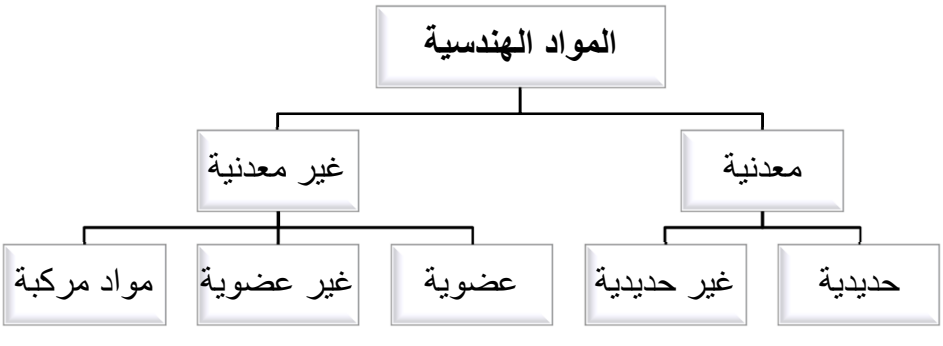
# المواد الهندسية
## Engineering Materials

1

## تصنيف المواد الهندسية



2

# أولاً: المواد المعدنية

3

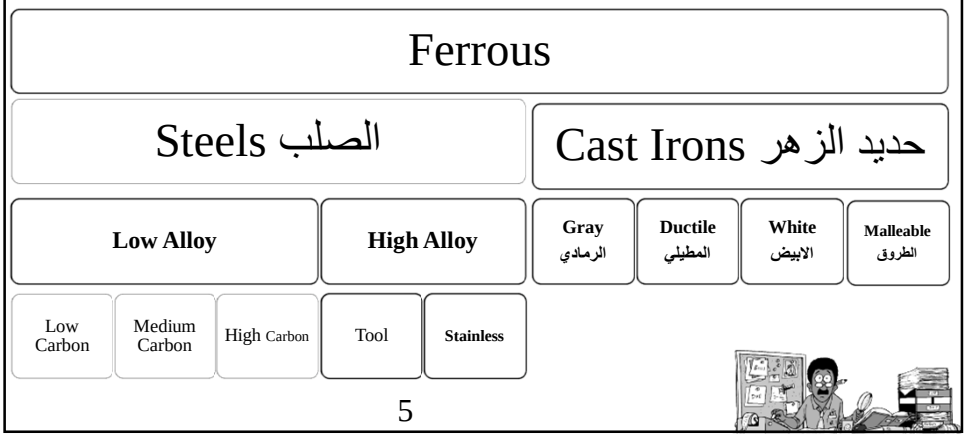
## أولاً: المواد المعدنية

- تتميز المواد المعدنية بالصلادة والمتانة ومقاومة الحرارة وبقابليتها للتشغيل والمعالجة ، إلا أن هذه الخصائص تختلف من معدن لآخر فتزداد في بعضها وتقل أحياناً في البعض الآخر. وقد تمكن العلماء من استخلاص أنواع عديدة من المعادن تستخدم في كافة المجالات الهندسية ، وتنقسم إلى:
  - **مواد أساسية:** مثل الحديد، الألومنيوم، النحاس، الماغنيسيوم، النيكل، الزنك، القصدير، الرصاص، التنجستن، التيتانيوم، الفضة، الزئبق.
  - **مواد خلائطية (عناصر السبك):** مثل الكروم، المنجنيز، الكوبلت، الكادميوم، الفاناديوم، المولبيديوم.
- وبشكلٍ عام يمكن تصنيف المواد المعدنية إلى **حديدية وغير حديدية**.

4

# I. المعادن الحديدية
# Ferrous Metals

يطلق اسم المعادن الحديدية على كافة المعادن التي يدخل الحديد في تكوينها ويمثل فيها نسبة عالية أكثر من غيره.






5

## a) الحديد الزهر Cast Iron

- إن الحديد الزهر الرمادي يعتبر معدنا مفيدا جدا ويحتوي على نسبة عالية من الكربون على هيئة جرافيت حر ويلقى أهمية كبيرة في الصناعة بسبب المزايا التالية:
  - ✓ معدن رخيص لأن إنتاجه قليل التكاليف.
  - ✓ تشغيله سهل بالوسائل المناسبة.
  - ✓ درجة انصهاره منخفضة نسبياً ~ 1200 C.
  - ✓ يتحمل الضغوط العالية إلا أن تحمله للشد قليل نسبياً
  - ✓ سيولته عالية عند انصهاره مما يجعله مفيدا في عمليات السباكة
  - ✓ يمكن معالجته حراريا.
  - ✓ ذاتي التزليق بسبب وجود الجرافيت الحر, لذا يستخدم في صنع المنزلقات (السكك) الخاصة بالآلات مثل المخرطة.
- تستعمل مسبوكات حديد الزهر الرمادي على نحو كبير وهذا يعزى إلى قدرة إنسيابه بسهولة في الممرات الضيقة في القوالب ذات الأشكال المعقدة.

