنية طويلة ، واعتياديا بوجود الحرارة . ويؤخذ تأثير الزحف عند تصميم التوربينات الغازية والحرارية ، وأي جزء يعمل تحت ضغط عند درجات الحرارة العالية.

ويتميز منحنى الزحف وكما موضح في الشكل (31) ، ان بالإمكان تقسيمه الى ثلاث مراحل :

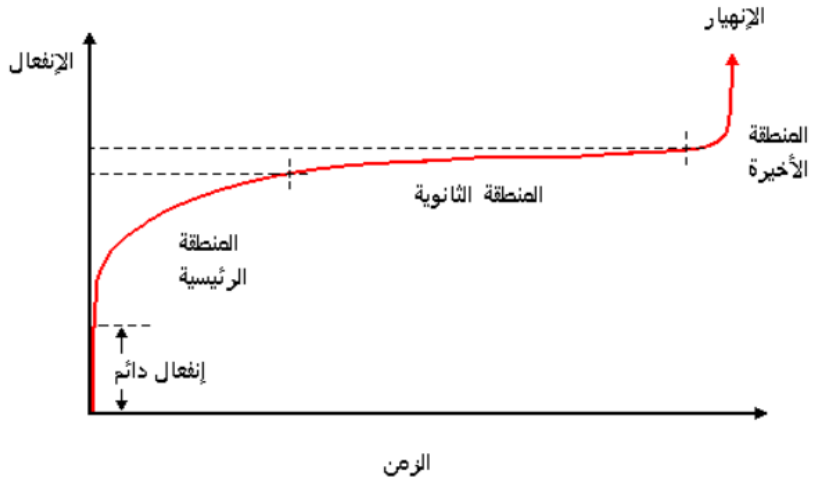
المرحلة الاولى : وتسمى بالمرحلة الابتدائية حيث يكون معدل انفعال الزحف عاليا في البداية ثم يقل هذا المعدل تدريجيا .

المرحلة الثانية او الزحف الرئيسي : حيث تمتاز بكون معدل الزحف ثابتا . وهي اهم جزء في منحنى الزحف .ففي معظم التطبيقات يجب ان لا يزيد عمر الجزء المعرض للزحف لهذه المرحلة.

المرحلة الثالثة او الزحف النهائي: حيث يزداد معدل الزحف مؤديا الى كسر النموذج في النهاية .ويجب تجنب استخدام السبائك في هذه المرحلة .

ان اهم السبائك المقاومة للزحف يجب ان تحتوي على معرقلات حركة الانخلاعات ، وهذا يحصل بإضافة عنصر الموليبدنم الى السبائك .

يتم اجراء اختبار الزحف بتعريض عينة لإجهاد شد ثابت عند درجة حرارة معينة ثم نقوم بقياس الانفعال الناتج كل فترة زمنية معينة . من هذه التجربة نحصل على منحنى به ثلاث مناطق توضح عملية الزحف .



الشكل (31) منحنى الزحف

العوامل التي يعتمد عليها معدل الزحف :

1- خواص المعدن .
2- مقدار الاجهاد المسلط.
3- الزمن.
4- درجة الحرارة .

افضل خصائص للزحف نحصل عليها عند استخدام الزجاج والياف النايلون واسلاك الحديد كمواد تقوية ، وقد وجد أن إضافة أسلاك الحديد حسنت من قيم معظم الخواص الميكانيكية (صلادة ، زحف ، متانة) .

الاختبار البعدى:

1- ماهي مراحل الزحف ومالمقصود بكل مرحلة؟ وضح ذلك مع رسم المخطط.

2- ماهي العوامل التي يعتمد عليها معدل الزحف؟

الاسبوع الحادى عشر:

الدوافع: المركب ، الطور ،المحلول الجامد ، النظام ، الاتزان ،تكوين السبائك ، الخليط الميكانيكي ، اليوتكتك.

الاهداف السلوكية : لتعرف على المصطلحات المستخدمة في مخططات الاتزان الحراري

لوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء ، مخططات.

الجانب العملى : تحضير العينات للفحص المجهري (تنعيم ، صقل ، الاظهار ، الفحص تحت المجهر)

السبائك المعدنية

المركب المعدني (metallic compound): هو ذلك المركب الذ ي يتم تجميعه بواسطة روابط معدنية . ويشير المركب بين المعادن الى نوع معين من السبائك المعدنية التي تشكل مركبا" صلبا" ويعتبر قياس للعناصر المتفاعلة والبنية البلورية . ويمتاز المركب المعدني بارتفاع درجة حرارة الانصهار ، وارتفاع الصلادة ، وانخفاض مقاومته للصدمات .

الطور (phase) : الطور عبارة عن مادة متجانسة لها خواص فيزيائية وميكانيكية محددة وتركيب كيميائي معروف. فالمواد النقية تكون ذات طور واحد عند درجة حرارة وضغط معين، في حين أن السبائك والمخاليط كثيرا" ما تحتوي على عدة أطوار وكمثال على أطوار المواد النقية ذوبان الثلج وتحوله من الطور الصلب إلى الطور السائل وكذلك تبخر الماء وتحوله إلى الطور الغازي وهذا التحول من طور إلى أخر يعتمد على درجة الحرارة والضغط . يمكن تمييزه بالمجهر ويفصل الطور عن الاطوار الاخرى سطح انفصال . والسبيكة في حالتها الصلبة تكون اما احادية الطور او متعددة الاطوار .

السبيكة(Alloy) : هي خليط معدني من عنصرين او اكثر يمكن الحصول عليها اما بالصهر او التلبيد . ويسمى العنصر الاكبر نسبة في السبيكة بالعنصر الاساس ، وتسمى السبيكة عادة باسمه ، والذي

يجب ان يكون فلزا (معدنا) .في حين ان العناصر الاخرى المكونة للسبيكة يمكن ان تكون اما فلزا او لافلزا .ونظرا لتعدد السبائك اصبح دراستها بشكل مفرد صعبا ، وإنما من الاسهل دراستها على شكل مجاميع او انظمة سبائكية .

انواع الاطوار في السبائك

1- المعدن النقي (Pure Metal) : المعدن هو عبارة عن عنصر أو مركب كيميائي كريستالي بطبيعته متكون كناتج عمليات جيولوجية. المعادن لها خواصها الفيزيائية المحددة التي تعد ثابتة لكل معدن.

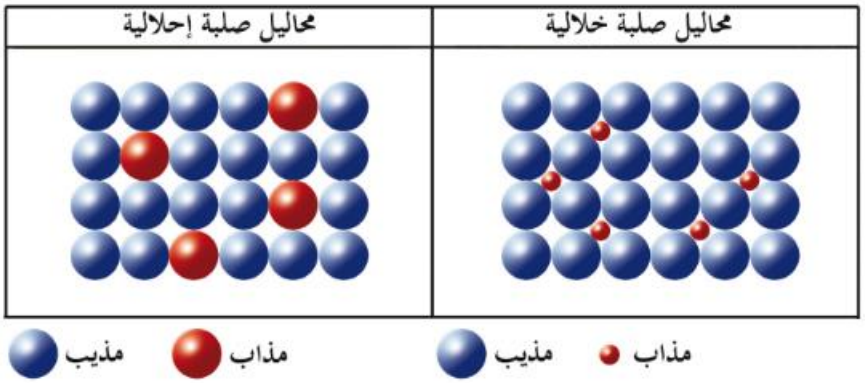
2-المحلول الصلب (Solid solution) : يتكون المحلول الصلب من تذاوب العنصرين المكونين للسبيكة ببعضهما في الحالة الصلبة . حيث تختفي ذرات المذاب بين ذرات المذيب ، فيبدو المحلول الصلب تحت المجهر كتركيب متجانس لا يمكن تمييز العنصرين المكونين له . وقد جرت العادة على استخدام الرموز اللاتينية للمحاليل الصلبة مثل الفا α ، بيتا β ، كاما γ، .....

انواع المحاليل الصلبة :

اولا:محلول صلب بيني : يتكون عندما تحتل ذرات المذاب المواقع البينية للشبكة البلورية للمذيب .ولهذا فان حجم ذرات المذاب يجب ان يكون اصغر من حجم ذرات المذيب بما لا يقل عن 65 % . كذلك قابلية الذوبان تكون محدودة ولا تتجاوز 10%.

ثانيا : محلول صلب احلالي : حيث تحتل ذرات المذاب محل بعضا من ذرات المذيب في الشبكة البلورية للمذيب . ويشترط لتكونه تقارب الاحجام الذرية لكل من المذاب والمذيب ، على ان لا يتجاوز الفرق عن 15 %. كذلك يجب ان تتشابه الشبكة البلورية للمذاب والمذيب . وان تتساوى اليكترونات التكافؤ لكل من المذاب والمذيب ولهذا فان نسبة التذاوب تكون عالية .

والمحاليل الصلبة الاحلالية على نوعين : محاليل صلبة احلالية نظامية ، عندما تحتل ذرة المذاب موقعا محددا في الشبكة البلورية للمذيب ، وتمتاز بصلادة عالية ولدونة قليلة . ومحاليل صلبة لانظامية ، حيث تحتل ذرات المذاب مواقع عشوائية في الشبكة البلورية للمذيب . وتمتاز هذه المحاليل بصلادة ولدونة اقل مقارنة بالمحاليل النظامية .

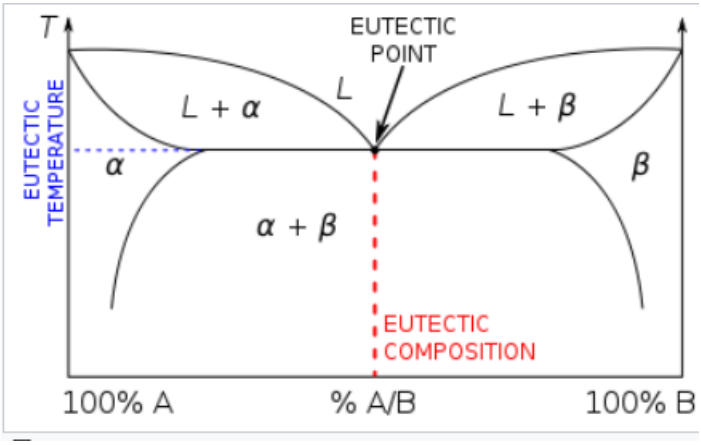


الشكل (1) انواع المحاليل الصلبة

3- مركب كيمياوي : وفيه يحدث تفاعل كيمياوي بين ذرات مكونات السبيكة ، وانتاج مركب جديد يختلف بمواصفاته عن المكونات الاساسية ، حيث يتميز بارتفاع درجة انصهاره وصلادته العالية .

4-الخليط الميكانيكي : وفيه لا يحدث التذاوب في الحالة الصلبة لمكونات السبيكة ، اي تكون ذرات مكوناتها غير متداخلة مع بعضها ، كما في الرصاص والقصدير او القصدير والزنك او الكادميوم والبزموث .

نظام يوتكتي: نظام يوتكتي أو نظام أصهري Eutectic system هو خليط من المركبات أو العناصر الكيميائية التي لها تركيب كيميائي يتصلب عند درجة حرارة أقل من أي تركيب آخر. هذا التركيب يُعرف بإسم "تركيب يوتكتي" ودرجة الحرارة بإسم "درجة الحرارة اليوتكتية". وعلى مخطط الأطوار فإن تقاطع درجة الحرارة اليوتكتية والتركيب اليوتكتي يعطي "النقطة اليوتكتية".[1] وليس كل السبائك الثنائية لها نقطة يوتكتية ؛ فعلى سبيل المثال، في نظام الفضة- ذهب، درجة حرارة الصهير (liquidus) ودرجة حرارة التجمد (solidus) كلاهما يزداد برتابة بتغير الخليط من فضة نقية إلى ذهب نقي.



الشكل (2) منحنى الأطوار لتوضيح التركيب ودرجة الحرارة والنقطة اليوتكتية

الاختبار البعدي:

1- مالفرق بين المحلول الجامد والطور؟

2- مالمقصود بالنظام الاصهري؟

3- ماهي شروط تكوين اي سبيكة؟

الاسبوع الثاني عشر:

الدوافع: مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الاذابة في الحالة السائلة والصلبة ، مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الاذابة في الحالة السائلة وعديم الاذابة في الحالة الصلبة (اليوتكتيك).

الاهداف السلوكية : التعرف على النظام السبائكي وطريقة رسم لمخطط وشكله وحساب نسب مكونات السبيكة.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : اجراء عملية الاستعادة واعادة التبلور وفحصها مجهريا"

والمقارنة مع ماقبل الاستعادة واعادة التبلور

النظام السبائكي:

النظام السبائكي الواحد يشمل جميع السبائك الممكن تكوينها من عناصر النظام السبائكي . وتقسم الأنظمة السبائكية الى نوعين اعتمادا على عدد العناصر :

1- النظام السبائكي الثنائي : يتكون النظام السبائكي من عنصرين فقط .

2- النظام السبائكي الثلاثي : يتكون النظام السبائكي من ثلاثة عناصر.

يمكن ايضا تقسيم **الانظمة السبائكية** اعتمادا على قابلية ذوبان مكونات السبيكة الى :

1- النظام السبائكي لمعدنين قابلية ذوبانهما في الحالتين السائلة والصلبة غير محدودة اي نوع المحلول الصلب .

2- النظام السبائكي لمعدنين يذوبان ببعضهما في الحالة السائلة وعديمي الذوبان في الحالة الصلبة اي نوع اليوتكتك .

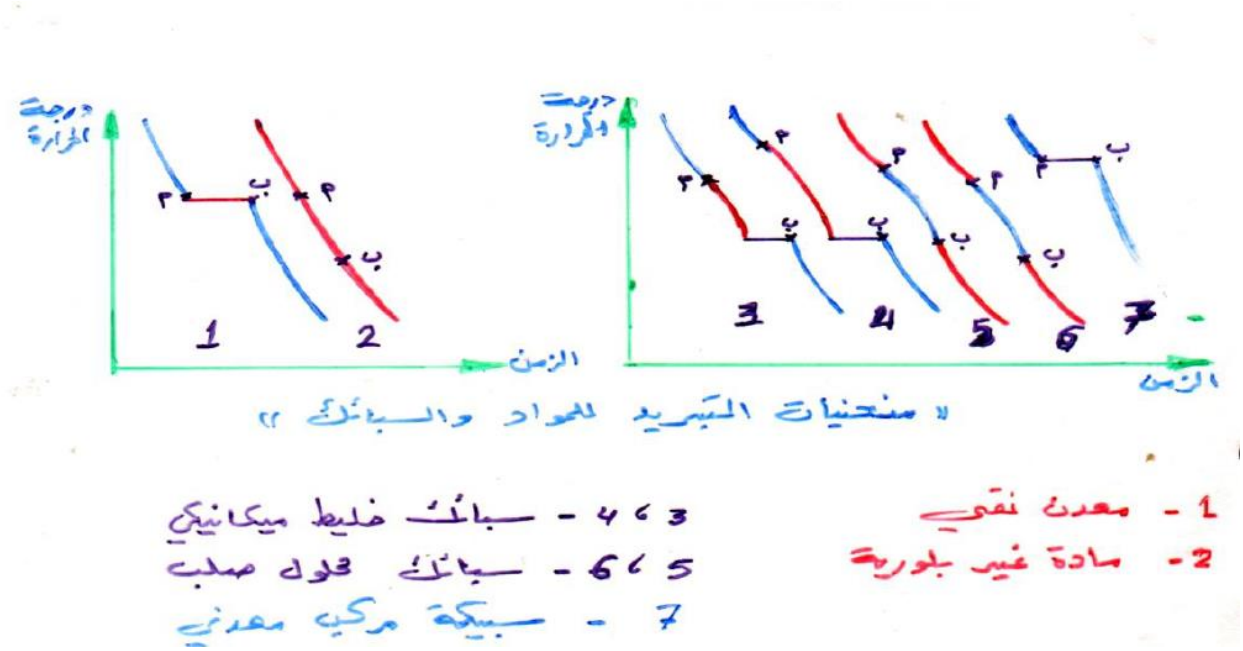
3- النظام السبائكي لمعدنين يذوبان ببعضهما في الحالة السائلة ، بينما قابلية ذوبانهما ببعضهما محدودة في الحالة الصلبة ، وهو على نوعين : النوع الاول يكون يوتكتك في المحاليل الصلبة (النوع المختلط) ، والنوع الاخر يكون تفاعل البيرتكتك .

4-النظام السبائكي لمعدنين يذوبان ببعضهما في الحالة السائلة وتكون مركبات معدنية في الحالة الصلبة وسنأخذ مثالا لكل نوع من الانظمة السبائكية التي ذكرت اعلاه .

منحنيات تبريد السبائك ومقارنتها مع منحنى تبريد المعدن النقي :

منحني التبريد يمثل العلاقة بين درجة الحرارة والزمن .

والمنحنيات الموضحه بالشكل تمثل منحنيات التبريد لمعدن نقي وللسبائك الثنائية (المكونة من معدنين):



الشكل (3) منحنيات التبريد للمواد والسبائك

يلاحظ من هذه المنحنيات مايلي :

1-**المعدن النقي** تثبت درجة الحراره خلال كل فترة تبلوره (من النقطة أ الى النقطة ب) وكذلك **المركب الكيمياوي** .

2-**المادة غير المعدنية** تتجمد خلال (مدى) من درجات الحرارة .

3- **سبائك الخليط الميكانيكي** ، يحصل التغير في معدل التبريد بجزء من فترة التبلور فيها وثبوت درجة الحرارة خلال الجزء الاخر من فترة التبلور .

4- **سبائك الخليط الميكانيكي المختلفة في تركيبها (نسب مكوناتها)** ،تختلف درجة حرارة بدء التبلور لكل تركيز فيها ، في حين لجميها نفس درجة حرارة انتهاء التبلور .

5- **المحاليل الصلبة** لا تثبت درجة الحرارة خلال فترة تبلورها ، لكن يتغير معدل التبريد خلال تلك الفترة .

6- **سبائك المحاليل الصلبة المختلفة في تركيبها (اي نسب مكوناتها)** ، تختلف درجة حرارة التبلور وانتهاءه لكل تركيز فيها.

