العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ● السنة الثانية عشرة ● العدد السابع و الأربعون ● رجب ١٤١٩هـ / نوفمبر ١٩٩٨م.

ISSN 1017 305

بسم الله الرحمن الرحيم

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

١- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤- أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

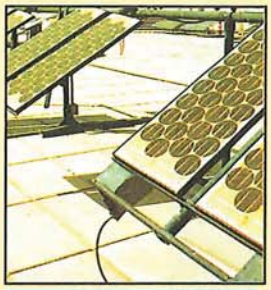
٦- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

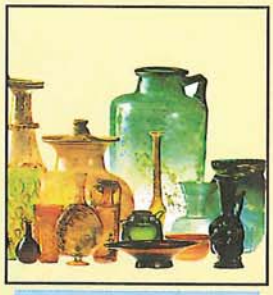
يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد

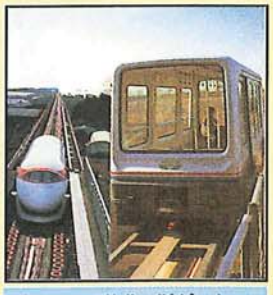
- بحوث علم المواد ـــــ ٢
- علم المواد ـــــ ٤
- المحفزات ـــــ ٨
- السبائك ـــــ ١٤
- الخزف ـــــ ٢٠
- الزجاج ـــــ ٢٥
- عالم في سطور ـــــ ٣١
- الأغشية ـــــ ٣٢
- أشباه الموصلات ـــــ ٣٦
- المواد فائقة التوصيل ـــــ ٤١
- البوليمرات ـــــ ٤٧
- تحسين خواص المواد ـــــ ٥٣
- كتب صدرت حديثاً ـــــ ٥٩
- عرض كتاب ـــــ ٦٠
- الجديد في العلوم والتقنية ـــــ ٦٢
- مساحة للتفكير ـــــ ٦٣
- كيف تعمل الاشياء ـــــ ٦٦
- مصطلحات علمية ـــــ ٦٨
- من أجل فلذات اكبادنا ـــــ ٦٩
- بحوث علمية ـــــ ٧٠
- شريط المعلومات ـــــ ٧١
- مع القراء ـــــ ٧٢



اشباه الموصلات



الزجاج



مواد فائقة التوصيل

المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

KING ABDULAZIZ CITY FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

المشرف العام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام ورئيس التحرير

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير

د. إبراهيم المعتاز

د. محمد فاروق أحمد

د. عبد الرحمن البراهيم

د. عمر بن عبد العزيز المسند

د. إبراهيم بن محمود بابللي

د. بدر بن حمود البدر

* * *

العلوم والتقنية

سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
د. محمد حسين سعد
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

عبد السلام ريان
عرفه السيد العزب
النعيمة يونس حارن

*****

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

توجد عشرات العناصر في الطبيعة ، مكونة صخور القشرة الأرضية ، وهي في الغالب لا توجد بصورة حرة ، ولكن على هيئة مركبات مختلفة ، وهذه العناصر ومركباتها هي أساس حضارة الإنسان ، فالخالق سبحانه وتعالى جعل حياة الإنسان تعتمد عليها ، فبعضها مكون رئيسي لغذائه ، والبعض الآخر له دور هام في صناعة أدواته ووسائل رفاهيته من مسكن ومركب وملبس ، ومع تلك الأهمية إلا أنها في أحيان كثيرة يصعب الإستفادة منها سواءً كانت على هيئة عنصر أو على هيئة خام ، لذا تتم معالجتها وتحسين خواصها لتصبح ذات فائدة عظيمة.

قراءنا الأعزاء

لقد طور الإنسان علومه وتقنياته لتخدم أهدافه وتحقق الرفاهية له ولأجياله القادمة ، ومن هذه العلوم ما يختص بدراسة وتقويم وفهم العلاقة بين التركيب الكيميائي البنائي للمواد وخواصها ، بهدف تحسين هذه الخواص لتصبح أكثر ملاءمة للتطبيقات المختلفة ، والوصول إلى مواد جديدة ذات صفات متميزة تلائم الإستخدامات المتعددة ، وهذا ما يعرف بعلم المواد.

قراءنا الأعزاء

يسر مجلة "العلوم والتقنية" أن تقدم للقارىء الكريم هذا العدد مساهمة منها للتعريف بعلم المواد – لتزامنه مع إنعقاد الندوة الأولى لعلم المواد – حاملاً بين دفتيه بعض المقالات التي سبق نشرها في أعداد سابقة من المجلة ، مثل: المحفزات ، والسبائك ، والخزف ، والزجاج ، إضافة إلى المقالات الجديدة التالية: أشباه الموصلات ، والمواد فائقة التوصيل ، والأغشية ، والبوليمرات ، وتحسين خواص المواد. فضلاً عن الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد.

والله من وراء القصد ، وهو الهادي إلى سواء السبيل،،

بحوث علم المواد في معهد بحوث الطاقة الذرية

يكتسب علم المواد أهمية كبرى في برامج مراكز البحوث، ويتنوع حسب طبيعة المواد التي تحت الدراسة والتطوير. وفي حالة التقنية النووية تلعب عدة أنواع من المواد دوراً رئيسياً في بحوث وتطبيقات هذا المجال، ومنها المواد المعدنية التي تدخل في صناعات مفاعلات القوى الكهربائية، وكذلك السيراميك الذي يدخل في عمليات فصل النظائر المشعة، والمواد البوليمرية التي تصنع بإستخدام مصادر إشعاعية صناعية.

ومن هذا المنطلق فقد سعى معهد بحوث الطاقة الذرية في **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** إلى تسخير علم المواد وتطوير المواد البوليمرية والمركبات، وإستكشاف، وإستخلاص المواد النووية بهدف دعم وتطوير القاعدة الصناعية في المملكة، وذلك بتأسيس برنامج قسم التطبيقات الصناعية للإشعاع والنظائر المشعة.

أهداف البرنامج

يعني القسم بأبحاث التطبيقات الصناعية للإشعاع والنظائر المشعة، وذلك من خلال القيام بمشاريع بحثية تطبيقية ذات أهمية وطنية، ويتم ذلك بالتعاون مع القطاعات الصناعية و العلمية الوطنية والمنظمات العالمية في هذا المجال.

ولتمكين القسم من الإضطلاع بمهامه بنجاح فقد تم تأسيس عدد من المختبرات العلمية المتطورة، وتم تجهيزها بعدد كبير من الأجهزة العلمية المتخصصة في أبحاث علم المواد بالتركيز على المواد البوليمرية من بلاستيك ومطاط في هذه المرحلة، كما يجري العمل على تأسيس مختبرات تؤهل للعمل في أبحاث المركبات المقواة بالألياف، وتشمل تلك المختبرات مايلي: ـ

١ـ مختبر إعداد العينات.
٢ـ مختبر قياس جرعة الأشعة العالية.
٣ـ مختبر كيمياء الإشعاع.
٤ـ مختبر قياس الخواص الميكانيكية للمواد.
٥ـ مختبر دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد.
٦ـ مختبر المجهر الإلكتروني.
٧ـ مختبر مقياس ذبذبة الألكترون (ESR).
٨ـ مختبر مقياس حيود الأشعة السينية (XRD).

مكونات البرنامج

يتكون البرنامج، من المجموعات البحثية التالية:

● مجموعة المعالجة بالإشعاع

تعني المجموعة بالمجالات البحثية التالية:

❋ المعالجة الإشعاعية للمواد البوليمرية:

ومن مشاريعها البحثية مايلي :ـ

ـ تصنيع المنتجات البوليمرية :

ويتم ذلك نتيجة تفاعلات الربط (Crosslinking) أو التفكك (Scission)، حيث تنفذ المجموعة المشاريع التالية:

١ـ تحسين الخواص الميكانيكية والمناعية للعوامل البيئية لمطاط الستايرين بيتادين، والإيثلين بروبلين دايمين مونمر، والنيوبرين، والمطاط الطبيعي بإستخدام الأشعة المؤينة، وذلك بالتعاون مع شركة أميانتيت لصناعة المطاط المحدودة، ويهدف المشروع إلى توعية الصناعات السعودية بمميزات المعالجة بالإشعاع وإمكانية تطبيقها تجارياً على منتجاتها.

٢ـ تطوير صيغات مقاومة للحرارة والإحتراق من مادة البولي إيثلين المستخدمة كعوازل في الأسلاك الكهربائية بإستخدام المعالجة بالإشعاع، وذلك بالتعاون مع شركات الكابلات الوطنية ومنتجي المواد البلاستيكية في المملكة والخليج العربي. ويهدف المشروع إلى تطوير كابلات بمميزات عالية في مناعتها للحرارة والإحتراق وإبراز دور الإشعاع في التصنيع.

٣ـ دراسة جدوى إقتصادية أولية حول إستخدام النفايات في الصناعة، وذلك بالتعاون مع عدة جهات حكومية وشركات وطنية متخصصة في إعادة تدوير المواد، ويهدف المشروع إلى إبراز جدوى إستخدام النفايات، وإيجاد حلول عملية لإستغلال الصناعة الوطنية لها.

٤ـ تحسين مناعة البولي إيثلين للأشعة فوق البنفسجية بإستخدام المثبتات الكيميائية والمعالجة بالإشعاع، وذلك بالتعاون مع شركة سابك. وتم من خلال المشروع تطوير تركيبات مختلفة لمادة البولي إيثلين المصنع من قبل شركة سابك تتميز بمناعتها للأشعة فوق البنفسجة.

ـ تعقيم المنتجات الطبية البلاستيكية :

ومن أهم المشاريع البحثية مايلي : ـ

١ـ دراسة تأثير مضادات الأكسدة على مناعة البولي بروبلين المستخدمة في صناعات الحقن الطبية المعقمة بالإشعاع، وذلك بالتعاون مع شركات المنتجات الطبية الوطنية، ويهدف المشروع إلى إختيار أفضل مضادات الأكسدة المصنعة حديثاً

لأجل استخدامها في تصنيع المنتجات الطبية البلاستيكية المعقمة بالإشعاع أو بالطرق التقليدية الأخرى.

٢ـ دراسة صيغات طبية مختلفة من مادة البولي بروبلين المعقم بالإشعاع ، من ناحية الشفافية ومدة التخزين ، وذلك بالتعاون مع شركة الشفاء لصناعة الحقن الطبية. وتم خلال المشروع تطوير صيغات مختلفة ذات شفافية متميزة ومناعة للإشعاع وتأثيراته خلال التخزين.

ـ البلمرة والاستزراع (Grafting) : ومن المشاريع التي تم تنفيذها «دراسة إمتصاص المعادن بواسطة الهيدروجيلات المحضرة بالأشعة المؤينة»، وذلك بالتعاون مع القطاعات الحكومية المعنية. ويهدف المشروع إلى تطوير هيدروجيلات بلاستيكية مبلمرة بالإشعاع ، بغرض إستخدامها في عمليات لتنقية من المعادن ، أو عمليات إستخلاص لمعادن من المياه الملوثة أو مياه البحر.

*** تطوير المواد :** وتهدف مشاريعها البحثية لي إستغلال الإشعاع في معالجة المركبات لبلاستيكية المقواة بالألياف المختلفة ، وكذلك ي عمليات تكسية المعادن بالمواد البوليمرية ، يتم في هذه المرحلة توفير التجهيزات لعملية اللازمة وتنمية الخبرات الوطنية .

*** ضبط الجودة :** وتقوم المجموعة من خلاله بتقديم خدمات معايرة الصناعات تي تستخدم الإشعاع في عمليات التعقيم غيرها وإجراء دراسات توزيع الجرعات إشعاعية في المنتجات داخل خطوط إنتاج. وعليه فقد تم تأسيس مختبر معايرة انوي (Secondary) مزود بالأجهزة علمية والمواد اللازمة ، وهناك توجيه لربط ختبر بالمختبرات العالمية المعنية بالمعايرة رئيس (Primary) للإشعاع .

مجموعة حماية البيئة وتنمية الموارد الطبيعية

تعني المجموعة بمجالات بحثية كالتالي:

أبحاث الأغذية : ويتم من خلاله توعية صناعات الأغذية بجدوى ومميزات حفظ غذية بالإشعاع ، وتقديم المشورة في الة الرغبة في تطبيق هذه التقنية تجارياً ي المملكة ، وفي هذا الخصوص تم الإنتهاء تنفيذ مشروع الكشف عن الأغذية شعة التي تحوي عظاماً . حيث أمكن داد المواصفة السعودية الأولى لآلية شف عنها مثل الدواجن والأسماك لحوم ، ويجري هذا العمل بتطوير طرق نشف عن المواد الغذائية الأخرى مثل الفواكه والخضراوات والتي يتم تشعيعها صناعياً على مستوى العالم .

*** أبحاث الملوثات البيئية والمياه :** وفيه تنفذ المجموعة مشروع «دراسة تأثير الإشعاع في تنقية مياه الصرف الصحي من المواد الكيميائية والفيروسات الضارة بالبيئة والإنسان» ، وذلك بالتعاون مع مصلحة المياه والصرف الصحي بالرياض ، ويهدف المشروع إلى إيجاد فهم لآلية قضاء الإشعاع على الفيروسات والمواد الكيميائية السامة في مياه الصرف الصحي ودراسة جدوى تطبيقها في المملكة من الناحية الفنية والاقتصادية .

مجموعة الاختبارات والتحليلات النووية

تعني المجموعة بمجالات بحثية كالتالي:

*** الفحوصات اللاإتلافية :** ويتم من خلالها دعم الصناعات الوطنية المستخدمة لتقنيات الفحوصات اللاإتلافية المختلفة ، وذلك بتزويدها بالمستجدات وتقديم المشورة العلمية، ويتم في هذه المرحلة تنفيذ مشاريع بحثية كالتالي:

١ـ تقدير أعمار العينات الأثرية بإستخدام جهاز قياس ذبذبة الإلكترون (ESR) ، وذلك بالتعاون مع وكالة الآثار بوزارة المعارف وقسم علوم الآثار بجامعة الملك سعود، ويهدف المشروع إلى ترسيخ الخبرات في إستخدام جهاز(ESR) ـ اختبار لا اتلافي ـ في عمليات تقدير أعمار العينات وتقديم خدمات التقدير للجهات المعنية.

٢ـ «تقييم وتطوير الفحوصات اللاإتلافية في المملكة» وذلك بالتعاون مع الشركات الوطنية التي تستخدم التقنية، وكذلك الشركات التي توفر خدمة الفحوصات اللاإتلافية. ويهدف المشروع إلى وضع تصور عن الإمكانات البشرية والمعملية المتواجدة وتطويرها من خلال القيام بورشة عمل يشارك فيها مختصون عالميون بالمحاضرات والممارسة.

*** التحليل بالتنشيط النيوتروني :** ويتم من خلاله تحديد وتقدير كميات العناصر الموجودة في العينات الخام ، وفي إجراء البحوث في تقدير العناصر ذات التراكيز المنخفضة جداً ، ويتم تنفيذ دراسة لتأسيس مختبر للتحليلات النووية وتوفير مصدر للنيترونات لهذا الغرض.

*** مقتفيات الأثر :** ويتم من خلاله دعم الصناعات الوطنية المستخدمة لتقنيات مقتفيات الأثر الإشعاعية ، وذلك بتزويدها بالمستجدات وتقديم المشورة العلمية.

مجموعة تقنية الإشعاع المتطورة

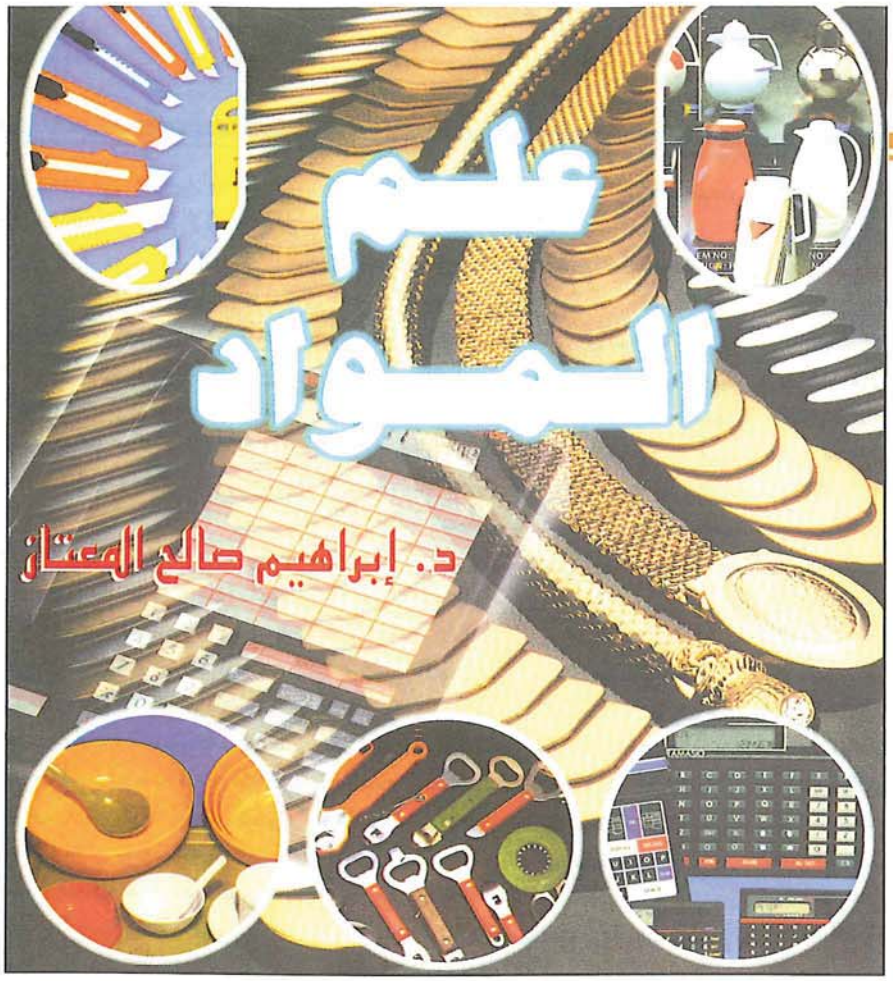
تعني المجموعة بمجالات بحثية كالتالي:

*** أبحاث تطوير مواد جديدة :** وسيتم من خلالها إجراء البحوث التطبيقية التي تبرز إمكانية إستخدام الأيونات الخفيفة والثقيلة في تطوير مواد جديدة بمميزات فائقة مثل درجات ذوبان مرتفعة جداً أو صلابة تفوق صلابة الحديد عدة مرات ، وذلك للإستخدام في الصناعات المتقدمة. وفي هذا المرحلة تعمل المجموعة على استقطاب الكوادر البشرية الوطنية للتخصص من خلال إستكمال الدراسات العليا في هذا المجال.

*** أبحاث التقنية الحيوية :** وستتركز حول التطبيقات الحيوية للمواد المصنعة بشعاع الأيونات المختلفة.

*** هندسة شعاع الأيونات :** وستتركز على إختيار أفضل معجلات الأيونات والعمل على تطويرها بما يلائم التطبيقات المهمة للمملكة ، ويتم تنفيذ دراسة بعنوان » تأسيس مختبر معجل الأيونات»وذلك بالتعاون مع الجهات العلمية من جامعات ومراكز بحوث وطنية وعالمية ، وتهدف الدراسة إلى إختيار معجل الأيونات الأنسب للبحوث التطبيقية في هذا المجال.

● وحدة تشعيع بالكوبلت ـ ٦٠ .



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.

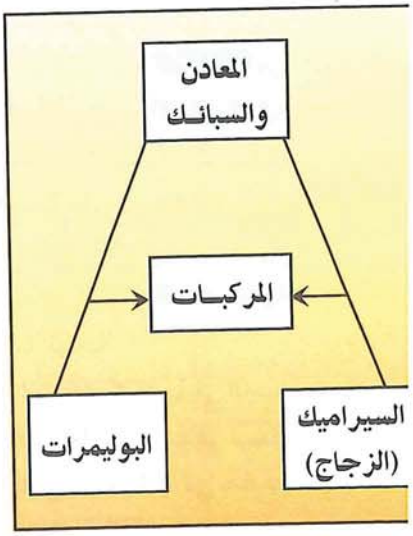
لقد شاع خطأً استعمال لفظ معدن مقابل الكلمة الإنجليزية (Metal) ،التي تعني فلز وهي المواد المصنوعة من الفلزات وسبائكها ، إن لفظ معدن يقابل في الإنجليزية كلمة (Mineral)، وهي عبارة عن مركبات لعناصر فلزية تنتج عن اتحاد الفلزات مع العناصر المختلفة مكونة الأكاسيد أو الكبريتات أو الكبريتيدات أو الكربونات أو 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 ٢٠٠مْ ، 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.

● إحدى منتجات المواد البوليمرية.

الأغشية

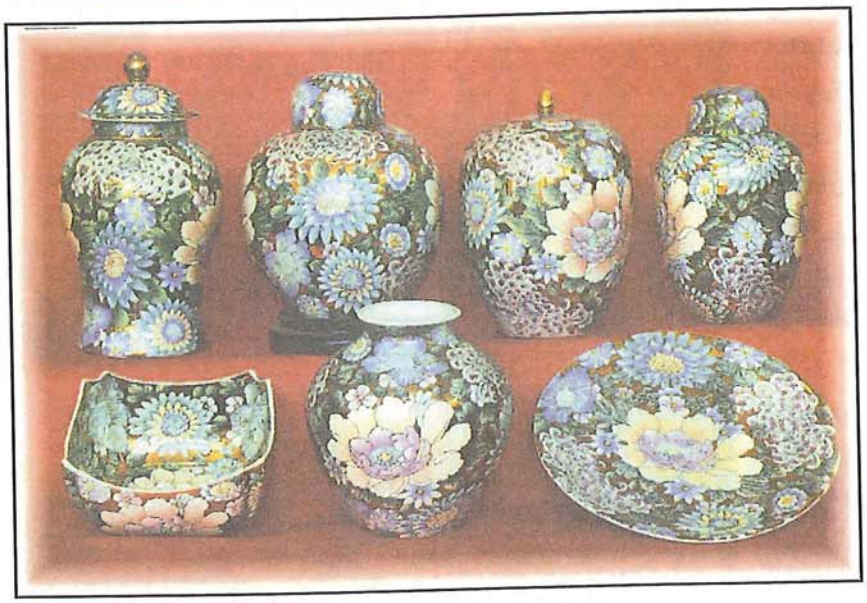
استخدمت البوليمرات الأيونية في معالجة وتنقية المياه ، وذلك لما لها من خاصية التبادل الأيوني مع الأملاح المذابة في الماء ، إذ تعمل بوليمرات التبادل الأيوني القاعدية على مبادلة الأيونات السالبة المذابة في الماء في حين تقوم بوليمرات التبادل الأيوني الحامضية بمبادلة الأيونات الموجبة.

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 ،

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 لكل ضغط جوي واحد زيادة على ضغط لتناضح. و تستخدم أيضاً أغشية من خليط من ثنائي وثلاثي خلات (أسيتات) لسيليلوز ، إضافة إلى الأغشية لمركبة والتي لها قدرة كبيرة لمقاومة لكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا) تعمل عند مدى واسع من الأس الرقم) الهيدروجيني يتراوح عادة ين ٢ إلى ١٢ .

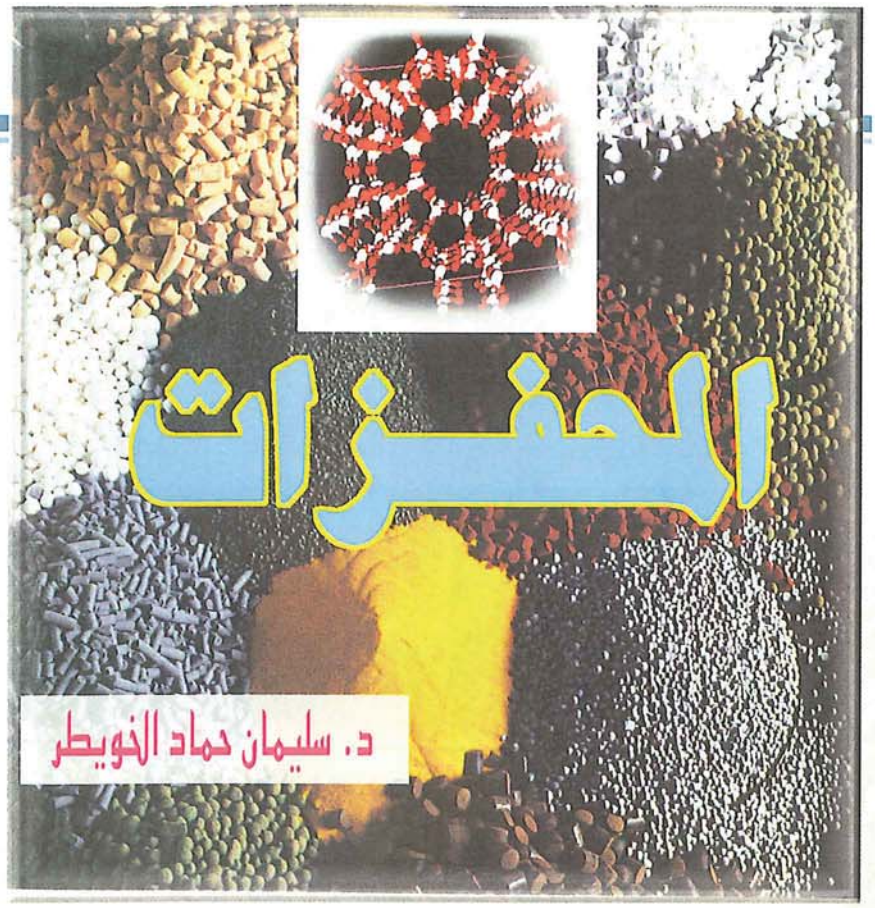
الخزف

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



● أشكال مختلفة من الخزف.

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 .



المحفزات

د. سليمان حماد الخويطر

المادة المحفزة عبارة عن مادة كيميائية تضاف بكميات قليلة للتفاعل الكيميائي بهدف تسريعه دون أن تتغير خواصها الكيميائية رغم إمكانية حدوث تغيرات في خواصها الفيزيائية . وتسرع المادة المحفزة التفاعلات القابلة للحدوث من الناحية الحركية الحرارية (Thermodynamic) ولا تستطيع أن تغير من موضع الإتزان في حالة التفاعلات العكسية لأن الفعل الحفزي يسرع التفاعلات الأمامية والعكسية بنفس المقدار ، ومن ناحية أخرى،ليس بالضرورة لمحفز ما أن يحفز بالتساوي جميع أو بعض التفاعلات المحتملة في مزيج التفاعل . ولكن بالبحث عن محفز مناسب يمكن استخدامه لتسريع تفاعل مرغوب به انتقائياً ، وتعد المواد المحفزة هي المسؤولة عن هذه الانتقائية والفعل الموجه وكذلك تسريع التفاعلات الكيميائية في الصناعة .

يعود استخدام المواد المحفزة إلى عام ١٨٣١م حيث استُخدم البلاتين في عملية أكسدة ثاني أكسيد الكبريت إلى حامض الكبريت ، وفي عام ١٨٣٨م استُخدم البلاتين أيضاً في عملية أكسدة النشادَر (الأمونيا) إلى حامض النيتروجين ، كما شهد عام ١٨٩٧م استخدام النيكل لهدرجة الايثيلين ، وفي عام ١٩٠٢م استخدم النيكل والكوبالت لتصنيع الميثان من أول أكسيد الكربون والهيدروجين ، أما في عام ١٩٢٠م فقد استخدم اكسيد الفناديوم لأكسدة البنزين والنفثالين للحصول على بلاماء حامض الماليئيك وبلا ماء حامض الفثاليك ، وتتالت بعد ذلك الصناعات الكيميائية التي تقوم على استخدام أنواع لا تعد ولا تحصى من المواد المحفزة وما زالت تتطور إلى يومنا هذا بعد اكتشاف النفط .

تصنيف عمليات الحفز

تصنف عمليات الحفز إلى ما يلي :-

● حفز غير متجانس

الحفز غير المتجانس هو حفز يكون فيه طور المحفز مختلف عن طور المواد المتفاعلة، إذ يمكن أن يكون المحفز صلباً في حين تكون المواد المتفاعلة غازية أو سائلة . ومن المواد المحفزة غير المتجانسة الشبك السلكي(Wire Gauze) المصنوع من البلاتين والروديوم المستخدمة صناعياً في أكسدة النشادر إلى أكسيد النيتروجين ، والنيكل على داعم من الكيسيلجر (Kieselguhr) المستخدمة في هدرجة الزيوت، وسيليكات الألمنيوم المستخدم في عمليات تكسير المشتقات البترولية.

● حفز متجانس

الحفز المتجانس عبارة عن حفز يكون فيه طور المحفز من نفس طور المواد المتفاعلة، أي أن المحفز يكون غازاً في تفاعلات الغازات ويكون سائلاً في تفاعلات المحاليل .

ومن الأمثلة على ذلك تحول النشاء إلى سكر بوجود الأحماض وتفكك فوق أكسيد الهيدروجين بوجود أيونات الحديديك ، وأملاح المعادن الانتقالية الذوابة في الهيدروكربونات المستخدمة في عملية أكسدة المركبات الهيدروكربونية في الطور السائل .

● حفز إنزيمي

الإنزيمات عبارة عن جزيئات بروتينية بحجم الدقائق الرغوية. وتسمى التفاعلات الإنزيمية كمواد محفزة بالتفاعلات الكيميائية الحيوية أو الحيوكيميائية (Biochemical Ractions)، وهي تتميز بفعاليات وانتقائيات كبيرة جداً، فعلى سبيل المثال يمكن تفكيك فوق أكسيد الهيدروجين بالإنزيم بمعدل أسرع بكثير من معدل تفككه بمحفز لا عضوي قد يصل إلى ٩١٠ ضعف.

مما يجدر ذكره أن المحفزات الإنزيمية تنال في الوقت الحالي اهتماماً كبيراً في الصناعة لما لها من قدرة على تحمل الظروف القاسية.

تصنيف المواد المحفزة

تصنف المواد المحفزة وفق المجموعات التالية :-

● الفلزات والخلائط والمركبات المعدنية

يمكن تفصيل هذا النوع من المحفزات فيما يلي :-

* الفلزات : وتتصف جميعها بأنها تتفاعل بعنف مع الأكسجين والماء حيث تبقى الفلزات الثمينة - مجموعة البلاتين مثل الذهب والفضة والبلاتين - تحت ظروف

أكسـدة معينة في حـالاتها الفلزية لأنها تشكل أكاسيد غير ثابتة ، أما عند ظروف أخرى فـإن الفلزات الانتـقـالـية(*) وغيـر الانتـقـالـية(**) تشكل أكـاسـيـد قـابلة للاختزال بحيث يمكن استخدامها كمواد محفزة فلزية.

تعتمد الفعالية الحفزية للفلزات في تفـاعـلات الأكـسـدة والاخـتـزال على خصائص الامتزاز الكيميائي ، وبشكل عام تزداد الفعالية من اليسار نحو اليمين في الأدوار من ٤ إلى ٦ في مجموعة الفلزات الثـامنة أ (VIIIA) في الجـدول الدوري . فعلى سبيل المثال ، تعزى فعالية الهدرجة لمجموعة (VIIIA) إلى الإمتزاز المعتـدل للمواد المتفاعلـة على سـطح الفلز ، ومع فلزات المجـمـوعـتين (VA) و (VIA) ، فـإن روابط الإمتـزاز قـوية جداً وتسـمح بتـفاعل سـريع. ومن ناحـية أخـرى فـإن معادن فلزات المجموعة الأولى (IB) تظهر إمتزاز كيميائي قليل للهيدروجين .

* **الخلائط :** وهي عبارة عن مزيج من فلز فعال حفزياً مع فلز آخر فعال أو غير فعال يمكن أن يزيد أو ينقص من الفـعـالـيـة . وتستـخدم هذه الأنواع من مزائج الفلزات لتحسين فعالية أو انتقائية المادة المحفزة المعدنية . ويبين الجدول (١) أمثلة على أهمية خلط بعض أنواع المحفزات الفلزية بفلزات أخرى .

وتستخدم الخلائط الفلزية في بعض الحالات كمواد محفزة صناعية على شكل مسحوق أو حبيبات أوشبكة (Wire Gauze)، ولكن في أغلب الأحيان تبعثر على أو مع مواد داعمة (Supports) .

* **المواد الداعمة (Supports) :** وهي المواد التي تتـوضع عليـهـا المواد الـفـعـالة ويكونالهدف من اسـتـخـدامـهـا تحسين مـردود العـملـية الحـفـزية من الناحـية الاقـتـصـادية وذلك للحـصـول على أعلى فعالية وانتقائية في كل وحدة كتله من الفلز الفعال ، وأفضل مقاومة للتثبيط الحراري والتسمم . وتعتمد المادة المحفزة المدعمة على تركـيـز الفلز وعلى المادة الداعـمـة وطريقة الاستخدام .

وتتمتع المواد الداعمة بدرجة انصهار مرتفعة، ومسامية عالية، وخصائص ميكانيكية ثابتة، ووظائف ثنائية فعالة، ويوضح الجدول (٢) أهم المواد الداعمة المستخدمة في صناعة المحفزات .

* **المثبطات :** ويمكن استخدامها لتحسين انتقائية المحفزات الفلزية ، حيث يمكن تثبيط التفاعلات غير المرغوب بها باضافة مثبطات. فعلى سبيل المثال يضاف ثنائي كلوروايثان ، في عملية أكسدة الايثيلين لانتاج أكسيد الايثيلين على محفز من الفضة لتثبيط تفاعل احتراق الايثيلين إلى غاز ثاني أكسيد الكربون. كما أن إضافة فلز فعال أو غير فعال إلى آخر تؤدي إلى تثبيط التفاعل غير المرغوب به أو تسريع التـفـاعل المرغوب به . ويمكن تـثبيط بعض أنواع التفاعلات أيضاً بإضافة بعض أنواع أكاسيد الفلزات القلوية ، فعلى سبيل المثال ، يضـاف ٠,٠١٪ مـول من أحـد أنواع أكاسيد الفلزات القلوية إلى الفضة لتحسين إنتقائيته وفعاليته في عملية أكسدة الايثيلين وذلك بتثبيط بعض التفاعلات الثانوية .

* **المواد المنشطة :** وتستخدم عادة بكميات قليلة للحصول على فعاليـة أو انتقائيـة

المادة المحفزة	الفلز المضاف	التفاعل	تأثير خلط الفلزات
البلاتين	٥ ـ ٢٠٪ روديوم	أكسدة النشادر	مردود أعلى من أول أكسيد النيتروجين وخفض نسبة فقدان معدن البلاتين
الفضة	الذهب	أكسدة الإيثيلين	تحسين نسبة انتقائية أكسيد الإيثلين
الفضة	١٠٪ ذهب	أكسدة الكيومين	مردود أعلى من هيدروبيروكسي الكيومين
البلاتين	جرمانيوم، قصدير، إنديوم، جاليوم	نزع الهيدروجين وتكسير الإلكانات	خفض نسبة الكربون المتشكل على سطح المادة المحفزة وفترة حياة أطول لها
البلاتين	رصاص ، نحاس	تفـاعـلات تحلق وتعطير الإلكانات	مردود أعلي من العطريات
ـ البلاتين ـ البلاديوم ـ الإيريديوم	ذهب	نزع الهـيـدروجين بالأكسدة من الألكانات	تحسين الانتقائية
الإيريديوم	ذهب ، فـضـة ، نحاس	إعـادة التـشـكيل الحـفـزي للألكانات وحلقي الألكانات	مـردود أعلى من العطريات عند درجة حرارة أعلى من ٥٠٠°م

● جدول (١) أهمية خلط بعض المحفزات الفلزية بفلزات أخرى .

النوع	الأكسيد	درجة حرارة الانصهار(°م)
١ـ قاعدية (Alkaline)	Mgo	٢٠٧٣
	CaO	٢٨٥٣
	Ca_2SiO_4	٢٤٠٧
	BaO	٢١٩٦
	Ca_3SiO_5	٢١٧٣
٢ـ ازدواجية (Amphoteirc)	ThO_2	٢٣٢٣
	CrO_2	٢٩٨٨
	CeO_2	٢٨٧٣
	Cr_2O_3	٢٧٠٨
	α-Al_2O_3	٢٥٨٨
	TiO_2	٢٣١٨
٣ـ متعادلة (Neutral)	$MgAl_2O_4$	٢٤٠٨
	$MgCr_2O_4$	٢٣٠٠
	$ZnCr_2O_4$	٢١٧٣
	$ZnAl_2O_4$	٢١٠٠
	$CaSiO_3$	١٨١٣
٤ـ حامضية (Acidic)	α-Al_2O_3	٢٣١٨
	SiO_3	١٩٧٣
	SiO_2-Al_2O_3	١٨١٨

● جدول (٢) الأكاسيد عالية درجات الانصهار والمستخدمة كمواد داعمة .

(*) تشمل الذهب (Au) والفضة (Ag) والبلاتين (Pt) والنحـاس (Cu) والنيكل (Ni) والبـلاديوم (Pd) والإيريديوم (Ir) والكوبالت (Co) والأوسميوم (Os) والروثنيوم (Ru) والحديد (Fe) والرينيوم(Re) والتنجستن (W) والموليبدنوم (Mo) .

(**) الثرولـيوم (Te) والسيلينيوم (Se) والبيزووث (Bi) والانتـمـون (Sb) والزرنيخ(As) والرصاص (Pb) والقصـدير (Sn) والزئبق (Hg) والكادمـيوم (Cd) والخارصين (Zn).

أو ثباتية مرغوب فيها ، كما يمكن أن تضاف إلى المواد الداعمة لتثبيط فعالية غير مرغوب فيها مثل تشكيل الكوك، ويوضح الجدول (٣) أهم المواد المنشطة الشائعة الاستخدام في العمليات الصناعية الأساسية .

*** المركبات الفلزي (Intermetallic compounds):** وهي عبارة عن مجموعات من المعادن - مثل(Fe Ti)، و(LaNi5) و(CeCo3) ، تتصف بامتزاز كيميائي مرتفع للهيدروجين ، لذلك فهي تستخدم في عمليات الهدرجة ، وتصنيع النشادر ، والمَثْيَنَة (Methanation) وتماكب الألكانات.