6

- يعتبر الحديد الزهر الرمادي معدن صلد وهش (قصيف) وله مقاومة عالية للبلي وخاصةً عندما تتوفر ظروف تزليق جيدة.
- يحوي الحديد الزهر على نسبة (2-4%) كربون. يصب حديد الزهر المصهور فى قوالب لإنتاج مصبوبات تصنع منها أجزاء الآلات.
- من أهم عناصر السبك فى حديد الزهر:

✓ **الكربون:** إما على شكل جرافيت (شرائح أو كرات) أو يتفاعل مع الحديد مكونا السيمنتايت (كربيد الحديد).

✓ **السيليكون:** بنسبة (1 : 3%). يعمل كملين ويساعد على القابلية للتشغيل

✓ **المنجنيز:** بنسبة (0.5 : 1%) يساعد على تصليد الحديد الزهر

✓ **الكبريت:** بنسبة (أقل من 1%)، حيث إن وجوده له آثار ضارة جدا فى سبائك الحديد والكربون لانه يعطل تكون الجرافيت ويساعد على جعل المسبوك أبيض ضعيف الخواص الميكانيكية لذا يوصى بإضافة المنجنيز للزهر ليتحد مع الكبريت ويزيل آثاره

✓ **الفوسفور:** بنسبة (أقل من 1%) يساعد على زيادة السيولة

7

- تتوفر أنواع مختلفة من الحديد الزهر منها الحديد الزهر الرمادى ، والحديد الزهر الطروق ، والحديد الزهر الأبيض والحديد الزهر المطيلي.

| | **Malleable iron** (الزهر الطروق) | **White iron** (الزهر الأبيض) | **Ductile iron** (الزهر المطيل) | **Gray cast iron** (الزهر الرمادى) |
|---|---|---|---|---|
| **صورة الكربون** | كرات | يتحد الكربون الزائد مع الحديد في صورة Cementite | كرات | شرائح |
| **الصفات** | مثل الحديد المطاوع وهو اقوى من الحديد الزهر الرمادي | صلد وقصيف | يقاوم إجهاد الشد | ضعيف نسبيا فى الشد بسبب حدوث شروخ (cracks) بينما تكون مقاومته للضغط أكبر نسبيا. |
| **كيفية الحصول عليه** | بالتبريد البطيء (التلدين) للحديد الزهر الأبيض | بالتبريد السريع لمصهور الحديد الزهر | بإضافة قليل من الماغنسيوم إلى الحديد الرمادى المصهور قبل الصب فى القوالب. | ينتج بالتبريد البطيء للحديد الزهر حيث يتشكل الجرافيت ويعطي له لون داكناً. |