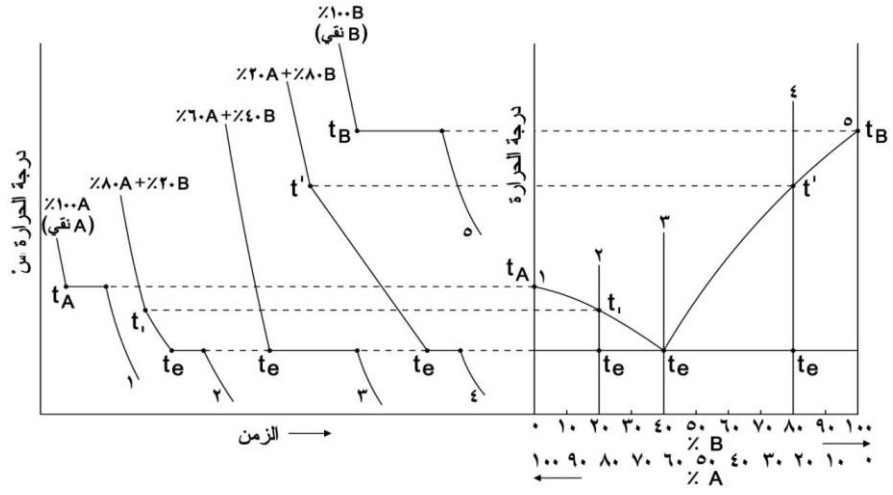
مخططات الاتزان الحراري وطريقة انشائها:

ان اي مكونين للسبائك المعدنية يمكن ان يتكون منهما سبائك عديدة حيث تختلف كل سبيكة عن الاخرى بتركيبها (نسب مكوناتها). لذا فان لكل سبيكة منحنى تبريد يختلف بالنقاط الحرجة والتي تمثل نقاط بداية ونهاية التبلور .

عند رسم منحنيات التبريد لهذه السبائك المختلفة التراكيز لمكوناتها وتم التوصيل بين النقاط الحرجة المتماثلة لأمكن الحصول على منحنى يسمى (**منحنى التوازن الحراري**)

وهذا المنحنى يوضح منحنيات التبريد 1,2,3,4,5, لسبائك مختلفة التركيب للمعدنين A,B والتي تراكيبها كالاتي :

0%A ، 20%A ، 40%A ، 60%A ، 80%A ، 100%A على التوالي .

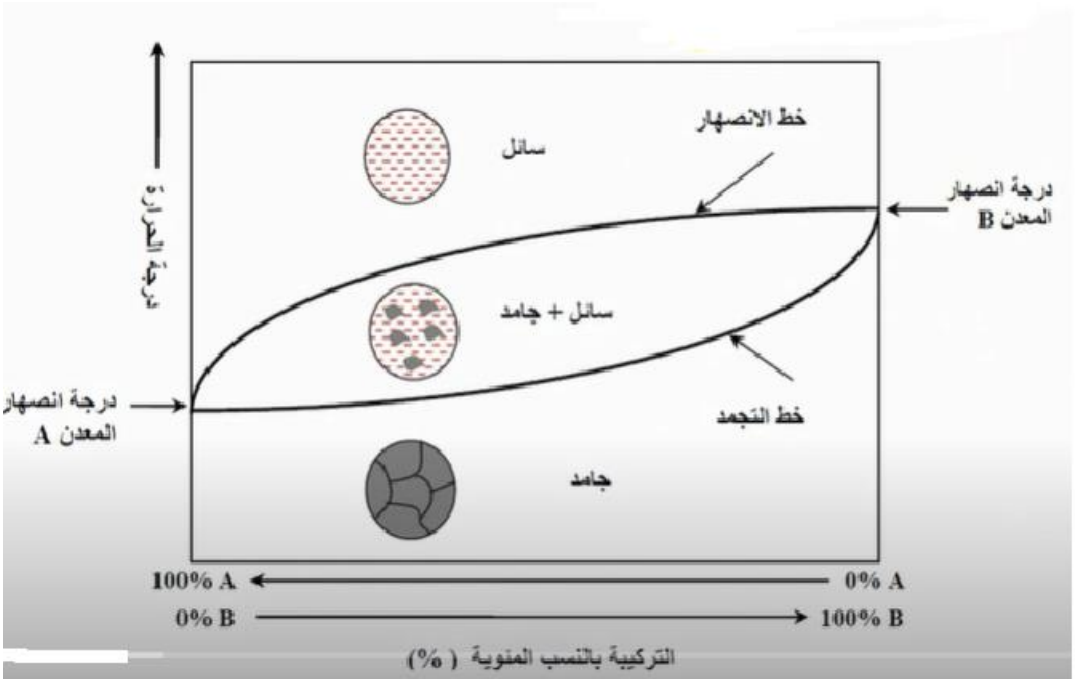


الشكل (4) منحنيات التبريد لسبائك مختلفة التركيب لمعدنين A,B

خط السيولة (الانصهار) liquidity line : وهو الخط الذي تكون حالة جميع السبائك أعلى منه سائلة .

خط الصلابة (التجمد) solidity line : وهو الخط الذي تكون جميع السبائك اسفل منه في الحالة الصلبة .

- اما المنطقة المحصورة بين الخطين فتكون فيها حالة السبيكة خليط من السائل والصلب لاحظ الشكل (4).



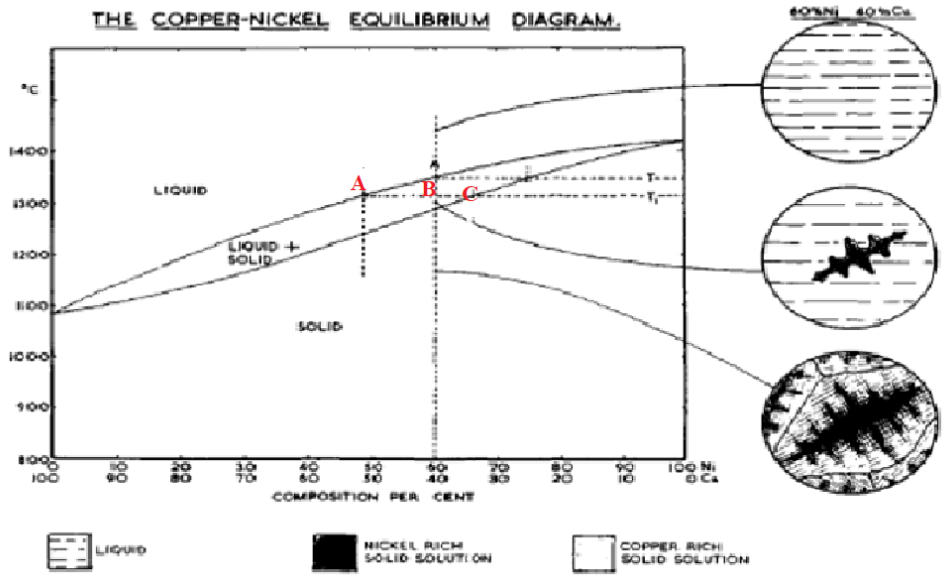
الشكل (5) مخطط الاطوار المتزن لسبيكة مكونه من مادتين A ، B

انواع السبائك

1- نوع المحلول الصلب اي قابلية ذوبان المعدنين ببعضهما غير محدودة في الحالتين السائلة والصلبة Solid Solution:

مثال ذلك سبائك النحاس مع النيكل ، الفضة مع الذهب ، البزموث مع الانتيمون، الذهب مع الرصاص .وأدناه مخطط الاتزان الحراري للنحاس مع النيكل:

من ملاحظة هذا المخطط ، درجة انصهار النحاس Cu هي ° 1083 م ، بينما درجة انصهار النيكل Ni هي 1458 °م . الجزء العلوي من المنحني يسمى بخط السيولة ، والسبيكة اعلى منه تكون في الحالة السائلة Liquid الجزء السفلي من المنحني يسمى بخط الصلابة والسبيكة تحته تكون في الحالة الصلبة Solid وتكون المحلول الصلب α بين خطي السيولة والصلابة تكون السبيكة عبارة عن (السائلL +محلول صلب α) . لنتبع تبريد السبيكة 60% Ni-40%Cu من حالة الانصهار حتى درجة حرارة الغرفة . من المخطط ، نلاحظ ان السبيكة اعلى خط السيولة هي في الحالة السائلة . وعندما تنخفض درجة حرارتها الى A : 1325° م تبدأ السبيكة بالتبلور بتكون نوى من المحلول الصلب α وتستمر عملية التبلور حتى الوصول الى خط الصلابة 1195 م ، فتتحول السبيكة الى الحالة الصلبة بتكون بلورات المحلول الصلب α ، اذا اردنا معرفة التركيب الكيمياوي للسبيكة عند 1300 °م ، فان احداثيات النقطة (A (52%Ni-48%Cu تعطي التركيب الكيمياوي للسائل . اما احداثيات النقطة (B (75%Ni-25%Cu فانها تعطي لتركيب الكيمياوي للمحلول الصلب α .

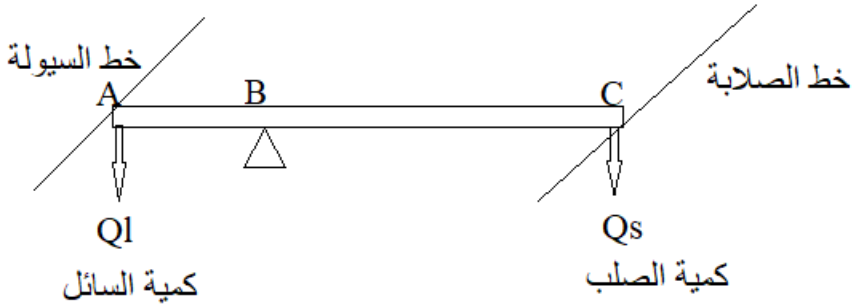


الشكل (1) مخطط الاتزان الحراري للنحاس والنيكل

اما النسب الوزنية للأطوار ، فيمكن حسابها وفقا لقاعدة العتلة .

قاعدة العتلة (قاعدة ليفر) : يمكن تحديد كمية الصلب المتبلور من السبيكة والسائل المتبقي منها عند اي درجة حرارة خلال فترة التبلور باستخدام قاعدة العتلة والتي تنص على ان :

القوة x ذراعها = المقاومة x ذراعها



يمكن صياغتها بعبارة اخرى :

كمية الصلب (Qs) x المسافة بين خط السبيكة وخط الصلابة (BC) = كمية السائل (Ql) x المسافة بين خط السبيكة وخط السيولة (AB)

اي ان :

$$Qs \times BC = Ql \times AB$$

لذلك تكون نسبة كمية الصلب الى كمية السائل : $Qs/Ql=AB/BC$

اما النسبة المئوية لكمية السائل / السبيكة الكلية =

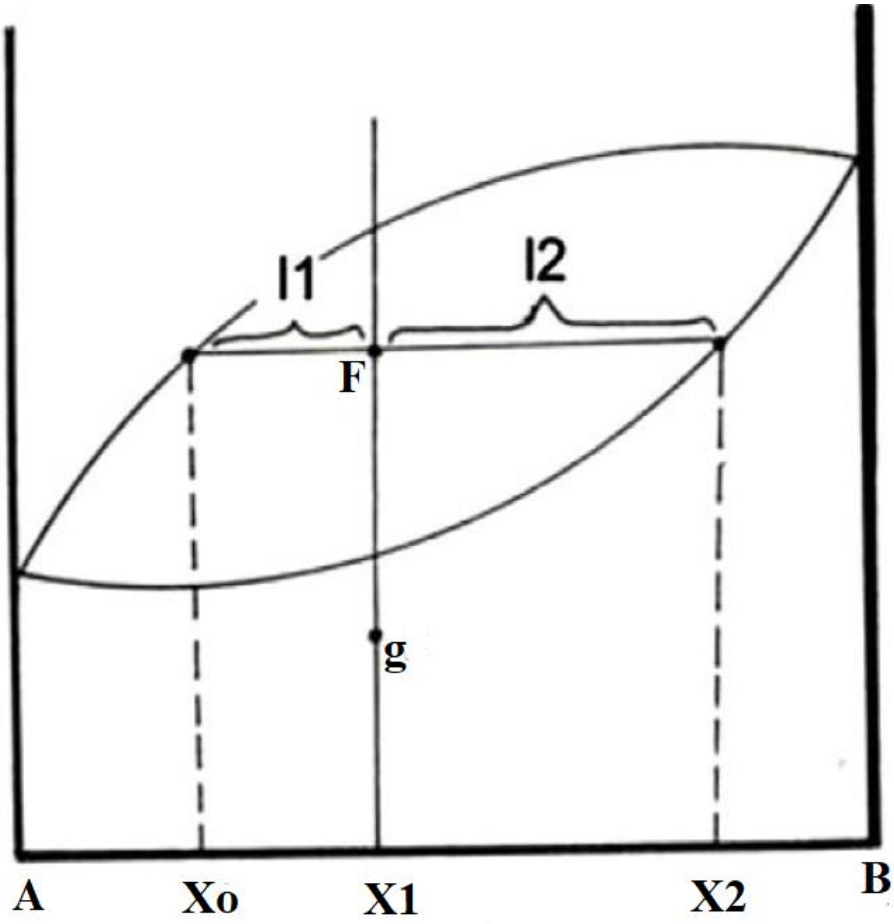
حيث Qt هي كمية السبيكة الكلية .

$$\frac{Ql}{Qt}\% = \frac{BC}{AC} \times 100\%$$

بينما كمية الصلب / السبيكة الكلية =

$$\frac{Qs}{Qt}\% = \frac{AB}{AC} \times 100\%$$

بمعنى اخر يمكن تطبيق قاعدة العتلة على المخطط بالشكل (2) :



الشكل (2) مخطط لحساب نسب الاطوار

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

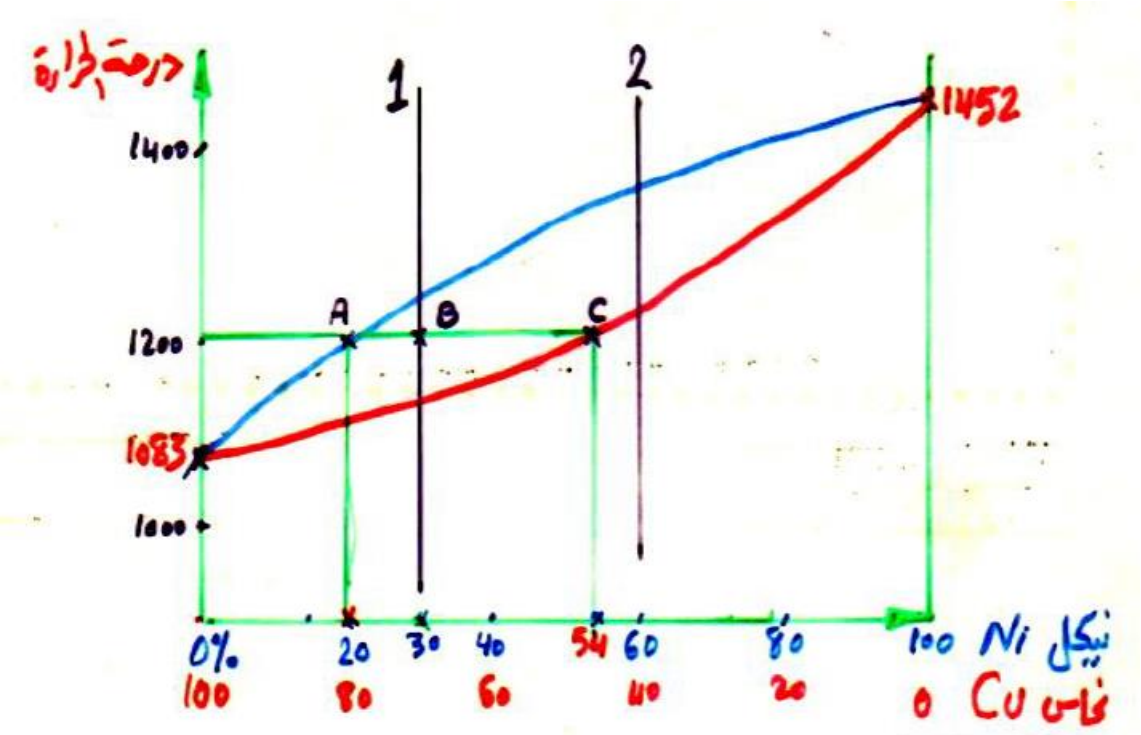
عند النقطة F (تركيب x_1) هناك طوران هما سائل ومتجمد . لإيجاد نسبة الاطوار وتركيب الاطوار ، نرسم من نقطة F خطاً افقياً ليتقاطع مع خط المنصهر وخط المتجمد ويكون تركيب السائل هو x_0 وتركيب المتجمد هو x_2 والنسبة بينهما هي :-

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

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

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 .

مثال : الشكل ادناه مخطط الاتزان لسبيكة نحاس- نيكل ،احسب نسبة الصلب الى السائل لسبيكة بتركيز (30% Ni) عند درجة حرارة 1200 °م ،والنسبة المئوية لكل من الصلب والسائل في تلك الدرجة.