*** الأكاسيد الفلزية :** وهي عبارة عن أكاسيد فلزية من بعض عناصر المجموعة الثانية والثالثة والرابعة والخامسة والعناصر الانتقالية وعناصر مجموعتي اللانثانيوم والأكتنيوم . وتنقسم هذه الأكاسيد إلي مجموعتين هما:-

- أكاسيد عازلة (Insulators) : وتستخدم كمواد داعمة وكمواد محفزة للتفاعلات القاعدية ومنها أكاسيد العناصر غير الانتقالية مثل

BaO, SrO , P_2O_5 , SiO_2 , SiO_2, Al_2O_3 , B_2O_3 , BeO.

- أكاسيد شبه موصلة (Semiconductors) : وهي مواد محفزة فعالة بشكل خاص لتفاعلات الأكسدة والاختزال التي تتجاوز فعاليتها فعالية البلاتين والبلاديوم والفضة، ويمكن أن تحفز القليل من التفاعلات الحامضية - القاعدية نظراً لأنها تتصف بخصائص حامضية ، ومن أهمها ما يلي : -

المادة المحفزة	المادة المنشِّطة	وظيفتها
١- Al_2O_3 (مادة داعمة ومحفز)	SiO_2,Zr,P K_2O HCl MgO	تحسين الثباتية الحرارية تسمم مراكز التكويك (تشكل الكوك) زيادة الحامضية إعاقة تمركز المكون الفعال
٢- SiO_2-Al_2O_3 (مادة عمليات التكسير)	Pt	زيادة أكسدة (Co)
٣- الزيولايت (محفز عمليات التكسير)	أيونات المعادن الأرضية النذرة Pd	زيادة الحامضية والثباتية الحرارية زيادة الهدرجة
٤- Pt/Al_2O_3 (إعادة التشكيل الحفزي)	Re	تخفيض التحلل بالهيدروجين والتمركز (Sintering)
٥- MoD_3/Al_2O_3 (المعالجة بالهيدروجين)	Ni,Co P, B	زيادة التحلل بالهيدروجين لـ C-S, C-N زيادة تبعثر MoO_3
٦- داعم خزفي/Ni (إعادة التشكيل)	K	زيادة إزالة الكربون
٧- Cu-ZnO-Al_2O_3 (إزاحة عند درجات حرارة منخفضة)	ZnO	تقليل تمركز Cu

● جدول (٣) بعض أنواع المواد المنشِّطة في العمليات الصناعية الأساسية.

(أ) أكاسيد عناصر انتقالية : وتتضمن ما يلي :

- نوع (n) : ومنه UO_3, WO_3, HfO_2, Ta_2O_5, MoO_3, Nb_2O_5, ZrO_2, Fe_2O_3, V_2O_5, TiO_2, Sc_2O_3 .

- نوع (p) : ومن أهمه: Cu_2O, NiO , CoO, FeO, MnO , Cr_2O_3 .

- أكاسيد جوهرية (Intrinsic) مثل : - CuO. Co_3O_4, Fe_3O_4.

(ب) أكاسيد ذاتية غير انتقالية من نوع (n) : Bi_2O_5, PbO_2, HgO, Sb_2O_5, SnO_2, CdO, As_2O_5, GeO_2, ZnO.

وتستخدم مثل هذه الأنواع من الأكاسيد في العديد من الصناعات البترولية والبتروكيميائية التي من أهمها : أكسدة البروبين إلى الأكروليئين ، وتفاعلات التحلق والتعطير مثل تحويل البروبين إلى بنزين و ١ ، ٥- هكسادايئين ، والتكسير الحفزي للألكانات ،والإماهة مع التكسير للأوليفينات ، وأكسدة البنزين إلى بلا ماء حامض الماليئيك ، وأكسدة النفثالين إلى بلا ماء حامض الفثاليك وغيرها من التفاعلات الأخرى.

*** الأكاسيد الثنائية (Binary Oxides) :** وتحتوي على مجموعات من أكاسيد الحديد أو الكوبالت أو النيكل أو النحاس أو الخارصين مع أكاسيد الكروم أو الموليبدنوم أو التنجستن ، وتستخدم بعض أنواع هذه المجموعات صناعياً في عمليات أكسدة الميثانول إلى الفورم الدهيد والهدرجة الإنتقائية ، ونزع الهيدروجين الإنتقائي ، وعمليات نزع الكبريت والنيتروجين والأكسجين ، وصناعة الميثانول وغيرها من العمليات الأخرى .

● الأملاح

تشمل الأملاح المستخدمة في عمليات التحفيز ما يلي : -

*** الهاليدات :** وتشمل العديد من الكلوريدات من أهمها ما يلي : -

- كلوريد الألمنيوم : وهو أكثر المواد المحفزة استخداماً كحامض لويس المستخدم في العديد من الصناعات البترولية والبتروكيميائية مثل تفاعلات الألكلة والتماكب وإعادة الترتيب و البلمرة . ومن أهم المواد البتروكيميائية الوسطية التي يمكن صناعتها باستخدام كلوريد الألمنيوم هي: إيثيل البنزين ، ٢، ٣ – ثنائي ميثيل البوتان ، الأيزوبوتان ، والمطاط البوتيلي وغيرها .

- ثلاثي ورباعي كلوريد التيتانيوم : ويستخدم في بلمرة زيغلر - ناتا للايثيلين والبروبلين .

- كلوريد النحاس : ويستخدم في عمليات الأكسدة المكلورة (Oxychlorination) حيث يضاف إليه كلوريد البوتاسيوم وذلك لتقليل تطايره بتشكيل أيونات من ($CuCl_4$) ولزيادة امتصاص الأكسجين ولمنع تشكل سلسلة بوليمرية غير فعالة من ($CuCl_2$).

*** الكبريتات :** ومن أهمها كبريتات الألمنيوم وكبريتات النحاس اللذان يستخدمان في تماكب الرابطة المضاعفة . وكبريتات البوتاسيوم المستخدم مع حفاز أكسيد الفناديوم لأكسدة ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت ،

● أحد المحفزات المستخدمة في التفاعلات الكيميائية .

والنفثالين إلى بلا ماء حامض الفثاليك .

* **الفوسفات :** ومن أمثلتها فوسفات النيكل كالسيوم $Ca_8Ni(PO_4)_8$ الذي يستخدم في عملية نزع الهيدروجين من البيوتين . كما وتستخدم بعض أنواع الفوسفات الفلزية الأخرى في عمليات الأكسدة والتعطير (Aromatization) . ومن أهم الفوسفات المستخدمة في بعض الصناعات البتروكيميائية فوسفات الألمنيوم ($AlPO_4$) التي تعمل كمحفز حامضي مع الزيوليتات .

● الكبريتيدات

الكبريتيدات عبارة عن مركبات كبريتية فلزية مثل كبريتدات النيكل والكوبالت والحديد والمولبيدنوم والتنجستن ، وتتصف الكبريتدات بخصائص حامضية شبه موصلة وبالتالي فإن لها تطبيقات في كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال والتفاعلات التي تحتاج الى تحفيز حامضي ، ولكنها تبدي فعالية قليلة عند درجات حرارة أقل من ٢٠٠ـ ٢٥٠م ولها تطبيقات هامة في هدرجة الفحم السائل لحتوى على كميات من الكبريت وكذلك في زالة الشوائب الكبريتية والنيتروجنية من بترول وذلك بالمعالجة بالهيدروجين .

وبمقارنة محفزات الكبريتيدات مع لحفزات الأخرى فإن الأولى تتسمم شكل أسرع وذلك بسبب تشكل الكحول لى سطحها .

تستخدم كبريتيدات المجوعات الفلزية ثل كبريتيدات نيكل ـ موليبدنوم ، كوبالت ـ موليبدنوم ، نيكل ـ كوبالت ـ موليبدنوم ونيكل تنجستن على مواد داعمة مثل الألومينا والسيليكا أو مجموعة من الألومينا والسيليكا في المعالجة بالهيدروجين والتكسير بالهيدروجين للسوائل المشتقة من الفحم وبقايا التقطير الأسفلتية . كما تلائم هذه الأنواع من المحفزات عمليات نزع الكبريت من الغاز الطبيعي والمشتقات النفطية الخفيفة وغاز الاصطناع الناتج من إعادة التشكيل البخاري .

● الأحماض

يتضمن هذا النوع من المحفزات الأكاسيد الصلبة لعناصر الدورة الثالثة من الجدول الدوري ، وهي أكسيد الصوديوم وأكسيد المغنيسيوم وأكسيد الألمنيوم وأكسيد السيليكون وأكسيد الفوسفور . وتبدي هذه المحفزات انتقالاً من الصفة القاعدية الازدواجية (Amphoteric) إلى الحامضية.

تزداد الصفة الحامضية لمثل هذا النوع من المحفزات عند مزجها مع أكاسيد أخرى يكون فيها عدد الأكسدة مختلف ، ويعتمد ازدياد الصفة الحامضية على نوع الأكاسيد الممزوجة ونسبة كل أكسيد في المزيج ، ونظراً لثباتيتها الحرارية فإنها تستخدم عند درجات حرارة مرتفعة وخصة في الصناعات البترولية .

يمكن الحصول على هذه الأكاسيد صناعياً أو طبيعياً ، وكمثال على ذلك الزيولايت الذي هو عبارة عن ألومينوسيليكا ($M_{2/n}O, Al_2O_3, SiO_2$) وماء (H_2O) حيث (n) تكافؤ الفلز.

وهناك أنواع أخرى من المحفزات الحامضية الصلبة مثل حامض الكبريت وحامض الفوسفور المدعم (المحمّل) على هلام السيليكا (Silica Gel) أو الكيسيلجر (Kieselguhr) ، وهاليدات الألمنيوم والبورون المحملة على داعم ، والأحماض المتعددة غير المتجانسة (Heteropoly Acids)، ومبادلات أيونية عضوية .

● القواعد

تشتمل محفزات القواعد الصلبة على أكاسيد وهيدروكسيدات وكربونات وسيليكات لفلزات قلوية أو فلزات قلوية ترابية وكذلك هيدريداتها وأميداتها ، والمبادلات الأيونية العضوية .

تعد التطبيقات الصناعية لمثل هذه المحفزات قليلة جداً ، ومن أهم استخداماتها ما يلي :

ـ تكاثف الأسيتون إلى ثنائي أسيتون الكحول، ويستخدم لذلك هيدروكسيد الباريوم أو هيدروكسيد الكالسيوم على داعم .

ـ تحويل ميثيل حلقي البنتين إلى ميثيل حلقي بنتادايئين وميثيل حلقي البنتان، ويستخدم لذلك فلز الصوديوم المحمّل على داعم .

ـ البلمرة الثنائية للبروبين إلى ٢ـ ميثيل البنتين ، ويستخدم في ذلك فلزات قلوية مدعمّة أو هيدراتها أو أميداتها .

ـ بلمرة البيوتادايئين ويستخدم فيها فلز الصوديوم المدعّم .

ـ ألكلة السلسلة الجانبية للتولوين ، ويستخدم لها فلز الصوديوم المحمّل على الألومينا.

● محفزات ثنائية الوظيفة

تستخدم المحفزات ثنائية الوظيفة (Bifunctional Catalysts) أو متعددة الوظائف ـ تتركب من محفزين أو أكثر ـ لتسريع جميع التفاعلات . فعلى سبيل المثال ، يجرى تماكب الألكانات، مثل البيوتان ، من خلال آلية أيون الكربونيوم ، التي يعتمد تشكلها على وجود كمية صغيرة من ألكين ويتطلب التماكب وجود محفز حامضي في حين يتطلب نزع الهيدروجين من الألكان وهدرجة الأوليفين مادة محفزة فلزية .

بالإضافة إلى ذلك تستخدم المحفزات ثنائية الوظيفة في عمليات إعادة التشكيل الحفزي والتكسير بوجود الهيدروجين . فعلى سبيل المثال ، يعمل أكسيد التيتانيوم أو أكسيد الكروم كمحفز حامضي أو كمحفز للهدرجة ونزع الهيدروجين وذلك بسبب تعدد حالات أكسدتهما.

ومن التفاعلات الأخرى التي تستخدم فيها محفزات ثنائية الوظيفة الأكسدة الانتقائية وأكسدة النشادر للبروبين على حفاز من أكسيد البزموث وأكسيد الموليبدنوم .

● معقدات التساند الفلزية

تستخدم معقدات التساند الفلزية (Metal Coordination Complexes) وخاصة الفلزات الانتقالية لتحفيز عدد كبير من التفاعلات مثل الهدرجة ، والبلمرة ، والهيدروفورملة والأكسدة ، والإضافة ، وتبدي مثل هذه المحفزات إنتقائية عالية حيث تذاب في وسط التفاعل ، وبناء عليه فإنها تستخدم كمحفزات متجانسة ويمكن فصل المنتجات من وسط التفاعل بسهولة . كما ويمكن استخدامها كمحفزات غير متجانسة أيضاً عندما تحمّل على داعم .

ومن أمثلة هذا النوع من المحفزات مايلي :

- **المحفزات** $[RuCl_6]^{2-}$ و $[Co(CN)_6]^{3-}$ **والمحفز** $[Co(CO)_4]^-$ و $Fe(CO)_5$ و $[Pt(SnCl_3)_5]^{3-}$ وتستخدم في عمليات الهدرجة .
- **المحفز** $[RhCl_2R_2]$ ويستخدم في عملية البلمرة الثنائية.
- **المحفزان** $[PdCl_4]^{2-}$ و $[FeH(CO)_4]$ ويستخدمان في عملية التماكب.
- **المحفز** $[Rh(CO)_2I_2]$ ويستخدم في عملية الكربلة (Carbonylation) .
- **المحفز** $[Co(CO)_4]$ ويستخدم في عملية الهيدروفورملة (Hydroformulation) .

صناعة المحفزات

بما أن المحفزات المتجانسة هي عبارة عن مركبات أو معقدات كيميائية فان فعلها الحفزي لا يعتمد على طريقة التحضير ، في حين المحفزات غير المتجانسة تتأثر صفاتها الحفزية بشكل كبيربكل خطوة من خطوات تحضيرها .

ويمكن أن يتم تحفيز التفاعل بواسطة المحفز دون الحاجة إلى مكون آخر يدعم عملية التفاعل ، ويطلق على المحفز في هذه الحالة بالحفز غير المدعم . وفي أحيان أخرى يتم التحفيز بمساعدة مادة داعمة وحاملة ـ (Support) ، وفي هذه الحالة تكون المادة الداعمة هي المادة الفعالة في التفاعل. و من أمثلة المواد الداعمة الكربون المنشط والألومنيا اللذين بسبب مساحتهما السطحية الكبيرة يعملان على تبعثر البلاتين والبلاديوم على أكبر مساحة ممكنة وبالتالي يتم زيادة فعاليتهما الحفزية .

تصنف المواد الداعمة إلى مواد داعمة طبيعية ـ مثل الأسبستوس والكولين والبوكسايت (Bauxite) ـ ومواد داعمة مصنعة التي من أمثلها الكربون المنشط وكربيد السيليكون والمغنيسيا والسيليكات المتنوعة .

تسمى المواد الداعمة ذات المساحة الكبيرة بالمواد المسامية الدقيقة (Micropor-ous) ، وتزيد المعالجة الحرارية لهذه المواد أبعاد المسام ودرجة التبلور والخمول الكيميائي ولكنها تعمل على تناقص المساحة السطحية ، ويمكن زيادة أحجام المسامات للأكاسيد التي تستخدم كمواد داعمة أو الكلسنة(Calcination) لأنواع معينة من الأكاسيد المميهة أو الهيدروكسيدات . فعلى سبيل المثال ، يمكن الحصول على مساحة سطحية كبيرة للألومينا من نوع جاما بواسطة الشوي المتدرج للألومينا ثلاثية التميه من نوع ألفا .

يتم تحضير المحفزات وفق طرق عديدة تتلخص فيما يلي :

● الترسيب

تتم عملية الترسيب بتحضير الراسب البلوري أو اللابلوري أو الهلامي (Gel) من أملاح المعادن المكونة للمحفز وبعد ذلك يتم إزالة الأيونات الغريبة مثل الكربونات والنترات والكربوكسيلات بواسطة التفكك الحراري أو غسيل الراسب أو الهلام بواسطة الماء ، حيث يمكن الحصول على محفز متجانس باختيار ظروف ترسيب مناسبة مثل حاصل الذوبانية وسرعات الترسيب ، بعدها يتم تحويل المحفز الصلب الرطب إلى محفز بشكله النهائي بواسطة التجفيف والتشكيل والشوي والتنشيط ، وتتنوع درجة تبلور وحجم جسيمات وتركيب الراسب أو الهلام بالتحكم بظروف الانتاج .

● التشرُّب

يعد الشرب من أكثر الطرق استخداماً لإنتاج المواد المحفزة ، ويتم ذلك بغمر الداعم المسامي في محلول من المكون الفعال ، مع إزالة المحلول الزائد بواسطة الإذابة أو الترشيح أو القوة النابذة . وللحصول على نسبة تشرب عالية تتم إزالة الهواء من مسامات المادة الداعمة عند درجة حرارة معينة وتحت الفراغ .

ومن فوائد هذه الطريقة مقارنة بطريقة الترسيب الحصول على محفزات مدعمة بمساحة سطحية ومسامية وحجم مسامات وشكل بلوري وقوة ميكانيكية تكون ملائمة لنقل الكتلة (Mass Transfer) ولظروف التفاعل في المفاعل . وتعد هذه العملية أكثر اقتصادية من طريقة الترسيب بسبب استخدامها لكميات قليلة جداً من المكون الفعال .

● الانصهار

يمكن تحضير بعض أنواع المحفزات المستخدمة في بعض العمليات الصناعية بواسطة الانصهار (Fusion)، فعلى سبيل المثال ، تحضر المحفزات المستخدمة في صناعة النشادر بواسطة صهر الماجنيتايت (Fe_3O_4) المحتوى على كميات قليلة من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) وأكسيد البوتاسيوم (K_2O) وأكسيد الكالسيوم (CaO) .

● التجفيف والكلسنة

تعتمد مسامية المحفز المترسب على اجراءات التجفيف المستخدمة لإزالة الرطوبة وماء الإماهة . وتؤثر ظروف التجفيف أيضاً على قوة ومدى قابلية تشكل المحفز إلى أشكال متعددة ، وبناءً عليه يجب التحكم في ظروف التجفيف مثل معدل التسخين ودرجة الحرارة وفترة التجفيف ومعدل تدفق الغاز فوق المحفز . وتجفف جسيمات المحفز بشكل عام في أجهزة تجفيف دوّارة ، أما إذا كان المحفز يتأثر بالاحتكاك فيتم تجفيفه

المـادة المحفزة	المنتـج والتفاعـل
Ni/Al_2O_3	إنتاج (H_2) و CO - إعادة التشكيل البخاري للميثان $H_2O + CH_4 \rightleftharpoons 3H_2 + CO$
أكاسيد Fe-Cr أو أكاسيد Cu-Zn	تفاعل انزياح الماء $CO + H_2O \rightleftharpoons H_2 + CO_2$
Ni	المثينة (Methanation) $CO + 3H_2 \rightleftharpoons CH_4 + H_2O$
Fe_2O_3 المنشط	صناعة النشادر $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 3NH_3$
Al,Mg,Ca,K	أكسدة SO_2 إلى SO_3
V_2O_5	أكسدة الأمونيا إلى NO $2NH_3 + 5C_2O \rightarrow 2NO + 3H_2O$
Ni/ سيراميك	تفكك النشادر $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$

● جدول (٤) أمثلة لمحفزات إنتاج المواد الكيميائية غير العضوية.

الكلسنة باستخدام تقنية التحلل الحراري (DSC) ، وحيود الأشعة السينية .

● الإختزال

يتم تحضير المحفزات المعدنية بواسطة إختزال أكاسيد أو كلوريدات المكون الفعّال للمحفز . وتتم عملية الاختزال باستخدام غاز الهيدروجين المخفف بغاز النيتروجين أو باستخدام أية عوامل مختزلة أخرى مثل بخار الكحول . بعد تجفيف المحفز في أفران عند درجة حرارة معينة وتحت ضغط مخفف .

● تشكيل المواد المحفزة

يعتمد شكل ودقائق المحفز على طبيعة التفاعل والمواد المتفاعلة ونوعية المفاعل المستخدم. فمثلاً تحتاج التفاعلات في الطور السائل الى محفزات على شكل دقائق صغيرة أو مسحوق ناعم لأن التفاعلات تحدث على أسطح دقائق المحفز .

أما المحفزات المستخدمة في مفاعلات الطبقة الثابتة فيتم تشكيلها بواسطة آلات خاصة إلى أشكال كروية أو أسطوانية مصمتة أو أسطوانية مفرغة أو حلقات أو على هيئة حبيبات بأحجام مختلفة .

التطبيقات الصناعية للمحفزات

تستخدم المواد المحفزة في العديد من الصناعات الكيميائية غير العضوية ، جدول (٤) ، والبترولية والبتروكيميائية، جدول (٥) .

على صوان أو أحزمة تجفيف خاصة . أما بالنسبة للمحفزات التي تكون على شكل سوائل فتجفف بطريقة التجفيف بالبخ (Sprydrying).

من جانب آخر تتم عملية الكلسنة بالمعالجة الحرارية بالأكسدة في الهواء الجوي عند درجة حرارة أعلى بقليل من درجة حرارة تشغيل المحفز . وتهدف الكلسنة إلى تثبيت الخصائص الكيميائية والفيزيائية والحفزية للمحفز ، تصاحب عملية الكلسنة عدة تفاعلات من أهمها ما يلي :

- تفكك وتحول المركبات غير الثابتة الى كاسيد مثل الكربونات والنترات والهيدروكسيدات والأملاح العضوية .
- تشكل مركبات جديدة من النواتج لتفككة عن طريق تفاعلات بالحالة صلبة .
- تحول المركبات اللابلورية إلى مركبات ورية .
- حدوث تحول عكسي لتغيرات بلورية تنوعة.
- تغّير بنية المسام والقوة الميكانيكية محفزات المترسبة . ويتم الحصول على اء جيد للمحفز بإيجاد طرق مثلى لعملية

المـادة المحفزة	العملية والمنتج
١- $Ni/SiO_2 - Al_2O_3$ ٢- $Ni-W/SiO_2-Al_2O_3$ ٣- زيولايت /Pd ٤- زيولايت ، $SiO_2-Al_2O_3$	التكسير الحفزي للمقطرات الثقيلة لإنتاج الجازولين ، الديزل ، زيوت تشحين ، وقود طائرات ، غازات .
Pt/Al_2O_3	إعادة التشكيل الحفزي للنفثا لإنتاج جازولين باكتان مرتفع، عطريات غاز مسيل ، هيدروجين.
HF أو H_2SO_4 (١٨-٣٥م)	ألكلة الأيزوبروبان مع أوليفينات C5-C3 لإنتاج الكانات متفرعة لرفع رقم الأكتان.
Al_2O_3/Pt (١٥٠ - ٢٥٠م)	تماكب نظامي البوتان أو البنتان أو الهكسان لإنتاج أيزوبوتان أو بنتانات وهكسانات متفرعة .
Pt/Al_2O_3 ZnO ، كروميت النحاس	نزع هيدروجين بالأكسدة لإنتاج الإلدهيدات والكيتونات من الكحولات .
Zno, - Cr_2O_3 Cu - Zno, Al_2O_3 Cu - Zno - Cr_2O_3	صناعة الميثانول
Ni/Al_2O_3	صناعة غاز الميثان

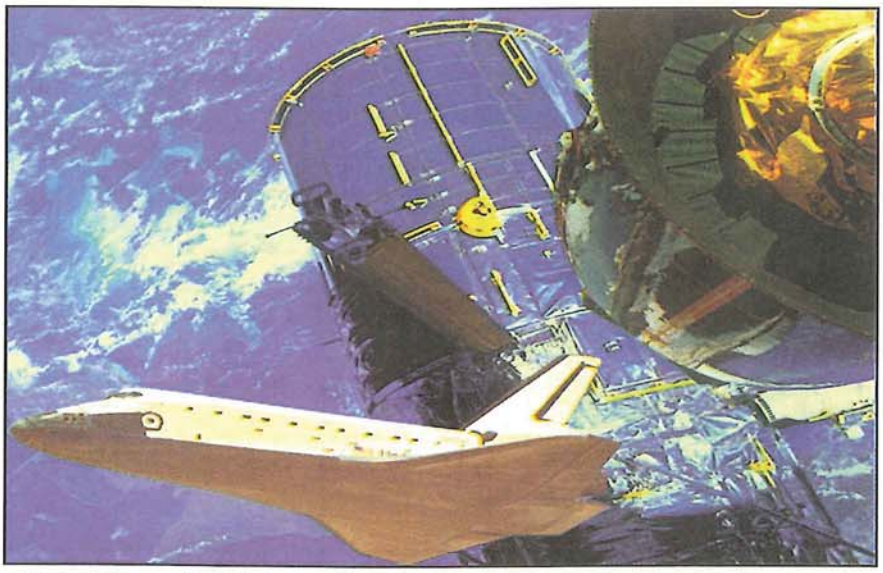
المـادة المحفزة	العملية والمنتج
$PdCl_2$ - $CuCl_2$	أكسدة في الطور السائل للعديد من المواد العضوية مثل: إيثيلين ← اسيت الدهيد بروبين ← أسيتون بنتين ← بيوتا نون إيثيلين + حامض الخل ← خلات فينيل
MoO_3-Fe_2O_3 أو Ag	أكسدة في الطور الغازي للكحولات إلى الدهيدات أوكيتونات
$TiCl_4 + Al(C_2H_5)_3$ Cr_2O_3/SiO_2 MoO_3/Al_2O_3	بلمرة الإيثيلين إلى بولي إيثيلين
$Ni(\text{اكريلونتريل})_2+PPh_3$	تحلق ٢- بيوتادائين إلى ١، ٥ حلقي أو كتادايين
Pt / داعم	هدرجة الدهيدات غير مشبعة إلى الدهيدات مشبعة
Pd/C	هدرجة نتريلات غير مشبعة إلى نتريلات مشبعة
Pd/Al_2O_3	هدرجة ثنائي أوليفينات إلى أوليفينات
Ni/داعم شبكة Ni(واني)	هدرجة البنزين إلى حلقي الهكسان
كروميت النحاس	هدرجة غير متناظرة لتحويل الدهيدات ← كحولات
Pa/C	اختزال مركبات النترو أمنيات

● جدول (٥) أمثلة لاستخدام المحفزات في الصناعات البترولية والبتروكيميائية .

السبائك

د. محمد عز الدهشان

السبيكة هي مزيج أو مخلوط من عنصرين أو أكثر شرط أن يكون أحدهما على الأقل فلزا ، وتحضر السبائك بصهر عناصرها بالنسب الوزنية المطلوبة في فرن بمعزل عن الهواء لتجنب أكسدة أي من مكوناتها ، ثم يصب نا تج الصهر في قالب ويترك يتجمد ، ويعرف النا تج باسم المحلول الجامد (Solid solution) ، وهو إسم مرادف للسبيكة نظراً لأن تحضير السبيكة قد تم بصهر مكوناتها معاً لتكون المحلول ، ولكنها تصب بعد ذلك وتترك لتتجمد حيث تستخدم كافة السبائك ، مثلها مثل العناصر الفلزية في صورة جامدة ، ويجب ألا يحدث أي تفاعل كيميائي بين مكونات السبيكة أثناء عملية الصهر أو التجمد ، وإلا كان النا تج مركب كيميائي وليس سبيكة حيث أن السبيكة هي خليط وليست إتحاداً كيميائياً .



ويطلق على الفلز الأساسي في السبيكة ـ الفلز الأعلى تركيزاً (أو وزنا) ـ بفلز القاعدة (Base Metal) ، أو الفلز الأساسي (Parent Metal) وتأخذ السبيكة إسم ذلك الفلز ، ويعرف أيضاً بأنه الفلز المذيب (Solvent Metal) ويعرف العنصر (أو العناصر) السبائكية (Alloying Elements) ، وأيضاً تعرف باسم عناصر التسبيك (Alloying Agents) ، وللحصول على السبائك فلابد أن تكون مكوناتها قابلة للإذابة بعضها في بعض في حالتها المنصهرة والجامدة .

تاريخ السبائك

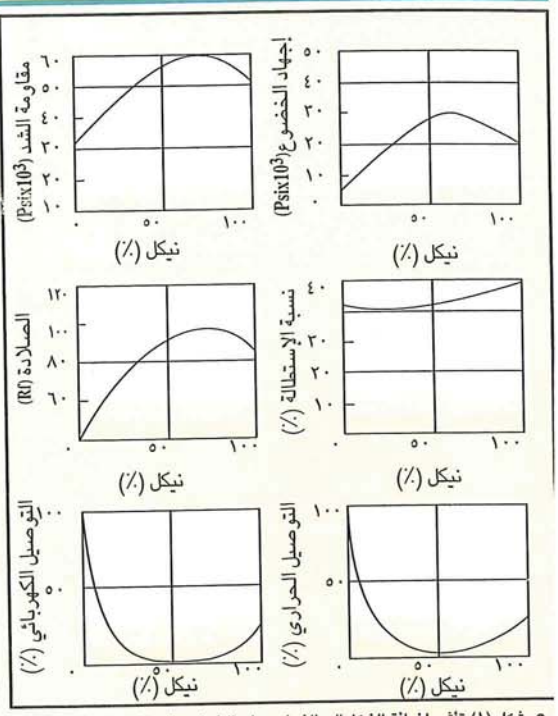
يعد البرونز أول سبيكة عرفها الانسان، وقد أطلق ذلك الإسم على أحد الحقب الزمنية في تاريخ الإنسان ، وهي الحقبة التي تلت العصر الحجري ، والتي نشأت عندما تعرف الإنسان ـ وبالصدفة المطلقة ـ على جسم فلز يختلف عن بقية الأجسام الأخرى المحيطة به ، وليست هناك أية معلومات قطعية عن كيفية الحصول على هذه السبيكة ، وهي مكونة كما عرف بعد ذلك من النحاس كفلز أساسي والقصدير كعنصر سبائكي ، وعن تاريخ بداية هذه السبيكة أو مكان بداية تكوينها ، فهناك إعتقاد قوي أن ذلك بدأ في مصر القديمة وتعود إلى حوالي ٣٥٠٠ سنة قبل الميلاد ، وربما ساعد في تكوين البرونز في مصر وجود خامات عنصر النحاس والقصدير ، ممثلين بالكالكوبيربت ـ كبريت النحاس (Cu_2S) ـ والكاستريت ـ أكسيد القصدير (SnO_2) ـ متلازمين معاً في مواقع كثيرة في غرب الصحراء الشرقية بمصر والتي جابها المصريون القدماء طولاً وعرضاً بحثا عن الذهب ، والنحاس ، ويحتمل أن معدن الكاستريت الذي جمع مع النحاس والذهب قد زج به في النار للتجربة ، أو بالصدفة ، مع النحاس ، ومن ثم كان النا تج هو البرونز ، ومما ساعد على استخلاص العنصرين من خاماتهما وإذابتهما معاً لتكوين خليط من الفلزين يعرف بالأصهري ، وهو ذو درجة حرارة إنصهار منخفضه .

ولقد وجد القدماء ـ بصرف النظر عن موقع إكتشافها ـ أن المادة الناتجة أعلى مقاومة وأفضل متانة ، ولهذا اتجهوا إليها بعد محاولتهم التعرف على خواصها ، وتوسعوا في إستخدامها ، واستغنوا عن الحجارة ، وهكذا بدأ العصر البرونزي ، وبعد التوسع في صناعة البرونز تطلع الإنسان إلى مادة جديدة أفضل خواصاً وترضي تطلعاته المتنامية ، فكان الإتجاه إلى الحديد وسبائكه وخاصة أن أول حديد عرفه الإنسان كان في صورة سبيكة من الحديد والنيكل ، تتراوح نسبة النيكل فيه مابين ٨٪ الى ٢٠٪ .

ويحلو لبعض علماء المواد أن يطلق على العصر الذي نعيشة (عصر السبائك)، وكان أول من أطلق ذلك الاسم العالم البريطاني **وليم هال** في عام ١٩٣٣م عندما قال " إننا نعيش في عصر السبائك " ، وأطلق على هذه الحقبة اسم " عصر مجال "Magal Age "إختصاراً لـ (Magensium Aluminium) ، ويمكن فهم ذلك على أساس الزيادة الكبيرة للغاية في إستخدام سبائك فلزي المغنيسيوم والألمنيوم ، ويندر في الوقت الحاضر إستخدام أي من المواد الفلزية في صورة فلز منفرد ، فيما عدا في التطبيقات الكهربائية والحرارية التي تستخدم إما فلز النحاس النقي أو بدرجة أقل فلز الألمنيوم ، ويرجع التوسع الكبير في إستخدام السبائك إلى ماتتمتع به من خواص تفوق بدرجة كبيرة خواص أي من عناصر السبيكة .

خواص السبائك

إن الهدف من إنتاج السبائك هو رفع المقاومة الميكانيكية للمادة الفلزية ، وأيضاً تحسين مقاومتها للتآكل ، وفي بعض الحالات الحصول على خواص بعينها ،



● شكل (١) تأثير إضافة النيكل إلى النحاس على الخواص الميكانيكية والفيزيائية.

حرارية يصل رقم فيكرز لصلادته إلى ٩٠٠ ، في حين أن رقم فيكرز لفلز الحديد النقي هو ٦٥ .

● تحسين مقاومة التآكل

يعد التآكل من المشكلات الخطيرة التي تتعرض لها العديد من العناصر الفلزية ، ويعد تكوين السبائك من هذه العناصر بإضافة عناصر سبائكية اليها من الأساليب الناجحة في مقاومة التآكل ، ومن أفضل العناصر السبائكية الفعالة في مقاومة التآكل الكهروكيميائي (عند درجات الحرارة المنخفضة) أو الكيميائي (عند درجة الحرارة العالية) كل من عنصري الكروم أو الألمنيوم ، ويوضح الشكل (٣) تأثير عنصر الكروم على معدل أكسدة سبائك الكوبلت ويظهر من الشكل (٤) تأثير مماثل لإضافة عنصر الألمنيوم لسبائك الحديد على معدل الكبرتة في خليط من غازي كبريتيد الهيدروجين وهيدروجين عند درجات حرارة مختلفة ، كما يوضح الشكل (٥) صورة فوتغرافية تقارن بين سمك طبقة الأكسيد المتكونة علي سطح الحديد ـ ٥٪ كروم ، وسبيكة الحديد ـ ٢٥٪ كروم بعد أكسدتها لمدة ١٤٤ ساعة عند درجة حرارة ١٠٥٠ م° ، ويظهر من الشكل بوضوح أهمية إضافة العنصر السبائكي بنسبة محددة للحصول على سبائك عالية المقاومة للتآكل .

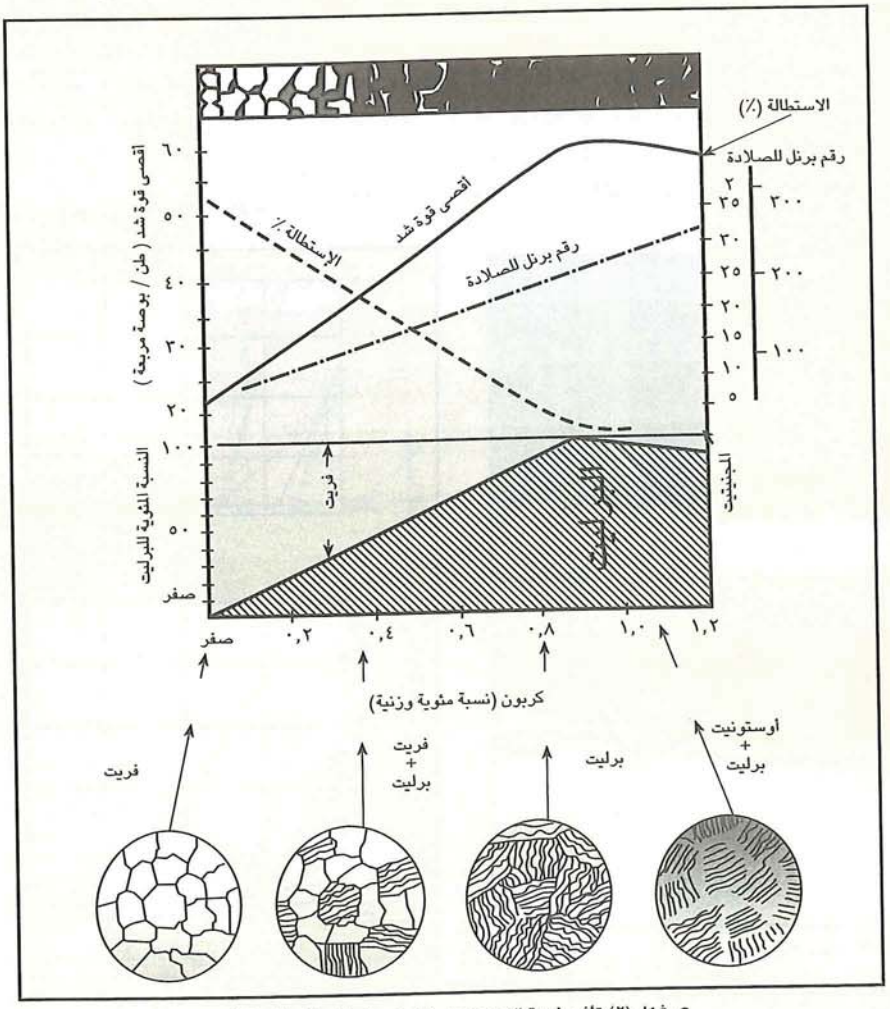
● بعض الخواص الخاصة

تضاف بعض العناصر السبائكية إلى السبيكة بهدف تحقيق خواص معينة مثل رفع الخواص المغناطيسية وتحسينها ، ومن أمثلة ذلك إضافة الكوبلت إلى سبائك

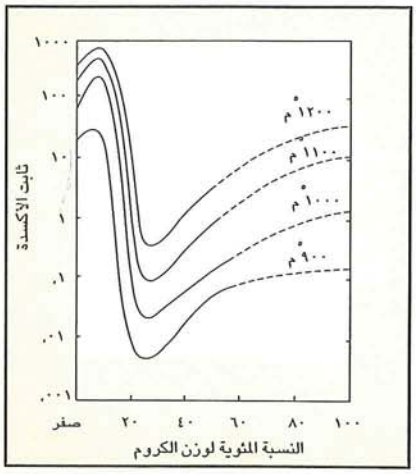
ويمكن تفصيل ذلك فيما يلي :

● رفع المقاومة الميكانيكية

يوضع الشكل رقم (١) ، تأثير إضافة لعنصر السبائكي إلى العنصر الأساسي سبيكة النحاس ـ نيكل ، ويظهر من لشكلين الزيادة الكبيرة في زيادة كل من قاومة الشد ، وإجهاد الخضوع والصلادة، يعد ذلك من الأمور المهمة للغاية للفلز نظراً أن أول ماينظر إليه أي مهندس في إختيار لمادة هو مقاومتها للقوى الخارجة المؤثرة ليها ، ولكن يلاحظ من الشكل أن تحسن عض الخواص يصاحبها من جهة أخرى دني عدد من الخواص الأخرى ، حيث ظهر الإنخفاض الحاد في التوصيل حراري والكهربائي لسبائك النحاس ـ يكل ، وأيضا تدني المطيلية (المقدرة النسبة المئوية للاستطاله ، وتعطى دلالة لى قابلية المادة للتشكيل) ، ولهذا يراعى ند اختيار مادة لتطبيق معين المواءمة بين صفات المختلفة ، شكل (٢) ، إضافة لذلك ، ن تكوين السبائك يسمح بإجراء المعالجة حرارية عليها ، في حين لايمكن إجراء ذلك ى العناصر الفلزية ، وهكذا يمكن رفع قاومة السبيكة مرات عدة بعد معالجة رارية ، فعلى سبيل المثال فإن رقم فيكرز سلادة الفولاذ منخفض الكربون (حديد – ٪ كربون) هي ١٠ ، وبعد معالجة



● شكل (٢) تأثير نسبة الكربون على التركيب البنائي للفولاذ وخواصه



● شكل (٣) منحنى الإتزان الحراري لسبيكة الكوبلت ـ كروم المؤكسدة في الهواء عند درجات حرارة مختلفة.

