الوحدة التاسعة

تكنولوجيا المواد

عند اختيار المادة اللازمة لصناعة منتج معين فإن أول سؤال يتبادر إلى ذهنك هو :

ما المواد التى تناسب هذا المنتج ؟ مثلاً فإن المادة ذات درجة الانصهار المنخفضة لا تصلح لصناعة أوانى الطهى ، كذلك فإن المواد التى تمتص الماء لا تصلح لصناعة الأحذية العازلة .

وهكذا فإنه من الضرورى اختيار المواد ذات الخواص الملائمة ، فمثلاً فى حالة أوانى الطهى فإنه ينبغى أن يتحمل درجات الحرارة العالية ، وفى حالة الأحذية العازلة لابد أن تتصف بذلك علاوة على المرونة ومقاومتها للحرارة أيضاً .

من ناحية أخرى فإن الخواص الجمالية مطلوبة أيضاً وهى تشمل الملمس واللون والنسيج والنمط وغيرها ، كذلك فن طريقة الإنشاء أو التصنيع هى عامل أساسى آخر عند اختيار المواد ، فبعضها لا يمكن تشغيله إلا بطريقة محدودة بينما الأخرى أكثر تنوعاً . يضاف عامل آخر يعتمد على الآلات المتاحة ، وطرق التشغيل لا تتأثر بالمواد فقط ولكن بجودة المنتج ونوع السوق والعمر الافتراضى بالإضافة إلى تكلفة التصنيع لأن المواد تفرض العمليات المناسبة لها وكل هذه العوامل تؤثر فى النهاية فى الربحية .

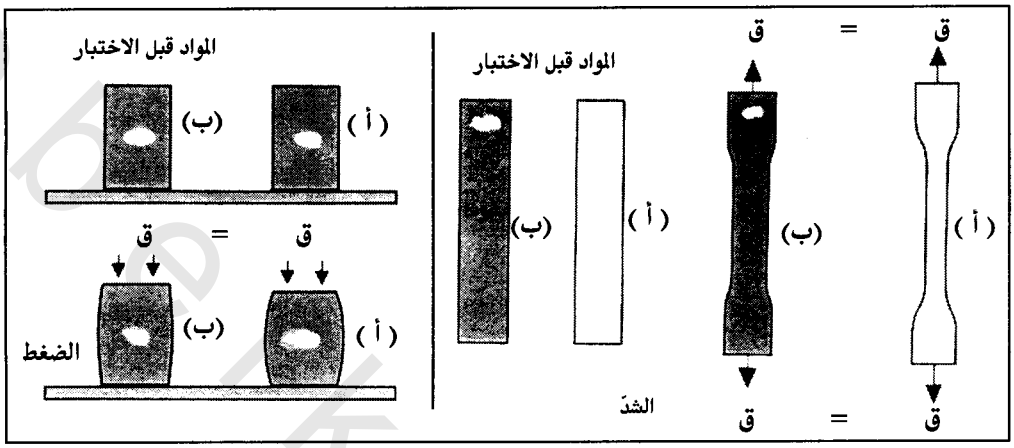
وباختصار فإن هناك أربعة عوامل رئيسية تؤثر فى اختيار المواد وهى الخواص المطلوبة وعمليات التشغيل وتكلفة المواد ومدى توفر المواد الطبيعية المطلوبة فى الأسواق .

obeikandl.com

• خواص المواد :

• الصلابة strength :

وهى مقياس لمقاومة أى مادة للتشكيل إذا تأثرت بقوة ما :



• قوة الشد Tensile strength :

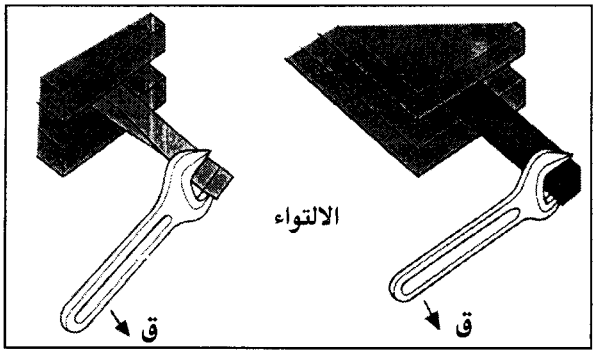
هى مدى احتمال المادة لقوى الشد والمادة التى تتشكل بسهولة تتميز بمقاومة ضعيفة للشدّ والعكس صحيح كما هو مبين بالشكل السابق . أى المواد المبينة تتميز بمقاومة صغيرة للشد ؟

• قوة الضغط compression strength :

هى مدى احتمال أى مادة للعصر أو الانضغاط كما يبين الشكل الأيسر بأعلى

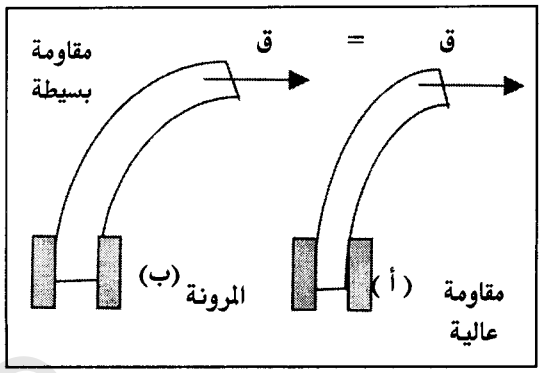
• قوة الالتواء Torsion :

وهى مدى تحمل المادة للالتواء كما هو مبين بالشكل .



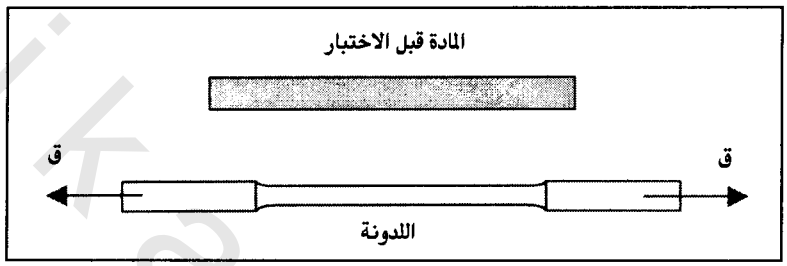
• **المرونة stiffness :**

هى مقاومة المادة للانحناء .



