

جامعة الفرات الاوسط التقنية المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الاول

علم المعادن, نشأة المعادن, التبلور في المعادن وانواعه

د. رؤى محمد منير

علم المعادن Mineralogy

هو العلم الذي يختص بدراسة المعادن من ناحية (انواعها, خواصها الكيميائية والفيزيائية وتركيبها البلوري, ومعاملاتها الحرارية).



انواع المعادن

- **المعادن غير الحديدية:** بأنها قادرة على توصيل الحرارة والتيار الكهربائي, مثال على هذا النوع هو الألومنيوم والرصاص والنحاس.
- **المعادن الحديدية:** تتكون من الحديد بالإضافة إلى عنصر الكربون, تعتبر موصلات جيدة للحرارة والتيار الكهربائي. مثال على هذا النوع هو الحديد والصلب.
- **المعادن النبيلة:** تتميز بنقص التفاعل أثناء التفاعلات الكيميائية, لكنها تتفاعل عندما تكون موجودة في شكل سائل أو مسحوق, مثال ذلك الذهب والبلاتين والفضة.
- **معادن ثقيلة:** هي المعادن ذات الوزن الذري العالي والكثافة العالية, وتتميز بكونها سامة وتهدد صحة الإنسان عند وصولها إلى داخل الجسم مثل الزرنيخ والكاديوم والرصاص.
- **السبائك المعدنية:** تتكون عناصر هذه المجموعة من مزيج من المعادن, حيث يتم تمييزها على أنها معادن مختلفة بهدف الحصول على الخواص المطلوبة مثل قوة أكبر أو متانة أكبر أو مقاومة أكبر ضد التآكل.

تبلور المعادن Crystallization

التبلور (أو البلورة) عبارة عن عملية تشكيل (طبيعية كانت أم اصطناعية) 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.



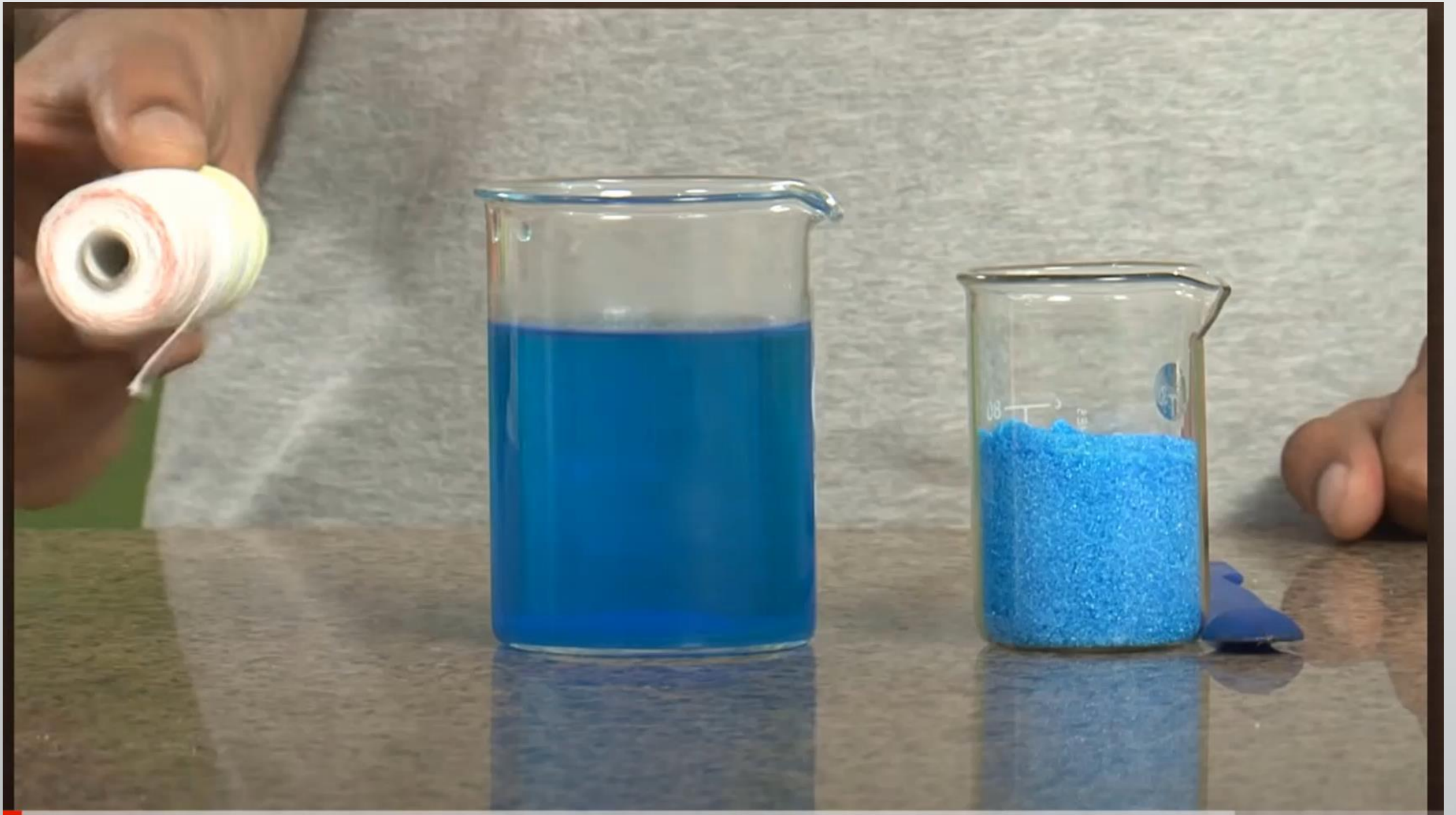
تبلور المعادن

تبدأ عملية التبلور بتكوين نويات والتي تعتبر مراكز تبلور البلورات وتسمى هذه العملية بعملية (التخليق). تتكون النويات بطريقتين:

1. التخليق المتجانس: حيث تنفصل النويات من السائل المبرد او تتكون بصورة طبيعية (الاحجار الكلسية في الكهوف).

2. التخليق الغير متجانس: تتكون النواة باضافة شوائب خارجية مثل ذرات الرمل او ذرات اخرى اي ان النواة تكون بصورة صناعية.





تبلور المعادن

النواة المتكونة بأي من الطريقتين السابقة تحتوي على عدد قليل من الذرات تترتب بصورة منتظمة وتأخذ احد الاشكال الهندسية مثل FCC, BCC ثم تنمو في الاتجاهات الثلاث مكونة ما يسمى بالمحاور الاساسية بعد ذلك تتكون المحاور الثانوية ثم الثلاثية... الخ, الى ان ينتهي التبلور.

يبدو الشكل النهائي للبلورة بشكل شجري يشبه الشجرة ويطلق عليه بأسم التبلور الشجري.

1



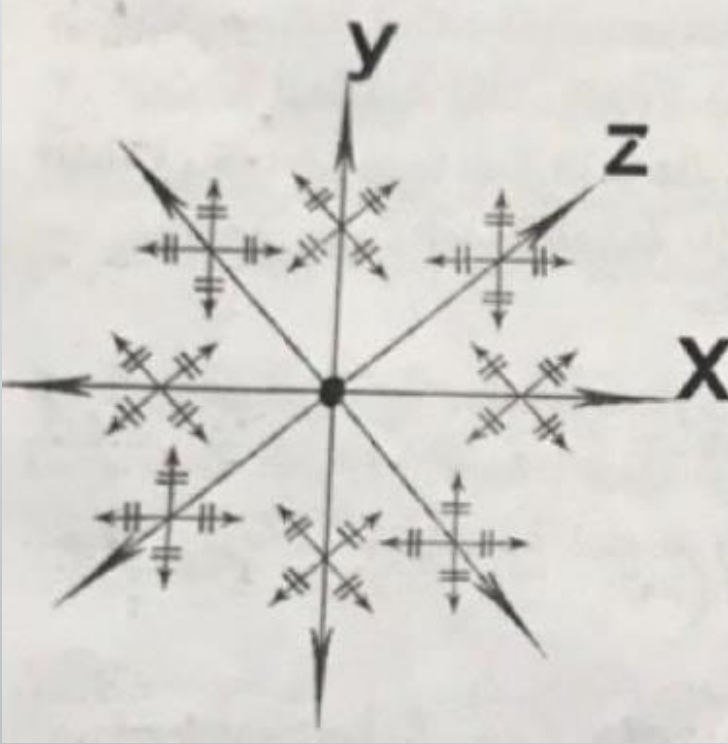
2



3



تبلور المعادن



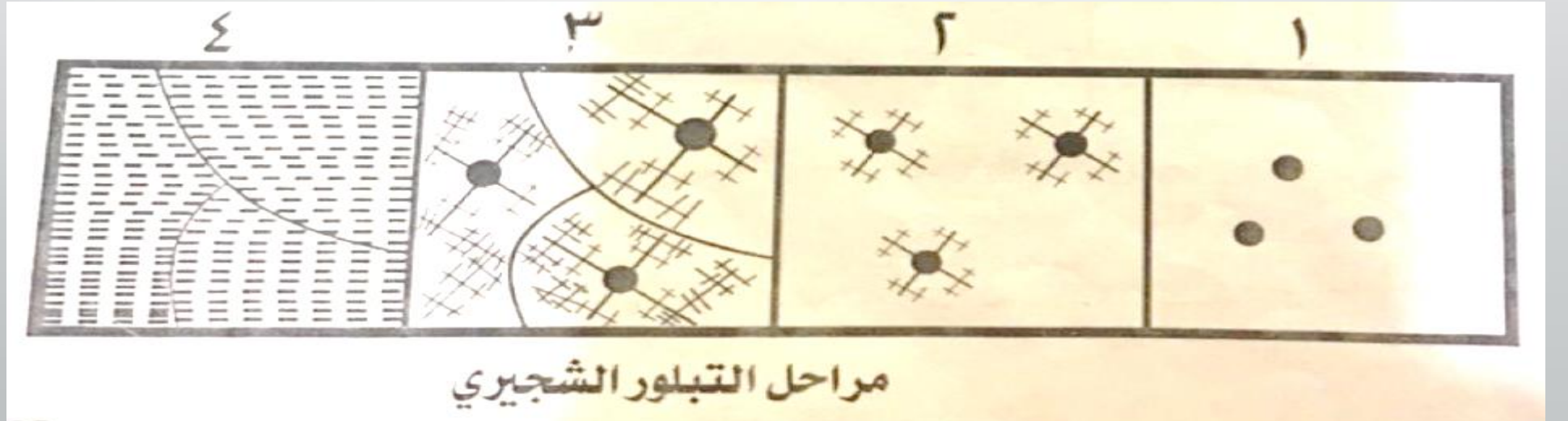
الشكل الشجري



مراحل التبلور الشجري

يتم التبلور الشجري حسب المراحل التالية:

1. تتكون نواة من السائل المبرد
2. انطلاق شجيرات من النواة
3. تلاقي اذرع الشجيرات وتوقف النمو نحو الخارج
4. تجمد السائل المتبقي بين اذرع الشجيرات واختفاء الشكل الشجري.



إنتاج البلورات

لإنتاج بلورات كبيرة الحجم أو إنتاج بلورات على مستوى صناعي كبير ذات نقاوة عالية،

- منها إنتاج بلورات أيونية،
- ومنها إنتاج بلورات روابط تساهمية.

إنتاج بلورات صغيرة:

- إنتاج المساحيق، ومؤخرا مساحيق تقنية النانو،
- إنتاج على المستوى الصناعي الكبير في الصناعات الكيماوية مثل إنتاج الملح،
- إنتاج العينات: إنتاج عينات دقيقة لدراسة خصائصها في علم المواد، وطرق إعادة التبلور، وتبلور بلورات غريبة تدرس عن طريقها بناء الجزيئات، وقوي ترابط الذرات في البناء البلوري.

تستخدم طرق تعيين البنية البلورية بواسطة:

- أشعة إكس
 - مطيافية الرنين المغناطيسي النووي NMR spectroscopy
- في الكيمياء المعدنية والكيمياء العضوية لمعرفة الهياكل البلورية لأعداد كبيرة من المركبات المعدنية والمركبات العضوية، ومن ضمنها دراسة بنية الجزيئات العضوية الكبيرة.

- تعتمد عملية التبلور على الترموديناميكا وحركة الجزيئات مما يجعل من الصعب التحكم في تلك العملية. وتدخل فيها مسألة نقاوة المادة المتبلورة، وطريقة خلط المكونات، وتصميم بودقة التبلور، ومعدل التبريد، كل تلك العوامل تؤثر على حجم البلورة المتكونة، وعدد البلورات، وشكلها.
- ويمكننا تصور عملية التبلور بتخيل جزيئ في داخل «بلورة مثالية» عندما ترفع درجة حرارتها بواسطة مصدر حراري خارجي. فعند وصول البلورة إلى درجة حرارة معينة (مميزة لمادة البلورة)، ينقطع الرباط بين الجزيئ وما حوله فجأة، ولحظيا يحدث ذلك لجميع الجزيئات في البلورة فتتفصل الجزيئات عن بعضها وتفقد هيكلها البلوري مكونة سائلا (يصبح توزيع مجموع الجزيئات عشوائيا لا شكل داخليا له). وتصف الديناميكا الحرارية تلك العملية بأن تحول المادة الصلبة المتبلورة إلى السيوالة بسبب زيادة الإنتروبية S حيث تزيد عشوائية توزيع الجزيئات في النظام، وتغلبه على الإنتالبية H ، أي قوي الروابط بين الجزيئات.

$$T(S_{liquid} - S_{solid}) > H_{liquid} - H_{solid}$$

$$G_{liquid} < G_{solid}$$

قانون كبس..... $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$

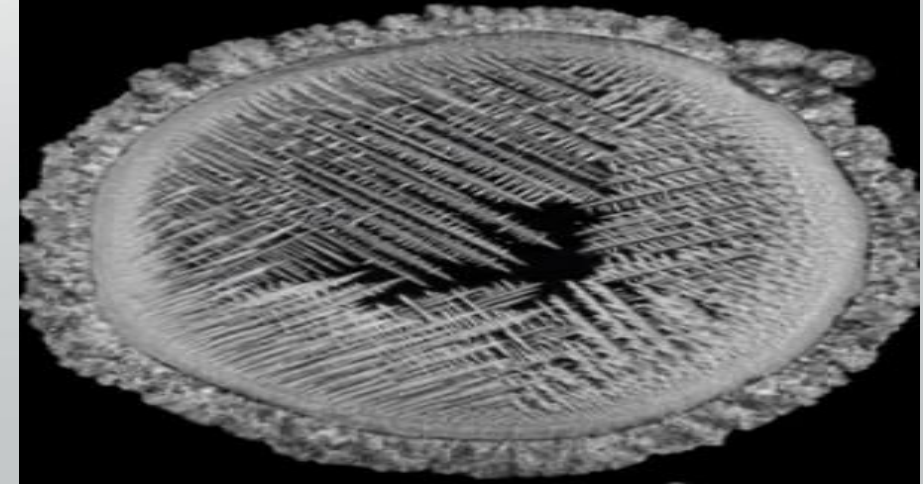
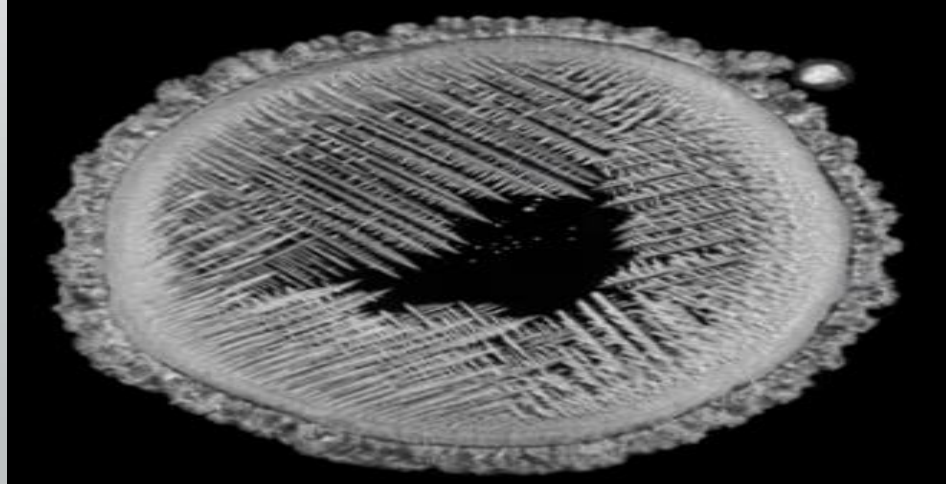
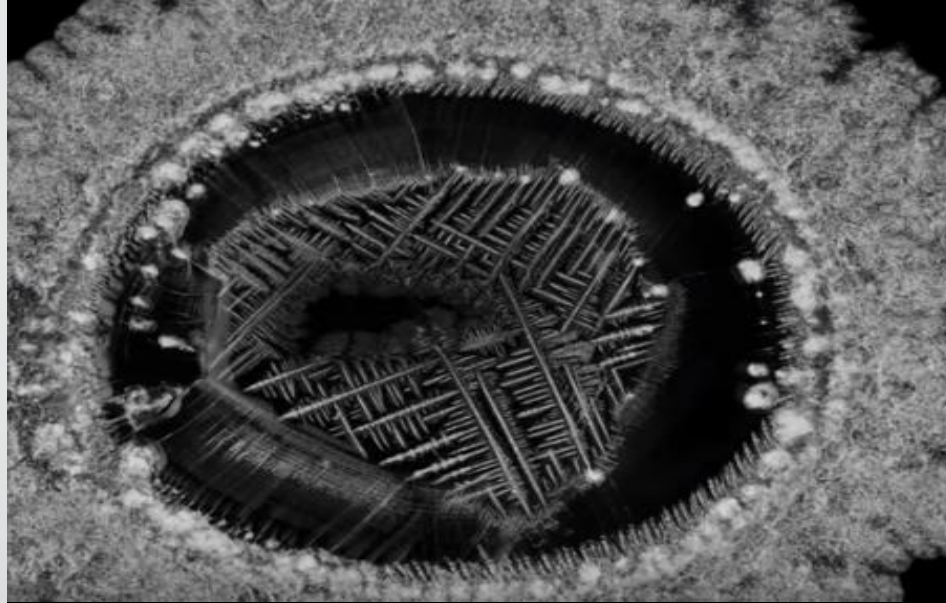
G تسمى **طاقة جيبس الحرة** وهي في السائل أقل من مقدارها في المادة الصلبة أو البلورة. تلك العملية تحدث دائما عند ارتفاع درجة الحرارة. كذلك بالنسبة إلى عملية التبريد، فعند التبريد ووصول درجة الحرارة المميزة للمادة، فجأة تتشابك الجزيئات وتتخذ شكلها البلوري. بذلك تنخفض **الأنتروبية** بسبب تبوء الجزيئات أماكن ثابتة منتظمة في البلورة. وهي عندما تتربط فيما بينها فهي تطلق حرارة الارتباط إلى الجو المحيط بها الذي يزيد من عشوائية الذرات والجزيئات في الكون - أي تزيد انتروبية الكون. ولكن السوائل التي تتصرف بهذه الطريقة عند تبريدها قليلة، فعلى الرغم من **القانون الثاني للديناميكا الحرارية** يحدث التبلور عادة عند درجة حرارة أقل قليلا عن درجة الحرارة المميزة للمادة - عند حالة للسائل تسمى «تبريد فائق». وهذا يعني من وجهة **الترموديناميكا** أنه من الأسهل هدم البلورة وتفرقة جزيئاتها عن جمعهم وبناء النظام البلوري.

وإنه من الأسهل إذابة بلورة في **مذيب** عن تكوين بلورة منتظمة من هثل ذلك المحلول. إن تكوين نواة ابتدائية للتبلور وتنمية البلورة يعتمد على التحكم في حركة الجزيئات أكثر من اعتمادا على التحكم في الحركة الحرارية (**الترموديناميك**).

عملية تبلور كلوريد الامونيوم

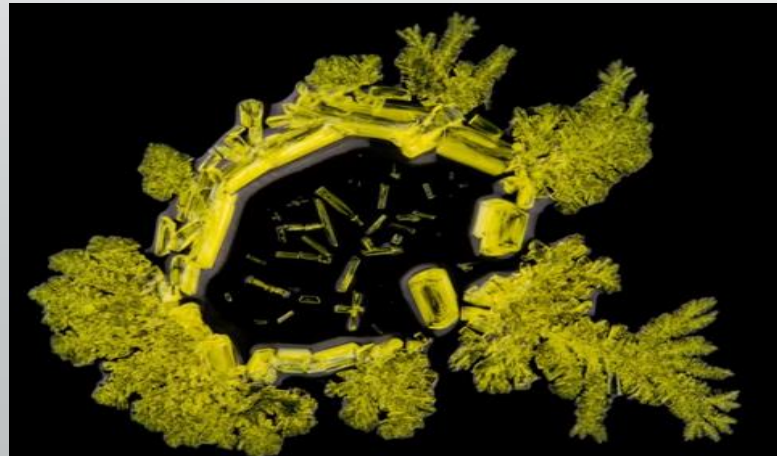


ملح كلوريد الامونيوم

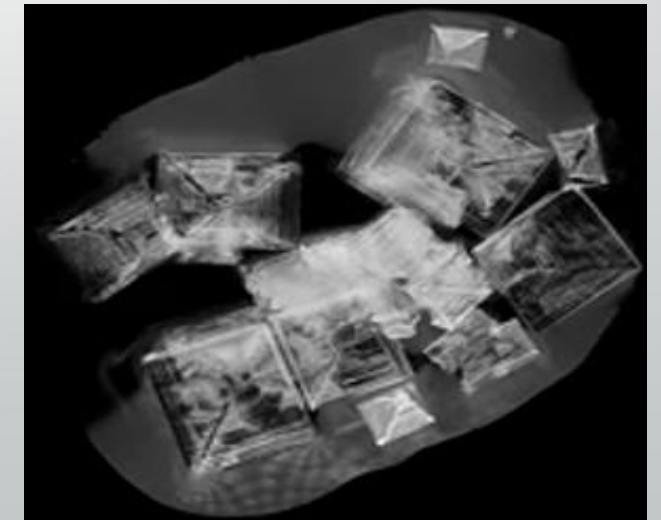
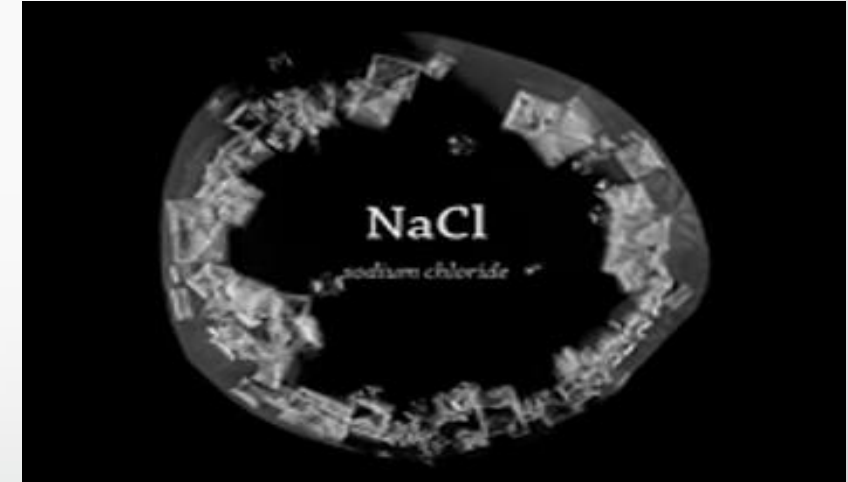


امثلة على بعض اشكال التبلور

كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4)



كلوريد الصوديوم (NaCl)



يعتمد على معدل التخليق ومعدل النمو ويتأثر بالعوامل التالية:

- معدل التبريد

- درجة المعدن السائل

- التركيب الكيميائي

- الشوائب الموجودة في المعدن

☐ الحبيبات الناعمة تتكون عندما يكون معدل التخليق عالى ومعدل النمو قليل والعكس يحدث عند تكون الحبيبات خشنة

☐ الحبيبات الناعمة ذات مقاومة وصلادة

☐ الحبيبات الخشنة قليلة المقاومة والصلادة

تطبيقات التبلور

- تنقية مياه البحر
- فصل بلورات الشب عن العينات الغير النقية
- في صناعة المستحضرات الصيدلانية ، يتم استخدام التبلور كعملية فصل وتنقية لتخليق وعزل البلورات المشتركة ، والمكونات الصيدلانية النشطة النقية (API) ، وتسليم الأدوية الرئوية المتحكم فيه ، وفصل الأيزومرات اللولبية.

المزايا الرئيسية للبلورة:

- يمكن الحصول على منتج عالي النقاوة من خطوة واحدة عبر عملية التبلور.
- المنتجات الجافة المتكونة من التبلور يمكن تعبئتها وتخزينها مباشرة.
- متطلبات الطاقة ودرجات حرارة التشغيل لهذه العملية منخفضة نسبياً.

الواجب البيتي 1

1. ارسم مراحل التبلور الشجري بالتفصيل.

2. ماهو المعدن السائل؟ شرح مختصر.



جامعة الفرات الاوسط التقنية المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن

الاسبوع الثاني والثالث
**تركيب الكتل المعدنية, عيوب الصبات,
معامل الاكتظاظ الذري**

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة

- علم المعادن
- التبلور الشجري

تركيب الكتل المعدنية - الطبقات المتجمدة

ان البلورات الناتجة بعد عملية التجمد تكون أبرية أو دائرية أو شجيرية وهذا يعتمد على عوامل منها ما يلي :-
١- معدل التبريد ٢- نوعية الشوائب ٣- كمية الشوائب ٤- ظروف عملية الصب
ويتوقف عدد الطبقات على نوع وطبيعة السائل المصبوب فإذا كان السائل معدناً نقياً تتكون طبقتان أما إذا كان السائل سبيكة
فإن عدد الطبقات المتجمدة ثلاث طبقات ، وبصورة عامة لا يمكن الحصول على معدن تجاري نقي ١٠٠٪ فإن عدد الطبقات
المتجمدة ثلاث طبقات وهي كما يلي :-

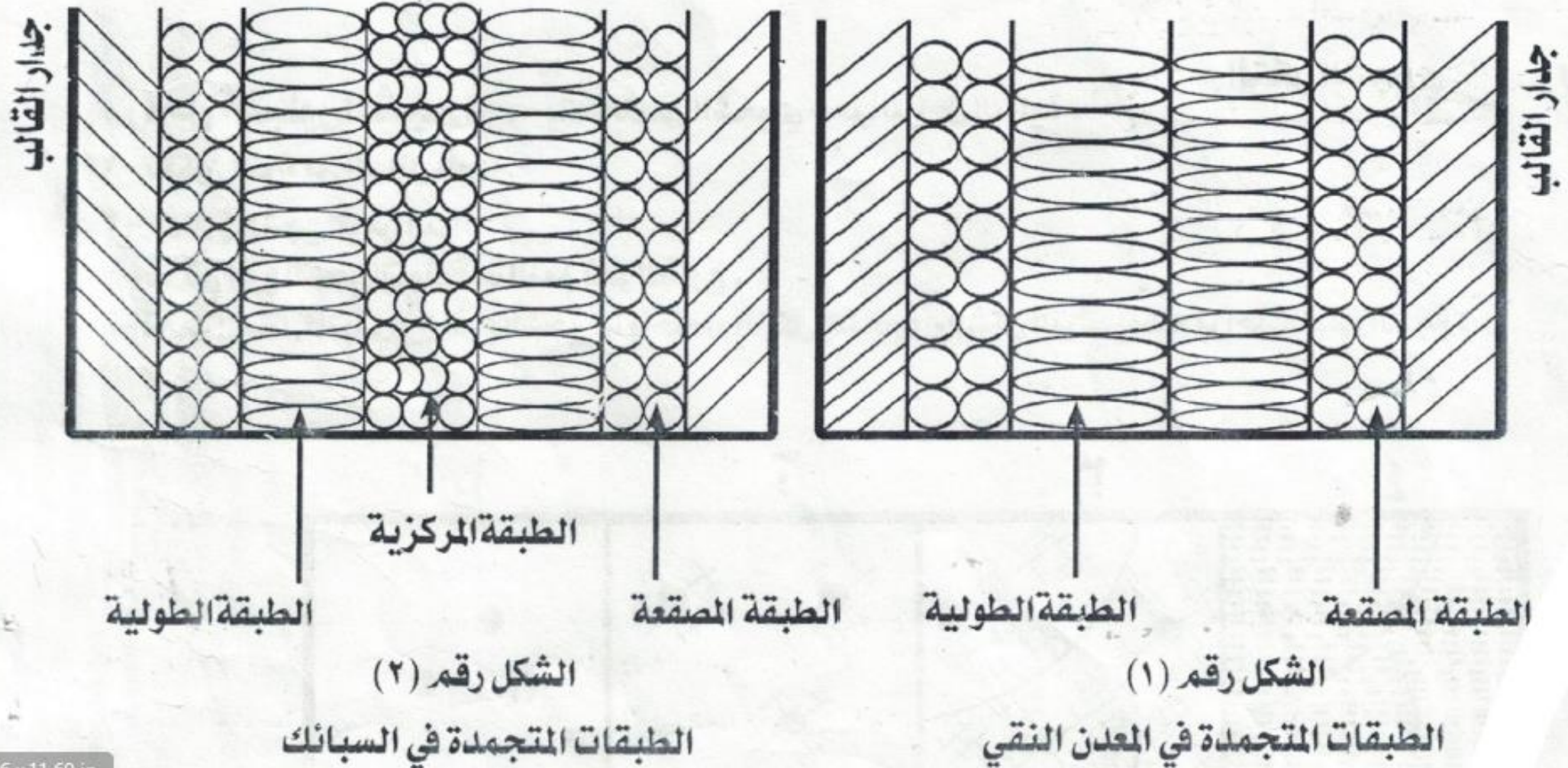
١. الطبقة المصقعة (chill-zone) تتكون هذه الطبقة عند ملامسة السائل المصبوب لجدران القالب الباردة حيث
تتكون نويات بطريقتين (التخليق المتجانس والغير متجانس) ويكون عدد النويات كبير أما حجمها وحجوم البلورات الناتجة
صغيرة وتنمو هذه البلورات قريبة عن بعضها البعض لذلك تكون عشوائية الترتيب وحجومها متساوية تقريبا وبما أن نموها
يكون محدد بالبلورات المجاورة فإن حجمها تكون متماثلة ومتساوية تقريبا .

الطبقات المتجمدة

٢. الطبقة الطولية (العمودية): (columnar-zone) هذه الطبقة تلي الطبقة المصقعة وفيها يكون معدل التخليق صغيراً جداً بينما معدل النمو عالي جداً حيث يحصل نقصان بدرجة حرارة السائل كلما أبتعدنا عن الطبقة المصقعة مما يشجع بعض بلورات الطبقة المصقعة بأن تقذف أذرع نحو الداخل وتنمو على شكل شجيرات مكونة الطبقة الطولية .

٣. الطبقة المركزية (طبقة تساوي المحاور) : (central-zone) تظهر هذه الطبقة في السبائك فقط حيث تقترب درجة الحرارة في وسط المصبوبة من درجة التجمد ثم تحدث عملية نمو ويكون النمو من النوع الشجري وبتكوين الطبقة المركزية ، تكتمل عملية التجمد. والشكلين التاليين يوضحان عدد الطبقات المتجمدة في المعادن النقية والسبائك .

الطبقات المتجمدة في المعادن والسبائك

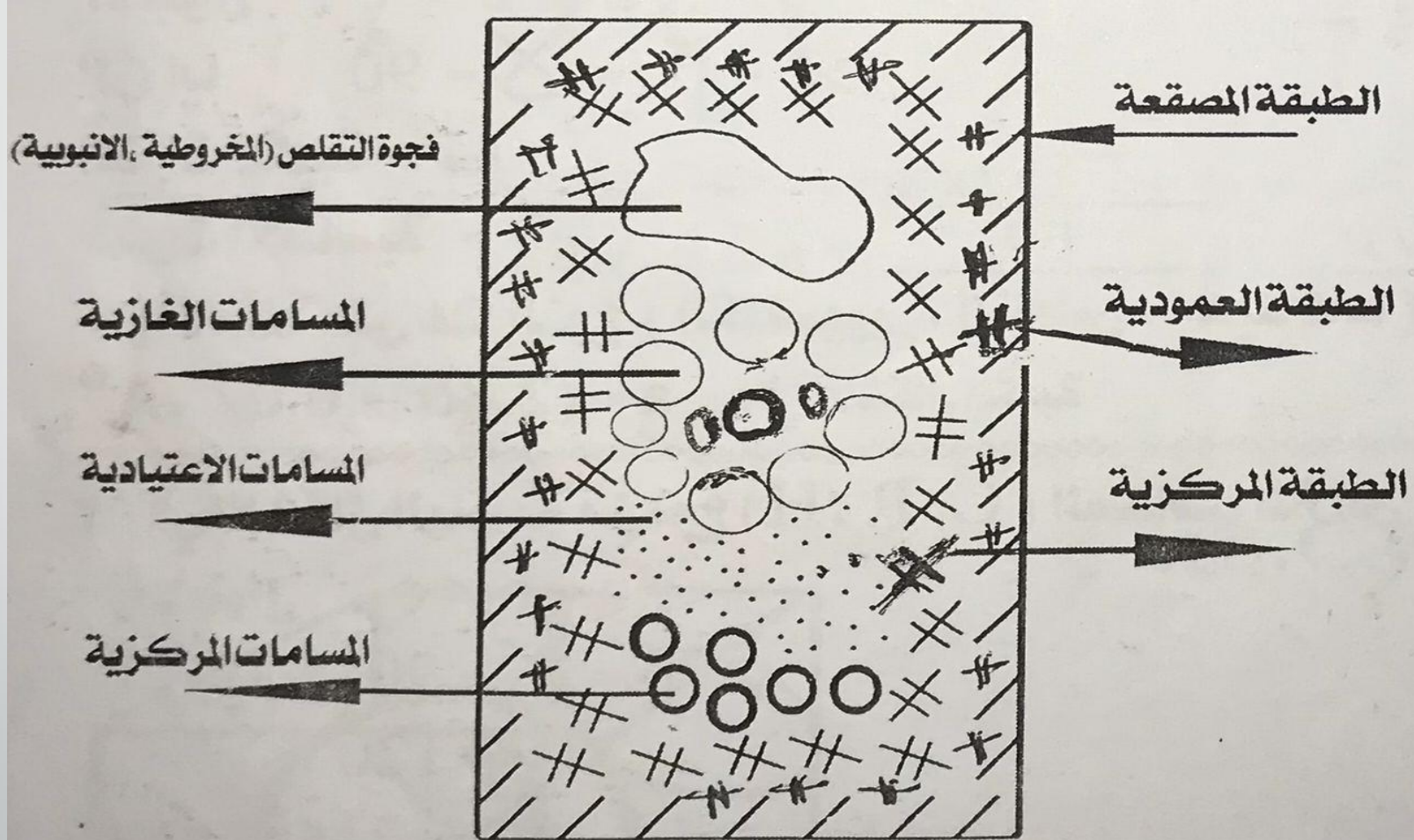


Explain the **Solidification** of **Metals** and **Alloys**.

العيوب الشائعة في المصبوبات

- ١- فجوة التقصص (الفجوة المخروطية ، الانبوبية) : تقع في الجزء العلوي من المصبوبة الذي يتجمد في النهاية . وسبب ظهورها هو الفرق في الحجم بين المعدن السائل والمنجمد وكذلك عدم توفر تغذية كافية لملأ التجويف المتبقي ويكشف عنها بواسطة (الكسر ، بأشعة أكس ، بالامواج فوق الصوتية)
- ٢- المسامات الغازية :- تتكون أثناء التبريد السريع للمعدن حيث ان الغازات الذائبة فيه مثل غاز الهيدروجين والنيتروجين تقل قابلية ذوبانها مع انخفاض درجة الحرارة ونتيجة لسرعة التبريد فان الغازات تنحبس داخل المعدن ولا تتمكن من الخروج وتكون على شكل مسامات يتم الكشف عنها بواسطة الكسر والخراطة على مراحل.
- ٣- المسامات الاعتيادية :- هي عبارة عن فقاعات غازية ممتدة على جميع المقطع العرضي أو عند نهاية الطبقة الطولية وتظهر على شكل نقاط أو خطوط ويتم الكشف عنها بواسطة الفحوصات المغناطيسية .
- ٤- المسامات المركزية :- هي عبارة عن ثقب صغير تكون في بعض الحالات مصحوبة بفقاعات من الاكاسيد والكبريتيدات وتظهر في الاجزاء المصنعة من الجزء السفلي أو المركزي من المصبوبة ويتم الكشف عنها بواسطة
- ٥- المتضمنات الغير معدنية :- تظهر نتيجة لوجود شوائب في المعدن مثل جسيمات من المواد الحرارية المبطننة للفرن وبعض نواتج عملية ازالة الاوكسجين ويتم الكشف عنها بواسطة عدد من الفحوصات اللاتلافية الدقيقة والشكل التالي يوضح بعض أنواع العيوب في المصبوبات.

العيوب الشائعة في المصبوبات

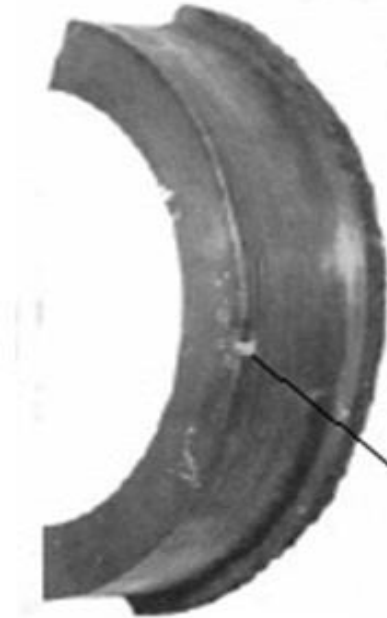
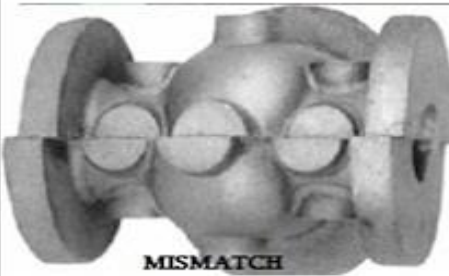


الشكل يوضح
بعض العيوب في المصبوبات

العيوب الشائعة في المصبوبات



Casting Defects



GAS
POROSITY



www.allkindinfo.com



MIS RUN

الفحوصات الاتلافية واللا إتلافية للمعادن

الفحوصات الاتلافية (التدميرية):

هي الفحوصات التي تنتهي بكسر او تشوية المادة او المعدن المفحوص (الشد؛ الضغط؛ الانحناء....الخ)

الفحوصات اللااتلافية (اللاتدميرية):

هي الفحوصات التي لا تؤدي الى كسر او فشل المادة المفحوصة وتقسم الى نوعين:

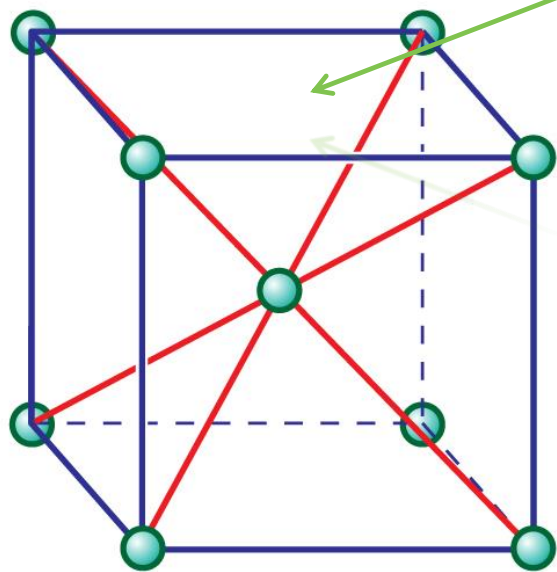
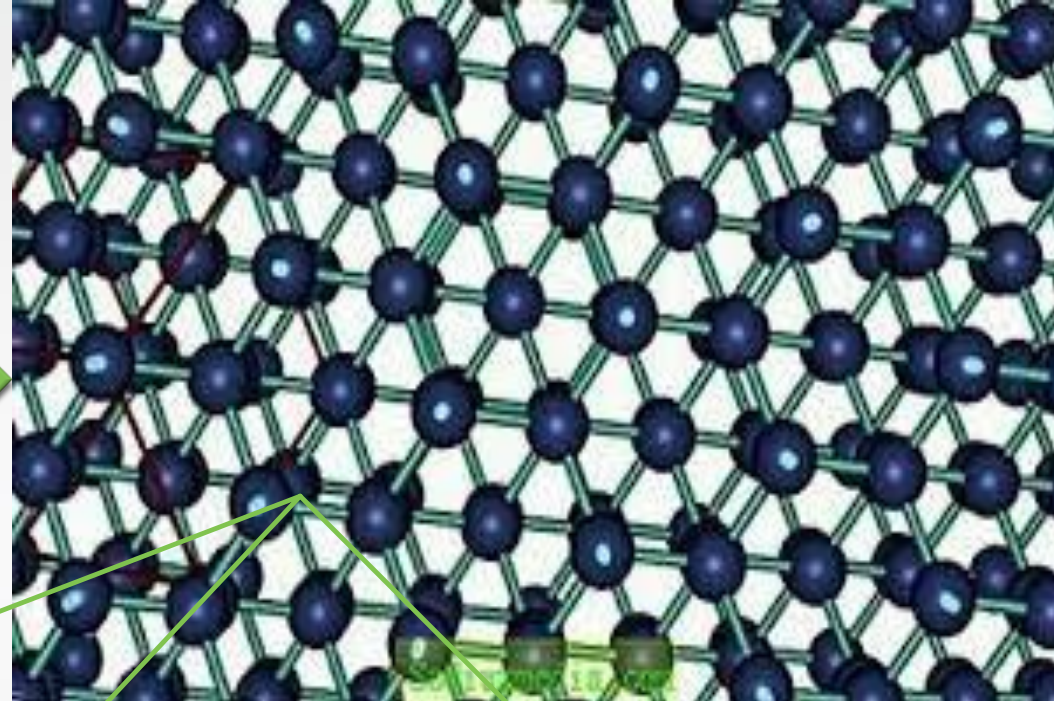
1. فحوصات الكشف عن العيوب السطحية وشبه السطحية

- الفحص البصري
- الفحص بالطرق
- فحص الصبغة النافذة
- فحص الدقائق المغناطيسية

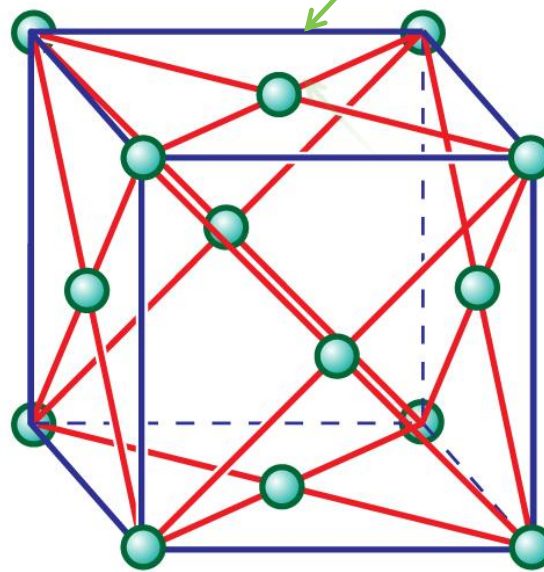
2. فحوصات الكشف عن العيوب الداخلية

❖ فحص الاشعة السينية (X-Ray)

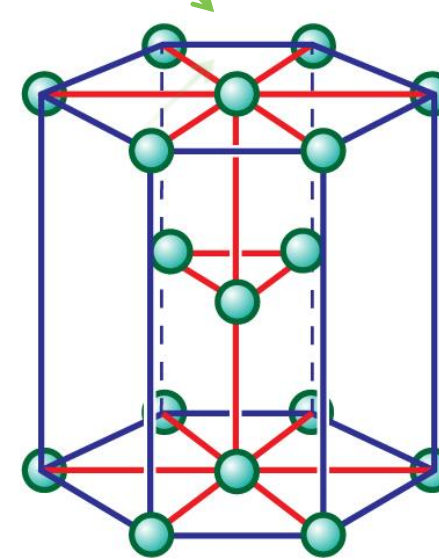
❖ فحص الالذيات فوق الصوتية الترددية (Ultra Sonic)



body-centred cubic (bcc)



face-centred cubic (fcc)

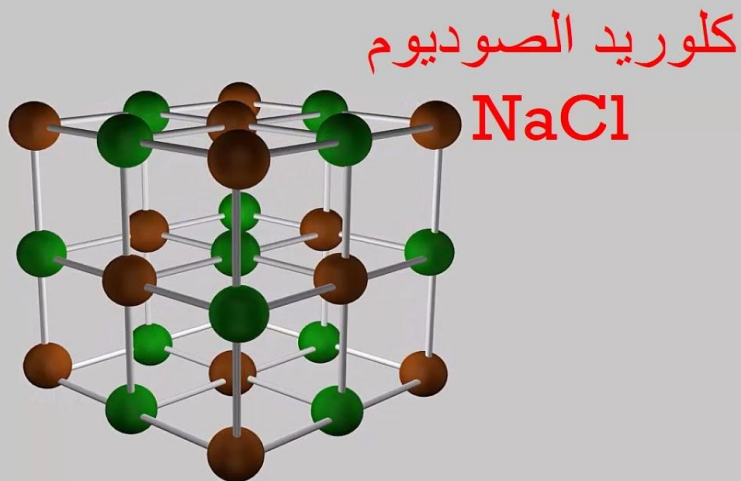


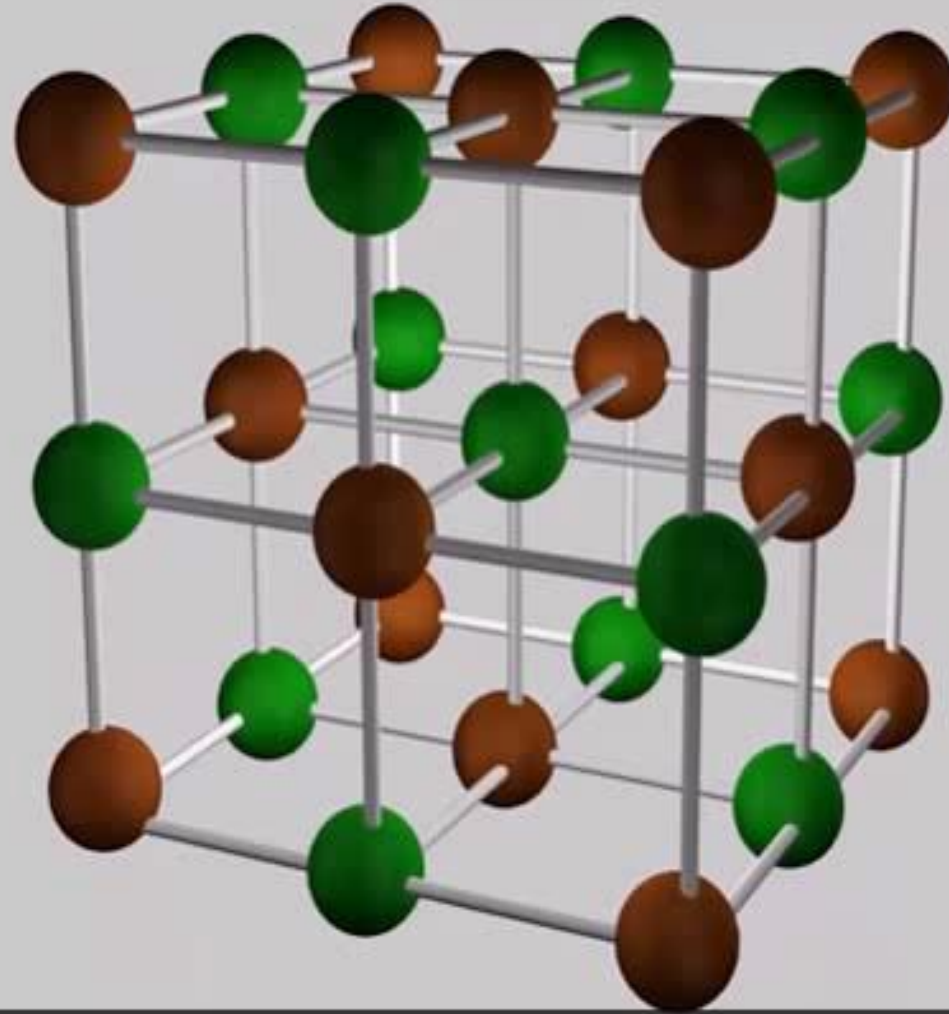
hexagonal close-packed (hcp)

معامل الاكتظاظ الذري

أن الرص الذري للذرات يعتمد على أنصاف أقطار تلك الذرات وعلى خصائص قوى الربط والتأصر بين الذرات، وان كثافة رص الذرات في البلورة الواحدة تحسب بواسطة معامل الرص الذري أو معامل الاكتضاظ والذي يعرف بأنه نسبة حجم الذرة في وحدة الخلية إلى حجم وحدة الخلية .

$$\text{معامل الاكتضاظ الذري} = \frac{\text{حجوم الذرات الاساسية}}{\text{حجم الوحدة البلورية}}$$

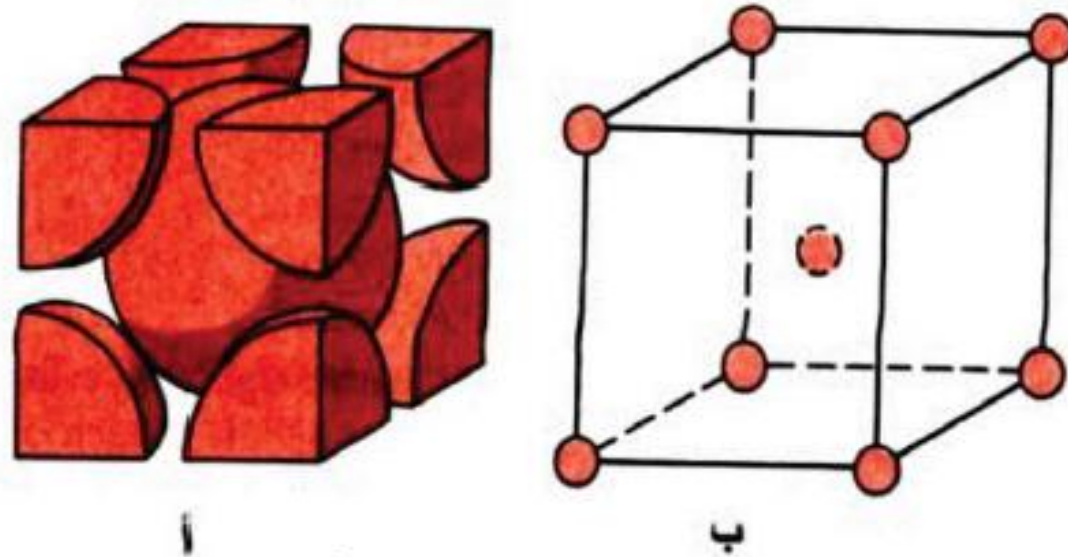




هذه البلورة هي بلورة كلوريد الصوديوم او ما يسمى ملح الطعام

١-٥-٢ النظام المكعبي متمركز الجسم (B.C.C.)

الرمز (B.C.C.) لهذا النظام يأتي من الانكليزية (Body Centered Cubic) شكل هذه الخلية عبارة عن مكعب به ذرة في مركزه وذرة في كل ركن من اركانها . يوضح الشكل (1-7 أ) الشكل الحقيقي لتوزيع الذرات بنظرية الكرة الصلدة كما يوضح الشكل (1-7 ب) الشكل المبسط لتوزيع الذرات في الـ (B.C.C.) .

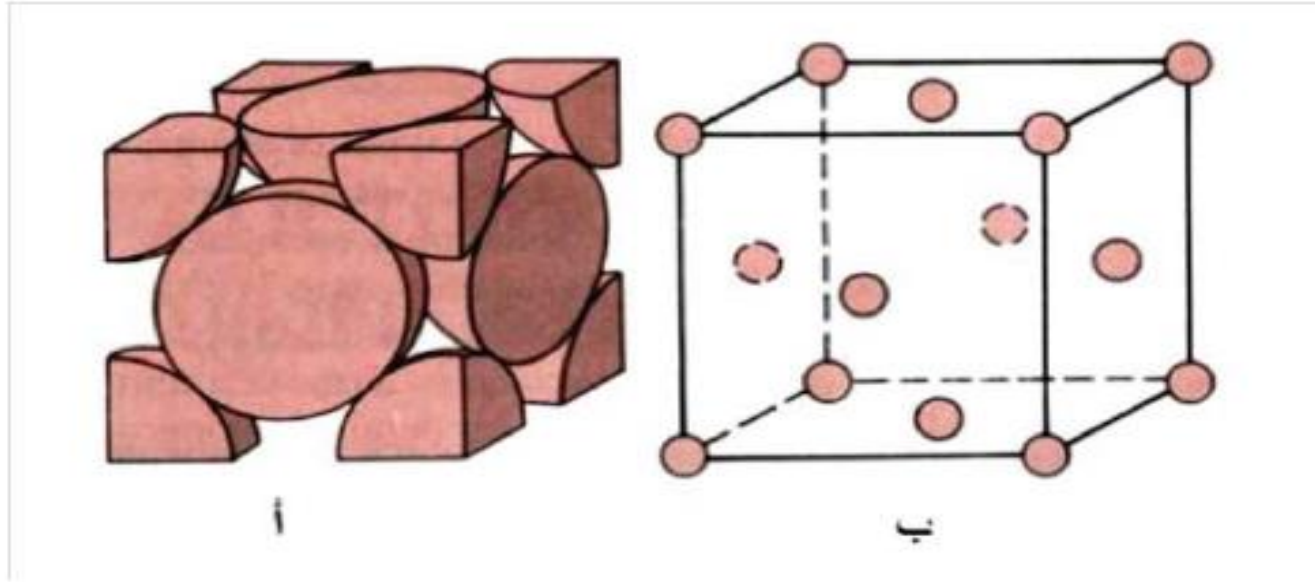


الشكل (1-7 أ) - الشكل الحقيقي لتوزيع الذرات بنظرية الكرات الصلدة في الـ (B.C.C.) .

ب - الشكل المبسط لتوزيع الذرات في الـ (B.C.C.) .

١-٥-٣ النظام المكعبي متمركز الوجه (F.C.C.)

الرمز (F.C.C.) لهذا النظام يأتي من الانكليزية (Face Centered Cubic) شكل هذه الخلية عبارة عن مكعب به ذرة في مركز كل وجه من الالوجه وذرة في كل ركن من اركانه .
الشكل (11-1 أ) يوضح الشكل الحقيقي لتوزيع الذرات بنظرية الكرة الصلدة كما يوضح الشكل (11-1 ب) الشكل المبسط لتوزيع الذرات في الـ (F.C.C.) .



