

الباب الأول

خواص المواد الهندسية

(Properties of Engineering Materials)

- 1.1. مقدمة .
- 2.1. المادة الهندسية .
 - 1.2.1. مفك اللوالب ذو المقبض البلاستيكي .
- 3.1. خواص المواد .
- 4.1. الخواص الميكانيكية للمواد .
- 5.1. المعادن والسبائك .
- 6.1. البناء البلوري .
 - 1.6.1. البلورات والحببيات .
 - 2.6.1. تجمد المعادن .
 - 3.6.1. حجم الحبيبات ومعامل التبريد .
- 7.1. اختيار المواد الهندسية .
- 8.1. خصائص المواد .
- 9.1. أسئلة وتمارين .

أن السبب الرئيسي لدراسة المواد الهندسية هو معرفة خواصها ومن ثم استغلال تلك الخواص في تصميم المنشآت وأجزاء الماكينات . حيث يجب أن يأخذ التصميم الهندسي بنظر الاعتبار الظروف التي تتعرض لها المادة والزمن الذي سوف تستغل فيه وكذلك عاملي الأمان والاقتصاد . وعليه فإن أي خاصية معينة لمادة ما ستؤثر بشكل أو بآخر على الخواص الأخرى.

ويمكن تقسيم المواد الهندسية إلى :

1- مواد معدنية (Metallic Materials)

وهذه المواد بدورها تقسم إلى :

a- معادن حديدية (Ferrous Metals)، مثل الحديد المطاوع ، والحديد الصلب وحديد الزهر (Fe).

b- معادن غير حديدية (Nonferrous Metals) وتقسم إلى :

- معادن ثقيلة مثل النحاس (Cu) والنيكل (Ni)

- معادن خفيفة مثل الألمنيوم (Al) والمغنيسيوم (Mg)

- معادن طرية مثل الرصاص (Pb) والقصدير (Sn) .

2- مواد غير معدنية (Nonmetallic Materials)

وهذه المواد أيضا بدورها تنقسم إلى :

a- مواد البناء والإنشاء مثل الحجارة والأسمنت والجير والأخشاب.

b- مواد متنوعة تستخدم في الصناعة مثل المطاط والفلين والبلاستيك.

c- مواد الغرض منها توليد الطاقة مثل المياه والوقود والمفرقعات والمواد المستخدمة في الطاقة الذرية.

2.1 المادة الهندسية (Engineering Material)

عند تصميم تركيب معين أو جهاز ما ، فانه عادة ما يكون أمام المهندس المصمم مدى واسع من المواد الهندسية المختلفة التي سيقوم بالتعامل معها. ولكن تبقى المشكلة كيف سيتم التعامل مع اختيار هذه المادة أو تلك أو مع مجموعة من المواد ، والتي يجب أن تفي بالموصفات المطلوبة ، وإن تلائم الغرض المطلوب لأجله التصميم .

ومن المعروف أن الكوارث الهندسية غالباً ما تحدث بسبب الاختيار الخاطئ والاستعمال غير المناسب للمواد ، فمثلاً خلال الحرب العالمية الثانية تعرض صنف واحد من السفن التجارية الملحومة لخسائر شديدة بسبب إنشطارها إلى نصفين في عرض البحر وليس بسبب الهجوم المعادي عليها . وقد حصل الانهيار بسبب الكسر الذي شمل طول خطوط اللحام تماماً حول السفينة لأن مادة اللحام كان لها متانة كسر (Fracture Toughness) ضعيفة وغير مناسبة مما أدى إلى حدوث تلك الكارثة ، كما أن سقوط طائرة على الأرض بسبب ظهور شقوق في ذيلها، والتواء معلقة الشاي البلاستيكية عند خلطه وغيرها من الأمثلة الكثيرة التي نسمع بها من الحين والأخر ، كل هذا بسبب الاختيار الخاطئ في اختيار المادة الهندسية عند التصميم ، والتي يجب أن تفي تماماً بمتطلبات ومواصفات التصميم إلى جانب متطلبات المتانة والصلادة المطلوبة ومحدودية التحمل والاستعمال .

أن الخواص الميكانيكية العامة للمادة مع بقية الأصناف العامة الأخرى للخواص التي يجب أن يأخذها المصمم بنظر الاعتبار عند اختيار المادة مدرجة في الجدول (1-1) . ومن خلال أمثلة مختلفة في هذا الباب سيتم شرح كيفية اختيار المهندس المصمم للمواد الهندسية المختلفة .

جدول (1-1) - أصناف المواد

نوع الخاصية	الفقرات ذات العلاقة
1	خواص اقتصادية السعر والوفرة ، الكثافة
2	خواص ميكانيكية عامّة المعاملات والخفوت ، مقاومة الشد، مقاومة الخضوع الصلادة ، مقاومة الكسر، مقاومة الكلال، مقاومة الكلال الحراري ، مقاومة الزحف.
3	خواص عامة غير ميكانيكية خواص حرارية، خواص ضوئية ، خواص مغناطيسية، خواص كهربائية.
4	خواص سطحية التآكسد والتآكل ، الاحتكاك ، الحك والبلي
5	خواص إنتاج سهولة التصنيع، التجميع ، الربط ، الإنهاء
6	خواص جمالية المظهر ، التركيب ، الإحساس

1.2.1 مفك اللوالب ذو المقبض البلاستيكي

(Plastic - Handled Screw Driver)

لنأخذ مفك اللوالب النموذجي المعروف كمثال لتوضيح مبدئي لكيفية اختيار المادة الهندسية ، الذي له ساق وشفرة مصنوعة من الفولاذ عالي الكربون أي من معدن . فالفولاذ اختير هنا لأن معامل مرونته عالي . فمعامل المرونة هو قياس لمقاومة المادة لأي انحناء أو انحراف مرن . فإذا صنعت الساق من أحد البوليمرات (Polymers) مثل البولي إثيلين (Polyethylene) بدلا من معدن فسيلتوي إلى درجة كبيرة .

