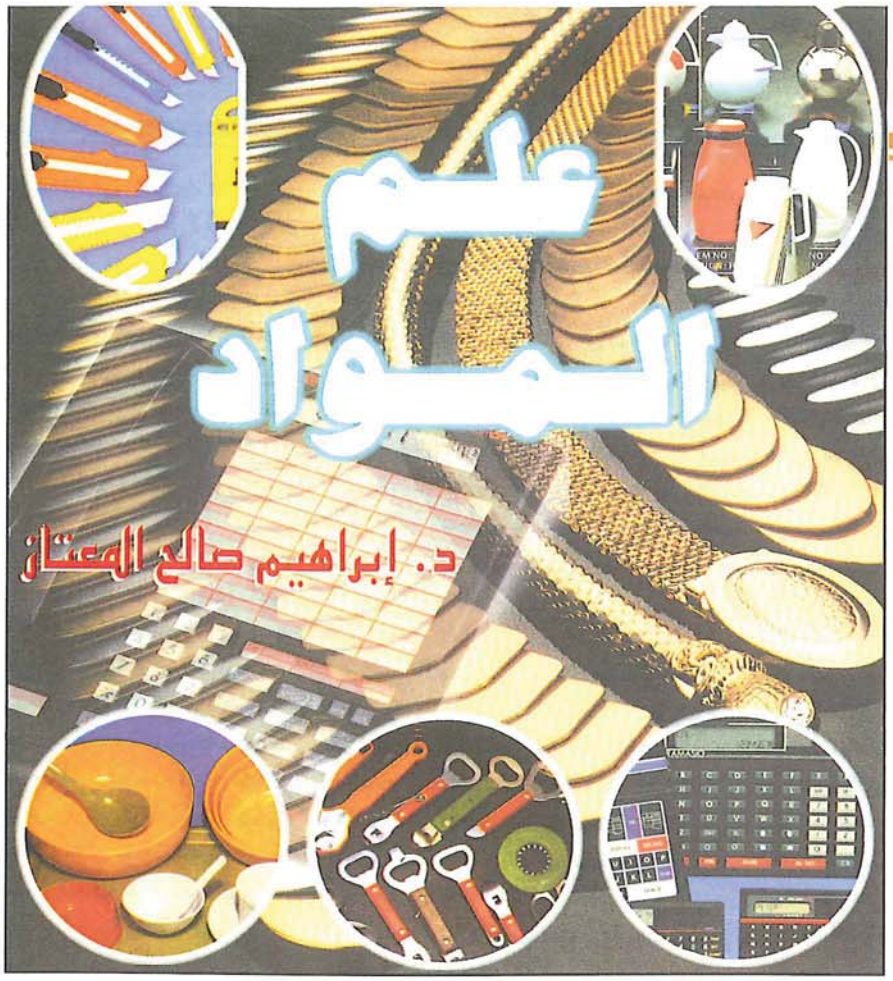


علم المواد هو أحد فروع العلوم التطبيقية الذي يهتم بدراسة وتقويم وفهم العلاقة بين التركيب الكيميائي البنائي للمواد وخواصها بهدف تحسين هذه الخواص لجعلها أكثر ملائمة للتطبيقات المختلفة ، و يركز علم المواد أيضاً على إمكانية التوصل إلى مواد جديدة ذات صفات متميزة تتلائم والاستخدامات المتعددة للمواد ، ويشكل علم المواد أحد الأسس الرائدة في بناء وقيام الحضارة ، فالمنشآت الضخمة والمشروعات الإنتاجية العملاقة دليل على أهمية علم المواد وشاهد على الدور الأساسي الذي يسهم به في إنشاء هذه المنشآت وتحقيق الأهداف الإنتاجية لتلك المشاريع ، وأقرب مثال على هذا ما نشاهده من صواريخ حاملة للمركبات والأقمار الصناعية تنفث اللهب الحارق خلفها لتصل درجة الحرارة فيه إلى نحو ٢٠٠٠م ، فأين تلك المواد الطبيعية التي تتحمل درجات الحرارة هذه ، وأين هي من الصمود أمام انطلاق هذه الصواريخ ؟ ، لقد أنتج البحث المستمر في علم المواد مواد يمكنها أن تقوم بهذا الدور بكفاءة عالية.