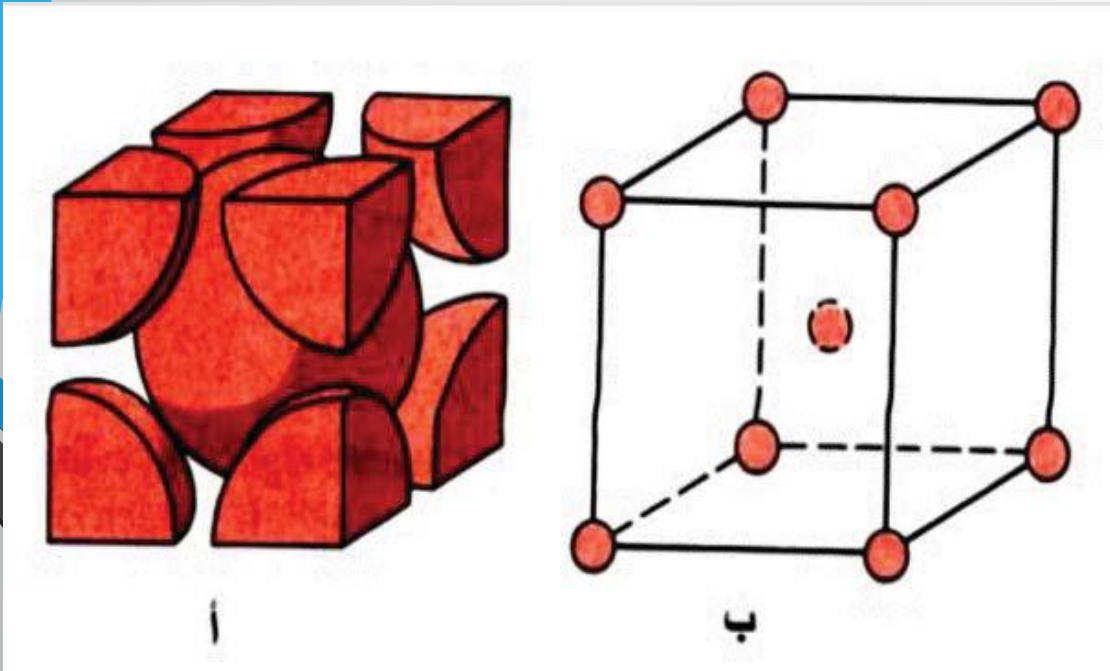
الشكل (11-1 أ) - الشكل الحقيقي لتوزيع الذرات بنظرية الكرات الصلدة في الـ (F.C.C.)

ب - الشكل المبسط لتوزيع الذرات في الـ (F.C.C.)

معامل الاكتضااض الذري لـ bcc

ان العدد الفعلي للذرات في الخلية هو عدد الذرات داخل الخلية, من الشكل ادناه نلاحظ ان ذرة المركز بكاملها داخل الخلية. وذرات الاركان نصيب كل خلية منها هو $1/8$.

العدد الفعلي للذرات في الـ (BCC) $= 1 + 8 \times 1/8 = 2$



معامل الاكتضااض الذري لـ BCC
ATOMIC PACKING FACTOR
 $APF = 0.68$

معامل الاكتضااض الذري لـ fcc

بالنظر لشكل مكعب الالوجه المتمرکز نلاحظ وجود مايلي:

1. اربع ذرات في الالركان الامامية .

2. اربع ذرات في مراكز الالوجه الخلفية في نفس الخلية .

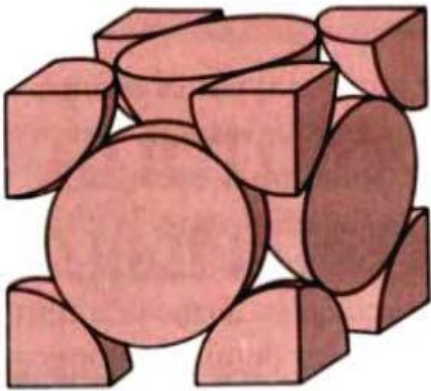
3. اربع ذرات في مراكز الالوجه الامامية اي في الخلية التي امامها .

بالتالي نجد ان العدد التناسقي للذرات هو اثنا عشر, ومن الشكل ادناه نجد ان ذرات الالركان نصيب كل خلية منها $1/8$ وذرات مراكز الالوجه هو $1/2$.

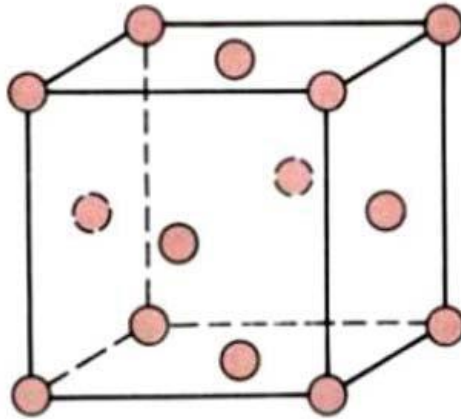
العدد الفعلي للذرات $1/8 \times 8 + 6 \times 1/2 =$

$$4 =$$

معامل الاكتضااض الذري لـ FCC
ATOMIC PACKING FACTOR
APF = 0.74



ا



ب

1. صنف العيوب الشائعة في المصبوبات وكما يلي:

ت	اسم العيب	موقعه	سبب ظهوره	طريقة الكشف عنه

الواجب البيتي

2. بالاعتماد على الفيديو ارسم نمط التجمد للمعدن والسبيكة.

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الثالث والرابع مستويات ميلر البلورية, البلورات وعيوب الشبكة البلورية

د. رؤى محمد منير



مراجعة المحاضرة السابقة/ امتحان

الطبقات المتجمدة في الكتل المعدنية.

مستويات ميلر البلورية (Miller index)

في علم البلورات وعلم المعادن قيم تستخدم لتعريف المستويات والاتجاهات في أنظمة البلورات, وقد ابتكرت تلك الطريقة لوصف المستويات والاتجاهات في البلورة من العالم [وليام ميلر](#) عام 1839.

لتلك الطريقة استخدامات في علم البلورات من أجل التعريف بالمستويات المختلفة التي تتوزع فيها [الذرات](#) أو [الأيونات](#) في البلورة.

يمكن بواسطة تلك المستويات التعرف على النظام البلوري للمعدن، وإذا كنا نقوم بدراسة أحد المركبات أو الأملاح تعطينا شدة قياس الأشعة المنعكسة من البلورة مواضع توزيع الذرات المختلفة أو الأيونات في [البناء البلوري](#).

كما يمكن بدراسة المتجهات في البناء البلوري في [علم المواد](#) معرفة أماكن الخلل في البناء البلوري أو التعرف على الشوائب الموجودة في البلورة.

خطوات حساب مستويات ميلر

1. رسم بلورة مكعبة

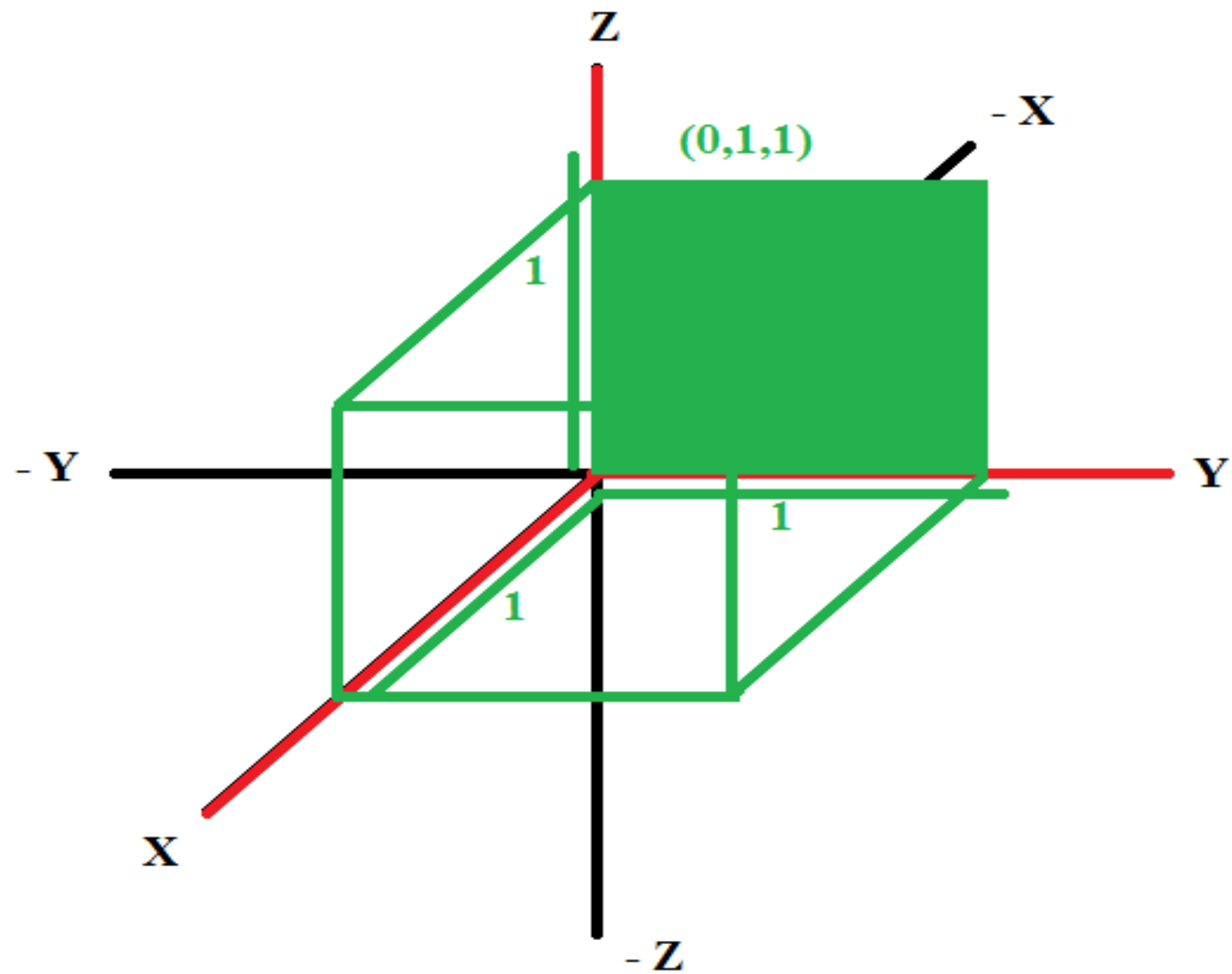
2. تحديد الاحداثيات (x,y,z) عليها

3. اختيار المستوى المطلوب ترقيمه

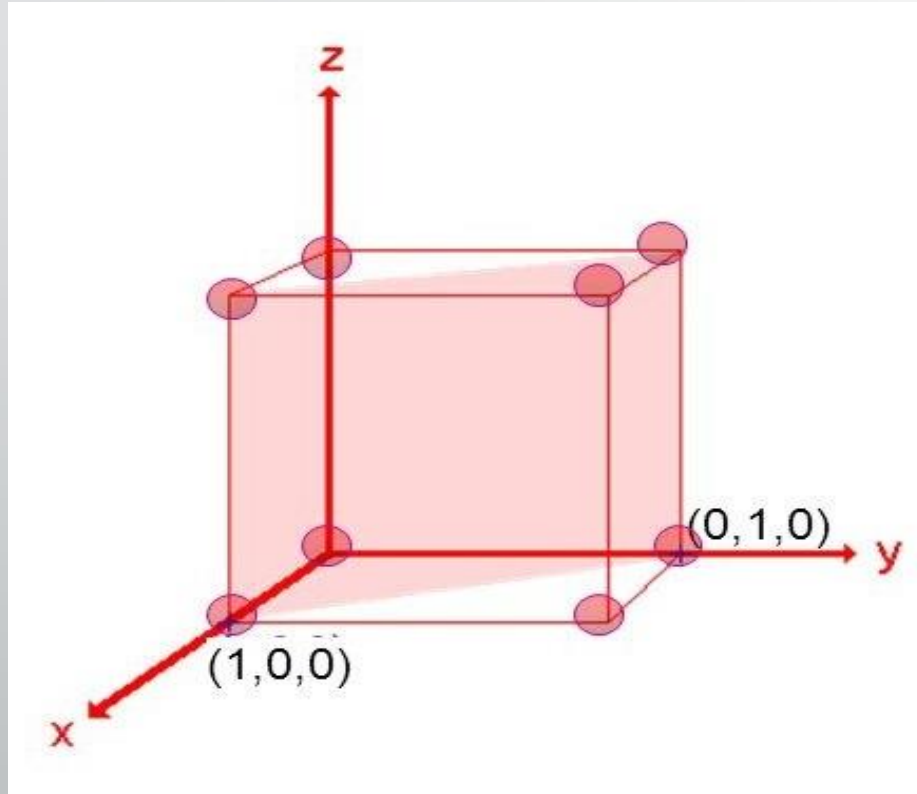
- اذا وقع المستوى على محور X يكون الترقيم $(1,0,0)$
- اذا وقع المستوى على محور Y يكون الترقيم $(0,1,0)$
- اذا وقع المستوى على محور Z يكون الترقيم $(0,0,1)$

ملاحظات:

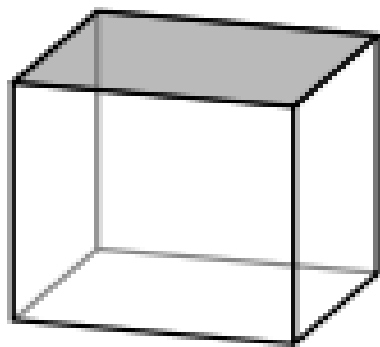
- لا يمكن ان تحمل ارقام المستويات ارقام كسرية
- يمكن ان تحمل ارقام سالبة



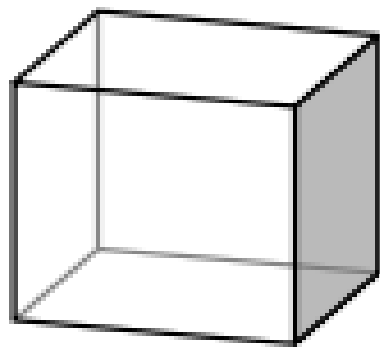
مستویات میلر



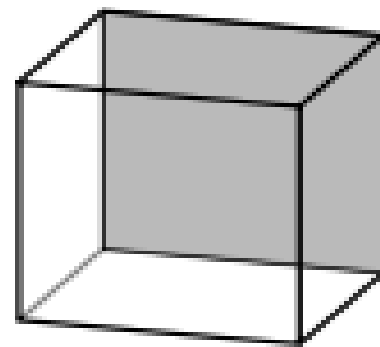
X	Y	Z	مستوی میلر
0	1	1	(011)
1	0	1	(101)
1	1	0	(110)



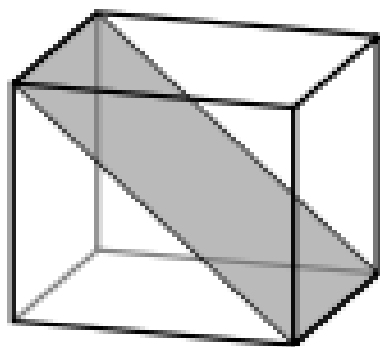
(001)



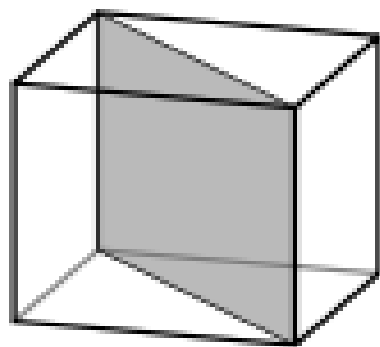
(100)



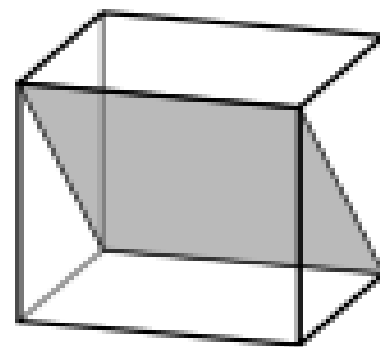
(010)



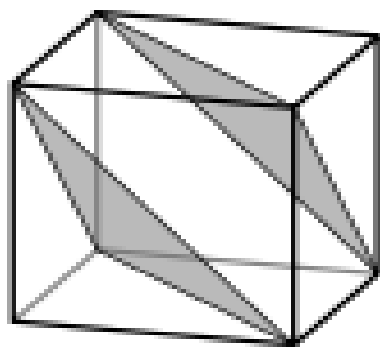
(101)



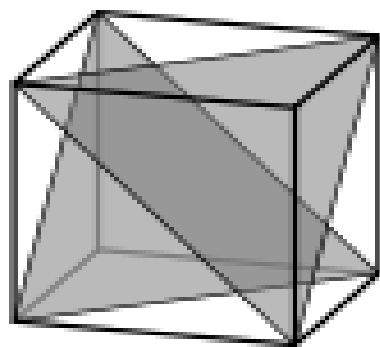
(110)



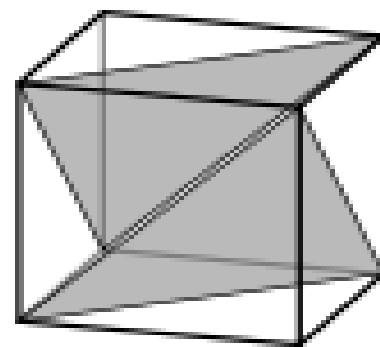
(011)



(111)



(11̄1)



(1̄11)

الانزلاق في المستويات الذرية

<i>Slip Plane</i>	<i>Slip Direction</i>	<i>Number of Slip Systems</i>
FCC {111}	$\langle 1\bar{1}0 \rangle$	12
BCC {110}	$\langle \bar{1}11 \rangle$	12
HCP {0001}	$\langle 11\bar{2}0 \rangle$	3

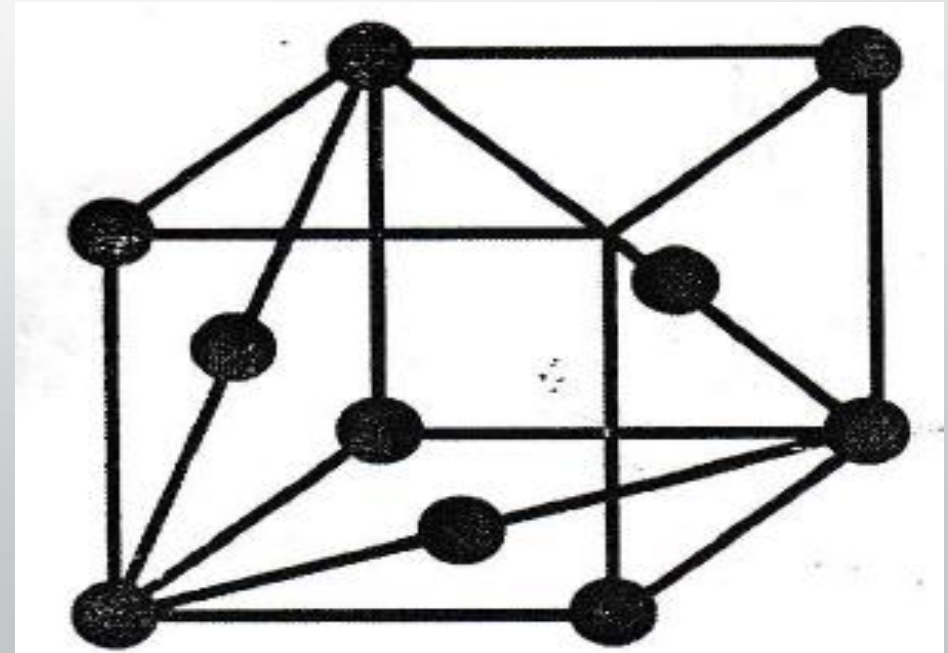
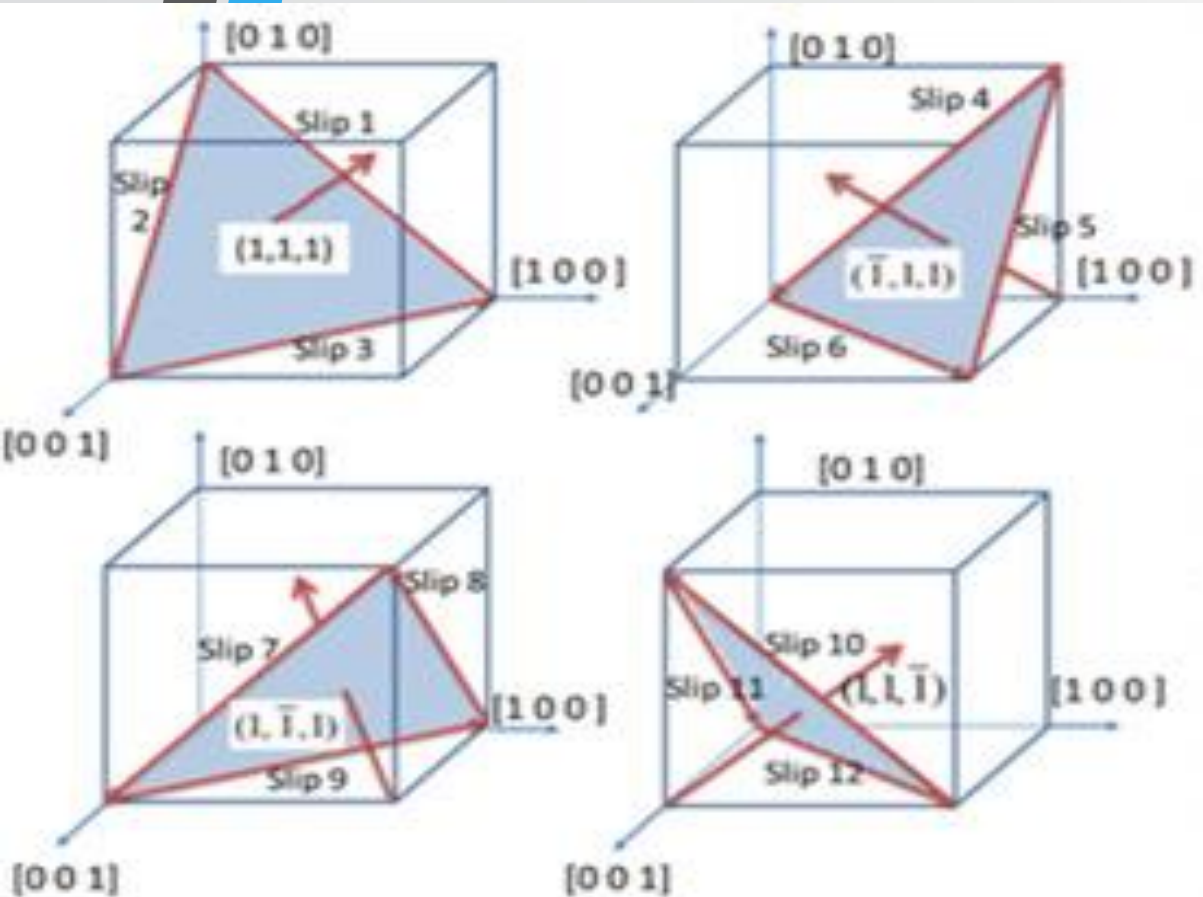
اولا: الانزلاق في الاشكال البلورية

1. الانزلاق في (F. C. C)

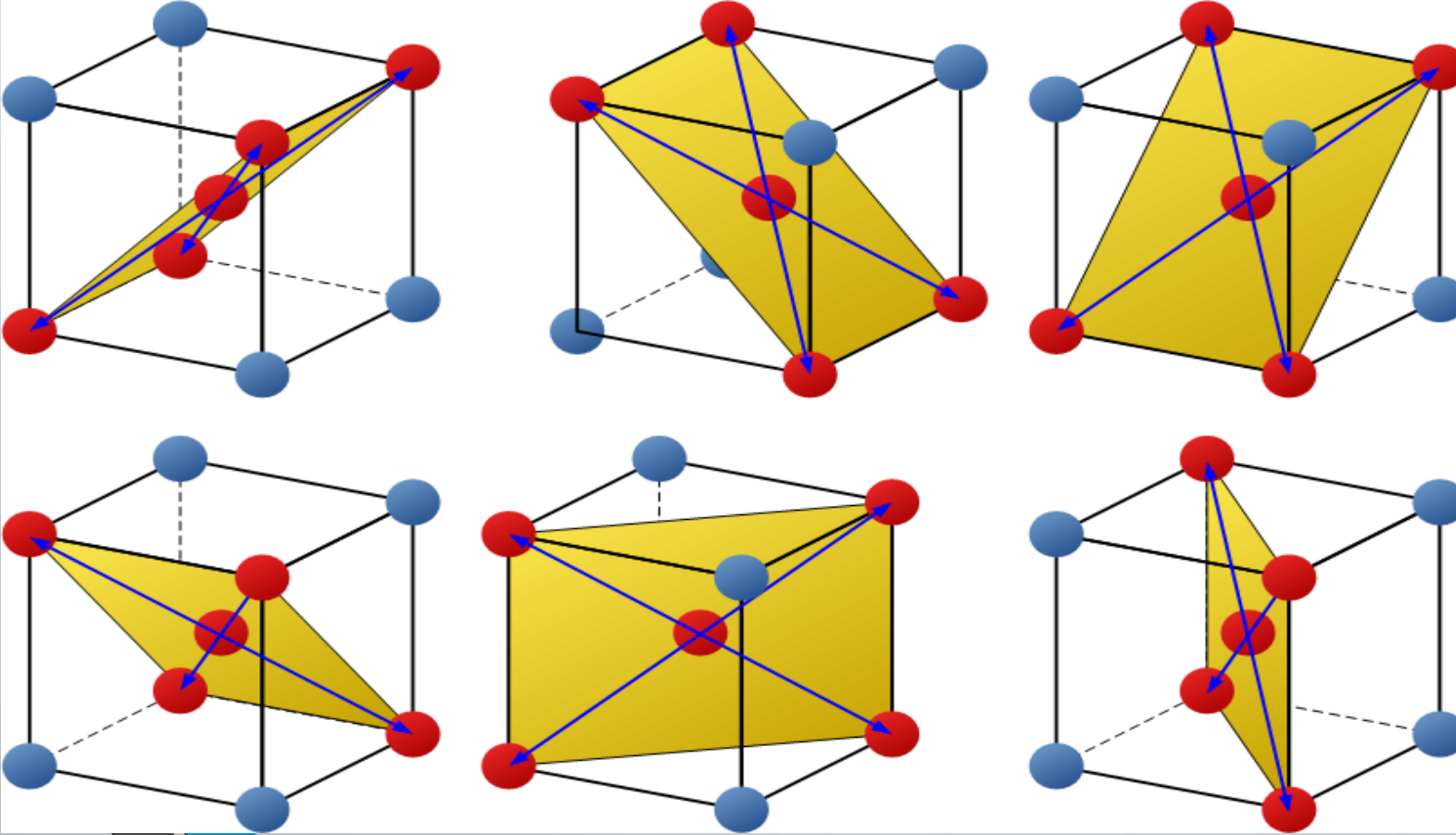
عدد المستويات المزدحمة = 4

في كل مستوى يوجد ثلاث اتجاهات للانزلاق

عدد احتمالات الانزلاق = $4 \times 3 = 12$



اولا: الانزلاق في الاشكال البلورية



2. الانزلاق في (B. C. C)

عدد المستويات
المزدحمة = 6

في كل مستوى يوجد
اتجاهين للانزلاق

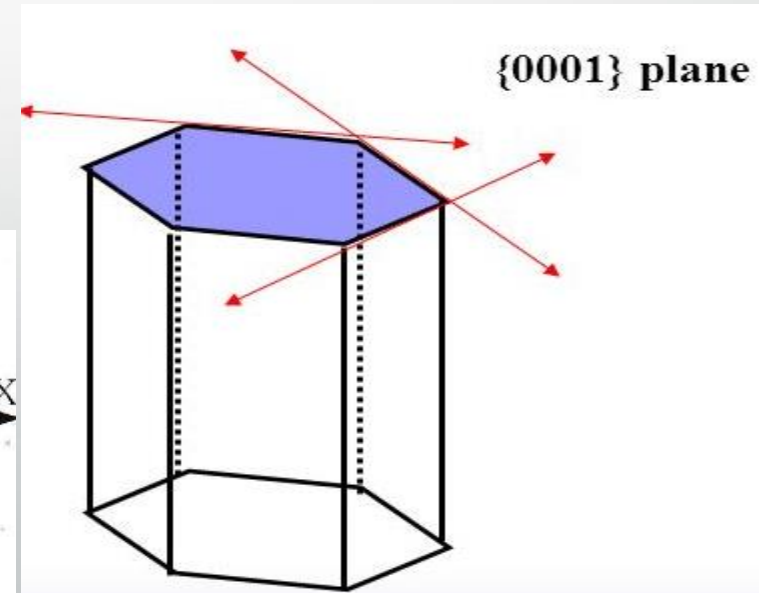
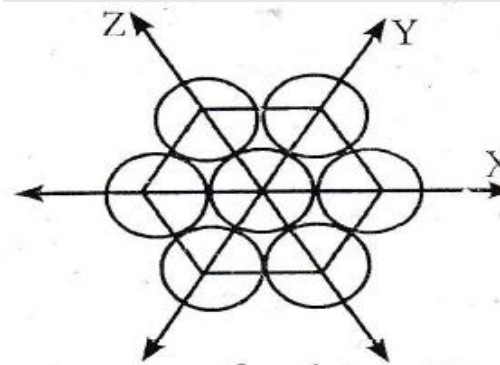
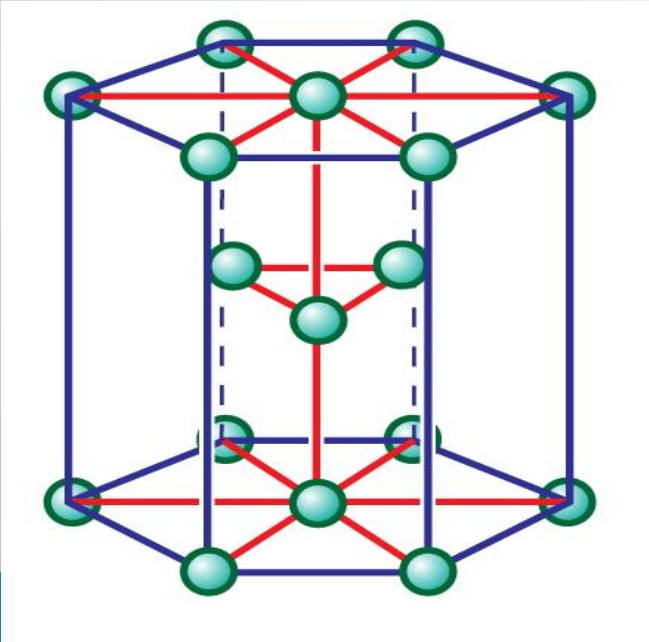
عدد احتمالات الانزلاق =
 $12 = 2 \times 6$

اولا: الانزلاق في الاشكال البلورية

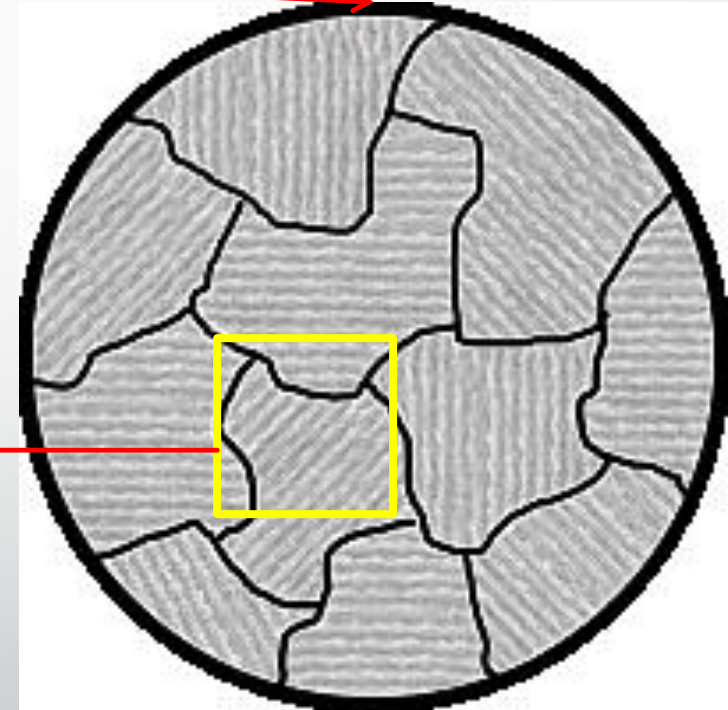
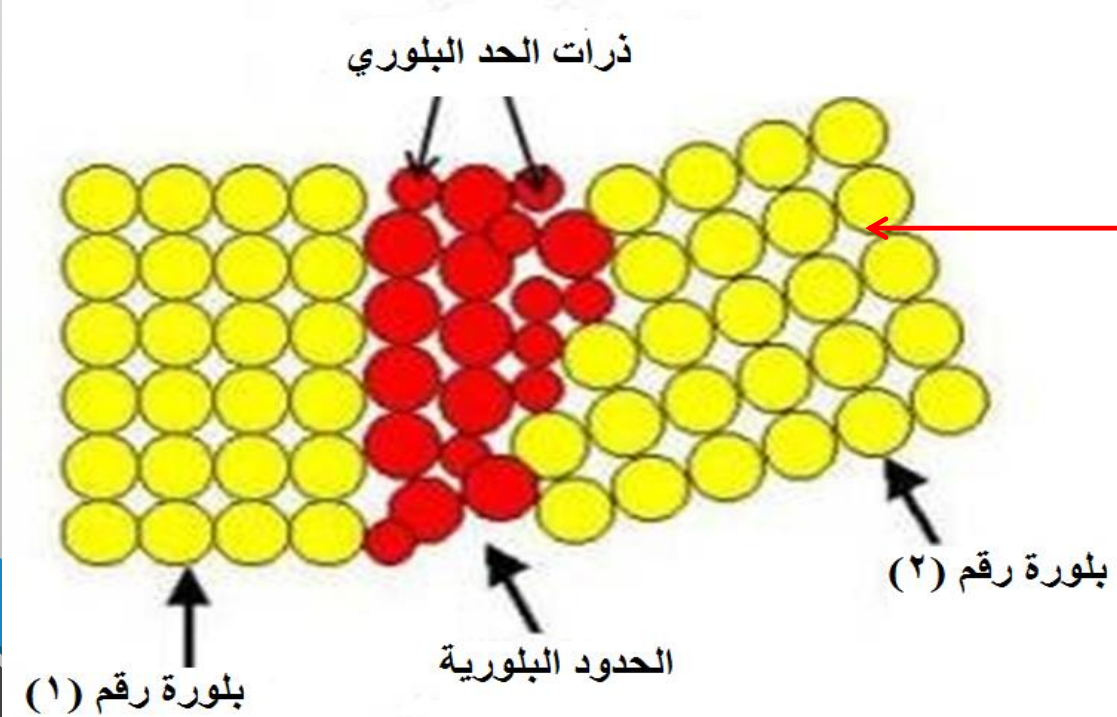
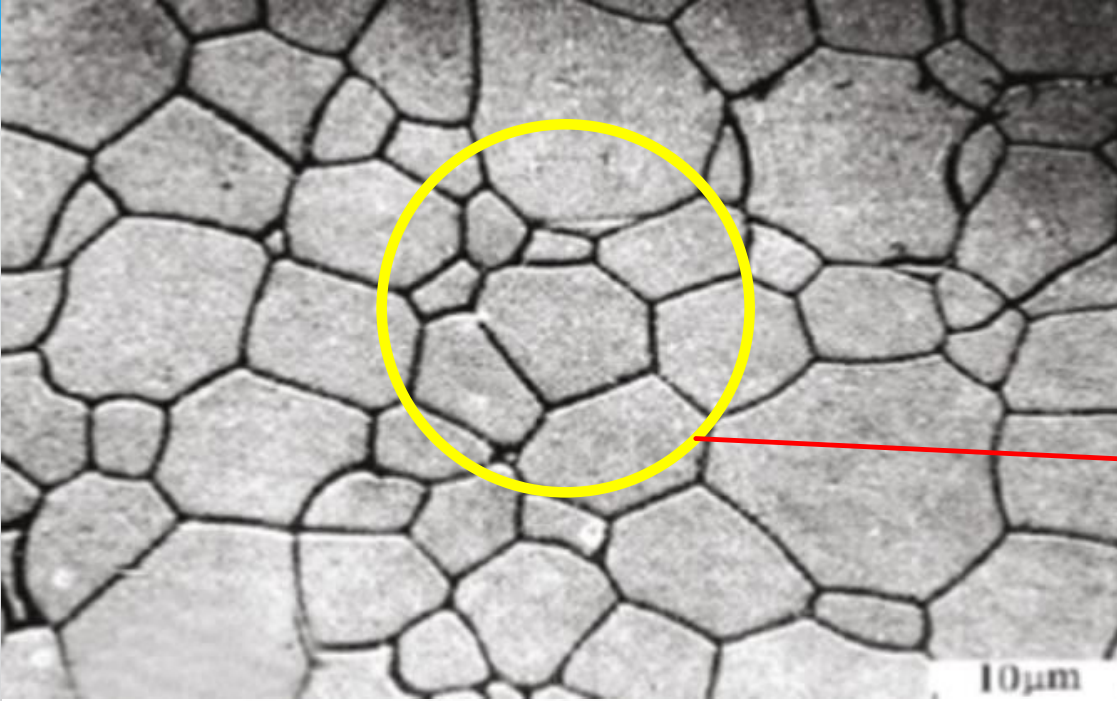
3. الانزلاق في (C. P. H.)

عدد المستويات المزدحمة = 1 في كل مستوي يوجد ثلاث اتجاهات للانزلاق

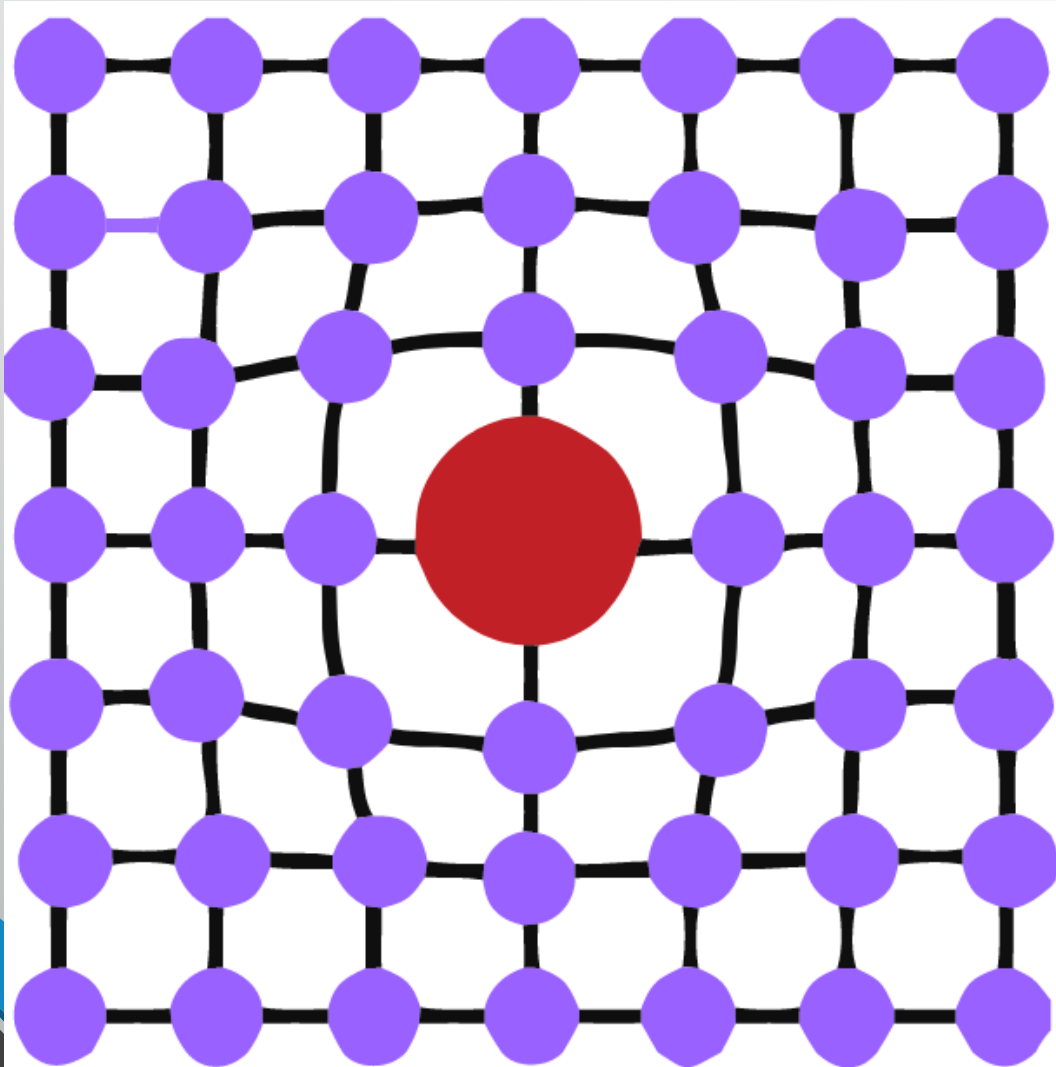
عدد احتمالات الانزلاق = $1 \times 3 = 3$



البلورات



عيوب الشبكة البلورية

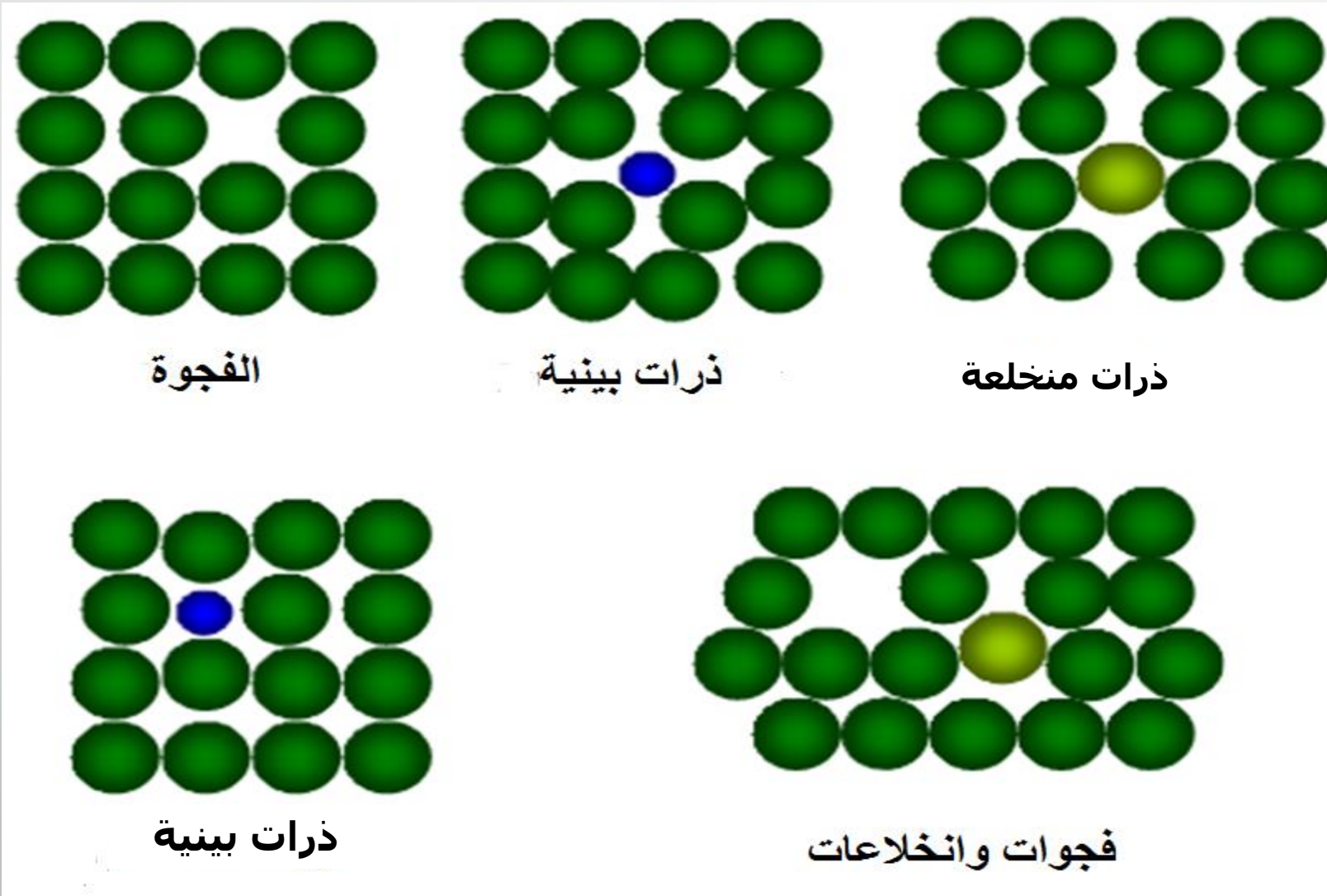


1. الشوائب

2. عدم الانتظام الحبيبات

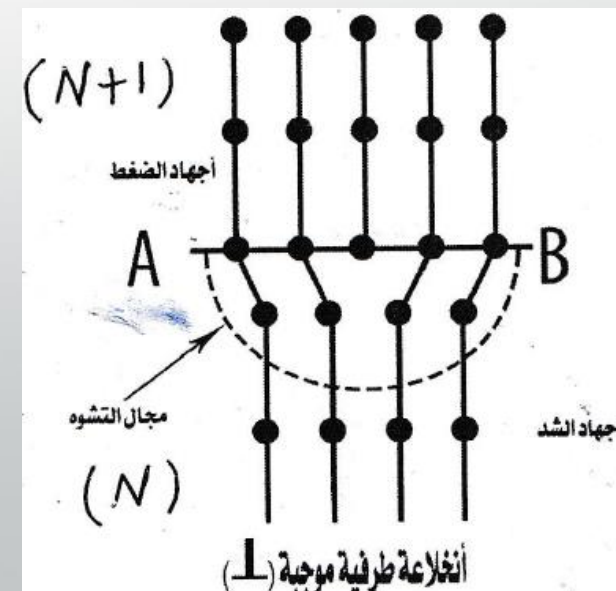
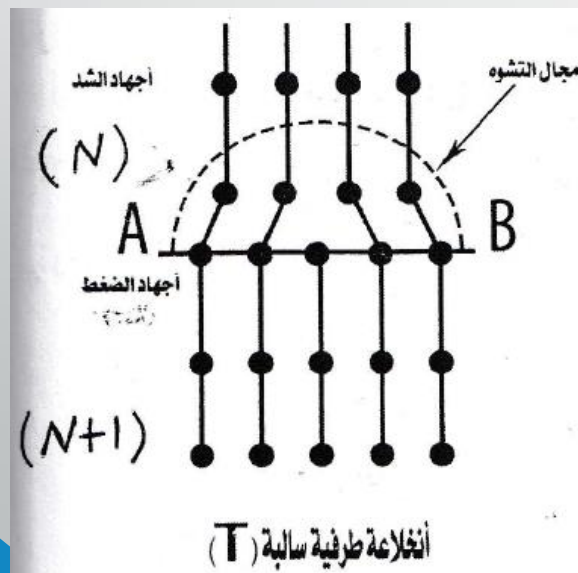
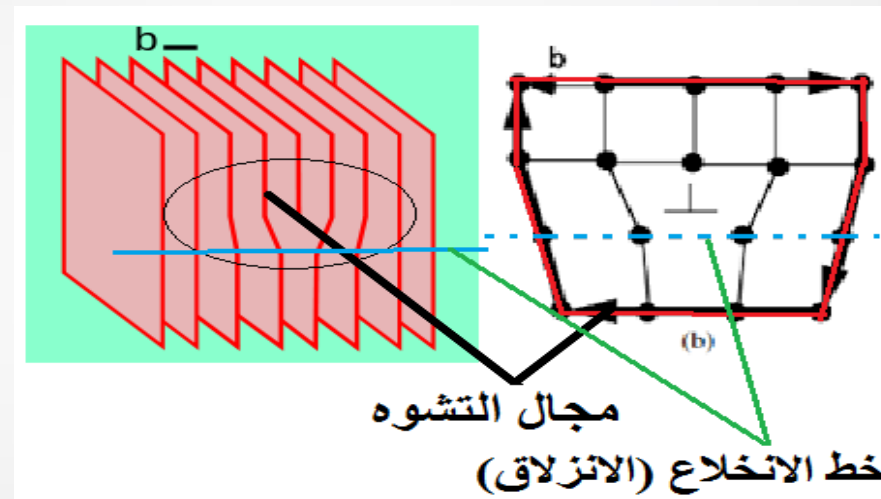
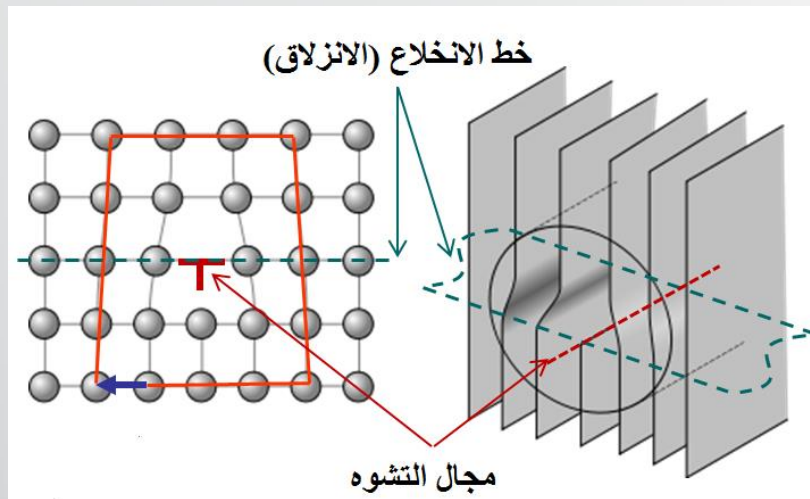
3. عشوائية الترتيب

العيوب النقطية

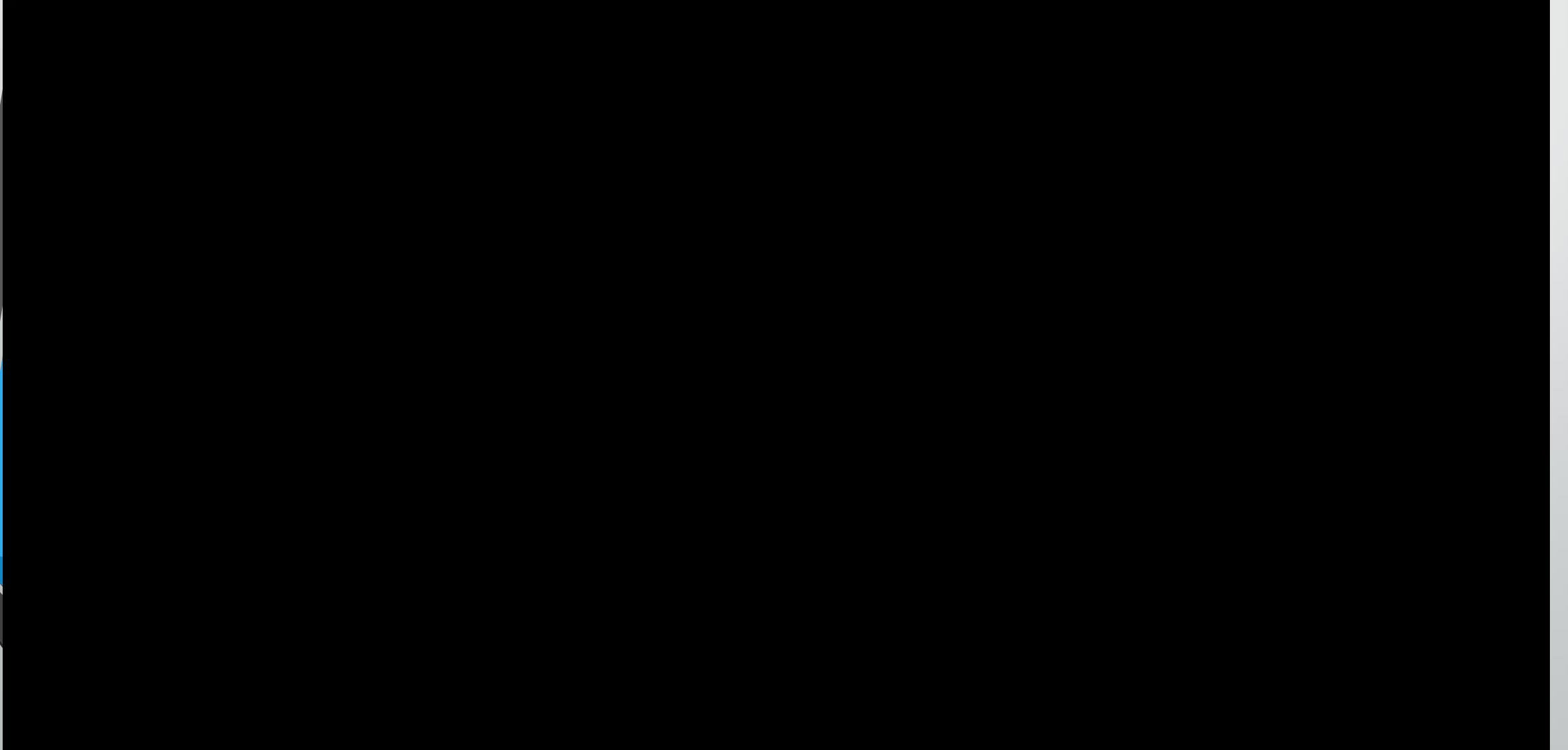


العيوب الخطية

1. انخلاعات طرفية موجبة ($\perp$),
2. انخلاعات طرفية سالبة ($\top$)



الانخلاعات الطرفية



الواجب البيئي

1. ارسم انواع البلورات مع بيان نوع العيوب في البلورات.

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الخامس

التشكيل (التشوه) المرن والتشكيل اللدن, طرق التشكيل اللدن

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة/ امتحان

1. ما هي انواع العيوب في البلورات؟

يعتبر تشكيل المعادن من أهم طرق الإنتاج في الصناعات الميكانيكية وتعتبر طريقة تشكيل المعادن بالضغط من أهم طرق التشكيل، وقد تجري علي الساخن أو على البارد. وتعتمد الطرق المختلفة لتشكيل المعادن بالضغط علي خواص لدونتها أي على قدرة المعدن على تغيير أبعاده وشكله تحت تأثير القوي الخارجية المؤثرة عليها دون أن تتحطم أو تتلف، مع احتفاظها بالشكل الذي اكتسبته بعد إزالة القوي الخارجية المؤثرة. وعند تشكيل المعادن بالضغط تتغير كذلك خواصها الميكانيكية وبنيتها الداخلية. وعمليات التشكيل هذه متنوعة ومتباينة، وتشمل علي:

1. عمليات الطرق والحدادة،

2. عمليات الدرفلة،

3. عمليات البثق،

4. عمليات السحب،

5. عمليات الثني،

6. عمليات الكبس.