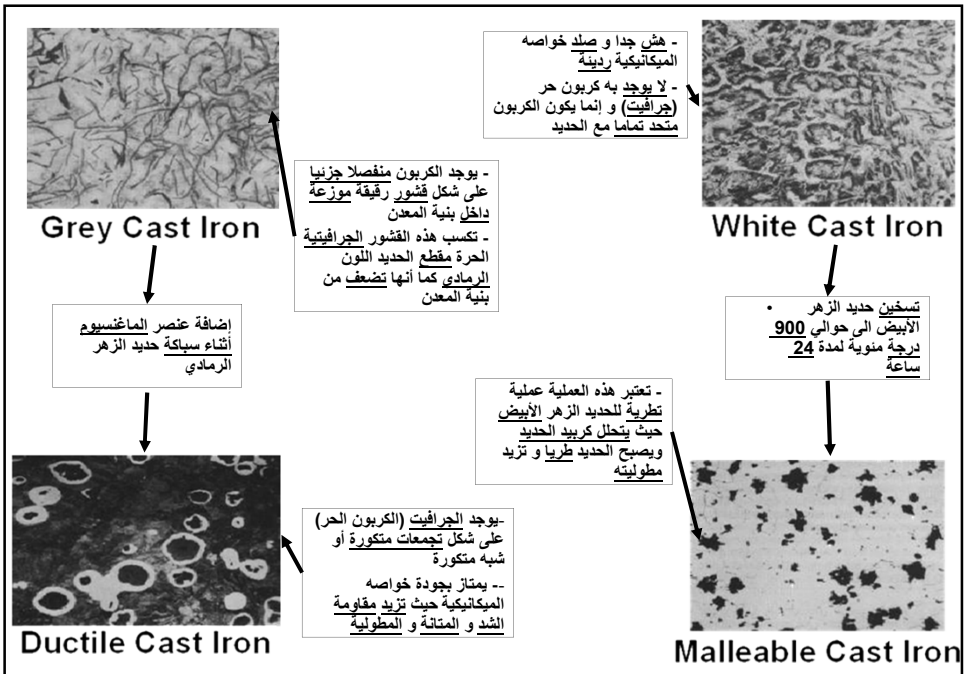
8

❖ للتغلب على بعض العيوب المكتسبة في الحديد الزهر العادي ولاكسابه بعض الخصائص المرغوب فيها مع الابقاء على مميزاته تم تطوير مجموعة من انواع الحديد الزهر السبائكي منها :

1- **الحديد الزهر الشوكي :** يحتوي في تركيبه على النيكل والمولبدنيوم ويستعمل في صناعة اعمدة مرافق محركات السيارات (Crank Shafts) .

2- **الحديد الزهر الكروانى :** باضافة عنصر سبك مثل الماغنيسيوم او السيريوم يتحول المحتوى الجرافيتي من الشكل القشري الى شكل كروي فترتفع مقاومة الشد لحديد الزهر ونحصل على معدن متين يمكن ثنيه وليه. (انظر شكل (4.3))

9




10

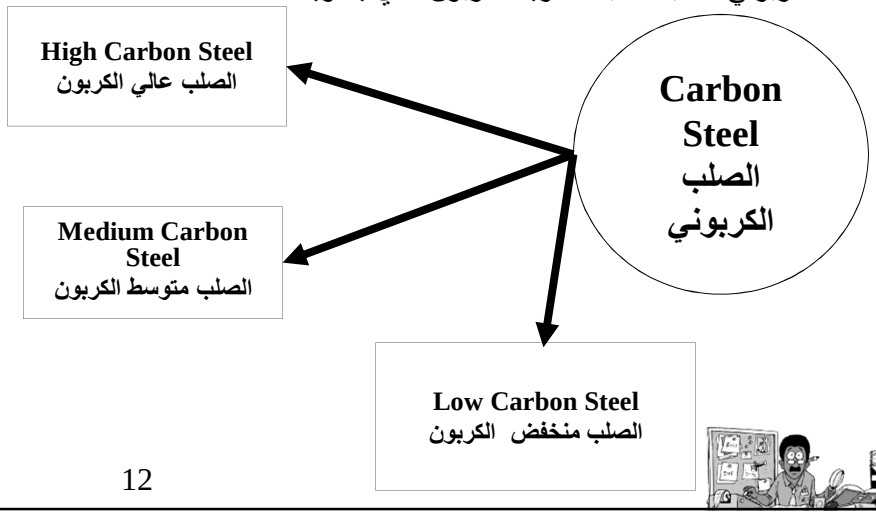
## b) الحديد المطاوع Wrought Iron

- الحديد المطاوع هو الحديد الذي نزع منه معظم ما يحويه من الكربون.
- متين ويمكن ثنيه بسهولة فيما لو كان بارداً أو ساخناً.
- يصدأ الحديد المطاوع ببطء شديد ويمكن لحامه بسهولة.
- غير مناسب للسباكة لعدم وجود عنصر الكربون فيه الذي يساعد على السيولة. حيث أن الحديد المطاوع لا يسيل بل يتشكل كالعجينة وهذا لا يساعد في عمليات السباكة.
- تصنع أعمال الحديد الزخرفية، ومواسير المداخن، وخطوط أنابيب النفط وغيرها من الحديد المطاوع.

11

## c) الصلب الكربونى Carbon Steel

- إذا كانت نسبة الكربون في سبيكة الصلب تصل إلى 1.5 % ولا تحتوى على غيره من عناصر السبك فهو صلب كربونى . يتم تصنيف الصلب الكربوني حسب النسبة المئوية للكربون الذي يحتويه.