الحل :

1- نحسب نسبة الصلب الى السائل

لحساب نسبة الصلب الى السائل نستخدم قاعدة العتلة (قاعدة ليفر)

$$Qs \times BC = Q_l \times AB$$

$$\mathbf{Q_S/Q_l = AB/BC}$$

$$\frac{Qs}{Ql} = \frac{AB}{BC} = \frac{30-20}{54-30} = \frac{5}{12}$$

2- النسبة المئوية للصلب في السبيكة :

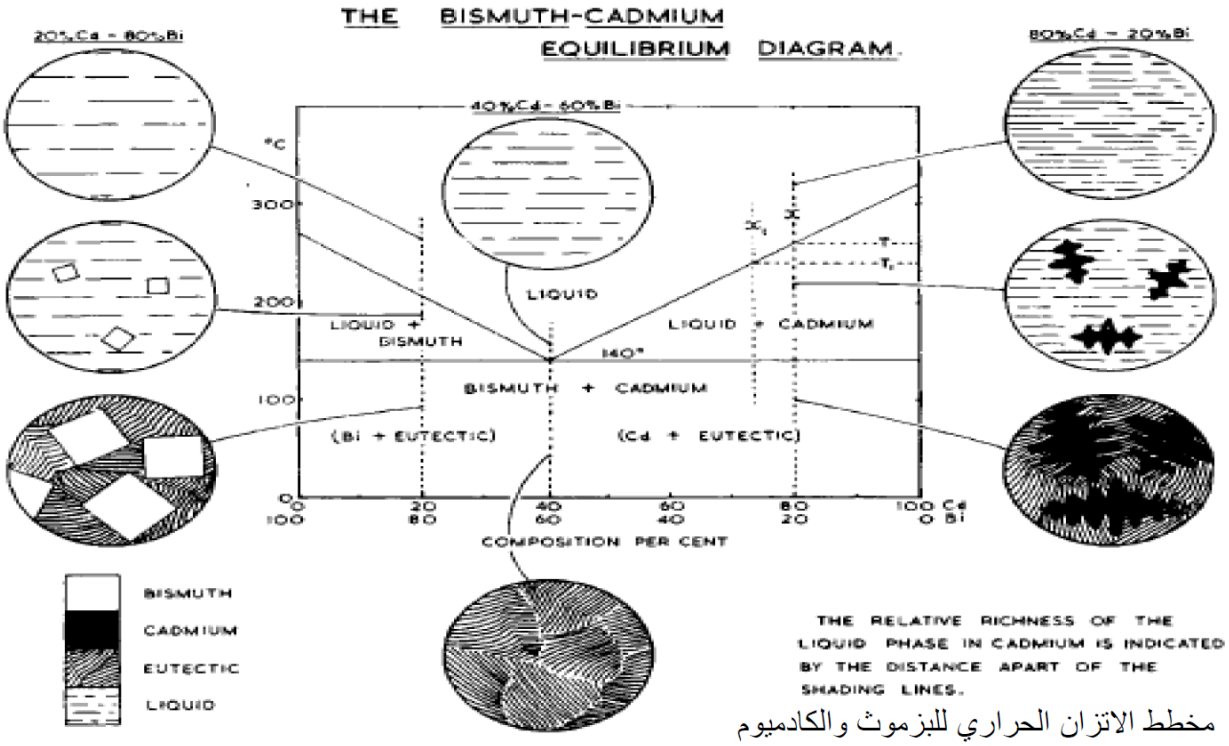
$$\frac{Qs}{Qt}\% = \frac{AB}{AC} \times 100 = \frac{30-20}{54-20} \times 100 = 29.41\%$$

3-النسبة المئوية للسائل في السبيكة :

$$\frac{Ql}{Qt}\% = \frac{BC}{AC} \times 100 = \frac{54-30}{54-20} \times 100 = 70.59\%$$

2-النظام السبائكي لمعدنين تامي الذوبان في الحالة السائلة وغير قابلين للذوبان في الحالة الصلبة / نوع اليوتكتك البسيط

امثلة على هذه المخططات : الرصاص والانتيمون ، البزموث والكادميوم ، الزنك والقصديرسناخذ مخطط الاتزان الحراري للبزموث والكادميوم ، مثالا لهذه المخططات ، وكما موضح في الشكل (3) :



مخطط الاتزان الحراري للبزموث والكادميوم

الشكل (3) مخطط الاتزان الحراري للبزموث والكادميوم (تفاعل يوتكتك)

من ملاحظة هذا المخطط ، نرى ان السبيكة 40 % كادميوم – 60 % بزموث ،تملك درجة الانصهار الاقل في النظام السبائكي وهي 140 °م ، ويطلق على هذه السبيكة بسبيكة اليوتكتك .ويعني اليوتكتك سهل الانصهار ، كما يمكن التعبير عن هذا التفاعل بالمعادلة العكسية اي في حالة التبريد او التسخين ، التالية :

السائل (L) ↔ الطور الصلب 1 + الطور الصلب 2

وبهذا يمكن كتابة معادلة اليوتكتك لهذا النظام السائكي بالشكل التالي :

$$L\ (40\ \%\ Cd - 60\%\ Bi) \leftrightarrow 60\ Bi + 40\ Cd$$

ولنتتبع الان تبريد السبيكة 80 % كادميوم من الحالة السائلة وحتى درجة حرارة الغرفة اعلى خط السيولة السبيكة تكون عبارة عن محلول متجانس منصهر تركيبه الكيمياوي 80 % كادميوم + 20 % بزموث وعند انخفاض درجة الحرارة الى درجة حرارة انجماد السبيكة 250 ° م ، تبدأ نوى بلورات الكادميوم بالتكون . تستمر هذه النوى بالنمو مع انخفاض درجة الحرارة حتى الوصول الى 140 ° م والتي هي درجة حرارة اليوتكتك . فيدخل السائل المتبقي تفاعل اليوتكتك ويتحول الى طور اليوتكتك ، ليكون التركيب المجهري للسبيكة عبارة عن(كادميوم + يوتكتك) . ولا يتغير التركيب المجهري بانخفاض درجة الحرارة.

ولحساب نسب الاطوار في السبيكة عند 240 ° م

النسبة المئوية للسائل (L) = 100 – 80 / 100 – 75 = 20 / 25 = 80 %

النسبة المئوية للكادميوم (Cd) = 80 – 75 / 100 – 75 = 5 / 20 = 20%

وبنفس الطريقة يمكننا تتبع تبريد السبيكة 20 % كادميوم.

الاختبار البعدى:

-1

اعطت منحنيات التبريد للنظام السبائكي وللمعدنين A,B المعلومات التالية :

تركيز المعدن B%	0	20	40	60	80	100

درجة حرارة بداية الانجماد م 630 600 550 490 400 270

درجة حرارة نهاية الانجماد م 630 450 370 320 280 270

: المطلوب

1-رسم المخطط الاتزان الحراري مع التأشير على الاجزاء

2-رسم منحنى التبريد للسبيكة 65% B – 35 %

3-ايجاد نسب الاطوار للسبيكة اعلاه عند 400 ° م .

-2

درجة انصهار الرصاص 327 ° م بينما درجة انصهار الانتيمون 630 ° م. المعدنان يذوبان ببعضهما تماما في الحالة السائلة وعديمي الذوبان في الحالة الصلبة. ويكونان يوتكتك يحتوي 12.5 % انتيمون عند درجة حرارة 257 ° م . ارسم مع التأشير مخطط الاتزان الحراري لهذا النظام السبائكي للسبيكة 70 % انتيمون.

1- ارسم منحنى التبريد لهذه السبيكة .

2- جد نسب الاطوار في السبيكة عند 300 ° م .

الاسبوع الثالث عشر:

الدوافع: مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الاذابة في الحالة السائلة ومحدود الاذابة في الحالة الصلبة.

الاهداف السلوكية : التعرف على النظام السبائكي وطريقة رسم لمخطط وشكله وحساب نسب مكونات السبيكة.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء ، مخططات.

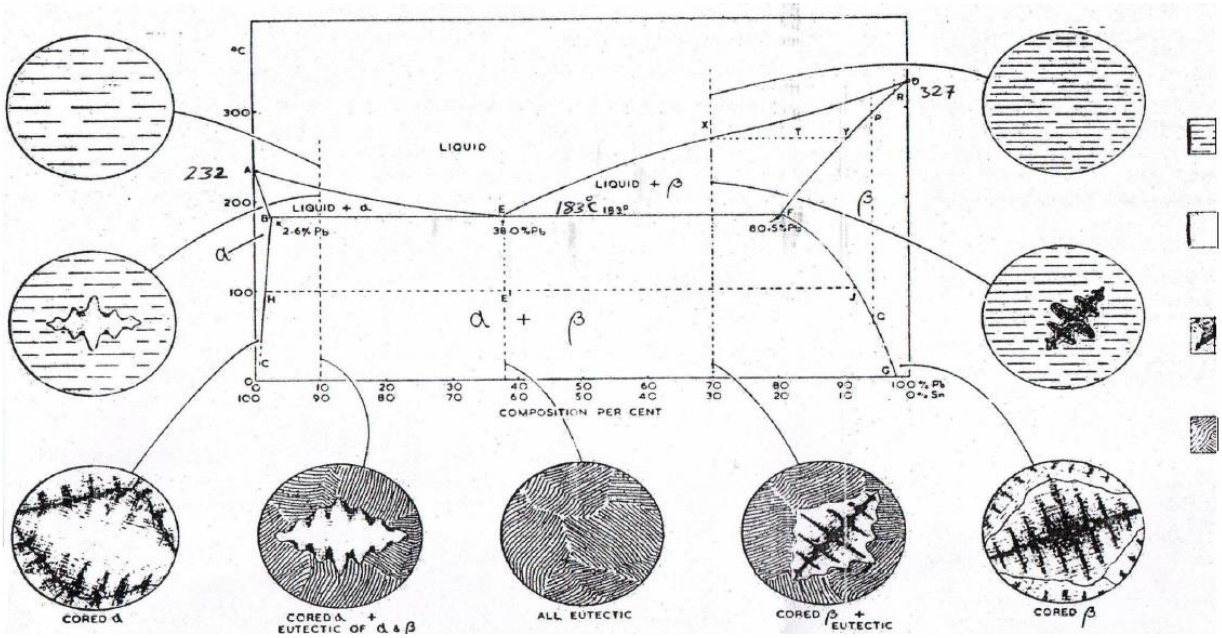
الجانب العملي : تخمير الصلب ومقارنة التركيب والخواص قبل التخمير.

3- النظام السبائكي لمعدنين تامي الذوبان في الحالة السائلة ومحدود الذوبان في الحالة الصلبة

أ- النوع المختلط (الخليط الميكانيكي)

امثلة على هذا النوع : الرصاص مع القصدير ، النحاس مع الفضة ، البزموث مع القصدير ، الرصاص مع البزموث ، المنيوم مع النحاس في هذا النظام السبائكي تتكون محاليل صلبة على طرفي المخطط ، والتي تمثل قابلية ذوبان العنصرين ببعضهما ، كما يحدث ايضا تفاعل اليوتكتك.

وسنأخذ مثالا على هذا النوع ، مخطط الاتزان الحراري للرصاص مع القصدير.



الشكل (1) مخطط الاتزان الحراري لسبيكة الرصاص مع القصدير

النقطة D تمثل درجة انصهار الرصاص (Pb) البالغة 327 °م ، ودرجة انصهار القصدير (Sn) عند نقطةA مقدارها 232°م .

الخط ABC يمثل قابلية ذوبان الرصاص في القصدير لتكوين المحلول الصلب α ، بينما الخط DFG فانه يمثل قابلية ذوبان القصدير في الرصاص لتكوين المحلول الصلب β . اما النقطة E فانها تمثل نقطة اليوتكتك (62% قصدير ، 38% رصاص) ودرجة حرارة اليوتكتك هي 183° م .

ولمعرفة التركيب الكيمياوي لمحلول صلب α عند درجة حرارة اليوتكتك 183° م فان النقطة B تمثله اي(2.5% رصاص ، 97.5% قصدير)، كما ان النقطة F تمثل التركيب الكيمياوي للمحلول الصلب β ، اي (19.2% قصدير ، 80.8% رصاص).

نلاحظ انه ينتج عند التبلور محلولين صلبة هما المحلول الصلب α والمحلول الصلب β .كذلك تظهر في المخطط خطوط تحت خط الصلابة تسمى (**خطوط الاذابة**) حيث تدل على التحولات في الحالة الصلبة ، اي اكتمال التبلور وتتضمن تغير بقابلية الاذابة .

ان قابلية الاذابة بين المعدنين تتغير حسب درجات الحرارة المختلفة وهو ماتوضحه خطوط الاذابة .اما تحت خط الصلابة نلاحظ ان سبيكة اليوتكتك المتكونة هي خليط من الطورين المتكونين (α+β).

ولإيجاد النسب الوزنية للاطوار في سبيكة اليوتكتك عند درجة حرارة اليوتكتك 183 م :

$$\%\alpha = 80.8 - 62 / 80.8 - 2.5 = 18.8 /78.3 = \%24$$

$$\%\beta = 62 - 2.5 / 80.8 - 2.5 = 59.5 / 78.3 = \%76$$

ولإيجاد النسب الوزنية للاطوار في سبيكة اليوتكتك عند درجة الصفر المئوي:

$$\%\alpha = 96 - 62 / 96 - 0 = 34 / 96 = \%35.4$$

$$\%\beta = 62 - 0 / 96 - 0 = 62 / 96 = \%64.6$$

ب- نظام سبائكي يحدث فيه تفاعل البيرتكتك

مثال على هذا المخطط ، مخطط الاتزان الحراري للبلاتين مع الفضة في بعض السبائك يحدث تفاعل البيرتكتك عند عملية الانجماد ، حيث يتفاعل الطور الصلب مع السائل المتبقي لتكوين طورصلب اخر . وهو تفاعل عكسي مثل تفاعل اليوتكتك ، يحدث عند درجة حرارة ثابتة تسمى درجة حرارة البيرتكتك.

من المخطط ، لتتبع تبريد السبيكة 55 % فضة من حالة الانصهار وحتى درجة حرارة الغرفة . فوق نقطة Y ، السبيكة تكون منصهرة وتبدأ بالانجماد في 1375 م وذلك بترسيب المحلول الصلب α . ومع انخفاض درجة الحرارة يتغير التركيب الكيمياوي للسائل حسب الخط SR . كما يتغير التركيب الكيمياوي للمحلول الصلب α حسب الخط SP . وعند الوصول الى درجة حرارة البريتكتك 1185°م يحدث تفاعل البيرتكتك.

وبما ان السائل غني بمعدن الفضة ، لهذا فان جزءا منه يتفاعل مع محلول صلب α لتكوين محلول صلب δ،

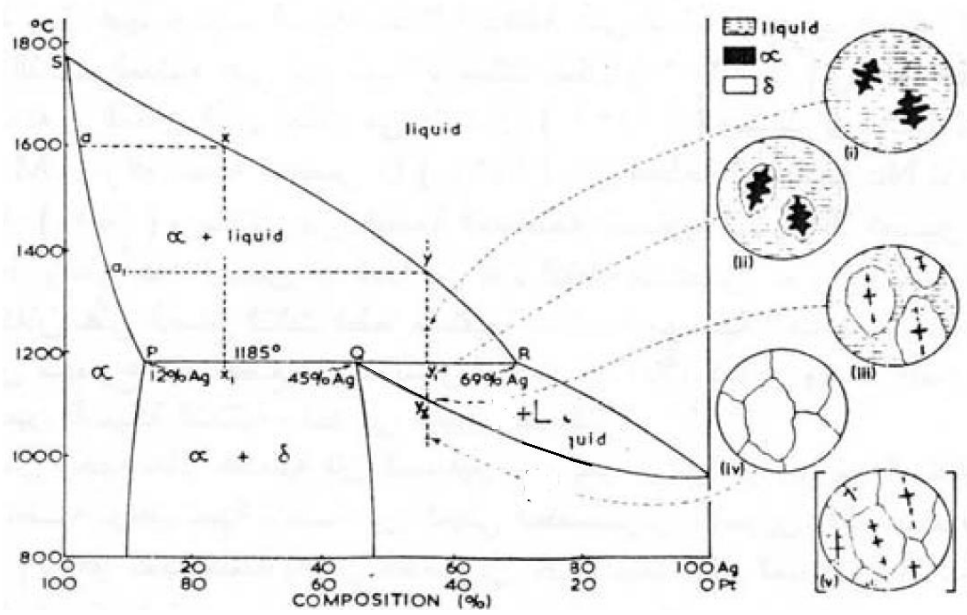
ويتبقى جزء منه حتى الوصول الى درجة الحرارة Y_2 ليتحول كاملا الى محلول صلب δ . ولا يحصل اي تغيير للتركيب المجهري للسبيكة حتى درجة حرارة الغرفة .

يحدث التفاعل بظروف معينة عند درجة الحرارة 1185°م ، وتركيز محدد للصلب المتبلور (نقطة P=12% فضة) وتركيز محدد للسائل المتبقي (نقطة R=69% فضة) والتفاعل البريتكتيكي لا يحدث الا

لهذه السبائك فقط والتي تركيبها من النقطة P الى النقطة R وتركيز δ الناتج عند النقطة Q = 45% فضة . لمعرفة نسب الاطوار الداخلة في تفاعل البيرتكتك :

النسبة المئوية للسائل (L) : 45 – 12 / 69 – 12 = 33 / 57 = 57.8%

النسبة المئوية للمحلول الصلب = 42.2%=57/24=12-69/45-69%



الشكل (2) مخطط الاتزان الحراري لمعدني الفضة والبلاتين

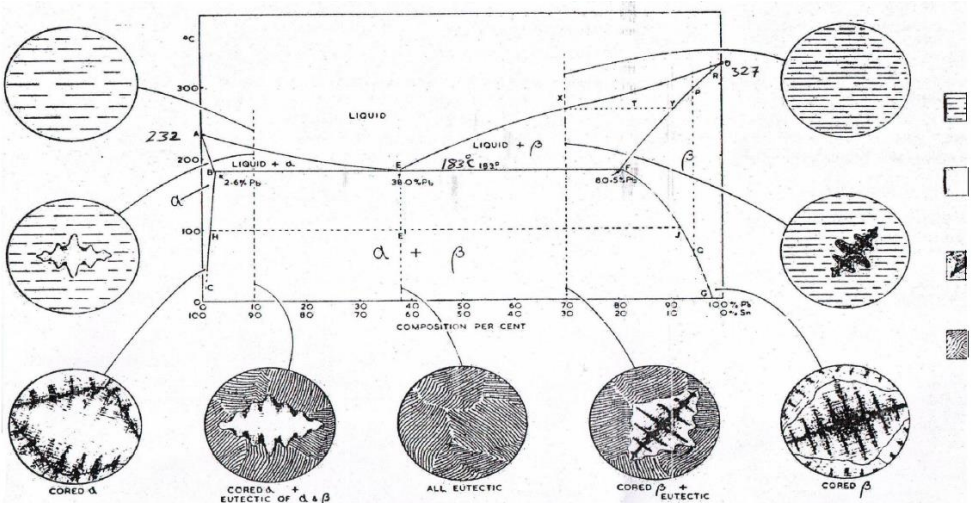
الاختبار البعدى:

من السم ادناه اجب عن ما يلي:

1- تتبع السبيكة Pb %70.

2- تتبع السبيكة Pb%95.

3- حدد درجة حرارة ونسبة اليوتكتيك.



الاسبوع الرابع عشر:

الدوافع: مخطط الاتزان الحراري لنظام ثنائي تام الاذابة في الحالة السائلة ويكون مركب كيمياوي عند الانجماد.