وهذه الخاصية (معامل المرونة) هي أحد المعايير لاختيار المادة في هذا المجال إلا أنها ليست الوحيدة . فالساق يجب أن تكون له مقاومة خضوع عالية أيضا. فإن لم يكن كذلك ، فسيعاني انحناء لدن أو دائمي إذا تم لويته بقوة وعادة المفكات الرديئة تكون كذلك .

إن الشفرة يجب أن تمتلك صلادة عالية ، حتى لا تتسبب مادة رأس اللولب في بعجها ومن ثم تلفها وأخيرا فمادة الساق والشفرة يجب أن لا تقاوم الانحناء والالتواء (اللي) فحسب وإنما يجب أن تقاوم الكسر .

فالزجاج مثلا ذات معامل مرونة عال كذلك يمتلك مقاومة خضوع وصلادة عاليتين لكنه لا يصلح للاستخدام في صناعة المفك ، وذلك لأنه هش جدا وبصورة أدق أن متانة التكسر له قليلة جدا . بينما يمتلك الفولاذ متانة عالية مما يعني بأنه ينقاد وينحني قبل أن ينكسر .

3.1 خواص المواد (Properties of materials)

يمكن تعريف خواص المواد بأنها المقاييس المحددة المعبرة عن جودتها أو نوعها. ويبين الجدول (1-2) مختلف التقسيمات لخواص المواد الهندسية التي يمكن تعيينها عن طريق الاختبار .

جدول (1 - 2)

التقسيمات المختلفة لخواص المواد الهندسية

النوع	الخاصية
طبيعية	الأبعاد ، الشكل ، الكثافة أو الكثافة النوعية ، المسامية نسبة الرطوبة ، البنيان المرني بالعين المجردة والدقيق
كيميائية	التركيب الكيميائي ، الحموضة أو القاعدية، مقاومة الصدأ التغييرات و التقلبات الجوية
فيزيوكيميائية	امتصاص الماء أو مانع امتصاص الماء ، الانكماش أو التمدد الحراري نتيجة اختلاف درجة الرطوبة
سمعية	التحول الصوتي ، الانعكاس الضوئي
بصرية	اللون ، نفوذ الضوء ، انعكاس الضوء
ميكانيكية	الأحمال والإجهاد ، التشوه والانفعال ، المرونة واللدونة المطيلية والهشاشة ، نحني الإجهاد والانفعال، لصلابة نسبة بوسن، المقاومة، التعب، الزحف، الرجوعية المرنة المتانة ، الصلادة ، قابلية الطرق(الطروقية)
حرارية	الحرارة النوعية ، التمدد ، التوصيل الحراري
كهربائية ومغناطيسية	التوصيل ، النفاذ المغناطيسي ، التأثير الجلفاني

4.1 الخواص الميكانيكية للمواد

(Mechanical Properties of Materials)

إن الخواص الميكانيكية للمواد هي تلك الخواص التي لها علاقة بتأثير الأحمال الخارجية أو القوى المؤثرة على المادة الهندسية . وقبل التعرف إلى تلك الخواص يلزم شرح تأثير القوى الخارجية على المواد الصلبة .

- الحمولات والاجهادات (Loads and Stresses)

عندما يتعرض جزء من مادة إنشائية أو جزء من ماكينة إلى حمولات أو إلى قوى خارجية ، فسوف تتولد في داخله قوى مقاومة لتلك الأحمال . ويطلق على شدة هذه القوى الداخلية في أي جزء من أجزاء المادة بالإجهاد . إن تلك الاجهادات إما أن تكون إجهادات شد (Tensile) أو اجهادات ضغط (Compressive) أو اجهادات قص (Shear) .

ويعبر عن إجهاد الشد والضغط بالرمز σ وعن إجهاد القص بالرمز τ ويفترض في حالة الأحمال المركزية P في الشد أو الضغط أن القوى الداخلية عند أي مقطع عرضي تكون موزعة توزيعاً منتظماً. وعليه تكون شدة القوى الداخلية (أي الإجهاد) عند أي نقطة هي :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1 - 1)$$

حيث أن A هي مساحة المقطع العرضي .

ويمكن استخدام المعادلة السابقة في بعض حالات القص التي لا يؤثر فيها الحمل P بطريقة مركزية حقيقية ولكنه يؤثر في اتجاه المستوى المطلوب حساب الأجهادات عليه. فمثلا في مسمار البرشام (rivet screw) يكون إجهاد القص المؤثر عليه هو :

$$\tau = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2-1)$$

حيث إن A هي مساحة المقطع العرضي لمسمار البرشام .

