وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
اسم التشكيل

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: التقنيات الميكانيكية

اسم المقرر: خواص المواد المعدنية

المرحلة / المستوى: الاول

الفصل الدراسي: الاول

السنة الدراسية: 2025/6

معلومات عامة

اسم المقرر:	**خواص المواد المعدنية**					
القسم:	التقنيات الميكانيكية					
الكلية:	المعهد التقني الدور					
المرحلة / المستوى	الاول					
الفصل الدراسي:	الاول					
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	٢	عملي	-		
عدد الوحدات الدراسية:	٢					
الرمز:	METP124					
نوع المادة	نظري	√	عملي		كلهما	
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	نعم					
اسم المقرر النظير	Properties of Materials					
القسم	قسم التقنيات الميكانيكية					
رمز المقرر النظير	IPT211					

معلومات تدريسي المادة

اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	م.م أحمد جاسم محمد
اللقب العلمي:	**مدرس مساعد**
سنة الحصول على اللقب	2025/3/12

الشهادة :	ماجستير
سنة الحصول على الشهادة	27/4/2022
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	٥

الوصف العام للمقرر

من خلال مقرر خواص المواد المعدنية، يتم تعريف الطلاب بالمفاهيم الأساسية للمواد الهندسية، والتي تشمل الخصائص الميكانيكية والحرارية والكهربائية والكيميائية للمواد المختلفة. يتعلم الطلاب كيفية تحديد واختيار المواد وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يتضمن المقرر دراسة التأثيرات الميكانيكية والحرارية على المواد، وكيفية اختبار وتحليل الخواص الميكانيكية مثل الشد والضغط والانحناء. كما يمكن أن يشمل المقرر دراسة تطبيقات خواص المواد في مجالات مثل الهندسة الميكانيكية والهندسة المدنية.

الاهداف العامة

أولا: سيكون الطالب على معرفة المواد الهندسية
ثانيا: سيكون الطالب قادراً على التعرف على التركيب الهندسي للذرات.
ثالثا: سيستطيع التمييز بين انواع المواد الهندسية.

الأهداف الخاصة

أولاً: التعرف على الذرة وشكلها.
ثانياً: التعرف على الأواصر الرئيسية والثانوية وأهم أنواعها وأشكالها.
ثالثاً: التعرف على المواد البلورية واللابلورية وأشكالها.
رابعاً: التعرف على عدد الذرات الأساسية في الأشكال البلورية

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

اولاً: يكون قادراً على فهم ما هي الذرة وتمييز شكلها
ثانياً: يكون على اطلاع بالأواصر وأنواعها وأشكالها.
ثالثاً: امكانية معرفة المواد البلورية واللابلورية.

المتطلبات السابقة

تعريف الذرة. وبماذا تقاس أبعادها؟ ومماتتألف؟ مع التوضيح بالرسم؟
كيف يمكن حساب هذه الإلكترونات في المدارات حون نواة الذرة؟ عدد الالكترونات في كل مدار؟
لماذا ترتبط الذرات مع بعضها؟ وكيف تتولد الاواصر بينها؟ أنواع الاواصر الرئيسية؟
تعريف الاصرة المعدنية. كيف تحدث هذه الاصرة؟

الأهداف السلوكية و مخرجات التعليم الأساسية		
ت	**الهدف السلوكي**	**آلية التقييم**
1	تمييز الطلاب بين الخصائص الميكانيكية والحرارية والكهربائية والكيميائية للمواد الهندسية	• الاختبارات المفاجأة. • الاختبارات الفصلية. • التقارير الأسبوعية من خلال البحث عن موضوع محدد.
2	تحليل وتفسير سلوك المواد تحت الظروف المختلفة	
3	اختيار واستخدام الأساليب الصحيحة لاختبار الخواص الميكانيكية للمواد	
4	تقدير تأثير التغيرات البيئية على خواص المواد	
ت	**مخرجات التعلم الاساسية**	**آلية التقييم**
1	التعرف على المواد الهندسية والغرض من دراستها.	• الاختبارات المفاجأة • الاختبارات الشهرية • التقارير
2	التعرف على الاختبارات الميكانيكية التي تجري على المواد	
3	التعرف على الخواص الميكانيكية والكيمياوية والكهربائية والمغناطيسية للمواد	
4	دراسة اختبار الصلادة بعدة طرق	

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1. اختبار الطلاب بواسطة تقسيمهم الى مجاميع لغرض النقاش فيما بينهم	1. المشاركة الفاعلة في قاعة الدرس دليل التزام الطالب وتحمله المسؤولية 2. الالتزام بالموعد المحدد في تقديم الواجبات. 3. تعبر الاختبارات المفاجأة والفصلية والنهائية عن الالتزام والتحصيل المعرفي والمهاري
2. العصف الذهني	
3. قراءات ، تعلم ذاتي ، حلقات نقاش.	
4. التدريبات والأنشطة في قاعة الدرس.	
5. إرشاد الطلاب إلى بعض المواقع الالكترونية للإفادة منها لتطوير القابليات.	
6. مشاركة الطالب في اعداد المحاضرة	
7 . اختبارات مفاجئة	

الفصل الاول من المحتوى العلمي						
عنوان الفصل	الوقت					
التوزيع الزمني	النظري	العملي	العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول	٢		مدخل/ نظرة تاريخية،		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	-الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
الأسبوع الثاني	٢		علم المواد الهندسية	العناوين الفرعية تعريف المواد الهندسية لماذا ندرس علم المواد الهندسية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	-الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
الاسبوع الثالث والاسبوع الرابع	٢		الفصل الأول : التركيب الذري والبلوري للمواد	الذرة الاواصر الذرية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
الأسبوع الخامس	٢		التركيب البلوري	الوحدة البلورية الاشكال البلورية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية

							-الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات

الفصل الثاني							
عنوان الفصل	الوقت						
التوزيع الزمني	النظري	العملي	العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع السادس			الفصل الثاني: الخواص الميكانيكية للمواد	اختبار الشد	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
				اختبار الصدمة			
الأسبوع السابع والثامن			اختبار الصلادة	اختبار الصلادة بطريقة روكويل	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
				اختبار الصلادة بطريقة برينل			
				اختبار الصلادة بطريقة فيكرز			
الأسبوع التاسع	٢		الامتحان النظري للشهر الاول				
الأسبوع العاشر	٢		الفصل الثالث : الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والكيميائية للمواد	الخواص الحرارية للمواد	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات

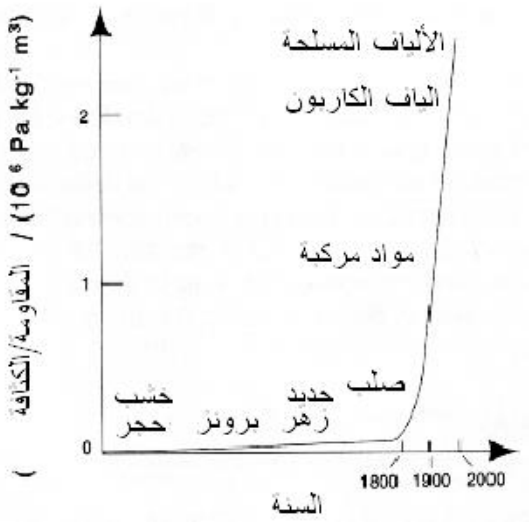
							النظرية -التقارير والدراسات

الفصل الثالث							
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	نظري	عملي					
الأسبوع العاشر والحادي عشر	2		الفصل الثالث : الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والكيميائية للمواد	الخواص الحرارية للمواد	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
				التمدد الحراري في المواد الصلبة			
				التوصيل الحراري في المواد الصلبة			
				الية التوصيل الحراري في المواد الصلبة الفلزية			
الأسبوع الثاني عشر	٢		الخواص الكهربائية للمواد	تقسيم المواد حسب موصليتها الكهربائية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية
				العوامل المؤثرة على الموصلية الكهربائية			

							-التقارير والدراسات
الأسبوع الثالث عشر	٢		الخواص المغناطيسية للمواد	تقسيم المواد حسب تأثرها بالمجال المغناطيسي التخلفية المغناطيسية أنواع المغانط	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
الأسبوع الرابع عشر			الخواص الكيميائية للمواد	تعريف التآكل أنواع التآكل	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	الاسئلة اليومية الشفهية -الاختبارات النظرية -التقارير والدراسات
الأسبوع الخامس عشر	٢		الامتحان النظري للشهر الثاني				

المحتوى العلمي

أصبح من الممكن فهم سلوك المواد ولماذا تختلف خواصها عن بعضها بفهم التركيب الذري الذي بواسطة ما يسمى ميكانيكية الكم الذي وصف لأول مرة الذرة ثم المواد الصلبة ابتداء من عام 1930. ان دمج الفيزياء والكيمياء والتركيز على العلاقة بين خواص المواد وتركيبها الدقيق هو المجال الذي تضمنه علم خواص المواد. أن فهم العلاقة بين التركيب والخواص والتصنيع واداء المواد هو الذي سمح بالتطوير الذكي للمواد الجديدة. وكمثال على ذلك هو التقدم الكبير في (نسبة مقاومة المادة الى كثافتها) والتي نتج عنها أنواع كثيرة جداً من المنتوجات ابتداءاً من مواد الأسنان والى مضرب التنس كما مبين في الشكل (1).



التركيب: Structure

1. عند المستوى تحت الذري: هو الهيكل الالكتروني للذرة المنفردة والذي من خلاله يحدث الترابط بين الذرات.
2. عند المستوى الذري: انتظام الذرات بطرق مختلفة وبذلك تعطي خواص مختلفة (مثل الكرافيت والماس وكلاهما شكلان من الكاربون).
3. عند المستوى المجهري: انتظام الحبيبات (البلورات) الصغيرة والتي يمكن تمييزها باستخدام المجهر.
4. المستوى فوق المجهري: العناصر التي يمكن تمييزها بالعين المجردة.

الخواص: Properties

هي الطريقة التي تستجيب بها المادة للمحيط. وبذلك فأن الخواص الميكانيكية والكهربائية والمغناطيسية هي التي الاستجابات للقوى الميكانيكية والكهربائية والمغناطيسية. والخواص المهمة الأخرى

هي الحرارية (التمدد والتوصيل الحراريين)، الضوئية (امتصاص، انتقال وتبعثر الضوء) والاستقرار عند التلامس مع المحيط (المقاومة للتآكل الكيميائي).

معاملة المادة: Processing

وهي معاملة المادة اما بالحرارة (المعاملة الحرارية) أو القوى الميكانيكية... الخ لتغيير التركيب المجهري ومن ثم خواص المادة.

مقاييس الطول:

Angstrom = 1A = 1 / 10,000,000,000 meter $= 10^{-10}$ m

Nanometer = 1nm = 10A = 1 / 1,000,000 meter $= 10^{-9}$ m

Micrometer = 1 μm = 1000 nm = 1 / 1,000,000 meter $= 10^{-6}$ m

Millimeter = 1 mm = 1000 μm = 1 / 1,000 meter $= 10^{-3}$ m

أمثلة:

الأبعاد الذرية بحدود بضعة A

قطر شعرة الانسان بحدود 5 μm

ثقب القرص المدمج: عرضه 0.5 μm ، طوله 0.83 μm ، ارتفاعه 0.83 μm

لماذا ندرس علم المواد الهندسية؟

من خلال دراسة علم المواد تتحقق الأهداف التالية:

- التمكن من اختيار المادة المناسبة لاستخدام معين وهذا الاختيار يكون مبنياً على الكلفة والأداء.
- فهم الحدود القصوى لخواص المادة والتغيرات الحاصلة في هذه الخواص أثناء الاستخدام.
- التمكن من تطوير مواد جديدة ذات مواصفات مرغوبة.

ان كل مجالات الهندسة تحتاج الى معرفة بالمواد. حتى المجالات التي ليس لها علاقة مباشرة بالمواد، كالبرمجة للحاسوب، فإن تطورها مرهون بتطور وتوسع المجالات الأخرى ذات الارتباط المباشر بالمواد.

المواد الهندسية

هي جميع العناصر والمركبات التي تتكون منها الآلات والمكائن والمنشآت. ويمكن تقسيم المواد الهندسية الى قسمين رئيسيين:

1. المواد المعدنية
2. المواد اللامعدنية
3. المواد المركبة

المواد المعدنية:

لقد مضت فترة لا بأس بها منذ أن عرف الإنسان كل المعادن الموجودة في قشرة الأرض والبالغة (70) معدنا بعضها متواجد بكميات قليلة جداً وحوالي نصفها فقط مفيد للاستخدامات الهندسية في الوقت الحاضر كالحديد والنحاس والألمنيوم...الخ ولا يمكن التكهن بفوائد النصف الآخر إلا بدراسة خواصها ومعرفة كيفية الاستفادة منها حيث أن اليورانيوم لم تكن له أية قيمة تجارية قبل عام 1940. وتنقسم المواد المعدنية إلى:

1. المواد الحديدية وتشمل أنواع الصلب وحديد الزهر.
2. المعادن اللاحديدية: وتشمل النحاس وسبائكه والألمنيوم وسبائكه والنيكل وسبائكه وغيرها.