الحديد، أو الحصول على الصلادة الحمراء (صلادة عند درجة الحرارة العالية) في فولاذ العدد ، ويتحقق ذلك باضافة عنصري الفانيديوم والتنجستن إلى هذه السبائك .

أنواع السبائك

تقسم السبائك إلى مجموعات مختلفة إعتماداً على عدة عوامل أهمها مايلي :

● التركيب البنائي

تقسم السبائك في هذه الحالة إلى سبائك وحيدة الوجه ، وسبائك ثنائية الوجه .. الخ ويوضح الشكل (٦) التركيب البنائي الداخلي لسبيكة وحيدة الوجه والأخرى ثنائية الوجه ، وفي الأولى يكون التركيب البنائي متجانس في كامل المقطع ، بينما يوجد تركيبان مختلفان في السبائك ثنائية الوجه .

● الفلز الأساسي

تقسم السبائك طبقاً للفلز الأساسي في السبائك الفلزية (الفلز الأب) وتعرف السبيكة باسم هذا الفلز ، على سبيل المثال ، سبائك الألمنيوم ، وسبائك النحاس ..الخ .

● طريقة التشكيل

يلعب التشكيل دوراً مهماً في إستخداماتها بعد التشكيل ، وتقسم سبائك العنصر نفسة إلى سبائك طروقه ، وهي السبائك التي تشكل في حالتها الجامدة بالطرق أو الحدادة ، أو البثق ، أو الدلفنة ، وسبائك مصبوبة ، وهي السبائك التي تشكل في حالتها المنصهرة بصبها في قوالب الرمل أو قوالب دائمة .. الخ ، ويعتمد أسلوب تشكيل السبيكة على مطيليتها ، فالسبائك عالية المطيلية يطلق عليها السبائك الطروقة ، أما منخفضة المطيلية فهي السبائك المصبوبة ، وتقسم سبائك العنصر نفسه بين المجموعتين ، وعلى سبيل المثال ، سبائك النيكل المتفوقة الطروقة ، وسبائك النيك المتفوقة المصبوبة .

● الاستخدام

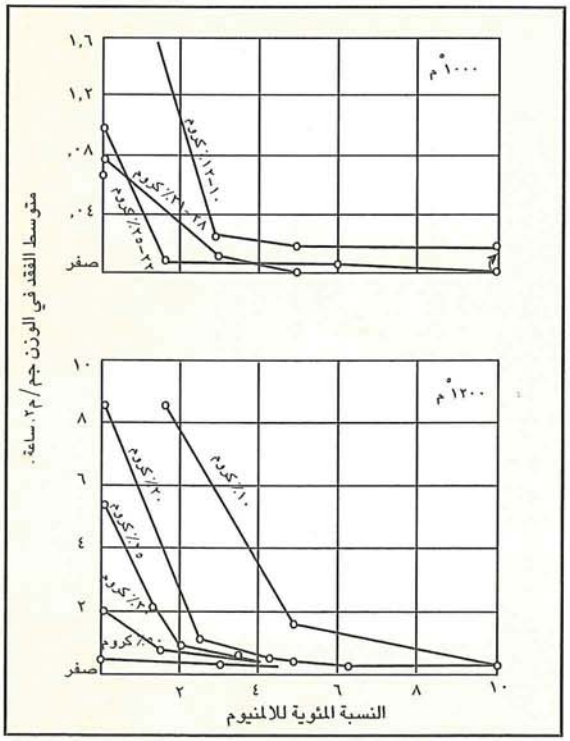
تقسم السبائك عامة ، أو سبائك العنصر الواحد على أساس التطبيقات المستخدمة فيها ، وعلى سبيل المثال ، سبائك لحام المونة وسبائك المحامل .

● عدد العناصر السبائكية

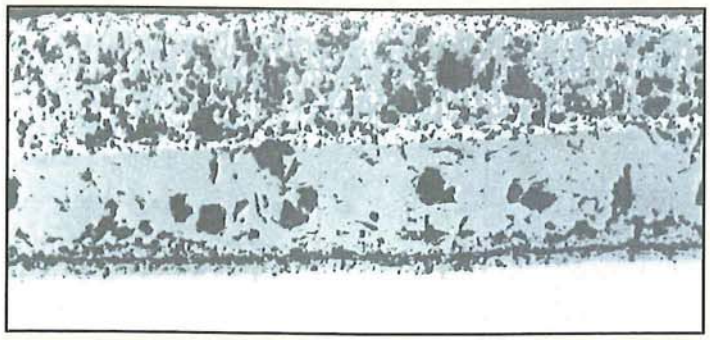
يقوم التقسيم في هذه الحالة على أساس مجموعة عناصر السبيكة ، فهناك السبائك الثنائية ، وهي مكونة من عنصرين وسبائك ثلاثية ، مكونة من ثلاثة عناصر .. الخ ، ويصل عدد العناصر في بعض السبائك إلى عشرة عناصر أو ربما أكثر .

أهم السبائك التجارية

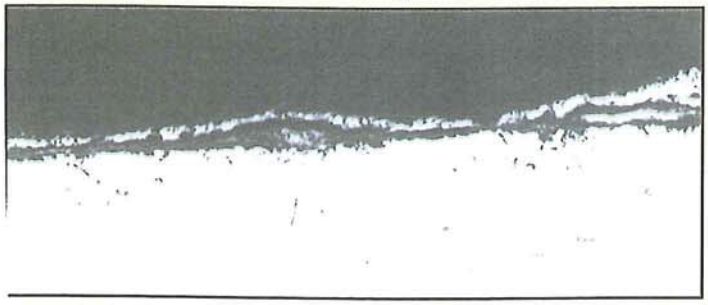
تتوافر الكثير من السبائك التي تعرف بأسماء تجارية أو رموز أو بأرقام معينة ، وهي إما سبائك حديدية ـ الفولاذ وحديد الزهر – أو سبائك غير حديدية مثل سبائك النحاس مثل النحاس الأصفر(Brass) أو البرونز (Bronze) ، وسبائك النيكل مثل



شكل (٤) تأثير إضافة الألمنيوم إلى سبائك الحديد ـ كروم على معدل الكبرتة عند درجات الحرارة ١٠٠٠ و ١٢٠٠م لمدة خمس ساعات .

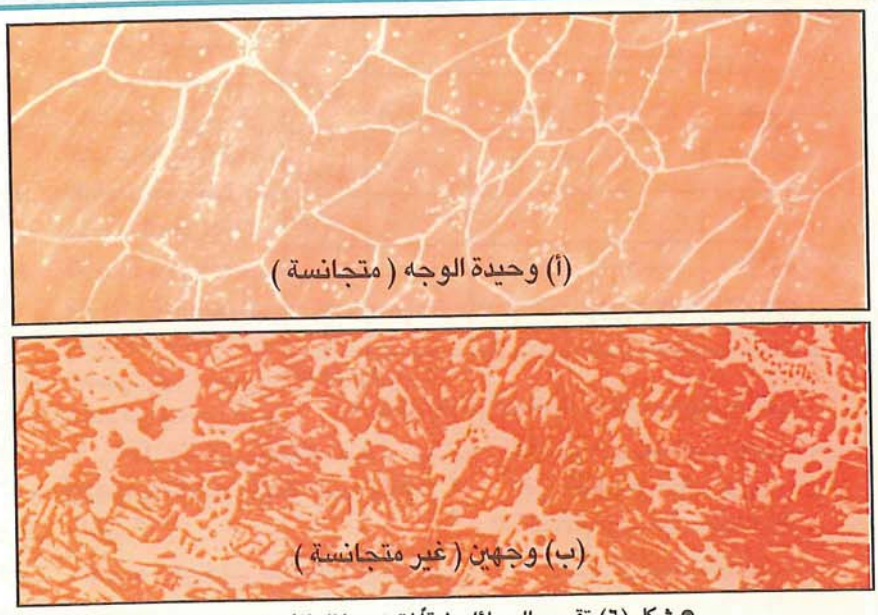


● (أ) حديد ـ ٥٪ كروم.



● (ب) حديد ـ ٢٥٪ كروم.

● شكل (٥) مقارنة بين الأكسيد المتكون على سبيكتي حديد بعد الأكسدة لمدة ١٤٤ ساعة عند درجة الحرارة ١٠٥٠م..



● شكل (٦) تقسيم السبائك طبقاً لتركيبها البنائي الداخلي.

سبائك النيكل المتفوقة (Nickel superalloys) ، والمونيل (Monel) ، ونستعرض في هذا الجزء عدداً من أهم السبائك التجارية وذلك كما يلي :

● السبائك الحديدية

السبائك الحديدية عبارة عن سبائك أساسها فلز الحديد ، وهي تنقسم إلى مجموعتين وذلك كما يلي :-

* **الفولاذ :** وينقسم إلى نوعين هما:-

- الفولاذ الكربوني (Carbon Steel) : ويعرف أيضا بالفولاذ الكربوني السادة (Plain Carbon Steel) وكان يعرف قديماً في الورش بإسم فولاذ الماكينات (Machine Steel) حيث لايزال هذا المصطلح مستخدماً للفولاذ منخفض الكربون سهل التشكيل ، وهو عبارة عن سبيكة من الحديد بنسب كربون تتراوح ما بين ٠,٤٪ إلى ١,١٪ إضافة إلى نسب من الشوائب : ١,٦٥٪ منجنيز ، ٠,٦٪ سيليكون ، و ٠,٦٪ نحاس ، ٠,٠١٪ كبريت (حد أقصى) ، ٠,٠٤٪ فوسفور حد أقصى).

تحدد خواص الفولاذ الكربوني بنسبة كربون المضاف حيث تزيد كل من المقاومة الصلادة ولكن في الوقت نفسه تنخفض لطيلية بزيادة نسبة الكربون ، شكل (٢) علاوة على ذلك فإن زيادة نسبة الكربون تلل كل من قابلية الفولاذ للتشكيل الماكينات وقابلية اللحام ، كما تؤدي إلى خفيض مقاومة التآكل والتوصيل الكهربائي والحراري فضلاً أنها تقلل بنسبة كبيرة الانفاذية المغناطيسية .

يقسم الفولاذ الكربوني إلى عدة مجموعات حسب نسبة الكربون ، ويوضح الجدول (١) تلك المجموعات وإستخدامات كل واحدة منها .

- الفولاذ السبائكي : وهو فولاذ كربوني أضيفت إليه بعض العناصر السبائكية للتغلب على نواحي القصور في الفولاذ الكربوني والمتمثلة في محدودية مقاومته الميكانيكية وضعف مقاومته للتآكل ، إضافة إلى صعوبة معالجته حرارياً ، ومن أهم العناصر السبائكية المضافة للفولاذ المذكور ، الكروم ، النيكل ، الموليبدنوم ، والنحاس ، ونسب قليلة من الزركونيوم أو التيتانيوم أو النيوبيوم .

ينقسم الفولاذ السبائكي إلي مجموعتين حسب نسبة العناصر السبائكية المضافة ، فهو إما فولاذ منخفض السبائكية عندما لاتزيد نسبة العناصر المضافة عن ٦٪ ، وفولاذ عالي السبائكية عندما تزيد نسبة العناصر عن ٦٪ .

ومن أهم أنواع الفولاذ عالي السبائكية الفولاذ المقاوم للتآكل (Stainless Steel) وهو فولاذ يضاف إليه فلز الكروم بنسبة ١٢٪ أو أكثر حيث يعمل الكروم على إضافة طبقة رقيقة من أكسيد الكروم تمنع استمرار التآكل ، وتوجد ثلاثة أنواع من الفولاذ المقاوم للتآكل إعتماداً على تركيبها البنائي ونسبة ونوع العناصر السبائكية ، وهي كما يلي :

١- فولاذ حديدي مقاوم للتآكل : وهو سلسلة من الفولاذ عالي السبائكية تركيبها البنائي الدقيق من الحديد ويحتوي على الكروم بنسب تتراوح، بين ١٢٪ الى ٢٨٪ ، وبنسبه منخفضه من الكربون (٠,٠٨- ٠,٠٣٪) ومنجنيز في حدود ١٪ إلى ١,٥٪، و ٠,٠١٪ سيليكون ، ويضاف إليه أحياناً نسبة من النيتروجين أو السيلينيوم لتحسين قابليته للتشغيل بالماكينات .

ويستخدم الفولاذ المذكور بكثرة في أجزاء زينة السيارات والمعدات ذاتية الحركة، وعوادم السيارات ، وأغلفة المحولات والمكثفات ، وموزعات الأسمدة الجافة ، وسلال وصناديق التلوين ، وغرف الاحتراق ، وقضبان التقليب والصمامات .

٢- فولاذ أوستونيتي مقاوم للتآكل: وهوفولاذ سبائكي ذو تركيب بنائي من الأوستونيت ، وتتروح نسبة الكروم فيه ما بين ١٧٪ إلى ٣٠٪ ، ويحتوي على نيكل بنسبة ٧٪ إلى ٢٠٪ ، وكربون بنسبة ٠,٢٥٪ مع فلز المنيوم وعناصر أخرى .

الفولاذ	نسبة الكربون	الإستخدامات
طري خامد	طري	الأنابيب المشكلة بالسحب ، والقضبان ،والأسلاك ، والمسامير والبراشيم ، وشرائط الكبس المدلفنة على الساخن
طري	متوسط الكربون	فولاذ الهيكلة السطحي ، والمراجل ، وصفائح السفن ، والتوصيلات والقضبان . جميع التطبيقات الهندسية المشكلة بالحدادة ، والأعمدة
متوسط الكربون	متوسط الكربون	المرفقية ، وأعمدة المحاور ، وألواح عوارض الوصل. قضبان السكك الحديدية ، والحبال السلكية ،
عالي الكربون	متوسط الكربون كربوني خاص	المناشير الشريطية ، وقوالب التشكيل بالحدادة . الأزاميل ، وشفرات القص ، وأدوات التخريم ، ومعدات الخراطة.

● جدول (١) تقسيم الفولاذ حسب نسبة الكربون وأهم إستخدامات كل صنف.

ويمتاز هذا النوع من الفولاذ بمتانته التي تزداد بالدلفنه وعدم مغناطيسيته ولكن يعاب عليه ضعف مقاومته للتآكل على حدودالحبيبات ، ولذلك تضاف إليه بعض العناصر السبائكيه شديدة الألفة للكربون أو تحفيض نسبة الكربون فيه ، ويعد الفولاذ المذكور من مواد الانشاءات المفضلة ويستخدم في كثر من التطبيقات أهمها : عربات السكك الحديدية ، أجسام الشاحنات، والطائرات ، وأجهزة تصنيع الاغذية ، ومعدات الطبخ ، ومعدات تقطير الزيت ، ومعدات تصنيع المواد الكيميائيه ، والأوعيه المستخدمه عند درجة حرارة التجمد.

٣ـ فولاذ مارتن زيتي مقاوم للتآكل : ويشبه في مكوناته الفولاذ الحديدي المقاوم للتآكل ولكن تزيد نسبة الكربون فيه لتصل إلى ١,١٪ ، ويحصل على هذا النوع من الفولاذ بالمعالجة الحرارية عن طريق التسخين إلى درجة حرارة ٩٠٠مْ ثم التبريد المفاجئ السريع . ويتمتع هذا النوع من الفولاذ بجانب مقاومته للتآكل بمقاومة ميكانيكيه عالية ، ولذا فهو يستخدم في صناعة التربينات ، وزعانف التربينات الغازيه ، وأجزاء الماكينات ، وعمود إدارة المضخات ، وأجهزة ومعدات الجراحة ، وقوالب تشكيل الزجاج ، وأجزاء من الطائرات وماكينات تصنيع الورق.

*** حديد الزهر: (Cast iron) :** ويطلق على عدد كبير من سبائك ثلاثية مكونة من حديد، وكربون وسيليكون، ويقسم إلى خمس مجموعات أساس هي : حديد الزهر الرمادي، وحديد الزهر المطيل ، وحديد الزهر الأبيض ، وحديد الزهر المطروق ، وحديد الزهر عالي السبائكية. والخط الفاصل بين الفولاذ وحديد الزهر هو ٢٪ كربون ، وهي أقصى نسبة كربون في الفولاذ الأستونتي المشبع بينما تحتوي معظم انواع حديد الزهر على الأقل ٣٪ كربون ، وتتفاوت نسبة المنجنيز والكبريت ، وينقسم حديد الزهر إلى مايلي:

النوع	المكونات (٪)			
	كربون	سيليكون	منجنيز	كبريت
رمادي	٤,٠ ـ ٢,٥	٣,٠ ـ ١,٠	١,٠ ـ ,٢٥	٢٥ ـ ,٠٢
أبيض	٣,٦ ـ ١,٨	١,٩ ـ ,٥	,٨٠ ـ ,٢٥	٢٠ ـ ,٠٦
طروق	٢,٦٠ ـ ٢,٠	١,٦ ـ ١,١	١,٠ ـ ,٢٠	,١٨ ـ ,٠٤
مطيل	٤,٠ ـ ٣,٠	٢,٨ ـ ١,٨	١,٠ ـ ,١٠	,٠٣ (*)

(*) أقصى قيمة

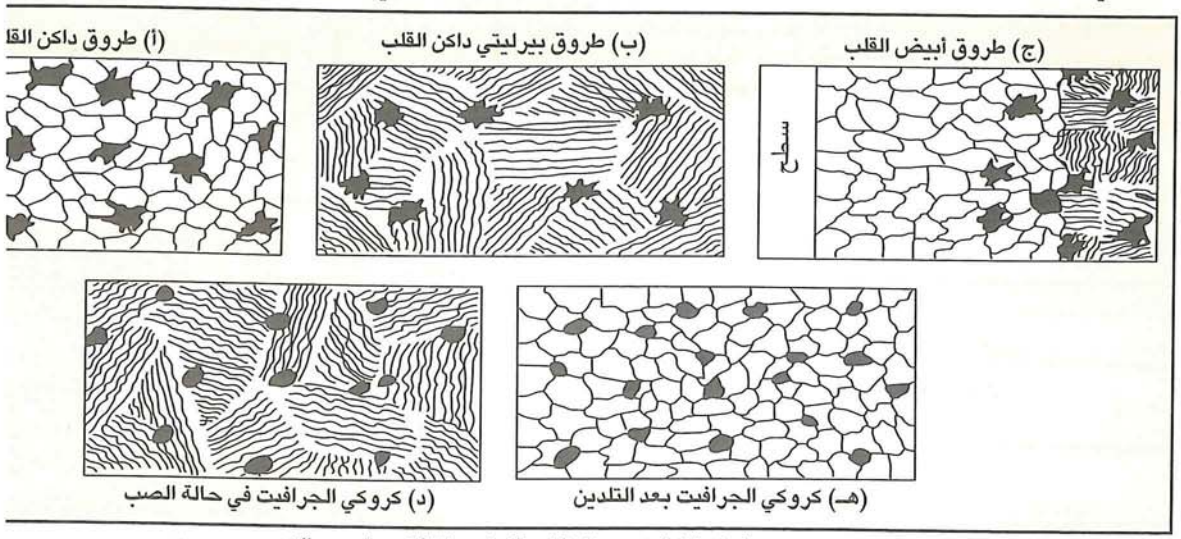
● جدول (٢) أنواع ونسبة مضافات حديد الزهر غير

ـ حديد زهر غير سبيك : وينقسم إلى رمادي، وأبيض ، وطروق ، ومطيل ، جدول (٢) ، ويوجد الكربون فيه إما حراً على هيئة جرافيت ، كما في حالة حديد الزهر الرمادي وإما متحداً ـ كربيد الحديد (السمنتيت) ـ كما في حالة حديد الزهر الأبيض ، وقد توجد كذلك جزئيات غير متحدة (حرة) ،شكل (٧).

وتعد نسبة الكربون العالية ووجود الجرافيت في حديد الزهر السمات المميزة له ، ويساعد المحتوى الكربوني العالي في زيادة سيولة الحديد ، وبالتالي سهولة صهره ، كما أن وجود الجرافيت أثناء الصب يعمل على معادلة تقلص الفلز أثناء التبريد ، ولهذا تكون مصبوبات حديد الزهر سليمة وخالية من أية عيوب ، كما يساعد وجود الجرافيت في تسهيل التشغيل بالماكينات ، وله قابلية لإمتصاص الاهتزازات ، ويساعد في تزليق الأسطح المعرضة للبلى والحت على تكوين الجرافيت وجود الذي تتراوح نسبة مابين ٥. إل

وعلى الرغم من المنافسة حديد الزهر من جهة ، والمو الأخرى من جهة ثانية إلا أن ح أثبت تفوقه الشديد إقتصا هذه المواد ، كما أثبت أنه أنسب التطبيقات الهندسية المهمة ، إستخدام أية مادة أخرى بد أهم استخدامات حديد الز السيارات ، والمركبات ، وم الحديد ، والفولاذ ، و والاستخدامات المنزلية والغاز والهواء ، والأغراض الثقيلة ، والماكينات ، وم الحديدية ، والمعدات الزراعية

ـ حديد الزهر السبائكي : و رمادي يحتوى على عنصر س أعلى من ٣٪ ، وقد تكون ا السبائكية من عنصر واحد أ



● شكل (٧) التركيب البنائي لأنواع مختلفة من الحديد الزهر

عنصر ، ومن أهم العناصر السبائكية المضافة لحديد الزهر السبائكي السيليكون ، والنيكل ، والكروم ، والنحاس، والألمنيوم ، وتوجد عدة أنواع من حديد الزهر السبائكي هي : حديد الزهر عالي السيليكون ، وحديد الزهر عالى الكروم ، وحديد الزهر عالي النيكل .. الخ ، وتهدف العناصر السبائكية المضافة إلى رفع المقاومة الميكانيكية لحديد الزهر ، وتحسين مقاومته ، ومنع تكوين القشور السطحية .

ويستخدم حديد الزهر السبائكي في صناعة الأجزاء المعرضة للأوساط الآكلة وبخاصة المضخات والصمامات في الأوساط الحمضية .

● السبائك غير الحديدية

يطلق هذا الإسم على جميع السبائك التي لايكون أساسها العنصر الأب أو الأساس فلز الحديد ، وتمثل هذه السبائك كم ضخم وهائل من السبائك ، فهناك سبائك الألمنيوم ، وسبائك التيتانيوم ، وسبائك المغنيسيوم ، وسبائك الكوبلت ، وسبائك النيكل ، وسبائك النحاس .. الخ ومن هذه السبائك مايلي :

* **نحاس أصفر (Brass)** : وهو مجموعة من سبائك النحاس ـ زنك ، تصل نسبة الزنك فيها إلى ٤٠٪ ، وهي سبائك ذات خواص ميكانيكية جيده ، تجمع بين مقاومة الشد العالية والمطيلية المرتفعة ، بالإضافة إلى مقاومتها للتآكل ، هي ذات ألوان جذابة وجميلة ، حيث يكون لونها أحمر عند نسب منخفضة من الزنك ، وتتحول إلى اللون الأصفر عند زيادة نسبة الزنك إلى ٣٨٪ ، ومعاملي توصيلها الحراري والكهربائي عاليين ولكن يعيب هذه السبائك صعوبة تشكيلها على الساخن ، حيث تفشل في مدى درجات الحرارة مابين ٣٠٠ إلى ٧٥٠م .

وتعرف هذه السبائك أحياناً بأسم نحاس الطلقات ، نظراً لأستخدامها بكثرة في صناعة غلاف (ظرف) الطلقات النارية ، كما تستخدم أيضاً في أغراض كثيرة منها شبكات أنابيب مياه التدفئة المنزلية .

* **البرونز** : ويعد أول السبائك التي عرفها الإنسان وكانت تتكون في ذلك الوقت من النحاس والقصدير ، ولكن هذا التعبير لم يعد مقصوراً على سبائك النحاس ـ قصدير ، إنما يطلق على سبائك النحاس مع أية عناصر سبائكية ، فيما عدا عنصري الزنك والنيكل ، نظراً لأن سبائك نحاس ـ زنك تعرف بالنحاس الأصفر ، أما سبائك النحاس ـ نيكل فيطلق عليها سبائك الكوبرنيكل ، ويوضح الجدول (٣) بعض سبائك برونز الفوسفور وأهم استخداماتها .

* **سبائك النحاس نيكل (Cupro nickel Alloy)** : وهي سبائك أساسها النحاس يضاف إليها النيكل ، وهما يكونان معاً محلولاً جامداً بأية نسب بينهما ، وتتراوح نسبة النيكل في سبائك النحاس نيكل مابين ٥٪ ، الى ٤٠٪ ، وتمتاز بالمطيلية وقابلية الطرق ، ومقاومتها للتآكل عالية جداً ويحول إضافة النيكل إلى النحاس إلى اللون الأبيض الوردي ، ويمكن الوصول إلى اللون الأبيض الناصع بإضافة كمية صغيرة من الكوبلت إلى هذه السبائك ، وتستخدم هذه السبائك في تطبيقات عديدة ، وإن كان التطبيق يتوقف على نسبة النيكل ، ويوضح الجدول (٤) عدداً من سبائك هذه المجموعة مع بيان أهم استخداماتها .

* **فلز مونيل (Monel Metal)** : وهي سبيكة من النيكل – نحاس تتكون من ٦٧٪ نيكل ، و ٢٨٪ نحاس ، و ٥٪ من عناصر الحديد ، والمنجنيز ، والسيليكون ، وتنتج هذه السبائك إما في صورة مصبوبة أوصورة طروقة ، ويمكن تكوينها بعد تشكيلها على البارد ، وتمتاز هذه السبائك بمقاومة عالية للتآكل ، حيث تقاوم تأثير كثير من الأحماض ، وتحتفظ ببريق سطحها تحت تأثير كثير من العوامل المحيطة ، ولهذا تستخدم في صناعة الأجزاء المعرضة للمواد الكيميائية ، ولأية تطبيقات تتطلب بجانب مقاومة التآكل لونا أبيضاً جميلاً.

رقم السبيكة	المكونات	الإستخدامات
٥٠٥	نحاس – ١,٢٥٪ قصدير، وآثار من الفوسفور	التوصيلات الكهربائية القابلة للثني ، وخطوط الضغط العالي
٥١٠	نحاس – ٥٪ قصدير ، وآثار من الفوسفور	أجهزة الصناعات الكيميائية ، ومكنات النسيج ، وقضبان اللحام ، وأجزاء المجامع ،والأنابيب ، والمثبتات
٥١١	نحاس – ٤,٢٪ قصدير – ٠,٢٪ فوسفور	كراسي تحميل الكباري ، وأسلاك الفرش، والألواح المثقبة ، وماكينات النسيج ، وأجزاء الفتح والقفل ، وأذرعة الضغط ، وأجزاء الجمالون
٥٢١	نحاس – ٨,٥٪ قصدير، وآثار من الفوسفور	الأغراض العامة الأكثر صعوبة لإستخدام سبائك النحاس الأسلاك الثقيلة والألواح المعرضة للضغط ، وألواح وامتدادت
٥٢٤	نحاس – ١٠٪ قصدير ، وآثار من الفوسفور	الكباري ،ولاغراض المظهر الطيب ، ومقاومة جيدة للتآكل والبلى

● جدول (٣) مكونات وإستخدامات بعض سبائك برونز الفوسفور.

رقم السبيكة	المكونات (٪)					أهم الإستخدامات
	نحاس	نيكل	حديد	بيرليوم	قصدير	
٧٠٦	٨٨,٧	١٠	١,٣	–	–	أجهزة تحلية المياه المالحة (الواح المكيفات ، أنابيب المكثفات والمقطرات والمنجزات والمبادلات الحرارية)
٧١٠	٧٩,٠	٢١,٠	–	–	–	ألواح المكثفات ، وايايات كهربائية،و أنابيب المبخرات ،والمبادلات الحرارية
٧١٥	٧٠,٠	٣٠,٠	–	–	–	كما في سبيكة ٧٠٦
٧١٧	٦٧,٨	٣١,٠	,٧	,٥	–	التطبيقات التي تحتاج الى مقاومة شد عالية ، والمقاومة للتآكل مثل غلاف المسماع المائي ، وأسلاك مرسى السفن، والحواجز المصنوعة على شكل حلقات ومسامير ودبابيس في كابلات الهاتف
٧٢٥	٨٨,٢	٩,٢	–	–	٢,٣	الوصلات ،و اليايات ، ومفاتيح وسبائك اللحام

● جدول (٤) مكونات وأهم إستخدامات سبائك النحاس نيكل.

تعد صناعة الخزف أو السيراميك (Ceramic) من الفنون الحرفية والتطبيقية التي عرفها الإنسان على مر العصور، والتي تعتمد في صناعتها على واحدة من أهم المواد المكونة للقشرة الأرضية ألا وهي الصخور الطينية التي تتكون بفعل التحلل وعوامل التعرية المختلفة.

وتطلق كلمة خزف على كل ما هو منتج من مواد طينية لازبة بعد تشكيلها وحرقها، ويرجع أصل هذه الكلمة إلى كلمة « كيراموس » الإغريقية التي تعود إلى اللغة «السنسكريتية (Sanskrit) وهي إحدى اللغات الهندية القديمة وتعني الشيء المصنع (المشغول) من الطين. وقد بدأت صناعة الخزف في بلاد الأناضول عام ٦٠٠٠ ق.م ثم انتشرت عام ٤٠٠٠ق.م في المناطق المعروفة الآن بالشرق الأوسط وأوربا الوسطى والبلقان.

تستخدم المنتوجات الخزفية في أغراض كثيرة منها مواد البناء كالطوب والقرميد والمواسير والمواد المنزلية كبلاط الحمامات والمطابخ والقدور وأحواض الأزهار والعوازل الحرارية والكهربائية والأوعية الكيميائية والخزف الفني وغيرها.

مواد الخزف الأولية

تدخل في صناعة الخزف عدة مواد أولية يمكن توضيحها على النحو التالي :

● الطين

يعد الطين (Clay) مادة الخزف الأساس، وهي مادة غير عضوية ناتجة عن تحلل الصخور النارية الحامضية (أكثر من ٦٥٪ سيليكا) ، والقاعدية (أقل من ٦٥٪ سيليكا) ، وتتركب من حبيبات (يقل قطرها عن $\frac{1}{256}$ مم) من الكوارتز والمعادن الطينية (سيليكات الألمنيوم - $Al_4(OH)_8Si_4O_{10}$) مع كمية قليلة من الميكا ($KAl_2(Si_3AlO_{10})(OH)_2$) ، وأكاسيد الحديد والألمنيوم، كما تحتوي على بعض المواد ذات الأصل العضوي. وينقسم الطين إلى أربعة أقسام هي :

* **الكاولين (Kaolinite) :** ويعرف بالطين الأولي، وهو راسب صلب أبيض اللون يتكون من سيليكات الألمنيوم المائية النقية، ويوجد الكاولين عادة في المناطق الجرانيتية حيث تتكون السيليكات نتيجة تحلل معادن الفلسبار الأورثوكليزي ($KAlSi_3O_8$) بفعل عوامل التجوية والتفكك الهيدروحراري، ويتركز الكاولين بفعل مياه الأمطار أو المجاري المائية في طبقات، كما أنه يوجد أيضاً في عروق الصخور الجرانيتية.

ينصهر الكاولين عند درجات حرارة عالية تتراوح بين ١٤٠٠م إلى ١٨٥٠م، وله عدة أنواع أهمها :

- حجر الكاولين (ثنائي سيليكات الألمنيوم المائية) : ويستخدم في صناعة المواد الخزفية البيضاء، والأدوات الصحية، والحراريات (المواد المقاومة لتأثير الحرارة).

- كاولين سليس : ويحتوى على نسبة عالية من السيليكا تصل إلى حوالي ٣٠٪، ويستخدم بصفة أساس في صناعة الطوب الحراري، كما أنه يستخدم كمادة إضافية في صناعة البورسلان والفخار وبعض الحراريات.

- طين صيني : وهو كاولين ذو درجة نقاوة عالية، ويستخدم بصفة خاصة في صناعة الأوعية الخزفية مثل الأواني والأدوات المنزلية وغيرها.

* **معادن الطين (Clay Minerals) :** وتعرف بالطينة الثانوية، وتتركب من سيليكات مائية غير متبلورة لعناصر الألمنيوم والحديد والمغنسيوم، وهي ناتجة عن تحلل الكاولينات (طينة أولية) بفعل عوامل التجوية المختلفة (ماء، ورياح، وجليديات) ، وتتميز معادن الطين الثانوية بشدة نعومة ملمسها، واحتوائها على مواد قلوية، وقابليتها للتشكل، كما تختلف خواصها باختلاف المواد العالقة بها. ومن أمثلة معادن الطين الهولويسيت ($Si_4Al_4O_{10}(OH)_8.4H_2O$) ، والمونتموريلونيت

$(Al,Mg)_2[(Si,Al)_4O_{10}](OH)_2.nH_2O$) وطينة البورسلان ، وتنقسم معادن الطين تبعاً لدرجة انصهارها إلى ثلاثة أنواع هي :

ـ طينات عالية الانصهار : وتنصهر عند درجات حرارة تصل إلى حوالي ١٧٠٠م منها الطينة البيضاء ، والطينة اللازقة أو الكروية (نوع من معدن الهولويسيت) ، والطينة الحرارية ، ويوضح الجدول (١) أهم خواص واستعمالات كل منها .

ـ طينات متوسطة درجة الانصهار : وتنصهر عند درجات حرارة تتراوح بين ١٢٠٠م إلى ١٣٥٠م ، ويختلف لونها ما بين البني ، والأحمر (لإحتوائها على أكسيد الحديديك)، والأسود . وتستعمل هذه لطينات في صناعة طوب البناء وقدور لفخار ، وقطع الخزف الفني .

ـ طينات منخفضة درجة الإنصهار : وتنصهر عند درجات حرارة منخفضة أقل ١٠٠٠م) ، ولا يصح حرقها عند رجة حرارة أعلى من ذلك حتى لا يصاب جسم المنتج الخزفي بالتشوه والإنتفاخ إحتوائها على نسبة عالية من مساعدات لصهر والمواد القلوية . وتستخدم هذه طينة بصفة أساس في صناعة الطوب عادي والمشغولات الخزفية الشعبية . يوضح الجدول (٢) أنواع الطينات نخفضة درجة الانصهار ولونها وخواصها واستخداماتها المختلفة .

* **أشباه الطين :** وهي عبارة عن سيليكات ألمنيوم مائية متبلورة ، ناتجة عن تحلل الصخور النارية القاعدية ، وتختلف معادنها باختلاف عدد جزئيات السيليكا والماء بها ، ويتراوح لونها بين الرمادي إلى الأحمر الداكن ، وتتميز بأنها دهنية الملمس ، وشديدة الالتصاق والترابط عند امتزاجها بالماء . ومن أهم أنواع أشباه الطين نوعين هما الطين البازلتي والطين البركاني ، وهما إحدى نوا تج تحلل صخور البازلت والرماد البركاني على التوالي . ويستخدم الطين البازلتي في صناعة مواد البناء الخزفية ، بينما يضاف الطين البركاني (مثل صخر البنتونيت Bentonite) على الخلطات ليزيد من تماسكها وترابطها وتحسين قابلية تشكيلها .

● مساعدات الصهر

تضاف مساعدات الصهر إلى الطين لتقليل درجة انصهار الجسيمات المكونة له، كما أنها تستخدم كمادة رابطة للجسم الخزفي في الأفران . وذلك لأن درجة حرارة انصهار مساعدات الصهر أقل من درجة حرارة إنصهار الطين .

وتعد صخور الفلسبار والسيليكا من أهم مساعدات الصهر التي تدخل في صناعة الخزف ، حيث يمنع وجود السيليكا حدوث التشقق والانكماش في المنتج الخزفي .

● المواد الجيرية

المواد الجيرية عبارة عن مركبات أكاسيد الكالسيوم الطبيعية (مثل الحجر الجيري والطباشير والرخام) ، وتستخدم في تبييض عجائن وخلطات التزجيج .

● المواد الإضافية

تتمثل المواد الإضافية في عدة مواد منها الكوارتز والفلسبار ، وكبريتات الباريوم ($BaSO_4$) ، والأوجيت [$CaNa(Mg,Fe,Al)(SiAl)_2O_6$] ، والحجر الجيري ، ومساحيق الزلط والطين المكلس ، وكربيد الكالسيوم ، وتضاف إلى خلطة الطين لتضيف خواصاً جديدة للمنتج الخزفي حسب نوعه واستخدامه مثل زيادة نعومة سطح المنتج ، وزيادة متانته بعد التسوية ، وتقليل مساميته وتخفيض معدل الانكماش والتمدد عند التسخين والتبريد مما يمنع تشقق المنتج وكسره . كما تعمل المواد الإضافية كمادة مالئة للفراغات المسامية للجسم الخزفي إذا كانت درجة انصهارها أقل من درجة إنصهار الطين ، أما إذا كانت درجة انصهارها أعلى فتعمل المواد الإضافية كهيكل للجسم بعد تسويته.

