المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

المعادن (Metallurgy)

المحاضرة الاولى

المحتويات

- تعريف علم المعادن
- التبلور (تكوين الحبيبات في المعادن)
- التبلور الشجيري والنمو الشجيري
- تاثير معدل التبريد على بنية المعادن (تكوين الحبيبات)

علم المعادن

تعريف علم المعادن :هو العلم الذي يختص بدراسة المعادن من ناحية (انواعها و خواصها الكيميائية و الفيزيائية والميكانيكية وتركيبها البلوري ومعاملاتها الحرارية .....الخ.

التبلور (Crystallization)

تبلور المعادن :تبدأ عملية التبلور بتكوين نويات ويطلق على عملية تكوين مراكز التبلور بعملية (التخليق)وتتكون النويات بأحدى الطريقتين التاليتين :

أ- التخليق المتجانس :في هذه الطريقة تنفصل النويات من السائل المبرد أي تتكون بصورة طبيعية.

ب- التخليق الغير متجانس :في هذه الطريقة تتكون النواة باضافة شوائب خارجية مثل ذرات الرمل أو أي ذرات اخرى أي أن النواة تتكون بصورة صناعية.

والنواة المتكونة باي من الطريقتين أعلاه تحتوي على عدد قليل من الذرات تترتب بصورة منتظمة وتاخذ احد الاشكال الهندسية مثل وحدة المكعب BCC، FCC ثم تنمو في الاتجاهات الثلاثة مكونة ما يسمى بالمحاور الاساسية بعد ذلك تتكون المحاور الثانوية ثم الثلاثية .....الخ . الى ان ينتهي التجمد .يبدو الشكل الناتج يشبه الشجرة ويطلق عليه أسم الشكل الشجيري والرسم التالي يوضح الشكل الشجيري.

الشكل الشجيري

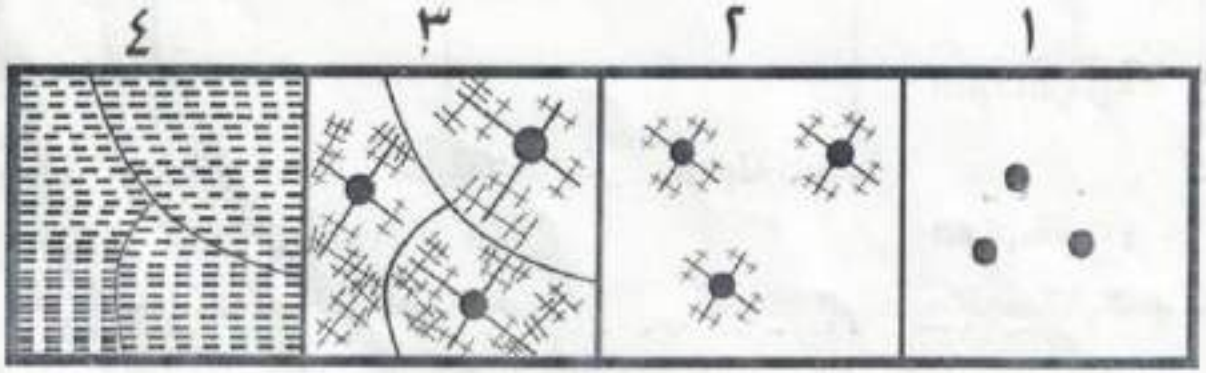
مراحل التبلور والنمو الشجيري

١- تتكون النواة من السائل المبرد .

٢- انطلاق الشجيرات من النواة

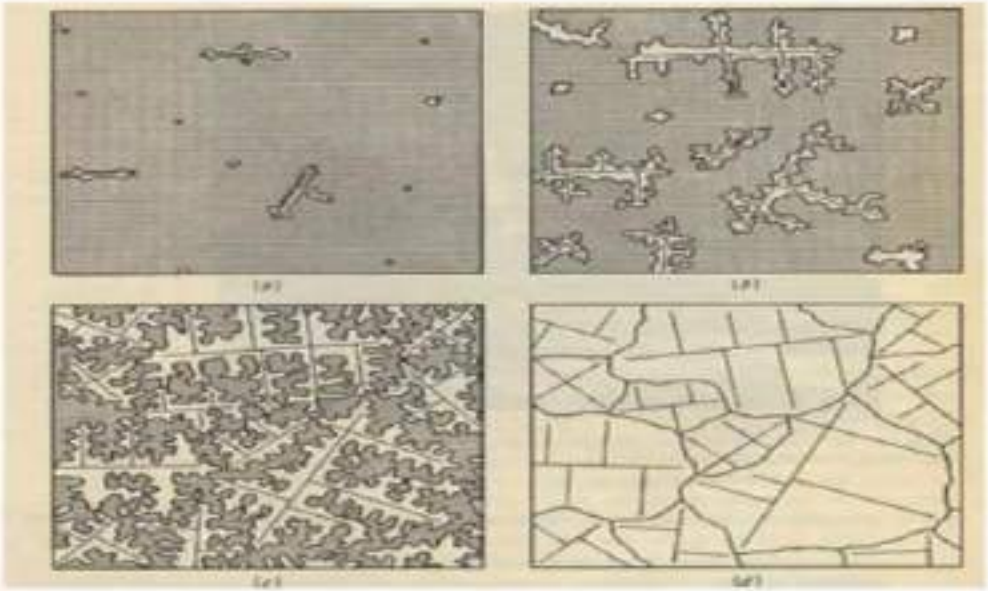
٣- تلاقي أذرع الشجيرات وتوقف النمو نحو الخارج .

٤- تجمد السائل المتبقي بين اذرع الشجيرات واختفاء الشكل الشجيري والشكل التالي يوضح مراحل التبلور الشجيري.

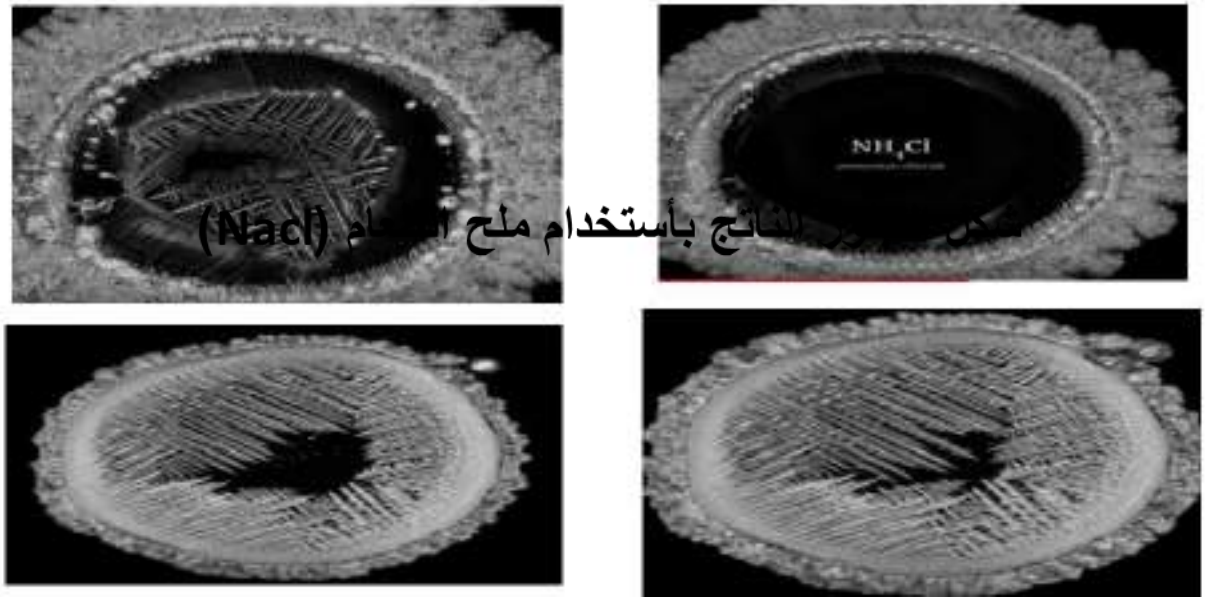


مراحل التبلور الشجيري

مراحل التبلور الشجيري



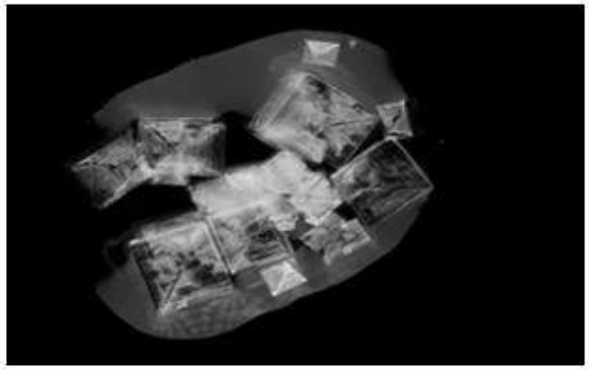
ملح كلوريد الامونيوم

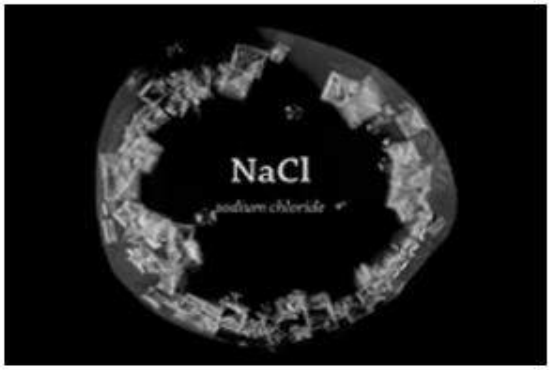


شكل التبلور الناتج بأستخدام ملح الطعام (Nacl)

شكل التبلور الناتج بأستخدام ملح كلوريد الامونيوم
(NH4CL)

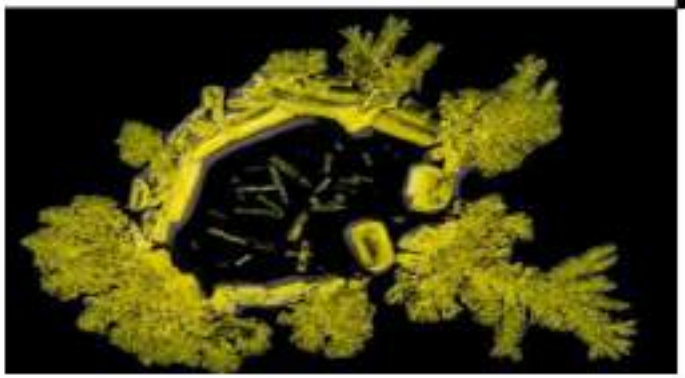
امثلة على بعض اشكال التبلور





شكل التبلور الناتج بأستخدام ملح الطعام (Nacl)

كرومات البوتاسيوم (K2Cro4)



شكل التبلور الناتج بأستخدام كرومات البوتاسيوم (K2Cro4)

التبلور (Crystallization)

هو عملية نمو البلورة خلال تحول المعدن من الحالة السائلة الى الحالة المتجمدة (الصلبة).
يحدث التبلور بمرحلتين هما:-

1. **تخليق البلورة**
2. **نمو البلورة**

- الذرات تكون نشطة جدا في الحالة السائلة ثم تفقد سرعتها عندما يبرد السائل
- عندما تبدأ عملية التجمد تبدأ عدة مراكز للتبلور وهذه المراكز تؤدي الى تكوين بلورات عديدة.
- النمو البلوري يحدث بشكل شجيري
- الشكل الناتج يسمى الشكل الشجيري
- تنمو البلورات الى ان تلتقي مع بعضها وتتشكل الحدود البلورية
- التبريد البطئ يودي الى نمو شجيري اطول والعكس عند التبريد السريع

حجم الحبيبات المتكونة

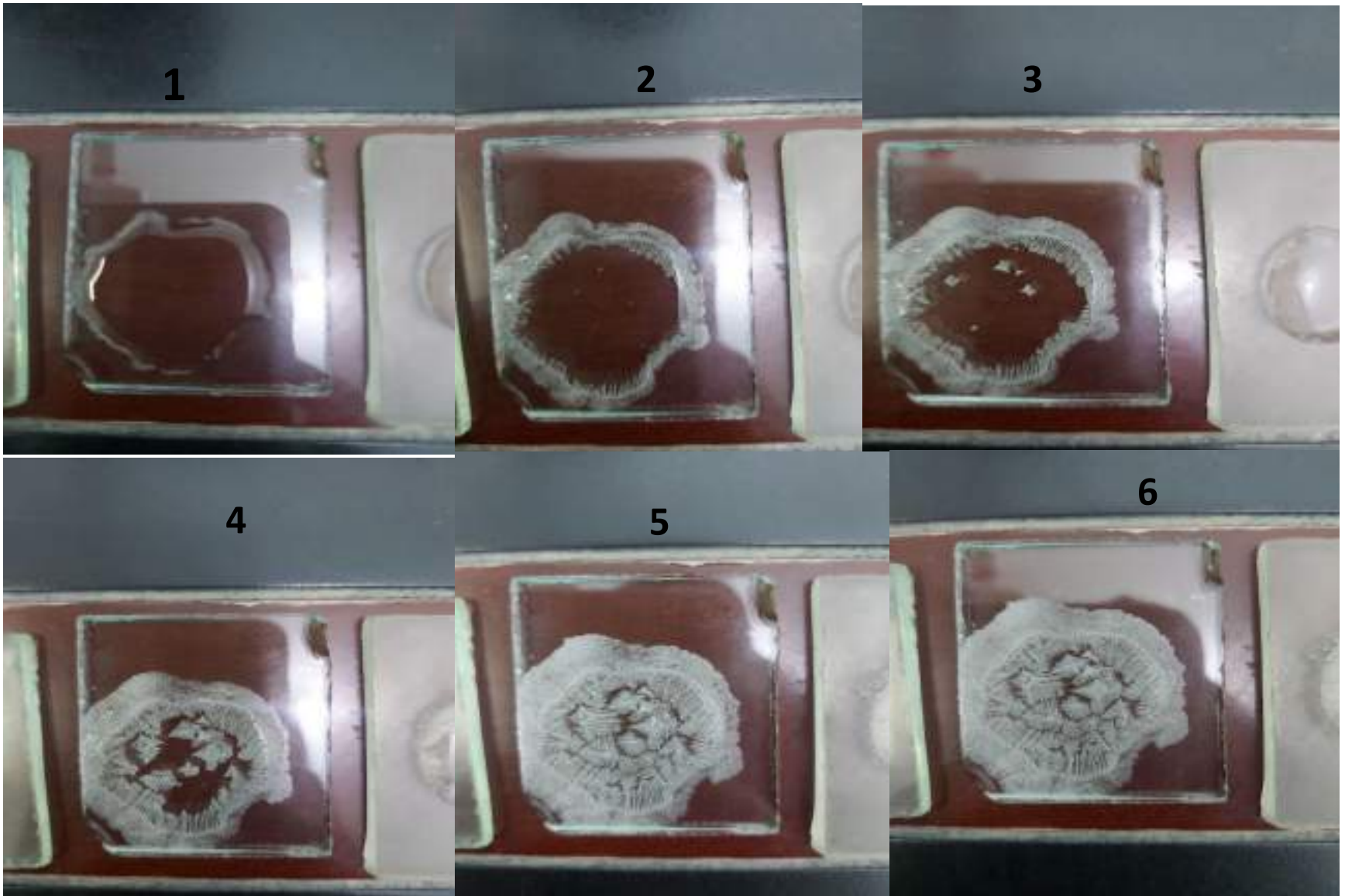
يعتمد على معدل التخليق ومعدل النمو **ويتأثر بالعوامل التالية:**

1. **معدل التبريد**
2. **درجة المعدن السائل**
3. **التركيب الكيميائي**
4. **الشوائب الموجودة في المعدن**

حجم الحبيبات المتكونة

- 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

التبلور الشجيري في ملح كلوريد الامونيوم (NH4CL)
امثلة من تجارب مختبرية



شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

معادن نظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- تعريف علم المعادن
- التبلور
- التبلور الشجيري
- تاثير معدل التبريد على بنية المعادن

المحتويات

- تركيب الكتل المعدنية (تجمد الصبات)
- العيوب الشائعة في المصبوبات

تركيب الكتل المعدنية-الطبقات المتجمدة

تركيب الكتل المعدنية (تجمد المصبوبات) :-

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 فاذا كان السائل معدناً نقياً تتكون طبقتان أما اذا كان السائل سبيكة فان عدد الطبقات المتجمدة ثلاث طبقات ،وبصورة عامة لا يمكن الحصول على معدن تجاري نقي ١٠٠٪ فان عدد الطبقات المتجمدة ثلاث طبقات وهي كما يلي :-

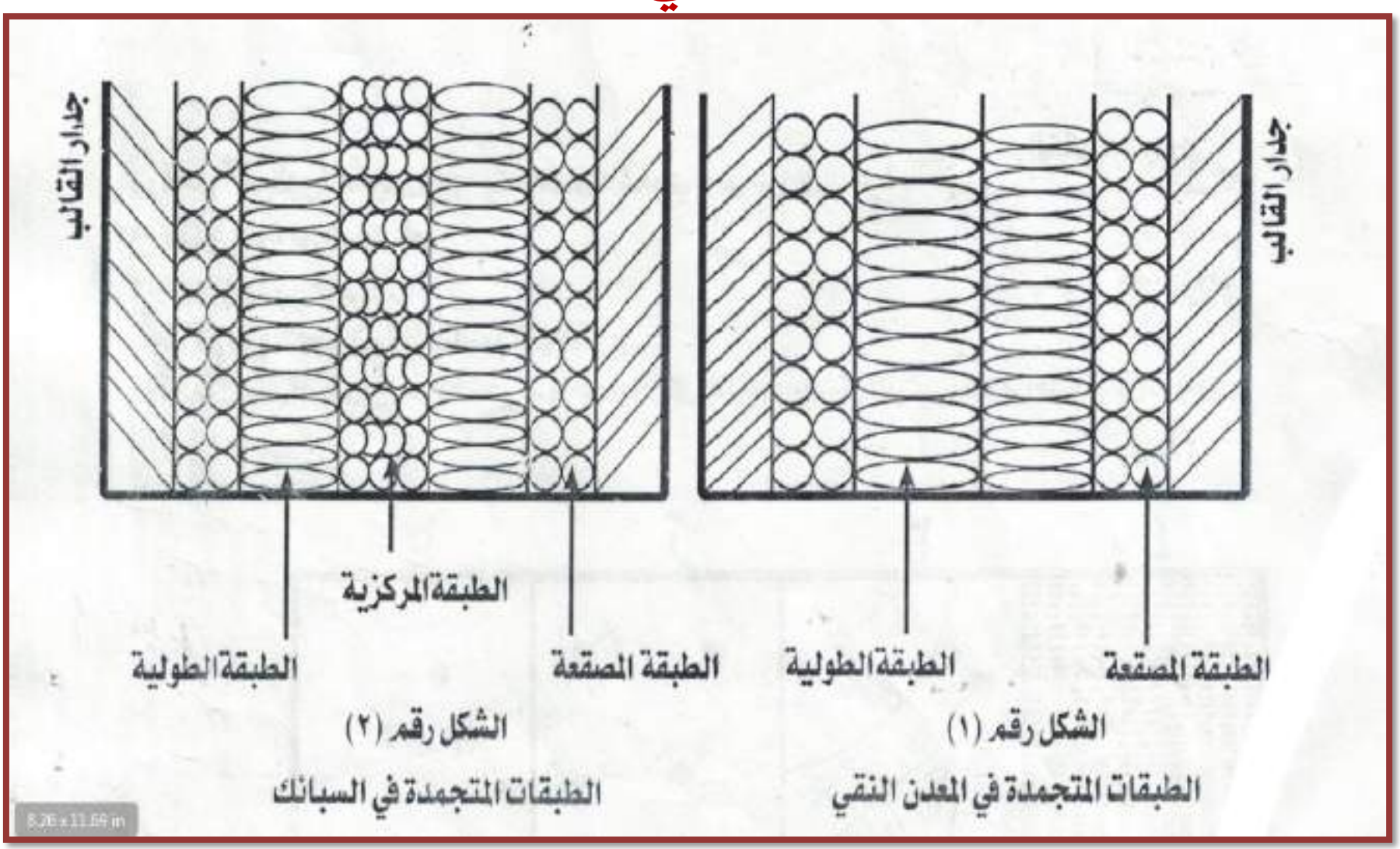
١. **الطبقة المصقعة** (chill- zone) تتكون هذه الطبقة عند ملامسة السائل المصبوب لجدران القالب الباردة حيث تتكون نويات بطريقتين (التخليق المتجانس والغير متجانس)ويكون عدد النويات كبير أما حجومها وحجوم البلورات الناتجة صغيرة وتنمو هذه البلورات قريبة من بعضها البعض لذلك تكون عشوائية الترتيب وحجومها متساوية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

الطبقات المتجمدة

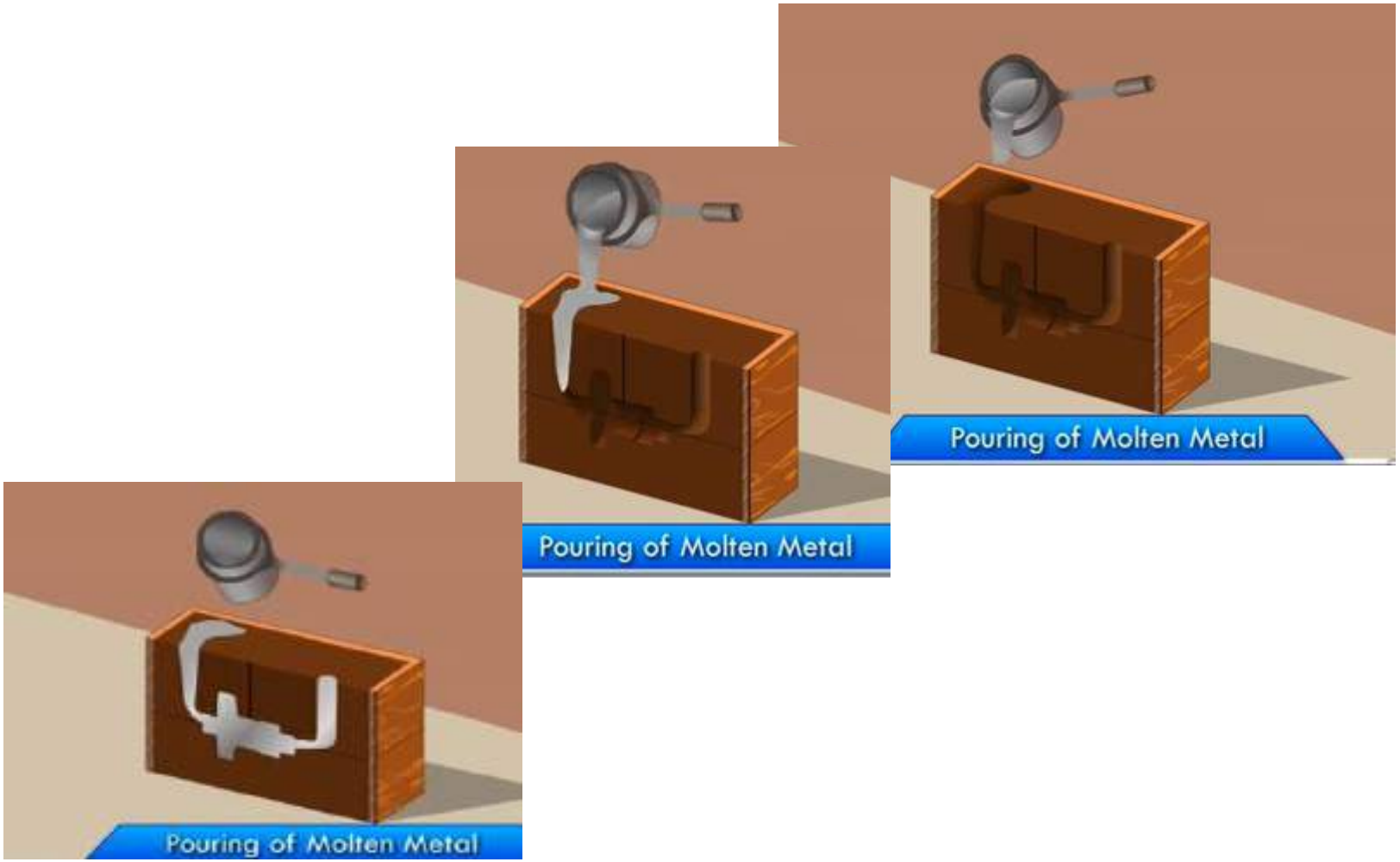
٢. **الطبقة الطولية (العمودية)**: (columnar-zone) هذه الطبقة تلي الطبقة المصقعة وفيها يكون معدل التخليق صغيراً جداً بينما معدل النمو عالي جداً حيث يحصل نقصان بدرجة حرارة السائل كلما أبتعدنا عن الطبقة المصقعة مما يشجع بعض بلورات الطبقة المصقعة بان تقذف أذرع نحو الداخل وتنمو على شكل شجيرات مكونة الطبقة 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 الشجيري وبتكوين الطبقة المركزية ، تكتمل عملية التجمد. والشكلين التاليين يوضحان عدد الطبقات المتجمدة في المعادن النقية والسبائك .

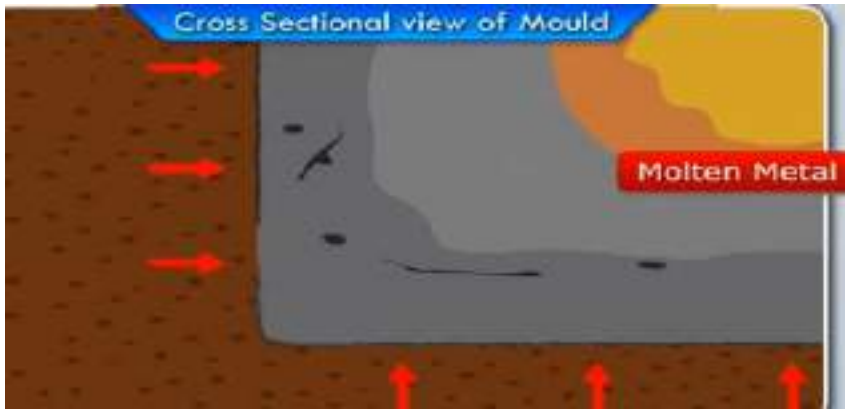
الطبقات المتجمدة في المعادن والسبائك

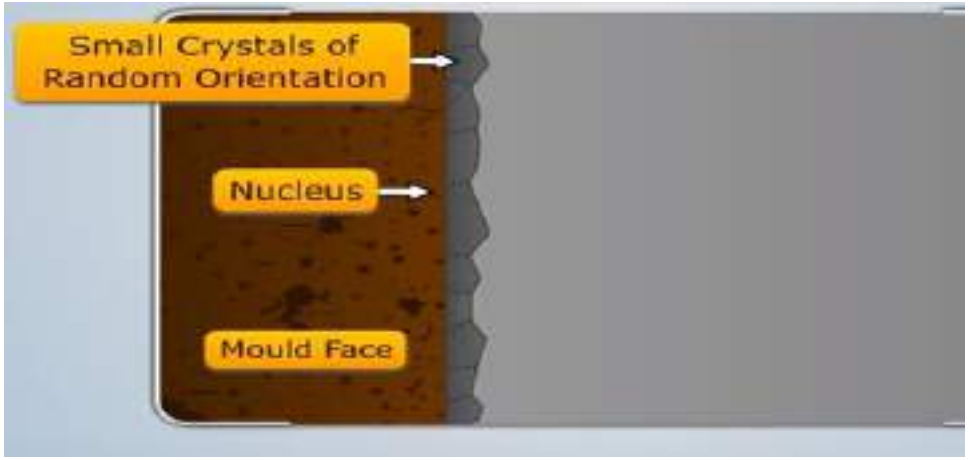


الطبقات المتجمدة في عملية السباكة للمعادن النقية اثناء صب المعدن المنصهر

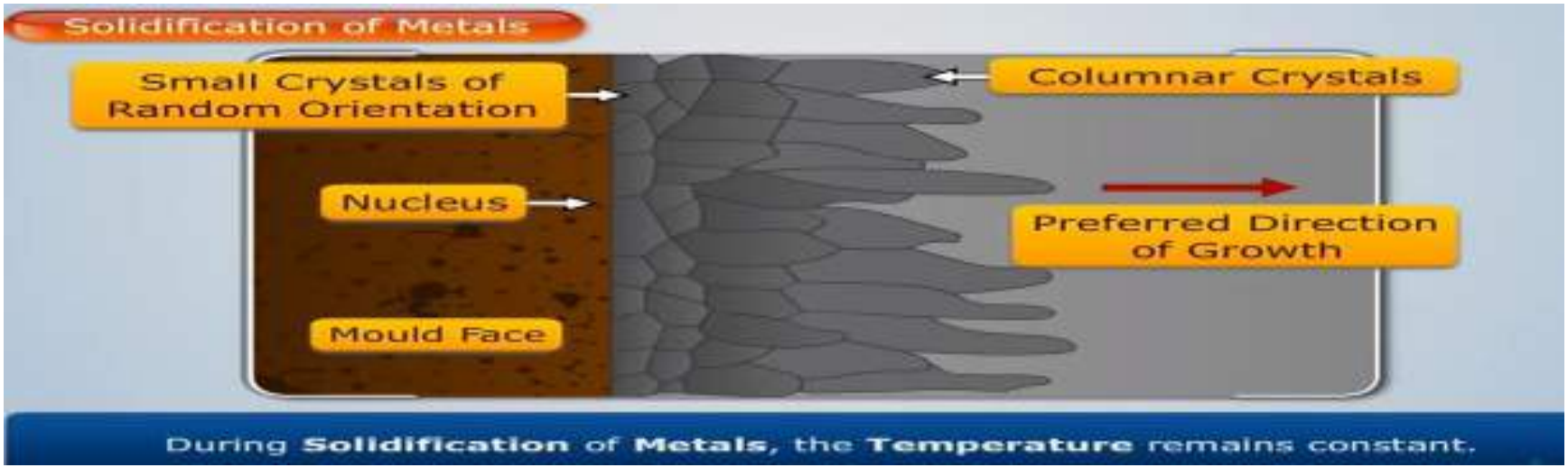


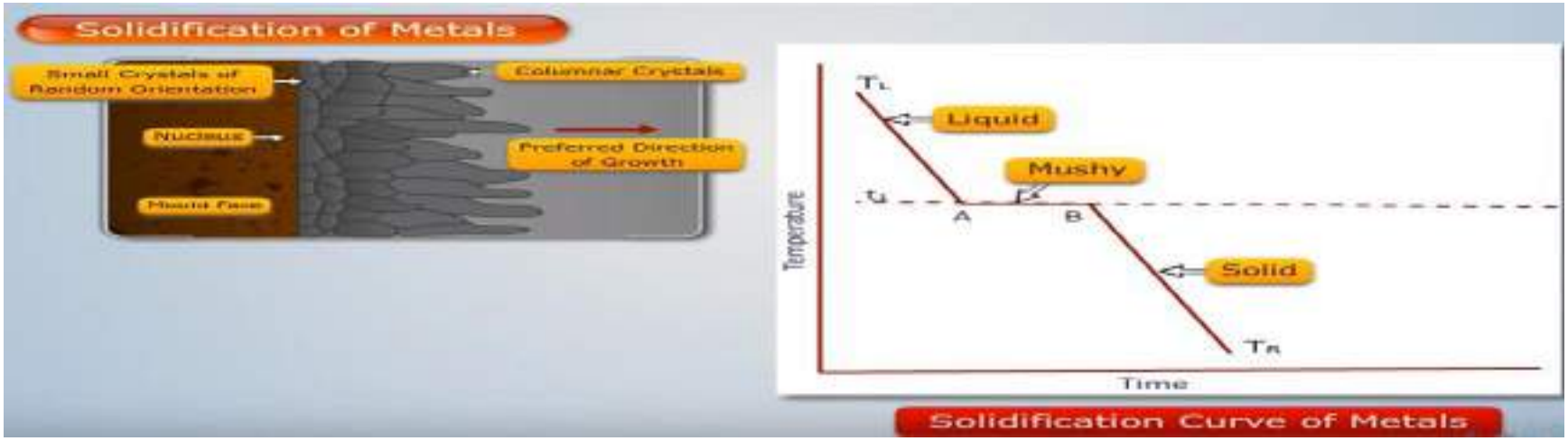
قالب الصب يوضح ظهور الطبقة المصقعة



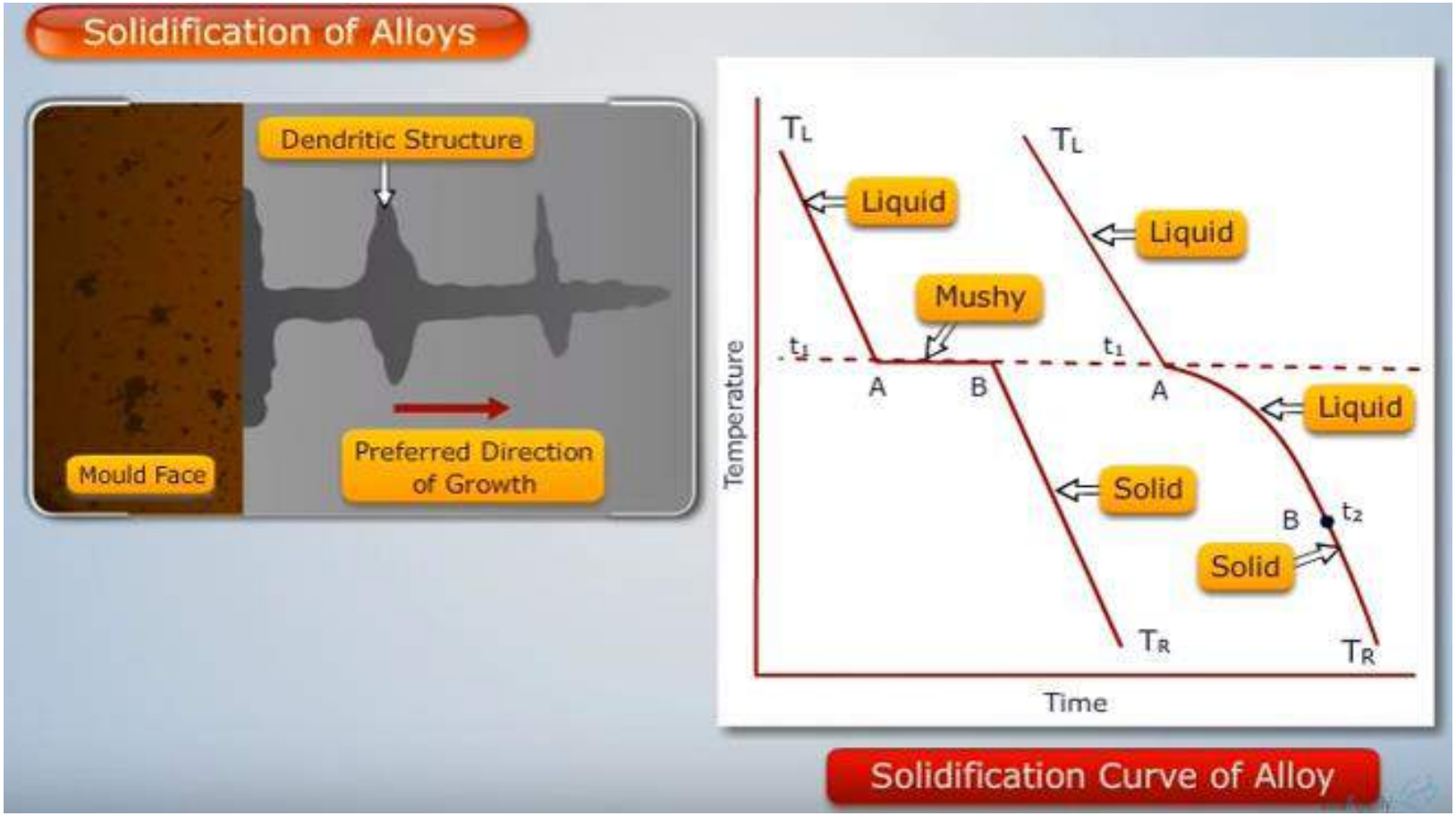


الطبقات المتجمدة في المعادن مع منحني التبريد





الطبقات المتجمدة في السبائك مع منحني التبريد



الفحوصات الاتلافية واللااتلافية

الفحوصات الاتلافية (التدميرية):

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

الفحوصات اللااتلافية (اللاتدميرية):

هي الفحوصات التي لاتؤدي 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 الذبذبات فوق الصوتية الترددية (Ultra Sonic)

العيوب الشائعة في المصبوبات

1. فجوة التقلص (الفجوة المخروطية)
2. المسامات الغازية
3. المسامات الاعتيادية
4. المسامات المركزية
5. المتضمنات الغير معدنية

العيوب الشائعة في المصبوبات-واجب

ت	اسم العيب	موقعه	سبب ظهوره	طريقة الكشف عنه

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

معادن نظري- ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة – الاسبوع الثاني

١. تركيب الكتل المعدنية (تجمد الصبات)
٢. العيوب الشائعة في المصبوبات

معادن نظري - الاسبوع الثالث

المحتويات:

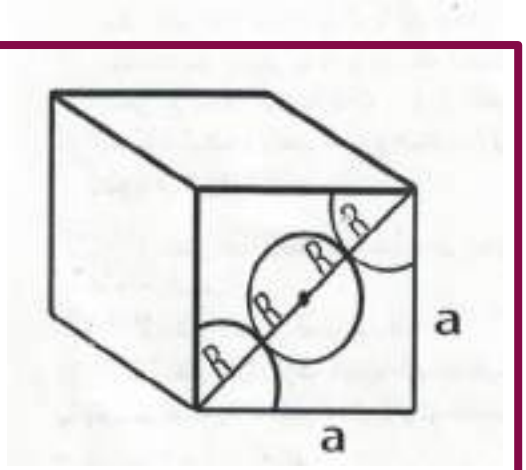
١. معامل الاكتظاظ الذري
٢. الترقيم البلوري للمستويات الذرية
٣. ظاهرة التاصل

معامل الاكتظاظ الذري

$$\text{معامل الاكتضاض الذري} = \frac{\text{(حجوم الذرات الاساسية)}}{\text{(حجم الوحدة البلورية)}}$$

ولاشتقاق معامل الاكتضاض الذري يجب تحديد عدد الذرات الاساسية ونوع الوحدة البلورية .

اشتقاق معامل الاكتظاظ الذري في (F.C.C)



أشتقاق معامل الاكتضاض الذري في (F. C. C) :-

نفرض ان نصف قطر الذرة = R

وان طول ضلع الخلية = a

ولأيجاد العلاقة بين (R و a)نتبع مايلي :-

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

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

$$4R=\sqrt{2a^2}$$

$$R=\frac{a\sqrt{2}}{4}$$

تكملة اشتقاق معامل الاكتظاظ الذري في (F.C.C)

بما ان الذرة عبارة عن كرة .

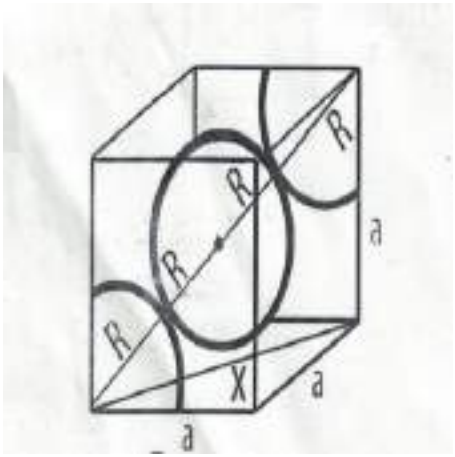
اذاً حجم الكرة $= \frac{4}{3}\pi R^3$

عددالذرات الاساسية في (F .C. C) هو (4) فأن :-

معامل الاكتضاض الذري $= \frac{\text{(حجوم الذرات الاساسية)}}{\text{(حجم الوحدة البلورية)}}$

$$= 4 \times \frac{4}{3}\pi \times \frac{\frac{a^3 \times 2\sqrt{2}}{64}}{a^3} \qquad = \frac{\pi\sqrt{2}}{6} = 0.74$$

اشتقاق معامل الاكتظاظ الذري في (B.C.C)



$$X^2 = a^2 + a^2$$

$$X^2 = 2a^2$$

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

$$(4R)^2 = 3a^2$$

$$4R = \sqrt{3a^2}$$

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

$$\text{م.ك.ذ} = \frac{\text{(حجوم الذرات الاساسية)}}{\text{(حجم الوحدة البلورية)}}$$

عدد الذرات الاساسية في (B.C.C) هي (2)،

تكملة اشتقاق معامل الاكتظاظ الذري في (B.C.C)

$$= 2 \times \frac{4}{3} \pi \times \frac{\frac{a^3 \times 3\sqrt{3}}{64}}{a^3}$$

$$= \frac{\pi\sqrt{3}}{8} = 0.68$$

الترقيم البلوري للمستويات الذرية

يمكن التمييز بين المستويات الذرية المختلفة في الشبكة البلورية بمجموعة من المعاملات تعرف **بمعاملات ميلر** ويرمز لها (h k l)

معاملات ميلر:-

هي قيم مقلوبات نقط تلاقي المستوى الذري المعين مع المحاور الرئيسية الثلاثة (x y z).

ويتم تعيين نقاط التلاقي هذه كما يلي:

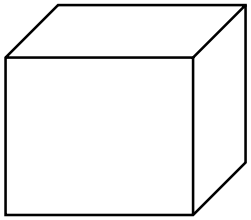
١. **تحديد نقطة الاصل بالنسبة للاحداثيات**
٢. **تحديد المستوى المطلوب ترقيمه**

وفيما يلي الخطوات المتبعة لترقيم المستويات الذرية في **بلورة مكعبة:-**

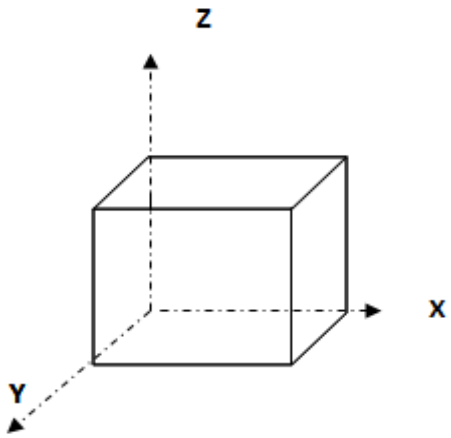
الترقيم البلوري للمستويات الذرية

١. نختار بلورة مكعبة
٢. نحدد الاحداثيات الثلاثة بحيث تنطبق على حواف المكعب
٣. نختار نقطة الاصل بحيث تنطبق على احدى زوايا المكعب
٤. **نختار المستوى المطلوب ترقيمه (بحيث لايمر بنقطة الاصل)**
٥. يجب ان تكون معاملات ميلر اعداد صحيحة ولاتكتب على شكل كسور
٦. يمكن ان تحمل معاملات ميلر ارقام سالبة
٧. تعتبر اطوال الوحدة البلورية كوحدات للقياس
٨. نستنتج نقاط تقاطع المستوي مع الاحداثيات وكما يأتي:-

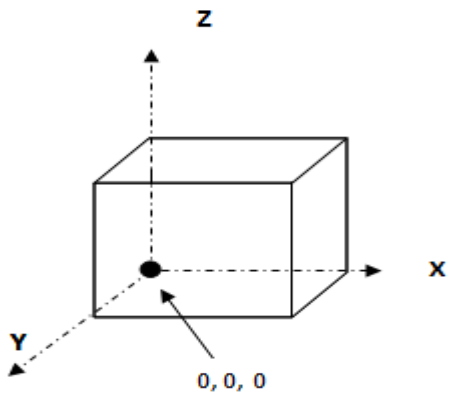
(١)



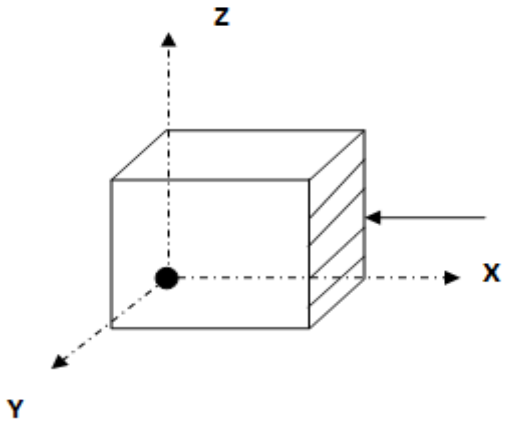
(٢)



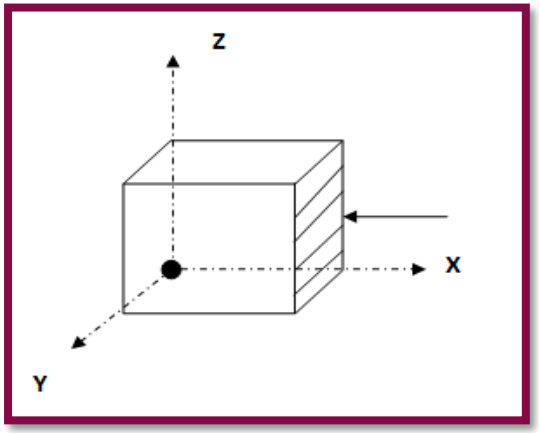
(٣)



(٤)



الترقيم البلوري للمستويات الذرية



١. يلاقي هذا المستوي محور (x) على بعد مقداره (a) من نقطة الاصل (اي على بعد وحدة واحدة من نقطة الاصل) لذلك يوضع تحت (x) رقم ١

٢. هذا المستوي يوازي كل من محوري (y, z) اي يلاقي كلا منهما على بعد مالانهاية لذلك يوضع تحت (y, z) (∞)

٣. تحدد مقلوبات نقاط التلاقي الثلاثة وبذلك تكون القيم النهائية لنقاط التلاقي الثلاثة كما يلي:

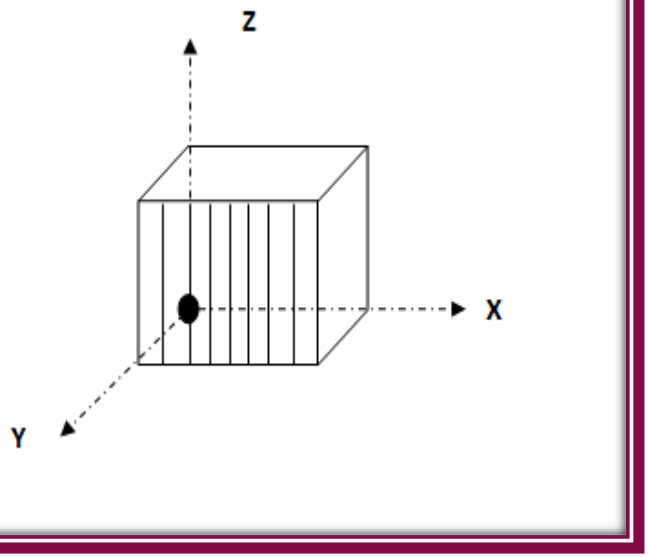
x	y	z
1	∞	∞
1/1	1/∞	1/∞
(1	0	0)

الترقيم البلوري للمستويات الذرية

١. يلاقي هذا المستوي محور (y) على بعد مقداره (a) من نقطة الاصل (اي على بعد وحدة واحدة من نقطة الاصل) لذلك يوضع تحت (y) رقم ١

٢. هذا المستوي يوازي كل من محوري (x, z) اي يلاقي كلا منهما على بعد مالانهاية لذلك يوضع تحت (x, z) (∞)

٣. تحدد مقلوبات نقاط التلاقي الثلاثة وبذلك تكون القيم النهائية لنقاط التلاقي الثلاثة كما يلي:



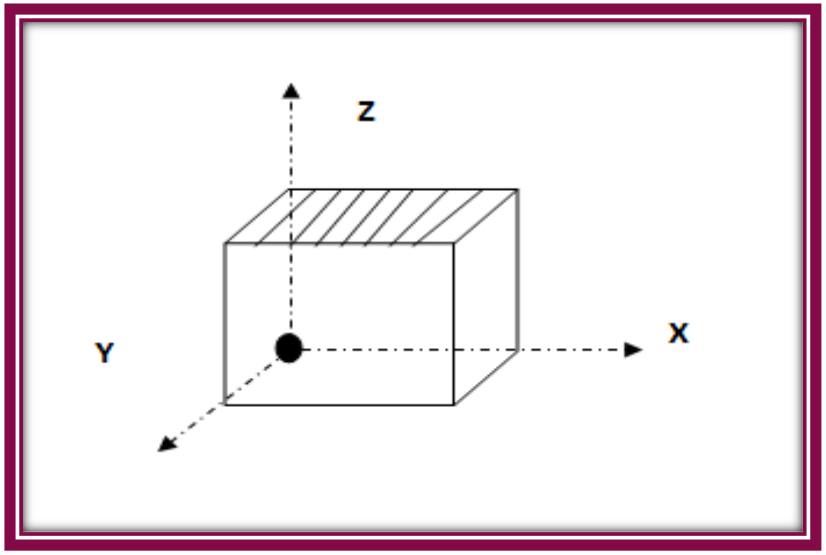
x	y	z
∞	1	∞
1/∞	1/1	1/∞
(0	1	0)

الترقيم البلوري للمستويات الذرية

١. يلاقي هذا المستوي محور (z) على بعد مقداره (a) من نقطة الاصل (اي على بعد وحدة واحدة من نقطة الاصل) لذلك يوضع تحت (y) رقم ١

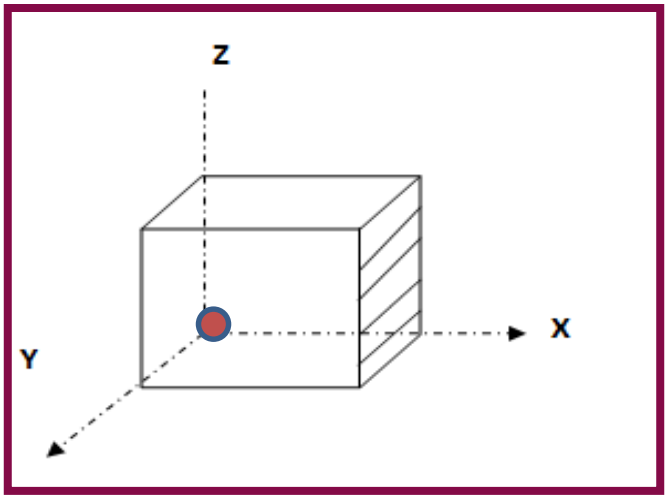
٢. هذا المستوي يوازي كل من محوري (x, y) اي يلاقي كلا منهما على بعد مالانهاية لذلك يوضع تحت (x, y) (∞)

٣. تحدد مقلوبات نقاط التلاقي الثلاثة وبذلك تكون القيم النهائية لنقاط التلاقي الثلاثة كما يلي:

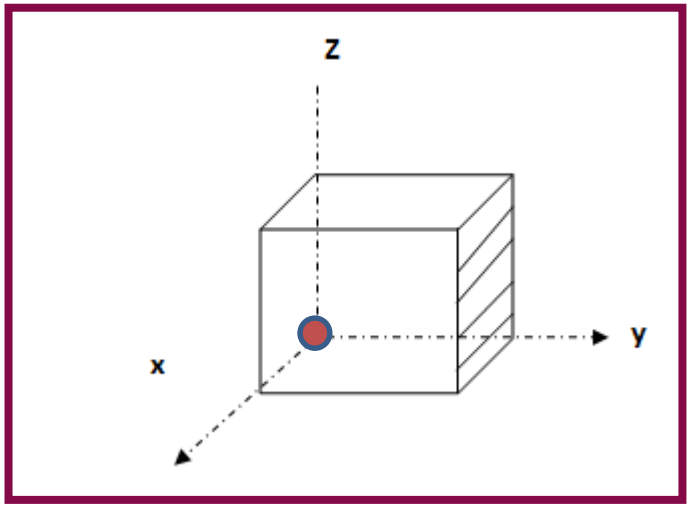


x	y	z
∞	∞	1
1/∞	1/∞	1/1
(0	0	1)

تغيير معاملات ميلر مع تغييرتسمية المحاور



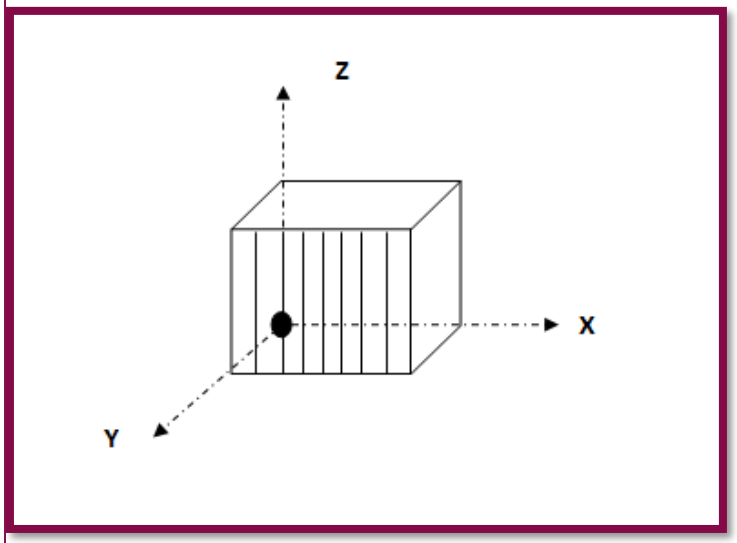
(1 0 0)



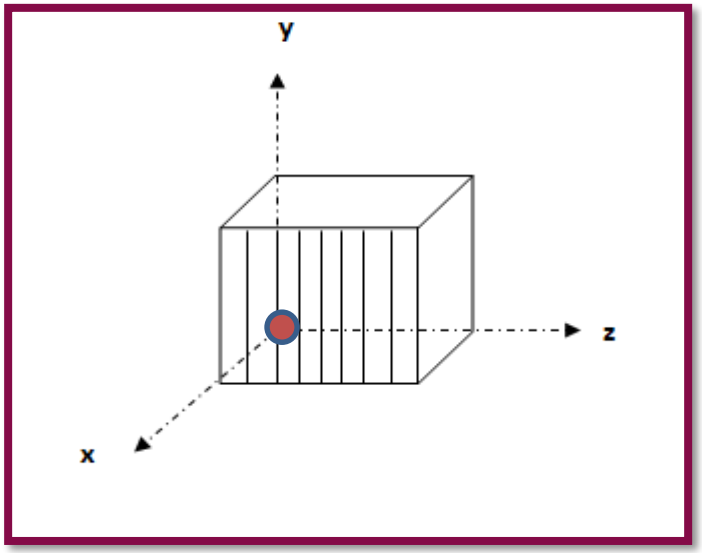
(؟)

(0 1 0)

تغيير معاملات ميلر مع تغيير المحاور



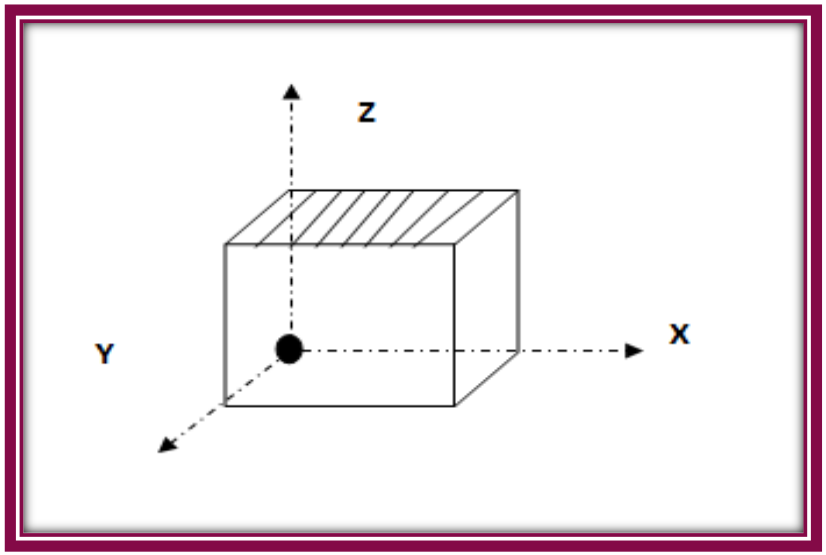
(0 1 0)



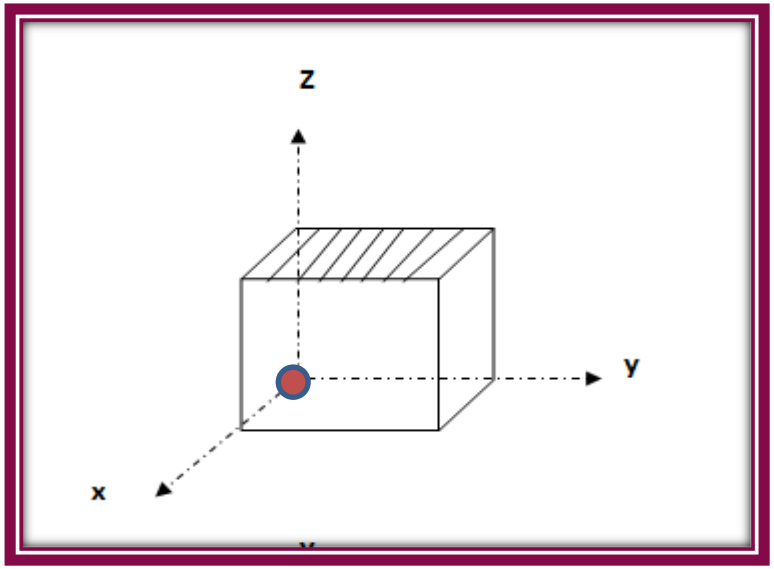
(?)