ويمكن تقسيم القوى إلى قوى إستاتيكية (Static) أو متكررة (Repeated) أو قوى صدمة (Impact) . بالنسبة للقوى الإستاتيكية فهي القوى التي تؤثر ببطء وتبقى ثابتة ، أما القوى التي تؤثر بعدد كبير من المرات فهي قوى متكررة أو ما يدعى بقوى التعب (Fatigue Loads) . أما إذا أثرت الحمولة بمعدل كبير في سرعتها فتكون حمولة صدمة أو حمولة ديناميكية .

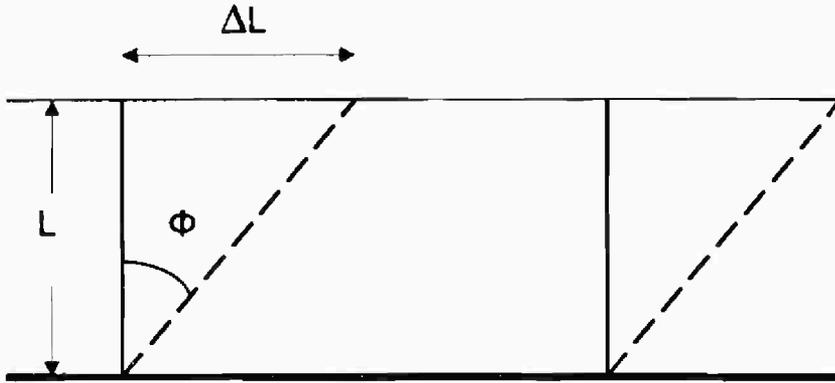
- التشوه و الانفعال (Deformation and Strain)

عندما تؤثر قوة خارجية على مادة ما أو على جزء من ماكينة يتسبب عنها تغيير في شكلها ويسمى التغيير في أي بعد طولي للمادة بالتشوه أو التشكل (Deformation) . أما الانفعال (Strain) فهو وحدة التغيير لكل وحدة من الأبعاد الطولية للمادة . وهذا الانفعال هو نسبة وهو قيمة لا بعدية حيث يمكن إيجاده بقسمة الاستطالة الكلية ΔL على الطول القياسي L ولكن يعبر عنه أحيانا (cm/cm) ، ويرمز للانفعال الشد أو الضغط بالرمز e حيث :

$$e = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots (3-1)$$

ويظهر انفعال القص في الشكل (1-1) ويعبر عنه بالرمز e_s حيث أن :

$$e_s = \frac{\Delta L}{L} = \tan \phi \quad \dots\dots\dots (4 - 1)$$



الشكل (1-1) الانفعال في حالة القص

- المرونة و اللدونة (Elasticity and Plasticity)

إن المرونة هي خاصية الأجسام التي تعطى لها القدرة على الرجوع إلى شكلها وأبعادها الأصلية بعد تشوهها أما اللدونة فهي تلك الخاصية التي تجعل الجسم محتفظاً بتشكله الأصلي بعد تأثير الحمولات ورفعها .

وعليه فإن اللدونة في تعريفها عكس المرونة ، وليست هناك مادة مرنة تماماً أو لدنة تماماً وبعض المواد مثل المطاط يمكن أن تأخذ شكلاً كبيراً عند تعرضها للحمل ولكنها تعود إلى شكلها الأصلي حال رفع الحمولة التي تؤثر عليها .

وهناك مواد ذات مرونة عالية في حدود مدى معين من الأجهادات وبعده تصبح لدنة إلى درجة معينة ومثال على ذلك الحديد الصلب ، وهناك مواد أخرى لها لدونة عالية مثل الرصاص .

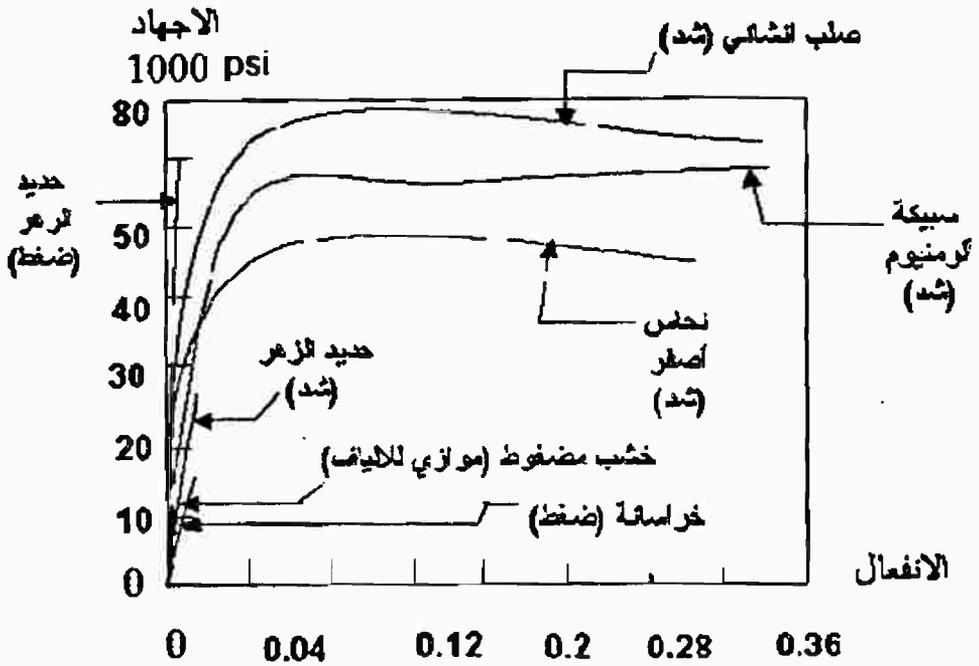
- المطيلية والهشاشة (Ductility and Brittleness)