الاهداف السلوكية : التعرف على النظام السبائكي وطريقة رسم لمخطط وشكله وحساب نسب مكونات السبيكة.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

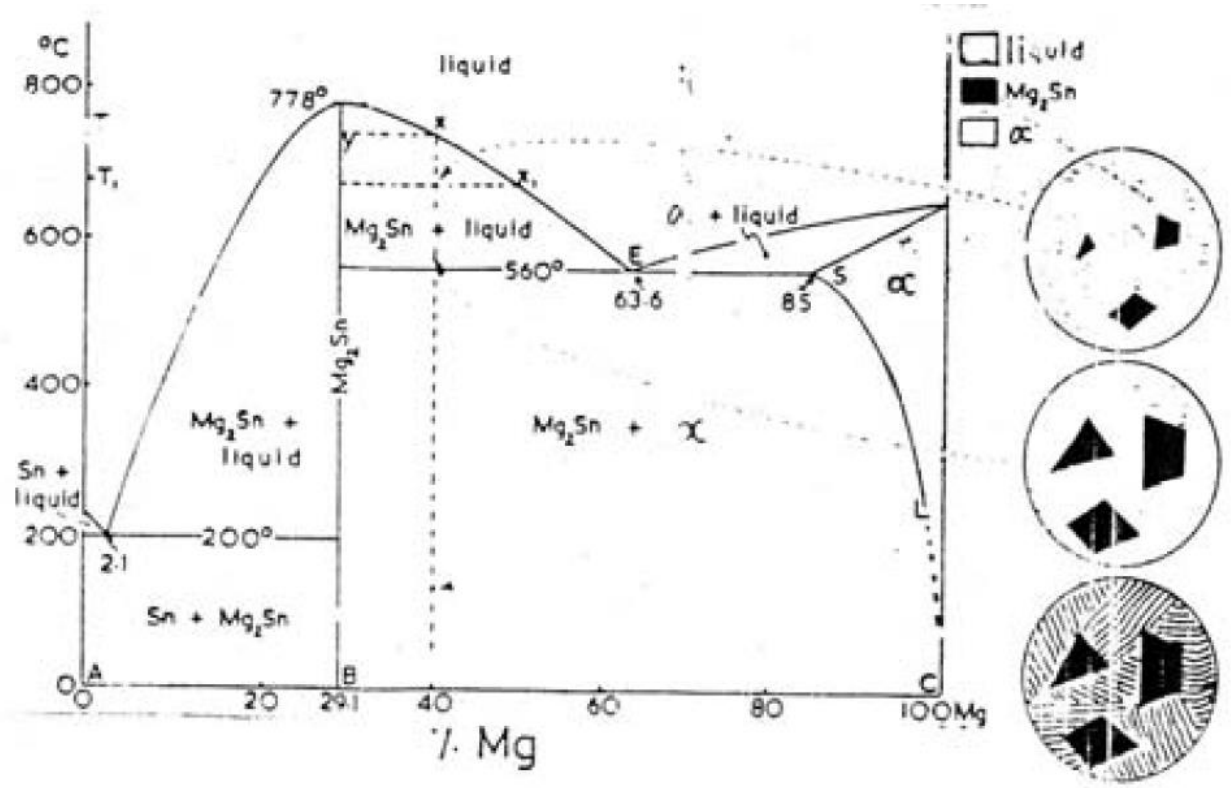
الجانب العملي : تقسية الصلب الكربوني ومقارنة التركيب والخواص قبل وبعد التقسية.

4- نظام سبائكي لمعدنين يكونان مركب معدني

امثلة على هذا النوع المغنيسيوم مع الرصاص ، المغنيسيوم مع القصدير عندما يكون التكافؤ الكيمياوي للمعدنين المكونان للسبيكة مختلف كثيرا ، تتكون مركبات معدنية بينهما في الحالة الصلبة بينما تذوب تماما في الحالة السائلة . فالمركب المعدني يختلف في خواصه الميكانيكية والفيزياوية والكيمياوية عن خواص العنصرين المكونين للسبيكة ، اختلافا كبيرا . فالمركب المعدني يمتاز بالصلادة العالية ودرجة حرارة

انصهار مرتفعة . وعادة يقسم المركب المعدني مخطط الاتزان الحراري الى جزأين من النوع المختلط اي قابلية الذوبان المحدود .

وسنأخذ مثالا عليه مخطط الاتزان الحراري للمغنيسيوم مع القصدير.درجة انصهار المغنيسيوم Mg =640°م ، بينما درجة انصهار القصدير Sn =232°م . نلاحظ تكون مركب معدني Mg2Sn عند 29 %مغنيسيوم درجة انصهاره 778 م . .والذي يقسم المخطط الى قسمين من النوع المختلط . فالقسم الاول يحدث فيه تفاعل اليوتكتك عند درجة حرارة 200 م، كما يحدث تفاعل يوتكتك ثاني عند درجة حرارة 560 م .



الشكل (3) مخطط الاتزان الحراري لسبائك قصدير-مغنسيوم

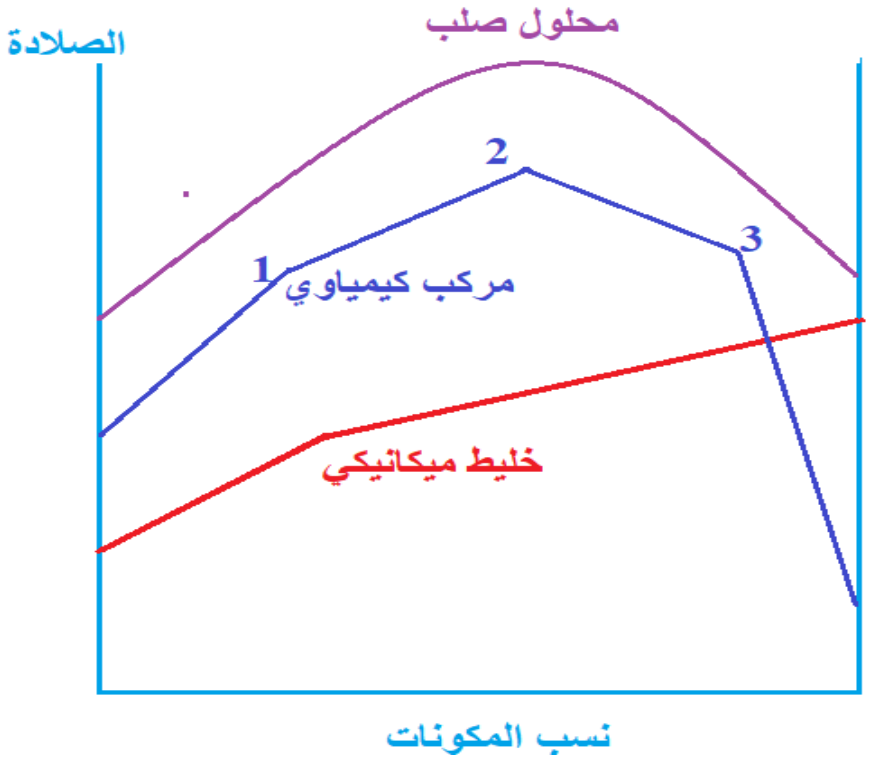
العلاقة بين منحنيات التوازن وخواص السبائك:

من الشكل (4) يمكن ملاحظة الامور التالية :

1- الخواص الميكانيكية الفيزياوية لسبائك الخليط الميكانيكي والمركبات الكيمياوية تتغير بشكل خط مستقيم ، اما في سبائك المحلول الصلب فانها تتغير على شكل منحني . النقاط 1،2،3 تمثل سبائك اليوتكتك ، والنقطة 2 تمثل سبيكة المركب الكيمياوي .

2- درجة انصهار سبائك اليوتكتك منخفضة و هي ذات سيولة عالية (تصلح للسباكة) وقابليتها للتشغيل جيدة ، اما سبائك المحاليل الصلبة فهي جيدة للتشكيل .

3- سبائك الخليط الميكانيكي ذات قابلية افضل على التوصيل للكهرباء والحرارة من سبائك المحاليل الصلبة



الشكل (4)

الاختبار البعدي:

في الشكل ادناه حدد:

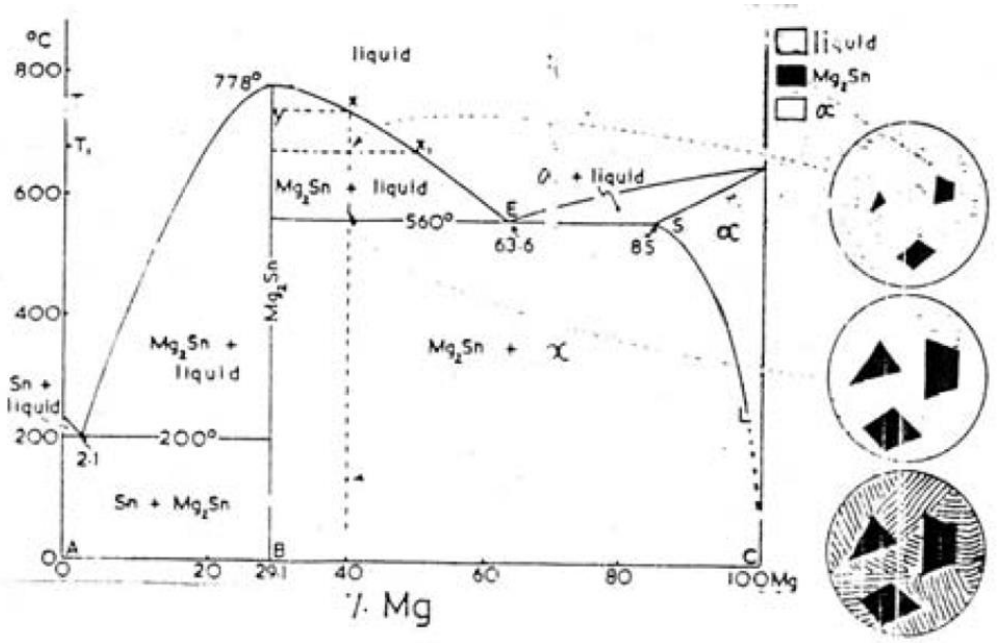
1- درجة انصهار المركب المعدني.

2- درجة حرارة اليوتكتيك الاول.

3- درجة حرارة اليوتكتيك الثاني.

4- نسب اليوتكتيك الاول والثاني.

5- تتبع السبيكة Mg %40 .



الاسبوع الخامس عشر:

الدوافع: الحديد ، ذوبان الكربون في الحديد ، مخطط الاتزان الحراري لنظام حديد / كربون ، اهم التفاعلات التي يتضمنها المخطط.

الاهداف السلوكية : التعرف على مخطط الحديد – الكربون ونسب الكربون ودرجات الحرارة.

الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي : مراجعة الصلب الكربوني وقياس الصلادة قبل وبعد المراجعة.

مخطط الاتزان الحراري للحديد والكاربون

مخطط الحديد والكربون أو مخطط أطوار الحديد والكربون (Iron-carbon phase diagram) : توجد في سبائك الحديد (وهي الفولاذ و الحديد الزهر) دائما نسبة صغيرة من الكربون ،هذه النسبة يجب ان لا تتجاوز 6.67% وهي التي تحدد خصائص الفولاذ وخصائص الحديد الزهر .ان اضافة الكربون للحديد يتخذ شكل محاليل بينية وذلك لان ذرة الكربون اصغر من ذرات الحديد بكثير وبالتالي تتغلغل بين ذرات الحديد. ومخطط أطوار الحديد والكربون هو رسم بياني يبين أطوار الحديد والتوازن بينها كمخطط ثنائي للحديد والكربون . وهو يبين اعتماد الأطوار الناتجة للحديد على درجة الحرارة وعلى كمية الكربون الموجودة في كل طور . يشكل الكربون أهم الإضافات التي تدخل في صناعة سبائك الحديد ، وأي تغير في نسبة الكربون وإن كانت صغيرة فلها تأثير كبير على صفات سبيكة الحديد . ويقل ما نستنتجه من مخطط الحديد والكربون كلما كانت سرعة التبريد أو التسخين عالية ، أو كلما زادت نسبة المواد المكونة للسبيكة .

الاطوار:

الفيرايت (α): هو أحد أنواع الحديد، يتبلور طبقا للنظام البلوري مكعب مركزي الجسم (BCC) ويرمز له بالرمز ألفا(α) ،يمثل محلول جامد بيني يحتوي على نسبة كاربون (0.025%) عند درجة حرارة 723° م وتنخفض الى (0.006%) عند درجة حرارة الغرفة . يمتاز بكونه طري وذات مطيلية عالية ويمكن تشكيله على البارد بسهولة ويكون عالي المغناطيسية .

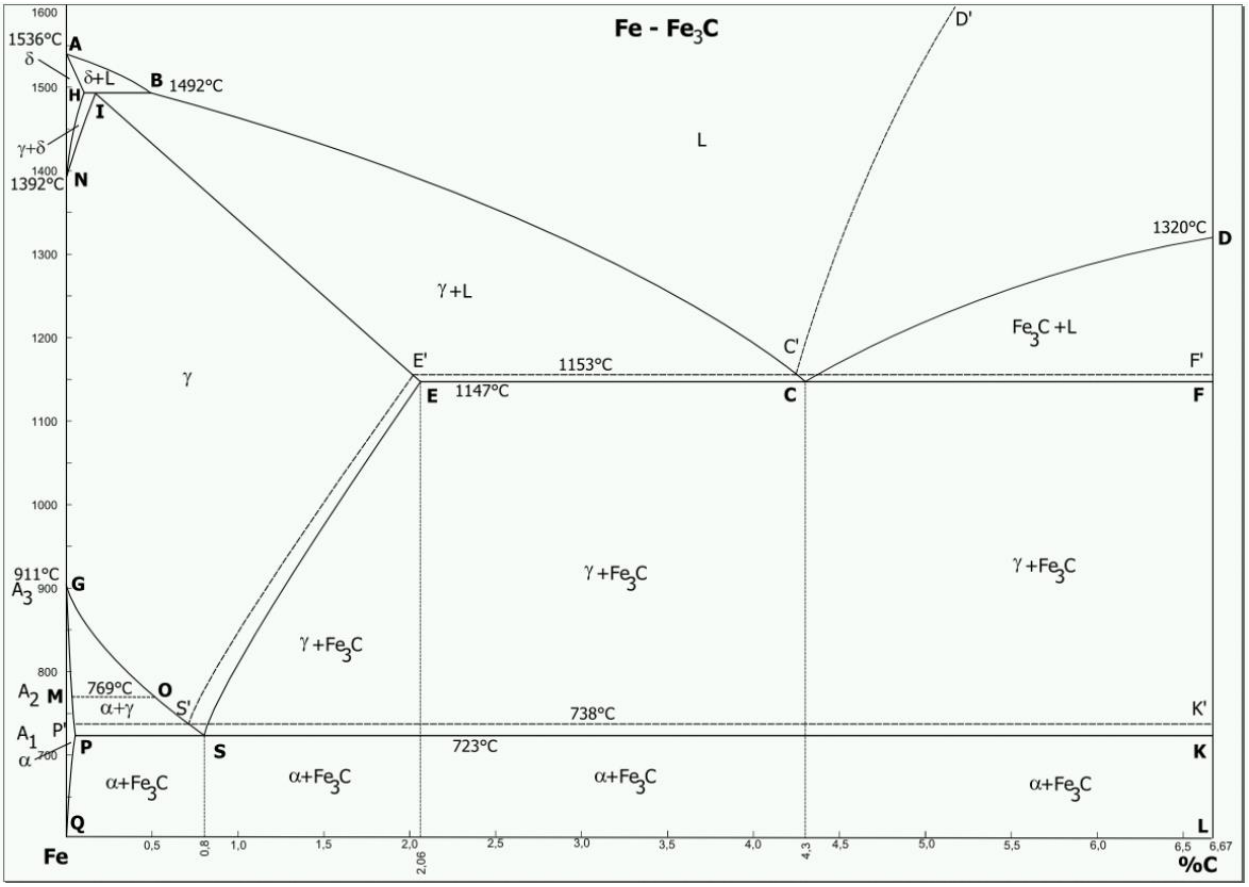
أوستنايت (γ): يكون متبلورا في نظام مكعب مركزي الوجه (FCC). هو احد انواع الحديد يوجد على هيئة (محلول جامد)، وهو يتألف من كربون ذائب في «حديد كاما» المكعب مركزي الوجه. تصل أعلى ذوبانية للكربون في الأوستنيت 2 % وذلك عند درجة حرارة 1148° والمدرجة في مخطط الحديد والكربون ويكون غير المغناطيسية.

السمنتايت (كاربيد الحديد): هو طور من الأطوار الموجودة في مخطط الحديد والكربون (محلول جامد) ويرمز له كيميائيا (Fe_3C) ويتواجد بنوعين اولي وثانوي ويمكن ان يتواجد ضمن تركيب البيرلايت او بشكل منفصل على حدود البيرلايت حيث يحتوي على 6.67% كربون و93.3% حديد عند درجة حرارة 1850°م . يتصف بالصلادة العالية BHN 820 ولذلك فهو المسؤول عن مقاومة الصلب العالية للإجهادات. وهو مركب غير مستقر وعند تعرضه إلى درجات حرارة لفترات زمنية طويلة يتحلل مكونا جرافيت وحديد.

البيرلايت (P) : بنية رقائقية من الحديد تتكون من طبقات متعاقبة من الفيرايت (88 ٪ من الوزن) والسمنتايت الثانوي (12 ٪ من الوزن)، وهو النظام الذي يتواجد في بعض أنواع الصلب والحديد الزهر. وفي الواقع، فإن المظهر الطبقي مظلل لأن تلك الطبقات ثلاثية الأبعاد؛ لذا فكل رقاقة من الفرايت أو السمنتايت محاطة برقائق أخرى من الفرايت والبرلايت. في سبائك الحديد والكربون، يتكون البرلايت خلال التبريد البطئ للأوستنايت من خلال تحول يوتكتي يتم عند 723 ° م.