(1 0 0)

عدم تغيير المعاملات مع تغيير المحاور



(0 0 1)



(?)

(0 0 1)

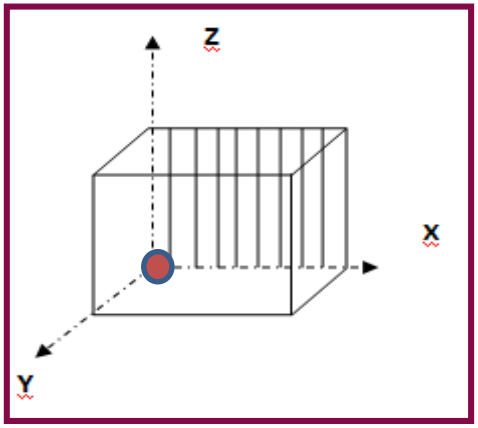
مرور المستويات بنقطة الاصل (ترحيل نقطة الاصل)

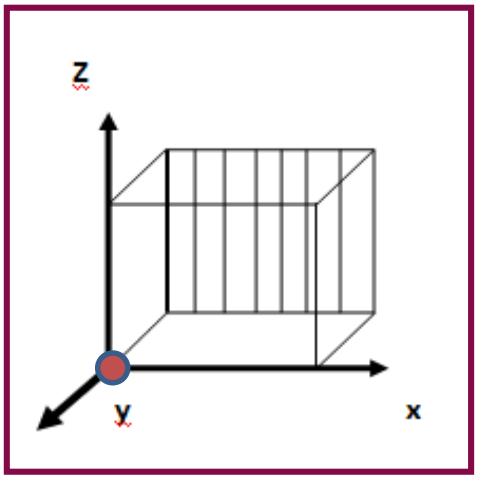
١. عند مرور المستوي بنقطة الاصل نختار نقطة اخرى مع الاحتفاظ باتجاه المحور

٢. نحدد نقاط تقاطع المستوي مع المحاور مع الاخذ بنظر الاعتبار الاتجاهات السالبة والموجبة

وفيما يلي بعض الامثلة على حالات مرور المستويات بنقطة الاصل مما يؤدي الى ترحيلها

ترحيل نقطة الاصل وظهور القيم السالبة في معاملات ميلر



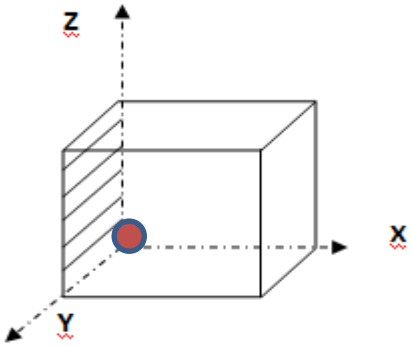


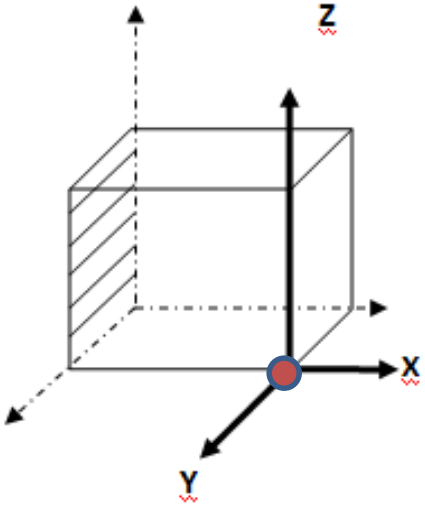
(?)

-

(0 1 0)

ترحيل نقطة الاصل وظهور القيم السالبة في معاملات ميلر

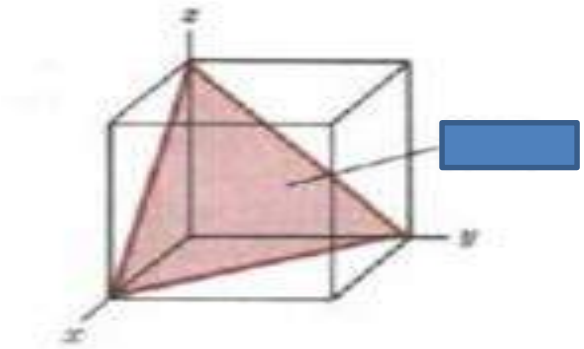


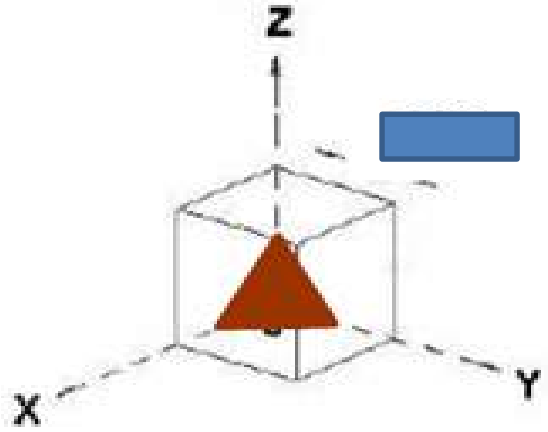


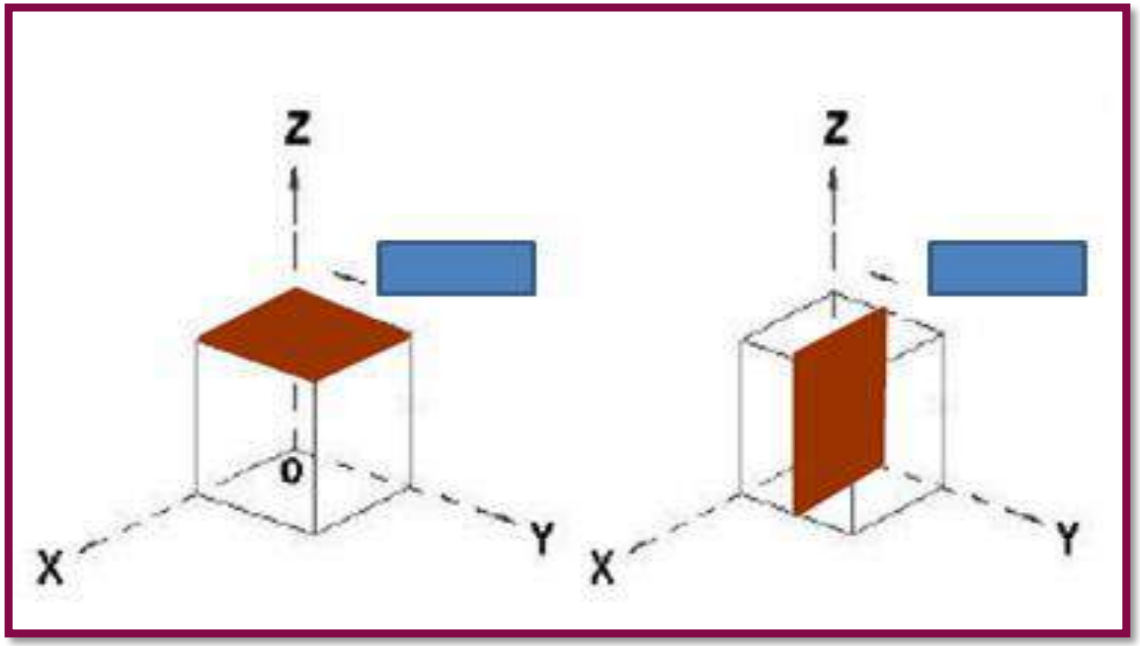
(؟)

-

(1 0 0)




Z
X
Y


Z
O
X
Y
Z
X
Y

ظاهرة التاصل (Allotropy)

تعريف ظاهرة التاصل:

هي امكانية تواجد المعدن الواحد في حالتين مستقرتين او اكثر ولكن ببنية بلورية مختلفة وتكتب هذه الظاهرة بصورة عامة كما يأتي:

$$\gamma \longrightarrow \beta \longrightarrow \alpha$$

درجة حرارة عالية — درجة حرارة متوسطة — درجة حرارة منخفضة

وتحدث هذه الظاهرة بشكل واضح في الحديد النقي وكما ياتي:-

$$1539 \longrightarrow \delta Fe \longrightarrow \gamma\ Fe \longrightarrow \alpha\ Fe$$

درجة انصهار الحديد النقي	حديد دلتا	حديد جاما	حديد الفا
	1401	910	25
	(BCC)	(FCC)	(BCC)

ظاهرة التاصل (Allotropy)

العوامل المؤثرة على ظاهرة التاصل:

١. درجة الحرارة

٢. الضغط

ويعتبر تأثير الضغط قليل لذلك يهمل

تعليل: تكون ظاهرة التاصل مصحوبة بتغير في الحجم:

الجواب// وذلك بسبب التحولات من طور الى اخرمما يؤدي الى ترك اجهادات في

داخل المعدن وتغير في خواصه

ظاهرة التاصل (Allotropy)

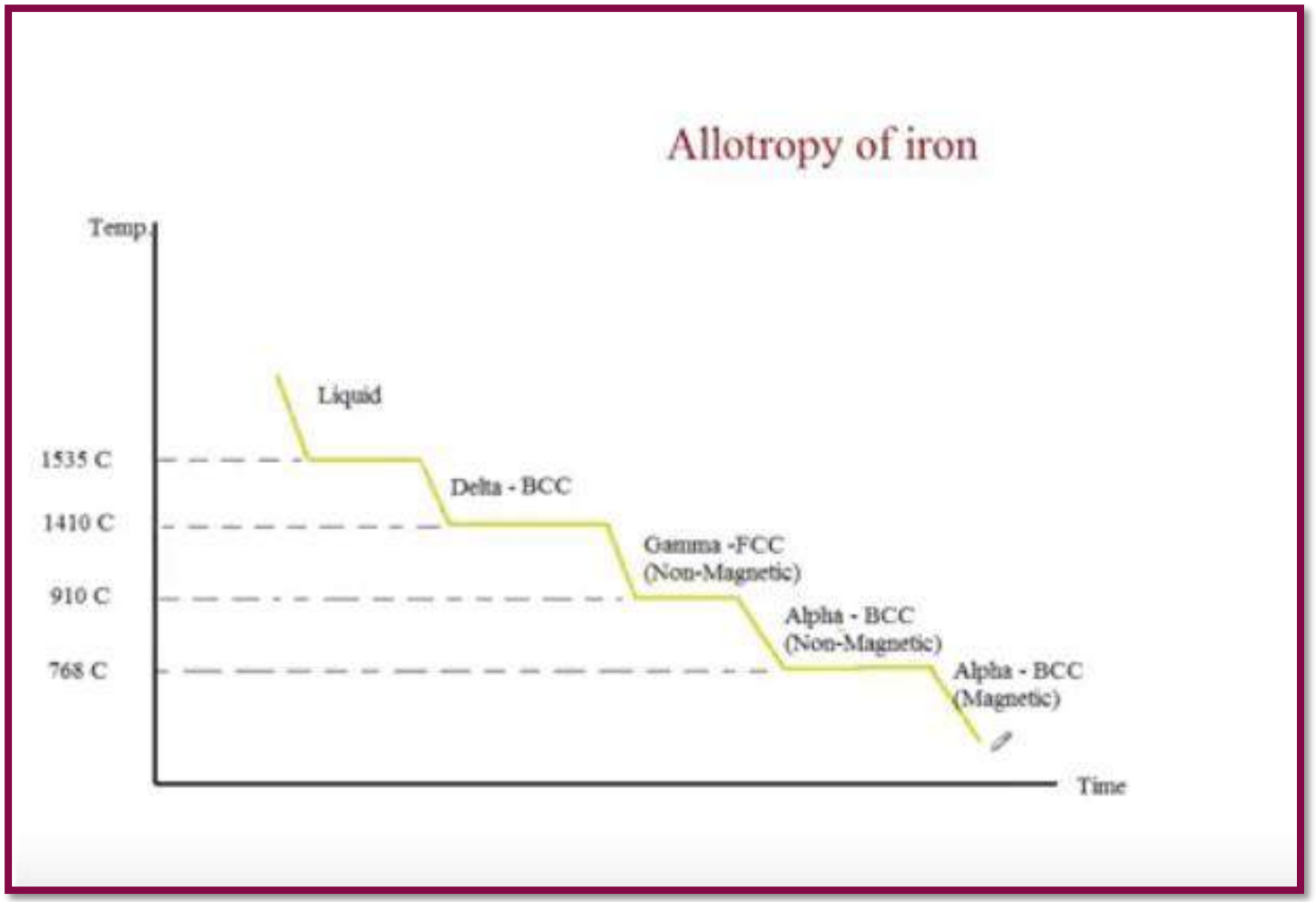
سؤال على ظاهرة التاصل:

احسب التغير الحاصل في الحجم عندما يتحول حديد كاما الى حديد دلتا عند درجة (1401) اذا علمت ان نصفي قطر ذرات الحديد كما يأتي:-

١. **نصف قطر الذرة (R1) في حديد كاما هو: 1.34 انجستروم**

٢. **نصف قطر الذرة (R2) في حديد دلتا هو: 1.24 انجستروم**

ظاهرة التاصل (Allotropy)



منحني التبريد يوضح ظاهرة التاصل في الحديد

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري / ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

١. معامل الاكتظاظ الذري
٢. الترقيم البلوري للمستويات الذرية
٣. ظاهرة التاصل

معادن نظري

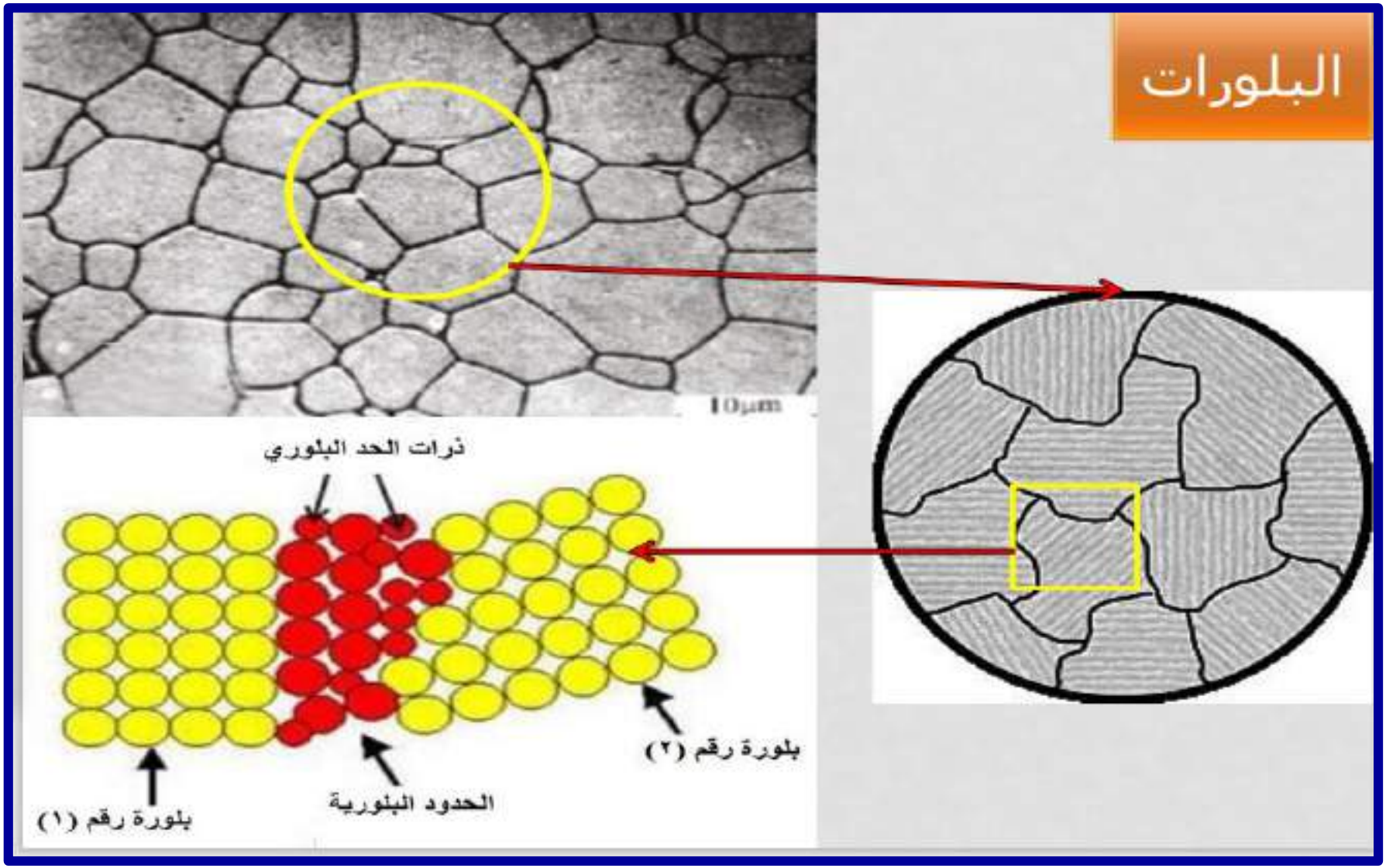
المحتويات:

عيوب الشبكة البلورية

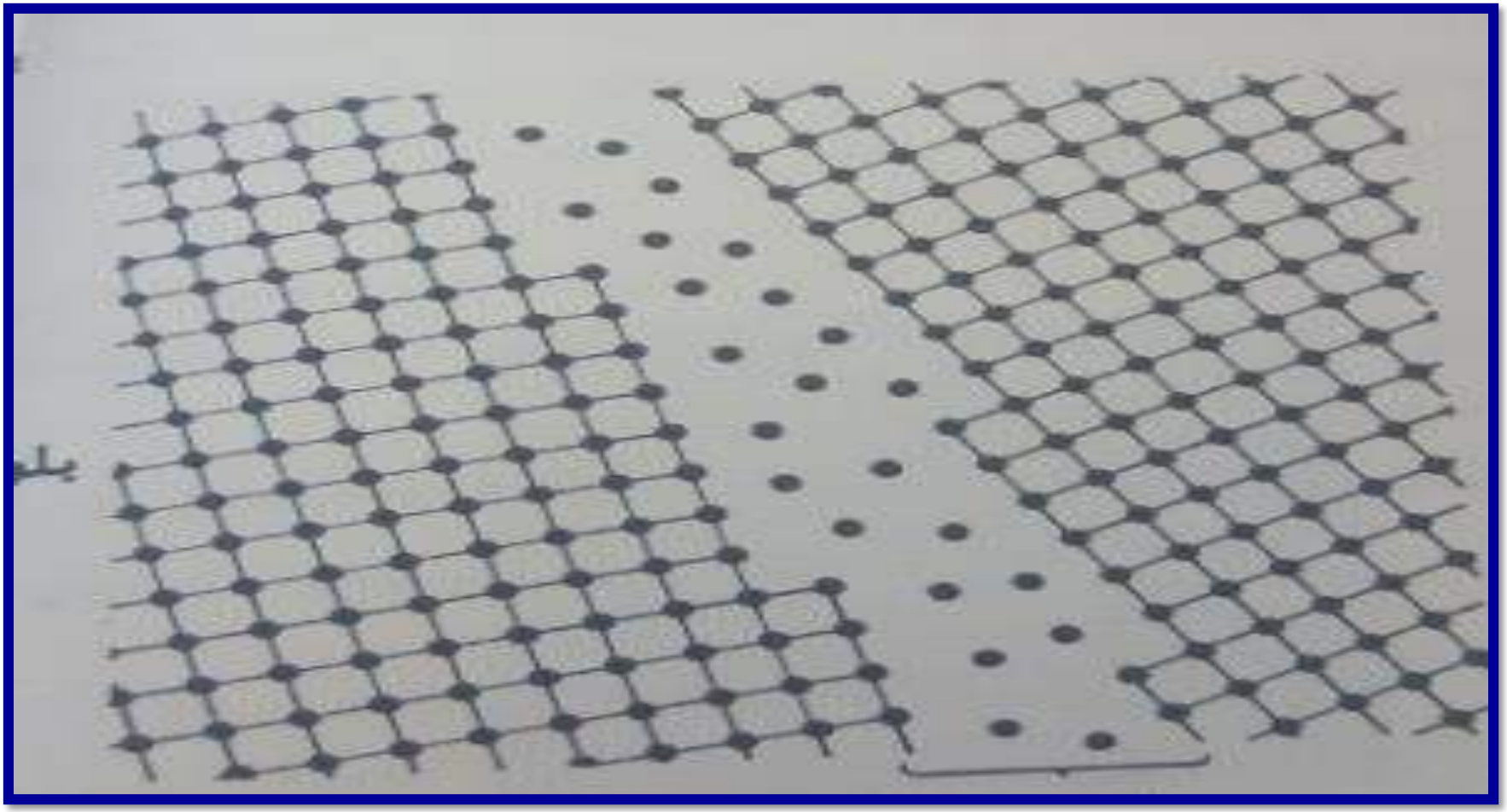
عيوب الشبكة البلورية

١. عدم انتظام حبيبات البلورات
٢. ذرات الحدود البلورية
٣. شوائب البلورات والحدود البلورية
٤. العيوب النقطية
٥. العيوب الخطية

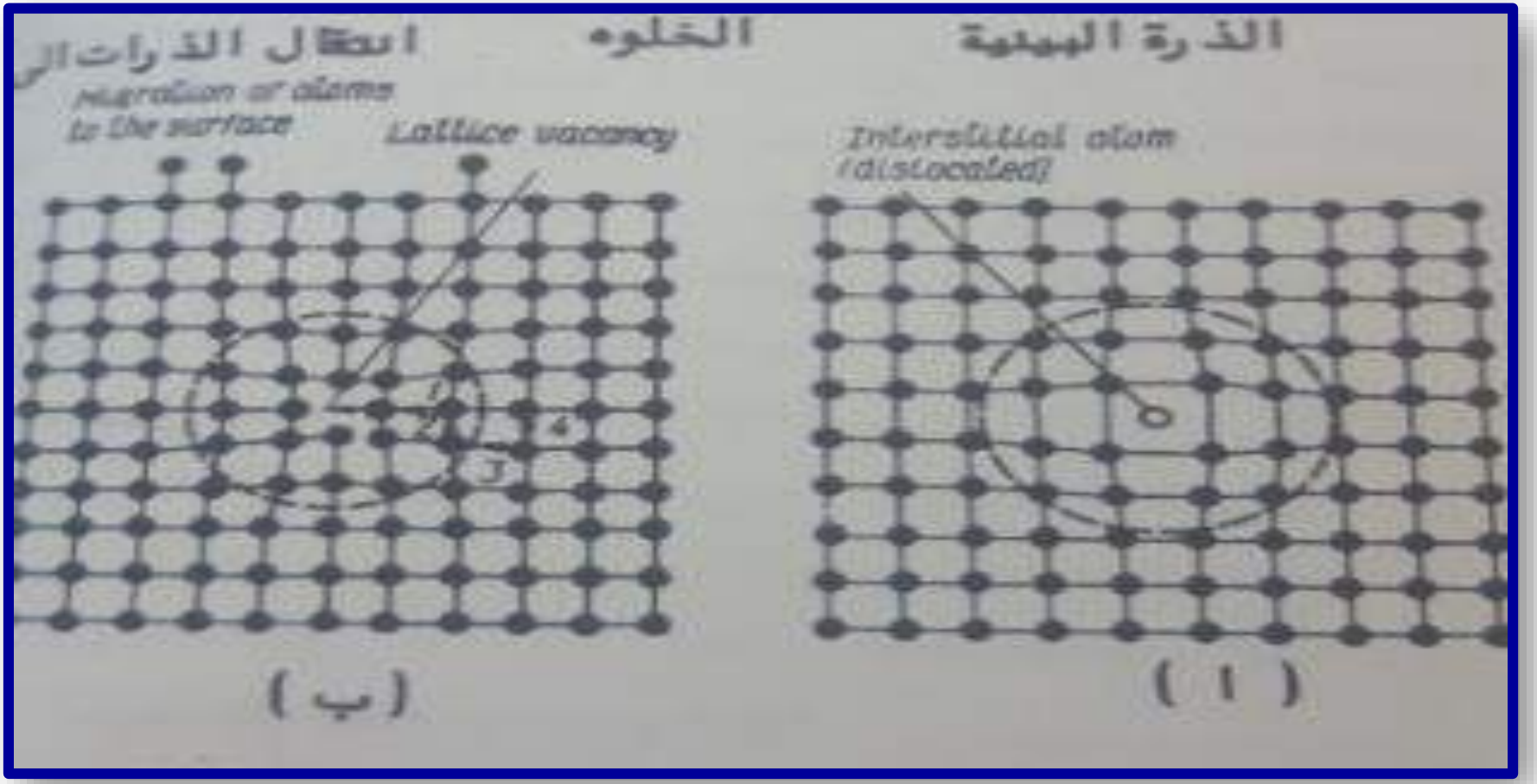
عيوب الشبكات البلورية



عيوب الشبكات البلورية



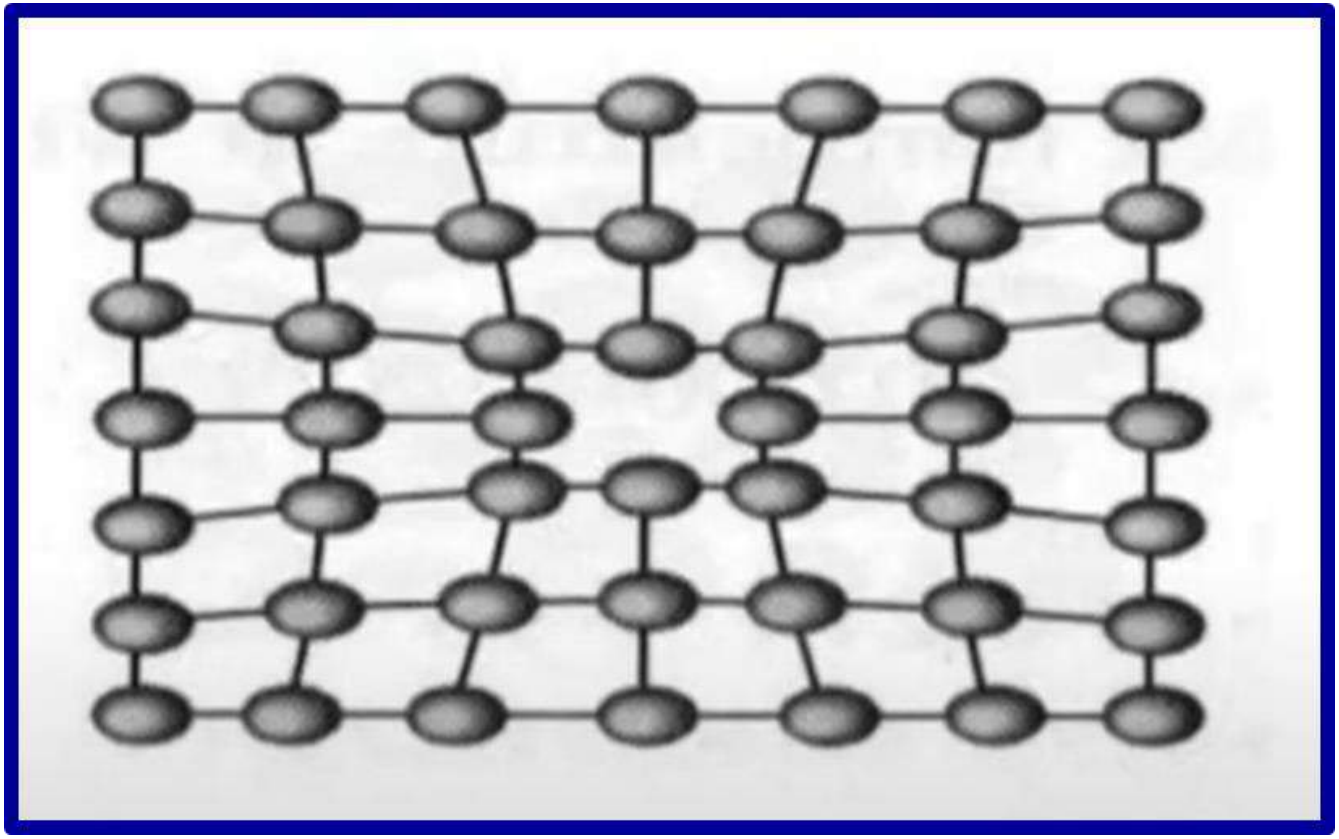
العيوب النقطية (الذرة البينية؛ الفجوة)



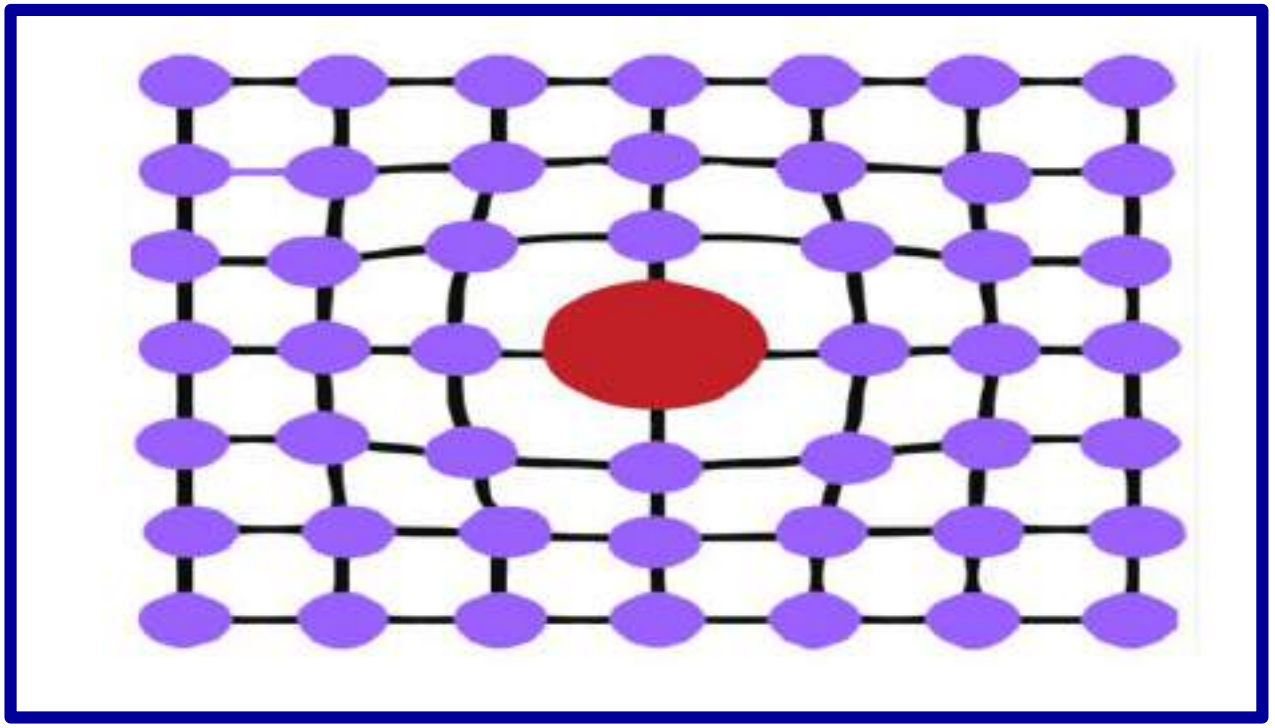
الذرات البينية والفجوات

الذرات البينية

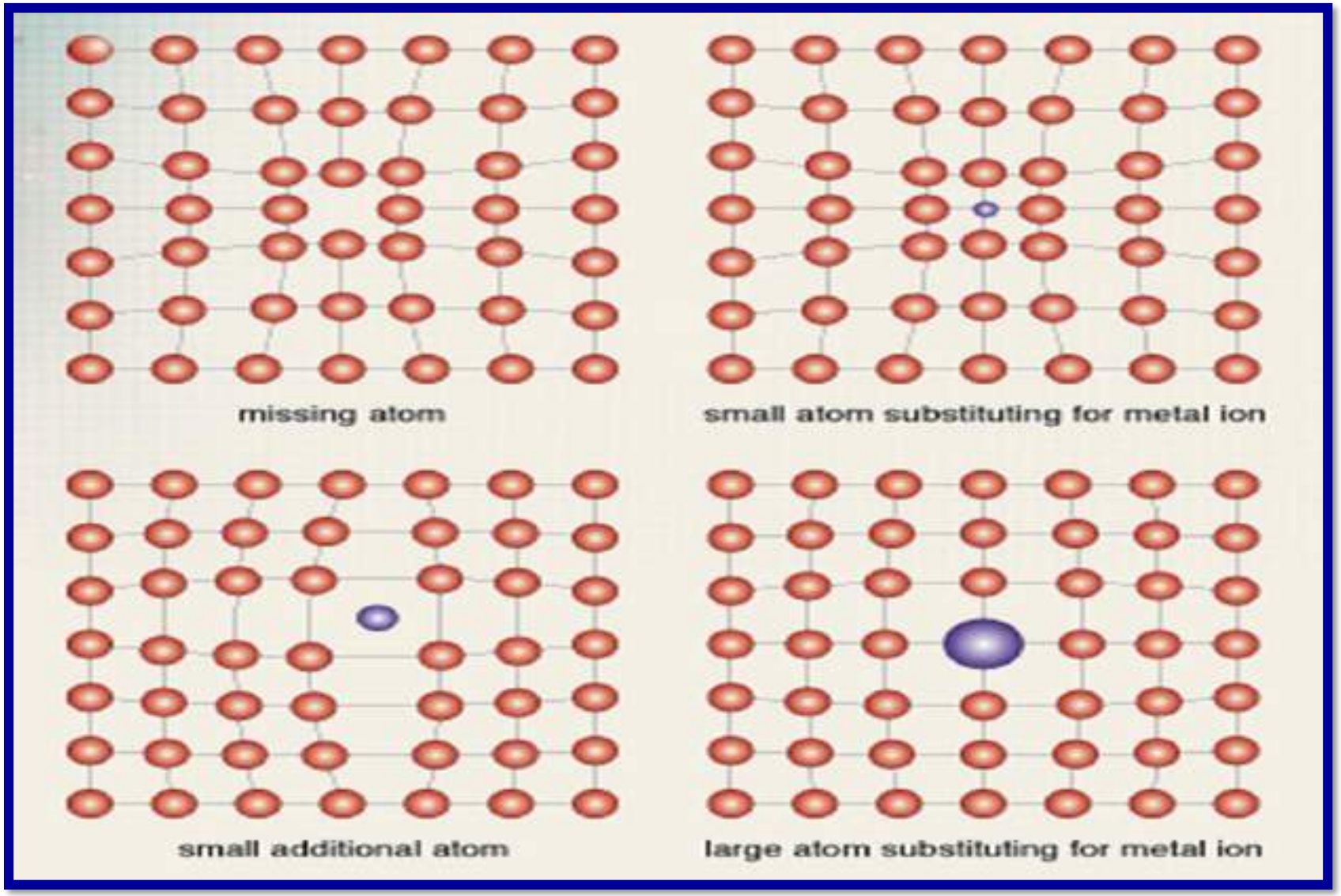
التشوه في الشبكة البلورية بسبب الفجوة



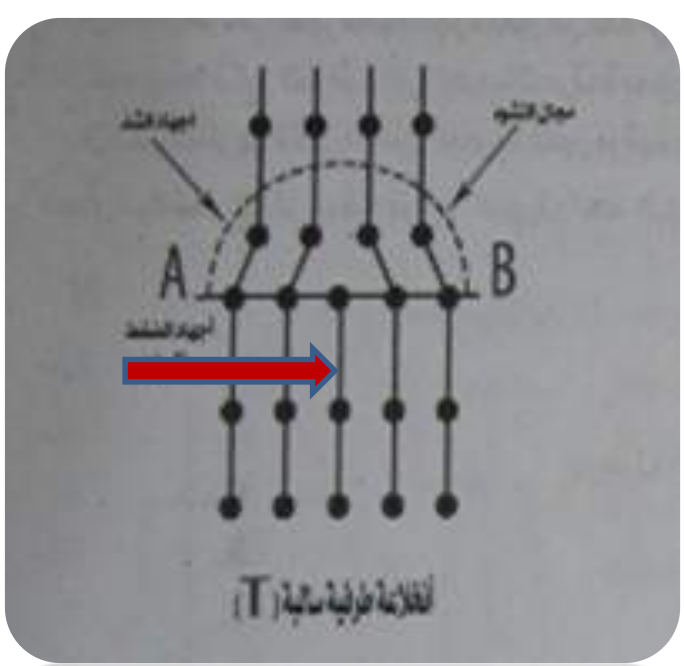
التشوه في الشبكة البلورية بسبب الذرة البينية

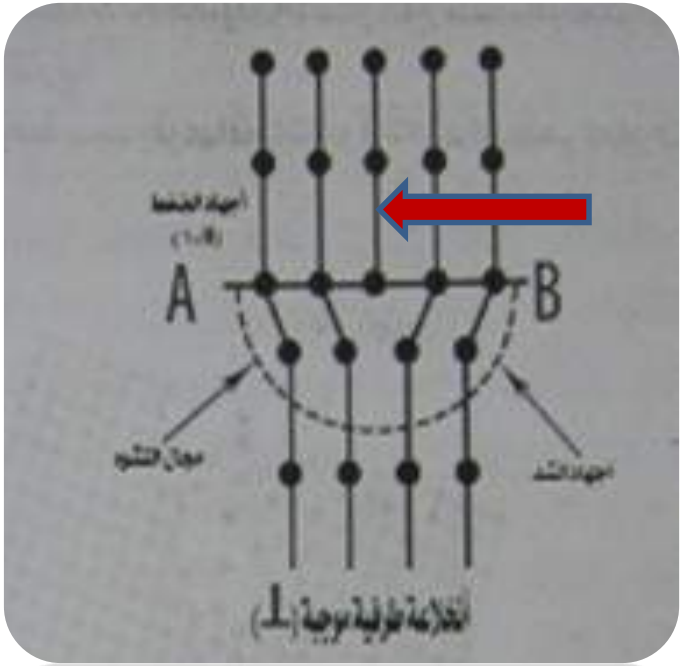


التشوه في الشبكة البلورية بسبب الذرة البينية والفجوة



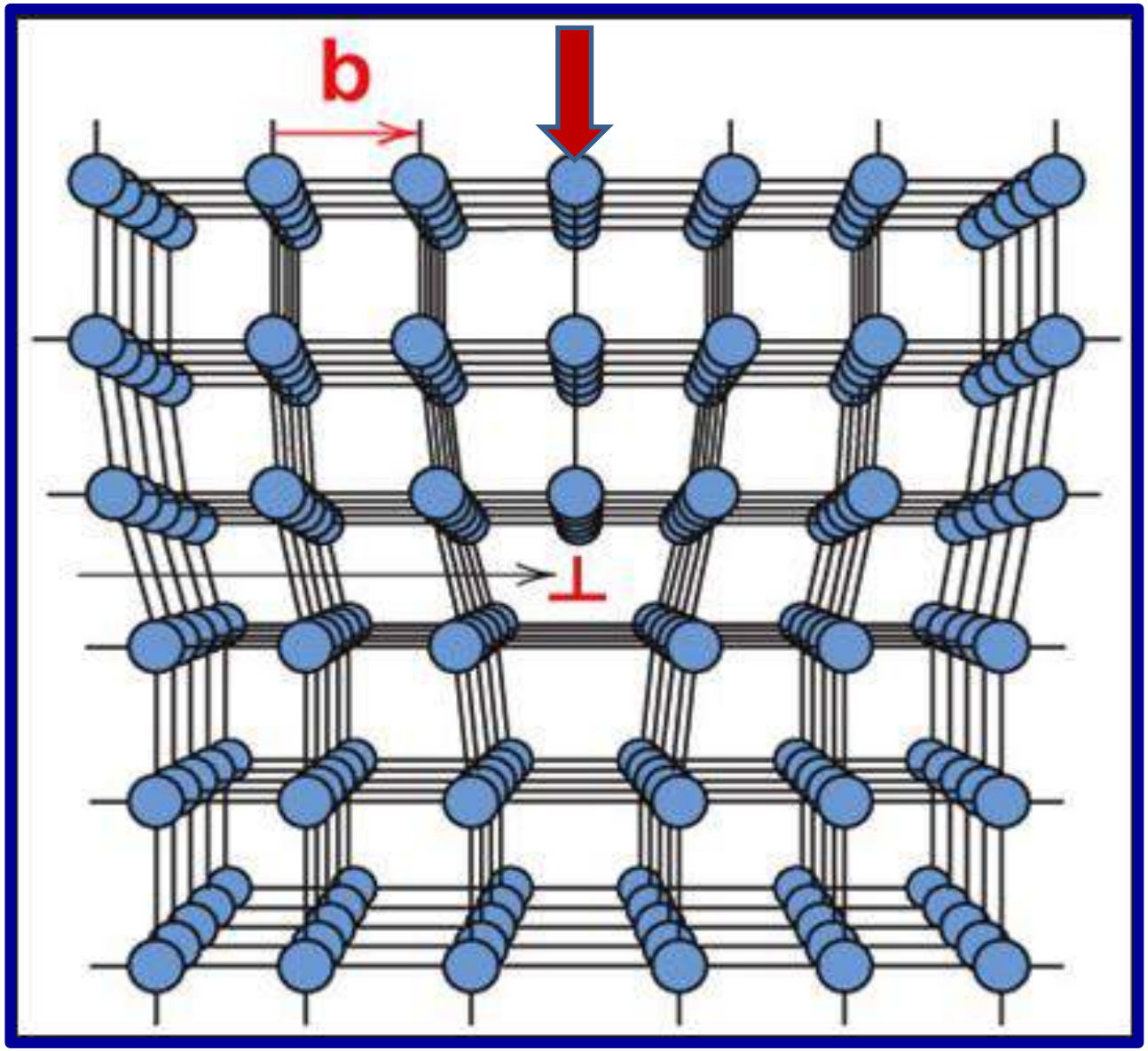
العيوب الخطية (الانخلاعات)
Dislocations



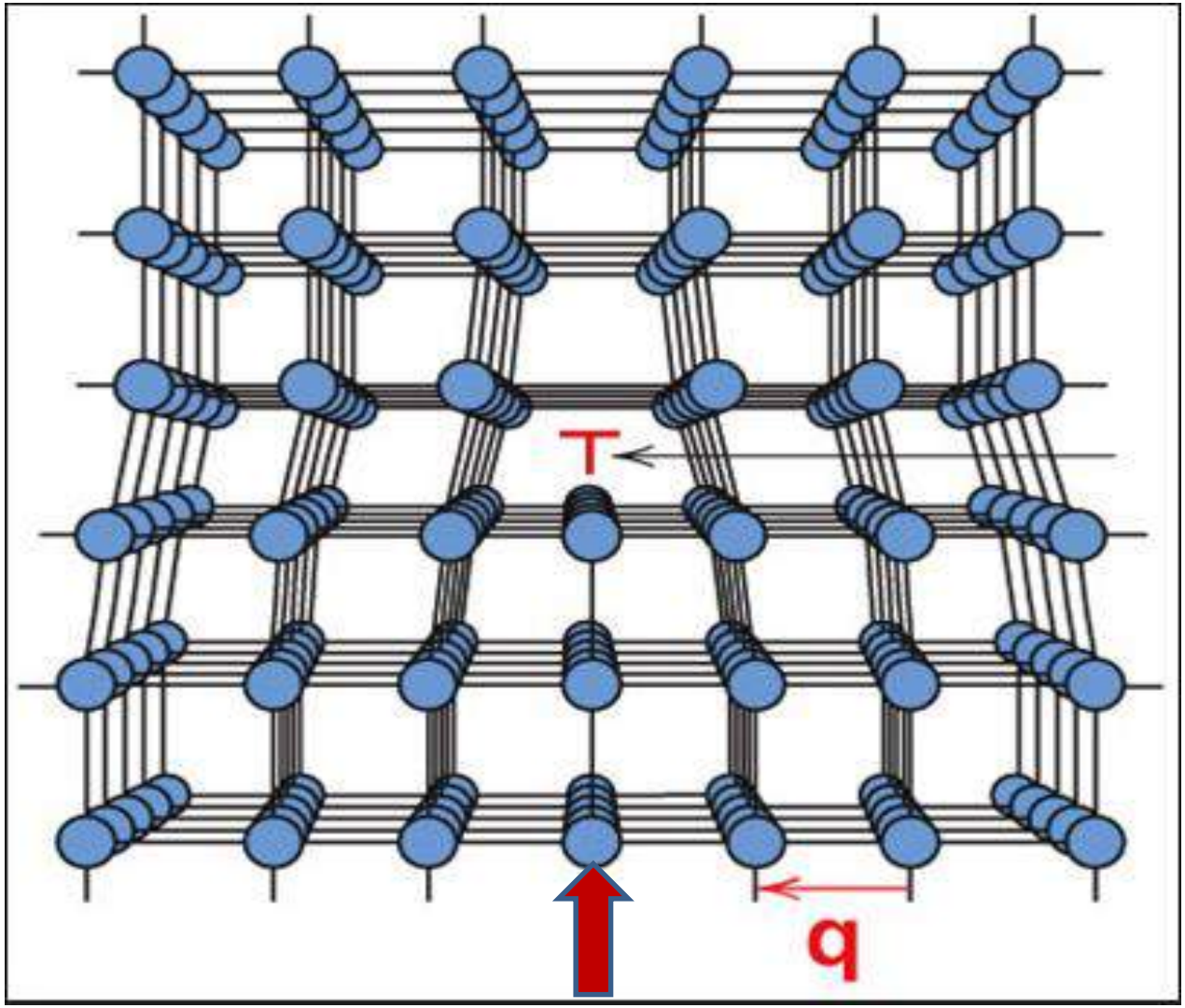


انخلاعة طرفية (Edge dislocations)

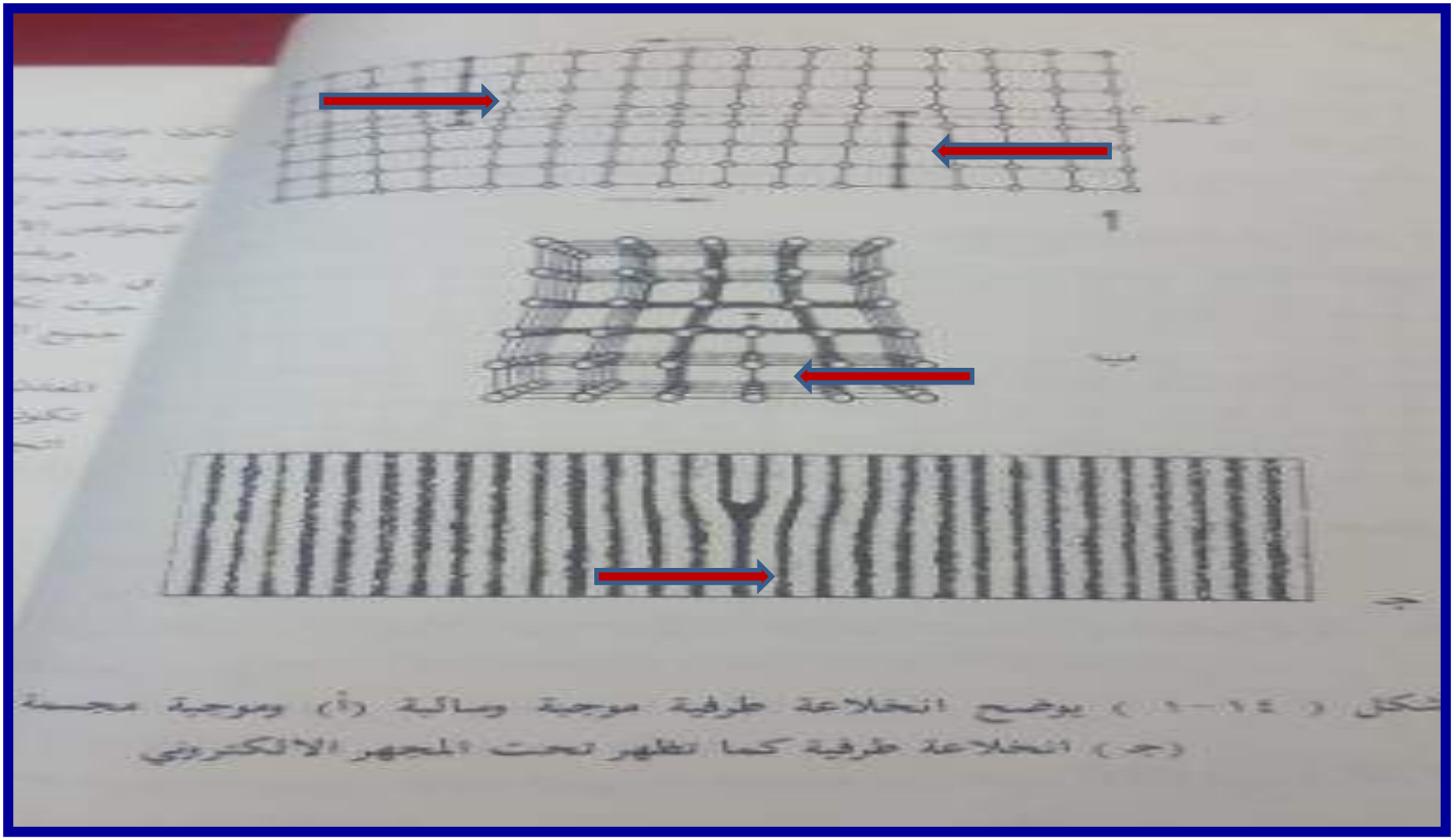
انخلاعة طرفية موجبة



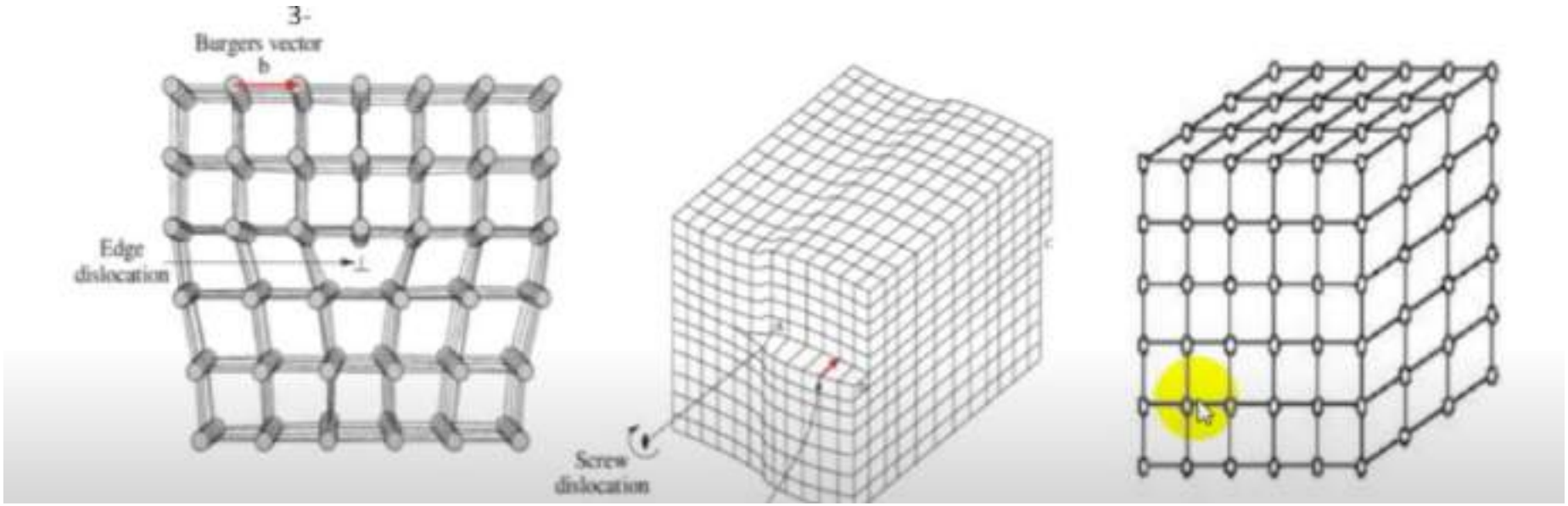
انخلاعة طرفية سالبة



صور للانخلاعات الطرفية



انخلاعة لولبية وانخلاعة طرفية



انخلاعة طرفية

انخلاعة لولبية

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري – ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

معادن نظري

مراجعة المحاضرة السابقة

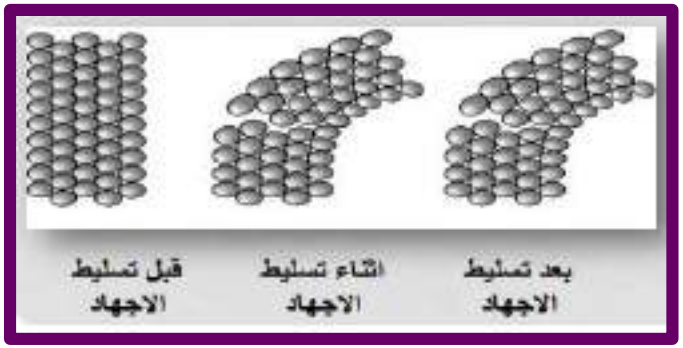
١. عيوب الشبكات البلورية
٢. العيوب النقطية
٣. العيوب الخطية

المحتويات

١. التشكيل المرن والتشكيل اللدن
٢. طرق التشكيل اللدن(الانزلاق؛ التوامية)
٣. طرق الانزلاق (طبقات الذرات؛ الانخلاعات)
٤. انزلاق طبقات الذرات
٥. الانزلاق في الاشكال البلورية (B.C.C, F.C.C, C.P.H)
٦. انزلاق الانخلاعات
٧. التوامية