إن المواد المطيلة هي المواد التي لها القدرة على عمل تشكّل لدن كبير عندما تتعرض إلى حمولة شد . والمطيلية خاصية من خواص المعادن ويندر وجودها في غير المعادن ، أما الهشاشة فهي عكس المطيلية فالمواد الهشة هي التي تعاني من تشكّل لدن صغير عند تحميلها حتى الكسر . وأغلب المواد غير المعدنية لها خاصية الهشاشة .

- منحنى الإجهاد والانفعال (Stress Strain Diagram)

يعطي منحنى الإجهاد والانفعال العلاقة بين المتغيرين كما موضح في الشكل (1-2) ، والذي يمثل منحنيات الإجهاد والانفعال لمجموعة من المواد. حيث يمكن تمثيله بإسقاط نتائج الاختبار الذي يقاس فيه التشكّل المناظر لأحمال معينة . تمثل الأجهادات في الإحداثي الرأسي أما الانفعال فيممثل في الإحداثي الأفقي ، ويختلف هذا المنحنى حسب نوع المادة وتحميلها .

فمثلاً فإذا عرضت أغلب المواد الإنشائية إلى حمولات في حدود التشغيل فإنها تتشكل بمعدل ثابت أو تقريبا كذلك . أي أن الإجهاد يتناسب مع الانفعال وهذا ما يعرف بقانون هوك (Hook's Law) للتناسب بين الإجهاد والانفعال . وهذا صحيح لمواد كثيرة منها الصلب الطري وسبائك الألمنيوم الإنشائي وغير صحيح لدرجة ما للمواد غير المعدنية مثل الطابوق ، الأخشاب ، والخرسانة .



الشكل (1-2)

منحنى الجهاد والانفعال لبعض المواد الهندسية

- معامل المرونة (Elasticity Modulus)

إن معامل المرونة (أو ما يسمى بمعامل يونج) هو قيمة الزيادة في الإجهاد مقسوماً على الزيادة المناظرة في الانفعال لجزء الخط المستقيم لمنحنى الإجهاد والانفعال. إن وحدات معامل المرونة لها نفس الوحدات مثل الإجهاد مثلاً (Kg/cm^2) وغالباً ما يتساوى معامل المرونة في حالة الشد وحالة الضغط تقريباً لأغلب المعادن. أما معامل المرونة في حالة القص فهو أقل في القيمة من معاملي المرونة في حالة الشد والضغط. ويعبر عن معامل المرونة بمعادلة هي نفسها قانون هوك حيث:

$$E = \frac{\sigma}{e} \dots\dots\dots(4-1)$$

حيث أن E هو معامل المرونة في حالة الشد والضغط ، أما معامل المرونة في حالة القص فيسمى معامل الصلابة " الجساءة " (Modulus of Rigidity) والجدول (2-1) يعطي القيم التقريبية لمعامل المرونة لبعض المواد .

جدول (3-1)

القيم التقريبية لمعامل المرونة لبعض المواد

معامل الجساءة G		معامل المرونة E		نوع المادة
$\frac{lb}{in^2} \times 10^6$	$\frac{kg}{cm^2} \times 10^6$	$\frac{lb}{in^2} \times 10^6$	$\frac{kg}{cm^2} \times 10^6$	
3.44	0.242	10.1	0.710	ألومنيوم مدلفن
5.12	0.360	13.1	0.920	نحاس أصفر
6.14	0.432	18.6-17.5	1.210	نحاس مدلفن
3.98	0.280	10	0.703	ديور ألومين
_____	_____	14-12	0.985-0.845	حديد الزهر
4.7-3.8	0.33-0.267	11.3-9.5	0.795-0.668	الزجاج
0.78	0.55	2.42-2.13	0.170-0.150	الرصاص
10.95-10.24	0.77-0.721	31-29	2.108-2.04	النيكل
9.32	0.655	24.18	1.7	البلاتين
3.77	0.264	11.24	0.79	الفضة
11.76	0.827	29	2.04	الصلب المخمر
2.42	0.170	7.820-5.69	0.55-0.4	القصدير

* للتحويل من (Kg/cm²) إلى (lb/in²) نقوم بالضرب في الرقم 14.22

- الصلابة (Stiffness)

الصلابة هي الخاصية التي تعبر عن حدوث تشكل صغير جدا للمواد الجامدة عند تعرضها للإجهاد ، ومن أمثلة المواد الصلبة الحديد الصلب ، وحديد الزهر . وهنا يجب علينا فهم الفرق بين الصلابة والمقاومة فمثلا لأغلب أنواع الصلب توجد صلابة واحدة في المنطقة المرنة يعبر عنها بمعامل المرونة ، ولكن تتفاوت مقاومتها تفاوتاً كبيراً بعد تلك المنطقة . وعادة تفيد خاصية الصلابة في حساب الانحرافات التي تعتمد على حجم المنشأ وشكله ونوع التحميل وصلابة مادته .