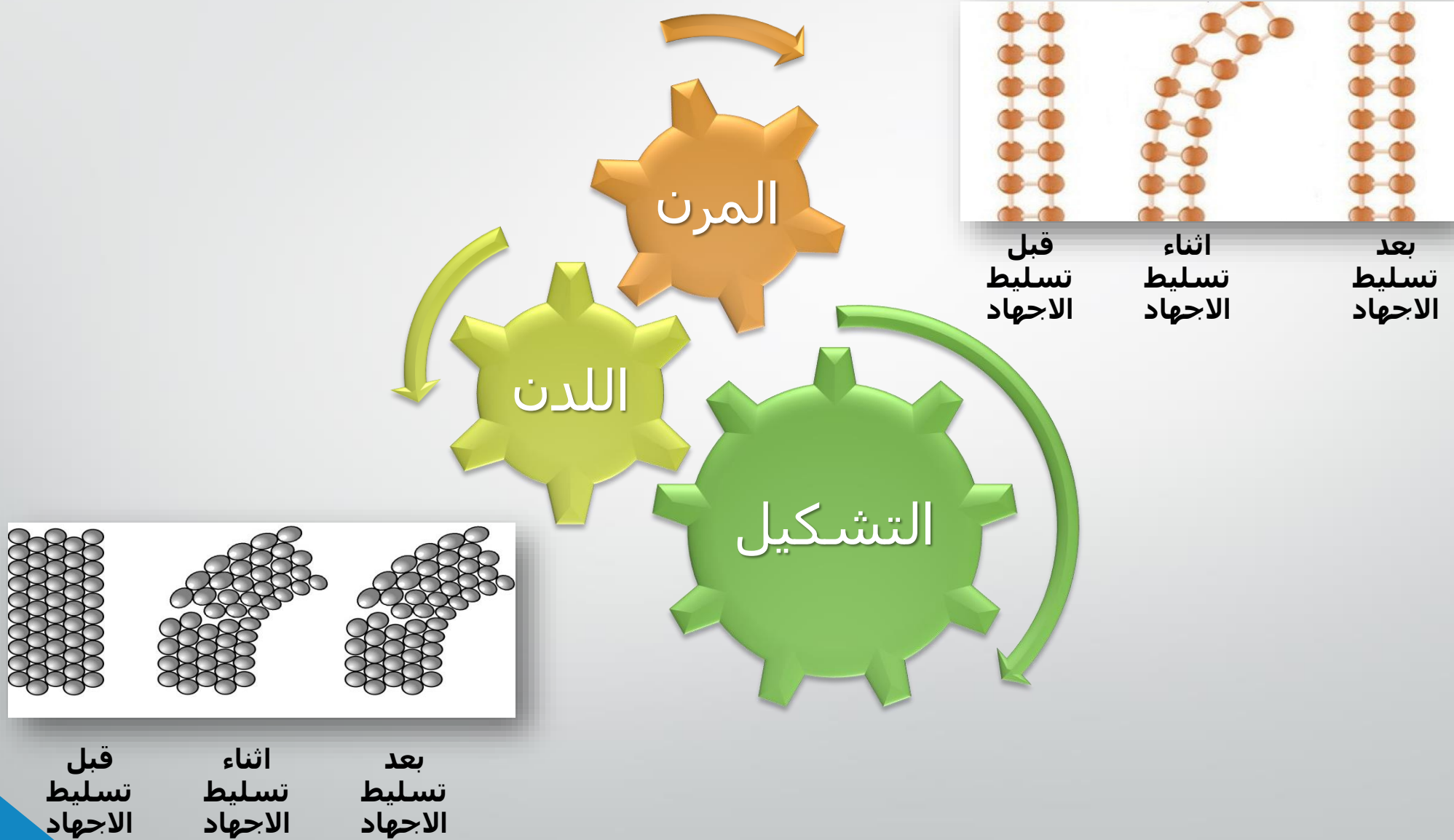
كما أن هناك عمليات تشكيل أخرى خاصة، وسوف نتناول بعض من هذه العمليات وبعض أنواع الماكينات المستخدمة في عمليات الإنتاج هذه.

تجري عمليات الطرق والكبس باستعمال المطارق والمكابس فإذا كان الطرق يجري بين سطحين مستويين يسمى بالطرق الحر أو الحدادة الحرة، أما إذا كان يجري باستعمال قوالب الكبس (الاسطمبات) فيسمى بالكبس في الاسطمبات، والكبس في الاسطمبات يمكن أن يكون فراغيا أو مستويا، ففي الحالة الأولى تكون الخامة عبارة عن قضيب أو مسبوكة، وفي الحالة الثانية عبارة عن شريحة.

أما عملية الدلفنة فهي عبارة عن عملية ضبط المعدن بين إسطوانتين (دلفينين) دائرتين لماكينة الدلفنة ليشكل حسب الأشكال والأبعاد المطلوبة.

أما عملية البثق فهي تتلخص في ضغط المعدن الموجود داخل قالب مغلق حتي ينبثق من فتحة خاصة به وتنتج بالبثق المواسير والقضبان من المعادن والسبائك المختلفة. ويمكن اختيار قابلية التشكيل للمعادن بواسطة عدة اختبارات منها على سبيل المثال قابلية المعدن للشد والضغط.

التشكيل Deformation

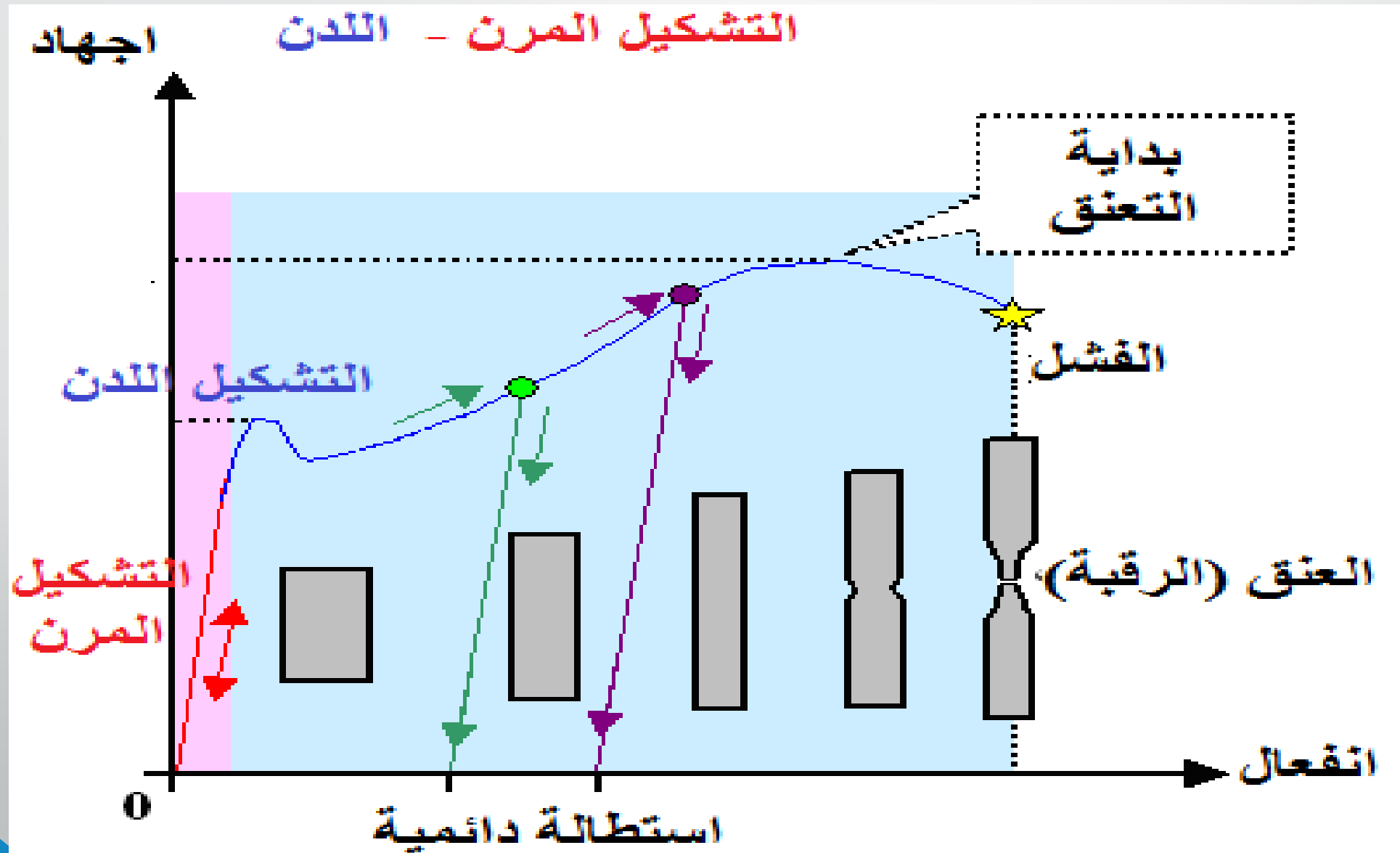


التشوه المرن: هذا النوع من التشوه يمكن عكسه. بمجرد عدم تطبيق القوات، يعود الكائن إلى شكله الأصلي. **الدائن وذاكرة الشكل** المعادن مثل الننتول يحمل نطاقات واسعة تشوه مرنة، وكذلك **المطاط**. ومع ذلك، فإن المرونة غير خطية في هذه المواد. تظهر المعادن العادية والسيراميك ومعظم البلورات مرونة خطية ونطاق مرونة أصغر.

يخضع التشوه المرن الخطي لقانون **هوك** الذي ينص على:
أين هو **الإجهاد المطبق**، هو ثابت مادي يسمى **معامل يونغ** أو معامل المرونة، و E هو **السلالة الناتجة**.
إجهاد و **معامل يونغ وانفعال: تنطبق** هذه العلاقة فقط في نطاق المرونة وتشير إلى أن منحنى الضغط مقابل منحنى الإجهاد يمكن استخدامه لإيجاد معامل يونغ. غالبًا ما يستخدم المهندسون هذا الحساب في اختبارات الشد ويدل على **مدى مرونة** العينة وينتهي عندما تصل المواد إلى مقاومة الخضوع، عند هذه النقطة، يبدأ تشوه البلاستيك (التشوه اللدن).

التشوه اللدن: هذا النوع من التشوه لا رجعة فيه. ومع ذلك، فإن الجسم الموجود في نطاق تشوه اللدن سيخضع لأول مرة للتشوه المرن، والذي يمكن عكسه، وبالتالي فإن الجسم سيعود إلى شكله الأصلي. مثال ذلك الخرسانة، وحديد الزهر الرمادي، والعديد من البوليمرات، حيث تكون الاستجابة بطريقة غير الخطية. لهذه المواد قانون هوك هو غير قابل للتطبيق.

التشكيل المرن - اللدن



طرق التشكيل اللدن

يحدث
بطريقتين

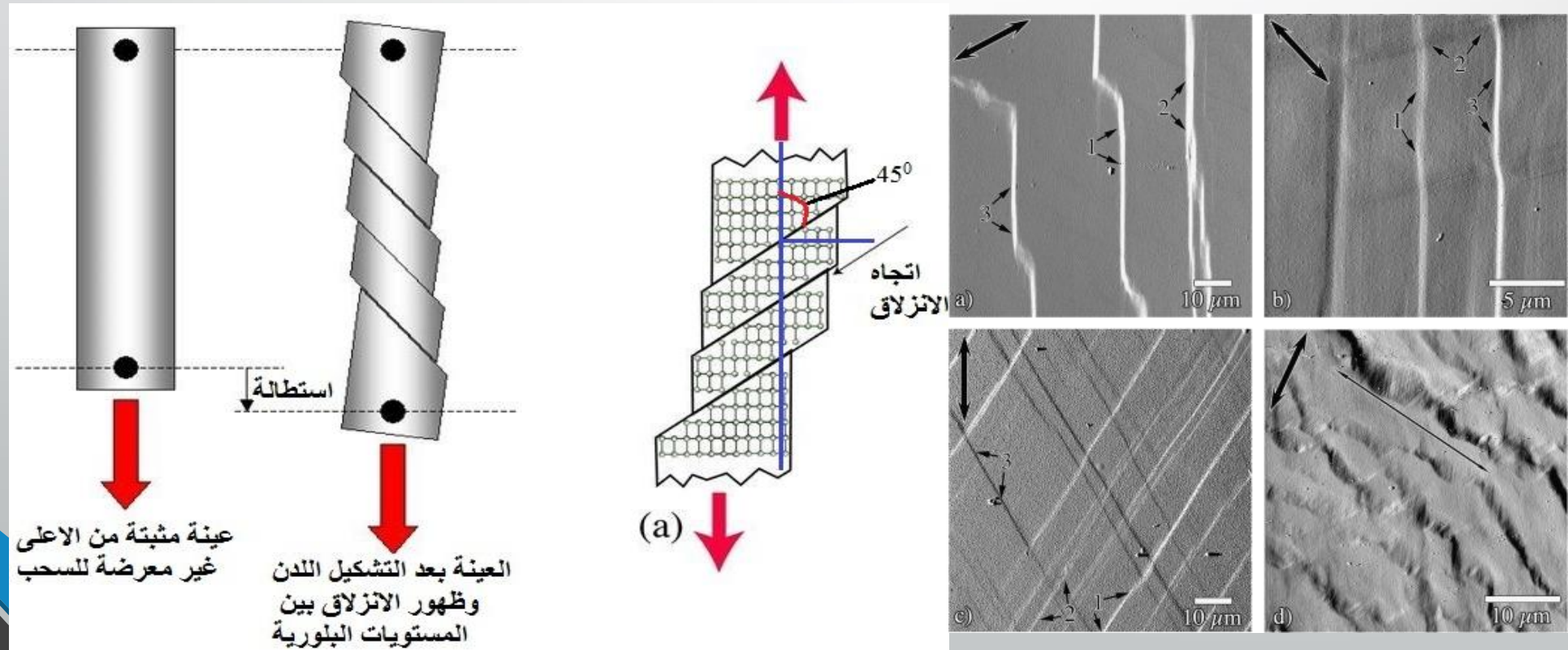
الانزلاق

- انزلاق الذرات
- انزلاق الانخلاعات

التوائم الميكانيكية

اولا: الانزلاق في الاشكال البلورية

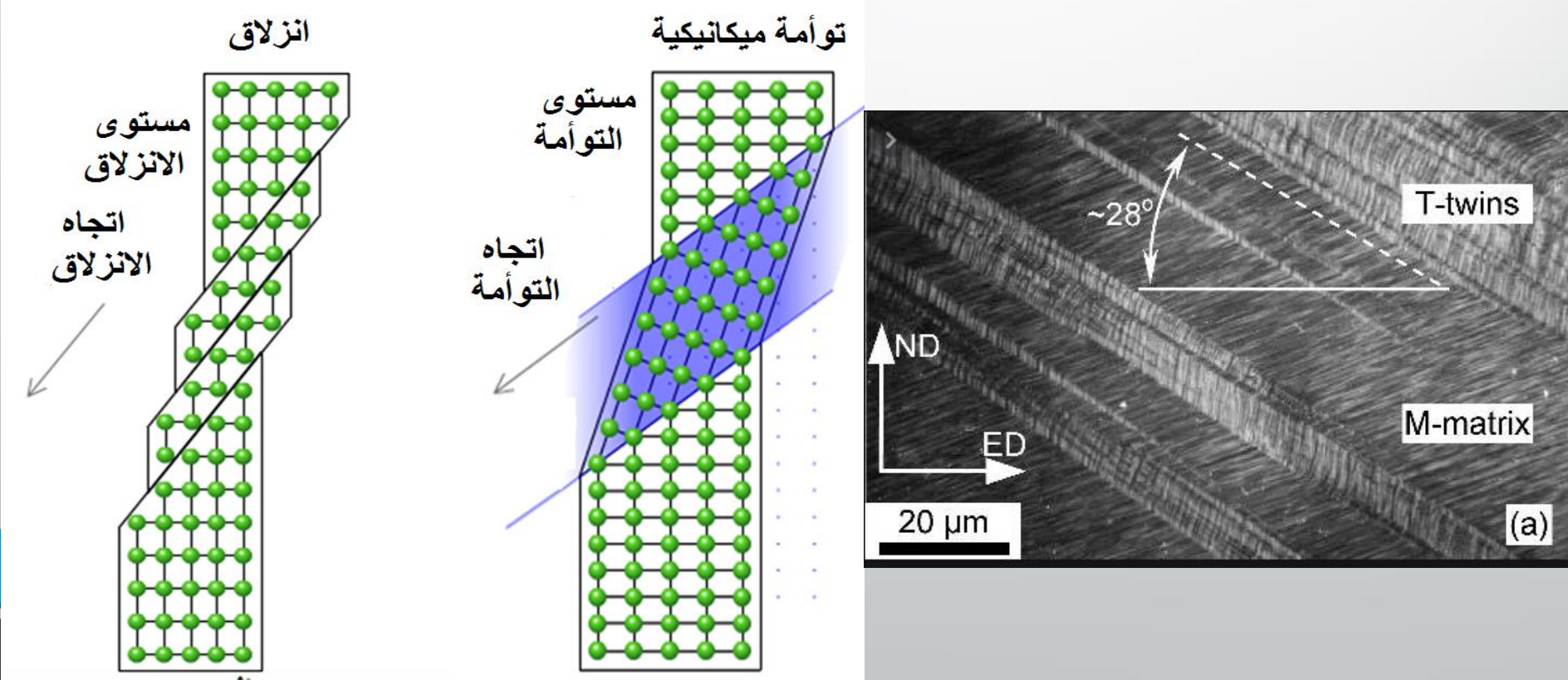
1. وجوب تحقق زاوية 45° بين الاجهاد المسلط والمستوي المزدحم بالذرات لحصول الانزلاق



ثانياً: التوائم الميكانيكية

1. يحدث نتيجة لدوران البلورة مكونة حد فاصل (مستوى التوائم)

2. يمكن تمييز العينة بواسطة محلول الاظهار (النيتال)



الواجب البيتي

1. عدد عيوب التشكيل اللدن مع توضيح سبب عدم وجود اي عيوب في التشكيل المرن؟

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع السادس والسابع

التشكيل على البارد والتشكيل على الحار

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة

1. عدد عيوب التشكيل اللدن مع توضيح سبب عدم وجود اي عيوب في التشكيل المرن؟

تعريف التشكيل على البارد

يجري التشكيل على البارد في درجة حرارة الغرفة أو في درجة حرارة قريبة منها.

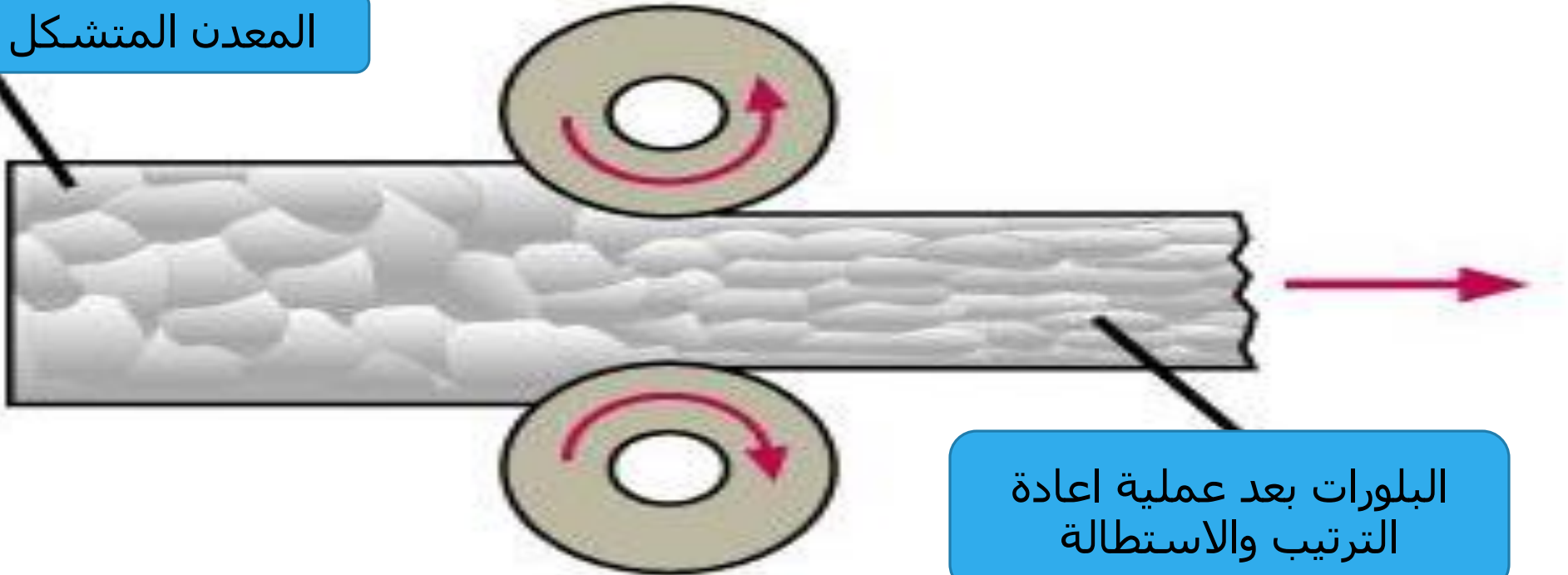
وبصورة عامة فإنه بالإمكان تشكيل المعادن على البارد في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة،

حيث إن الحد الفاصل بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن هو في درجة حرارة إعادة التبلور التي تكون ولمعظم المعادن أعلى من درجة حرارة الغرفة.

التشكيل على البارد (Cold Deformation)

1. يتم هذا التشكيل بدرجة حرارة اقل من درجة اعادة التبلور (Tr)
2. يتم بدرجة حرارة الغرفة (25 م°)
3. الطريقة الوحيدة لزيادة صلادة المعادن (الاصلاد الانفعالي)

المعدن المتشكل



Forging is the
mechanical reshaping of
metal by hammering or
pressing.



Press the Play Button to
watch a metal blank be
forged to shape in a die.



Pause

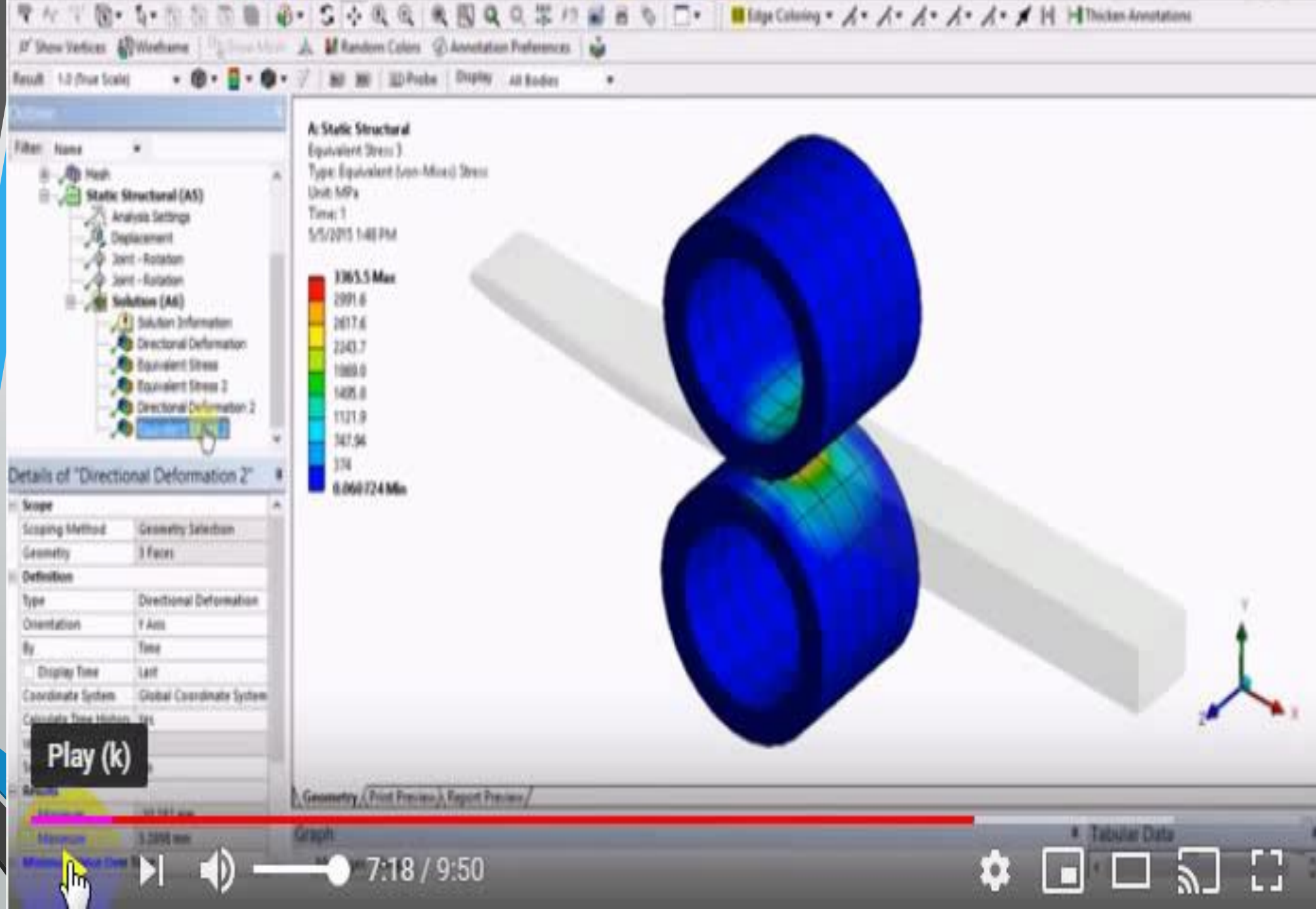
▶ ⏭ 🔊 0:00 / 1:02





0:09 / 2:16





مميزات التشكيل البارد

1. يسبب التشكيل على البارد ارتفاعاً في الخواص الميكانيكية مثل الصلابة ومقاومة الشد وانخفاضاً في خواص أخرى مثل المطيلية .
2. تتميز المنتجات المشكلة على البارد بإنهاء سطحي ومظهر خارجي جيدين.
3. يمكن التحكم بصورة دقيقة في أبعاد ومقاسات المنتجات المشكلة على البارد، لذلك فإن التشكيل على البارد يستخدم كمرحلة نهائية لتشكيل المنتجات المشكلة على الساخن.

عيوب التشكيل على البارد

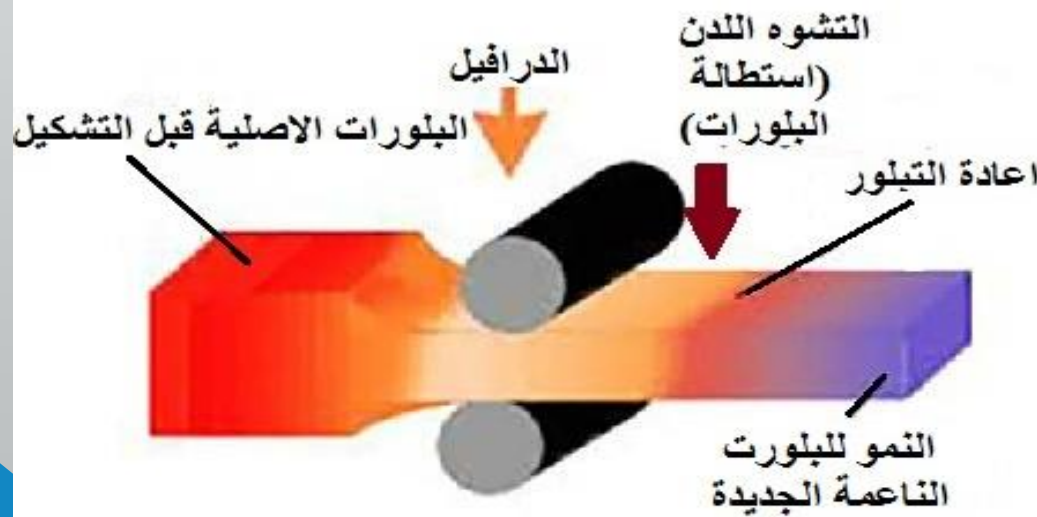
1. يؤدي إلى تشويه البنية الداخلية للمعدن وكذلك تحطيم بعض بلوراته مما ينتج عنه زيادة صلابة المعدن.
2. التشكيل على البارد يصحبه دائماً تصليد انفعالي يقلل من مطيلة المعدن ومقاومته للصدمات
3. حدوث شروخ في المعدن ويمكن معالجة هذه العيوب أو الأضرار الناتجة من عمليات التشكيل على البارد قبل أن تصل إلى إحداث الشروخ وذلك بمعالجة المعدن حرارياً بعد كل عملية تشكيل أو خال المراحل المختلفة لعمليات التشكيل.

التشكيل الساخن

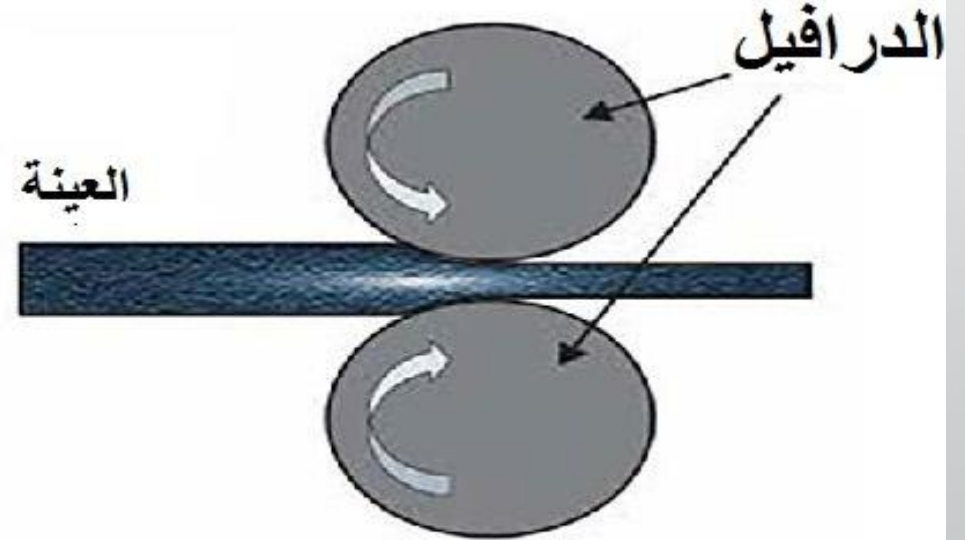
تُعرف عمليات التشغيل الميكانيكية التي تتم فوق درجة حرارة إعادة التبلور للمعدن بأنها عمليات تشغيل ساخنة. تتمتع بعض المعادن ، مثل الرصاص والقصدير ، بدرجات حرارة منخفضة لإعادة التبلور ويمكن تشغيلها على الساخن حتى في درجة حرارة الغرفة ، لكن معظم المعادن التجارية تتطلب بعض التسخين. ومع ذلك ، لا ينبغي أن تكون درجة الحرارة هذه عالية جدًا بحيث لا تصل إلى درجة حرارة المواد الصلبة ؛ وإلا فإن المعدن سوف يحترق ويصبح غير مناسب للاستخدام. في التشكيل الساخن ، تعتبر درجة حرارة إتمام الأعمال المعدنية مهمة كعامل المساعد في نمو البلورات. تحدث هذه الزيادة في حجم البلورات من خلال عملية اندماجها مع بعضها وتكون دالة على الوقت ودرجة الحرارة. ينتج عن نمو البلورات خصائص ميكانيكية رديئة. وفي حالة الانتهاء من العمل الساخن فقط فوق درجة حرارة إعادة التبلور ، سيكون حجم البلورات الناتج جيدًا.

التشكيل الساخن

1. يتم بدرجة حرارة اعلى من درجة التبلور (Tr) مباشرة واقل من درجة حرارة الانصهار للمعدن
2. تجنب التشكيل بدرجات حرارة عالية جدا لتلافي نمو الحبيبات الكبير والحصول على خواص ميكانيكية غير جيدة.
3. يعتبر الرصاص مادة مطيلية, تتشوه تشوه لدن بدرجة حرارة الغرفة ولا يحصل فيها اصلاذ انفعالي.



التشكيل الساخن



التشكيل البارد

مميزات التشكيل الساخن

1. تنعيم الحبيبات في حالة استخدام الحرارة الصحيحة
2. التحام الفجوات الغازية الداخلية
3. تحسين المقاومة والمطيلية والمتانة





الواجب البيئي

قارن بين التشكيل البارد والساخن؟

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



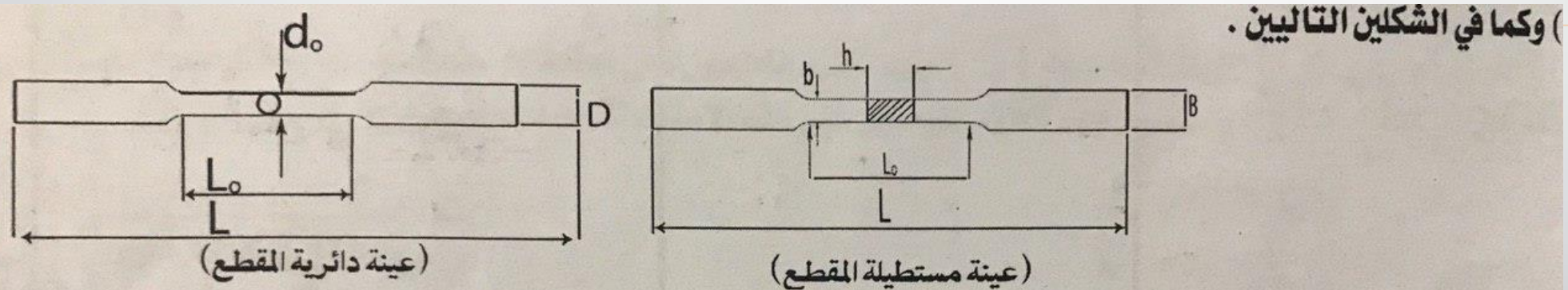
الاسبوع الثامن

**الاختبارات الميكانيكية (اختبار الشد),
منحنيات الاجهاد, الكسر وانواعه**

د. رؤى محمد منير

الاختبارات الميكانيكية (اختبار الشد)

يستخدم هذا الاختبار لتعيين الخواص الرئيسية للمواد مثل حد خضوع، و مقاومة الخضوع و حد القطع وغيرها. هذا الاختبار يؤدي إلى كسر قطعة العينة بزاوية مقدارها (45) . تحضر لاختبار الشد عينة من المادة لها مقطع محدد. تعلق من طرفيها في جهاز الشد، وتسلط عليها قوة شد متزايدة حتى يحدث كسر العينة والذي يكون اما بشكل تقعر او تحدب.



(عينة دائرية المقطع)

L_0 : الطول الابتدائي الفعال

L : الطول الكلي

d_0 : القطر الابتدائي الفعال

D : القطر الكلي

(عينة مستطيلة المقطع)

L_0 : الطول الابتدائي الفعال

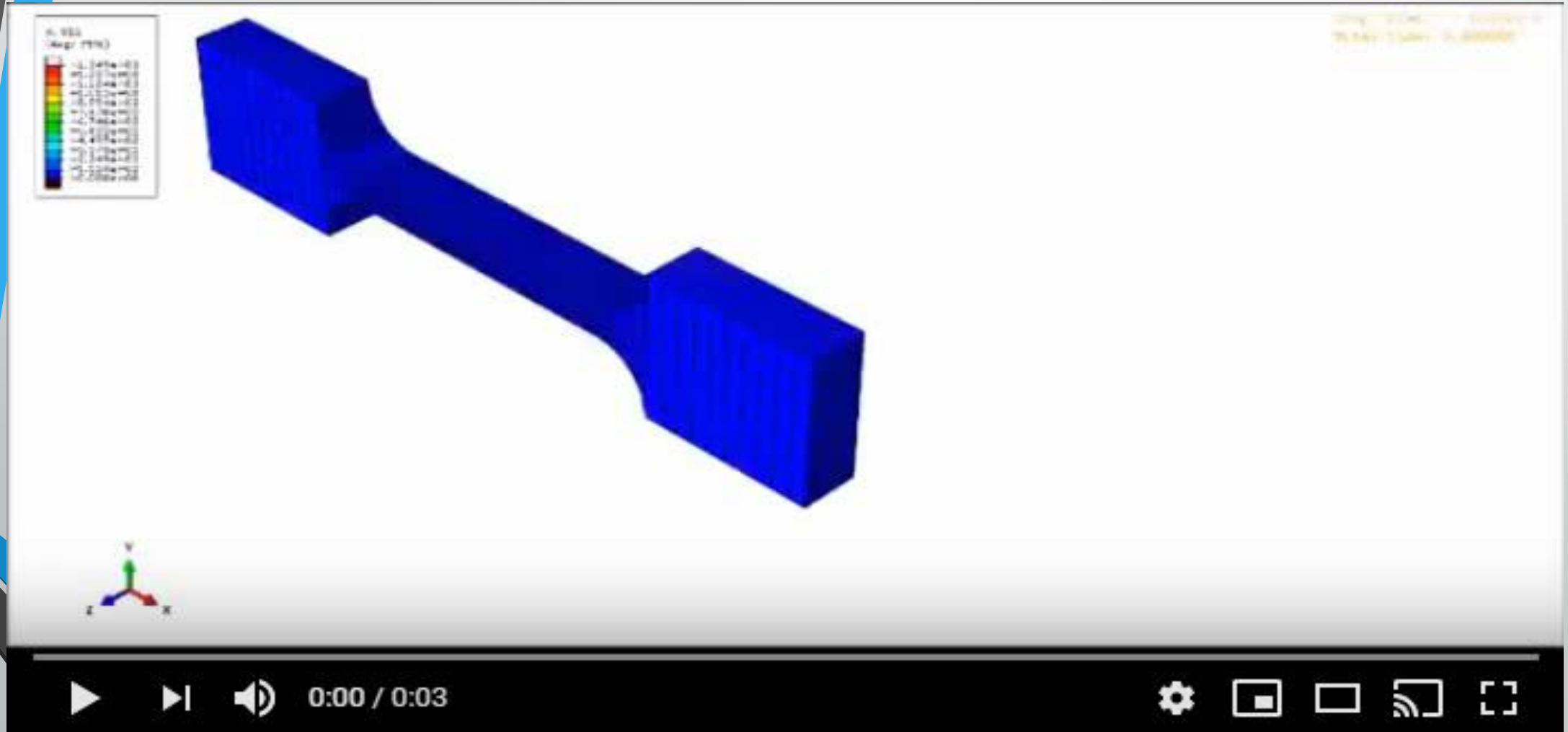
L : الطول الكلي

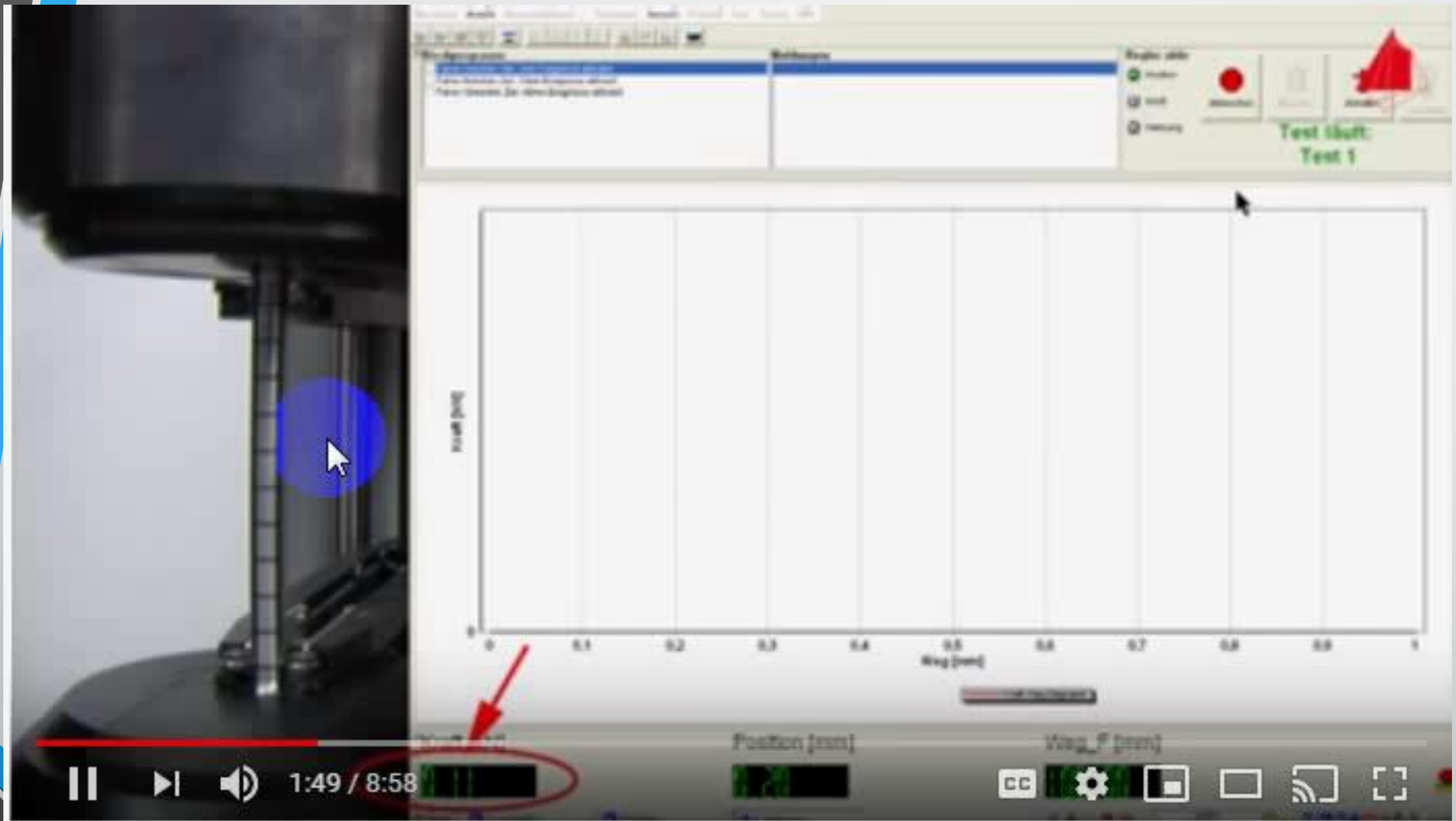
h : السُمك

b : العرض الابتدائي الفعال

B : العرض الكلي

مقاومة الشد: هي مقياس لمقدار الإجهاد الذي تتعرض له المادة عند وصولها لنقطة الانهيار، التي عندها تتحطم أو تفقد تماسكها، أي هي أقصى إجهاد يمكن للمادة تحمله بدون أن تنهار.







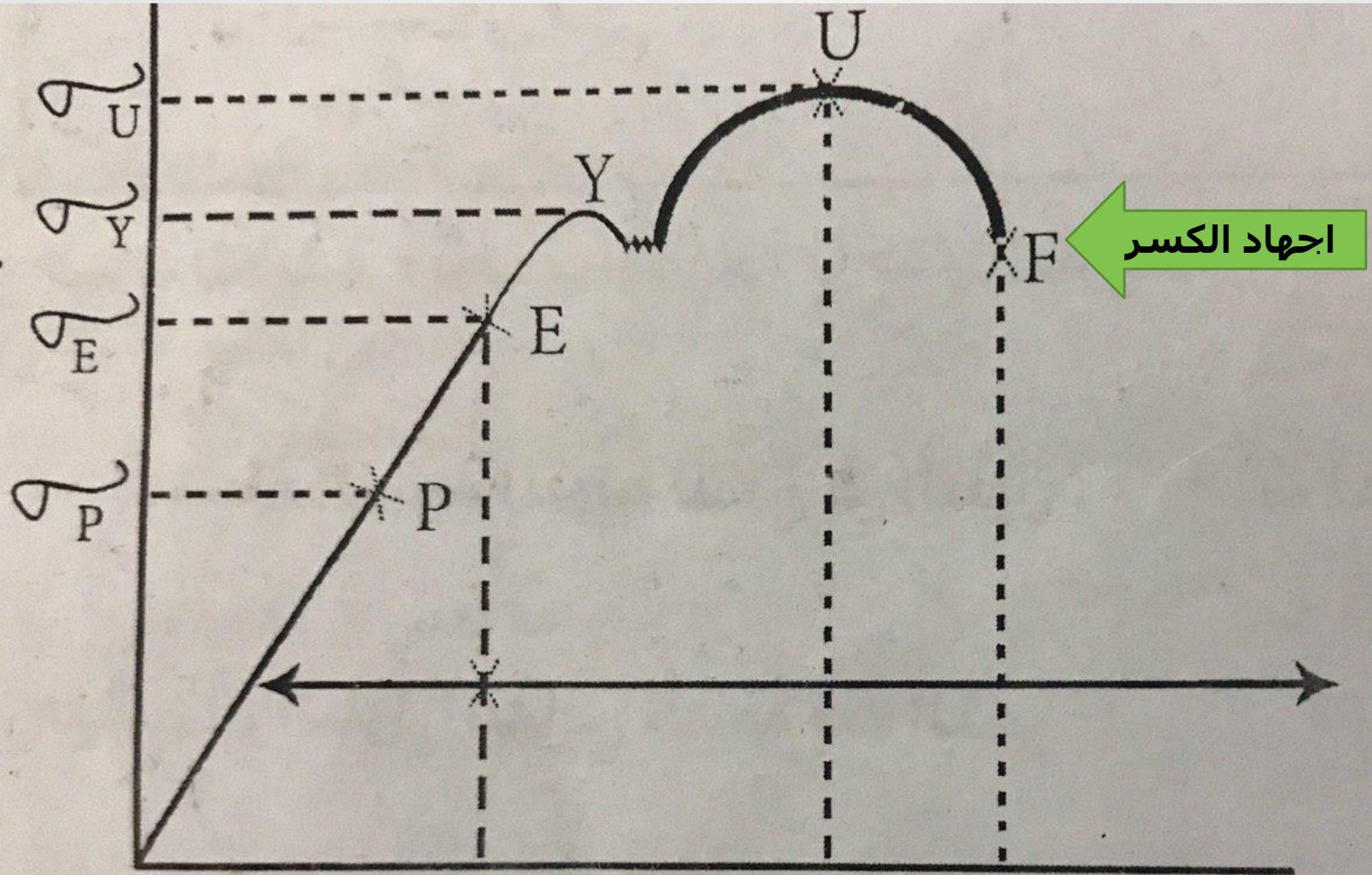
الاجهاد الاقصى

اجهاد الخضوع

اجهاد المرونة

اجهاد التناسب

الاجهاد

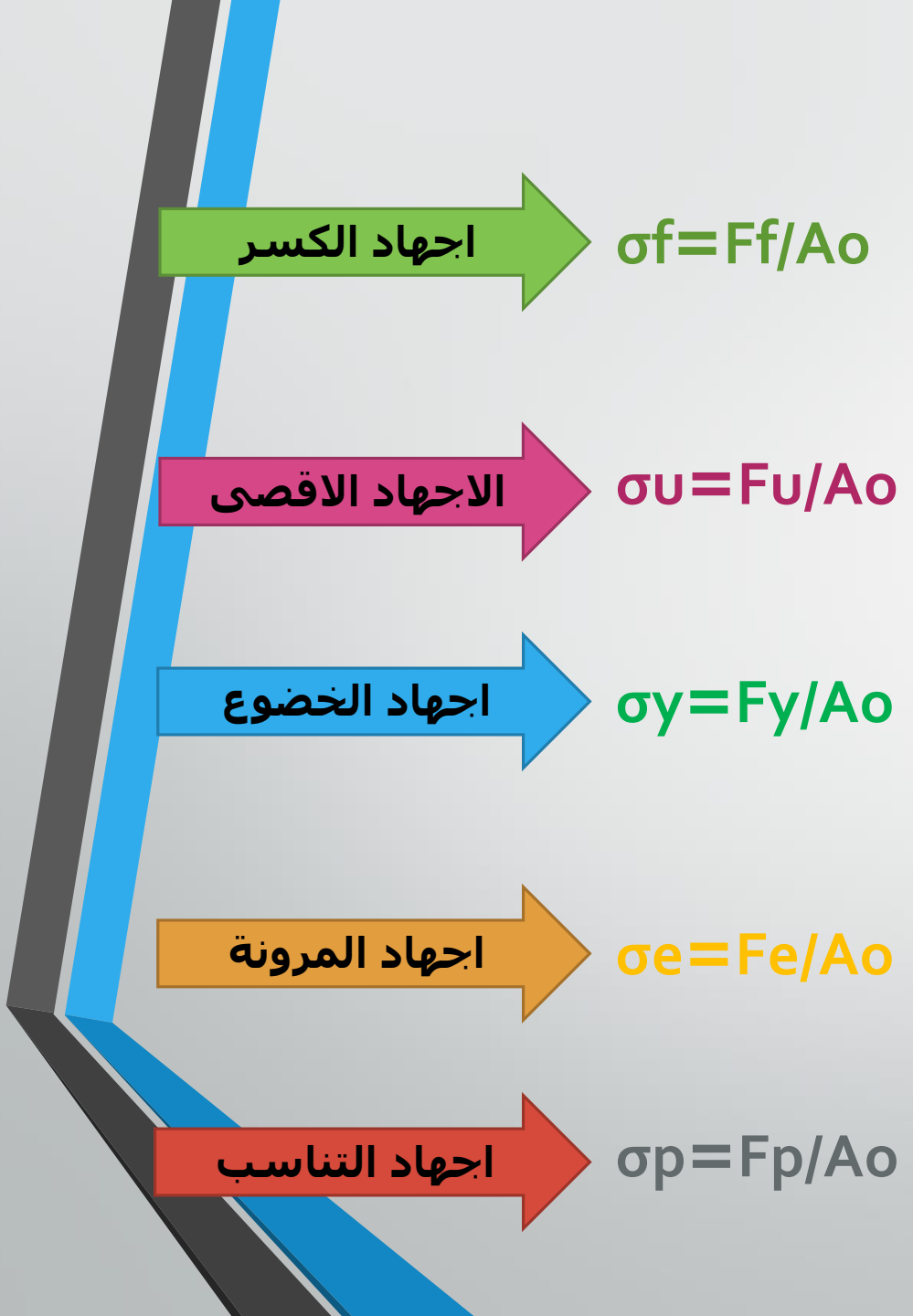


اجهاد الكسر

الانفعال

(منحني الاجهاد - الانفعال)

للصلب الطري



اجهاد الكسر

$$\sigma_f = F_f / A_o$$

الاجهاد الاقصى

$$\sigma_u = F_u / A_o$$

اجهاد الخضوع

$$\sigma_y = F_y / A_o$$

اجهاد المرونة

$$\sigma_e = F_e / A_o$$

اجهاد التناسب

$$\sigma_p = F_p / A_o$$

الاجهاد $\sigma = F/A$

F = القوة المسلطة

A = مساحة مقطع

العينة

الانفعال $\epsilon = \Delta L / L_o$

ΔL = التغير في الطول

L_o = الطول الاصلي

المطيلية

المطيلية (Ductility) مصطلح يطلق على المواد ذات القابلية العالية للتشكيل، فهي خاصية ميكانيكية تستخدم لوصف مادة يمكن أن تتشوه بشكل لدن بدون أن تنكسر. وتعتبر المطيلية من أهم الخواص في تشكيل المعادن مثل **الدرفلة والبتق والكبس**. تعتبر المعادن التالية ذات مطيلية عالية: **الفضة، والذهب، والنحاس، والألمنيوم**. إن مطيلية الفولاذ تعتمد على مكونات السبيكة، فزيادة محتوى الكربون تزيد المطيلية.

تحسب المطيلية بأحدى اطرق التالية:

أ. بواسطة النسبة المئوية لتغير الطول

$$\delta = \Delta L / L_o * 100\% = (L_f - L_o) / L_o * 100\%$$

حيث أن:

L_f = الطول النهائي للعينة بعد الكسر

L_o = الطول الابتدائي

2. بواسطة النسبة المئوية للتغير لمساحة المقطع العرضي

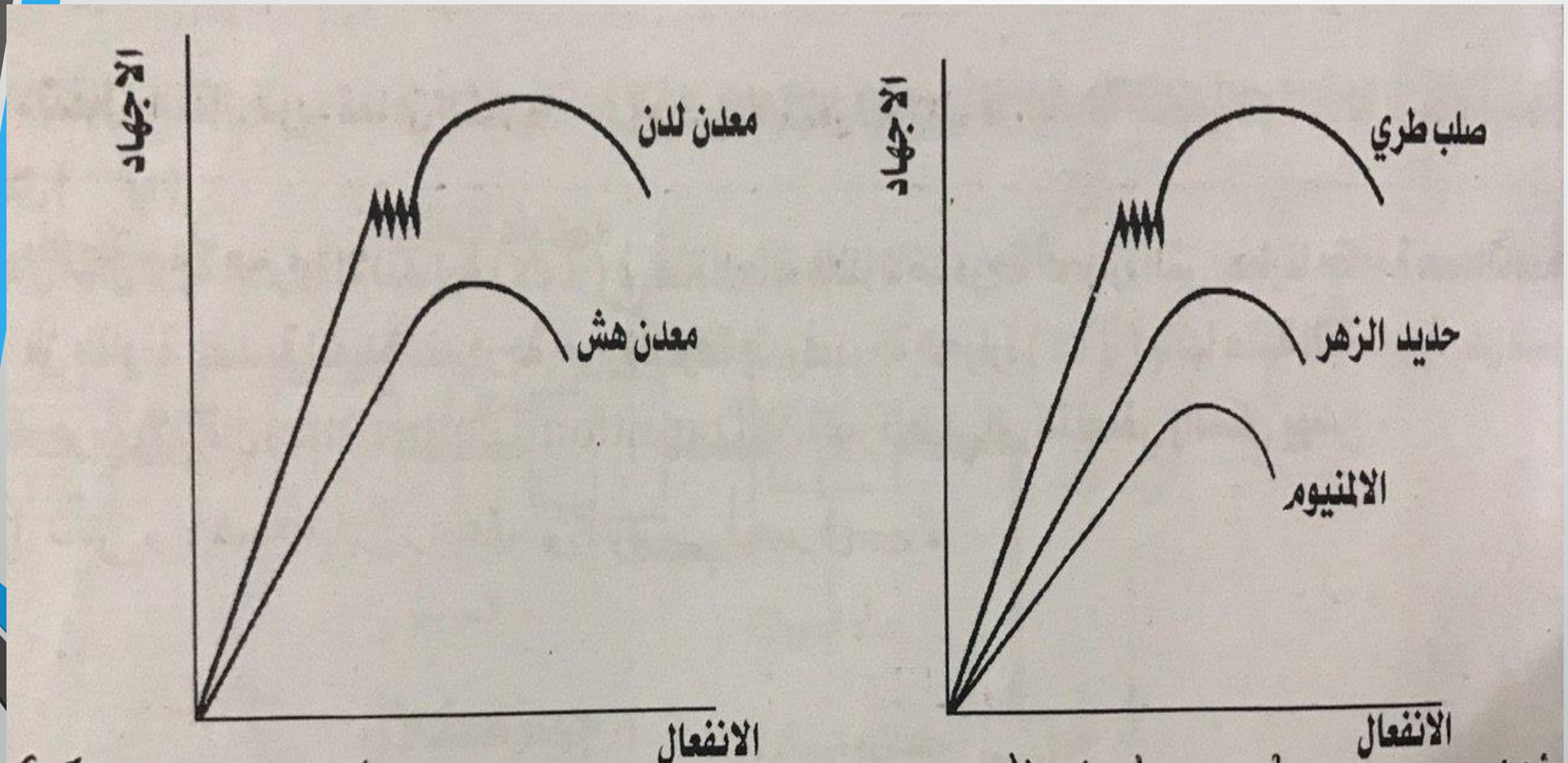
$$\Psi = \Delta A / A_o = (A_o - A_f) / A_o = 100\%$$

حيث أن:

A_o = المساحة الابتدائية

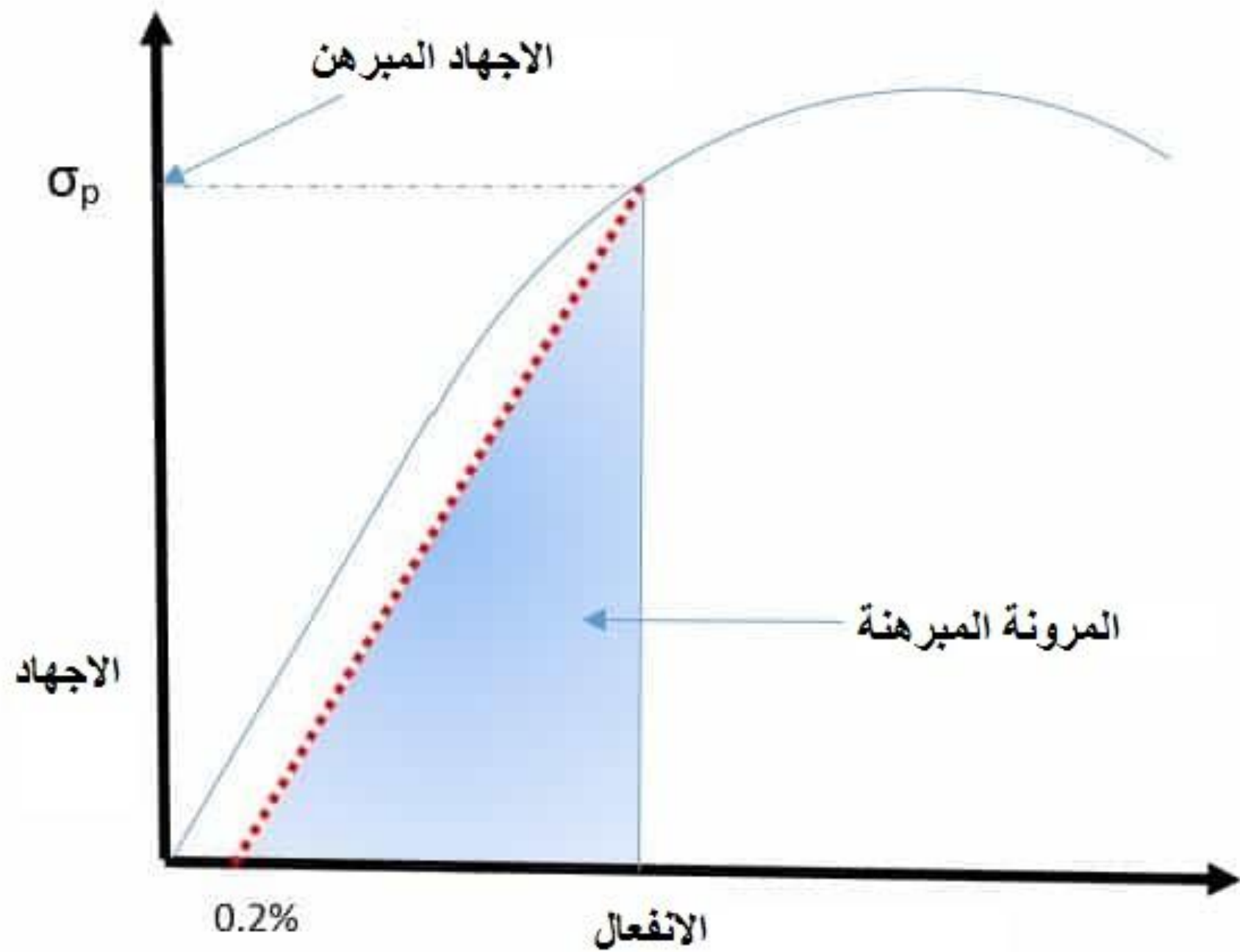
A_f = المساحة النهائية

نماذج لمنحنيات الاجهاد - الانفعال



طريقة استخراج نقطة الخضوع

- في حالة عدم ظهور نقاط الخضوع في منحنيات الاجهاد والانفعال يتبع مايلي:
 - رسم خط موازي للجزء الاول من منحنى الاجهاد - الانفعال ومن انفعال مقداره (0.1%) او (0.2%) ونقطة تقاطع هذا الخط مع منحنى اجهاد - انفعال يتم اسقاطه على محور الاجهاد فنحصل على اجهاد يسمى بالاجهاد المبرهن (Proof stress).
 - الاجهاد المبرهن (Proof stress): هو الجهد اللازم للحصول على استطالة دائمية قيمتها تعادل نسبة معينة وهي اما (0.1%) او (0.2%), يسمى الجهد اللازم للحصول على هذه الاستطالة هو (جهد الصمود).