12

| نوع الصلب | نسبة الكربون% | أمثلة على الاستخدام |
|---|---|---|
| **منخفض الكربون** | 0.1 - 0.15 | القضبان, الأسلاك, الصفائح الرفيعة, الأنابيب المسحوبة, |
| طري | 0.15 - 0.3 | صفائح الغلايات, أعمال الجسور, المقاطع الإنشائية, مشغولات الحدادة |
| **متوسط الكربون** | 0.3 - 0.5 | المحاور, مشغولات الحدادة, أدوات الزراعة,... |
| | 0.5 - 0.7 | النوابض, عجلات القطارات, قوالب الحدادة, المطارق و البراشيم,.... |
| | 0.7 - 0.9 | النوابض, قوالب الحدادة الصغيرة, الأزاميل, |
| **مرتفع الكربون** | 0.9 - 1.1 | قوالب الضغط, أدوات العمل على الخشب, سنابك,... |
| | 1.1 - 1.4 | الأمواس, المبارد, المثاقب, أدوات القياس, أدوات قطع المعادن,.... |

13

## d) **الصلب السبائكى** Alloy Steel

عندما تضاف عناصر أخرى إلى سبيكة الصلب بقصد تحسين خصائصه يسمى المعدن الناتج بالصلب السبائكي, وهذه أهم عناصر السبك وأثرها في سبيكة الصلب:

| **Alloying Elements**<br>**عناصر السبك** | **Effect of Alloying Elements**<br>**تأثير عناصر السبك على خصائص الصلب** |
|---|---|
| **الكربون** | **- يزيد الكربون صلادة الحديد.**<br>**- تتأثر خواص السبيكة بنسبة الكربون الحر(جرافيت) إلى نسبة الكربون المتحد (كربيد الحديد).** |
| **النيكل** | **- يزيد من متانته ومقاومتة للصدمات ولا يصدأ بسهولة.**<br>**- يصنع منه صفائح التدريع أو الحماية.** |

14

| Alloying Elements<br>أهم عناصر التسابك | Effect of Alloying Elements<br>تأثير أهم عناصر التسابك المكونة للمواد الحديدية |
|---|---|
| **التنجستن** | o **يعمل على جعل الصلب ذاتي التصليد (أضافته للصلب يعمل على تكوين جسيمات صلده قاسية تقاوم الحك فيزيد من مقدرة الصلب على القطع).**<br>o **لا تحتاج الأدوات المصنوعة من صلب التنجستن إلى معالجة حرارية بقصد التصليد وهي مقاومة للحرارة. يستعمل لصنع ادوات القطع.** |
| **الفانديوم** | o **يجعل الصلب ذا تركيب حبيبي دقيق (يكون فى الصلب كربيدات تقاوم الإحتكاك والحك ويزيد قابليته للتقسية ) فيزيد من متانته بشكل كبير.**<br>o **يستعمل الفانديوم عندما يتطلب الأمر معدناً متيناً وقوياً ولكن في نفس الوقت ليس قصيفاً.** |
| **المولبدنيوم** | o **يعمل على جعل الصلب متيناً في درجات الحرارة العالية.** |
| **المنجنيز** | o **يساعد اتحاد الكربون بالحديد الى زيادة كربيد الحديد في سبائك الحديد الأمر الذي يؤدي إلى زيادة صلادتها**<br>o **يتحد مع الكبريت و بذلك يزيل آثاره السيئة**<br>o **يخفض درجة انصهار سبائك الحديد** |
| **الكروم** | o **يزيد مقاومة التآكل الميكانيكي و يقاوم الصدأ**<br>o **يساعد على اتحاد الكربون بالحديد و يعوق تكون الجرافيت** |

15

## e) صلب العدة Tool Steel

- يحتوي صلب العدة بطبيعته إما على نسبة عالية من الكربون أو على محتوى سبائكي عالٍ، أو على كليهما.
- هذا النوع من الصلب متين وتصنع منه أدوات القطع والتشكيل وأدوات المخارط والثقب.

## f) صلب السرعات العالية High Speed Steel

- هو عبارة عن سبيكة صلب ذاتية التصليد يمكنها مقاومة الحرارة دون أن تلين.
- هذه الخصائص تجعل السبيكة مثالية في صنع أدوات القطع التي يمكنها التغلغل في المادة في سرعات أعلى من تلك التي تعمل بها الأدوات المصنوعة من الصلب الكربوني.

16

## g) الصلب الذي لا يصدأ Stainless Steel

يحتوى على نسبة كروم أكثر من 10% تُزيد من مقاومته للصدأ و التآكل وكذلك الحرارة و يوجد منه عدة أنواع , منها:

| | Austenitic | Ferritic | Martensitic |
|---|---|---|---|
| عناصر التسابك | كروم + نيكل (+ منجنيز) | من 17 إلى 25% كروم | كروم لا يزيد عن 15% |
| الصفات | (هذه المجموعة غير مغناطيسية) مقاوم للتآكل و درجات الحرارة المنخفضة | (مقاوم للتآكل) كما تتوافر فيه خاصية المغناطيسية | هذه المجموعة مغناطيسية |
| الإستخدامات | صناعة المسامير و المواسير واسطوانات الضغط. | تستخدم في صناعة خزانات المواد الكيميائية والغذائية وفي صناعة أجزاء الآلات الزراعية | صناعة التربينات البخارية وبعض العدد. |