وعلى سبيل المثال تضاف مساحيق الفلسبار إلى الطين لتعديل لزوبيته ، وتضاف مساحيق الزلط والطين المكلس إلى منتجات الفخار والطوب الحراري والبوكسيت ($Al_2O_3.2H_2O$) لزيادة قدرة تحمل المنتجات الخزفية للحرارة ، كما يضاف كربيد الكالسيوم إلى عجائن بعض المنتجات ليقلل من التشوهات التي تحدث للأجسام عند حرقها في درجات حرارة مرتفعة نظراً لارتفاع درجة إنصهارها .

● الملونات

الملونات عبارة عن عجائن تتكون من طينة طبيعية محتوية على أكاسيد بعض المعادن للحصول على لون خاص . ومن الأكاسيد الملونة المستخدمة في صناعة

نوع الطينة	الخواص	الاستخدامات
الطينة البيضاء	بيضاء اللون، عالية النقاوة لاحتوائها على نسبة عالية من الألومينا، خالية من الحديد، شديدة التماسك. تنصهر عند درجات الحرارة العالية(١٧٠٠م) .	صناعة الفخار الأبيض والصيني .
الطينة اللزقة والكروية	رمادية أو سوداء اللون تكتسب اللون الأبيض أو الكريمي بعد الحريق، ناعمة الملمس شديدة التماسك والالتصاق، تُحرق عند درجة حرارة من ٩٤٠م إلى ١٠٨٠م. وتتحمل درجات الحرارة العالية دون تشوهات .	صناعة الطو ب الحراري .
طين حراري	أبيض اللون مائل إلى الرمادي، يتكون من كاولين تصل فيه نسبة الحديد إلى ٣٪ من نسبة الكوارتز، خال من القلويات، يتحمل فروق درجات الحرارة العالية (عمليات التسخين والتبريد) المفاجئة دون تفتت .	صناعة الطوب الحراري المبطن للأفران، مواسير المداخن، والمواسير الناقلة للمواد الآكلة، الأوعية الكيميائية، أدوات الصهر .

● جدول (١) أهم أنواع وخواص واستخدامات الطينات عالية درجة الانصهار .

نوع الطينة	الخـــــواص	الاستخدامـــات
الطينـــة السليسية	صفراء اللون، تحتوي على عنصر الكوارتز بنسبة ٥٠٪ من وزن الطينة .	صناعة المواسير كالبرابخ غير المتزجة .
الطينـــة القلويـة	لونها رمادي تحتوي على ٢-٥٪ قلويات من أملاح الصوديوم والبوتاسيوم ونسب منخفضة من أكسيد الحديديك، سهلة الانصهار .	لا يصلح منها في الصناعة إلا المحتوي على نسب قليلة من المواد القلوية .
الطينـة الجيـرية	صفراء أو سوداء اللون، ضعيفة التماسك خشنة الملمس، تحتوي علي مركبات الكالسيوم(الجير والجبس) مع نسب متفاوتة من أكاسيد الحديد، تتزجج عند درجة حرارة ١٠٠٠م، وتنصهر عند درجة حرارة ١٣٥٠م .	صناعة الطوب العادي، وأنواع مختلفة من الفخاريات .
الطمـي (الغرين)	بني فاتح اللون، ناتج من ترسيب مياه الأنهار على جوانب النهر ، شديد التماسك والتلاصق، يحتوي على الكاولين وعلى نسبة عالية من أكاسيد الحديد (مما يكسبها اللون الأحمر عند الحريق) والكوارتز والفلسبار والميكا البيضاء والسوداء .	صناعة الطوب البلدي وبعض المشغولات الخزفية بعد غسله وترسيبه لفصل الأملاح والمواد الخشنة عنه .
التـربة الزراعية	لونها أسود، شديدة التماسك والالتصاق، قابلة للتشكيل لما تحتويه من مواد غروية (سليكات الألومنيوم المائية، أكاسيد الحديد المائية ، الألومينا المائية) ومستحلب الدبال .	صناعة الطوب العادي .
الحمـاة	يتراوح لونها بين الرمادي والأسود وتحتوي على نسبة عالية من المواد الكربونية (نباتات متفحمة وجرانيت وأسفلت وليجنيت وفحم بتيوميني) .	يستخدم المحتوى منها على القليل من المواد الكربونية في جميع المشغولات الخزفية لأن وجود المواد الكربونية يؤخر من عمليات الأكسدة التي تساعد على تسويته وبالتالي تستغرق مشغولاتها وقتاً كبيراً في التسوية .

● جدول (٢) أهم أنواع وخواص واستخدامات الطينات عالية درجة الانصهار .

الخزف أكسيد النحاس (أزرق يميل إلى الخضرة) ، وأكسيد الكوبالت (أزرق) ، وأكسيد الأنتيمون (أصفر) ، وأكسيد المنجنيز (بني) ، وأكسيد القصدير (أبيض زجاجي قاتم) وأكسيد الحديد (بني أحمر) .

أنواع الخزف

تنقسم المنتوجات الخزفية تبعاً لبنيتها ، ومساميتها ، ونوع الطينة المستخدمة فيها ، ودرجة حرارة حرقها وتسويتها إلى ثلاثة أنواع هي :

● الفخـار

يعد الفخار أكثر منتجات الخزف مسامية وليونة ، ويتم حرقه عند درجات حرارة تتراوح مابين ٧٠٠م إلى ٩٦٠م ، ومنه نوعان هما :

* **فخار أحمر :** ويصنع من طينة ثانوية سهلة الإنصهار ، ومن طينات قلوية .

* **فخار أبيض :** ويحرق في درجات حرارة أعلى من درجة حرارة حرق الفخار الأحمر ويصنع من طينة ثانوية بيضاء عالية الانصهار .

● خزف غير مسامي

يصنع الخزف غير المسامي من الكاولينات (طينة أولية) مع الفلسبار كمساعد صهر ، ويحرق عند درجة حرارة عالية تتراوح مابين ١٢٠٠م إلى ١٤٥٠م . ويعد الخزف غير المسامي من أفضل أنواع الخزف القابلة لعملية التزجيج ، وذلك لعدم وجود أي شوائب تشكل عازلاً بين السطح الزجاجي وسطح الجسم ، كما أنه يمتاز برنينه وكثافته العالية وصلادته ومقاومته العالية للكهرباء والحرارة والمواد الكيميائية، ويدخل الخزف غير المسامي في صناعة العوازل ، وقوابس الكهرباء ، والأدوات المنزلية الراقية .

● خـزف حجـري

يتوسط الخزف الحجري في خصائصه بين الفخار والخزف غير المسامي ، فهو أقل مسامية من الفخار ، وأقل صلادة ومقاومة لتأثير الكيميائيات من الخزف غير المسامي ، كما أنه يصنع من طينة ثانوية حرارية خالية من الحجر الجيري ، ويحرق عند درجة حرارة تتراوح مابين ١٠٠٠م إلى ١٢٠٠م . ومن أهم منتوجاته أدوات المعامل الكيميائية ، والأنابيب الناقلة للسوائل الآكلة ، وفي صناعة الأدوات الصحية وأوعية الطبخ . ويوضح الجدول (٣) أنواع المنتوجات الخزفية - يمكن تشكيلها من الفخار والخزف غير المسامي والخزف الحجري - ونوع الطينة المستخدمة ، والاستخدامات والخواص .

صناعة الخزف

تمر صناعة الخزف بعدة مراحل لإنتاج المشغول الخزفي هي كالتالي :

● التحليل الكيميائي للطين

يعد التحليل الكيميائي للطين من أهم التقنيات الحديثة في مجال الصناعات الخزفية ، حيث يمكن بوساطته تحديد عدة خصائص للعينة وبالتالي معرفة مدى صلاحيتها لهذه الصناعة . ومن أهم هذه الخصائص مايلي :-

١ - تحديد درجة نقاوة الطين ، أي مقدار

نوع المنتج	نوع الطينة المستخدمة	الخـواص	الاستخدامـات
مواد البناء	طينة ثانوية حرارية خالية من الجير .	مسامية، وقليلة الكثافة ، تتحمل تأثير المواد الكيميائية والمياه الأكلة .	أنواع الطوب، والتربيعات، والمواسير، والأدوات الصحية، ومشغولات الفخار الأحمر المستخدمة في البناء.
الحراريات	طينة حرارية تحتوي على مواد ذات خواص حرارية من الكوارتز ، والماجنيزيت والزركون ، والكروميت ، والبوكسيت .	مقاومة لدرجات الحرارة العالية ، وتتحمل الصدمات الحرارية المفاجئة دون أن تنكسر .	أواني الصهر ، والمواقد، وبناء الأفران ، والغلايات ، وبيوت النار .
العوازل الحرارية	حجر الدياتوم مخلوط مع الطين .	مقاومة التوصيل الحراري .	تبطين الأفران ، وبيوت النار .
العوازل الكهربائية	البورسلان .	مقاومة عالية للكهرباء .	المفاتيح الكهربائية، وأجسام الموصلات الكهربائية، والقوابس .
الأوعية الخزفية (الأواني، والأدوات المنزلية ، والأوعية الكيميائية ، والخزف الفني) .	طينات الخزف الحجري والبورسلان .	مقاومة لتأثير الحرارة ، ومقاومة للكسر، وخالية من الأكاسيد الضارة ، ومقاومة لفعل الكيميائيات، ومسامية ، وقابلة للطلاء الزجاجي والتلوين .	أوعية الطبخ ، وأواني الطعام ، وتخزين وتعبئة المواد الكيميائية ، والقطع الفنية والتحف .

● جدول (٣) أنواع المنتوجات الخزفية ونوع الطينة المستخدمة وخواصها واستخداماتها .

ا يحتويه من سيليكات الألمنيوم المائية حيث أنه كلما زادت نسبة هذه المادة زادت رجة نقاوته .

ـ تحديد نسب مكونات الطين كاولينات ومعادن الطين ، وأشباه الطين) بالتالي امكانية عمل الخلطة المناسبة ختلف المنتوجات الخزفية .

ـ معرفة خواص الطين الحرارية وذلك قدار ما يحتويه من مساعدات الصهر يث أنه كلما زادت نسبتها في الطين كلما خفضت الخواص الحرارية له .

ـ تحديد لون المنتج الخزفي بعد الحرق لك بما تحتويه الطينة من نسبة أكاسيد حديد وأكاسيد المنجنيز ، فعلى سبيل ال إذا تراوحت نسبة أكسيد الحديد بين ٪ إلى ٣٪ بالطينة يكون لون المنتج بنياً ، ا إذا زادت النسبة عن ٣٪ فانه يصعب ديد اللون لأنه يزداد قتامة بازدياد نسبة كسيد ، ولذلك يجب اجراء عدة تجارب ن عينة من الطين لبيان اللون الحقيقي الذي سيكون عليه المنتج بعد حرقه .

٥ ـ معرفة نوع المواد الضارة بالطينة (الكبريت ومركبات كبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم ، والمواد الكربونية صعبة التطاير ، وأملاح البوتاسيوم والصوديوم) ثم إزالتها والتخلص منها ، إما بالمعالجة الكيميائية لها، أو بطرق الغسيل والترسيب وخاصة للمواد الضارة التي لها قابلية للذوبان في الماء .

وترجع خطورة وجود بعض المواد الضارة بالطينة على المشغولات الخزفية إلى عدم تطايرها من الجسم الخزفي في درجات الحرارة المنخفضة عندما يكون الجسم مسامياً قبل مرحلة التزجيج ، حيث يصعب بعد هذه المرحلة التخلص من هذه المواد الضارة فتحبس داخل الجسم الخزفي ، وينتج عنها انتفاخات في جسم المنتج وبالتالي تشوهه .

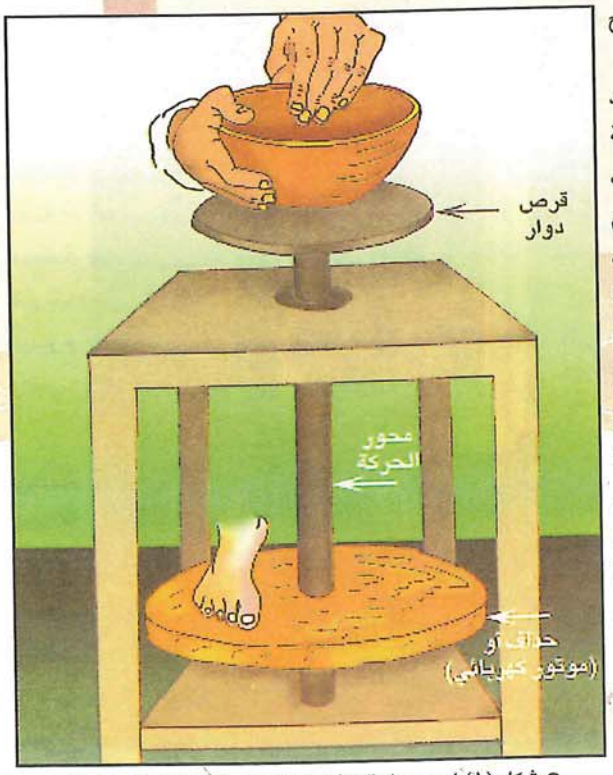
● تجهيز المواد الأولية

يتم تجهيز المواد الأولية (الطين ومساعدات الصهر والمواد الجيرية والمواد الإضافية والملونات) المستخدمة في صناعة الخزف بتكسيرها ثم طحنها في اسطوانات دوّارة للحصول على مسحوق ناعم ، يتم نقله إلى خلاطات مزودة بأذرع عالية السرعة تعمل على خلط الطينة بالماء للحصول على عجينة سائلة تنقل العجينة إلى خزان من البلاستيك مزود بقلاب بطيء الحركة لمنع ترسب حبيبات الطين .

● التشكيل

يتم تشكيل عجينة الطين السائلة في صورة منتوجات خزفية بعدة طرق هي :

* **القولبة (Molding)** : وتتم بصب



● شكل (١) إحدى طرق تشكيل الأواني الخزفية (الدولاب) .

العجينة مباشرة في قوالب خاصة تستخدم فيها مكابس ضاغطة مصنوعة من الفولاذ القاسي - بالشكل المطلوب لتكون صالحة للاستعمالات المختلفة .

* **البثق (Extrusion) :** ويتم فيها وضع العجينة في مرشحات لفصل الماء منها حتى تصل نسبة الرطوبة بها الى حوالى ٢٥٪ ، ثم تدفع العجينة إلى آلة بثق يخرج منها الطين على شكل عمود يقطع الى اسطوانات أو أقراص من الطين يتم تشكيلها إلى منتوجات خزفية مختلفة ، وذلك أما يدوياً أو بضغط الطين في قوالب معدنية خاصة بالشكل المطلوب ، أو باستخدام الآلة الدوارة ، شكل (١) ، التي تعد من أقدم طرق التشكيل السريع للمنتج الخزفي .

● التجفيف

تتم عملية التجفيف بترك المنتج الخزفي النهائي على أرفف خشبية بجانب فرن الحريق لتجف ، وتعتمد مدة تجفيف المنتج على كمية الماء المضاف إثناء المزج ، وعلى نسبة رطوبة الجو ، فكلما قلت الرطوبة زاد معدل جفاف المنتج ، وعلى سبيل المثال يتم جفاف المنتج في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية خلال ٢٤ ساعة - لانخفاض نسبة الرطوبة بها - ثم يتم حرقه في اليوم التالي مباشرة.

● التزجيج

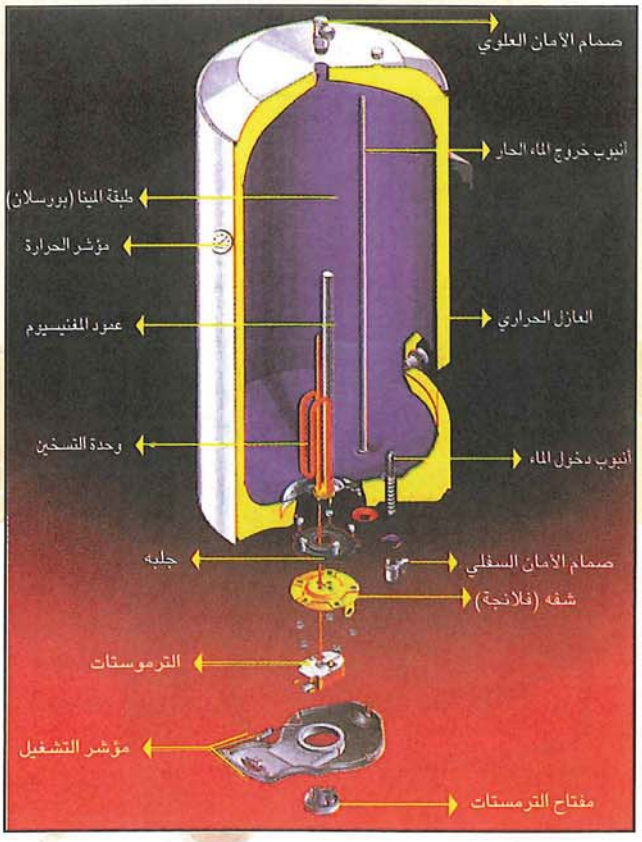
تبدأ عملية التزجيج (Glazing) بإعداد مادة التزجيج السائلة التي يتكون من خليط من مركبات السليكات ، والفلسبار، وكربونات الكالسيوم، والدولوميت ، والرمل، والكاولين ، وكبريتات الباريوم ، وأكاسيد معدنية ثم يغطى بها المنتج وذلك بإحدى طريقتين هما : -

● الحرق

يتم حرق (شوي) المنتج بعد تجفيفه وذلك لتثبيت حجمه ووزنه وتحويله الى حجم صلب، وهناك نوعان من الحرق هما :

* **الحرقة الأولى :** وتعرف بحرقة « البسكويت » وتتم عند درجة حرارة منخفضة قبل تغطية المنتج بالطلاء الزجاجي ، وتساعد هذه الحرقة المنتج على التخلص من بعض الشوائب التي قد تكون ضارة بالمنتج في مرحلة التزجيج ، كما تستخدم هذه الحرقة للنواتج الخزفية غير المتزجة .

* **الحرقة الثانية :** وتتم - بعد تزجيج المنتج - في أفران كهربائية يبلغ طول الواحد منها حوالي عشرة أمتار ، وفيها يُرص المنتج على بلاطات حرارية ويحرق في درجات حرارة عالية تتراوح مابين ٧٠٠م إلى ١٤٥٠م وذلك تبعاً لنوع المنتج ، ودرجة انصهار الطينة المستخدمة . وتحدد مدة الحرق إما بالنظر إلى درجة توهج الجسم الخزفي أو عن طريق أصابع إختبار مصنوعة من عجائن معينة تنصهر عند درجات حرارة معلومة ، والتي على ضوئها تحدد المدة الزمنية التي يغلق عندها الفرن . ثم يترك المنتج داخل الفرن ليبرد تدريجياً حتى لا يتعرض للتبريد الفجائي فيسبب ذلك ضرر للمنتج أو للطبقة المتزجة .



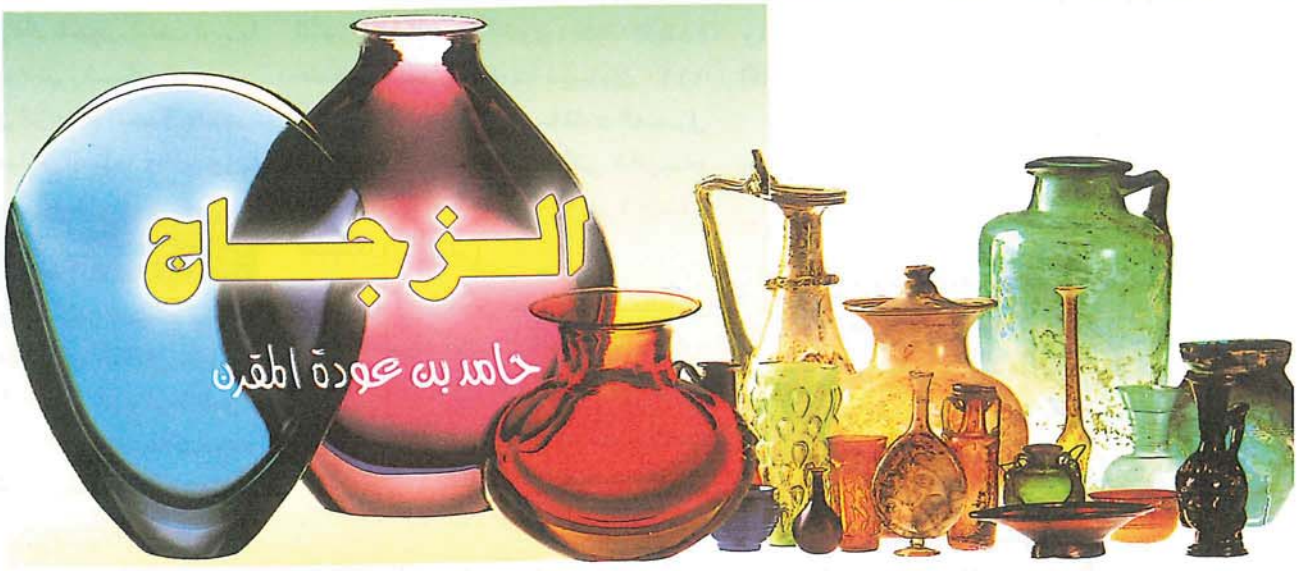
● شكل (٢) استخدام المينا في صناعة السخانات الكهربائية .

الفحص والتعبئة

يتم فحص المنتوجات الخزفية وإنتقاء المنتجات الخالية من العيوب (انتفاخات أو تشققات على سطح المنتج) التي تحدث من وجود بعض الشوائب الضارة أثناء عملية الحرق أو التبريد ، ثم تعبأ تلك المنتوجات في عبوات من الكرتون وتنقل الى أماكن التوزيع .

صناعة الخزف في المملكة

تعد صناعة الخزف من الصناعات التقليدية القديمة التي ظهرت في المملكة منذ مئات السنين ، وقد ساعد توفر الخامات وسهولة الحصول عليها ونقلها من أماكنها على نمو هذه الصناعة وتطورها ، ويوجد الآن في المملكة العديد من المصانع الخزفية منها مصنع الفخار والخزف الحديث في مكة المكرمة ، ومصنع الخزف السعودي بالرياض الذي استخدم أحدث التقنيات في صناعة الأدوات الصحية والترابيع ، ومن ضمن المواد الموجودة في المملكة مادة المينا (البورسلان) المستخدمة في إنتاج سخان الخزف السعودي ، شكل (٢) حيث يتم طلاء أسطوانة السخان من الداخل بهذه المادة التي تمنع تكون الصدأ داخل الخزان مما أدى إلى إطالة عمره وسهولة حصول المستهلك على مياه ساخنة ذات درجة نقاوة عالية لاستخدامها في إعداد الأطعمة والمشروبات .



الزجاج

حامد بن عودة المقرن

يلعب الزجاج دوراً أساساً في الحياة اليومية للإنسان ، حيث أنه يستخدم في عدد من المجالات الحياتية ، فعلى سبيل المثال يستخدم في المصابيح الكهربائية، النوافذ المباني ، والأدوات المنزلية ، وأدوات الزينة وغيرها ، كما يستخدم في تطبيقات العلمية ، كأدوات المختبرات الكيميائية لكون أنواع منه لا تتأثر القواعد أو الأحماض ماعدا حامض فلوريد الهيدروجين (Hydrofluoric Acid - HF) ، في أجهزة الدراسات الإشعاعية لكونه يسمح برؤية كيفية التعامل مع بعض مواد المشعة دون التعرض لإشعاعاتها ، علاوة على أنه يستخدم في المركبات الفضائية لما يمتاز به من صلابة وتحمل للضغوط العالية للهواء خلال الرحلة، كذلك مقاومتة للحرارة العالية عند دخول المركبة الغلاف الجوي الأرضي .

بجانب هذه الاستخدامات الهائلة الواسعة الانتشار نجد أن تكلفة تصنيع الزجاج رخيصة جداً ، حيث أن المادة الأساس لتصنيعه ـ الرمل ـ متوفرة ميسرة بكثرة في الطبيعة ، كما أنه يمتاز عند صهره بسهولة قولبته ونفخه وسبكه ، يمكن عمل ألياف زجاجية منه يصل طرها إلى ٢,٥ × ١٠-٦ سم ، وفي الوقت نفسه نجد أنه بالإمكان عمل عدسات جاجية ومرايا ذات أقطار هائلة مثل مرآة نظار هالي في كليفورنيا التي يصل طرها إلى أكثر من خمسة أمتار .

تاريخ صناعة الزجاج

لا أحد يعلم متى وأين تمت أول صناعة زجاج ، ولكن من المؤكد أنه عثر عليه في صورته الطبيعية حول المناطق البركانية ، ولكن كثير من الدلائل تشير إلى أن المصريين الأوائل وسكان بلاد مابين النهرين كانوا رواداً في هذه الصناعة حيث اكتشفت قطع زجاجية مصنعة ترجع إلى مصر القديمة في عام ٢٥٠٠ قبل الميلاد ، كما وجدت بعض القطع الزجاجية الصغيرة في بلاد ما بين النهرين والتي يتوقع أن يكون عمرها حوالي أربعة آلاف سنة .

بدأت صناعة الزجاج بمصر على شكل أواني بطريقة سكب طبقة من الزجاج المصهور على قالب رملي (Sand Core) ، وبعد تصلب الزجاج يزال هذا القالب ليعطي وعاءاً مجوفاً يمكن تزيينه على شكل رسومات جميلة – حسب الرغبة – بزجاج مطحون يضاف ويضغط على سطح الوعاء الزجاجي عند تصنيعه وهو ساخن .

تلا ذلك ظهور تقنية نفخ الزجاج بوساطة الفينيقيين في بلاد الشام ، في أواخر القرن الأول قبل الميلاد ، وقد إستخدم في هذه التقنية أنبوب حديدي بطول متر ونصف تعلق بأحد طرفيه كتلة من الزجاج المصهور وينفخ النافخ الطرف الآخر ، وعند بداية النفخ داخل الكتلة الزجاجية المصهورة يتشكل الزجاج ، وعندها يقوم النافخ بهز القضيب الحديدي أو لفه ليحصل على الشكل المطلوب . وقد أدى اكتشاف هذه الطريقة إلى عمل تطبيقات جديدة للزجاج يتم فيهاصنع قطع جميلة من الزجاج ذات جودة عالية .

وعند نهاية القرن الأول بعد الميلاد بدأت الامبراطورية الرومانية باستخدام معظم التقنيات الحالية حيث بدأ استخدام الزجاج للنوافذ ، كما بدأ استخدام النقش على الزجاج .

بعد ضعف الإمبراطورية الرومانية أمام الفتوحات الإسلامية ، في القرن الرابع والخامس الميلادي بدأت حرفة صناعة الزجاج تأفل في الغرب ، ولكنها في نفس الوقت بدأت تزدهر في الشرق ، حيث انتشرت هذه الحرفة في أنحاء العالم الإسلامي ، وابتكر المسلمون نماذج جديدة لأوانيهم الزجاجية واستخدموا وسائل حديثة في إنتاجهم حتى تفوقت مصنوعاتهم على مصنوعات الخزف التي

كانت شائعة في ذلك الحين ، فبلغت أوجها في القرنين السادس والسابع الهجري بصنع نماذج من الزجاج المحلا بالذهب والمينا لاستخدامها في المساجد والقصور .

خواص الزجاج

تعتمد جميع تطبيقات الزجاج لمختلف الاستخدامات اعتماداً أساساً على خواصه مثل الصلابة ، والشفافية ، والمقاومة للمواد الكيميائية ، والانكسار ، ونفاذيته للضوء ، وكذلك معامل التمدد والمتانة والقوة .

يعد الزجاج من السوائل ذات التجمد الفائق (Supercooled Liquid) ـ رغم أنه يبدو وكأنه مادة صلبة ـ بل عبارة عن سائل سميك لا يسيل كغيره من السوائل ، ولايمكن أن يكون الزجاج مادة صلبة لأن جزيئاته غير متبلورة ، ـ باستثناء زجاج الكريستال ـ أي أنها ليست مرتبة في نظام بلوري معين حيث من المشاهد أنه يتأثر بشكل شديد عند انكساره ، وذلك مقارنة بالمواد الصلبة كالأحجار الكريمة التي تنكسر على هيئة خطوط وتشققات على أساس شكلها البلوري . ومع هذه العشوائية في الترتيب فإن للزجاج ميلا للتبلور ، وذلك إذا بلغ من القدم قروناً طويلة ، أو عند تسخينه لدرجة قريبة من الانصهار .

تعتمد كثافة الزجاج على الأوزان الذرية للمعادن الداخلة في تركيبه ، فعلى سبيل المثال تبلغ كثافة الزجاج من نوع الكوارتز ـ يتكون بصفة أساس من السيليكا ـ حوالي ٢ر٢جم/ سم٣ ، أما الزجاج عديد المكونات مثل زجاج المرايا فتصل كثافته إلى ٥ر٢جم /سم٣ ، وفي حالات أخرى مثل الزجاج المحتوي على رصاص ، فإن الكثافة تزيد عن ذلك بكثير .

يتميز الزجاج بعزله الجيد للحرارة والكهرباء ، كما أن مقاومته الكهربائية تتناقص بشدة في الأجواء الرطبة وعند درجات الحرارة العالية . فمثلا تبلغ المقاومة الكهربائية للزجاج القلوي (Alkali Glass) عند درجة حرارة الغرفة فيما بين ١١١٠ إلى ١٩١٠ أوم سم ، أما ثابت العزل الكهربائي فيتراوح بين ٥ إلى ٧ للزجاج عديد المكونات ، وما بين ٥ر٣ إلى ٤ لزجاج السيليكا (الكوارتز) .

وللزجاج ثباتية عالية عند استخدامه كأوعية للمواد الكيميائية والمذيبات ، ولكنه يذوب بسرعة شديدة في بعض الأحماض مثل حامض فلور الهيدروجين (Hydrofluoric Acid - HF) ليكون حامض هيكسافلوروسيلك (Hexafluorosilic Acid).

إضافة لذلك فإن الزجاج يتميز بخواص بصرية عالية ، بسبب أن امتصاصه وعكسه للضوء عاليين ، ويمكن تحسينها ببعض الإضافات . كما أن خواصة الميكانيكية تعد – في معظم الأحيان – قريبة من مواصفات الخزف ، لاتصافه بالقساوة وسهولة الكسر .

مكونات الزجاج

يصنع الزجاج بصفة أساس بصهر السيليكا (SiO_2) المكون الرئيس للرمل ، وتختلف نقاوة الرمل المستخدم في صناعة الزجاج حسب لونه من الأبيض إلى الأصفر أو الأحمر ، حيث يعد الرمل الأحمر أردأ هذه الأنواع لإحتوائه على نسب عالية من أكاسيد الحديد والألمنيوم ، لذلك يستعمل في الزجاج المعتم ، أما الرمل الأبيض فهو الأكثر نقاءاً حيث يكاد ينعدم فيه وجود أكسيد الحديد مما يجعله مناسباً في صناعة الزجاج ذو النقاوة العالية مثل الكريستال والعدسات البصرية وغيرها ، حيث يجب أن تكون نسبة أكاسيدالحديد فيه أقل من ١٪ .

وتختلف مكونات الزجاج حسب غرض الاستخدام إلى ما يلي :-

• زجاج وحيد المكونة

الزجاج وحيد المكونة (Single Component) هو زجاج يحتوي على السيليكا (الكوارتز) فقط التي تم صهرها عند درجة حرارة ١٩٨٢م ، ثم يتم تشكيلها لتعطي أجود أنواع الزجاج على الإطلاق لما يتميز به من صلابة عالية جداً ، وخواص عزل كهربائي ، وثبات في التركيب الكيميائي عند درجة حرارة عالية تصل إلى أكثر من ٢٠٠٠م .

• زجاج عديد المكونات

ويشمل هذا النوع جميع الأنواع الأخرى من الزجاج التي تتكون من السيليكا ومكونات أخرى تختلف حسب لون وطبيعة الاستخدام لهذا الزجاج . فعلى سبيل المثال يوضح الجدول (١) مدى تأثير نسبة أكسيد الحديد على استخدامات الزجاج المختلفة ، ويختلف دور المكونات حسب دور كل منها في صفات الزجاج وذلك كما يلي :

* **مساعدات الصهر :** وهي مواد يتم مزجها مع السيليكا لتعمل على صهرها عند درجة حرارة أقل من درجة انصهار السيليكا (١٩٨٢م) ، وتعد كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) من أهم مساعدات الصهر التي تضاف لمادة

نسبة المادة (٪)		الاستخدام
السيليكا (SiO_2)	أكسيد الحديد (Fe_2O_3)	
٩٩,٧٥	٠,٠٠٨	زجاج الكريستال والزجاج البصري
٩٩,٥٠	٠,٠١٣	الزجاج عديم اللون (مستخدم بكثرة)
٩٨,٥٠	٠,٠٣٠	الألواح والحاويات الزجاجية
٩٨,٥٠	٠,١٠٠	زجاج النوافذ والأبواب
٩٧,٥٠	٠,٣٠٠	الزجاج ذو اللون الأخضر
٩٧,٥٠	١,٠٠٠	الزجاج ذو اللون البني

• جدول (١) تأثير نسبة أكسيد الحديد على استخدامات الزجاج .

التركيب	النسبة ٪
السيليكا (SiO_2)	٧٠ ـ ٧٤
كربونات كالسيوم ($CaCO_3$)	١٠ ـ ١٣
كربونات صوديوم (Na_2CO_3)	١٣ ـ ١٦

● جدول (٢) نسبة المكونات الرئيسة لزجاج سيليكات الصودا ـ جير (Soda-Lime Silicate) .

لسيليكا لإنتاج الزجاج المائي – سيليكات لصوديوم – والذي له خاصية الذوبان في لماء ، ولكن عند اضافة كربونات الكالسيوم ه كمثبت (Stabilizer) فان المنتج يصبح زجاجاً لايذوب في الماء ، يمتاز عن الزجاج المائي بأنه أكثر سلابة وتحملاً ، ويطلق على هذا النوع ن الزجاج اسم زجاج سيليكات الصودا - جير (Soda - Lime Silica) ، وهو من أهم واع الزجاج عل الاطلاق ، حيث يصنع منه جاج النوافذ والصفائح والألواح والقوارير الحاويات والمصابيح الكهربائية ويمثل ٩٪ من أنواع الزجاج ، وهو بجانب أكسيد كالسيوم (Ca0) والصوديوم (Na_20) حتوي على أكسيد البوتاسيوم (K_2O) ، يوضح الجدول (٢) المكونات الرئيسة هذا النوع من الزجاج .

تدخل مادة اكسيد البورون (Boron Oxide) مادة مساعدة لخفض درجة الانصهار لتخفيف معامل التمدد في الزجاج فضلاً ن أن مقاومتها الكهربائية والحرارية مقاومتها للمواد الكيميائية تجعلها ستعمل في صنع الزجاجيات الخاصة لمعامل الكيميائية وبعض الأواني زجاجية المستخدمة في الأفران والعازلات كهربائية وزجاج مكائن الغسيل .

ويطلق على هذا النوع من الزجاج زجاج يليكات البورون (Boro Silicate Glass) كما رف كذلك بزجاج الباير يكس (Pyrex) ، وضح جدول (٣) مكونات هذا النوع من جاج .

تعد كسارة الزجاج (Gullet) من المواد ساعدة للإنصهار ، فهي بجانب فائدتها

التركيب	النسبة ٪
سيليكا	٧٠ ـ ٨٥
أكسيد البورون	١٣ ـ ٢٨
أكسيد الصوديوم	نسبة صغيرة

● جدول (٣) مكونات زجاج البوروسيليكات (Borosilicates) .

في إعادة تصنيع الزجاج التالف (Glass Recyle) تساعد على تخفيض درجة حرارة الانصهار ، وعادة ما تكون نسبة كسارة الزجاج منخفضة نسبياً بحيث لا تتعدى ١٠٪ ولكنها في بعض الاحيان قد تزيد عن ٥٠٪ لتصل إلى ٨٠٪ في بعض الحالات ، ويشترط في كسارة الزجاج أن تكون من نفس تركيب الزجاج المراد تصنيعه .

وتعد عملية إعادة تصنيع الزجاج من أهم العمليات الاقتصادية ، حيث تخفض في تكلفة الطاقة اللازمة للانصهار ، وتوفر المواد الأساسية في التصنيع ، وتطبق هذه العملية بشكل واسع حيث تشكل ١٥٪ من صناعة القوارير ، و ٢٠ـ ٣٠٪ في صناعة المصابيح .

* **المعدلات :** وهي مواد تضاف لتحسين خواص الزجاج مثل الصلابة ومقاومة الكهرباء والتمدد ودرجات الحرارة العالية ، ومن أمثلة هذه المواد كربونات الكالسيوم التي تم ذكرها سابقاً في صناعة زجاج سيليكات الصودا ـ جير .

وبجانب ذلك فان مادة أكسيد البورون ـ اضافة إلى انها مادة مساعدة للانصهار ـ تعد مادة معدلة لصفات الزجاج ، حيث تكسبه خاصية مقاومة للمواد الكيميائية والكهرباء والحرارة .

تعد مركبات الألمنيوم والزنك والرصاص من المواد الشائعة الاستخدام لاكساب الزجاج صفات معينة ، فعلى سبيل المثال تستخدم مادة الألومينا بنسبة ٢٠٪ في بعض أنواع الزجاج المقاوم لدرجات الحرارة العالية وللمواد الكيميائية ، اما أكسيد الرصاص فيضاف بنسبة ١٥٪ أو أكثر للحصول على زجاج الرصاص الذي يستخدم بكثرة في البصريات لتسببه في ارتفاع معامل الانكسار وشدة انتشار الضوء فضلاً عن المقاومة الكهربائية العالية، كما يستخدم هذا النوع من الزجاج في إنتاج المصابيح وأنابيب النيون .

* **الملونات :** وهي أكاسيد ومواد معدنية تضاف بنسب قليلة لعجينة الزجاج لإكسابها لونا معيناً ، ومن أمثلة ذلك ما يلي:

ـ اللون البني الداكن : ويتم باضافة أكسيد الحديد يك ($Fe_2 O_3$) .