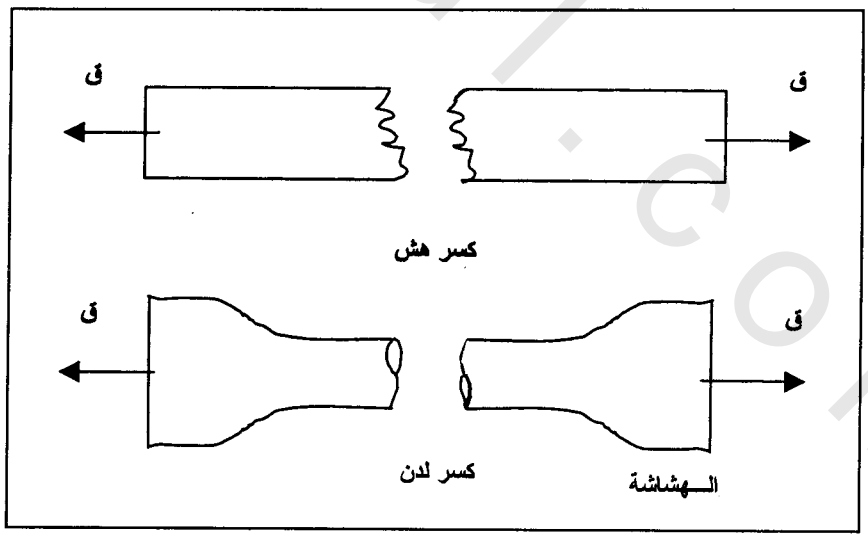
• **اللدونة Ductility :**

هى قابلية المادة للاستطالة أو المطّ .



• **الـهشاشة Brittleness :**

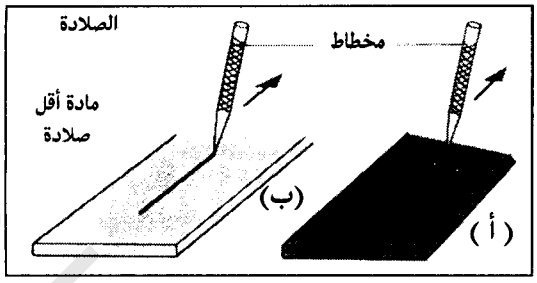
وهى خاصية للمادة التي تنكسر دون أى استطالة . جدير بالذكر أن المادة التى تتميز بلدونة تستطيل قليلاً قبل الكسر .



obeikandl.com

• **الصلادة Hardness :**

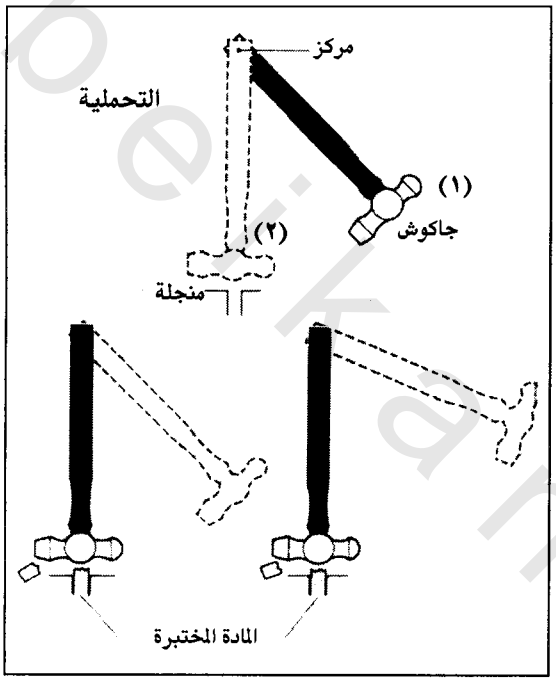
هى مقاومة المواد للخدش أو العضّ .



• **التحملية Toughness :**

هى كمية الطاقة اللازمة لكسر مادة ويتم اختبار ذلك باستخدام مطرقة عيارية تهوى من ارتفاع يتغير طبقاً للمادة من الوضع (١) إلى الوضع (٢) فتنكسر المادة .

بالإضافة إلى الخواص السابقة التى ذكرناها فإن هناك خواص أخرى مثل توصيل الكهرباء أو الحرارة والمغنطيسية والكثافة وغيرها .



• **المعادن :**

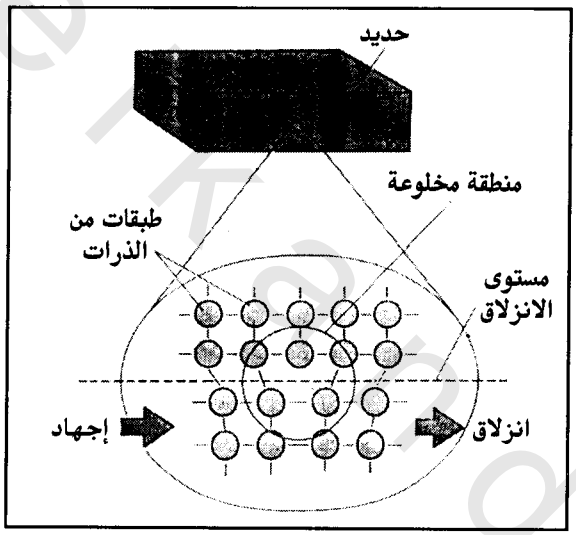
عندما تكونت الأرض فإن الكتلة المنصهرة كانت تحتوى على معادن كثيرة مختلفة وهى ما نستخلصه اليوم ونستخدمه بكميات كبيرة . ومعظم هذه المعادن اختلط بالصخور فى حالة الانصهار لتكوين ما يسمى بالخامات المعدنية وأشهر هذه الخامات هو البوكسيت الذى يستخرج منه الألمونيوم وخام الحديد الذى يستخرج منه الحديد . وهناك أكثر من سبعين معدنًا مختلفًا نستخدمه من بينها النحاس والرصاص اللذان يستخدمان فى الحالة النقية لهما للاستفادة من خواصهما الطبيعية . لكننا غالباً ما نخلط عدة معادن

obeikandl.com

مع بعضها أو مع بعض المواد الأخرى لتكوين السبائك ، ومن خلال السبائك نستطيع تغيير بعض الخواص لتناسب ظروف ومتطلبات محدودة . وبصفة عامة يمكن تقسيم المعادن إلى مجموعتين رئيسيتين : حديدية ferrous وتحتوى على عنصر الحديد وغير حديدية non - ferrous وهى التى لا تحتوى على عنصر الحديد .

• المعادن الحديدية :

* الحديد



إن الحديد النقى لا يستخدم بكثرة كمادة هندسية نظرًا لأنه لينّ جداً ولدونته عالية ، ويمكن وتحوله من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة فإن معظم ذراته تترسب داخل المعدن على هيئة طبقات منتظمة إلا أن بعضها لا يترتب مع الباقى وبهذا توجد نقاط ضعيفة تسمى مناطق مخلوعة من مكانها dislocations . وحينما تتعرض قطعة من الحديد لإجهاد فإن بعض هذه الطبقات تنزلق فوق بعضها ويبدأ المعدن فى التشكل وهذا يفسر لدونة الحديد .