# II. مواد معدنية غير حديدية
# Non-Ferrous Metallic Materials

- المعادن اللاحديدية هي المعادن التي لا تحتوي على الحديد في تركيبها الأساسي.
- تستخدم المعادن غير الحديدية وسبائكها في كثير من الأغراض الصناعية وفي صنع المنتجات الهندسية المختلفة حيث يتم تصنيعها بالتشغيل أو التشكيل بالأساليب التكنولوجية.
- تشمل المعادن غير الحديدية مجموعة كبيرة منها على سبيل المثال لا الحصر النحاس وسبائكه - الألومنيوم وسبائكه - الماغنسيوم وسبائكه.

## a) الألومنيوم و سبائكه Aluminum and its Alloys

يتميز الألومنيوم و سبائكه بالخصائص التالية:

1) خفة وزن الألومنيوم حيث تصل كثافته إلى ثلث كثافة سبائك الحديد.
2) جيد التوصيل للحرارة والكهرباء.
3) مقاومته للتآكل عالية وذلك لتولد طبقة رقيقة أكسيدية تحميه من المؤثرات الخارجية.
4) درجة انصهاره منخفضة حيث تصل إلى حوالي 660 درجة مئوية

**يجب الرجوع إلى الكتاب المنهجي للاطلاع على تفاصيل أكثر لخصائص واستخدامات المعادن الحديدية والغير حديدية**

19

**سبائك الألومنيوم:**

| نوع السبيكة | الخصائص | الإستعمال |
|---|---|---|
| سبيكة الألمونيوم السيلكوني Aluminum Silicon Alloy | • تحتوي على السيلكون بنسبة عالية وهو ما يكسبها صلادة، مناعة ضد التآكل، يجعلها سهلة السبك في القوالب الرملية. | تستخدم في صنع أجزاء المحركات وفي سباكة علب تروس السرعات. |
| سبيكة الديورالومين Duralumin | • تحتوي على (3.5 – 4.5% نحاس أحمر) + (0.4 – 0.7% منجنيز) + (0.4 – 0.7% ماغنيسيوم).<br>• تمتاز بمتانتها و صلابتها وبخاصية التصلد بالتعمير Age Hardening.<br>• لحماية السبيكة من التآكل يتم عمل تكسية لها باستخدام طبقة رقيقة من الألمونيوم النقي . | تستخدم في المطروقات والتشغيل بالختم وفي صناعة الأنابيب والبراشيم |

20

## b) النحاس و سبائكه Cooper & its alloys

للنحاس (أو النحاس الأحمر) خواص فيزيائية و تشغيلية ممتازة تجعله فى مقدمة المواد الهندسية المستخدمة في عمليات التصنيع و الأغراض الصناعية و ذلك للأسباب التالية:

1) ممتاز التوصيل للحرارة و الكهرباء.
2) لدين ومطيل جداً حيث يمكن درفلته إلى رقائق أو سحبه إلى أسلاك رقيقة.
3) مقاوم للتآكل والتأكسد.
4) قابلية كبيرة للتلاحم.

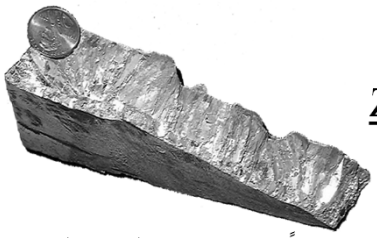
- عندما يتعرض النحاس إلى الهواء الجوي لفترات طويلة يظهر عليه لون أخضر يسمى الباتينا Patina وهو غشاء أكسيدي ملون يغطي سطح المعدن ويمكن إزالته بالصقل.

## سبائك النحاس:

| نوع السبيكة | الخصائص | الإستعمال |
|---|---|---|
| **سبيكة النحاس الأصفر Brass** | • تتكون هذه السبيكة من النحاس الأحمر والزنك (90% Cooper + 10% Zinc).<br>• كلما زادت نسبة الزنك حتى 36% تحسنت مقاومة الشد والضغط كما تزداد الصلادة.<br>• تستخدم بكثرة في العمليات الصناعية التي تشكل على البارد والساخن فى حالة إحتوائها على أكثر من 40% زنك.<br>• سبائك النحاس الأصفر التي تحتوي على أكثر من 40% زنك يتم إنتاجها عن طريق السباكة. | صناعة الأثاث، أعمال الديكور، صناعة مقابض الأبواب، الأسلاك الكهربائية، والبراغي، وفي صناعى بعض الحلي.<br>سبائك النحاس التي تحتوي على أكثر من 40% زنك تستخدم في صناعة أنابيب المكثفات والمبادلات الحرارية والمسامير اللولبية وأجزاء الألات والنوابض وغيرها. |