ـ اللون الأصفر مع سمرة : ويتم بإضافة أكسيد الحديدوز (Fe O) وهو لون قوارير الدواء وبعض المواد الكيميائية .

ـ اللون الأزرق : ويتم بإضافة أكسيد الكوبالت (Co O) .

ـ اللون الأخضر الفاتح : ويتم بإضافة أكسيد الكروم ($Cr_2 O_3$) .

ـ اللون الأحمر : ويتم بإضافة أكسيد الكادميوم (CdO) أو أكاسيد النحاس (Cu O, Cu_2O) أو أكسيد الذهب ($Au_2 O_3$) .

ـ اللون الأحمر الذهبي : ويتم بإضافة كلوريد الذهب ($AuCl_3$) .

تصنيع الزجاج

تمزج العجينة الزجاجية مع الكسارة الزجاجية في مكائن خلط تشبة مكائن خلط الأسمنت . ثم تنقل إلى فرن خاص كبير ـ للصهر ـ يطلق عليه خزان الفرن (Tank Furnace) تصل أبعاده إلى ٩م عرضاً و ٤٦م طولا . ويتسع إلى أكثر من ألف طن متري من الزجاج المصهور ، تتم الإضافة لهذا الفرن بشكل متسلسل إلى نهاية العمل ، حيث تشكل بركة زجاجية في قاع الفرن . بعد إتمام صهر العجينة فان الزجاج يبدأ بالظهور، عندها تزال عنه الفقاقيع الهوائية وتقلل الحزوز التي تشوهه .

يعتمد زمن عملية الصهر على نوع الزجاج المصهور والمنتج الذي يصنع من

الزجاج . فقد تأخذ العملية ٣٦ ساعة بين بداية الصهر إلى نهاية العمل بالفرن .

بعد ذلك ينقل الزجاج المنصهر إلى فرن تغذية مبطن بطوب حراري يتحمل درجات الحرارة العالية جداً . يزود فرن التغذية بجهاز يعمل على تدفق الزجاج المصهور إلى أجهزة القولبة إما بشكل مستمر أو على شكل وحدات يطلق على الواحدة منها لقيم السد (Gobbing Feeder) حيث تحتوي كل وحدة على زجاج يكفي لانتاج المنتج المعين ، بعدها يتم الانتقال للوحدة التي تليها وهكذا .

قولبة الزجاج

تختلف قولبة الزجاج حسب نوع المنتج وذلك كما يلي :

• الزجاج المسطح

توجد عدة طرق لقولبة الزجاج المسطح (الألواح الزجاجية) من أهمها :-

* **طريقة فوركاولت :** وتسمى أيضاً طريقة السحب الرأسي ، ويتم فيها سحب الزجاج عمودياً نحو الأعلى من خلال شق في حجر خزفي مقاوم للحرارة بعرض لوح الزجاج المطلوب ، ويضغط مصهور الزجاج بمكابس حيث يجبر للصعود من خلال الشق نحو الأعلى بواسطة شبك معدني إلى الاسطوانات التي تدور بإتجاهين متعاكسين ، وعندما يصل الشبك إلى الاسطوانتين الأوليتين يفصل الشبك المعدني عن اللوح الزجاجي حيث يستمر الأخير بالصعود لمسافة ١٠ أمتار ثم يقطع اللوح الزجاجي الناتج بالمقاسات المطلوبة ، ويبلغ عرض اللوح الزجاجي في هذه الطريقة بحدود ١,٥ـ ٣ أمتار وبسمك ٧-١٥مم بينما تبلغ سرعة سحب الزجاج بحدود ٩٥متر/ساعة .

* **طريقة بيتسبورغ :** ويتم فيها سحب الزجاج بواسطة شق في حجر خزفي مغمور في المصهور الزجاجي وليس على سطحه كما في الطريقة السابقة ، ويتراوح عرض لوح الزجاج بهذه الطريقة من حوالي ٢ـ٣ متراً وتبلغ سرعة سحب الزجاج سماكته (٣مم) بحدود ١٠٠ـ١١٠متر/ساعة .

* **طريقة ليبي :** ويتم فيها سحب الألواح الزجاجية بدون استخدام الحجر الخزفي ، وتعتمد الطريقة على ادخال شبك من الحديد إلى المصهور الزجاجي ، وذلك على ارتفاع يتراوح من ٦٠ـ٦٥سم ثم يثنى اللوح الزجاجي بتسليط لهب قوي عليه ، ثم يمرر في مجموعة من الاسطوانات التي تعمل كفرن تبريد .

* **طريقة الزجاج العائم (Float Glass Process) :** وهي أحدث طريقة حيث حلت محل الطرق السابقة ، ويتم فيها صهر الزجاج في حوض الفرن وينقل منه بطريقة السحب الأفقي ، فيمر الشريط الزجاجي بين زوج من الاسطوانات ، ثم على حوض من القصدير المصهور ، شكل (١) ، وبما أن كثافة الزجاج أقل من كثافة مصهور القصدير فسيعوم الزجاج على سطح مصهور القصدير . يسخن سطح الزجاج غير الملامس للقصدير لصقله بالنار للحصول على سطحين مستويين ومتوازيين تماماً ، ولما كان سطح مصهور القصدير مستوياً فإن سطحي الزجاج يكونان مستويين ومتوازيين مع بعضهما أيضاً . وبعد ذلك يمر الشريط الزجاجي على سطح القصدير ليدخل فرن التلدين ويقطع بعد ذلك بأجهزة آلية .

تمتاز الألواح الزجاجية الناتجة بهذه الطريقة بسطوحها المستوية والمتوازية تماماً دون اخضاعها إلى عمليات تنعيم وصقل . وينتج عن هذه الطريقة ألواحاً بسماكة ٣مم و ٦مم .

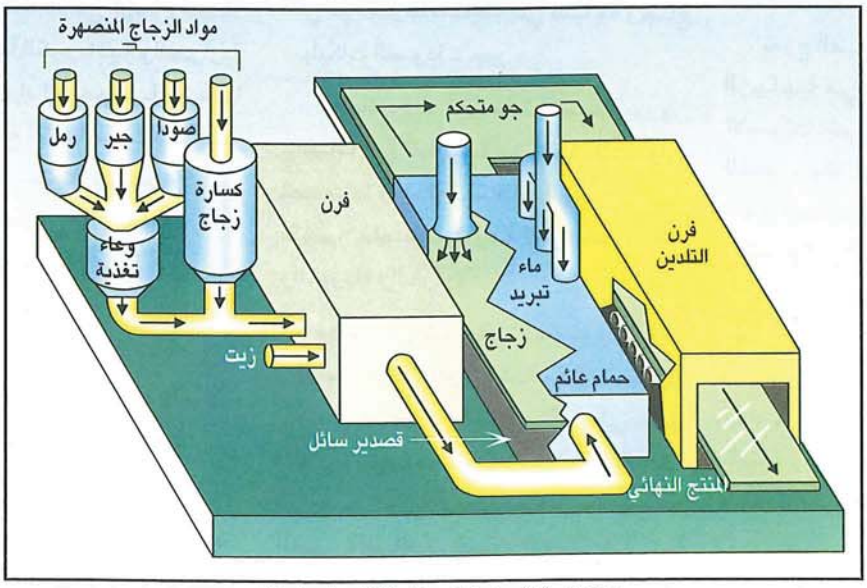
• زجاج القوارير

تعتمد الطريقة القديمة لصناعة القوارير على طريقة النفخ بالفم في القالب بإستعمال ماسورة نفخ مصنوعة من الحديد لإنتاج القوارير الزجاجية .

أما الطرق الحديثة فتعتمد على سحب المصهور الزجاجي إلي القالب ثم قطعه عن المصهور وإرسال الهواء إلى داخل القالب ليشكل الهيكل المطلوب . ومن الطرق الحديثة الأخرى ضغط المصهور الزجاجي بكميات محدودة إلى القالب الذي يتألف من قسمين خارجي وداخلي متحرك .

• الأنابيب والقضبان الزجاجية

تصنع الأنابيب والقضبان حديثاً بطرق آليه يتم فيها صهر الزجاج في فرن



● شكل (١) مخطط صناعة الزجاج العائم.

● القولبة بالنفخ إحدى الطرق القديمة لصناعة القوارير.

حوضي ثم يؤخذ شريط زجاجي من الفرن بواسطة أنبوب مجوف دوّار مصنوع من الطوب الحراري . ويبدأ السحب من الأنبوب بشكل يدوي وعلى بعد ٢٥ متراً بمسك القضيب بواسطة زوج من الأحزمة المغطاة بعازل ، وبعد أن يخرج القضيب من الأحزمة يقطع إلى الأطوال المطلوبة .

أما الأنابيب فتصنع بنفخ الهواء بالانبوب المجوف . حيث يحدد القطر الداخلي والخارجي في الانبوب بواسطة لتحكم في ضغط الهواء المستخدم وسرعة لسحب .

أنواع الزجاج

مرت صناعة الزجاج بعدة مراحل تم يها تصنيع عدة أنواع منها تختلف اختلاف الحقب التاريخية التي صنعت ثناءها وكذلك باختلاف المنطقة التي صنعت فيها ، ومن أشهر أنواع الزجاج ما لي :

● الزجاج الكهرماني

هو زجاج ذو ألوان ممزوجة بين الأصفر والأحمر بحيث يكون الجزء الأسفل منه ذو لون مصفر كهرماني (Amberina) ، يندمج في لون ياقوتي محمر في الجزء الأعلى منه. سجلت براءة اختراعه عام ١٨٨٣م لشركة نيو انجلاند للزجاج في الولايات المتحدة ، وأنتج بكثرة خلال عام ١٨٩٠م . يصنع منه الكثير من الطاولات والحلي المطعمة بالألماس .

● زجاج باكرت (Baccart)

أول ما أنتج في مدينة باكارت (Amberina) الفرنسية في بيت لصنع الزجاج في عام ١٧٦٥م . وأصبح هذا النوع في عام ١٨٠٠م ، من أفضل أنواع الزجاج المقطوع في أوربا. وبعد عرضه في معارض باريس في عام ١٩٢٥م ، أصبح يستخدم في الكثير من أعمال الديكور .

● زجاج دوم

وهو من أهم أنواع الكريستال الحديث ، وقد أنتج بواسطة شركة (Daum) الفرنسية ، ويستخدم عادة في أوعية الكريستال النقية والفازات والمصابيح وفي فن النحت .

● زجاج جالي

يعد زجاج جالي من الأنواع الحديثة للزجاج ، وقد تم صنعه في أواخر القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بوساطة شركة جالي (Frenchman Mile Galle) ، ومعظم هذا النوع من الزجاج غير شفاف ولكنه يبعث ألوانا عميقة . ويستخدم في أوعية الديكور كالفازات والورود والفواكه الصناعية ، وغالباً ما تستخدم منه قطع في التصاميم البنائية .

● زجاج ساتاني أطلس

يستخدم زجاج ساتاني أطلسي (Satin) في أعمال الديكور مع خليط معدني خامل ، وذلك بغمر الزجاج في حامض أو بوساطة معالجة الزجاج بأبخرة حامضية . ويستخدم هذا الزجاج في صناعة المصابيح المظللة .

● زجاج ليس

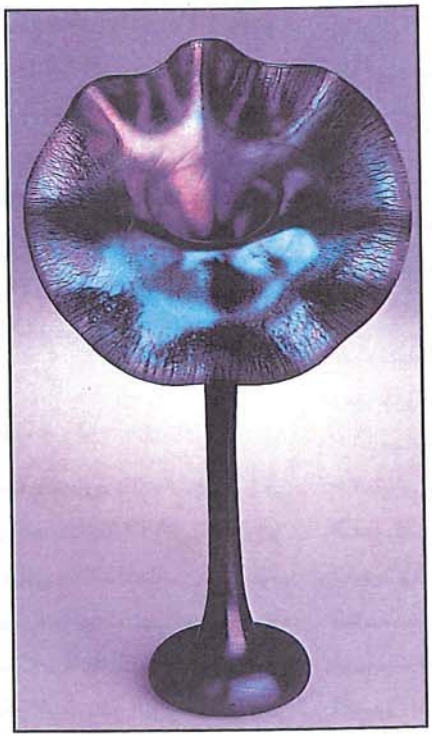
يُصنَّع من زجاج ليس (Lace) فازات مع خيوط من الزجاج الأبيض غير الشفاف بحيث يشكل نماذج على شكل لولب حلزوني على الفازات .

● زجاج ريلدوم

يعد زجاج ريلدوم (Reeldom) من أفضل الزجاج المعروف في العالم اليوم حيث أنه نوع جديد من الزجاج الملون بظلال من اللون الأخضر والرصاصي والأزرق والأرجواني والأصفر ، وتصنعه شركة رويال ريلدوم (Royal Reeldom) الهولندية .

● زجاج أوبال أو الحليبي

زجاج أوبال أو الحليبي (Opal Or Milk) عبارة عن زجاج أبيض غير شفاف صنع أصلا في فينيسيا (Venice) قبل عام ١٥٠٠م وفي فلورنسا (Florence) ما بين



● احد انواع زجاج الديكور.

عام ١٥٧٥م إلى ١٥٨٧م، وكان يصنع بشكل محدود في شمال أوربا وقليل منه في ألمانيا في القرن السابع عشر. أما في القرن الثامن عشر فإن بعض زجاج أوبال أنتج في بريطانيا. ويستخدم بكثرة لصنع بعض أدوات الطاولات وتزيينها خاصة لتغطية بعض الصحون لزخرفتها.

● زجاج أوريفورز

أنتج في القرن العشرين من قبل صانعي الزجاج في مدينة أوريفورز (Orrefors) بالسويد، ويبدو هذا الزجاج وكأن هناك سائل محجوز فيه.

● زجاج ساندويتش

هو زجاج قابل للنفخ والقولبة والنقش، أنتج بوساطة شركة بوستن وساندويتش (Boston & Sandwich) بأمريكا، ويعد من أشهر أنواع الزجاج المضغوط حيث ينتج بقولبة خاصة، وهو يشبه زجاج باكارت المضغوط، يستخدم هذا الزجاج بكثرة في المصابيح والفازات.

● زجاج فاريل

أنتج زجاج فاريل (Tiffany Farrile) بواسطة **لويس تيفاني** خلال الفترة من عام ١٨٩٣م - ١٩٣٣م في أمريكا، وهذا النوع من الزجاج يكون متقزح اللون مصحوباً بمزيج ذو لون برونزي مع مادة أخرى لإنتاج عدة ألوان شديدة من الأزرق الشديد إلى الأرجواني، ومن الأصفر الذهبي إلى الأخضر، ويتميز بأن سطوحه ناعمة جداً.

● زجاج فورد

أنتج زجاج فورد (Water Ford) في مدينة في أيرلندا عام ١٧٢٩م - ١٨٥١م، ومن ١٩٥١م إلى وقتنا الحاضر، اكتسب هذا النوع شهرة عالمية بسبب استخداماته كجدران سميكة ولماعة. كان يصنع منه في البداية الزجاج المدخن ذو اللون الرصاصي اللماع، ولكنه بدأ يتراجع بإنتاج الكريستال الصافي بعد عام ١٩٨٠م، ويستخدم هذا الزجاج بصفة أساس في صناعة مصابيح الجدران والفازات وحوامل المصابيح الجدرانية.

صناعة الزجاج في المملكة

تستورد المملكة مختلف أنواع الزجاج لتلبية الحاجات الضرورية على مختلف أشكالها العمرانية والصناعية والصحية والعلمية. حيث بلغ ما أستوردته المملكة في عام ١٩٩٤م ما مجموعة ٢٦٤١٨٤ طن وذلك بتكلفة تزيد عن خمسمائة مليون ريال (٥٣٩,٣١٩,٠٠٠ ريال).

تتوفر المادة الأساس لصناعة الزجاج - الرمل - بكثرة في المملكة، حيث تنتشر صحاري شاسعة في الشمال والشرق والجنوب من المملكة والتي يصل سماكة بعض مناطقها الرملية إلى ٦٥٠- ٨٥٠م. ومن أشهر هذه الصحاري صحراء النفود الكبرى (٦٥,٠٠٠كم ٢)، وصحراء الدهناء (٤٠,٧٨٩ كم٢) وصحراء الربع الخالي (٦٠٠ر٠٠٠ كم٢) وتأخذ هذه الرمال الألوان الأبيض والأصفر والأحمر وهي تتواجد حسب التوزيع التالي :-

● المنطقة الوسطى

تنحصر الرمال التي تصلح لصناعة الزجاج بصفة أساس في شرق مدينة الرياض، وذلك على جبل برمة وجبال الدغم والتي تبعد عن ٤٠كم شرق الرياض، والتي تعد مصدراً كبيراً جداً للرمل الأبيض. فمثلا تبلغ مساحة رمل جبل برمة ٥كم٢ وبسماكة في حدود ١٥م مما يعطي حجم هذه الرمال في حدود ٧٥مليون م٣. ويحتوي هذا الرمل على نسبة قليلة من الحديد (٠٦,٪) الكروم (٦ أجزاء من المليون)، وهي نسب مقبولة لتصنيع الزجاج، ومن عيوب هذا الرمل انخفاض نسبة السيليكا (٨٩ر٩٦٪) مما يجعله غير مفضل لصناعة الزجاج الكريستالي. أما جبال الدغم فتقع على مساحة ٨كم٢ وبسماكة رملية ١٣م، معطية حجما رمليا بحدود ١٠٠مليون متر مكعب. وتبلغ نسبة أكسيد الحديد في هذه الرمال (٠٧ر٠٪) والكروم (٦أجزاء من المليون) والسيليكا (٨٨ر٩٧٪) وجميع هذه النسب مقبولة لتصنيع الزجاج. وفي كلا الموقعين توجد أماكن تصل نسبة السيليكا إلى نسب عالية (١٥ر٩٩-٤١ر٩٩٪)، حيث تصل الكميات الرملية الجيدة لتصنيع الزجاج إلى ١٠مليون م٣ في جبل برمة، ١٩مليون م٣ في جبال الدغم، و٣٠مليون م٣ فيما بين المنطقتين، وأكثر من ١٠مليون م٣ فيما بين جبال الدغم وخشم الدغم، ويمكن زيادة نسبة السيليكا في هذه المناطق لإنتاج زجاج عالي الجودة عن طريق غسل هذه الرمال. إضافة لذلك توجد في بريدة من منطقة القصيم أماكن رملية محتوية عل نسب عالية من السيليكا جيدة لتصنيع الزجاج. كما توجد أماكن أخرى تبعد ٥٠-٦٠كم جنوب غرب بريدة وشمال رياض الخبرى تحتوي على رمال ذات نسبة عالية من السيليكا (٩٥-٩٧٪)، مع قليل من الألومينا (٦٢ر٠-٢٠ر١٪) ونسبة حديد مقبولة لتصنيع زجاج قليل الجودة مثل زجاج الشبابيك. كما توجد عدة أماكن تقع فيما بين ٣٥-٨٠كم شمال غرب وجنوب غرب مدينة بريدة، محتوية على نسبة عالية من السيليكا تصل إلى ٥ر٩٤-٧٩ر٩٩٪ ونسبة أكسيد الحديد فيما بين ٣ر٠٪ مما يسمح بصناعة الزجاج

الصادرات		إعادة التصدير		المجموع	
الوزن (بالطن)	القيمة (ألف ريال)	الوزن (بالطن)	القيمة (ألف ريال)	الوزن (بالطن)	القيمة (ألف ريال)
١٥٣٩٤	٢٤٦٢٦	١١٤٤	٣٠٩٥	١٦٥٣٨	٢٧٧٢٠

● جدول (٤) تصدير وإعادة تصدير الزجاج بالمملكة (١٩٩٤م).

ذو اللون البني والأخضر .

● المنطقة الشمالية

توجد مواقع حول دومة الجندل وسكاكا تحتوي على رمال بيضاء غنية بالسيليكا (٣ر٩٦-٨ر٩٩٪) تصلح لصناعة الزجاج ، كما أن المعالجة الصناعية لهذه الرمال يزيد من قابليتها لصناعة زجاج عالي النقاوة . كما توجد أماكن أخرى من المناطق الشمالية تشتمل على رمال نسبة السيليكا متفاوتة مثل منطقة طريق تبوك (السيليكا٦ر٩٥-٠٨ر٩٩٪) ، منطقة حايل (السيليكا ٧٦ر٩٤٪) كما توجد بعض الجبال - تبعد ٣٠-٥٠كم شمال حايل - التي تشتمل على نسب جيدة من السيليكا (٩٦-٩٧٪) ونسب منخفضة من أكاسيد الحديد (٠٤ر٠-٠٦ر٠٪) والكروم (٢ ج.م.م) .

● المنطقة الجنوبية

توجد بعض المواقع شرق الأثنين على شرق هضبة خميس مشيط محتوية على رمال ذات نسبة سيليكا منخفضة (٥ر٩٢٪) .

ونتيجة لهذه الوفرة من الرمال فقد شجعت حكومة المملكة القطاع الخاص في لخوض بهذه الصناعة ، حيث توجد الآن عدة مصانع في المملكة ، ويوجد في مدينة لرياض فقط تسعة مصانع للزجاج تنتج نواعاً مختلفة من الزجاج مثل زجاج لسيارات ، وزجاج مقاوم للرصاص ، حبيبات زجاجية ، وزجاج أمان مقوى ، زجاج واجهات المباني ، وزجاج عزل زدوج ، وعاكس ملون ، والزجاج الشفاف مرايا وقوارير زجاجية . حيث تم تصدير كثير من هذه المواد إلى دول مجلس تعاون الخليجي وإلى بقية دول العالم التي شملت أوربا وأسيا وأمريكا . يوضح جدول (٤) الكميات المصدرة أو عاد تصديرها من المملكة لعام ١٩٩٤م .

عالم في سطور

سند بن علي

● **نسبه :** هو سند بن علي أبو الطيب المعروف بسند بن علي المنجم .

● **ولادته ووفاته :** لايعرف متى ولد ولامتى توفي ، ولكنه كان موجوداً في عام ٢٣٥هـ ، وقد عاش في بغداد . وكان يعتنق الديانه اليهودية في بداية حياته ، إلا أنه أسلم على يد المأمون .

● **مكانته :** كان لإبن سند عند الخليفة المأمون مكانة مرموقة فقد عينه المشرف على جميع المراصد في الدول الاسلامية .

● **أعماله :** يعد من أوائل العلماء العرب والمسلمين الذين عملوا جداول فلكية تتعلق بحركة النجوم (الزيج) ، وله دور كبير في مجال علم الحساب والمثلثات ، وقد كان من كبار المتخصصين بعلم النجوم والإسطرلابات ، ولذا نال شهرة واسعة بين معاصريه في علم الهيئة وعمل الإزياج ، وقد قربه المأمون إليه واستفاد منه في الترجمة والنقل والتأليف في علمي الفلك والرياضيات .

● **إهتماماته :** إهتم سند بن علي في دراسة هندسة إقليدس وخصوصاً كتابه «أصول الهندسة» ، حيث علق عليه تعليقاً أكاديمياً ينم عن معرفة واسعة في حقل علم الهندسة ، مما جعله من المصادر النادرة والضرورية للباحثين في مجالي الهندسة الفراغية والمستوية ، كما كان له دور بارز في ترجمة هذا الكتاب إلى اللغة العربية .

● **مؤلفاته :** عكف إبن سند كغيره من علماء المسلمين على التأليف إلا أن إنتاجه تميز بغزارته العلمية وأصالتة مع الدقة والتنظيم المدهش ، فجمع في مؤلفاته حكمة المفكرين القدماء من علماء العرب والمسلمين واليونان والهنود والفرس وغيرهم .

وقد كتب ليس فقط في علمي الفلك والهندسة ، ولكنه أيضاً صنّف في مجال الحساب والجبر والمقالة ، لذا يجب أن يضم إلى قائمة كبار علماء المسلمين في العلوم الرياضية ، ومن أهم مؤلفاته ما يلي :-

١- كتاب المعضلات والمتوسطات .

٢- كتاب القواطع .

٣- كتاب الحساب الهندي .

٤- كتاب الجمع والتفريغ .

٥- كتاب الجبر والمقابلة .

المصدر : « رواد علم الفلك في الحضارة العربية والاسلامية » الدكتور / علي عبد الله الدفاع .

تقنية الأغشية

د . محمد صبري عبدالغني

تُفصل المذيبات عن الأجسام المذابة بها بواسطة طرق عدة اعتماداً على الاختلاف في الخواص الفيزيائية والكيميائية بينهما ، ومن الطرق المعروفة للفصل كل من التقطير ، والطرد المركزي ، والترسيب الكيميائي ، الاستخلاص بالمذيبات وكذلك الفصل بالأغشية .

تعتمد طريقة الفصل بالأغشية على الاختلاف بين وزن جزيئات المذيب والمذاب وتتميز تلك الطريقة بكفاءتها العالية وسرعتها وكذلك انخفاض تكلفتها مقارنة بطرق الفصل الأخرى ، وفضلاً عن ذلك فإنها تفضّل عند الحاجة لفصل مواد غير ثابته كيميائياً أو نشطة إحيائياً – لإنها لاتستدعي تغيير درجة حرارة المحاليل – أو عند معالجة أحجام كبيرة من محاليل مخففة أو عند تدني الفرق بين كثافة ودرجات حرارة المذيب والمذاب بحيث يصعب فصلهما بطرق الطرد المركزي أو التقطير مثلاً .

كما تستخدم الأغشية لفصل خلائط الغازات عن بعضها مثل فصل الغازات ذات الأوزان الجزيئيه المنخفضه مثل فصل الهيدروجين عن الغازات الهدروكربونية ذات الأوزان الجزيئيه الأعلى. وتستخدم فى هذه العمليات أغشية غير مسامية للفصل ، حيث يتم الفصل عن طريق امتصاص الغاز الخفيف من الخليط الغازى على سطح الغشاء ، يتبعه انتقال الغاز بالإنتشار خلال جدران الغشاء إلى الجانب الآخر تحت تاثير اختلاف الضغط الجزئى للغاز على جانبى الغشاء .

أنـــواع الأغشـــية

تعرف الأغشية بأنها رقائق منخفضة السمك تسمح بانسياب المذيب – فقط – عبرها ، وتتم هذه الآلية تحت تأثير قوى دفع متنوعة مثل الضغط الهيدروليكي للمحلول أو فرق الجهد الكهربائي الواقع عبر الأغشية ، ويشمل هذا التعريف عمليات مختلفة لهذه الأغشية تتنوع حسب حجم الأجسام المذابة ، وذلك كما يلي :-

● أغشية الترشيح الميكروني

تستخدم أغشية الترشيح الميكروني (Micro Filteration) لفصل حبيبات يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي ويتراوح قطرها مابين ٠,١ ميكرون إلى عشرة ميكرون .

● أغشية الترشيح الفائق

تستخدم أغشية الترشيح الفائق (Ultra Filteration) لفصل مواد مذابة يزيد حجم جزيئاتها عن حجم جزيئات المذيب بعشرة أضعاف ولا يزيد قطرها عن ٠,١٥ ميكرون ، أو بمعنى آخر تتراوح كتلة جزيئاتها من ٥٠٠ إلى ٣٠٠ ألف وحدة دالتون .

● أغشية التناضح العكسي والديلزة

تستخدم أغشية التناضح العكسي (Reverse Osmosis) والديلزة الكهربائية (Electro Dialysis) لفصل مواد ذائبة (الأيونات والجزيئات) لايزيد حجم جزيئاتها عن عشرة أضعاف جزيئات المذيب ، أي يبلغ حجم جزيئاتها حوالي ٢ نانومتر و تبلغ كتلة جزيئاتها حوالي ٥٠٠ دالتون .

تصنيـــع الأغشـــيه

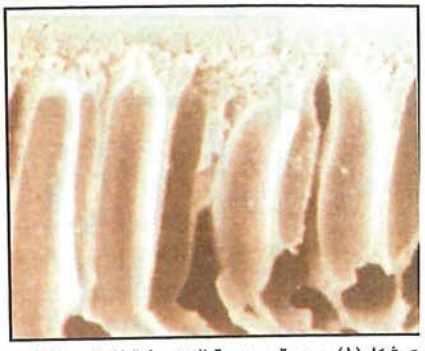
تصنع الأغشية التى تستخدم فى التطبيقات الصناعية من البوليمرات ، ويصنع جزء صغير منها من مواد غير عضوية مثل السيراميك أو أكاسيد الفلزات أو بعض الفلزات الثمينة مثل البلاديوم ، إلا أن استخدام الأنواع غير العضوية ينحصر فى الحصول على غاز الهيدروجين عالى النقاوة، أو فى وحدات صغيرة لفصل الغازات تحت درجات حرارة عالية.

● الأغشية البوليمرية

تُصنَع الأغشية البوليمرية من مواد عديدة، مثل البولى أميد والبولى سلفون، والبولى كربونات، وبعض البوليمرات الأخرى . وتتميز هذه البوليمرات بثبات كيميائى جيد ومقاومة عالية للتفكك بفعل الميكروبات .

وتصنع الأغشية البوليمرية بصفة عامة بعملية تسمى بانعكاس الطور (Phase Inversion) أو الترسيب بالغمر (Immersion Precipitation) ، وتتم هذه العملية على أربعة مراحل يتم في **الأولى** إذابة البوليمر فى مذيب بتركيز يتراوح مابين ١٠ إلى ٣٠٪ وزنا. وفى **الثانيه** يفرش المحلول المتكون على هيئة طبقة يبلغ سمكها حوالى ١٠٠ ميكرون فوق سطح حامل مسامى بوليمرى سميك ، وفى المرحلة **الثالثة**، تغمر هذه الطبقة مع الحامل فى حمام به سائل غير مذيب للبوليمر – كالماء أو محلول مائى – ولكنه يسمح بإذابة المذيب المختلط مع البوليمر ، وبذا يتم تكوين الغشاء ، أما فى المرحلة **الرابعة** فإن الغشاء المتكون يسخن ببطء لإزالة نقاط الإجهاد عليه وهو ملتصق بالحامل ، ويختلف تركيب الأغشية الناتجة بالتحكم فى ظروف تكوينها فى الخطوات المذكورة ، التى تعطى بدورها مواصفات مختلفة لعمليات فصل المحاليل بها.

* **أغشية الترشيح الميكرونية :** ويتميز



● شكل(١) صورة مجهرية الكترونية لقطاع غشائي غير متجانس يستخدم في الترشيح الفائق .

معظمها بتركيب متجانس بين سطح الغشاء وأسفله، وتصل نسبة المسام بها حتى ٨٠٪ ،

* **أغشية الترشيح الفائق :** وتكون فيها طبقة الغشاء غير متجانسة التركيب بين سطح الغشاء وأسفله ، حيث يتراوح سمك سطح الغشاء بين واحد إلى إثنين ميكرون ويحتوي على المسام الدقيقة التي يتم عن طريقها عملية الفصل ، أما طبقته السفلية فيكون سمكها حوالي ١٠٠ ميكرون وتحتوي على مسام أكبر حجما كما هو موضح في شكل (١) .

* **أغشية التناضح العكسي :** ولها نفس مواصفات أغشية الترشيح الفائق إلا أنها تتميز بعدم وجود مسام بسطح أغشيتها . وقد يصنع الغشاء بكامله من طبقة واحدة رقيقة جدا (حوالى واحد ميكرون)، ثم تثبت على سطح مسامي جاهز، وتسمى هذه التقنية في هذه الطريقة ، بالأغشية رقيقة المتراكبة التكوين. وتكمن ميزة تركيب غير المتجانس في أنه يمثل مقاومة منخفضة لمرور السوائل عبره، حيث يكون سطح الغشاء – يمثل الحاجز الرئيسي في عملية الفصل – رقيق جداً مما يسمح بمعدلات سريان جيدة للسوائل تحت فرق ضغوط منخفضة نسبيا مقارنة بأغشية أكثر سماكة. أما الطبقة السفلية فإنها تكسب الغشاء السطحي قوة ميكانيكية تحمل أثناء الاستخدام، فضلا عن أنها تمثل مقاومة أقل لمرور السوائل عبره مقارنة بالغشاء العلوى نتيجة لوجود مسام أكبر حجما بها .

أغشية الديلزة الكهربائية : وتستخدم طريقة التبادل الأيوني وتصنع بواسطة تسييب المادة المستخدمة في أغشية التناضح العكسي داخل مسام الطبقة البوليمرية الحاملة، مكونة غشاء جيلاتينيا غير متجانس، ومشحون كهربيا، أو تصنع من بوليمر متجانس. وتحتوى هذه الأغشية على مجموعات تحمل شحنات كهربية مثل السلفونات أو الكربوكسيلات أو الأمينات الرباعية.

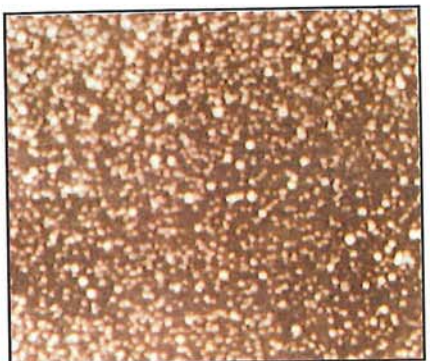
● الأغشية غير العضوية

تُحضّر الأغشية غير العضوية بثلاثة طرق رئيسة، ففى الطريقة **الاولى** يرسب محلول معلق بحبيبات أكسيد الفلز المراد تكوينه، كغشاء على طبقة جاهزة، لتكون حاملا لهذا الغشاء مثل الكربون أو أكسيد الألمنيوم .

وفى الطريقة **الثانية** يرش سطح الحامل المسامى بحبيبات دقيقة من الخزف الجاف، وبعد تحضير الغشاء فى كلتا الطريقتين، يسخن الغشاء المتكون لدرجة حرارة كافية تسمح بالتصاق الحبيبات ببعضها مكونة غشاء قوى ومتماسك .

أما الطريقة **الثالثة** فهى عبارة عن طريقة الترسيب الكيميائى للفلز على السطح الحامل ويطبق على أغشية البلاديوم مكوناً سطحا غير مسامى.

تسمح الطريقتان الأولى والثانية بتكوين غشاء ذى سطح مسامى منتظم كما هو مبين فى شكل (٢) ، وتستخدم عادة أكاسيد الزركونيوم والألمنيوم والتيتانيوم والسيليكا الإيتريوم سواء أن كانت منفردة أو على شكل خلائط، وتمتاز تلك الأغشية بثباتها عند درجات الحرارة المرتفعة، وقدرتها على تحمل التعقيم بالبخار فى التطبيقات الإحيائية والغذائية ، وعدم انسدادها بسهولة نتيجة



● شكل(٢) صورة مجهرية الكترونية لغشاء الترشيح الميكرونى مكون من تركيب مسامي منتظم .

تساوى أحجام المسام على سطحها.

خواص الفصل للأغشية

بعد تصنيع الأغشية فإنها تمر بمرحلة لقياس قدرتها على الفصل لاستخدامها فى عمليات الفصل المناسبة ،وتصنف الأغشية وفقا لأصغر قطر للعوالق أو جزيئات المذاب التى لا يسمح الغشاء بمرورها عبره ، ويطلق علي هذه الخاصية حجم الفصل للغشاء (Cut off size) ويعرف معامل طرد المذاب(Solute Rejection Coefficient-[R]) لغشاء ما حسب المعادلة :

$$R = 1 - (C_p / C_f)$$

حيث :

C_f = تركيز المذاب في المحلول الداخل للغشاء .

C_p = تركيز المذاب في المحلول الخارج من الغشاء .

وتتخذ المعادلة العامة للأغشية علاقة بين معدل التدفق خلال الأغشية وبين الضغط الواقع عليها وذلك كما يلي :-

$$j = (|\Delta P| - |\Delta \pi|) / (R_w + R_c + R_f)\mu$$

حيث :

j = معدل التدفق خلال الأغشية .

$|\Delta P|$ = فرق الضغط الهيدروليكي عبر جدران الأغشية .

$|\Delta \pi|$ = فرق الضغط الأزموزي عبر جدران الأغشية .

R_f = مقاومة سطح الغشاء .

R_c = مقاومة طبقات العوالق .

R_w = مقاومة الطبقة السفلى .

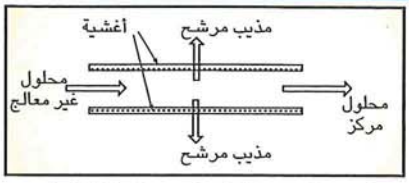
μ = لزوجة المذيب .

آلية عمل الأغشية

يختلف عمل الأغشية حسب حجم الأجسام المراد فصلها وذلك كما يلي :-

● الترشيح الميكرونى الغشائى

تتلخص هذه الطريقة فى ضخ السائل المراد فصله فى أنابيب مغلفة من الداخل بمرشح غشائى، بحيث يسرى السائل موازيا لسطح المرشح كما هو موضح فى شكل (٣) ، وتتراوح سرعة سريان السائل مابين ١ إلى ٨ أمتار / ثانية، وبفرق ضغط



● شكل (٣) طريقة الترشيح بالتدفق الموازي.

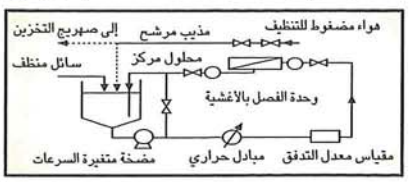
عبر المرشح يتراوح مابين ٠,١ إلى ٠,٥ ميجا نيوتن/م٢ ، وبينما ينفذ السائل المنقى من العوالق عبر الأغشية يخرج السائل المحمل بالعوالق من مخرج الأنبوب أكثر تركيزا بالعوالق ، وتعمل جميع عمليات الفصل بالأغشية المذكورة بهذه الطريقة حيث تتمثل ميزة الترشيح بالسريان الموازى بالآتى :

- عدم تراكم رواسب على سطح الأغشية يضمن معدل أفضل لنفاذ السوائل عبرها .
- يظل السائل المعالج على هيئة سائلة يسمح بسهولة معالجته فى عمليات أخرى .
- إمكانية معالجة سوائل بتركيزات مختلفة من العوالق .
- إمكانية فصل قطفات من العوالق بأحجام مختلفة عن بعضها من خلال السماح بمرور أحجام معينة منها عبر الأغشية .

ويوضح شكل (٤) نظام مبسط لاستخدام الأغشية لعمليات الفصل، وهو يتكون من مضخة لضخ المحلول المراد تنقيته في مسار دائري بين خزان التغذية ووحدة الأغشية، حيث ينفصل السائل النقي بالنفاذ خلال الأغشية عن المحلول ، كما يتضمن النظام وحدة ضغط بالهواء تستخدم تنظيف الأغشية من العوالق التي قد تسد مسامها ، عن طريق ضخ الهواء في الإتجاه المعاكس لعملية الترشيح ، حتى يتم دفع العوالق المحبوسة فى المسام إلى المحلول داخل الأنبوب مرة أخرى .