تعد العناصر اللبنة الأساسية في علم المواد ، وتعرف العناصر على أنها مواد كيميائية بسيطة التركيب تتكون من عدد من الذرات ولا يمكن تحويلها إلى مواد أبسط منها باستخدام الطرق العادية ، وقد تم التعرف على نحو ١٠٨ عنصراً كما هي موجودة في الجدول الدوري ، ولكل عنصر عدد محدد من البروتونات يميزه عن بقية العناصر ، ويمكن تقسيم العناصر إلى فلزات ولافلزات ، وتعد الفلزات عناصر كيميائية لها تركيب بلوري محدد وتشكل أيونات موجبة في المحاليل ، وتمتاز العناصر الفلزية عن العناصر اللافلزية بقوة الروابط بين الذرات وانخفاض عدد الإلكترونات في المدار الخارجي ، ويمكن القول أن معظم عناصر الجدول الدوري فلزات عدا القليل منها مثل الهيدروجين والأكسجين والكلور والبورون وغيرها.

تكوّن مجموعة المعادن الصخور المنتشرة في القشرة الأرضية ، لذا فإن المعادن تعد المكون البسيط للصخور ، أو هي بعبارة أخرى مركبات كيميائية توجد في الطبيعة على أشكال مختلفة ، وقد تكون المعادن أحياناً بسيطة التركيب مكونة من عنصر واحد مثل معدن الكبريت النقي والذي يعرف بالمعدن العنصري أو العنصر الفطري ، و غالباً ما توجد المعادن كمركبات للعناصر المختلفة ، فمعدن الهيماتيت (أكسيد الحديد) مثلاً يحتوي على عنصري الحديد والأكسجين ، ومعدن الكالسيت (كربونات الكالسيوم) يحتوي على الكالسيوم والكربون والأكسجين ، كما يحتوي معدن الهورنبلد على عناصر كثيرة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والألمنيوم والصوديوم والسيليكون وغيرها، ويزيد ما تم التعرف عليه من معادن في الطبيعة عن ١٥٠٠ معدن ، توجد بأشكال وأنماط مختلفة ، وهناك ما يعرف بالمعادن النفسية والتي تستخدم في تطبيقات خاصة ، فالذهب مثلاً يستخدم في بناء الدوائر الإلكترونية الدقيقة ، ويستخدم البلاتين في صناعة المحفزات.

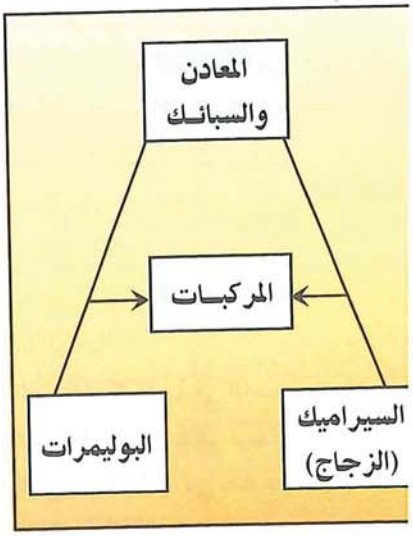
لقد شاع خطأً استعمال لفظ معدن مقابل الكلمة الإنجليزية (Metal) ،التي تعني فلز وهي المواد المصنوعة من الفلزات وسبائكها ، إن لفظ معدن يقابل في الإنجليزية كلمة (Mineral)، وهي عبارة عن مركبات لعناصر فلزية تنتج عن اتحاد الفلزات مع العناصر المختلفة مكونة الأكاسيد أو الكبريتات أو الكبريتيدات أو الكربونات أو السيليكات أو غيرها.