الكسر

الانكسار (Fracture): هو انفصال موضعي لجسم أو مادة إلى قطعتين أو أكثر تحت تأثير الإجهاد.

أنواعه:

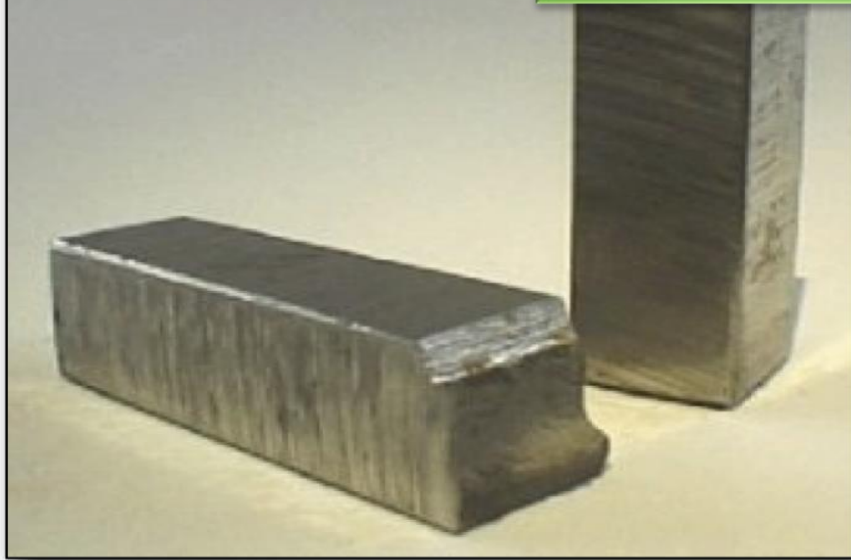
1. الكسر القصيف: فيه لا يحدث أي تشوه لدن مميز قبل الكسر. ويمكن للانكسار في المواد البلورية القصفة أن يحدث بالانفلاق (Cleavage) كنتيجة لإجهاد الشد الموتر عموديا على المستويات البلورية ذات الارتباط الضعيف (مستويات الانفلاق). وعلى العكس في المواد الصلبة غير البلورية فإن نقص البنية البلورية يؤدي إلى صدع محاري (Conchoidal fracture)، مع تصدعات تكون عمودية على اتجاه الشد المطبق.

2. الكسر المطيلي: الانكسار المطيلي هو تشوه لدن ممتد يحدث قبل الانكسار. الكثير من المعادن المطيلية، وخصوصا المواد عالية النقاوة، يمكن أن تتحمل تشوه كبيرة جدا حوالي 50-100 % أو تنفعل أكثر قبل الانكسار تحت شروط التحميل الملائمة والبيئة الملائمة. يرتبط الانفعال الذي يحدث عنده الانكسار بنقاوة المادة. فالحديد النقي عند درجة حرارة الغرفة ينفعل حتى 100 % قبل الانكسار، في حين أن حديد الزهر أو الفولاذ عالي الكربون يمكن أن ينفعل 3 % فقط. وبما أن الانكسار المطيلي يتضمن درجة عالية من التشوه اللدن فإن سلوك الانكسار وانتشار الشق كما وصف في المعادلات السابقة يتغير كلياً. فبعض الطاقة الناتجة عن تركيز الإجهادات عند عنق الانكسار تضيع في التشوه اللدن قبل أن ينتشر الشق. إن الخطوات الأساسية لتشكيل أصغر مقطع عرضي، وتشكل الفراغات، واتحاد الفراغات (وتسمى بتشكيل الشق أيضاً)، وانتشار الشق، والفشل، غالباً تنتج بتشكيل سطح الانكسار ذو الشكل الكأسي.

Brittle Fracture

Steel at 80 K

2. الكسر القصيف

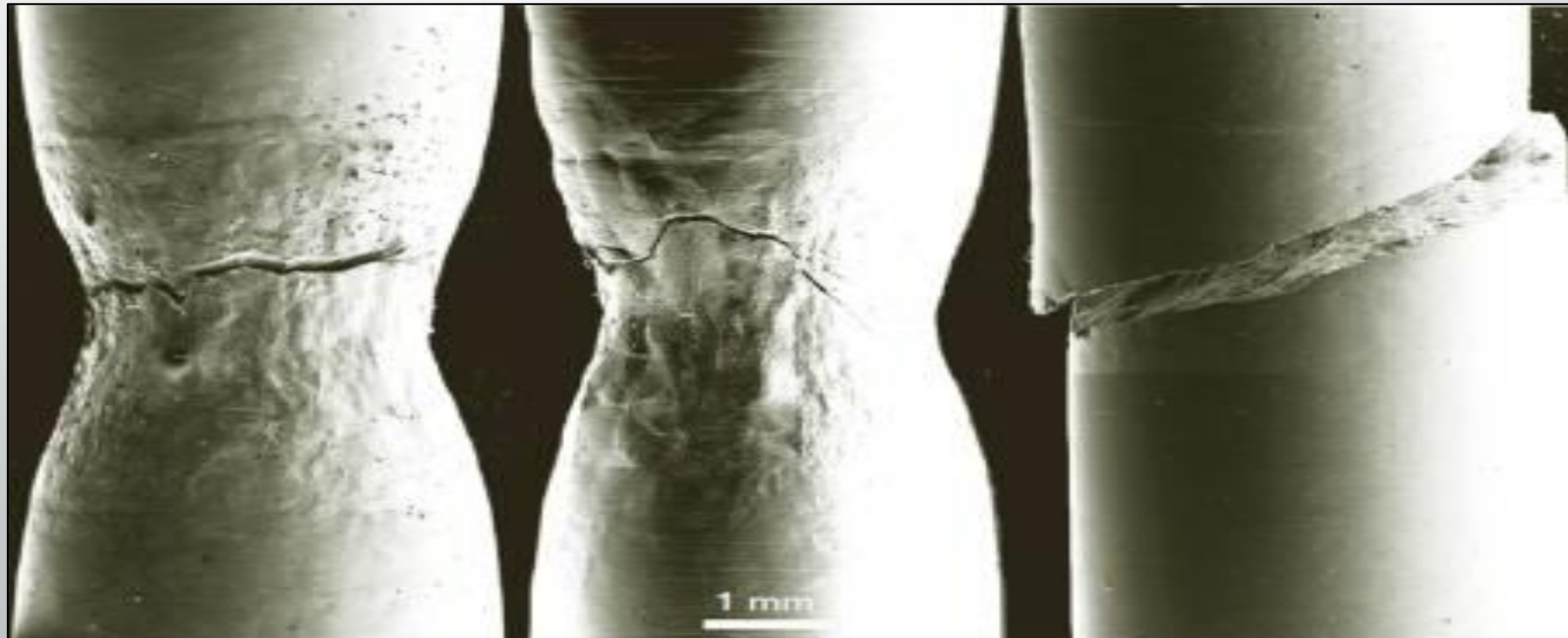
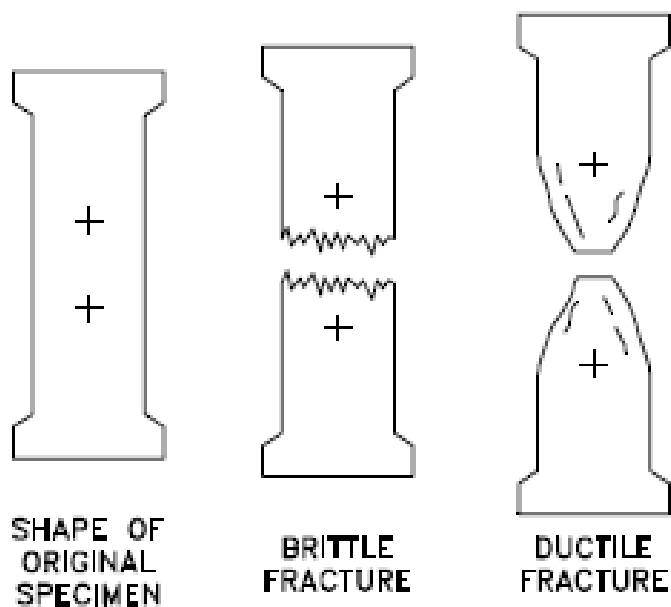


1. الكسر المطيلي

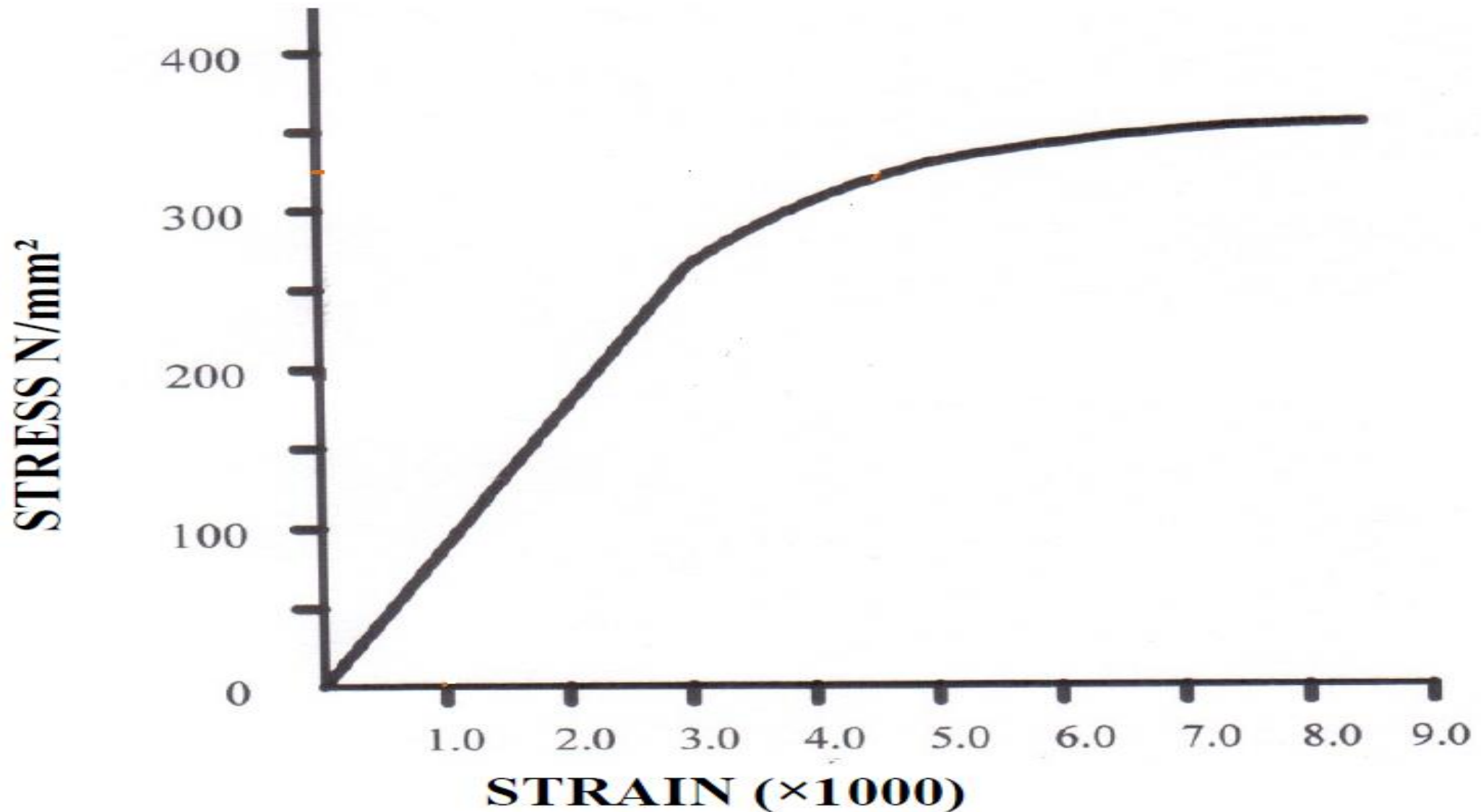
Ductile Fracture



Steel at 300 K



الواجب البيتي: استخراج اجهاد وانفعال الصمود
للمخطط ادناه!



جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن

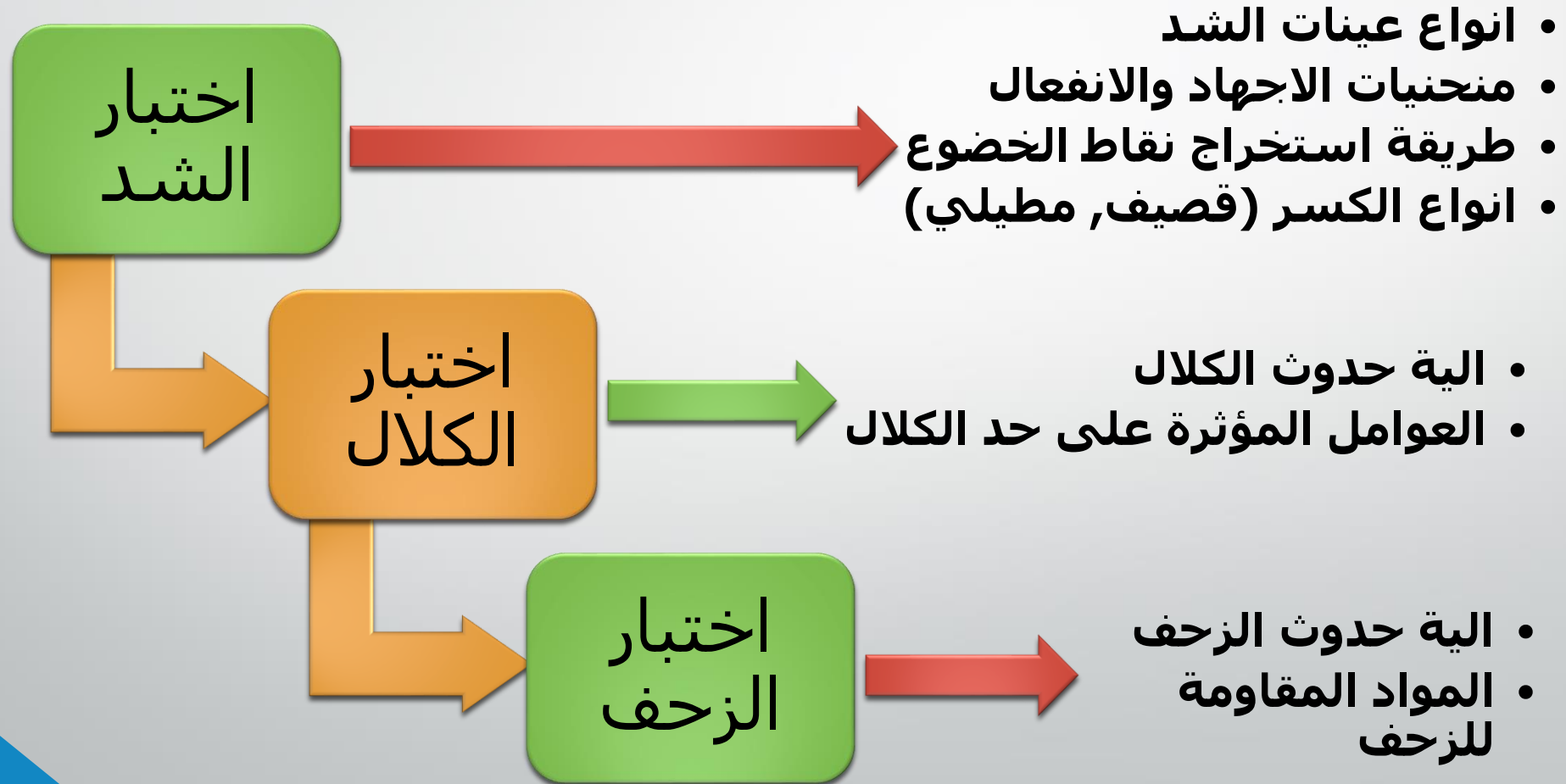


الاسبوع التاسع

الكلال, الية حدوث الكلال والعوامل المؤثرة عليه

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة (الاختبارات الميكانيكية)



اختبار الكلال Fatigue

يعرف الكلال بأنه انهيار المادة تحت تأثير اجهادات متغيرة الاتجاه او المقدار او متغيرة المقدار فقط (يحصل بسبب عدم انتظام توزيع التشوهات المرنة واللينة على المادة).

WHAT WILL YOU DO TO BREAK IT ?



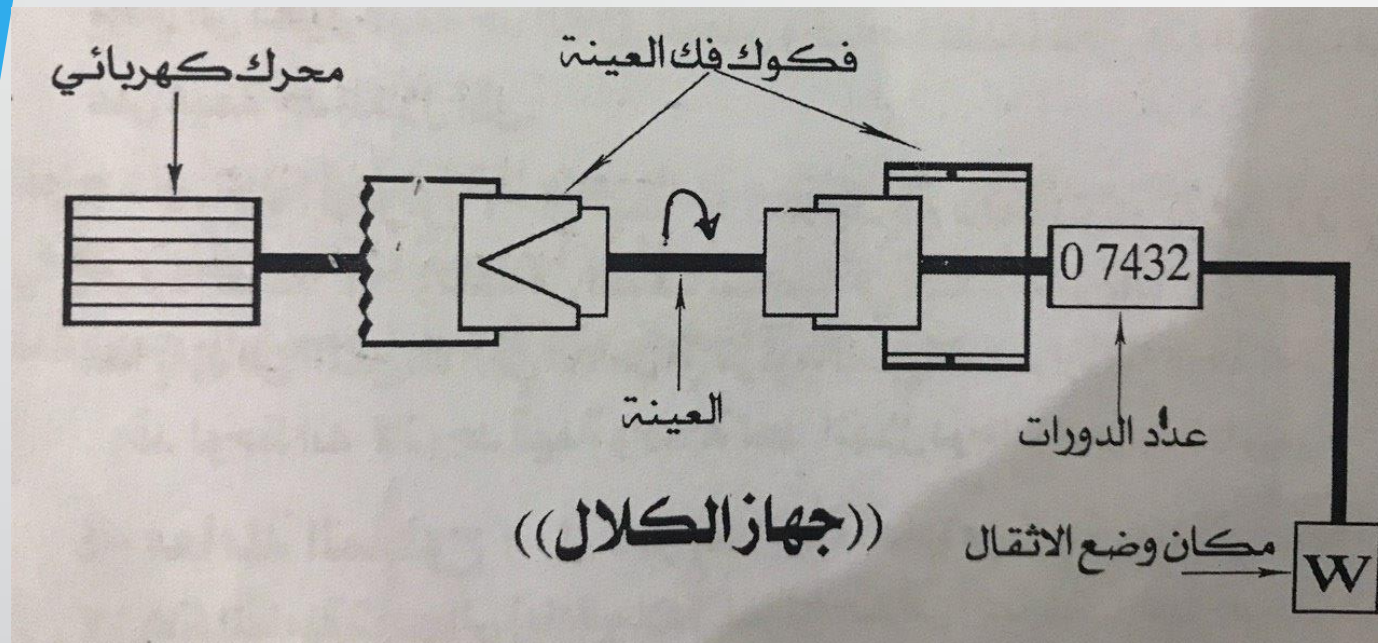
اختبار الكلال Fatigue

- الاجهاد اللازم لانهيـار المادة اقل بكثير من الاجهاد اللازم لانهيـار المادة تحت تأثير حمل استاتيكي كما يحدث في اختبار (الشـد, الانضغاط, الصلادة).
- يحصل الفشل في اختبار الكلال عند قيم اجهادات اقل من قيم اجهاد الشـد الاقصى (σ_u) او اجهاد الخضوع (σ_y)
- تشكل انهيارات الكلال بمقدار 90% من الانهيـارات التي تحصل في :
 - اجزاء ووسائل النقل البرية والطائرات والمكائن
 - اجنحة الطائرات التي تتعرض الى حرارة متغيرة
 - اطارات السيارات

عينات الكلال

- العينة المستخدمة في اختبار الكلال مشابهة لعينة اختبار الشد الدائرية لكنها ذات ابعاد اقل منها.





جهاز الكلال



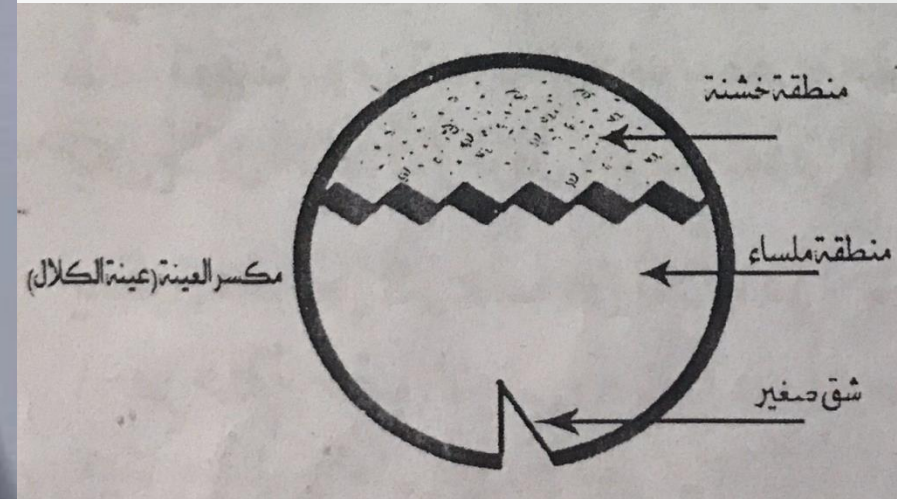
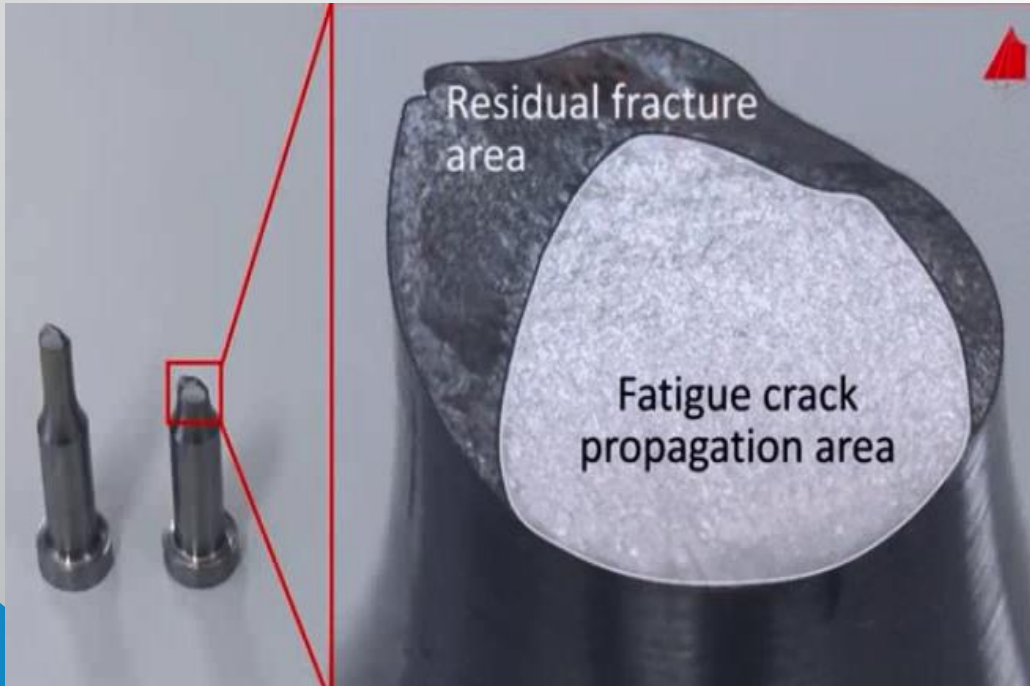


مناطق الكسر في عينات الكلال

تتكون العينة المكسورة من منطقتين:

1. منطقة لامعة ذات تموجات تشع من الداخل الى الخارج (تبدأ بشق صغير ثم ينمو للحد الذي يسبب كسر العينة)

2. منطقة حبيبية خشنة (اخر مرحلة للكسر)

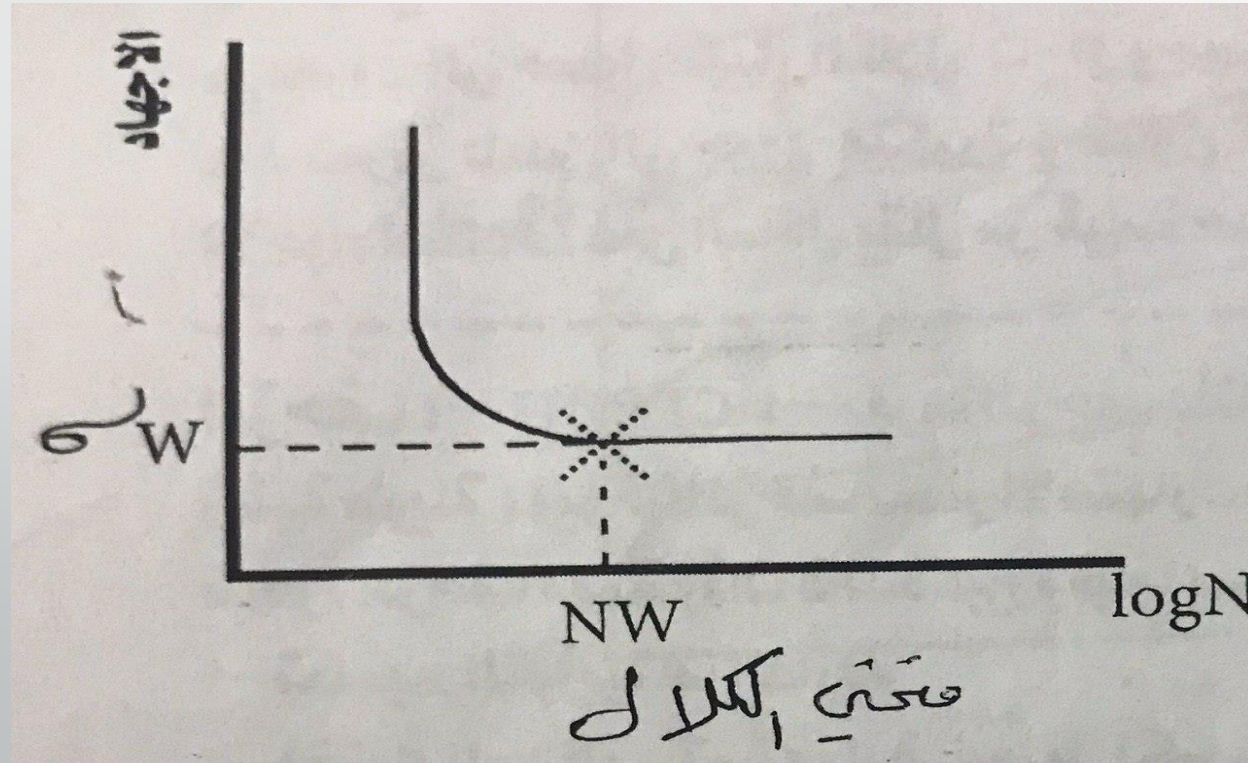


منحنى الكلال: هو علاقة بيانية ترسم بين الاجهاد المسلط على العينة ولوغاريتم عدد الدورات اللازمة لكسر العينة.

يتكون المنحنى من قسمين:

1. الجزء العمودي: الاجهاد (حد الكلال) (σ_W): الاجهاد الذي لا تنكسر عنده العينة مهما ازداد عدد الدورات.

2. الجزء الافقي: عدد الدورات (NW)



العوامل المؤثرة على حد الكلال

درجة
الحرارة

الشوائب

التصميم
وانجاز
السطح

المحيطات
المساعدة
على التآكل

معاملة
السطوح

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن

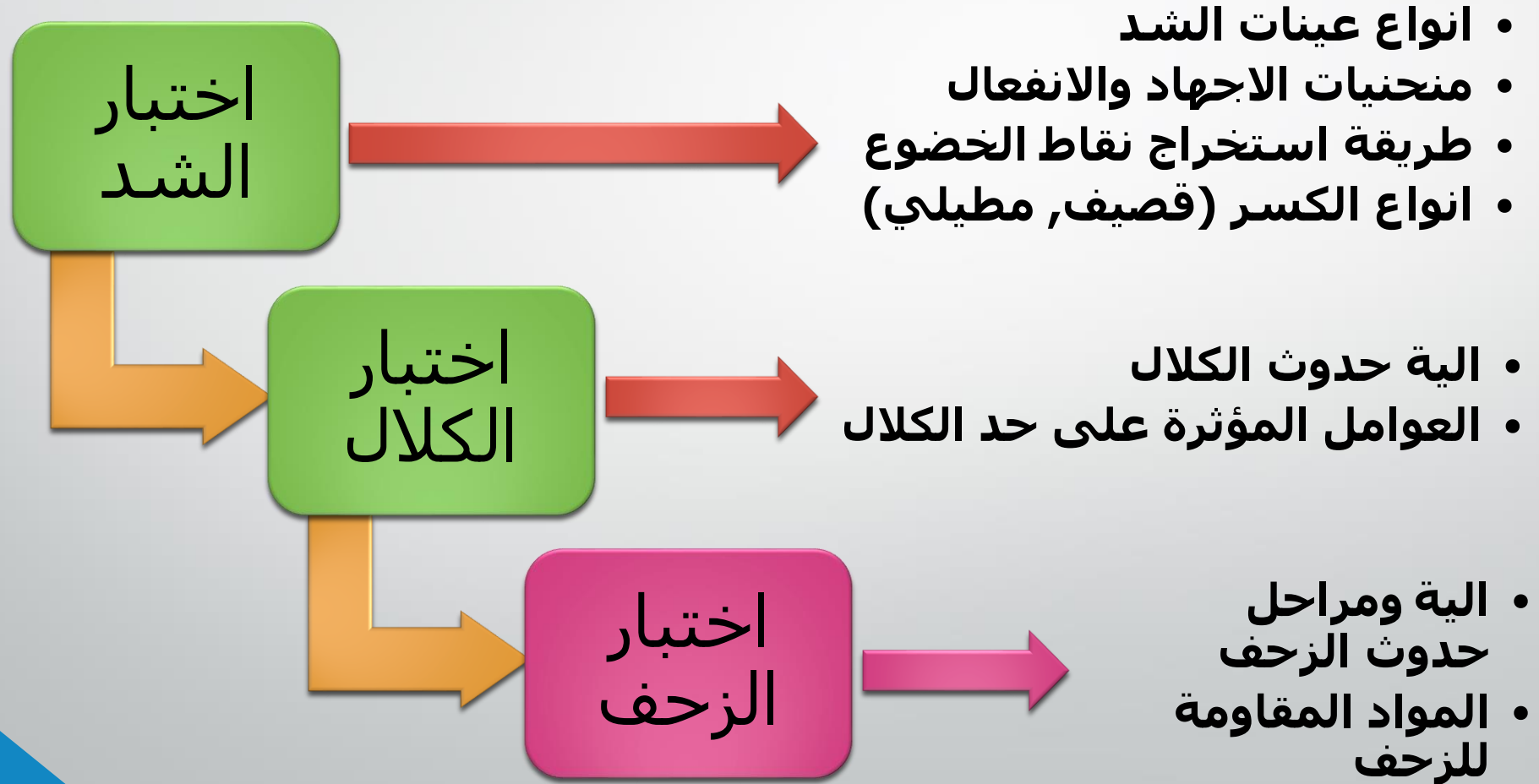


الاسبوع العاشر

**الزحف, مراحل الزحف, طريقة استخراج حد الزحف,
السبائك المقاومة للزحف**

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرات السابقة (الاختبارات الميكانيكية)



الزحف:

يعرف بأنه تشوه لدن بطيء يحدث تحت تأثير اجهاد ثابت ودرجة حرارة عالية ولفترة زمنية طويلة

فوائد اختبار الزحف في ما يلي:

1. دراسة تصميم التوربينات الغازية
2. اختيار المواد التي تستعمل في تكرير الزيت ومعامل توليد الطاقة الكهربائية وفي المصانع الكيماوية
3. تصنيع الصواريخ والطائرات

ملاحظة: جميع التطبيقات اعلاه تتعرض الى حرارة عالية لذلك فإن اختبار الزحف مهم في اختيار المواد اعلاه.

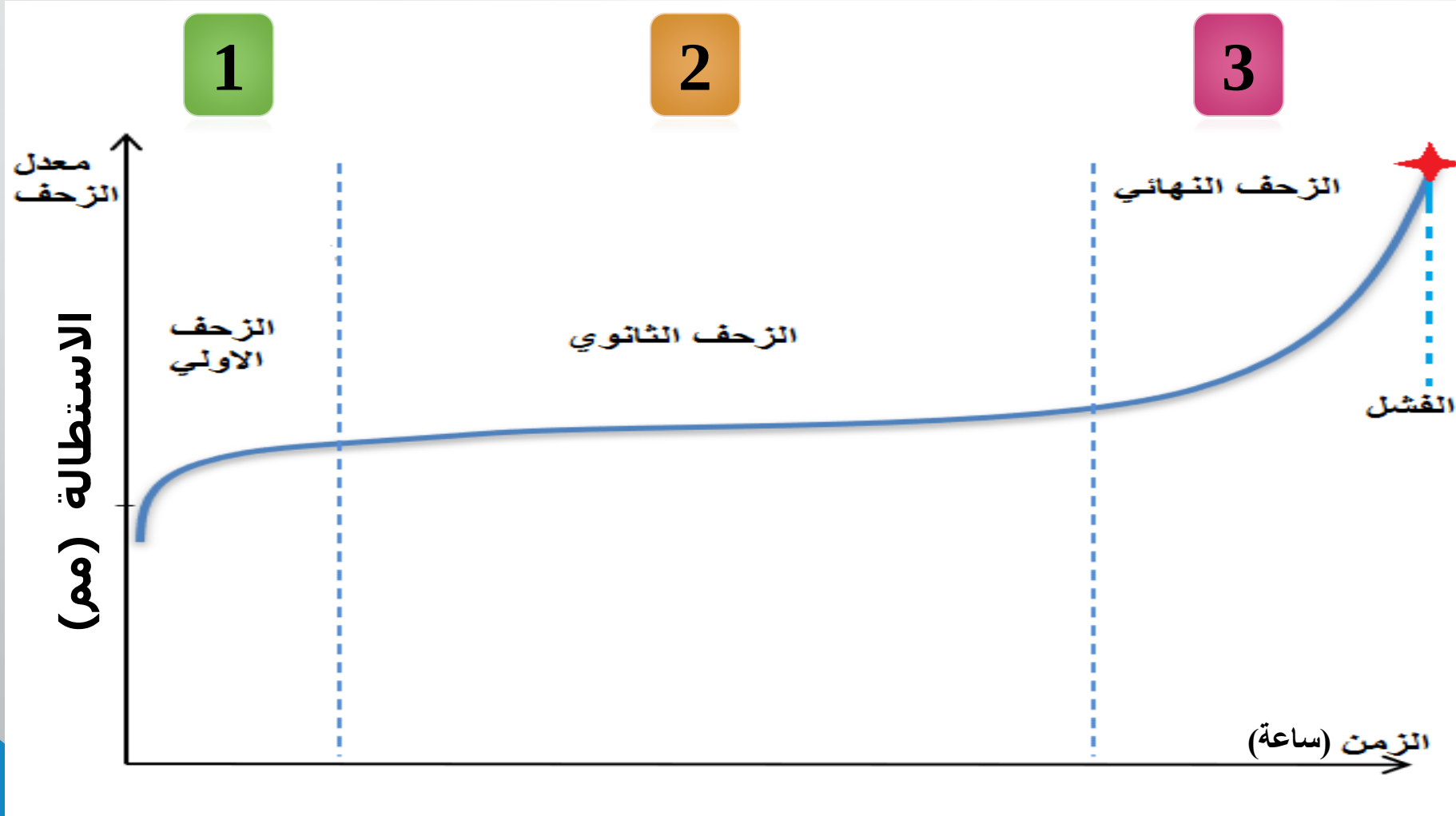
تسغیر (k)



0:01 / 2:15



مراحل الزحف: يتكون منحنى الزحف من ثلاث مراحل:



طريقة استخراج حد الزحف

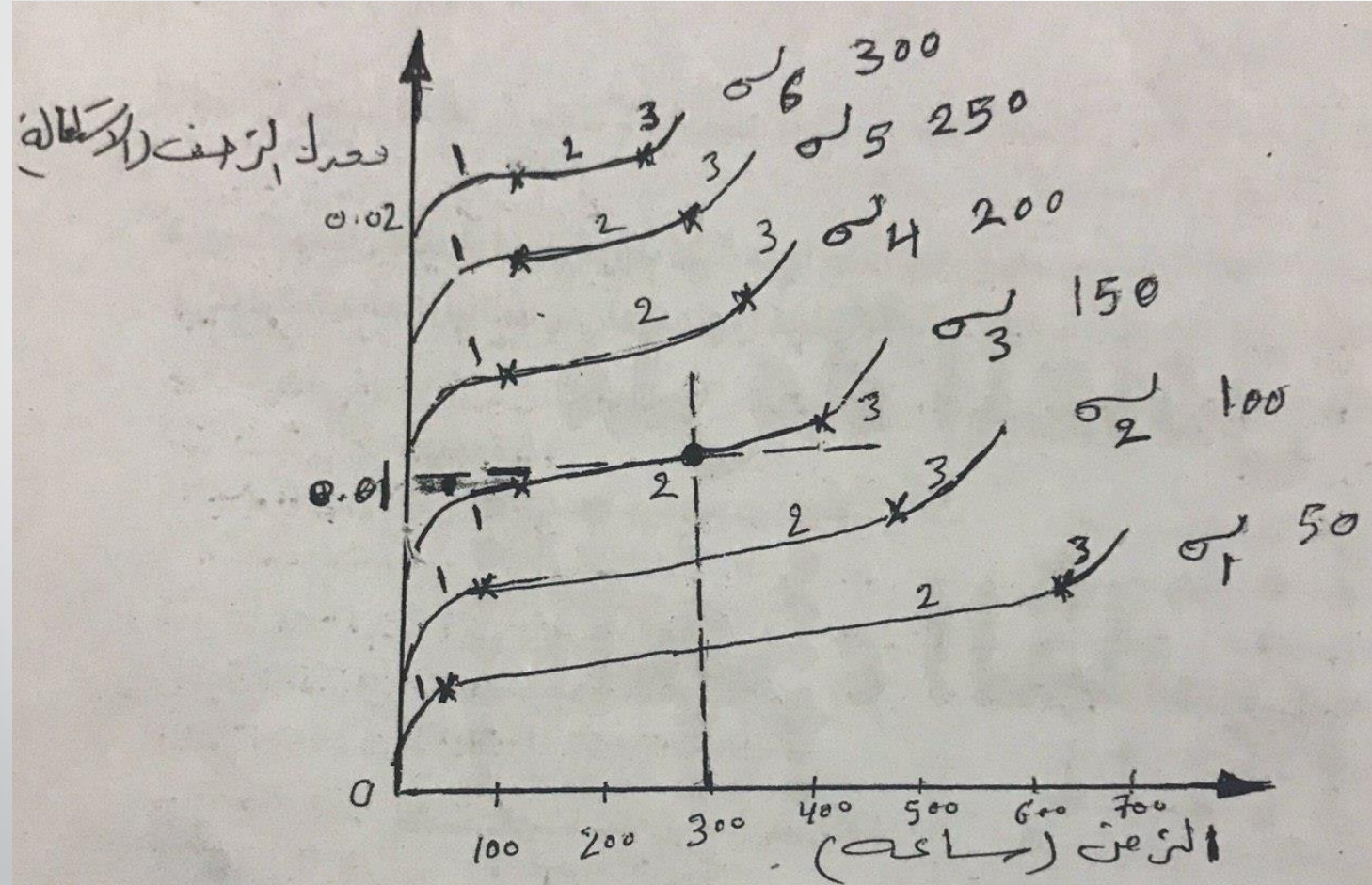
حد الزحف: هو اكبر اجهاد يمكن تسليطه لفترة زمنية طويلة عند درجة حرارة ثابتة بحيث لا يتعدى معدل الزحف عند قيمة محددة.

حساب حد الزحف:

1. تؤخذ مجموعة من العينات **لنفس المعدن** وتوضع في فرن عند **حرارة ثابتة واجهاد متغير**,
2. ترسم علاقة بين معدل الزحف (الاستطالة) والزمن
3. تؤخذ نسبة من معدل الزحف (0,01 او 0,02) عند حمل معين (معروف مسبقاً)

مثال/ ما هو الاجهاد الذي يمكن تسليطه لفترة (300) ساعة عند درجة حرارة (100) م بحيث لا يتعدى معدل الزحف (الاستطالة) قيمة (0.01%)؟

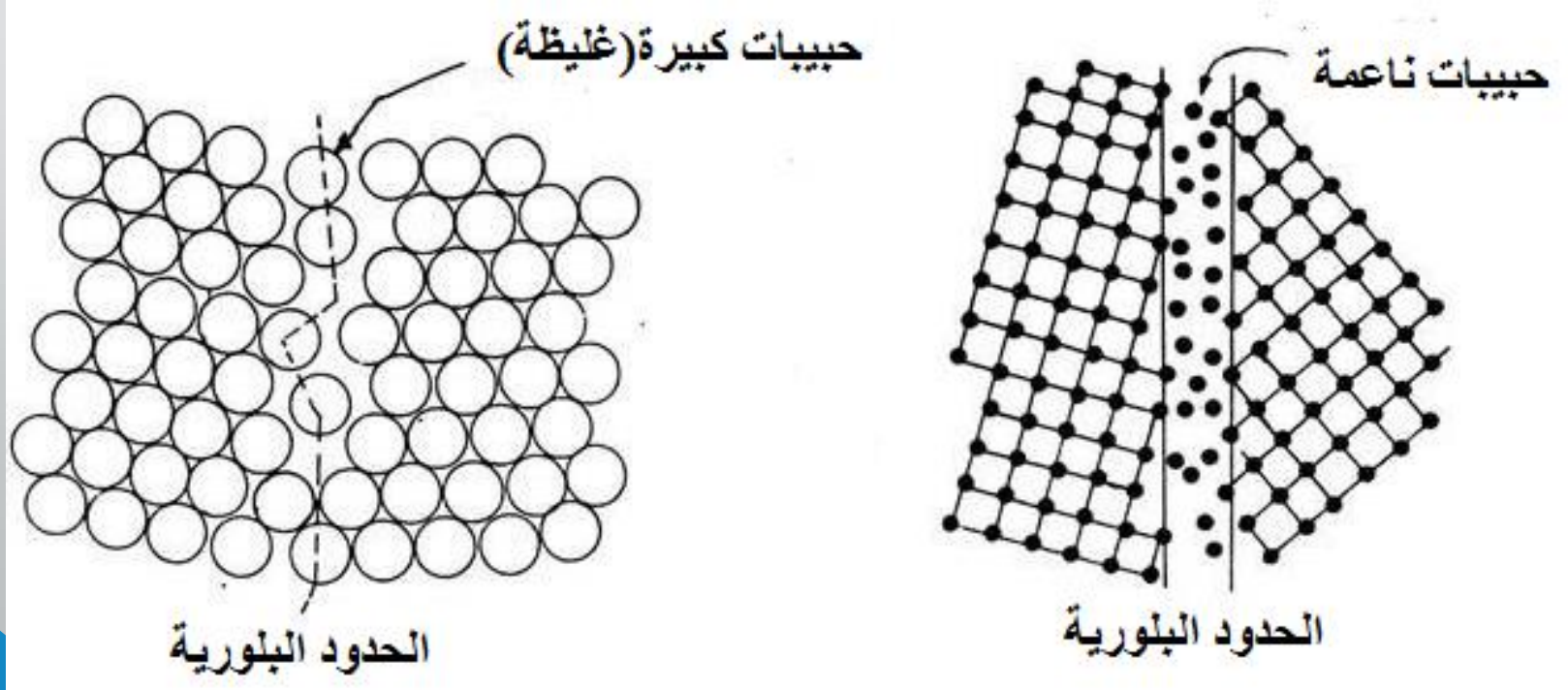
الجواب/ حد الزحف (σ_3) يساوي (150 N/mm²)



((طريقة استكمال حد الزحف))

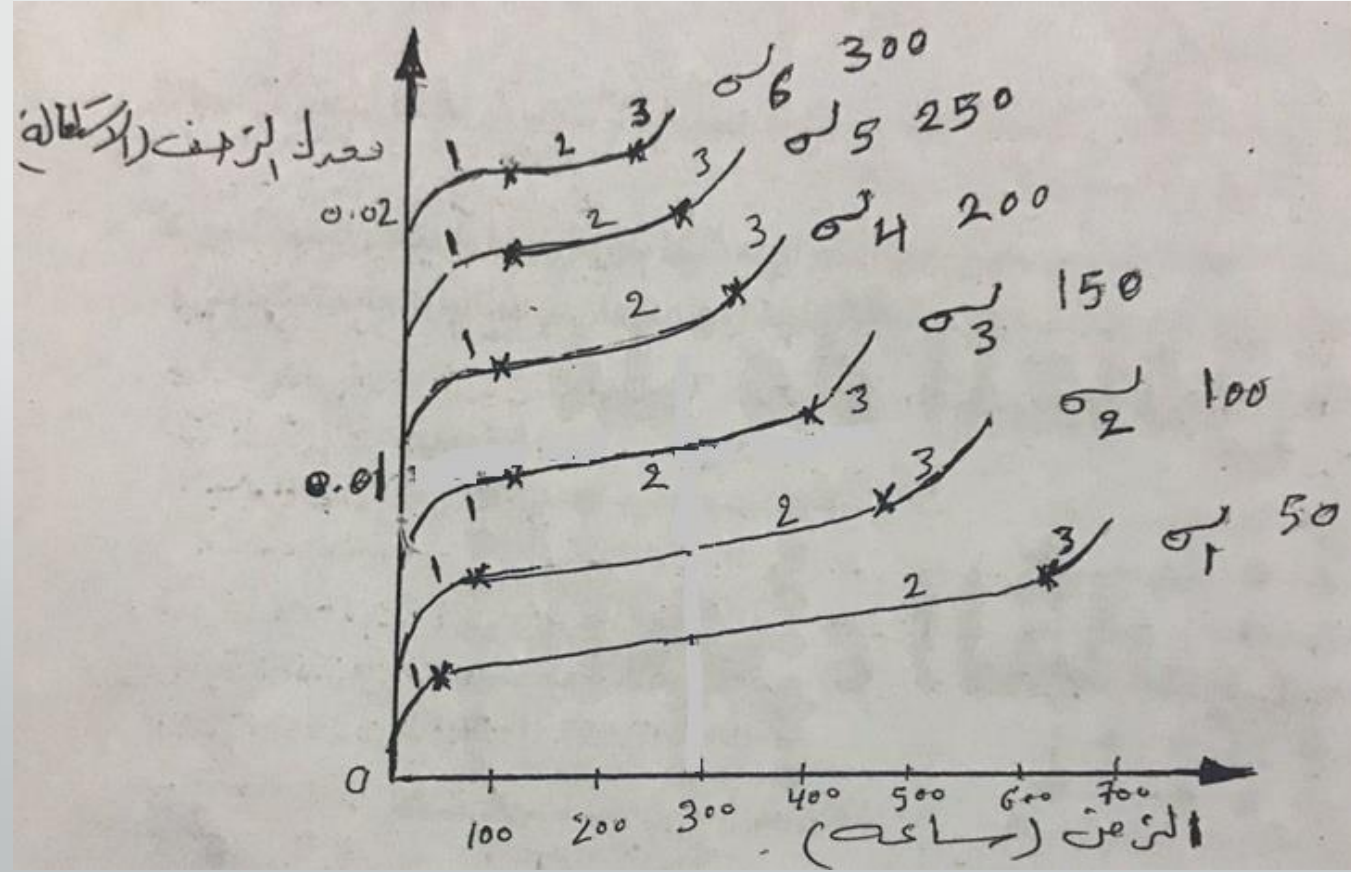
السبائك المقاومة للزحف

❖ يكون المعدن الذي يحتوي على حبيبات غليظة اكبر مقاومة للزحف من المعدن الذي يحتوي على دقائق دقيقة!!
يعود السبب الى سهولة انزلاق الحدود البلورية الدقيقة (الناعمة) مقارنة بالحدود البلورية الغليظة.