● الترشيح الفائق

تستخدم مرشحات الترشيح الفائق فى فصل المواد الذائبة ذات الوزن الجزيئي الأعلى من ٥٠٠ وحدة دالتون وما قل عن ذلك فإنه يمر من خلال هذه الأغشية ويكون

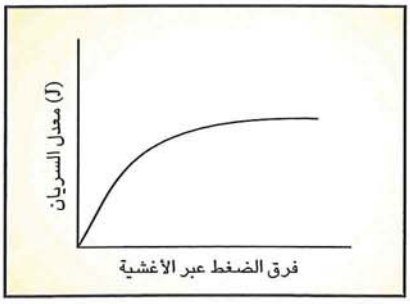


● شكل (٤) مخطط لمسار محلول ينقى بطريقة التدفق الموازي في نظام تشغيل مبسط .

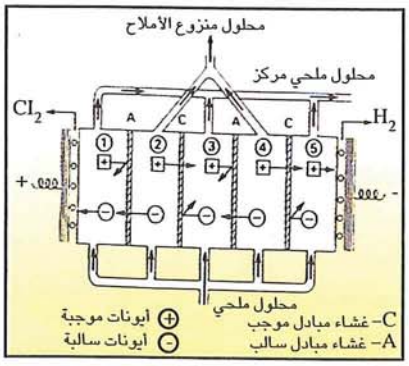
فرق الضغط الواقع على المحلول المراد تنقيته في حدود ٠,١-٠,٧ ميجا نيوتن/م٢ ، وتتراوح معدلات السريان خلال الأغشية بين ٠,٠١ إلى ٠,٢ م٣/م٢.ساعة ، ويزداد تركيز المذاب على سطح الأغشية مع ازدياد تركيزه في السائل و مع ازدياد فرق الضغط، مكوناً طبقة من المذاب مجاورة للأغشية تسمى بالتركيز المستقطب (Concentration Polarization) ، ولزيادة معدلات سريان المذيب عبر الأغشية فإن ضغط السائل يرُفع إلى أن يصل إلى مرحلة يكون عندها أية زيادة لضغط السائل غير مؤثرة على معدل سريانه ، وذلك نتيجة زيادة التركيز المستقطب على الأغشية كما هو موضح بالشكل (٥).

● التناضح العكسي

يتم في هذا النوع من الأغشية انتقال المذيب خلال الأغشية غير المسامية طبقاً لتعريف الديناميكا الحرارية، عن طريق امتزاج جزيئات المذيب مع الغشاء ثم الإنتشار خلاله ، و تستخدم هذه الأغشية في فصل الأيونات غير المرغوب في وجودها من الماء مثلما يحدث في تطبيقات تحلية مياه البحر، وفى إنتاج مياه منزوعة الأملاح ، وتعمل أغشية التناضح العكسي عند فروق ضغوط عالية نسبيا ، فمثلا عند تحلية المياه يكون الضغط ٣-٨ ميجا نيوتن/م٢ ، وتستخدم هذه التقنية كثيرا فى الشرق الأوسط . فعلى سبيل المثال تستخدم محطة مياه صلبوخ بالمملكة العربية السعودية مرشحات التناضح العكسى لتحلية مياه الآبار المحتوية على حوالى ١٤٠٠ جزء فى المليون بطاقة قدرها (١٦) مليون جالون يوميا ، وذلك لأمداد مدينة الرياض بمياه الشرب المحلاة التي تتراوح



● شكل (٥) العلاقة بين معدل تدفق السائل عبر الاغشية والضغط الواقع عليها .



● شكل (٦) رسم تخطيطي لمسار المحلول المعالج بداخل وحدة الديلزة الكهربائية .

ملوحتها مابين ٤٠٠ إلى ٥٠٠ جزء من المليون.

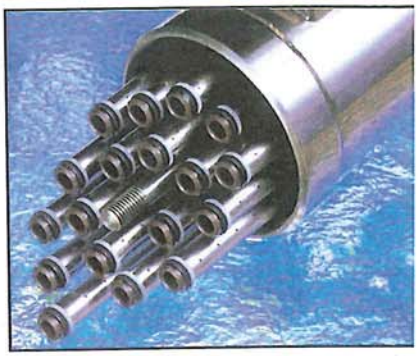
● الديلزة الكهربائية

الديلزة الكهربائية عبارة عن عملية فصل غشائي بقوة الجهد الكهربائي وليس بضغط السائل ، ويتركز الاستخدام الرئيسي فى انتاج مياه الشرب من مياه البحر أو المياه الجوفية المالحة أو لفصل أيونات الفلزات الثقيلة من مياه المخلفات الصناعية. ويوجد تطبيق آخر لهذه التقنية في انتاج ملح الطعام، وتعد اليابان المستخدم الرئيسي لهذه التقنية بانتاج قدره مليون طن سنويا. توضع الأغشية المحتوية على المبادلات الموجبة والمحتوية على المبادلات السالبة في صفوف متوازية الواحدة تلو الأخرى مكونة حجرات تحتوي على المياه المعالجة كما في الشكل (٦) ، وتحتوي وحدة ترشيح هذا النوع على ١٠٠-٤٠٠ غشاء بمساحة ٠,٥ الى ٢,٠ م٢ لكل غشاء .

ويضخ السائل الملحي فى هذه الحجرات وعند وجود فرق كهربي بين الأقطاب ، تنفذ الأيونات الموجبة عبر المبادل الغشائي الموجب فقط متجهة للقطب السالب ، بينما تنفذ الأيونات السالبة عبر المبادل الغشائى السالب فقط متجهة للقطب الموجب . ونتيجة لذلك يقل تركيز الأيونات الموجودة بالماء في بعض وحدات الجهاز وزيادتها في وحدات أخرى، حيث يسحب الماء المعالج من الوحدات قليلة التركيز بالأملاح، وتقدر حجم الطاقة المستهلكة لجهازمن هذا النوع ١٠٠ أمبير عند ١٥٠ فولت .

ولحساب قيمة الطاقة المطلوبة لتحلية المياه فى هذه الوحدة تستخدم المعادلتين الأتيتين :

$$I = F.Q.N.E_r / E_c$$



شكل (٧) وحدة الأغشية الانبوبية .

$P = I . V = I^2 R$ ، حيث :

I) التيار الكهربائي اللازم للعملية (أمبير).

F) ثابت فاراداي وقيمته ٩٦٥٠٠ كولوم .

Q) معدل سريان الماء في الوحدة (لتر / ثانية) .

N) تركيز الأملاح في الماء (جرام مكافيء/لتر) .

E_r) معدل انتاج الماء العذب (نسبة فصل الماء العذب من المالح).

E_c) كفاءة استخدام الوحدة للتيار الكهربائي (٠,٨٥ – ٠,٩٥) .

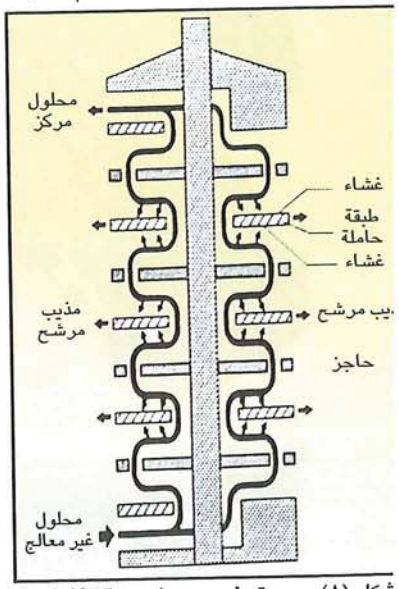
P) القدرة الكهربائية (وات) .

R) مقاومة الوحدة (أوم) .

V) الجهد (فولت) .

وحدات الأغشية فى الصناعة

تستخدم أغشية الترشيح الميكروني الفائق أو التناضح العكسى فى الصناعة على شكل وحدات فصل ، وتتراوح مساحة الغشاء فى كل وحدة فصل ١– ٢٠ م٢ . وقد



شكل (٨) رسم توضيحي لوحدة الأغشية المسطحة .

توصل الوحدات ببعضها على التوازى أو على التوالى. وتتخذ هذه الوحدات أربعة أشكال رئيسة وذلك كما يلي :-

● الوحدات الأنبوبية

تمتاز الوحدات الأنبوبية بكونها تسمح بضخ المحاليل بمعدلات سريان عالية – أكثر من ١٠٠٠ رينولد – من خلالها لتمنع الترسبات على جدرانها. وتحتوى كل وحدة فصل على حزمة من هذه الأنابيب ، وتغلف الحزمة من الخارج بأنبوب كبير يحتوى تلك الأنابيب ، كما فى الشكل (٧) . ويكون قطر الأنابيب عادة ١٠–٢٥ مم ، ويتراوح طولها مابين ١ إلى ٦ م .

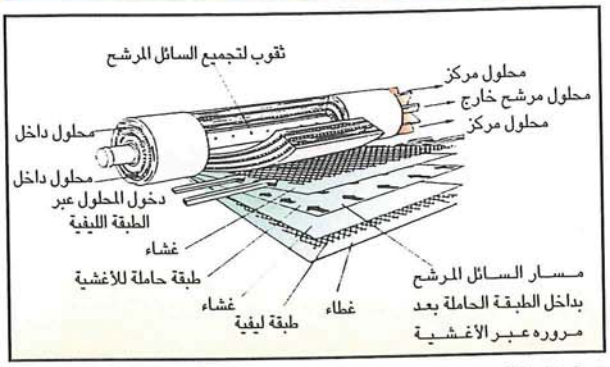
● الوحدات المسطحة

تتكون الوحدات المسطحة من مجموعة من الأقراص الغشائية بقطر ٠,٣ متر موضوعة على جانبى حامل بوليمرى (بوليسلفون)، يسمح بسريان المذيب خلاله ، وتوضع بين هذه الاقراص حواجز لفصلها عن بعض، كما هو موضح فى شكل (٨) . وتبلغ مساحة الأغشية فى هذه الوحدات ١٩ متر مربعا، ويضخ المحلول خلالها بسرعة أقل من ٢٠٠٠ رينولد .

● الوحدات الحلزونية

تتكون الوحدات الحلزونية من عدة أغشية مسطحة منفصلة عن بعضها بواسطة طبقات ليفية بوليمرية، ويلف الغشاء والطبقة الليفية مع بعضهما على هيئة أسطوانة كما فى الشكل (٩) ، وتكون حواف الأغشية ملتصقة بعضها ببعض وبأنبوب مثقب يمثل محور الأسطوانة.

يضخ المحلول المراد تنقيته تحت ضغط تجاه أحد جانبى الأسطوانة حيث يمر موازيا لهذه الأغشية، ويخرج من الجانب الآخر أكثر تركيزا . ويمر المذيب عبر الأغشية فى مسار حلزونى تجاه محور الأنبوب المثقب حيث يتجمع ويخرج من خلاله إلى خارج الأسطوانة . ويبلغ قطر الأسطوانة ٠,١ متر وطولها ٠,٩ متر ، وتحتوى على ٥ أمتار مربعة من الأغشية. ويمكن توصيل ستة وحدات من هذا النوع بعضها ببعض بداخل وعاء واحد، يضخ فيه المحلول المراد تنقيته.



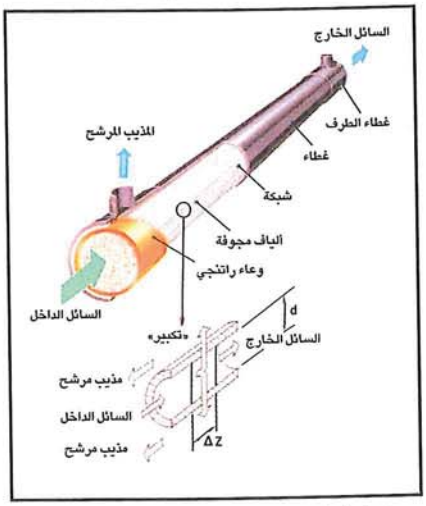
● شكل (٩) رسم تخطيطي لوحدة الفصل الحلزونية .

ويمتاز هذا النوع بصغر حجمه مقارنة بوحدات الترشيح الأنبوبية والمسطحة .

● وحدات الألياف المجوفة

تتكون وحدات الألياف المجوفة من حزمة من الألياف الرفيعة يتراوح قطرها بين ٠,١–٢ مم، موضوعة فى أنبوب كما فى شكل (١٠) . وفى تطبيقات التناضح العكسى – حيث يكون الضغط مرتفعا – يضخ المحلول المراد تنقيته خارج الألياف من أحد طرفى الأنبوب إلى الطرف الأخر، ويمر المذيب خلال ذلك عبر جدران الألياف المتكون عليها الأغشية، ليسرى داخل تجويفاتها، ويجمع عند مخرج منفصل بنهاية الألياف. أما فى حالة تطبيقات الترشيح الفائق – الضغط أقل – فإن المحلول يضخ فى داخل الألياف، ويخرج المذيب من خارجها.

وتحتوى الوحدة من هذا النوع على ٣٠٠٠ ليفة غشائية، ويبلغ طولها حوالى ١ متر، وتكون مساحة الأغشية بها عالية ، فى حدود ٠,٥٩–١٩ م٢ لكل وحدة .



● شكل (١٠) رسم توضيحي لوحدة الألياف المجوفة .

أشباه الموصلات

د. عبدالله بن صالح الصويان

وأكبرها كالطائرات
الفضاء مروراً ب
و السيارات والأدوا
تسمى المادة ا
هذه الدوائر وغي
الشمسي
والكواشف.. الخ
موصلة (tors
أشباه الموصلا
في عجالة و
المناسبة في

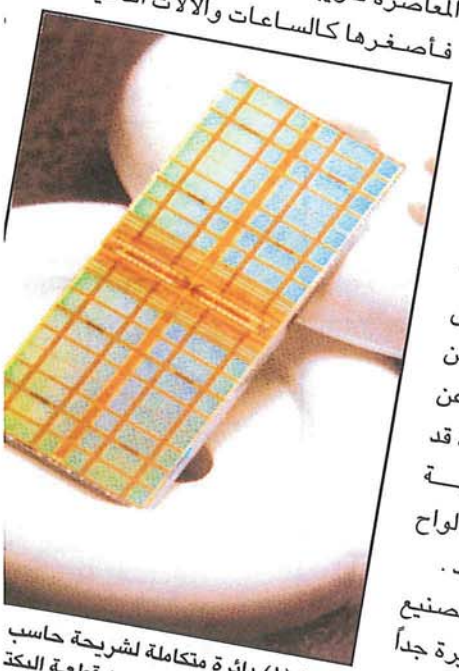
ش

كما ه
أساس
الوحدة
حالة الغ
بعضها
في المو
تباع
ذرة
مس
الس
م
م
ف

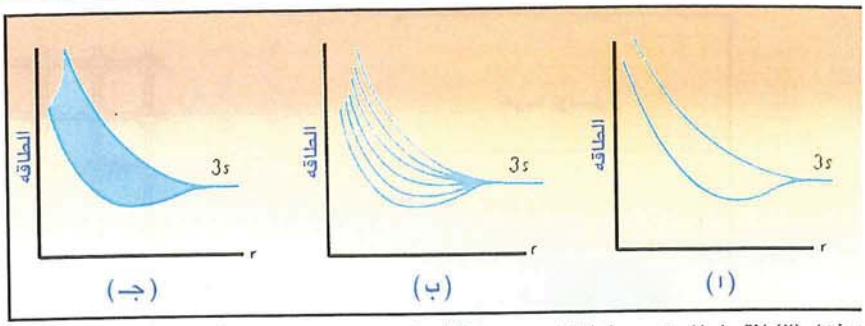
في عام ١٩٥٦م اقتسم كل من جون باردين (J.Bardeen)، ووالتر براتين (W. Brattain) ، ووليام شوكلي (W. Shockley) جائزة نوبل تقديراً لجهودهم التي قادتهم إلى اكتشاف الترانزستور والذي يعد علامة بارزة لمنعطف جديد في عالم الإلكترونيات ، وثورة في مجال التقنية بشكل عام، جاعلين من تقنية الصمامات المفرغة (Vacuum Tubes) طريقة متخلفة في النظم الإلكترونية لاينبغي التفكير فيها فضلاً عن توظيفها في الصناعة الحديثة .

تبع هذا الإكتشاف الباهر اكتشاف آخر، يوازي الأول في الأهمية ويوظفه بشكل أفضل، ففي أواخر عام ١٩٥٨م وبدايات عام ١٩٥٩م، استطاع **جاك كيلبي(J.Kilby)** و **روبرت نويس (R.Noyce)** ـ كل على حدة ـ اختراع دائرة إلكترونية متكامله (Integrated Circuit-IC) عبارة عن مجموعة كبيرة من الترانزستورات (Transistors) و الثنائيات (Diodes) والمقاومات (Resistors) والمكثفات (Condensers) وغيرها من القطع الإلكترونية موصلة بعضها ببعض و مصنعة على شريحة صغيرة واحدة من السيليكون (Silicon) بمساحة قد تقل عن ١ سَم٢ ، بل أن شريحة السيليكون هذه قد تضم مئات الألوف من القطعَ الإلكترونية شكل (١) لتعمل عمل المئات من ألواح الدوائر الكهربائية التقليدية في آنٍ واحد .

استطاع بعد ذلك التقنيون من تصنيع شرائح من هذا النوع ، بأحجام صغيرة جداً لتخزين مليارات الأحرف والأعداد من المعلومات ، لاستخدامها في أجهزة الحاسبات الحديثة، فلاعجب عندئذ أن يقال أن هذه الدوائر المتكاملة قد بدأت عصر الثورة الصناعية الثانية ، حينما نجد أن هذه الدوائر هي أساس عمل جميع الأجهزة المعاصرة تقريباً ، فهي تختلف في أحجامها فأصغرها كالساعات والآلات الدقيقة ،



● شكل(١) دائرة متكاملة لشريحة حاسب تحتوي على أكثر من مليون قطعة اليكت



● شكل (٢) انقسام المستوى عند اقتراب عدد من ذرات الصوديوم من بعضها (أ) ـ عند أقتراب ذرتي(3s) ، (ب) عند أقتراب ست ذرات،(ج) عند أقتراب عدد ضخم من الذرات .

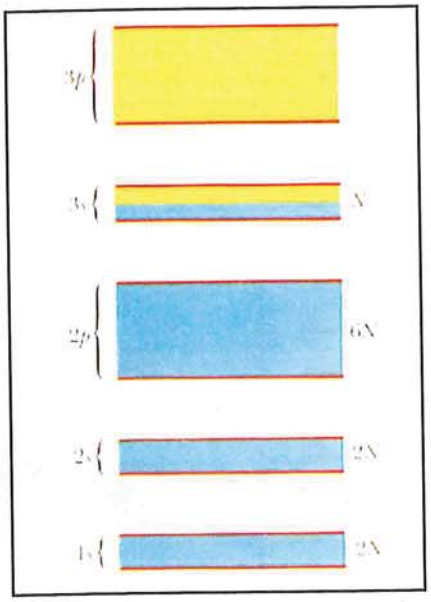
لشكل (٢) تغير الطاقة بين المستويات لناشئة والمسافة بين الذرتين . فمثلا لو جدت ست ذرات متجاورة من نفس النوع ستنشأ ستة مستويات من النوع (3s) ، شكل (٢-ب) ، وهكذا بقية المستويات . لو وجد عدد ضخم قدره (N) من ذرات نصر صلب مثل الصوديوم (١٠ ذرة) إن نفس التأثير سيظهر على مستويات لاقة الإلكترونات لهذه المادة الصلبة .أي أن لمستوى (3s) سيتكون من عدد ضخم من لمستويات المتراصة جداً بعدد الذرات كونة للعينة . بمعنى آخر ستنشأ حزمة أو شريط) طاقة يسمى بالشريط (3s) ، هكذا بقية مستويات الطاقة تصبح شرائط اقة (الشكل ٢ـ جـ) .

يسمى فاصل الطاقة بين كل مستويين فجوة الطاقة» (Energy Gap) ، وكل ريط يمكن أن يتسع لعدد محدد من لكترونات، لو تأملنا الشكل السابق نصر الصوديوم فإن الشرائط 2p,2s,1) مليئة بالالكترونات ، فالشريط 1) وكذلك (2s) يحتوي كل منهما عدد 2N) من الإلكترونات ، أما الشريط (2p) يحتوي على (6N) من الإلكترونات ، أما شريط (3s) فيتسع لعدد قدره (2N) من لكترونات ، إلا أنه يلاحظ أن كل ذرة ارك بإلكترون واحد رمزه (3s) ، لتالي يوجد في الشريط (3s) امجموعه (N) من الإلكترونات ، أي أن ا الشريط ممتلئ إلى النصف من سعته لتالي فنصف المقاعد الإلكترونية – أن ح التعبير – شاغرة في هذا الشريط ، ا انتقلنا إلى الشريط الأعلى وهو (3p)

فلن نجد فيه أي إلكترون بالرغم من أنه يتسع لعدد (6N) من الإلكترونات طالما أن الذرة المنفردة من هذا العنصر (الصوديوم) في الأصل لايوجد فيها الكترون عند هذا المستوى ، الشكل (٣) .

يوصف الوضع السابق لعنصر الصوديوم بالحالة الأرضية (Ground State) ، وعندما نعطي طاقة لهذا العنصر وهو في حالته الأرضية ، وبغض النظر عن مصدر الطاقة حراري كان أو كهربي أو غيره ، فبالإمكان تحريك إلكترون أو أكثر من الشريط الممتلئ جزئياً إلى أعلى ، أي إلى الشرائط الفارغة (3p,3s) لتحتل مقاعد هناك بحسب الطاقة المكتسبة .

طبقاً للفيزياء الإحصائية، وعند درجة الصفر المطلق (T=0 K) فإن توزع الإلكترونات على مستويات الطاقة يوصف بتوزع **فيرمي**

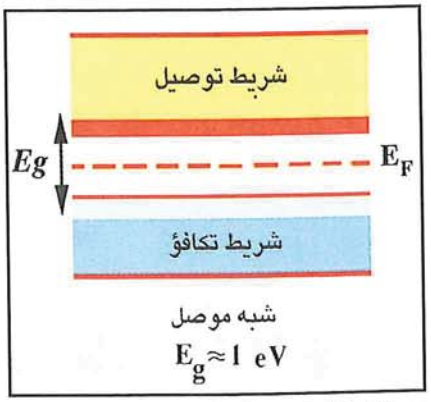


● شكل (٣) شرائط الطاقة للصوديوم عند احتواء العينة على (N) من الذرات .

ـ ديراك (Fermi - Dirac Distribution)، بحيث تكون طاقة جميع الإلكترونات تحت مستوى طاقة معين يسمى طاقة **فيرمي** (E_F) أي أن شرائط الطاقة التي هي أعلى من (E_F) تكون فارغة تماماً ، الشكل (٤) . وبالنسبة للصوديوم يقع (E_F) في منتصف الشريط(3s) طالما أن جميع أماكن الإلكترونات تحت هذا المستوى مشغولة . ومجرد زيادة درجة الحرارة ولو لقيمة صغيرة ، أو إعطاء طاقة خارجية، يمكن لبعض الإلكترونات أن تشغل أماكن فوق (E_F) ، في حالة الصوديوم توجد كما ذكرنا(N) من الإلكترونات التي يمكن أن تتحرك بحرية خلال الأماكن الشاغرة في الشريط (3s)عند اكتسابها طاقة خارجية ، وبالتالي نقول يوجد (N) إلكترون توصيل (Conducting Electrons) في الصوديوم . يسمى الشريط السفلي والمأهول بالإلكترونات شريط التكافؤ (Valence Band) ، أما الشريط العلوي وغير المأهول فيسمى شريط التوصيل (Conduction Band) .

العوازل

تعد المواد التي يكون فيها الشريط الأخير ممتلئ بالكامل ويعقبه شريط فارغ بالكامل من الإلكترونات ، كما في حالة الكبريت النقي مثلا ، جدول (١) ، مواد ضعيفة التوصيل (Poor Conductors) وتسمى عوازل (Insulators) لاسيما إذا كانت فجوة الطاقة (Eg) كبيرة جداً مقارنة بالطاقة الحرارية (KT) اللازمة لإثارة



● شكل (٤) تركيب شرائط الطاقة لشبه موصل عند درجة حرارة الغرفة .

المدار	١	٢		٣		
	IS	2S	2P	3s	3p	3d
عدد الإلكترونات	٢	٢	٦	٢	٤	صفر

● جدول (١) توزيع الإلكترونات في ذرة الكبريت.

الإلكترون إلى الشريط العلوي ، أي أن (Eg) أكبر كثيرا من (KT) ، فمثلا تبلغ قيمة Eg في الغازات في حدود ١٠ إلكترون فولت بينما تصل قيمة (KT) الى ٠٢٥ و ، إلكترون فولت .

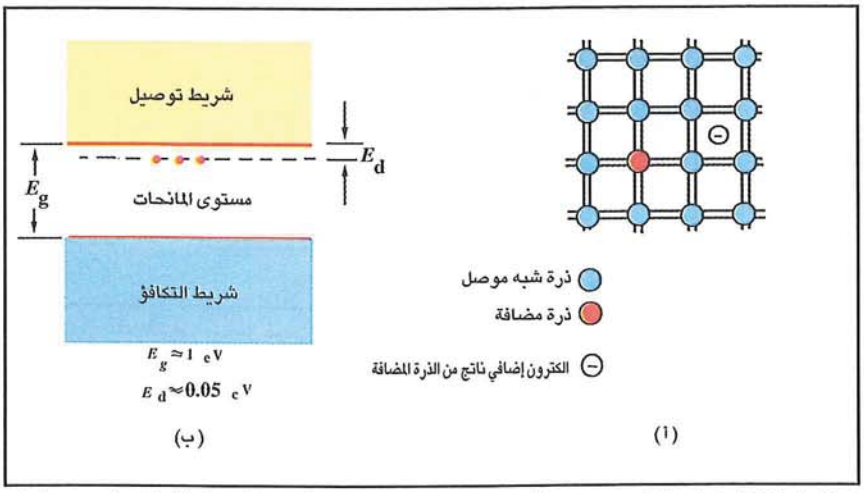
ويقع المستوى (E_F) في منتصف الفجوة غالباً حتى عند درجات الحرارة المرتفعة نسبياً ، عليه فليس من السهولة نقل إلكترون إلى شريط التوصيل هنا بالرغم من وجود أماكن شاغرة ، الشكل (٥ – أ) .

الموصلات

حينما يكون شريط التوصيل ممتلئاً جزئياً أو متداخلاً مع شريط التكافؤ بحيث لاتوجد فجوة طاقة فان المادة تسمى عندئذ مادة موصلة (Conductor) شكل (٥– ب) ، ويمكن للإلكترون في قمة شريط التكافؤ ، أو في شريط التوصيل الممتلئ جزئياً ، أن يتحرك إلى مكان شاغر علوي عند تزويده بطاقة –ولو صغيرة– من مصدر خارجي، وبالتالي ينتج تياراً إلكترونياً مع كثرة الإلكترونات المتحركة ، ويقال عندئذ أن المادة موصلة ، ومن أمثلة المواد الموصّلة الفلزات كالنحاس والحديد والفضة وغيرها .

أشباه الموصلات

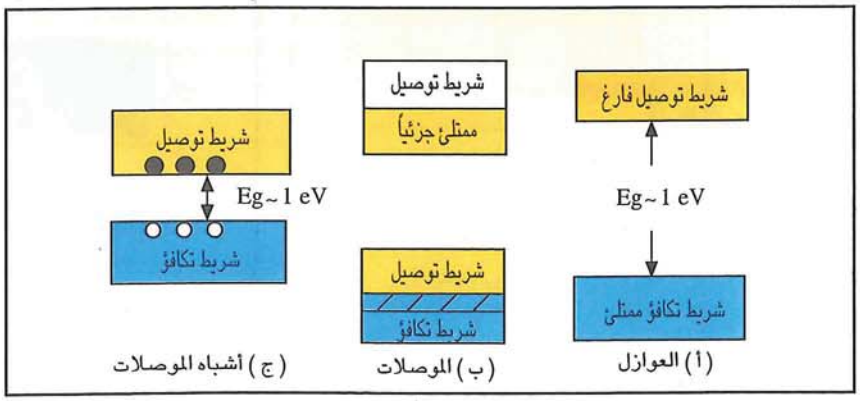
في بعض المواد تكون فجوة الطاقة ليست باتساع تلك التي للعوازل وليست منعدمة أو ضيقة كما هي للموصلات ، هذا النوع من المواد ليس عازلاً ولاموصلاً وإنما يسمى شبه موصل (Semiconductor) حيث تكون فجوة الطاقة حوالي ١,٥ إلكترون فولت عند درجة حرارة الغرفة وتزداد مع التبريد ، ولذلك تعد هذه المواد ضعيفة التوصيل عند الحرارة المنخفضة ، لكن يختلف الوضع عند درجة حرارة الغرفة ، حيث تستطيع بعض الإلكترونات الإنتقال إلى الأماكن الفارغة في شريط التوصيل بسهولة ، لتصبح هذه المواد موصلة نسبياً ، الشكل (٥ – جـ) . ولعله من المستحسن التذكير بأن الإلكترون يترك مكانه فارغاً بعد صعوده إلى أعلى ، ويسمى هذا المكان « ثقبا» (Hole)ويسلك الثقب سلوكاً معاكساً للإلكترون ، فهو يتحرك عكس إتجاه الإلكترون وشحنته مساوية لشحنة الإلكترون إلا أنها موجبة ، ويقابل كل إلكترون ثقب وبالتالي فإن أعداد الثقوب مساوية لأعداد الإلكترونات . يقال عن المادة في هذه الحالة ، أي عند تساوي الثقوب مع الإلكترونات ، بأنها مادة شبه موصلة ذاتية (Intrinsic Semiconductor) ، ومن أمثلة هذا النوع من المواد السيليكون و الجرمانيوم النقيان .



● شكل (٦) أ ـ تمثيل في بعدين لشبه موصل يحوي ذرة مانحة (الدائره الحمراء) .
ب ـ رسم شرائط الطاقه يبين مستوى المانحات .

أشباه الموصلات المطعّمة

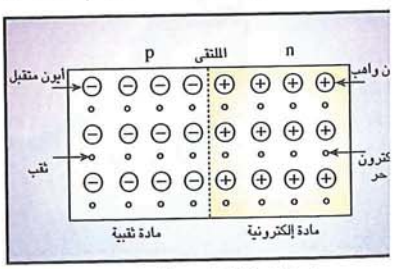
لايستفاد من المادة شبه الموصلة الذاتيه في التوصيل الكهربي ، ولكن تتم الإستفادة منها بتغيير تراكيز نسب الثقوب أو الإكترونات في المادة ، وذلك من أجل التحكم في التوصيلية الكهربية. ويتم ذلك بإضافة شوائب للمادة شبه الموصلة مما يؤدي إلى تغيير في عرض فجوة الطاقة زيادةً أو نقصاً ، حيث تصبح المادة بعدئذ شبه موصل مطعّم (Doped Semiconductor) وليس ذاتياً أو نقياً . فعلى سبيل المثال ، لو أخذنا ذرة مادة خماسية التكافؤ ، يوجد بها خمسة إلكترونات تكافؤ في المدار الأخير حسب الجدول الدوري، كالزرنيخ (As) ، وأضيفت إلى مادة شبه موصلة فإن أربعة إلكترونات من الخمسة تساهم في عمل أربع روابط بين هذه الذرة وذرات المادة المستضيفه المجاورة ويبقى الإلكترون الخامس حراً بطاقة تقع ضمن فجوة الطاقة للمادة المضيفة ، وقريبة من شريط التوصيل، وحينما يضاف عدد كبير من



● شكل (٥) شرائط الطاقة للعوازل ، الموصلات ، أشباه الموصلات .

هذه الذرات أو الشوائب (ذرة لكل مليون ذرة من المادة المستضيفة تقريبا) فسيظهر عدد معقول من الإلكترونات الحرة في العينة . يقال عن الذرات المضافة بأنها ذرات مانحة (Donor Atoms) حيث تمنح إلكترونات حرة للمادة المستضيفة . ينشأ الأن في المركّب الجديد مستوى طاقة قرب شريط التوصيل يسمى مستوى المانحات (donor Level) كما في الشكل (٦) ، لذلك يصبح المركب الجديد غني نسبياً بالالكترونات الحرة ، وبالتالي يقال عنه أنه من النوع شبه الموصل السالب (n-type semiconductor)،ويسبب إضافة أدنى طاقة خارجية الى المادة الجديدة انتقال للإلكترون من مستوى المانحات إلى شريط التوصيل نظراً لقرب المسافة بينهما .

من جهة أخرى ، لو أضيفت ذرة ثلاثية التكافؤ كالألومنيوم إلى شبه موصل نقي فإن إلكترونات التكافؤ الثلاثة تربط لذرة مع ثلاث ذرات من الذرات الأربع لمجاورة لها من ذرات المادة المستضيفة (شبه الموصل) ، ويبقى إلكترون مفقود لرابطة الرابعة ، أي يظهر ثقب في هذه لحالة بين كل أربع ذرات مستضيفة ، حينما يكون عدد الشوائب المضافة كبيراً (كما سبق) ، فإن العينة أو المادة الجديدة تميز بوفرة الثقوب الحرة ، ويقال نها بأنها من النوع شبه الموصل الموجب p-type semiconductor)، ويظهر مستوى لاقة للثقوب قريب من شريط التكافؤ ، سمى مستوى الآخذات (Acceptor Levels) ، هكذا يمكن التحكم في نوع الشوائب نسبها مع المواد شبه الموصلة النقية حسب تطبيق المطلوب . وفي حالة التطبيقات ختلفة لأشباه الموصلات يتم تجهيز



● شكل(٧) توصيلة (P-n) .

● شكل (٨) الغرفة النظيفة لمعالجة وتصنيع أشباه الموصلات .

شريحتين ، أو أكثر، من النوع (n) و(p) ببعضهما ، ونتيجة لاختلاف مستويات الطاقة ونوع الشحنات ينشأ بين الشريحتين منطقة استنزاف(Depletion Region) ينشأ خلالها مجال كهربي ذاتي قوي نسبيا يسمح بمرور التيار بإتجاه واحد عند توصيل طرفي الشريحتين بمصدر جهد . ويسمى هذا التركيب البسيط من الشريحتين " ملتقى أو وصلة «p-n» (p-n Junction) ، شكل (٧) .

تطبيقات أشباه الموصلات

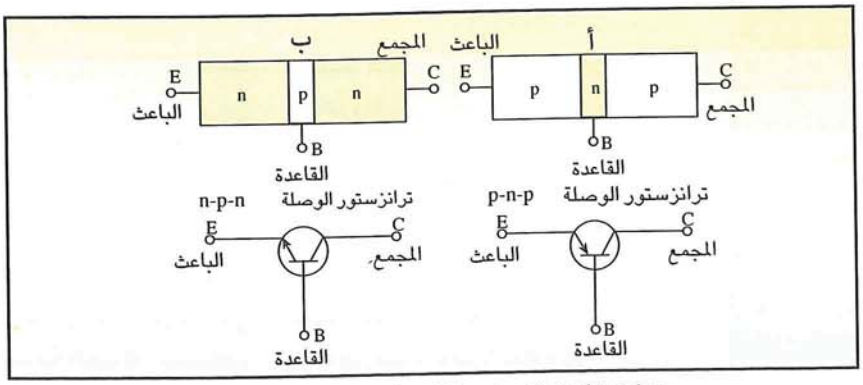
تتخذ التطبيقات المختلفة لأشباه الموصلات صوراً عدة من التراكيب والتصاميم المتباينة لوصلة(p-n)، وذلك حسب طبيعة التطبيق ، وفي الغالب يتم تصنيع شرائح متعددة ومتلاصقة بتراكز مختلفة من الشوائب قد تزيد على عشر طبقات أو شرائح في الجهاز الواحد ، وسيرد هنا بعض نماذج الأجهزة التي تمثل هذه الوصلات ، وتؤدي أدواراً ملموسة في حياتنا العملية ، وتصنع مثل هذه الأجهزة تحت ظروف خاصة ومعزولة عن الملوثات والعوالق الجوية في معامل خاصة تسمى«الغرف النظيفة» أو Clean (Room) كما يلاحظ في الشكل (٨).

● الترانزستور

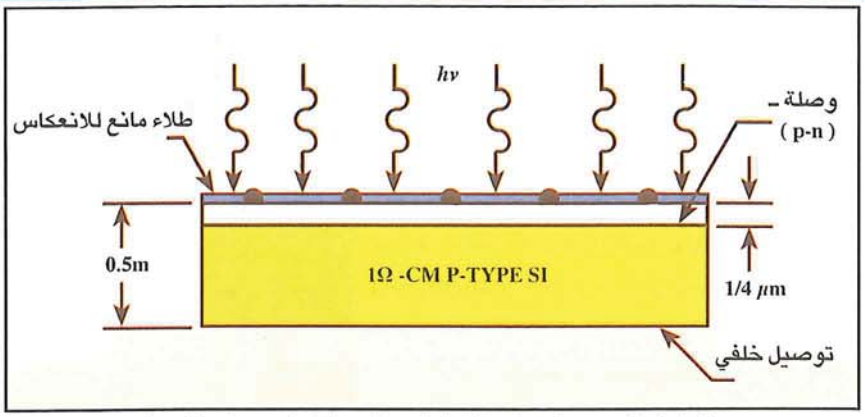
يعد الترانزستور أساس عمل عدة أجهزة مهمة مثل الراديو ، الحاسب و التلفزيون وغيرها. ويتكون الترانزستور من شريحة شبه موصل موضوعة بين شريحتي شبه موصل من نوع آخر ، فقد تكون الشريحة المتوسطة من النوع الإلكتروني (n)بين شريحتين من النوع الثقبي (p) فيصبح الترانزستور من نوع (pnp) وقد يكون الترانزستور من النوع (npn) .

وتسمى المنطقة الوسطى في كلتا الحالتين بالقاعدة (Base) ، أما المنطقتان الطرفيتان فتسمى إحداهن بالباعث (Emitter) والأخرى بالمجمع (Collector) ، ويرمز للترانزستور عند استخدامه كعنصر من عناصر الدارة الإلكترونية بالرمزين المبينين في الشكل (٩)، ولتحديد الباعث يرسم سهم يشير الى إتجاه التيارين الباعث والقاعدة .