المواد اللامعدنية:

ويمكن تقسيمها الى:

1. المواد العضوية:

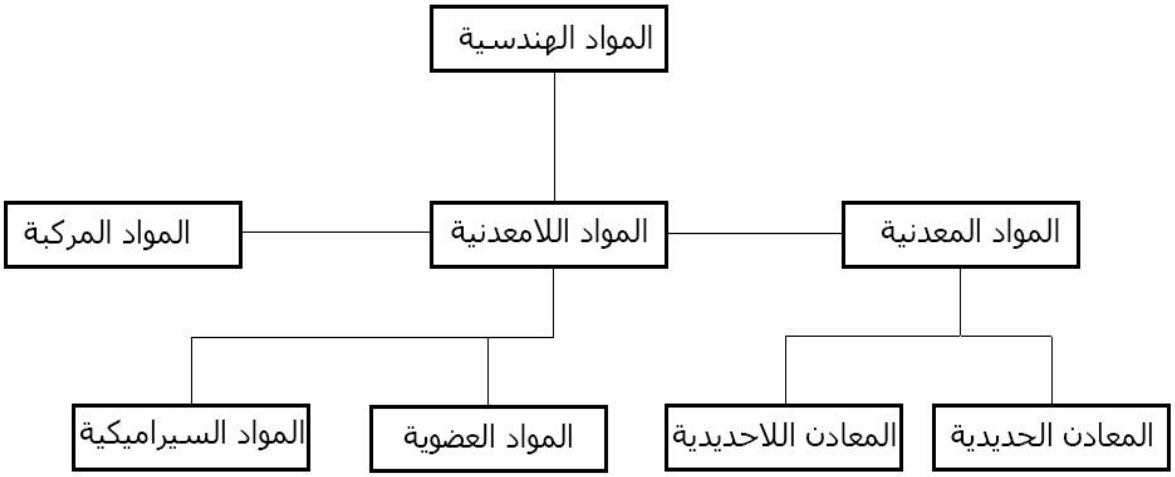
وتشمل البوليمرات مثل أنواع اللدائن والمطاط والأخشاب والأصماغ وغيرها.

2. المواد السيراميكية:

وتشمل الفخار والسيراميك والخزف الصيني والبروسلين والزجاج والسمنت وغيرها.

المواد المركبة:

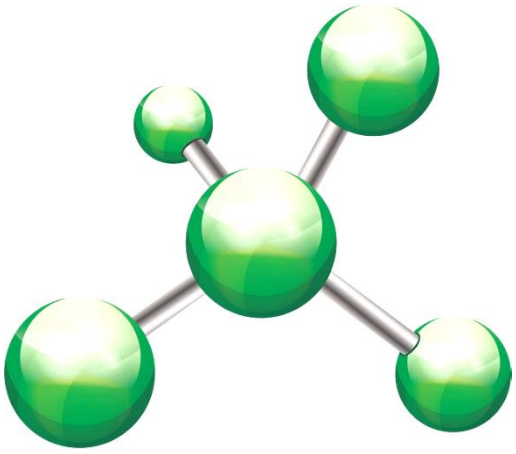
وتشمل المواد المركبة المقواة بالجسيمات والمواد المركبة المقواة بالألياف والمواد المركبة الهيكلية.



المخطط (1) تقسيم المواد الهندسية

الفصل الاول

التركيب البلوري



النظرة الشاملة

1- **الفئة المستهدفة:** طلبة المرحلة الأولى في الأقسام التكنلوجية للمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- **مبررات الوحدة:** التركيب البلوري يهتم بدراسة الترتيب الفريد للذرات في البلورة ويختص بدراسة البلورات من حيث شكلها الظاهري أو الخارجي وتركيبها الداخلي والتعرف عليها وعلى الصخور والمعادن التي تحويها وتوجد أنواع لهذه البلورات فالصلبة منها توجد في بعض المركبات مثل ملح الطعام، ومنها السائلة كما في شاشة البلور السائل.

3- **الفكرة المركزية:**

أولاً: التعرف على الذرة وشكلها.

ثانياً التعرف على الأواصر الرئيسية والثانوية وأهم أنواعها وأشكالها.

ثالثاً: التعرف على المواد البلورية واللابلورية وأشكالها.

رابعاً: التعرف على عدد الذرات الأساسية في الأشكال البلورية.

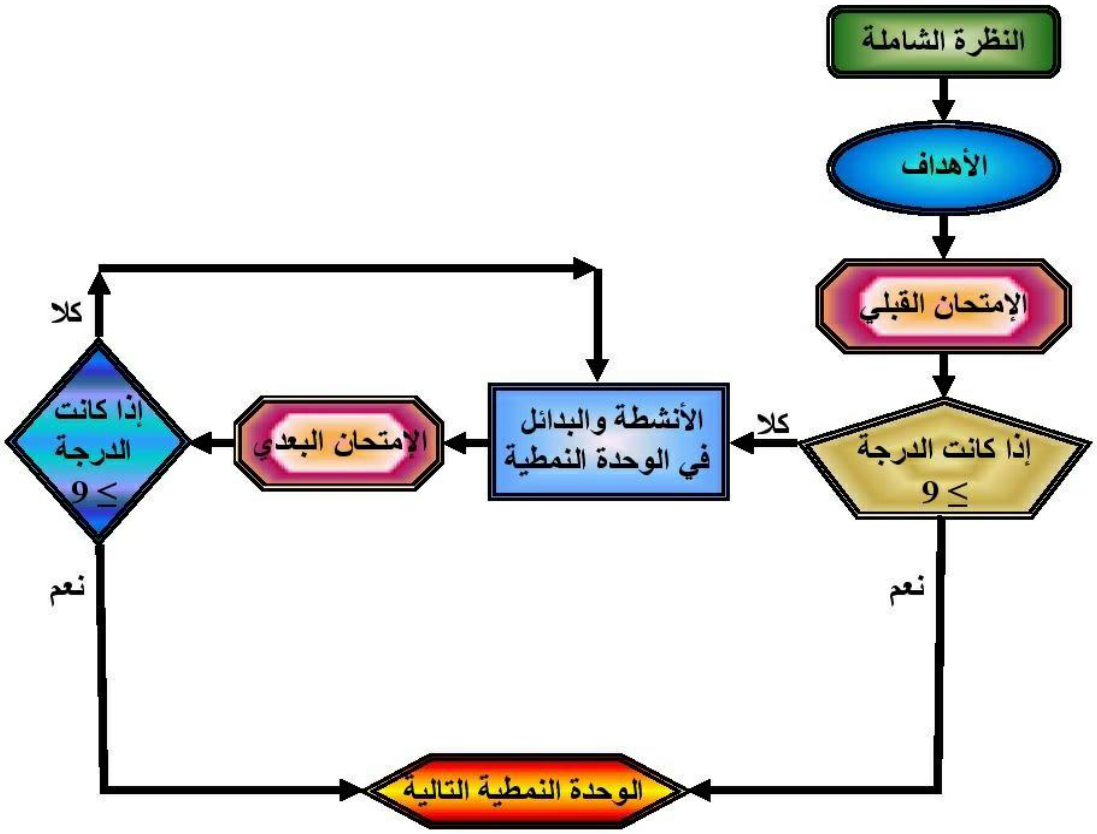
4- **أهداف الوحدة:** سيكون الطالب بعد دراسته لهذه الوحدة قادرا على ان:

أولاً: سوف يكون قادراً على فهم ما هي الذرة وتمييز شكلها.

ثانياً: سوف يكون على اطلاع بالأواصر وأنواعها وأشكالها.

ثالثاً: معرفة المواد البلورية واللابلورية.

5- المخطط الانسيابي:



الإختبار القبلي

1- عرف الذرة. بماذا تقاس أبعادها؟ ومما تتألف؟ مع التوضيح بالرسم؟

2- كيف يمكن حساب هذه الالكترونات في المدارات حول نواة الذرة؟ بين عدد الالكترونات في كل مدار؟

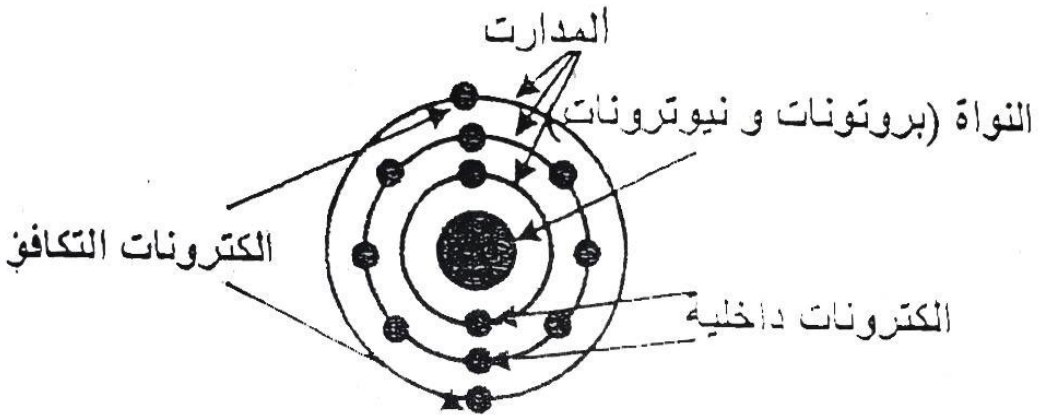
3- لماذا ترتبط الذرات مع بعضها؟ وكيف تتولد الأواصر بينها؟ وما هي الأنواع الاساسية للأواصر؟

4- عرف الآصرة المعدنية. كيف تحدث هذه الآصرة؟ اعط مثال على ذلك مع رسم توضيحي؟

التركيب الذري والبلوري للمواد

الذرة: هي أصغر جسيم من المادة يدخل في التفاعلات الكيميائية، وتتكون الذرة من النواة التي تتكون من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة الشحنة، وتتركز كتلة الذرة في النواة متمثلة بالعدد الكتلي وهو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات. ويوجد الكترونات تدور حول النواة في مدارات وللإلكترون شحنة كهربائية سالبة تعادل شحنة البروتون وان عدد الالكترونات يساوي عدد البروتونات اي ان الذرة متعادلة الشحنة وان كتلة الالكترون مهملة.

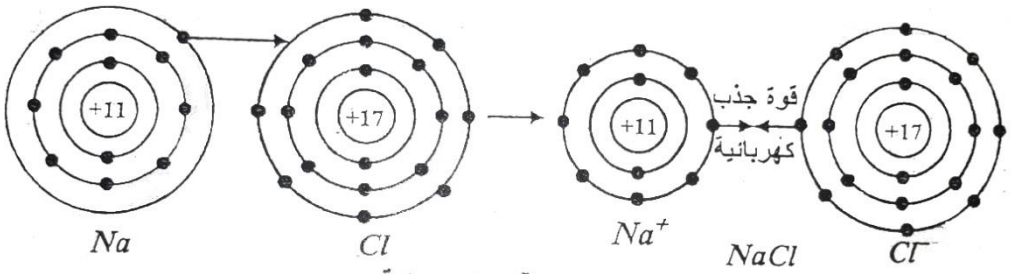
يقاس قطر الذرة بوحدة تسمى الانكستروم (A^{o}) الذي يعادل 10^{-8} سم.



شكل(٢) رسم توضيحي للذرة

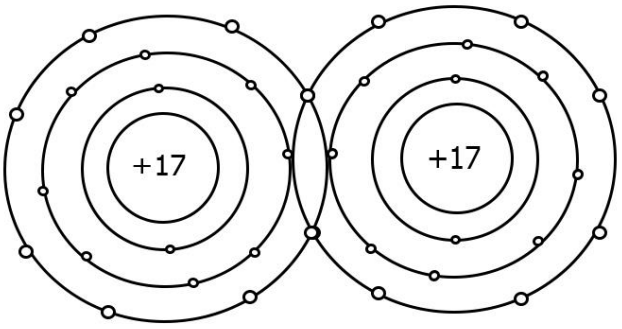
أ- الأواصر الرئيسية وأهم انواعها:

1- **الاصرة الايونية:** الذرات التي تحتوي الكترون او اثنين في مدارها الخارجي تميل الى منح هذه الالكترونات الى ذرات مجاورة تحتاج الى الكترونات لإشباع مداراتها الخارجية، فتصبح الذرات الواهبة ايونات موجبة والذرات المكتسبة ايونات سالبة. تنجذب الايونات الموجبة الى الايونات السالبة وتنشأ رابطة قوية تسمى الآصرة الايونية، وتنشأ الآصرة الأيونية بين فلز وللافلز كما في شكل (3).



شكل(٣) الآصرة الايونية

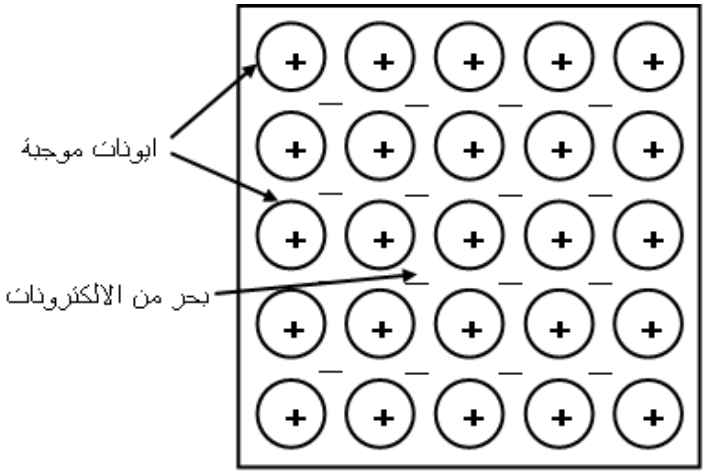
2- **الأصرة التساهمية:** في بعض الحالات يتوجب للذرات بان تتشارك في بعض او كل الكترونات المدار الخارجي مع ذرات متجاورة لإشباع المدارات الخارجية لهذه الذرات وتنشأ رابطة قوية هي الرابطة التساهمية، وتتكون هذه الرابطة بين لافلز ولافلز كما في غاز الكلور حيث ترتبط كل ذرتين من الكلور تساهمياً لتكوين جزيئات الكلور كما في شكل (4).