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

المخطط ادناه يمثل مخطط الاتزان للحديد-الكربون حيث نلاحظ مايلي:



- خط السيولة هو A-B-C-D
- خط الصلادة هو H-I-E-C-F
- لتسهيل دراسة هذا المخطط نقوم بتجزأته الى ثلاث اجزاء وحسب درجات الحرارة وكما يلي:

الاختبار البعدى:

1- مالفرق بين البيرلايت والليدبرايت؟

وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
الجامعـة التقنيـة الجنوبيـة
المعهـد التكنولوجـي بصرة
قسـم التقنيـات الالكترونيـة

حقيبـــة تعليميـــة

فـــي

المعادن/2

لطلبـــة المرحلـــة الثانية

اعداد
المهندسة مكارم عباس حسن
مدرس مساعد
قسم التقنيات الميكانيكية

2025

A / 1 الفئة المستهدفة:-

طلبــة المرحلــة الثانية
المعهـد التقنــي في البصــرة
قســم التقنيــات الميكانيكية

الاسبوع الاول:

B/ 1 الدوافع -:

. **تكملة مخطط الاتزان الحراري لنظام حديد/ كربون**

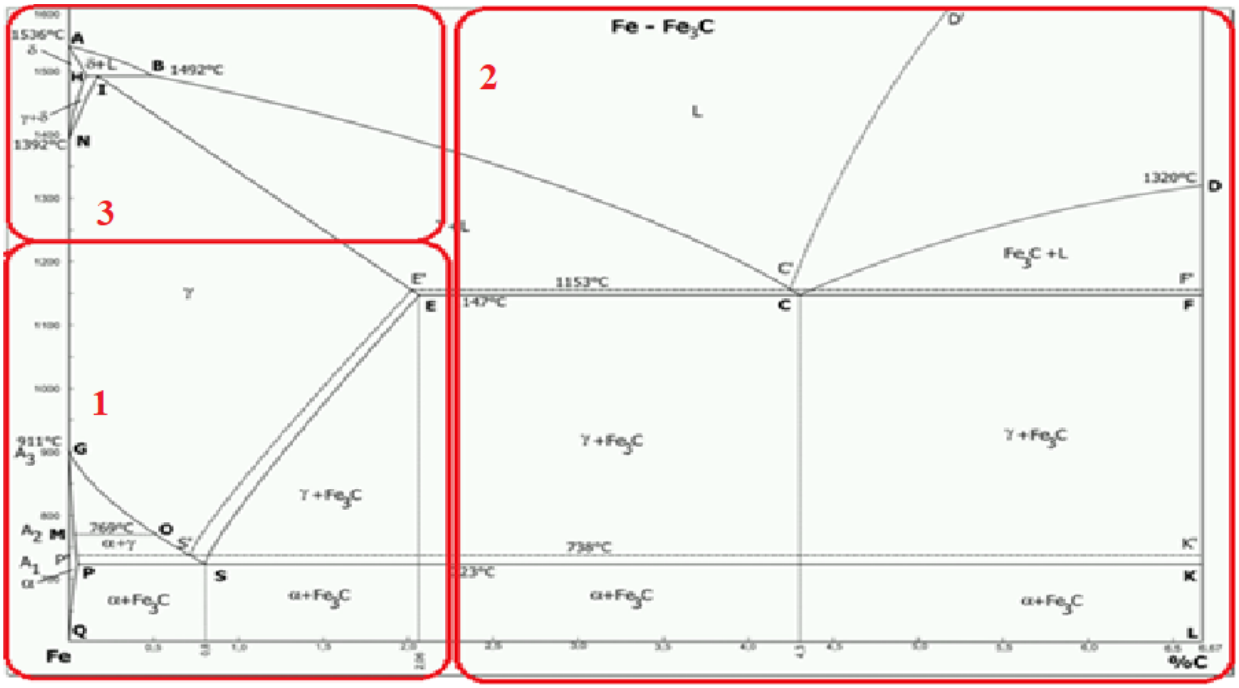
لهدف : الوسائل المستخدمه: لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء

D/ 1الأهداف السلوكية:- **التعرف على باقي انواع مخططات الاتزان الحراري حساب نسب المكونات لجميع الاطوار بالاضافة الى تتبع السبائك.**

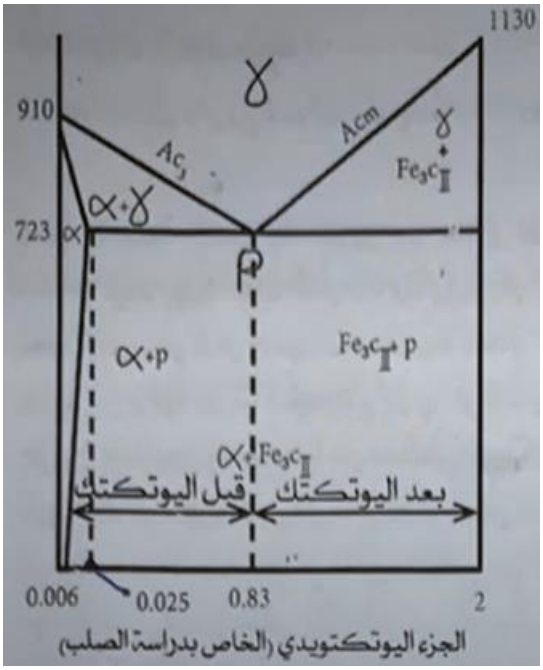
E/1 الوسائل المستخدمة :- **لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .**

الجانب العملي:

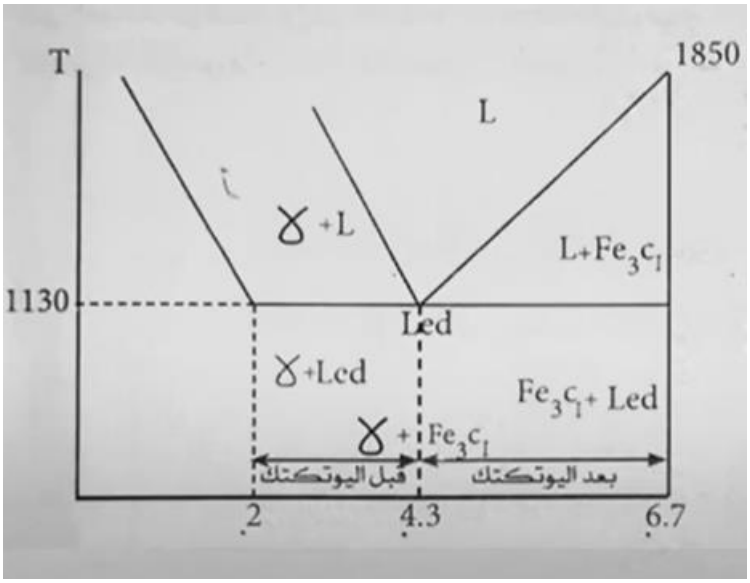
فحص أنواع مختلفة من السبائك ، المحاليل الجامدة ،الخليط الميكانيكي ، المرك الكيميائي تحت المجهر .



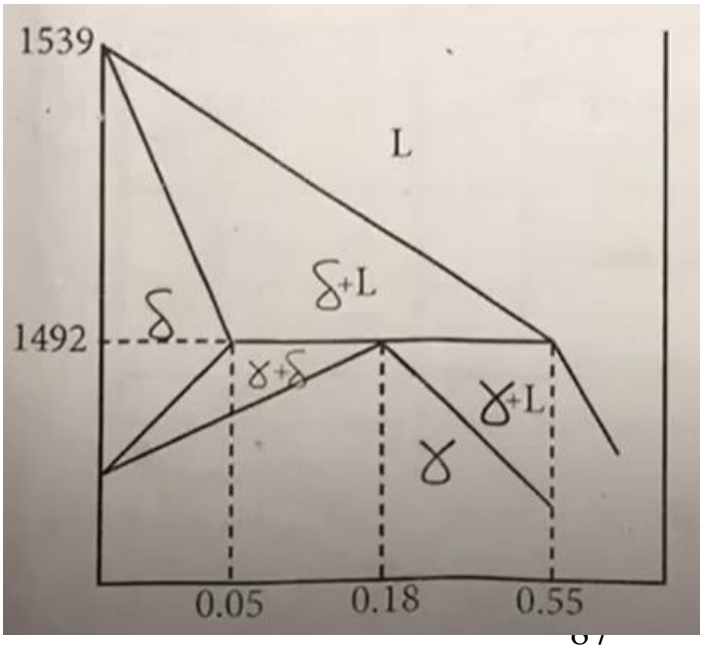
1- الجزء اليوتكتويدي: يتكون يوتكتويد البيرلايت عند نسبة كربون 0.83% ودرجة حرارة 723°م حيث يتحول الاوستنايت (γ) عند التبريد الى اقل من 723°م بمقدار قليل الى بيرلايت والذي هو عبارة عن طبقات متعاقبة من المحلول الجامدالفيرايت (α) والمركب الكيميائي السمنتايت(Fe_3C) ويعتبر جزء اليوتكتويدي مهم جدا في دراسة المعاملات الحرارية للصلب الكربوني.



2الجزء اليوتكتك: يتكون اليوتكتك في مخطط الحديد الكربون عند تبريد السائل الذي يحتوي على كربون بنسبة (4.3%) الى درجة حرارة اقل من 1130°م بمقدار قليل حيث يتم تحويل السائل الى خليط او يوتكتك يسمى الليدبرايت الذي يعرف بانه طبقات رقائقية متعاقبة من محلول جامد الاوستنايت والمركب الكيميائي السمنتايت الاولي) ويعتبر هذا الجزء من االمخطط مهم في دراسة حديد الزهر .



3-جزء البريتكتك: يتكون عند درجة حرارة 1492°م وذلك باتحاد الجزء المتجمد دلتا (δ) بتركيز معين ينتج عن ذلك محلول جامد هو الاوستنايت بتركيز معين ايضا وهذه الحالة تمثل 100% بريتكتك.



الاختبار البعدي:- ماهي اجزاء مخطط الحديد- كربون ؟ وضح ذلك مع الرسم.

الاسبوع الثاني:

. الدوافع:- تكوين الاوستنايت ، آلية تحويل البيرلايت الى اوستنايت

الأهداف السلوكية:- التعرف على اهم تحولات الاوستنايت وتأثير درجات الحرارة وسرعة التبريد عليه.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: فحص عينات من الصلب الكربورني غير معامل حراريا تحت المجهر وحساب نسبة الكربون .

التحولات في الحالة الصلبة

من المفيد ان نتذكر ان الصلب يصنف حسب نسبة الكاربون الى :

1- **صلب منخفض الكاربون Low- Carbon Steel(0.06-0.3) % (0.06-0.3)** : سهل التشكيل والتشغيل ، يستخدم في صناعة الصفائح والاسلاك والمسامير والبراغي وكل الاجزاء التي تشكل على البارد.

2- **صلب متوسط الكاربون Medium – Carbon Steel** (0.3-0.6) % : متانة عالية وصلادة اكثر ، صعب التشكيل على البارد ويستخدم بتصنيع الاعمدة والمحاور والتروس وغيرها.

3- **صلب عالي الكاربون High- Carbon Steel (0.6-0.8) % (0.6-0.8) :** يمتاز بمتانة عالية ، يستخدم بتصنيع النوابض والمطارق ومفاتيح الربط وغيرها.

4- **صلب العدة الكاربوني Tool Steel (0.8-2) % (0.8-2) :** يستخدم بتصنيع السكاكين والمثاقب وسكاكين التفريز وعدد الخراطة والمبارد والمناشير وامواس الحلاقة.

الية تكوين البيرلايت Pearlite Formation:

يتحول الاوستنايت (γ) الى اصناف متعددة اعتمادا على :

أ- سرعة التبريد.

ب- درجة الحرارة التي يتم فيها التحول.

أ- سرعة التبريد:

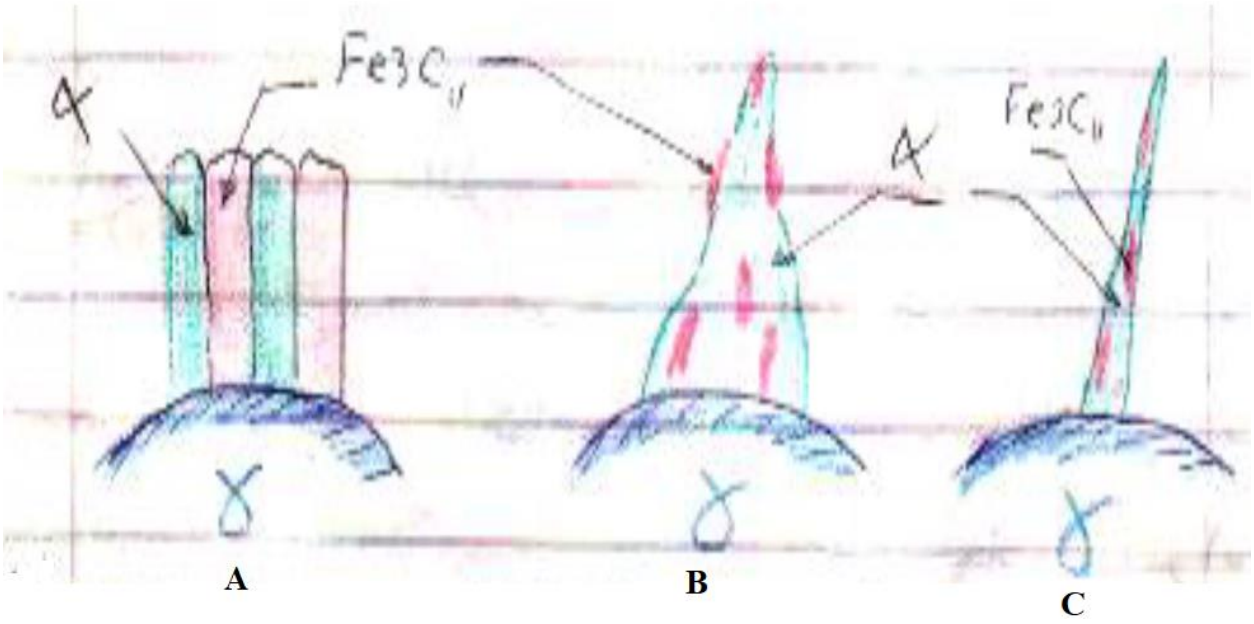
1- التحولات عند سرعة التبريد البطيئة:

يتحول الاوستنايت الى اكثر من نوع من الخلائط الميكانيكية وحسب درجات الحرارة التي يحدث خلالها التحول وكما يلي:-

أ- من (723- 550)°م : يتحول الاوستنايت الى **برلايت طبقي** متكون من طبقات متتالية من الفرايت α والسيمنتايت الثانوي Fe_3C ، ويكون خشن عند درجات الحرارة العالية ويقل سمك الطبقات عند درجات الحرارة الاقل شكل (A-1).

ب- من (550- 300)°م : يتكون تركيب ريشي من الفرايت والسمنتايت يسمى **بينايت علوي** وهو عبارة عن قاعدة من الفرايت α تنتشر عليها بقع من السمنتايت الثانوي شكل (B-1).

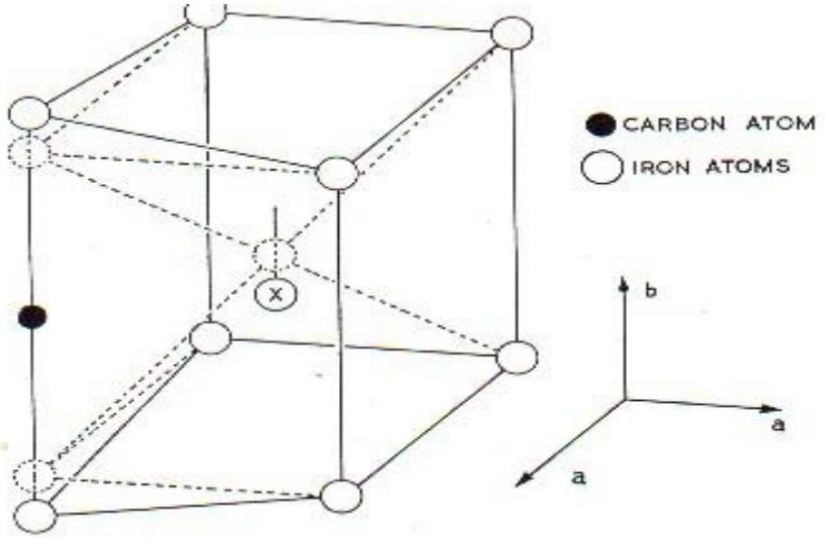
ج-أقل من 300°م : يتكون **البينايت السفلي** والذي يختلف عن العلوي بتركيبه الابري الدقيق شكل (C-1).



الشكل (1)

2- التحولات عند التبريد السريع :

بسبب قصر الفترة الزمنية عند التبريد السريع وعدم اعطاء الوقت الكافي لحدوث التحولات يتحول الاوستنايت من FCC الى BCC وينتج صنف جديد يسمى المارتنسايت يكون ذو بلورات ابرية الشكل سريعة التكون تتميز بصلادة عالية شكل (2) .



الشكل (2)

3- الاختبار البعدى:- ماهي اهم تحولات الاوستنايت عند سرعة التبريد البطيئة مبينا" اهم درجات الحرارة وانواع الخلائط الميكانيكية المتكونة ؟ وضحها مع الرسم.

الاسبوع الثالث:

الدوافع:- تحولات الاوستنايت بثبوت درجة الحرارة والتحولات بالتبريد المستمر.

الأهداف السلوكية:- التعرف على التحولات التي تحدث للاوستنايت في حالة ابقاء درجات الحرارة ثابتة وفي حالة الاستمرار بالتبريد.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

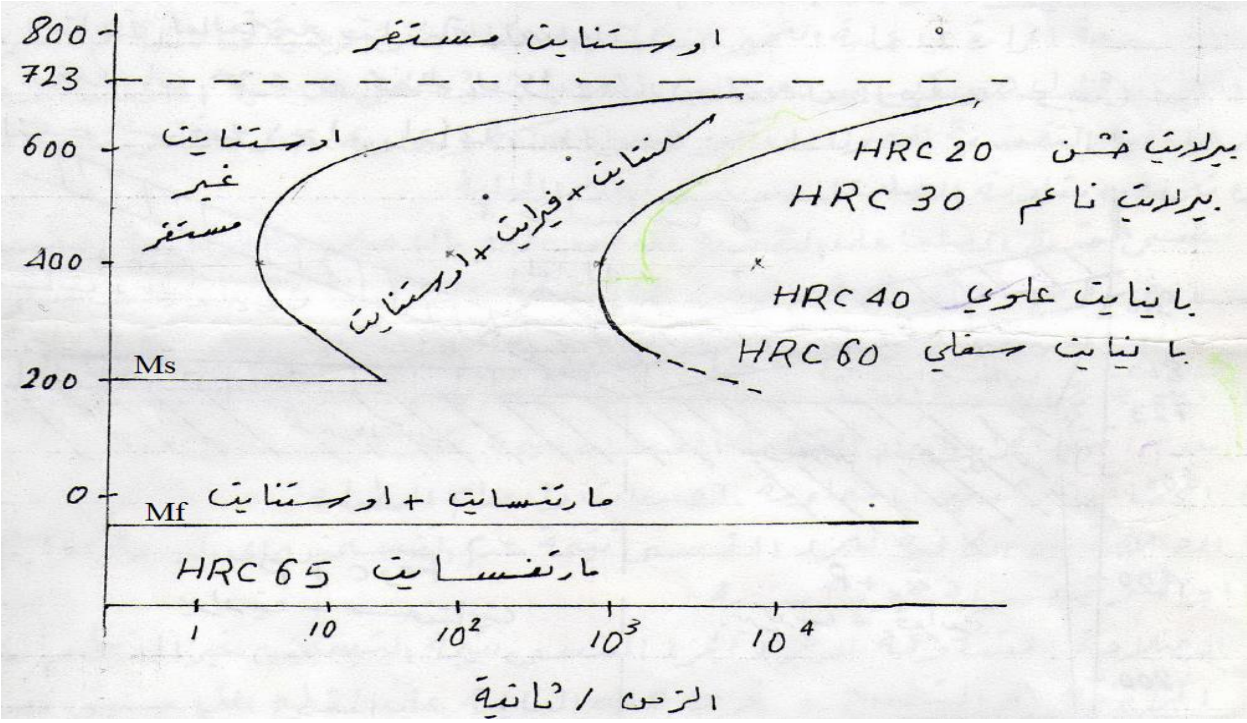
الجانب العملي: فحص عينات من حديد الزهر لمختلف التراكيز (الأبيض س الرمادي س الكروي)

4- لتحولات عند درجات الحرارة الثابتة (التحول الايزوثيرمي) :

تتضمن دراسة تحولات الاوستنايت في درجات الحرارة الثابته وبمرور الزمن ،حيث يرسم لهذا الغرض منحنى يوضح التحولات التي تحصل بظروف التبريد المختلفة يسمى **(منحني درجة الحرارة – الزمن – التحولات T.T.T)** .