الواجب البيتي

سؤال/ ما هو الاجهاد الذي يمكن تسليطه لفترة (200) ساعة عند درجة حرارة (100) م بحيث لا يتعدى معدل الزحف (الاستطالة) قيمة (0.02%)؟



جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الحادي عشر

السبائك, مكونات السبائك, قاعدة الاطوار

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرات السابقة

- اختبار الشد
- اختبار الكلال
- اختبار الزحف

السبائك

السبائك خليط من عنصرين او اكثر تتكون للاسباب التالية:

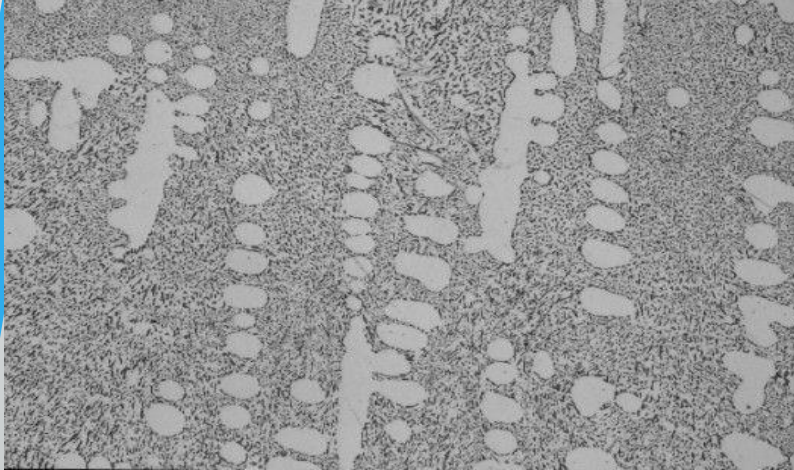
1. تحسين بعض الخواص الضعيفة في المعادن

2. الحصول على خواص جديدة



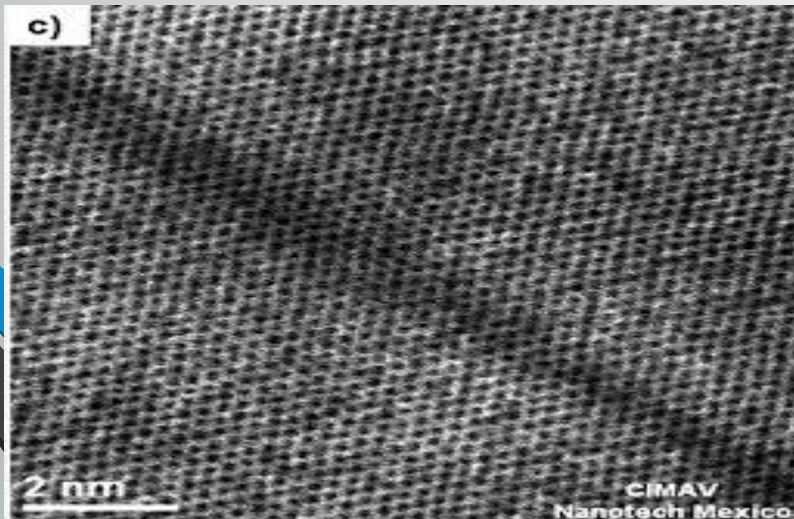
سبيكة نيكل - كروم NiCr

مكونات السبائك في الحالة الصلبة



1. الخليط الميكانيكي (خليط من الاطوار التي لا تذوب مع بعضها)

سبيكة المنيوم - سيليكون AL-Si



1. المحلول الجامد (خليط وحيد الطور متكون من عدة معادن منصهرة متجانسة مكونة شبكة بلورية واحدة)

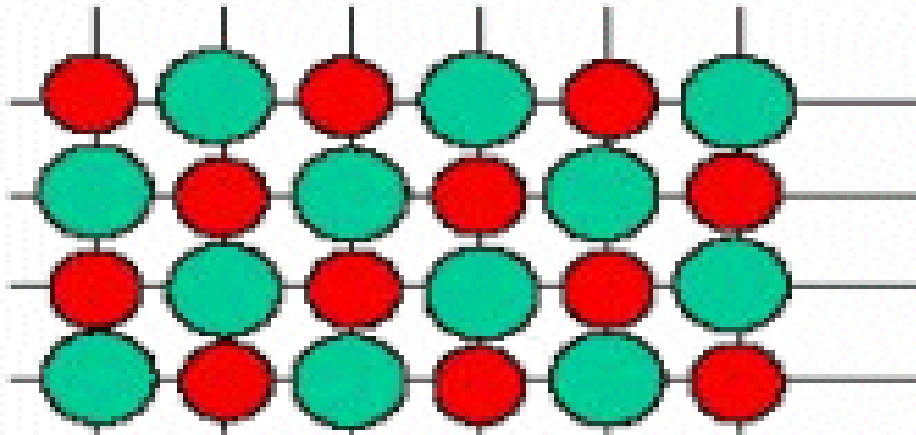
سبيكة فضة - زنك Ag-Zn

يقسم المحلول الجامد الى :

1. محاليل جامدة استبدالية (احلالية)

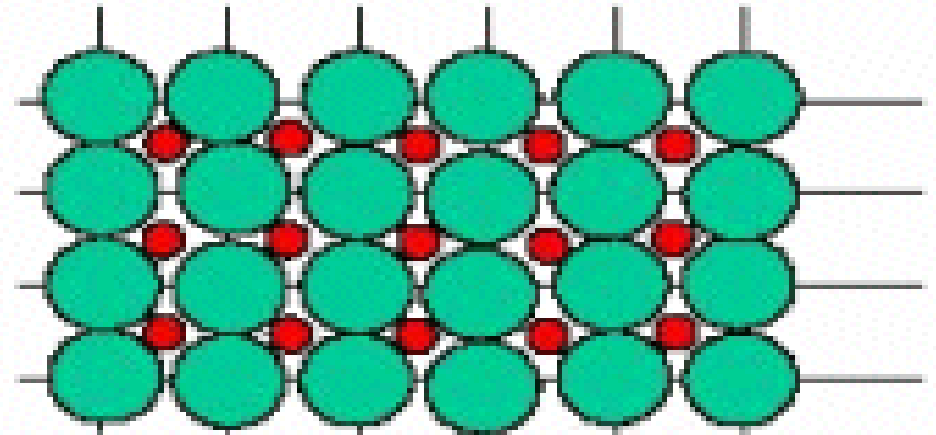
2. محاليل جامدة بنية (تغلغلية)

محاليل استبدالية



*e.g., Ni₃Al (hi-T yield strength),
Al₃(Li,Zr) (strengthening)*

محاليل تغلغلية

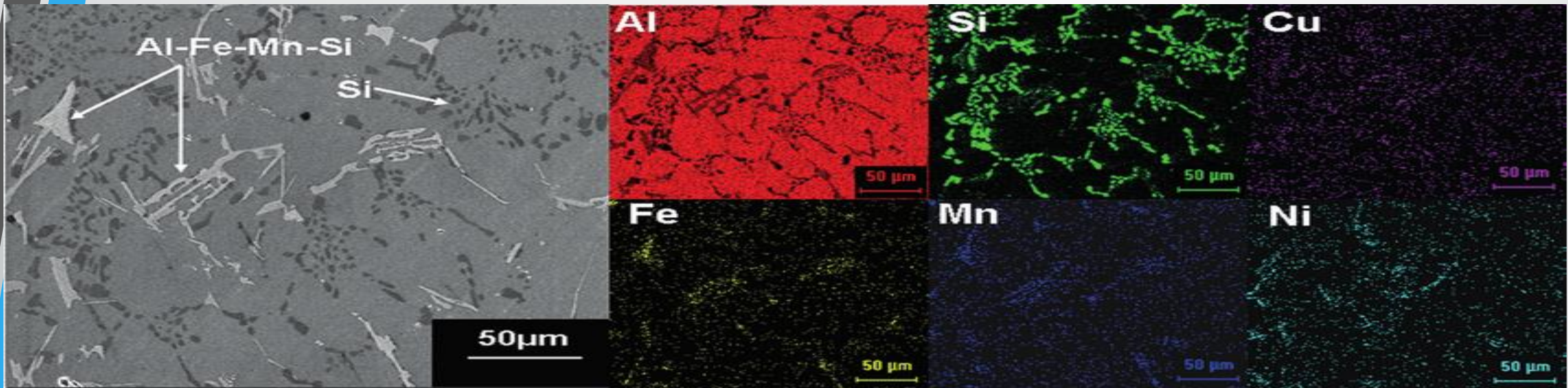


*e.g., small impurities, clays
ionic crystals, ceramics.*

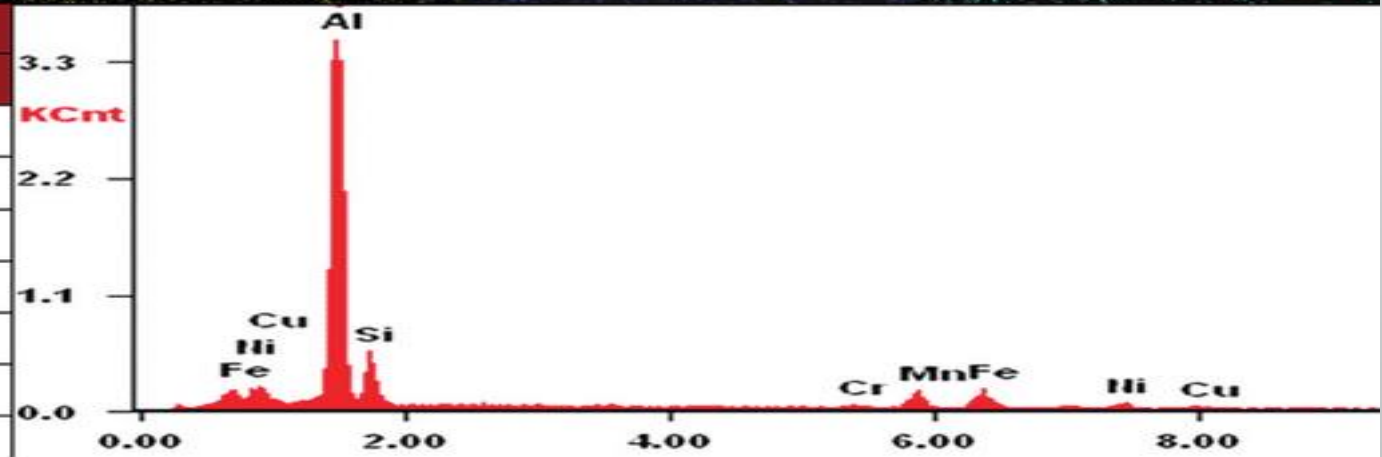
المركبات الكيميائية

المركبات الكيميائية تتبع قانون التكافؤ

الوزن الذري
الوزن المكافي = $\frac{\text{تكافؤ العنصر} \times \text{عدد ذراته}}{\text{الوزن الذري}}$



EDS Microanalyses. Al-Fe-Mn-Si phase		
Element	Wt%	At%
AlK	57.20	69.89
FeK	11.43	06.75
MnK	09.19	05.52
SiK	09.02	10.59
NiK	06.83	03.84
CuK	05.15	02.67
CrK	01.17	00.74



الوزن الذري والتكافؤ لـ ٣٠ عنصر من الجدول الدوري

العنصر	العدد الذري	الوزن الذري	التكافؤ
Hydrogen	1	1.0079	(-1), +1
Helium	2	4.0026	0
Lithium	3	6.941	+1
Beryllium	4	9.0122	+2
Boron	5	10.811	-3, +3
Carbon	6	12.0107	(+2), +4
Nitrogen	7	14.0067	-3, -2, -1, (+1), +2, +3, +4, +5
Oxygen	8	15.9994	-2
Fluorine	9	18.9984	-1, (+1)
Neon	10	20.1797	0
Sodium	11	22.9897	+1
Magnesium	12	24.305	+2
Aluminum	13	26.9815	+3
Silicon	14	28.0855	-4, (+2), +4
Phosphorus	15	30.9738	-3, +1, +3, +5
Sulfur	16	32.065	-2, +2, +4, +6
Chlorine	17	35.453	-1, +1, (+2), +3, (+4), +5, +7
Argon	18	39.948	0
Potassium	19	39.0983	+1
Calcium	20	40.078	+2
Scandium	21	44.9559	+3
Titanium	22	47.867	+2, +3, +4
Vanadium	23	50.9415	+2, +3, +4, +5
Chromium	24	51.9961	+2, +3, +6
Manganese	25	54.938	+2, (+3), +4, (+6), +7
Iron	26	55.845	+2, +3, (+4), (+6)
Nickel	27	58.6934	+2, +3, (+4)
Cobalt	28	58.9332	(+1), +2, (+3), (+4)
Copper	29	63.546	+1, +2, (+3)
Zinc	30	65.39	+2

س/ جد الوزن المكافئ للبوتاسيوم (k) وللمغنيسيوم (Mg)

$$\text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الوزن الذري}}{\text{تكافؤ العنصر} * \text{عدد ذراته}}$$

$$\text{الوزن المكافئ للبوتاسيوم} = \frac{39.1}{1*1} = 39.1$$

$$\text{الوزن المكافئ للمغنيسيوم} = \frac{24.3}{1*2} = 12.15$$

2. مركبات الكترونية

هي مركبات معدنية لا تخضع لقانون التكافؤ وتقسم الى عدة اصناف حسب القانون التالي:

مجموع الكترونات التكافؤ في كل مركب
= عدد الذرات الكلي في المركب

Helium	
atomic number	2
symbol	He
electron configuration	1s ²
name	helium
	4.003
	atomic weight
	crystal structure
	physical state at 20 °C (68 °F)
☐	Noble gases
☒	Gas
☐	Hexagonal

قاعدة الاطوار: علاقة رياضية تربط بين الاطوار والمكونات والعوامل الداخلية والخارجية للمجموعة الموجودة في حالة اتزان.

		1. النظام (الرصاص النقي)
		2. المكون (Compound) يرمز لها (C) مثل سبائك نيكول - نحاس
		3. الطور (Phase) يرمز له (P) ويكون عبارة عن اطوار سائلة وصلبة
		4. عدد المتغيرات (عدد الدرجات الحرارية)

يعبر عن قاعدة الاطوار بالعلاقة الرياضية التالية:

$$F=C-P+1$$

حيث ان :

F = عدد المتغيرات او الدرجات الحرارية

C = عدد مكونات السبيكة

P = عدد الاطوار

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الثاني عشر

مخططات التوازن الحراري وانواعها

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة

- السبائك,
- مكونات السبائك,
- قاعدة الاطوار

مخططات التوازن الحرارية

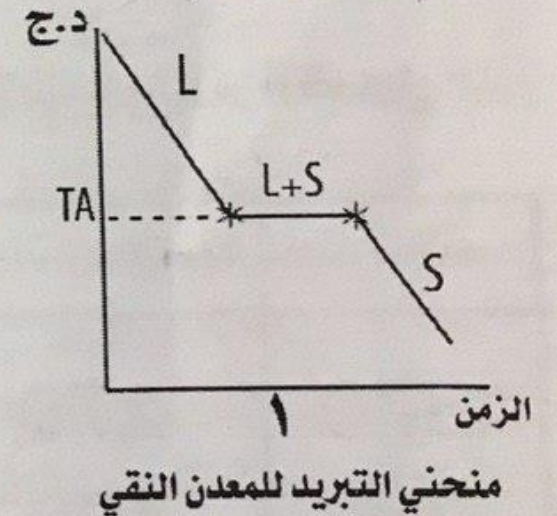
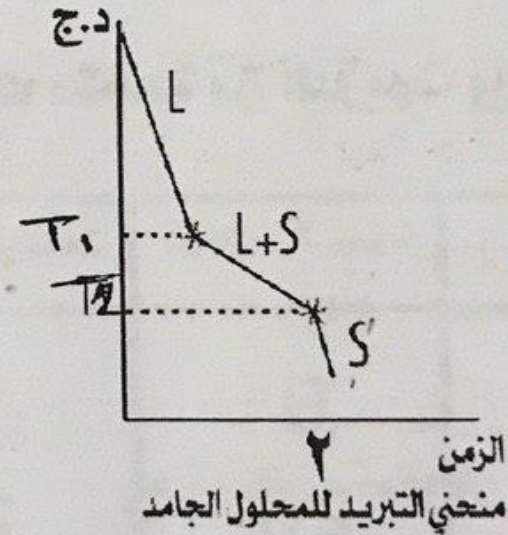
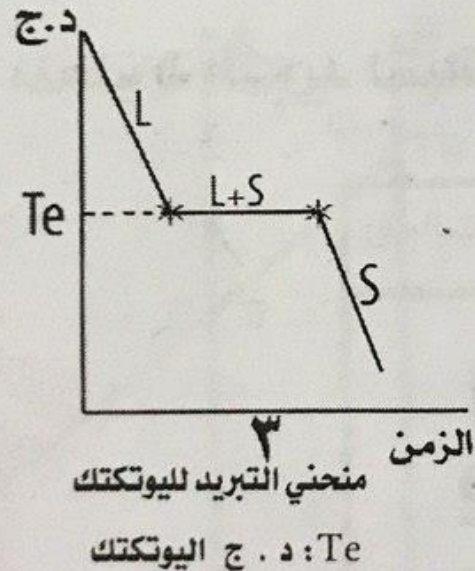
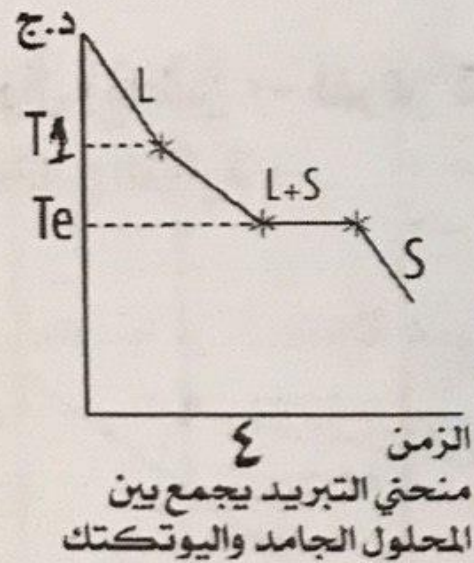
هي مخططات توضح العلاقة بين تركيز مكونات الشبكة ودرجة الحرارة التي تحدث عندها التغيرات في أطوار الشبكة.

يتم استخدام هذه المخططات في معرفة مايلي

1. التغيرات التي تحصل في البنية نتيجة للتسخين وتبريد الشبكة
2. دراسة المعاملات الحرارية
3. دراسة خواص الشبكة
4. دراسة احسن تركيب لشبكة يمكن انتاجها صناعيا

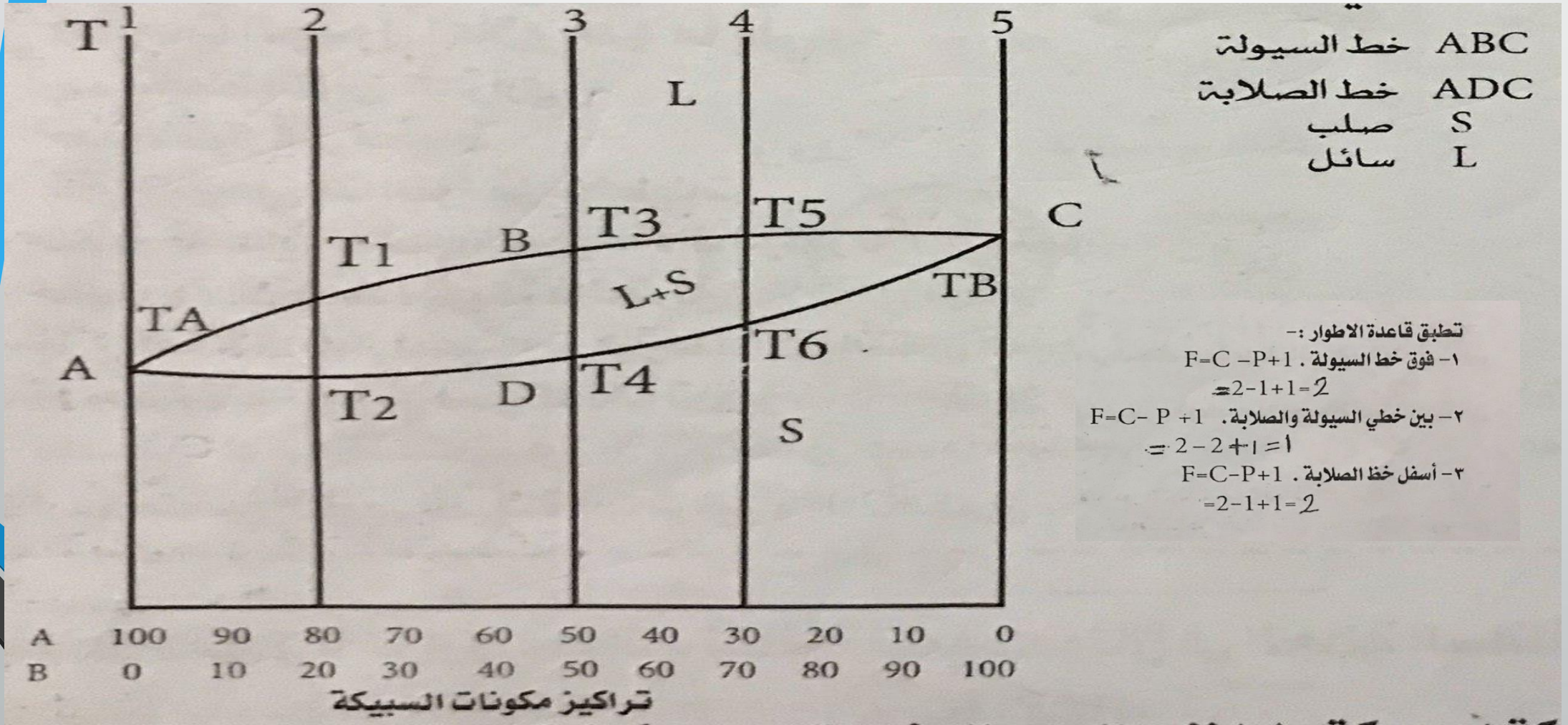
طرق رسم مخططات التوازن الحرارية

يتم رسم المخطط الحراري عند تسخين السبيكة بنسبة حرارية معينة لفترة من الزمن (اي رفع حرارة سبيكة 5 درجة لكل 1 ساعة) على سبيل المثال.
من خلال هذه المخططات تظهر نقاط بداية ونهاية الانصهار او الانجماد او التحول من طور الى اخر.

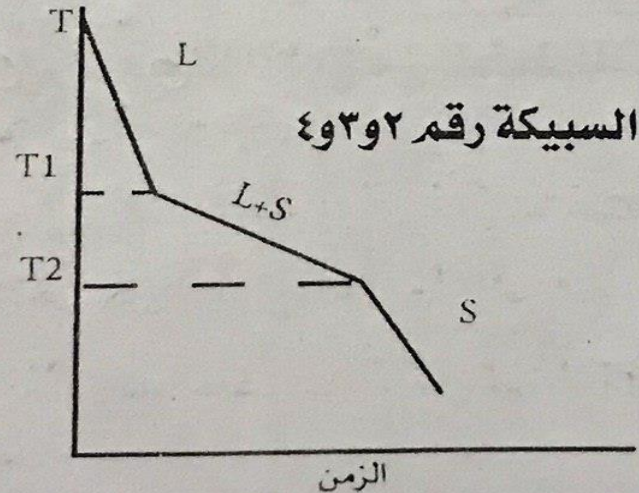
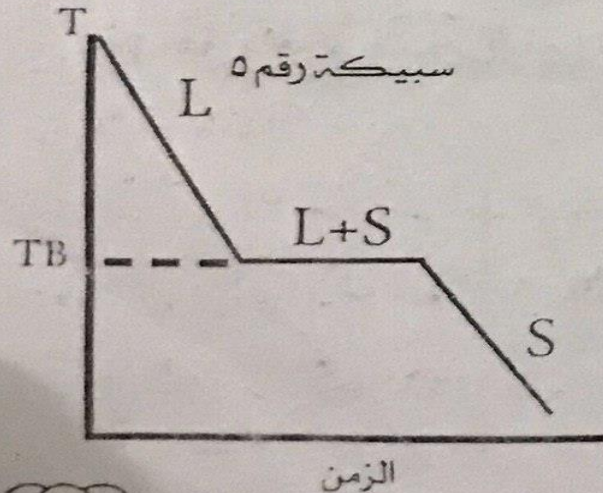
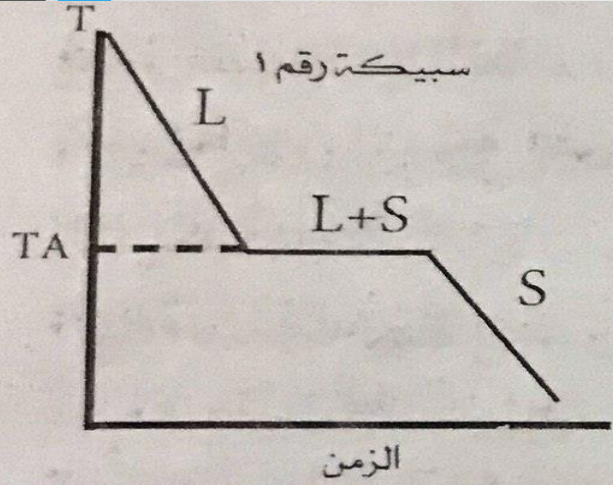


انواع مخططات التوازن الحراري

1. مخطط التوازن الحراري لسبائك ثنائية تتكون من عنصرين لهما قابلية انصهار وتجانس تام في الحالتين السائلة والصلبة (مخطط المحلول الجامد)



جميع السبائك المحصورة بين السبيكة رقم 1
ورقم 5 لها نفس منحنى التبريد



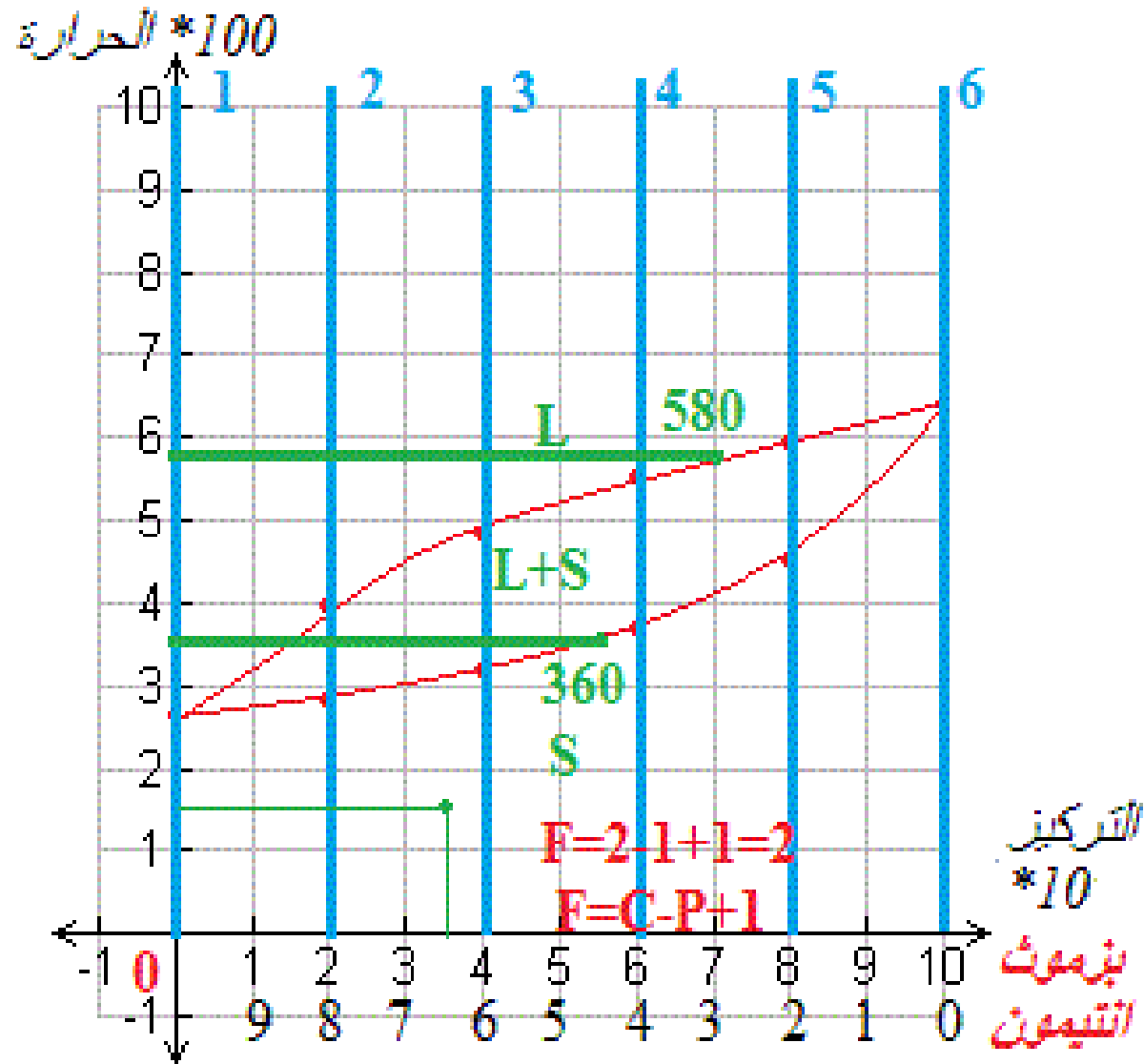
سؤال رياضي: لغرض تحديد منحنيات التبريد متعددة من البزموت والانتيمون تم الحصول على النتائج التالية:

رقم السبيكة	تركيز البزموت	درجة بداية الانجماد	درجة نهاية الانجماد
1	0	270	270
2	20	400	285
3	40	490	320
4	60	550	370
5	80	600	450
6	100	630	630

من معلومات الجدول اعلاه حدد ما يلي :-

- 1- أرسم مخطط التوازن الحراري
- 2- حدد الاطوار على المخطط
- 3- ماذا يطلق على هذا النوع من المخططات.
- 4- حدد درجة بداية الانصهار لسبيكة ذات تركيز 30% أنتمون.
- 5- حدد درجة الانجماد لسبيكة ذات تركيز 55% بزموت .
- 6- طبق قاعدة الاطوار لسبيكة تركيزها 65% أنتمون عند درجة 150°م.
- 7- أرسم التركيب المجهرى لسبيكة ذات تركيز 25% أنتمون عند درجة حرارة 500°م
- 8- صف انجماد سبيكة ذات تركيز 75% أنتمون عندما تبرد من درجة 700°م الى درجة الغرفة
- 9- ارسم منحنى التبريد لسبيكة ذات تركيز 20% أنتمون .

حل السؤال الرياضي



رقم السبيكة	تركيز البزموت	درجة بداية الانجماد	درجة نهاية الانجماد
1	0	270	270
2	20	400	285
3	40	490	320
4	60	550	370
5	80	600	450
6	100	630	630

حل السؤال الرياضي



جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الثالث عشر

**مخطط الاتزان الحراري لسبائك ثنائية تامة الذوبان بالحالة
السائلة وعديمة الذوبان بالحالة الصلبة
(مخطط اليوتكتيك)**

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة

- مخططات التوازن الحراري وأنواعها
- مخطط التوازن الحراري لسبائك ثنائية تتكون من عنصرين لهما قابلية انصهار وتجانس تام في الحالتين السائلة والصلبة (مخطط المحلول الجامد)

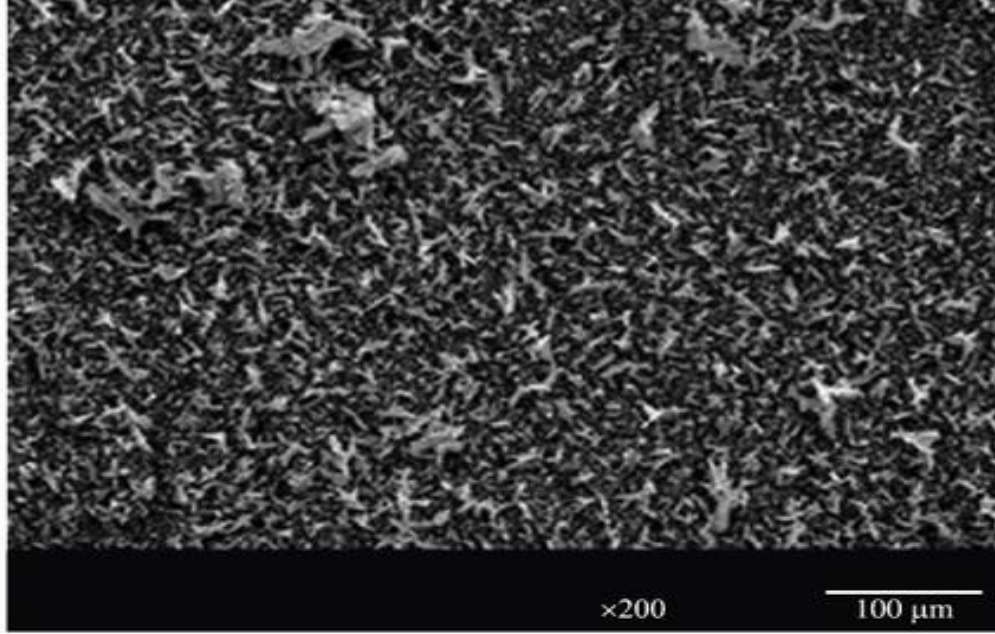
مخطط الاتزان الحراري لسبائك ثنائية تامة الذوبان في الحالة السائلة وعديمة الذوبان في الحالة الصلبة

يعطي هذا النظام سبائك ذات خليط
ميكانيكي يتكون من عنصرين بدون اي
ذوبان بينهما ويحتفظ كلا منهما
بشبكة البلورية مثال ذلك:

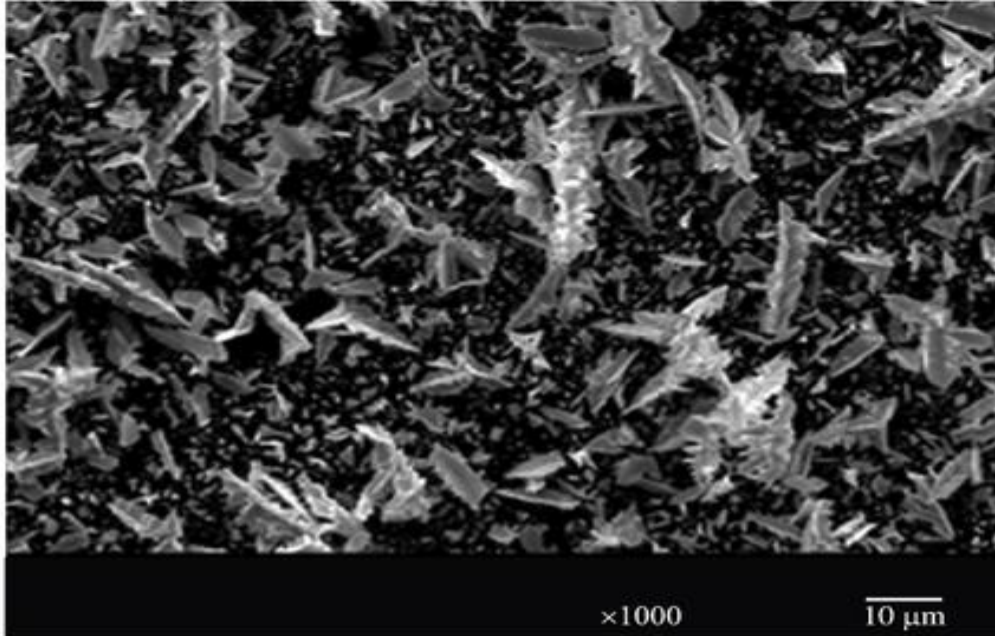
- سبائك (بزموت - كادميوم)

- سبائك (زنك - كادميوم)

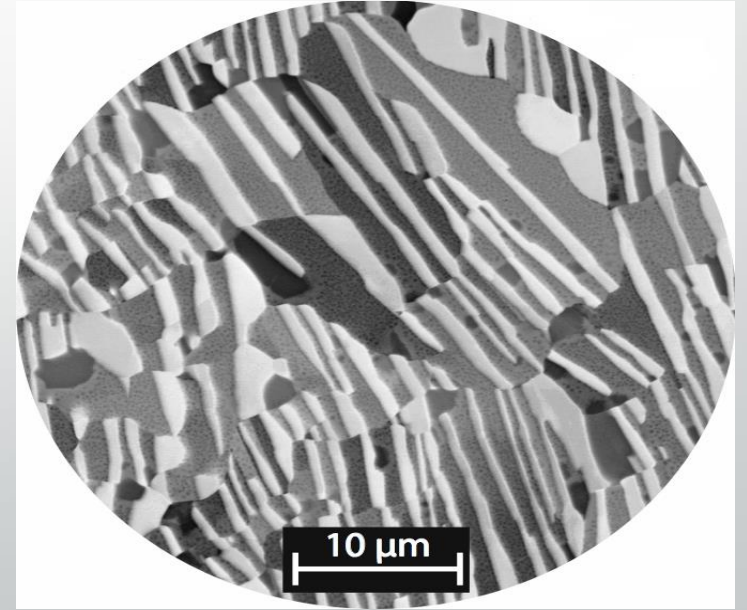
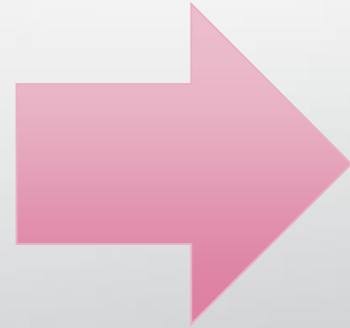
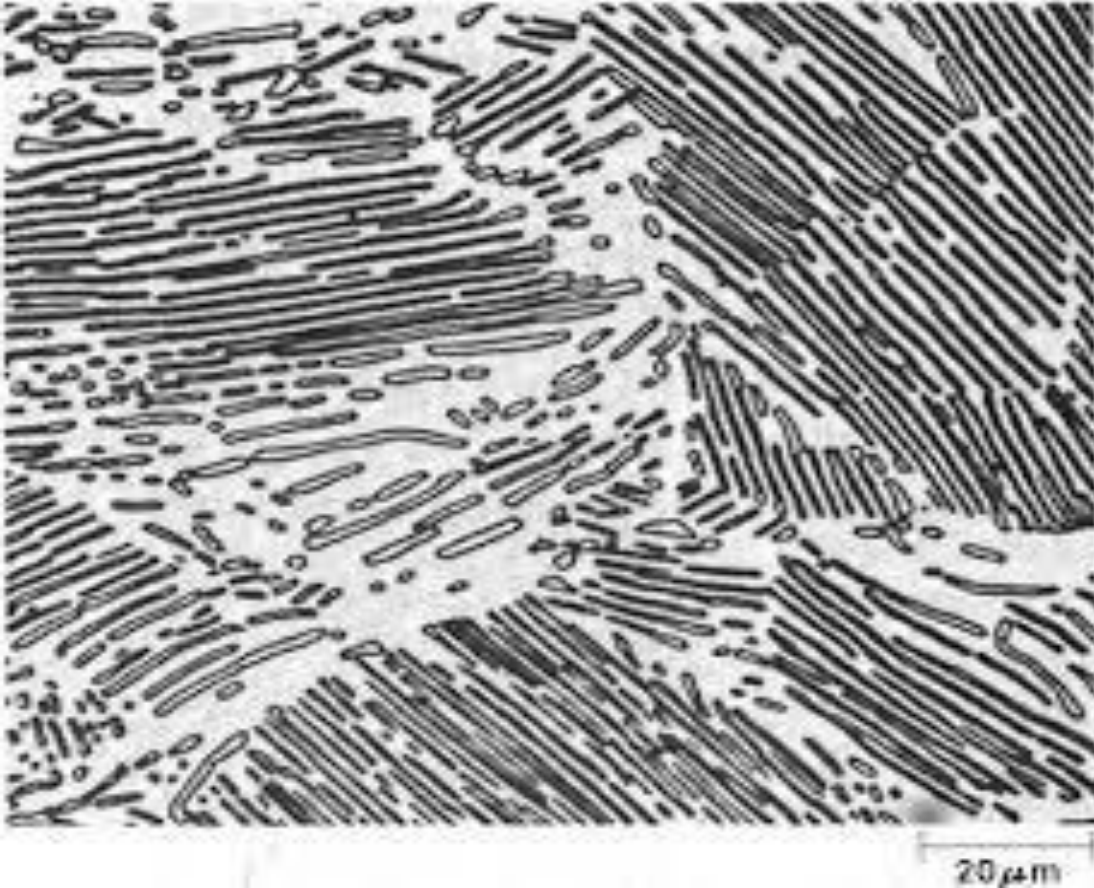
تسمى السبائك اعلاه بسبائك
اليوتكتيك.



(b)



- **اليوتكتيك:** هو لفظ يوناني معناه (سهولة الذوبان) وهو عبارة عن طبقات رقيقة متعاقبة من معدنين نقيين او محلولين جامدين او اي اطوار اخرى.
- تتصرف سبيكة اليوتكتيك تصرف المعدن النقي (لها بداية ونهاية انصهار او انجماد واحدة) وسبيكة اليوتكتيك لها اقل درجة انصهار او انجماد على المخطط.



ملاحظات مهمة جدا

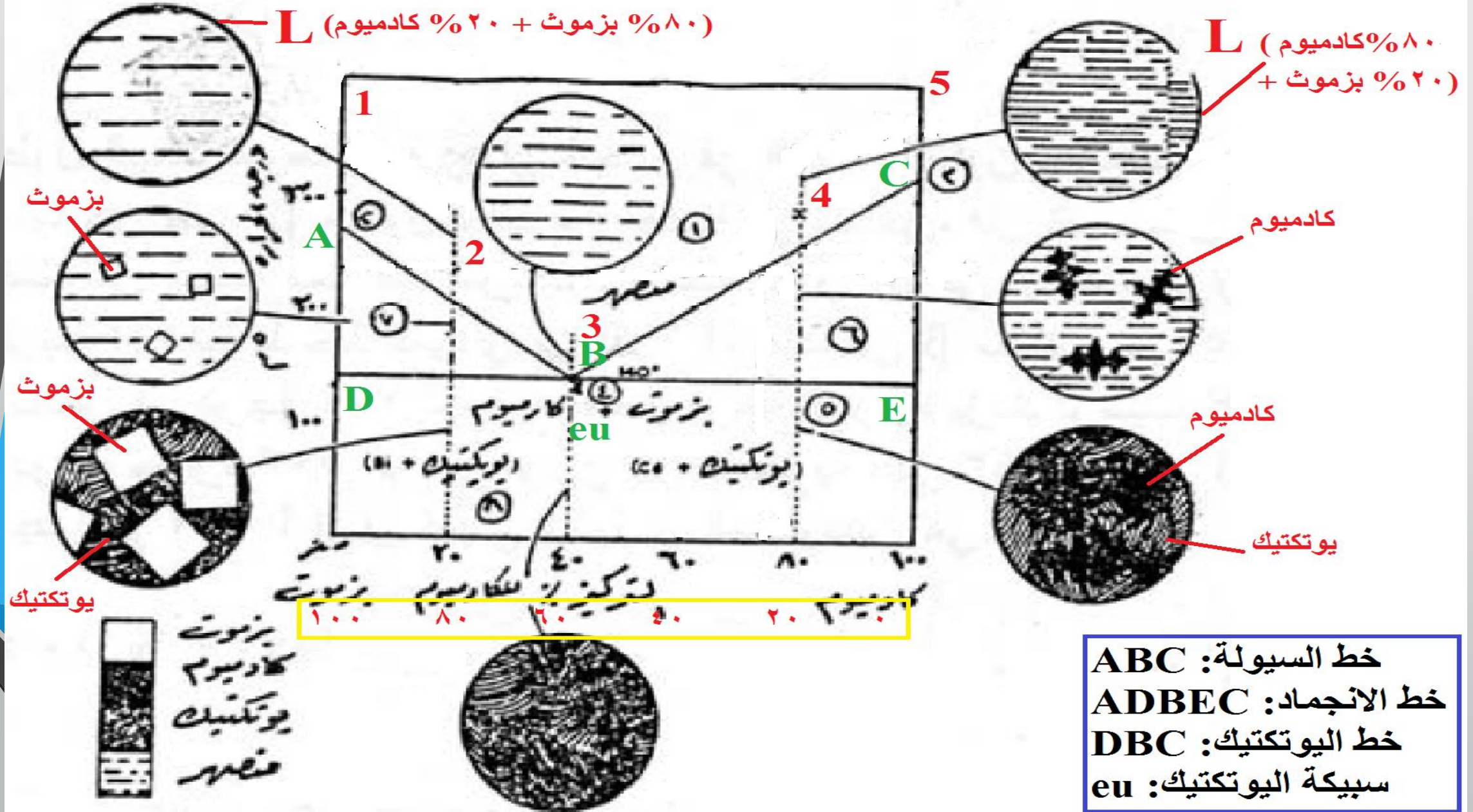
- خليط اليوتكتيك له نقطة انصهار أقل من أي من مكوناته.
- ان إضافة إي عنصر نقي الى عنصر نقي آخر ستؤدي الى انخفاض درجة تجمد الاول
- ويستمر هذا الانخفاض كلما أضيفت مقادير أخرى من العنصر الثاني، ويتناسب مقدار الانخفاض في درجة التجمد هذه مع الأوزان الجزيئية للعنصرين.

.....

انحدار خط السيولة من كلا الطرفين يدل على انخفاض درجة بدء التجمد لكلا العنصرين

- وباستمرار إضافة العنصر سيلتقي الخطان عند تركيب معين هو الحد الأدنى لمدى الانخفاض في درجة التجمد حتى يتجمد العنصران في **وقت واحد وفي درجة حرارة واحدة وثبات حراري**، وتسمى هذه النقطة التي تتم عندها مثل هذه التحولات بنقطة " اليوتكتك "

مخطط اليوتكتيك لسبيكة تتكون من 40% كاديوم + 60% بزموت

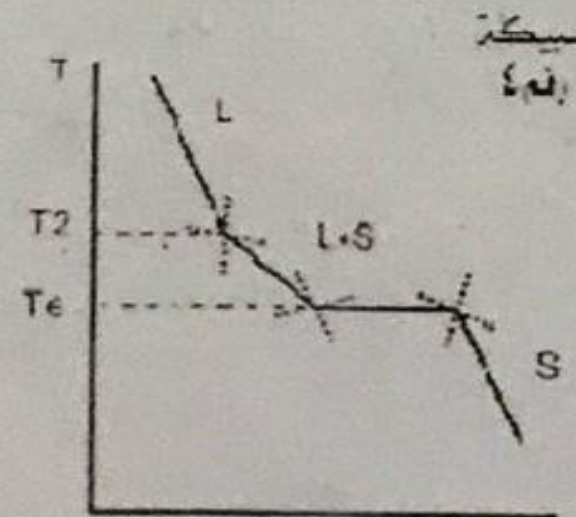
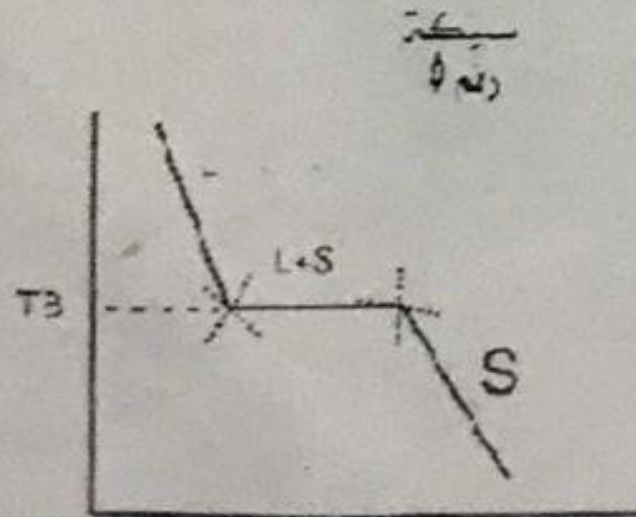
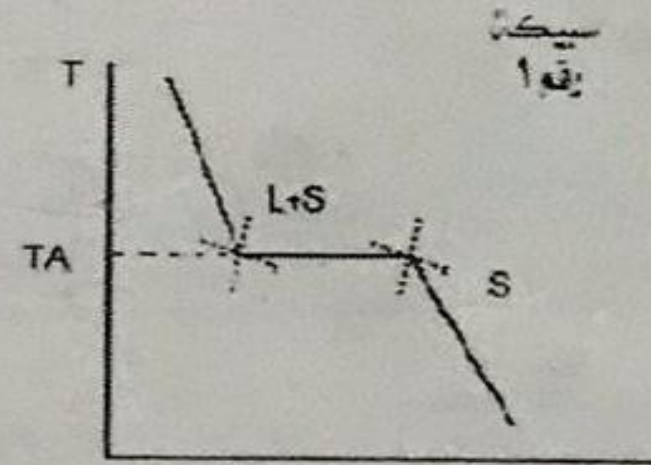
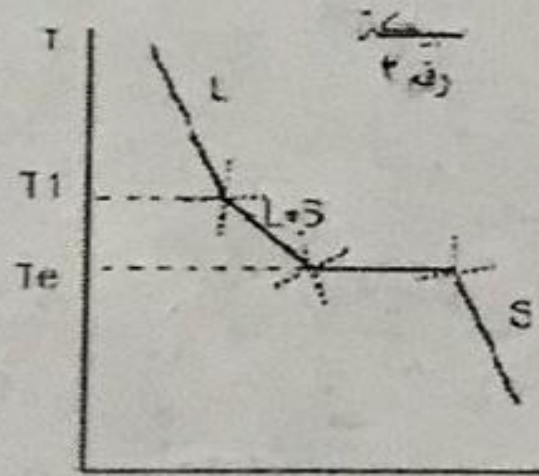
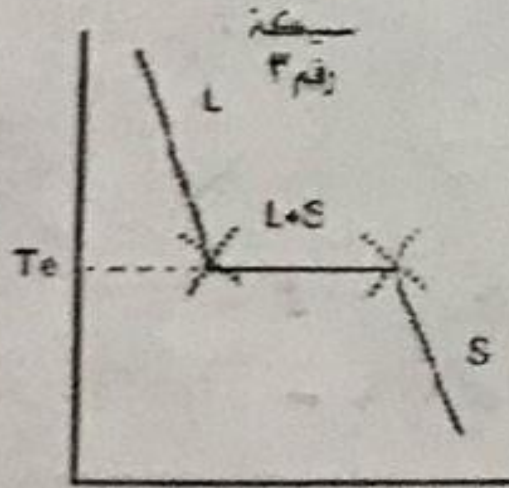


عند تطبيق قاعدة الاطوار في منطقة اليوتكتيك نجد ثلاث اطوار في حالة اتزان هذه الأطوار هي (محلول سائل، محلول جامد من الكادميوم النقي، محلول جامد من البزموت النقي) وفي هذه المجموعة المكونة من مركبين، فإننا نجد عند هذه النقطة ان عدد درجات الحرية يساوي صفراً (قاعدة الاطوار):

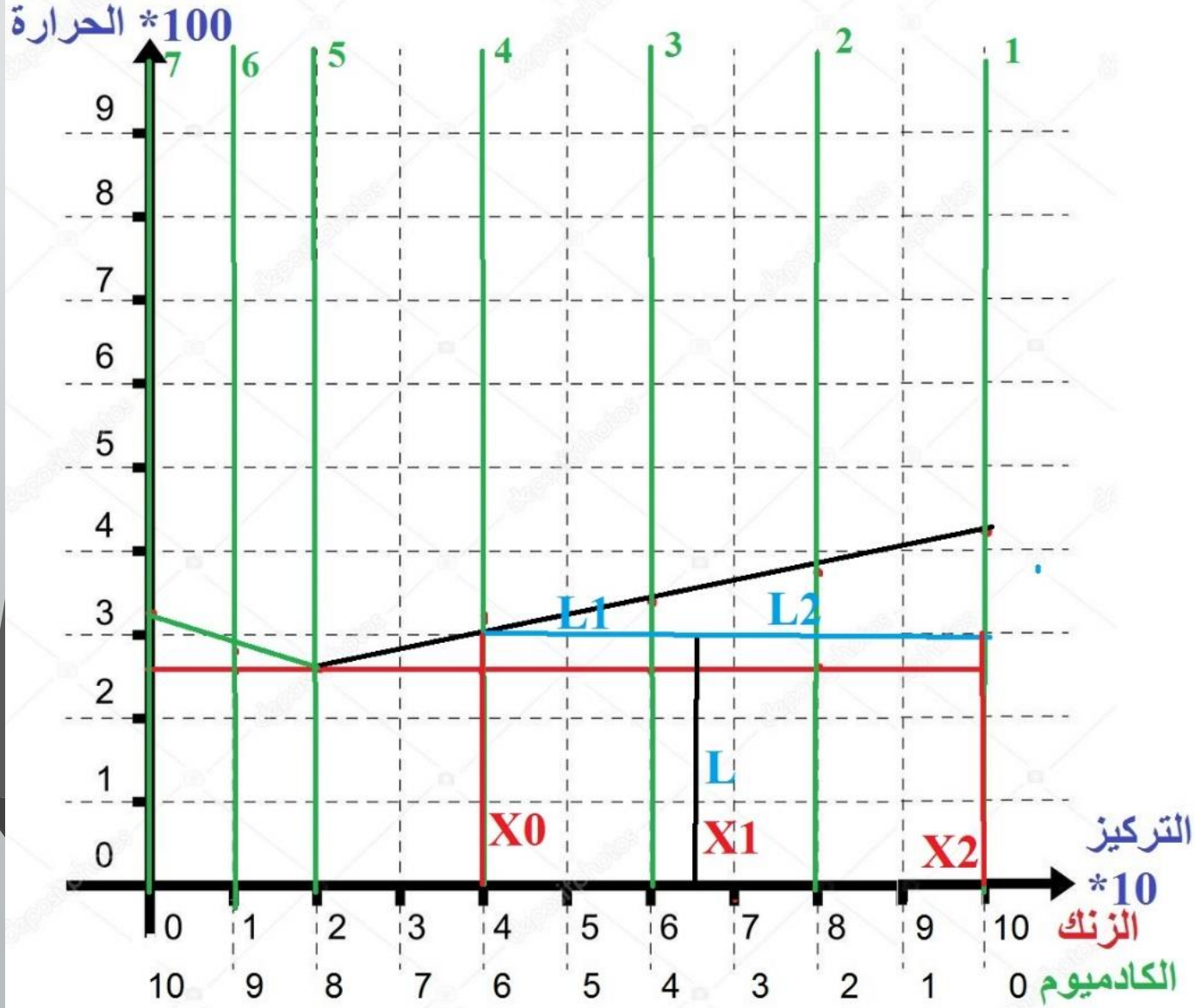
$$F = C - P + 1 = 2 - 3 + 1 = 0$$

وتصبح المجموعة عندها عديمة التغير، وبطبيعة الحال فان هذا الشرط لا يوجد الا عند درجة حرارة معينة وتركيب معين.

مخططات التبريد لسبيكة تتكون من 40% كاديوم + 60% بزموت



سؤال رياضي



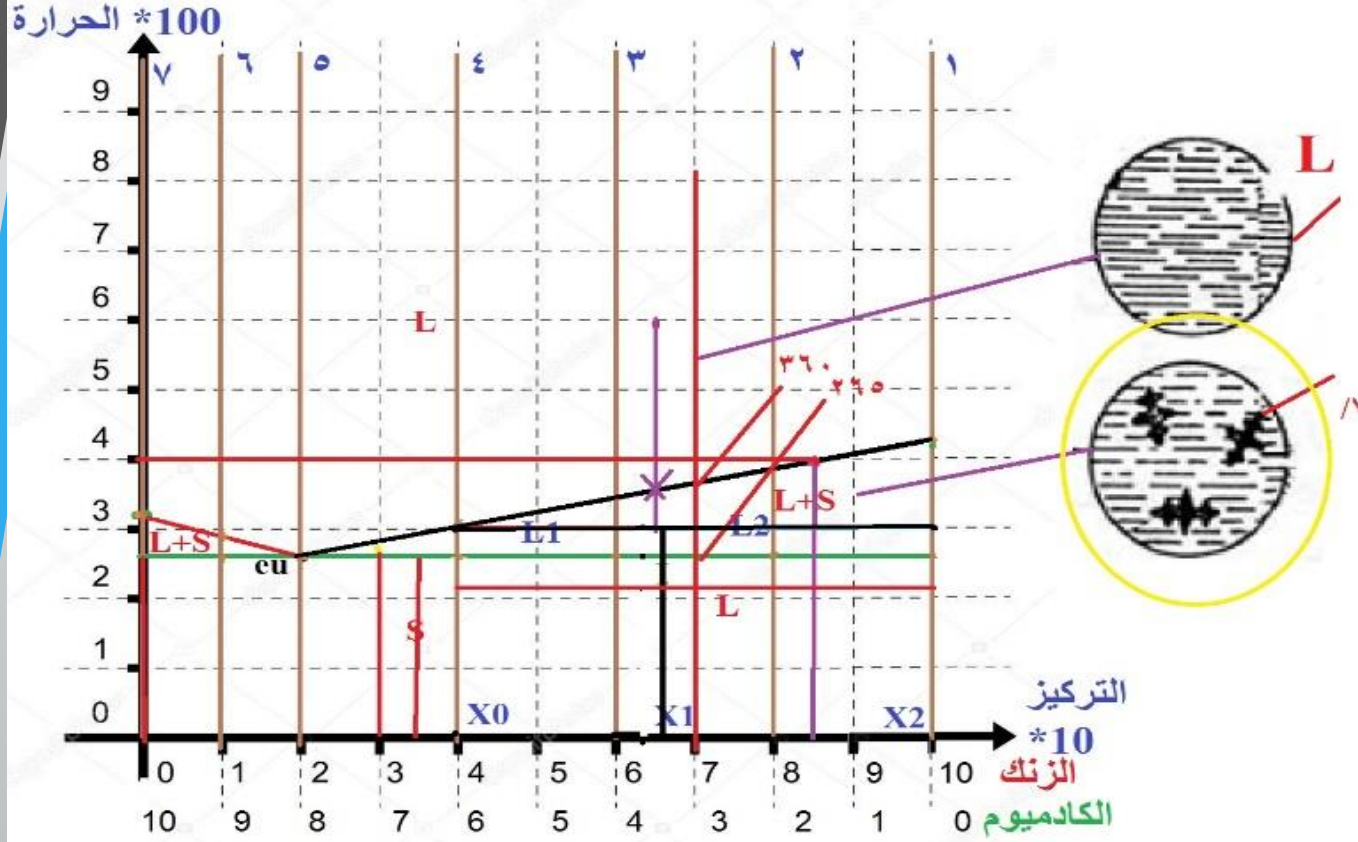
سؤال ١:- النتائج التالية مأخوذة من منحنيات التبريد لسبائك متعددة من الزنك والكاديوم .

رقم السبيكة	نسبة الزنك	درجة بداية التبلور	درجة نهاية التبلور
1	100	420	420
2	80	380	265
3	60	345	265
4	40	310	265
5	20	265	265
6	10	280	265
7	0	320	320

المطلوب :- بالاستعانة بمعلومات الجدول أعلاه أجب عما يلي :-

- أرسم وأشر الاطوار على المخطط .
- أذكر أسم هذا النوع من المخططات .
- صف أنجماد سبيكة ذات تركيز ٣٥% كاديوم عندما تبرد من ٦٠٠°م الى ٣٠٠°م .
- أوجد درجة نهاية الانصهار لسبيكة ١٥% كاديوم .
- حدد درجة نهاية انجماد سبيكة ذات تركيز ٣٥% زنك .
- جد درجة نهاية انجماد لسبيكة ذات تركيز ١٠٠% كاديوم .
- أرسم التركيب المجهري لسبيكة ذات تركيز ٢٠% زنك، عند درجة 275°م .
- أرسم منحنى التبريد لسبيكة ذات تركيز ٧٠% كاديوم .
- للسبيكة ذات وزن (٧٥) كغم وتركيز ٦٦% زنك حدد ما يلي
 - النسبة بين الاطوار المختلفة عند درجة ٣٠٠°م
 - النسبة المئوية الوزنية عند درجة ٣٠٠°م

سؤال رياضي



سؤال :- النتائج التالية مأخوذة من منحنيات التبريد لبياناتك متعددة من الزنك والكادميوم .