Cl_2

ويمكن التعبير عن Cl2 كما يلي: Cl ـــــــ Cl

3- الاصرة الفلزية (الاصرة المعدنية): ترتبط ذرات المعادن (الفلزات) بهذه الأصرة، حيث ان عدد الالكترونات في المدار الخارجي لا يتجاوز الثلاثة وتكون بعيدة نسبياً عن النواة مما يجعل ارتباطها بالنواة ضعيفاً لهذا فأن الكترونات المدار الخارجي يمكن ان تترك الذرات فتتكون ايونات موجبة وسط بحر من الإلكترونات الحرة الحركة كما في شكل (5).



شكل(٤) الآصرة المعدنية

ان الاصرة الفلزية هي السبب في الخواص الفلزية من حيث:

1- ان الاصرة الفلزية من أضعف الأواصر الرئيسية وهذا يجعل الذرات قابلة للتحرك من اماكنها تحت تأثير القوى الخارجية وبهذا تتميز الفلزات بالمطيلية العالية وقابلية التشكيل.

2- وجود الالكترونات الحرة الحركة يجعل للمعادن موصلية جيدة للحرارة والكهرباء.

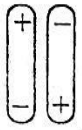
3- البريق الفلزي.

4- القابلية الجيدة لعكس الضوء.

5- عدم النفاذية للضوء (العتامة) لان الالكترونات الحرة تمتص الطاقة الضوئية.

ب- الأواصر الثانوية: وأهم انواعها قوى فاندرفال:

ان الجزيئات المرتبطة ذراتها بالآصرة التساهمية تكون متعادلة كهربائياً مهما كبر عدد الذرات المكونة لها، فما الذي يجعل هذه الذرات تتماسك مع بعضها؟ الجواب هو ان هذه الجزيئات بالرغم من كونها متعادلة كهربائياً الا أنها تكون مستقطبة، أي ان الشحنة الموجبة فيها (البروتونات) تكون متمركزة في جهة من الجزيئة والشحنة السالبة (الالكترونات) تكون متمركزة الى الجهة الاخرى من الجزيئة مما يجعل الجزء الموجب من احدى الجزيئات ينجذب الى الجزء السالب من جزيئة مجاورة لها والعكس بالعكس مما ينشأ قوة ترابط بين الجزيئات التساهمية تسمى قوى فاندرفال كما موضح في الشكل (6). ان قوى فاندرفال ضعيفة لهذا فان الكثير من المواد تكون في الحالة السائلة وحتى الغازية بالرغم من وجود قوى فاندرفال، لكن يظهر تأثير قوى فاندرفال بوضوح في جزيئات البوليمرات الكبيرة كما في البوليثيلين الذي يتخذ الحالة الصلبة. ويوجد أنواع اخرى من الأواصر الثانوية.



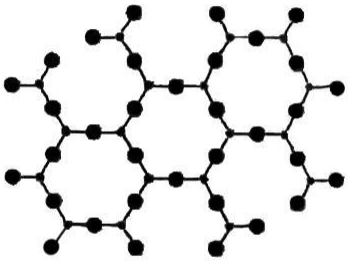
شكل(٦) قوى فاندرفال بين الجزيئات المستقطبة

التركيب البلوري

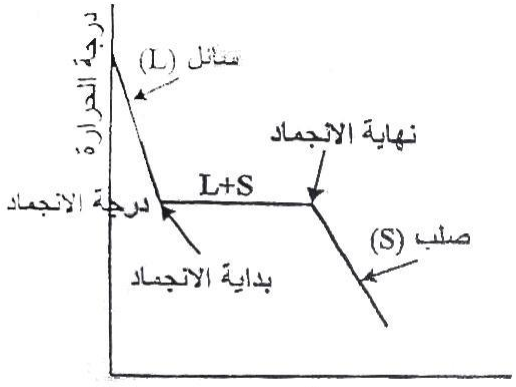
المواد البلورية والمواد اللابلورية

يمكن تقسيم المواد الصلبة اعتماداً على ترتيب ذراتها الى:

1- المواد الصلبة البلورية: حيث تكون ذراتها منتظمة وفق أشكال هندسية تتكرر بالاتجاهات الثلاثة لتكون البلورات. وللمواد البلورية درجات انصهار وانجماد ثابتة ونلاحظ ثبوت درجة الحرارة عند الانصهار والانجماد، كما في المعادن، والشكل (7) يوضح كيفية انتظام الذرات في شكل هندسي متكرر بينما يوضح شكل (8) منحنى التبريد لمادة بلورية.

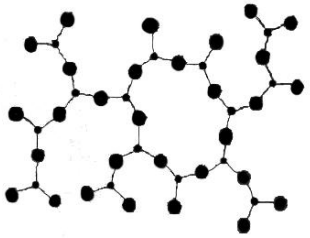


شكل(٧) انتظام الذرات في اشكال هندسية متكررة في المواد البلورية

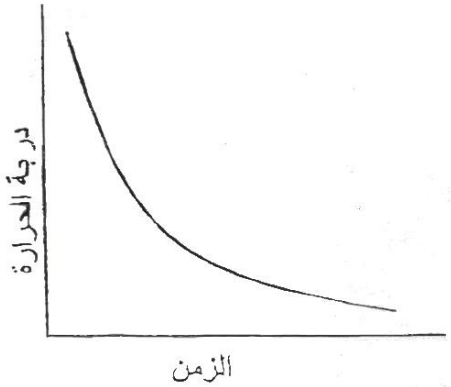


شكل(٨) منحنى التبريد لمادة بلورية نقية

2- المواد الصلبة الامورفية (اللابلورية): يكون توزيع الذرات في الحالة الصلبة لهذه المواد عشوائياً ولا تنتظم الذرات وفق أشكال هندسية. وليس للمواد الامورفية درجات انصهار أو انجماد معينة بل تتحول من الحالة الصلبة بصورة تدريجية عند التسخين وبالعكس عند التبريد، كما في الزجاج، والشكل (9) يوضح عدم وجود ترتيب نظامي متكرر على المدى الطويل بين ذرات المواد الامورفية والشكل (10) يوضح منحنى التبريد لمادة امورفية.



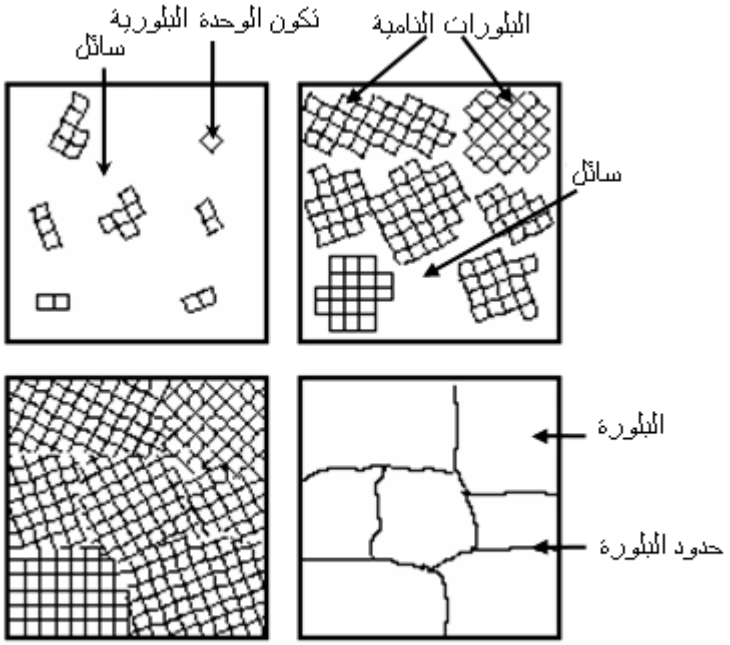
شكل(٩) ترتيب الذرات في المواد الامورفية



شكل(١٠) منحنى التبريد لمادة امورفية

البلورة والوحدة البلورية

تتكون البلورة من وحدات بلورية (Unit Cell)، ويمكن تعريف الوحدة البلورية بأنها وحدة بناء البلورة وتتكون من عدد من البلورات المنتظمة وفق شكل هندسي معين يلخص شكل البلورة. وتتكون البلورة من عدد كبير من الوحدات البلورية المصطفة مع بعضها بالاتجاهات الثلاثة، ويوجد حدود بلورية تفصل بين البلورات المتجاورة كما في شكل (11).



شكل(11) مراحل انجماد مادة بلورية نقية وتكون الوحدات البلورية ونمو البلورات وتكون الحدود البلورية

الأشكال البلورية

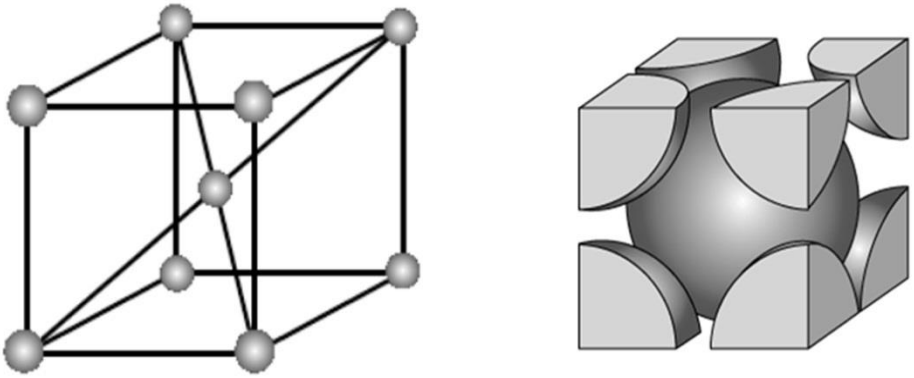
للوحدة البلورية سبعة اشكال أساسية يتفرع عنها اربعة عشر شكلاً (اختلاف طول الأضلاع والزوايا المحصورة بينهما).

يترتب عدد كبير من الوحدات البلورية (من نوعية واحدة) بالاتجاهات الثلاثة لتكون البلورة (Crystal).

تبنى البلورات بأشكال مختلفة تسمى الأشكال البلورية (Crystal Structure).

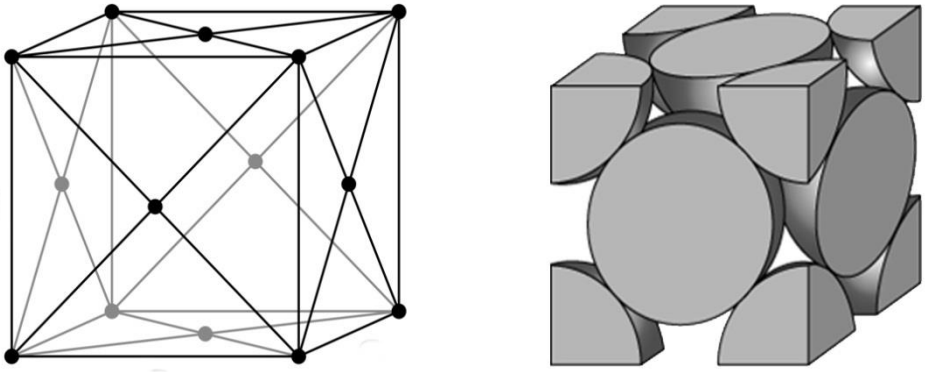
هذه الأشكال تمثل جميع الأشكال المحتملة لجميع الموارد البلورية. ان اغلب المعادن تقع ضمن ثلاث أشكال للوحدة البلورية هي:

1- المكعب المتمركز الجسم (B.C.C): شكل الوحدة البلورية لهذه الشبكة البلورية مبنية في شكل (12)، وأهم العناصر التي تتخذ هذا الشكل البلوري الليثيوم، الصوديوم، حديد الفا، كروم، مولبيدنم وغيرها.



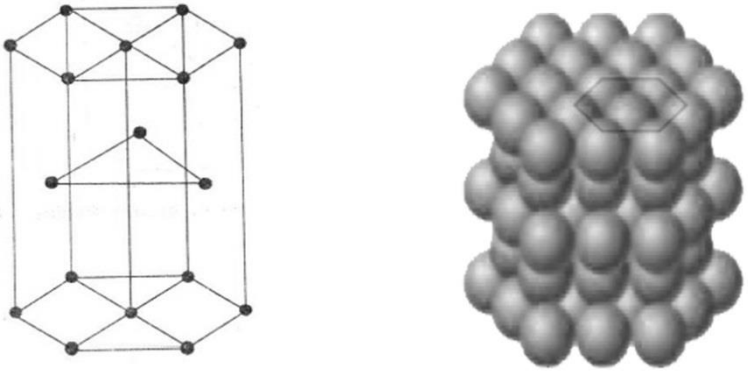
الشكل (12) المكعب المتمركز الجسم (B.C.C)

2- المكعب المتمركز الوجه (F.C.C): شكل الوحدة البلورية لهذه الشبكة البلورية المبنية في شكل (13)، وأهم العناصر التي تتخذ هذا الشكل البلوري الألمنيوم، النحاس، الذهب، الفضة، الكالسيوم، حديد كاما، وغيرها.