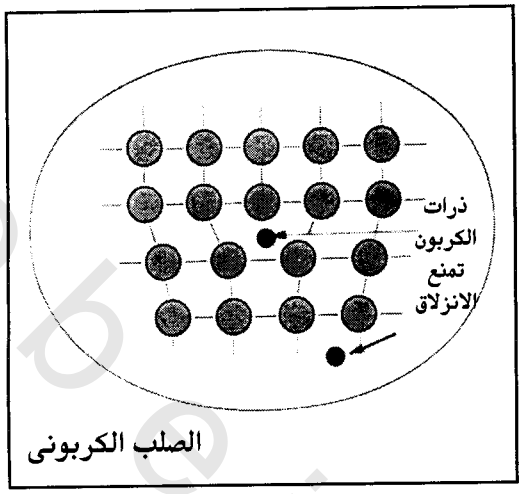
وعند إضافة الكربون إلى الحديد فإننا نستطيع أن ننتج مدى كبير من السبائك تختلف فى خواصها . وهذه السبائك نسميها الصلب الكربونى .

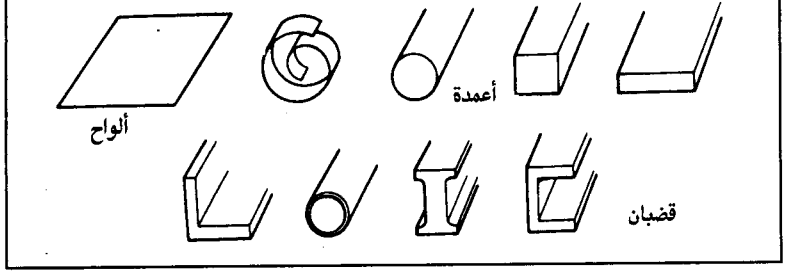
* الصلب الكربونى

• الصلب المعتدل mild steel

هو نوع من الصلب تتراوح نسبة الكربون فيه بين ٠,١ و ٠,٣ ٪ وعند إضافة الكربون إلى الحديد فى فرن الصهر فإن ذرة الكربون تدخل المادة وتغير من

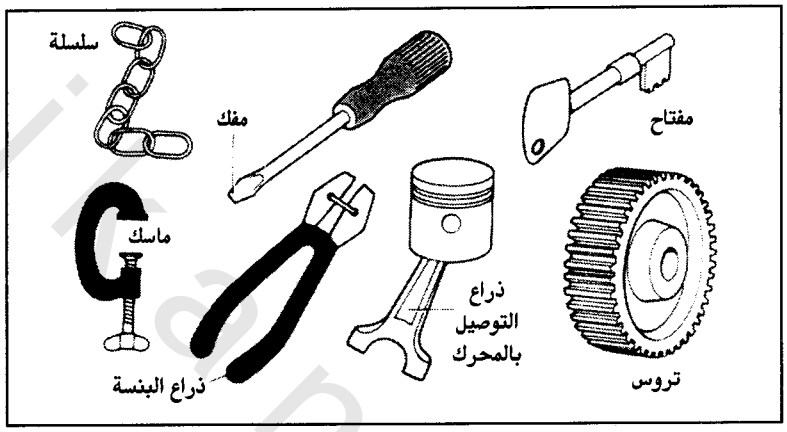
تركيبها وخواصها والصلب الناتج هو أقل مرونة ولدونة لأن الكربون يقلل من انزلاق الطبقات فوق بعضها ، كذلك فهذا أكثر صلابة وتحملية من الحديد ويتميز بقوة شدّ عالية . وتبلغ كثافة هذا الصلب ٧,٦ جم / سم^{٣} درجة انصهاره ١٦٠٠° م وهو يتآكل بالصدأ ويمكن مغنطته ولونه رمادى . ويمكن إنتاج الصلب المعتدل على أشكال عدة يمكن قطعه وخراطته ولحامه بسهولة ومن ناحية أخرى فإن لدونته وقوة شده تساعد أيضاً على كبسه على البارد فى أشكال معقدة إلا أن كثرة الكبس والانحناء يغير من التركيب الداخلى للصلب فتجعله أكثر قوة وصلابة وهذا ما يسمى صلابة التشغيل work hardening . وفى بعض العمليات الصناعية فإن هذا الأثر يكون مطلوباً وهو يعطى صلباً أكثر قوة ولكنه أكثر هشاشة فى نفس الوقت ، أما إذا لم يكن ذلك مطلوباً فإنه بالإمكان إعادته لحالته الأصلية بعملية التليين annealing وذلك بتسخين المعدن إلى درجة الاحمرار وتركه يبرد ببطء وأمثلة استخدام هذا الحديد هى قضبان السكك الحديدية والأسياخ وألواح الهياكل .





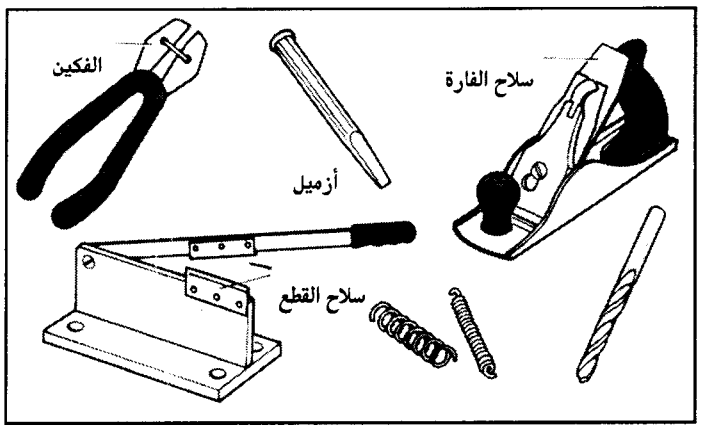
• **الصلب متوسط الكربون Medium carbon steel**

وهذا يحتوى على نسبة من ٠,٣ إلى ٠,٧ ٪ كربون وبالتالى فهذا أكثر صلابة وهشاشة كذلك فهو أقل لدونة من الصلب المعتدل ويتميز بقوة شدّ عالية . وهذا النوع يمكن معاملته حرارياً لجعله أكثر صلابة ومقاومة للتآكل ويستخدم الصلب المتوسط فى صناعة المفاتيح والسلاسل والمفكات والتروس وأذرع التوصيل بالمحركات .