- نسبة بويسون (Poisson's Ratio)

عند تعرض جسم صلب إلى إجهاد فإنه لا يتشوه فقط في اتجاه الإجهاد ولكنه يتشكل (يتشوه) أيضاً في اتجاه عمودي على ذلك الإجهاد ، فمثلاً إذا كان ذلك الإجهاد هو إجهاد شد ، فإن تلك الأبعاد المستعرضة للجسم ستتقلص أما إذا كان الإجهاد هو إجهاد ضغط فإن تلك الأبعاد تزيد ، وتسمى النسبة بين الانفعال الجانبي إلى الانفعال الطولي بنسبة بويسون . إن نسبة بويسون للصلب تساوي 0.26 تقريباً ، وللخرسانة 0.15 ، وللمطاط الصلب 0.4 وتفيد هذه النسبة والخاصية في الحلول الرياضية للأشكال الهندسية المعرضة إلى إجهادات ثنائية أو ثلاثية المحور .

- المقاومة (Strength)

يمكن تعريف مقاومة جسم صلب بقدرته على مقاومة الحمولات أو الأجهادات يعبر عنها بدلالة الأجهادات . حيث يهتم المهندس المصمم دائماً بمعرفة قدرة المواد على عدم فشلها في مقاومة الحمولات المعرضة لها ، ويكون هذا الفشل

أما نتيجة تشوه مفرط أو تمزق متقدم أو مفاجئ . ويمكن للمهندس التعبير بوسائل كثيرة عن المقاومة مثل المقاومة المرنة أو المقاومة القصوى أو حد اللاتاقة أو حد الزحف كما سيأتي ذكره لاحقاً .

- التعب (Fatigue)

وهو تكسر المواد المعرضة إلى أحمال متكررة تحت تأثير إجهادات أقل بكثير من المقاومة القصوى لها ، ويسمى هذا النوع بكسر التعب.

- الزحف (Creep)

يعبر عن تشوه المادة تحت تأثير الحرارة والزمن والإجهاد الثابت بتشكل الزحف . هذه خاصية يلزم معرفتها عند تعرض المواد إلى درجات حرارة عالية ولو أن بعض المواد تزحف في درجات الحرارة العادية مثل الرصاص والقصدير .

- الرجوعية (Reallience)

إن الرجوعية المرنة للمادة هي كمية الطاقة الممتصة لإجهاد المادة إلى حد مقاومتها المرنة ورفع الإجهاد .

- المتانة (Toughness)

المتانة هي خاصية المواد التي تعبر عن قدرتها على امتصاص الطاقة خلال تحميلها حتى الكسر . وهذه الخاصية تعتمد على مقاومة المواد

ومطيلتها ، والمادة المتينة هي المادة المقاومة للتشوه الكبير تحت تأثير الإجهادات العالية وهي خاصية هامة في حالة تعرض المنشآت للصدمات .

- الصلادة (Hardness)

إن الصلادة تعني للمادة الصلبة مجموعة من الأشياء . فقد تعبر الصلادة عن قدرة المادة على مقاومة الخدش أو القطع أو التآكل بالاحتكاك أو عمل علامة لدنة خاصة بها . وتقاس صلادة بعض المواد المعدنية كالأحجار والبلاط بحساب مقاومتها للتآكل بالاحتكاك . ولكن أغلب الطرق لتحديد صلادة المعادن تعتمد في قياس صلابتها على حساب علامة كرة من الصلب أو مخروط من الماس .

-الطروقية (Malleability)

الطروقية هي قابلية المادة على التشكل والتشوه بواسطة الطرق بدون كسر . وهي خاصية مشابهة للمطيلية ولكن لا توجد علاقة مباشرة بينهما .

5.1 المعادن والسبائك (Metals and Alloys)

تنظم العناصر التي تدعى بالمعادن بطريقة واضحة في الجدول الدوري وتمثل مجموعتها الجزء الأكبر من العناصر المعروفة ولكل منها بشكل عام الخواص التالية :

- 1- بريق معدني .
- 2- طروقية .
- 3- مطيلية .
- 4- درجة عالية للتوصيل الحراري .

5- درجة توصيل كهربائي عالية و اللاشفافية .

6- التأين الموجب في محاليل المركبات .

ولبعض المواد غير المعدنية خاصية أو أكثر من الخواص السابقة ، ولا توجد المعادن النقية الخالية من الشوائب بكثرة ، وليست لها أهمية هندسية كبيرة . ولبعض المعادن الشديدة النقاوة خواص ذرية أو كهربائية أو مشعة مما يجعل استخدامها ذو فائدة للأغراض الخاصة .

أما السبائك فهي عبارة عن اتحاد معدنين أو أكثر أو اتحاد معدن مع غير معدن(لافلز) . والعناصر التي تعتبر جزءا من السبائك هي تلك المضافة بقدر معلوم متحكم به ، أما غير المعادن والمعادن الأخرى الموجودة في السبيكة أصلا والتي لا يمكن فصلها فهي لا تعتبر شوائب .