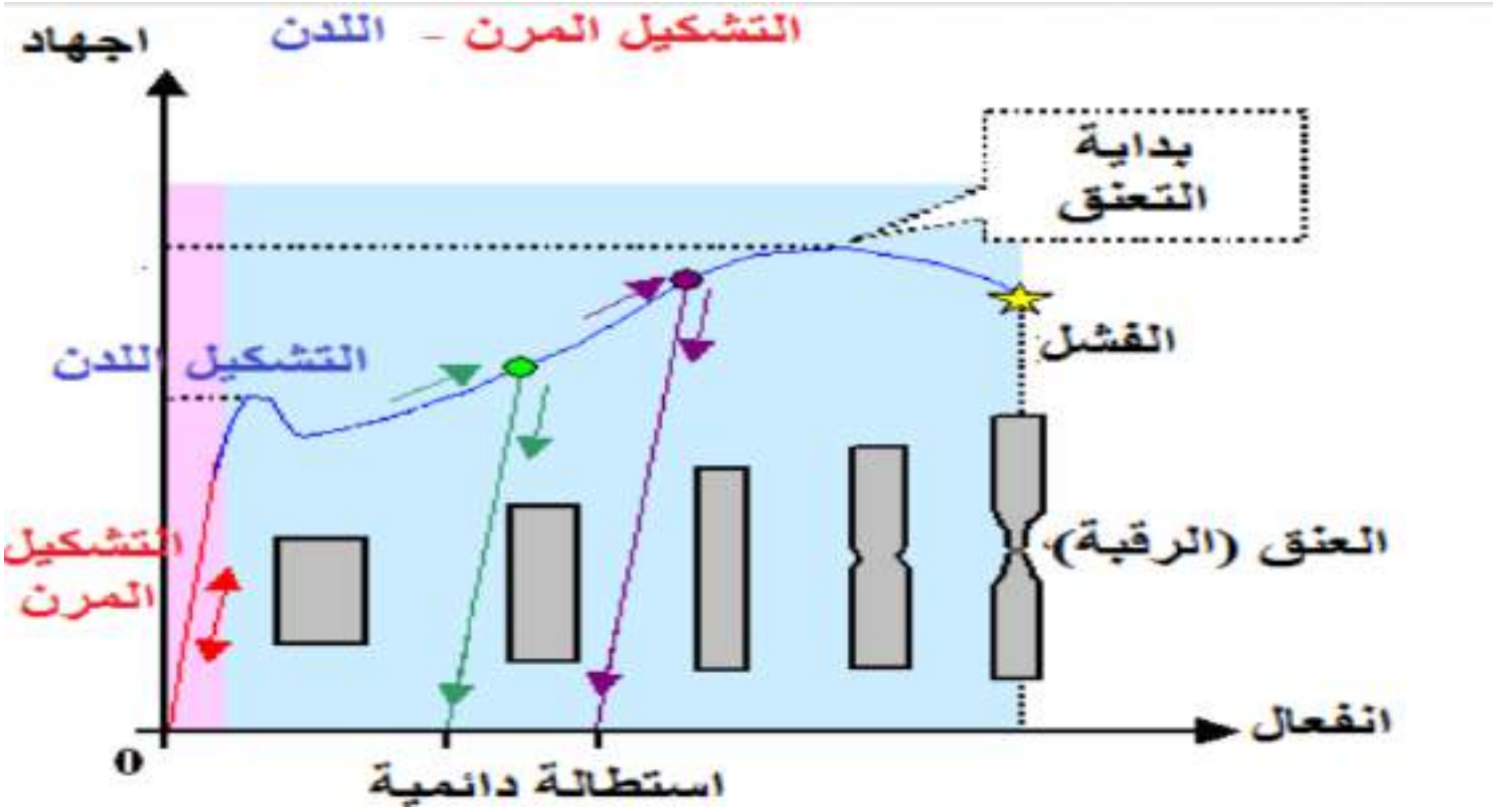
التشكيل المرن والتشكيل اللدن

فكرة التشكيل المرن



فكرة التشكيل اللدن

مثال على التشكيل المرن واللدن



طرق التشكيل اللدن

اولا: الانزلاق (Slipping)

ثانيا: التوامية؛ التوائم الميكانيكية (Twinning)

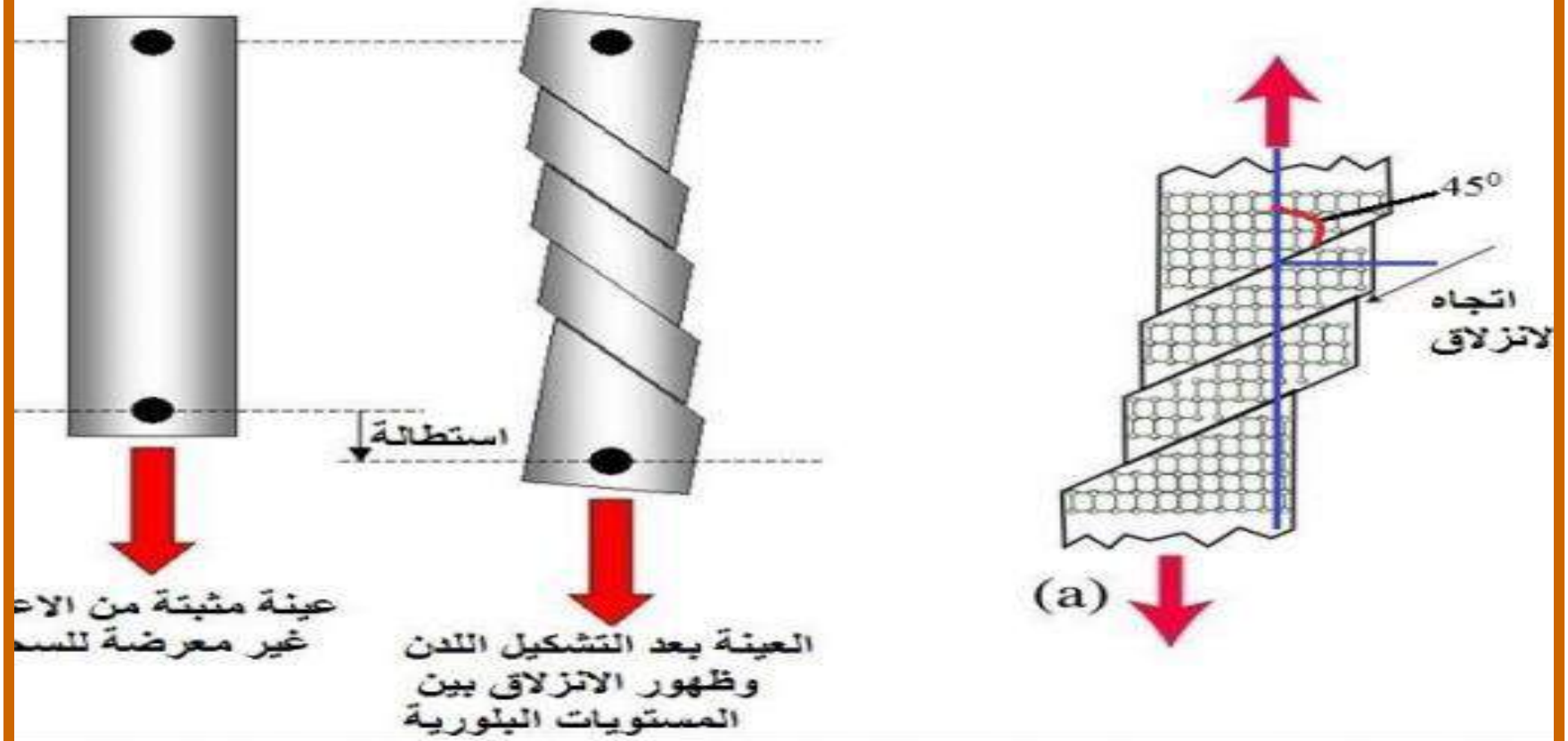
اولا: الانزلاق:

١. انزلاق طبقات الذرات

٢. انزلاق الانخلاعات

اولا// الانزلاق (Slipping)

١ ـ انزلاق طبقات الذرات



شرط الانزلاق واحتمالات الانزلاق

شرط الانزلاق:

تحقق زاوية مقدارها ٤٥ درجة بين الاجهاد المسلط والمستوي المزدحم بالذرات (**الاتجاه المزدحم بالذرات داخل هذا المستوي**)

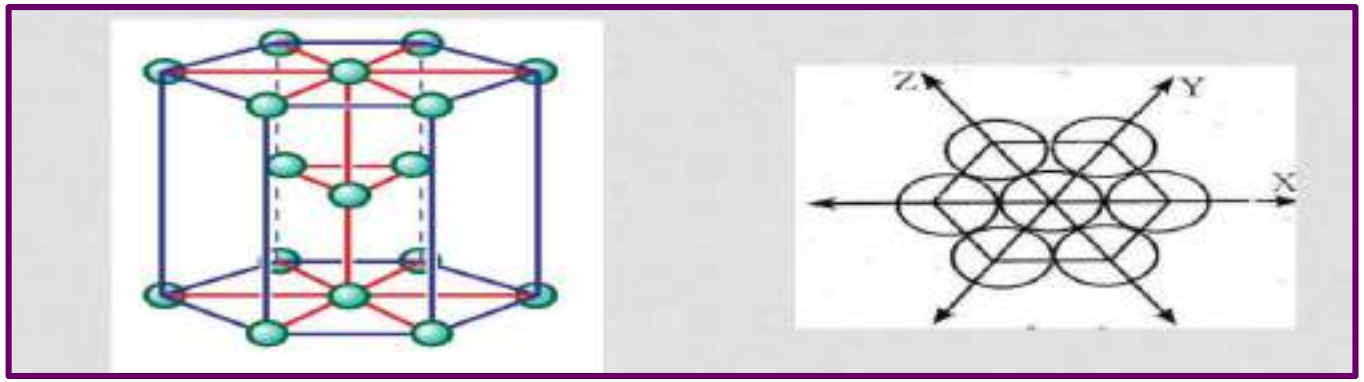
عدد احتمالات الانزلاق:

عدد احتمالات الانزلاق = عدد المستويات المزدحمة بالذرات * عدد الاتجاهات المزدحمة بالذرات

الانزلاق في الاشكال البلورية

الانزلاق في السداسي المتراص (C.P.H):

عدد المستويات المزدحمة بالذرات = مستوي واحد



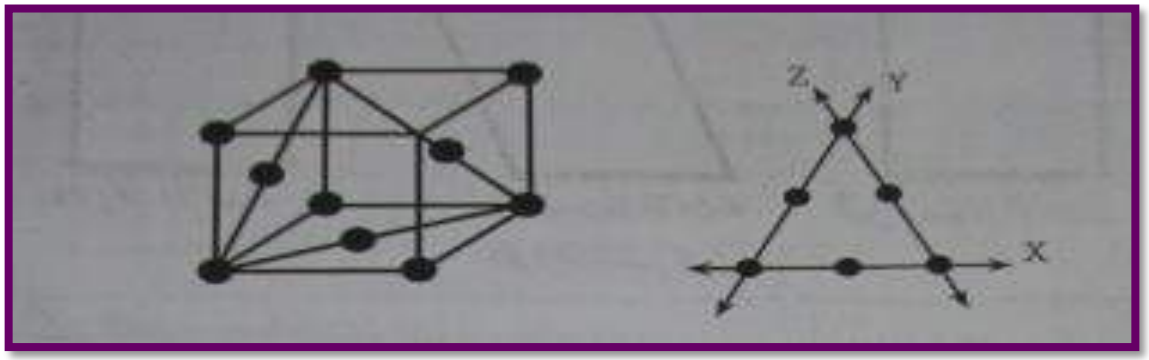
عدد الاتجاهات المزدحمة بالذرات = ٣ اتجاهات

عدد احتمالات الانزلاق= ١*٣ = ٣ احتمالات

الانزلاق في الاشكال البلورية

الانزلاق فى (F.C.C):

عدد المستويات المزدحمة بالذرات = اربعة مستويات



عدد الاتجاهات المزدحمة بالذرات = ٣ اتجاهات

عدد احتمالات الانزلاق= ٤*٣ = ١٢ احتمال

الانزلاق في الاشكال البلورية

الانزلاق فى (B.C.C):

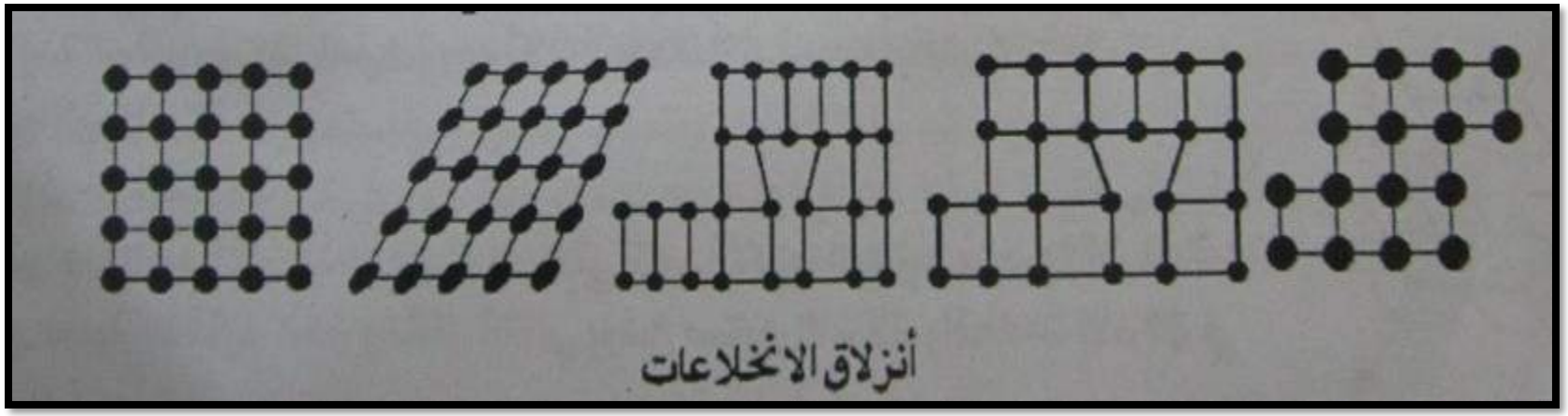
عدد المستويات المزدحمة بالذرات = ستة مستويات

عدد الاتجاهات المزدحمة بالذرات = اتجاهين

عدد احتمالات الانزلاق= ٦*٢ = ١٢ احتمال

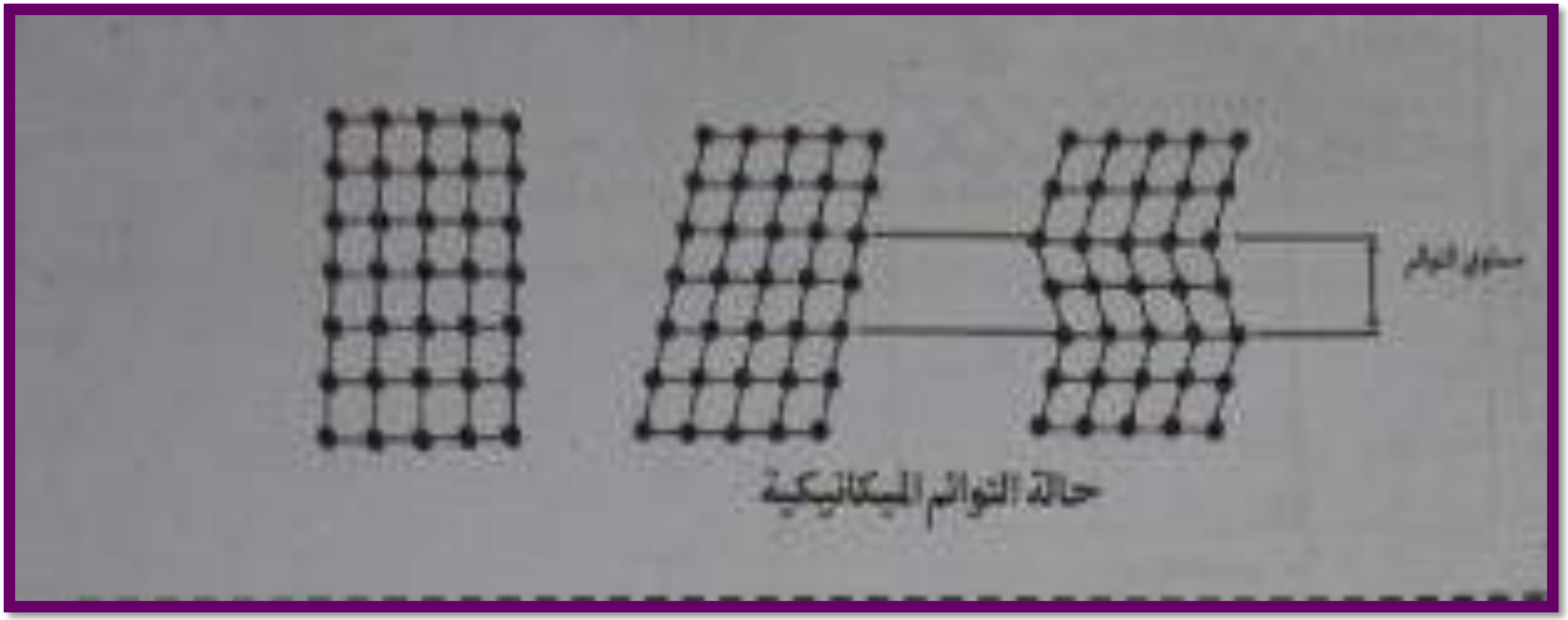
٢. انزلاق الانخلاعات

Dislocation Slipping

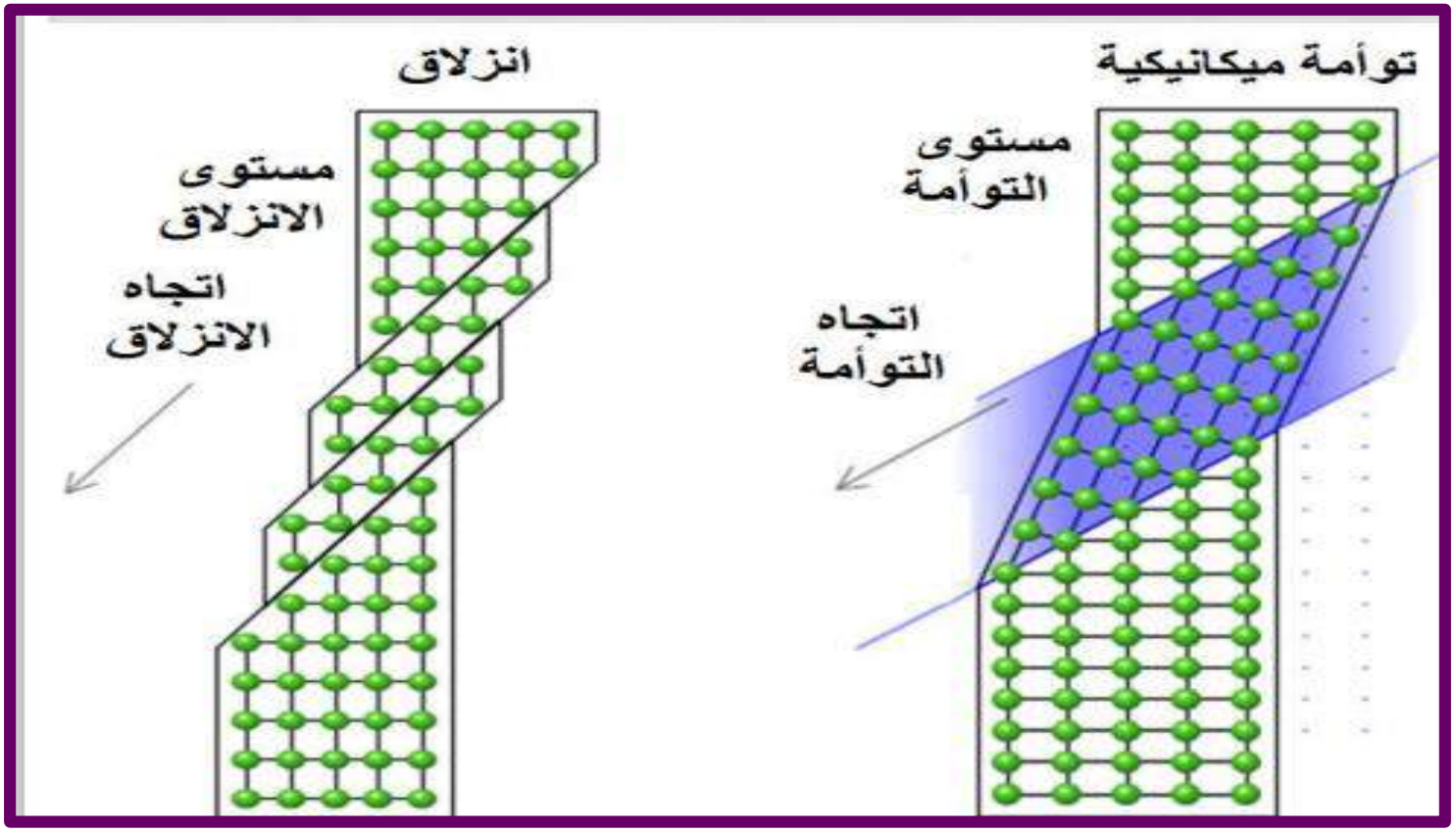


1 2 3 4 5

ثانيا\\ التوائم الميكانيكية (التوامية) Twinning



ثانيا\\ التوائم الميكانيكية (التوامية) Twinning



اشرطة التوائم

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

١. التشكيل المرن والتشكيل اللدن
٢. طرق التشكيل اللدن(الانزلاق؛ التوامية)
٣. طرق الانزلاق (طبقات الذرات؛ الانخلاعات)
٤. انزلاق طبقات الذرات
٥. الانزلاق في الاشكال البلورية (B.C.C, F.C.C, C.P.H)
٦. انزلاق الانخلاعات
٧. التوامية (التوائم الميكانيكية)

المحتويات

- التشكيل على البارد
- الاصلاد الانفعالي
- التشكيل على الساخن

التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن

التشكيل على البارد (Cold Deformation):

هو التشكيل الذي يتم بدرجة حرارة اقل من درجة اعادة التبلور (Tr) وغالبا مايتم عند درجة حرارة الغرفة.

وتوجد علاقة رياضية تربط بين درجة الانصهار ودرجة اعادة التبلور وهي كما يأتي:-

$$Tr = 0.4\ Tm$$

Tr: درجة حرارة اعادة التبلور

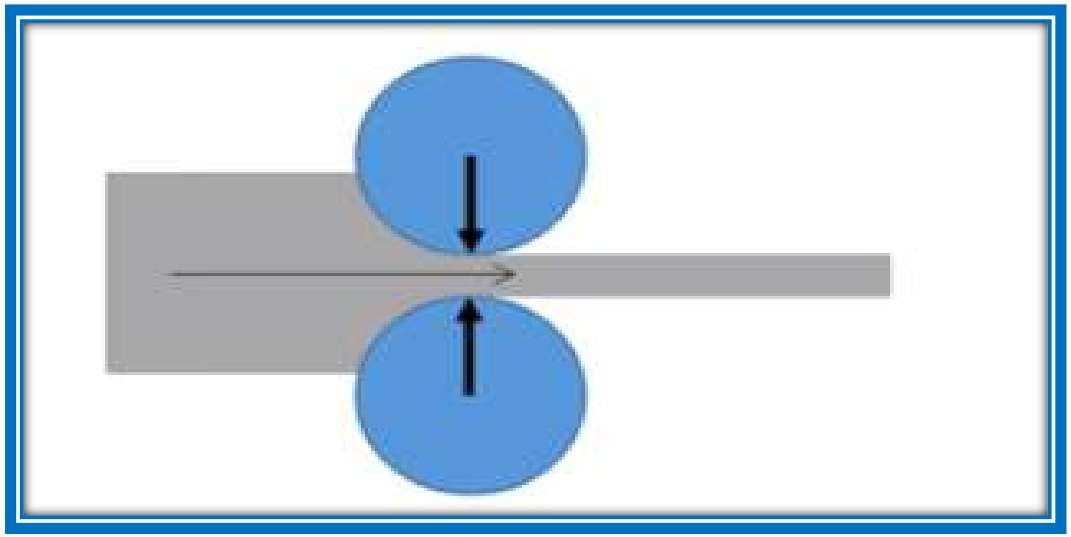
Tm: درجة الانصهار

امثلة على عمليات التشكيل على البارد:

- الدرفلة على البارد
- الكبس
- السحب

مثال للتشكيل على البارد

- الدرفلة على البارد



التغييرات التي تصاحب التشكيل على البارد

التغييرات التى تحصل فى الخواص الميكانيكية :

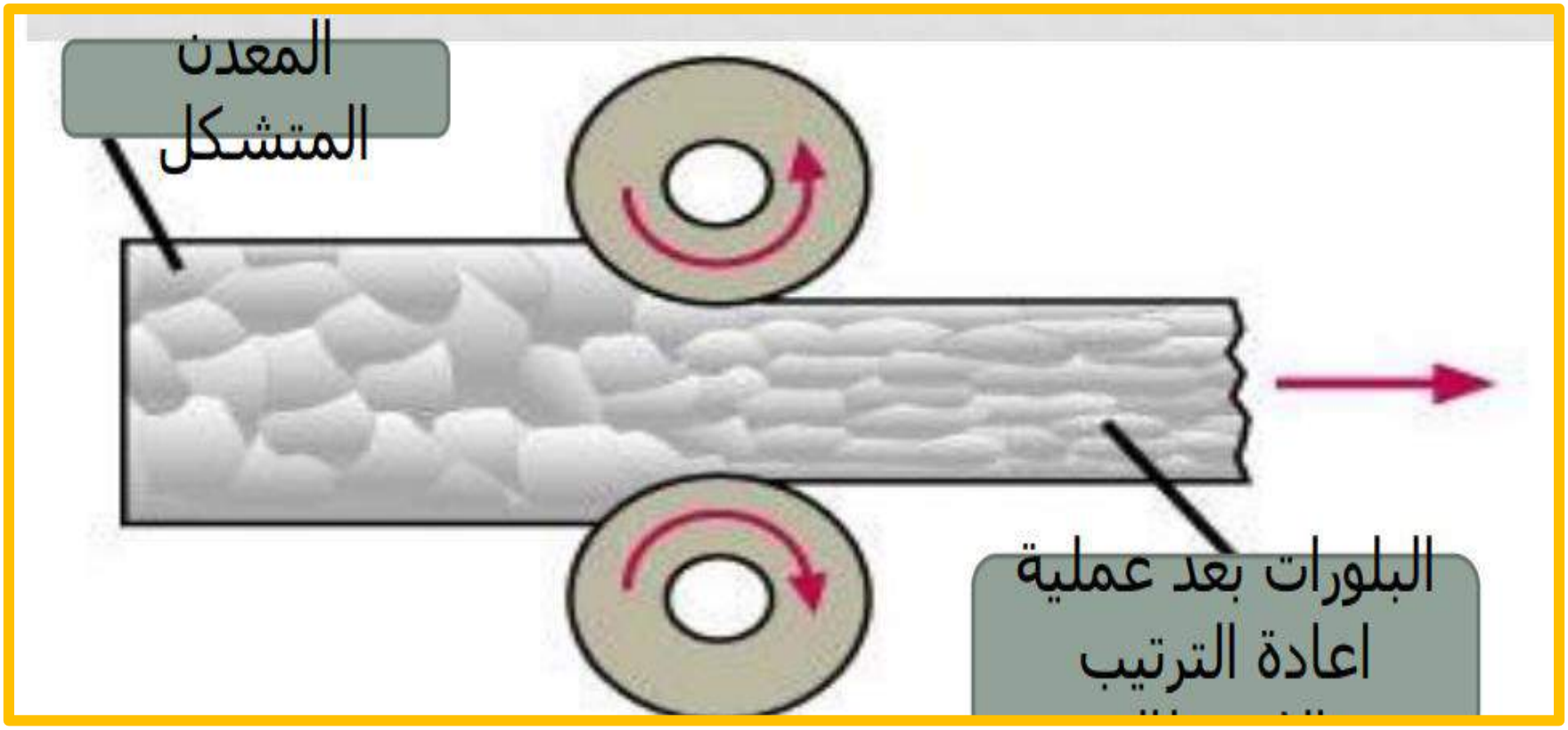
- ✓ زيادة الصلادة: وتسمى الاصلاد الانفعالي او اصلاد التشكيل
- ✓ نقصان المطيلية

التغييرات التى تحصل فى البنية:

- تشوية في البنية
- التشوية يكون على شكل استطالة
- يكون التشويه باتجاه التشكيل

• والتغييرات التي تحصل في البنية تكون كما في الشكل التالي:

التغيرات التي تحصل في البنية عند التشكيل على البارد



مزايا التشكيل البارد مقارنة بالتشكيل الساخن

١. ناتج التشكيل على البارد اكثر بريقا ولمعانا

٢. في التشكيل على البارد يمكن التحكم بالابعاد تحكما دقيقا

٣. في التشكيل على البارد تتحسن قيمة نقطة الخضوع والصلادة وقابلية التشغيل

التشكيل على الساخن

التشكيل على الساخن (Hot Deformation):

هو التشكيل الذي يتم بدرجة حرارة اعلى مباشرة من درجة حرارة اعادة التبلور (Tr)

تعليل:

تجرى عمليات التشكيل على الساخن بدرجات حرارة اعلى مباشرة من درجة اعادة التبلور

امثلة على عمليات التشكيل على الساخن:

- الدرفلة على الساخن
- الحدادة

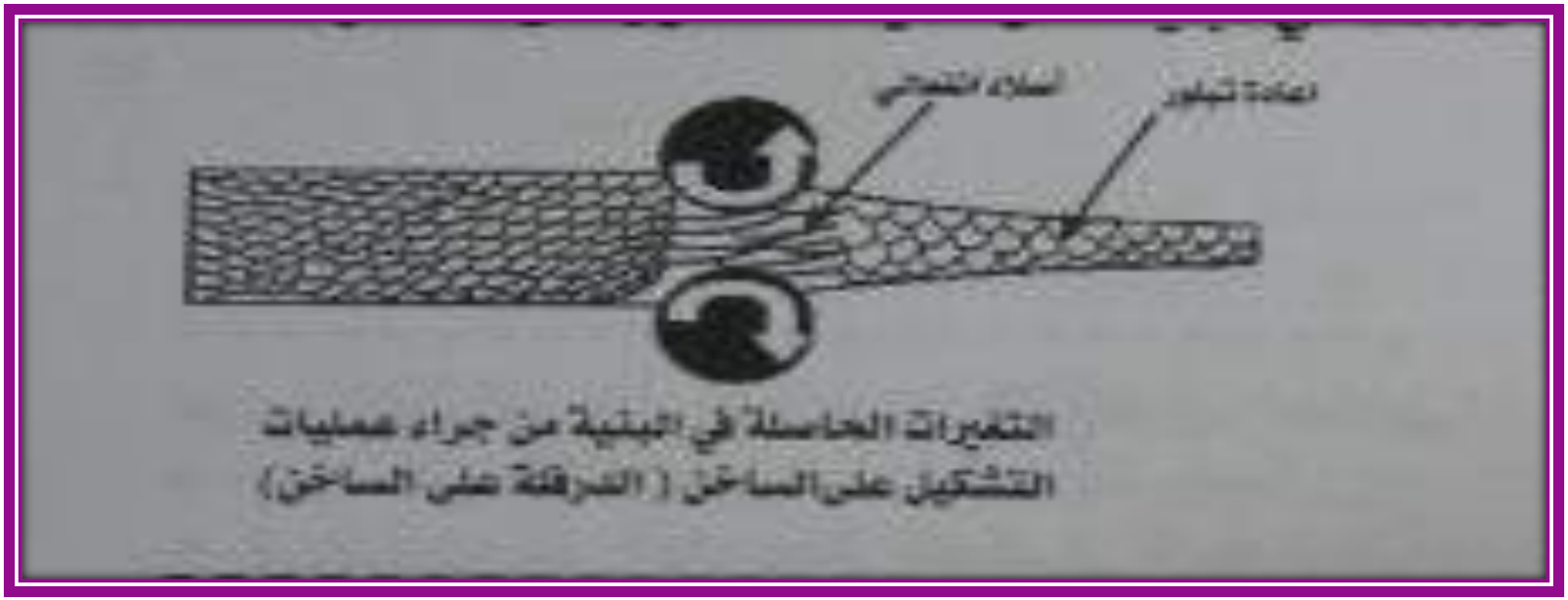
التغييرات التي تصاحب التشكيل على الساخن

التغييرات التى تحصل فى الخواص الميكانيكية:

- ✓ زيادة الليونة او اللدونة

التغييرات التى تحصل فى البنية:

- ❑ تشويه على شكل استطالة
- ❑ اعادة تبلور للحبيبات وكما في الشكل التالي:



التغيرات الحاصلة في البنية من جراء عمليات التشكيل على الساخن (الدرفلة على الساخن)

تاثيرات التشكيل الساخن

١. تنعيم الحبيبات اذا كانت الدرجة الحرارية صحيحة

٢. التحام الفجوات الغازية الداخلية

٣. تتحسن المقاومة والمطيلية والمتانة

ملاحظات حول التشكيل البارد والساخن

١. يعتبر تشكيل بعض المعادن مثل الرصاص (Pb) على الساخن حتى لو تم في درجة حرارة الغرفة

٢. يعتبر تشكيل بعض المعادن مثل التنكستن (Tg) على البارد حتى لو تم في درجة حرارة عالية

٣. بعض المعادن والسبائك يصعب اجراء اي تشكيل عليها سواء على البارد او الساخن (الصلب المقسى؛ حديد الزهر)

٤. الطاقة اللازمة لتشكيل المعادن في درجة حرارة عالية هي اقل مما في درجات الحرارة الواطئة (لان المعدن يكون اكثر ليونة) ولذلك فان التشكيل الساخن يعتبراكثر اقتصادية من التشكيل البارد

واجب بيتي

قارن بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- التشكيل على البارد
- الاصلاد الانفعالي
- التشكيل على الساخن

المحتويات

- تخمير المعادن المشكلة على البارد
- مراحل التخمير
- الاستعادة
- اعادة التبلور
- النمو

تخمير المعادن المشكلة على البارد

سؤال:-

لماذا نحتاج التخمير بعد عمليات التشكيل على البارد؟ وماهو التخمير؟

الجواب:

نحتاج لاجراء عملية تخمير بعد عمليات التشكيل على البارد بسبب زيادة الصلادة الى القيمة القصوى ونقصان المطيلية الى القيمة الدنيا...وان استعمال عملية التخمير تؤدي الى تقليل الصلادة مما يتيح فرصة للاستمرار في عمليات التشكيل على البارد

التخمير:

هو معاملة حرارية تجرى بدرجات حرارية معينة تؤدي الى تقليل الصلادة وزيادة المطيلية والتخلص من الاجهادات الداخلية. ويمر المعدن خلال عملية التخمير بثلاثة مراحل اساسية وكما ياتي:-

المراحل الاساسية لعملية التخمير

١. **مرحلة الاستعادة (ازالة الاجهادات الداخلية):**

تتم بدرجة حرارة منخفضة يتم فيها التخلص من الاجهادات الداخلية ويحصل تغيير طفيف في الخواص الميكانيكية

٢. **مرحلة اعادة التبلور:**

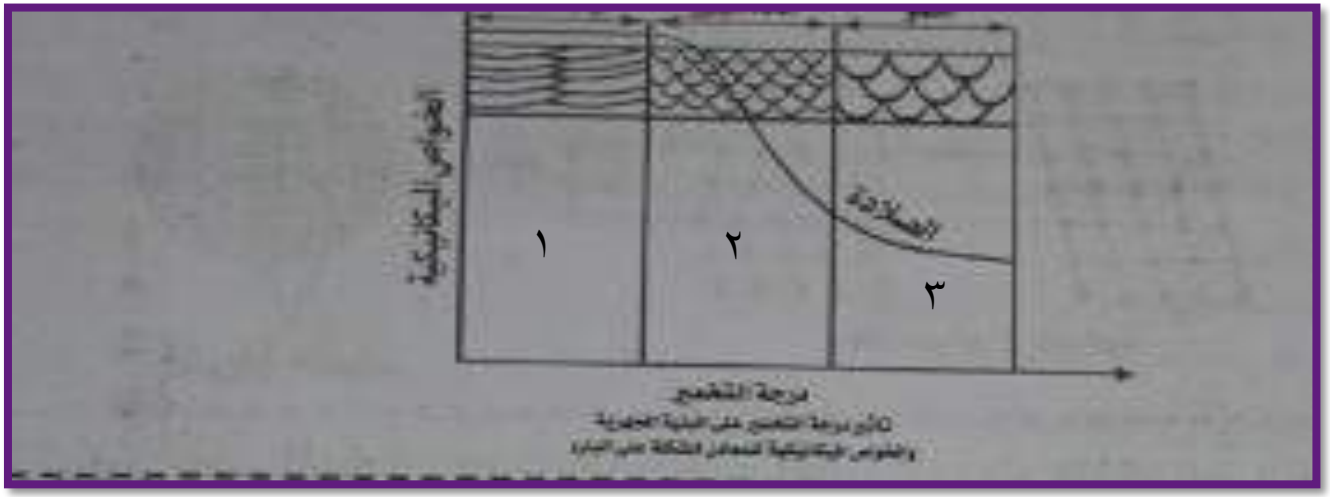
تتم بدرجة حرارة اعلى من المرحلة الاولى وفيها تحل حبيبات مضلعة جديدة محل الحبيبات المشوهة القديمة ويحدث تليين في المعدن

٣. **مرحلة النمو:**

تتم بدرجة حرارة اعلى من درجة المرحلة الثانية ويحصل فيها نمو للحبيبات بواسطة امتصاص الحبيبات الاقل استقرارا

تخمير المعادن المشكلة على البارد

الرسم التالي يوضح تاثير درجة التخمير على البنية المجهرية والخواص الميكانيكية للمعادن المشكلة على البارد



١- الاستعادة
٢- اعادة التبلور
٣- النمو

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي
أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- تخمير المعادن المشكلة على البارد
- مراحل التخمير

- الاستعادة
- اعادة التبلور
- النمو

المحتويات

- الاختبارات الميكانيكية
- تصنيف الاختبارات الميكانيكية
- اختبار الشد
- منحني الاجهاد - الانفعال
- انواع الكسر

الاختبارات الميكانيكية

هي مجموعة من الاختبارات تجرى لغرض تحديد او حساب عدد من الخواص الميكانيكية مثل (المتانة؛ الصلادة؛ المطيلية؛ المطاوعة؛ مقاومة الشد؛ مقاومة الكلال؛ مقاومة الزحف؛.....الخ.

تصنيف الاختبارات الميكانيكية

تصنف الاختبارات الميكانيكية الى مياتى:-

١. الاختبارات الاستاتيكية: تحميل بطئ وتدريجي....مثال الشد؛ الضغط؛ الانحناء

٢. الاختبارات الداينميكية: تحميل سريع ومفاجئ.....مثال الصدمة

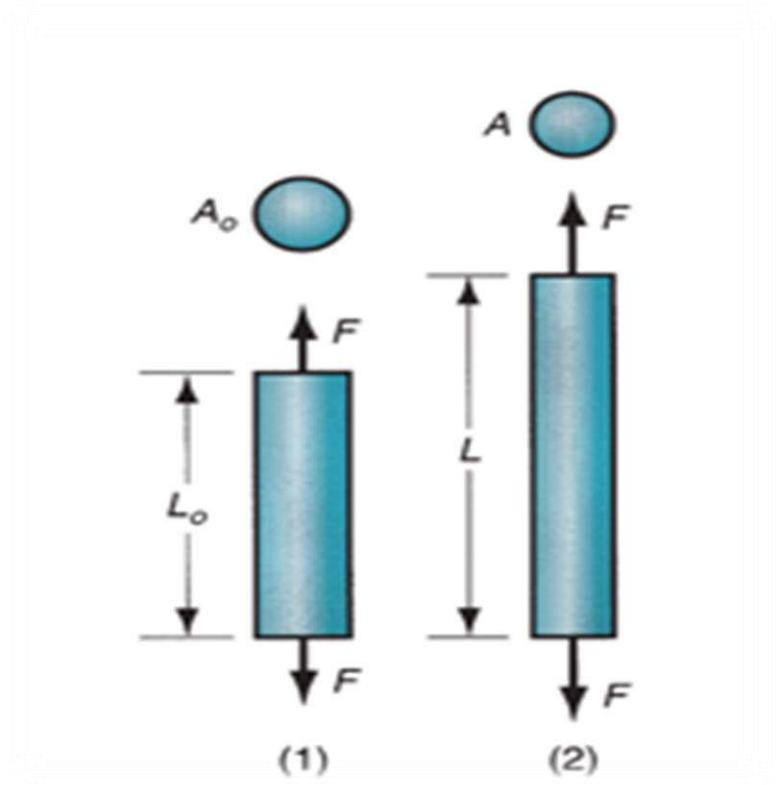
٣. الاختبارات المتكررة: تحميل متغير ومتكرر.....مثال الكلال

امثلة لبعض الاختبارات الميكانيكية

١. اختبار الشد
٢. اختبار الانضغاط
٣. اختبار الانحناء
٤. اختبار الصلادة
٥. اختبار القص
٦. اختبار الزحف
٧. اختبار الكلال
٨. اختبار الصدمات
٩. اختبار السحب العميق
٩. اختبار اللي

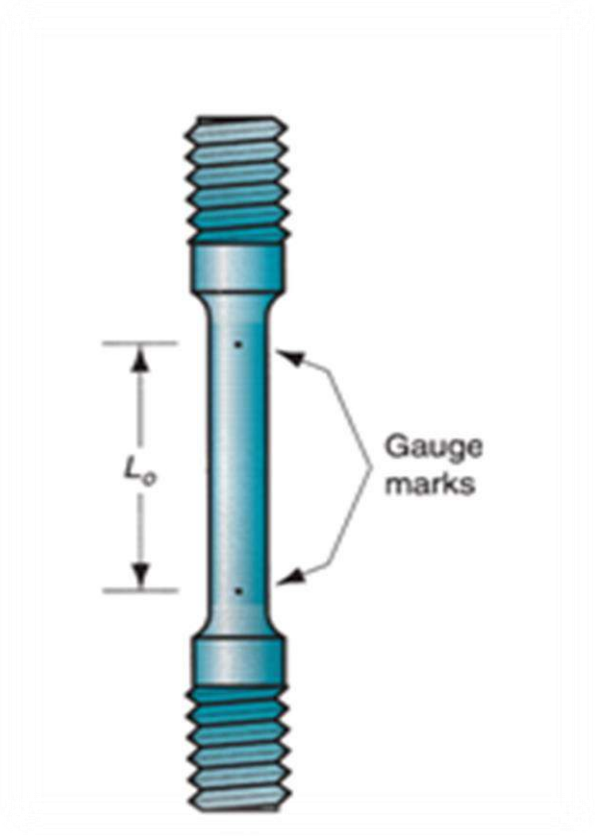
اختبار الشد (Tensile test)

فكرة الاختبار:



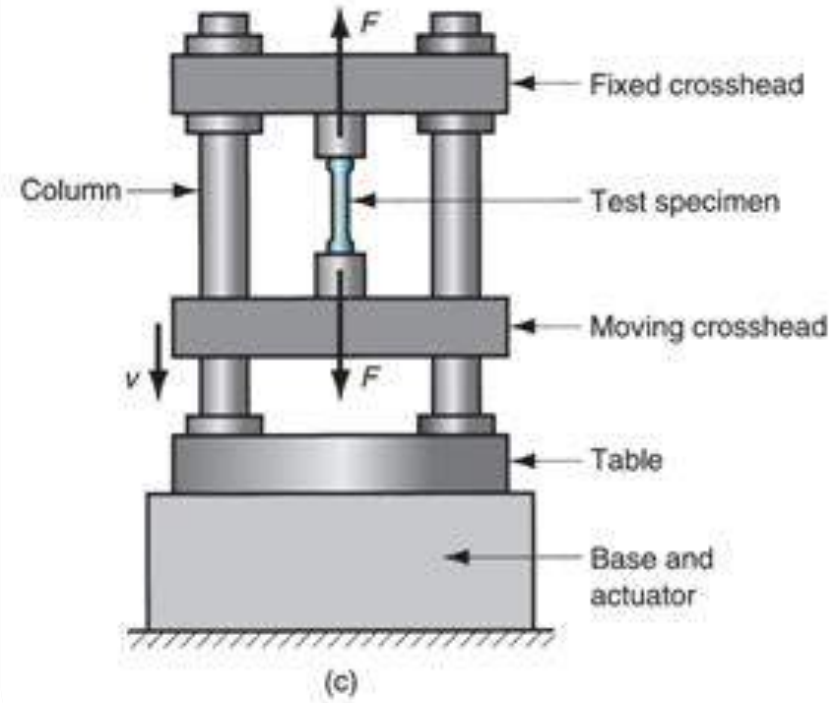
اختبار الشد (Tensile test)

عينة اختبار الشد:



اختبار الشد (Tensile test)

ماكنة اختبار الشد:



Tensile Test Sequence

(1) no load;

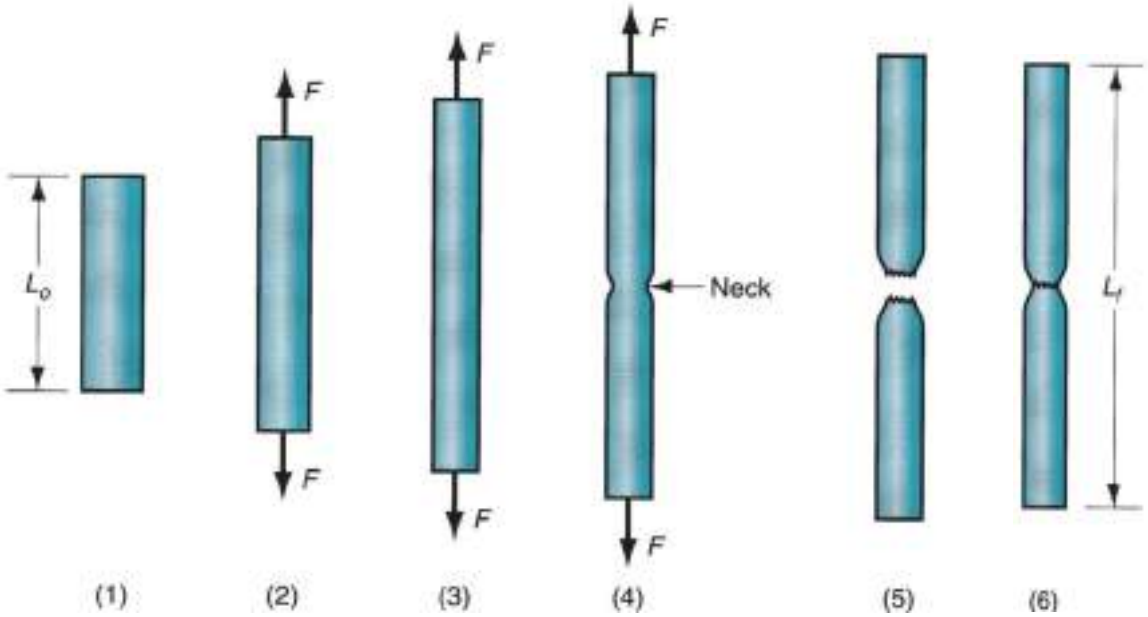
(2) uniform elongation and area reduction;

(3) maximum load;

(4) necking;

(5) fracture;

(6) putting pieces back together to measure final length



©2010 John Wiley & Sons, Inc.
M P Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing* 4/e

Engineering Stress(الاجهاد الهندسي)

Defined as force divided by original area:

$$\sigma_e = \frac{F}{A_o}$$

where σ_e = engineering stress,

F = applied force, and

A_o = original area of test specimen

©2010 John Wiley & Sons, Inc.
M P Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing* 4/e

Engineering Strain(الانفعال الهندسي)

Defined at any point in the test as

$$e = \frac{L - L_o}{L_o}$$

where e = engineering strain;

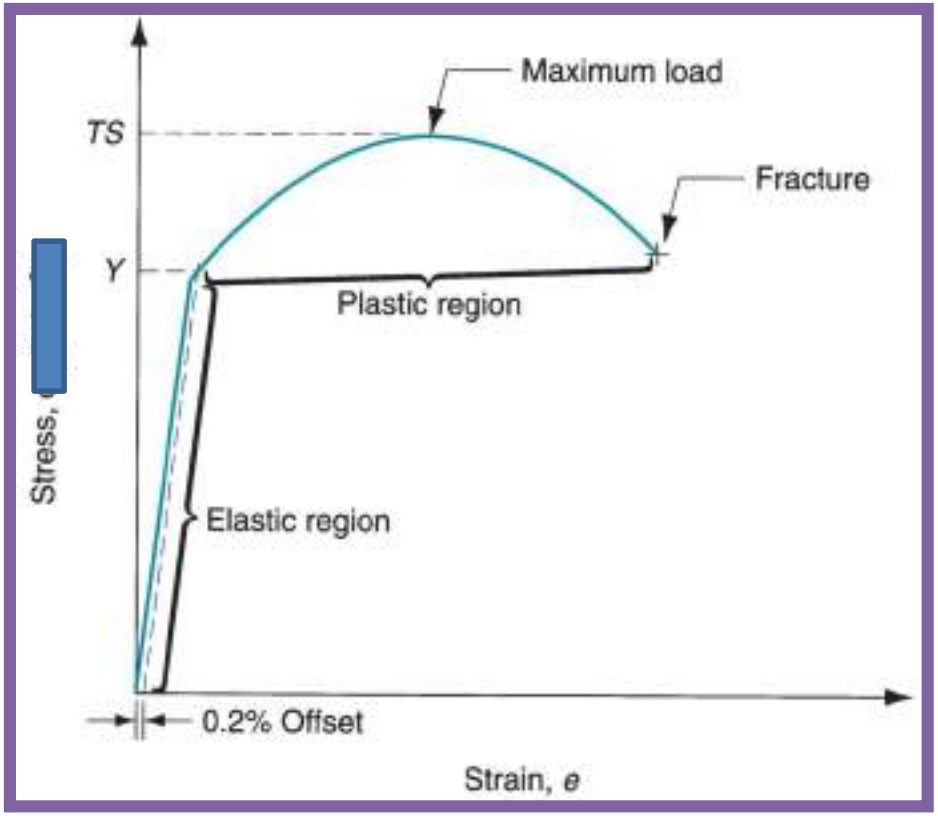
L = length at any point during elongation; and

L_o = original gage length

©2010 John Wiley & Sons, Inc.
M P Groover, ***Fundamentals of Modern Manufacturing*** 4/e

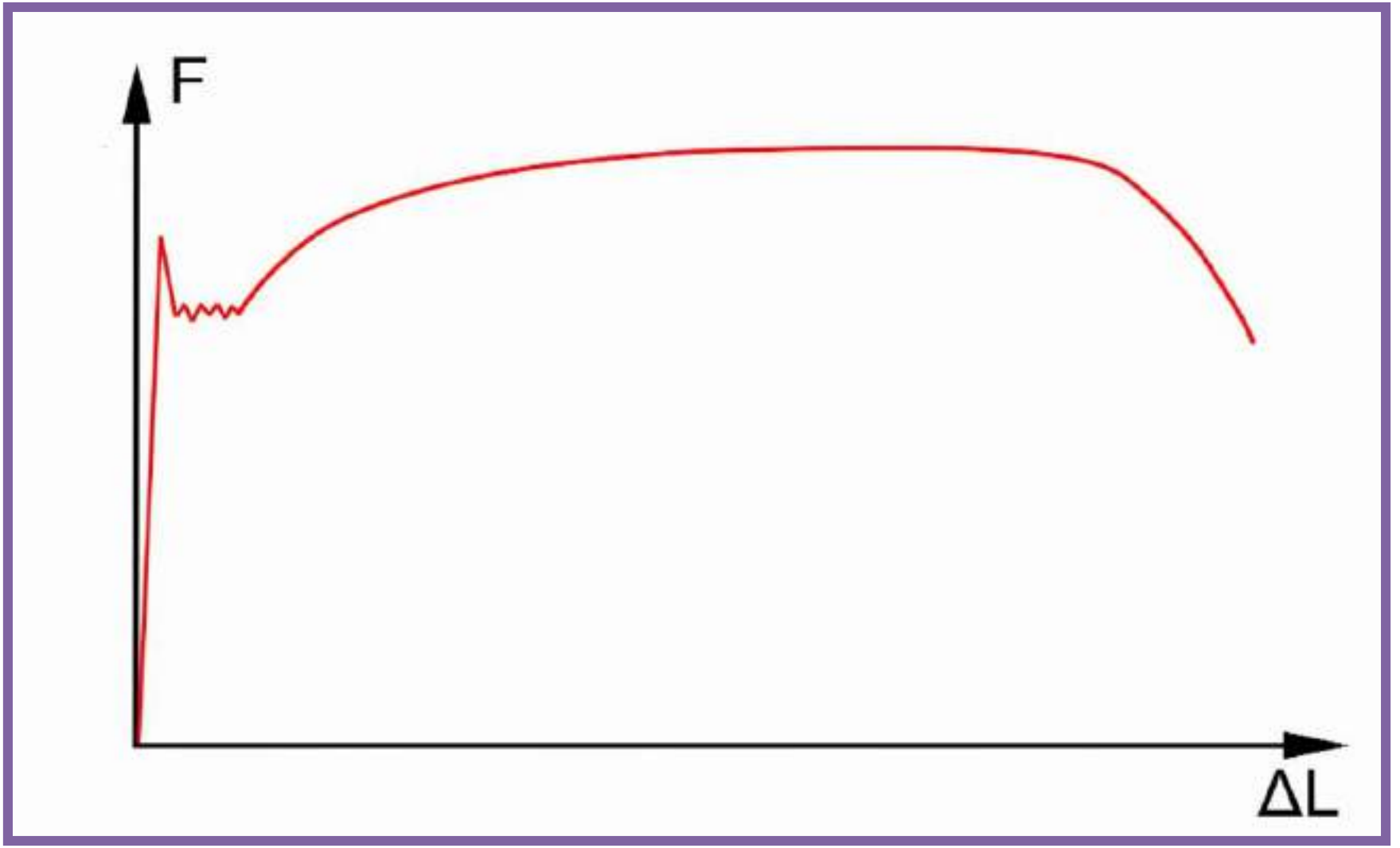
Stress-Strain Plot

- Typical engineering stress-strain plot in a tensile test of a metal
- Two regions:
  1. Elastic region
  2. Plastic region