• **الصلب عالى الكربون High carbon steel**

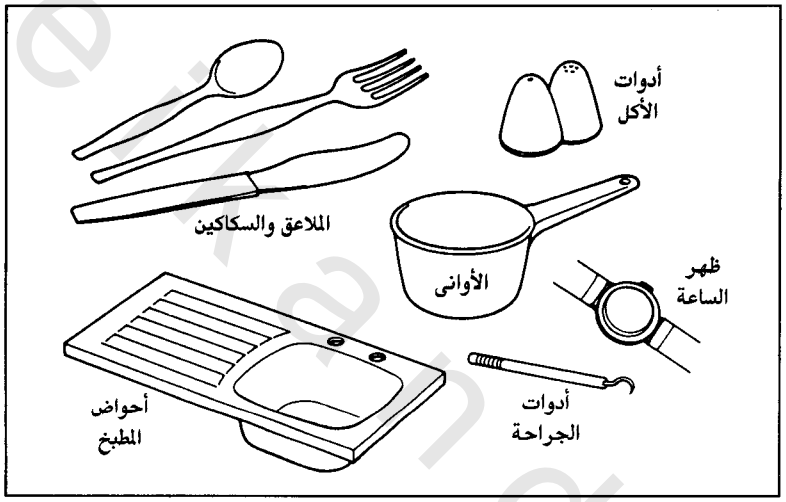
ويحتوى على نسبة كربون من ٠,٧ إلى ١,٣ ٪ ويتميز بصلابة عالية جداً ولكنه هش جدًا فى نفس الوقت وأقصى صلابة يمكن الوصول إليها بالمعاملة الحرارية هى للحديد ذى ٠,٧ ٪ كربون .



ويستخدم الحديد عالى الكربون فى صناعة الأسلحة الحادة وأدوات القطع والمنتجات ذات المقاومة العالية للتآكل .

• **الصلب غير القابل للصدأ Stainless steel**

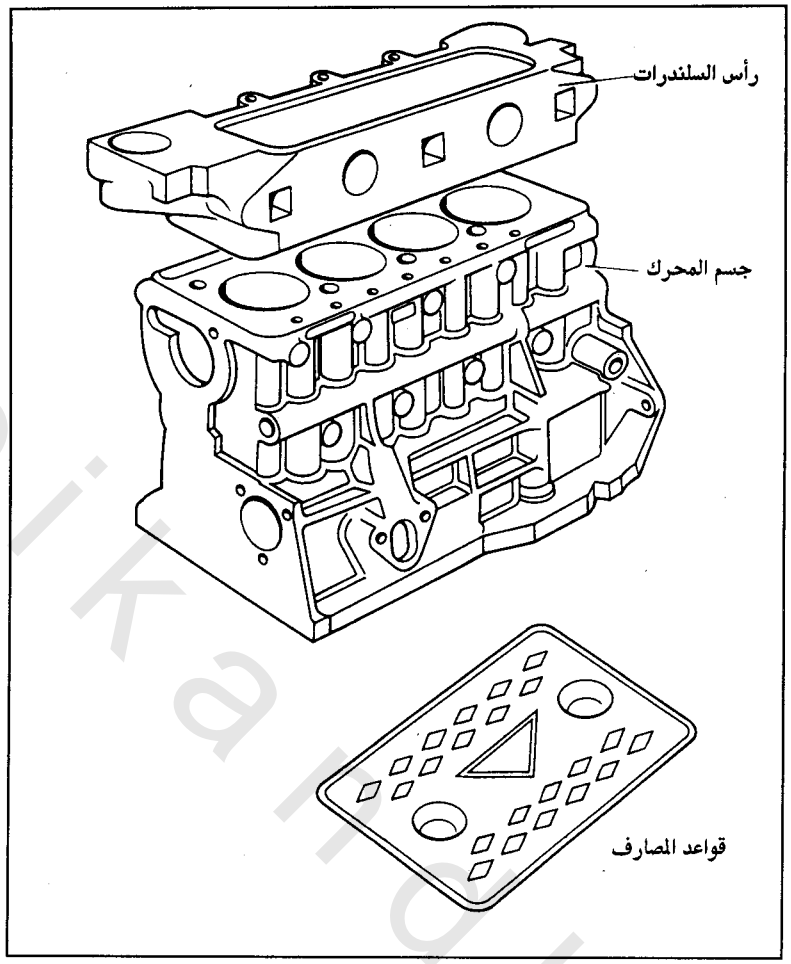
هو سبيكة من الحديد والكروم الذى تتراوح نسبته من ١٣ إلى ٢٧ ٪ ، وبعض هذه السبائك يحتوى على حديد وكربون بينما الأخرى تحتوى على النيكل وعناصر أخرى . ودور الكروم هنا هو تكوين غشاء من الأكسيد يحمى الحديد من الصدأ وبالتالى فإن الدهانات ومعالجات السطح الأخرى غير ضرورية فى هذه الحالة . ويدخل هذا النوع من الحديد فى كل المنتجات المتصلة بالغذاء كأدوات المطبخ وغيرها .



• **الحديد الزهر Grey cast iron**

هو سبيكة من الحديد (٩٤ ٪) ، كربون (٣ ٪) ، سيلكون (٢ ٪) وعناصر أخرى كالكبريت والفوسفور والمغنسيوم تبلغ فى مجملها (١ ٪) . والحديد الزهر هشّ جداً ذو سطح صلب ويتميز بقدرة على تحمل الانضغاط عالية جداً ، لكنه على العكس لا يتحمل الشدّ وينكسر بسهولة إذا طرق بشدة كما يتآكل بالصدأ .

ويعتبر الحديد الزهر من أنسب المعادن للسبك ويمكن صبه عند درجات حرارة منخفضة نسبياً (١٤٠٠ ــ ١٥٠٠° م) ، كما أنه يمكن تشكيله بسهولة بعد الصبّ . ويستخدم الحديد الزهر فى صناعة جسم محرك السيارة وأعمدة الإنارة وغطاء البالوعة والهياكل بصفة عامة . ودرافيل السحب المختلفة لصناعة الأسياخ والألواح والقواعد .