وكقاعدة عامة تؤثر عناصر السبائك غير المعدنية بصورة كبيرة على السبيكة من العناصر المعدنية . وتوجد تلك العناصر بكميات قليلة على هيئة مذاب في المعدن المذيب .

فمثلا يؤثر الكربون والسليكون وهي مواد غير معدنية عند وجودها بكميات صغيرة في سبيكة الحديد أكثر بكثير مما لو تمت الاستعاضة عن كمياتها بمواد معدنية مضافة أخرى ، وتعمل السبائك لتحسين خواص المعادن الهندسية لأنها تكون مادة تختلف بشكل كبير عن المعدن الأصلي في الخواص مثل سبيكة الفولاذ المقاوم .

6.1 البناء البلوري (Crystalline Structure)

1.6.1 البلورات والحبيبات (Crystals and Grains)

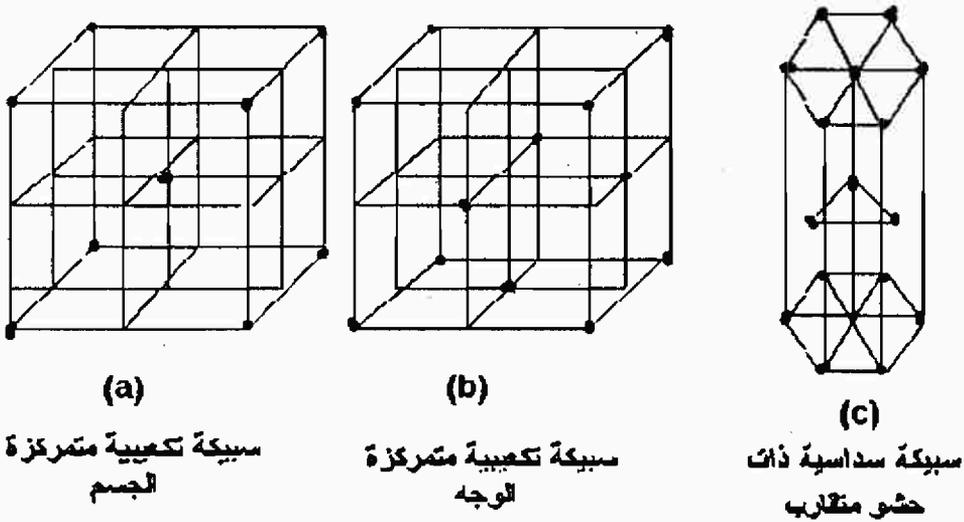
أظهرت التجارب والدراسات المتواصلة التي أجريت باستخدام الميكروسكوب أن المعادن بشكل عام تتكون من مجموعة من البلورات أو الحبيبات ، حيث تعرف البلورة على أنها عبارة عن كمية من المادة ذراتها منتظمة التوزيع فراغيا ولها محور اتجاه ذات وضع محدد .

2.6.1 تجمد المعادن (Solidification of Metals)

إن النظام الموجود بين ذرات المعادن في الحالة السائلة هو غير النظام الذي يربط الذرات في حالة المادة الجامدة المتبلورة ، لأن الطاقة الحرارية وحركة الذرات تكون من الكبر بمكان بحيث أن التجاذب المتبادل للذرات لن يتمكن من وضع تلك الذرات في أماكن محددة منتظمة ، وعندما يبرد السائل تقل الطاقة المسببة لهذه الحركة حتى تصبح مساوية للتجاذب المتبادل للذرات وعندها يبدأ التجمد ، وفي حالة المعادن النقية تبقى درجة الحرارة ثابتة عند هذه النقطة بالرغم من خروج الطاقة الحرارية من السائل .

إن كمية الحرارة الخارجة هذه تدعى " الحرارة الكامنة للتجمد " أو (Latent Heat of Solidification) ، حيث يتم التجمد وتتكون البلورات خلال خروج تلك الحرارة الكامنة . حيث تتم الخطوة الأولى من التبلور بتكوين النويات وكل نواة مكونة من خلايا والتي تعتبر الخلية الواحدة منها تنظيماً لأقل عدد ممكن من الذرات اللازم لتشكيل تنظيم ذري متميز واحد يدعى بالشبكة الفراغية (Space Lattice) .

تتنمي البلورات المعدنية لأحد ثلاث تنظيمات بسيطة للذرات أو البنية الشبكية ، فالشبكة التكعيبية متمركزة الوجه تحتوي ذرة في كل ركن من أركانها ، وذرة في مركز كل وجه من أوجه المكعب . أما الشبكة التكعيبية متمركزة الجسم ففيها ذرة في كل ركن من أركانها وذرة في المركز الهندسي للمكعب . أما الشبكة سداسية الشكل ذات الحشو المتقارب ففيها ذرة في كل ركن من أركانها ، وذرة في كل مركز من الوجهين السداسيين في المركز الهندسي لكل من أشكال الأوتاد الثلاثة غير المتجاورة وهذه الشبكات موضحة في الشكل (1 - 3) .