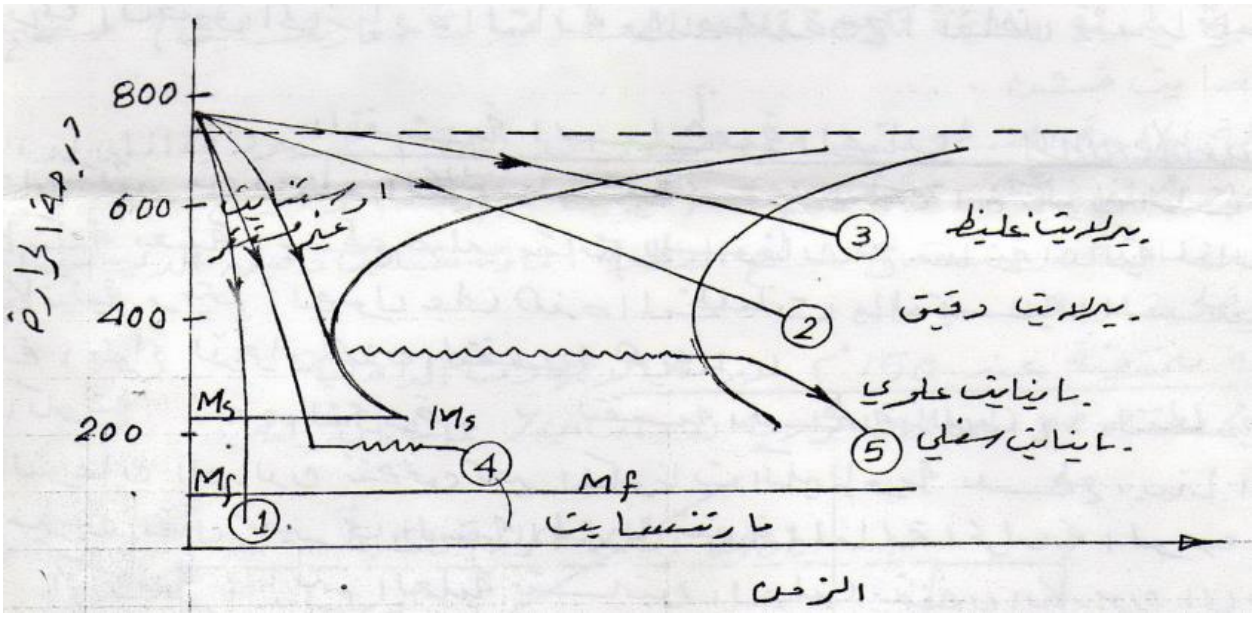
المنحنى الموضح بالشكل (3) يبين مايلي :

1- منحنيات بداية التحولات ونهاية التحولات .
2- فترة التريث عند كل درجة حرارة ، والتي تمثل الفترة اللازمة حتى يبدأ بالتحول (يسار منحني بداية التحول).
3- المسافة بين المنحنيين تمثل الزمن اللازم لاتمام عملية التحول عند كل درجة حرارة .
4- يبدأ تحول الاوستنايت الى مارتنسايت عند درجة حرارة Ms(220°م) ، وينتهي عند درجة حرارة Mf(-50°م) .



الشكل (3) منحنى T.T.T للصلب اليوتكتويدي

5- تحولات الاوستنايت في حالة التبريد المستمر: في معدلات التبريد الحقيقية يتم تحول الاوستنايت في مدى من درجات الحرارة وليس في درجة حرارة ثابته ، وتعدل منحنيات بدذاية ونهاية التحولات في منحنى T.T.T برسمها منحرفه قليلا الى اليمين عند رسم معدلات التبريد المستمر معها ، وتسمى في هذه الحالة منحنيات التبريد المستمر C.C.C شكل (4).



الشكل (4) منحنيات التبريد المستمر C.C.C

1- يمثل التقسية حيث التبريد سريع جدا" حيث يبدأ الاوستنايت غير المستقرعند 200°م اي Ms بالتحول الى مارتنسايت وينتهي التحول عند Mf .
2- يمثل المعادلة حيث سرعة التبريد متوسطة حيث يتحول الاوستنايت غير المستقر الى برلايت ناعم (دقيق).
3- يمثل التخمير حيث التبريد بطيء جدا" ويتم الحصول على برلايت خشن(غليظ).
4- يمثل التطبيع المارتنسايتي ، حيث يمثل معدل التبريد الحرج وهو ابطأ تبريد لا يتقاطع مع منحنيات التحول ويكون ناتجه (مارتنسايت كليا").
5- يمثل التطبيع الاوستنايتي ،تبريد متوسط يحدث فيه تقاطع مع منحني بدأ التحولات ليبدأ الاوستنايت بالتحول الى بايناية ثم يتوقف التحول عند تقاطعه ثانية مع نفس المنحني ثم يتقاطع مع خط ال Ms ليبدأ الاوستنايت المتبقي فيه بالتحول الى مارتنسايت لذلك يكون ناتجه (بايناية + مارتنسايت).

الاختبار البعدي:- **قارن بين التحولات الناتجة من ثبوت درجة الحرارة ومن التبريد المستمر.**

الاسبوع الرابع:

الدوافع:- **(المعاملات الحرارية) التلدين ، المعادله ، التقسية.**

الأهداف السلوكية:- **التعرف على اهم المعاملات الحرارية التي تجرى على الصلب وتأثير كل منها وفائدتها.**

الوسائل المستخدمة :- **لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .**

الجانب العملي: فحص عينات منالصلب الكربوني غير المعامل حراريا تحت المجهر وحساب نسبة الكربون .

المعالجات الحرارية للصلب Heat Treatment of Steels

المعالجة او المعاملة الحرارية هي عملية تسخين الصلب الى درجة حرارة معينة ثم الابقاء عند هذه الدرجة لفترة معينة ثم التبريد بسرعة مناسبة . ان سرع التبريد هي التي تحدد الخواص الميكانيكية للصلب.

المعالجات الحرارية التي تجرى للصلب هي :

1- التخمير (التلدين) Annealing.
2- المعادلة Normalizing .
3- التقسية (Hardening) Quenching .
4- المراجعه (التطبيع) Tempering.

1-التخمير او التلدين: ويقسم الى الانواع التالية :

أ-التخميرلغرض التشكيل :

- يتم عند درجات حرارة (550-650)°م .

- يستخدم لإزالة الاجهادات الداخلية وللأجزاء المشكلة على البارد . كذلك عند الرغبة بالاستمرار في عملية التشكيل كما في السحب العميق مثلا .

ب- تخمير التكور:

- تتم عند درجات حرارة (650- 723)°م ولفترة زمنية طويلة لذلك لاتحدث تحولات طورية للصلب .
- تستخدم في تخمير الصلب عالي الكاربون عادة .
- البنية المجهرية الناتجة هي سمنتايت متكور في ارضية من الفيرايت والذي ينتج عنه تحول البيرلايت الطبقي الى برلايت حبيبي .
- تؤدي عملية التخمير هذه الى انخفاض الصلادة ، زيادة قابلية التشكيل على البارد ، تحسين قابلية التشغيل على المكائن.

ج- التخمير التام او الشامل:

- تتم بتسخين الصلب (30-50) °م اعلى من درجة حرارة بدء التحولات للصلب قبل اليوتكتويد لغرض التحول بالطور الى الاوستنايت، ثم التبريد البطيء داخل الفرن لتكوين حبيبات صغيرة من البيرلايت والفيرايت وللتخلص من التركيب الضعيف الذي يظهر بالمسبوكات الكبيره والناتج من وجود الفرايت حول البلورات.
ان عملية التلدين عادة تلغي تأثير جميع المعاملات الحرارية التي تسبقها .
- الخواص الميكانيكية : اقل صلادة ومقاومة شد ، مع اعلى مطيلية ومقاومة الصدمات .
- عدم السيطرة على درجة وزمن التسخين تؤدي الى ظهور العيوب التالية : فرط التسخين ، الاحتراق ، التخمير القاصر.

2- المعادلة:

- تتم بتسخين الصلب قبل وبعد اليوتكتويد اعلى (30-50)°م من درجات الحرارة الحرجة العليا ، ثم الابقاء لفترة مناسبة كما في التخمير التام ، ثم التبريد في الهواء الساكن .
- البنية المجهرية الناتجة بعد المعادلة هي بيرلايت ناعم +فيرايت في الصلب قبل اليوتكتويد وبيرلايت ناعم +اسمنتايت في الصلب بعد اليوتكتويد.
- الخواص الميكانيكية : صلادة ومقاومة شد اعلى مقارنة بالصلب المخمر ، مع مطيلية ومقاومة صدمات اقل . تجرى المعادلة للأغراض التالية :
1- زيادة مقاومة الشد للصلب متوسط الكاربون.
2- تحسين قابلية الصلب منخفض الكاربون للتشغيل على المكائن.
3- تحسين بنية وصلات اللحام .
4- ازالة الاجهادات الداخلية.

5- التخلص من شبكة السمنتايت في الصلب بعد اليوتكتويد.

3 – التقسية:

تتم بتسخين الصلب وإبقائه كما في التخمير التام ، ثم التبريد السريع جدا والذي يتم عادة بالإخماد في الماء او الماء الملحي او الزيت .

- البنية المجهرية الناتجة بعد التقسية هي المارتنسايت عادة.
- الخواص الميكانيكية : اعلى صلادة ومقاومة شد ، واقل مقاومة صدمات مع مطيلية معدومة.
- يطلق على قابلية الصلب للتقسية الى عمق معين (50% مارتنسايت + 50% بينايت) **بالاصلادية**.
- **من عيوب التقسية:**

1- اعوجاج القطع المقساة وتشققها بسبب الاجهادات الداخلية الناتجة من عملية التقسية بسبب تكون المارتنسايت الذي تكون حجم بلوراته اكبر من بلورات الاوستنايت.
2- عدم استقرار ابعاد القطع المقساة نتيجة تخلف اوستنايت متبقي.
3- انخفاض مقاومة الصدمات وانعدام المطيلية .
4- الصلادة الغير متجانسة للجزء المقسى نتيجة التسخين الغير منتظم .
5- الصلادة القليلة للجزء المقسى نتيجة التسخين او التبريد الغير الملائم .

أوساط التبريد:

1- المحاليل الملحية :توفر معدلات تبريد عالية تصل الى 1200 °م/ثا.
2- الماء: معدل تبريده اقل من المحاليل الملحيه وتصل الى 600 °م/ ثا.
3- الزيت: معدل تبريده اقل من الماء يصل الى 150 °م/ثا.
4- الهواء المتحرك : معدل تبريده اقل من الزيت يصل الى 30° م/ثا وهو اقل الاوساط الممكنة للتقسية.

ملاحظة:

كلما كان معدل التبريد عالي كلما كانت الصلادة الناتجة أعلى والهشاشية أكثر بسبب زيادة نسبة المارتنسايت المتكون .

4- المراجعة او التطبيع:

- تجرى للقطع التي تم تقسيتها .
- يتم التسخين الى اقل من 723 °م.
- يعتبر زمن ودرجة حرارة التسخين العاملان الرئيسيان في عملية المراجعة.
- الغرض من المراجعة : التخلص من الاجهادات الداخلية ، والاوستنايت المتبقي .

تقسم المراجعة الى :

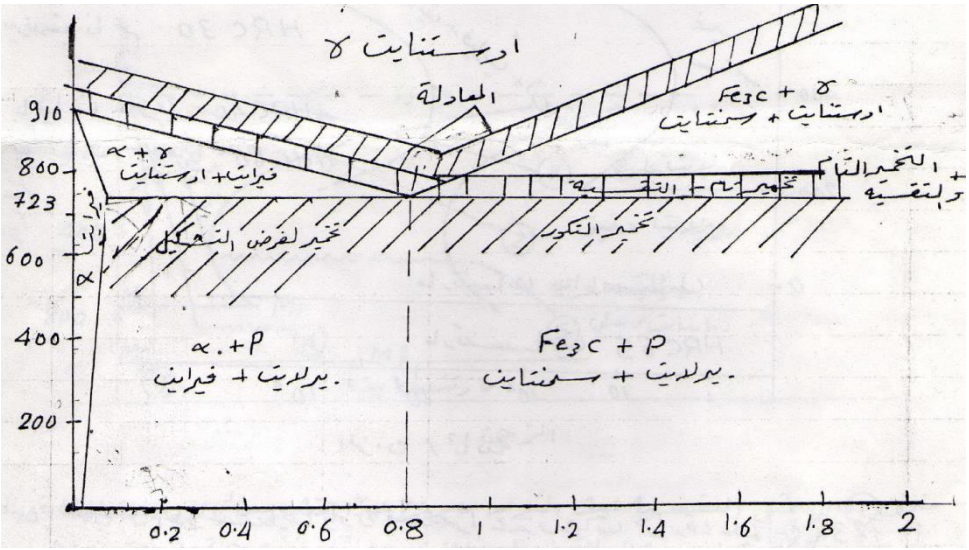
1- مراجعة منخفضة

- يتم التسخين الى 150-200 °م.

- يتم التخلص من الاوستنايت المتبقي والاجهادات الداخلية مع الاحتفاظ بالصلادة العالية .
- البنية المجهرية بعد المراجعة المنخفضة هي المارتنسايت المراجع.
- تعالج القطع المكربنة وأدوات القطع بهذه الطريقة.

2- مراجعة متوسطة

- يتم التسخين الى (350 -450)°م.
- الغرض منها هو الحصول على المتانة العالية مع مقاومة الصدمات.
- البنية المجهرية الناتجة هي سوربايت مراجع.
- تعالج بهذه الطريقة الاعمدة الدوارة.



الشكل (5) جزء من مخطط الاتزان الحراري للحديد والكاربون ، موضحا فيه المعالجات الحرارية للصلب

-

الاختبار البعدي:-

1- ماهي اهم انواع التخمير ؟ وفي اي مدى من درجات الحرارة تتم؟
2- ماهو الغرض من اجراء المعادلة؟

الاسبوع الخامس:

الدوافع:- **تكملة المعاملات الحرارية (التقسية والمراجعة) المعاملات الحرارية دون الصفرية ، التعتيق**

الأهداف السلوكية:- **التعرف على عيوب التقسية واوساط التبريد ، التعرف على التطبيع وكيفية اجراءه والغرض منه.**

الوسائل المستخدمة :- **لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .**

الجانب العملي: فحص عينات من الصلب الكربوني المعامل حراريا تحت المجهر وحساب نسبة الكربون .

المعالجة الحرارية دون الصفرية:

- Mf لأكثر انواع الصلب تقع تحت الصفر المئوي.
- الصلب المقسى يحتوي على كمية من الاوستنايت المتبقي والذي وجوده يؤدي الى انخفاض في قيمة الصلادة مع حدوث تغير في ابعاد القطع المصلدة.
- يتم تبريد القطع المقساة مباشرة اما بواسطة الاوكسجين المسال (- 183° م) او النتروجين المسال (- 195° م) .
- تستخدم هذه الطريقة لزيادة صلادة ادوات القطع (اقلام خراطة ، سكاكين تفريز .....) ولتثبيت ابعاد ادوات القياس(الفيرنيات ، قدود القياس .....).

التعتيق:

هو التغير في الخواص الميكانيكية (زيادة الصلادة مع انخفاض شديد في مقاومة الصدمات) مع الزمن بدون حدوث تغيرملحوظ في البنية المجهرية . وهو نوعان : تعتيق التقسية وتعتيق بعد التشكيل اللدن.

الاختبار البعدي:-

1- **ماهو افضل اوساط التبريد وكم تصل سرعة تبريده؟**

2- ماهي البنية الناتجة من التقسية ؟

الاسبوع السادس:

الدوافع:- **(التقسية السطحية)الكربنة بأنواعها والمعاملات الحرارية اللاحقة والنتردة.**

الأهداف السلوكية:- لتعرف على تقسية السطوح باستخام الكربون والنيتروجين والمعاملات الحرارية المصاحبة لها.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: فحص عينات من حديد الزهر) الابيض ، الرمادي ، الكروي (

التقسية السطحية للصلب :

- تحتاج كثير من اجزاء المكائن الى ان يكون سطحها صلدا ومقاوما للسوفان ، مع متانة عالية في القلب لتتحمل الصدمات .
- انواع هذه التقسية : الكربنة ، النتردة ، التقسية السطحية باللهب ، التقسية بالتيارات الحثية .
- الكربنة والنتردة تتضمن تغير المكونات الكيمياوية للسطح ، بينما الطرق الاخرى يحصل تغير في البنية المجهرية نتيجة المعالجة الحرارية الموضعية .

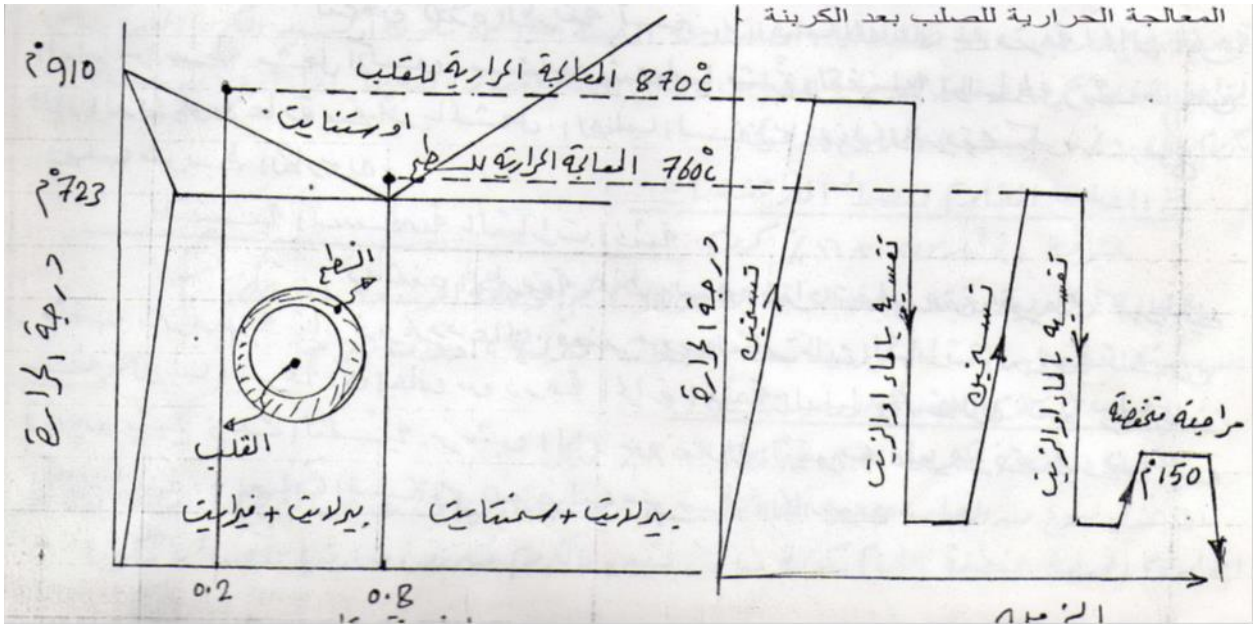
الكربنة Carbonizing :

- هي عملية اشباع سطح الصلب بالكاربون.