| نوع السبيكة | الخصائص | الإستعمال |
|---|---|---|
| **سبيكة البرونز Bronze** | تتكون هذه السبيكة من النحاس الأحمر والقصدير (بنسبة لا تزيد عن 20%) .<br>كما تضاف إليه معادن أخرى لتكوين سبائك البرونز مثل:<br>✓ البرونز الفوسفوري يحتوي على 0.1% فوسفور.<br>✓ البرونز النيكلي يحتوي على 2.5% نيكل.<br>✓ البرونز الألمونيومي يحتوي على 12% ألمونيوم.<br>✓ يمكن إنتاج البرونز أيضاً بخلط مساحيق النحاس والقصدير ومعالجته بتقنية ميتالورجيا المساحيق Powder Metallurgy (تشكيل الأدوات المعدنية من مسحوق المعادن بالضغط والحرارة). | كراسي المحاور Bearings والتروس والوصلات المعرضة لقوى الضغط العالية. |

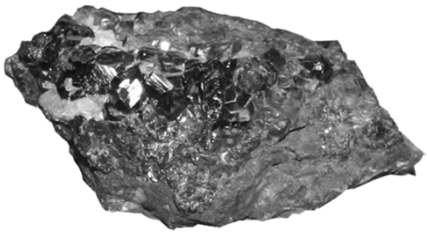
23



## c) الزنك Zinc

- الزنك معدن رخيص نسبياً ويتمتع بمقاومة ومتانة متوسطة.
- درجة إنصهاه منخفضة (380ºم)، لذلك فهو قابل للسباكة بدرجة ممتازة.
- الزنك معدن قابل للطرق وله خاصية المطيلية عند التسخين.
- تتمتع سبائك الزنك بمقاومة أنواع عديدة من الصدأ.
- يستخدم الزنك في تغليف ألواح الصلب ولإنتاج الحديد المجلفن.

24



## d) القصدير Tin

- القصدير معدن طري ذو لون فضي لمّـاع
- يمكن درفلته لعمل رقائق من القصدير وله خاصية المطيلية وينصهر عند درجة حرارة 232 مْ.
- يستخدم في كساء ألواح الصلب الرقيقة وفي قصدرة أسلاك النحاس.
- يستعمل كذلك في طلاء السطوح الداخلية للعلب الحافظة للمواد الغذائية وغيرها لمقاومته الشديدة للصدأ ولكونه غير سام.

25

## e) الرصاص Lead

- يعتبر الرصاص من أثقل المعادن المتداولة، إذ تبلغ كثافته النسبية 11.3 إذا ما قورنت مع كثافة الحديد 7.9.
- لونه رمادي مزرق، وله بريق معدني داكن. شديد الرخاوة لدرجة يمكن قطعه بالسكين. ويتصف باللدونة وقابليته للطرق والكبس والدرفلة.
- درجة إنصهاره 330ºم
- يستخدم في صناعة ألواح المراكم للبطاريات وفي تغليف الكوابل وكذلك في مخمدات الصوت.
- وتدخل سبائك القصدير والرصاص في صناعة مواد كراسي التحميل وأسلاك اللحام.

26

## f) الماغنيسيوم Magnesium

- الماغنيسيوم هو أخف المعادن الإنشائية الهندسية، ثقله النوعي $1.74MN/m^3$ مقارنة بالألومنيوم 2.7 والحديد 7.9.
- للماغنيسيوم معدل عالٍ للمقاومة مقارنة بوزنه $380\ N/mm^2$.
- له قابلية للتشكيل والتشغيل.
- مقاومته تقل بإرتفاع درجة الحرارة فوق 100ºم، لذلك لا يمكن إستعماله في ظروف حرارية عالية.
- لإكسابه مقاومة عالية يسبك الماغنيسيوم مع الألومنيوم والزنك والمنجنيز والزركنيوم إما بشكل فردي مع إحدى هذه العناصر أو بتركيبات مختلفة.
- يستخدم الماغنيسيوم في صناعة بعض دواليب السيارات أو حيثما يتطلب خفة الوزن كدرجة أولى والمقاومة كدرجة ثانية.