يمكن تصنيف المواد وفقاً لخصائصها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية إلى مجموعات رئيسية تشمل الفلزات

وسبائكها المختلفة ، والمواد الخزفية (السيراميكية) والزجاجية ، والمواد البوليمرية (اللدائن) ، والمواد شبه الموصلة، والمواد فائقة التوصيل ، ويمكن تقسيم هذه المواد إلى مجموعتين رئيسيتين هما ، المواد المعدنية والمواد غير المعدنية ، وتشمل المواد المعدنية معادن حديدية مثل الفولاذ والحديد الزهر ، ومعادن غير حديدية مثل النحاس والنيكل (مجموعة المعادن الثقيلة) و الألمنيوم والمغنيسيوم (مجموعة المعادن الخفيفة) ، كما تشمل المواد غير المعدنية المواد السيراميكية والزجاجية والمواد البوليمرية (اللدائن) ، وقد انتشر استعمال المواد غير المعدنية انتشاراً كبيراً خاصة في صناعة المواد الاستهلاكية ، وفي حقيقة الأمر لا يظهر أي تقسيم فاصل وقاطع بين المواد في المنتجات المختلفة ، إذ تتداخل هذه الأنواع للحصول على مواد مركبة لها صفات وخواص مرغوبة ، ويظهر ذلك كما هو مبين في الشكل(١) ، سيشمل هذا المقال الحديث عن بعض تلك المواد ، وذلك كما يلي:

السبائك

لاقت السبائك اهتماماً كبيراً ومتزايداً في علم المواد ، ويقصد بالسبائك المواد



● شكل (١) تداخل الأنواع المختلفة للمواد .

الناتجة عن خلط فلز مع عنصر (فلز أو لافلز) أو أكثر بهدف الوصول إلى خواص ميكانيكية أو كيميائية أفضل من تلك الخواص الموجودة في العناصر المشكلة للسبيكة ، وذلك مثل ارتفاع مقاومة الشد وزيادة الصلادة و مقاومة التآكل ، وتستخدم السبائك في العديد من المجالات وفي شتى الأنشطة ، إذ تستخدم بكثرة في وسائل المواصلات من سيارات وقطارات وطائرات وتستخدم في مجال البناء والعمران ، فلا تكاد تجد جسراً أو مبنى يخلو من السبائك المتعددة ، بل إن الصناعات باتت تستخدم السبائك لتشييد الأجهزة المختلفة فيها ، ومعظم استخدام المواد الفلزية يكون على شكل سبائك ذات صفات محسنة تفوق صفات الفلزات نفسها.

المواد فائقة التوصيل

حدثت قفزة رائعة في البحث والتطوير في علم المواد جعلت من بعض العناصر أو السبائك مواد فائقة التوصيل أو عديمة المقاومة للتيار الكهربائي كما تكون النفاذية المغناطيسية لها قريبة من الصفر ، ويمكن النظر إلى هذه المواد على نوعين رئيسيين هما ، مواد من النوع (أ) ، وتضم معظم العناصر النقية والسبائك ومواد من النوع (ب) وتشمل بعض السبائك ومركبات السبائك ، ومن أشهر المواد ذات الموصلية العالية فلزي النحاس والألمنيوم وكذلك الفضة والصوديوم غير أن المواد فائقة التوصيل تتجاوز قدرة هذه الفلزات ، إذ تكاد تنعدم فيها المقاومة ، وقد برزت ظاهرة انعدام مقاومة التيار الكهربائي لبعض المواد في عام ١٩١١م عندما حاول الفيزيائي الألماني **أونز** دراسة المواد عند درجات الحرارة المنخفضة جداً فلاحظ الانخفاض الشديد لمقاومة هذه المواد ، وفي عام ١٩٧٣م أظهرت الأبحاث أن بعض المواد تكون عديمة المقاومة عند درجة حرارة ٢٣ كلفن (٢٥٠ مْ تحت الصفر) ، وفي عام ١٩٨٦م توصل العالمان **بدنورز وميلر** إلى أن أكاسيد الباريوم واللانثنوم والنحاس عديمة المقاومة عند درجة حرارة ٣٥ كلفن (٢٣٨ مْ تحت الصفر) وتوالت بعد ذلك الأبحاث التي تحدد مواد أخرى لها نفس الخاصية عند درجات حرارة منخفضة ، ولاقت هذه المواد تطبيقات مذهلة في عالم الطاقة وفي المجال الكهرومغناطيسي على وجه التحديد ، وجاءت فكرة إنشاء شبكات الكهرباء من المواد فائقة التوصيل للحد من فقدان الطاقة الكهربائية.