تأتي الترانزستورات في أحجام صغيرة وتوضع داخل حافظة بلاستيك أو معدن حتى لاتتعرض للرطوبة ، وتتميز



● شكل(٩) ترانزستور ، النوع (pnp) والنوع (npn) .



● شكل (١٠) رسم تخطيطي لخلية شمسية من السيليكون نوع (p-n) .

منطقة الباعث في كلا النوعين بنسبة تركيز عالية للشوائب في حين يتميز المجمع بتوصيلة ضعيفة بسبب انخفاض تركيز الشوائب ، أما القاعدة فتتميز بتوصيلة متوسطة ويكون عرضها صغيرة جداً .

ويمكن توصيل الترانزستور بمصدر الجهد بعدة طرق ، ولايتسع المقام لشرح آلية عمل الترانزستور شبه الموصل ، وهناك أنواع عدة من الترانزستورات ، وذلك بحسب المواد الداخلة في صناعتها أحياناً إلى جانب أشباه الموصلات ، فهناك أنواع MESFET، JFET و MOSFET وغيرها .

● الخلايا الشمسية

الخلايا الشمسية ، شكل (١٠) ، وحالتها المبسطة عبارة عن وصلة (p-n) ، وطبقة توصيل تغطي السطح (p) الخلفي ، وأسلاك رفيعة لتوصيل التيار على السطح الأمامي(n) المواجه للشمس، إضافة إلى طلاء على هذا السطح لتقليل انعكاس الأشعة الساقطة ، عند سقوط الأشعة من الشمس على الخلية ، تعمل بعض الأشعة – في الواقع فوتونات – ، على إثارة الإلكترونات من شريط التكافؤ إلى شريط التوصيل . ومن الفوتونات المناسبة هنا التي تكون طاقتها مساوية أو أكبر من فجوة الطاقة لمنطقة الإستنزاف في الوصلة، (p-n) ونتيجة لذلك تحدث حركة جماعية للإلكترونات وحركة معاكسة للثقوب بحيث لو وصّل بين طرفي الخلية بسلك موصل لتولد تيار كهربي في الدائرة ، وفي أنظمة الطاقة الشمسية الحديثة ، تستخدم خلايا مكونة من عدة طبقات (Hetrostructure) ، وتُصف أعداد ضخمة من هذه الخلايا بجوار بعضها للحصول على تيار كهربي كبير نسبياً يستفاد منه في تشغيل العديد من الأجهزة خاصة تلك التي يصعب فيها استعمال مصادر الطاقة التقليدية ، كالأقمار الصناعية مثلاً ، وتصنع الخلايا الشمسية من أنواع عدة من أشباه الموصلات منها السيليكون ، والجاليوم المزود بالزرنيخ (GaAs) ، و فوسفيد الإنديوم (InP) وغيرها .

● ليزر أشباه الموصلات

يعد ليزر أشباه الموصلات أحد أنواع الليزر المهمة نظراً لصغر حجمه ، وقلة تكلفته ، وسهولة تشغيله وصيانته ، ويعطي أطوالاً موجية كثيرة في مجال أشعة الليزر المرئيه وغير المرئيه ، ويتكون أول ليزر شبه موصل تم تشغيله عام ١٩٦٢م من وصلة (p-n) من مادة (GaA). بأبعاد صغيرة (٣٠٠ x٥٠x ١٠٠ ميكرون) ، كما في الشكل (١١) .

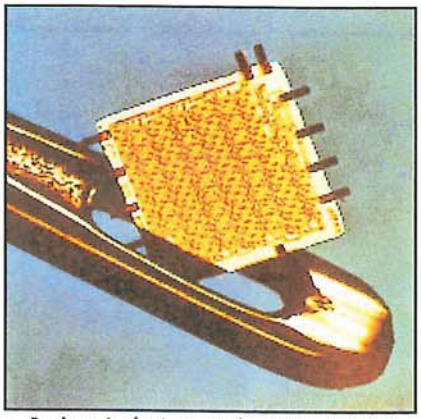
الجدير بالذكر إن فكرة عمل الليزر هنا معاكسة لفكرة الخلية الشمسية تماماً ، حيث يوصل طرفا الوصلة (p-n) بمصدر جهد كهربي ، مما يؤدي إلى تحريك الإلكترونات والثقوب باتجاهين متعاكسين وينشأ عن ذلك ـ في منطقة الاستنزاف ـ توزع عكسي للإلكترونات أي يصبح عدد الإلكترونات في شريط التوصيل أكثر مما هو عليه في شريط التكافؤ . ولاتلبث أن تهبط الإلكترونات إلى الأسفل بشكل جماعي محدثة فرق طاقة بين الشريطين على هيئة أشعه (فوتونات) مترابطة ومركزة وبطول موجي واحد – هذه خصائص أشعة الليزر – من خلال وجهي الوصلة شبه الموصلة .ويشبه عمل هذا الليزر عمل الباعث الضوئي الثنائي (Light Emitting Diode LED) الذي هو أقل كفاءةً من الليزر بكثير ، إلا أنه يدخل في أغلب مجالات الحياة ، كالمصابيح المضيئة الصغيرة في مقصورة السيارة أو الطائرة أو على الأجهزة الإلكترونية المتعددة .

● الدوائر المتكاملة

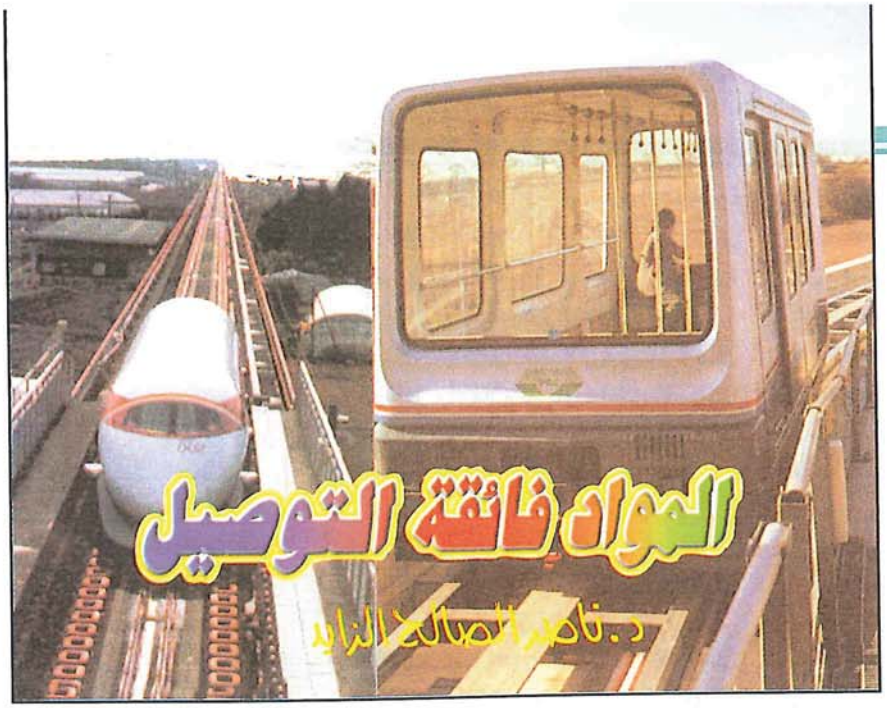
في كثير من التطبيقات قد يلزم أكثر من جهاز في وقت واحد . فمثلاً قد يلزم ترانزستور ، وليزر شبه موصل ، ومنظم حراري مع بعضها لنظام إتصال بصري .

وبدلاً من وضع هذه القطع المختلفة في صندوق واحد منفصلة بعضها عن بعض ، وفي حيز كبير نسبياً ، فإنه بالإمكان تصنيع هذه القطع على بلورة شبه موصل أحادية ، والربط بين هذه الأجزاء بلحام دقيق تحت المجهر للحصول على ما يعرف بالدائرة المتكاملة (IC) .

تستغرق عملية التصنيع عدة مراحل ، فهي تبدأ أولاً بشريحة رقيقة مصقولة تماماً ، ثم تنمّى عليها شرائح من أشباه موصل مختلفة بطرق عدة ، يتبع ذلك عملية التطعيم بطريقة الإنتشار أو الغرس أو غيرها ، يلي ذلك وضع أقنعة (Masks) متباينة تنزع بشكل متدرج مع عمليات التبخير أو الترسيب للمواد المختلفة حسب التطبيق لانتاج دائرة متكاملة .



● شكل (١١) ليزر شبه موصل بأبعاد صغيرة .



المواد فائقة التوصيل

د. ناصر الصالح الزايد

تعد ظاهرة التوصيلية الفائقة مثيرة من جميع جوانبها سواء ما يتعلق بدراستها أو ما يتعلق بتطبيقاتها . فالسلوك الكهربائي لمواد فائقة التوصيل (عدم المقاومة لتيار) والمغناطيسي (رفض المجال المغناطيسي) وهما السمتان البارزتان لها ؛ جعلا منها مواد ذات تطبيقات غير محصورة . فمن المعلوم أن مقاومة التيار الكهربائي في جميع المواد العادية هي السبب في ضياع وفقد الكثير من الطاقة الكهربائية وهي السبب أيضاً في عطل كثير من الأجهزة الكهربائية ، وارتفاع حرارتها .

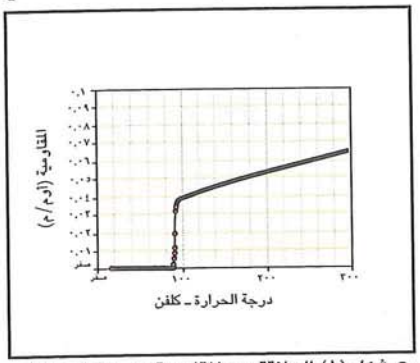
ومن جهة ثانية فالمجال المغناطيسي معتاد على التغلغل في جميع المواد العادية دون استثناء ، أما المواد الفائقة فمقاومتها لتيار الكهربائي تصل إلى الصفر، وهو صفر غير مبالغ فيه من الناحية العملية ، مع أن البعض ذكر أنه ربما توجد مقاومة نوعية في حدود $١٠x٤^{-٢٥}$ أوم / متر ، شكل (١) . ومن ناحية أخرى فالمجالات المغناطيسية لا تستطيع الدخول إلى جسم الموصل الفائق وادام بصورته الفائقة مما يبشر بتطبيقات كثيرة تعتمد على وجه التحديد على تلك الخاصية ، ومن التطبيقات ما يتعلق بالنواحي العسكرية ، ومنها ما يتعلق بالنواحي المدنية والصحية والمواصلات وغير ذلك مما سيتطرق إليه هذا المقال .

تاريخ الموصلات الفائقة

في عام ١٩٠٨م نجح العالم الهولندي الشهير **هيك كامرلين أونيس** (Heike Kamerlingh Onnes) في ضغط ثم إسالة غاز الهليوم الذي يتحول من الحالة الغازية إلى السائلة عند درجة ٤,٢ كلفن (-٢٦٩°م) ، وبعدها بثلاث سنوات وأثناء دراساته على المقاومة النوعية لبعض العناصر، لاحظ انعدام المقاومة لمادة الزئبق النقي عندما تقترب درجة حرارته من الصفر المطلق ، وقد تحق هذا العالم جائزة نوبل في الفيزياء بسبب هذين الاكتشافين. واصطلح بعد ذلك على تسمية درجة الحرارة التي تفقد المادة عندها مقاومتها وتتحول من مادة عادية إلى موصل فائق بدرجة الحرارة الحرجة (Critical Temperature) ، أو اختصاراً بدرجة التحول ويرمز لها بالرمز (T_C) ، وأطلق على تلك المواد المواد فائقة التوصيل .

وبعد هذا الإكتشاف استمر العلماء بالبحث عن مواد ذات درجات تحول أعلى، غير أن هذا البحث استمر لفترة طويلة دون كسر حاجز درجات كلفن العشر حتى أكتشف مركب النايوبيوم (NbN) في أول الأربعينيات حيث وصلت درجة التحول إلى حوالي ١٥ درجة كلفن واستمرت كذلك ولمدة ثلاثين سنة وبالتحديد حتى عام ١٩٧٣م حيث أضيف مركب جديد (Nb3Ge) ذو درجة تحول تصل إلى ٢٣ كلفن .

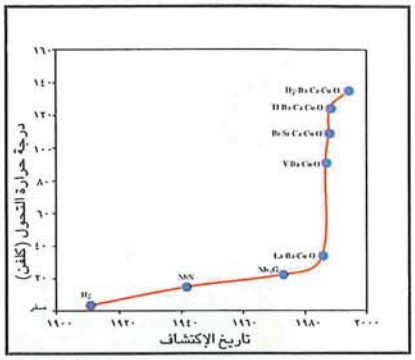
وحصلت بعد ذلك قفزة متميزة في سجل المواد فائقة التوصيل عندما قام كل من **جورج بدنورز وكارل ميولار** (J. George Bednorz and Karl Alex Muller) في عام ١٩٨٦م بنشر تقرير حول نجاحهما في تحضير مركب سيراميكي هو (La-Ba-Cu-O) تبلغ درجة تحوله حوالي



● شكل (١) العلاقة بين المقاومية ودرجة الحرارة .

٣٠ كلفن تم تحضيره في معامل شركة (IBM) في سويسرا . وقد استحق العالمان جائزة نوبل بالمشاركة ليس للقفزة في حرارة التحول ولكن لأنهما فتحا المجال لتحضير مواد سيراميكية لأول مرة . وسرعان ما قاد ذلك الاكتشاف مجموعة البحث في جامعة هيوستن بالتعاون مع مجموعة مماثلة في جامعة ألاباما الأمريكيتين إلى استبدال عنصر اللانثانيوم بعنصر الإيتريوم للحصول على السيراميك (Y-Ba-Cu-O) ، عام ١٩٨٧م الذي فاقت حرارة تحوله (٩٠ كلفن) – ولأول مرة في التاريخ – درجة غليان غاز النيتروجين البالغة ٧٧ كلفن . وسرعان ما صار هذا المركب أساساً لعدة مركبات تلته على الفور عندما تنبه عدد ضخم من الباحثين على طول العالم وعرضه إلى دراسة ذلك الجيل الجديد من المركبات يحدوهم أمل كبير في الحصول على مركبات تتحول عند درجة حرارة الغرفة إلى موصلات فائقة.

وبعد سنة تقريباً تم اكتشاف مركب (Bi-Sr-Ca-Cu-O) تبلغ درجة تحوله ١١٠كلفن ، وبعده بقليل اكتشف مركب الثاليوم (Tl-Ba-Ca-Cu-O) الذي يفقد مقاومته الكهربائية نهائياً عند ١٢٥ كلفن ، وازدادت بذلك القوة الحثية التي كانت قوية من الأصل ، والتي حولت الأنظار إلى تلك المركبات غير العادية. غير أن إضافة مركبات جديدة لم يتحقق إلا بعد عدة سنوات في حوالي عام ١٩٩٣م ، عندما أضيف مركب الزئبق : (Hg-Ba-Ca-Cu-O) الذي يتحول عند ١٣٥ درجة كلفن . ولم تتم أية



● شكل(٢) تاريخ اكتشاف المواد فائقة التوصيل ودرجة حرارة تحولها.

إضافة تذكر حتى هذا اليوم. و قد يصح القول أنه بدأ العمل بالزئبق وانتهى به .

وتجدر الإشارة إلى أن درجة الحرارة التحولية وصلت إلى ١٦٠ كلفن لبعض المركبات التي منها مركبات الزئبق خاصة، غير أن ذلك يحدث عندما يتم تسليط ضغوط عالية جداً. ويوضح شكل (٢) تاريخ اكتشاف المواد فائقة التوصيل ، ودرجة حرارة تحولها .

وباكتشاف المركبات التي تفوق حرارتها ٧٧ درجة كلفن وهي درجة غليان النيتروجين ، بدأ عصراً جديداً من الموصلات وهو ما اصطلح على تسميته بالموصلات فائقة التوصيل عالية الحرارة (High Temperature Superconductors -HTS -LTS)، في حين حملت الفئات السابقة لذلك التاريخ إسم الموصلات فائقة التوصيل التقليدية أو منخفضة درجة الحرارة (LowTemperature Superconductors) .

يعد أكتشاف الموصلات الجديدة ذو أهمية خاصة، لأن استخدام النيتروجين المسال رخيص جداً ، وغير مكلف في نقله وحفظه مما يبشر بتطبيقات كثيرة .

مزايا الموصلات الفائقة

تتميز الموصلات الفائقة عالية الحرارة بالمميزات التالية :

- سهلة التحضير ويمكن الحصول عليها بيسر.
- رخيصة الثمن نسبياً حيث أن أكبر مكوناتها هو النحاس والباريوم والكالسيوم ، وهي عناصر رخيصة ومتوفرة .
- تتحول فوق درجة غليان النيتروجين وهو رخيص الثمن ومتوفر في كل مكان ، وسهل النقل والحمل ويبقى لفترات طويلة مقارنة بسلفه الهليوم المسال .
- الفرق بين درجات تحولها ودرجة الوسيط المبرد (النيتروجين) كبير (في حالة مركبات الزئبق تفوق الخمسين درجة) مما يجعلها أكثر استقراراً والذي يزيد بتزايد الفرق بين درجة حرارة العمل ودرجة حرارة التحول .
- يسهل تشكيلها بأشكال مختلفة مثل الرقائق والأفلام أو المواد المكدسة ، وكذا وحيدة التبلور .

نظرية الموصلات الفائقة

في عام ١٩٥٧م ظهر ثلاثة من كبار العلماء وهم **باردين وكوبر وشريفر** (Bardeen, L. N. Cooper, and J. R. SchriefferJ.) بنظرية عرفت باسمهم نظرية **باردين - كوبر - شريفر** أو اختصاراً بـ (BCS Theory) . وبالرغم من أن تلك النظرية قد نجحت في تفسير معظم الجوانب التجريبية المتعلقة بالموصلات الفائقة التقليدية إلا أنها بالتأكيد لم تستطع التغلب على الصعوبات التي واجهتها فيما يتعلق بالموصلات من الجيل الجديد، أي الموصلات الفائقة عالية الحرارة. فقد عجزت عن تفسير الظاهرة من أساسها، بل إنها كانت تتوقع استحالة الحصول على موصلات فائقة عند درجات عالية مثل ١٣٥ كلفن في حالة مركبات الزئبق. غير أن تلك الموصلات الجديدة حازت مزيداً من الإهتمام من جانب النظريين من العلماء دون التوصل إلى نظرية مرضية إلى يومنا هذا. ولذلك فإن المركبات الجديدة مازالت تحمل المزيد من التحدي العلمي و تعطي مثالاً للتخلف الشديد للنظرية عن التطبيق في هذا المجال. ففي حين نجحت التجارب في جعل تلك الموصلات حقيقة قائمة إلا أنه لم يتم تفسيرها نظرياً حتى الآن ، وكلما عكف العلماء على وضع نموذج جديد أصيبوا بضربة قوية من جانب التجريبيين الذين سرعان ما يعلنون عن مواد جديدة أو خواص جديدة.

من المعلوم أن نقل التيار الكهربائي في الموصلات يتم بواسطة الإلكترونات الحرة ، وأن سبب المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance) ناجم عن تصادم تلك الإلكترونات مع الكترونات أخرى ومع الأيونات والذرات التي عادة ماتخرج عن النظام الدوري الشبكي المنتظم للمادة ، ولذلك فإن فكرة حدوث مقاومة ولو محدودة تثير تساؤلات عدة أهمها أين ذهبت تلك التصادمات بين الإلكترونات . وأين ذهبت الحدود الشبكية والعيوب التي لاتخلو منها الموصلات العادية التي وراء تلك المقاومة ؟

ولمحاولة الاجابة على تلك التساؤلات ظهرت نظرية (BCS) المذكورة ، وهي نظرية تقوم على فكرة أزواج الكترونية تعرف بازواج كوبر (Cooper Pairs) نسبة إلى العالم **كوبر** أحد مؤسسي النظرية ، فمن المعلوم أن الإلكترونات تحمل ذات الشحنة وبالتالي يحدث لها تنافر- حسب قانون كولوم - عن بعضها بقدر المستطاع . أما في الموصلات فائقة التوصيل فإن ذلك التنافر لايحدث بل يحدث بدلاً عنه تجاذب للنظير المستخدم ويرجع السبب في ذلك إلى مايعرف بأثر النظائر (اختلاف العدد الكتلي لنفس العنصر)، فكلما ازداد العدد الكتلي للنظير المستخدم كمادة فائقة التوصيل كلما قلت (إقتربت من الصفر المطلق $^{\circ}$K-) درجة تحوله .

وحيث أن الشبيكة (Lattice) المشكلة للموصل تعتمد في اهتزازها الدائم على كتلة الذرات المكونة لها ، فإن التغير في كتل الذرات (اختلاف النظير) يعني بالضرورة تغيرا في اهتزازات الشبيكة ، أو بتعبير آخر إن اعتماد درجة التحول على النظائر يعني اعتمادها على العدد الكتلي ، أي اعتمادها على ترددات الشبيكة ، أو بتعبير آخر إن اعتماد درجة التحول على النظائر يعني اعتمادها على العدد الكتلي ، أي اعتمادها على ترددات الشبيكة (يعبر عنها علمياً بالفونونات) ، ومن هنا برزت فكرة البحث عن تفسير لذلك الاعتماد ، فقد كان في هذا دليل كاف بأن الإلكترونات المسؤولة عن التوصيلية الفائقة لابد وأنها تتفاعل بطريقة أو بأخرى مع الشبيكة بحيث تكون المحصلة لصالح الإلكترونات نفسها (مزيد من التجاذب) ومن هنا جاءت فكرة الأزواج الإلكترونية لتفسير الأمر ، فعندما يمر الإلكترون الأول بين الأيونات الموجبة (الذرات) فإنه ، ولزمن قصير جداً ، يؤدي إلى تجاذبها إليه ، ولكنه يمر بسرعة فيتركها وهي مازالت متقاربة من بعضها البعض ، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الشحنة الموجبة لحظياً في المنطقة التي بدورها تجذب إلكتروناً آخر إليها ، وبهذه

الطريقة يظل الإلكترون الثاني مرتبطا بصورة دائمة مع الأول بحيث يكونان زوجاً ، ولتوضيح ذلك أكثر ، عندما يمر الإلكترون الأول بسرعة بين الأيونات ، فإنه يسبب اهتزاز في الأيونات الموجبة (شحنات الذرات) ، وتكون محصلته لصالح إلكترون أخر يكون متحركا وراء الأول (بسبب زيادة الشحنة الموجبة الجاذبة) فيرتبط الإلكترونان بصورة زوج ، ولذلك يطلق على التفاعل بين الإلكترونين بأنه تفاعل إلكترون – شبيكة – إلكترون ، أو باستخدام أشكال فينمان الشهيرة إلكترون – فونون – إلكترون ، أي أن اهتزاز الشبيكة (الفونون) هو الوسيط للتفاعل ، وقد عرفت أن الاهتزار يعتمد على الكتلة التي تعتمد على النظير ، وهو يفسر السبب لاعتماد حرارة التحول على النظير التي أشرنا إليها أعلاه ، ويطلق على المسافة بين الزوجين مسافة الارتباط (Coherence Length) ، ورمزها (ζ) ، وتزداد هذه المسافة بزيادة درجة التحول ، وتلك المسافة كبيرة نسبياً في الموصلات الفائقة من الجيل الجديد مقارنة بموصلات الجيل التقليدي من الموصلات الفائقة .

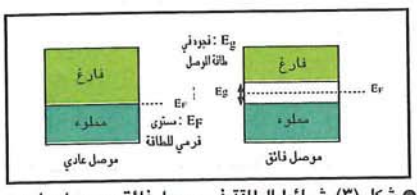
تحمل الأزواج الإلكترونية – بالطبع – شحنة مساوية لضعف شحنة الإلكترون وبرماً (Spin) مغزلياً مساوياً للصفر ، حيث أن برم أحد الزوجين يكون إلى أعلى ($+\frac{1}{2}$) والآخر برمه إلى أسفل ($-\frac{1}{2}$) سيكون لهما اندفاعان متضادان فيلغي بعضهما بعضاً. كما هو معلوم في الفيزياء الإحصائية فإن جسيمات الأولية في تجمعها في حالة احدة ذات ظروف متشابهة تخضع توزيع الإحصائي وفقاً لبرمها المغزلي. إذا كان اللف كسرياً فإنه يستحيل – سب مبدأ باولي (Pauli) – أن يجتمع ثر من جسيمين في حالة واحدة ، وتسمى جسيمات من هذا النوع فرميونات (نسبة ى العالم فرمي الذي وضع دالة التوزيع حصائي لذلك النوع من الأجسام ، سميت النظرية باسم **فرمي – ديراك** حيث ارك الأخير في تأصيل النظرية) ، أما دما يكون البرم رقماً صحيحاً بما في ذلك صفر؛ فإنه يجوز أن يجتمع عدد غير حدود من تلك الجسيمات في نفس الحالة ما في الفوتونات التي تجتمع فتشكل أشعة الليزر ، وتسمى الجسيمات من هذا النوع بالبوزونات (نسبة إلى العالم **بوزي** الذي وضع أساس النظرية الاحصائية لذلك النوع من الجسيمات وطور النظرية من بعده **أينشتاين** فسميت باسمهما نظرية **بوزي – إينشتاين**) وبالتالي فقد يمكن القول أن عدداً غير محدود من الأزواج الإلكترونية يجوز أن يتكثف في حالة كمية واحدة ، وهذا مايحدث بالفعل .

إن وضع الأزواج الإلكترونية جعل الشبيكة لا تؤثر في حركتها على الإطلاق وبالتالي فهي تتحرك دون مقاومة. ومن العجيب أن تلك الشبيكة باهتزازاتها هي المسؤولة عن المقاومة عند درجة حرارة الغرفة لنفس الموصل، فإذا هي تصبح السبب الكامن وراء حصول ظاهرة التوصيل الفائق بمجرد التبريد إلى درجة حرارة معينة. وكان من جراء فكرة الأزواج الإلكترونية أن تنقسم الإلكترونات إلى جزء فائق وآخر عادي حيث يقوم الأول بجميع الأعباء الكهربائية ويمنح الموصل جميع الصفات. وتتكون فجوة في طاقة الموصل بين الحالات المحتوية على الأزواج وتلك المحتوية على الإلكترونات العادية. وتعد هذه الفجوة (Eg) ، سمة خاصة بالموصلات الفائقة لا يشاركها فيها غيرها ، شكل (٣) ، حيث تتكون فجوة في الطاقة بين الحالات المملوءة تماماً بالإلكترونات وبين الحالات الفارغة تماماً تصل قيمتها إلى حدود واحد ملي إلكترون فولت ، ويمثل ذلك الطاقة اللازمة لكسر الرابطة بين الزوجين الإلكترونيين.

تتنبأ نظرية (BCS) بالعلاقة التالية التي تربط بين طاقة الفجوة (Eg) وبين درجة التحول للموصل عند درجة الصفر المطلق : $Eg = 3.53\ KTc$.

حيث (K) ثابت بولتزمان.

وتعد هذه العلاقة من أهم ما جاءتنا به النظرية ، حيث تنص على أن طاقة الفجوة مرتبطة مباشرة بدرجة التحول ، بمعنى



● شكل (٣) شرائط الطاقة في موصل فائق وموصل عادي.

آخر فإنه لكي نحصل على مواد فائقة التوصيل ذات تحول عال يجب أن نوفر موصلات بطاقات فجوة كبيرة. وقد اتفقت تلك المعادلة مع النتائج التجريبية للمواد فائقة التوصيل التقليدية.

وهناك علاقة أخرى تتوقع قيمة للمجال المغناطيسي الحرج للموصلات الفائقة التقليدية وهي :

$$H_C(T) = H_C(O)\left[1 - a\left(\frac{T}{Tc}\right)^2\right]$$

حيث (T) درجة الحرارة ، وH_C (O) المجال الحرج عند الصفر المطلق .

طرد المجال المغناطيسي

من أهم سمات الموصلات الفائقة قدرتها على طرد المجالات المغناطيسية من داخلها أو من الوسط الذي تحتويه. ويمكن تفسير ذلك بأنه عندما يتعرض موصل ما (من النوع الديامغناطيسي) إلى مجال مغناطيسي خارجي فإن ذلك الموصل يحاول التخلص من المجال باستحداث تيارات كهربائية تلف حول سطحه تسمى بالتيارات السطحية . ومن المعلوم أن التيار الكهربي يسبب حدوث مجال مغناطيسي ، وهو في حالة الموصل يكون بالضبط بعكس اتجاه المجال الأصلي (الخارجي). غير أن الموصلات العادية –كما هو معلوم – ذات مقاومة للتيار الكهربائي بما في ذلك التيارات المضادة للمجالات المغناطيسية. والنتيجة هي أن المجال المضاد يكون أقل كثيراً من المجال الخارجي وبالتالي فيدخل الأخير في قلب وبنية الموصل .

وتختلف الصورة تماماً عند الحديث عن الموصل الفائق. حيث أن التيارات المضادة في هذه الحالة لا تُقابل بأية مقاومة كهربية وبالتالي فلديها القدرة على الاستجابة التامة لشدة التيار الخارجي ، فتزيد بزيادته وتقل بنقصانه بحيث توجد مجالات تتساوى معه بالضبط وتضاده في اتجاهها فيسلم جسم الموصل من المجال الخارجي حسب المعادلة التالية: $M = -H$.

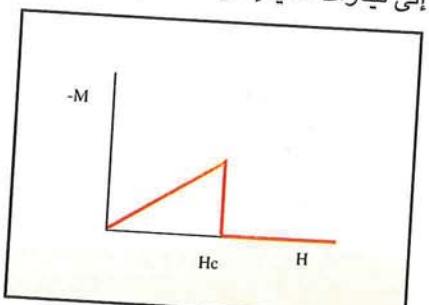
حيث تمثل (M) التمغنط (المجال المغناطيسي المضاد) ، وتمثل (H) المجال الخارجي المطبق. و من إشارة السالب ندرك أن التمغنط مساو تماماً للمجال الخارجي ومضاد له في الإشارة .

والعجيب في الأمر أنه حتى لو كان هناك مجال مغناطيسي يتعرض له الموصل الفائق قبل تبريده؛ فإنه بمجرد التبريد تحت درجة التحول سوف يتم طرد المجال المغناطيسي الذي كان في داخله ، وتعرف تلك الظاهرة بظاهرة **مايزنار** وهي أكثر وضوحاً في الموصلات من النوع الأول.

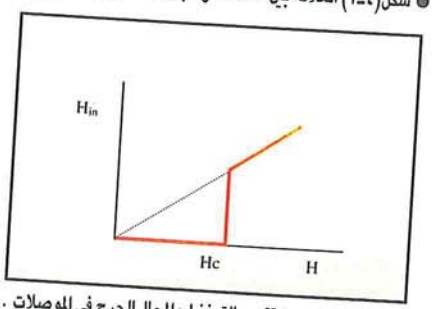
تنقسم المواد الفائقة من حيث سلوكها مع المجال المغناطيسي الخارجي إلى نوعين رئيسيين هما :-

● النوع الأول

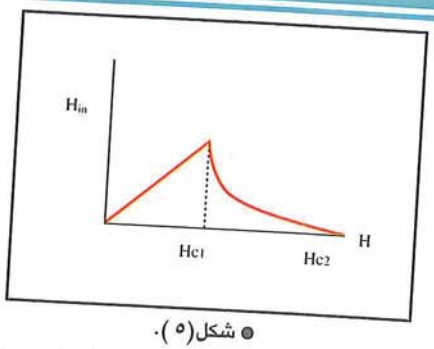
يحتوى النوع الأول (Type-I) من المواد الفائقة على معظم الموصلات التقليدية ، وفيها يرفض الموصل المجال الخارجي تماماً حتى الوصول إلى مجال مغناطيسي معين يسمى المجال الحرج (Critical Magnetic Field) ورمزه (H_C) ، عنده يتم تدمير التوصيلية الفائقة تماماً (التمغنط مساوياً للصفر بصورة فجائية) ، شكل (٤ – أ) ، ويدخل المجال المغناطيسي الخارجي إلى قلب الموصل ولا يعود الموصل بعدها إلى التوصيل الفائق مرة أخرى إلا بعد تسخينه فوق درجة تحوله ثم تبريده ثانية ، ويصبح المجال المغناطيسي في داخل الموصل الفائق مساويا للمجال الخارجي ، (شكل ٤ – ب) ، وحيث أن التيار المار في الموصل يحدث مجالاً مغناطيسياً ، فإن هذا النوع من المواد غير ملائم لكثير من التطبيقات التي تحتاج إلى تيارات عالية إذ أن تلك التيارات سوف



● شكل(٤-أ) العلاقة بين التمغنط والمجال المغناطيس الخارجي.



● شكل(٤-ب) العلاقة بين التمغنط والمجال الحرج في الموصلات .



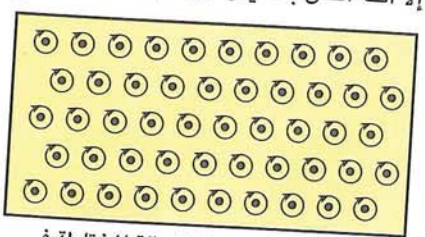
● شكل(٥).

تعود على الموصل بالتدمير وإنهاء خاصية التوصيل الفائق .

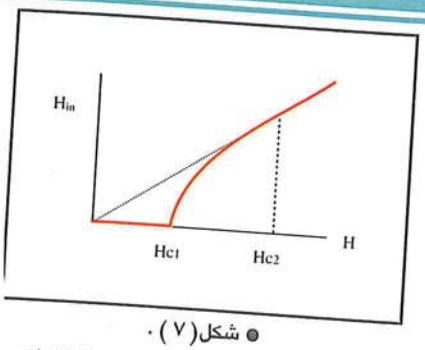
● النوع الثاني

تختلف موصلات النوع الثاني (Type-II) عن النوع الأولى في أن لديها مجالين مغناطيسين حرجين (Hc_1 , & Hc_2) ، فعند وصول المجال الخارجي إلى المجال الحرج الأول (H_{c1}) ، – عادة صغير – يقل التمغنط فجأة من حيث المقدار عن المجال المغناطيسي الخارجي غير أنه لايصل إلى الصفر تماماً إلا بعد زيادة المجال الخارجي بصورة كبيرة ووصوله إلى المجال الحرج الثاني ، شكل (٥) وبذلك فإن التوصيلية الفائقة لا تُفْقد وإنما يتحول جزء من الموصل إلى موصل عادي ، حيث يظهر الجزء المتحول موزعاً بصورة بؤر منتظمة على طول وعرض الموصل بحيث يمر خط مغناطيسي واحد فقط من خلال كل بؤرة . يطلق على البؤرة الواحدة فورتكس (Vortex) ، بينما يطلق على الموصل الذي هو في الحالة الجامعة للتوصيل الفائق والعادي بأنه في الحالة المختلطة (Vortex State) ، شكل (٦) .

يزداد عدد البؤر الطبيعية كلما زاد المجال المغناطيسي الخارجي وتستمر في الزيادة حتى يأتي المجال على الموصل بكامله محولاً إياه إلى موصل عادي عند المجال الحرج الثاني (H_{C2}) ، حيث يصبح المجال المغناطيسي فجأة في داخل الموصل الفائق غير مساو للصفر ، إلا أنه أقل بكثير من المجال الخارجي



● شكل (٦) شكل يمثل الحالة المختلطة في الموصل الفائق من النوع الثاني.



● شكل(٧) .

حتى وصول المجال الحرج الثاني شكل (٧) ، وهذا المجال الثاني كبير جداً إذا ما قورن بالمجال الحر للموصلات من النوع الأول حيث يصل إل عشرات التسلا. وحيث أن جميع الخواص المميزة للتوصيل الفائق تظل موجو أثناء الحالة المختلطة وأن تلك الحـ تستمر إلى حصول مجالات عالية ج صار هذا النوع من الموصلات مرشـ لتطبيقات كثيرة جداً بغض النظر عن ش التيار اللازمة .

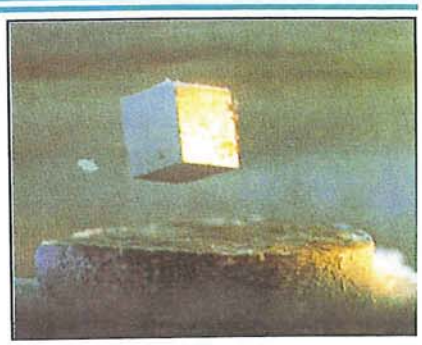
تعد جميع الموصلات الفائقة عا الحرارة من النوع الثاني ، ومن فوائد الطرد المغناطيسي الاستفادة الموصلات من هذا النوع في صنع د مغناطيسية توفر مناخاً خالياً من المج المغناطيسية. وبالتحديد فقد أمكن الحد على دروع تصل قدرتها على الع إلى ١٨٠ ديسيبل (180 db) .

الطفو والتعليق المغناطيسـ

نتج من جراء رفض الموصلات ال للمجالات المغناطيسية وتمغنطها الم ظاهرتا الطفو والتعليق على الترتيب

تحدث ظاهرة الطفو عندم محاولة وضع قطعة مغناطيس ف موصل فائق أو العكس. فإنه ر الجسم العلوي معلقاً في الهواء (سواء كان المغناطيس أو الموصل ذ شكل(٨) .

أما في ظاهرة التعليق فيختل في المبدأ الذي يعتمد عليه ، وهو كثيراً في شرح فكرته من مسأل حيث يتم في هذه الحال تقريب م دائم من قطبه الجنوبي إلى الموص إرغام الأخير على عدم الحركة . إلى تمغنطه سلباً ، ثم يتم إبعاد الم



● شكل (٨) قطعة مكعب من المغناطيس تطفو في الهواء فوق قرص فائق التوصيل.

لدائم بسرعة معينة تنعكس أثناءه
غناطيسية الموصل الفائق (بسبب المجال
لمغناطيسي المحتبس حوله) فتصبح
يجابية (شمالية) فتنجذب لقطب
لمغناطيس الجنوبي . ويختلف وضع
لوصل في هذه الحال تماماً عن قطعة
غناطيس بقرب مغناطيس آخر حيث
ؤدي ذلك – كما هو معروف – إلى انجذاب
عضهما لبعض ولصوقهما أخيراً. أمافي
حالة الموصل والمغناطيس ، فتقل القوة
جاذبة لدى الموصل كلما اقترب من
غناطيس وتزيد كلما ابتعد فيظل في
كان محدد لا يتعداه معلقاً في الهواء لا هو
ادر على الاقتراب ولا على الفراق .