الشكل (1-3)

أنواع شبكات الفراغية

وعندما يستمر تبريد السائل تنمو النويات بالنسبة لحجمها وذلك بإضافة ذرات أخرى جديدة ، وذلك لتكوين بقية الشبكة الفراغية للبلورة ويستمر نمو البلورات على حساب السائل إلى أن يختفي تماما وبذلك نحصل على مادة متعددة البلورات.

وتتوقف البنية البلورية على التجاذب المتبادل بين الذرات بينما يعتمد شكل الحبيبة الخارجي على تداخل البلورات المتجاورة عند نموها ، وتشكل الحبيبات المتجاورة خلال التجمد حدود مشتركة بمشاركة الذرات التي تكون مادة تلك الحدود . ولأن الحبيبات المتجاورة لها اتجاهات مختلفة نسبة لبعضها البعض فإن الذرات الموجودة على تلك الحدود لا يكون لها نظام محدد ولكن نظامها يكون مشوه ومجهد ، وكنتيجة طبيعية لهذا ستختلف الخواص الطبيعية والكيميائية عند تلك الحدود عن خواص الحبيبات نفسها ، إن تجمد بعض المواد قد يغير من بناؤها البلوري الداخلي .

فمثلا تصلب الحديد كسبيكة متركزة الجسم ينقلب إلى سبيكة تكعيبية متركزة الوجه في درجات الحرارة المنخفضة وتعود مرة أخرى إلى وضعها الأول ولكن بأبعاد مختلفة عن السابقة عند زيادة درجة التبريد .

3.6.1 حجم الحبيبات ومعدل التبريد (Grain Size & Cooling Rate)

يعتمد حجم الحبيبات المكونة لمادة على معدل التبريد حيث أن معدل التبريد السريع يسبب في بنية صغيرة للحبيبات . وهذا بطبيعة الحال يؤدي إلى تكون عدد كبير من النويات نوات النمو المحدود قبل حدوث التداخل . ويؤثر حجم الحبيبات بدرجة كبيرة على مجموعة خواصها ولهذا السبب يجب التحكم في معدل تبريدها.

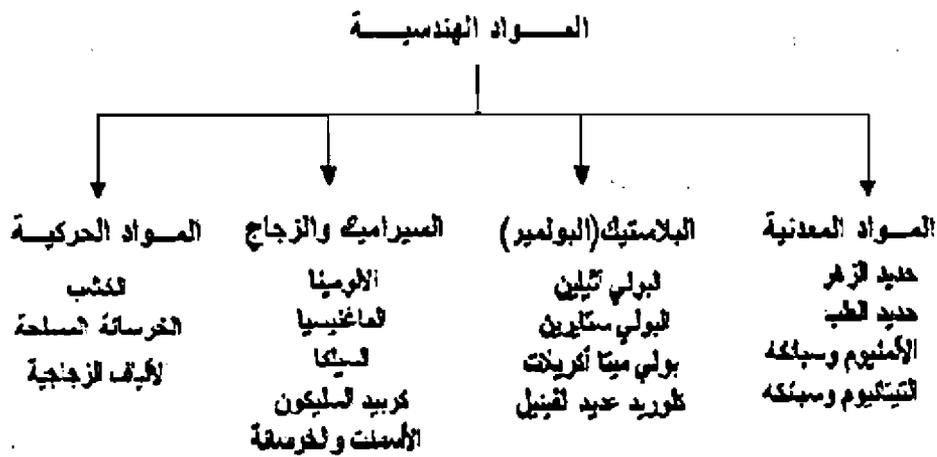
7.1 اختيار المواد الهندسية

هنالك العديد من المواد التي يمكن اختيارها لعمل منتج ما ولكن يبقى التساؤل هو أي من تلك المواد يلائم الغرض المطلوب ، حيث يؤدي سوء الاختيار إلى عواقب وخيمة كما اشرنا في بداية هذا الباب ، وعلى سبيل المثال ما حدث فعلا

عند انقسام سفينة حربية إلى شطرين نتيجة لاختيار مادة لحام غير مناسبة وذات متانة منخفضة.

وكمثال آخر على ذلك يمكن اختيار مادة صحن الطعام من المواد المعدنية أو السيراميك أو البلاستيك ولكل منها مزاياها وعيوبها ، فعند استعمال أواني من الألمنيوم أو المعادن الأخرى ، فقد تؤدي حرارة التوصيل العالية للمعادن إلى سرعة تسخين الصحن مما يصعب لمسه أو نقله مباشرة باليد ، كذلك فإن المعادن معرضة للصدأ والأكسدة مقارنة مع المواد الأخرى مثل البلاستيك وهو أقل كلفة لكنه لا يقاوم درجات الحرارة العالية ، مما يقلل من استخدامه في الأطعمة الساخنة ، وبشكل عام فقد قسمت المواد إلى ثلاثة مجموعات رئيسية هي المعدنية والبلاستيكية والسيراميك حيث تتشابه قوى الترابط بين الذرات في داخل كل مجموعة من هذه المجموعات .

وان الجدول (4-1) يبين أهم العناصر التابعة لكل مجموعة حيث :



الجدول (4-1)

مجموعات المواد المختلفة

8-1 خصائص المواد (Material's Characteristics)

للمواد الهندسية العديد من الخصائص والتي يتم اختيار إحداها بناءً على الظروف المطلوبة في العملية الإنتاجية المعينة ، والجدول (1-5) يبين التقسيمات الجزئية لخصائص المواد الهندسية حيث يمكن اختيار إحدى هذه الخصائص أو كلها حسب ما هو مطلوب .