المواد شبه الموصلة

ركزت البحوث المستمرة في علم المواد على مجموعة من المواد شبه موصلة مثل السيليكون والجيرمانيوم ، ولا تنتمي أشباه الموصلات إلى المواد الموصلة مثل الفلزات كالنحاس والألمنيوم والتي لها مقاومة منخفضة للتيار الكهربائي ، كما ليس لأشباه الموصلات خواص المواد العازلة مثل السيراميك والمواد البوليمرية التي تمتاز بمقاومة عالية للتيار الكهربائي ، وتقع درجة مقاومة أشباه الموصلات للتيار الكهربائي في موضع بين المواد الموصلة والمواد العازلة ، وتجدر الإشارة إلى أن التوصيل الكهربائي يعد فاصلاً بين الفلزات وهي المواد جيدة التوصيل للتيار الكهربائي في حين أن المواد اللافلزية تعد مواداً غير موصلة للتيار الكهربائي بشكل عام ، ولذا تسمى المواد أشباه الموصلات بالمواد شبه الفلزية ، وقد لاقى السيليكون والجيرمانيوم في البداية اهتماماً كبيراً كمواد شبه موصلة ، ويمتاز السيليكون بتحمله

للدرجات العالية من الحرارة تصل إلى ٢٠٠٠م ، ويقع السيليكون والجيرمانيوم ضمن المجموعة الرابعة في الجدول الدوري للعناصر ، ويحتوي المدار الخارجي لكل منهما على أربعة إلكترونات ترتبط بها ذرات هذين العنصرين مكونة أواصر تحتوي كل آصرة على إلكترونين ، ويسهم توفر طاقة خارجية كالطاقة الحرارية أو الطاقة الضوئية في انهيار بعض تلك الأواصر مما ينتج عنه تحرر لبعض الإلكترونات ، ويزداد تحرر الإلكترونات بزيادة الطاقة المتوفرة ، وعند توفر مجال كهربائي تتحرك الإلكترونات المتحررة منتجة الكهرباء ، ويخلف الإلكترون المتحرر من المدار الخارجي للذرة فجوة تجعل الذرة ذات شحنة موجبة لنقص عدد الإلكترونات فيها ، ويساوى عدد الفجوات عدد الإلكترونات المتحررة ، وبذلك يمكن السماح بمرور التيار الكهربائي خلال هذه المواد باتجاه معين يسمح بانطلاق الإلكترونات الحرة ، كما ويعد زرنيخيد الجاليوم (GaAs) ، وفسفوريد الجاليوم (GaP)، وأنتيمونيد الإنديوم (InSb) ، من المركبات أشباه الموصلات.

كانت أشباه المواصلات أساساً في تصنيع الترانزستورات والمكثفات ، بل والدوائر المتكاملة التي تحوي العديد من هذه العناصر ، وقد أحدث اكتشاف الترانزستور في عام ١٩٧٤م نقلة نوعية في مجال تقنية الإلكترونات بما يمتاز به من متانة في التركيب وصغر في الحجم وخفة في الوزن ، ولقد باتت الإستفادة الفعّالة من الطاقة الشمسية ممكنة بما تتيحه أشباه المواصلات من قدرة على إيجاد نظام يمكن من الاستفادة من طاقة الفوتونات الموجودة بالأشعة الشمسية.