الشكل (13) المكعب لمتمركز الوجه (F.C.C)

3- الشكل السداسي المكتظ (H.C.P): شكل الوحدة البلورية لهذه الشبكة البلورية مبنية في شكل (14) وأهم العناصر التي تتخذ هذا الشكل البلوري، الخارصين، المغنيسيوم، الكوبالت، التيتانيوم وغيرها.



الشكل (14) الشكل السداسي المكتظ (H.C.P)

عدد الذرات الاساسية في الأشكال البلورية

عند ملاحظة الأشكال (12, 13، 14) يلاحظ بأنه هناك ثمن (1/8) ذرة في كل ركن من أركان الأشكال البلورية المكعبة ونصف ذرة في منتصف كل وجه للاشكال المكعبة، اما في الشكل السداسي المكتظ فهناك سدس (1/6) ذرة في كل ركن من أركان الشكل البلوري ونصف (1/2) ذرة في منتصف كل من الوجهين العلوي والسفلي.

وبهذا يكون عدد الذرات الاساسية في كل شكل من الأشكال البلورية كما يلي:

عدد الذرات الأساسية في الوحدة البلورية للمكعب المتمركز الجسم $= 8\times \frac{1}{8} + 1 = 2$

عدد الذرات الأساسية في الوحدة البلورية للمكعب المتمركز الوجه $= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$

عدد الذرات الأساسية في الوحدة البلورية للسداسي المكتظ $= 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 6$

معامل الاكتظاظ الذري: هو النسبة بين مجموع حجوم الذرات الاساسية في الوحدة البلورية الى حجم الوحدة البلورية. وقيم معامل الاكتظاظ الذري للأشكال البلورية المختلفة هي

المكعب المتمركز الجسم (0,68)

المكعب المتمركز الوجه (0,74)

الشكل السداسي المكتظ (0,74)

الإختبار البعدي

1- عرف الآصرة التساهمية. كيف تحدث هذه الآصرة وبين أي نوع من العناصر تحدث؟ اعط مثال على ذلك مع رسم توضيحي؟

2-عرف الآصرة الأيونية. كيف تحدث هذه الآصرة وبين اي نوع من العناصر تحدث؟ أعط مثال على ذلك مع رسم توضيحي؟

3-ما هي الأواصر الثانوية، وكيف تحدث؟ مع رسم توضيحي. اين يوجد هذا النوع من الأواصر؟

اللفصل الثاني

الخواص الميكانيكية للمواد

النظرة الشاملة

1- **الفئة المستهدفة:** طلبة المرحلة الأولى في الأقسام التكنلوجية للمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- **مبررات الوحدة:** هي خصائص المواد التي تعكس آلية تعاملها وتفاعلها مع الأحمال والقوى المركزة عليها، وتُستخدم لتحديد العمر الزمني المتوقع للمادة ومدى فاعليتها عبر مرحلة ما بعد التصنيع، وتساعد الخصائص الميكانيكية أيضاً على تصنيف المواد وإعطاء هويتها. حيث تُعرف الخصائص الميكانيكية للمواد بأنّها متغيرة وليست ثابتة حيث تتغير تبعاً للوضع المحيط بها، فالتغير في درجة حرارة الغرفة مثلاً يسبب تغيراً في خصائص المواد الميكانيكية، لذلك تُجرى اختبارات تحديد الخصائص على درجة حرارة معيارية معيّنة .

3- **الفكرة المركزة:**

أولا: التعرف على الخواص الميكانيكية للمواد.

ثانياً: التعرف على الاختبارات الميكانيكية التي تجري على المواد.

ثالثا: التعرف على اختبار الصدمات.

رابعا: التعرف على اختبار الصلادة بعدة طرق.

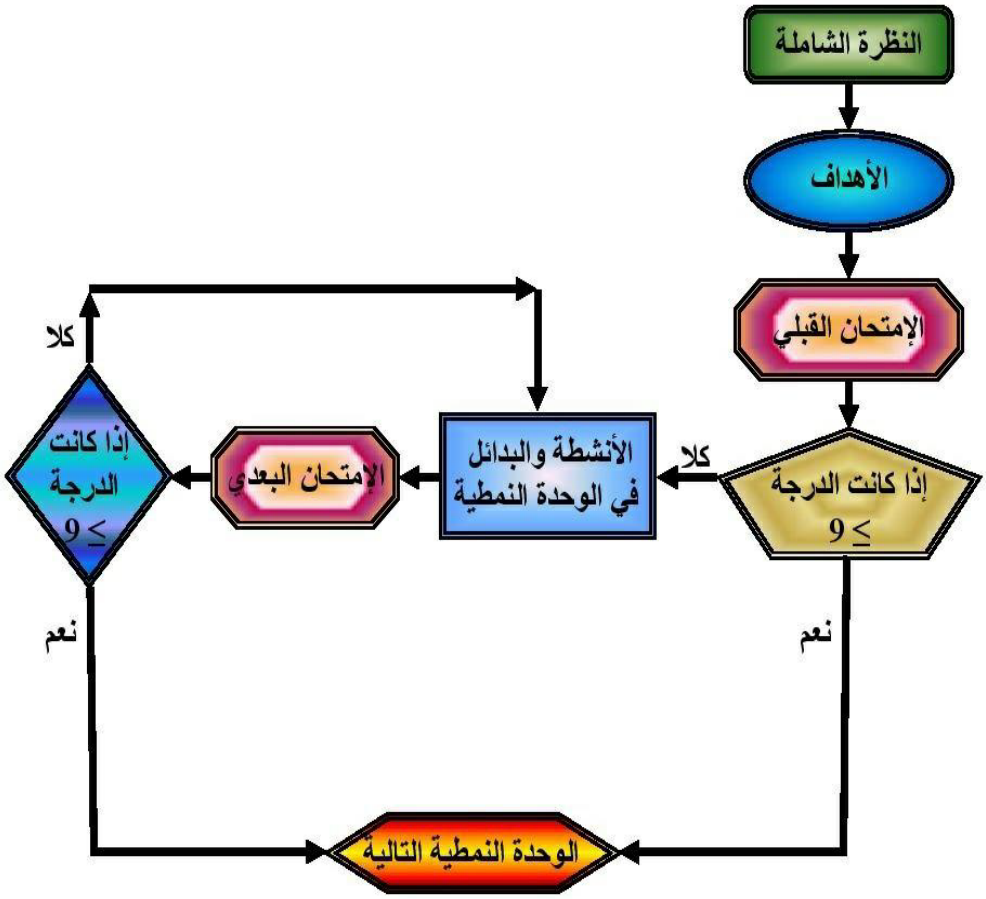
4- **أهداف الوحدة:** سيكون الطالب بعد دراسته لهذه الوحدة قادرا على ان:

أولاً: توضيح بعض المصطلحات الخاصة بالاختبارات الميكانيكية مثل الاجهاد والانفعال ...الخ

ثانياً: شرح اختبار الشد (Tensile Test) و اختبار الصدمات (Impact Test) واختبار الصلادة (Hardness Test)

ثالثاً: اختبار الصدمة Impact Test

5- المخطط الانسيابي:



الإختبار القبلي

1- ارسم مخطط لجهاز اختبار الصدمات مع رسم عينة شاربي واكتب قانون حساب طاقة الصدمة.

2- عرف الصلادة. وما هو المبدأ الذي تعمل عليه اختبارات الصلادة؟ عدد أهم طرق اختبار الصلادة.

3- يراد قياس صلادة العينات التالية بطريقة روكويل:

أ- عينة من البراص.

ب-عينة من الصلب المقسى.

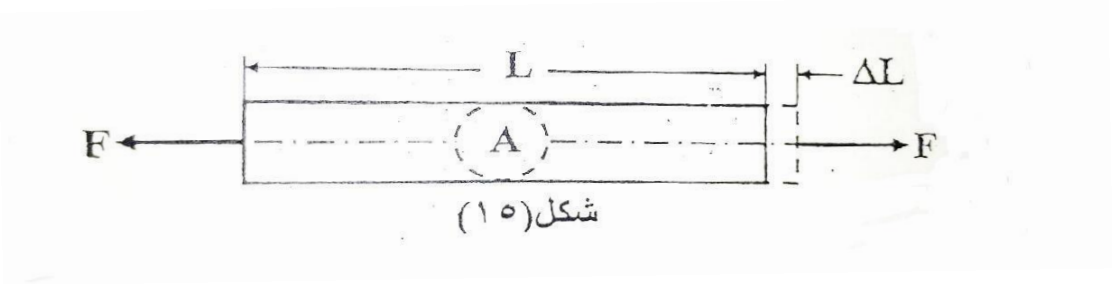
ت-ترس مقسى تقسية سطحية.

بين لكل العينات الثلاثة: نوع المقياس، أداة التغلغل، الحمل الابتدائي، الحمل الرئيسي.

الخواص الميكانيكية للمواد

تتعرض اجزاء المكائن الى اجهادات (Stresses) بسبب تعرضها الى قوى خارجية، ويمكن ان تنتج الاجهادات نتيجة التقلص او التمدد الحراري او لأسباب اخرى وتسمى عندئذ الاجهادات الداخلية وينتج عن الاجهاد انفعال (Strain) وهذا يعني حصول تشوه في المعدن (Deformation)، الذي يمكن ان يكون تشوهاً مرناً (Elastic Deformation) أو تشوها لدنا (Plastic Deformation) اعتماداً على مقدار الاجهادات. لهذا السبب يجب معرفة الخواص الميكانيكية للمواد المستخدمة في تصميم اجزاء المكائن. ويمكن تعريف الخواص الميكانيكية بأنها كيفية استجابة المادة للمؤثرات الميكانيكية. وقبل الدخول في الاختبارات الميكانيكية سنعرف بعض المصطلحات.

الاجهاد (Stress): هو القوة المسلطة على وحدة المساحة.



شكل(١٥)

الاجهاد= القوة / مساحة المقطع= F/A نيوتن/م^2 (باسكال)

الانفعال (Strain): التغيير في الطول مقسماً على الطول الأصلي.

الانفعال= $\frac{\Delta L}{L}$

المرونة: قابلية المادة على استعادة شكلها الاصلي بعد ازالة القوة المؤثرة.

حد المرونة: هو الحد الفاصل الذي تنتهي عنده صفة المرونة ويحدث تشوهاً دائمياً في المادة بعد هذا الحد.

قانون هوك: في منطقة المرونة يتناسب الاجهاد والانفعال تناسباً طردياً مع بعضهما البعض.

$$\sigma \propto \varepsilon$$

$$\sigma = E\,\varepsilon$$

حيث أن E هو ثابت التناسب ويسمى معامل المرونة (Modulus of Elasticity) او معامل يونك.

التشكيل المرن (Elastic Deformation): هو التغيير الوقتي لشكل المادة تحت تأثير قوى خارجية (ضمن حدود المرونة).

التشكيل اللدن (Plastic Deformation): هو التشكيل الدائمي للمادة تحت تأثير قوى خارجية اكبر من حد المرونة.

الاختبارات الميكانيكية

تجري الاختبارات الميكانيكية لغرض فحص الخواص الميكانيكية للمواد، وتستخدم أجهزة ومكائن خاصة لهذا الغرض، ويجب اتباع مواصفات قياسية عالمية عند اجراء هذه الاختبارات.

ويمكن تقسيم الاختبارات الميكانيكية الى قسمين رئيسيين هما:

1- الاختبارات الستاتيكية: المعدل الزمني لتسليط العمل على العينة منخفظاً.

2- الاختبارات الديناميكية: يكون المعدل الزمني لتسليط الحمل عالياً وبصورة مفاجئة.

وفيما يلي بعض الاختبارات الميكانيكية.

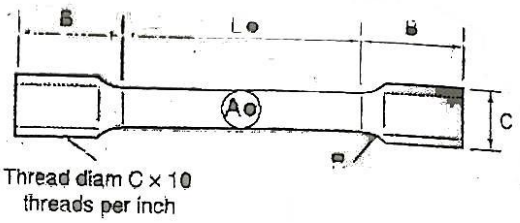
1- اختبار الشد (Tensile Test)

2- اختبار الصدمات (Impact Test)

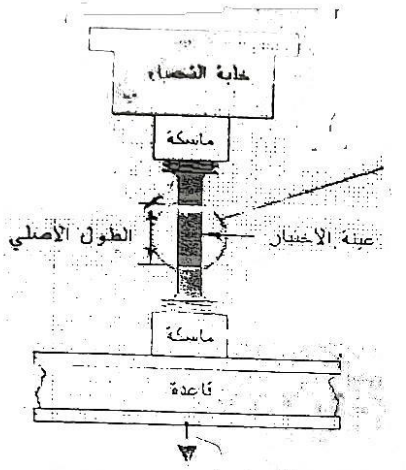
3- اختبار الصلادة (Hardness Test) ..... وغيرها.