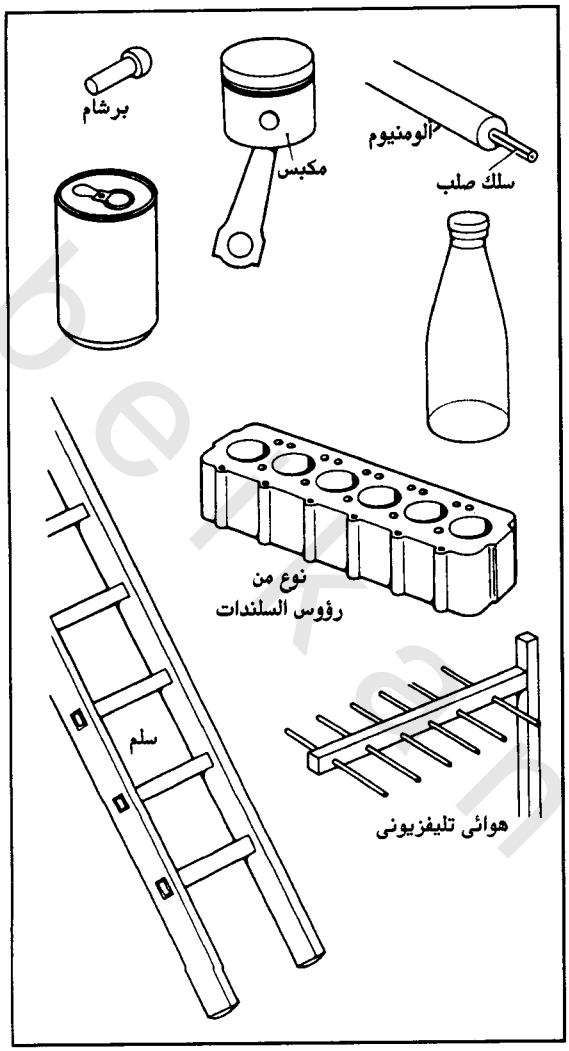


• المعادن غير الحديدية :

* الألومنيوم Aluminium

هو أكثر المعادن وفرة فى القشرة الأرضية بعد الحديد ، وأكثرها شيوعًا واستخداماً فى عالمنا اليوم . والألمونيوم النقى لينّ ولدن ويتميز بقوة شدّ ضعيفة ، ومع هذا فهو يتميز بنسبة قوة صلابة إلى الوزن عالية وتبلغ كثافته ٢,٧ جم/سم^{٣} ($\frac{1}{3}$ كثافة الحديد) ودرجة انصهاره هى ٦٦٠°م بالنسبة لدرجة انصهار الحديد ١٦٠٠°م . والألمونيوم يقاوم الصدأ بشدة وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء بعد

النحاس ويمكن تشكيله بسهولة . ويستخدم الألمونيوم فى صناعة الأسلاك والصلب والبرشام وأسطح الهياكل الخفيفة ومكابس المحركات وهوائى التليفزيون .



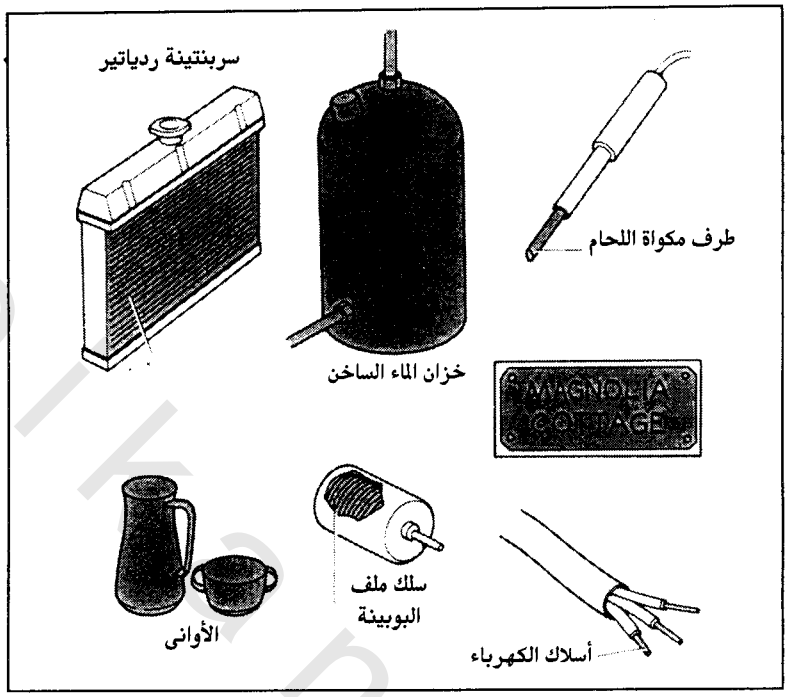
• **سبائك الألومنيوم :**

يعتبر الألمونيوم ـ نظراً لخفة وزنه ومقاومته للصدأ . جذابًا لمعظم الصناعات الهندسية ولكن نظرًا لانخفاض قوة تحمله للشدّ وليونته فإنه يخلط بعناصر أخرى كالنحاس والمغنسيوم والكروم والسليكون والقصدير للتغلب على هذا . وتستخدم هذه السبائك فى صناعة السلالم وأيدى الأبواب ورقائق الألومنيوم التى تستخدم فى حفظ الحرارة .

* النحاس الأحمر Copper :

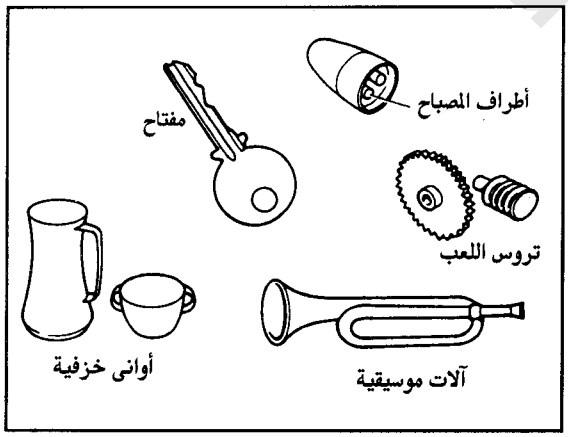
هو معدن نقى ويعتبر ثالث معدن من حيث الاستهلاك ، وهو لدن جدًا ومتوسط القوة ودرجة انصهاره هى ١٠٨٠° م وهو أثقل من الحديد فكثافته (٨,٩ جم/سم^{٣}) وتحميه طبقة من أكسيد النحاس خضراء اللون (تظهر بوضوح على التماثيل فى الميادين الأوربية) من الصدأ ، وهو موصل ممتاز للكهرباء والحرارة (الثانى بعد الفضة) ويمكن تشكيله وقطعه بسهولة . والنحاس لونه بنى محمر ويمكن تلميعه إلى درجة جميلة من اللمعان .

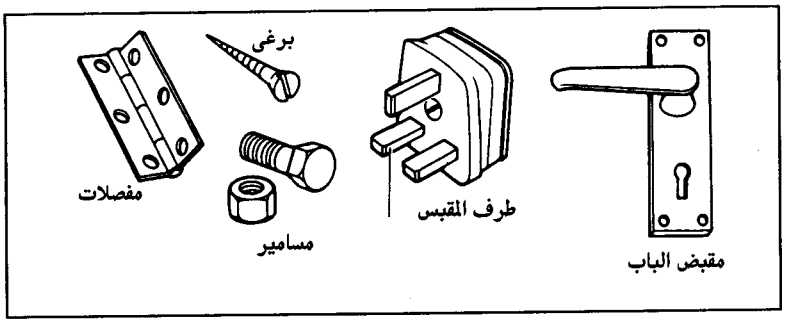
ويستخدم بصفة عامة فى صناعة الأوانى وأسلاك وكابلات الكهرباء واللوحات المختلفة .