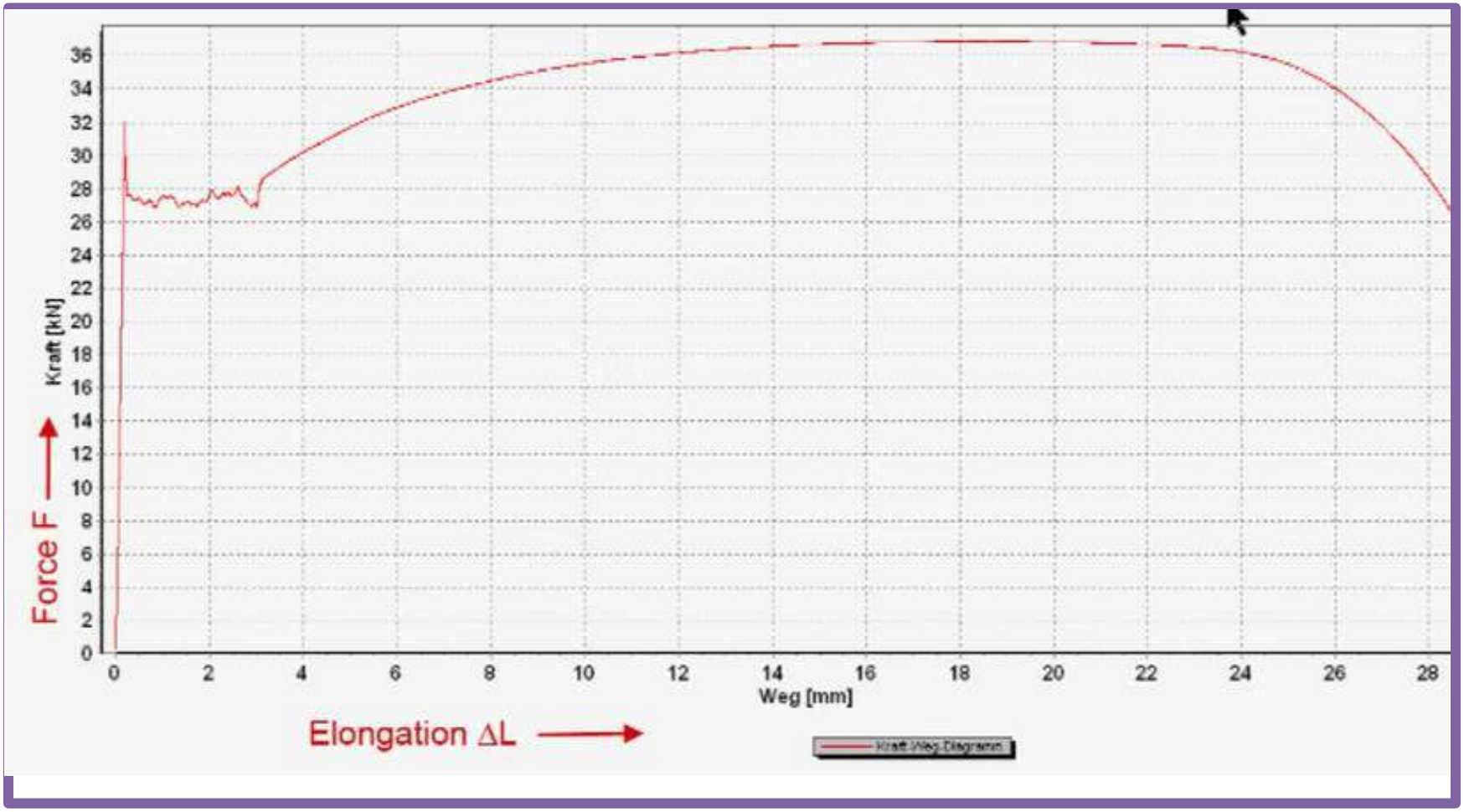


©2010 John Wiley & Sons, Inc.
M P Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing* 4/e

منحني الاجهاد-الانفعال؛ظهور نقطة خضوع على الرسم

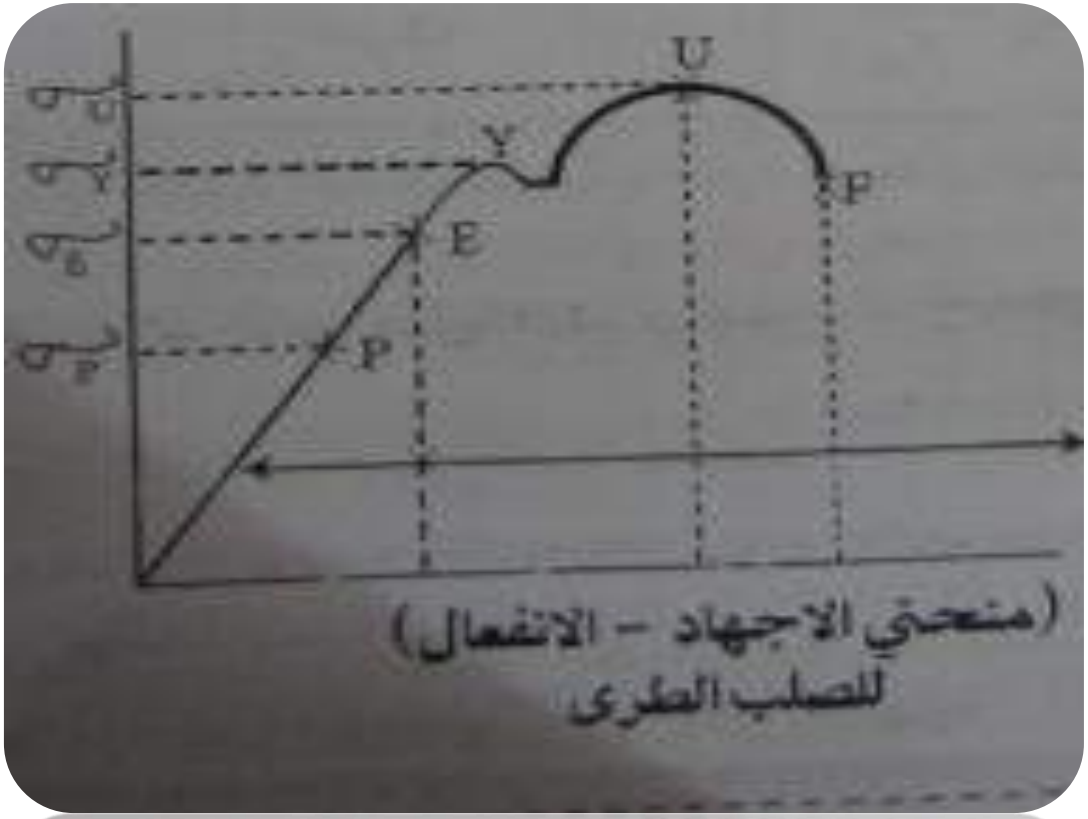


منحني الاجهاد-الانفعال؛ظهور نقطة خضوع على الرسم



اختبار الشد (Tensile test)

منحني الاجهاد-انفعال Stress- Strain:(S-S)



حساب الاجهاد على منحني (الاجهاد – الانفعال)

اجهاد التناسب (حد التناسب) $\sigma p = \frac{Fp}{Ao}$

اجهاد المرونة (حد المرونة) $\sigma e = \frac{Fe}{Ao}$

اجهاد الخضوع $\sigma y = \frac{Fy}{Ao}$

اجهاد الشد الاقصى $\sigma u = \frac{Fu}{Ao}$

اجهاد الكسر $\sigma F = \frac{Ff}{Ao}$

حساب المطيلية

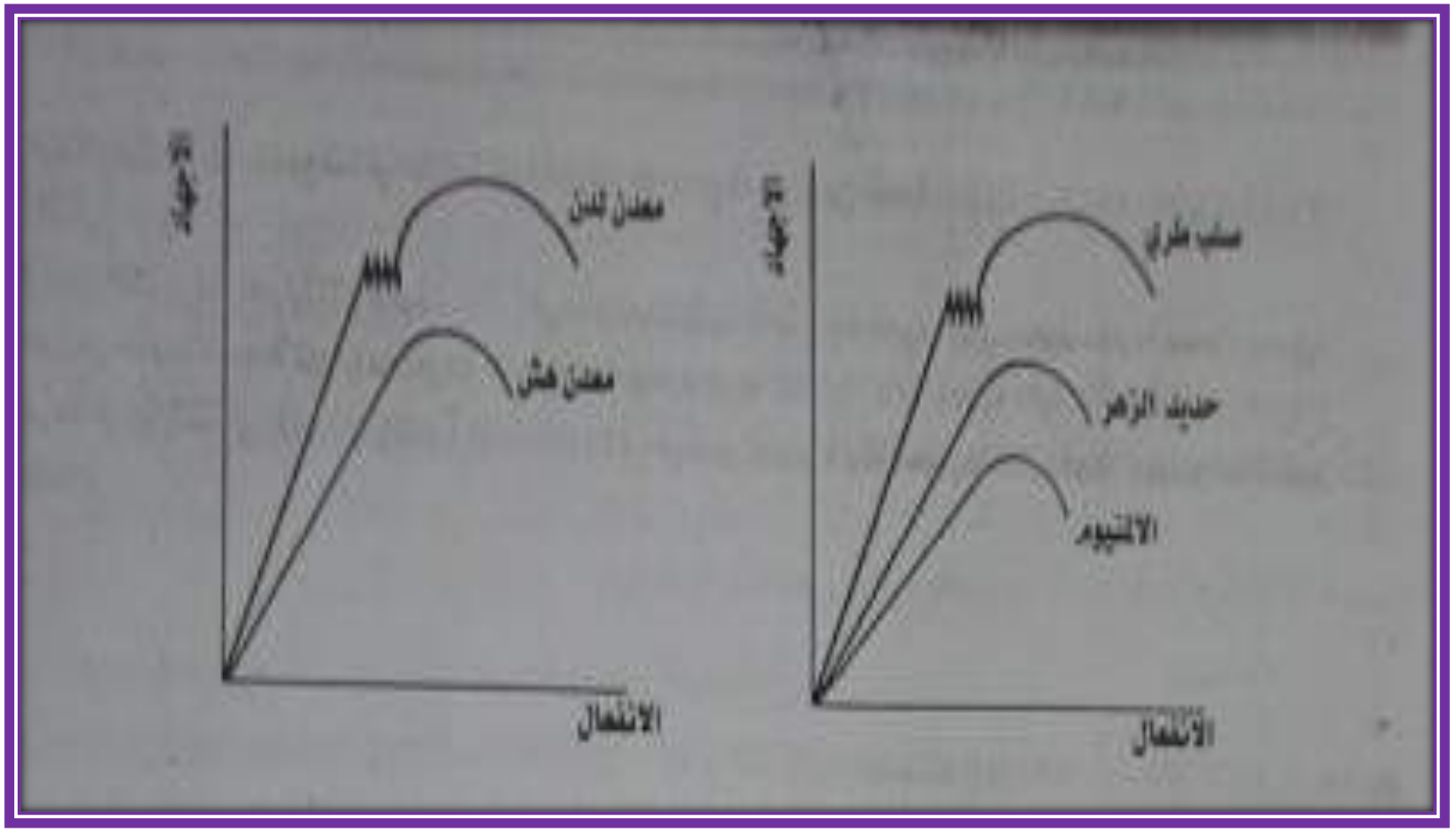
١. النسبة المئوية للتغير بالطول

$$S\% = \frac{Lf - Lo}{Lo} \times 100\%$$

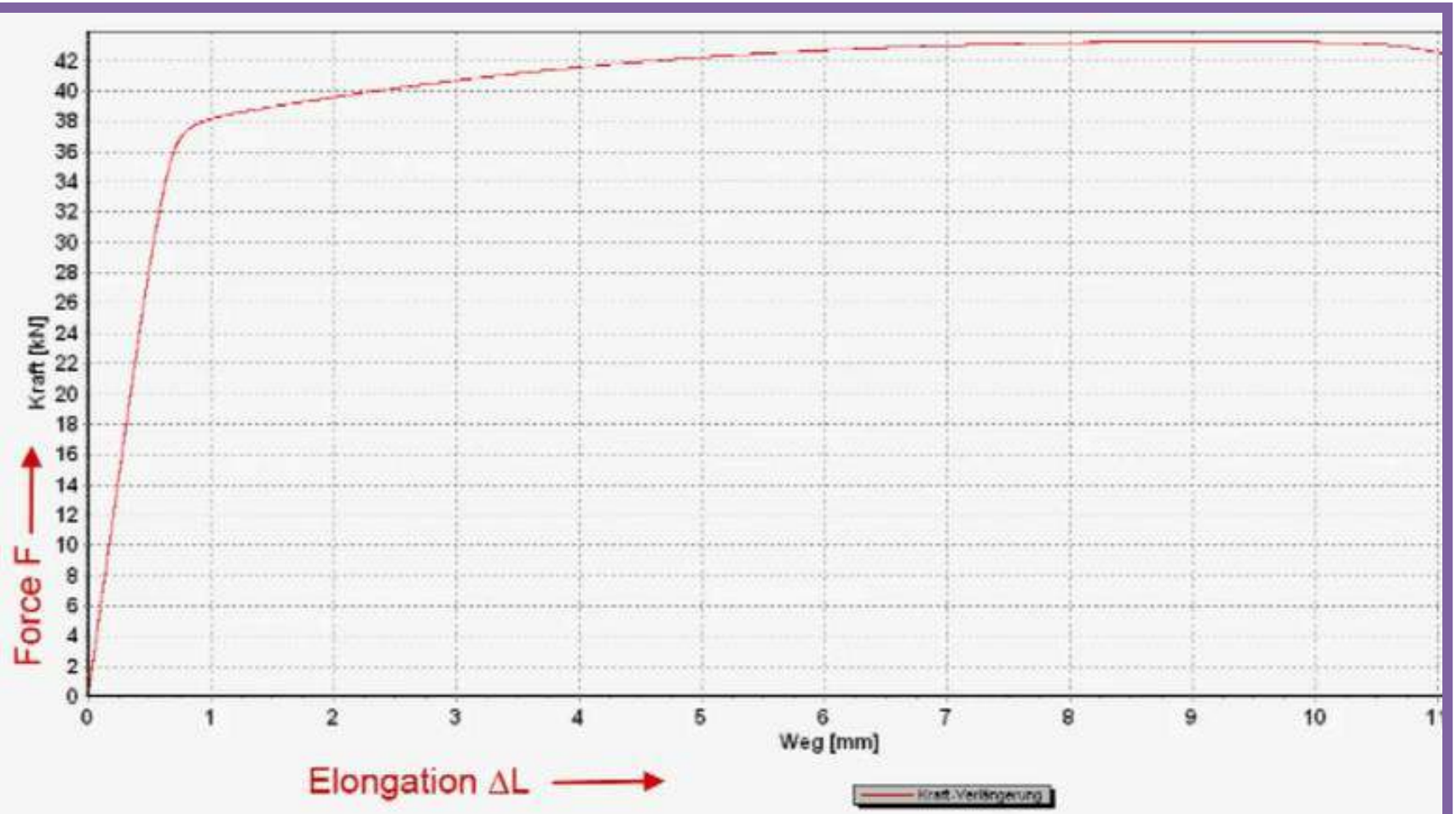
٢. النسبة المئوية للتغيير بمساحة المقطع

$$\frac{Ao - Af}{Ao} \times 100\%$$

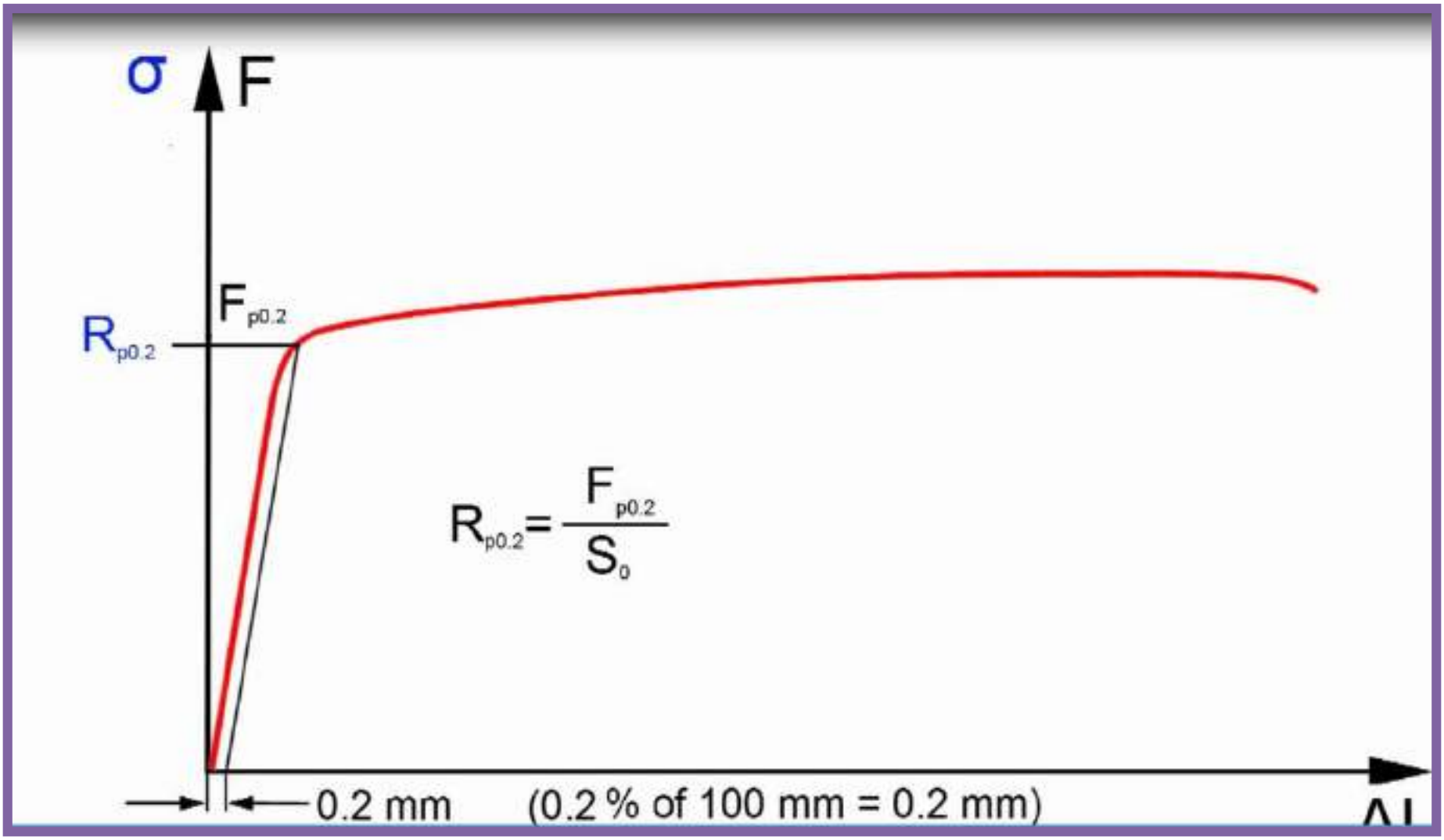
انواع مختلفة من منحنيات الاجهاد الانفعال

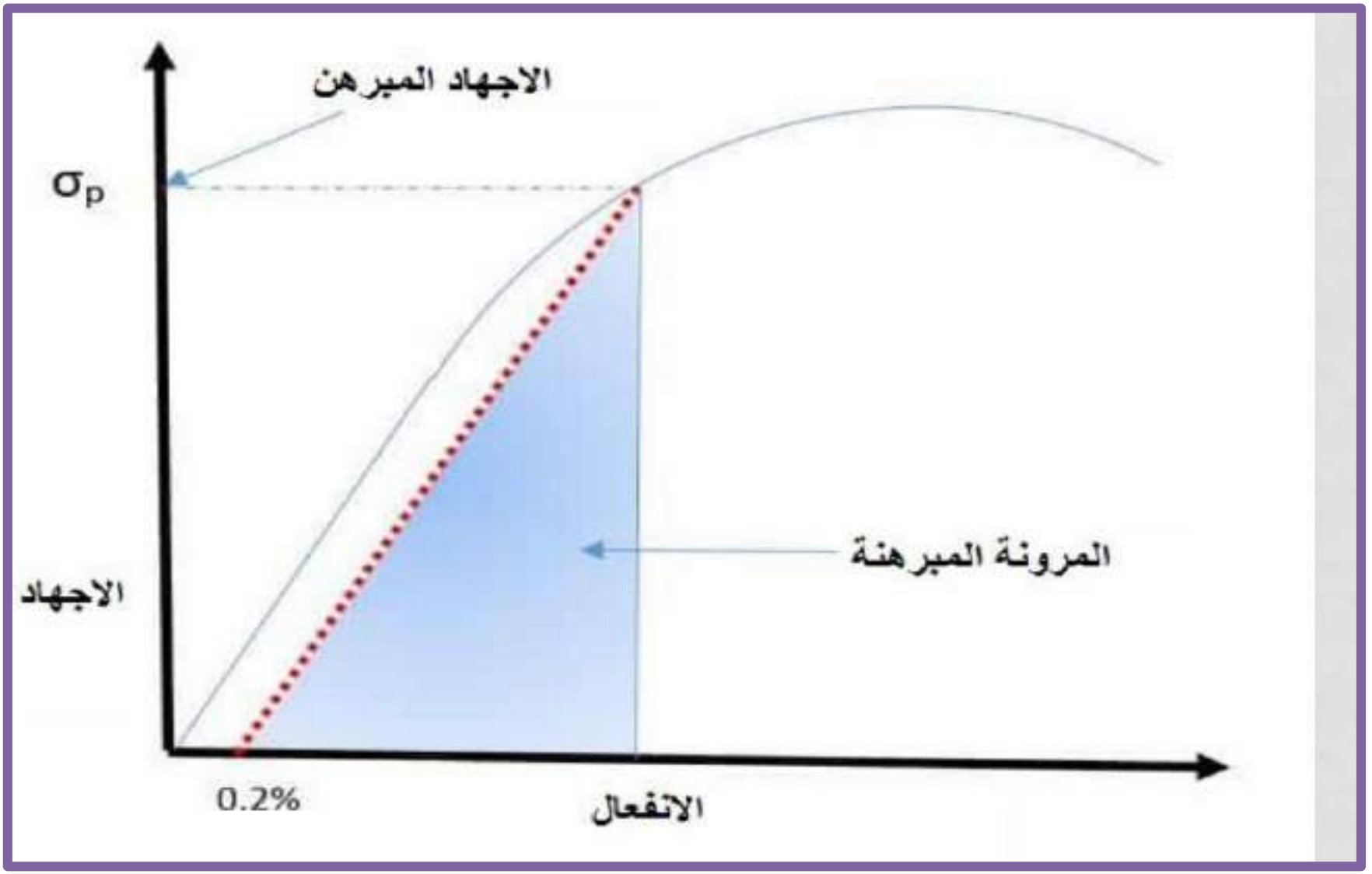


عدم ظهور نقطة خضوع على الرسم

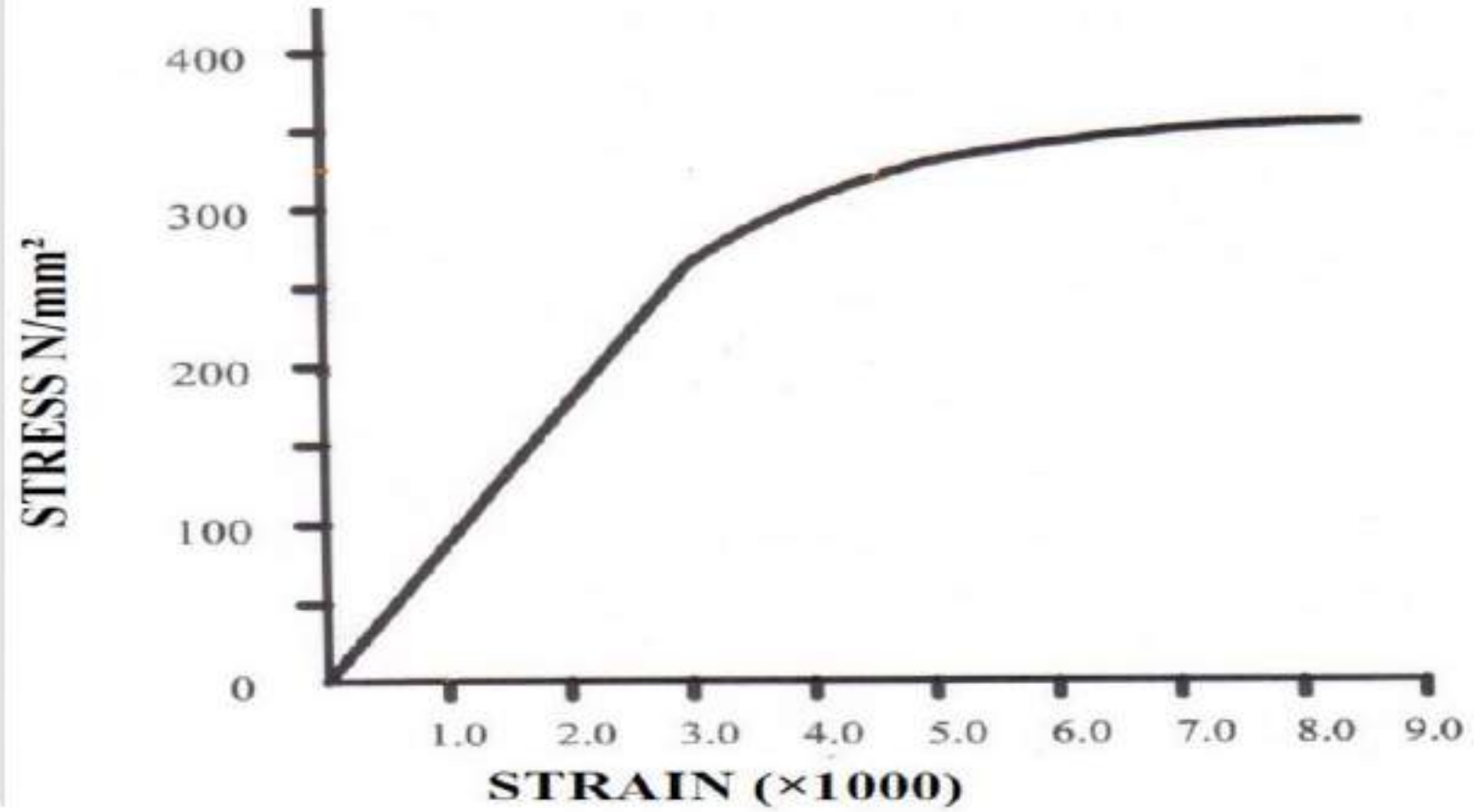


طريقة استخراج نقطة الخضوع في حالة عدم ظهورها على منحني الاجهاد ـ الانفعال




الاجهاد المبرهن
σ_p
المرونة المبرهنة
الاجهاد
0.2%
الانفعال

الواجب البيتي: استخرج اجهاد وانفعال الصمود للمخطط ادناه!



انواع الكسر

١. الكسر المطيلي: (Ductile Fracture)

لون المكسر معتم؛ فيه تشوه لدن؛ يحدث الفشل عبر الحبيبات

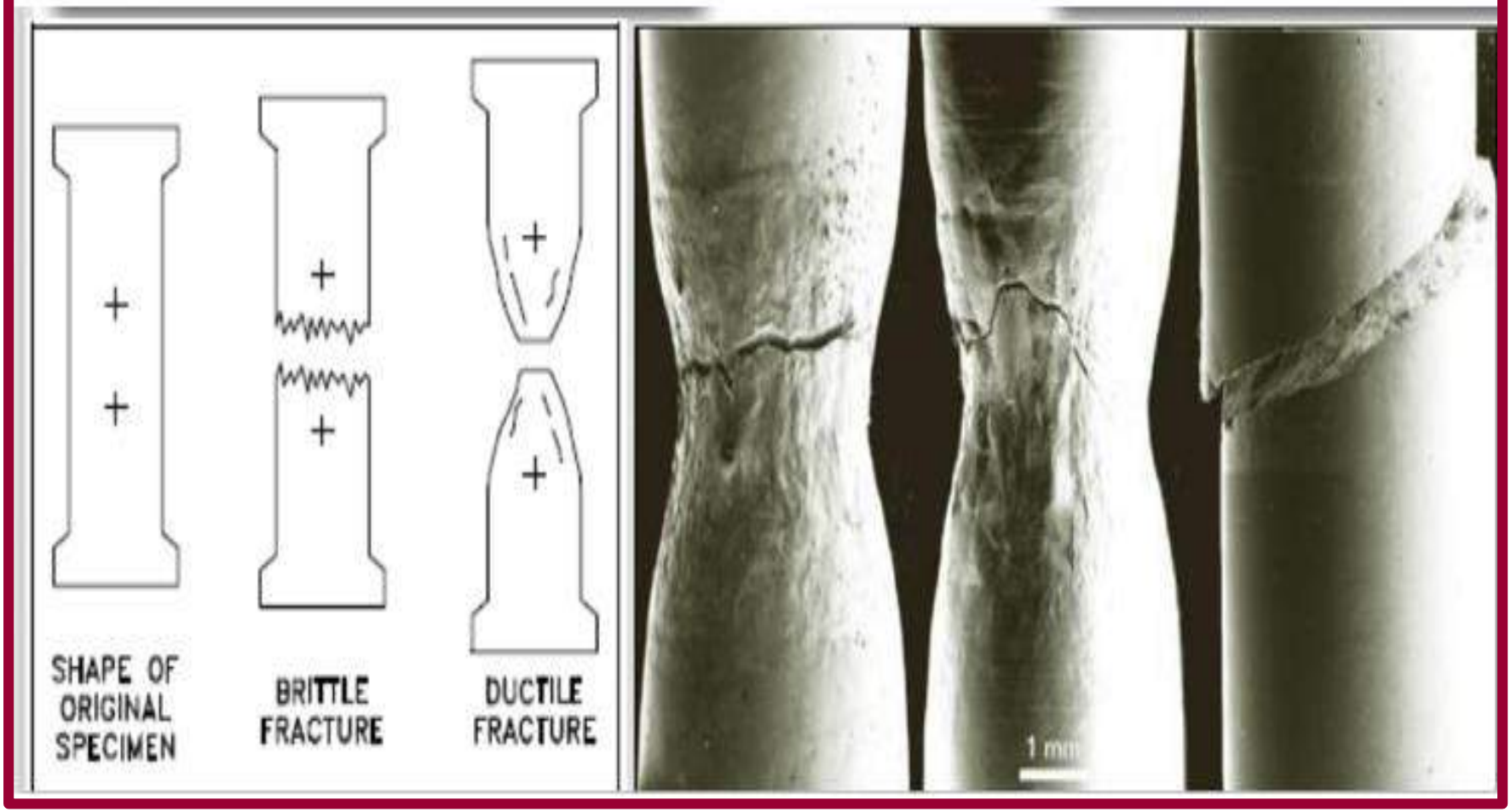
٢. الكسر الهش: (Brittle Fracture)

لون المكسر لامع براق؛ لايحدث فيه تشوه لدن؛يحدث الفشل عبر حدود الحبيبات (اي بانفصال حبيبات المعدن عن بعضها)

Brittle Fracture

Ductile Fracture

انواع الكسر

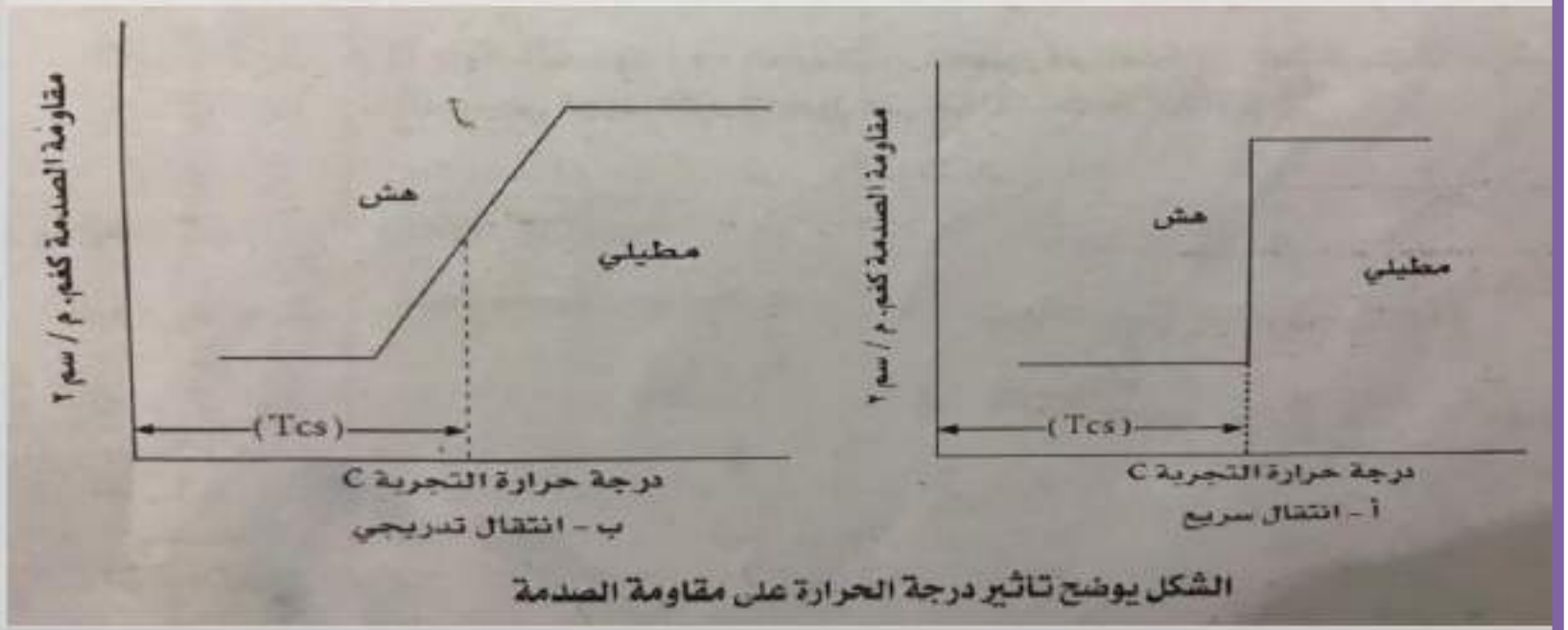

SHAPE OF ORIGINAL SPECIMEN
BRITTLE FRACTURE
DUCTILE FRACTURE
1 mm

تقصفية المادة

قابلية المعدن على الانتقال من الحالة المطيلية الى الحالة الهشة عند تغيير درجة الحرارة

وهناك درجة حرارية يتم فيها الانتقال ويتم تحديدها من خلال اختبار الصدمات

* لتعيين درجة حرارة الانتقال يتم اختبار مقاومة الصدمات عند درجات حرارية مختلفة, ثم رسم علاقة بين مقاومة الصدمة ودرجة الحرارة للحصول على المنحنيات ادناه.
* لتعيين درجة الحرارة الانتقالية (Tcs) نأخذ درجة الحرارة التي تعطينا 40% من مقاومة الصدمات للمادة



الشكل يوضح تاثير درجة الحرارة على مقاومة الصدمة

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- الاختبارات الميكانيكية
- تصنيف الاختبارات الميكانيكية
- اختبار الشد
- منحني الاجهاد-الانفعال
- انواع الكسر

المحتويات

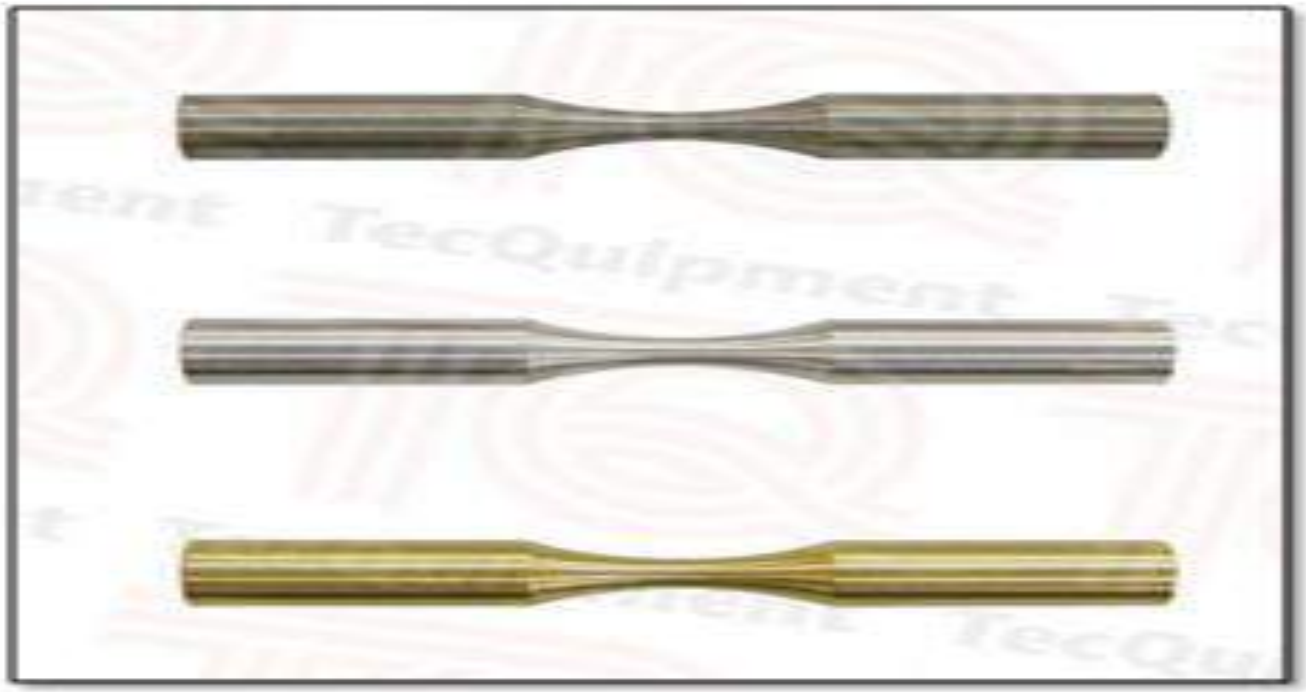
- مقدمة عن الكلال
- الية حدوث الكلال
- جهاز الكلال؛ عينة الكلال
- منحني الكلال
- مكسر عينة الكلال
- العوامل المؤثرة على حد الكلال

الكلال؛ التعب؛ الاعياء (Fatigue)

تعريف الكلال:

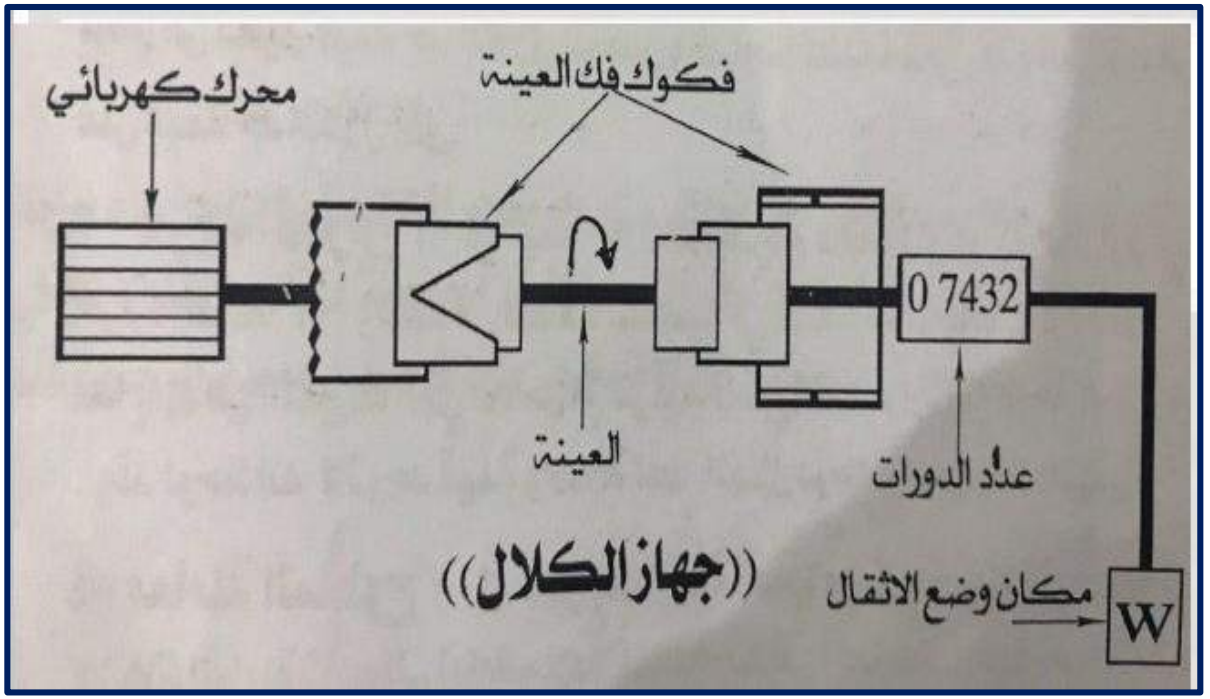
هو انهيار المادة تحت تاثير تسليط اجهادات متغيرة في المقدار؛ الاتجاه؛المقدار والاتجاه معا والاجهاد اللازم لانهيار المادة اقل من الاجهاد اللازم لانهيار المادة تحت تاثير تحميل استاتيكي ويساوي تقريبا (0.6) من اجهاد الخضوع او اجهاد الشد الاقصى. يشكل انهيار الكلال (90%) من الانهيارات التي تحصل قي وسائط النقل

عينة الكلال



عينة الكلال من معادن وسبائك مختلفة

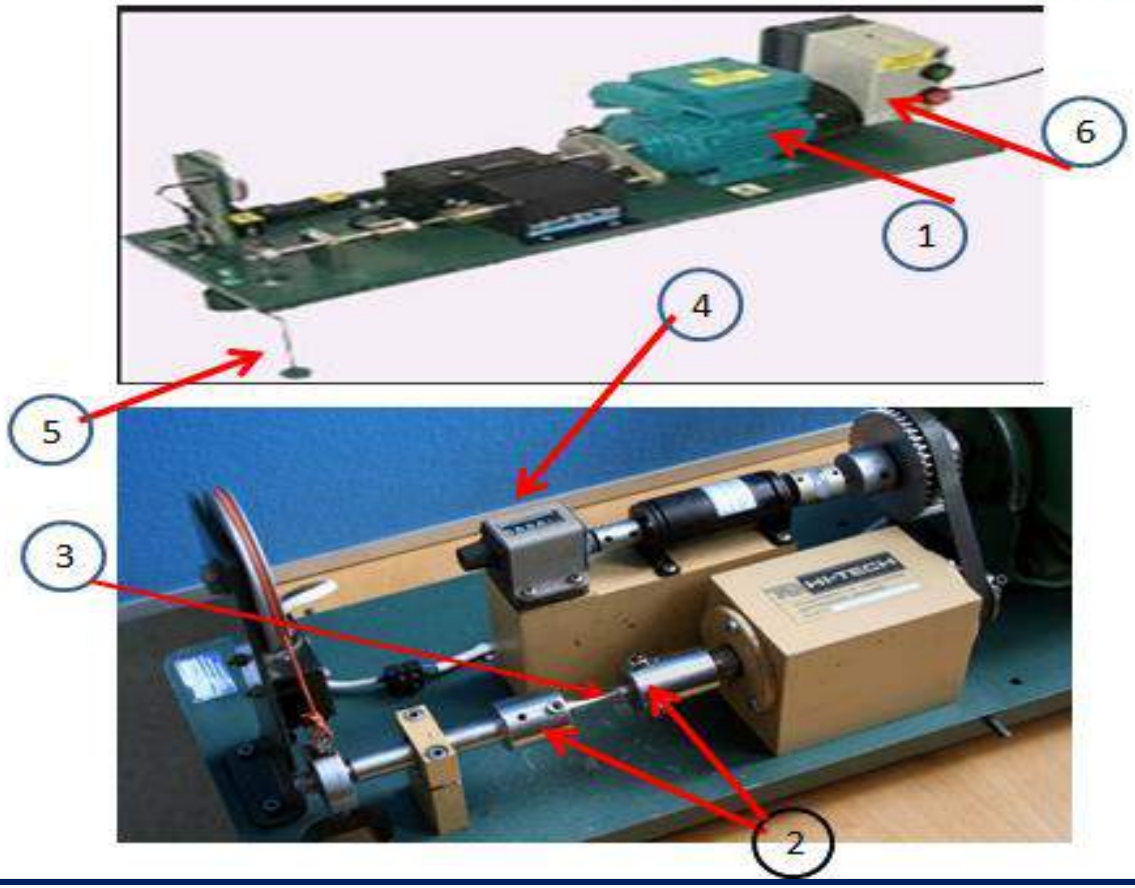
مخطط جهاز الكلال



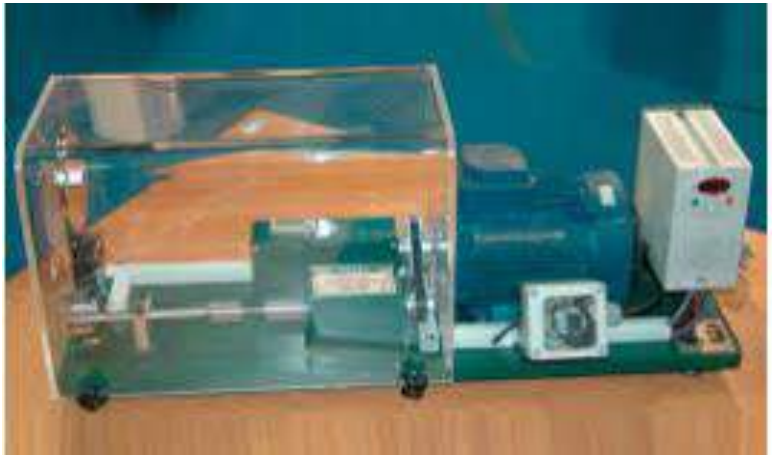
اجزاء جهاز الكلال

جهاز الكلال: يتكون جهاز الكلال من الاجزاء التالية:-

١. محرك كهربائي
٢. فكوك تثبيت العينة
٣. عينة الكلال القياسية
٤. عداد
٥. مكان وضع الاوزان
٦. On-off switch



نماذج من اجهزة الكلال بطريقة الانحناء الدوار



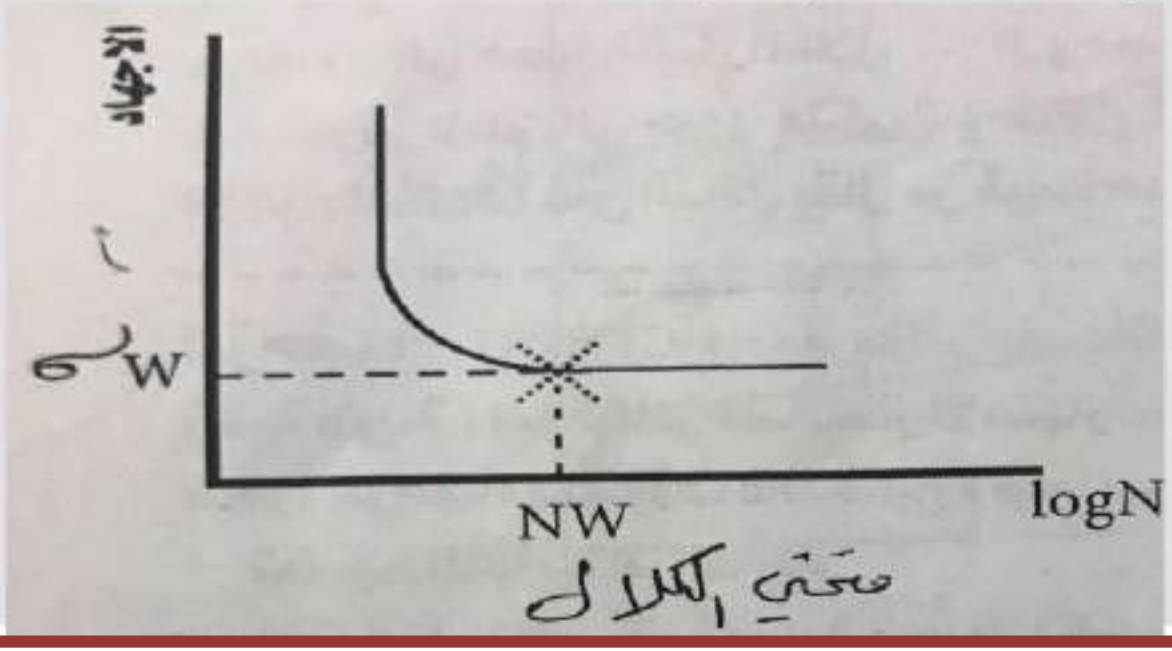
نماذج لحدوث الكلال في اجزاء مختلفة

منحني الكلال

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) (σW): الاجهاد الذي لا تتكسر عنده العينة مهما ازداد عدد الدورات.
2. الجزء الافقي: عدد الدورات (NW)

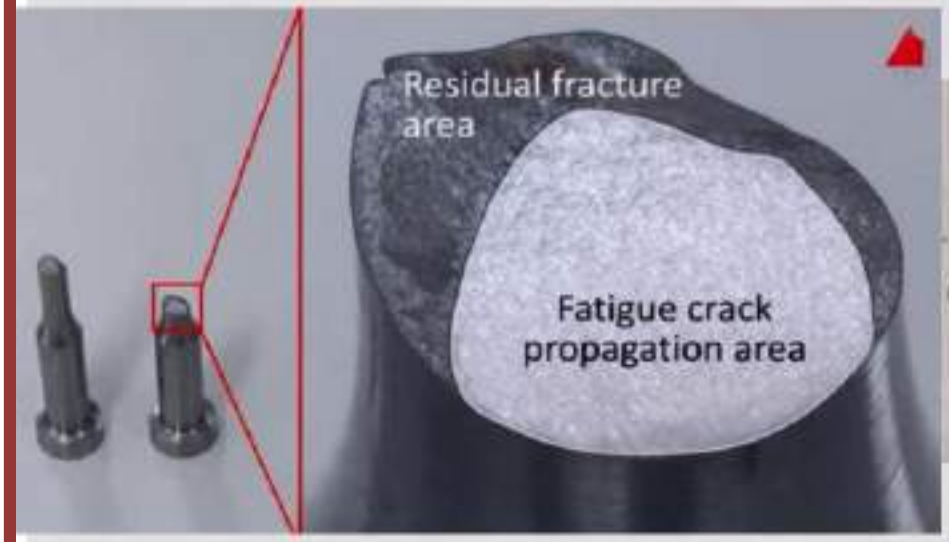


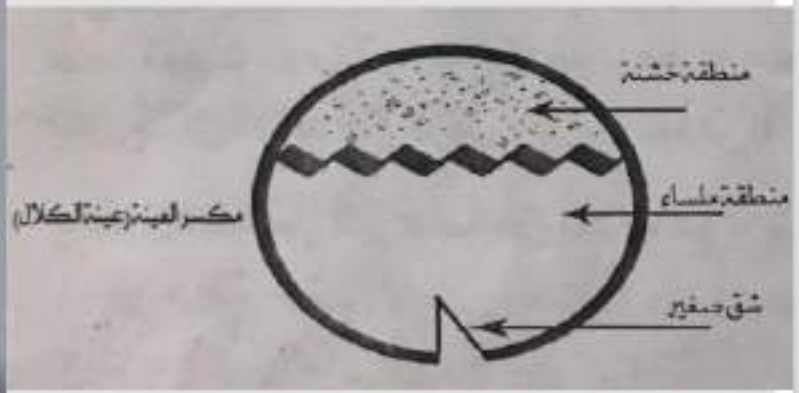
منحني الكلال

مكسر عينة 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)





العوامل المؤثرة على حد الكلال

١. التصميم وانجاز السطح
٢. الشوائب
٣. درجة الحرارة
٤. معاملة السطوح
٥. المحيطات المساعدة على التاكل

واجب بيتي

اكتب ملخص كيف تؤثر العوامل التالية على حد الكلال:

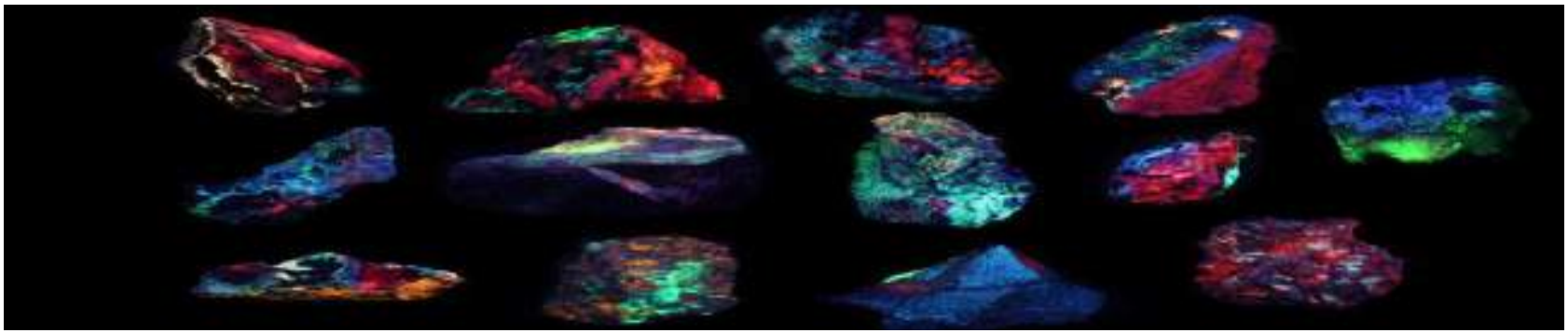
١. التصميم وانجاز السطح

٢. الشوائب

٣. درجة الحرارة

٤. معاملة السطوح

٥. المحيطات المساعدة على التاكل



شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- مقدمة عن الكلال
- الية حدوث الكلال
- جهاز الكلال؛ عينة الكلال
- منحني الكلال
- مكسر عينة الكلال
- العوامل المؤثرة على حد الكلال

المحتويات

- تعريف الزحف
- الية حدوث الزحف
- جهاز الزحف؛ عينة الزحف
- منحني الزحف
- طريقة استخراج حد الزحف
- المواد المقاومة للزحف

الزحف (Creep)

الزحف:

تشويه لدن بطئ يحصل تحت تاثير اجهاد ثابت ودرجة حرارة عالية ولفترة زمنية طويلة

فائدة دراسة ظاهرة الزحف:

يؤخذ الزحف بنظر الاعتبار عند تصميم الاجزاء التي تعمل تحت ضغط ودرجة حرارة عالية ودراسة ظاهرة الزحف مهمة وذات فائدة فيما يأتي:-

١. تصميم التوربينات الغازية
٢. اختيار المواد التي تستعمل في مصانع تكرير الزيت ومعامل توليد الطاقة الكهربائية والمصانع الكيمياوية
٣. في تصنيع الطائرات والصواريخ لان المواد التي تصنع منها تتعرض الى حرارة عالية اثناء الطيران او الاطلاق