27

# III.معادن العصر
## Today Metals

| المعدن | خصائصه |
|---|---|
| **التيتانيوم Titanium** | o **معدن خفيف نسبياً وقوي له مقاومة شد 415 MPa ويمكن زيادتها بالسبك والمعالجة الحرارية**<br>o **يتميز التيتانيوم بمقاومته للصدأ والقدرة على الإحتفاظ بمقاومته للشد حتى عند درجات الحرارة العالية (480 س).**<br>o **عند تشغيله تتخذ إجراءات خاصة (انظر الكتاب المنهجي).**<br>o **يغلب إستخدامه في مجالات الفضاء، ولكن سبائك التيتانيوم تستخدم أيضاً في معدات المعاجة الكيميائية والكهروكيميائية والأدوات البحرية. وفي صناعة أذرع التوصيل للمحركات.** |
| **البريليوم Beryllium** | o **للبريليوم نسبة وزن إلى المقاومة شبيهة بتلك التي للصلب العالي الصلابة أو التيتانيوم ولكنه أخف بنسبة 33% من الألومنيوم.**<br>o **مقاومته منخفضة للصدم علاوة على إرتفاع تكلفته.**<br>o **نحاس البريليوم هو سبيكة نحاس لها مقاومة عالية للصدأ، ولهذا تصنع منه الرفاصات.**<br>o **يستخدم البريليوم للأغراض النووية وفي تصنيع هياكل المركبات الفضائية.** |

28

## IV.معادن درجات الحرارة العالية
## High Temperature Metals

| المعدن | خصائصه |
|---|---|
| **الكولومبيوم Columbium** | o يستخدم في الصناعات الفضائية بسبب إرتفاع درجة إنصهاره التي تبلغ 2400ºم، وأيضاً بسبب محافظته على المقاومة حتى درجة حرارة تصل إلى 1800ºم.<br>o الكولومبيوم مقاوم لضرر الإشعاع مما يجعله مناسبا في أعمال المفاعلات النووية.<br>o يمكن تصنيع الكولومبيوم بمعظم الطرق التقليدية، ويتم تشغيله بأدوات صلب السرعات العالية ولكن يجب غمر الشغلة على طول الوقت في سائل تبريد مناسب. |
| **التنجستن Tungsten** | o ينصهر في درجات حرارة عالية جداً أكثر من أي معدن أخر إذ تصل لـ 3400ºم.<br>o لا يقاوم التأكسد في درجات الحرارة العالية ويجب حمايته بغلاف مناسب.<br>o بسبب درجة إنصهاره العالية يستخدم في صناعة أقطاب شمعات إشعال المحركات وفي مستلزمات اللحام.<br>o بسبب مقاومته العالية للإحتكاك ولحث الشرر الكهربي فهو مثالي لصنع نقاط الفصل Breaker point.<br>o يدخل في تركيب كربيد التنجستن الذي يتمتع بصلادة عالية، ويدخل في صناعة أدوات القطع وقوالب التشكيل.<br>o نظراً لإرتفاع درجة إنصهاره، يتم إنتاجه بطريقة ميتالورجيا المساحيق. |

29

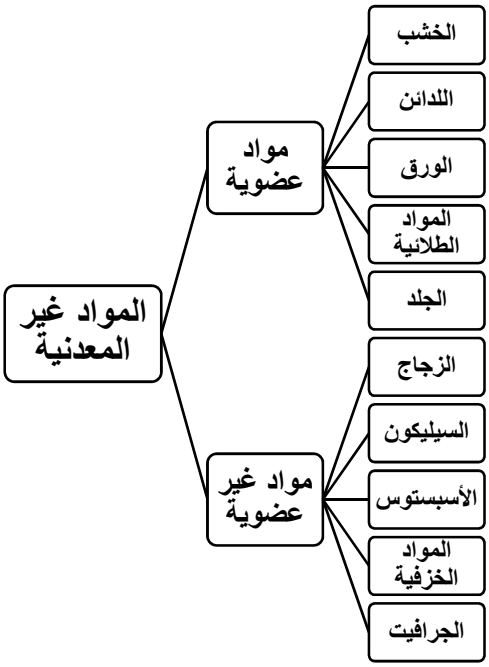
## V. المعادن النـــادرة

| المعدن | خصائصه |
|---|---|
| **اليورانيوم** | o يستخدم كوقود ذري، وهو عنصر مشع يمكن تشغيله بسهولة. |
| **الثوريوم** | o عنصر مشع له نفس خواص التشغيل المماثلة لخواص اليورانيوم. |
| **الفاناديوم** | o لهذا المعدن أهمية نووية.<br>o أكسيده سام.<br>o يمكن قطعه عند سرعات منخفضة بواسطة عدد القطع المصنوعة للسرعات العالية. |