رقم السبيكة	نسبة الزنك	درجة بداية التبلور	درجة نهاية التبلور
1	100	420	420
2	80	380	265
3	60	345	265
4	40	310	265
5	20	265	265
6	10	280	265
7	0	320	320

المطلوب :- بالاستعانة بمعلومات الجدول أعلاه أجب عما يلي :-

- أرسم وأشر الأطوار على المخطط .
- أذكر أسم هذا النوع من المخططات .
- صف أنجماد سبيكة ذات تركيز ٢٥ % كادميوم عندما تبرد من ٦٠٠°م إلى ٣٠٠°م .
- أوجد درجة نهاية الانصهار لسبيكة ١٥ % كادميوم .
- حدد درجة نهاية انجماد سبيكة ذات تركيز ٣٥ % زنك .
- حدد درجة نهاية انجماد سبيكة ذات تركيز ١٠٠ % كادميوم .
- أرسم التركيب المجهرى لسبيكة ذات تركيز ٢٠ % زنك ، عند درجة ٢٧٥°م .
- أرسم منحنى التبريد لسبيكة ذات تركيز ٧٠ % كادميوم .
- للسبيكة ذات وزن (٧٥) كغم وتركيز ٦٦ % زنك حدد ما يلي
 - النسبة بين الأطوار المختلفة عند درجة ٣٠٠°م .
 - النسبة المئوية الوزنية عند درجة ٢٠٠°م .

٤ / ٤٠٠ م
٥ / ٢٦٥ م
٦ / ٢٦٥ م

3/



جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الرابع عشر

مخطط التوازن الحراري لحديد - كربون

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة

- مخطط الاتزان الحراري لسبائك ثنائية تامة الذوبان بالحالة السائلة وعديمة الذوبان بالحالة الصلبة (مخطط اليوتكتيك)

مخطط التوازن الحراري لحديد - كربون

كربيد الحديد
(Fe₃C)



يمثل مخطط التوازن الحراري بين عنصري الحديد والكربون لغاية 6.67% كربون. وهي النسبة العملية لهذه السبيكة حيث يتكون من الكربون الحر (الكرافيت) أو المركب الكيميائي كربيد الحديد (Fe₃C) + الحديد بتركيز مختلفة. حيث يتخذ اضافة الكربون الى الحديد شكل المحاليل البينية لان ذرة الكربون اصغر من ذرات الحديد بكثير وبالتالي تتغلغل بين ذرات الحديد.

الاطوار في مخطط حديد - كربون

تعريف الأطوار المهمة على مخطط الحديد - الكربون :-

١- الفيرلايت (α) :- هو عبارة عن محلول جامد بيني من الكربون مذاب في الحديد الفا الذي يكون من النوع (BCC) ويحتوي هذا المحلول على كربون بنسبة (0.025%) عند درجة حرارة مقدارها (723) وتنخفض نسبة الكربون في الفيرلايت الى (0.006%) عند درجة حرارة الغرفة ويتميز الفيرلايت بأنه طري وعالي المطيلية ويتمكن تشكيله على البارد بسهولة .

٢- السمنتايت (Fe_3C) :- هو مركب كيميائي صلب جداً يتكون من اتحاد الحديد مع الكربون ويرمز له كيميائياً (Fe_3C) ويوجد بنوعين أولي وثانوي ويمكن ان يتواجد ضمن التركيب البيرلايت (P) أو يتواجد بشكل منفصل يترسب على حدود البيرلايت وعندما يكون التركيب 100% سمنتايت فإن نسبة الكربون تكون (6.67%) ودرجة انصهاره (1850)°C .

٣- البيرلايت (P) :- هو عبارة عن بنية يوتكتيدية من طبقات رقائقية متعاقبة من المحلول الجامد الفيرلايت والمركب الكيميائي السمنتايت الثانوي وعندما تكون نسبة الكربون (0.83%) فإن التركيب من 100% بيرلايت ودرجة حرارة يكون مقدارها (723) وتكون صلادة البيرلايت أعلى من صلادة الفيرلايت (α) .

٤- الاوستنايت (γ) :- هو عبارة عن محلول جامد بيني من الكربون مذاب في الحديد كاما الذي تكون شبكته البلورية من نوع (FCC) ويحتوي الاوستنايت على كربون بنسبة (2%) عند درجة حرارة (1130) ويكون الاوستنايت طري وغير مغناطيسي ويوجد في الصلب الكربوني فوق درجات الحرارة الحرجة العليا وقد يتواجد في درجة الحرارة بعض أنواع الصلب السبائكي .

الاطوار في مخطط حديد - كربون

المصهور : وهو السبيكة السائلة للحديد والكربون . وتكون السبيكة سائلة بكاملها فوق خط السيولة . وبين خطي السيولة وخط التصلب تكون السبيكة سائلة جزئيا .

δ-Ferrit (دلتا فرايت): يكون متبلورا في نظام بلوري مكعب مركزي الجسم

أوستنات (مخلوط بلوري : γ يكون متبلورا في نظام مكعب مركزي الوجه

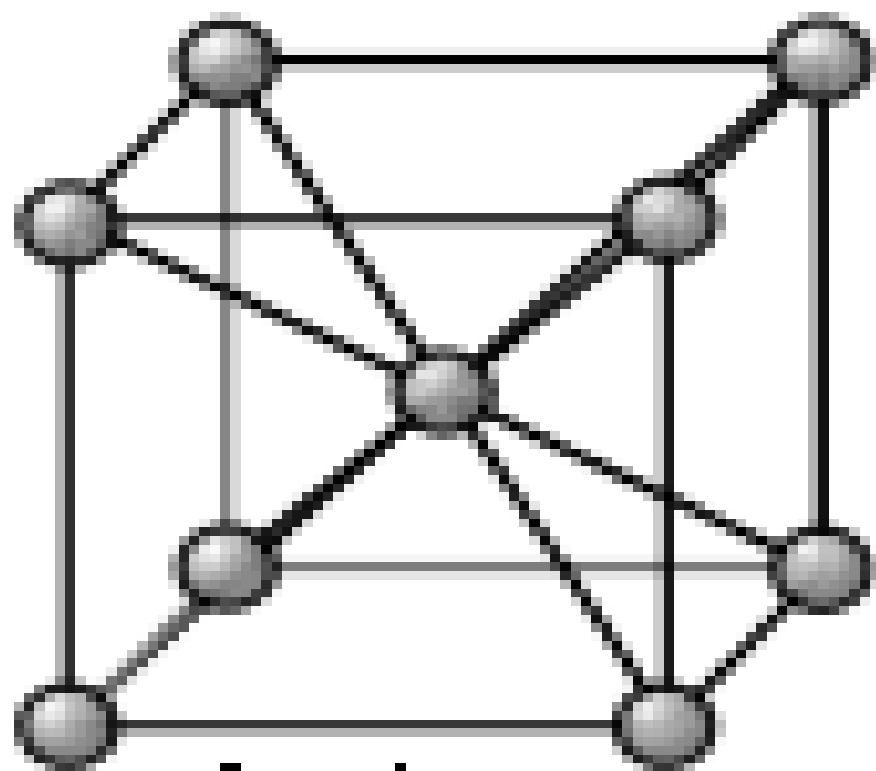
(α-Ferrit ألفا فرايت): نظام بلوري مكعب مركزي الجسم

غرافيت (نظام مستقر) أو سمنتيت (Fe_3C ; نظام شبه مستقر)

في البرليت وفي الليديوريت فهما لا يشكلان أطوارا نقية وإنما بنية تهما عبارة عن مخلوطات أطوار . وهما ينشآن في أنظمة مستقرة أو شبه مستقرة عند تبريدهما ببطء. ومن وجهة أخرى ينشأ عند التبريد السريع (مثل الرواية في الماء) للأوستنيت فيتحول إلى مارتنسيت. المارتنسيت له بنية شديدة الصلابة ويكون هشاً .

توجد للنظام شبه المستقر نقاط ، وخطوط ، وظواهر خصوصية:

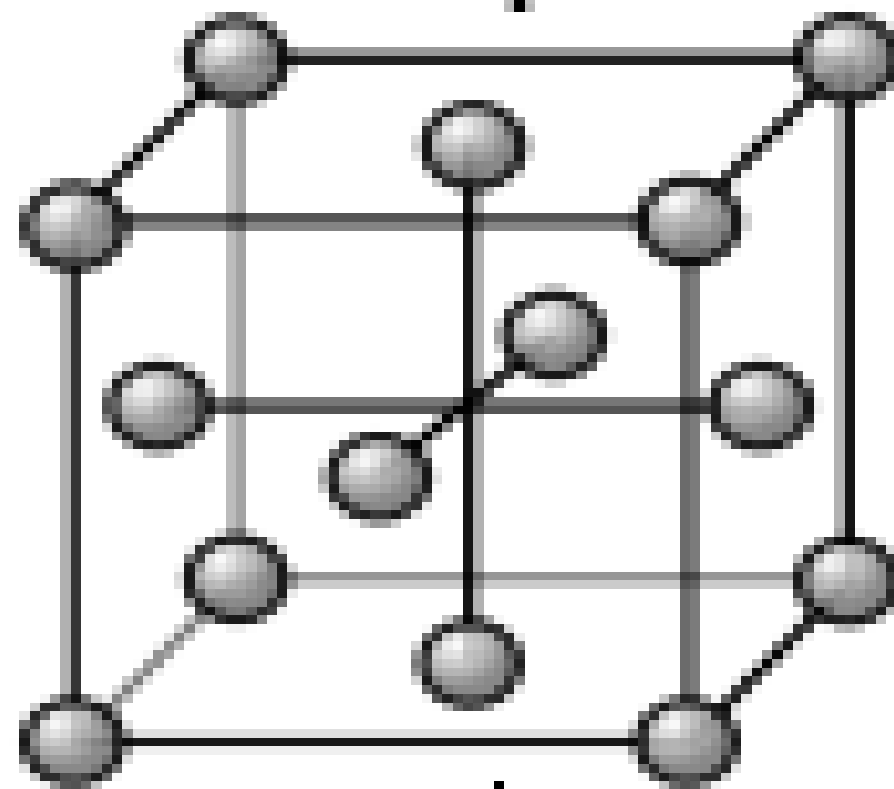
α



ferrite

BCC

γ



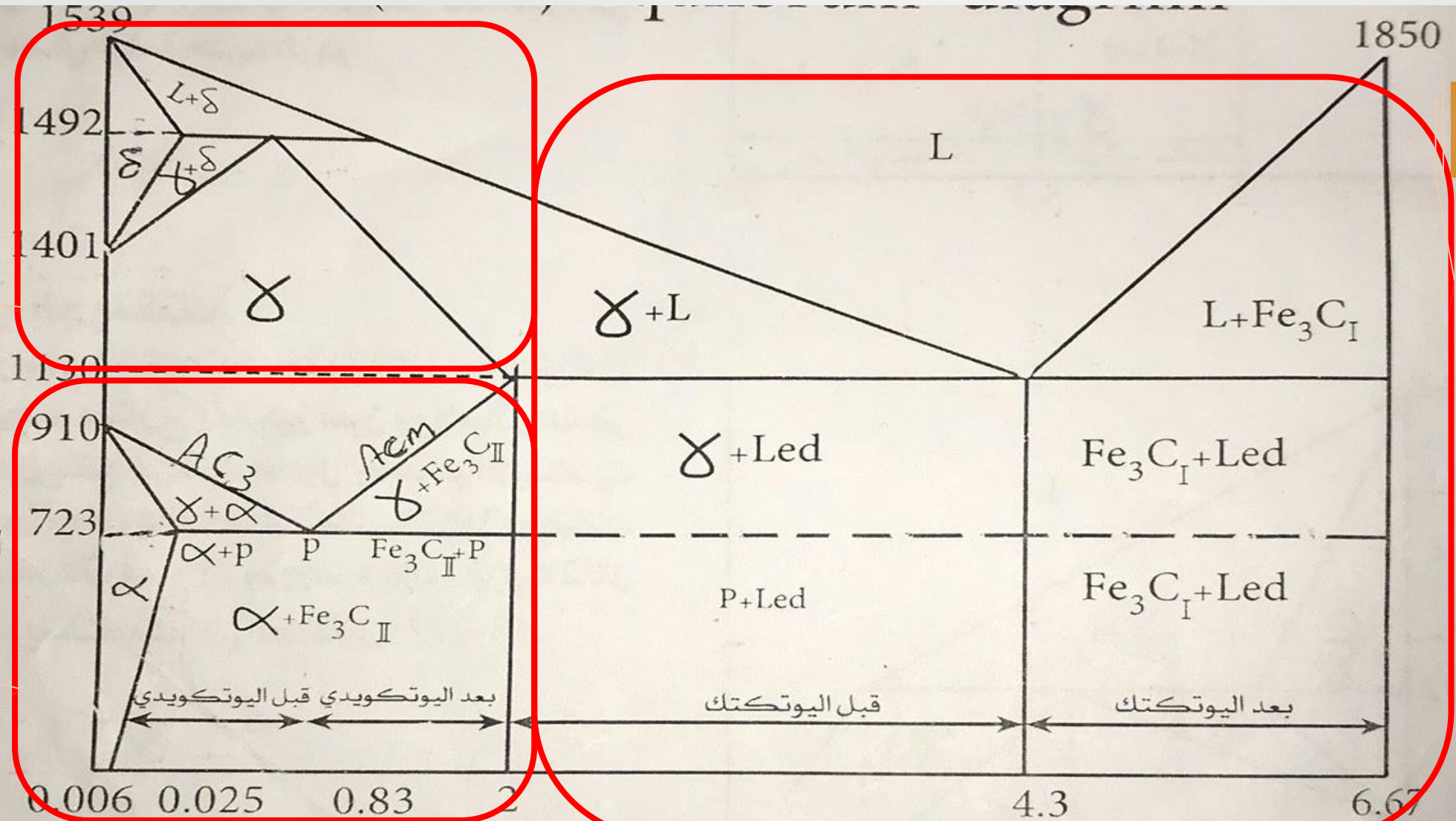
austenite

FCC

3

2

1



Fe_3C_2 : السمنتايت الثانوي

L : السائل

Led : الليدبورايت

δ : دلتا

α : ألفا (الفرايت) محلول حار

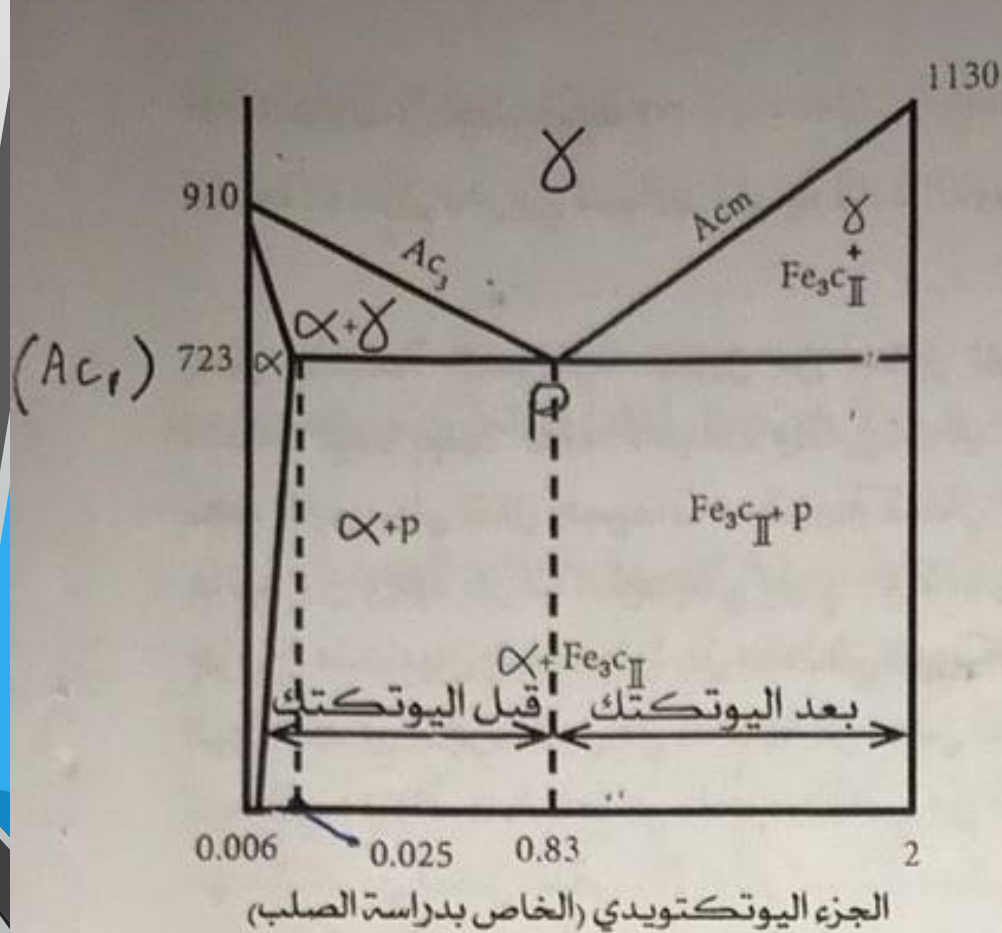
δ : كاما (الاوستنايت) محلول جامد

p : البرلايت

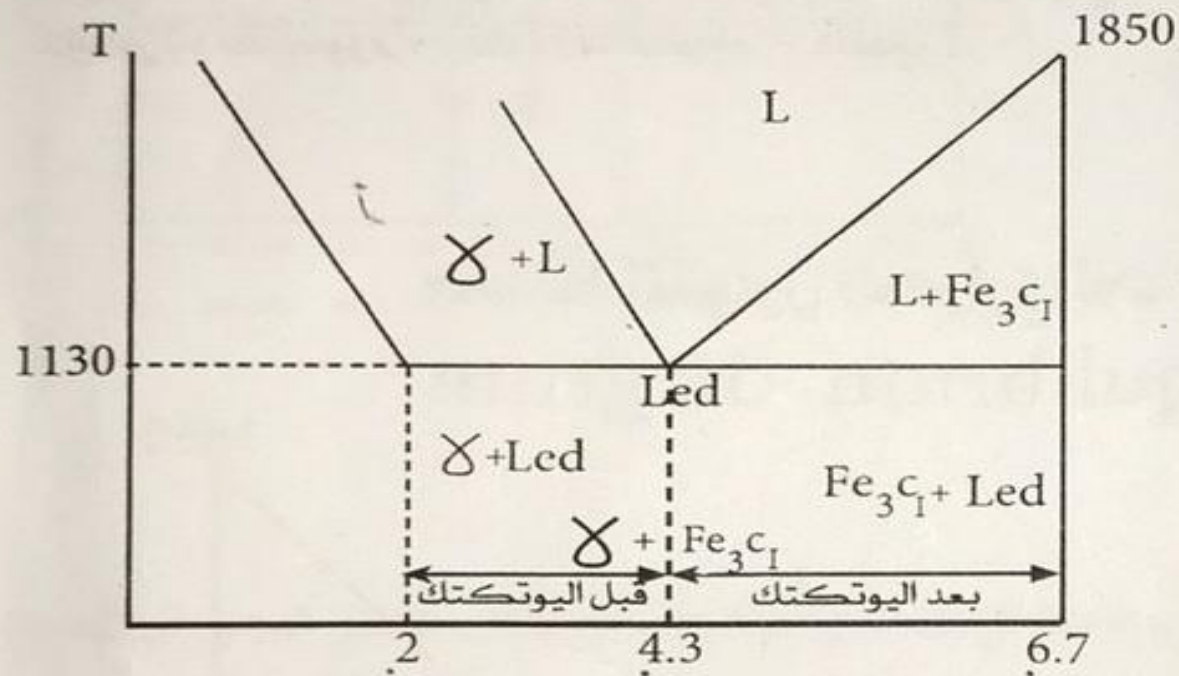
Fe_3C : السمنتايت

Fe_3C_I : السمنتايت الأولي

ولغرض تسهيل دراسة هذا المخطط سنجزئه الى ثلاثة أجزاء وحسب درجات الحرارة.



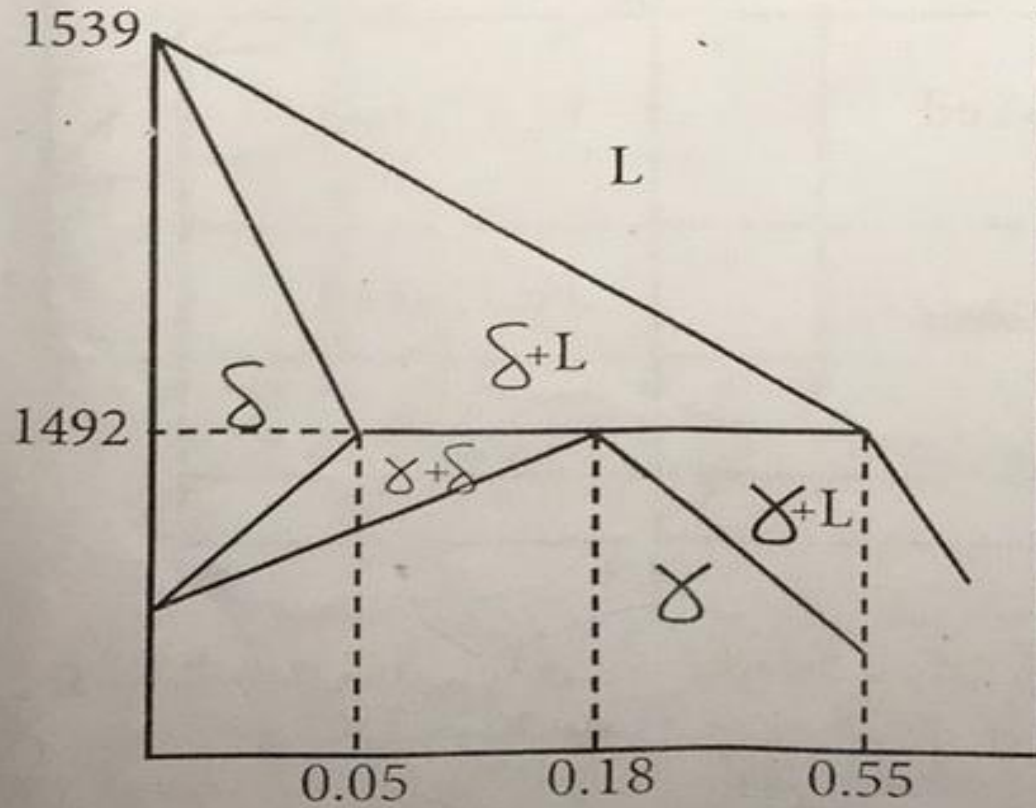
يتكون اليوتكتيد البيرلايت عند نسبة كربون 0.83% ودرجة حرارة 723 (Ac_1) حيث يتحول الاوستنايت (γ) عند التبريد إلى أقل من (723) لمقدار قليل إلى بيرلايت ويعرف البيرلايت بأنه (عبارة عن طبقات رقائقية متعاقبة من المحلول الجامد الفيرلايت (α) والمركب الكيميائي السمنتايت (Fe_3C)) ويعتبر جزء اليوتكتويدي مهم جداً في دراسة المعاملات الحرارية للصلب الكربوني.



٢ - جزء اليوتكتك :- يتكون اليوتكتك في مخطط الحديد الكربون عند تبريد السائل الذي يحتوي على كربون بنسبة (43%) الى درجة اقل من (1130) بمقدار قليل حيث يتم تحول السائل الى خليط أويوتكتك يسمى الليدبورايت الذي يعرف بأنه ((عبارة عن طبقات رقائقية متعاقبة من محلول جامد الاوستنايت والمركب الكيميائي السمنتايت الاولي)) ويعتبر هنا الجزء من المخطط مهم في دراسة حديد الزهر .

٣ - جزء البريتكتك

يتكون جزء البريتكتك عند درجة (1492) وذلك باتحاد الجزء المتجمد دلتا (δ) بتركيز معين مع السائل المتبقي بتركيز معين ينتج عن ذلك محلول جامد هو الاوستنايت بتركيز معين أيضا وهذه الحالة تمثل 100% بريتكتك وكما في العلاقة رقم (1) وتوجد حالات أخرى لا تمثل 100% بريتكتك وكما في العلاقتين (2) و(3).



- ① $\delta + L \longrightarrow \delta$
- ② $\delta + L \longrightarrow \delta + L$
- ③ $\delta + L \longrightarrow \delta + \delta$

الواجب البيتي: صنف اطوار مخطط التوازن

الطور	رمزه + بنيته	تركيز الكربون	درجة الحرارة	في اي نوع حديد يوجد
الفيرايث				
السنمنتايت				
البيرلايت				
الاوستنايت				

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن

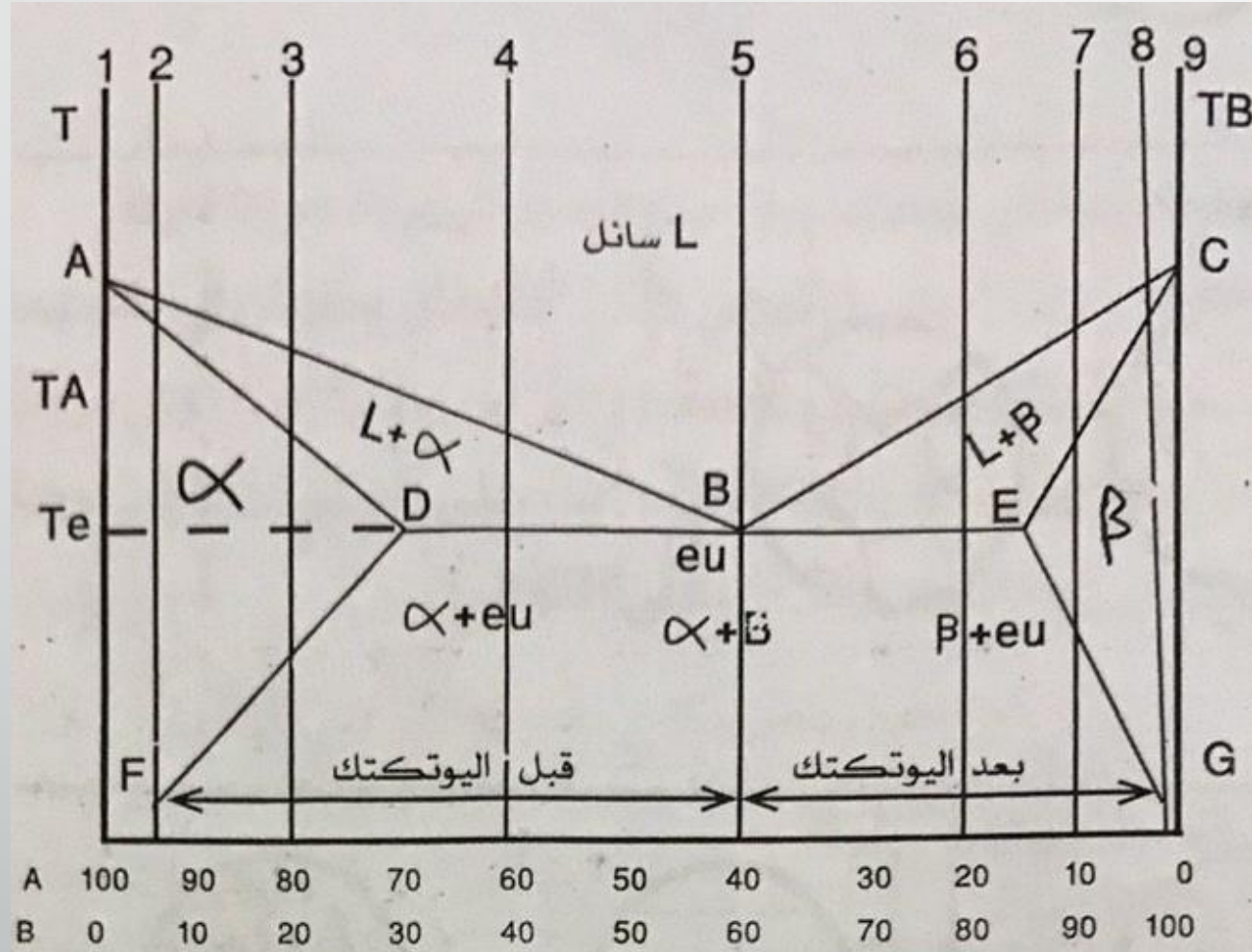


الاسبوع الخامس عشر

**مخطط الاتزان الحراري لسبائك ثنائية تامة الذوبان في
الحالة السائلة ومحدودة الذوبان في الحالة الصلبة**

د. رؤى محمد منير

ان هذا النوع من المخططات يمثل حالة وسط بين النوع الاول والنوع الثاني من المخططات فهو يجمع بين المحلول الجامد واليوتكتيك.
من الامثلة على هذا النوع من المخططات (سبائك نحاس - فضة) و (سبائك بزموت - رصاص).



اليوتكتك: طبقات رقائعية متعاقبة من المحلولين الجامدين

ABC : خط السيولة
ADBEC : خط التجمد
DBE : خط اليوتكتك

D : قابلية الذوبان القصوى
للعنصر B في A عند درجة اليوتكتك

F : قابلية الذوبان القصوى للعنصر B
في A عند درجة حرارة الغرفة

E : قابلية الذوبان القصوى للعنصر A
في B عند درجة حرارة اليوتكتك

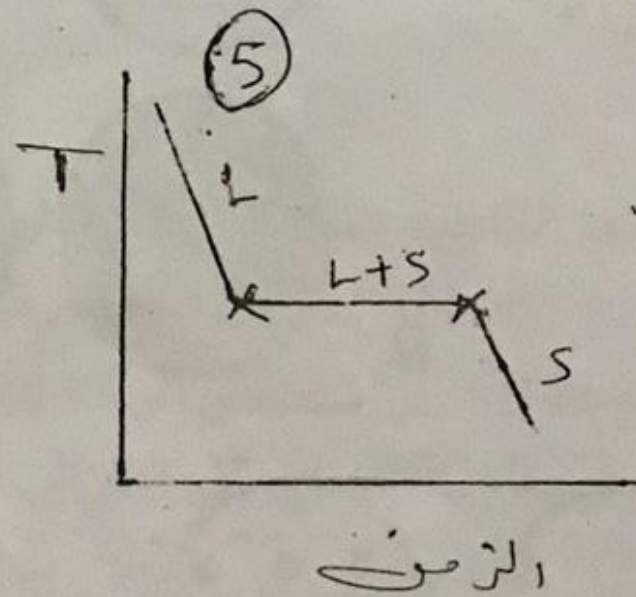
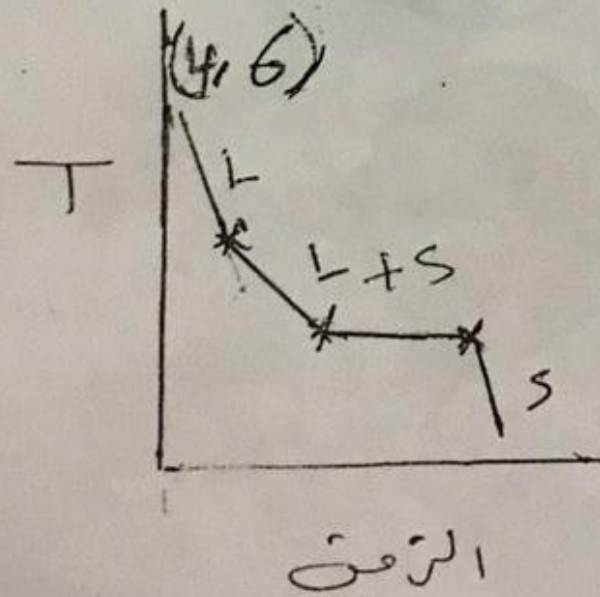
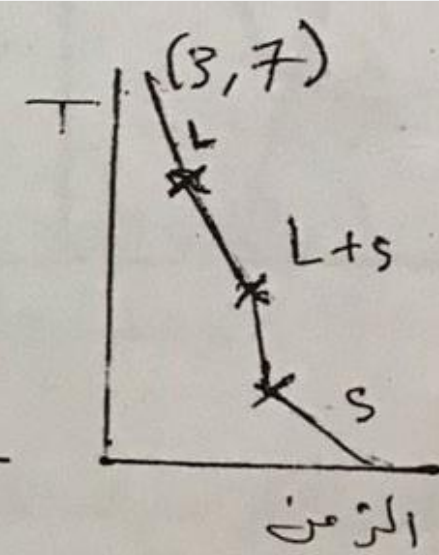
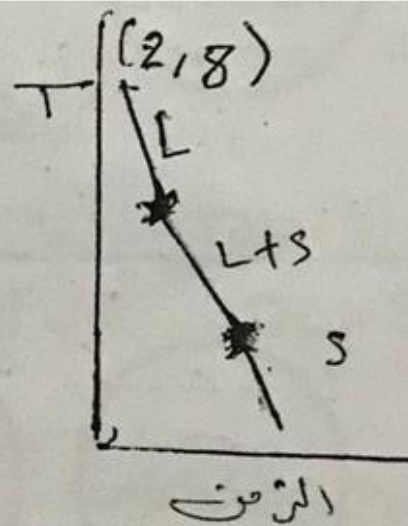
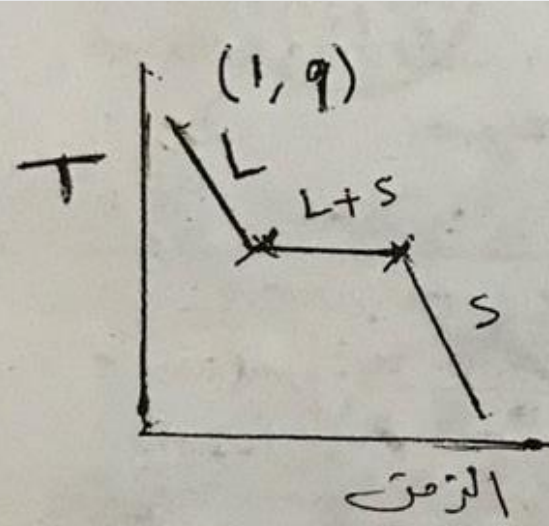
G : قابلية الذوبان القصوى للعنصر A
في B عند درجة حرارة الغرفة

DF : تغيير قابلية ذوبان B في A مع
تغير درجة الحرارة

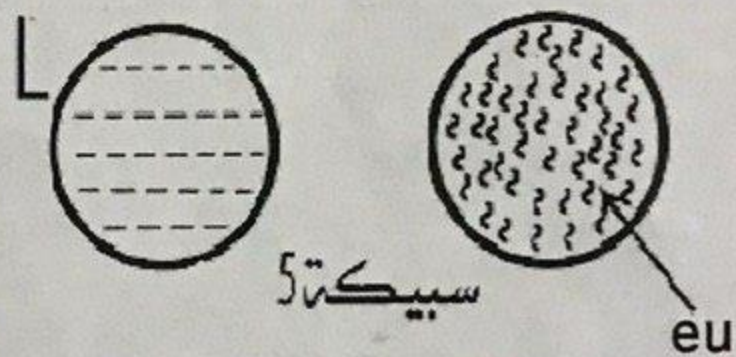
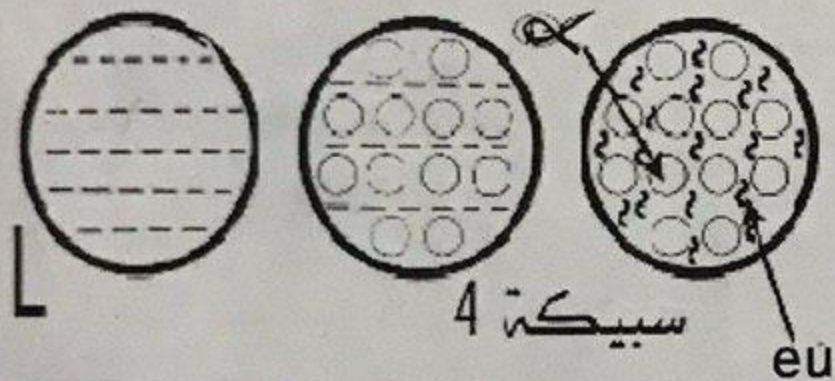
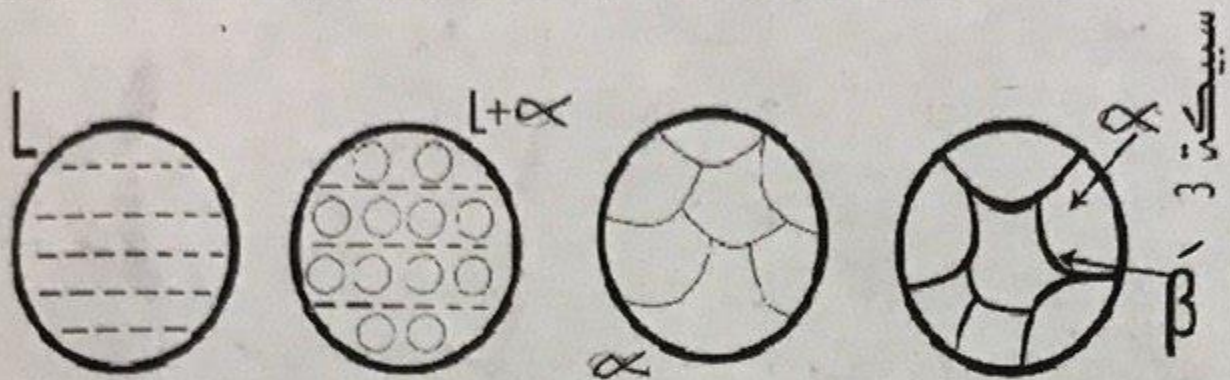
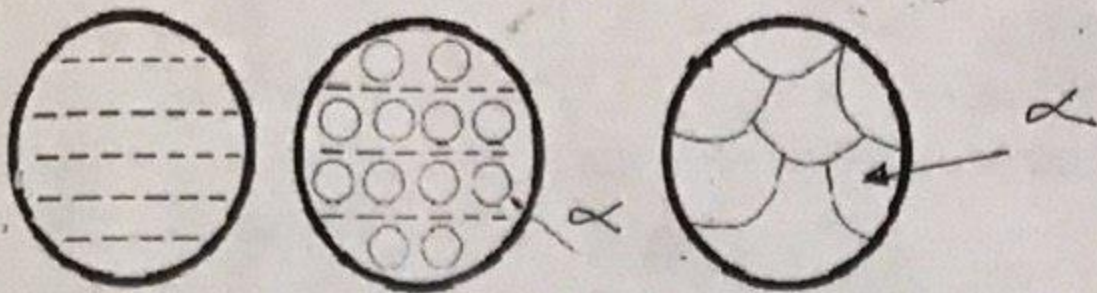
EG : تعتبر قابلية ذوبان A في B مع
تغير درجة الحرارة

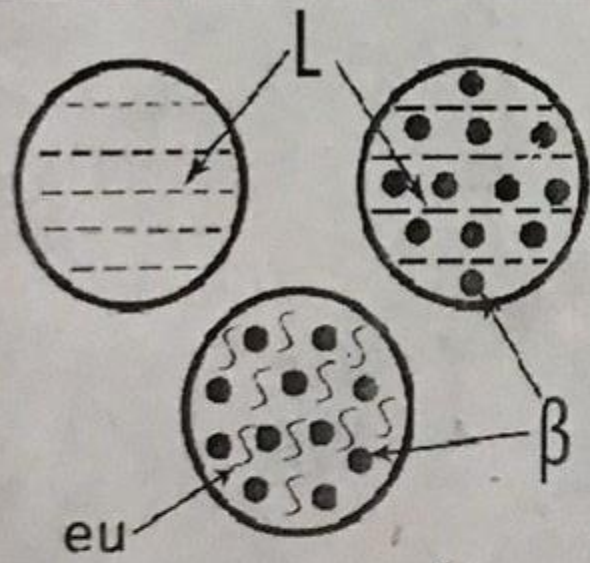
α : محلول جامد من العنصر B مذاب
في A

β : محلول جامد من العنصر A مذاب في B

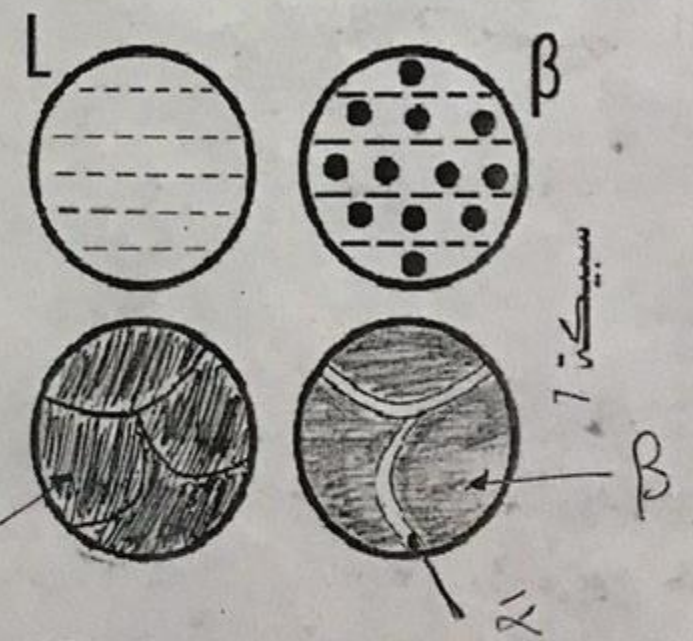


((اختيارات لتبريد لسبائك عظام محدود الزمان))

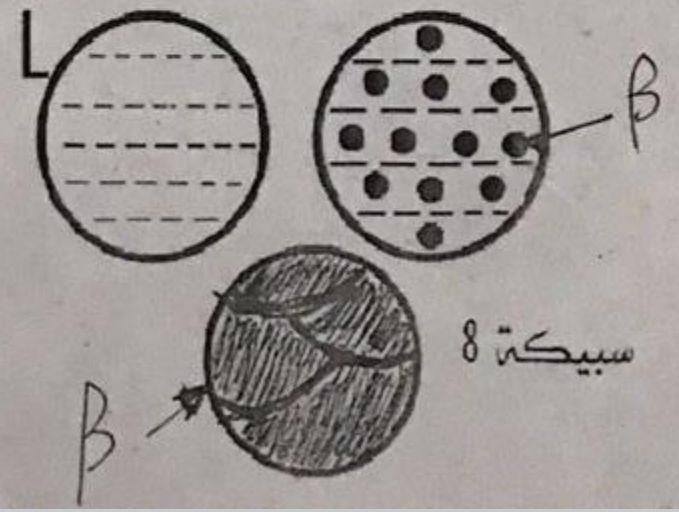




سبکته 6



سبکته 7



سبکته 8

س : - المعلومات التالية تعود لأحد الأنظمة السبائكية المتكونة من معدنين (A, B) :-

- ١- إن درجة انصهار المعدن A هي 1000°C ودرجة انصهار المعدن B هي 800°C .
 - ٢- المعدن A يذوب في المعدن B لحد نسبة 15% عند درجة 700°C ولحد نسبة 2% عند درجة الغرفة.
 - ٣- يذوب المعدن B في المعدن A لحد نسبة 20% عند درجة 700°C ولحد نسبة 8% عند درجة الغرفة.
 - ٤- ~~يكون المركب عند نسبة 40% A~~ .
- أ- أرسم مخطط الاتزان الحراري .

ب- حدد الأطوار

ج- أذكر اسم المخطط.

د- صف ماذا يحدث لسبيكة تتكون من 70% A عند تبريدها من نقطة السيولة حتى الوصول الى درجة حرارة الغرفة.

س / المعدنان (أ، ب) لهما درجتى انصهار 900 ، 800 على التوالي هذان المعدنان يذوبان في بعضهما جزئياً في الحالة الصلبة ، وان جزئ خط السيولة يتقاطعان في نقطة (6% ب ، 500م°) وفي درجة 500م° يكون هناك محلولان جامدان يحتويان على (20% ب ، 80% ب) على التوالي ، أما في درجة الصفر المئوي فأن هذين المحلولين يحتويان على (5% ب ، 95%) على التوالي .

١- ارسم وأشر وأذكر أسم مخطط التوازن الحراري

٢- صف التغيرات التي تحصل عند إجراء ما يلي :-

أ- تبريد سبيكة بنسبة 15% ب ببطن من درجة 1000م° الى درجة الغرفة .

ب- تبريد نفس السبيكة من درجة 1000م° الى درجة 300م° .

ج- تبريد السبيكة بنسبة 70% ب في درجة 700م° الى درجة الغرفة .

مسائل أخرى على مخططات التوازن الحراري :-

س / ينصهر المعدن (R) عند درجة (500)°م وينصهر المعدن (M) عند درجة (700)°م ويكون هذان المعدنان يوتكتك عند درجة (300)°م ونسبة (R 45%) وعند درجة اليوتكتك يذوب M في R لحد نسبة 10% ويذوب R في M لحد نسبة 20%

ارسم مخطط التوازن الحراري ، وحدد الأطوار وأذكر أسم هذا النوع من المخططات ، تابع تصرف سبيكة ذات تركيز 56% R عندما تبرد في درجة 900°م حتى درجة 200°م

س / نظام سبائك يتكون من النحاس والفضة لهما القابلية على ذوبان تامة في الحالة السائلة وجزئية في الحالة الصلبة ، فإذا علمت ان درجة انصهار النحاس (1083)°م ، ودرجة انصهار الفضة (960)°م ، وان أقصى قابلية ذوبان للنحاس في الفضة هي 15% عند درجة 750°م تنخفض إلى 5% عند درجة الغرفة بينما أقصى قابلية الذوبان للفضة في النحاس هي 20% عند درجة (750)°م وتنخفض إلى 10% عند درجة الغرفة وان اليوتكتك يتكون في درجة (750)°م والنسبة 70% فضة .

المطلوب :- رسم مخطط التوازن الحراري و اشر عليه كافة الأطوار وأذكر أسمه إذا كانت لديك سبيكة ذات تركيز 60% نحاس ووزن (40) كغم ، حدد ما يلي

١- درجة بداية ونهاية الانصهار.

٢- أحسب النسبة المئوية الوزنية للأطوار عند درجة 800°م .

٣- ارسم العينة المهيجرة عند درجة الغرفة .

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع السادس عشر والسابع عشر

**مواصفات وخصائص عملية تكون الاوستنايت, تكوين
الاوستنايت, اليه تحول البرلايت الى اوستنايت**

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرات السابقة

1. مخطط التوازن الحراري لسبائك ثنائية تتكون من عنصرين لهما قابلية انصهار وتجانس تام في الحالتين السائلة والصلبة (مخطط المحلول الجامد)
2. مخطط الاتزان الحراري لسبائك ثنائية تامة الذوبان بالحالة السائلة وعديمة الذوبان بالصلبة (مخطط اليوتكتيك)
3. مخطط التوازن الحراري لحديد - كربون

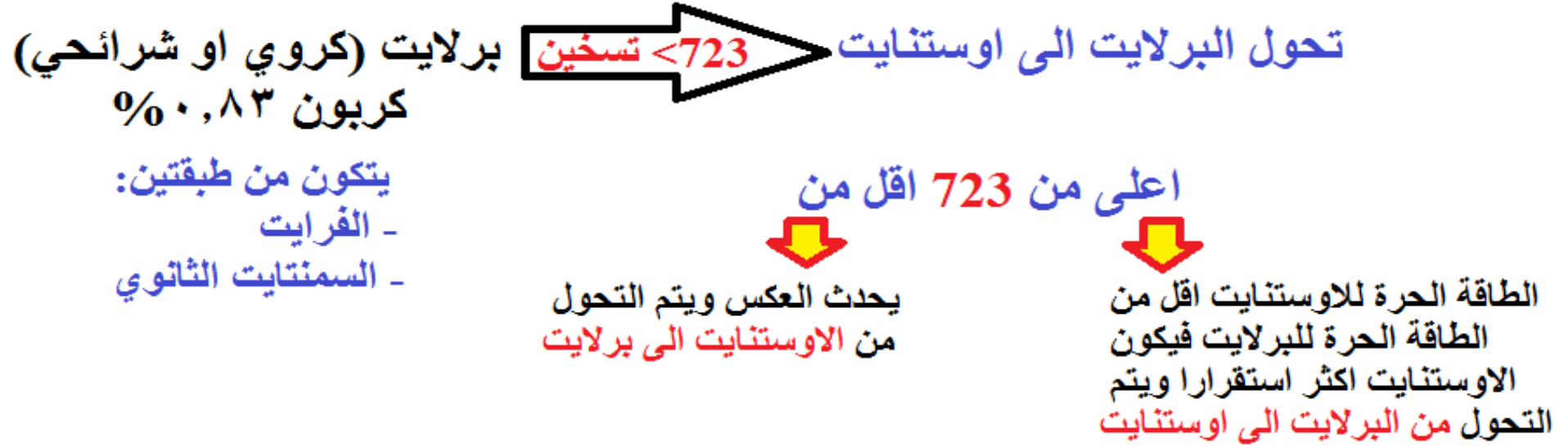
مواصفات وخصائص عملية تكوين الاوستنايت

تتصف عملية تكوين الاوستنايت بما يلي:

1. **عملية انتشارية:** انتشار ذرات الكربون مع ارتفاع درجة الحرارة، حيث ان **البرلايت** يتكون من **(الفرايت + السمنتايت)** وتكون نسبة الكربون في **الفرايت** (0.025%) اما نسبته في **السمنتايت** (6.67%) في حين ان الكربون في **الاوستنايت** هو (2%).

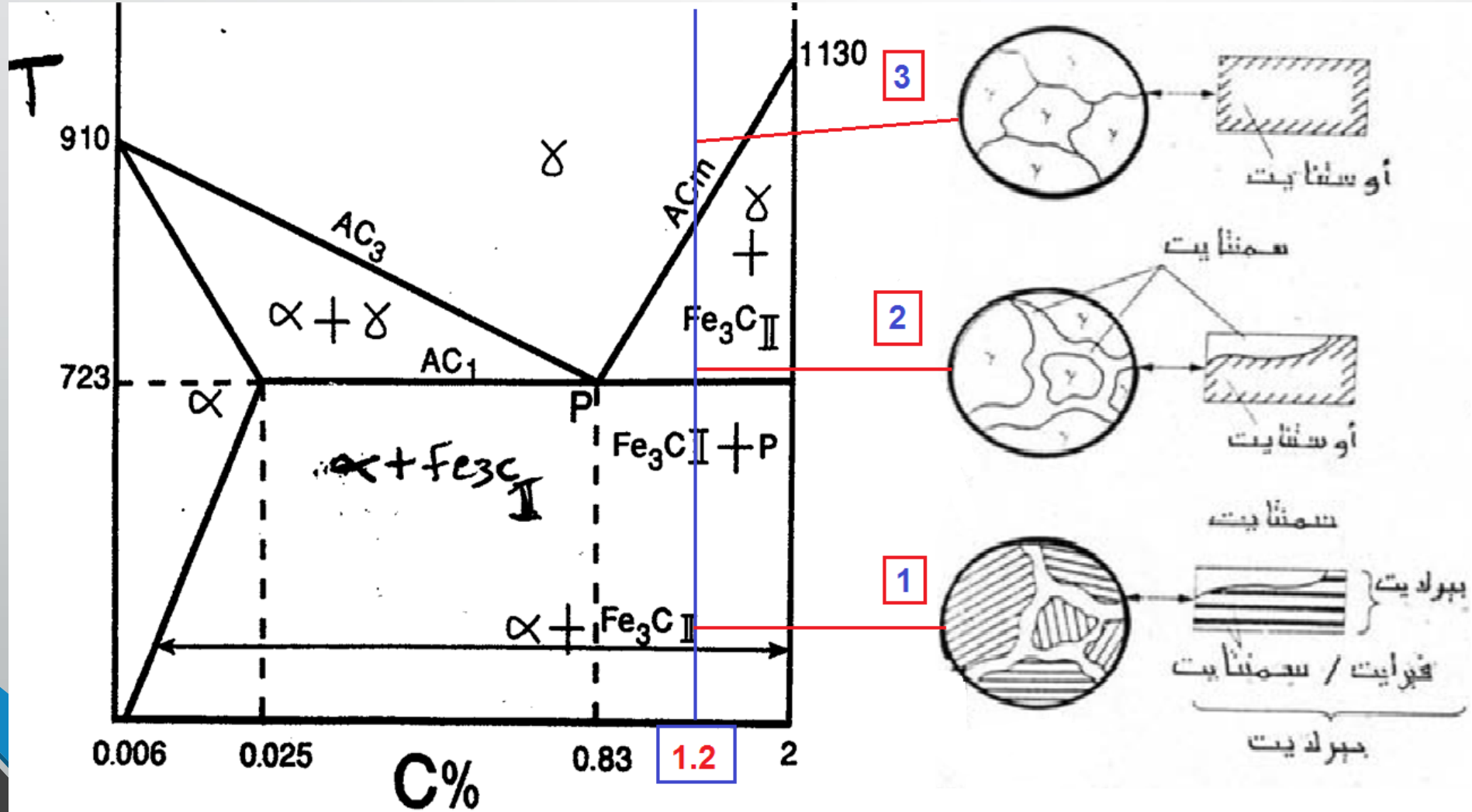
2. **عملية تبلور حبيبي:** يتم تخليق ونمو بلورات الاوستنايت وتظهر مراكز تكوين الاوستنايت (**نويات الاوستنايت**) بارتفاع درجات الحرارة وكما سيتم شرحه ادناه.