* النحاس الأصفر Brass :

وهو سبيكة من النحاس والقصدير ودرجة انصهاره أقل من النحاس النقى ، وتبلغ كثافته (٨,٤ جم/سم^{٣}) وهو موصل جيد للكهرباء ويقاوم الصدأ ولون ذهب ويمكن تلميعه إلى درجة عالية . ويستخدم فى صناعة مقابض الأبواب الأنيقة والآت النفخ الموسيقية والمفاتيح والمفصلات .





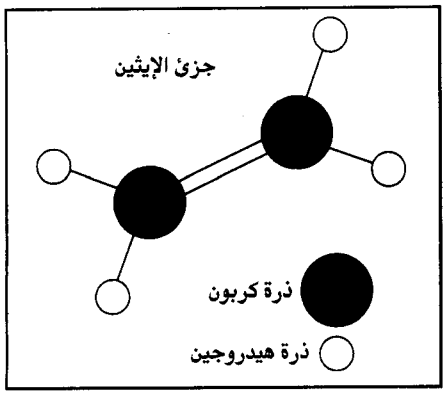
• البلاستيك :

استخدمت (أشباه البلاستيك) من المواد منذ الآف السنين ، فبعضها مما يوجد فى الطبيعية مثل الكهرمان الذى يستخلص من الأشجار واستخدمه قدماء المصريين والحضارات الأخرى فى صناعة الحلى .

وبالمثل فإن قرون الحيوانات كانت تستخدم كأوانى للشرب والأدوات البسيطة . واليوم هناك العديد من أنواع البلاستيك المستخدمة ، ولا يزال بعضها طبيعى (مثل السليولوز المأخوذ من النبات) إلا أن معظمها يستخرج من البترول الخام أو الفحم .

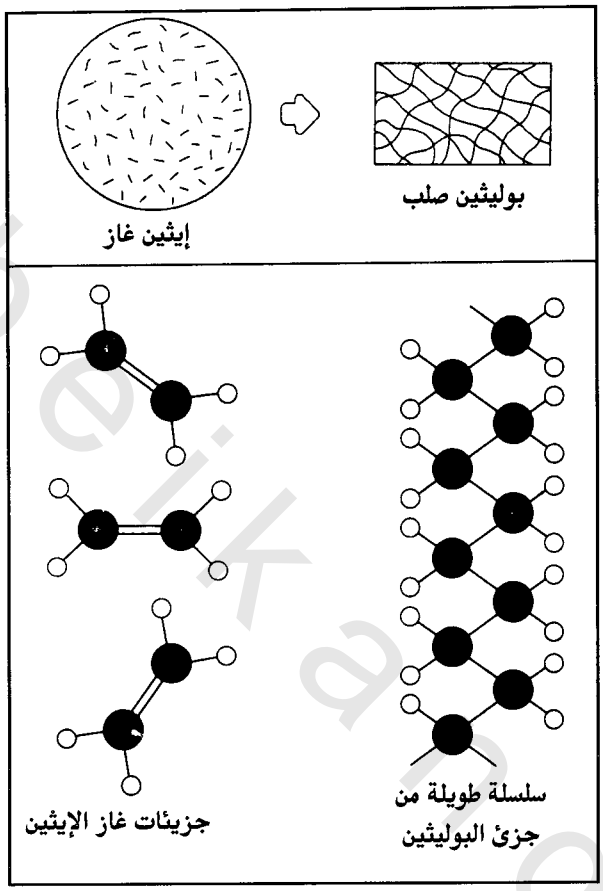
• تركيب البلاستيك :

أحد المواد الكيماوية التى يتم الحصول عليها من البترول الخام هو غاز الإيثين . هذا الغاز يستخدم فى صناعة البلاستيك المعروف باسم « البوليثين » وإذا نظرنا إلى كيفية عمل البوليثين فإننا نتعلم الكثير عن تركيب البلاستيك وبالتالى نتعرف على خواصه .



يتكون جزئ الإيثين من ذرتى كربون وأربع ذرات من الهيدروجين وعلامة (–) تمثل الرباط الكيميائى الذى يربط ذرات الجزئ ببعضها . وغاز الإيثلين يتكون من ملايين الجزيئات التى تتحرك بحرية ودون أى تجاذب يذكر .

* **كيف يتكون البوليثين ؟**



يتكون البوليثين بتجميع جزيئات الإيثين فى سلسلة طويلة . ولعمل هذا فإننا نحتاج إلى عوامل مساعدة أو مبدئات وهكذا يتكون الجزئ الواحد من البوليثين من آلاف الجزيئات من الإيثين كما تتميز جزيئات البوليثين بالتجاذب الشديد إلى بعضها البعض وتتداخل وتلتف حول بعضها لتكوين مادة صلبة ذات كثافة عالية . وتسمى الجزيئات الصغيرة (مثل غاز الإيثين) والتى تتماسك بهذه الصورة مونومر monomer ، كما تسمى عملية التجميع بهذه الطريقة البلمرة polymerization ويسمى الناتج من هذه العملية بوليمر polymer وكذلك فإن هناك طرقًا مختلفة للبلمرة نعرض لها فيما يلى :

* **طرق البلمرة :**

تسمى الطريقة السابقة « البلمرة بالتجميع » additional polymerization لأن الجزيئات تتجمع لتكون سلسلة طويلة من الجزيئات الجديدة . وهناك طريقة أخرى تسمى « البلمرة بالتكثيف » condensation polymerization وتتم بتجميع نوعين مختلفين من المونومرات . وهكذا باستخدام المونومرات والطرق المختلفة للبلمرة فإنه يمكننا صناعة العديد من أنواع البلاستيك .