- يستخدم الصلب منخفض الكاربون للقطع المراد كربنتها.

- تتم العملية بتسخين الصلب من درجات الحرارة الحرجة العليا في وسط مادة غنية بالكاربون ليتشبع السطح بالكاربون، حيث يتم تحويله الى الاوستنايت لتسهيل وتسريع انتشار الكربون.

- تتبع الكربنة معالجة حرارية مناسبة للحصول على سطح صلد ووسط متين .



الشكل (6) المعالجة الحرارية للصلب بعد الكربنة

تجرى الكربنة بإحدى الطرق التالية:

1- كربنة صلبة : يتم الحصول على الكاربون من وسط صلب والذي يكون عادة فحم نباتي او مسحوق من فحم الكوك .
2- الكربنة السائلة : تتم بغمر الجزء في منصهر من املاح سيانيد الصوديوم وكاربونات الصوديوم وكلوريد الصوديوم .
3- كربنة غازية : يتم بإمرار غازات هيدروكاربونية (الغاز الطبيعي ، الميثان ، البروبان ...)على القطع المراد كربنتها والموجودة في الفرن (900-950)°م.

النتردة Nitrating:

- اكساب سطح الصلب بالنتروجين .
- الصلب المستخدم : صلب سبائكي متوسط الكاربون والذي يحتوي على الالمنيوم والكروم والمنغنيز .
- تتم العملية بإمرار غاز الامونيا على القطع المشكلة بصورة نهائية، داخل فرن مسخن الى 540 °م .فيتحلل غاز الامونيا الى هيدروجين ونتروجين الذي يتغلغل في سطح الصلب مكونا نتريدات صلدة .

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 .

التقسية السطحية باللهب Flame Hardening:

- تتم بتسخين القطعة بواسطة شعلة اوكسي-استيلينية 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.

التقسية السطحية بالتيارات الحثية Eddy Current Hardening:

- يتم التسخين بإمرار تيار كهربائي ذو تردد عالي يلف حول القطعة المراد تقسيتها . فتتسخن اعلى من درجة حرارتها الحرجة خلال فترة قصيرة ، تتبعها التقسية بالماء عبر ثقوب في الملف .
- القطع تكون عادة مصنعة من الصلب متوسط الكاربون .

تستخدم هذه الطريقة اذا كان عدد القطع كبيرا .

الاختبار البعدي:-

1- قارن بين الكربنة والنتردة.
2- ماهي طرق اجراء الكربنه؟

الاسبوع السابع:

الدوافع:- الصلب السبائكي ، تأثير عناصر السبك على خواص الصلب.

D/ 1 الأهداف السلوكية:- التعرف على مايقصد بالصلب السبائكي وماهي مكوناته ومميزاته، وتأثير اضافة عناصر اخرى للصلب على خواصه.

E/1 الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: أجراء عملية التقسية في أوساط تبريد مختلفة ومقارنة الصلادة والخواص المجهرية للعينات المختلفة

. الصلب السبائكي Alloy Steel :

وهو عبارة عن صلب كربوني مضافا اليه عناصر اخرى لغرض تحسين خواصه او لادخال خواص جديدة .حيث ان الصلب الكربوني لديه عدد من العيوب منها :

1- لا يمكن الحصول على مقاومة شد عالية ، مع الاحتفاظ بمطيلية ومتانة معقولة.
2- انخفاض نفاذية التقسية.
3- اعوجاج واعوجاج الصلب المقسى عادة نتيجة استخدام الماء كوسط تقسية .
4- مقاومة السوفان والصدأ ضعيفة.
5- انخفاض الصلادة عند التسخين.

هناك عناصر رئيسية يتم اضافتها الى الصلب الكربوني وهي : النيكل، الكروم، المنغنيز، المولبيدينيوم، السليكون، التنكستن، الكوبلت، النحاس.

تأثير اضافة العناصر السبائكية على خواص الصلب :

1- زيادة مقاومة الشد والصلادة لانها تكون محاليل جامدة والتي تؤدي الى تشوه بنية الشبكة البلورية والتي تقلل من حركة الانخلاعات..
2- زيادة الصلادة عن طريق تكوين كربيدات معقدة صلدة مع الحديد مقاربة لصلادة السمنتايت مثل الكروم والتنكستن والمنغنيز.

3- قد تنخفض المطيلية ومقاومة الشد في حالة تكون الكرافيت.
4- بعض العناصر المضافة قد تتسبب في نمو الحبيبات مثل السليكون والكروم ، في حين قسم منها يعيق نمو الحبيبات مثل النيكل.
5- تخفض نسبة الكاربون في البيرلايت.
6- اضافة بعض العناصر قد يؤدي الى استقرار الفيرايت بسبب ارتفاع درجات الحرارة الحرجة مثل الكروم والتنكستن والالمنيوم والسليكون.
7- اضافة بعض العناصر قد يؤدي الى استقرار الاوستنايت بسبب انخفاض درجات الحرارة الحرجة .
8- تزداد الاصلادية نتيجة خفض معدل التبريد الحرج حيث تؤدي الى ازاحة منحنيات ال T.T.T الى اليمين.
10- تزداد مقاومة الصلب للصدأ .

11- تتحسن الخواص المغناطيسية.

12- تحسين مقاومة التاكل حيث تكون طبقة رقيقة من الاكاسيد على السطح مثل الالمنيوم والكروم والسليكون.

الصلب المقاوم للصدأ Stainless Steel:

- يحتوي على نسبة كروم لا تقل عن11 %.

- يمتاز بمقاومته العالية للتآكل بالصدأ ،وكذلك مقاومته درجات الحرارة المرتفعة.

- هذه الخاصية تنتج بسبب تكون طبقة اوكسيد الكروم الغير مسامية على سطح.

انواع الصلب المقاوم للصدأ :

1- الصلب المقاوم للصدأ المارتنسايتي :
- يحتوي على نسبة كاربون لحد 1.0 % وكروم لحد 16.0%.
- تتم معالجته حراريا بالتقسية بالزيت من 1000 °م ثم المراجعة عند 700 °م.
- يستعمل لصناعة ريش التوربينات ، الادوات المنزلية ، ادوات الجراحة .....

2- الصلب المقاوم للصدأ الاوستنايتي:
- تحتوي عادة على اقل من 0.1 % كاربون ، 18.0 % كروم ، 8.0 % نيكل.
- بنيته المجهرية هي الاوستنايت ، لذا لا يمكن معالجته حراريا ، وغير مغناطيسي .
- صعب اللحام .
- يستخدم في معامل الالبان وللأغراض المنزلية والديكورات .....

3- الصلب المقاوم للصدأ الفيرايتي:

- يحتوي على . 0.5 % كاربون و 16-30 % كروم عادة .
- لا يمكن معالجته حراريا لكون بنيته المجهرية فيرايت .
- يستخدم في مصانع البتروكيمياويات والأفران .....

الاختبار البعدى:-

1- عدد اهم عيوب الصلب السبائكيب.
2- ماهو تأثير اضافة عناصر اخرى للصلب؟

الاسبوع الثامن :

الدوافع :- لصلب المقاوم للصدأ ، صلب العدد.

الأهداف السلوكية:- التعرف على اهم العناصر التي تضاف على الصلب لغرض جعله مقاوم للصدأ، ومميزاته واستخدامته ، والتعرف على صلب العدد ومميزاته.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملى: أجراء اختبار جومني لقياس قابلية التصليد .

صلب العدد Tool Steel:

يشمل جميع انواع الصلب المستخدمة في صناعة العدد وأدوات القطع . هذا الصلب تتوفر فيه المواصفات التالية:
الاصلادية العالية ، المتانة ومقاومة السوفان ، الصلادة العالية ، قابلية التشغيل والتشكيل ...

اما انواعه فهي:

- صلب العدة الكاربوني
- صلب العدة السبائكي
- صلب عدد التشكيل على البارد
- صلب عدد التشكيل على الحار

- صلب السرعات العالية High Speed Steel HSS من اكثر الانواع استخداما . يمتاز باحتفاظه بصلادته العالية حتى 500 °م . مقاومة صدمات وسوفان جيدة .

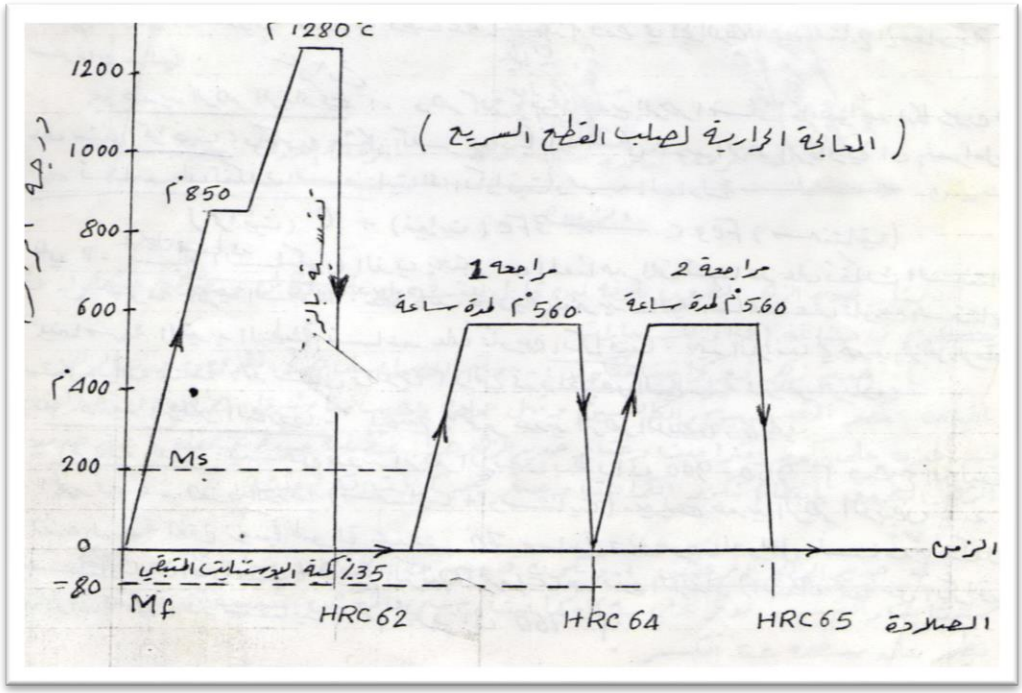
ويقسم الى مجموعتين:

1- مجموعة التنكستن : تحتوي 0.6 % كاربون + 18 % تنكستن + 4% كروم + 1% فناديوم + 0.5 % كوبالت. ويعتبر غالي الثمن لاحتوائه على التنكستن الغالي .

2- مجموعة المولبدنيوم : يحتوي 0.6 % كاربون + 1.5 تنكستن + 4% كروم + 1% فناديوم + 15 % مولبدنيوم + 2% كوبالت . يمتاز بمواصفات مماثلة للنوع الاول ولكن ارخص ثمنا.

المعالجة الحرارية للصلب السريع القطع :

- يتم التسخين في اوساط ملحية لمنع فقدان الكاربون .
- يجري التسخين على مراحل حتى 1280 °م لإذابة جميع الكاربيدات في الاوستنايت .
- تتم التقسية اما بالزيت او الهواء
- الابنية المجهرية بعد التقسية : كاربيدات في ارضية مارتنسايتية + اوستنايت متبقي .
- المراجعة عند 560 °م لمرحلتين للتخلص من الاوستنايت المتبقي والذي يتحول الى تراكيب صلدة فتزداد الصلادة .



الشكل(7) المعالجات الحرارية لصلب القطع

الاختبار البعدي:-

1- ماهي الفائدة من اضافة عنصر الكروم لجعل الصلب مقاوما" للصدأ ؟ وكم هي نسبته ؟

2- عدد انواع الصلب المقاوم للصدأ مع ذكر استخدام كل نوع.

3- بين كيفية اجراء المعالجات الحرارية لصلب العدد.

الاسبوع التاسع:

الدوافع:- حديد الزهر ، العوامل المؤثرة على شكل الكربون في حديد الزهر ، انواع حديد الزهر ، مقارنة بين حديد لزهر الابيض والرمادي ، المعاملات الحرارية لحديد الزهر.

الأهداف السلوكية:- التعرف على نسبة الكربون المضافة ، انوع حديد الزهر،والمعاملات الحارارية التي تجرى عليه.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: أجراء التقسية السطحية باستخدام الكربنة الصلبة .

الاختبار البعدي:- ماهم الاسباب التي جعلت من حديد الزهر مادة صناعيه مهمه؟

الاسبوع العاشر:

الدوافع:- تكملة انتاج حديد الزهر واهم انواعه.

الأهداف السلوكية:- التعرف على انواع حديد الزهر ومميزات كل نوع.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: فحص عينات مختلفة من الصلب السبائكي الصلب المقاوم للصدأ تحت المجهر .

حديد الزهر Cast Iron:

يسمى ايضا"حديد الصب وهو نوع من سبائك الحديد - الكربون حيث تكون نسبة الكربون فيه تزيد عن 2% ينتج عادة من الافران العالية . تتراوح نسبة الكربون بين (2.5-3.5)%.

اهم خواص حديد الزهر والتي جعلت منه مادة صناعية مهمة:

1- درجة انصهار منخفضة مقارنة بالصلب تتراوح بين (1130-1250) °م مع سيولة عالية جدا" جعلته مناسبا للسباكة والاشكال المعقدة.
2- رخيص الثمن .
3- له خاصية اخماد الاهتزازات وتحمل الصدمات العالية لذا يستخدم لصناعة ابدان المكائن.
4- ممكن تحسين خواصه الميكانيكية بالمعالجات الحرارية والإضافات السبائكية .
5- اكثر انواعه قابلة للتشغيل على المكائن.
6- يقاوم السوفان ويتحمل اجهادات ضغط عالية.

ان الكربون الحر في حديد الزهر اما ان يكون على شكلكاربون حر (كرافيت) او يتحد مع الحديد لتكوين السمنتايت.

انواع حديد الزهر :

1- حديد زهر ابيض White Cast Iron:

- البنية المجهرية : بيرلايت + سمنتايت .
- لون مقطع الكسر ابيض ، لذا سمي بحديد زهر ابيض .
- يمتاز بكونه هش ، صلد ، مقاومته للصدمات قليلة ، صعب التشغيل على المكائن .
- استخداماته محدودة ، ويستخدم في المجالات التي تتطلب مقاومة سوفان عالية.

2- حديد زهر رمادي Gray Cast Iron :

- البنية المجهرية : شرائح كرافيتية في ارضية من البيرلايت .
- لون مقطع الكسر رمادي مسود ، لذا سمي بحديد زهر رمادي .
- خواصه الميكانيكية تعتمد على شكل وحجم شرائح الكرافيت.

3- حديد زهر طروق Malleable Cast Iron:

- يصنع بتخمير حديد الزهر الابيض عند(900-950)°م ولمدة تتجاوز 70 ساعة .

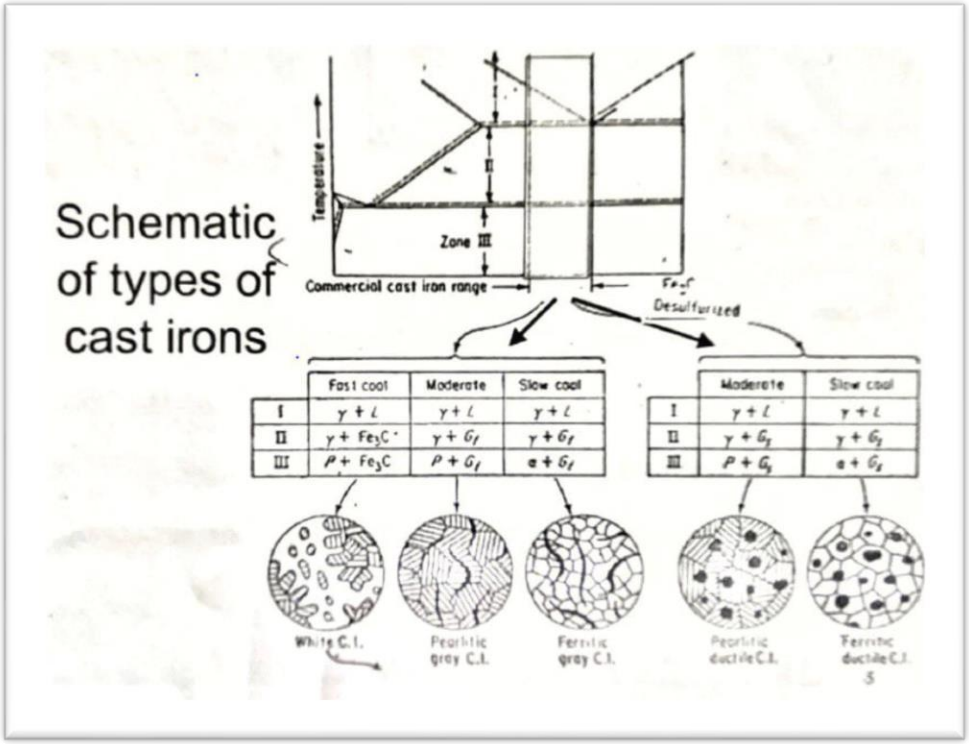
- بنيته المجهرية : كرافيت نجمي في ارضية فيراتية (ذو قلب اسود Black Heart) او كرافيت نجمي في ارضية من البيرلايت (ذو قلب ابيض White Heart).
- - يمتاز بكونه لين وقابل للتشغيل على المكائن .
- - يستخدم في صناعة اجزاء كثيرة للسيارات.

4- حديد زهر ذو كرافيت متكور Spheroidal Cast Iron:

- يحصل عليه باضافة عنصري المغنيسيوم والكاليسيوم قبل الصب مباشرة .
- البنية المجهرية : كرافيت كروي في ارضية من البيرلايت .
- يماثل الزهر الطروق في خواصه واستخداماته .

5- حديد زهر مرقش Mottled Cast Iron :

- البنية المجهرية : كرافيت + سمنتايت + بيرلايت .
- سمي بالمرقش بسبب الترقيش الذي يظهر على سطحه عند الكسر .



الشكل (8) مخطط يبين انواع حديد الزهر

الاختبار البعدي:- 1- كيف يتم الحصول على كل من حديد الزهر الطروق وحديد الزهرذو الكرافيت المتكور؟

2- لماذا سمي حديد الزهر المرقش بهذا الاسم؟

الاسبوع الحادي عشر:

الدوافع:- تعريف التآكل ، التكاليف الاقتصادية المباشرة وغير المباشرة للتآكل ، مظاهر التآكل آلية حدوث التآكل.