الزحف في درجة حرارة الغرفة

يحدث الزحف في درجة حرارة الغرفة في المواد التالية فقط:-

١. **معدن الرصاص:**

يحدث تشويه على شكل استطالة ثم كسر

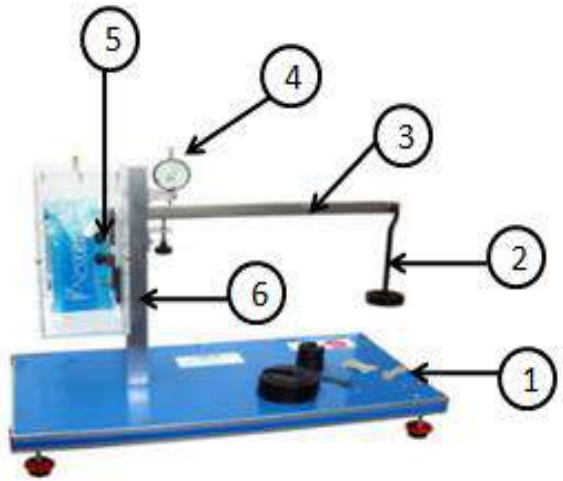
٢. **البوليمرات:**

يحدث تشويه على شكل استطالة فقط ولايحدث كسر

جهاز الزحف وعينة الزحف

عينة اختبار الزحف

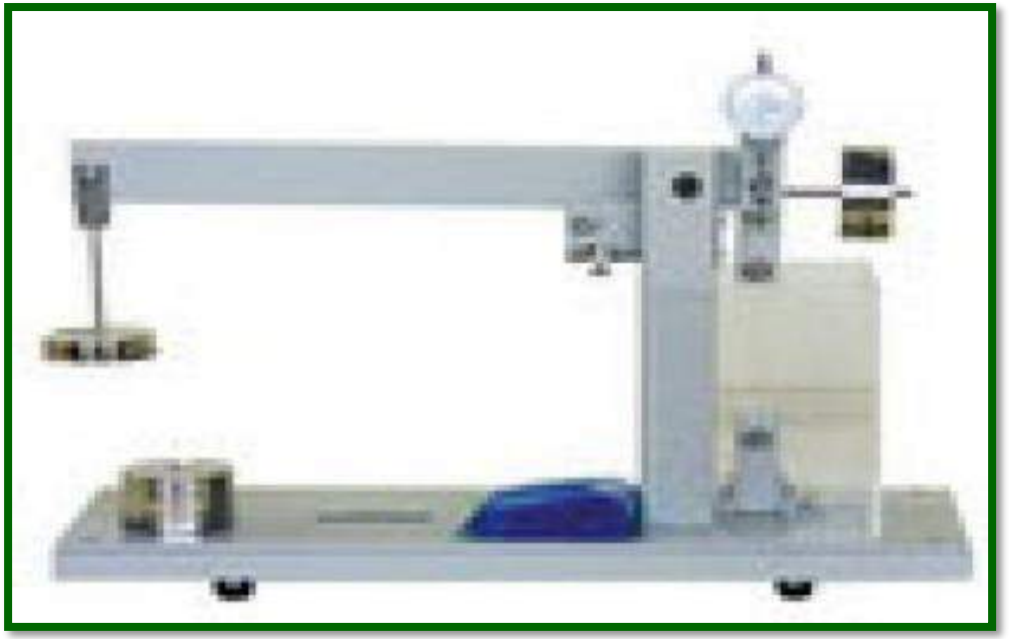
جهاز الزحف



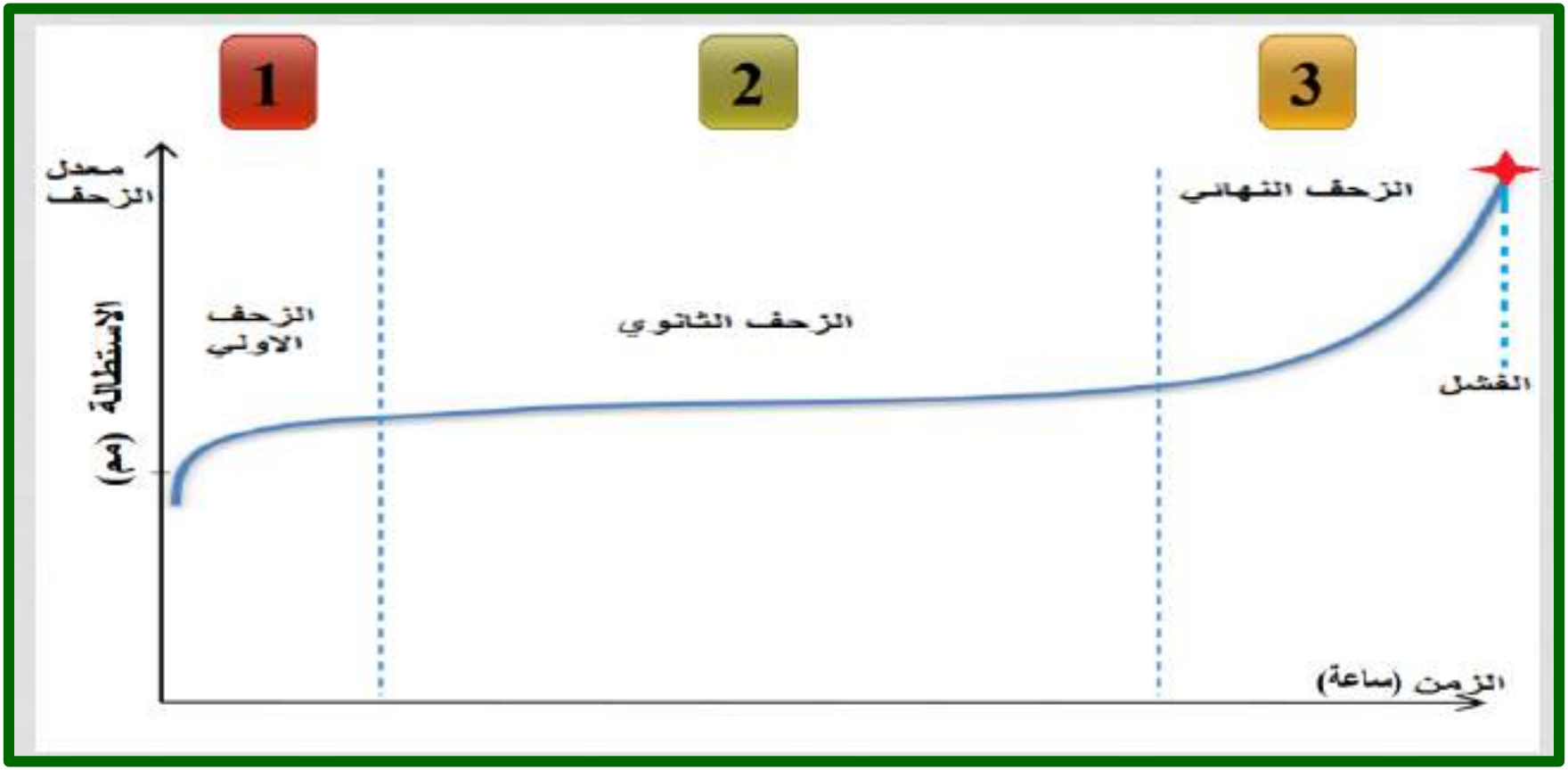
مكونات جهاز الزحف:

١. قاعدة الجهاز
٢. حامل الاثقال
٣. ذراع التحميل
٤. مقياس الاستطالة
٥. مكان تثبيت العينة
٦. ذراع حامل العينة

نماذج من اجهزة الزحف ـ لقياس ظاهرة الزحف في درجة حرارة الغرفة



منحني الزحف


1
2
3
معدل الزحف
الاستطالة (مم)
الزحف الاولي
الزحف الثانوي
الزحف الثهائي
الفشل
الزمن (ساعة)

مراحل الزحف

١. الزحف الاولي:يحدث فيه تشويه مرن ولدن

٢. الزحف الثانوي: يكون معدل الزحف ثابت

٣. الزحف النهائي: تحصل فيه استطالة وينتهي بكسر العينة

تعريف حد الزحف

حد الزحف:

هو اكبر اجهاد يمكن تسليطه لفترة زمنية طويلة عند درجة حرارة ثابتة بحيث لايتعدى معدل الزحف عن قيمة محددة

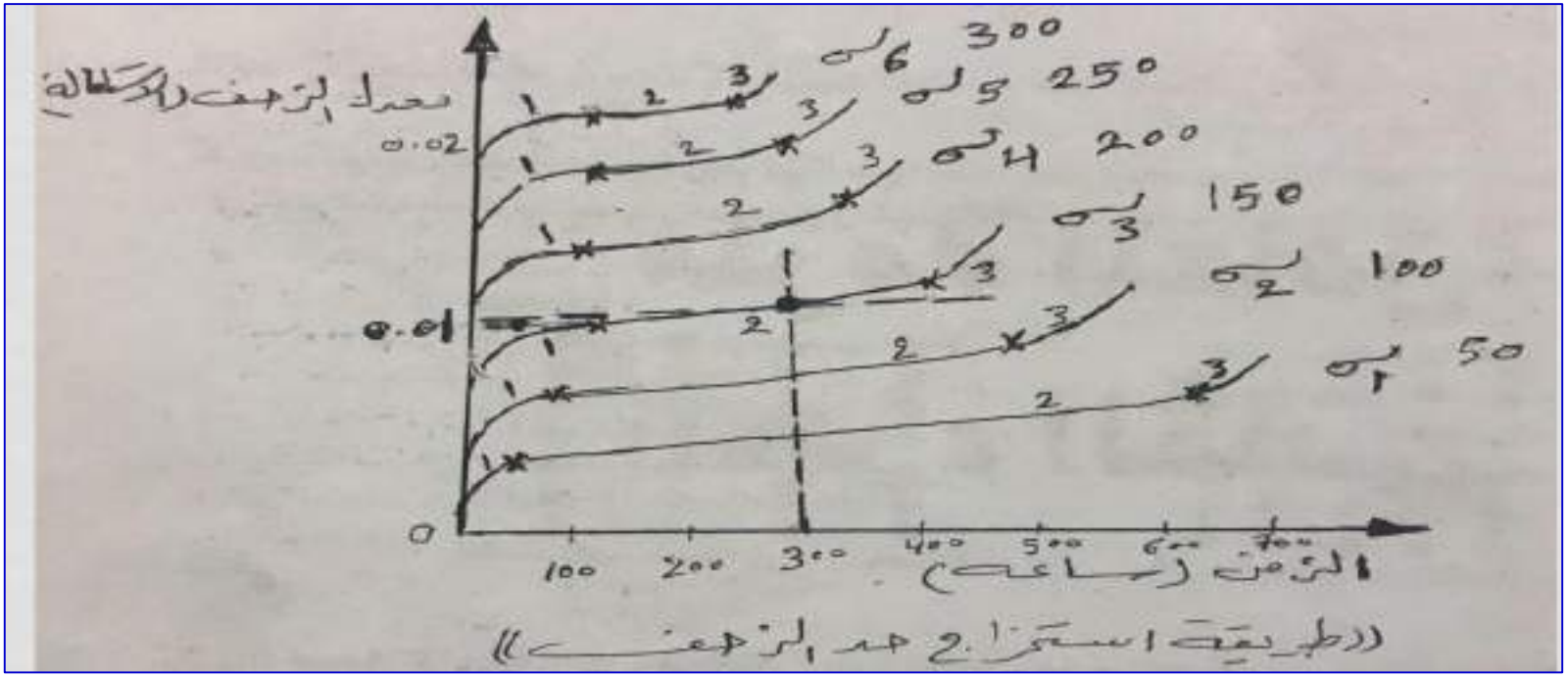
طريقة حساب حد الزحف

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

مثال حول استخراج حد الزحف

ماهو الاجهاد الذي يمكن تسليطه لفترة (300) ساعة عند درجة حرارة (100) مº بحيث لايتعدى معل الزحف (الاستطالة) عن (0.01%) ؟



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

خواص السبائك المقاومة للزحف

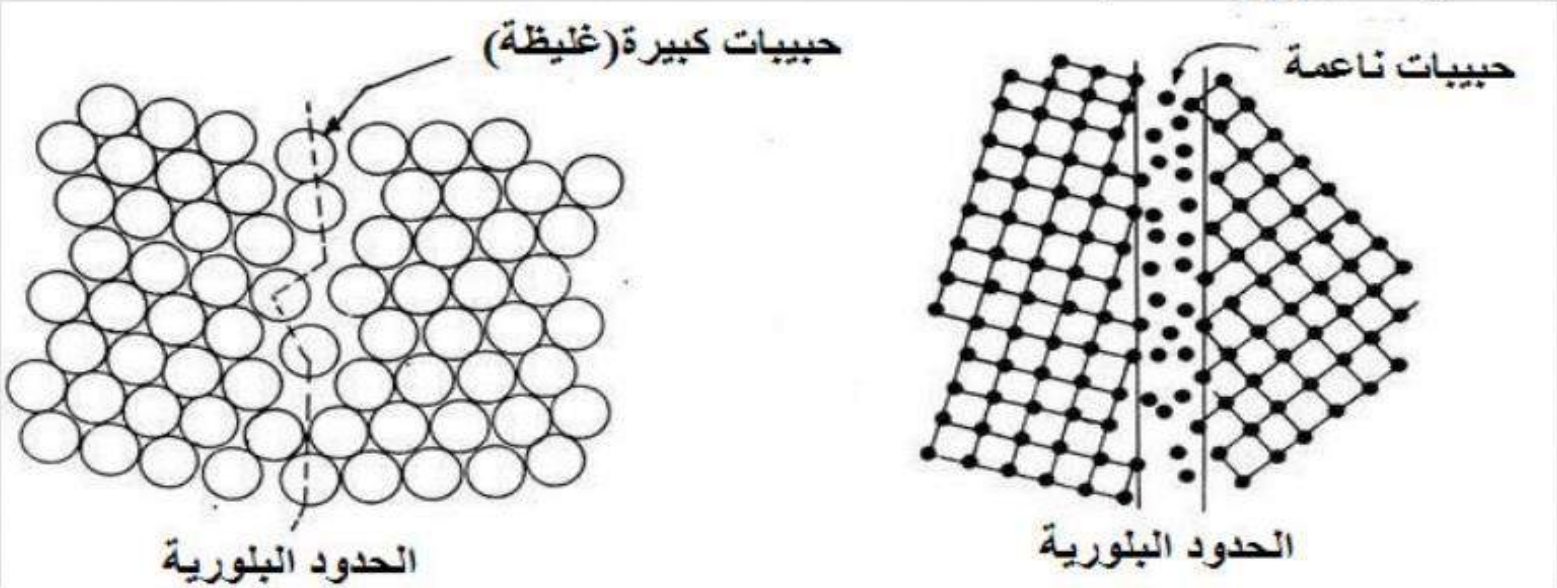
١. تحتوي على اعاقة لحركة الانخلاعات

٢. تحتوي على حبيبات غليظة

خواص السبائك المقاومة للزحف

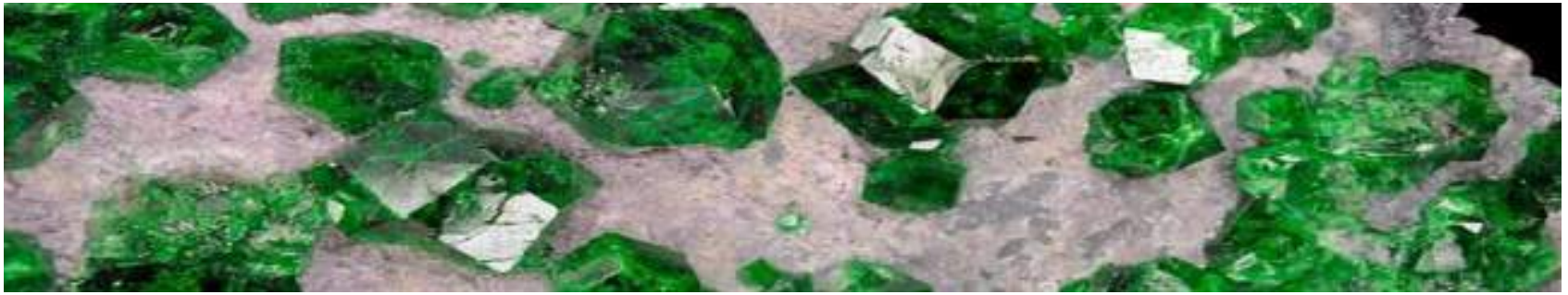
❖يكون المعدن الذي يحتوي على حبيبات غليظة اكبر مقاومة للزحف من المعدن الذي يحتوي على دقائق دقيقة!!

يعود السبب الى سهولة انزلاق الحدود البلورية الدقيقة (الناعمة) مقارنة بالحدود البلورية الغليظة.



واجب بيتي

تكلم عن خواص السبائك المقاومة للزحف



شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- مقدمة عن الزحف
- الية حدوث الزحف
- جهاز الزحف؛ عينة الزحف
- منحني الزحف
- المواد المقاومة للزحف

المحتويات

- تعريف السبيكة
- مكونات السبائك في الحالة الصلبة:-
- المحلول الجامد؛ الخليط الميكانيكي؛ المركب الكيميائي
- قاعدة الاطوار
- مخططات الاتزان (التوازن) الحراري
- طرق رسم مخططات التوازن الحراري

السبائك (Alloys)

تعريف السبيكة:

خليط من عنصرين او اكثر يتم تكوينها لتحسين خواص موجودة او اضافة خواص جديدة

وتسمى حسب عدد المكونات الداخلة في تركيبها:

(ثنائية؛ ثلاثية؛ رباعية؛.....الخ)

مكونات السبائك في الحالة الصلبة

١. **الخليط الميكانيكى:**

هو خليط من الاطوار المنفصلة للعناصر المكونة للسبيكة لاتذوب في بعضها البعض في الحالة الصلبة مثال على ذلك سبيكة

(الالمنيوم - سليكون) (AL-SI)

٢. **المحلول الجامد:**

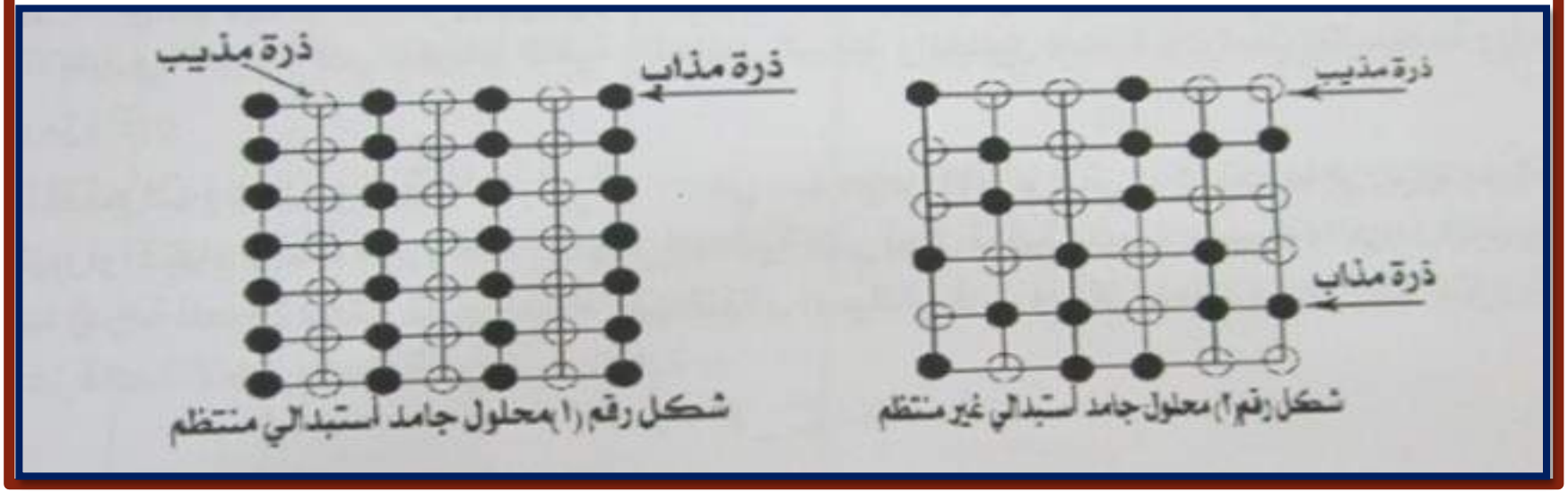
١. يتميز عن الخليط الميكانيكي بكونه وحيد الطور (اي له شبكة بلورية واحدة) والعناصر المكونة للسبيكة تذوب في بعضها البعض طالما كانت اوزانها النوعية متساوية او شبه متساوية ويوجد نوعان من المحاليل الجامدة وكما ياتي:-

مكونات السبائك في الحالة الصلبة

أ- محاليل جامدة احلالية (استبدالية): ويوجد فيها نوعان

- محلول جامد استبدالي منتظم
- محلول جامد استبدالي غير منتظم

وكما موضح في الشكل التالي:-

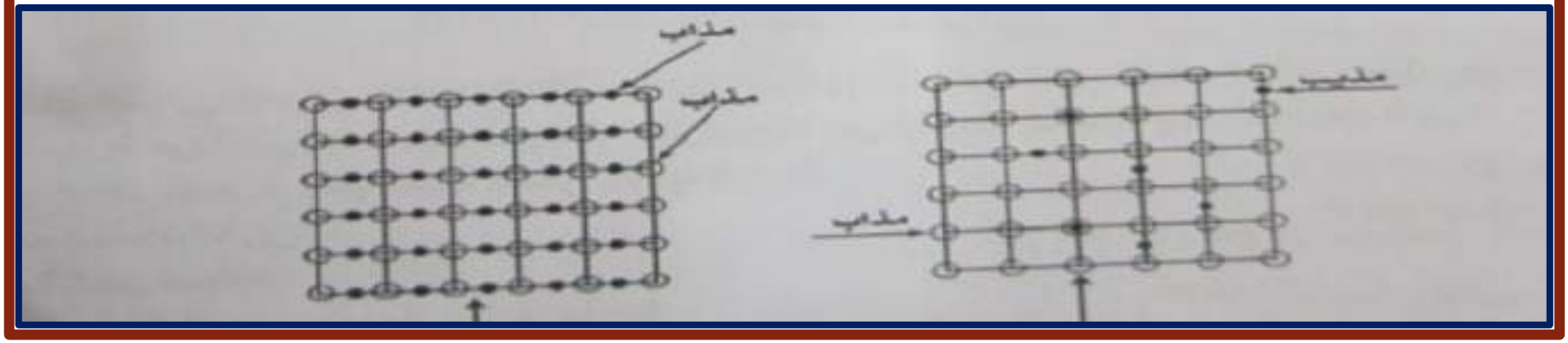


مكونات السبائك في الحالة الصلبة

ب. محاليل جامدة بينية (تغلغلية):

في هذا النوع من المحاليل تكون ذرات العنصر المذاب صغيرة في الحجم بالنسبة لذرات العنصر المذيب لذلك فانها تحتل موضع بيني بين الذرات الاخرى ومن الامثلة على ذرات العنصر المذاب هي:-

- ذرات الكربون (C)
- ذرات الليثيوم (Li)
- وممكن ان تتواجد المحاليل الجامدة باوضاع مختلفة (منتظمة وغير منتظمة) وكما في الشكلين التاليين:-

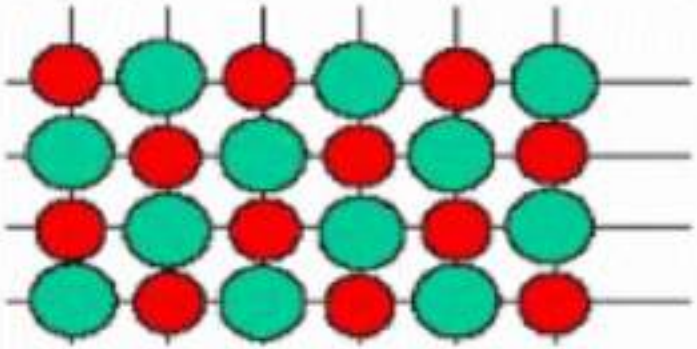


مكونات السبائك في الحالة الصلبة

يقسم المحلول الجامد الى :

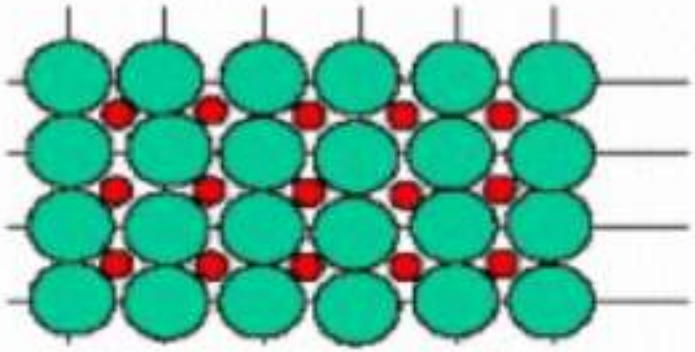
1. محاليل جامدة استبدالية (احلالية)
2. محاليل جامدة بينية (تغلغلية)

محاليل استبدالية



e.g., Ni_3Al (hi-T yield strength), $Al_3(Li,Zr)$ (strengthening)

محاليل تغلغلية



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

مكونات السبائك في الحالة الصلبة

٣. المركبات الكيميائية: تتكون المركبات الكيميائية بين عناصر السبيكة التي تكون متباعدة في الجدول الدوري حيث تتكون مركبات كيميائية تختلف في خواصها عن العناصر الداخلة في تركيبها وتقسم المركبات الكيميائية الى نوعين:-

أ- **مركبات كيميائية تتبع قانون التكافؤ:-** وهي مركبات معدنية لها تركيب معين ونقطة انصهار محددة وتخضع لقانون التكافؤ الاعتيادي مثال على هذة المركبات (Mg_2Sn)

ب- **مركبات الكترونية:** وهي مركبات معدنية لاتخضع لقانون التكافؤ وقسم الى ثلاثة اصناف حسب النسبة التالية:-

$$\frac{\text{مجموع الكترونات التكافؤ في كل المركب}}{\text{عدد الذرات الكلي في المركب}}$$

قاعدة الاطوار Phase Rule

هي علاقة رياضية تربط بين الاطوار والمكونات والعوامل الداخلية والخارجية للمجموعة الموجودة في حالة اتزان وفيما يلي بعض التعريفات التي لها علاقة بقاعدة الاطوار:-

١. **النظام:** هو مجموعة المكونات والاطوار الموجودة في حالة اتزان وقد يكون النظام بسيط مثل نظام الرصاص النقي او يكون بشكل سبيكة ثنائية او ثلاثية..... الخ

٢. **المكونة (Content):** هي كل جزء مكون للنظام على شكل عنصر او مركب مثلا مكونات النظام (Ni-Cu) هي النحاس والنيكل ويرمز لعددالمكونات بالرمز (C)

٣. **الطور (Phase):** هو كل جزء في النظام يفصله عن الاجزاء الاخرى سطح انفصال والاطوار يمكن ان تكون صلبة او سائلة او غازية اما الاطوار في السبائك فهي المكونات النقية والمحاليل السائلة والمحاليل الصلبة والمركبات الكيميائية ويرمز لعدد الاطوار بالرمز (P)

قاعدة الاطوار Phase Rule

٤. **عدد المتغيرات او (عدد درجات الحرية):**

هي عدد عوامل الاتزان التي يمكن تغييرها في حدود معينة دون ان تؤدي الى ظهور او اختفاء لاحد الاطوار وتحدد بالعوامل الداخلية والتي تمثل تركيز مكونات السبيكة والعوامل الخارجية التي تمثل الضغط ودرجة الحرارة ويعتبر تأثير الضغط على النظام السبائكي قليل لذلك يمكن اهمالة ويرمز لعدد المتغيرات او عدد درجات الحرية بالرمز (F) ويعبر عن قاعدة الاطوار بالعلاقة الرياضية التالية :-

$$F= C- P +1$$

حيث (F) تمثل عدد المتغيرات او عدد درجات الحرية
(C): تمثل عدد مكونات السبيكة
(P): عدد الاطوار

ملاحظة مهمة//
في الانظمة الثنائية: عدد الاطوار يجب ان لايزيد عن عدد المكونات بأكثر من واحد وكما موضح في ادناه:-

$$P= C+1$$

$$P= 2+1$$

$$P= 3$$

قاعدة الاطوار Phase Rule

$$F = C - P + 1$$

$F = 0$

$F = 1$

$F = 2$

$F \neq (-)$

مخططات الاتزان الحراري

مخططات التوازن الحرارية

هي مخططات توضح العلاقة بين تركيز مكونات السبيكة ودرجة الحرارة التي تحدث عندها التغيرات في اطوار السبيكة.

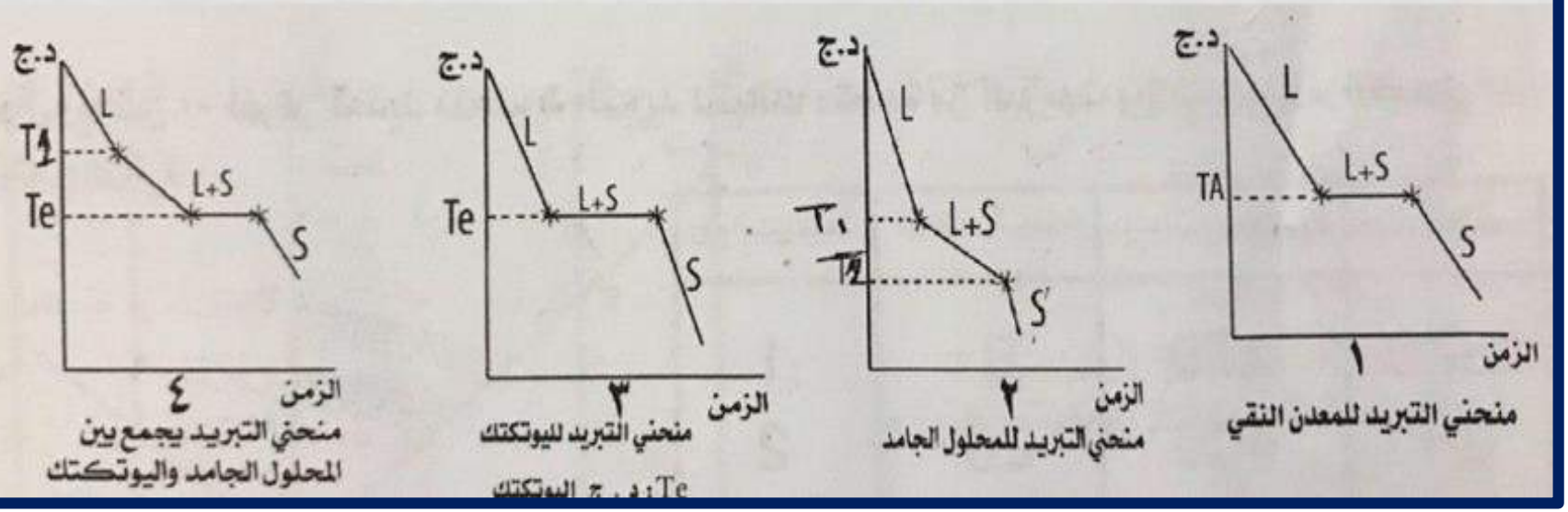
يتم استخدام هذه المخططات في معرفة مايلي

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

طرق رسم مخططات التوازن الحراري

يتم رسم المخطط الحراري عند تسخين السبيكة بنسبة حرارية معينة لفترة من الزمن (اي رفع حرارة سبيكة 5 درجة لكل 1ساعة) على سبيل المثال.

من خلال هذه المخططات تظهر نقاط بداية ونهاية الانصهار او الانجماد او التحول من طور الى اخر.



شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- تعريف السبيكة
- مكونات السبائك في الحالة الصلبة:-
- المحلول الجامد؛ الخليط الميكانيكي؛ المركب الكيميائي
- قاعدة الاطوار
- مخططات الاتزان (التوازن) الحراري
- طرق رسم مخططات التوازن الحراري

المحتويات

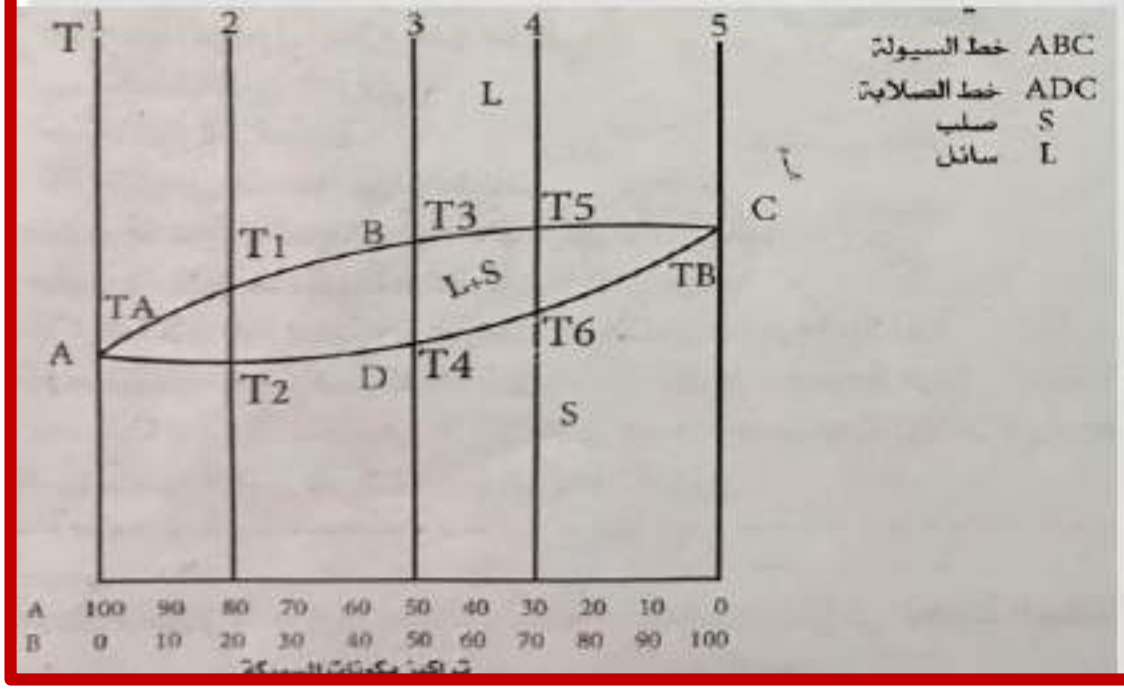
١. مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي تام الاذابة في الحالة السائلة والصلبة (المحلول الجامد)

٢. مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي تام الاذابة في الحالة السائلة وعديم الاذابة في الحالة الصلبة (اليوتكتك)

مخططات الاتزان الحراري – النوع الاول

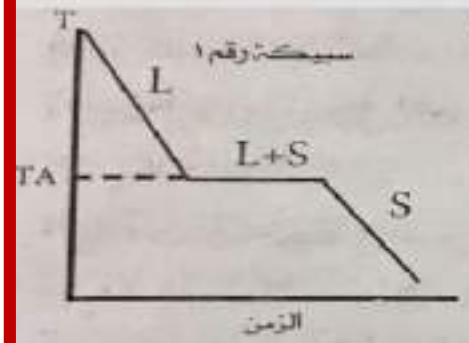
انواع مخططات التوازن الحراري

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



رسم منحنيات التبريد

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



تطبق قاعدة الاطوار :-

١- فوق خط السيولة . F=C -P+1

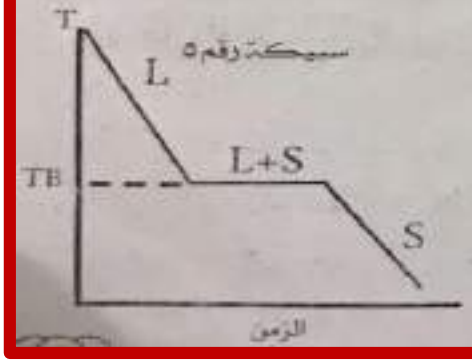
=2-1+1-2

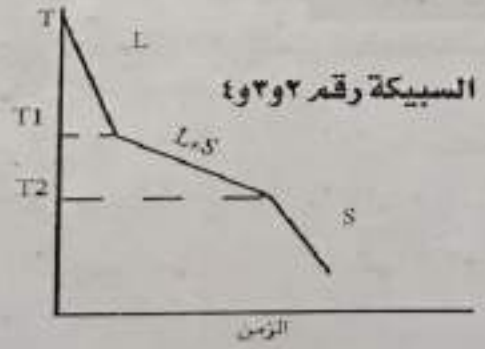
٢- بين خطي السيولة والصلابة. F-C- P +1

= 2 - 2 +١ = ١

٣- أسفل خط الصلابة . F-C-P+1

-2-1+1-2





السبيكة رقم ٢و٣و٤

سؤال رياضي عن مخطط المحلول الجامد

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

رقم السبيكة	تركيز البزموث	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 :-

١- أرسم مخطط التوازن الحراري

٢ – حدد الاطوار على المخطط

٣- ماذا يطلق على هذا النوع من المخططات.

٤- حدد درجة بداية الانصهار لسبيكة ذات تركيز 30% أنتمون.

٥- حدد درجة الانجماد لسبيكة ذات تركيز 55% بزموث .

٦- طبق قاعدة الاطوار لسبيكة تركيزها 65% انتمون عند درجة 150م°.

٧-أرسم التركيب المجهري لسبيكة ذات تركيز 25% أنتمون عند درجة حرارة 500م°

٨- صف انجماد سبيكة ذات تركيز 75% انتمون عندما تبرد من درجة 700م° الى درجة الغرفة

٩- ارسم منحني التبريد لسبيكة ذات تركيز 20% أنتمون .

مخططات الاتزان الحراري

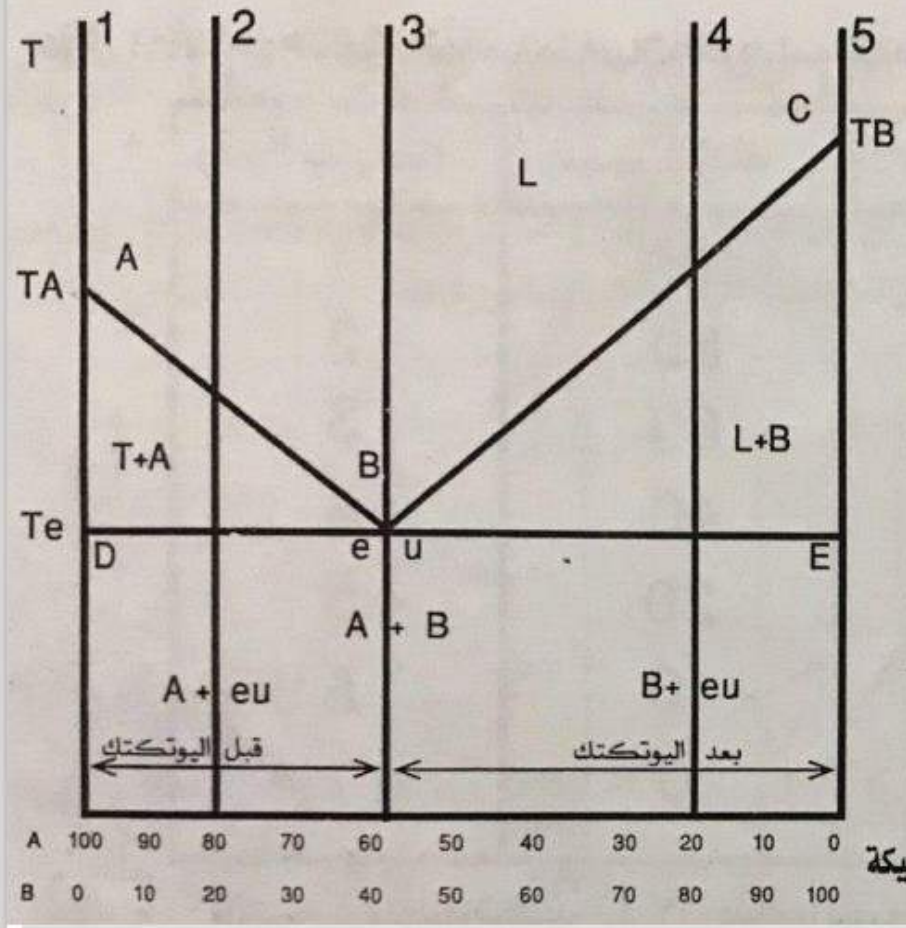
مخطط الاتزام الحراري لسبائك ثنائية تامة الذوبان في الحالة السائلة وعديمة الذوبان في الحالة الصلبة

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

- سبائك (بزموث – كادميوم)
- سبائك (زنك – كامكيوم)

تسمى السبائك اعلاه بسبائك اليوتكتيك.

رسم مخطط الاتزان الحراري



ABC : خط السيولة

ADBEC : خط التجمد

DBC : خط اليوتكتك

Te : درجة اليوتكتك

eu : سبيكة اليوتكتك

تتكون من A 60٪ و B 40٪

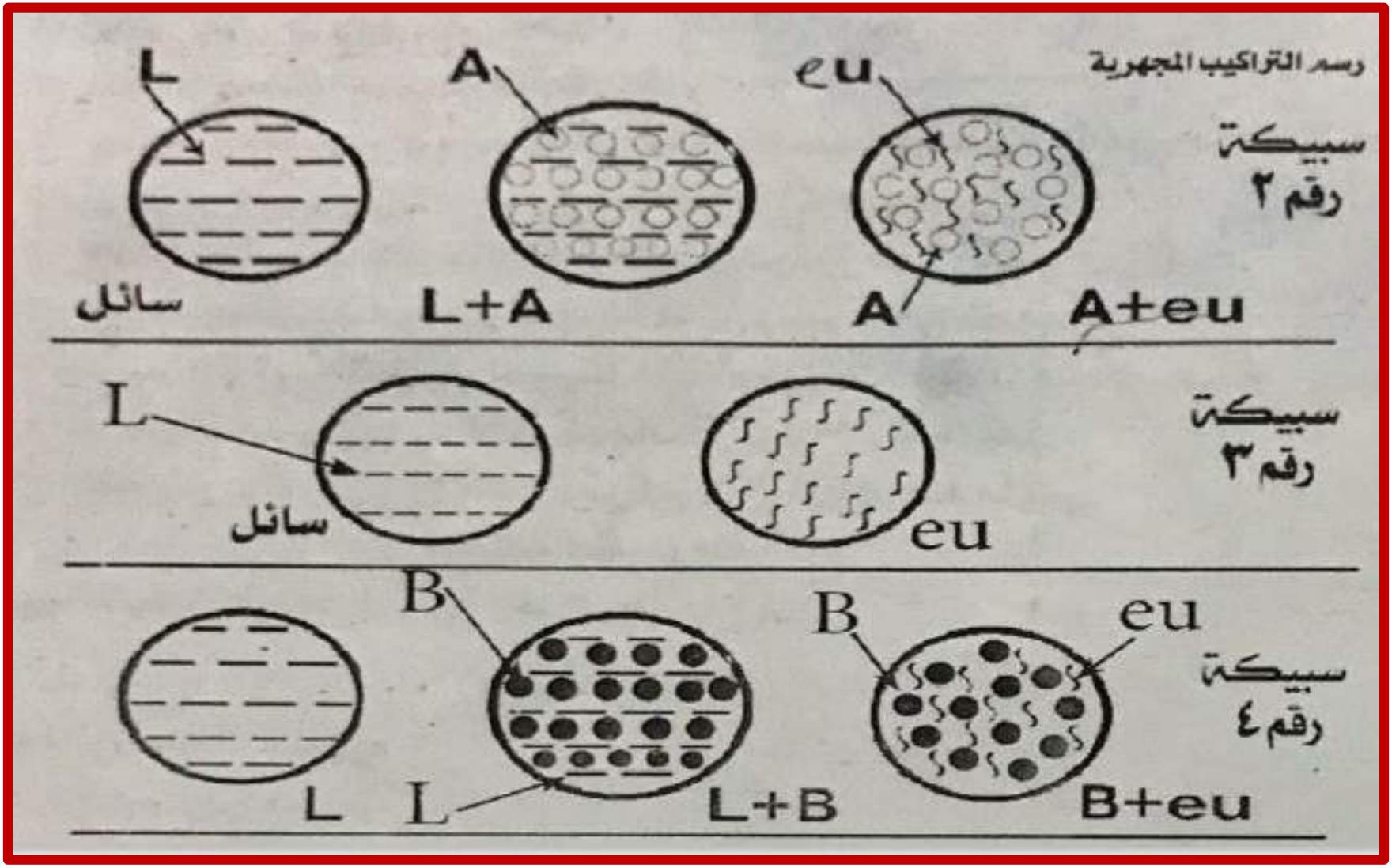
تعريف اليوتكتك : طبقات رقائقية متعاقبة من المعدنين النقيين A وB

تعريف اليوتكتك:

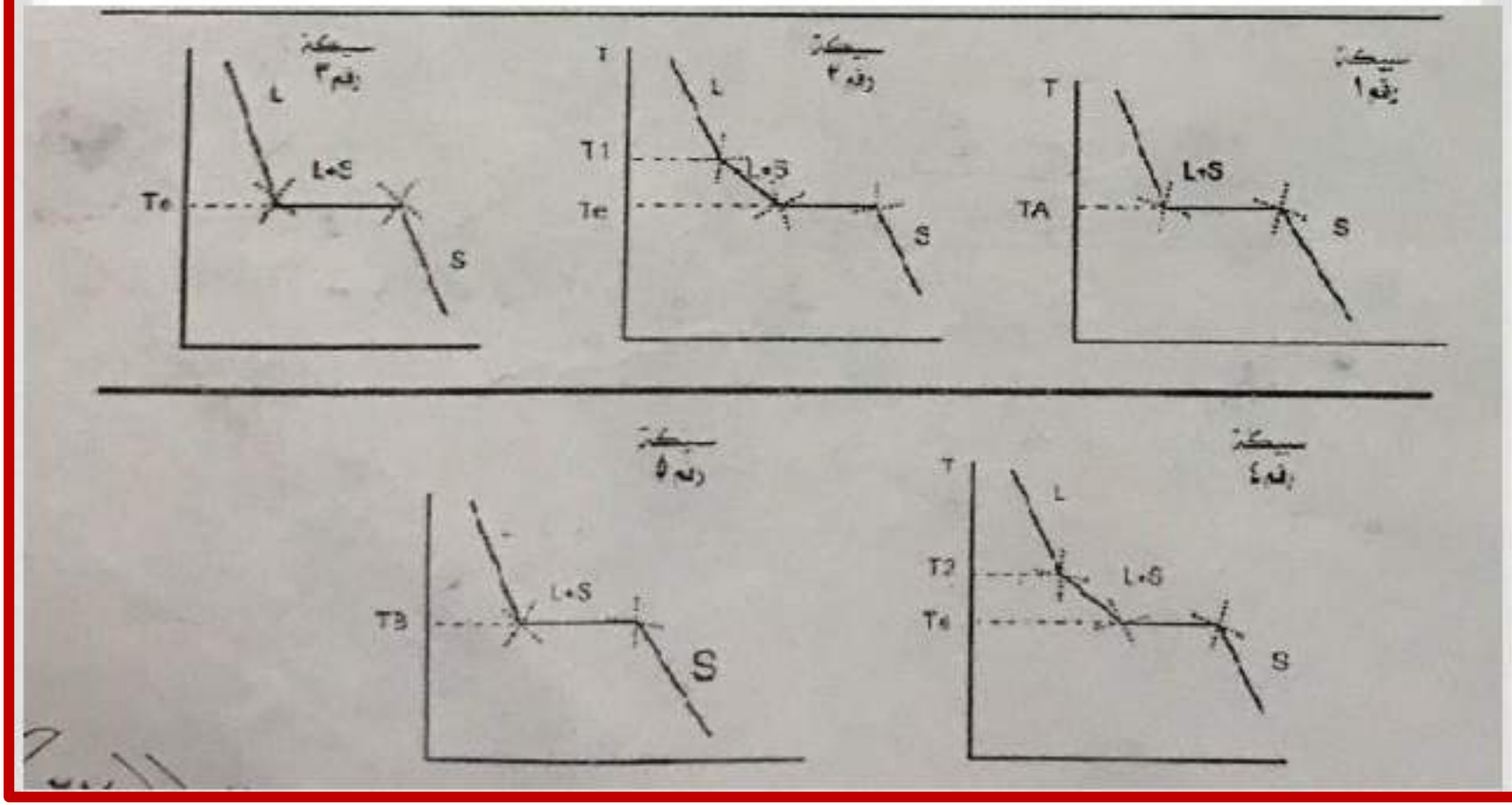
- اليوتكتيك: هو لفظ يوناني معناه (سهولة الذوبان) وهو عبارة عن طبقات رقائقية متعاقبة من معدنين نقيين او محلولين جامدين او اي اطوار اخرى.

- تتصرف سبيكة اليوتكتيك تصرف المعدن النقي (لها بداية ونهاية انصهار او انجماد واحدة) وسبيكة اليوتكتيك لها اقل درجة انصهار او انجماد على المخطط.

رسم التركيب المجهري



رسم منحنيات التبريد



سؤال رياضي عن مخطط اليوتكتك

سؤال :- النتائج التالية ماخوذة من منحنيات التبريد لسبائك 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 :-

١- أرسم وأشر الاطوار على المخطط .

٢- أذكر أسم هذا النوع من المخططات .

٣- صف أنجماد سبيكة ذات تركيز ٢٥٪ كادميوم عندما تبرد من ٦٠٠م° الى ٣٠٠م°

٤- أوجد درجة نهاية الانصهار لسبيكة ١٥٪ كادميوم.

٥- حدد درجة نهاية انجماد لسبيكة ذات تركيز ٣٥٪زنك.

٦- جد درجة نهاية انجماد لسبيكة ذات تركيز ١٠٠٪ كادميوم .

٧- ارسم التركيب المجهري لسبيكة ذات تركيز ٣٠٪ زنك. عند درجة 275 م°

٨- أرسم منحني التبريد لسبيكة ذات تركيز ٧٠٪كادميوم .

٩- لسبيكة ذات وزن (٧٥)كغم وتركيز ٦٦٪زنك حدد ما يلي

أ- النسبة بين الاطوار المختلفة عند درجة ٢٠٠م°

ب- النسبة المئوية الوزنية عند درجة ٣٠٠ م°

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي تام الاذابة في الحالة السائلة والصلبة **(المحلول الجامد)**
- مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي تام الاذابة في الحالة السائلة وعديم الاذابة في الحالة الصلبة **(اليوتكتك)**

المحتويات

مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي **تام** الاذابة في الحالة السائلة و**محدود** الذوبان في الحالة الصلبة

(مخطط محدود الذوبان)

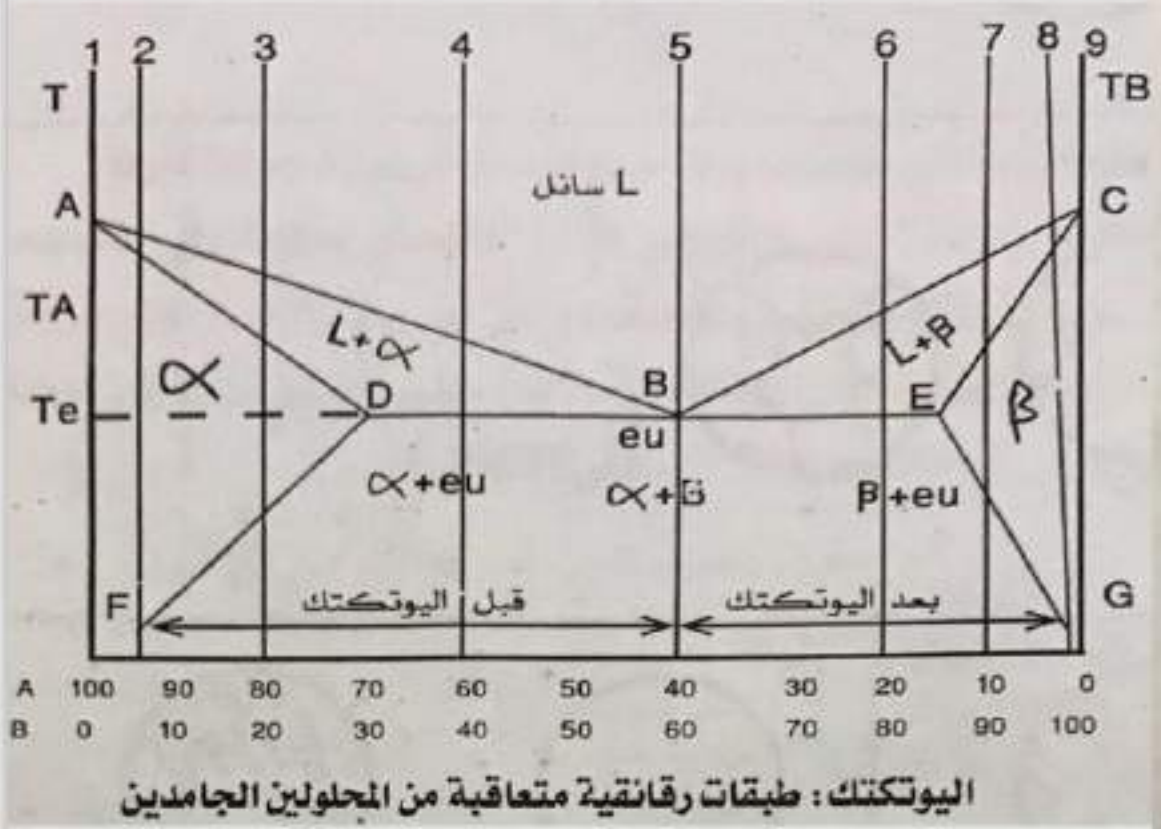
مخطط محدود الذوبان

مخطط الاتزان الحراري لسباك ثنائية تامة الذوبان في الحالة السائلة ومحدودة الذوبان في الحالة الصلبة

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 بزموث – رصاص).