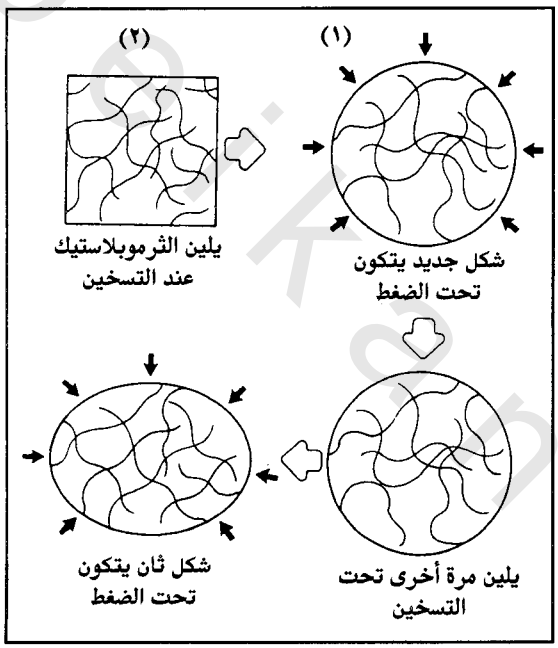
obeikandi.com

* **خواص البلاستيك :**

تسمى المادة « بلاستيك » إذا كانت فى أحد مراحل تصنيعها عبارة عن عجينة يمكن تشكيلها فى الوضع النهائى تحت ضغط ، كذلك إذا احتفظت بهذا الشكل بعد إزالة هذا الضغط . وهناك نوعان رئيسيان من البلاستيك :

(١) الثرموستنج Thermosetting . (٢) والثرموبلاست Thermoplast .

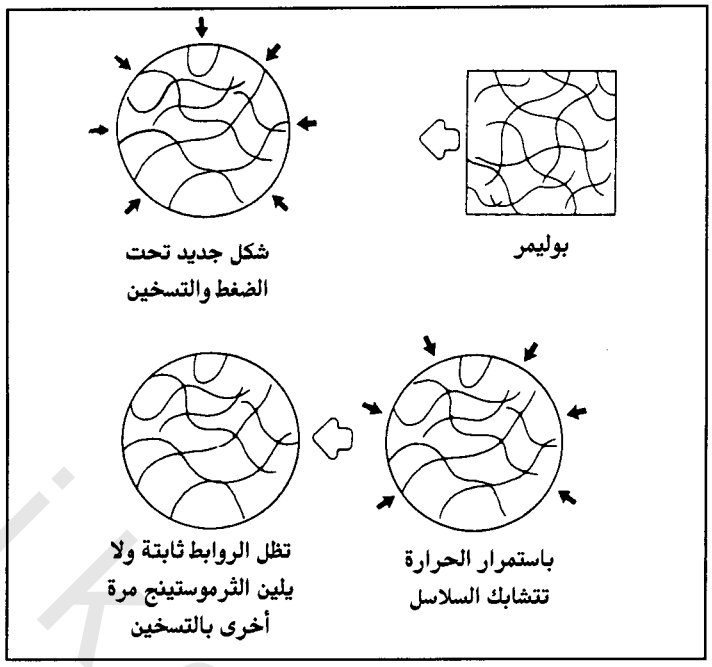
(١) الثرموبلاستيك Thermoplastics



البوليثين والـ بى فى سى pvc والبوليسترين هى أمثلة من الثرموبلاستيك وتتميز بأنها تلين بالحرارة وبالتالى يمكن تشكيلها فى قوالب ثم تتصلب مرة أخرى عند تبريدها ، والثرموبلاستيك عند التسخين تكتسب الجزيئات الطاقة اللازمة لتتباعد وبالتالى فإن قوى الترابط بين الجزيئات تصبح أضعف مما يسمح بانزلاقها فوق بعضها لتأخذ شكلاً معيناً تحت ضغط . وبتكرار عملية التسخين تلين مرة أخرى فيمكن إعادة تشكيلها فى شكل آخر بالضغط . وهكذا يمكن تحويل الثرموبلاستيك إلى أشكال مختلفة عدة مرات .

(٢) الثرموسيتنج Thermosettings

وأشهرها الفينول فولماليديهايد (البكاليت الذى يصنع منه صندوق بطاريات السيارات الأسود) وهى تختلف عن الأولى فى أنه عند التسخين أول مرة يلين البوليمر ويمكن تشكيله فى قوالب تحت الضغط ، إلا أنه بالتعرض للحرارة ينشأ تفاعل كيميائى بحيث تتشابك السّلاسل بصفة ثابتة ودائمة فلا يمكن تليينها وإعادة تشكيلها مرة أخرى .



* أمثلة للثرموبلاستيك :

• البوليثين عالى الكثافة

يصنع البوليثين عالى الكثافة بحيث تكون السلاسل مستقيمة . وهذا الوضع يسمح لها بأن تتقارب وتتكاثف أكثر ، ولأن السلاسل تقترب أكثر من بعضها فإنها تتجاذب بقوة فلا تتحرك بسهولة .

والنتيجة هى بلاستيك صلب ذو تحملية عالية أيضاً ويلين

هذا البوليثين عند درجة حرارة عالية (١٢٠ ــ ١٣٠°م) كما أنه مقاوم جيد لأى مواد كيميائية ويبين الشكل المقابل بعض المنتجات الشائعة التى تصنع من هذا النوع من البوليثين .

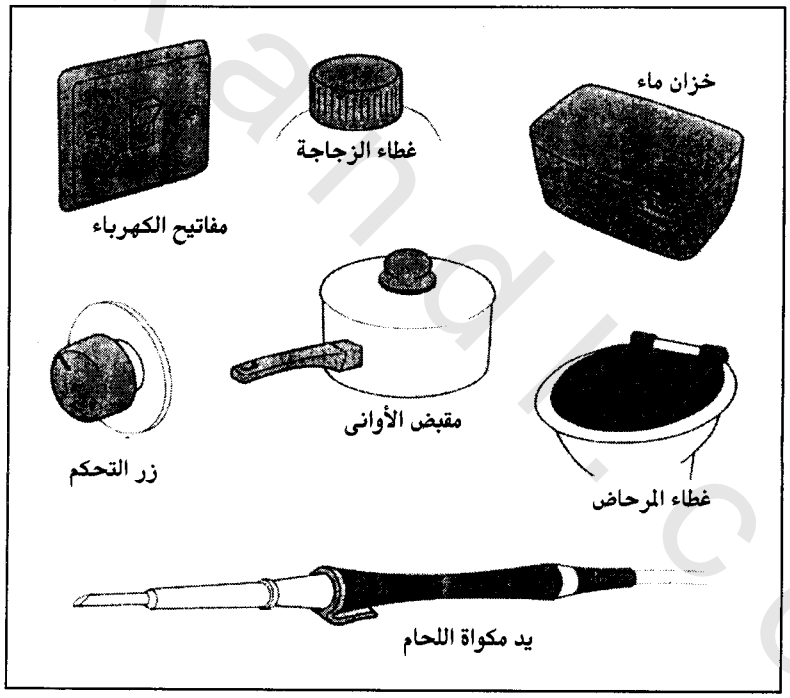
• **البوليثين منخفض الكثافة**

البوليثين منخفض الكثافة يصنع بحيث تنتج أفرع عرضية على السلاسل ، هذه الأفرع تمنع السلاسل من التقارب ، ونتيجة لذلك فهى أقل تجاذباً وبالتالى فالبوليمر أضعف وأكثر ليونة ومرونة من سابقه . ويلين هذا البوليمر عند درجة (٨٥° م) ويمكن إنتاجه معتماً أو شفافاً . كذلك البوليثين منخفض الكثافة يستخدم كعازل جيد للكهرباء . ونحن نستخدم هذا النوع من البلاستيك أكثر من أى نوع آخر بصفة عامة . ويبين الشكل المقابل بعض استخدامات البوليثين منخفض الكثافة الشائعة .