البوليمرات

لاقت المواد البوليمرية أو اللدائن رواجاً كبيراً ، لما تمتاز به من خواص فريدة لا توجد في بقية المواد كقابليتها للتلوين بألوان جميلة و كاللدونة الفائقة أو المرونة الفائقة ، ولذلك يطلق على المواد البوليمرية أسم اللدائن ، وقد شاع استخدام المواد البوليمرية في الإطارات والأنابيب والأوعية والأغطية المختلفة ، واستخدمت كمواد عازلة في أغراض متنوعة ، وظهرت في العديد من الأدوات في سائر أنحاء الحياة ، ويمكن تعريف البوليمرات على أنها مواد ذات جزيئات عملاقة تتكون من وحدات بنائية متماثلة ، ويمثل السيليلوز والبروتين والأحماض النووية والصوف والحرير وغيرها أمثلة على البوليمرات الطبيعية ، وقد كانت مجموعة البولي استرات الأليفاتية أولى أنواع البوليمرات تصنيعاً ، وتوجد حالياً آلاف الأنواع من البوليمرات المصنعة ، وتأتي المواد البوليمرية إما في أصل عضوي طبيعي أو عضوي طبيعي معدل أو تكون عضوية مصنعة (تركيبية) ، و يمكن أن تقسم البوليمرات إلى قسمين رئيسيين حسب تصنيعها ، هما بوليمرات التكاثف وبوليمرات الإضافة ، ومن أشهر أنواع بوليمرات التكاثف البولي أميدات ، والتي يطلق عليها النايلون والبولي إيميدات والبولي بنزايميدازول والبولي يورثان ، أما بوليمرات الإضافة فتمثلها بوليمرات الستايرين وبوليمرات الأيزوبيوتيلين وبوليمرات الأكريلونتريل.

وشاع مؤخراً استخدام البوليمرات المقواة بألياف الزجاج ، وكذلك البوليمرات المقواة بألياف الكربون ، لما تتمتع به هذه المواد من مقاومة عالية وسهولة في التشكيل.

الأغشية

استخدمت البوليمرات الأيونية في معالجة وتنقية المياه ، وذلك لما لها من خاصية التبادل الأيوني مع الأملاح المذابة في الماء ، إذ تعمل بوليمرات التبادل الأيوني القاعدية على مبادلة الأيونات السالبة المذابة في الماء في حين تقوم بوليمرات التبادل الأيوني الحامضية بمبادلة الأيونات الموجبة.

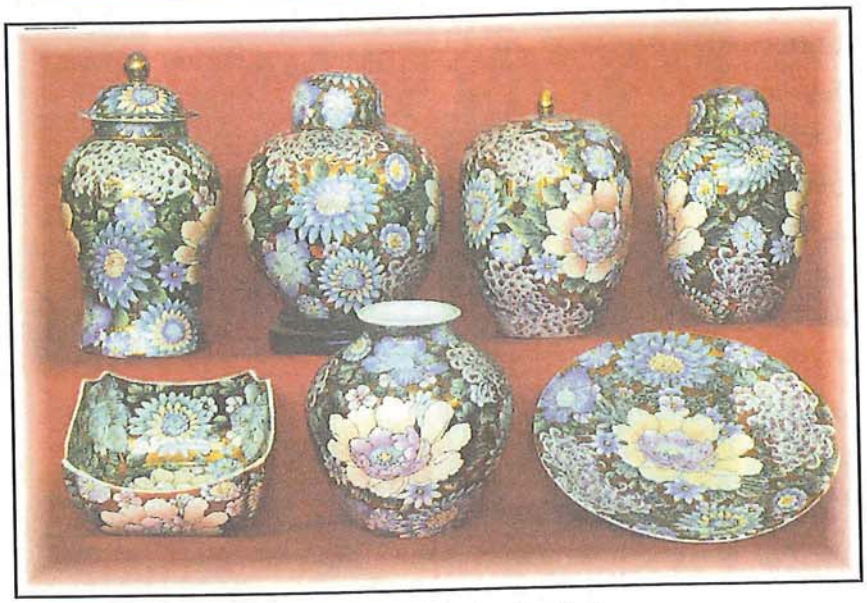
عم مؤخراً استخدام الأغشية في العديد من الاستعمالات ، فاستخدمت في فصل وتنقية المواد وشاع استخدامها في عمليات حديثة مثل التناضح العكسي ، والديلزة الكهربائية (الفرز الكهربائي) ، والترشيح ،

● إحدى منتجات المواد البوليمرية.