اختبار الشد (Tensile Test)

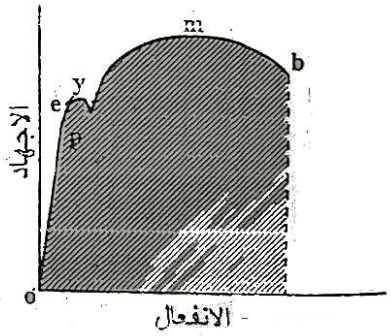
يجري اختبار الشد لفحص مقاومة الشد وبعض الخواص الميكانيكية الاخرى. ولاجراء اختبار الشد تحضر عينة كما موضح في شكل (16)، تثبت العينة في جهاز اختبار الشد كما موضح في الشكل (17) حيث تثبت العينة من طرفيها وتسحب باستخدام قوة الشد الى ان تنكسر، ويجب ان يتم سحب العينة بصورة تدريجية وببطئ، ويرسم منحنى بين الاجهاد والانفعال كما في الشكل (18) حيث يلاحظ الجزء المستقيم (op) حيث يتناسب الانفعال تناسباً طردياً مع الاجهاد وثابت التناسب يسمى معامل يونك (Young's Modulus) ويرمز له (E). النقطة (p) تسمى حد التناسب. النقطة (e) هي حد المرونة حيث ان الانفعال الذي يحدث الى حد هذه النقطة هو انفعالاً مرناً يزول بزوال القوة المؤثرة. بعد هذه النقطة يكون الانفعال لدنا (دائمياً) ولا يزول بزوال القوة المؤثرة. النقطة (y) تسمى نقطة الخضوع حيث ينخفض الاجهاد انخفاضاً ملحوظاً بينما تستمر العينة في الاستطالة، بعد هذه المرحلة يرتفع الاجهاد حيث تزداد المقاومة التي تبديها العينة للاستطالة بسبب حصول التصليد الانفعالي (Strain-Hardening) الذي يمكن تعريفه بأنه ارتفاع في مقاومة الشد وصلادة المعادن عند التشكيل اللدن بسبب زيادة كثافة الانخلاعات. القوة عند النقطة (m) تمثل أقصى إجهاد، بعد هذه العينة تتخصر العينة ثم تنكسر العينة عند النقطة (b).



شكل(١٦) عينة اختبار الشد



شكل(١٧) مخطط مبسط لجهاز اختبار الشد



شكل(١٨) منحنى الاجهاد-الانفعال للصلب المنخفض الكربون المخمر.

نقطة الخضوع: هي الحد الفاصل التي تنتهي عنده صفة المرونة وتتميز بأن المادة عندها تصبح ضعيفة نسبياً وتبدأ بالتشوه بانفعال أكبر تحت أي زيادة في الاجهاد ويكون تشوهاً دائمياً

مقاومة الخضوع: هو مقياس لمقاومة المادة للتشوه اللدن.

مقاومة الخضوع (Yield Strength) $= \frac{\text{القوة عند نقطة الخضوع}}{\text{مساحة مقطع العينة الاصلي}} = \frac{Fy}{Ao}$

مقاومة الشد: هي أقصى اجهاد شد يمكن ان تتحمله المادة قبل أن تنكسر.

مقاومة الشد (Tensile Strength) $= \frac{\text{القوة القصوى}}{\text{مساحة مقطع العينة الاصلي}} = \frac{Fm}{Ao}$

المعدن	اجهاد الخضوع MPa	مقاومة الشد MPa	نسبة الاستطالة % In 50 mm
المنيوم	35	90	40
نحاس	69	200	45
براص	75	300	68
حديد	130	262	45
نيكل	138	480	40
صلب (1020)	180	380	25
تيتانيوم	450	520	25
موليدينوم	565	655	35

جدول رقم (1) خواص الشد لبعض المعادن

المطيلية: هي قابلية المادة على التشوه اللدن تحت تأثير قوى الشد، ويمكن التعبير عنها أما بإيجاد:

$$\text{النسبة المئوية الاستطالة (Elongation \%)} = \frac{\text{التغيير في طول العينة}}{\text{طول العينة الاصلي}} \times 100\%$$

$$= \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\%$$

أو

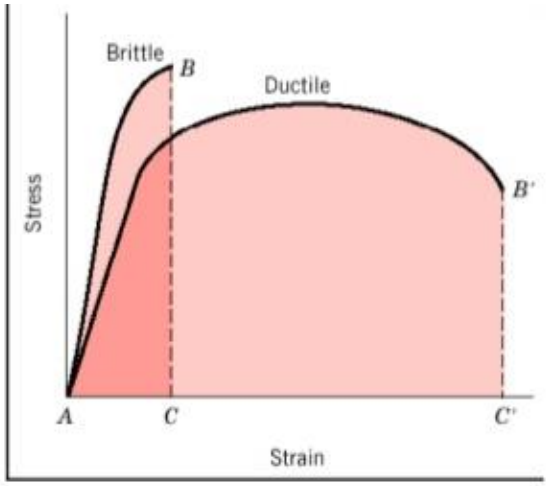
$$\text{النسبة المئوية لتناقص المقطع} = \frac{\text{التغيير في مساحة المقطع}}{\text{مساحة المقطع الاصلية}} \times 100\%$$

$$= \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\%$$

$$\text{معامل المرونة (E) (Modulus of Elasticity)} = \frac{\text{الاجهاد}}{\text{الانفعال}} \quad \text{(ضمن حد التناسب)}$$

المتانة: هي قابلية المادة لامتصاص الطاقة اثناء تشوهها المرن واللدن الى ان تنكسر وقيمتها تساوي المساحة الكلية تحت المنحني الجهاد–الانفعال–ووحدتها ($Joul/m^3$).

القصافة (الهشاشة): انخفاض قابلية المادة على التشوه اللدن.



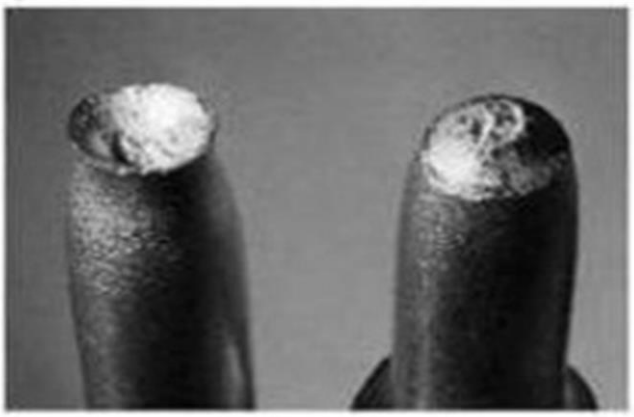
شكل (19) منحنى الشد لمعدن له متانة عالية وآخر هش (قصيف)

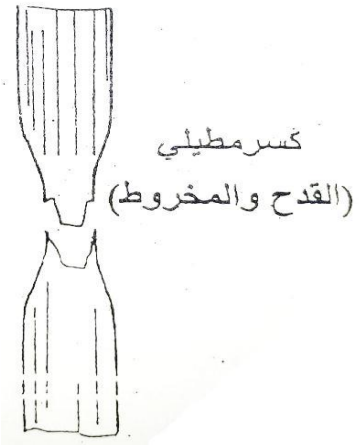
الجساءة (Stiffness): هي مقياس مقاومة المادة للانفعال تحت تأثير القوى الخارجية وضمن حد المرونة.

شكل الكسر في اختبار الشد

عند ملاحظة مقطع العينة في منطقة الانكسار نلاحظ عدة أنواع من الانكسار في اختبار الشد اعتمادا على مطيلية المعدن. ففي المعادن المطيلية مثل الصلب المنخفض الكربون المخمر يلاحظ أن تكون شكل القدح والمخروط (Cup and Cone) بسبب المطيلية العالية للعينة، أما في المعادن الهشة (القصيفة) مثل الحديد الزهر فيكون شكل الكسر مسطحاً وحبيبياً، كما في شكل (20).

الكسر الهش لمعدن قصيف مثل الحديد





الكسر الناتج عن اختبار الشد لعينة مطيلية مثل الصلب المنخفض الكاربون المخمر

اختبار الصدمات (Impact Test)

يجري اخبار الصدمات لغرض معرفة مقاومة المعادن لاحتمال الصدم، ويمكن اعتباره كمقياس للمتانة الصدمية (Impact Toughness)

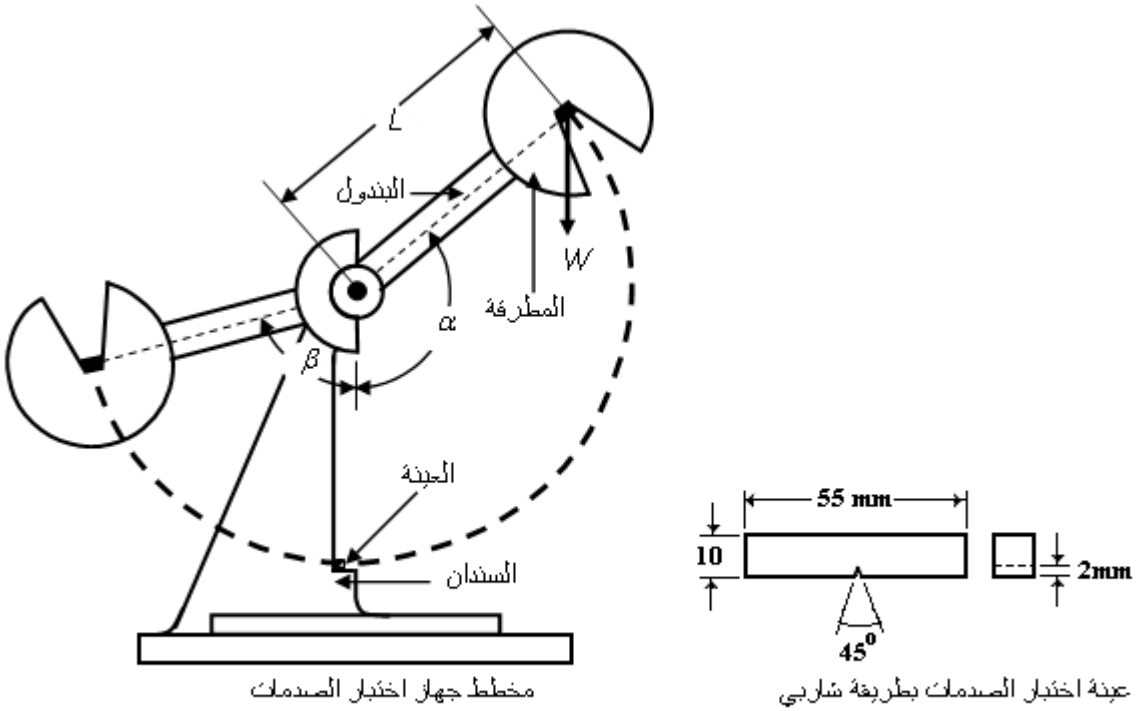
يتكون جهاز اختبار الصدمات شكل (21) من بندول مصنوع من الصلب، له وزن معلوم (W)، يرفع البندول بزاوية (α)، ثم يترك ليسقط على عينة الاختبار الموضحة في نفس الشكل، فتتكسر العينة ويرتفع البندول بزاوية (β) بالاتجاه الاخر من العينة.

ويمكن حساب الطاقة اللازمة لكسر العينة (E) باستخدام العلاقة التالية:

$$E = W\ L\ (\cos\beta - \cos\alpha)$$

حيث ان:

الطاقة اللازمة لكسر العينة (Joul)	E =	وزن البندول (N)	W =
زاوية رفع البندول	α =	طول البندول (m)	L =
		زاوية البندول بعد الكسر	β =



مخطط جهاز اختبار الصدمات

عينة اختبار الصدمات بطريقة شاربي

شكل(21) شكل تخطيطي يوضح اختبار الصدمات

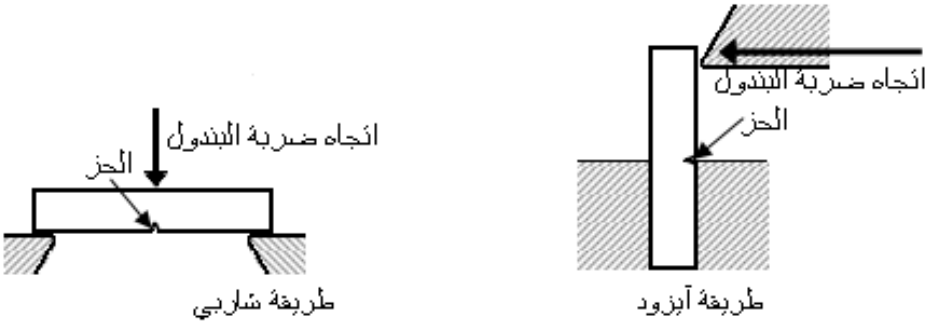
يوجد طريقتين لاختبار الصدمات:

1- طريقة شاربي (Charpy Impact Test) 2- طريقة آيزود (Izod Impact Test)

الطريقتان متشابهتان ويستخدم فيهما نفس القانون عدا الاختلافات التالية:

1- طريقة تثبيت العينة الموضحة في شكل (22).

2- اتجاه ضربة البندول ايضاً موضحة في شكل (22).