الجدول (1 - 5)

تقسيم خصائص المواد الهندسية

نوع الاختبارات	الخاصية	نوع الاختبارات	الخاصية
ميكانيكية	قياس مقاومة المادة لأحمال الضغط والشد والصدم.. الخ	فيزيائية	الكثافة ، المسامية الرطوبة ، الأبعاد ، الشكل التركيب الدقيق
كيميائية	تركيب الأكاسيد ، والمركبات الحمضية والقاعدية ، مقاومة المادة للصدمات وعوامل التعرية	حرارية	الحرارة النوعية ، التمدد بأنواعه : الطولي ، السطحي ، الحجمي التوصيل الحراري
كهربائية ومغناطيسية	التوصيل الكهربائي السماح المغناطيسي الخاصية الجلفانية	صوتية	نقل وانعكاس الصوت
فيزيوكيميائية	امتصاص أو طرد الماء ، تقلص أو انتفاخ المادة بالرطوبة	ضوئية	اللون ، الشفافية انعكاس الضوء

وعلى أية حال يجب عند اختيار المادة لعمل معين مراعاة الشروط العامة التالية :

- 1- مقاومة المادة للإجهادات والظروف المحيطة بها .
- 2- سهولة عملية تصنيع المادة ومدى تأثير عملية التصنيع تلك على خواصها .
- 3- رخص المادة وتوفرها .
- 4- المظهر الجيد وال جذاب للمادة .
- 5- أنواع المواد المتاحة .

وحتى يكون بالإمكان معرفة سلوك مادة ما بصورة تامة ، يجب إجراء الاختبارات المبينة في الجدول السابق عند ظروف مختلفة ، ومع ذلك فقد لا تحتاج المادة المطلوبة للاستخدام إلى جميع هذه الاختبارات حيث أن ذلك يتطلب مجهود كبير وقد تبدو العملية غير اقتصادية ويكفي قياس بعض الخواص التي توفر الأمان التام عند استعمال المادة .

وتعتبر الاختبارات الميكانيكية من أهم أنواع الاختبارات العملية الضرورية للمواد ، حيث أنها تقيس مدى تحمل المادة للقوى المعرضة لها وهو عامل مهم في عمر وأداء المنشآت المختلفة ولذلك سوف نولي الاختبارات الميكانيكية أهمية خاصة في الأبواب اللاحقة.

9.1 أسئلة وتمارين

س1- كيف يتم اختيار المادة الهندسية ، وإلى كم نوع تقسم المواد الهندسية . أشرح ذلك باختصار .

س2- ناقش طرق الحفاظ على المواد الهندسية ، والمشاكل التقنية والاجتماعية المتعلقة بتحقيق ذلك .

س3- ما هي المجموعات الثلاثة الرئيسية التي تصنف إليها المواد الهندسية ، أشرحها مع الرسم .

س4- تكلم باختصار عن أهم الخواص الميكانيكية للمواد الهندسية .

س5- أملأ الفراغات في الجمل التالية بالكلمات المناسبة لتكون العبارة صحيحة :

a- عند تعرض جسم----- إلى إجهاد ، فإنه لا يتشكل فقط في----- ذلك الإجهاد ولكنه يتشكل في اتجاه----- على ذلك الإجهاد .

b- ----- هي مقاومة جسم صلب بقدرته على مقاومة الأحمال .

c- النسبة بين الانفعال----- إلى الانفعال----- هي نسبة بوسن .

d- معامل المرونة هو ----- في الإجهاد مقسوما على ----- في الانفعال ووحداته هي ----- .

e- في الشبكة السداسية ذات الحشو المتقارب، تكون الذرة في----- من أركانها وذرة في----- وذرة أخرى في----- .

f- السبانك هي عبارة عن ----- معدنين أو ----- مثل سبيكة الحديد ---

س6- ضع علامة صح أو خطأ أمام كل من العبارات التالية مع تصحيح الخطأ :

- a- البلورة هي عبارة عن كمية من المادة ذراتها منتظمة التوزيع () .
- b- اللدونة هي قدرة المادة على التشكل بواسطة الطرق أو الدفنة () .
- c- إن معامل المرونة في الشد والضغط يعرف بمعامل الجساءة () .
- d- المواد المطيلة هي المواد التي تشكل لدن عند تعرضها للحمل () .
- e- لا يعتمد حجم حبيبات مادة معينة على معدل التبريد السريع () .

س7- ما هي الشروط التي يجب مراعاتها عند اختيار مادة هندسية لعمل معين عددها واذكرها باختصار .

س8- علق ثقل قدره 2Kg في نهاية سلك طوله 4m ، فاستطال بمقدار 0.24mm ، فإذا كان قطر السلك 2mm ، احسب الإجهاد والانفعال الناتج من قوة الشد وكذلك معامل يونج لمرونة هذا السلك .

س9- سلك من الصلب كثافته 7.8 g/cm^3 ، وكتلته 16 g وطوله 250cm علق فيه ثقل قدره 8Kg فاستطال السلك بمقدار 1.2mm . احسب معامل المرونة (معامل يونج) للسلك .