الأهداف السلوكية:- التعرف على معنى التآكل وكيفية حدوثه ومضاره.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: فحص عينات مختلفة من النحاس والبراص تحت المجهر .

التآكل corrosion :

هو التغيرفي خواص المادة الأساسية نتيجة لتفاعل كيميائي أو إلكتروكيميائي مع بيئتها وتكوين مركبات غير مستقرة مما يطلق عليها وسط التآكل وليس كنتيجة لعملية ميكانيكية مثل الاحتكاك الحادث في الماكينات ما يطلق عليه اهتراء.

وينتج التآكل عادة عن طريقين :

1- التآكل الناتج عن التفاعل الكيمياوي المباشر مع الغازات المحيطة وأهمها الاوكسجين . فتتكون طبقة اوكسيدية سطحية والتي قد تكون مسامية ولا تلتصق بسطح المعدن بشدة وبهذا الاكسدة مستمرة والتآكل مستمر . او طبقة الاوكسيد غير مسامية وتلتصق بالسطح بشدة ، فتتكون طبقة واقية تمنع استمرار التاكل .

ان قابلية المعدن على التأكسد تعتمد على:

أ- الالفة الكيمياوية بين المعدن والاوكسجين .

ب- تزداد الاكسدة مع زيادة درجة حرارة المعدن .

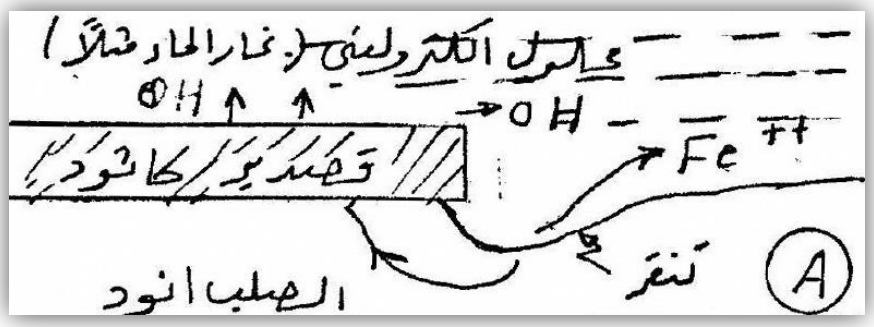
ج- طبيعة طبقة الاوكسيد والتي شرحت سابقا.

2- التآكل الكلفاني (الالكتروليتي) :

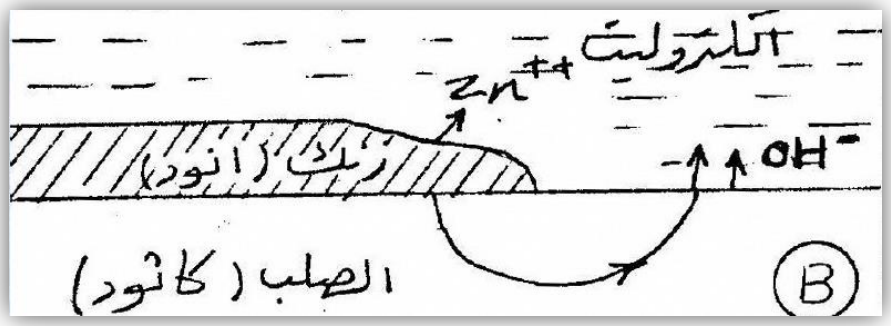
- معظم التآكل المعدني ناتج لهذا النوع من التآكل .
- ينتج نتيجة وجود مادتين بينهما فرق للجهد مع وجود محلول الكتروليتي . فيصبح الاقل جهدا (انود) بينما الاعلى جهدا يصبح (كاثود) . التآكل يحدث للانود فقط . امثلة على ذلك :

1- تأكل الصلب في الصفائح المطلية بالقصدير .

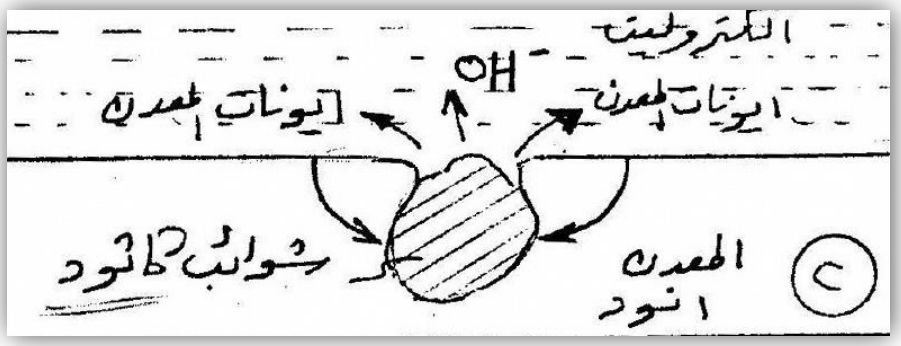
2- تأكل الزنك في الصلب المغلون .
3- تأكل سطح المعدن الذي يحتوي على الشوائب.



تآكل صفائح الصلب المطلية بالقصدير



تآكل الصلب المغلون (المطلي بالزنك)



تآكل سطح الصلب عند وجود الشوائب

التآكل الاختياري:

عند تواجد سبيكة احادية الطور تتعرض الى تهوية رديئة . المناطق الفقيرة بالاوكسجين تصبح انودا بالنسبة للمناطق جيدة التهوية . وبهذا تتآكل المناطق رديئة التهوية.

.

التآكل ما بين البلورات:

منطقة حدود البلورات تكون عادة غنية بالشوائب والعناصر السبائكية ، فتصبح هذه المناطق انودا ويبدأ التآكل منها.

التآكل المصاحب للاجهاد:

الاجهادات الداخلية الناتجة من التشكيل على البارد او التقسية او من اللحام ، تعتبر مناطق تجمع الانخلاعات وذو طاقة داخلية، فتسلك هذه المناطق كانود بالنسبة لباقي القطعة ، فيحدث لها تاكل.

التآكل المصاحب للتربة:

وجود البكتيريا وعدم تجانس انتشار الهواء في التربة يؤدي الى حدوث تآكل الكتروليتي بسهولة افضل طريقة لتقليل التآكل هو اختيار المادة المناسبة والتي لها مقاومة تآكل عالية الاختيار الامثل للمادة ضمن ظروف استخدامها المتوقع .

تلطيف الاجواء:

يستخدم تكييف الهواء والماء لتقليل التآكل . فتكييف الهواء يقصد به ازالة الرطوبة منه أي جعله جافا . اما تكييف الماء فيقصد به ازالة الغازات المذابة بالماء كالاوكسجين والكلور.

طرق الوقاية من التآكل:

1- استخدام معادن او سبائك مقاومة للتآكل مثل الصلب المقاوم للصدأ.
2- التغليف بالمعادن ويقسم الى :التغطيس ، الطلاء الكهربائي ، التصفيح.
3- الطلاء بالمواد اللامعدنية مثل الطلاء بالاصباغ والوارنيش.
4- الحماية الكاثودية.
5- الحماية الانودية.

الاختبار البعدي:- **عرف التآكل مبينا" كيفية حدوثه وانواعه.**

الاسبوع الثاني عشر:

الدوافع:- **السلبية ، قانون فاراداي للتآكل العام ، التآكل الكلفاني ، التآكل الكهفي.**

الأهداف السلوكية:- **التعرف على معنى السلبية ، معرفة قانون فاراداي للتآكل وتعريف التآكل الكهفي والكلفاني وكسبب حدوثهم.**

الوسائل المستخدمة :- **لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .**

الجانب العملي:

السلبية:

بعض المعادن مثل الصلب المقاوم للصدأ ، تكون غشاء رقيق من الاوكسيد الواقي عند تواجدها في الاوساط المؤكسدة مثل حامض النتريك ، والتي تمنع استمرار التآكل ، فيقال ان المعدن اصبح سلبي

التآكل الكهفي (التنقر):

اذا احتوى سطح السبيكة على شوائب او فجوات ، وفي حالة تواجد الكتروليت ، فان هذه الفجوات تصبح انودا نتيجة التهوية الرديئة ، فيبدأ التآكل من هذه الفجوات

قانون فاراداي للتآكل يُستمد من **قانون فاراداي للتحليل الكهربائي**، ويُستخدم لحساب معدل **التآكل الكهربائي** ، أي التآكل الذي يحدث عندما يُستخدم تيار كهربائي يمر عبر مادة معدنية في محلول **(electrochemical corrosion)** إلكتروليتي.

:نص قانون فاراداي للتآكل

.كمية المادة المتآكلة (أو المُترسبة) تتناسب طرديًا مع كمية الكهرباء (الشحنة) المارة خلال المحلول

الصيغة الرياضية:

$$\frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F} = m$$

حيث :

- m: كتلة المعدن المتآكلة (بالغرام)
- I: التيار الكهربائي (أمبير)
- t: الزمن (بالثواني)
- M: الكتلة المولية للمعدن (غ/مول)
- n: عدد الإلكترونات المشاركة في التفاعل الكهروكيميائي
- F: ثابت فاراداي ≈ 96485 كولوم/مول

مثال تطبيقي :

في محلول، نريد حساب كمية الحديد التي تآكلت (Fe) إذا مر تيار قدره 2 أمبير لمدة ساعة عبر معدن حديد.
نعلم أن:

- I=2I = 2I=2 A
- t=3600t = 3600t=3600 s (ساعة)
- M=55.85M = 55.85M=55.85 g/mol (الكتلة المولية للحديد)
- n=2n = 2n=2 (لأن $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$)

نحسب:

$$m = \frac{55.85 \cdot 3600 \cdot 2}{96485 \cdot 2} \approx 2.08 \text{ g}$$

أي أن حوالي **2.08 غرام من الحديد** قد تآكلت.

.

ملاحظات مهمة:

- هذا القانون يُستخدم في الصناعات لفهم وفحص **معدل التآكل** في الأنابيب أو الأجهزة المعدنية.
- يمكن عكس العملية لحساب كمية التيار أو الزمن اللازم لتآكل معين.
- حيث يُضحى بمعدن أقل قيمة لحماية (يُستخدم أيضًا في حماية المعادن (مثل **الحماية الكاثودية** المعدن الأساسي.

الاختبار البعدي:-

1- اكتب صيغة قانون فراداي للتآكل مبينا" كافة تفاصيل القانون.
2- مالفرق بين التآكل الكهفي والكلفاني.

الاسبوع الثالث عشر:

الدوافع :- الاختيار الامثل للمادة ، تلطيف المحيط ، التصميم والتشغيل ، طرق الوقاية من التآكل.

الأهداف السلوكية:- معرفة مالمقصود بتلطيف الاجواء وكيف تتم، والتعرف على اهم الطرق للوقاية من التآكل.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: فحص العيوب السطحية باستخدام الصبغة النافذة .

الاختبار البعدي:- 1- كيف يمكن تلطيف الاجواء؟ وضح ذلك بالتفصيل.
2- عدد اهم الطرق المستخدمة للوقاية من التآكل.

الاسبوع الرابع عشر:

الدوافع:- لمعاملات السطحية باستخدام التقنيات الحديثة ، ليزر ، بلازما ، انودة.

الأهداف السلوكية:- لتعرف على احدث الطرق التي تستخدم كمعاملات سطحية لغرض الوقاية من تآكل الاسطح.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملى: فحص العيوب شبه السطحية باستخدام الدقائق المغناطيسية .

المعاملات السطحية باستخدام التقنيات الحديثة:

وهي عملية تكوين طبقة سطحية على سطح مادة معدنية اساسية تختلف عن الخصائص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية للقاعدة ، الغرض منها هو تلبية مقاومة المنتج للتآكل او مقاومة التآكل او المتطلبات الوظيفية الخاصة الاخرى. في الوقت الحاضر ظهرت عدة طرق للمعاملات السطحية فضلا" عن الطرق التقليدية السابقة من هذه الطرق الحديثة :

1- **المعاملات السطحية بالبلازما :** هي عبارة عن مجموعة من الجسيمات الموجبة والسالبة المتساوية الشحنة ، لذلك يطلق عليها البلازما وهي الحالة الرابعة التي توجد فيها المادة بالاضافة الى الحالات الثلاث للمادة . يتكون معالج البلازما من مولد وخط انابيب لتوصيل الغاز وفوهة بلازما حيث يولد مولد البلازما طاقة عالية الضغط والتردد في انبوب فوهة الفولاذي ليتم تنشيطها وتوليد البلازما وبمساعدة الهواء المضغوط يتم رش البلازما على سطح القطعة .

يؤدي تطبيق سطح المعالجة بالبلازما الى سطح طلاء رقيق للغاية عالي الشد يمنع التآكل ويحافظ على سطح المعدن ويقوم بتنظيفه من الغبار والشحوم في نفس الوقت.

2- **الانودة :** الأكسدة الكهروكيميائية للمعادن أو السبائك. يستخدم المعدن أو السبائك كأنود لتشكيل طبقة رقيقة من الأكسيد على سطحه عن طريق التحليل الكهربائي. يغير فيلم أكسيد المعدن حالة السطح وخصائصه ، مثل تلوين السطح ، ومقاومة التآكل ، ومقاومة التآكل والصلابة ، وحماية سطح المعدن.

3- **الليزر:** تعد معالجة السطوح بالليزر من اهم التقنيات الحديثة لمعالجة السطوح والتي تتضمن تسليط حزمة من اشعة الليزر على سطح المعدن المراد تصليد سطحه حيث يقوم بصهر المعدن في تلك المنطقة ولعمق يختلف من معدن الى اخر ومن ثم يتصلب المعدن فتزداد صلادته ويكون اقل عرضة للتآكل.

الاختبار البعدى:- 1- مالمقصود بمعاملة الاسطح بالليزر وكيف يتم ذلك.
2- عرف الانودة مبينا" الفائدة منها.

الاسبوع الخامس عشر:

الدوافع:- تعرف بالمواد النانوية وطرق استخدامها

الأهداف السلوكية:- التعرف على المواد النانوية متضمنا" انواعها واستخداماتها ومزاياها وسلبياتها.

الوسائل المستخدمة :- لابتوب ، جهاز الداتا شو ، سبورة بيضاء .

الجانب العملي: فحص العيوب الداخلية باستخدام الذبذبات فوق الصوتية(ltrasonic).
التعريف بالمواد النانوية ، استخداماتها ، طرق تحضيرها .

المواد النانوية:

تعريف المواد النانوية: هي تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي تمثل الحجر الاساس لعلم النانو وتكنلوجيا النانو وهي تلك الجسيمات التي يمكن إنتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر و 100 نانومتر وقد أدى صغر هذه المواد أن تختلف صفاتها عن المواد الأكبر حجما (أكبر من 100 نانومتر) حيث ان قطرها اصغر بحوالي 100000 مرة من قطر شعرة الانسان. تعتبر المواد النانوية مثيرة للاهتمام وذلك لامتلاكها خصائص بصرية ومغناطيسية وكهربائية فريدة من نوعها مما جعلها لها القدرة على احداث تأثيرات كبيرة في مجال الطب والالكترونيات والصناعات وغيرها من المجالات.

أين توجد المواد النانوية؟

توجد بعض المواد النانوية بشكل طبيعي وبعضها الاخر يمكن تصنيعها حسب المجال الذي يتم استخدامها فيه من قبل مهندسين مختصين.

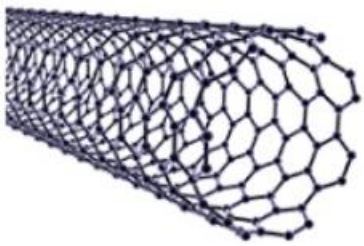
انواع المواد النانوية:

المواد النانوية مواد متناهية الصغر تحتوي على الاقل على بعد واحد اقل من 100 nm او اقل ويمكن تقسيمها حسب ابعادها الى :

1- **صفرية البعد (ذات ابعاد صفرية) :** شكلها نقطي وتتواجد على شكل مجموعات مثل بعض ذرات الاتربة.

2- **ذات بعد واحد :** تكون عبارة عن فيلم من النوع الرقيق من الجسيمات النانوية ذات البعد الواحد. تستخدم لعمل الاغشية الدقيقة والطبقات والطلاءات.

3- **ثنائي البعد:** يتكون هذا الهيكل من بعدين اقل من 100 nm تستخدم في الانابيب النانوية والالياف والاسلاك النانوية.



4- **ثلاثة الأبعاد :** في هذا النوع ، يتكون الهيكل من ثلاثة أبعاد. هذه هي الأكثر استخدامًا في المواد المغناطيسية والمحفزات وكرة البوكي المبينة بالشكل والمتكونة من 60 ذرة كاربون ،وما إلى ذلك.

استخدامات المواد النانوية:

يعدّ النانو من أحدّث التقنيات المُستّخدمة في الصّناعة وذات أثر كبير في عدّة مجالات أهمّها المجال الإلكتروني حيث تعمل تقنية النانو على زيادة إمّكانيّات الأجهزة الإلكترونيّة من حيث زيادة سرعتها وغيرها بالإضافة لتقليل وزنها واستهلاكها للطاقة .من هذه الاستخدامات:

1- في مجال حماية الانابيب والمعدات من التاكل .
2- صناعة الزجاج والمعادن وتغطية سطوح المنازل وعزل السدود والبناء والجسور وكسو أجسام الطائرات.
3- الاستخراج حيث يمكن استخدام الجسيمات النانوية في تحسين عملية الاستخراج من المعادن والخامات. على سبيل المثال، يمكن استخدام الجسيمات النانوية المغناطيسية للتركيز على المواد المعدنية المتواجدة في الخامات.
4- البطاريّات والخلايا الشمسية : يتمّ حاليًا تطوير بطاريّات باستّخدام تقنية النانو، ستكون هذه البطاريّات ذات كفاءة عالية وعمر طويل.
5- المجال الإلكتروني : تعمل تقنية النانو على زيادة إمّكانيّات الأجهزة الإلكترونيّة من حيث زيادة سرعتها وغيرها بالإضافة لتقليل وزنها واستهلاكها للطاقة.

سلبيات استخدام المواد النانوية :

1- تكلفة التصنيع العالية.
2- خطورة المواد المصنعة باستعمال الأنابيب النانوية الكربونية على الصحة.

الاختبار البعدي:-

1- عدد انواع المواد النانوية مبيا" واستخدامتها مع رسم كل نوع.
2- ماهي سلبيات استخدام الماد النانوية ؟

5/ المصادر:-

مباديء هندسة المعادن للدكتور حسين باقر رحمة الله
علم المعادن للدكتور عماد محمد ابراهيم خليل
Engineering materials 1
Nanotechnologies principles, applications
الجامعة التقنية الشمالية / المعهد التقني الموصل
الجامعة التكنلوجية /هندسة المواد