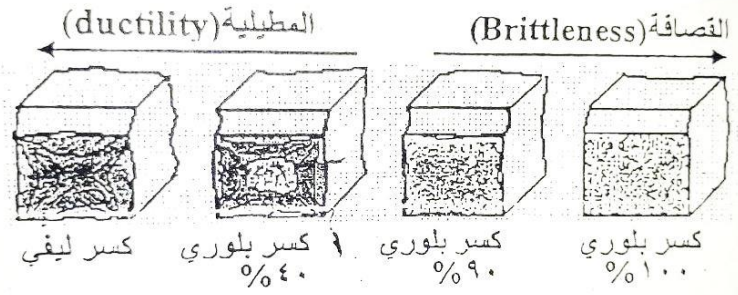
طريقة شاربي

طريقة آيزود

طريقة تثبيت العينة واتجاه ضربة البندول في كل من طريقتي آيزود وشاربي

شكل(22)

ان مقطع العينة في اختبار مقاومة الصدمات يكون مسطح وحبيبي (بلوري) للعينات الهشة، ويكون ليفي الشكل للعينات المطيلية، ومختلط للعينات الاخرى، كما في الشكل (23).



شكل(٢٣) مقطع العينة بعد الانكسار لعينات ذات مطيلية مختلفة في اختبار الصدمات

اختبار الصلادة (Hardness Test)

يمكن تعريف الصلادة بانها مقاومة المادة للخدش والثلم عند احتكاكه بمواد اخرى.

والمادة الاخرى الاكثر صلادة تستطيع ان تخدش المادة الأقل صلادة منها. والليونة (Softness) هي عكس الصلادة. الرصاص والنحاس معادن لينة بينما الصلب السريع القطع، الحديد الزهر، الزجاج، والسيراميك مواد صلدة.

ولاختبار الصلادة تستخدم عدة طرق، اهمها اختبار الصلادة بطريقة برينل، اختبار الصلادة بطريقة فيكرز واختبار الصلادة روكويل، وسنأتي الى شرحها باختصار فيما يلي:

اختبار الصلادة بطريقة برينل (Brinell Hardness Test)

يستخدم في هذه الطريقة جهاز برينل لقياس الصلادة (Brinell Hardness Tester. يتكون الجهاز من مكبس هيدروليكي يدوي يقوم بضغط كرة مصنوعة من الصلب المقسى تسمى اداة التغلغل (Indenter)، تضغط هذه كرة على عينة الاختبار لمدة 15 ثانية للمعادن الحديدية و 30 ثانية للمعادن الاخرى، فيتكون اثر، ثم يقاس قطر الاثر المتكون باستخدام ميكروسكوب صغير مدرج (قوة تكبيره 20 مرة)، كما في شكل (24)، ثم يستخدم القانون التالي لحساب الصلادة:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D-\sqrt{D^2-d^2})}$$

HB = رقم الصلادة بطريقة بريل

P = الحمل (كغم)

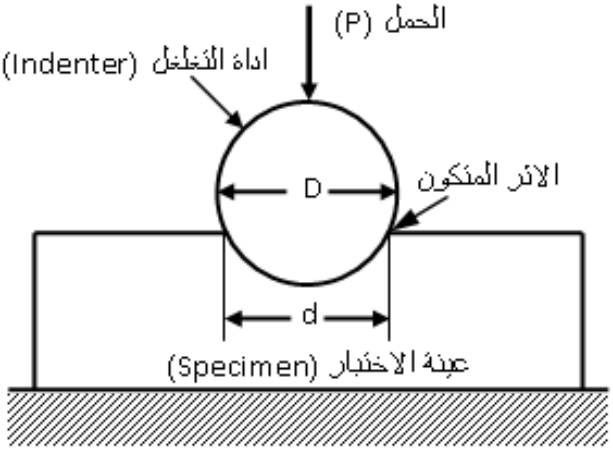
D = قطر الكرة (ملم)

D = قطر الأثر المتكون

قطر الكرة (D) في الاختبارات القياسية يساوي 10 ملم، والحمل (P) يساوي 3000كغم للمعادن الحديدية، 1000كغم للنحاس وسبائكه، و 500كغم للالمنيوم وسبائكه الا انه يمكن استخدام كره

قطرها اقل من 10ملم (5 ملم او 2,5ملم) عند فحص عينات قليلة السمك. في هذه الحالة يكون الحمل اقل مما ذكر اعلاه. ويمكن ايجاد الصلادة باستخدام جداول خاصة بدلا من استخدام القانون اعلاه.

ان جهاز برينل يستخدم لاختبار صلادة المعادن المنخفضة والمتوسطة الصلادة ولا يستخدم لفحص صلادة المعادن البالغة الصلادة كالصلب المقسى لان أداة التغلغل تتشوه، في هذه الحالة يمكن استخدام كرة مصنوعة من كربيد التنكستن.

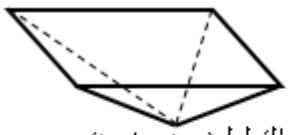


شكل(24) اختبار الصلادة بطريقة برينل

اختبار الصلادة بطريقة فيكرز (Vickers Hardness Test)

يستخدم جهاز فيكرز لاختبار الصلادة (Vickers Hardness Tester) لفحص الصلادة بطريقة فيكرز. اداة التغلغل (Indenter) عباره عن هرم رباعي صغير مصنوع من الماس، الزاوية بين اي جهة متقابلين 136°، وان مقدار الحمل المسلط يتراوح بين 1كغم و 120كغم اعتماداً على نوع المعدن المراد اختباره وعلى تصميم الجهاز، وان زمن تسليط الحمل مقداره 15 ثانية ويتم السيطرة عليه تلقائياً. بعد تسليط الحمل على العينة، يرفع الحمل حيث يتكون اثر رباعي يتم قياس قطريه d1 و d2 باستخدام ميكروسكوب (كجزء من الجهاز) ثم يحسب معدل قطري الأثر d، وتحسب الصلادة باستخدام قانون او تستخدم جدول لايجاد الصلادة. ويمكن اختبار الصلادة بطريقة فيكرز لجميع المعادن مهما بلغت صلادتها.

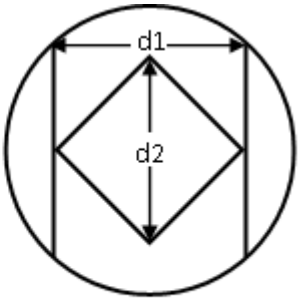
والشكل (25) يوضح اختبار الصلادة بطريقة فيكرز.



اداة التغلغل(Indenter)

360°
الزاوية بين وجهين متقابلين

$$d = \frac{d1 + d2}{2}$$

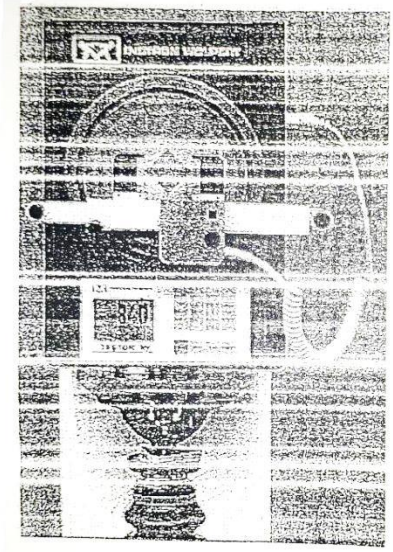


الاثر المتكون بعد التكبير بميكروسكوب الجهاز

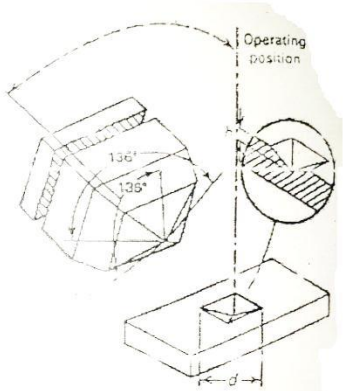
شكل(25) اختبار الصلادة بطريقة فيكرز

قانون فيكرز لحساب الصلادة: $HV = 1.854 \frac{P}{d^2}$

رقم صلادة فيكرز HV = الحمل P = (Kg) $d = \frac{d1+d2}{2}$ mm



شكل(٢٧) قياس قطر الاثر في طريقة فيكرز

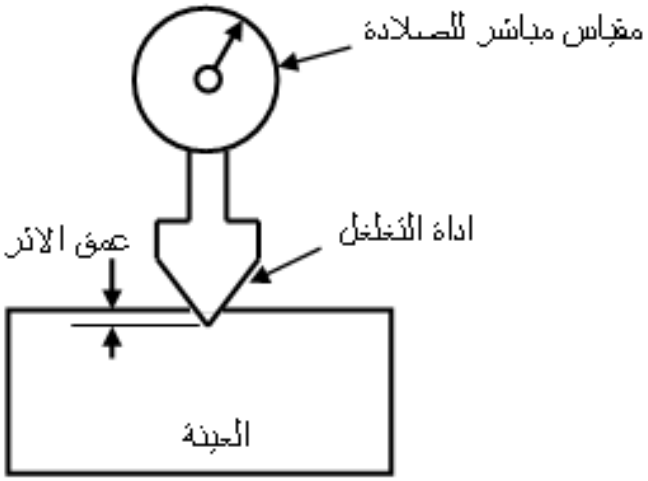


شكل(٢٦) اداة التغلغل في اختبار فيكرز للصلادة

اختبار الصلادة بطريقة روكويل (Rockwell Hardness Test)

ان اختبار الصلادة في طريقتي برينل وفيكرز تعتمدان على تقسيم الحمل (Load) على المساحة السطحية للاثر المتكون اما في اختبار الصلادة بطريقة روكويل شكل (28) فتعتمد على قياس عمق الأثر المتكون، ومن ثم يتم تحويل عمق الأثر المقاس الى رقم صلادة يتم قراءته مباشرة على قرص مدرج. وفي طريقه روكويل هناك نوعين من اداة التغلغل، ما كرة من الصلب المقسى او مخروط من الماس زاوية رأسه 120°. ويتم تسليط حمل ايتدائي مقداره 10 كغم، ثم حمل رئيسي مقداره (60كغم، 100كغم، او 150كغم) اعتماداً على نوع المقياس المستخدم (حيث هناك عدة مقاييس في طريقة روكويل تمكننا من قياس صلادة معظم المواد). بعد تسليط الحمل الرئيسي يرفع الحمل الرئيسي وتؤخذ

القراءة مباشرة على القرص المدرج قبل رفع الحمل الابتدائي، وبعد اخذ القراءة يرفع الحمل الابتدائي وترفع العينة.



شكل(٢٨) اختبار الصلادة بطريقة روكويل

جدول (2) يوضح اهم المقاييس في اختبار روكويل للصلادة

نـــــــــوع المقياس	أداة التغلغل	الحمـــل الابتدائي	الحمـــل الرئيسي	مجال الاستخدام
HRB	كـرم مـن الصـلب المقسى قطرها $\frac{1}{16}$ انج	10كغم	100كغم	الصـلب غيـر مقسـى، النحـاس وسـبائكه، الالمنيوم وسبائكه
HRC	مخـروط مـن المـاس زاوية رأسه 120°	10كغم	150 كغم	الصلب المقسى، المعادن الصلدة جداً
HRA	مخـروط مـن المـاس زاوية رأسه 120°	10كغم	60كغم	الصـلب المقسـى تقسـية سـطحية، الشـرائح الرقيقة المقساة

الإختبار البعدي

1- ما هي الفروق الرئيسية بين طريقة روكويل وطريقتي برينل وفيكرز؟

2- ارسم منحنى الاجهاد- الانفعال للصلب المنخفض الكربون المخمر مبيناً عليه أهم النقاط.

3- اكتب قوانين حساب: مقاومة الشد، مقاومة الخضوع، نسبة الاستطالة، معامل المرونة.

4- عرف: مع التوضيح بالرسم وكتابة القانون عند الحاجة.

الاجهاد، الانفعال، المرونة، المطيلية، القصافة، الجساءة، مقاومة الشد، معامل المرونة (معامل يونك)، نقطة الخضوع، الاصلاد الانفعالي (Strain Hardening)، المتانة، الاختبارات الستاتيكية، الاختبارات الديناميكية، التشكيل المرن، التشكيل اللدن.