مخطط محدود الذوبان



اليوتكتك : طبقات رقائقية 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

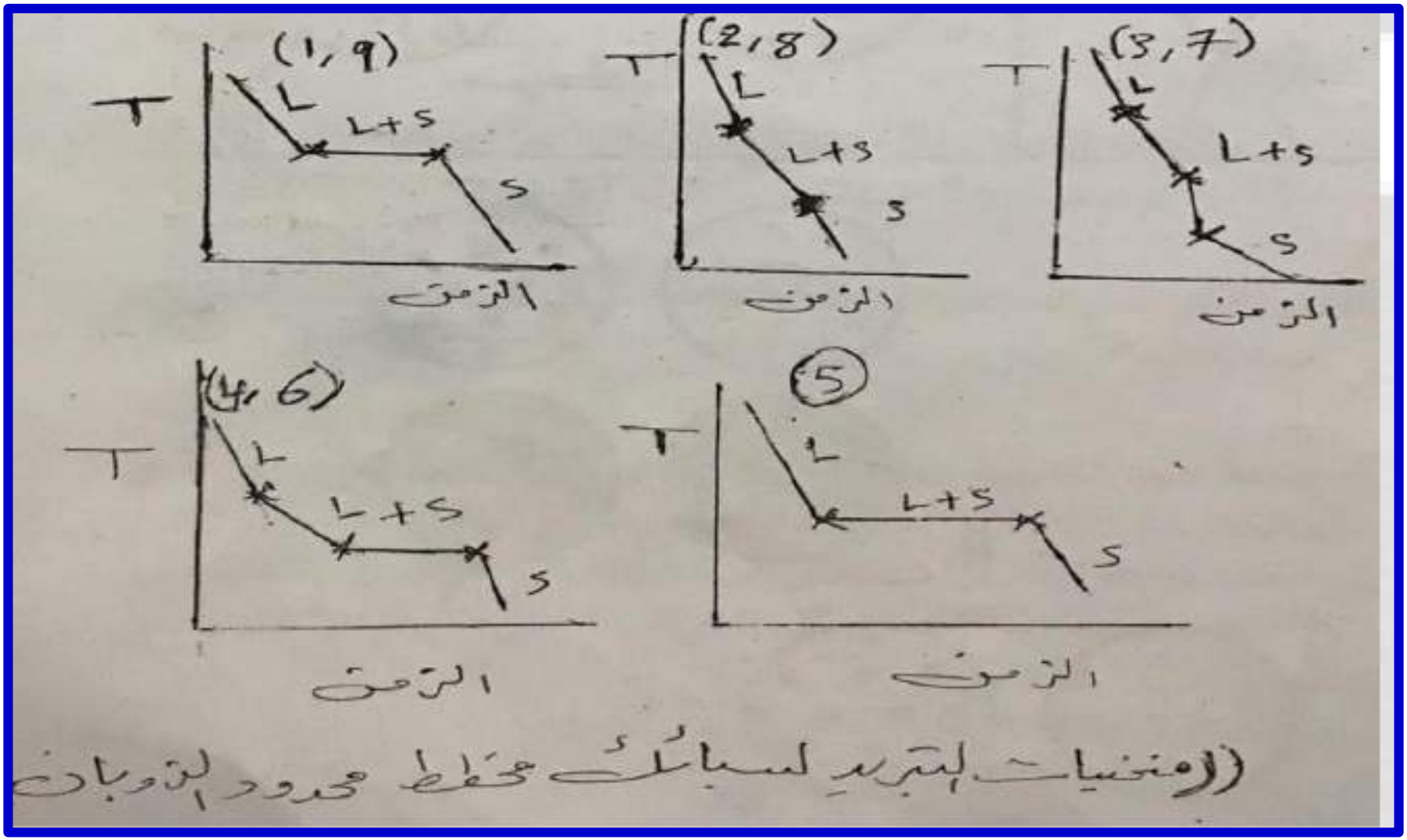
DF : تغيير قابلية ذوبان B في A مع تغير درجة الحرارة

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

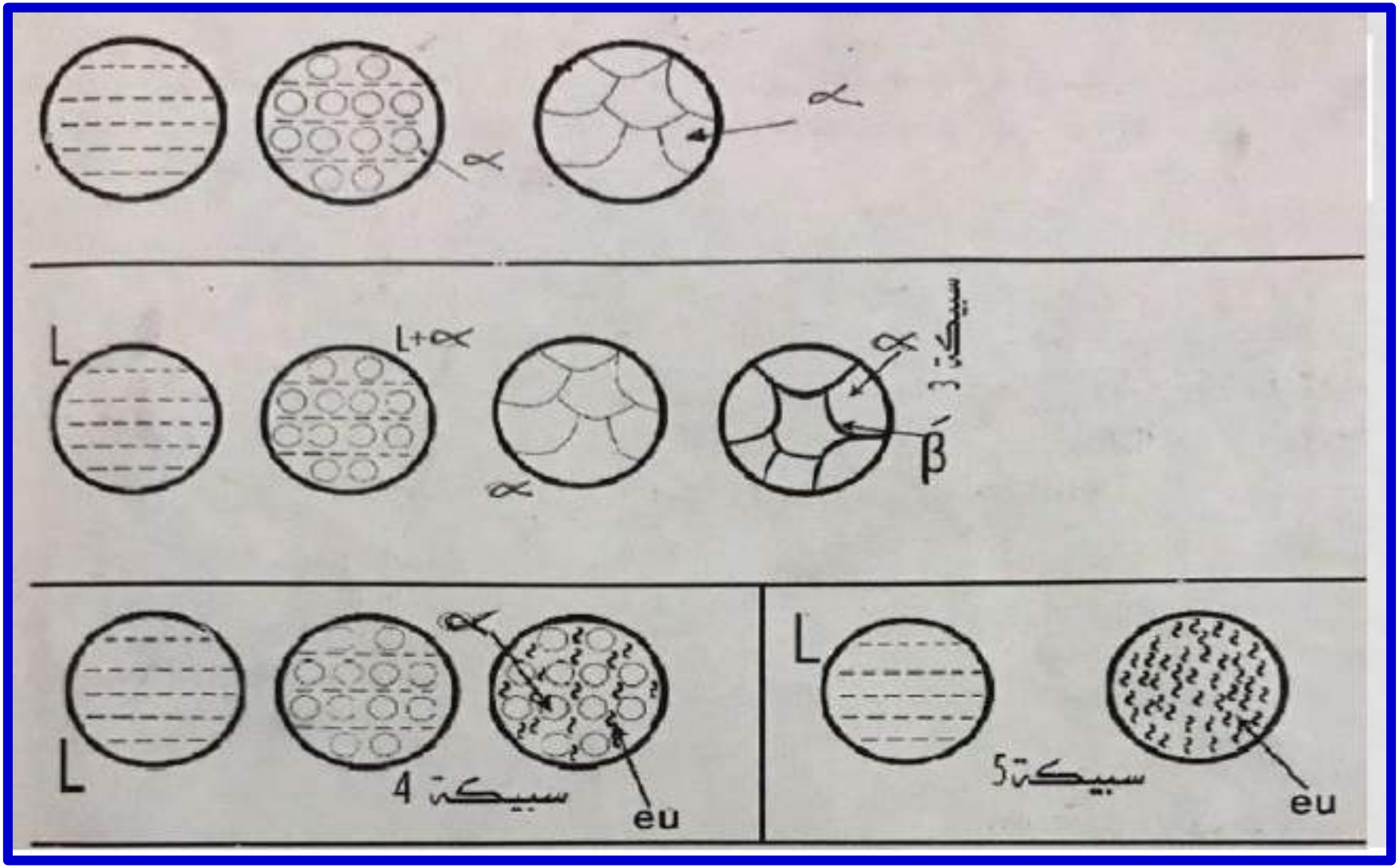
α : محلول جامد من العنصر B مذاب في A

β : محلول جامد من العنصر A مذاب في B

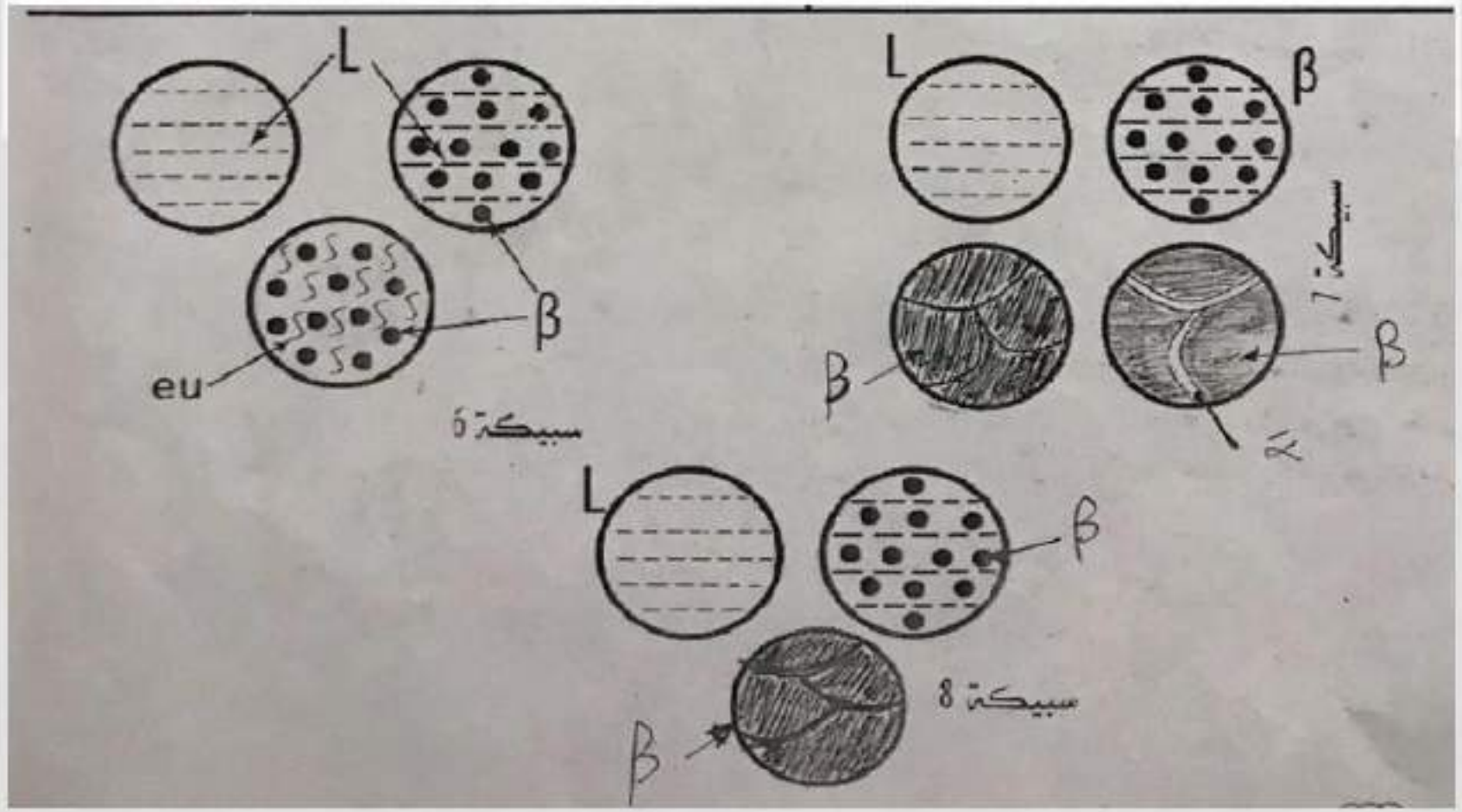
منحنيات التبريد



التركيب المجهري



التركيب المجهري



مسائل على مخططات التوازن الحراري

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

١- إن درجة انصهار المعدن A هي 1000 م° ودرجة انصهار المعدن B هي 800 م°.

٢- المعدن A يذوب في المعدن B لحد نسبة 15% عند درجة 700 م° ولحد نسبة 2% عند درجة الغرفة

٣- يذوب المعدن B في المعدن A لحد نسبة 20% عند درجة 700 م° ولحد نسبة 8% عند درجة الغرفة.

٤- يتكون اليوتكتي 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.

سؤال على مخطط محدود الذوبان

س/ المعدنان (أ,ب) لهما درجتي انصهار 900 , 800 على التوالي هذان المعدنان يذوبان في بعضهما جزئياً في الحالة الصلبة ,وان جزئ خط السيولة يتقاطعان في نقطة(60% ب ،500م°) وفي درجة 500م° يكون هناك محلولان جامدان يحتويان على(20%ب ، 80%ب) على الوالي ،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 أجراء ما يلي :-

أ- تبريد سبيكة بنسبة 15%ب ببطئ 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.

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤_٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي تام الاذابة في الحالة السائلة ومحدود الذوبان في الحالة الصلبة

(محدود الذوبان)

المحتويات

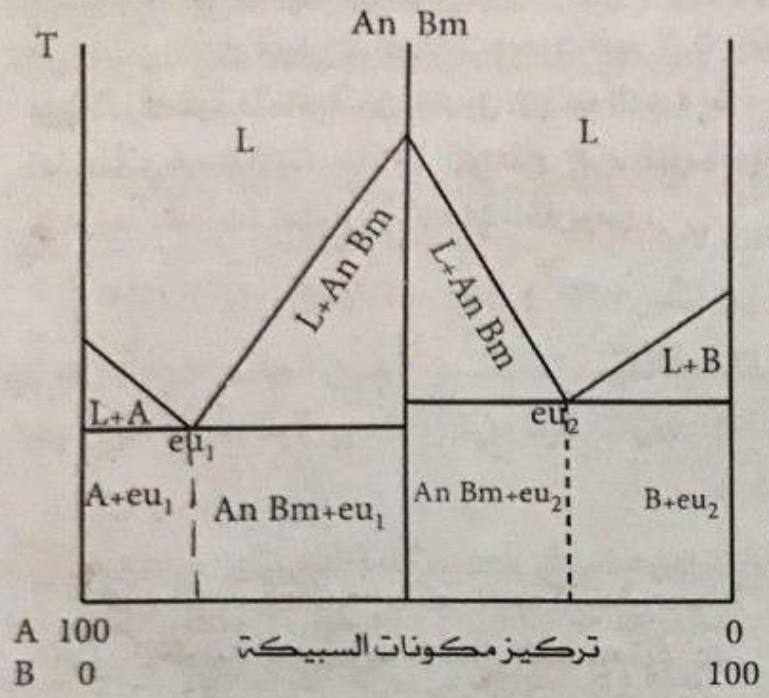
مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي تام الاذابة في الحالة السائلة ويكون مركب كيميائي عند الانجماد

(مركب كيميائي)

مخطط المركبات الكيميائية

المخططات الكيميائية :-

مخطط التوازن الحراري لسبائك ثنائية تامة الذوبان في الحالة السائلة وتكون مركبات كيميائية في الحالة الصلبة .



بعض الأنظمة السبائكية تتكون من معادن لها قابلية على الاتحاد فيما بينها أثناء الانجماد وتكون مركب كيميائي يظهر تحت المجهر على شكل جسيمات مستطيلة تعطي السبيكة صلادة عالية وان وجود المركب الكيميائي يؤدي إلى تقسيم المخطط إلى جزئيين متشابهين وهما عبارة عن مخططي اليوتكتك حيث يتكون اليوتكتك في الجزء الأول من المخطط من معدن نقي (A)ومركب كيميائي (An Bm)أما في الجزء الثاني من المخطط فيتكون اليوتكتك من المعدن النقي (B)والمركب الكيميائي (An Bm) يمثل المركب الكيميائي أعلى الدرجات الحرارية على المخطط المثال على السبائك من هذا النوع من الأنظمة هي سبيكة (مغنيسيوم – سليكون) (مغنيسيوم – زنك) (مغنيسيوم – قصدير).

قانون العتلة

قانون العتلة :- يمكن تعيين النسبة بين مكونات أي سبيكة عند أي درجة حرارية ،استعمال قانون العتلة الذي ينص على ما يلي(كمية السائلX المسافة القريبة منه -كمية الصلبX المسافة القريبة منه)

مثال تطبيقي :- سبيكة تزن 40 كغم تحتوي على عنصر (B)بنسبة 60% والعنصر (A)بنسبة 40% . المطلوب

١- أحسب النسبة بين الأطوار المختلفة عند درجة حرارة مقدارها (TM).

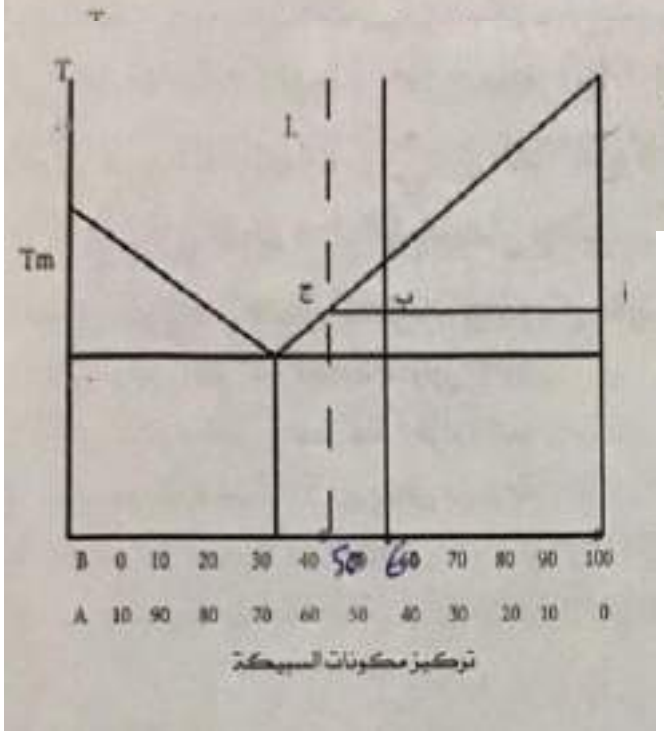
٢- أحسب النسبة المئوية الوزنية عند نفس درجة الحرارة .

٣- احسب وزن كل طور عند نفس درجة الحرارة .

ملاحظة :- لا يجوز حل المطلوب الثالث دون حل المطلوب الثاني.

حل المثال :- الفرع الأول

المطلوب الأول / الطريقة الأولى :- طريقة فرق التراكيز .



$$\frac{\text{وزن الصلب}}{\text{وزن السائل}} = \frac{\text{ب ج}}{\text{أ ب}} = \frac{60-50}{100-60} = \frac{10}{40} = \frac{1}{4}$$

حل الفرع الثاني /

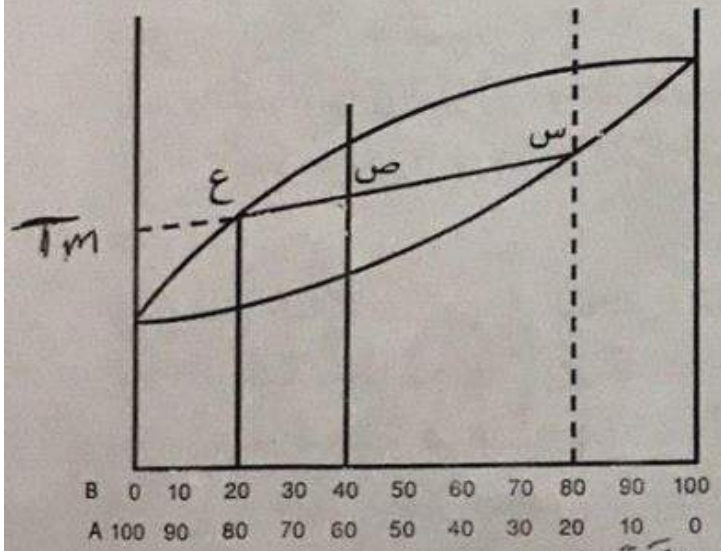
$$\frac{\text{وزن الصلب}}{\text{وزن السبيكة}} = \frac{\text{ب ج}}{\text{أ ج}} = \frac{60-50}{100-50} = \frac{10}{50} = \frac{1}{5} = 0.2$$

وزن الصلب % =0.2*100 =20%

وزن السائل % =100-20 =80%

قانون العتلة

ملاحظة / في الامتحان يعطيك أحد المطاليب وهو المطلوب الثالث في هذا السؤال ولا يعطيك المطلوب الثاني فيجب حل المطلوب الثاني



حل المطلوب الثالث :- وزن الصلب =

$40 \times 0,20 = 8Kg$

وزن السائل = $40 \times 0,80 = 32Kg$

أو وزن السائل = $40 - 8 = 32Kg$

ملاحظة :- دائما يكون الخط الغامق في الرسم داخل رسم المخطط

مثال واجب :- سبيكة تزن (60 كغم) تحتوي على نسبة (40%) من (B) و على (A) بنسبة (60%) . المطلوب ؟

١- احسب وزن كل طور عند درجة الحرارة مقدارها (Tm)

٢- احسب النسبة بين الأطوار المختلفة عند نفس درجة الحرارة

مسائل على مخططات التوازن الحراري

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

١- إن درجة انصهار المعدن A هي 1000 م° ودرجة انصهار المعدن B هي 800 م°.

٢- المعدن A يذوب في المعدن B لحد نسبة 15% عند درجة 700 م° ولحد نسبة 2% عند درجة الغرفة

٣- يذوب المعدن B في المعدن A لحد نسبة 20% عند درجة 700 م° ولحد نسبة 8% عند درجة الغرفة.

٤- يتكون اليوتكتي 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.

مسائل على مخططات التوازن الحراري

س/ ينصهر المعدن (R) عند درجة (500) م^{o} وينصهر المعدن (M) عند درجة (700) م^{o} ويكون هذان المعدنان يوتكتك عند درجة (300) م^{o} وبنسبة (45% R) وعند درجة اليوتكتك يذوب M في R لحد نسبة 10٪ ويذوب R في M لحد نسبة 20%

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

مسائل على مخططات التوازن الحراري

س/ نظام سبانكي يتكون من النحاس والفضة لهما القابلية على ذوبان تامة في الحالة السائلة و جزئية في الحالة الصلبة ،فإذا علمت ان درجة انصهار النحاس (1083)م^{o} ،ودرجة انصهار الفضة (960)م^{o} ، وان أقصى قابلية ذوبان للنحاس في الفضة هي 15% عند درجة 750م^{o} تنخفض إلى ٥٪ عبد درجة الغرفة بينما أقصى قابلية الذوبان للفضة في النحاس هي 20% عند درجة (750)م^{o} وتنخفض إلى 10% عند درجة الغرفة وان اليوتكتك يتكون في درجة (750)م^{o} 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 800م^{o} .

٣- ارسم العينة المهجرية عند درجة الغرفة.

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

العام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

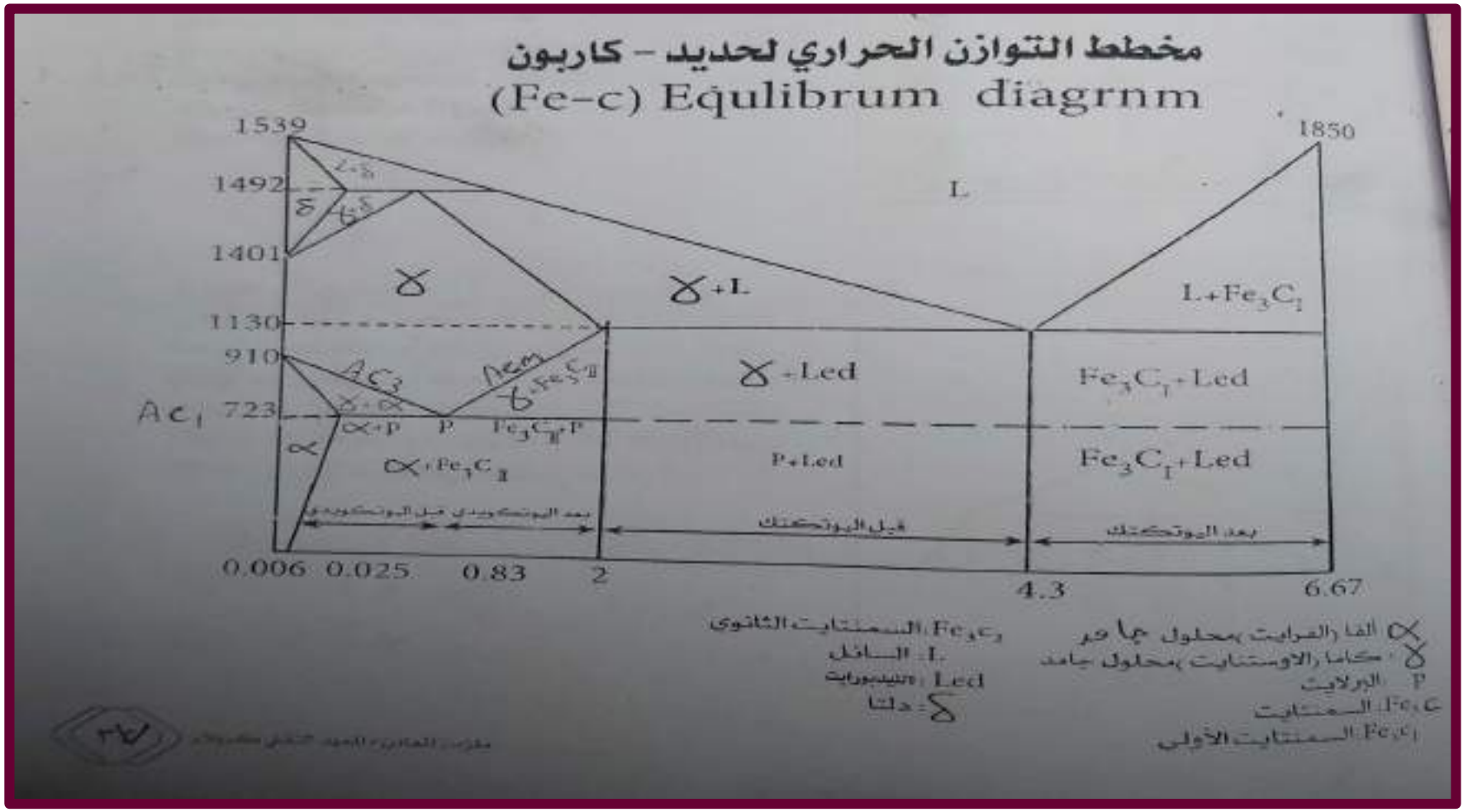
مراجعة المحاضرة السابقة

- مخطط الاتزان الحراري لنظام ثناثي تام الاذابة في الحالة السائلة ويكون مركب كيميائي عند الانجماد
- قانون العتلة

المحتويات

مخطط الاتزان الحراري لنظام الحديد – كر بون

مخطط الحديد - كربون



اهم الاطوار على مخطط الحديد - كربون

محاليل جامدة من الكربون مذاب في الحديد

α : حديد الفا(الفيرايت)

γ :حديد جاما(الاوستنايت)

δ : حديد دلتا

P: البيرلايت (خليط ميكانيكي)

Fe3c : السمنتايت (مركب كيميائي)

Fe3c1 : السمنتايت الاولي

Fe3c11 : السمنتايت الثانوي

L : السائل

Led: الليدبورايت (خليط ميكانيكي)

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

العام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

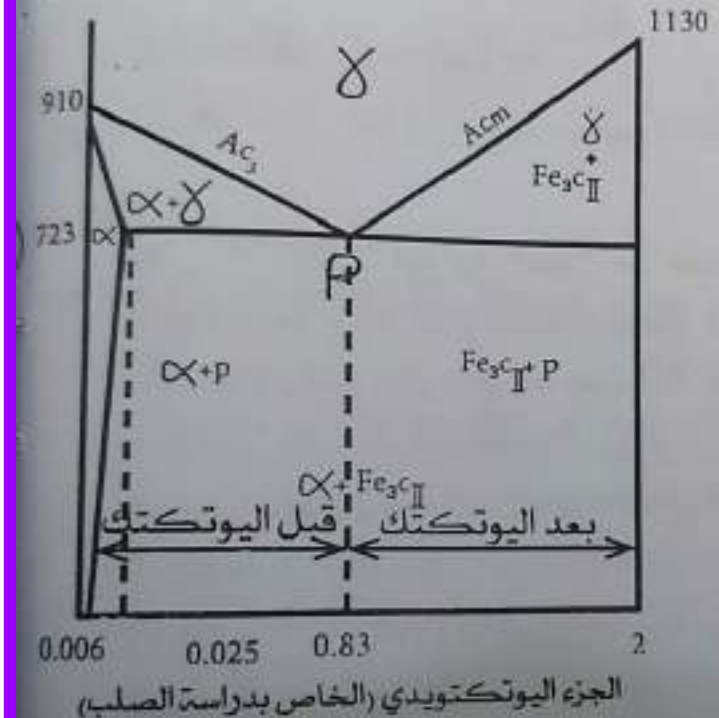
مراجعة المحاضرة السابقة

مخطط الاتزان الحراري لنظام الحديد - كر بون

المحتويات

اهم التفاعلات على مخطط الحديد - كربون

الجزء اليوتكتويدي(Eutectoid)

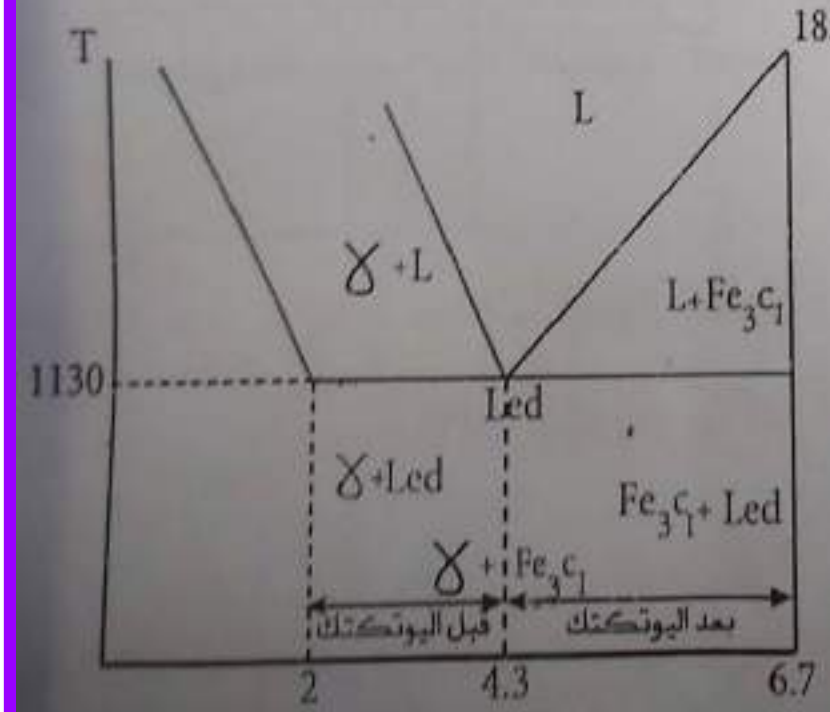


الجزء اليوتكتويدي (الخاص بدراسة الصلب)

١-الجزءاليوتكتويدي:-

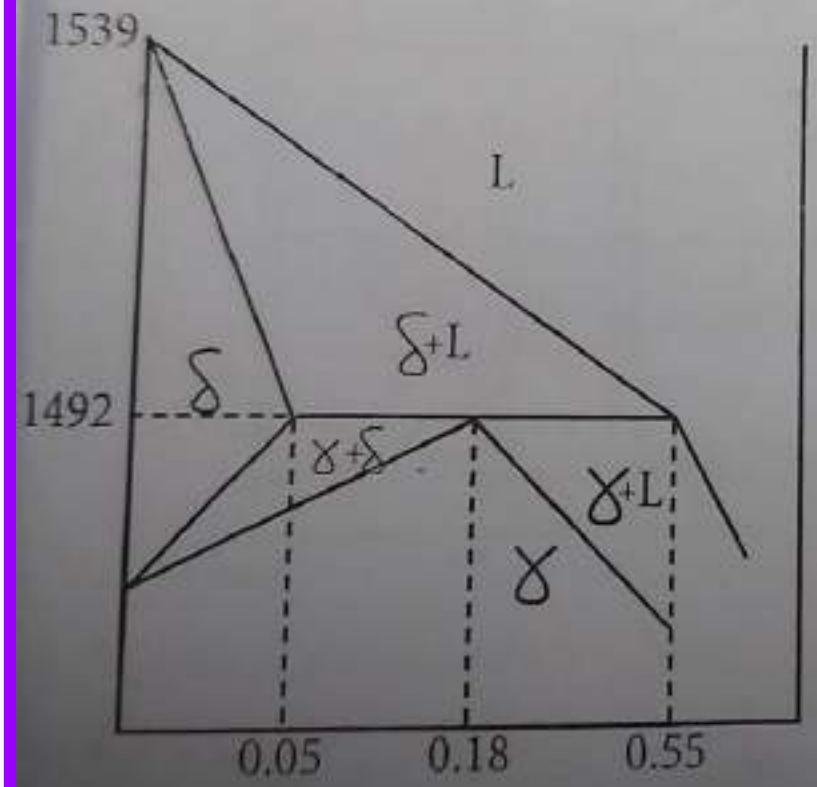
يتكون اليوتكتيد البيرلايت عند نسبة كربون 0.83% ودرجة حرارة 723(Ac_1) حيث يتحول الاوستنايت (γ) عند التبريد إلى اقل من (723)لمقدار قليل إلى بيرلايت ويعرف البيرلايت بأنه (عبارة عن طبقات رقائقية متعاقبة من المحلول الجامد الفيرلايت (α)والمركب الكيميائي السمنتايت(Fe3c)ويعتبر جزء اليوتكتويدي مهم جدا في دراسة المعاملات الحرارية للصلب الكاربوني .

الجزء اليوتكتك (Eutectic)



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

الجزء البريتكتك (Pretectic)



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 لاتمثل 100% بريتكتك وكما في العلاقتين (2) و(3).

$\delta + L \longrightarrow \gamma$ ---①

$\delta + L \longrightarrow \gamma + L$ --②

$\delta + L \longrightarrow \gamma + \delta$ --③

الاطوار المهمة على مخطط الحديد - كربون

تعاريف الأطوار المهمة على مخطط الحديد – الكاربون :-

١- **الفيرايت (α)** :- هو عبارة عن محلول جامد بيني من الكاربون مذاب في الحديد الفا الذي يكون من النوع (BCC) ويحتوي هذا المحلول على كاربون بنسبة (0.025%) عند درجة حرارة مقدارها (723) وتنخفض نسبة الكاربون في الفيرلايت الى (0,006%) عند درجة حرارة الغرفة ويتميز الفيرلايت بانه طري وعالي المطيلية ويتمكن تشكيله على البارد بسهولة .

٢- **السمنتايت(Fe3c)** :- هو مركب كيميائي صلد جداً يتكون من اتحاد الحديدمع الكاربون ويرمز له كيميائياً(Fe٣c) ويوجد بنوعين أولي وثانوي ويمكن ان يتواجد ضمن التركيب البيرلايت(P)أو يتواجد بشكل منفصل يترسب على حدود البيرلايت وعندما يكون التركيب 100% سمنتايت فان نسبة الكاربون تكون (6,67%)ودرجة انصهارة (1850).

٣- **البيرلايت (P)** :- هو عبارة عن بنية يوتكيوتدية من طبقات رقائقية متعاقبة من المحلول الجامد الفرايت و المركب الكيميائي السمنتايت الثانوي وعندما تكون نسبة الكاربون (0.83%) فان التركيب من 100% بيرلايت ودرجة حرارة يكون مقدارها (723) وتكون صلادة البيرلايت أعلى من صلادة الفيرلايت ( ) .

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

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

اهم التفاعلات على مخطط الحديد - كربون

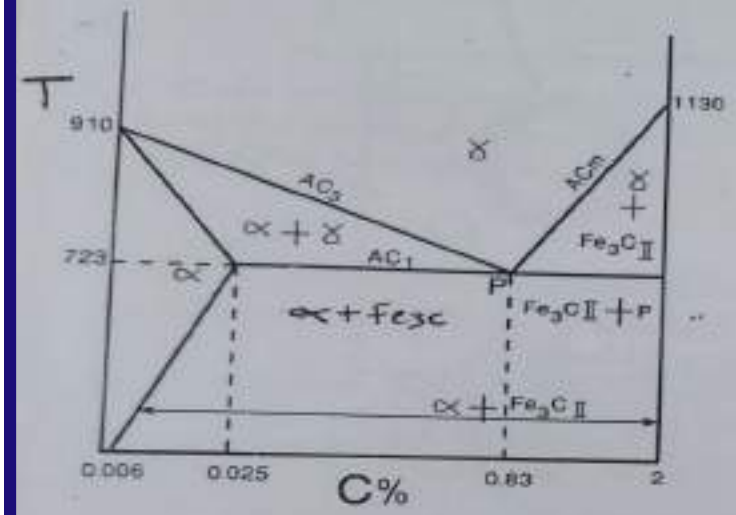
المحتويات

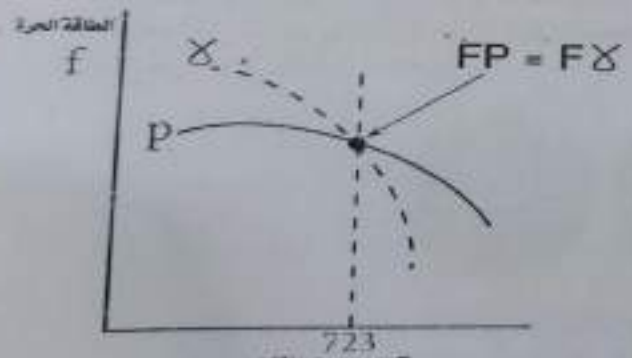
- تكوين الاوستنايت
- الية تحول البيرلايت الى اوستنايت

تكوين الاوستنايت

تكوين الأوستنايت :

يتم الحصول على الأوستنايت عند تسخين البرلايت بنوعيه الكروي أو الشرائحي الذي تكون فيه نسبة الكربون (0.83%) والذي يتكون من طبقتين هما الفرايت والسمنتايت الثانوي الى درجة حرارة أعلى بقليل من درجة (Ac1/723) حيث يحصل التحول من البرلايت إلى الأوستنايت بسبب اختلاف الطاقة الحرة للبرلايت والأوستنايت، فلا يحدث التحول باي اتجاه أما في درجة حرارة أعلى من (723) تكون الطاقة الحرة للأوستنايت أقل من الطاقة الحرة للبرلايت فيكون الأوستنايت أكثر استقراراً ويتم التحول من البرلايت إلى الأوستنايت وفي درجة حرارة أقل من (723) فيحدث العكس ويتم التحول من الأوستنايت إلى البرلايت والشكل التالي يوضح العلاقة بين الطاقة الحرة ودرجة الحرارة للأوستنايت والبيرلايت.





العلاقة بين الطاقة الحرة ودرجة الحرارة
(للأوستنايت و البيرلايت)

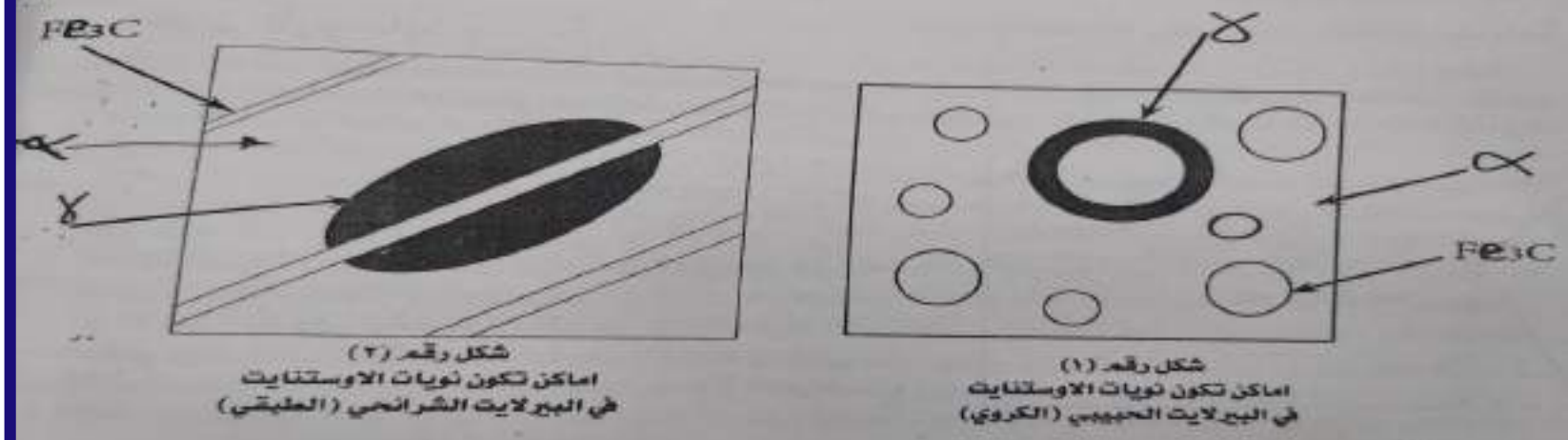
مواصفات وخصائص عملية تكوين الاوستنايت

- مواصفات وخصائص عملية تكوين الأوستنايت :-

تتصف عملية تكوين الأوستنايت بما يلي :

١. **عملية انتشارية** : تتم بانتشار ذرات الكاربون مع ارتفاع درجة الحرارة حيث إن البيرلايت (P) يتكون من (الفرايت والسمنتايت) وتكون نسبة الكاربون في الفرايت (0,025%) أما نسبته في السمنتايت (6,67%) في حين إن نسبة الكاربون في الأوستنايت هي (2%).

٢. **عملية تبلور** : يتم تخليق ونموبلورات الأوستنايت وتظهر مراكز تكوين الأوستنايت (نويات الاوستنايت) على الحدود الفاصلة بين الفرايت والسمنتايت) وكما في الشكلين التاليين :

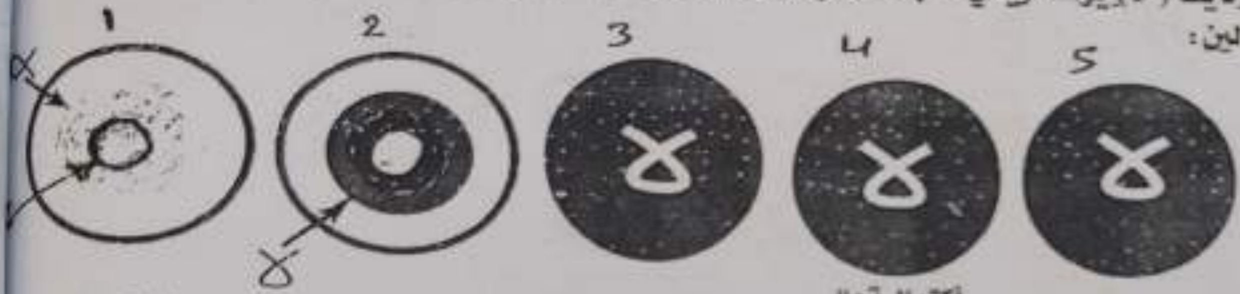


شكل رقم (٢)
اماكن تكون نويات الاوستنايت
في البيرلايت الشرائحي (الطبقي)

شكل رقم (١)
اماكن تكون نويات الاوستنايت
في البيرلايت الحبيبي (الكروي)

الية تحول البيرلايت الى اوستنايت

• آلية تحول البيرلايت (P) إلى أوستنايت (γ) :
تدرس آلية التحول بأخذ برلايت (P) يوتكتويدي نسبة الكاربون فيه (0,83%) ذو تركيب حبيبي وطبقي حيث تتم مراحل التحول كما في الشكلين التاليين :



شكل رقم (١) الية تحول البيرلايت حبيبي الى اوستنايت

شكل رقم (٢) الية تحول البيرلايت الشرائحي الى اوستنايت

في الشكلين أعلاه تبين إن الصلب في درجة حرارة الغرفة (1) في خطوة واحد في كلا الرسمين، ويتكون من السمنتايت بنوعيه الكروي والشرائحي مغروس في أرضية من الفيرايت وعند تسخين هذا الصلب أعلى من (723) تظهر نويات الأوستنايت على الحدود الفاصلة بين الفيرايت والسمنتايت (2) في كلا الرسمين وتلخص مراحل تكوين نويات الأوستنايت كما يلي :

الية تحول البيرلايت الى اوستنايت

١. تحلل السمنتايت ليعطي كاربون.
٢. تحول الفيرايت إلى الأوستنايت.
٣. ذوبان الكاربون الناتج من تحلل السمنتايت إلى الأوستنايت.

من هذه المراحل الثلاث نلاحظ إن تحول الفيرايت إلى الأوستنايت أسرع من تحلل السمنتايت ولهذا السبب يبقى جزء من السمنتايت لم يكتمل تحلله في الخطوة (٣) في كلا الرسمين ينتهي تحلل هذا السمنتايت في الخطوة (٤) في كلا الرسمين. وكذلك (تعليل) يجب إبقاء الصلب لفترة زمنية أطول أو رفع درجة الحرارة أكثر حتى يتم تجانس الكاربون وتعتبر هذه العملية مهمة جداً في المعاملات الحرارية اللاحقة كما في الخطوة رقم (٥).

نمو بلورات الاوستنايت

نمو بلورات الأوستنايت :

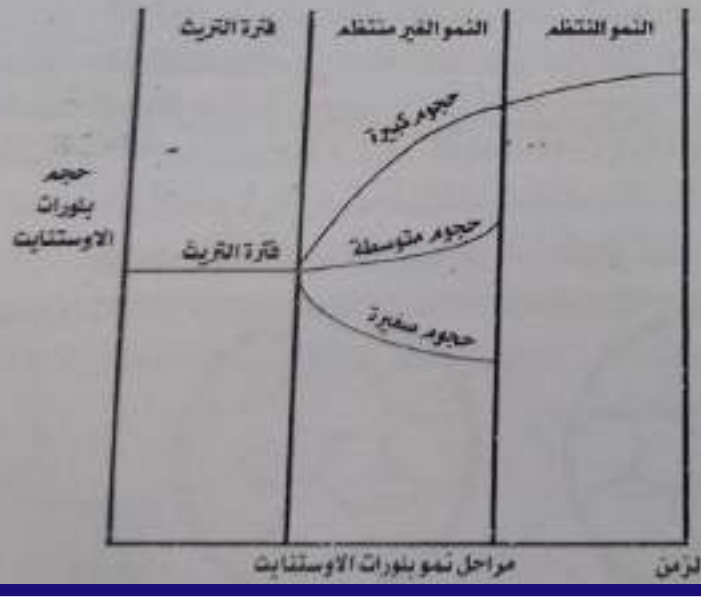
إن تسخين الصلب البوتكتويدي إلى درجة حرارة أعلى من الحد المطلوب وكذلك التثبيت لفترة زمنية أطول من الفترة المطلوبة يؤديان إلى كبر حجم بلورات الأوستنايت وخشونتها مما يؤدي إلى الحصول على خواص ميكانيكية غير جيدة بعد عملية التبريد في المعاملات الحرارية. وتمر عملية نمو بلورات الأوستنايت بثلاث مراحل أساسية وكما يلي :

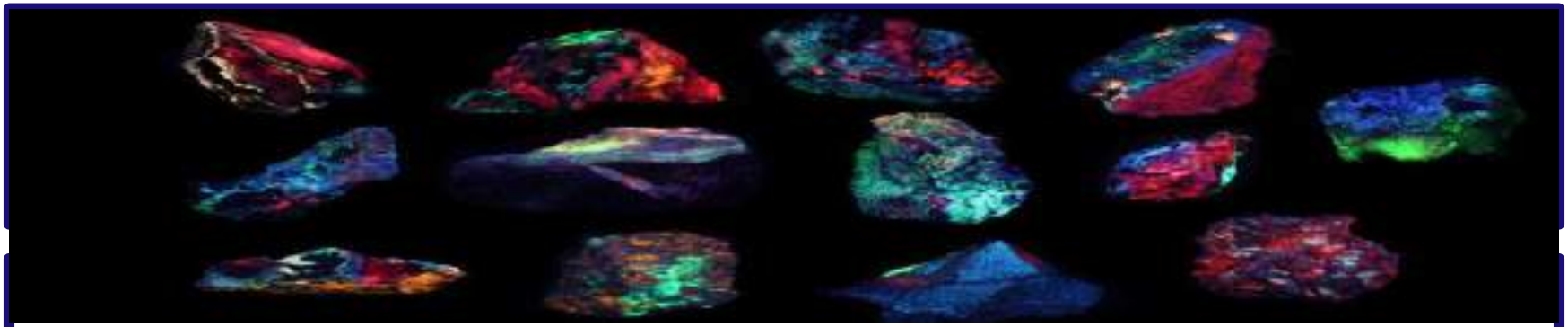
١. فترة التريث: هي الفترة الزمنية التي لا يحصل فيها أي نمو وتاتي مباشرة بعد تحول البرلايت إلى أوستنايت.

٢. النمو غير المنتظم : خلال هذه الفترة نمو ثلاثة أنواع من الحجوم (كبيرة - متوسطة - صغيرة).

٣. النمو المنتظم : في هذه الفترة تستقر وتنمو الحجوم الكبيرة وهي تمثل (حجوم البلورات الاعتيادية أما الحجوم الصغيرة والمتوسطة فتحاول الوصول إلى الحجوم الاعتيادية.

والشكل التالي يوضح مراحل نمو بلورات الأوستنايت :





شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

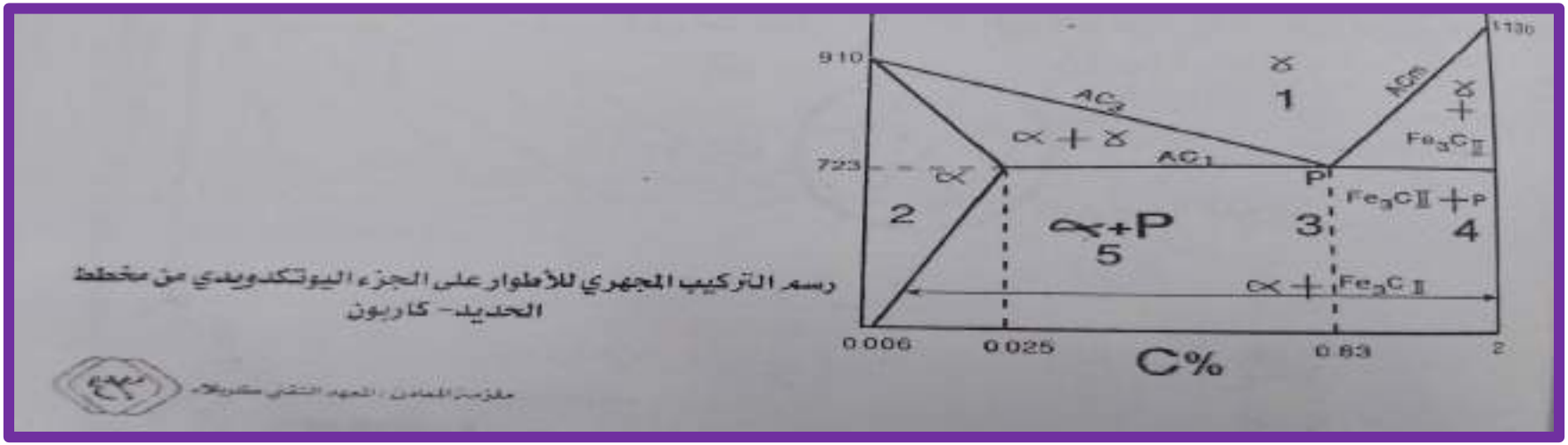
مراجعة المحاضرة السابقة

- تكوين الاوستنايت
- الية تحول البيرلايت الى اوستنايت

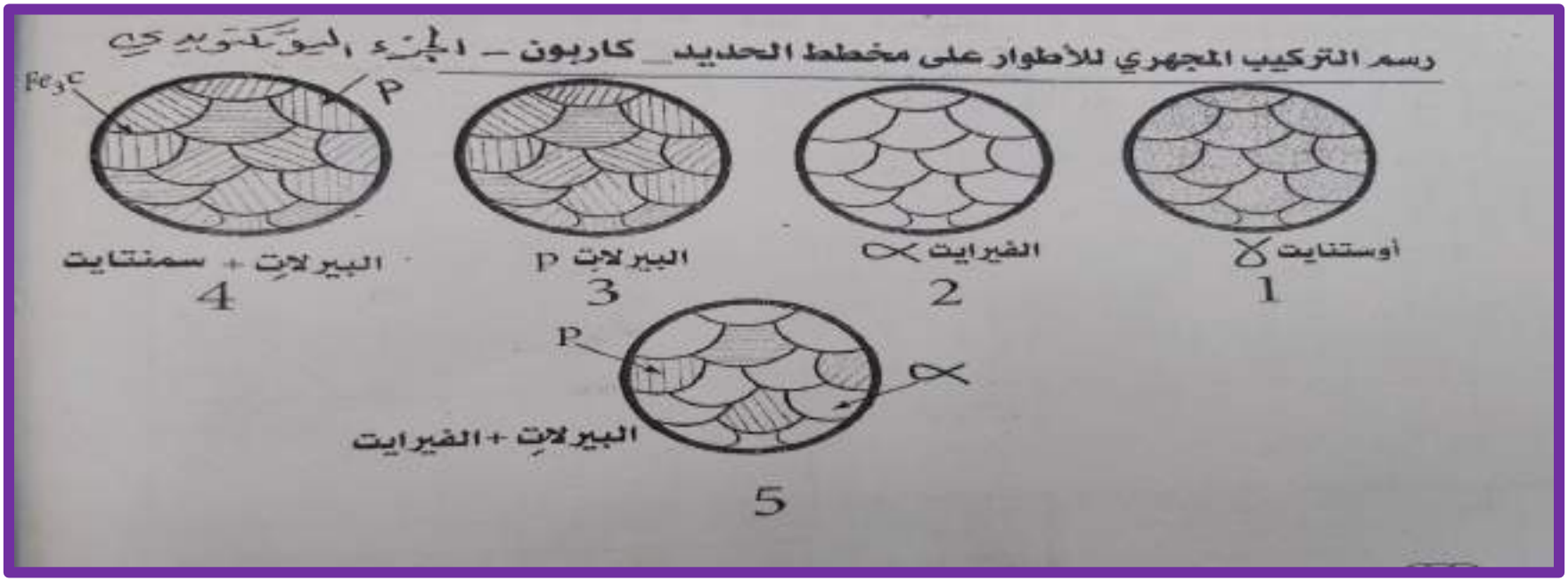
المحتويات

- تحولات الاوستنايت بثبوت درجة الحرارة
- تحولات الاوستنايت بالتبريد المستمر

رسم التراكيب المجهرية



رسم التركيب المجهري للأطوار على الجزء اليوتكتويدي من مخطط الحديد- كاربون



منحني (TTT)

منحني التحول الايزوثرمي (التحول عند درجة الحرارة الثابتة) :-T T T
(Isothermal-Transformation diagram)

يرسم منحني التحول الايزوثرمي بتسخين مجموعة من عينات الصلب اليوتكتويدي(البرلايت P) الى درجة حرارة أعلى من Ac1 بمقدار قليل وذلك للحصول على الاوستنايت ثم تبرد العينات في ما يسمى بالحمامات الملحية أو المعدنية ((هي عبارة عن احواض تحتوي عل مصهور ملحي أو معدني مثل مصهور الرصاص))وتتميز هذه الاحواض بانها تحتفظ بدرجة حرارة ثابتة بعد ذلك تسحب العينات وتبرد بالماء وذلك لتجميد المركب الذي تم الحصول عليه في الحمامات الملحية أو المعدنية ثم تؤخذ العينات وتفحص تحت المجهر لتحديد كمية الاوستنايت المتحولة وتسجل النقاط الحرجة ((وهي تمثل نقاط بدايات ونهايات تحول الاوستنايت الى الاطوار الاخرى))ومن مجموعة النقاط الحرجة يرسم منحنى T T T وقد يسمى هذا المنحني بمنحني C او منحني S وذلك أعتمادا على الشكل الناتج وهو كما يلي :-

S: سوربايت .

T :تروستايت .

U.B : باينايت علوي .

L.B : باينايت سفلي .

M .S بداية تحول الاوستنايت الى مارتنزايت .

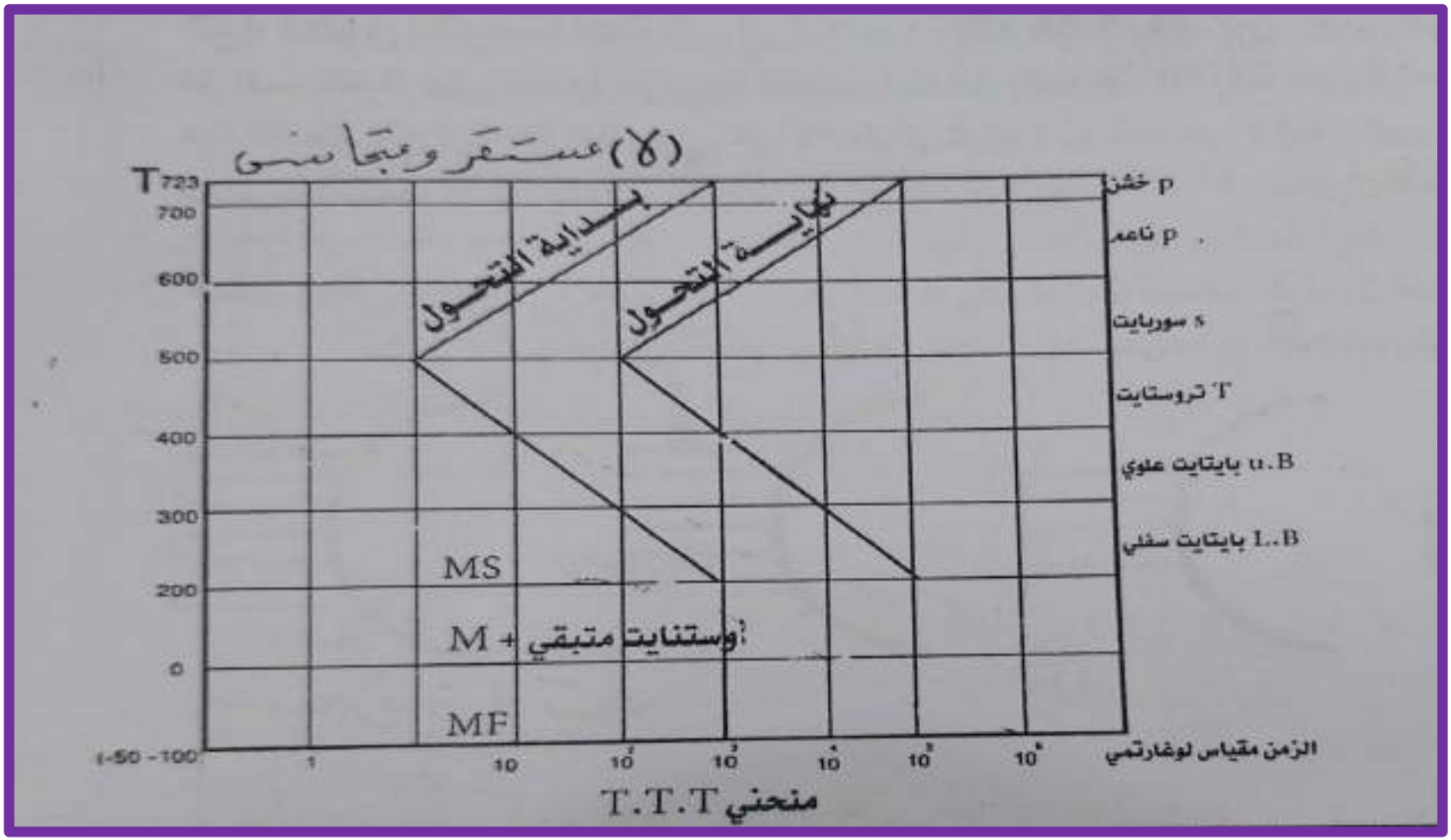
M.F : نهاية تحول الاوستنايت الى مارتنزايت

فترة التريث: هي الفترة الزمنية التي تسبق خط بداية التحول

فترة التحول : هي الفترة المحصورة بين خطي بداية ونهاية التحول

فترة التريث + فترة التحول ((أستقرارية الاوستنايت))

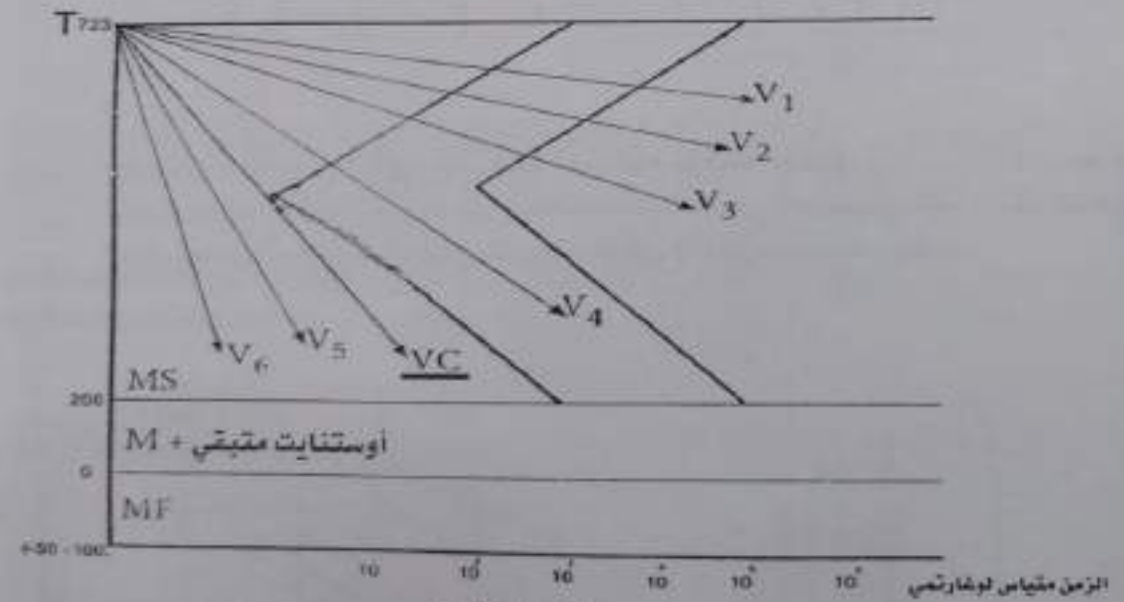
تحولات الاوستنايت بثبوت درجة الحرارة
منحني (T.T.T)



تحولات الاوستنايت بالتبريد المستمر

منحني تحول الاوستنايت عند التبريد المستمر (C.C) :-
(Continous-Transformation diagram)

يدرس منحني التبريد المستمر من خلال رسم منحني (T T T) وفي هذه الحالة فان عملية التبريد لا تكون عند درجة حرارة ثابتة وانما تكون باستعمال سرعة تبريد مختلفة توفر معدلات تبريد مختلفة وكلما أزدادت سرعة التبريد كلما أنخفضت درجة الحرارة التي يتحول فيها الاوستنايت الى الاطوار الاخرىفمثلا تكون درجة الحرارة (T1) عند سرعة (V1) وهكذا حتى الوصول الى سرعة تبريد مقدارها (V4) في هذه السرعة لا يتحول الاوستنايت بشكل كامل الى برلايت بل يتحول جزء منه الى برلايت ويبقى الجزء الاخر بدون تحول حتى الوصول الى درجة (MS) حيث سيتحول الى (مارتنزايت) وبزيادة سرعة التبريد أكثر نصل الى سرعة تبريد يطلق عليها (vc) سرعة التبريد الحرجة ((وتعرف سرعة التبريد الحرجة (vc)) ((بانها السرعة التي يتحول عندها الاوستنايت مباشرة الى مارتنزايت)) وهكذا فان كل السرع التي تاتي بعد (vc) مثل (v5) و (v6) تؤدي الى تحول الاوستنايت الى مارتنزايت والشكل التالي يوضح منحني (C . C).