30

# ثانياً: المواد غير المعدنية

31




32

## a) اللدائن Plastics

- اللدائن مواد من أصل عضوي وتتحول هذه المواد عند تسخينها إلى الحالة اللدنة وتتخذ عند الضغط عليها الأشكال المطلوبة.
- أهم خواصها:

| | |
|---|---|
| **الوزن الخفيف** | o **الثقل النوعي يتراوح ما بين 1.1 إلى 1.6.** |
| **مقاومة الصدأ** | o **تصمد معظمها في الأوساط القابلة للصدأ، وبعضها مقاوم للصدأ الحامضي.** |
| **المقاومة الكهربائية** | o **تستعمل كعازل للكهرباء.** |
| **الموصلية الحرارية المنخفضة** | o **تستعمل كعازل للحرارة.** |
| **قابلية التشكيل** | o **عمليات التشكيل تحتاج لدرجات حرارة منخفضة.** |
| **الإنهاء السطحي** | o **لا تلزم عمليات تلميع السطح بعد التشكيل.** |
| **التكلفة المنخفضة** | o **تشمل المادة الخام وتكاليف التصنيع.** |

33

## b) المطاطيات Elastomers

- المطاطيات هي نوع خاص من أنواع البوليمرات التي تظهر قدر كبير من التشكل المرن عند تعرضها لقوة ما.
- يمكن للكثير منها أن تتمدد إلى أطوال تزيد عن طولها الأصلي بمرات عديدة، وعند إزالة القوة تعود المادة إلى شكلها الأصلي.
- توجد أنواع عديدة من المطاطيات منها:
  - **المطاط الطبيعي Rubber:** من مميزاته المرونة، والعزل الجيد للكهرباء، وإنخفاض معامل الإحتكاك الداخلي، ومقاومته لمعظم الأحماض غير العضوية والأملاح والقلويات. ولكن مقاومته ضعيفة للمنتجات البترولية، ويفقد مقاومته عند إرتفاع درجات الحرارة، فلا ينصح بإستعماله عند درجات حرارة تزيد عن 80°م. ويهلك بسرعة عند تعرضه لأشعة الشمس.
  - **المطاط الصناعي Artificial Elastomers**: أستحدث المطاط الصناعي للتغلب على بعض عيوب المطاط الطبيعي وكذلك لتوفيره عندما يتعذر وجوده، وللتعويض عن إرتفاع ثمن المطاط الطبيعي. فمثلاً يمكن للمطاط السيلكوني أن يعمل في درجات حرارة تصل إلى 230°م، وبعضها لها كذلك مقاومة عالية للأحماض ولعوامل الطقس القاسية.

34

## c) المواد السيراميكية Ceramics

- المواد السيراميكية عالية الصلادة وقصيفة، ولها درجات إنصهار عالية، رديئة التوصيل للكهرباء والحرارة، ومعامل تمددها منخفض.
- تستعمل على نطاق واسع في الصناعات الكهربائية وذلك بسبب مقاومتها العالية للكهرباء.
- بسبب مقاومتها لدرجات الحرارة العالية تستخدم كمواد مقاومة للصهر وفي تغليف الأماكن الحرارية كالأفران.
- بسبب مقاومتها للبلي تستعمل في صنع أدوات القطع.
- الزجاج هو أيضاً من ضمن الماد السيراميكية الذي يستعمل في النوافذ والمصابيح وشاشات التلفزيون وغيرها الكثير.

35

## d) المواد المركبة Composite Materials

- المواد المركبة هي مواد صلبة متغايرة (غير متجانسة) تحتوي في تركيبها على مادتين أو أكثر مرتبطة مع بعضها ميكانيكياً أو ميتالورجياً، وتحتفظ كل مادة من هذه المواد على ذاتها وخواصها في المادة المركبة.
- يمكن أن تكون المواد المكونة للمادة المركبة مواد عضوية أو معادن أو مواد سيراميكية.
- تمتلك المواد المركبة خصائص مثل الجسائة Stiffness، المقاومة، الوزن، الأداء الحركي العالي، مقاومة الصدأ، الصلادة، أو الموصلية، التي لا يمكن الحصول عليها من العنصر الفردي المكون لهذه المادة. هذه الخواص تعتمد على:

1) خواص العنصر الفردي المكون.
2) نسبة العناصر في المادة المركبة.
3) حجم وشكل وتوزيع المكونات
4) درجة ومقدار الربط بين المكونات.

36

- يمكن تصنيف أنواع المواد المركبة بعدة طرق، أحد هذه الطرق ترتكز على الشكل الهندسي وتتكون من ثلاث مجموعات مميزة:
  1) المواد المركبة الرقائقية أو الطبقية.
  2) المواد المركبة الدقائقية (المكونة من دقائق أو جسيمات).
  3) المواد المركبة المقواة بالألياف.

37