الفصل الثالث

الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والكيميائية للمواد

النظرة الشاملة

1-الفئة المستهدفة: طلبة المرحلة الأولى في الأقسام التكنلوجية للمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2-مبررات الوحدة: تكملة لدراسة خواص الأخرى غير الميكانيكية مثل الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والكيميائية للمواد

3-الفكرة المركزة:

أولا: التعرف على الخواص الحرارية للمواد

ثانياً: التعرف على الخواص الكهربائية للمواد

ثالثا: التعرف على الخواص المغناطيسية للمواد

رابعا: التعرف على الخواص الكيميائية للمواد

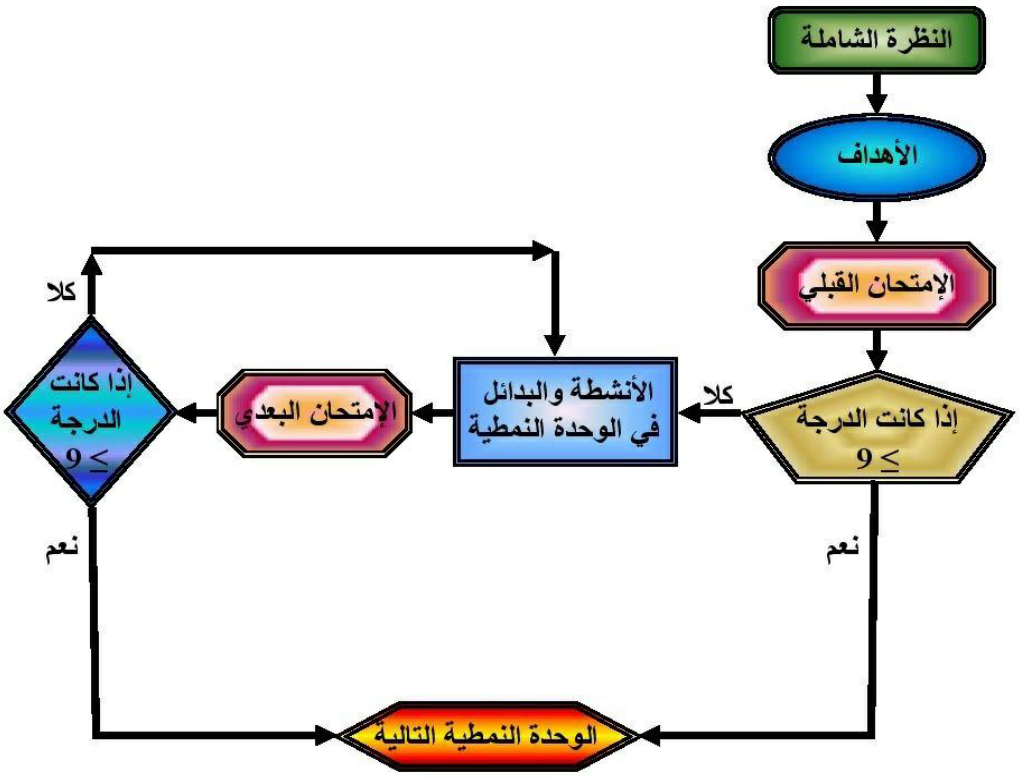
4-أهداف الوحدة: سيكون الطالب بعد دراسته لهذه الوحدة قادرا على ان:

أولاً: دراسة التمدد الحراري في المواد الصلبة

ثانياً: دراسة التوصيل الحراري في المواد الصلبة

ثالثاً: دراسة الخواص الكهربائية للمواد

5-المخطط الانسيابي:



الإختبار القبلي

1- ماذا يقصد بالتخلف المغناطيسي؟ اشرح باختصار مستعيناً بالرسم.

2- ما انواع المواد الفيرومغناطيسية استناداً الى مساحة منحنى التخلف المغناطيسي.

3- ما هي العوامل المؤثرة على عملية التأكسد، تكلم عنها؟

الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والكيمياوية للمواد

الخواص الحرارية للمواد

التمدد الحراري في المواد الصلبة

تتمدد معظم المواد الصلبة بالتسخين وتتقلص بالتبريد واذا منعت المادة من التقلص او التمدد بتثبيتها بين حاجزين ثابتين تتولد اجهادات داخلية، وان مقدار التمدد او التقلص يختلف من مادة الى اخرى ويمكن حساب مقدار التغيير في الطول الناتج عن تغيير درجة الحرارة باستخدام العلاقة التالية:

$$\Delta L = L\ \alpha\ \Delta T$$

حيث

ΔL= التغير في الطول (سم)

L= الطول الأصلي (سم)

α= (1/C) معامل التمدد الطولي

ΔT=(C) التغير في درجة الحرارة

ويعرف **معامل التمدد الطولي للمادة** بانه مقدار التمدد في وحدة الطول عند ارتفاع درجة حرارة المادة درجة مئوية واحدة.

أما التمدد الحجمي للمواد فيمكن حسابه بصورة تقريبية للمواد الايزوتروبية باستخدام العلاقة التالية (على اعتبار بان معامل التمدد الحجمي يساوي ثلاثة اضعاف معامل التمدد الطولي):

$$\Delta V = 3\ V\ \alpha \Delta T$$

حيث

ΔT = التغير في الحجم

V= الحجم

تطبيقات عن التمدد الحراري

1- صناعة القطع الثنائية المعدن (Bimetal Thermostat) للسيطرة الاوتوماتيكية على درجة الحرارة في بعض الاجهزة الحرارية الكهربائية.

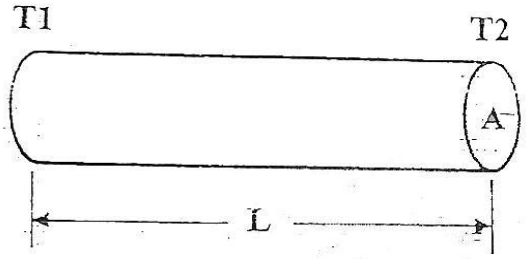
2- استخدام سبائك معدنية لها معامل تمدد حراري منخفض في صناعة اجزاء الاجهزة الدقيقة مثل سبيكة (Invar) وسبيكة (Nilo) وهما سبائك من الكوبالت والنيكل والحديد.

3- ترك فواصل لاغراض التمدد عند تصميم سكك الحديد والجسور وما شابه.

التوصيل الحراري في المواد الصلبة

تنتقل الحرارة في المواد بثلاث طرق: التوصيل (Conduction)، والحمل (Convection)، والاشعاع (Radiation)، وسنركز اهتمامنا على انتقال الحرارة بالتوصيل في المواد الصلبة.

تنتقل الحرارة في المواد الصلبة من الجزء الساخن الى الجزء البارد من المادة، وان المعدل الزمني لكمية الحرارة المنتقلة في جسم صلب (W) تتناسب مع الفرق في درجات الحرارة بين طرفي الجسم، وكذلك تعتمد على نوع وحجم وشكل الجسم، ولحساب المعدل الزمني لكمية الحرارة المارة خلال جسم متجانس المقطع الموضح في الشكل (29)، تستخدم العلاقة التالية:



شكل(٢٩)

$$W=\frac{KA(T2-T1)}{L}$$

حيث ان

W = (Watt) كمية الحرارة في الثانية

K= (J/s.m.C^{o}) (Thremal Conductivity) الموصلية الحرارية

A= (m^{2}) مساحة المقطع

(T2−T1) = (C^{o}) الفرق في درجات الحرارة بين طرفي الجسم

L = (m) طول الجسم

ويمكن كتابة العلاقة بصورة اكثر عموماً كما يلي:

$$\frac{dO}{dT} = - KA \frac{dT}{dX}$$

وتختلف المواد في قابلية توصيلها الحراري فالفلزات تمتاز بقابليتها الجيدة للتوصيل الحراري اما اللافلزات والمواد الاخرى فهي رديئة التوصيل للحرارة على الغالب. والجدول التالي يبين الموصلية الحرارية (K) لبعض المواد.

جدول (3) الموصلية الحرارية لبعض المواد

المادة	K (J/s.m.C^{o})	المادة	K (J/s.m.C^{o})

0.25	stainless-steel	4.17	**الفضة Ag**
0.0005	Graphite	3.82	**النحاس Cu**
0.48	Germanium	3.1	**الذهب Au**
1.17	Silicon	2.3	**الألمنيوم Al**
0.0025	Nylon	0.73	**الحديد Fe**
0.001	Asbestos Paper	0.27	**Constantan**
0.0015	Rubber	0.73	**Ni Silver**

وسنتكلم فيما يلي عن آلية التوصيل الحراري في المواد الصلبة اللافلزية والفلزية.

آلية التوصيل الحراري في المواد الصلبة اللافلزية

ذكرنا سابقاً في المواد الصلبة البلورية بأن الذرات تكون مرتبة وفق أشكال هندسية تتكرر في الاتجاهات الثلاثة لتكون الشبكات البلورية. وان هذه الشبكات البلورية تحتوي الكثير من العيوب البلورية مثل الفجوات (Vacancies)، الذرات المحشورة (Interstitials)، والانخلاعات (Dislocation). كما ان الذرات في الحالة الصلبة تتذبذب بصورة مستمرة حول مواضعها، وتسمى هذه بالحركة الاهتزازية للذرات وتمثل الطاقة الحركية للذرات التي تعتمد على درجة حرارة المادة، حيث تزداد الطاقة الحركية للذرات بارتفاع درجات الحرارة، وتعتبر درجة الحرارة المطلقة مقياساً للطاقة الحركية للذرات. وتمتاز الذرات بالمرونة التامة، وهذا يعني بأن الذرات عندما تتصادم مع بعضها البعض فأن الطاقة الحركية تنتقل ببين الذرات المتصادمة بدون أي نقصان. لو كان لدينا قضيب في حالة اتزان حراري (درجة حرارة متجانسة) فان معدل الطاقة الحركية للذرات يكون ثابتاً لجميع نقاط القضيب، ولو سخن احد طرفي القضيب فان الحرارة ستنتقل من الطرف الساخن الى الطرف البارد، حيث تزداد الطاقة الحركية للذرات في الطرف المسخن ثم تنتقل الطاقة الحركية الى الطرف البارد نتيجة تصادم الذرات ويتم انتقال الطاقة الحركية للذرات بحركة موجية اهتزازية عالية التردد. ان الطاقة الحركية تنتقل بين الذرات المتصادمة بكمات من الطاقة تسمى الفونونات (Phonons)، ويجب الادراك بأن الفونونات ليست جسيمات جديدة ولا يمكن ان تتواجد على شكل وحدات منفصلة ولكنها وسيلة مناسبة لتمثيل انتقال الطاقة بين الذرات. ان الكلام السابق ينطبق على التوصيل الحراري في المواد العازلة للحرارة التي ترتبط ذراتها اما بالرابطة الأيونية او الرابطة التساهمية ويسمى انتقال الحرارة بهذه الطريقة انتقال الحرارة بتصادم الذرات.

آلية التوصيل الحراري في المواد الصلبة الفلزية

عند تسخين المواد الصلبة الفلزية ترتفع الطاقة الحركية للإلكترونات في الذرات مما يسبب انتقال الالكترونات الحرة بسرعة الى الاجزاء الباردة من الجسم مسببة ارتفاع درجة الحرارة في هذه الاجزاء. ان

انتقال الحرارة بحركة الالكترونات الحرة الحركة اسرع الاف المرات من انتقال الحرارة بتصادم الذرات، علماً أن انتقال الحرارة في الفلزات يحدث بكلا الطريقتين (بتصادم الذرات وبحركة الالكترونات)، وذلك لوجود الكترونات حرة الحركة فيها. لذلك فان الفلزات جيدة التوصيل للحرارة.

يتضح مما سبق بأن انتقال الحرارة في المواد الصلبة اللافلزية يتم بتصادم الذرات، اما في المواد الصلبة الفلزية فتنتقل الحرارة بكلا الطريقتين، بتصادم الذرات وبحركة الالكترونات الحرة الحركة.

العوامل المؤثرة على التوصيل الحراري:

1- وجود الشوائب والعناصر السبائكية يسببان عرقلة انتقال الحرارة في المواد الصلبة، فالمعادن النقية اجود توصيلاً للحرارة من السبائك.

2- الحدود البلورية تسبب عرقلة انتقال الحرارة من السبائك.

3- الاجهادات الداخلية والانخلاعات والعيوب البلورية تسبب عرقلة انتقال الحرارة في المعادن.

بعض التطبيقات عن التوصيل الحراري:

1- استخدام معادن جيدة التوصيل للحرارة وذات نقاوة عالية مثل النحاس والالمنيوم في صناعة الشمعات (Radiators) والمبادلات الحرارية (Heat Exchangers) في المراحل (Boilers) وأجهزة التدفئة والتبريد.

2- استخدام مواد رديئة التوصيل للحرارة للعزل الحراري في المراجل والجدران الخارجية للأفران وأجهزة التبريد وللعزل الحراري للمباني.

الخواص الكهربائية للمواد

من أهم الخواص الكهربائية للمواد هي الموصلية الكهربائية (Electrical Conductor) ويرمز لها (σ)، اما المقاومة النوعية (Electrical Resistivity) فيرمز لها (ρ)، وهي مقلوب الموصلية الكهربائية ($1/\sigma$)، ويمكن حساب المقاومة الكهربائية لموصل باستخدام العلاقة التالية:

$R = \rho (L/A)$

حيث

ρ= المقاومة النوعية للمادة $(\Omega.m)$

L= الطول (m)

A = مساحة المقطع (m^2)

ويمكن تقسيم المواد حسب موصليتها الكهربائية الى:

1- المواد الجيدة التوصيل للكهربائية: وتشمل جميع الفلزات، حيث تكون الكترونات المدار الخارجي لذراتها حرة الحركة. مثل الحديد، النحاس، الفضة، وغيرها.

2- المواد رديئة التوصيل للكهربائية: وتشمل المواد اللامعدنية كالزجاج، البلاستك (اللدائن)، السيراميك، وغيرها. وسبب رداءة التوصيل للكهربائية في هذه المواد عدم وجود الكترونات حرة الحركة في تركيبها الذري.

3- اشباه الموصلات: مثل السيليكون والجرمانيوم وغيرها، وتلاحظ وجود عدد محدود جداً من الالكترونات الحرة الحركة في تركيبها الذري.