* أمثلة للثرموستنج :

• فينول فورمالديهايد (بكالايت)

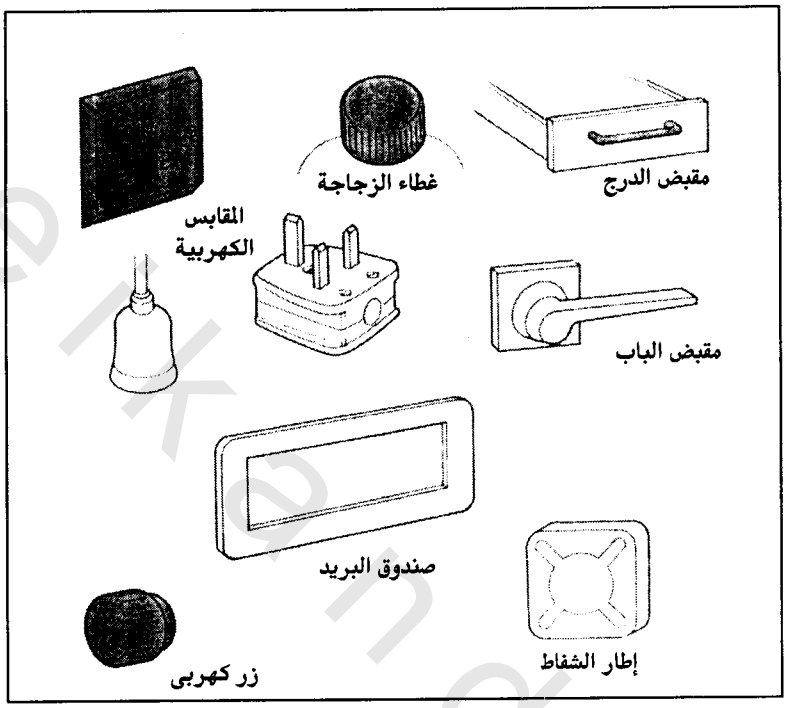
أول نوع من البلاستيك يصنع كيميائياً وقد صنعه ليوبايكلاند سنة ١٩٠٩ وسمى بكالايت نسبة إليه وهو صلب ولكنه هش فى نفس الوقت ذو لون قاتم لامع بصفة عامة . وهو يقاوم الحرارة العالية دون أن يلين ، كذلك هو عازل جيد لها ومع ذلك فإنه عند درجات الحرارة العالية جداً يتفحم ويتحلل ، والبكالايت عازل جيد للكهرباء . ورغم هذه المميزات المتعددة فإن البكالايت لا يستخدم كثيراً هذه الأيام إلا أن هناك العديد من التطبيقات العملية لازالت تستخدم .



• اليوريا ورمالديهايد :

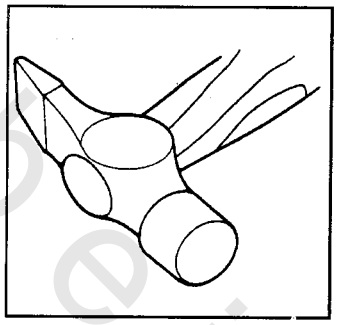
على عكس البكالايت فإن اليوريا فورمالديهايد بوليمر لا لون له ، وهكذا فإنه بالإمكان تلوينه بأصباغ مختلفة وذلك لإنتاج العديد من الأجزاء الملونة . كذلك

فهو أكثر صلابة من البكالايت وليس له طعم أو رائحة مثلـه ، بالإضافـة إلى أنـه عازل جيد للحرارة والكهرباء والشكل المقابل يبـين اسـتخدامات متعـددة لليوريـا فورمالديهايد .



obeikandl.com

اختبر معلوماتك



(١) تصنع رءوس المطارق من مواد يجب أن تكون مقاومة للتآكل علاوة على تحملية عالية ، وهى تصنع بالطرق . أى المواد التالية تناسب صناعة هذه الرأس : الصلب المعتدل ــ الصلب متوسط الكربون .

(٢) عربة الأطفال المبينة فى الشكل مصنوعة من الصلب غير القابل للصدأ . والهيكل يتكون من مواسير من ذلك الحديد .

أ ـ ما هى الخواص التى تميز هذا النوع من الصلب عن غيره فى صناعة هذا المنتج ؟

ب ــ لماذا تستخدم المواسير بدلاً من القضبان فى هذا المنتج ؟

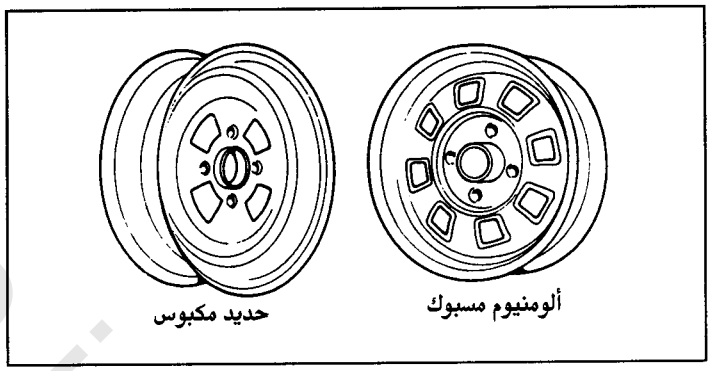
جـ ـ ما عيوب استخدام الصلب المعتدل فى هذا المنتج ؟

د ـ بعض عربات الأطفال تصنع من الألومنيوم بدلا من الصلب ، اذكر ميزة واحدة وعيباً واحداً لاستخدام الألومنيوم .

(٣) بعض إطارات الحديد للسيارات تصنع من الصلب المعتدل المكبوس والبعض الآخر من سبائك الألومنيوم المسبوك . كثافة الحديد هى ٧,٨ جم/سم^{٣} بينما كثافة سبيكة الألومنيوم هى حوالى ٢,٧ جم/سم^{٣} كذلك فإن الحديد أرخص ثمناً من الألومنيوم .

obeikandl.com

أ ـ اذكر ثلاثة أسباب لصناعة تلك الإطارات من الألومنيوم بدلاً من الحديد .
ب ـ لماذا تصنع معظم الإطارات الحديد من الحديد المكبوس ؟



obeikandl.com