C.C مخطط

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

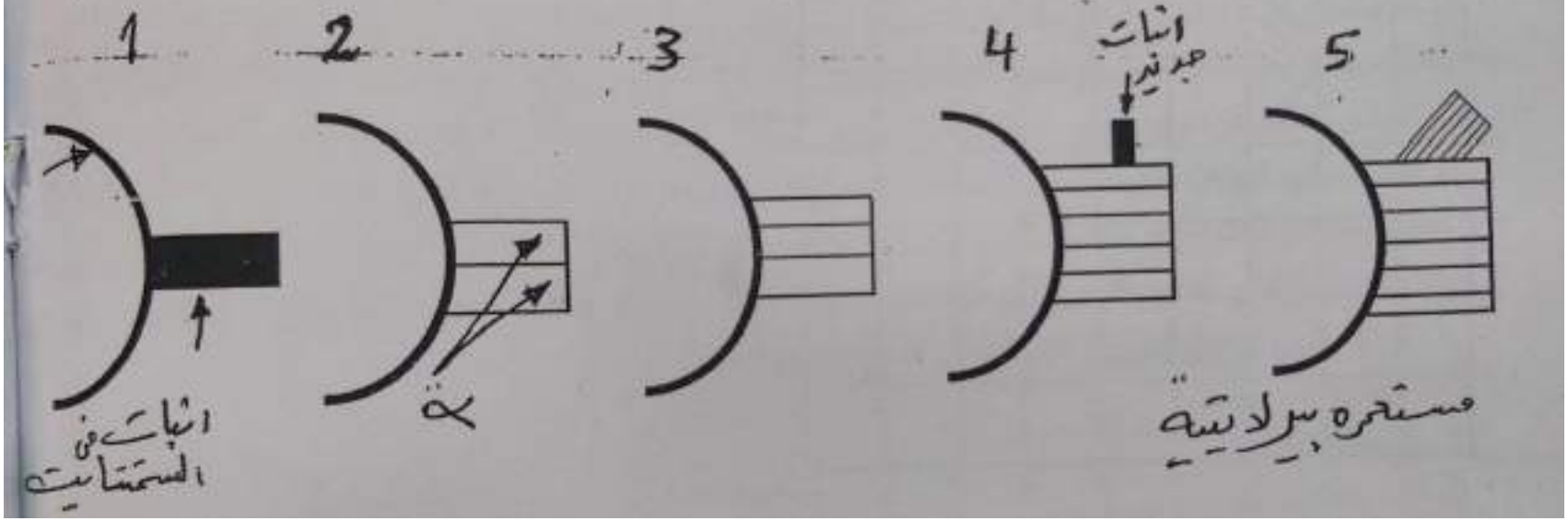
- تحولات الاوستنايت بثبوت درجة الحرارة
- تحولات الاوستنايت بالتبريد المستمر

المحتويات

- الية تحول الاوستنايت الى بيرلايت
- الية تحول الاوستنايت الى باينايت علوي وسفلي
- تعريف المعاملات الحرارية
- التلدين (التخمير)
- المعادلة
- التقسية

الية تحول الاوستنايت الى بيرلايت

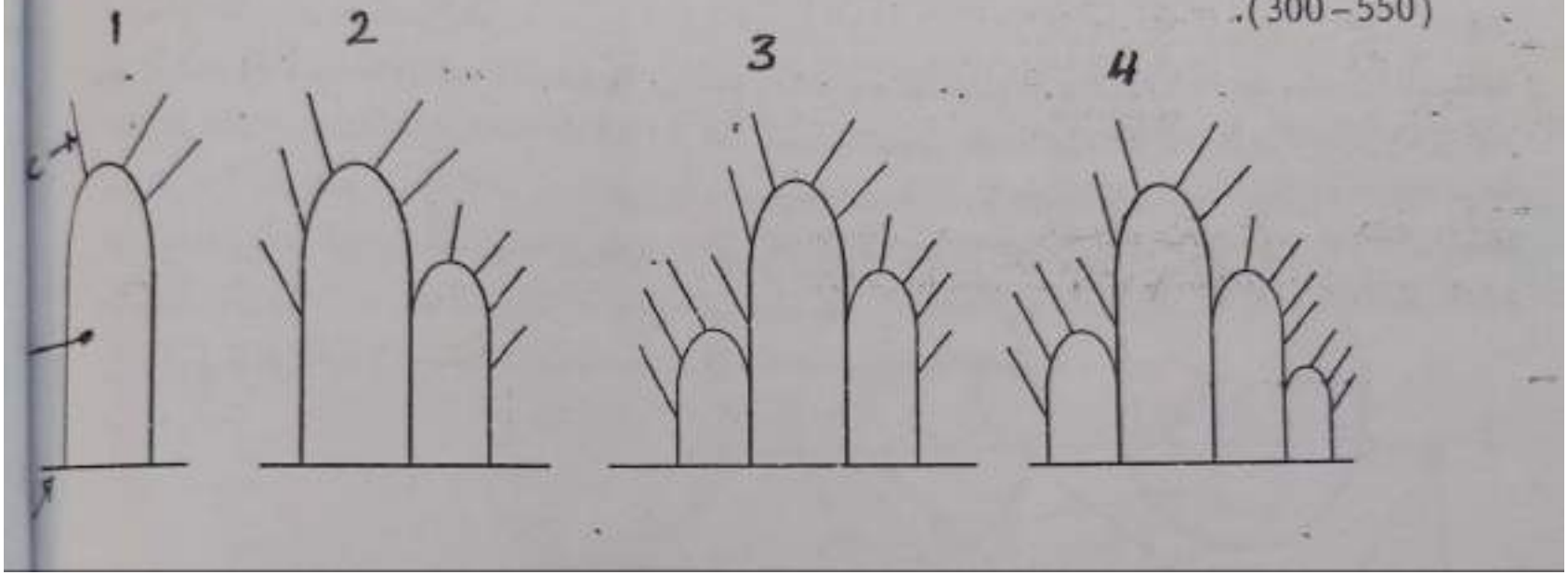
الية تحول الاوستنايت الى برلايت :- تتم هذه العملية بين درجتي حرارة (AC1 – 550) وتبدا بظهور انبان من السمنتايت على الحدود البلورية للاوستنايت ثم ينمو هذا الانبات نتيجة لسحب الكاربون من المناطق المجاورة فتصبح هذه المناطق فقيرة بنسبة الكاربون . اي تتحول الى فرايت ثم تستمر الالية بظهور انبات اخر من السمنتايت وتنمو مكونة ما يسمى بالمستعمرة البرلايتية .



الية تحول الاوستنايت الى باينايت

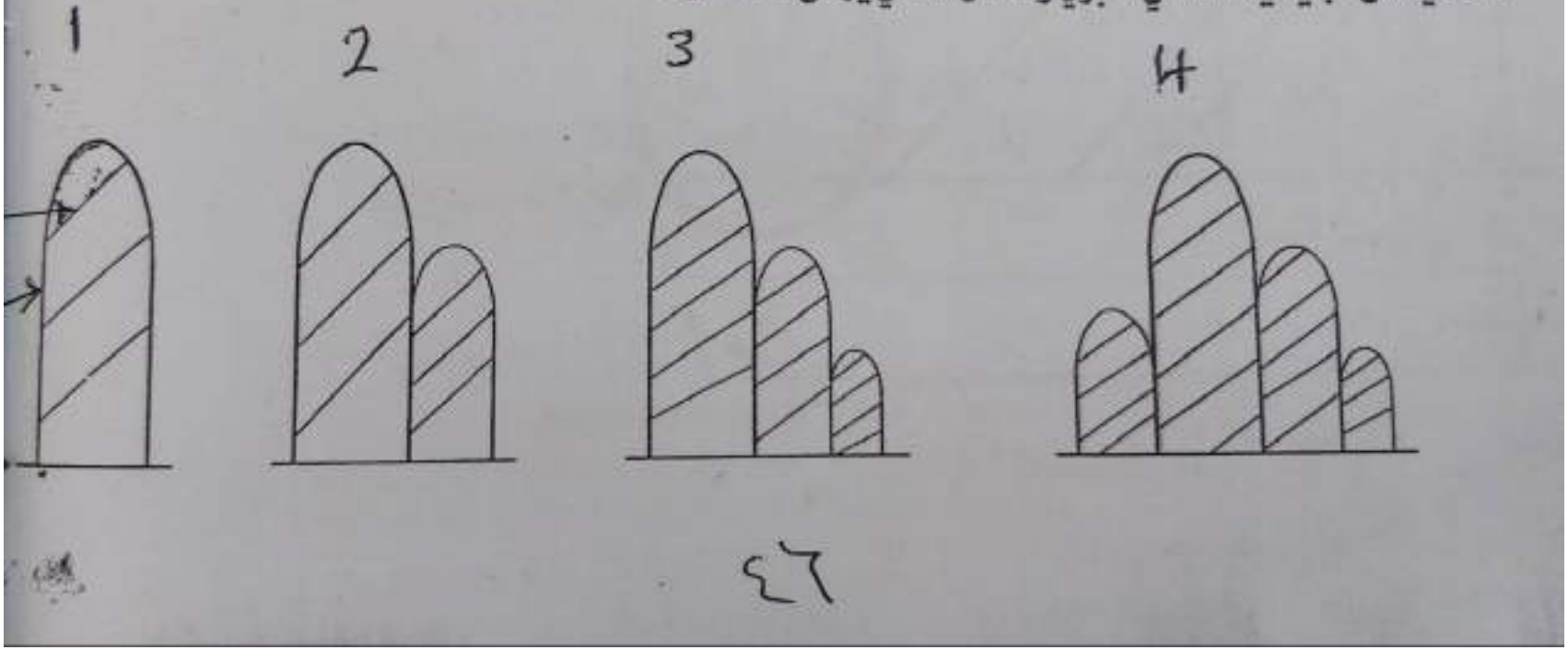
الية تحول الاوستنايت الى باينايت : وتنقسم هذه الطريقة الى قسمين وكما يلي :-

أ- الية تحول الاوستنايت الى باينايت علوي :- تبدأ بظهور انبات من الفرايت ثم ينمو هذا الانبات ويترسب السمنتايت على الحدود البلورية للفرايت ويستمر النمو بهذه الطريقة ليبدو الشكل الناتج أشبه بالريش لذلك يسمى الباينايت العلوي أو الباينايت الريشي والشكل التالي يوضح هذه الالية وتتم هذه الالية بدرجة حرارة بين (300 – 550).



الية تحول الاوستنايت الى باينايت

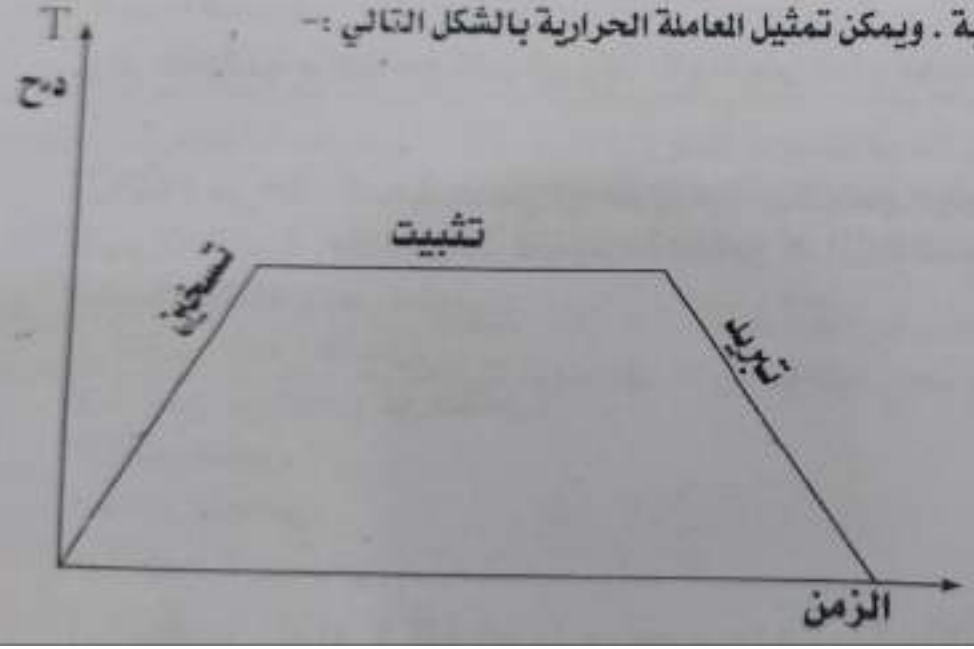
ب- الية تحول الاوستنايت الى باينايت سفلي (L. B) :-تتم بين درجتي حرارة (MS– 300) وتبدا بظهور أنبات من الفرايت يتم بترسب السمنتايت داخل الفرايت ويستمر النمو بهذه الطريقة ليبدو الشكل الناتج أشبه بالابر لذلك يسمى البايناية السفلي الابري والشكل التالي يوضح هذه الالية.



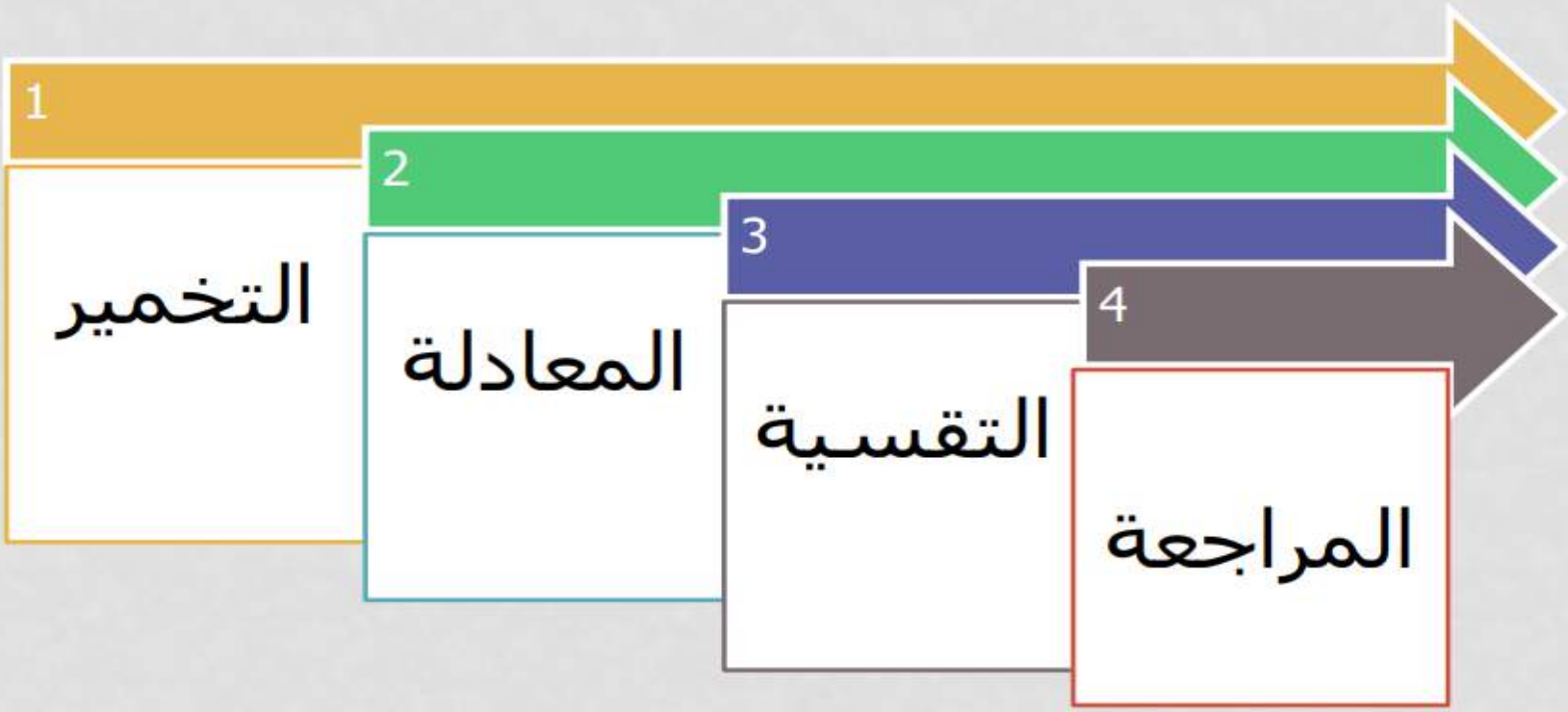
المعاملات الحرارية للصلب الكربوني
(Heat Treatment of Carbon Steel)

المعاملات الحرارية للصلب الكاربوني :- Heat treatment of carbon - steel

تعرف المعاملة الحرارية بانها عبارة عن عملية تسخين الصلب الكاربوني الى درجة حرارة معينة تعتمد على نسبة الكربون في الصلب ثم التثبيت عند تلك الدرجة لفترة زمنية مناسبة تعتمد على حجم أو وزن القطعة لغرض التجانس يتبع ذلك تبريد بمعدل معين حسب الخاصية الميكانيكية المطلوبة . ويمكن تمثيل المعاملة الحرارية بالشكل التالي :-



انواع المعاملات الحرارية



التخمير(التلدين) (ANNEALING)

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

يجري التخمير للاسباب التالية:

1. ازالة 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 تبدا 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

مراحل التخمير

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.

مراحل التخمير

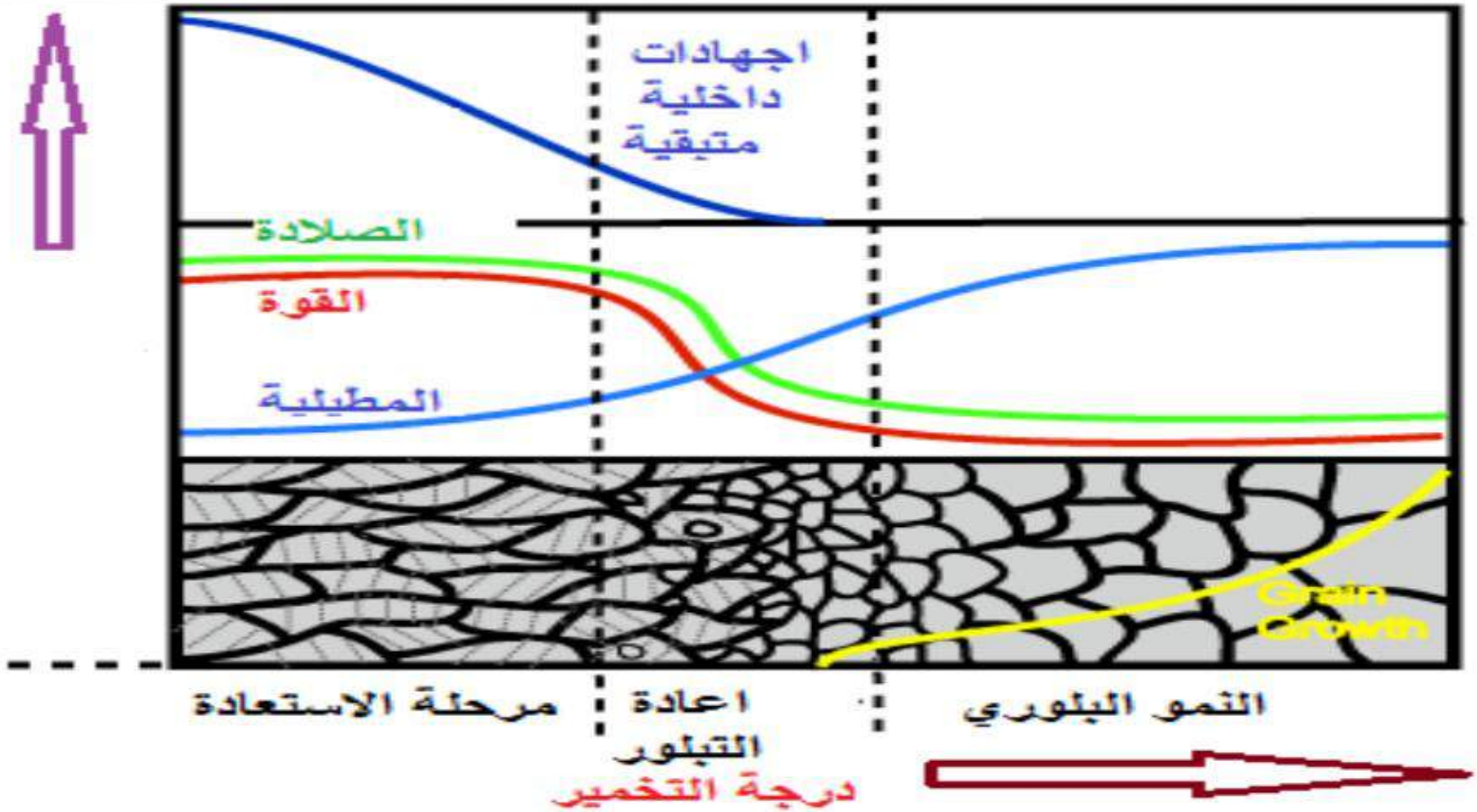
3. مرحلة النمو (Growth)

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

انواع التخمير:

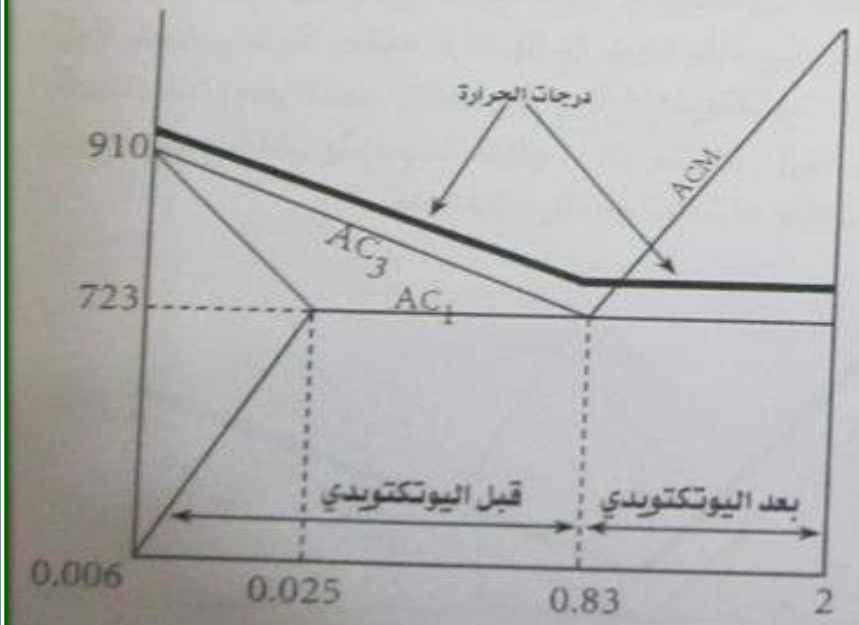
1. التخمير التام (لدونة عالية + انعدام اجهادات داخلية)
2. التخمير غيرالتام (التخلص من الاجهادات الداخلية + تحسين قابلية التشغيل)
3. تخمير التكور (لتحويل البرلايت الطبقي الى برلايت كروي)
4. تخمير التجانس (للتخلص من عدم تجانس الحبيبات الكبيرة للصلب السبائكي)
5. التخمير الايزوثرمي (تسخين الصلب الى حرارة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

مراحل التخمير



التخمير الشامل

١. التخمير التام (الشامل) :- يجري هذا النوع من التخمير بتسخين الصلب قبل اليوتكتويدي بدرجة حرارة تقداها (30 – 50) فوق خط AC3 وتسخين الصلب اليوتكتويدي وبعد اليوتكتويدي (30 – 50) فوق خط AC1 ثم التثبيت عند تلك الدرجة الى فترة زمنية تعتمد عل سمك العينة وتقدير بنصف ساعة لكل (25 ملم) من سمك العينة يتبع ذلك تبريد بطيء بالفرن . من خلال هذا النوع من التخمير نحصل على اقصى درجة للدونة ويتم التخلص من الاجهادات الداخلية وتنعيم حجم الحبيبات والتجانس في التركيب . والشكل التالي يوضح درجات التخمير التام



درجات التخمير التام (الشامل)

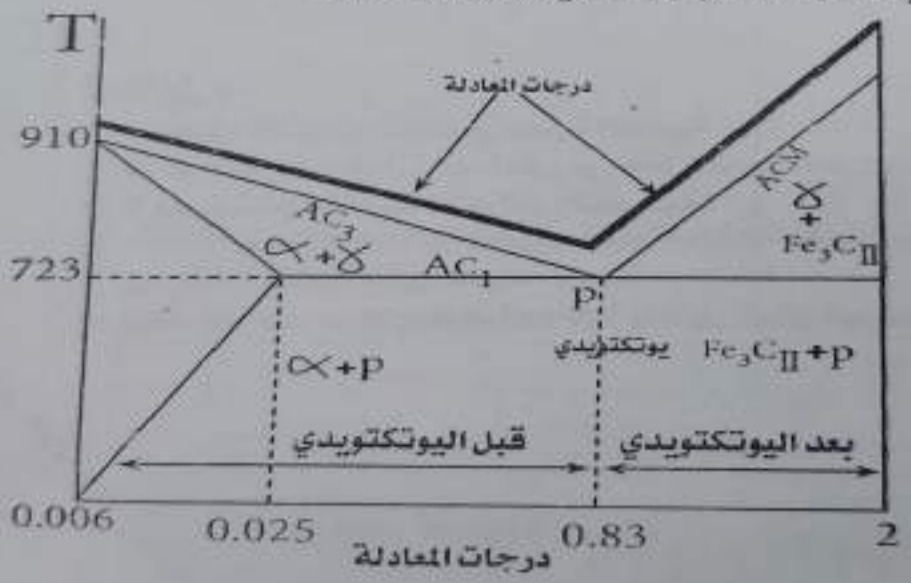
المعادلة (Normalizing)

المعادلة (Normalizing) :-

ان الغرض من اجراء عملية المعادلة ما يلي :-

١. تحسين قابلية التشغيل للصلب المنخفض الكاربوني.
٢. تحسين بنية وصلات اللحام .
٣. تقليل الاجهادات الداخلية .
٤. التخلص من السمنتايت في الصلب فوق اليوتكتويدي.
٥. التخلص من حجوم البلورات الكبيرة الناتجة بعد التشكيل بالطرق الميكانيكية .
٦. زيادة مقاومة الشد القصوى وحد المرونة للصلب المتوسط الكاربون ((و تعرف المعادلة بانها عملية تسخين الصلب قبل اليوتكتويدي (40 –50) فوق خط AC3 وتسخين الصلب اليوتكتويدي وبعد اليوتكتويدي الى درجة حرارة من (40 –50) فوق خط ACM ثم التثبيت لفترة زمنية مناسبة يتبع ذلك تبريد في الهواء)) ويكون تركيب الصلب قبل اليوتكتويدي المعادل ((فرايت . وبرلايت)) أما تركيب الصلب فوق اليوتكتويدي فيكون ((برلايت . سمنتايت)) اما بالنسبة للصلب السبانكي فان معدل التبريد في الهواء يكون كافي للحصول على((المارتنزايت)) ولهذا السبب يكون الناتج هش ويجب ان تجري له معاملة حرارية أخرى نهائية للأجزاء التي تعمل عند السرعات العالية مثل صلب العدة .

والشكل التالي يوضح درجات المعادلة .

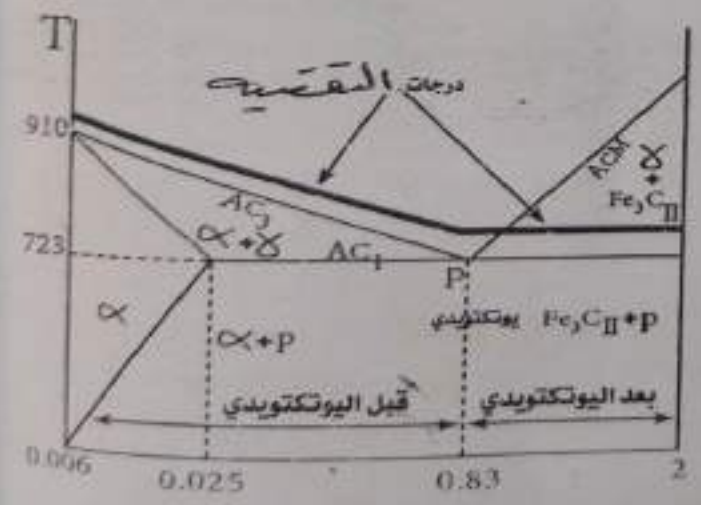


التقسية

التقسية (التصليد) Hardening :-

تعرف التقسية بانها عملية تسخين الصلب قبل اليوتكتويدي الى درجة حرارة تتراوح بين (30 – 50) فوق خط AC3 وتسخين الصلب اليوتكتويدي وبعد اليوتكتويدي الى درجة حرارة مقداها (30 – 50) فوق خط AC1 ثم يتم التثبيت لفترو زمنية مناسبة تعتمد على سمك العينة يتبع ذلك تبريد سريع في الماء، الماء الملحي ،الزيت وذلك لان هذه الاوساط توفر معدل تبريد أعلى من معدل التبريد الحرج (VC) وذلك مما يؤدي الى الحصول على طور المارتنزايت.

ويعرف المارتنزايت بأنه :- طور يتميز بالصلادة العالية والهشاشية ومقاومة الشد العالية والمطيلية القليلة ويظهر تحت المجهر بشكل (أبر) أما شبكته البلورية فهي من نوع (BCT) ونسبة الكاربون في الاوستنايت (2%) وعندها يبرد الاوستنايت نحصل على الفرايت الذي تكون شبكته من نوع (B c c) ونسبة الكاربون فيه (0.006 %) عند درجة حرارة الغرفة ولا ستيعاب الكمية الاضافية من الكاربون يحصل تشوه في ابعاد الفرايت يتحول الشكل الى(B c T) ويكون التغير بالحجم (3%) ويكون ناتج عملية تقسية الصلب قبل اليوتكتويدي هو المارتنزايت فقط أما ناتج تقسية الصلب بعد اليوتكتويدي فهو مارتنزايت وسمنتايت وهذا يؤدي الى زيادة الصلادة بنسبة اكبر ولكون عملية التقسية تؤدي الى ظهور المارتنزايت فان الناتج يكون هش وصلادته عالية . لذلك فان كل عملية تقسية متبوعة بمراجعة (وذلك لتحسين الخواص الميكانيكية وزيادة المتانة) . والشكل التالي يوضح درجات التقسية



تعاليل :-

تعاليل

تعاليل :-

١- يستعمل الماء كوسط تبريد في عملية التقسية ؟

ج/ وذلك لانه يوفر معدل تبريد أعلى من معدل التبريد الحرج (VC) مما يؤدي الى الحصول على طور المارتنزايت (M).

٢- لا يصلح ناتج التقسية للأغراض التطبيقية ؟

ج/ وذلك لكون صلادته عالية وهش ومطيليته ومتانته قليلة وتحتوي على أجهادات داخلية .

٣-ان عملية التقسية تكون متبوعة بعملية مراجعة ؟

ج/ وذلك للتخلص من الاجهادات الداخلية وتقليل الصلادة وزيادة المتانة والتخلص من الاوستنايت المتبقي

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤_٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- تعريف المعاملات الحرارية
- التلدين (التخمير)
- المعادلة
- التقسية

المحتويات

- المراجعة
- المعاملة الحرارية دون الصفرية
- التعتيق

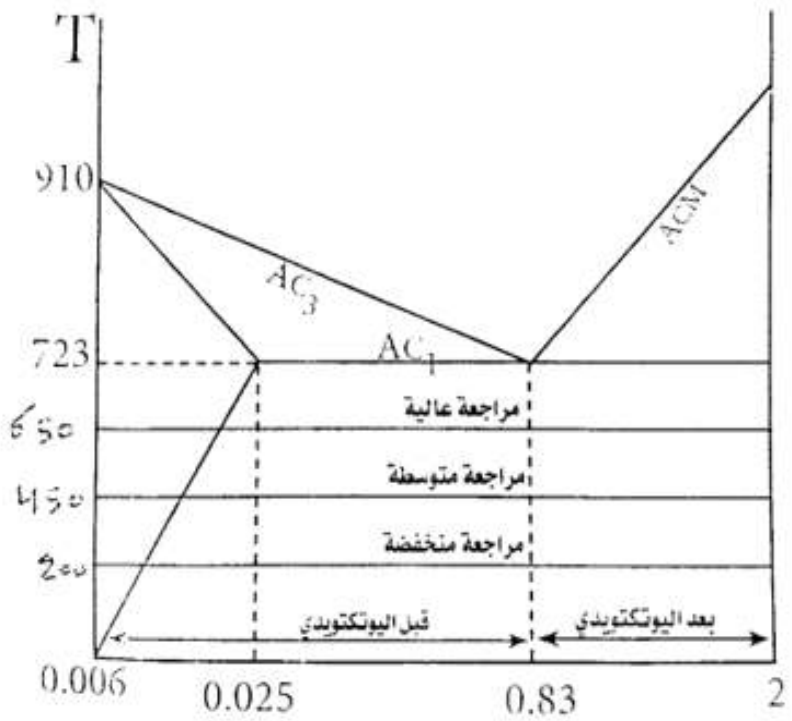
المراجعة (Tempering)

تعرف بانها عملية تسخين الصلب المقسى الى درجة حرارة اقل من (Ac1) ثم التثبيت لفترة زمنية مناسبة يتبع ذلك تبريد بمعدل تبريد مناسب.

تجرى المراجعة للاسباب التالية:

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

طرق المراجعة



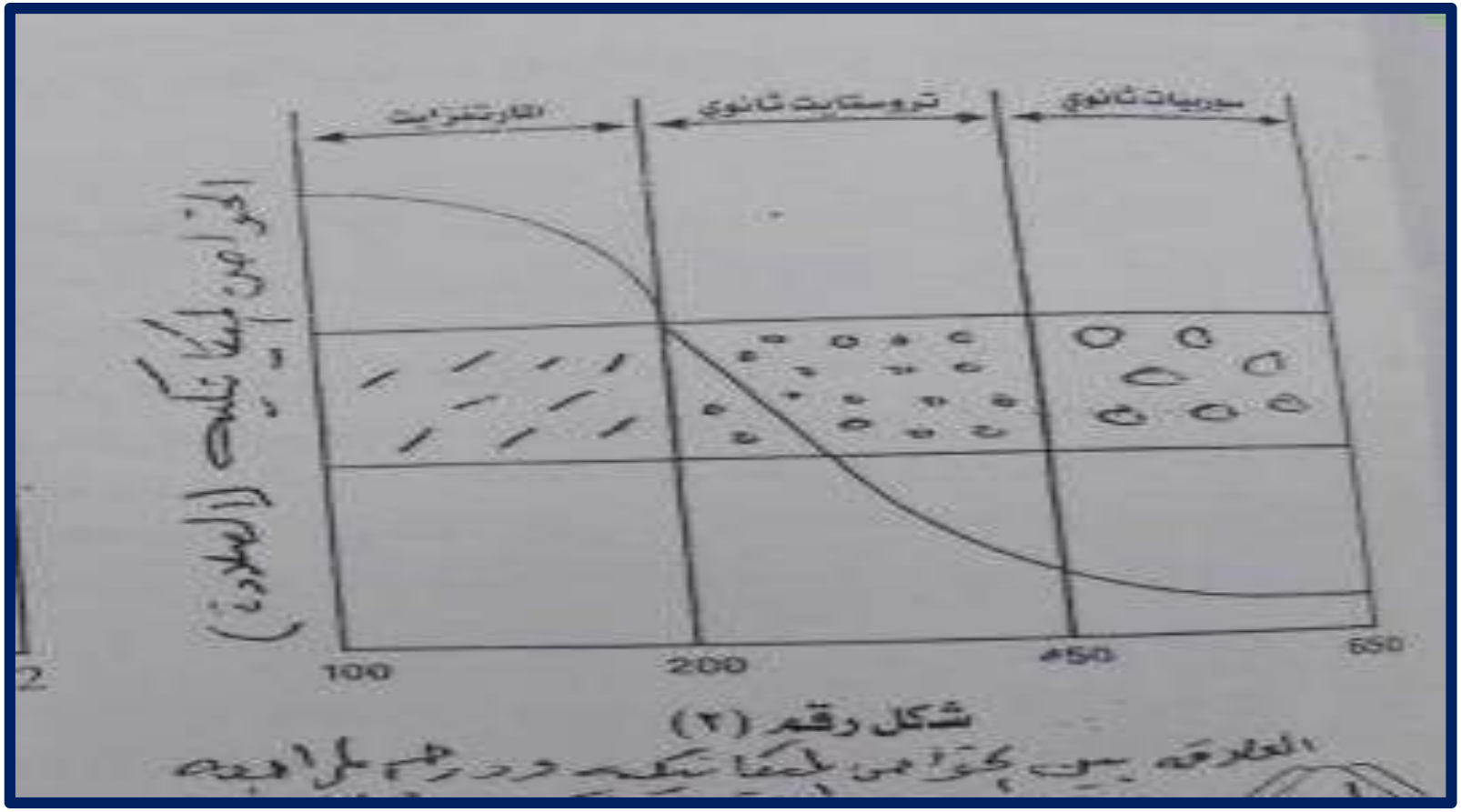
درجات المراجعة شكل رقم (١)

المراجعة بدرجة حرارة منخفضة: تتم بحرارة تتراوح من (100 – 200)م, تكفي لازالة الاجهادات الداخلية ولاتؤثر على الخواص الميكانيكية.

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

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 .

العلاقة بين (الخواص الميكانيكية ؛البنية المجهرية)
ودرجة المراجعة لصلب يوتكتويدي مصلد



شكل رقم (٢)

المعاملة دون الصفرية

تجرى لغرض التخلص من **(الاوستنايت المتبقى وازالة الاجهادات الداخلية)** وتتم في درجة حرارة **اقل من الصفر المئوي** وهي احدى اهم طرق التخلص من الاوستنايت المتبقي الناتج في عملية التقسية (التصليد)

وتوجد طريقة اخرى للتخلص من الاوستنايت المتبقي وذلك باجراء **(عملية المراجعة) وبذلك تكون طرق التخلص من الاوستنايت المتبقي مايأتي:**

١. **المراجعة**
٢. **المعاملة دون (تحت الصفرية)**

التعتيق

التعتيق : -هي التحولات التي تحدث في سبائك الحديد - الكاربون والسبائك الحديدية الاخرى بدون تغيير البنية البلورية ويظهر بشكل واضح في مخططات محدودة الذوبان وتمر عملية التعتيق بالمراحل التالية :-

١- تجمع ذرات العنصر المذاب الزائدة عن حد الاشباع في اماكن معينة من شبكة المحلول الجامد الفوق المشبع .

٢- تتكون شبكة بلورية جديدة خاصة بالطور الجديد تتطابق مع الشبكة البلورية للمحلول الجامد .

٣- 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 الكاربون :-

-1 التبريد / يحدث عند تبريد الصلب بسرعة من درجة حرارة أعلى من (700) م وسبب ظهور هذا التعتيق هو تغير قابلية ذوبان الكاربون في حديد الفا يتكون اثناء التبريد محلول جامد فوق الاشباع من الفا يتحلل اثناء التعتيق عند درجة حرارة الغرفة أو بين 50 – 150 م مما يؤدي الى زيادة الصلادة و نقصان المتانة والمطيلية للصلب.

٢- تعتيق يحدث بعد التشكيل على البارد (تعتيق التشويه) .

يحدث في الواح وصفائح الصلب بعد اجراء تخفيضات في السمك اثناء عمليات الانحناء مما يؤدي الى نقصان قابلية التشكيل ويستغرق تعتيق التشوة من (15- 60) يوم عند درجة حرارة الغرفة بينما يستغرق بضع دقائق عند درجة تتراوح بين 350 – 800 م .

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤_٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- المراجعة
- المعاملة الحرارية دون الصفرية
- التعتيق

المحتويات

١. تعريف التقسية السطحية
٢. الكربنة؛ انواعها؛ المعاملات الحرارية اللاحقة
٣. النتردة
٤. السيندة

طرق التصليد (التقسية) السطحية للصلب الكربوني

طرق التصليد السطحي للصلب الكاربوني :- ويقصد بطرق التصليد السطحي للصلب الكاربوني : بانها عملية تسخين الصلب في وسط نشط كيميائيا مما يؤدي الى تغيير خواص السطح ومن الخواص التي تتغير ما يأتي :-

١. زيادة الصلادة ٢- زيادة مقاومة التاكل بالاحتكاك ٣- زيادة مقاومة التاكل الكيميائي .

٤- زيادة مقاومة الكلال .

وتجري طرق التصليد السطحي لمعاملة سطح المعدن ببعض العناصر الكيميائية مثل الكاربون وتسمى (الكربنة) والنايتروجين وتسمى (النترجة) . والكاربون والنتروجين معا تسمى (كاربو نترجة أو نتردة) .أو الكروم وتسمى الكرمنة أو لمنيوم وتسمى (المنة) ومن الممكن ان تجري هذه الطرق في أوساط صلبة او سائلة أو غازية ومن الشروط الواجب توفرها لنجاح هذه الطرق :-

١- ان يكون العنصر الكيميائي بحالة ذرية نشطة .

٢- ان تكون للعنصر الكيميائي قابلية على الانتشار داخل سطح الصلب.

٣- ان تكون للصلب القابلية على امتصاص العنصر المنتشر.

انواع الطرق المستخدمة لغرض التصليد السطحي

الكربنة :-تجري الكربنة للصلب المنخفض الكاربوني تتراوح نسبة الكاربون فيه من (0.01% - 0.25%) وتتضمن عملية الكربنة تشبع سطح الصلب بالكاربون للحصول على صلادة عالية ومقاومة تاكل جيدة في سطح الصلب مع الاحتفاظ بمركز لين وتجري الكربنة بدرجات حرارة أعلى من خط (Ac3) ويبقى الجزء عند تلك الدرجة لفترة زمنية طويلة لذلك يجب أجراء الكربنة لأجزاء مصنوعة من صلب صغير الحبيبات وذلك لتجنب الزيادة الحاصلة في حجم الحبيبات نتيجة للتسخين لفترة زمنية طويلة وهناك مجموعتين من العناصر تؤثر على عملية الكربنة.

تكملة الكربنة

المجموعة الاولى :- مثل (التيتانيوم Ti ، والتنكستن Tg)تسهل عملية الكربنة . لان هذه العناصر تميل لتكوين الكاربيدات.

المجموعة الثانية :- مثل (النحاس Cu ، والالمنيوم AL) فانها تعيق عملية الكربنة . وذلك لعدم ميل هذه العناصر لتكوين الكاربيدات وتقسم الكربنة حسب الوسط الذي تجري فيه الى ما يلي :-

الكربنة الصلبة :- في هذا النوع من الكربنة تنظف القطع من الزيوت والاتربة وتوضع في صناديق من الصلب محكمة السد بغطاء طيني ومملوء بمادة مكربنة من الفحم النباتي أو فحم الكوك بشك مسحوق مع مادة منشطة مثل كاربونات الباريوم أو كاربونات الصوديوم تضاف بنسب معينة تؤدي الى تجهيز الاوكسجين لغرض الاكسدة لقسم من الكاربون وتحرر غاز اول أول اوكسيد الكاربون ثم تسخن الصناديق بدرجة حرارة(900-950) ولفترة زمنية تتراوح من (3 الى 8) ساعة وذلك أعتماد على سمك الطبقة المكربنة المطلوبة ومن خلال عمليات الاكسدة التي تتم داخل الصندوق يتحرر الكاربون الذري فيتم امتصاصه من قبل الصلب اما الاجزاء التي لا يراد كربنتها فتطلى بطبقة من النحاس .

الكربنة السائلة :- تستعمل هذه الطريقة للاجزاء الصغيرة عندما يكون العمق المطلوب للطبقة المكربنة صغير جداً يتراوح بين (0.3 – 0.5) ملم ومن مميزات هذه الطريقة ما يلي :-

١- معدل التسخين عالي ومتجانس

٢- احتمالية حدوث العيوب قليلة

٣- هذه الطريقة أكثر أقتصادية من الطرق الاخرى للحصول على طبقة رقيقة من الكاربون للأجزاء الصغيرة من الصلب الكاربوني .

تجري هذه الطريقة بوضع الاجزاء المطلوب كربنتها في وعاء من الصلب ثم تغمر في حوض مصهور ملحي بدرجة حرارة (820-850)والمصهور الملحي المستخدم يتكون من خليط من (كاربيد السليكون + كلوريد الصوديوم + كاربونات الصوديوم) وتبقى الاجزاء في المصهور الملحي لمدة ساعة حيث تحدث عملية الكربنة بواسطة الكاربون الذري الناتج من تحلل أملاح المصهور الملحي ثم تبرد الاجزاء بعد ذلك الى درجة حرارة الغرفة بواسطة الماء أو الزيت .

تكملة الكربنة

الكربنة الغازية :- يتم تشبع سطح الصلب بالكاربون في وسط غازي وتعتبر أفضل طرق الكربنة وعند مقارنتها بالكربنة الصلبة فانها :-

١- لا تحتاج الى صناديق خاصة لوضع القطع.

٢- المواد المكربنة لا تحتاج الى الى وقت لتسخينها كما هو الحال في مواد المكربنة الصلبة ذات التوصيل الحراري الرديء

وتجري الكربنة الغازية بوضع القطع في الافران وأحاطتها بتيارات من الغازات المكربنة مثل (غاز الميثان CH_4) ثم التسخين الى درجة حرارة من (900-950) حيث يحصل التالي :-

$$CH_4 \longrightarrow 2H_2 + C$$

ثم يمتص الكاربون الذري الناتج من المعادلة أعلاه من قبل الصلب ويكون سمك الطبقة المكربنة (0,25 - 1) ملم بعد ذلك يجري تبريد سريع اذا كانت الحبيبات ناعمة أما اذا كانت الحبيبات خشنة فتجري معادلة .

المعاملات الحرارية للصلب المكربن :- بعد الكربنة يحصل اختلاف في نسبة الكاربون بين القشرة الخارجية وقلب القطعة أو مركزها . حيث تزداد نسبة الكاربون في سطح القطعة وتصل في بعض الحالات الى (0.83%) او اكثر قليلا مما يؤدي الى ترسب جزء من السمنتايت في مناطق حدود الحبيبات بعد التبريد وأن ترسب السمنتايت يؤثر على الخواص فيؤدي الى زيادة هشاشية الصلب وتتشر طبقة الكاربون المتكونة على السطح أثناء الاستعمال وكذلك فان التسخين لفترة زمنية طويلة أثناء الكربنة يؤدي الى كبر حجم الحبيبات وخشونتها مما يؤثر على الخواص الميكانيكية ولذلك يجب معاملة الصلب المكربن

المعاملة الحرارية بعد الكربنة

اولاً :- المعاملة الحرارية لقلب القطعة :- تتضمن هذه المعاملة تسخين الصلب الى درجة حرارة اعلى بقليل من (AC3) وتكون بحدود (870) حيث يتحول تركيب قلب القطعة الى حبيبات ناعمة من الاوستنايت وبعد مرور فترة زمنية مناسبة تبرد القطعة بالماء أو الزيت وذلك للحصول على حبيبات ناعمة من المارتنزايت ولكن هذه العملية تؤدي الى تركيب صلد وهش في القشرة الخارجية للقطعة . وهذا التركيب عبارة عن حبيبات خشنة من المارتنزايت والسبب أن التسخين لدرجة (870) أعلى بكثير من الدرجة المطلوبة لمعاملة السطح الخارجي فنحصل على أوستنايت خشن يتحول في التبريد السريع الى مارتنزايت خشن ولهذا السبب يجب ان تجرى معاملة حرارية أخرى لتحسين خواص السطح الخارجي .

ثانياً :- المعاملة الحرارية للسطح الخارجي :- تتضمن هذه المعاملة تسخين الصلب الى درجة حرارة أعلى بقليل من AC1 وهذه الدرجة حوالي (760) وذلك للحصول على حبيبات ناعمة من الاوستنايت في السطح تتحول بعد التبريد الى حبيبات ناعمة من المارتنزايت وعند هذه الدرجة يكون قلب القطعة محتوياً على حبيبات ناعمة من الاوستنايت مغمورة في أرضية الفرايت وعند التبريد نحصل على حبيبات من المارتنزايت مغمورة في ارضية من الفرايت مع كمية من التروستايت ثم تجرى مراجعة بدرجة (١٥٠) (مراجعة منخفضة) لأزالة الاجهادات الداخلية .

النتردة

النتردة :- تؤدي عملية النتردة الى جعل سطح الصلب أعلى صلادة وأكثر مقاومة للتاكل من الكربنة ويستعمل في النتردة عنصر النتروجين وتجري للأجزاء المشكلة بصورة تامة ونهائية وللأجزاء المعاملة حرارياً . تتم بالتسخين الى درجة حرارة (٥٠٠) م لفترة زمنية تتراوح بين (٢-٤) أيام حيث توضع القطع في وعاء محكم السد ويدور فيه غاز الامونيا (NH_3) حيث يؤدي الى تحلل غاز الامونيا الى هيدروجين ونيتروجين وحسب المعادلة التالية :-

$$2NH_3 \longrightarrow 2N + 3H_2$$

يتغلغل النتروجين الذري الناتج من المعادلة أعلاه داخل سطح الصلب ويؤدي الى تكوين نتريدات صلدة وتجرى عملية النتردة لأنواع خاصة من الصلب منها سبيكة يطلق عليها سبيكة النترا (NITRA-ALLOY) حيث تتكون هذه السبيكة من (الكاربون - كروم - حديد - المنيوم - المولبدنيوم) وبذلك تتكون نترايندات صلدة من الكروم والالمنيوم ووجود المولبدنيوم يؤدي الى تكون حبيبات ناعمة والى تحسين متانة قلب القطعة ويكون سمك الطبقة المنتردة (0.25 - 0.9) ملم ويستخدم الصلب المنترد في تصنيع (قوالب التشكيل - مسامير التوصيل - الاعمدة المرفقة) وتعتبر عملية النتردة مكلفة عندما تجري لعدد قليل من القطع بينما تكون الكلفة اقل عندما تجري لعدد كبير من القطع .

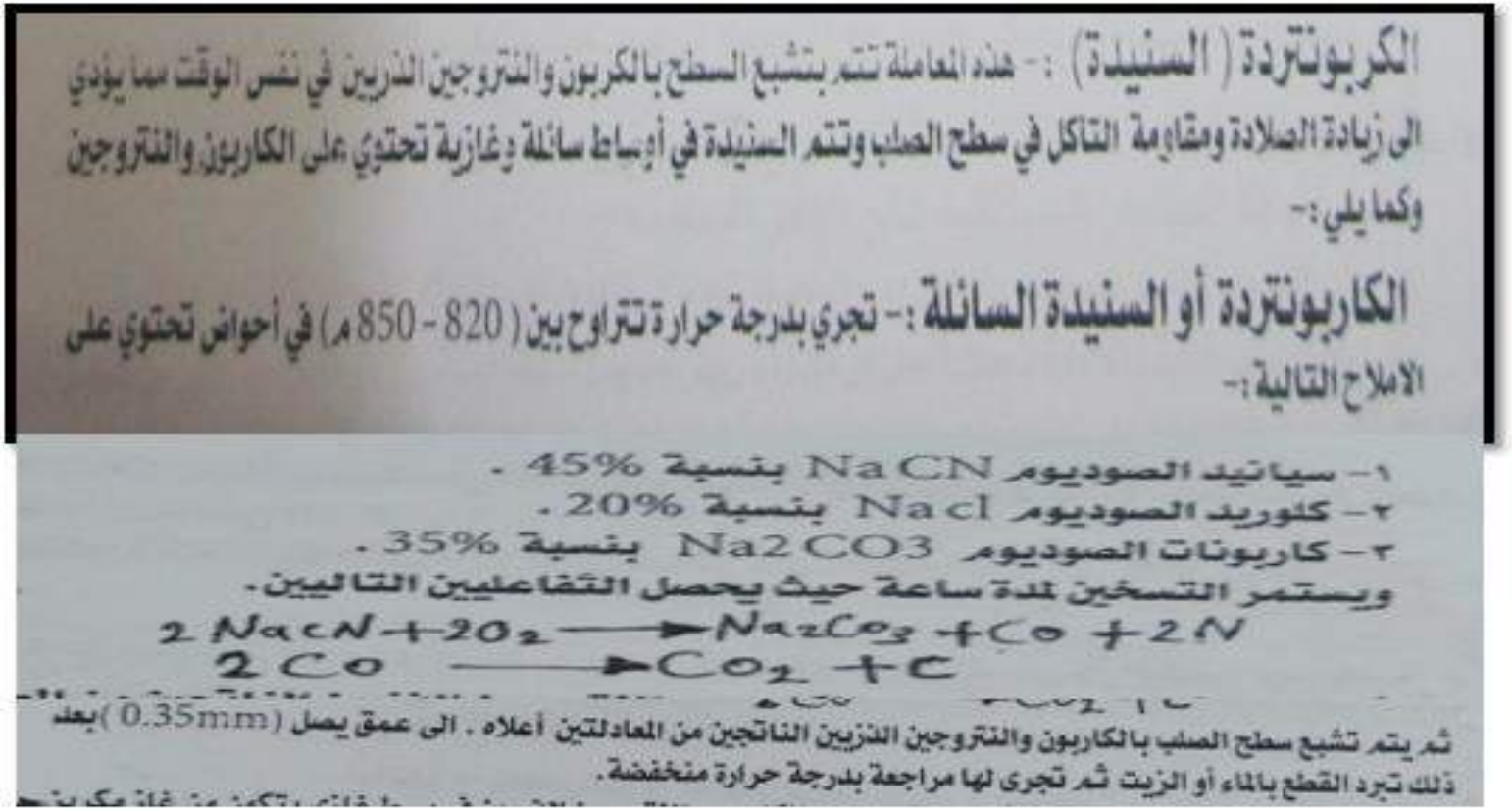
مزايا عملية النتردة :-

١- تفادي حدوث التصدعات والتشققات والاجهادات الداخلية والسبب في ذلك ان المعاملة الحرارية تجري قبل النتردة .