4- الالكتروليتات: وهي سوائل متاينة تحتوي على ايونات موجبة الشحنة واخرى سالبة الشحنة، ويتم انتقال الكهربائية بحركة الايونات الموجبة والسالبة.

العوامل المؤثرة على الموصلية الكهربائية للمواد:

1- درجة الحرارة: حيث تنخفض الموصلية الكهربائية للفلزات بارتفاع درجة حرارتها، وترتفع الموصلية الكهربائية للالكتروليتات بارتفاع درجة حرارتها، اما في اشباه الموصلات فغالباً ما ترتفع الموصلية الكهربائية بارتفاع درجة الحرارة.

2- وجود الشوائب والعيوب البلورية في المعدن يسببان انخفاض الموصلية الكهربائية.

الخواص المغناطيسية للمواد

ان الالكترونات في الذرة تدور حول محورها بحركة دورانية وتدور حول النواة بمدارات. كلا الحركتين تسبب عزماً مغناطيسياً، فدوران الالكترون حول محوره يسبب عزماً مغناطيسياً حول محور

دوران الالكترون، اما دوران الالكترون حول نواة الذرة يسبب عزماً مغناطيسياً حول نواة الذرة، وفي كلا الحالتين يعتمد اتجاه العزم المغناطيسي على اتجاه دوران الالكترون. وهكذا يمكن تقسيم المواد حسب تأثرها بالمجالات المغناطيسية الى:

1- **المواد الفيرومغناطيسية:** تتكون المواد الفيرومغناطيسية من مناطق مغناطيسية صغيرة، أشكالها غير منتظمة، أبعادها بحدود 1 ملم. لهذه المناطق مجالات مغناطيسية لها اتجاهات عشوائية، لذلك تكون محصلة القوة المغناطيسية للمادة صفر. اذا وضعت المادة الفيرومغناطيسية في مجال مغناطيسي خارجي تتوحد المجالات المغناطيسية لأغلب المناطق المغناطيسية بحيث تكون موازية للمجال المغناطيسية الخارجي، هذا يعني ان المواد الفيرومغناطيسية يمكن مغنطتها وتكتسب خواص مغناطيسية لفترة زمنية طويلة نسبياً. من امثلة المواد الفيرومغناطيسية الحديد والنيكل وغيرها.

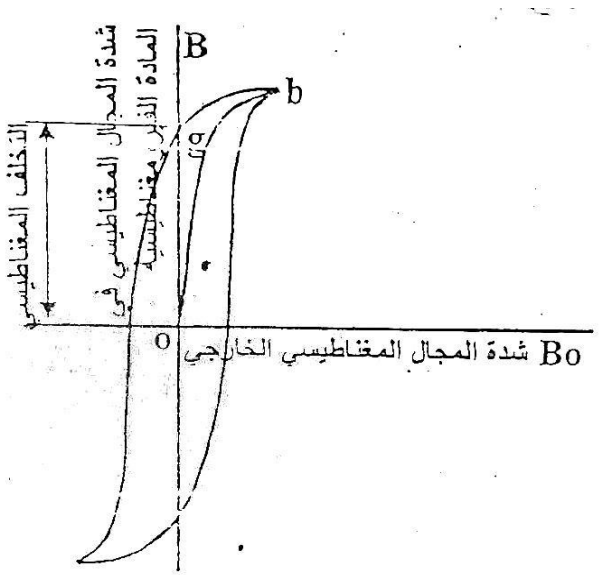
2- **المواد البارامغناطيسية:** كل ذرة في هذه المواد تمتلك مجالاً مغناطيسياً صغيراً خاص بها، الا أن اتجاهاتها عشوائية فتكون المحصلة النهائية للمجال المغناطيسي للمادة صفر. وعند وضع هذه المواد في مجال مغناطيسي خارجي تكتسب خواص مغناطيسية ضعيفة تزول عند رفع المجال المغناطيسي الخارجي. من أمثلة هذه المواد الكروم.

3- **المواد الدايامغناطيسية:** لا يوجد أي مجال مغناطيسي لذرات هذه المواد لان الكتروناتها تشكل أزواجاً تدور حول محورها باتجاهات متعاكسة بحيث تلغى المجالات المغناطيسية للإلكترونات. ولا تتأثر هذه المواد بالمجالات المغناطيسية الخارجية ولا تتمغنط، مثل الذهب والنحاس والخارصين.

التخلف المغناطيسي

يمكن رسم حلقة التخلف المغناطيسي لمادة فيرومغناطيسية عند وضعها في مجال مغناطيسي خارجي، ثم رسم العلاقة بين شدة المجال المغناطيسي الخارجي وشدة المجال المغناطيسي في المادة الفيرومغناطيسية (التي تمثل قوة تمغنط المادة الفيرومغناطيسية).

والشكل (30) يوضح هذا، حيث تكون المادة الفيرومغناطيسية غير ممغنطة عند القطة (o).



شكل(٢٠) حلقة التخلف المغناطيسي

وعند زيادة شدة المجال المغناطيسي الخارجي فان المادة ستتمغنط وتزداد القوة المغناطيسية للمادة الممغنطة حتى تصل الى حد الاشباع عند النقطة (b)، حيث تصبح جميع المجالات المغناطيسية للمناطق المغناطيسية في المادة الممغنطة موازية للمجال المغناطيسي الخارجي. وعند رفع المجال المغناطيسي الخارجي نلاحظ بان شدة المجال المغناطيسي للمادة لا يعود الى الصفر بل الى النقطة (g)، وهذا يمثل التخلف المغناطيسي في المادة الفيرومغناطيسية، واذا عكس اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي سيتكون منحنى على شكل حلقة أو انشوطة، تسمى حلقة التخلف المغناطيسي أو حلقة الهسترة المغناطيسية.

انواع المغناطيس

المساحة الداخلية لحلقة التخلف المغناطيسي تمثل مقدار الطاقة اللازمة لمغنطة وإزالة المغنطة من الواد الفيرومغناطيسية، وبناءً على هذا يمكن ان يكون نوعين من المغناطيس:

أ- المغناطيس الطري (المؤقت): حيث يكون حلقة الهسترة المغناطيسية ضيقة، ويمكن ازالة المغنطة بسهولة، كما في الصلب اللين الممغنط.

ب-المغناطيس الصلب (الدائم): حيث تكون الهسترة المغناطيسية كبيرة، ولا يمكن في هذه الحالة ازالة المغنطة بسهولة، مثل المغناطيس المستعمل في صناعة السماعات وما شابة. ومن سبائك المغناطيس الدائم السبيكة المسماة النيكو (Alnico) وهي سبيكة متكونة من الحديد والنيكل والالمنيوم.

درجة حرارة كوري: هي درجة الحرارة التي لو سخنت اليها اي مادة فيرومغناطيسية لفقدت خواصها الفيرومغناطيسية. ودرجة حرارة كوري للحديد هي 768°م، وللنيكل 360°م.

العوامل المؤثرة على الخواص الفيرومغناطيسية للمواد:

1- تضعف الخواص الفيرومغناطيسية للمواد الممغنطة بارتفاع درجة الحرارة الى ان تفقد خواصها المغناطيسية تماماً عند درجة حرارة كوري.

2- تضعف الخواص الفيرومغناطيسية بالطرق.

3- زيادة كثافة الانخلاعات والعيوب البلورية يسببان زيادة مساحة حلقة الهسترة المغناطيسية.

4- وجود الشوائب والعناصر السبائكية يسببان زيادة مساحة حلقة الهسترة المغناطيسية.

الخواص الكيميائية للمواد

التآكل (Corrosion): هو علية تفاعل المادة مع محيطها الخارجي مما يسبب في تردي خواصها وتآكل اجزاؤها مسبباً أضراراً كبيرة. ويوجد نوعين من التآكل:

1- التآكل الجاف: مثل التأكسد، وهو تفاعل المادة مع الاوكسجين لتكوين اوكسيد المادة او تفاعل المادة مع العوامل المؤكسدة مثل الكبريت او أكاسيده، ويحدث التأكسد لمعظم المعادن في درجة حرارة الغرفة حيث تتكون طبقة رقيقة من أوكسيد المعدن عند تعرضه لاوكسجين الجو.

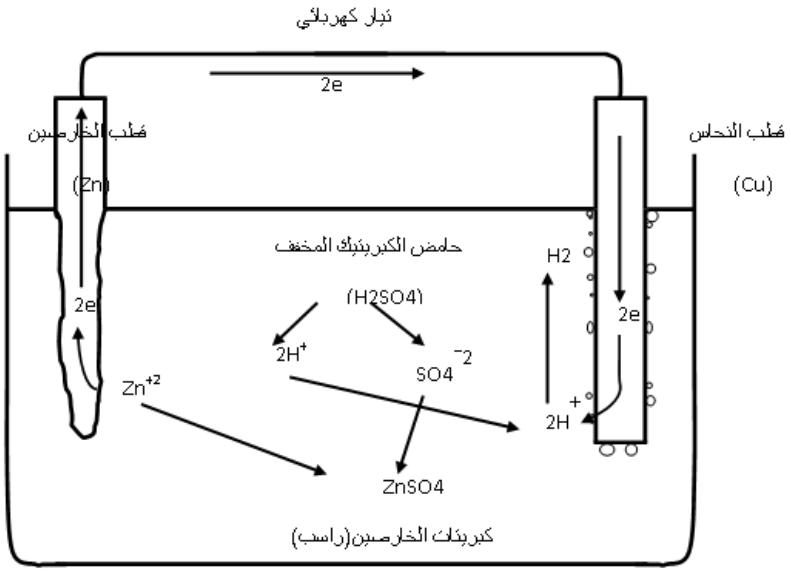
وتتأثر عملية التأكسد بالعوامل التالية:

أ- قابلية المعدن للتفاعل مع الاوكسجين.

ب- طبيعة الاوكسيد المتكون، فاذا كان الاوكسيد المتكون مسامي وغير ملتحم بصورة جيدة بالمعدن الأساسي، فان عملية التأكسد تستمر الى الطبقات الداخلية من المعدن لان الاوكسجين يتغلغل من خلال المسامات الموجودة في اوكسيد المعدن، مؤدياً الى تآكل المعدن بمرور الزمن كما في الحديد. اما اذا كان الاوكسيد المتكون غير مسامي وملتحم بصورة جيدة بالمعدن الأساس، فان اوكسيد المعدن سيشكل طبقة واقية على سطح المعدن يقيه من استمرار عملية التأكسد، كما في الألمنيوم والكروم.

ج- درجة الحرارة: فان سرعة التأكسد تزداد بارتفاع درجة الحرارة.

2- التآكل الالكتروليتي: يحدث عند وجود معدنين مختلفين في الجهد القطبي، ويكونان بتماس مع بعضهما، وبوجود وسط الكتروليتي. ويمكن توضيح التآكل الالكتروليتي بشرح ما يحدث في الخلية الكهروكيميائية شكل (31).



شكل(٣١) الخلية الكهروكيميائية

الإختبار البعدي

1- ما هي شروط حدوث التآكل الالكتروليتي وكيف يحدث؟ مع ذكر مثال والتوضيح بالرسم.

2- عرف:

معامل التمدد الطولي، المواد الفيرومغناطيسية، المواد البارامغناطيسية، المواد الدايا مغناطيسية، درجة حرارة كوري، التآكل، التآكل الجاف، التآكل الالكتروليتي، التآكل الموضعي في السيراميك.

3- ما هي الخلية الكهروكيميائية؟ مع التوضيح بالرسم.

خارطة القياس المعتمدة

المحتوى التعليمي	عناوين الفصول	الأهمية النسبية	الأهداف السلوكية					عدد الفقرات
			المعرفة	الفهم	التطبيق	التحليل	التقييم	
			النسبة					
الفصل الاول	التركيب البلوري	100%	35%	25%	10%	10%	20%	5
الفصل الثاني	الخواص الميكانيكية للمواد	100%	35%	25%	10%	10%	20%	5
الفصل الثالث	الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والكيميائية للمواد	100%	35%	25%	10%	10%	20%	5
المجموع								

المصادر الأساسية :

1. خواص المواد الهندسية تأليف الدكتور صالح امين كركجي
2. المواد الهندسية مدخل لخواصها وتطبيقاتها ترجمة الدكتور جعفر طاهر الحيدري
3. خواص المواد تأليف معن يحيى الحمداني

المصادر المقترحة

1. Materials science and engineering an introduction , William D. Callister , Jr.

- **المصادر** الاساسية :
- (يحب ان تكون المصادر حديثة ورصينة وتجنب استخدام المواقع للتواصل الاجتماعي او Wikipedia او. المصادر غير الموثوقة).
-
- **المصادر المقترحة:**
- **(يذكر هنا بعض المصادر المقترحة التي لم تدخل ضمن مصادر بناء الحقيبة لإعطاء الفرصة للمتعلم لإغناء المعلومات و للمزيد من المعرفة)**
-
- **روابط مقترحة ذات صلة:**
- يذكر هنا بعض الروابط ذات الصلة بالمواضيع الخاصة بالمحتوى لزيادة المعرفة او المهارة كان يذر بعض روابط اليوتيوب لمحاضرات ضمن نفس المواضيع او تقدم شرح مفصل لبعض. الفقرات التي لم يتم تغطيتها في المحاضرة ويفضل. ان تكون بصيغة رمز الاستجابة السريع QRC

-
-