تكوين الاوستنايت



س/ ما هي العلاقة بين الطاقة الحرة واستقرار الاوستنايت؟
**ج/ بارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة النمو الحبيبي
لجزيئات الاوستنايت مما يسبب زيادة حجمها ويقيد حركتها
مما يقلل طاقتها الحرة ويجعلها اكثر استقرارا داخل النظام.**

الآلية تحول البرلايت (P) الى اوستنايت (X)



مراحل تكوين نويات الاوستنايت

يمر تكوين الاوستنايت بثلاث مراحل:

1. تحليل السمنتايت ليعطي كربون
2. تحول الفرايت الى اوستنايت
3. ذوبان الكربون الناتج من تحليل السمنتايت الى اوستنايت

ملاحظات عامة:

- تحليل الفرايت الى اوستنايت اسرع من تحليل السمنتايت
- يبقى جزء من **السمنتايت** لم يكتمل تحليله في الخطوة (2) **من المخطط السابق**
- ينتهي تحليل **السمنتايت** في الخطوة (3) **من المخطط السابق**
- من المهم ابقاء الصلب المتكون فترة زمنية اطول في الفرن بدرجة حرارة عالية ليتم تجانس مكونات الصلب واستقرار مكوناته وهذه العملية تدعى **بالتلبيد (Sintering)**

نمو بلورات الاوستنايت

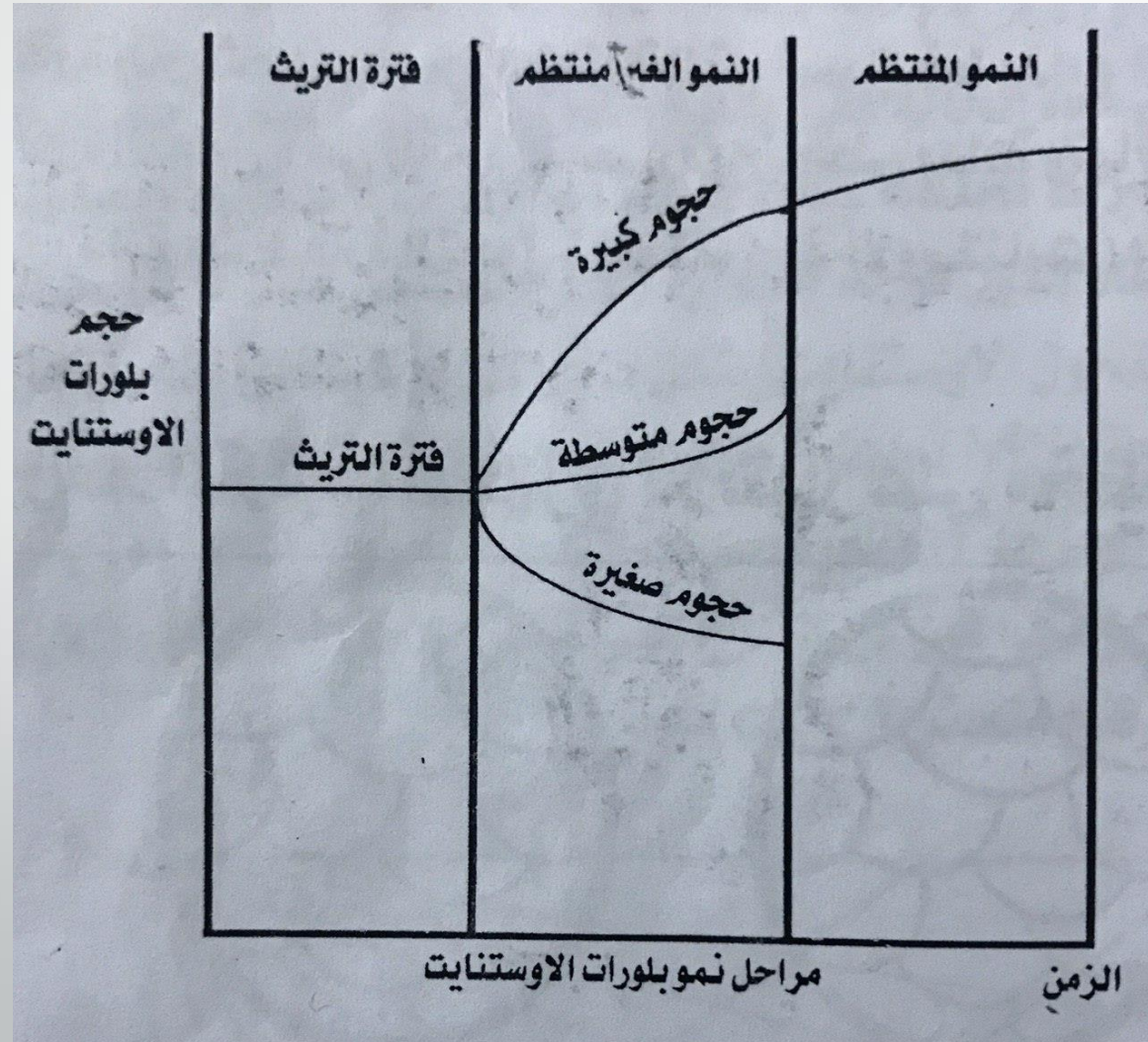
ان تسخين الصلب اليوتكتويدي الى درجة حرارة اعلى من الحد المطلوب وتثبيت هذه الحرارة لفترة زمنية طويلة يؤدي الى زيادة حجم بلورات الاوستنايت وزيادة خشونتها مما يؤدي الى الحصول على خواص ميكانيكية غير جيدة بعد عملية التبريد للصلب.



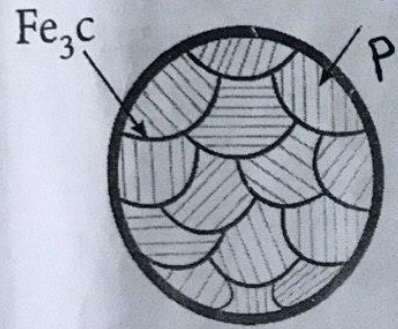
مراحل نمو بلورات الاوستنايت

1. **فترة التريث:** الفترة الزمنية التي لا يحصل فيها اي نمو وتاتي مباشرة بعد تحول البرلايت الى اوستنايت.
2. **النمو الغير منتظم:** خلال هذه الفترة يحصل نمو البلورات بثلاث احجام (كبيرة ومتوسطة وصغيرة)
3. **النمو المنتظم:** في هذه الفترة تستقر الحجوم الكبيرة والتي تمثل حجوم بالبلورات الاعتيادية اما الحجوم المتوسطة فتحاول الوصول الى الحجوم الاعتيادية

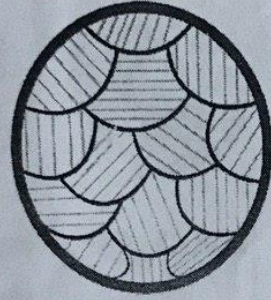
مراحل نمو بلورات الاوستنايت



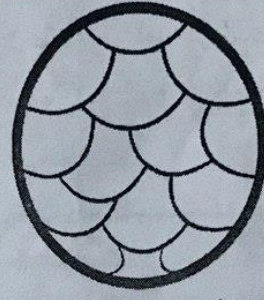
رسم التركيب المجهرى للأطوار على مخطط الحديد - كاربون - الجزء التوسيعي



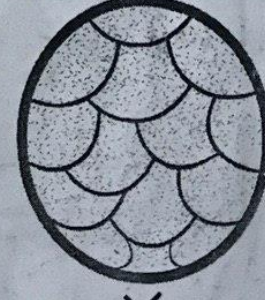
البيزلات + سمنايت
4



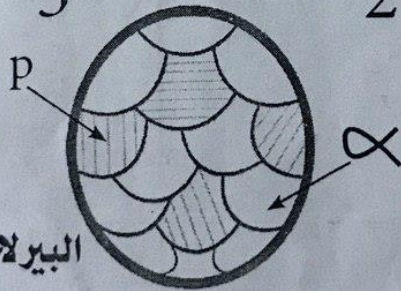
البيزلات P
3



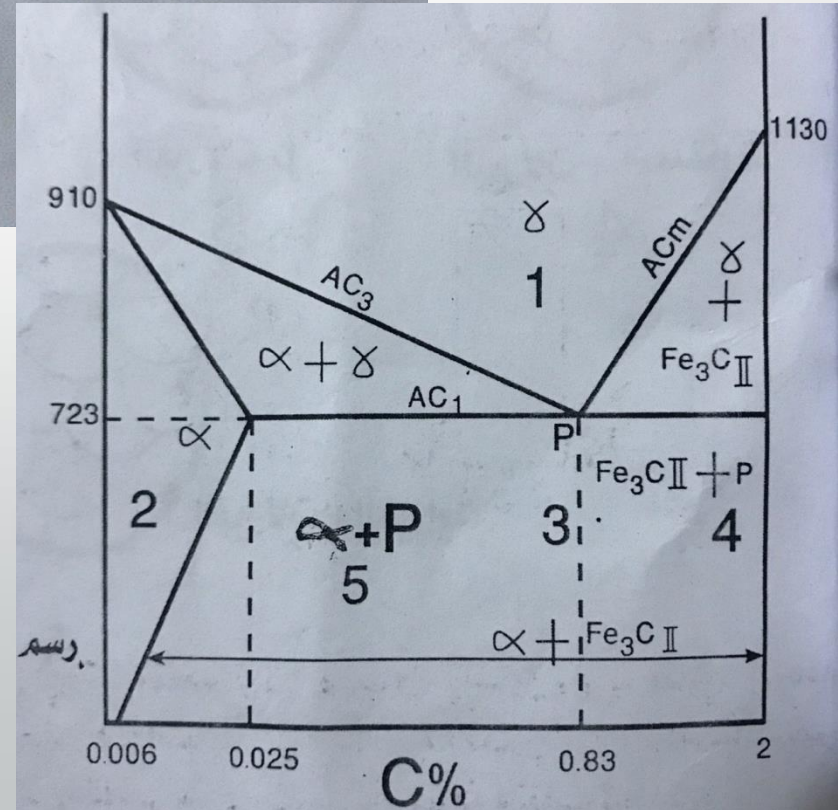
الفيرايت α
2



أوستنايت γ
1



البيزلات + الفيرايت
5





نمو البلورات والتحولات الطورية (كوكل)

<http://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/dendrites.html>

الواجب البيئي

لماذا يتحلل الفرايت الى اوستنايت اسرع من تحلل السمنتايت؟

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الثامن عشر

المعاملات الحرارية للصلب الكربوني (التخمير او التلدين) Annealing

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة

**مراحل وطريقة نمو بلورات الاوستنايت, التركيب المجهرى
للاطوار في مخطط حديد - كربون**

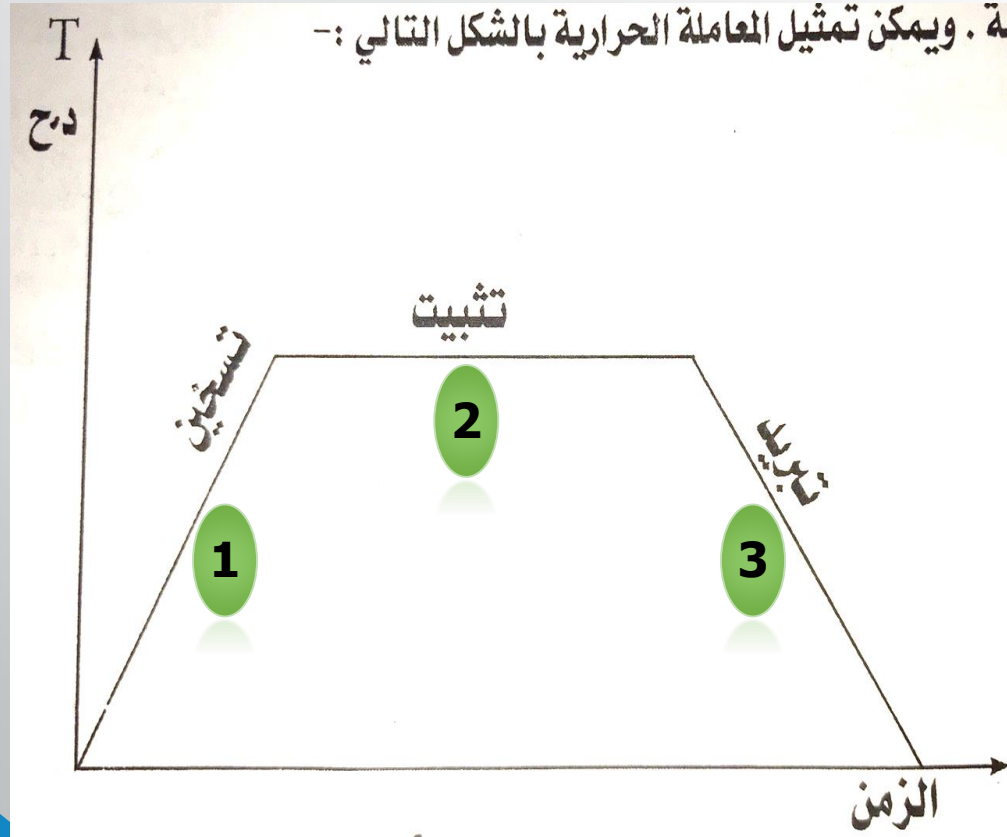
المعاملات الحرارية للصلب الكربوني

هي عبارة عن عملية تتضمن عدة مراحل:

1. تسخين الصلب الكربوني الى درجة حرارة معينة تعتمد على نسبة الكربون في الصلب,

2. ثم تثبيت هذه الدرجة لفترة زمنية مناسبة تعتمد على وزن او حجم القطعة لغرض تجانس في المعاملة الحرارية للصلب بشكل تام,

3. يتبع هذه العملية تبريد بمعدل معين حسب الخواص الميكانيكية المطلوبة؟



انواع المعاملات الحرارية



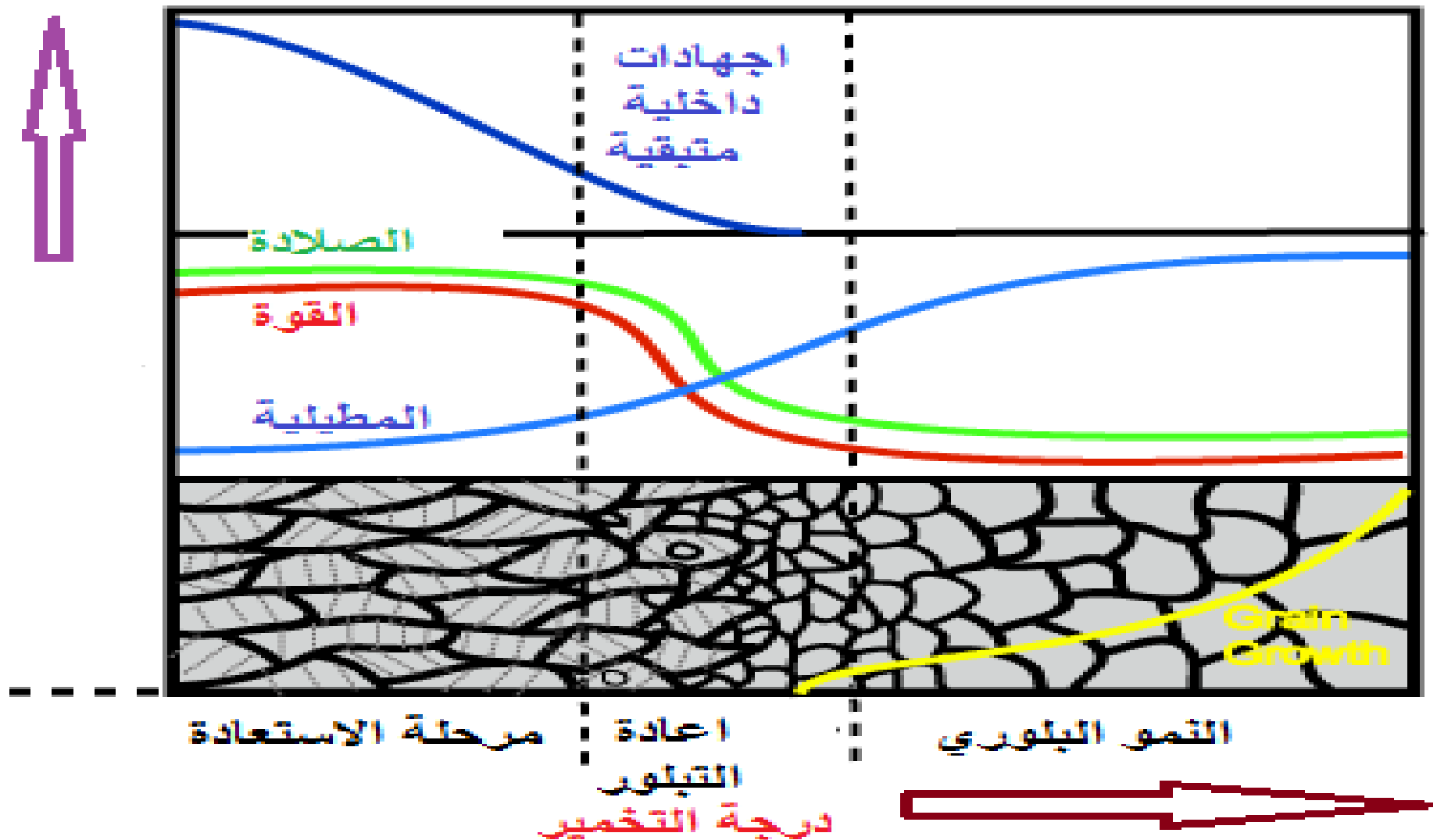
التخمير (التلدين) (Annealing)

يجري التخمير بتسخين الصلب الكربوني الى درجة حرارة معينة ثم التثبيت لفترة زمنية مناسبة يتبع ذلك تبريد بطيء جدا في الفرن.

يجري التخمير للأسباب التالية:

1. إزالة الاجهادات الداخلية
2. تقليل الصلادة
3. زيادة اللدونة (المطيلية)
4. التخلص من عدم التجانس وتحسين خواص التشغيل

مراحل التخمير



1. مرحلة ازالة الاجهادات الداخلية (الاستعادة) (Recovery) تتم بدرجة حرارة واطئة تكفي لاعطاء المعدن طاقة حرارية تمكن ذراته من التحرك الى مواضع اكثر استقرارا وهذه الحركة تقلل او تزيل الاجهادات الداخلية ولا تؤثر هذه المرحلة على الخواص الميكانيكية.

2. مرحلة اعادة التبلور (crystallization recovery): تحدث هذه المرحلة بدرجات حرارية اعلى من المرحلة الاولى, حيث تبدأ نويات جديدة بالظهور على الحدود البلورية للحبيبات المشوهة. لكل معدن درجة اعادة تبلور خاصة به.

توجد علاقة تربط بين درجة اعادة التبلور ودرجة الانصهار لكل معدن, وكما موضح ادناه:

$$T_r = 0.4 * T_m$$

حيث ان :

T_r = درجة حرارة اعادة التبلور

T_m = درجة حرارة الانصهار

3. مرحلة النمو (Growth)

تنمو البلورات في هذه المرحلة على حساب تلاشي أو اختفاء البلورات القديمة, حيث أن زيادة فترة ودرجة حرارة التخمير يعمل على زيادة معدل نمو البلورات ويزيد لدونة المعدن.

انواع التخمير:

1. التخمير التام (لدونة عالية + انعدام اجهادات داخلية)
2. التخمير غيرالتام (التخلص من الاجهادات الداخلية + تحسين قابلية التشغيل)
3. تخمير التكور (لتحويل البرلايت الطبقي الى برلايت كروي)
4. تخمير التجانس (للتخلص من عدم تجانس الحبيبات الكبيرة للصلب السبائكي)
5. التخمير الايزوثيرمي (تسخين الصلب الى حرارة عالية ثم التبريد باستعمال حمام مصهور ملحي)

العوامل المؤثرة على درجة اعادة التبلور:

1. وجود الشوائب التي تعيق عملية التبلور

2. مقدار التشوه في المعدن

3. درجة الحرارة

في هذه المرحلة تزداد اللدونة (المطيلية) على حساب الصلادة ومتانة الشد القصوى.

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع التاسع عشر والعشرون المعاملات الحرارية للصلب الكربوني (المعادلة, التقسية, المراجعة)

د. رؤى محمد منير

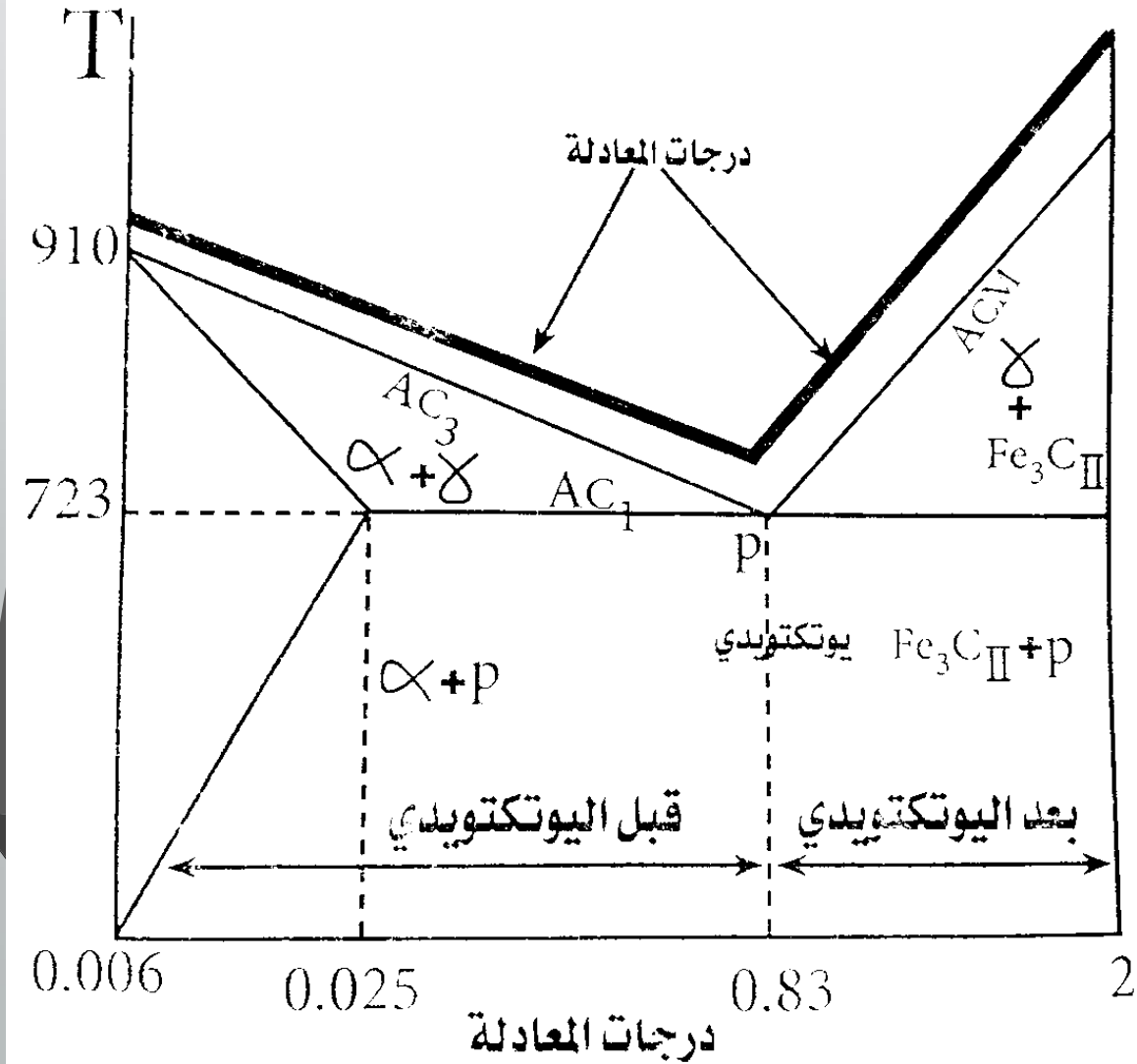
مراجعة المحاضرة السابقة

المعاملات الحرارية للصلب الكربوني (التخمير او التلدين)
Annealing

انواع المعاملات الحرارية



المعادلة Normalizing

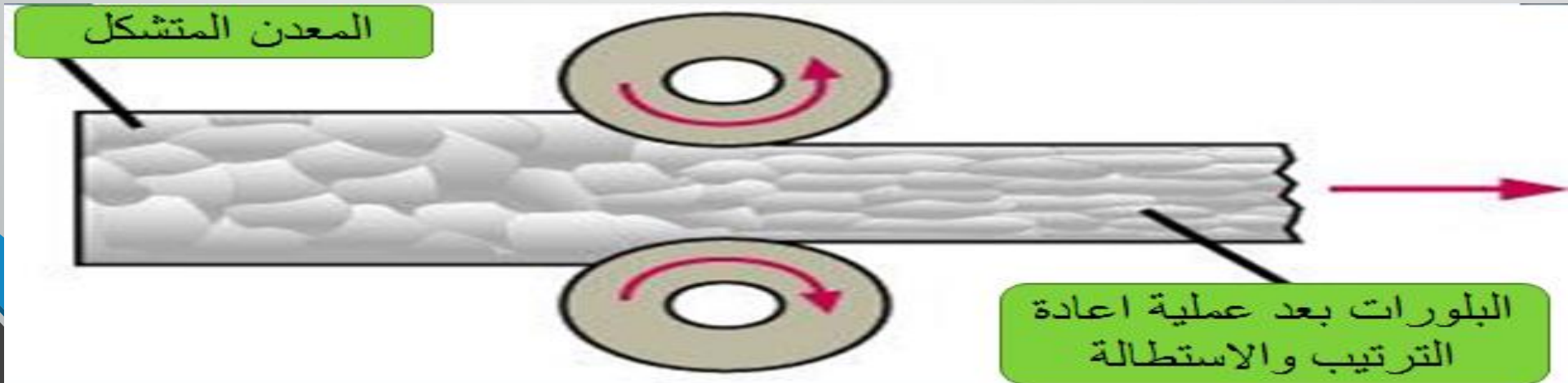


تتم هذه **العملية** بتسخين الصلب لدرجة حرارة فوق الدرجة الحرجة العليا (AC_3) اذا كان الصلب قبل اليوتكتويدي واذا كان بعد اليوتكتويدي يسخن الى حراري فوق (ACM) والتثبيت على هذه الحرارة فترة زمنية مناسبة يتبع ذلك تبريد الصلب في الهواء.

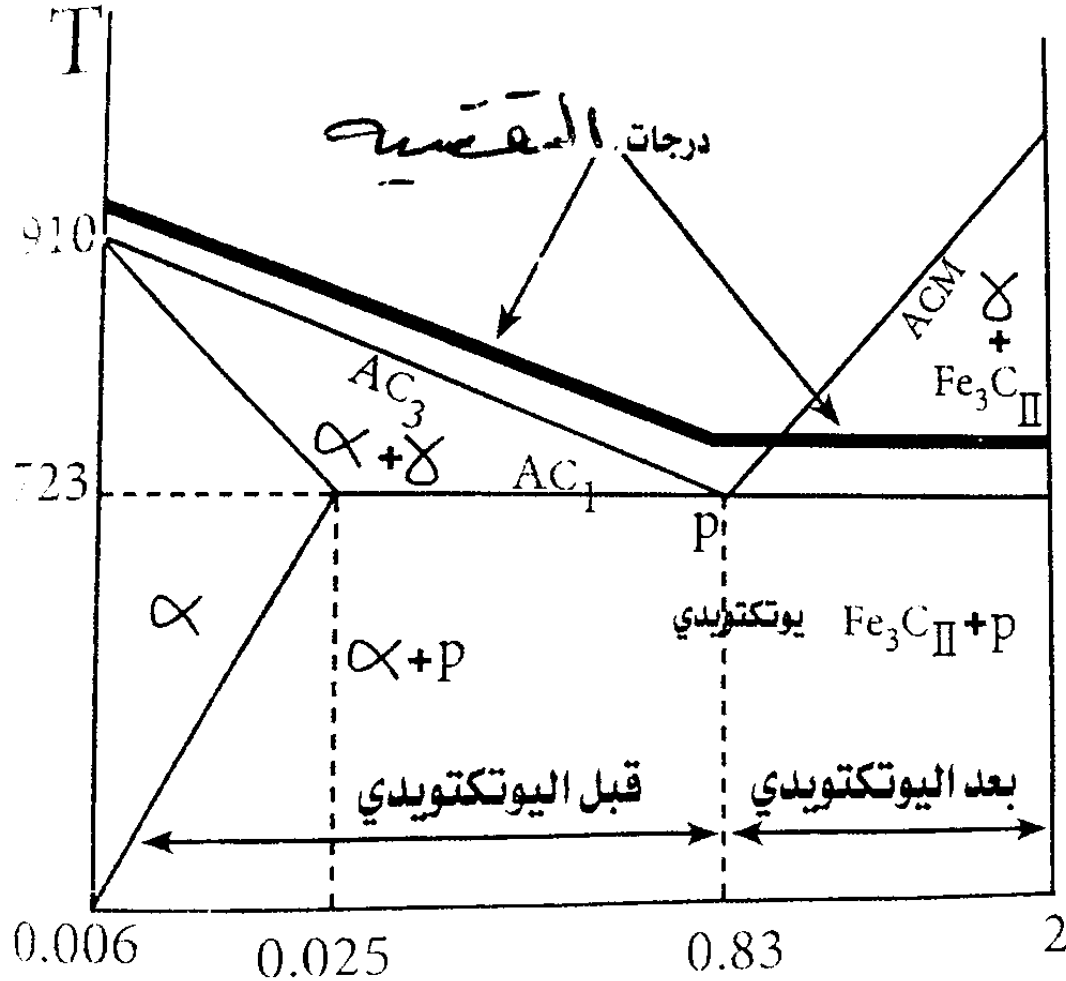
عادة ما تكون عملية المعادلة متنوعة بالمراجعة بدرجة حرارة عالية حيث تعطي المعادلة نتائج افضل من التلدين لانه يحتاج الى وقت طويل ولا يعطي مقاومة للصدمات.

اسباب اجراء المعادلة

1. تحسين قابلية التشغيل للصلب المنخفض الكربون
 2. تحسين بنية وصلات اللحام
 3. تقليل الاجهادات الخارجية
 4. التخلص من السمنتايت في الصلب فوق اليوتكتويدي
 5. التخلص من حجوم البلورات الكبيرة الناتجة بعد التشكيل بالطرق الميكانيكية
- عند تشكيل الصلب على البارد بعمليات مثل عملية الدرفلة فان الحبيبات تتعرض لاختلاف في اشكالها واحجامها وتكون مستطيلة مشوهة. في هذه الحالة تجرى لها عملية معادلة والغرض منها تصغير حجم الحبيبات واعادة انتظام اشكالها.



التقسية (التصليد) hardening



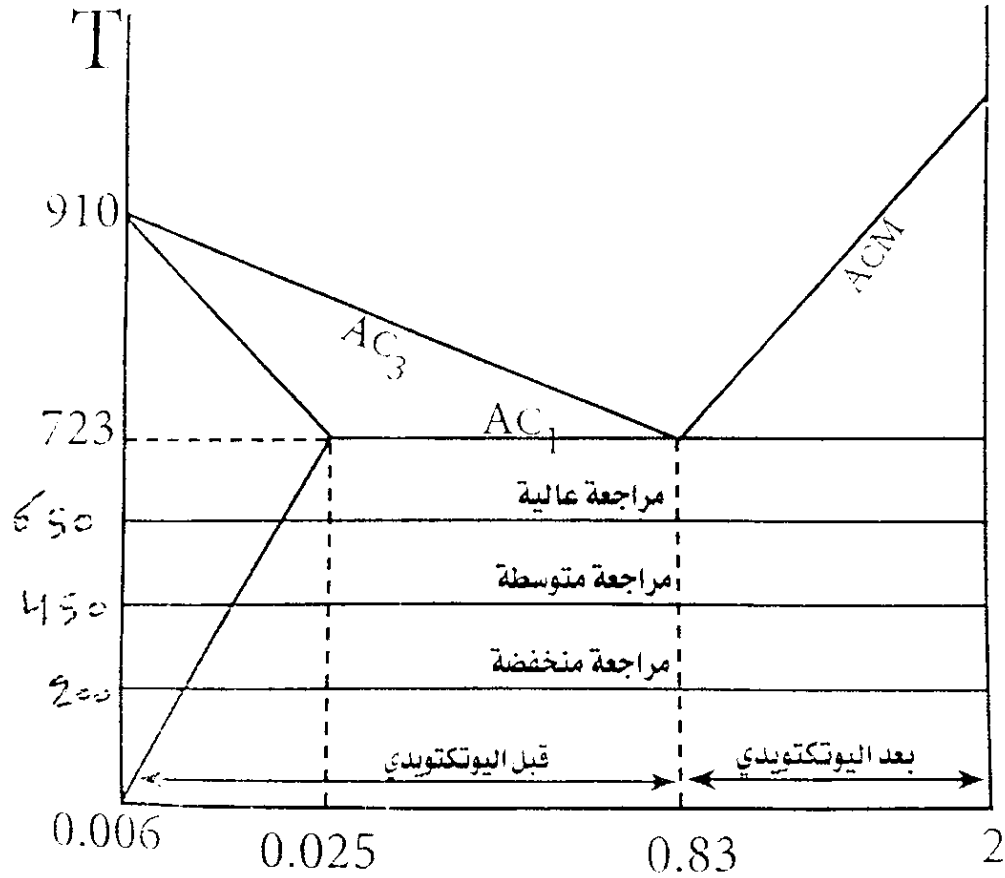
*إذا كان تركيب الصلب قبل اليوتكتويدي،
يسخن الصلب ليتحول إلى أوستنايت ويتم
بعد ذلك التبريد السريع لكي يتحول
الأوستنايت إلى مارتنايت.

*إذا كان تركيب الصلب بعد اليوتكتويدي، يتم
تسخينه فوق الدرجة الحرجة السفلى.

*معدلات التبريد هنا حرجة بمعنى انه كلما
احتجنا لمعدلات تبريد سريعة ليتم التحول
المطلوب، كلما كان من الصعب التحكم في
عمليات التحول.

*الأوساط المستخدمة في عمليات التبريد
السريع هذه عادة ما تكون **الماء** أو **الزيت**؟
لانه يوفر معدل تبريد عالي.

المراجعة (tempering)



درجات المراجعة شكل رقم (١)

تعرف بانها عملية تسخين الصلب المقسى الى درجة حرارة اقل من (Ac_1) ثم التثبيت لفترة زمنية مناسبة يتبع ذلك تبريد بمعدل تبريد مناسب.

تجرى المراجعة للأسباب التالية:

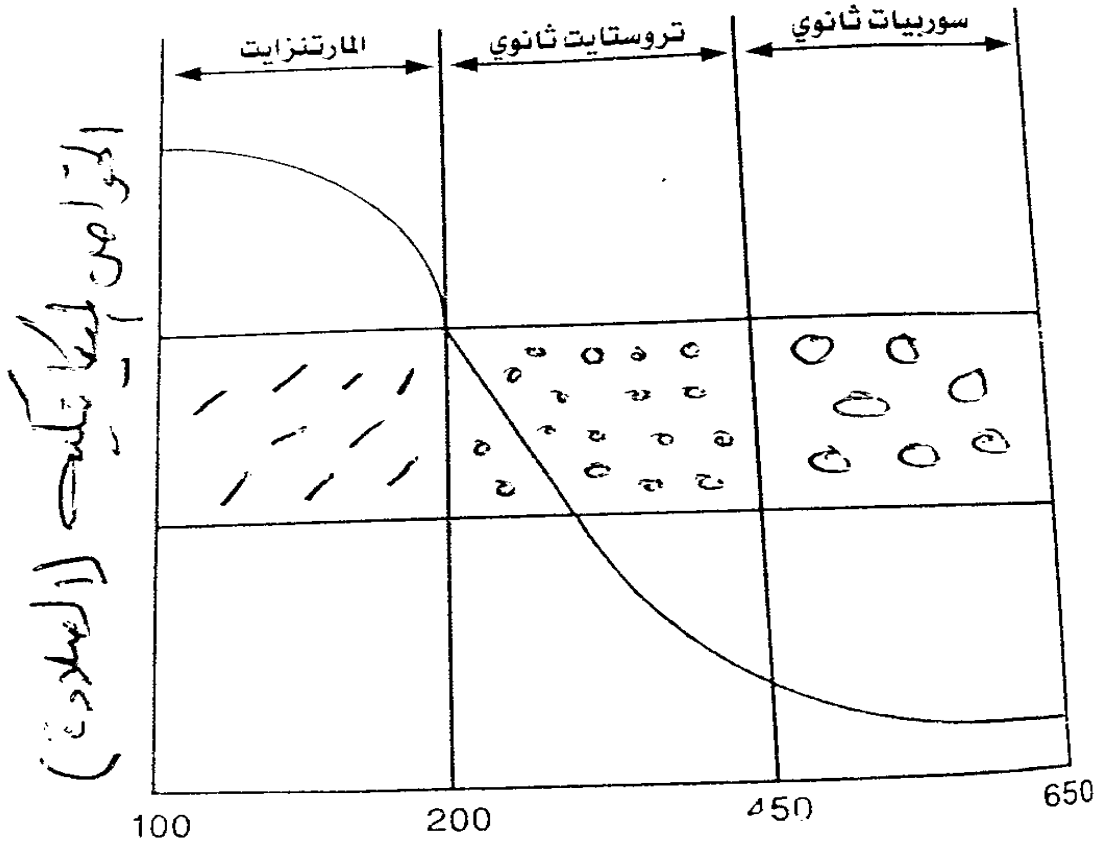
1. التخلص من الاجهادات الداخلية
2. تقليل الصلادة والهشاشة
3. زيادة المتانة

طرق المراجعة

1. **المراجعة بدرجة حرارة منخفضة:** تتم بدرجة تتراوح من (100 - 200) م, تكفي لازالة الاجهادات الداخلية ولا تؤثر على الخواص الميكانيكية.

2. **المراجعة بدرجة حرارة متوسطة:** تتم بدرجة تتراوح من (200 - 450) م مما يؤدي الى زيادة المتانة على حساب انخفاض الصلادة.

3. **المراجعة بدرجة حرارة عالية:** تتم بدرجة حرارة (450 - 600) م, يحصل في هذه المرحلة انخفاض في الصلادة وزيادة المتانة الى القيمة القصوى, وتستخدم هذه المراجعة في تصنيع الاجزاء التي تتعرض الى اجهادات دانميكية مثل الاعمدة المرفقية .



شكل رقم (٢)

العلاقة بين الخواص الميكانيكية ودرجة الحرارة

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الواحد والعشرون والثاني والعشرون

**المعاملات الحرارية للصلب الكربوني
(التعتيق, الكربنة)**

د. رؤى محمد منير

مراجعة المحاضرة السابقة/ كوز

**المعاملات الحرارية للصلب الكربوني
(المعادلة, التقسية, المراجعة)**

التعتيق

يعتبر التعتيق نوع من طرق اجراء التحولات الطورية في السبائك الحديدية, وتتم بدون تغيير البنية البلورية للمعدن, حيث تمر عملية التعتيق بالمراحل التالية:

1. تجمع ذرات العنصر المذاب الزائدة عن حد الاشباع في اماكن معينة في شبكة المحلول الجامد الفوق المشبع
2. تكون شبكة بلورية للطور الجديد تتطابق مع الشبكة البلورية للمحلول الجامد
3. عند رفع درجة الحرارة تنفصل شبكة الطور الجديد عن شبكة المحلول الجامد وتنمو حبيبات الطور الجديد مع الزمن مما يؤدي الى زيادة المقاومة والصلادة.



تعتيق الصلب المنخفض الكربون

يقسم الى نوعين:

1. التبريد: عند تبريد الصلب بسرعة عند تبريد من درجة حرارة اعلى من (700)م, وسبب الحاجة الى هذا النوع من التعتيق لاذابة الحديد الفا عند درجة حرارة بين (50- 150)م مما يؤدي الى زيادة الصلادة ونقصان المتانة والمطيلية للصلب.

2. تعتيق يحدث بعد التشكيل على البارد (تعتيق التشويه)

يحدث في الواح وصفائح الصلب بعد تقليل السمك اثناء عمليات الانحناء مما يؤدي الى نقصان قابلية التشكيل ويستغرق تعتيق التشوه (15- 60)يوم عند درجة حرارة الغرفة بدرجة حرارة (350 – 800)م

الفولاذ المقاوم للصدأ القابل للتصليد بالتعتيق

سبائك هذه المجموعة تصلد بالتعتيق أو بالترسيب ويمكن تعزيز قوتها بإضافة النحاس والألمنيوم والنيوبيوم، أما مقاومة التآكل لها هي أقل من مقاومة التآكل للفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي (304) تدخل استعمالاتها في صناعة الصواريخ والطائرات.

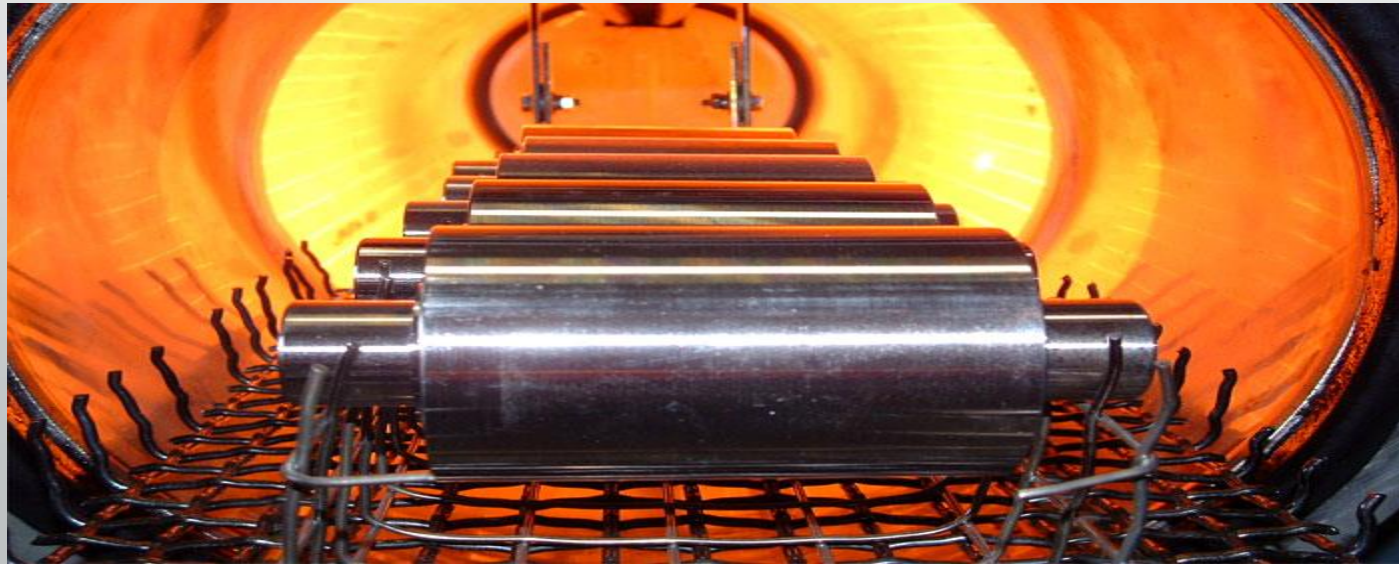
و قد ظهرت مؤخرا سبائك أخرى من الفولاذ المقاوم للصدأ مثل CD-4MCu فيراليوم، وهي سبائك مزدوجة التركيب حيث تركيبها الميترجي هو فيرايت في أرضية من الأوستنايت، أمّا مكوناتها الكيميائية الأساسية فهي الكروم والنيكل وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية ومقاومة تآكل عاليتين.

إن كافة سبائك المجاميع الأربعة تشكل ميكانيكا عدا السبيكة CD-4MCu التي تشكل بالسباكة.

طرق التصليد السطحي للصلب الكربوني

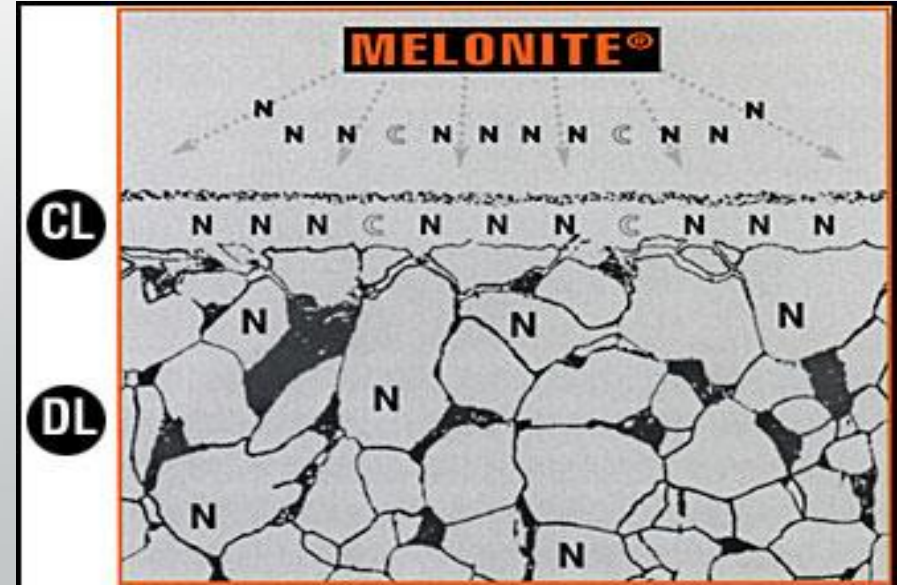
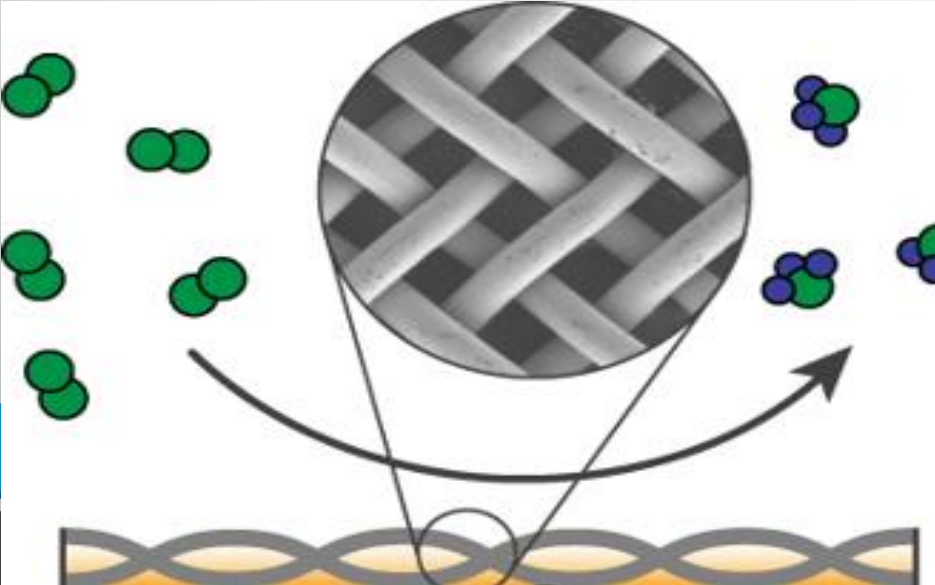
هي عملية تسخين الصلب في وسط نشط كيميائيا مما يؤدي الى تغير خواص السطح للمعدن, مما يؤدي الى تغيير:

1. زيادة الصلادة
2. زيادة مقاومة التآكل بالاحتكاك
3. زيادة مقاومة التآكل الكيميائي
4. زيادة مقاومة الكلال



تجري عملية التصليد السطحي لمعاملة سطح المعدن ببعض العناصر الكيميائية مثل الكربون (الكربنة) او النايتروجين ويسمى (النترجة). والكربون والنتروجين معا مما يسمى (كاربونترجة او نتردة) او الكروم (الكرمنة) او المنيوم (المنة). تجري هذه الطرق في اوساط صلبة او سائلة او غازية ومن الشروط الواجب توفرها لنجاح هذه الطرق هي:

1. ان يكون العنصر الكيميائي بحالة ذرية نشطة
2. ان تكون للعنصر الكيميائي قابلية على الانتشار داخل سطح الصلب
3. ان تكون للصلب قابلية على امتصاص العنصر المنتشر



جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

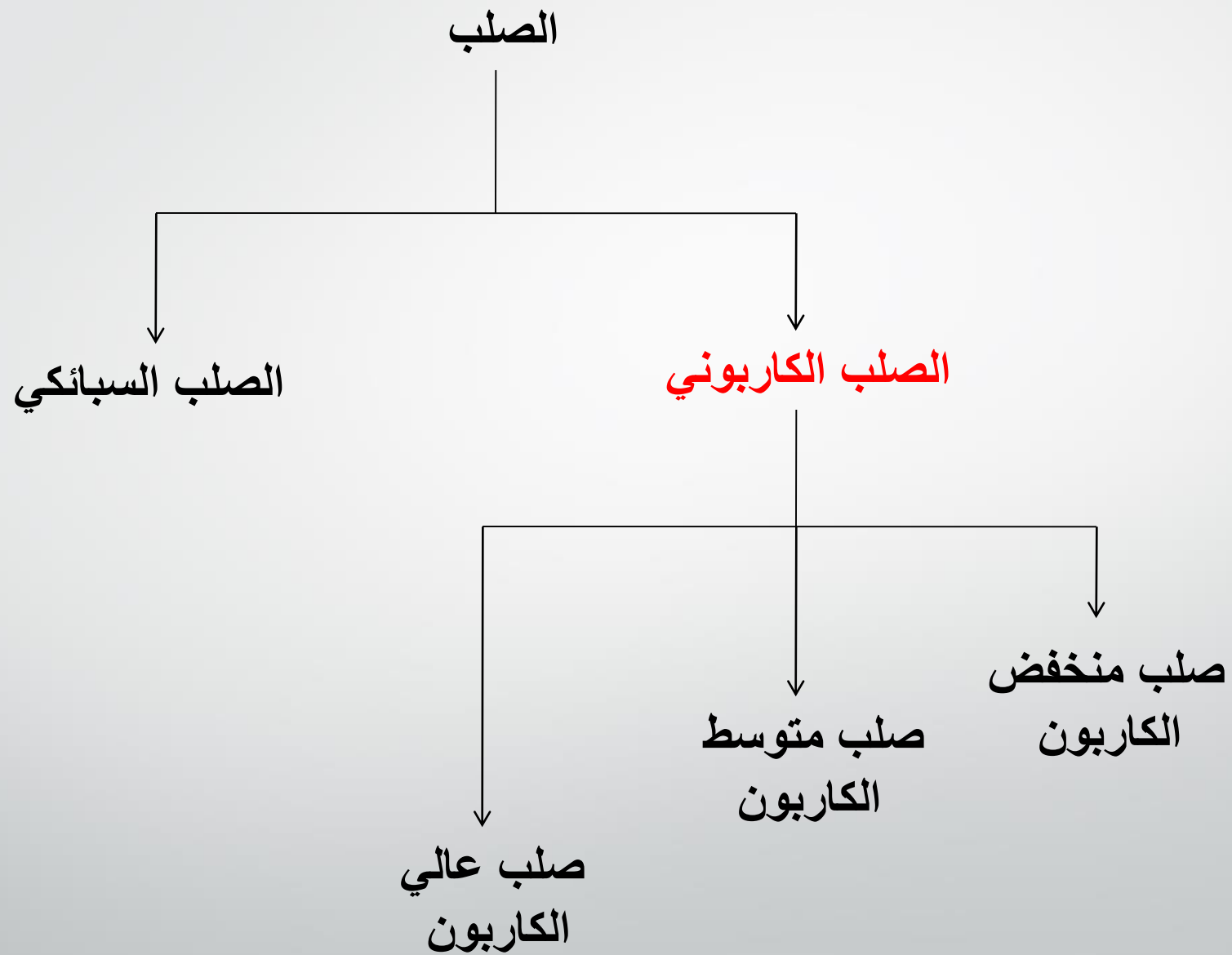
المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الثالث والعشرون

الصلب وانواعه (الصلب الكربوني)

د. رؤى محمد منير



1- الصلب المنخفض الكربون (Low Carbon Steel)

تكون نسبة الكربون فيه اقل من (0.3%).

له صلادة ومقاومة شد منخفضتين نسبيا بينما مطيليته عالية وهو غير قابل للتقسية بالمعاملة الحرارية.

يستخدم في صناعة السلاسل، البراشيم، المسامير، البراغي، أجسام السيارات، الصفائح المقصدرة والمغلونة وفي الصلب الإنشائي وغيرها.

2- الصلب المتوسط الكربون (Medium Carbon Steel)

تتراوح نسبة الكربون فيه بين (0.3% و 0.55%).

يجمع بين الصلادة ومقاومة الشد والمتانة العالية نسبيا. وهو قابل للتقسية بالمعاملة الحرارية إلا أن اصلاديته منخفضة ويتوجب تقسيته في الماء ولا يمكن إجراء التقسية النافذة للمقاطع السميكة. يستخدم لصناعة المحاور والتروس وبعض أجزاء المكين.

3- الصلب العالي الكربون (High Carbon Steel)
تتراوح نسبة الكربون فيه بين (0.6% و 1.5%).
قابل للتقسية بالمعاملة الحرارية الا ان اصلاديته منخفضة، والصلب
العالي الكربون المقسى له صلادة عالية ومقاومة جيدة للبلل.
يستخدم في صناعة المفكات (درنفيس), قضبان السكك, الحبال السلكية,
سلاح منشار القوس اليدوي, الاجنات, البرايم, وبعض العدد اليدوية,
ويستخدم الصلب الذي نسبة الكربون فيه أعلى من 1% في صناعة
القلاووظ, الدايس, الرايمر, وعدد القطع التي لا تتطلب سرعة قطع عالية

تأثير نسبة الكربون على الخواص الميكانيكية للصلب الكربوني

تتراوح نسبة الكربون في الصلب من (0.1% إلى 1.7%) وهذا يسبب تباين كبير في الخواص الميكانيكية للصلب الكربوني, حيث تؤثر نسبة الكربون تأثيرا كبيرا على خواص الصلب:

الصلادة ترتفع بارتفاع نسبة الكربون أما مقاومة الشد فترتفع بارتفاع نسبة الكربون لتبلغ أعلى قيمة لها عند نسبة الكربون (0.83%) حيث تنخفض بعدها بارتفاع نسبة الكربون بسبب ظهور شبكة من السمنتايت الهش حول البلورات عندما تصبح نسبة الكربون أكثر من (0.83%).

نسبة الاستطالة والمتانة تنخفضان بارتفاع نسبة الكربون.

محددات الصلب الكربوني:

ان انواع الصلب الكربوني رخيصة نسبيا ولكن هناك بعض المحددات في خواصها:

- 1- لا يمكن تقويتها اعلى من اجهاد خضوع 350 MPa بدون ان تفقد اللدونة ومقاومة الصدمة و كذلك قابليتها على اللحام.
- 2- صلابتها ليست عالية (أي ان عمق التصليد يكون محدودا). ذات مقاومة منخفضة ضد التاكل و الاكسدة.
- 3- يجب تقسيثها بسرعة كبيرة جدا لتجنب التشوه او الكسر.
- 4- مقاومتها للصدمة قليلة عند درجات الحرارة المنخفضة.

**واجب بيتي: بالاستعانة بمعلومات المحاضرة اعلاه
حدد انواع الصلب الكربوني على مخطط حديد
كربون مع رسم البنية المجهرية لكل نوع.**

شكرا لحسن الاستماع

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

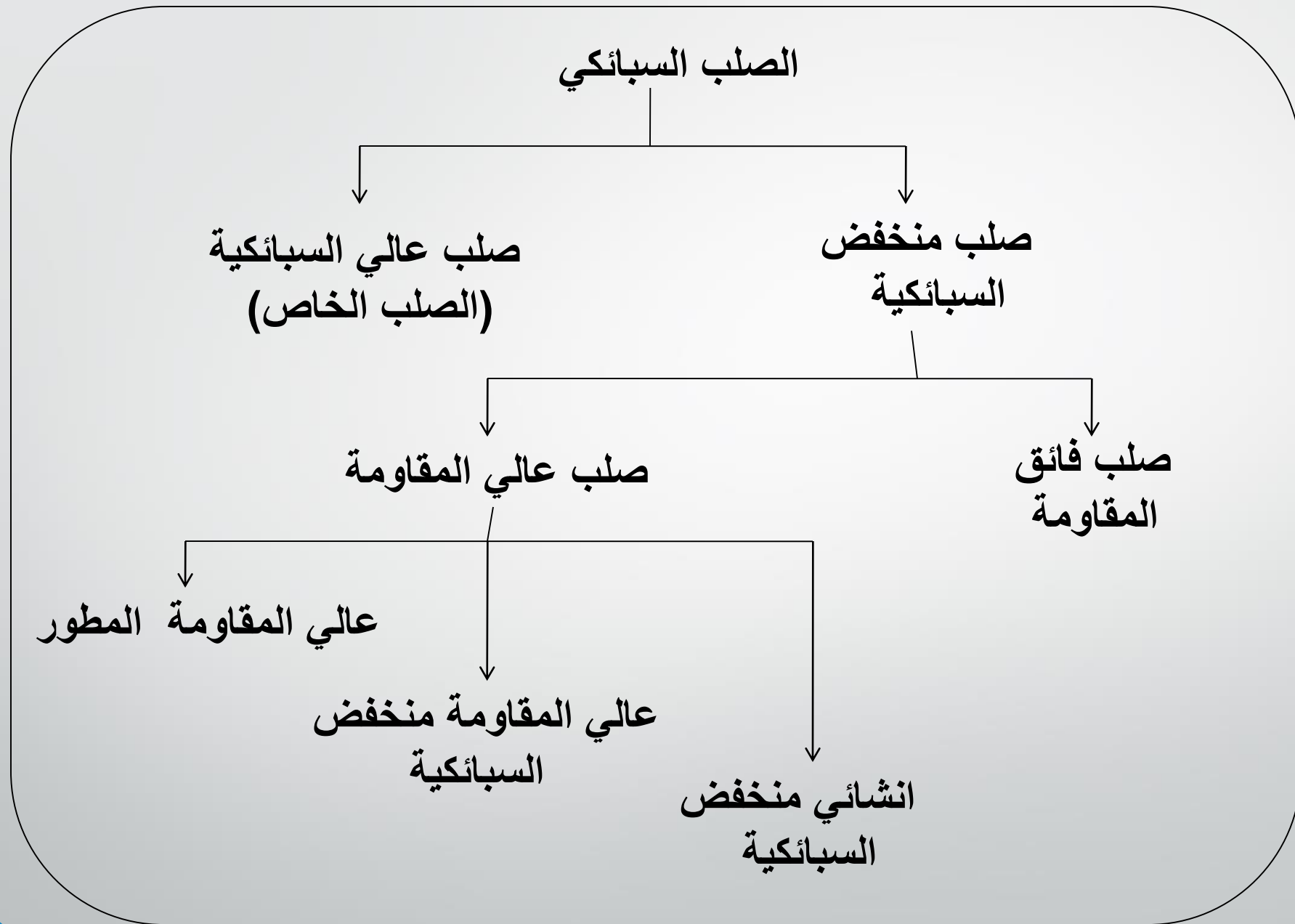
المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الرابع والعشرون والخامس والعشرون

الصلب السبائكي وانواعه

د. رؤى محمد منير



ثانيا- الصلب السبائكي

يتكون الصلب السبائكي من الحديد والكربون وعناصر سبائكية اخرى تتراوح بين 1- 50% من وزنه لتحسين خصائصه الميكانيكية و الفيزيائية او الحصول على خواص محددة.