٢- عدم فقدان الصلادة للسطح المنترد في حالة أرتفاع درجة الحرارة الى (٥٠٠) درجة مؤية بينما يبدأ السطح المكربن بفقدان الصلادة عند درجة حرارة (٢٠٠) م .

٣- ان السطح المنترد يكون ذو مقاومة تاكل جيدة ولكي تكون مقاومة التاكل في أقصى درجاتها يجب أستعمال الاجزاء بعد النتردة مباشرة.

السيندة (الكربوننتردة)



الكربوننتردة (السنيدة) :- هذه المعاملة تتم بتشبع السطح بالكربون والنتروجين الذريين في نفس الوقت مما يؤدي الى زيادة الصلادة ومقاومة التاكل في سطح الصلب وتتم السنيدة في أوساط سائلة وغازية تحتوي على الكاربون والنتروجين وكما يلي :-

الكاربوننتردة أو السنيدة السائلة :- تجري بدرجة حرارة تتراوح بين (820 - 850 م) في أحواض تحتوي على الاملاح التالية :-

١- سيانيد الصوديوم NaCN بنسبة 45% .
٢- كلوريد الصوديوم Nacl بنسبة 20% .
٣- كاربونات الصوديوم Na2CO3 بنسبة 35% .

ويستمر التسخين لمدة ساعة حيث يحصل التفاعلين التاليين.

$$2NaCN + 2O_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + CO + 2N$$

$$2CO \longrightarrow CO_2 + C$$

ثم يتم تشبع سطح الصلب بالكاربون والنتروجين الذريين الناتجين من المعادلتين أعلاه . الى عمق يصل (0.35mm) بعد ذلك تبرد القطع بالماء أو الزيت ثم تجرى لها مراجعة بدرجة حرارة منخفضة.

السيندة (الكربونتردة)

السيندة الغازية :- في هذه الطريقة يتشبع سطح الصلب بالكاربون والنتروجين الذريين في وسط غازي يتكون من غاز مكربن بنسبة (70 - 80%) وغاز الامونيا (20 -30 %) ثم تسخين لدرجة حرارة (950 ،900 م) والتثبيت لفترة زمنية مناسبة تعتمد على سمك الطبقة المطلوبة ثم تجري لها مراجعة بدرجة حرارة منخفضة .

$$2NH_3 \longrightarrow 2N + 3H_2$$

$$CH_4 \longrightarrow 2H_2 + C$$

التصليد باللهب :- هي أقصر طرق التصليد السطحي تتضمن تسخين سطح الصلب الى درجة حرارة أعلى من (AC3) بواسطة مشعل الاوكسي أستيلين ثم تبرد بواسطة رشاش ماء متصل بالمشعل والصلب المستعمل يجب ان يحتوي على كاربون بنسبة (0.4% -0.6%)وذلك لضمان حصول على صلادة عالية في سطح الصلب تتراوح من (600 – 650)فيكرز وعمق التصليد يصل الى (3ملم) وتستعمل هذه الطريقة لتصليد التروس والكامات والتوالب الحلزونية وأعمدة الدوران .

التصليد بالحث الكهربائي :- في هذه الطريقة يحاط السطح المراد تصليدة بجزء خاص بالحث الكهربائي يحتوي على عدة ثقوب يمر خلالها تيار ذو ذبذبات عالية وبذلك يسخن السطح بسرعة عالية بواسطة تيارات الحث الدوامة الى درجة حرارة أعلى بقليل من (Ac3) خلال زمن يتراوح بين (3-5) ثانية يتبع ذلك تبريد برشاش ماء من خلال الثقوب الموجودة في جزء الحث الكهربائي الى عمق يصل من (2-3) ملم .

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

١. تعريف التقسية السطحية
٢. الكربنة؛ انواعها؛ المعاملات الحرارية اللاحقة
٣. النتردة
٤. السيندة

المحتويات

- ✓ الصلب السبائكي
- ✓ تاثير اضافة عناصر السبك على خواص الصلب

الصلب السبائكي

الصلب السبائكي :- (ALLOY-STEEL)

هو الصلب الذي يحتوي على شوائب بصفة دائمة مثل (المنغنيز – السليكون – الفسفور – الكبريت) وبالاضافة الى هذه الشوائب فانه يحتوي على عنصر أو أكثر من العناصر السبائكية ومن العناصر السبائكية المضافة للصلب هي (الكروم – الفناديوم – التنكتس – الالمنيوم – النيكل – الكوبلت – الخ .....) ونظراً لتطور الصناعة وخاصة السيارات والطائرات والصناعات والميكانيكية ولمحدودية استعمال الصلب الكاربوني وعدم أيفائه بجميع متطلبات الصناعة ظهرت الحاجة الى أستعمال الصلب السبائكي .

تصنيف الصلب السبائكي :- توجد عدة تصنيفات للصلب السبائكي وهي كما يلي :-

أ- تصنيف الصلب السبائكي حسب التركيب الكيميائي :- يتم التصنيف حسب العنصر الكيميائي المضاف الى الصلب فهناك صلب كرومي عندما يضاف اليه كروم ، وصلب نيكلي عندما يضاف اليه نيكل ، وصلب منغنيزي عندما يضاف اليه منغنيز .....الخ .

ب- تصنيف الصلب السبائكي حسب الاستعمال :- حيث يصنف الى صلب أنشاءات ، صُلب عدد وأدوات ، صلب الاستعمالات الخاصة ....الخ.

ج- تصنيف الصلب السبائكي حسب نوع البنية :- هناك صلب سبائكي برلايتي وصلب مارتنزايتي و صلب أوستنايتي وصلب فرايتي وصلب ذو بنية كاربيدية.

تاثير اضافة العناصر السبائكية على خواص الصلب

تاثير أضافة العناصر السبانكية على خواص الصلب :-

١- ان أضافة بعض العناصر السبانكية مثل الكروم والفناديوم تؤدي الى تكوين كاربيدات ثابتة جداً .وتؤثر هذه الكاربيدات على صلادة الصلب خاصة اذا كانت ذات صلادة أعلى من صلادة كاربيد الحديد (السمنتايت Fe_3c) واذا تواجد أكثر من عنصر

فان الكاربيدات تكون معقدة بينما وجود عناصر أخرى مثل السليكون _الالمنيوم يؤدي الى تفكك كاربيد الحديد واعطاء الكرافيت وحسب المعادلة التالية :-

$$Fe_3C \longrightarrow 3Fe+c$$

ويطلق على هذه العناصر (العناصر المجرفتة) تمثل (السليكون - الالمنيوم) وتضاف هذه العناصر بشكل كبير للصلب المنخفض الكاربون اما عند أضافتها للصلب عالي لكاربون فيجب ان يضاف أحد العناصر المكونة للكاربيدات وذلك لمعادلة تاثير على العناصر المجرفتة.

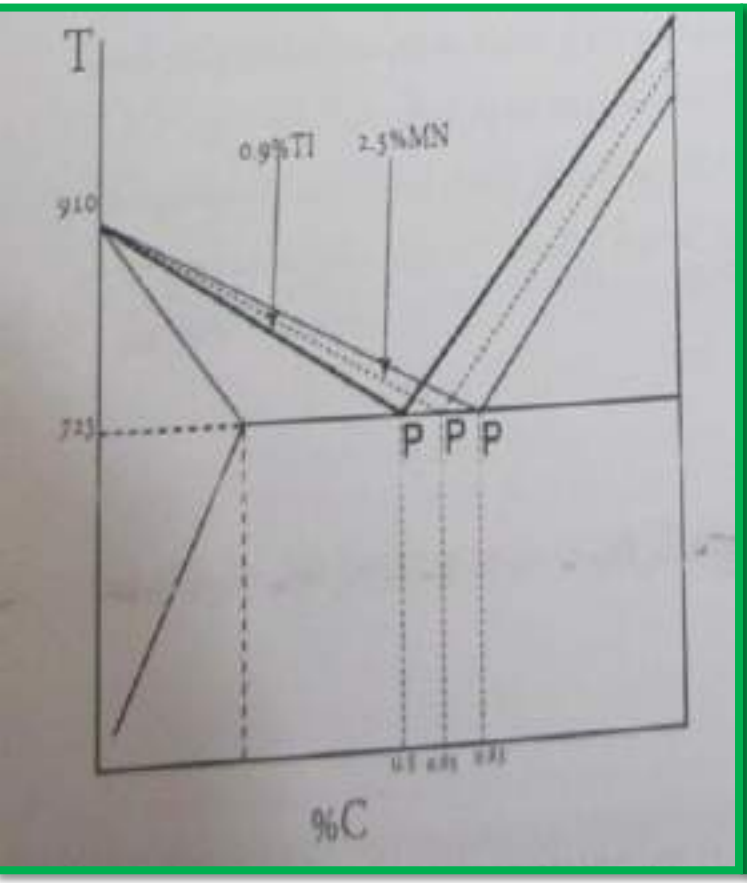
٢- ان اضافة جميع العناصر السبانكية عدا الكوبلت (CO) تؤدي الى زيادة أستقرارية الاوستنايت أي انتقال (TTT) الى جهة اليمين مما يؤدي الى أنخفاض السرع الحرجة للتبريد ويمكن تصليد الصلب السبانكي حتى بأستعمال الهواء عند وجود نسبة عالية من العناصر السبانكية المضافة والاشكال التالية توضح تاثير أضافة العناصر السبانكية على منحني الايزوثرمي (TTT).

تبريد في الهواء يتحول P في الصلب الكاربوني

تبريد في الهواء يحول M عند أضافة نسبة قليلة من العناصر السبانكية

تبريد في الهواء يبقى الاوستنايت بدون تحول يخفض MS الى اقل من الصفر عند أضافة

تاثير اضافة العناصر السبائكية على نمو الحبيبات ونقطة اليوتكتويدي



٢- ان وجود بعض العناصر السبائكية مثل (الكروم ، المنغنيز) تؤدي الى زيادة معدل نمو الحبيبات وخاصة عند درجة الحرارة العالية لذلك يجب الحذر عند تسخين الصلب الذي يحتوي على هذه العناصر الى درجات أعلى من الحد المطلوب ، أو الاحتفاظ بها لفترة زمنية طويلة عند نفس الدرجة الحرارية وذلك تجنبا لحدوث الهشاشية بتاثير نمو الحبيبات بينما توجد عناصر أخرى مثل (النيكل ، الفناديوم) تعيق نمو الحبيبات بسبب تكوينها كاربيدات وأكاسيد صعبة الذوبان في الاوستنايت وتوجد مجموعة ثالثة من العناصر السبائكية مثل (التيتانيوم ، الزركونيوم) تؤدي الى اعاقة نمو الحبيبات بشكل أكبر من العناصر السابقة بسبب ان هذه العناصر تكون كاربيدات أكثر ثباتاً وأصعب ذوباناً في الاوستنايت .

٣- تؤدي أضافة بعض العناصر السبائكية الى أنحراف نقطة اليوتكتيدي الى جهة اليسار في منحني التوازن الحراري للحديد - الكاربون أي ان الصلب يكون تركيبه 100% بر لايت حتى لو أحتوى على نسبة كاربون أقل من 0.83 % حيث تؤدي أضافة 2.5% منغنيز الى الصلب ، الى الحصول على بر لايت عند نسبة كاربون 0.65% والشكل التالي يوضح تاثير أضافة العناصر السبائكية على نقطة اليوتكتويدي.

تاثير اضافة العناصر السبائكية على مقاومة التاكل؛ الدرجات الحرجة؛ التحولات المارتنزايتية

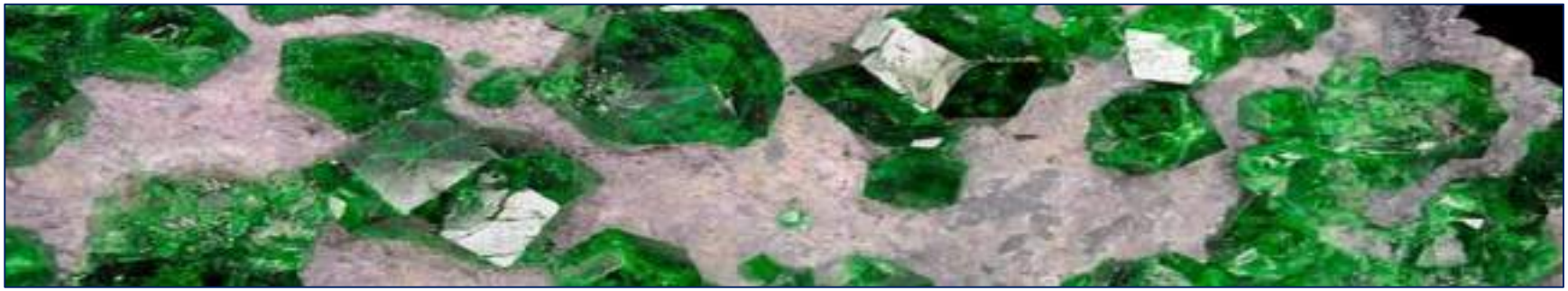
٥-ان اضافة بعض العناصر السبائكية مثل (الكروم- السليكون - الالمنيوم)تؤدي الى تحسين مقاومة التاكل للصلب حيث تكون هذه العناصر طبقة رقيقة غير مسامية من الاكاسيد على سطح الصلب تحميه من أستمرار التاكل . وفي حالة الحاجة الى الحصول على خواص ميكانيكية لهذه الطبقة فان أهم عنصر يضاف هو (الكروم) . اما اذا اضيف (النيكل) بكميات كافية للصلب فان الاوستنايت يكون ثابت عند درجة حرارة الغرفة وتكون بنية الداخلية عبارة عن محلول جامد .

٦- تاثير أضافة العناصر السبائكية على درجات التحول الحرجة :- تؤدي أضافة بعض العناصر السبائكية (النيكل - المنغنيز - الكوبلت) الى رفع درجة A4 وخفض درجة A3 مما نؤدي الى ثبات (γ) أي زيادة مجال درجات الحرارة التي يتواجد فيها الاوستنايت كطور ثابت . بينما تؤدي أضافة (الكروم - التنكتس- السليكون) الى رفع درجة A3 وخفض درجة A4 و زيادة مجال تواجد (α) كطور ثابت وتضيق منطقة(γ) مكونة ما يعرف بحلقة كاما.

٧- تاثير أضافة العناصر السبائكية على التحولات المارتنزايتية :- تؤدي معظم العناصر السبائكية عدا (الكاربون -الالمنيوم) الى الصلب الكاربوني . الى خفض درجة (MS) وزيادة كمية (γ) المتبقي ، ووجود (γ) المتبقي يخفض الصلادة ويقلل الاستقرار في أبعاد المنتوجات المصنوعة من الصلب المقسى لذلك تجرى عملية مراجعة كذلك فان جميع العناصر السبائكية تخفض (MF) ولكن بدرجة أقل من تخفيضها لـ(MS) ولا تؤثر العناصر السبائكية في التحول المارتنزايت ألا أذا كانت ذائبة في الاوستنايت .

٨- تاثير العناصر السبائكية على الخواص الميكانيكية للصلب :- أضافة العناصر السبائكية يؤدي الى زيادة مقاومة الصلب بسبب تكوين محلول جامد مما يؤدي الى تشويه بنيته (الشبكة البلورية) وبدوره يؤدي الى زيادة الصلادة و المقاومة . أن العناصر تكون كربيدات صلدة مما يؤدي الى زيادة صلادة الصلب . وكذلك العناصر السبائكية تكون الكرافيت مما يؤدي الى نقصان في قيمة المقاومة و زيادة مقاومة الصدمات.

العناصر تخفض معدل التبريد الحرج مما يؤدي الى زيادة قابلية التصليد . زيادة مقاومة التاكل في درجات الحرارة العالية .



شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- ✓ الصلب السبائكي
- ✓ تاثير اضافة عناصر السبك على خواص الصلب

المحتويات

- تعريف الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ
- استخدامات الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ
- انواع الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ

الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ

- **الفولاذ المقاوم للصدأ** أو **الصلب المقاوم للصدأ** ((Stainless Steel)هو سبيكة معدنية حديدية تحتوي على خليط من العناصر حيث نسبة **الحديد** فيها لا تقل عن ٥٠%، ونسبة **الكروم** من ٥% إلى ٣٠% **والنيكل والمولبدنيوم** حوالي (٨,٥%) **ونسبة الكربون** بحد أقصى (٢ %)، وتكتسب مقاومتها للصدأ والتآكل بسبب تكوين طبقة رقيقة متماسكة وغير مرئية من **أوكسيد الكروم** تلتصق بسطح المعدن وتقيه من التآكل، وتكون هذه الطبقة واقية بدرجة كافية كلما كانت نسبة الكروم في الفولاذ عالية.
- **عرف الفولاذ المقاوم للصدأ** لأول مرة من قبل (هاري بريسلي) في العام (١٩١٢) حيث استطاع الحصول على سبيكة تحتوي على **(١٢-١٣٪) كروم** لا تصدأ في الجو وفي أوساط أخرى وقد استعملت لصناعة أدوات المائدة ومنذ ذلك الحين وحتى الآن ظهرت أنواعا عديدة خصوصا تلك التي تتطلب مقاومة عالية للتآكل بسبب وجود وسط قاس مساعد على التآكل **مثل الأوساط الموجودة في الصناعات الكيميائيه والبترولية.**

نماذج مصنوعة من الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ

بوابة على شكل قوس مصنوعة من

صفائح من **الفولاذ المقاوم للصدأ** تغطي مبنى كرايسلر في نيويورك.

استخدامات الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ

- يدخل هذا النوع من الصلب في صناعات متعددة ولكن يستعمل بصفة أساسية للصناعات التي تحتاج إلى مقاومة عالية جدا للصدأ **(كالأدوات المنزلية وعلب المشروبات وشفرات الحلاقة)**
- يستخدم في **ادوات الجراحة وأدوات المائدة** وتتميز أواني الطبخ المصنوعة من الصلب (الفولاذ) الذي لا يصدأ بأنها **موصلة جيدة للحرارة** وذات **صلابة وقوة شديدتين**، وهي **رخيصة الثمن** وتقاوم الصدأ **عند تعرضها للماء أو تخزينها دون تجفيفها**، ويمكن استعمالها بشكل مستمر فترة طويلة.

انواع الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ

- يقسم الفولاذ المقاوم للصدأ او الصلب المقاوم للصدأ حسب **التركيب الميتالورجي** إلى أربع مجاميع رئيسية تختلف عن بعضها البعض في مقاومتها للتآكل وخواصها الميكانيكية وكذلك كلفتها.
- إن كل مجموعة تحوي على أنواع قياسية تختلف عن بعضها في **التركيب الكيمياوي** وكذلك في **استخداماتها**، وكل نوع يشار إليه برقم يسمى **الرقم الدال أو رقم الدلالة** وحسب الأنظمة المختلفة مثل **النظام الأمريكي الخاص بجمعية الحديد والفولاذ الامريكية (AISI).**

الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدا المارتنسايتي

- تسمى هذه المجموعة بهذا الاسم لكونها لها قابلية على تكوين المارتنسايت عند تبريدها تبريدا سريعا من الحالة التي يكون تكوينها اوستنايت أي من درجات الحرارة العالية. تتميز سبائك هذه المجموعة **باحتوائها على الكربون ولها قابلية لحام منخفضة، ومقاومة تآكل معتدلة** ، كما أن **مقاومة الشد والصلادة لها تكون عالية** لذلك فهي تستخدم في الأغراض التي تتطلب **مقاومة شد وصلادة عاليتين ومقاومة تآكل معتدلة نسبيا.**
- وتستخدم السبيكة (٤٢٠) لصناعة الادوات الجراحية.
- اما السبيكة (٤٤٠) تستخدم في صناعة أجزاء الصمامات ومحامل الكريات

نماذج مصنوعة من السبيكة (٤٢٠)

الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ الفيرايتي

يحتوي هذا النوع على نسبة عالية من **الكروم** مقارنة مع الأنواع الأخرى مما تؤدي **إلى استقرارية الفيرايت كما أنه غير قابل للتصليد.** ومن أشهر أنواع سبائك هذه المجموعة هي (السبيكة ٤٣٠) والتي **تتميز بمقاومة تآكل جيدة في الجو** لذلك فإنها تستعمل بشكل واسع في صناعة:-

- **أجزاء زخارف السيارات**
- **وفي صناعة أدوات الطعام المنزلية مثل الصحون والقدور**
- **وكذلك الثلاجات والغسالات ...**

الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ الاوستنايتي

- **<u>أو كما يعرف بالسلسلة (٢٠٠) و(٣٠٠):</u>** إن سبائك هذه المجموعة هي أكثر أنواع الفولاذ المقاوم للصدأ **استعمالا** نظرا لما تمتاز به من **خواص ميكانيكية ومقاومة تآكل جيدتين** ويمكن أن **تكون ملحومة** كما أنها **غير مغناطيسية ولا تتصلد عند التبريد السريع** ذلك لاحتوائها على **المنغنيز والنيكل والنتروجين.**

- **<u>السلسلة (٢٠٠):</u>**
  - **النوع (٢٠٠):** يعد مناسباً للاستخدام في درجات الحرارة المنخفضة.
  - **النوع (٢٠٢):** هو الفولاذ المقاوم للصدأ **للغرض العام**: يكون ذو مقاومة تاكل ضعيفة **بسبب انخفاض مستوى النيكل وزيادة المنغنيز.**

- **<u>السلسلة (٣٠٠) :</u>**
  - **النوع (٣٠٤):** يعتبر أول وأكثر الأنواع استخداماً ويُعرف أيضاً **باسم ١٨/٨** لكونه يتكون من ١٨٪ **كروم و** ٨٪ **نيكل**
  - **النوع (٣٠٦):** يعد ثاني أكثر أنواع السلسلة (٣٠٠) استخداماً ، ويستخدم بشكل أساسي نتيجة قدرته العالية على **مقاومة التآكل لكونه يحتوي على** ١٨٪ **كروم و** ١٠٪ نيكل ولهذا السبب فهو يُعرف أيضاً باسم الفولاذ **(١٨/١٠)** ، وغالبا ما يُستخدم في **صناعة السكاكين وتجهيزات المطابخ ذات الجودة العالية.**

الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدا القابل للتصليد بالتعتيق

سبائك هذه المجموعة تصلد بالتعتيق أو بالترسيب ويمكن تعزيز قوتها بإضافة **(النحاس والالمنيوم والنيوبيوم)**؛ أما مقاومة التآكل لها هي أقل من مقاومة التآكل للفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي **(٣٠٤)**. تدخل استعمالاتها في:

- صناعة الصواريخ والطائرات.

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- تعريف الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ
- استخدامات الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ
- انواع الصلب (الفولاذ) المقاوم للصدأ

المحتويات

- تعريف حديد الزهر
- بنية الحديد الزهر
- المزايا والعيوب
- العوامل المؤثرة على شكل وجود الكربون في الحديد الزهر
- تعريف الحديد الزهر الرمادي
- تعريف الحديد الزهر الابيض
- مقارنة بين الحديد الزهر الابيض والرمادي

تعريف حديد الزهر

حديد الزهر (Cast.Iron) :-

ويتكون حديد الزهر أساساً من حديد الخفل الذي يعاد صهره وصبه أما وحده أو بخلطه مع الحديد المستهلك وتتم عملية الصهر عادة في أفران الدست وتعتبر درجة أنصهار حديد الزهر واطئة مقارنة بدرجة انصهار الصلب حيث يتراوح بين (1150-1250) لذلك فانه يمكن صهر حديد الزهر بسهولة وبتكاليف واطئة ويكون للزهر المنصهر سيولة جيدة وقابلية على اخذ شكل القالب بعد الانجماد ويحتوي حديد الزهر على نفس العناصر الموجودة في الصلب الكاربوني ولكن بنسبة أعلى مما في الصلب الكاربوني حيث تكون النسبة كما يلي :-

كاربون (2.8-3.6) (% C) ، سليكون (1-3%) (SI) ، منغنيز (0.4-1%)(Mn)،

كبريت (0.1-0.35)(% s) ، فسفور (0.05-1%)(p).

العوامل المؤثرة على شكل وجود الكربون في الحديد الزهر

١- **معدل التبريد** :- ان التبريد السريع يؤدي الى استقرارية السمنتايت والذي يؤدي بدوره الى تكوين حديد الزهر الابيض الذي يتميز بانه صلد بينما معدل التبريد البطين يساعد على تكوين الكرافيت أي تكوين حديد الزهر الرمادي ويعتمد معدل التبريد على سمك المقطع ونوع القالب المستعمل .

٢- **التركيب الكيميائي** :-

أ- الكاربون / ان هذا العنصر يخفض درجة الانصهار ويكون الكرافيت .أي يؤدي الى الحصول على حديد الزهر الرمادي.

ب- السليكون / يساعد على تكوين الكرافيت أي يؤدي الى الحصول على حديد الزهر الرمادي .

جـ- الكبريت / أن التاثير المباشر لهذا العنصر هو أستقرارية السمنتايت وبذلك فانه يؤدي الى تكوين حديد الزهر الابيض .

د- المنغنيز / يتحد مع الكبريت ويكون كبريتيد المنغنيز وهو يساعد بصورة غير مباشرة على تكوين الكرافيت بواسطة تاثيره على أبطال فعل الكبريت وبذلك يتكون حديد الزهر الرمادي أما التاثير الاخر للمنغنيز فهو تاثير مباشر حيث يساعد على استقرارية السمنتايت (تكوين حديد الزهر الابيض) ويحدث هذا فقط عندما تكون كمية المنغنيز أعلى من الكمية اللازمة للأتحاد مع الكبريت .

هـ- الفسفور / ليس له أي تاثير على شكل تواجد الكاربون في حديد الزهر ولكن هذا العنصر يحسن من قابلية السيولة لحديد الزهر.

تعريف حديد الزهر الرمادي

الحديد الزهر الرمادي : (Gray cast iron)

هو سبيكة من الحديد الزهر لها بنية مجهرية جرافيتية رقائقية. يرجع تسميتها بالرمادي لأنه اللون الذي يظهر داخلها عند الكسر، الذي يدل على وجود الجرافيت. الحديد الزهر الرمادي هو أشهر سبائك الحديد الزهر وأكثرها استخداماً. يستخدم الحديد الزهر الرمادي في التطبيقات التي لا تتعرض لإجهادات شد عالية، مثل محرك الاحتراق الداخلي وأجسام المضخات والصمامات والصناديق الكهربائية والمسبوكات التجميلية. كما أن للحديد الزهر الرمادي سعة حرارية وتوصيلية حرارية عاليتان، كانت تستغل في كثير من الأحيان في بعض تجهيزات المطابخ

مزايا وعيوب حديد الزهر الرمادي

- الحديد الزهر الرمادي من السبائك الشائع استخدامها في التطبيقات الهندسية، نظراً لتكلفتها المنخفضة نسبياً وقابليتها للتشغيل (Machinability)، كما أن له مقاومة جيدة للبلى، لوجود الجرافيت الذي يقلل الاحتكاك المعدني ويجعل المعدن يتقصف في صورة رقائق.
- الحديد الزهر الرمادي أقل سبائك الحديد الزهر قابلية للانكماش، نظراً لوجود الجرافيت في بنيته المجهرية. كما يعزز السيليكون من مقاومة السبيكة للتاكل وتزيد من سيولتها عند الصبّ. ويعتبر عموماً الحديد الزهر الرمادي سبيكة يسهل لحامها. ومقارنة بالسبائك الحديدية الحديثة، فإن الحديد الزهر الرمادي له قوة شد وليونة ضعيفتان. وبالتالي، فإن مقاومتها للصدمات تكاد تكون معدومة.

تعريف حديد الزهر الابيض

حديد الزهرالابيض: (White cast iron)

هو سبيكة من الحديد الزهر لها بنية مجهرية كربيدية يرجع تسميته بالابيض لأنه اللون الذي يظهر داخلها عند الكسر، الذي يدل على وجود السمنتايت. يتميز بانه هش؛ صلد؛ لايمكن تشغيله

مقارنة بين الحديد الزهر الابيض والحديد الزهر الرمادي

نقاط المقارنة	حديد الزهر الابيض	حديد الزهر الرمادي
الشكل الذي يوجد فيه شكل الكاربون	متحد بشكل سمنتايت	حر بشكل كرافيت
التركيب الكيميائي	نسبة السيلكون (si) واطئة ونسبة الكبريت عالية	نسبة السيلكون (si) عالية ونسبة الكبريت واطئة
معدل التبريد في قالب الصب	سريع	بطيئ
خواص	صلد، هش، غير قابل للتشغل بالمكائن صلادة برينل (400-500)	طري نسبيا ، قابل للتشغيل بالمكائن صلادة برينل (180-240)
الاستعمالات	الدرافيل المصلدة ، القوالب، الصفائح المقاومة صناعة حديد الزهر الطروق	اسطوانات و مكابس و وسائط النقل أنابيب المياه الرئيسة

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- تعريف حديد الزهر
- بنية الحديد الزهر
- المزايا والعيوب
- العوامل المؤثرة على شكل وجود الكربون في الحديد الزهر
- تعريف الحديد الزهر الرمادي
- تعريف الحديد الزهر الابيض
- مقارنة بين الحديد الزهر الابيض والرمادي

المحتويات

- تكملة انواع الحديد الزهر
- المعاملات الحرارية لحديد الزهر

انواع اخرى من الحديد الزهر

- **حديد الزهر الطروق:-**

يتم الحصول على هذا النوع من الحديد الزهر بتخمير حديد الزهر الابيض لفترة تتراوح من (١٠٠-٤٠٠) ساعة ويعتمد ذلك على سمك القطعة ثم التحكم بطريقة التبريد اللاحقة ويوجد نوعان من الحديد الزهر الطروق هما (حديد الزهر الطروق الابيض القلب؛ حديد الزهر الطروق الاسود القلب) ويستخدم الحديد الزهر الطروق في صناعة المواد الانشائية الصغيرة وبعض اجزاء السيارات

- **حديد الزهر المطعم:-**

يمكن الحصول على حديد زهر يحتوي على شرائح كرافيت رقيقة وموزعة بصورة منتظمة وذلك باضافة كمية قليلة من مادة مطعمة تساعد على تكوين الكرافيت في بودقة الصب قبل البدء بعملية الصب مباشرة

- **حديد الزهر السبائكي:-**

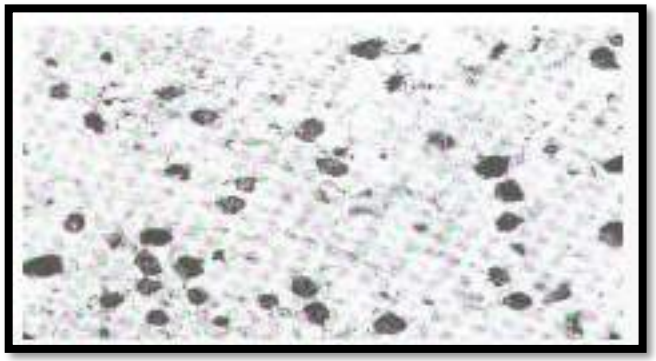
ان اهم العناصر السبائكية التي تدخل في تركيب حديد الزهر السبائكي (النيكل؛ الكروم؛ النحاس؛ المولبدنيوم) ومن اهم هذه العناصر هو عنصر النيكل الذي يؤثربشكل كبير على (تكوين الكرافيت؛ يحد من نمو الحبيبات ويخفض معدل التبريد الحرج).

- **حديد الزهر الكروي الكرافيت :-** في هذا النوع يكون الكرافيت بشكل عقد صغيرة يمكن الحصول عليه باضافة كمية من المغنسيوم على شكل سبيكة من المغنسيوم والنيكل الى بودقة الصب بنسبة (٢%) قبل عملية الصب وهناك نوعان من حديد الزهر الكروي الكرافيت هما (المسبوك والمخمر).

انواع حديد الزهر الكروي الكرافيت

حديد الزهر الكروى الكرافيت الفيرايتى:

الفيرايت: هو أحد أنواع الحديد ، يتبلور طبق نظام بلوري مكعب ويرمز له بالرمز ألفا وتركيبه مكعب متمركز الجسم . يكون الحديد النقي في صورة الفرايت تحت درجة حرارة ٩١٠ مئوية. حديد الفا ذو ذوبانية ضعيفة للكربون حيث تصل أعلي ذوبانية للكربون في حديد ألفا ٠,٠٢٥% عند درجة حرارة ٧٢٣ مئوية، أي عند درجة حرارة الايوتيكتويد وتنخفض إلى ٠,٠٠٦% عند درجة حرارة الغرفة.



انواع حديد الزهر الكروي الكرافيت

حديد الزهر الكروي الكرافيت البيرلايتى:

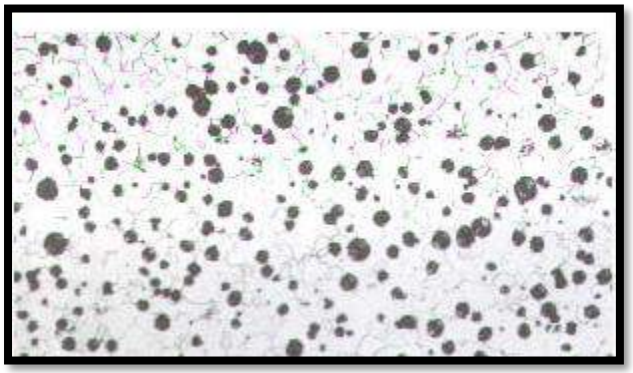
البيرلايت: بنية رقائقية تتكون من طبقات متبادلة من الفيرايت ٨٨٪ من الوزن والسمنتايت ١٢% من الوزن وهو الطور الذي يتواجد في في بعض أنواع الحديد الزهر. وفي الواقع فإن المظهر الطبقي مضلل لأن تلك الطبقات ثلاثية الأبعاد؛ لذا فكل رقاقة من الفرايت أو السمنتايت محاطة برقائق أخرى من الفرايت والسمنتايت. في سبائك الحديد والكربون، يتكون البرلايت خلال التبريد البطئ للأوستينيت من خلال تفاعل ايوتكتويدي يتم عند (٧٢٣). يحتوي الأوستنايت عند نقطة الإيوتكتويد حوالي ٠.٧٧ % كربون، وإذا احتوى الصلب على نسبة كربون أقل فستكون بالصلب نسبة من بلورات الفرايت النقية نسبيًا والتي لا تشارك في التفاعل الإيوتكتويدي ولا يمكن تحويلها إلى برلايت. وعلى العكس إذا احتوى الصلب على نسبة كربون أكثر من ٠.٧٧ % كربون، فسيتكون بالصلب بلورات من السمنتايت قبل وصوله إلى نقطة الإيوتكتويد. يمكن حساب نسبة الفرايت أو السمنتايت التي تكونت فوق نقطة الإيوتكتويد من منحنى الحديد والكربون باستخدام قاعدة العتلة.

انواع حديد الزهر الكروي الكرافيت

حديد الزهر الكروي الكرافيت الاوستنايتي:

يتمتع هذا الخليط المعدني بمواصفات ميكانيكية مثل المقاومة العالية للصدأ حيث بنيته

تتكون من الأوستنايت وكمية محدودة من البيرلايت



المعاملات الحرارية لحديد الزهر

ان حديد الزهر الابيض يتميز بانه صلد وهش ونظرا لهشاشيته واحتمال تشققه اثناء التسخين والتبريد فلذلك تجرى له معاملة حرارية عبارة عن عملية تخمير. اما حديد الزهر الرمادي الطري الكروي الكرافيت فتجرى له معاملات حرارية عديدة لاكسابه خواص جيدة مثل (الصلادة؛ المتانة؛ اللدونة)

صلب العدد

صلب العدد:-

ان الصلب الكربوني غير ملائم لصناعة عدد التشغيل بالمكائن التي تستعمل السرع العالية لذلك طورت سبيكة تسمى (hss) ومن اهم انواعها السبيكة المحتوية على العناصر التالية:-

(كربون ٠.٦%)؛ (تنكستن ١٨%)؛ (فناديوم ١%)؛ كروم (٤%). لهذه العناصر قدرة على تكوين كربيدات صلدة وقد يحتوي الصلب اعلاه على كوبلت الذي يؤدي الى رفع قيمة الصلادة.

المعاملات الحرارية لصلب عدد القطع السريع:-

لغرض اذابة كافة الكربيدات قبل التبريد يتطلب تسخين الصلب الى درجة حرارة عالية بحدود (١٢٥٠-١٣٥٠) وهذا التسخين يؤدي الى نمو الحبيبات وانصهار موضعي لذلك يصبح من الضروري معاملته حراريا بطريقة اخرى لتجنب العيوب؛ حيث يتم ذلك بتسخين الصلب في فرن غازي ذو حجرتين وتتم عملية التسخين بمرحلتين؛ الاولى يسخن فيها الصلب في الحجرة العليا لدرجة (٨٥٠) ثم ينقل الى الحجلرة السفلى حيث يسخن لدرجة حرارة (١٢٥٠-١٣٥٠) ويترك (١-٣) دقيقة ثم يبرد بالزيت وتكون البنية جسيمات من الكربيدات في ارضية من الاوستنايت المتبقي والمارتنسايت. وبالامكان زيادة صلادة الصلب اكثر وذلك بتطبيعه بدرجة حرارة (٥٥٠-٥٧٠) ويسمى ذلك التصليد الثانوي. وتجرى المراجعة ٣ مرات لمدة ساعة لكل منها او اجراء المعامة دون الصفرية بعد التقسية لتقليل عدد مرات المراجعة الى اثنين

شكرا لحسن الاصغاء والمتابعة

المعادن النظري ٢٠٢٤-٢٠٢٥

التدريسي

أ.م.د. سناء علي حمزة

مراجعة المحاضرة السابقة

- تكملة انواع الحديد الزهر
- المعاملات الحرارية لحديد الزهر

المحتويات

- تعريف التاكل -
- مظاهر التاكل
- الاضرار الاقتصادية للتاكل
- العوامل المؤثرة على معدل التاكل -
- انواع التاكل
- تاثير التصميم على معدل التاكل
- طرق وقاية المعادن من التاكل

التاكل (Corrosion)

- **تعريف التاكل:**

ان ابسط تعريف للتاكل هو (تدهور او انحلال المادة تحت تاثير العوامل البيئية والتي تكون بشكل اوساط مساعدة على التاكل). ويؤدي الى تلف المعدن وتغير في خواصه الفيزيائية والكيميائية.

يعتبر التأكل من المشاكل الصناعية الخطيرة التي تؤدي الى خسائر مادية كثيرة.

امثلة على التاكل

والأمثلة عديدة على التآكل منها:

- ✓ تاكل هياكل السيارات
- ✓ تاكل علب المواد الغذائية
- ✓ تاكل الصفائح والمقاطع الفولاذية
- ✓ تآكل الأنابيب المدفونة في التربة

وهناك أمثلة أخرى على تآكل أجزاء معدنية عديدة تتعرض إلى أوساط صناعية مثل (الأحماض والقواعد والمياه المالحة وغيرها).

احدى صور التاكل

احدى صور التاكل

مظاهر التاكل

تغير الأبعاد وفقدان الوزن وتاثرالخواص الميكانيكية:

يؤدي التآكل إلى فقدان الوزن بسبب انحلال المعدن وبالتالي إلى تغير أبعاده ، لذلك تعطى في الغالب بعض السماحات للتآكل (Corrosion Allowance)

عند التصميم ولتغير أبعاد القطعة المعدنية بسبب التآكل تأثير في الخواص الميكانيكية ، حيث تقل قابليتها لتحمل الأحمال الخارجية ، وتزداد قابليتها للتشويه اللدن (Plastic Deformation) والتشويه المرن (Elastic Deformation)

مظاهر التاكل

إن استخدام المعدن في أوساط مساعدة على التآكل يؤدي إلى التاثير على قيم العديد من الخواص الميكانيكية ومنها:-

- انخفاض مقاومة الكلال للمعدن (Fatigue Strength)
- ونشوء التشققات (Cracks) التي تؤدي إلى حصول الكسر الهش السريع (Fast Fracture)

تشوه المظهر

يتأثر مظهر المعدن بدرجة كبيرة عند إصابته بالتآكل حيث يظهر المعدن دائماً بمظهر سيء لذلك يجب:-

- **استخدام معادن مقاومة للتآكل الجوي:** مثل الألمنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ بدلاً من الفولاذ الكربوني ،

(كمواد بنأء ظاهرية مثل الشبابيك ومواد واجهات الأبنية الخارجية) ويعزى المظهر الحسن لهذه المواد إلى مقاومتها للتآكل الجوي.

- **أما المعادن ذات المقاومة الضعيفة للتآكل:** فإنها تطلى بأنواع خاصة من الطلاء المختلفة لتحسين مظهرها من خلال الحد من تآكلها.

فقدان السلامة

يؤدي التآكل في كثير من الأحيان إلى حصول كوارث إذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية الكفيلة بإيقافه أو الحد منه فمثلاً:

- مثل الغازات السامة وحامض الهيدروفلوريك والأحماض المركزة مثل حامض الكبريتيك والنيتريك والمواد القابلة للاشتعال والمواد المشعة والمواد الكيميائية في درجات حرارة عالية وعند ضغط عال يتطلب (استعمال مواد معدنية معينة لا تتآكل بدرجة كبيرة في مثل هذه الظروف)
- **وفي كثير من الأحيان يؤدي** حصول تآكل في جزء معدني صغير إلى انهيار أو سقوط منشأة كاملة ، نواتج التآوقد تسبب كل أحياناً إلى تحول مواد غير مضرة إلى مود متفجرة .

الاضرار الاقتصادية للتاكل

- الأضرار الاقتصادية الناتجة عن التآكل عديدة ومهمة ، حيث يسبب هذا الفشل في كثير من الأحيان توقف المصانع عن العمل توقف غير مبرمج ، مما يؤدي إلى التسبب بحدوث كلف اقتصادية إضافية غير متوقعة .
- كذلك فإن حصول التآكل يؤدي إلى ارتفاع كلف الصيانة الدورية حيث يتطلب في كثير من الحالات تبديل الجزء المعدني التالف بجزء جديد آخر.
- وبهذا الخصوص يكون بالإمكان أحياناً توفير بعض المبالغ عند اختيار مادة معدنية ذات مقاومة تآكل أعلى لتصنيع هذا الجزء التالف.
- وتتوفر العديد من الأمثلة التي تشير إلى أن (اختيار مادة عالية التكاليف نسبياً ، ولكنها ذات مقاومة جيدة للتآكل) من الناحية الاقتصادية أفضل من استخدام مادة معينة أرخص ثمناً ولكنها تتعرض للتلف السريع بسبب التآكل ، مما يتطلب عندئذ تغييره بصورة دورية وفي كلتا الحالتين يلاحظ بأن التآكل يسبب أضراراً اقتصادية بسبب زيادة التكاليف كما أن الإجراءات الوقائية للحد من التآكل تدخل ضمن كلف التشغيل والصيانة .

الاضرار الاقتصادية للتاكل

- **إن التآكل يؤدي أحياناً إلى حدوث فشل غير متوقع** في الأجزاء المعدنية في المصنع وهنا تكمن أساساً خطورة مشكلة التآكل ، حيث أن حدوث الفشل بصورة مفاجئة قد يؤدي إلى حصول أضرار كبيرة أكبر من تلك التي يسببها التآكل المتوقع حصوله.
- **ولذلك يجب الوقوف بدقة على معدلات التآكل** في الأجزاء المعدنية أثناء سير عملية التصنيع وذلك عن طريق القياسات المستمرة والدورية لمعدلات التآكل والفحص المستمر للقطع المعدنية لاتخاذ الإجراءات الوقائية قبل وصول درجة التآكل إلى الحد الذي يسبب توقف المصنع عن العمل أو التأثير في سير العملية التصنيعية .

العوامل المؤثرة على معدل التاكل

- **اولا :- العوامل التي تتعلق بطبيعة المعدن وتشمل :**
- أ - موقع المعدن في السلسة الكهروكيميائية
- ب - اتصاله بمعادن ذات طبيعة مختلفة عنه
- ج - البنية المجهرية
- د- وجود اجهادات داخلية
- **ثانيا :- العوامل التي لها علاقة بالمحيط الخارجي : وتتضمن**
- أ - الرطوبة
- ب - الشوائب
- ج - الاجهادات الخارجية

تاثير التصميم على معدل التاكل

ان مقاومة التأكل يمكن زيادتها عند تصميم القطع تصميما جيدا حيث نأخذ بنظر الاعتبار عدة نقاط منها :

١ – منع اتصال القطعة المعدنية بالاوساط المؤكسدة او تقليل ذلك الى اقل حد ممكن

٢ – توفير تهوية مناسبة له اهمية كبيرة في تقليل حدة التأكل

٣ – منع حدوث الفجوات او انحباس الرطوبة

٤ – عزل الوصلات المعدنية ومنع تسرب السوائل المتأينة اليها

انواع التاكل

١ – **التآكل الكيميائي المباشر:-** يتضمن هذا النوع من التأكل اتحاد مباشر بين المعدن والغازات الجافة مثل (الاوكسجين؛ ثاني اوكسيد الكبريت؛ الكلور) ويحدث في درجات الحرارة العالية.

٢ – **التآكل الكهروكيميائي:-** يشمل كافة انواع التآكل التي تحدث في محيط رطب ناقل للكهرباء مثال على ذلك عندما يكون المعدن متصل بسائل او بخار والنظرية الكهروكيميائية تنص على : (كافة المعادن تتأكل او تذوب عندما تتحرر منها ايونات ذات شحنة موجبة تنتقل الى المحيط الخارجي او المحلول ان انتقال الايونات الموجبة يؤدي الى جعل المعدن ايون ذو شحنة سالبة او جهد سالب وكلما كان الجهد سالب اكبر كلما تآكل المعدن اكثر وان موقع المعدن في السلسلة الكهروكيميائية يحدد قيمة الجهد السالب ومقاومة المعدن للتأكل. وتوجد انواع اخرى من التاكل وهي كما يأتي:-

٣ - **التآكل العام او السطحي:-** هو التآكل الذي يحدث في سطح المعدن عند وجود ذلك المعدن في وسط يساعده على التآكل ولا توجد اي اشارة على هذا النوع من التآكل ويمكن تميزه عند حدوثه بتغير لون او مظهر المعدن

٤ – **التآكل الكلفاني:-** هو التآكل الذي يحدث نتيجة لوجود معدنين مختلفين في الجهد اي لهما موقعين مختلفين في السلسلة الكهوركيميائية مما يساعد على التآكل

انواع التاكل

٥ – **التآكل النقرى:-** يحدث نتيجة لوجود نقرة او فجوة حيث يبدأ التآكل من هذه النقرة التي تكون انود وباقي اجزاء المعدن كاثود

٦ – **التآكل الجهدى:-** يحدث نتيجة الفعل المشترك للاجهادات الداخلية والعوامل المساعدة على التآكل والفشل الذي يحدث بسبب هذه الاجهادات يكون اما حبيبي او عبر حدود الحبيبات

٧ – **التآكل التجويفى:-** يحدث هذا التآكل للمواد التي تتحرك بسرعة في محيطات سائلة مثل الانابيب حاملة للمياه الجارية

٨ – **التآكل الحبيبى:-** هو التأكل الذي يحدث في بعض انواع الصلب وفي بعض عمليات اللحام وعند التبريد لدرجة حرارة معينة بعد اللحام يحدث هذا النوع من التآكل بأنفصال الحبيبات عن بعضها البعض

طرق الوقاية من التاكل

- بعض المعادن والسبائك لها مقاومة ذاتية جيدة لمختلف انواع التآكل ومن ضمن انواع السبائك الصلب المقاوم للصدأ وهذا النوع من السبائك يعتبر مكلف جدا . لذلك فأن استخدامها يكون محصورا على بعض الاغراض مثل الصناعات الكيميائية اما بالنسبة للمعادن الارخص او التي ليس لها مقاومة ذاتية عالية للتأكل فيجب ان تجري لها بعض الطرق الوقائية من التأكل ومن الطرق المتبعة لحماية المعادن من التآكل وما يلي :-

- **اولا :- الحماية الكاثودية :-** ان الصلب يمكن حمايته من التآكل وذلك بجعل بعض المعادن مثل المغنيسيوم انودا بالنسبة له حيث ان المغنيسيوم يحتل موقع اعلى من الصلب في السلسلة الكهروكيميائية لذا فأنه يتآكل على حساب الصلب ويحميه كاثوديا وتتم الحماية الكاثودية لخطوط الانابيب بطريقة تسليط جهد كهربائي خارجي متغير يؤدي الى تعزيزها بالالكترونات مما يعيق تأكلها اي جعلها كاثودا

طرق الوقاية من التاكل

- **ثانيا :- الطلاء بالمواد اللا معدنية :-** وتشمل ترسيب اغشية الفوسفات والاكاسيد الرقيقة على سطوح المعادن وكذلك الطلاء بالاصباغ المختلفة والوارنيش وهناك عدة طرق للطلاء بالمواد اللامعدنية وكما يلي :-

١- انود سبائك الالمنيوم ((الحماية الانودية))

٢- الطلاء بالكرومات

٣- الطلاء بالفوسفات

وفيما يلي شرح لاحد هذه الطرق :- أ

أنودة سبائك الالمنيوم :- يمتاز الالمنيوم بمقاومة جيدة للتآكل وذلك يعود الى الغشاء الصلد من الاوكسيد الذي يلتصق بصورة طبيعية بسطح الالمنيوم

ان الغاية من الانودة هو زيادة سمك الغشاء ويتم ذلك بجعل القطع انودا في اليكتروليت اما من حامض الكروميك او من حامض الكبريتيك . اما الكاثود فهو اما صلب مقاوم للصدأ او رصاص

ثالثا :- الطلاء بالمعادن ويشمل :-

أ – التغطيس على الساخن

ب – الترسيب الكهربائي

ج – التصفيح

د – الرش

هـ - السمنتة او الطلاء بالتغلغل

ثالثا :- الطلاء بالمعادن

أ – التغطيس على الساخن :-

تستخدم هذه الطريقة لوقاية صفائح الصلب التي توضع فيها المواد الغذائية وذلك بطلائها بالقصدير والواح الصلب للاغراض المختلفة وذلك بطلائها بالزنك ويسمى في هذه الحالة الصلب المغلفن وتتضمن طريقة الطلاء تنظيف سطح القطعة تنظيفا كاملا و يتم التغطيس بالزنك او القصدير المنصهر بحيث تتكون طبقة رقيقة من سبيكة الحديد – الزنك او سبيكة الحديد – القصدير . ان موقع الزنك في السلسلة الكهروكيميائية هو اعلى من موقع الصلب لذلك فأن الزنك يعتبر انودا بالنسبة للصلب وبناءا على هذا فأن حصول اي خدش او شق في طبقة الزنك يؤدي الى بدأ تأكل الزنك مضحيا بنفسه لحماية الصلب بيما يكون موقع القصدير اوطئ من الصلب في السلسلة الكهروكيميائية . ولذلك فأن حصول اي خدش في طبقة القصدير فأن ذلك يؤدي الى التآكل الصلب ولذلك يجب ان تكون طبقة القصدير ذات نوعية جيدة وخالية من الخدوش والتشققات.

ب – الطلاء بالترسيب الكهربائى:-

تتضمن جعل المعدن المراد طلائه كاثودا بالنسبة لمعدن الطلاء في الكتروليت مكون من محلول واملاح معدن الطلاء مع بعض المواد المساعدة وهذه الطريقة لا يصحبها تتكون سبائك على سطح المعدن وانما تعتمد اعتمادا كليا على التصاق طبقة الطلاء بسطح المعدن لذلك فأن القطعة المراد طلائها يجب ان تكون نظيفة تماما.

ج- التصفيح:-

ظهر استعمال الصلب المصفح بناءا على الصناعات الكيميائية وذلك لتجنب استعمال الواح سميكة مصنوعة من مواد مقاومة للتاكل مثل النيكل او الصلب المقاوم للصدأ لما يترتب فيه على ذلك من تكاليف اقتصادية ويصنع الصلب المصفح بطريقة الدرفلة على الساخن وذلك للحصول على طبقة تصفيح ذات سمك مساوي الى (٥-٢٠%) من سمك اللوح الاصلي. ان سبائك الالمنيوم تحمى من التاكل بتصفيحها بواسطة رش معدن الطلاء بالالمنيوم النقي وبطريقة الدرفلة على الساخن.

د – الرش:-

تستخدم طريقة الرش كاحدى طرق الطلاء المعدني لطلاء الالمنيوم؛ الزنك؛ القصدير؛ النحاس؛ النحاس الاصفر او البرونز. تتم الطريقة بواسطة رش معدن الطلاء وهو في الحالة المنصهرة وذلك باستعمال مسدس خاص يحشى فيه المعدن وهو على شكل سلك حيث يصهر بواسطة القوس الكهربائي او شعلة الاوكسي استيلين ينفخ بعد ذلك بواسطة هواء مضغوط وتكون قوة تلاصق الطبقة المرشوشة اقل مما في الطرق الاخرى ولايحصل في هذه الطريقة تكوين سبائك ويجب ان يكون سطح المعدن نظيف ويفضل ان يكون خشن.

طرق الوقاية من التاكل

- ه – **السمنتة او الطلاء بالتغلغل:-** تتم عن طريق التغلغل في الزنك ؛ الالمنيوم؛ الكروم وطريقة الطلاء لكل من الحالات السابقة تتم باحاطة القطعة المعدنية المراد طلائها بمسحوق معدن الطلاء ثم يتم تسخينها حتى تتكون سبيكة على سطح المعدن.

- **السلبية:-** ان بعض السبائك ومنها الصلب المقاوم للصدأ لها قابلية على تكوين غشاء رقيق واقي من الكربيدات يلتصق بسطحها التصاقا قويا وذلك عندما تستخدم في اوساط مؤكسدة مثل (حامض النتريك) وتعرف السبيكة في هذه الحالة بانها اصبحت (سالبة) اي ان مقاومتها للتاكل قد ازدادت زيادة كبيرة في هذه الاوساط المؤكسدة.

شكرا لحسن الاصغاء