وتعد الأغشية مواد مصنعة من البوليمرات أو من المواد السيراميكية أو من أكاسيد المعادن أو من بعض المعادن النبيلة ، وتم تطوير أغشية خلات (أسيتات) السيليلوز في جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس عام ١٩٦٠م ، وتستعمل رقائق من عديد الأميد أو خلات (أسيتات) السيليلوز لتصنيع أغشية التناضح العكسي ، واستخدمت الأغشية ذات الألياف الدقيقة المجوفة في تنقية المياه عند توفر وحدات التناضح العكسي ذات اللف الحلزوني بشكل تجاري في عام ١٩٧٦م ، وتمتاز الأغشية المصنوعة من عديد الأميد بمقاومتها للبكتيريا في حين أن أغشية أسيتات (خلات) السيليلوز لها مقاومة عالية للكلور ومدى جيد للرقم الهيدروجيني يتراوح فيما بين ٢ إلى ٨. كما وتستخدم أغشية السيليلوز المعدلة والتي تمتاز بقدرة مرتفعة على حجز الأملاح تصل إلى ٩٩٪ مع ارتفاع في معدل ترشيح (نفاذية) المياه العذبة ، يقدر بنحو ٦ إلى ١٢ لتر من الماء العذب في اليوم لكل متر مربع من مساحة الغشاء و كل ضغط جوي واحد زيادة على ضغط لتناضح. و تستخدم أيضاً أغشية من خليط من ثنائي وثلاثي خلات (أسيتات) لسيليلوز ، إضافة إلى الأغشية لركبة والتي لها قدرة كبيرة لمقاومة لكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا) تعمل عند مدى واسع من الأس الرقم) الهيدروجيني يتراوح عادة ين ٢ إلى ١٢ .

الخزف

اتجه الناس منذ قديم الزمان إلى أرض لصنع الأواني والأطباق المختلفة ن الطين ، وكانت تلك الممارسة أساس عرفة المواد السيراميكية أو الخزفية ، بذلك تطلق كلمة خزف على كل ما هو منتج من مواد طينية ، وقد أطلق على هذه المواد الخزفيات نسبة إلى الخزف وهو الطين المحروق ، والذي هو أقدم مادة صنعها الإنسان ، ومن تلك الممارسات انطلقت صناعة السيراميك ، والسيراميك مواد بلورية لاعضوية وغير معدنية تمتاز بمقاومتها الشديدة للحرارة وبصلادتها وبعزلها للحرارة والكهرباء وذلك عائد إلى ارتفاع درجة انصهارها مما يجعلها المواد الأفضل والمناسبة للاستعمال في درجات الحرارة العالية ، ويعد عجز الخزفيات على التشكيل اللدن السبب الرئيسي لقابليتها للكسر ، وقد أنتجت صناعة السيراميك مواد تستخدم في استعمالات متعددة ، فالقرميد مثلاً يستعمل في البناء نظراً لما يتمتع به من مقاومة للرشح وتحمل للضغط وتغيرات المناخ ، ويستخدم البورسلان القاسي في صناعة الأواني ، وهو يمتاز بصلابته العالية التي تفوق صلابة الفولاذ ، كما وتستخدم الأحجار النارية في تبطين الأفران المستخدمة في صهر المعادن والزجاج وتصنيع الأسمنت ، ويتمتع الزجاج بشفافية عالية وسهولة في التشكيل يحتاج إليها في الكثير من الاستخدامات ، ويعد الزجاج نوع من الخزفيات ولكنه يتميز ببنية لا بلورية ، ويحتوي الطين على الكاولين وهو ما يعرف بالطين الأولي ، وهو عبارة عن راسب صلب أبيض اللون يتكون من سيليكات الألمنيوم المائية ، كما يحتوي الطين على حجر الكاولين ويستخدم في صناعة المواد الخزفية البيضاء و الأدوات الصحية والحراريات ، ويستخدم الطين المحتوي على نسبة عالية من السيليكا في صناعة البورسلان والفخار ، ويمكن تقسيم الفخار إلى ثلاث مجموعات تشمل الفخار والخزف غير المسامي والخزف الحجري ، ويتكون الزجاج من مجموعة من السيليكات المعدنية المؤلفة من الأكاسيد المعدنية ، منها الأكاسيد الحامضية مثل أكسيد السيليكون والأكاسيد القلوية مثل أكسيد الصوديوم والأكاسيد القلوية الترابية مثل أكسيد الكالسيوم إضافة إلى مجموعة من المواد المحسنة مثل أكسيد الألمنيوم .



● أشكال مختلفة من الخزف.