تضاف العناصر السبائكية للصلب للأسباب التالية:

- 1- ازالة الاوكسجين المذاب, يضاف كل من المنغنيز, السليكون و الالمنيوم.
- 2- زيادة المقاومة, يضاف المنغنيز, السليكون, النيكل, النحاس و كلها تقوم بتشكيل محاليل صلبة ضمن الفيراييت.
- 3- زيادة الصلادة, تضاف المواد التي تشكل الكاربيدات وهي الكروم, التنكستن , المولبدنوم , الفناديوم, التيتانيوم والنيوبيوم.

- 4- زيادة اصلادية الصلب: بإضافة المنغنيز والكروم وغيرها يمكن التقسية بالتبريد بسرعات تبريد بطيئة نسبيا مثل التبريد في الزيت أو التبريد في الهواء وكذلك إجراء التقسية النافذة للقطع الكبيرة المقطع.
- 5- زيادة مقاومة التآكل, يضاف النحاس, السيليكون, النيكل, الكروم والفسفور.
- 6- زيادة قابلية التشكيل, يضاف الزركونيوم, الكالسيوم و السليكون و بعض العناصر النادرة.
- 7- لإضفاء خواص خاصة في الصلب كعدم انخفاض صلادة الصلب المقسى عند درجات الحرارة المرتفعة و لمقاومة الزحف والحرارة وتحسين الخواص المغناطيسية والكهربائية.

أنواع الصلب السبائكي

كدليل عام تضاف المواد السبائكية بنسب منخفضة (اقل من 5%) لزيادة المقاومة او الاصلادية, او بنسب اكبر من (5%) للحصول على مواصفات خاصة وعلى ذلك يمكن تقسيم الصلب السبائكي الى:
أولاً- صلب منخفض السبائكية (low alloy steel).
ثانياً- الصلب مرتفع السبائكية او الصلب السبائكي الخاص (special alloy steel).

انواع الصلب منخفض السبائكية لها تركيب مجهري ومعالجة حرارية مشابهة للصلب الكربوني. اما الصلب مرتفع السبائكية فان تركيبه المجهري ومعالجته الحرارية تختلفان بشكل كبير عن الصلب الكربوني.

اولا: الصلب منخفض السبائكية

وينقسم بدوره الى:

1. الصلب عالي المقاومة High strength steel (HSS)

يشمل انواع الصلب ذات اجهاد الخضوع من 270 وحتى MPa 700

2. الصلب فائق المقاومة Ultra high strength steel (UHSS)

يشمل انواع الصلب ذات اجهاد الخضوع اكبر من MPa 700 وحتى

MPa 1350

الصلب عالي المقاومة High strength steel (HSS)

يشمل انواع الصلب التي يصل اجهاد الخضوع فيها حتى

700 MPa وهي:

i- الصلب الانشائي منخفض السبائكية LACS اجهاد الخضوع

حتى 300 MPa

ii- الصلب عالي المقاومة منخفض السبائكية HSLA اجهاد

الخضوع حتى 400 MPa

iii- الصلب عالي المقاومة المطور AHSS اجهاد الخضوع حتى

700 MPa

i- الصلب الانشائي منخفض السبائكية

Law alloy construction steel (LACS)

بالإضافة الى الكربون فان انواعه تحتوي على اضافات من النيكل, الكروم, المولبدينوم.

إن إضافة النيكل, لانتاج الصلب النيكلي, تسبب ارتفاع مقاومة الشد والخضوع، ارتفاع مقاومة الكلل، وارتفاع المتانة في كل من درجات الحرارة الاعتيادية ودرجة الحرارة المنخفضة (تحت الصفر).

ولكن النيكل يسبب تفكك السمنتايت إلى كرافيت، لهذا يترافق بإضافة احد مثبتات الكربيدات مثل الكروم , يسمى عند ذلك صلب نيكل – كروم , والذي ايضا يقوي الفرايت ويزيد الصلادة.

ان للكروم نقطة ضعف وهي زيادة حجم البلورات اثناء التطبيع وبذلك تزداد الهشاشة وتقل مقاومة الصدمات. يمكن التغلب على هذه الظاهرة بإضافة 0.3% مولبدينوم لانتاج ما يعرف بصلب نيكل- كروم - مولبدينوم المستخدم في صناعة المحاور واعمدة التدوير, التروس و القضبان الموصلة للمكابس...الخ.

هناك ايضا صلب المنغيز الذي يحتوي على نسبة من المنغيز لا تقل عن 1%. وهو يسبب ارتفاع مقاومة الشد، ارتفاع المتانة، وارتفاع الاصلادية. يستخدم احيانا كبديل لصلب النيكل – كروم لانه ارخص ثمناً منه.

ii-الصلب عالي المقاومة منخفض السبائكية

High strength low alloy steel (HSLA)

احدى طرق الحصول على صلب تصل اجهاداته الى 550 MPa هي باستخدام ما يسمى بالصلب عالي المقاومة منخفض السبائكية HSLA الذي تم تطويره في بداية السبعينات.

يتصف هذا الصلب بارتفاع نسبة المقاومة/الوزن مقارنة بالصلب الكربوني. ان صلب HSLA يكون عادة اخف 20-30 % من الصلب الكربوني لنفس المقاومة ولذلك يمكن استخدامه بمقاطع اقل سمكا ولنفس الاجهاد جاعلة منه جذابا للاستخدام في وسائط النقل.

يتكون التركيب المجهري لصلب HSLA من الفرايت دقيق الحبيبات التي تمت تقويتها بالكربون و ترسبات من كربو- نترات التيتانيوم, الفناديوم, و النيوبيوم. كما ان اضافة المنغنيز و الفسفور او السليكون تزيد المقاومة بشكل اكبر.

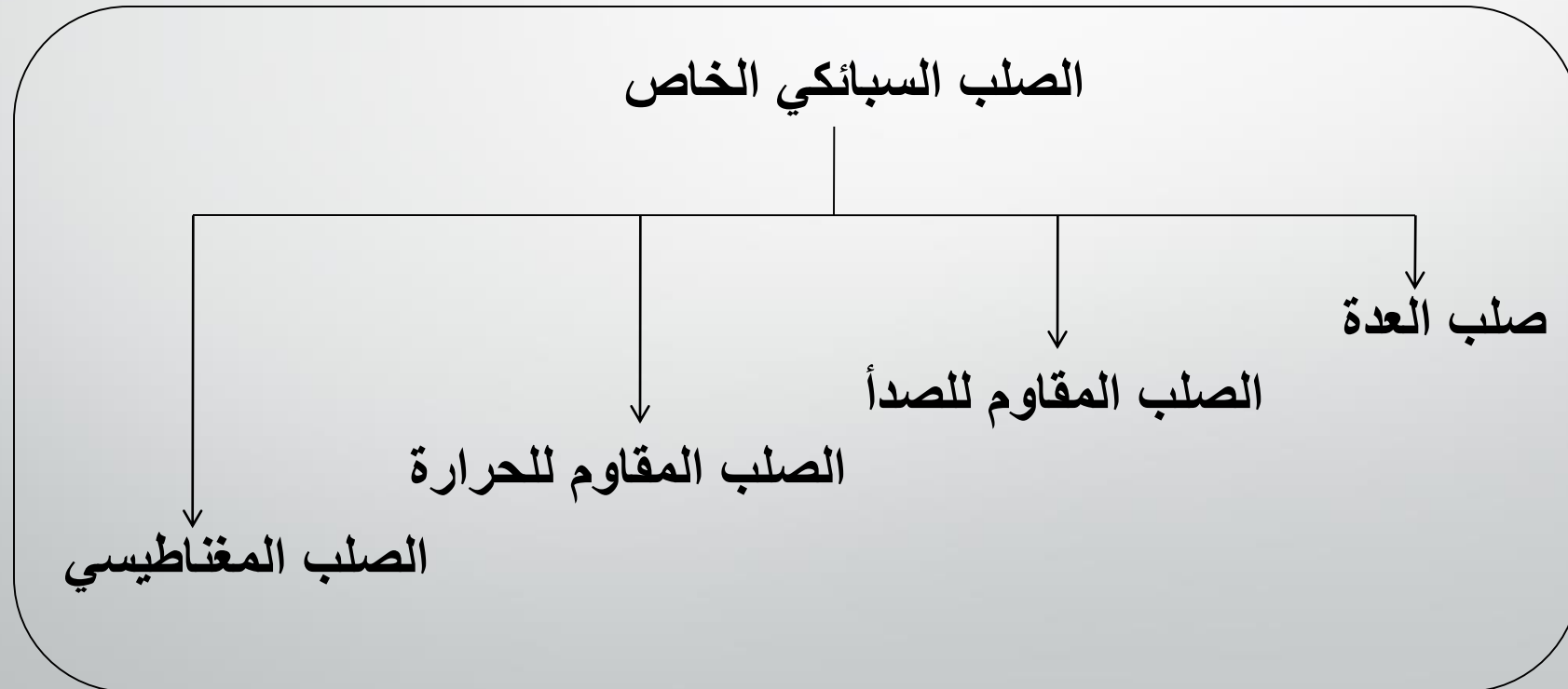
تتراوح نسبة المواد السبائكية في HSLA كما يلي:
كربون (0.06 - 0.12), منغنيز (1.4 - 1.8), نيوبيوم (0.02 - 0.05),
فناديوم (0 - 0.06), موليبدنوم (0.2 - 0.35).

ينتج صلب HSLA عن طريق الدرفلة الحرارية الميكانيكية (Thermomechanical Rolling) التي تنتج اقصى درجة من نعومة الحبيبات والتي هي اساس الخواص الميكانيكية المحسنة.
ان تصغير حجم الحبيبات يؤدي الى زيادة اجهاد الخضوع وفي حالة الفيرايت فإن اجهاد الخضوع يزداد 50% عند كل تنصيف لقطر الحبيبة.

تحتوي انواع صلب HSLA ذات قابلية التشكيل المحسنة على اضافات من السليكون والكالسيوم التي تضاف بعملية تسمى كالسيل (CalSil) وبعض العناصر النادرة للسيطرة على اشكال الكبريتات المتواجدة. تضاف عناصر النحاس, السليكون, النيكل, الكروم و الفسفور للتغلب على مشاكل التآكل بسبب قلة سمك الاجزاء يستخدم صلب HSLA في السيارات لصناعة دعائم الابواب, اجزاء الهيكل(الشاصي), قطع التقوية و التثبيت (براكيت), اجزاء التوجيه و التعليق, ماصات الصدمات والدعاميات, العجلات. وكذلك في صناعة الشاحنات وانايب نقل النفط وفي المناجم والمكائن الانشائية والابراج الكهربائية و عربات القطار و بناء السفن.

ثانياً: الصلب السبائكي الخاص

يمتاز الصلب السبائكي الخاص بمواصفات خاصة ويحتوي على نسبة عالية (أكثر من 5%) من العناصر السبائكية. ويشمل:
صلب العدة، الصلب المقاوم للصدأ، الصلب المقاوم للحرارة،
الصلب المغناطيسي، وغيرها



جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني/ كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع السادس والعشرون

صلب العدد

د. رؤى محمد منير

الصلب السبائكي الخاص



صلب العدة

هو الصلب المستخدم لصناعة مختلف انواع العدد وادوات القطع وعدد التشكيل على الحار وعلى البارد والقوالب. ويجب ان يمتلك صلب العدة المواصفات التالية:

- 1- الصلادة العالية في كل من درجة حرارة الغرفة والدرجات المرتفعة.
- 2- الاصلادية العالية.
- 3 - ان يكون له مقاومة عالية للبلى.
- 4- ان يكون له متانة مناسبة.

لتحقيق هذه الخواص يجب ان يحتوي صلب العدة واحد او اكثر من العناصر المكونة للكربيدات التي تسبب ارتفاع الصلادة والاصلادية مع اجراء المعاملة الحرارية المناسبة.

واهم العناصر المكونة للكربيدات هي: **الكروم ، التنكستن، الموليبدنم، والفناديوم.** علماً ان التنكستن والموليبدنوم يمتازان بتكوين كربيدات لها صلادة مرتفعة في كل من درجة حرارة الغرفة و درجات الحرارة المرتفعة، وهذا يجعلهما مناسبين للاستخدام في انتاج انواع صلب العدة المقاوم لدرجات الحرارة المرتفعة.

اهم انواع صلب العدة:

1- صلب عدة التشكيل على الحار وعلى البارد (صلب الاسطمبات)
يحتوي هذا الصلب على واحد او اكثر من العناصر المكونة للكربيدات
(الكروم، التنكستن، الموليبدنم، والفناديوم) .

في حالة صلب عدة التشكيل على الحار يجب ان يحتوي اما على التنكستن
او الموليبدنم لانهما يكونان كربيدات تحافظ على صلادة عالية في درجات
الحرارة المرتفعة.

احد انواع صلب عدة التشكيل على الحار هو الصلب (H20) حسب
(AISI) والذي يحتوي (0.35% كربون، 9% تنكستن، 2% كروم).

2- الصلب السريع القطع (High Speed Steel)

هو الصلب المستخدم في صناعة عدد القطع عند سرعات القطع العالية، مثل اقلام الخراطة، سكاكين التفريز، البراين، سلاح ماكينة المنشار الترددي ، وماشابه. ان هذا الصلب يتحمل درجات الحرارة المرتفعة لحد 600م بينما تبقى صلابته مرتفعة بسبب احتوائه اما على التنكستن او الموليبيدينوم. احد انواع هذا الصلب هو الصلب (T1) حسب (AISI) (American iron and steel institute) ويحتوي على (0.7% كربون، 18% تنكستن، 4% كروم، 1% فناديوم).

3- صلب المنغنيز الاوستنيتي (صلب هادفيلد)

اذا كانت نسبة المنغنيز 12% ونسبة الكربون 1%، يبقى تركيب الصلب اوستنايت بعد التبريد الى درجة حرارة الغرفة ولذلك يسمى صلب المنغنيز الاوستنيتي.

صلادة هذا الصلب منخفضة نسبياً ومتانته عالية، الا انه عند تعرض سطحه الى اجهادات ميكانيكية ترتفع صلادة السطح الى درجة عالية. يستخدم هذا الصلب في كسارات الصخور وما شابه.

الصلب المقاوم للصدأ (Stainless Steel)

يمتاز هذا الصلب بالمقاومة العالية للصدأ والتآكل في الظروف المساعدة على التآكل بفضل احتوائه على نسبة عالية من الكروم تتراوح بين (11% و 30%). يكون طبقة واقية من اوكسيد الكروم على سطح المعدن تحمي المعدن من الصدأ المباشر.

كذلك فإن التركيب المجهري يتألف من محلول صلب منتظم ذو نوعية واحدة من البلورات وبذلك لا مجال لحدوث تآكل الكتروليتي.

وقد يحتوي الصلب المقاوم للصدأ على النيكل وعناصر أخرى.

يستخدم الصلب المقاوم للصدأ في الصناعة وفي صناعة الاواني المنزلية، واواني الطبخ والملاعق والسكاكين وغيرها والادوات الطبية والمختبرية، ويستخدم ايضاً في مجال الديكور وفي مختلف المجالات الهندسية.

من أهم انواع الصلب المقاوم للصدأ:

1- الصلب المقاوم للصدأ الفيرّايتي:

مثل الصلب (AISI 405) الذي يحتوي (0,08% كربون، 12%
-14% كروم).

2- الصلب المقاوم للصدأ المارتنسييتي:

مثل الصلب (AISI 410) ويحتوي على (0,15% كربون، 11,5%
-13,5% كروم، 1,25%-2,5% نيكل).

3- الصلب المقاوم للصدأ الاوستينيتي: مثل الصلب (AISI 304)

ويحتوي (0,08% كربون، 18%-20% كروم، 8%-10% نيكل).

الصلب المقاوم للحرارة (Heat Resisting Steel)

وهو صلب يقاوم التأكسد وتأثير الغازات في درجات الحرارة المرتفعة وله خواص ميكانيكية جيدة بما يكفي لمقاومة الاجهادات في درجات الحرارة المرتفعة.

يحتوي هذا الصلب على الكروم وبعض السيليكون اللذان يكونان طبقة اوكسيدية تحميه من تأثير درجات الحرارة المرتفعة ويحتوي ايضاً على النيكل ونسب قليلة من التنكستن والتيتانيوم والنيوبيوم ما يكسبه المتانة ومقاومة الزحف.

يستخدم هذا الصلب في صناعة صمام العادم في مكائن الاحتراق الداخلي واجزاء الافران ودوّار التوربينات الغازية والبخارية وغيرها.

الصلب المغناطيسي

وهو على نوعين:

1- صلب المغناطيس الطري:

وله نفاذية مغناطيسية عالية وتخلفية مغناطيسية منخفضة، يستخدم لصناعة قلوب المكائن الكهربائية من محولات ومولدات ومحركات و ماشابه.

يحتوي على نسبة منخفضة جداً من الكربون وحوالي (4% سيليكون).

2- صلب المغناطيس الدائم:

له تخلفية مغناطيسية عالية جداً وقوة قهرية عالية. يستخدم لصنع المغناطيس الدائم المستخدم فيهندسة الاتصالات والصناعات الالكترونية العامة.

ومن سبائك المغناطيس الدائم سبيكة النيكو (ALNICO) وتتكون من (16% نكل، 12% كوبالت، 9% المنيوم، 5% نحاس، 1% تيتانيوم، والباقي حديد.

الصلب المغناطيسي

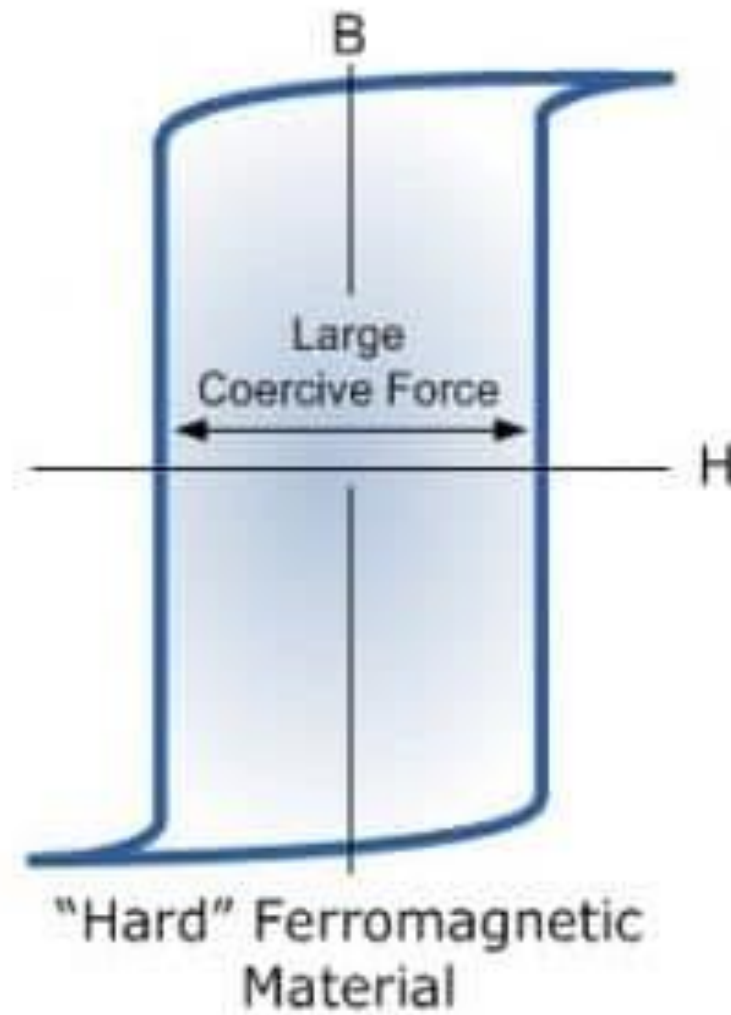
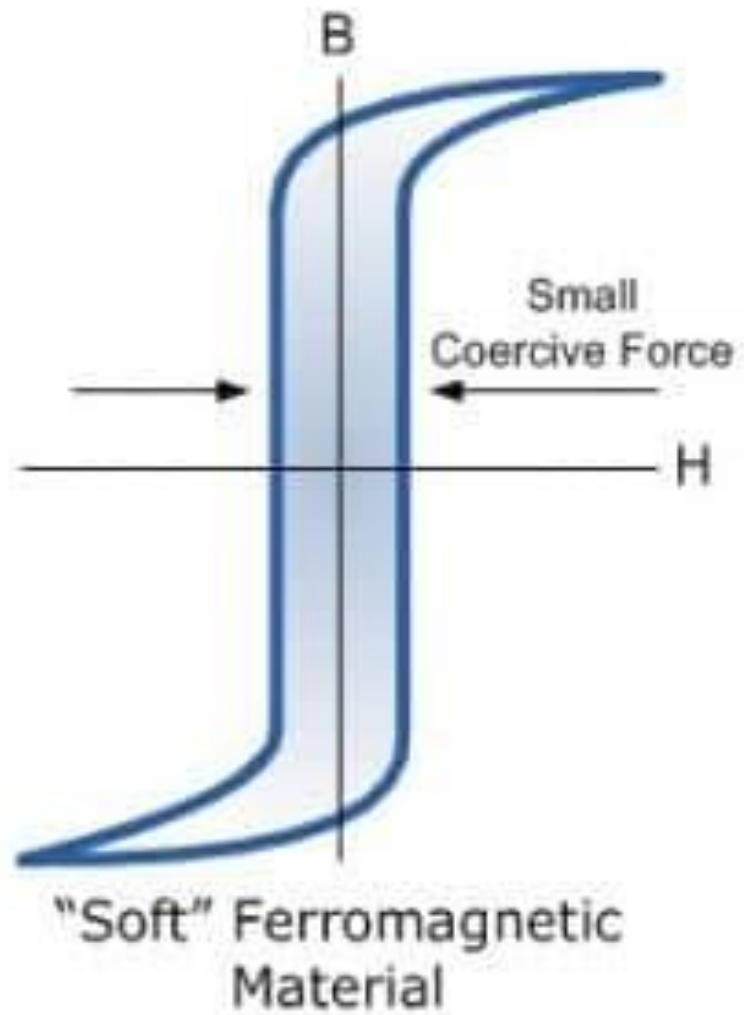
Magnetic hysteresis التخلفية المغناطيسية

هي خاصية للنظم (الفيزيائية غالباً) تتمثل في تأخر استجابة النظام للقوى المطبقة عليه، وتعتمد استجابة هذه النظم على القوى التي أثرت عليها سابقاً.

وتطراً عليها تغيرات في بنيتها لا تختفي تماماً بعد إبعاد المؤثر عنها، أي تعتمد صفاتها على تاريخ معالجاتها.

يحدث التخلف في المواد المغناطيسية الحديدية والمواد الكهربائية الحديدية وفي السبائك المتذكّرة للشكل والعديد من الظواهر الطبيعية الأخرى.

هي تكون مترافقة في الأنظمة الطبيعية بعمليات غير معكوسة مثل التحولات الطورية ومع احتكاك داخلي وتبدد للطاقة.



جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع السابع والعشرون والثامن والعشرون
**التآكل في المعادن (الجاف, الالكتروليتي, الكلواني
والنقري)**

د. رؤى محمد منير

التآكل

التآكل (corrosion): عملية تفاعل المادة مع محيطها الخارجي مما يسبب في تردي خواصها و تآكل اجزائها مسببا اضرارا كبيرة.
انواع التآكل:

1-التآكل الجاف: DRY مثل التاكسد، وهو تفاعل المادة مع الاوكسجين لتكوين اوكسيد المادة او تفاعل المادة مع العوامل المؤكسدة مثل الكبريت او اكاسيده، ويحدث التاكسد لمعظم المعادن في درجة حرارة الغرفة حيث تتكون طبقة رقيقة من اوكسيد المعدن عند تعرضه لأكسجين الجو. وتتأثر عملية التاكسد بالعوامل التالية:

- أ- قابلية المعدن للتفاعل مع الاوكسجين.
- ب- طبيعة الاوكسيد المتكون،
- مسامي وغير ملتحم بصورة جيدة بالمعدن الاساسي، مثل اوكسيد الحديد

- غير مسامي وملتحم بصورة جيدة بالمعدن الاساس كما في الالمنيوم و الكروم.
- ج- درجة الحرارة: سرعة التاكسد تزداد بارتفاع درجة الحرارة.

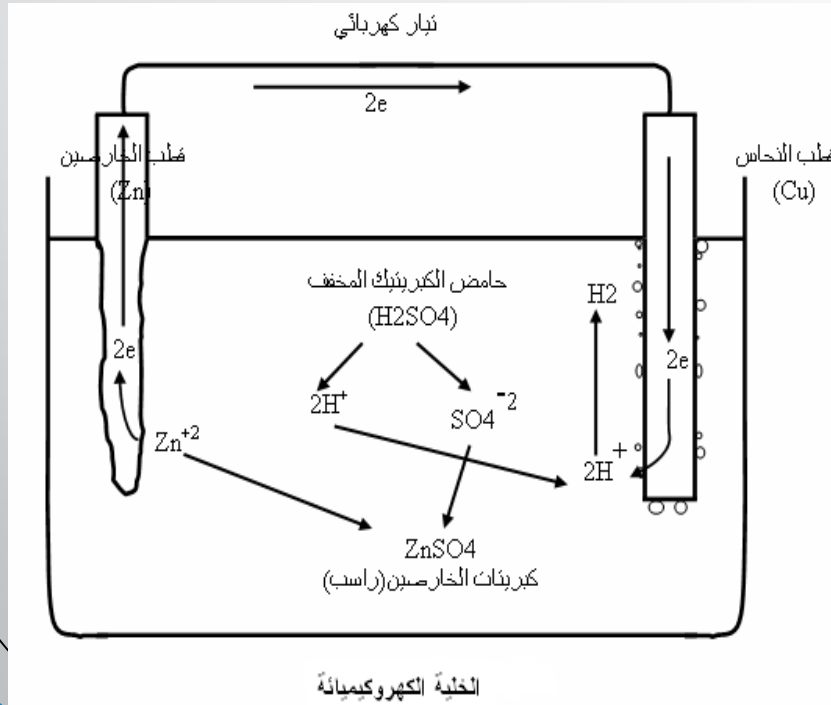
2-التآكل الالكتروليّتي: يحدث عند وجود معدنين مختلفين في الجهد القطبي يكونان بتماس مع بعضهما، وبوجود وسط الكتروليتي. ويمكن توضيح التآكل الالكتروليّتي بشرح ما يحدث في الخلية الكهروكيميائية:

عند ربط السلك الواصل بين القطبين

يلاحظ سريان تيز كهربائي الذي يدل

على انتقال الكترونات من قطب الخارصين (انود) الى قطب النحاس (كاثود) لتتحول شحنته الى السالب.

ما تبقى من ذرات الخارصين و التي هي أيونات موجبة فانها تتحل في الحامض لتتحد مع جذرالحامض السالب (SO_4) مكونة كبريتات النحاس التي تترسب في أسفل الحوض.



أما أيون الهيدروجين (H) الموجب المتبقي من الحامض فإنه يتحد مع شحنة الإلكترونات السالبة المتواجدة على قطب النحاس مكونة جزيئات غاز الهيدروجين (H₂) الذي يخرج بدوره على شكل فقاعات. باستمرار هذه العملية فإن قطب الخارصين سيتآكل تدريجياً. قطب الخارصين هو الذي يتآكل وليس النحاس وذلك لأنه في هذه الحالة هو الأدنى في السلسلة الكهروكيميائية.

يمكن للتآكل ان يصيب المعادن والسبائك والمواد الإنشائية، بأشكال مختلفة من الاهتراء وذلك حسب طبيعة المعدن أو السبيكة وحسب مكونات الوسط المحيط والشروط السائدة اما اهم اشكال التآكل فهي التالية:

1-5-8 التآكل المنتظم: وهذا النوع هو الأكثر شيوعاً لحدوثه على جميع سطح المعدن بصورة متساوية بحيث يتآكل المعدن بصورة منتظمة لذلك فإنه من السهل دراسة هذا النوع من التآكل لأن سمك المعدن يقل في جميع سطحه ومن الممكن توقع فشل المعدن بعد فترة معروفة بعد حساب سرعة التآكل المنتظم. وهذا ممكن عن طريق قياس السمك بين فترة وأخرى وملاحظة النقص الحاصل في السماكة.

8-5-2 التآكل النقطي (التنقري): يعد هذا النوع من التآكل خطراً أيضاً ولا يمكن توقعه بسهولة. ومن الصعوبة جداً حساب العمر المتبقي للمعدن الذي يصيبه هذا النوع من التآكل. يحدث هذا التآكل في مناطق معينة من المعدن بشكل سريع وعلى شكل حفر على سطح المعدن عمقها يساوي أو يزيد على قطرها. بالإمكان قياس عمق هذه الحفر بواسطة أجهزة خاصة وذلك لحساب ما تبقى من جدار المعدن. إن ظهور التآكل على شكل حفر يعزى إلى أحد الأسباب التالية:

أ- عدم تساوي سطح المعدن بتركيبه في جميع المناطق مما يولد مناطق ضعيفة تقوم بدور القطب الموجب "أنوداً" والجزء الآخر من المعدن القطب السالب "كاثوداً" فيتولد بذلك تيار كهربائي خلال المادة التي يحويها الوعاء من القطب الموجب إلى القطب السالب ناقلاً قسم من جزيئات المعدن في المنطقة الموجبة مسبباً تآكلها.

ب- وجود شوائب وتخدشات على سطح المعدن مما يولد تياراً كهربائياً.

ج- تغير تركيز المادة التي يحتويها الوعاء في بعض مناطق المعدن مما يولد التيار الكهربائي أيضاً مثل تغير تركيز الأكسجين في المحلول حول نقطة ما Differentiate Aeration Cell.

د- تتكون الحفر أيضاً تحت الترسبات وفي المناطق الضيقة التي تنعدم حركة المادة.

هـ - عند انكسار طبقة الأكسيد على سطح المعدن في نقطة ما تتكون حفرة في هذه المنطقة. أيضاً إذا كان سطح المعدن مطلياً بمادة واقية وحدث قشط لهذه المادة في منطقة معينة فإن هذه المنطقة ستتآكل بسرعة أيضاً.

8-5-3 التآكل التماسي أو الغلفاني: يحدث هذا التآكل عند اتصال معدنين موصلين مختلفين كلاهما معرضان لمحلول موصل للكهربائية أو عند اتصال معدنين متشابهين بوجود محلولين موصلين مختلفين.

الحالة الأولى:

وجود فرق جهد بين المعدنين المختلفين يؤدي إلى مرور تيار من المعدن الأقل قيمة. وهذا التيار يسبب تآكل القطب الموجب لذلك عند تصميم الأجهزة يجب علينا أن نتجنب توصيل معدنين مختلفين معرضين لمحلول واحد بينهما فرق جهد كبير. فمثلا إيصال الذهب بالألومنيوم يسبب تآكل الألومنيوم بسرعة كبيرة لأن فرق الجهد بينهما كبير جدا. لكن يمكننا أن نوصل بين الحديد العادي والفولاذ الفعّال لكون فرق الجهد بينهما قليل لذلك تكون سرعة التآكل في هذه الحالة بطيئة.

ولمساحة كلا المعدنين تأثير كبير على سرعة التآكل. فإذا كانت مساحة القطب السالب أكبر من مساحة القطب الموجب فإن عملية التآكل تتم بصورة أسرع. لذلك لمنع حدوث هذه الظاهرة يجب الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- أ- تجنب إيصال معادن مختلفة بعضها بالآخر بوجود محلول موصل.
- ب- تجنب استعمال قطب سالب ذو مساحة كبيرة وقطب موجب ذو مساحة صغيرة.
- ج- عزل القطب الموجب عن القطب السالب بمادة عازلة مناسبة لمنع مرور التيار الكهربائي.
- د- استعمال قدر المستطاع معادن متقاربة مع بعضها في الجهد "كمون الأكسدة".
- هـ- إذا كان من الضروري إيصال معدن في أسفل "السلسلة الكهروكيميائية" مع معدن في أعلى السلسلة فمن الضروري تصميم الجزء المتآكل بحيث يسهل تبديله.
- و- استعمال مواد مانعة التآكل لتقليل سرعة التآكل.

الحالة الثانية:

عندما يتعرض نفس السطح المعدن لتراكيز مختلفة من المحلول، يؤدي ذلك إلى تشكيل خلية غلفانية قطب موجب وقطب سالب ويمر التيار من القطب الموجب إلى القطب السالب مسبباً تآكل القطب الموجب. يتركز المحلول في المناطق الضيقة التي تقل فيها حركة المحلول كمنطقة الحشوات والمواصلات (البراغي) وتحت الأوساخ أو تحت قطرات الماء. يحدث التآكل الغلفاني إما بسبب تغير تركيز ايونات المعدن في المحلول أو تغير تركيز الهواء المذاب في المحلول من منطقة إلى أخرى.

إن السبب الرئيسي لتآكل قعر الخزانات النفطية هو التآكل تحت الأوساخ التي تقع في الخزان (وجود رواسب على أجزاء المعدن) والتي تحجب جزء من المعدن عن الأكسجين مما يؤدي إلى تكوين خلية التركيز بالأكسجين ويحدث التآكل في الأماكن التي يوجد عليها الرواسب (ذات تركيز الأكسجين المنخفض).

8-5-4 التآكل الاجهادي: هنا يجتمع عاملان، عامل التآكل وعامل الإجهاد، والإجهاد إما أن يكون إجهاداً متبقياً من عمليات اللحام والصنع أو جهداً مسلطاً أثناء التشغيل. في جميع الأحوال يظهر هذا النوع من التآكل تشققات في المعدن. والتشققات إما أن تكون في حدود مجاميع البلورات أو خلال البلورات نفسها.

لا توجد نظرية مثبتة تحلل كيفية حدوث هذا النوع من التآكل ولكن المتفق عليه حالياً هو أن التآكل يسبب تشققات سطحية على المعدن وهذه التشققات تتوسع وتتعمق لوجود جهد مسلط أو متبقي في المعدن في تلك المنطقة. توجد عدة عوامل تؤثر على تكون هذا التآكل منها مقدار الجهد ونوعية المحلول، درجة الحرارة، الوقت المستغرق إلى حين حدوث الفشل وغيرها. يحدث التآكل الجهدى في معظم المعادن في محيطات معينة ندرج أدناه بعضها:

المعدن	المحيط الذي يسبب التآكل الاجهادي
سبائك الألمنيوم	المحاليل الملحية، ماء البحر، القلويات
سبائك النحاس	محاليل الامونيا، محاليل أملاح الزئبق
سبائك المغنزيوم	الجو الاعتيادي، الماء العذب، المحاليل الملحية، الأحماض
سبائك النيكل	محاليل حمض الازوت والامونيا المركزة، الغازات الكبريتية
الحديد العادي	محاليل هيدروكسيد الصوديوم ونترات الامونيا والصوديوم والكالسيوم، خليط حمض النتريك وحمض الكبريتيك، محاليل كلوريد الكالسيوم.
الفولاذ	محاليل الكلور، ماء البحر، المحاليل القاعدية، كبريتيد الهيدروجين.

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع التاسع والعشرون

طرق الوقاية من التآكل

د. رؤى محمد منير

السلسلة الكهرو كيميائية: electrochemical series

تترتب المعادن حسب قابليتها على التآكل (التآكل في الاوساط الالكتروليتيية) في جدول يسمى السلسلة الكهروكيميائية. (المعدن الادنى في السلسلة هو الذي يتآكل)

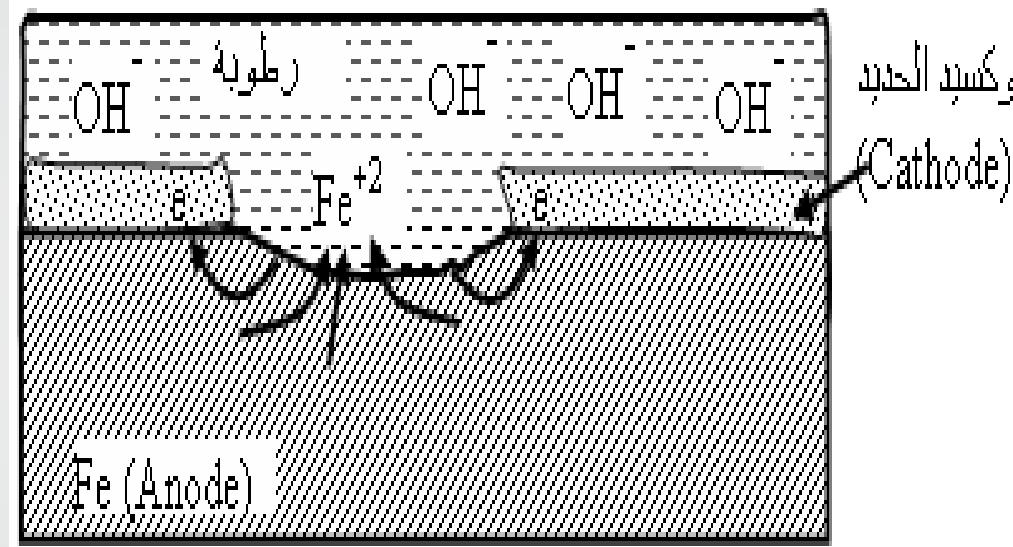
المعدن	الجهود القطبية (فولت)	المعدن	الجهود القطبية (فولت)
ذهب Au^{+3}	+1.5	كادميوم Cd^{+2}	-0.4
بلاتين Pt^{+2}	+1.2	حديد Fe^{+2}	-0.44
زئبق Hg^{+2}	+0.68	كروم Cr^{+3}	-0.74
فضة Ag^{+1}	+0.8	خارصين Zn^{+2}	-0.76
نحاس Cu^{+2}	+0.34	منغنيز Mn^{+2}	-1.1
بزموت Bi^{+3}	+0.221	المنيوم Al^{+3}	-1.66
انتيمون Sb^{+3}	+0.2	مغنيسيوم Mg^{+3}	-2.37
هيدروجين H^{+1}	0	صوديوم Na^{+1}	-2.71
رصاص Pb^{+2}	-0.13	كاليسيوم Ca^{+2}	-2.76
قصدير Sn^{+2}	-0.14	بوتاسيوم K^{+1}	-2.92
نيكل Ni^{+2}	-0.25	ليثيوم Li^{+1}	-3.04
كوبالت Co^{+2}	-0.27		

1- التآكل الالكترولي في المعادن يحصل بصورة مشابهة لتآكل قطب الانود في الخلية الالكتروليتية.

2- عند وجود معدنين مختلفين في الجهد القطبي في وسط رطب (الكترولي في)، والمعدنين متلامسين مع بعضهما، فإن المعدن الواقع الى الاسفل في السلسلة الكهروكيميائية سيسلك سلوك الانود في خلية الكتروليتية ويتآكل.

3- المعدن الاخر لا يتآكل لانه يسلك سلوك الكاثود.

كما في صدأ الصلب المتعرض للاجواء الرطبة كمياه الامطار .



التآكل الالكتروليتي بين طبقة اوكسيد الحديد على سطح الصلب التي تكون يحدث مشبعة بالرطوبة (لان الاوكسيد مسامي ومتشقق)،
ان الحديد سيكون انود واوكسيد الحديد كاثود في خلية الكتروليتية،
وهكذا سيتاين الحديد منحلأ في الالكتروليت حسب المعادلة:



تتحرك الالكترونات الى الكاثود (الأكسيد) ويحصل التفاعل التالي:



وتتفاعل ايونات الحديد المنحلة في الاكتروليت Fe^{+2} مع ايون الهيدروكسيل OH^- كما يلي:



وسرعانما يتأكسد اوكسيد الحديدوز $\text{Fe}(\text{OH})_2$ الى اوكسيد الحديد $\text{Fe}(\text{OH})_3$ الذي يترسب على شكل طبقة بنية، وهذا هو الصدأ.

التآكل الموضعي للسيراميك: وهو تآكل كهروكيميائي بوجود المعادن المختلفة المكونة للمادة السيراميكية مع وجود سائل الكتروليتي وسمي بالموضعي لأنه يحدث عند نقاط متناثرة كما يحدث في الكونكريت.

تردي اللدائن: حيث تتردى خواص بعض اللدائن مع مرور الزمن الى ان تصبح غير صالحة ويحدث لاسباب مختلفة:

- 1- كسر سلاسل اللدائن بالاشعة فوق البنفسجية.
- 2- الذوبان والامتصاص.
- 3- الاشعاع الذري.

بعض طرق الحماية من التآكل

- 1- الطلاء بالاصباغ.
- 2- الطلاء بالمعادن مثل طلاء صفائح وانايب الصلب بالخرصين (الغلونة) وطلاء صفائح الصلب بالقصدير (القصدرة).
- 3- التصفيح (Cladding): حيث يوضع المعدن المراد حمايته بين طبقتين من معدن مقاوم للتآكل وتدرفل الطبقات الثلاثة الى السمك المطلوب، كما في تصفيح معدن الديورالومين بالالمنيوم النقي.
- 4- اختيار معادن مقاومة للتآكل مثل الصلب المقاوم للصدأ.
- 5- بناء طبقة من الاوكسيد الواقى من التآكل على سطح بعض المعادن مثل تسخين الصلب الى درجة حرارة بحدود 200م – 300م لبناء طبقة من الاوكسيد مائلة للزرقة تعطي بعض الحماية من التآكل.
- 6- الطلاء بالمواد اللامعدنية مثل، الفسفنة والكرمنة.
- 7- الحماية الكاثودية.

جامعة الفرات الاوسط التقنية
المعهد التقني / كربلاء - قسم التقنيات الميكانيكية

المرحلة: الثانية
المادة: المعادن



الاسبوع الثلاثون

تدوير المعادن

د. رؤى محمد منير

:: تدوير مخلفات المعادن

تتمثل هذه العملية أساساً في الألمنيوم والصلب؛ حيث يمكن إعادة صهرها في مسابك الحديد ومسابك الألمنيوم، ويعتبر الصلب من المخلفات التي يمكن تدويرها بنسبة 100%، ولعدد لا نهائي من المرات تحتاج عملية تدوير الصلب لطاقة أقل من الطاقة اللازمة لاستخراجه من السبائك، أما تكاليف تدوير الألمنيوم فإنها تمثل 20% فقط من تكاليف تصنيعه، وتحتاج عملية تدوير الألمنيوم إلى 5% فقط من الطاقة والانبعاثات التي تنتج من تكوين البايوكسائيت، ونفس الحديد الألمنيوم يمكن إعادة تصنيعه بدون أن يفقد خصائصه، وهذه العملية هي من أفضل الأمور التي يمكن عملها لمساعد في الحفاظ على البيئة.



إعادة تصنيع علب الألمنيوم تتم في 6 أسابيع، ويمكن صنع منتجات جاهزة في خلال تلك الفترة فقط، كما أن ورق الألمنيوم المستخدم يمكن إعادة تصنيعه مع جميع منتجات الألمنيوم لتكوين إطارات النوافذ وبعض قطع غيار السيارات والتي تكون أخف وزناً وأكثر حفاظاً على الوقود. في عالمنا المعاصر، بدأ الاهتمام أخيراً بإعادة تصنيع النفايات أو تدويرها، ويرى دعاة حماية البيئة أن ذلك يعد إحدى الوسائل المهمة للمحافظة على البيئة، والحد من استنزاف الثروات والموارد الطبيعية فيها بسرعة.

ويطرح العالم حالياً في مقابل القمامة ومراكز دفن النفايات ما يقرب من ثلثي كميات الألمنيوم المصنعة عالمياً، وثلاثة أرباع ما تنتجه مصانع الحديد والصلب ومصانع الورق.



RECYCLE BIN

20%

BATTERIES

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur scelerisque leo libero, quis aliquam nunc porta at. Duis dictum molestie nish vitae porta.

40%

METAL

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur scelerisque leo libero, quis aliquam nunc porta at.

70%

PAPER

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur scelerisque leo libero, quis aliquam nunc porta at.

60%

GLASS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur scelerisque leo libero, quis aliquam nunc porta at.

90%

ORGANIC

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur scelerisque leo libero, quis aliquam nunc porta at.

80%

PLASTIC

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur scelerisque leo libero, quis aliquam nunc porta at.



توفر صناعة إعادة تدوير المعادن:
40% من متطلبات العالم من النحاس
33% من الألومنيوم ،
35% رصاص و
30% زنك

بلغ إجمالي إنتاج الصلب في عام
1.6 2014 مليار طن ، تم تصنيع أكثر
من 600 مليون طن منها من الخردة
المعدنية

الهيكل الهرمي المقلوب لقطاع استعادة المعادن وإعادة التدوير



يتم توفير الخردة الحديدية وغير الحديدية للعملاء في جميع أنحاء العالم



بواسطة السفن



بواسطة القطارات



بواسطة الشاحنات



جمع يدوي



بواسطة السيارات الحمل

ما هي المعادن التي يمكن إعادة تدويرها؟

النوعان الرئيسيان من المعادن هما الحديد (يحتويان على كميات ملحوظة من الحديد) وغير الحديدية ، وكلاهما يمكن إعادة تدويره. وعادة ما يعاد تدوير المعادن الحديدية والصلب والحديد ؛ في الواقع ، في SL Recycling نتعامل مع 25 ألف طن من المعادن الحديدية كل عام! تشمل المعادن غير الحديدية الألمنيوم والنحاس والتيتانيوم والنحاس وغيرها.

تأتي المعادن المعاد تدويرها من مجموعة متنوعة من المصادر مثل المركبات المنتهية الصلاحية ونفايات الهدم والمحولات الحفازة والمزيد. في محطة نقل النفايات الخاصة بنا ، نقبل الخردة المعدنية من مجموعة من العملاء من الشركات المحلية الصغيرة إلى الشركات الوطنية.

كيف يتم إعادة تدوير المعادن؟

عملية إعادة تدوير المعادن بسيطة نسبيًا ، وتسهلها شركات مثل SL Recycling ، التي تساعد في التجميع والفرز والنقل.

يتم قلب النفايات المعدنية إما في مركز إعادة التدوير أو يتم جمعها من العملاء وإحضارها إلى محطة نقل النفايات لفرزها وفصلها عن النفايات الأخرى. من أجل فصل أنواع المعادن المختلفة ، يتم استخدام طرق وآلات مختلفة ، على سبيل المثال المغناطيس يجذب المعادن الحديدية بسبب الخصائص المغناطيسية.

بمجرد فصل المعدن ، يتم نقله إلى مركز إعادة تدوير متخصص حيث تتم معالجته. يتم تصنيع النفايات المعدنية إلى مادة معدنية جديدة ، غالبًا من خلال صهرها.

مزايا إعادة تدوير المعادن

كما ذكرنا سابقًا ، من المهم أكثر من أي وقت مضى إعادة تدوير النفايات حيثما أمكن ذلك. بصرف النظر عن الفوائد العامة لإعادة التدوير ، مثل تقليل مدافن النفايات ، هناك مزايا خاصة بالمعادن.

1. تحويل النفايات من المكب

لا يتحلل المعدن حيويًا بسرعة ، هذا إذا حدث ذلك على الإطلاق ، لذلك من المهم التأكد من أن المعدن لا ينتهي به المطاف في مكب النفايات. قدرة المكب محدودة ويتم تشجيعها على عدم النمو حيث أن كمية النفايات يمكن أن يكون لها آثار مدمرة على كل من البيئة المحيطة وانبعاثات الدفينة.

في SL Recycling نقدر النفايات ونهدف إلى تحويل أكبر قدر ممكن من النفايات من مكب النفايات. حيثما أمكننا ، نقوم بإعادة تدوير جميع النفايات للمساعدة في تقليل مكبات النفايات وتحسين بيئتنا.

2. تقليل استخدام الطاقة

يستخدم إنشاء المواد المعدنية البكر طاقة أكثر بكثير من استخدام المعادن المعاد تدويرها. من تعدين الخام ومعالجته إلى تشكيل ومعالجة المعدن للاستخدام ، يجب استخدام الكثير من الطاقة باهظة الثمن والمضرة بالبيئة.

تعتبر عملية إعادة استخدام النفايات المعدنية أكثر كفاءة في التخلص من النفايات ؛ على سبيل المثال ، يتطلب الألومنيوم المُعاد تدويره طاقة أقل بنسبة 95%! النحاس هو معدن نفايات آخر موفر للطاقة ، حيث يتطلب النحاس المُعاد تدويره طاقة أقل بنسبة 90%.

3. حماية الموارد الطبيعية

يتطلب المعدن البكر استخراج خام طبيعي ومعالجته ، باستخدام موارد طبيعية محدودة. ومع ذلك ، عند استخدام المعادن المعاد تدويرها ، لا يلزم تعدين أي مواد إضافية ، مما يساعد على الحفاظ على الموارد الطبيعية.

التعدين هو عملية تخريبية للموارد الطبيعية والبيئات المحلية والحياة البرية. كما أنه مكلف وينعكس في ارتفاع أسعار المستهلك للمعادن البكر. من خلال زيادة إعادة تدوير المعادن وتقليل تعدين الخامات ، تستفيد البيئة والمستهلكون واحتياطات الخام بشكل كبير.

4. اقتصاد المنفعة

المال ليس كل شيء ، لكن صناعة إعادة التدوير تفيد الاقتصاد بشكل كبير من خلال خلق فرص العمل والاستثمار المحلي. حيث قد يؤدي التخلص من المعدن في مكب النفايات إلى قيام موظف واحد بقيادة شاحنة ، فإن عملية إعادة التدوير تتطلب العديد من الموظفين للقيام بخطوات حيوية.

بينما تفيد البيئة ، فإن إعادة التدوير تفيد الاقتصاد أيضًا. تعد SL Recycling شاهداً على النمو ، حيث تستثمر الملايين في المواقع والموظفين الجدد ، مما يساعد على وضع جنوب ويلز على خريطة إعادة التدوير.

5. إعادة التدوير اللانهائي

يعد المعدن مادة رائعة لإعادة التدوير لأنه يمكن إعادة تدويرها بشكل عام مرارًا وتكرارًا. قد تتحلل بعض المعادن ، مثل الألومنيوم ، مع كل دورة إعادة تدوير مما ينتج عنه مادة ذات جودة متفاوتة ، ولكن بالنسبة للجزء الأكبر ، يمكن إعادة تدوير المعدن بكمية غير محدودة. وهذا يضمن تحويل المعدن من مكب النفايات إلى أجل غير مسمى.

خطوات التدوير :

1. الجمع

هذه هي الخطوة الأولى والأكثر أهمية في إعادة تدوير المعادن. إنها ببساطة تتضمن جمع كل المواد المصنوعة من المعادن. يجب تنظيم هذه العملية بحيث تكون هناك حاويات مصممة خصيصًا لتجميع المعادن. قام بعض الأشخاص ورجال الأعمال بإنشاء ساحات للخردة حيث يتم تشجيع الأشخاص على جمع معادن مختلفة ، ونقلها إلى هناك ودفع مقابل ما قاموا بجمعه. تختلف تكلفة المعادن المختلفة في الساحات.

2. الفرز

بمجرد جمع المعادن ، فإن الخطوة المهمة التالية هي فرز المعادن. يتضمن ذلك فصل ما يمكن إعادة تدويره عن ما هو غير قابل لإعادة التدوير. من الضروري الإشارة إلى أن جودة المعادن المعاد تدويرها مهمة جدًا. لا يمكن إنشاء منتج أو عنصر معاد تدويره عالي الجودة إلا إذا كانت المواد الأصلية المستخدمة في عملية إعادة التدوير ذات نوعية جيدة. لذلك ، فإن هذا يستدعي إجراء فحص صارم للجودة أثناء عملية الفرز. القاعدة العامة هي أن المنتج يجب أن يكون معدنًا بنسبة 50 بالمائة على الأقل. حتى لو كان هذا المعدن محاطًا بمواد أخرى مثل البلاستيك ، فإنه يستحق إعادة التدوير إذا كان مصنوعًا في الغالب من المعدن.

قد يكون لديك منتجات تحتوي على كمية صغيرة فقط من المعدن ، ولكن من السهل إزالتها وفصل المعدن. على سبيل المثال ، الموثق البلاستيكي ثلاثي الحلقات ليس معدنًا مقطوعًا ، ولكن يمكن إزالة الحلقات المعدنية واستخدامها بسهولة.

3. المعالجة

بعد الفرز ، فإن الخطوة التالية هي ضغط المعدن أو عصره. يتم عصر جميع المواد المعاد تدويرها وسحقها باستخدام الآلات بحيث لا تشغل مساحة كبيرة في أحزمة النقل.

4. التقطيع

بعد تكسير المعدن وتكسيهه ، تبدأ عملية التقطيع. يتم تقسيم المعادن إلى قطع صغيرة أو صفائح للسماح بمزيد من المعالجة. القطع الصغيرة لها نسبة سطح كبيرة إلى الحجم يمكن صهرها باستخدام طاقة أقل مقارنةً عندما تكون في قطع معدنية كبيرة. عادة ، يتم تغيير الفولاذ إلى كتل فولاذية بينما ، من ناحية أخرى ، يتم تحويل الألومنيوم إلى صفائح.

5. الذوبان والتنقية

يحدث صهر الخردة المعدنية في فرن كبير. يتم نقل كل معدن إلى فرن مصمم خصيصًا لصهر هذا المعدن المعين بناءً على خصائصه المحددة. تستخدم عملية الذوبان كمية كبيرة من الطاقة. ومع ذلك ، فإن الطاقة اللازمة لصهر المعدن المعاد تدويره أقل مقارنة بالطاقة اللازمة لصنع المعدن من مادته الخام. يتم تسخين الفرن إلى درجات مناسبة قادرة على صهر المعدن المعين. يمكن أن يستغرق الصهر دقائق أو ساعات حسب حجم الفرن وحجم المعدن الموضوع في الفرن ودرجة حرارة الفرن.