ظاهرة جوزيف صن

كان **جوزيف صن** طالباً في مرحلة
دراسات العليا عندما طلب الأستاذ من
طلاب القيام بمشاريع بحثية صغيرة .
خرج علينا هذا الطالب ـ صار بعد ذلك
ن أشهر العلماء وفاز بالمشاركة في
ائزة نوبل في الفيزياء لعام ١٩٧٣م ـ
لاهرة (وصلات) صارت تعرف باسمه
(Joseph Son Junction) . لقد تنبأ هذا
عالم أنه عندما يتم وضع موصلين
ئقين بجانب بعضهما بحيث لا يفصل
نهما إلا شريحة رقيقة جداً من مادة
ازلة؛ فإن بعض الأزواج الإلكترونية
ستطيع التملص(Tunneling) ، من خلال
ه الشريحة غير الموصلة ، وقد تم
كيد تنبؤاته بعد فترة وجيزة من
لال التجربة.

وبالطبع يمكن الاستفادة من هذه
اهرة الكمية في عمل كثير من الدوائر
كترونية السريعة جداً كما في الحاسبات
الآلية ، وكذلك في صنع كواشف للمجالات المغناطيسية المتناهية الصغر .

ظاهرة التكميم المغناطيسي

تعد ظاهرة التكميم المغناطيسي من أحدى الأمور المثيرة للمواد فائقة التوصيل وتتلخص فكرتها أنه عند صنع موصل فائق على صورة حلقة ـ مهما كانت متناهية الصغر ـ فإن مقدار التدفق المغناطيسي الذي يمر من خلال تلك الحلقة يجب أن يكون مساوياً تماماً لعدد صحيح من الكمات المغناطيسية يطلق على كل منها الرمز(∅) ويبلغ مقدار الكمة الواحدة ٢,٠٧ x ١٠$^{-١٥}$ ويبر ، ومعنى التكميم أنه لو تعرض الموصل إلى مجال يزيد قليلاً عن عدد صحيح من الكمات (بزيادة أقل من نصف كمة) ، فإن الزيادة ترفض ولا تمر من خلاله، في حين أنه لو تعرض لمجال يقل قليلاً عن عدد صحيح من الكمات بمقدار ضئيل (أقل من نصف كمة) فإنه يتكيف بحيث يكمل النقص من تلقاء نفسه من أجل أن يحافظ على العدد الصحيح من الكمات . أي لو مر مجال يساوي مائة كمة مضافاً إليها ربع كمة فإن ذلك الربع يرفض ولا يمر من خلاله ، في حين لو كان بدل الربع نصف أو أكثر ولكن أقل من واحد صحيح ، فإن الموصل يكمله إلى واحد صحيح ، وهذا بالضرورة يقتضي أن التيار الذي يلف يزيد وينقص بمقدار ضئيل متجاوباً مع المجال الخارجي .

لقد تبين أن هذه الظاهرة ذات أهمية بالغة جداً. فهي مبدأ صار يعرف بمجس السكويد (Superconducting Quantum Interference Device (SQUID)، والسكويد (بسكون السين) عبارة عن جهاز حساس جداً للمجالات المغناطيسية وبإمكانه أن يميز التغير في المجال المغناطيسي إذا زاد عن 0.4x10^{-3}ø √ HZ بحساسية تفوق 10^{12} Tesla √ HZ ، بمعنى آخر أي يستطيع قياس مجال شدته تصل إلى 10^{-21} Tesla-m^2 والتي تساوي واحد من مليون من وحدة التكميم المغناطيسي نفسها . وهي حساسية مفرطة أكبر بكثير من الإشارات الصادرة عن المخ أو القلب أو سائر الجهاز العصبي في الكائن الحي .

ينقسم مجس السكويد إلى نوعين أساسيين يعتمد الأول منهما على التيار المستمر (dc-SQUID) ، في حين يعتمد الآخر على التيار ذي التردد الراديوي (rf- SQUID) وفي حين ينتشر استخدام الأول على نطاق واسع بصور أفلام رقيقة من المادة الفائقة يوضع بينها مواد عازلة ، فإن النوع الثاني يعمل أيضاً من الأفلام الرقيقة أو بالاعتماد على فكرة عمل ثقب أو أكثر في مادة موصلة فائقة تعمل على صورة قرص مثل حبة الأسبرين . وقد وجد أنه كلما زاد عدد الثقوب زادت الحساسية تبعاً لذلك. ووجود ثقب واحد يعني قياس المجال المغناطيسي مباشرة في حين أن وجود أكثر من ثقب يعني قياس التغير (التدرج) في المجال المغناطيسي . والفكرة الأخيرة جعلت من المجس أهمية تطبيقية عالية، فهو لا يقيس المجال العام المتوافر، بل يقيس التغير مهما كان صغيراً . وصارت الأجهزة المعتمدة على مجس السكويد متوفرة تجارياً وبأسعار منافسة ويقدمها عدد من الشركات العالمية .

تطبيقات المواد فائقة التوصيل

للمواد فائقة التوصيل العديد من التطبيقات من أهمها مايلي :ـ

● المواصلات

تستخدم المواد فائقة التوصيل في صناعة المواصلات ، وخاصة في القطارات الطافية وذلك بالاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي أو التعليق .

أن توفر قطارات معلقة في الهواء وبالتالي سيرها بدون احتكاك يعطي توفيراً هائلاً في الطاقة من جهة ويوفر سرعات كبيرة إلى جانب التخلص من الضوضاء . ثم إن تلك القطارات سوف تكون مريحة جداً وخالية من المطبات لأنها تسير على وسادة هوائية. وقد تم تجربة هذه الفكرة عملياً في اليابان ، حيث يرتفع القطار حوالي عشرة سنتيمترات عن المسار. ويحوي القطار المواد فائقة التوصيل في حين تتوفر المغناطيسات الكبيرة على الطريق . وفي داخل القطار يتوفر جهاز تبريد وهذا كل ما يلزم حيث يستفاد من قوة التنافر مع المغناطيسات نفسها في دفع القطار وتسييره بسرعات تزيد على ٥٠٠ كم في الساعة.

● عجلات الطاقة

عندما يدور قرص ضخم الكتلة حول

محوره فإنه يقال إن لديه عزم قصور كبير وطاقة حركية. ولديه الاستعداد للتخلي عن تلك الطاقة لصالح شئ آخر متى ما لزم الأمر . لقد تمت الاستفادة من هذه الفكرة في تخزين كمية كبيرة من الطاقة في عجلات ضخمة الكتلة تدور بسرعات عالية جداً وتحفظ في داخل كبسولات خاصة ، استفيد منها ولوقت طويل في تحريك القطارات خاصة. ولذلك فإن المشكلة التي كانت تقابل دائماً هي أن الاحتكاك الداخلي يستمر في استنزاف الطاقة الحركية مع مرور الزمن . غير أن الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي قد تمكننا من صنع عجلات دوّارة في جو خال من الاحتكاك تماماً مما يجعلها تحتفظ بطاقتها إلى الأبد . وهكذا جميع المحركات والآلات يمكن أن تستفيد من الظاهرة في أن تكون لا احتكاكية مما يقلل الحاجة إلى كثير من الصيانة والأعطال ويجعل عمرها يتضاعف إلى عدة مرات .

● التطبيقات العسكرية

إن قدرة الموصلات الفائقة على طرد المجالات المغناطيسية جعلتها مواد مرشحة لاستعمالها في الرادارات العسكرية . فمن المعلوم أن دقة الصور التي يوفرها الرادار تعتمد على قدرته على التحليل ، غير أن تلك القدرة تتأثر سلباً بالمجالات المغناطيسية المجاورة سواء الأرضية أو غيرها . وحتى يمكن أن تتصور المشكلة يمكن مراقبة ما يحدث لجهاز التلفاز عندما يتم تشغيل جهاز كهربائي يعتمد على التيار المتردد ، إن الصورة سوف تصاب بالتشوش والسبب هو المجالات المغناطيسية المجاورة التي أفسدت الجو على حركة الإلكترونات المهبطية المسؤولة عن الصورة . وهذا هو ما يحصل مع الرادار بالضبط غير أن الأخير أكثر حساسية بشكل كبير. وقد تم الاقتراح باستعمال الدروع المغناطيسية لحل هذه المشكلة. والدروع المشار إليها عبارة عن اسطوانات ذات مقاسات مختلفة مصنوعة من المواد فائقة التوصيل، يوضع بداخلها مصدر الإلكترونات المهبطية فيحميها من المجالات الخارجية ويجعل الصورة الرادارية غاية في الوضوح .

ومن التطبيقات العسكرية للمواد فائقة التوصيل استخدام كاشف السكويد للكشف عن أدق الأعطال المتمثلة في الشقوق والشروخ في داخل أجسام الطائرات العسكرية والمدنية على حد سواء – ولو كانت متوغلة في عمق يزيد كثيراً عن عشرة سنتيمترات– وذلك بواسطة الاختبارات غير المتلفة (Non Destructive Testing -NDT) .

● التطبيقات الطبية

يمكن الاستفادة من نفس الدروع المغناطيسية – المشار اليها أعلاه – في تطبيقات طبية كثيرة ، وبصورة عامة فإنه عندما يراد دراسة الإشارات الكهربائية والمغناطيسية الصغيرة جداً المتولدة من المخ أو القلب أو الجهاز العصبي، فإنه يفضل توفير جو خال من المجالات المغناطيسية الخارجية التي تكون عادة أكبر كثيراً من تلك الإشارات. وقد تم الاستفادة بنجاح – في بعض المناطق كما في اليابان – من خاصية الدروع المغناطيسية مما وفر قدرات فائقة على قراءة الإشارات الصغيرة المشار إليها مما يوفر مزيداً من التشخيص لتلك الأعضاء الحساسة من جسم الكائن الحي .

إذا تمت الاستفادة من قدرة كاشف السكويد الهائلة لقراءة المجالات المغناطيسية المتناهية في الصغر مع استخدام الدروع المغناطيسية، نكون بذلك وفرنا جهازاً متكاملاً يمكن أن يحل محل الأجهزة المستخدمة حالياً ويفوقها من حيث الدقة. وقد تم بالفعل استخدام الكاشف عندما وضعت مجموعة كبيرة منها بشكل نصف كروي تغلف رأس المريض. وصل عدد السكويدات في المجموعة الواحدة في بعض التجارب إلى ٦٤ سكويد .

● تطبيقات أخرى

هناك عدد آخر من تطبيقات المواد فائقة التوصيل منها الاستفادة من قدرات كواشف السكويد في الدراسات الجيولوجية والدراسات المتعلقة بالنفط والكشف عنه، وكذلك في دراسات تتعلق بقياس مغناطيسية المواد (القابلية المغناطيسية) ، فضلاً عن ذلك يستفاد من وصلات **جوزيف صن** في الإلكترونيات في التغلب على التشتت والفقد التي تشكو منها تلك الأجهزة عندما يتم تصغيرها بشدة . إن من شأن تلك المشكلة في الموصلات وأشباه الموصلات العادية أن تحد في نهاية المطاف من التردد الأعلى المسموح به في شرائح الحاسبات الآلية على سبيل المثال . ونحن نسمع كل يوم عن زيادة هائلة في سرعات تلك الحاسبات التي يتوقع لها أن تقف في يوم من الأيام بسبب المشاكل التي أشرنا إليها. إن استخدام وصلات **جوزيف صن** من شأنه أن يوفر سرعات مضاعفة دون التورط في مشاكل كتلك وبالتالي فمن الممكن أن تطلق للإنسان الحرية من جديد لكي ينطلق في تطوير أجهزته لتحقق مزيداً من السرعات. على سبيل المثال فقد نجحت شركة فوجستو اليابانية عام ١٩٩٠م في تصنيع شريحة تحتوي على ٢٠٠٠ وصلة **جوزيف صن** بسرعة ١ جيجاهيرتز (1 GHz) ، وهي تفوق السرعات العادية المتوفرة آنذاك بعشرات المرات ولا تستهلك إلا ١٢ ملي واط ، أي أقل استهلاكاً للكهرباء من شرائح السيليكون المشابهة بأكثر من سبعة آلاف مرة ، وقد تم حديثاً الحصول على شرائح تعتمد على تقنية التكميم الفردي السريع للمجال المغناطيسي (Rapid Single Flux Quantum) - (RSFQ) للحصول على سرعات وصلت إلى ١٠٠ جيجاهيرتز (100 GHz) ، وهي سرعات يستحيل نظرياً الحصول عليها باستخدام التقنية القديمة مثل تقنية شرائح السيليكون أو الجرمانيوم .

تستخدم المواد فائقة التوصيل أيضاً كمغناطيسات قوية جداً . ويرجع ذلك إلى أن النوع الثاني (Type II) له قابلية على الاحتفاظ بكمية كبيرة من المجالات المغناطيسية حيث يشكل ما يشبه المصيدة عندما تمر من خلاله ثم تبريده بعد ذلك . وهي فكرة على بساطتها يمكن استخدامها للاحتفاظ بسجلات إلكترونية لشدات المجال المغناطيسي الأرضي في أماكن متعددة حيث تؤخذ الموصلات إلى المكان المعين وعندما تتعرض للمجال يتم تبريدها بعد ذلك وتحتفظ بالمجال المسجل أثناء عملية التبريد إلى الأبد ، كذلك يمكن استخدام الموصلات لصنع ملفات ذات تيار عال جداً مما يوفر مجالات مغناطيسية كبيرة (ربما عشرات التسلا) بسبب شدة التيار الهائل الذي يمر دون مقاومة والذي قد يزيد على ثلاثة آلاف أمبير للمليمتر المربع $3000\ A/mm^2$ في المواد الجيدة .

البوليمرات

د. محمد شفيق الكناني

وليمر هي كلمة
تينية الأصل تتكون
ن مقطعين (Poly) وتعني
تعدد ، و (mer) وتعني الوحدة
الجـــزء ، وعليـــه فإن كلمـــة
ـوليمـر تُعني متعـدد الوحدات أو الأجـــزاء .

تتكون البوليمرات عادة من عدد كبير من جزيئات صغيرة (مونومر) ترتبط كيميائياً بروابط مشتركة مع بعضها البعض ، تتشكل جزيئاتها الكبيرة إمافي صورة خطية أو متفرعة أو متشابكة، وتسمى عملية ارتباط المونيمرات بالبلمرة ، بينما يُطلـق على ـدد المونـومـرات المرتبطة في السلسلة بدرجـة البلمرة ، وتُسمى الوحـدات التي تتكـون منها سلسلة البوليمر بالوحدات تكـررة أو الوحـدات التركيبية، وهي عبارة عن وحدة مكافئة لجزيئـة المونومر أو تنقصها ذرة أو مجموعـة من الوحـدات .

تختلف السلاسل البوليمرية في طوالها وعدد وحداتها التركيبية طبقا رجة البلمرة ، فعند درجة البلمرة نخفضة تتشكل سلاسل قصيرة بأوزان زيئية منخفضة ، بينما عند درجة البلمرة رتفعة تتشكل سلاسل طويلة بأوزان زيئية مرتفعة.

استخدم الإنسان منذ آلاف السنين نتجات النباتية والحيوانية البوليمرية الراتنجات النباتية والمطاط والقار ميرها لأغراض يومية متعددة ، ومنذ ن من الزمن وضعت تعريفات للمواد وليمرية ، ففي عام ١٨٨٠ أطلق عليها م غروي ، وهي مواد تتكون بأوزان زيئية مرتفعة ، إلا أنه في ذلك الوقت لم ن هناك طرق جيدة لتحديد الأوزان جزيئية لتلك المواد ، وكان الإعتقاد خاطىء عن ماهية وطبيعة الجزيئات بيرة بأنها تتكون من اقتراب الجزيئات صغيرة من بعضها البعض بفعل جاذب الفيزيائي . ومع بدء الدراسات العلمية في مجال البوليمرات في مطلع القرن التاسع عشر وضعت مفاهيم جديدة لتفسيرتكوين البوليمر ، كما تم معرفة الكيمياء الفراغية للمطاط ، واكتشاف النايلون في عام ١٩٢٨م ، والبولي إيثلين في عام ١٩٣٧م ، والتفلون عام ١٩٣٨م . وتوالت اكتشافات بوليمرات جديدة بعد الحرب العالمية الثانية .

الخـــواص الفيزيائية

تعتمد الخواص الفيزيائية للبوليمرات – مثل قوة تحملها ، ومرونتها ، وشفافيتها، وقابلية ذوبانها في المذيبات العضوية وغير العضوية ، ومقاومتها للظروف البيئية، وامتصاصها للأصباغ – على التركيب الفيزيائي للبوليمر الذي يعتمد بدوره على عاملين أساسيين هما :-

• الوزن الجزيئي للبوليمر

يلعب الوزن الجزيئي للبوليمر دوراً هاماً في تحديد خواصه الفيزيائية والكيميائية ، فالجزيئات ذات السلاسل الطويلة والوزن الجزيئي المرتفع تمتاز بصلابة ومقاومة كبيرتين ، وتزداد صلابة البوليمر ومقاومته للذوبان في المذيبات العضوية وغير العضوية كلما ازداد تفرع أوتشابك السلسلة .

• طبيعة السلسلة الجزيئية

تعتمد طبيعة السلسلة الجزيئية البوليمرية على شكلها الهندسي ونوعية الوحدات التركيبية ، وقوى ترابط الذرات المكونة للسلاسل البوليمرية مثل قوى الربط التساهمية (Covalent Bonding Forces) أو المشتركة التي تربط الوحدات التركيبية (المونومرات) مع بعضها البعض ، كما تعتمد أيضاً على القوى الجزيئية التي تكون عادة بين السلاسل البوليمرية ، أو بين أجزاء السلسلة الواحدة مثل قوى فاندرفالس (Vander Waals Forces) وقوى ثنائية القطب (Dipole Forces) ، وقـــوى الحث (Induction Forces) ،

والروابط الهيدروجينية (Hydrogen bonding) .

تؤثر القوى الجزيئية تأثيراً كبيراً على الخواص الفيزيائية للبوليمرات ، وبصفة أساس على درجة حرارة الإنصهار، ودرجة الانتقال الزجاجي (درجة الحرارة التي تتغير عندها البنية البلورية للبوليمر من شكل إلى آخر)، واللزوجة ، والذوبان ، والثبات الحراري ، والتبلور وغيرها . فعلى سبيل المثال تكون القوى الجزيئية في البوليمرات المطاطية ضعيفة نسبياً ، بينما تزداد في البوليمرات الصلبة وتكون أعلى مما هي عليه في البوليمرات المرنة .

الخواص الميكانيكية

تعتمد الخواص الميكانيكية للبوليمرات ـ مثل التشوه ، والمرونة ، والانسياب ، والصلابة ، وقوة الصدم ، والتمزق ، والإحتكاك ، والتشقق ، والإنضغاط ، والإلتواء ومقاومة الإنزلاق ـ على عدة عوامل من أهمها تركيب البوليمر الذي يرتبط بدوره بعدة عوامل هي الوزن الجزيئي ، ودرجة التبلور ، والتركيب البلوري ، والملدنات ، والتلدين ، والتشابك ، والتفرع ، والمالئات ، والعوامل الكيميائية .

وهناك عوامل خارجية أو بيئية أخرى تؤثر على خواص البوليمر الميكانيكية من أهمها درجة الحرارة ، والانضغاط ، والصفات الحرارية للبوليمر ، وطبيعة الظروف المحيطة ، وسعة الإجهاد وغيرها .

تصنيف البوليمرات

تصنف البوليمرات إلى أنواع مختلفة طبقا لعدة عوامل أهمها مايلي :ـ

• مصادر البوليمرات

تصنف البوليمرات طبقا لمصادرها إلى ثلاثة أنواع هي :ـ

* **بوليمرات طبيعية :** ومصدرها إما نباتي أو حيواني، ومثال ذلك المطاط الطبيعي، والسيليلوز ، والبروتينات ، والصمغ ، والحرير الطبيعي ، والصوف ، والشعر والوبر ، والجلود وغيرها .

* **بوليمرات صناعية :** ويتم تصنيعها من مركبات كيميائية بسيطة (مونومرات) ، ومنها المطاط الصناعي ، والخيوط ، والجلود الصناعية ، والنايلون والبوليمرات المستخدمة في مجال الدهانات والمواد اللاصقة وغيرها .

* **بوليمرات طبيعية معدّلة :** ويتم تصنيعها من بوليمرات طبيعية أُجري عليها بعض التعديلات ، وذلك إما بتغيير تركيبها الكيميائي أو بإضافة مجموعة أخرى لها ، أو بتطعيمها ببوليمرات صناعية ، ومثال ذلك خلات السيليلوز ، ونترات السيليلوز والقطن المطعَّم بألياف الأكريليك .

• الطبيعة الكيميائية للبوليمر

تصنف البوليمرات طبقا للطبيعة الكيميائية للبوليمر إلى أربعة أنواع هي :ـ

* **بوليمرات عضوية :** وتنتج عن مصدر عضوي ، ووحدات تركيبية عضوية متكررة .

* **بوليمرات غيرعضوية :** وتمتاز بمقاومتها العالية للحرارة والمواد الكيميائية، وتتكون سلاسلها الجزيئية عادة من السيليكون أو النيتروجين أو الفوسفور أو البورون أو الكبريت ، أو من نوعين أو أكثر من الذرات المذكورة .

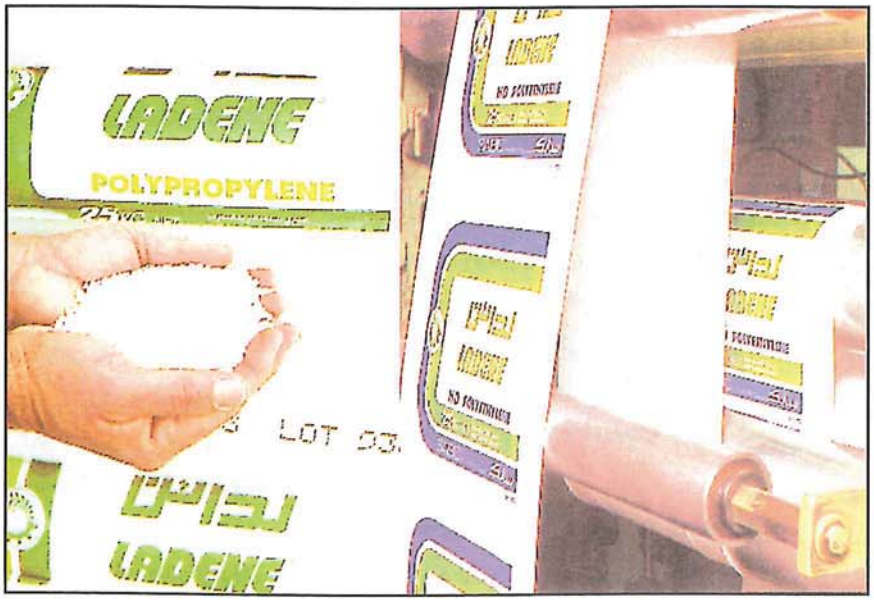
* **بوليمرات عضوية ـ غيرعضوية :** وتشتمل على وحدات تركيبية تحتوي على بعض العناصر الفلزية مثل القصدير إضافة إلى وجود بعض المجاميع العضوية. ويمتاز هذا النوع من البوليمرات بمقاومتها الجيدة للحرارة .

* **بوليمرات تناسقية :** وتحتوي على أيون فلزي ضمن السلسلة البوليمرية العضوية بحيث تكون الروابط بين العنصر الفلزي والجزء العضوي في الجزيئة هي روابط تناسقية، ومن أمثلها المونومرات المحتوية على الفيروسين .

• التصنيف التقني للبوليمرات

تم تصنيف البوليمرات طبقا لصفاتها واستخداماتها التقنية إلى عدة أنواع من أهمها مايلي :ـ

* **مواد بلاستيكية مطاوعة للحرارة :** وتعد أهم أنواع البوليمرات صناعيا ، وهي مواد تلين بالحرارة وتتحول إلى ما يشبه العجينة ، إلا أنها تعود إلى حالتها الأصلية عند خفض درجة حرارتها ، ومن أمثلتها البولي إيثلين والبولي بروبلين والبولي



• بعض منتجات البوليمرات الصناعية بالمملكة .

ستايرين وبولي كلوريد الفينيل والبولي كربونات وغيرها .

* **بوليمرات متصلبة حرارياً (غير مطاوعة للحرارة)** : وتتصلب بفعل الحرارة حيث تتشابك فيها السلاسل البوليمرية وتصبح معقدة التركيب ، وتتصف هذه البوليمرات بأنها عديمة الذوبان في المذيبات العضوية ، ولهامقاومة عالية للحرارة ، وغير قابلة للإنصهار ، وغير موصلة للحرارة والكهرباء ، ومن أمثلتها راتنجات الأمينو مثل راتنجات اليوريا ـ فورم الدهيد ، وراتنجات الميلامين ـ فورم الدهيد ، والفينول ـ فورم الدهيد وغيرها .

تستخدم البوليمرات المتصلبة حراريا كمواد عازلة للحرارة والكهرباء ، وفي صناعة المواد اللاصقة والأدوات الكهربائية المنزلية وغيرها .

* **ألياف** : وتتميز بقوى تماسك عالية بين جزيئاتها ، وبقابليتها للتبلور ، وبدرجة انتقال زجاجية مرتفعة ، وثابته تجاه الحرارة والأكسدة والتحلل المائي ، ومن أمثلتها البولي استرات ، والبولي أميدات (النايلون) ، وبولي أكريلونتريل وغيرها . وتستخدم مثل هذه الأنواع في صناعة الأقمشة والسجاد والحبال وغيرها .

* **بوليمرات مطاطية (Elastomers)** : تتميز بمرونتها وقابليتها للتمدد والتقلص، كما تتميز بدرجة حرارة إنتقال زجاجية منخفضة ، ومن أمثلتها المطاط الطبيعي ، والنيوبرين ، والنتريل ، البيوتيل ، وبولي الأيزوبرين وغيرها .

مواد لاصقة ومواد طلائية : ومن أمثلتها البوليمرات الطبيعية (مثل الصمغ النباتي والحيواني والنشاء) ، والصناعية (مثل المواد اللاصقة الأكريلية وبولي سيليكونات والإيبوكسيدات وبولي يوريثانات وغيرها) .

التصنيف الكيميائي

يعتمد التصنيف الكيميائي للبوليمرات على ميكانيكية تفاعلات البلمرة ، والخطوات التي تتم بها عملية نمو السلسلة البوليمرية ، ويشتمل هذا التصنيف على نوعين من البلمرة هما :ـ

* **سلسلية النمو (Chain Growth Polymerization)** : وفيها تتشكل بوليمرات عن طريق التفاعلات المتسلسلة بين المونومرات غير المشبعة بواسطة آلية تشكل الجذور الحرة أو الأيونات ، ويسمى هذا النوع من البلمرة ـ عادة ـ ببلمرة الاضافة . ومن أهم البوليمرات المتشكلة بالبلمرةسلسلية النمو، البولي إيثلين ، والبولي بروبلين ، وبولي كلوريد الفينيل ، وبولي خلات الفينيل وبولي الستايرين ، وبولي ميتاكريلات الميثيل ، والمطاط الصناعي وغيرها .

* **مرحلية النمو (Step Growth Polymerization)** : وتعرف ببلمرة التكاثف ، وتتشكل البوليمرات عن طريق عملية التكاثف بين المونومرات المحتوية على مجموعتين فعّالتين أو أكثر . ويتم بناء جزيئات البوليمرعبر تفاعلات منفصلة بين الزمر (المجموعات) الوظيفية (Functional Groups) .

• تصنيفات أخرى

هناك تصنيفات أخرى للبوليمرات ـ أقل أهمية مقارنة بالتصنيفات السابقة ـ تعتمد إما على الشكل البنائي لجزيئات البوليمر مثل البوليمرات الخطية والمتفرعة والمتشابكة . أوعلى تجانس البوليمرات مثل البوليمرات المتجانسة والبوليمرات المشتركة والبوليمرات المركبة.

آلية تفاعلات البلمرة

يتم الارتباط الكيميائي للمونيمرات لتكوين بوليمرات عن طريق نوعين من البلمرة هما :ـ

• بلمرة سلسلية النمو

تستخدم البلمرة سلسلية النمو في تحضير بوليمرات من مونومرات تحتوي على روابط مضاعفة بين ذراتها مثل الإيثلين والآيزو بيوتيلين وكلوريد الفينيل ، أو مركبات تحتوي على سلاسل حلقية غير ثابتة محتوية على عنصر مغاير لتركيب ذرات الحلقة الرئيسية مثل أكسيد الإيثلين وأكسيد البروبلين . وتتضمن آلية التفاعل لهذا النوع من البلمرة ثلاث خطوات أساسية وهي :ـ

١ـ بدء (Initiation) تحفيز المونومر : ويتم فيها تكوّن المركز النشط الأولي (Active Center) القابل للنمو والارتباط مع مونومر ثان وثالث مؤدياً إلى تكوين سلسلة بوليمرية عالية الوزن الجزئي .

٢ـ النمو أو الانتشار (Propagation) : وتتضمن إضافة مزيد من جزئيات المونومر إلى المركز النشط المتكون في مرحلة البدء ، وذلك كما يلي:ـ

$$M^* + M \longrightarrow M_1^*$$

$$M_1^* + M \longrightarrow M_2^*$$

$$M_2^* + M \longrightarrow M_3^*$$

٣ـ الإنتهاء (Termination) : ويتم فيها أكثر من تفاعل من تفاعلات الانتهاء مثل تفاعلات الجذور الحرة ، وتفاعلات إنتقال السلسلة النامية وفقا للتفاعل التالي :ـ

$$M_n^* \longrightarrow M_n$$

حيث تمثل Mn جزيئة البوليمر بعد توقفها عن النمو .

وقد يكون المركز النشط في تفاعلات البلمرة المتسلسلة في المرحلة جذراً حراً أو أيوناً موجباً أو أيوناً سالباً ، ويعتمد ذلك على طبيعة نوع البادىء المستخدم وطبيعة المونومر وبالتالي يمكن تقسيم البلمرة سلسلية النمو إلى نوعين رئيسيين هما :ـ

* **بلمرة الجذور الحرة** : ويستخدم فيها عدة أنواع من البادئات ذات القدرة على توليد جذور حرة نشطة وقادرة على الارتباط بجزيئات المونومر لتكوين سلاسل بوليمرية طويلة مثل بوليمرات بولي الإيثلين منخفض الكثافة والبولي ستايرين ومطاط النتريل وبولي كلوريد الفينيل وبولي بيوتا دائين وغيرها. كما هو

مبين في الخطوات التالية :-

$$\text{Initiation} \longrightarrow 2R^{\bullet}$$

$$R^{\bullet} + M \longrightarrow R - M^{\bullet}$$

$$R - M^{\bullet} + M \longrightarrow R - M - M^{\bullet}$$

$$R - M - M^{\bullet} + nM \longrightarrow R - M_{n+1} - M^{\bullet}$$

وبعد سلسلة طويلة من الإضافات يتوقف الجذر الجزيئي الأخير عن النمو وذلك إما بإتحاد الجذور الأولية الحرة مع بعضها أو باتحاد الجذور الجزيئية الكبيرة مع بعضها أو بإتحاد جذر أولي حر مع جذر جزيئي كبير ، ومن أهم البادئات المستخدمة في عمليات بلمرة الجذور الحرة مايلي :-

١ـ بادئات حرارية : وهي مركبات تتفكك بتأثير درجة الحرارة مكونة جذوراً حرة قادرة على بدء تفاعلات البلمرة ، ومن أهم هذه البادئات البيروكسيدات والهيدروبيروكسيدات ومركبات الآزو وثنائي الآزو .

٢ـ بادئات ضوئية : وهي مركبات تتفكك بتأثير الضوء بطول موجي معين مكونة جذوراً حرة ، ومن أمثلتها بعض مركبات الكربونيل والهاليدات والمركبات عضو المعدنية التي منها ألكيلات الفلزات مثل بيوتيل الليثيوم ، وثلاثي فينيل ميثيل الصوديوم .

٣ـ بادئات إشعاعية : وتقوم بعملية التنشيط مثل أشعة ألفا أو بيتا أو جاما .

٤ـ بادئات الأكسدة والاختزال : وهي عوامل منشطة لبعض تفاعلات البلمرة حيث تتكون الجذور الحرة كناتج لعملية أكسدة واختزال ، منها البيروكسيدات (فوق الأكاسيد) في وجود أيونات الحديد (II) كعوامل مختزلة وذلك كما يلي :-

$$RC(=O) - O - OR + Fe^{2+} \longrightarrow RCOO^{-} + RO^{\bullet} + Fe^{3+}$$

* **بلمرة أيونية :** وتنقسم حسب نوع الشحنة إلى نوعين هما :-

ـ بلمرة كاتيونية : وتكون المراكز النشطة فيها عبارة عن كاتيونات ، وتعد آلية تفاعلها بأنها معقدة نوعاً ما، وتتكون من ثلاث خطوات رئيسة هي مرحلة البدء ، والإنتشار ، والنهاية .

ومن البادئات المستخدمة في هذا النوع من البلمرة الأحماض البروتونية (مثل حامض الفوسفور ، وحامض الكبريت وحامض فوق الكلوريك وغيرها) ، وأحماض لويس (منها كلوريدات بعض أنواع الفلزات مثل كلوريد الألمنيوم ورباعي كلوريد التيتانيوم ورباعي بروميد القصدير وكلوريد الزنك وغيرها) ، وبعض المحفزات الأخرى ، (مثل أيون الأوكسونيوم وفوق كلورات ثالثي البوتيل، والإشعاعات ذات الطاقة العالية وغيرها).

ومن أهم البوليمرات التي يتم تحضيرها بهذه الطريقة مطاط الآيزوبرين (البولي آيزوبرين) والمطاط البيوتيلي (البولي آيزوبيوتين) .

ـ بلمرة آنيونية : وتكون مراكزها النشطة عبارة عن آنيونات ، وتختص بالمونومرات المحتوية على مجموعات ساحبة للألكترونات (مثل مجموع النتريل (C≡N) والكربونيل (C=O) الموجودة في الكيتونات أو الألدهيدات أو الأحماض أو الاسترات أو الأميدات) ، والمونومرات القادرة على تثبيت الأيون السالب (الكربانيوم) الناتج عن الصبغ الطنينية مثل الستايرين والبيوتادايئين .

تستخدم في البلمرة الآنيونية عدة أنواع من البادئات ، هي الفلزات القلوية (مثل الصوديوم والبوتاسيوم والليثيوم في الأمونيا السائلة) ، وألكيلات الفلزات (مثل بيوتيل الليثيوم وثلاثي فينيل ميثيل الصوديوم) ، وأميدات الفلزات ، (مثل أميد البوتاسيوم والصوديوم والليثيوم والكالسيوم وغيرها في الأمونيا السائلة) .

وتتأثر البلمرة الأيونية بعدة عوامل ، من أهمها درجة الحرارة ، والمذيب ، وطبيعة المونومر ، والتجمع الأيوني ، وغيرها من العوامل الأخرى .

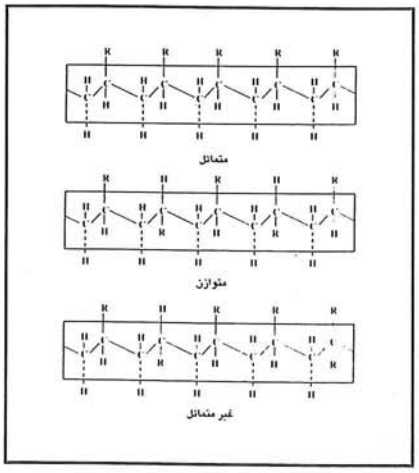
● بلمرة منتظمة فراغياً

اكتشفت البلمرة المنتظمة فراغيا من قِبَل العالمين **زيغلر وناتا** عندما طوّرا نوع معين من المواد المحفزة غير المتجانسة قادراً على تكوين بوليمرات لها تركيب فراغي منتظم عند درجات حرارة منخفضة .

يؤثر الوضع الفراغي للبوليمر على صفاته الفيزيائية والحرارية والميكانيكية . فعلى سبيل المثال ، عند تحضير البولي بروبلين بطريقة البلمرة بواسطة الجذور الحرة فإنه يشكل بوليمر تكون فيه جذور الميثيل مرتبة عشوائياً على طول السلسلة ، وبالتالي يكون له صيغة فراغية غير منتظمة (Atactic) . وقد تمكن العالمان ـ المذكوران أعلاه ـ من تحضير بولي بروبلين ذو وضعية فراغية منتظمة بإستخدام المواد المحفزة غير المتجانسة ، وتدعى ظاهرة ترتيب المجاميع (مثل مجموعة الألكيل) على السلسلة البوليمرية بالتاكتيكية (Tacticity) ومنها ثلاثة أنواع ، شكل (١) ، هي كما يلي :-

١ـ متماثلة (Isotactic) : و تترتب فيها المجموعات على جهة واحدة من السلسلة البوليمرية.

٢ـ متوازنة (Synadiotactic) : حيث تتوزع فيها المجموعات بشكل متناوب في نفس المستوى .



● شكل (١) الصيغ الفراغية للبولي بروبلين .

٣ـ غير متماثلة (Atactic) : وفيها تتوزع مجموعات بشكل غير منظم .

• البلمرة المشتركة

تتضمن البلمرة المشتركة وجود أو اشتراك أكثر من نوع واحد من المونومر ، ويستفاد منها في تصنيع بوليمرات ذات مواصفات جيدة ومحددة مثل مقاومتها للمذيبات والصدمات والتشقق ، وزيادة قابليتها لتقبل الأصباغ وغيرها من الصفات الأخرى ، وتشتمل البوليمرات المشتركة على أربعة أنواع هي :ـ

* متناوبة (Alternative) : وفيها تتناوب المونومرات المختلفة في الترتيب وفي السلاسل البوليمرية .

* عشوائية (Random) : وتتوزع فيها المونومرات بشكل عشوائي في السلاسل البوليمرية ، ومنها البوليمر المشترك إيثلين ـ بروبلين ، ومطاط ستايرين ـ بيوتا دايئين وغيرها .

* قالبية (Block) : وتترتب فيها المونومرات على شكل قالب مرتبطة مع بعضها البعض .

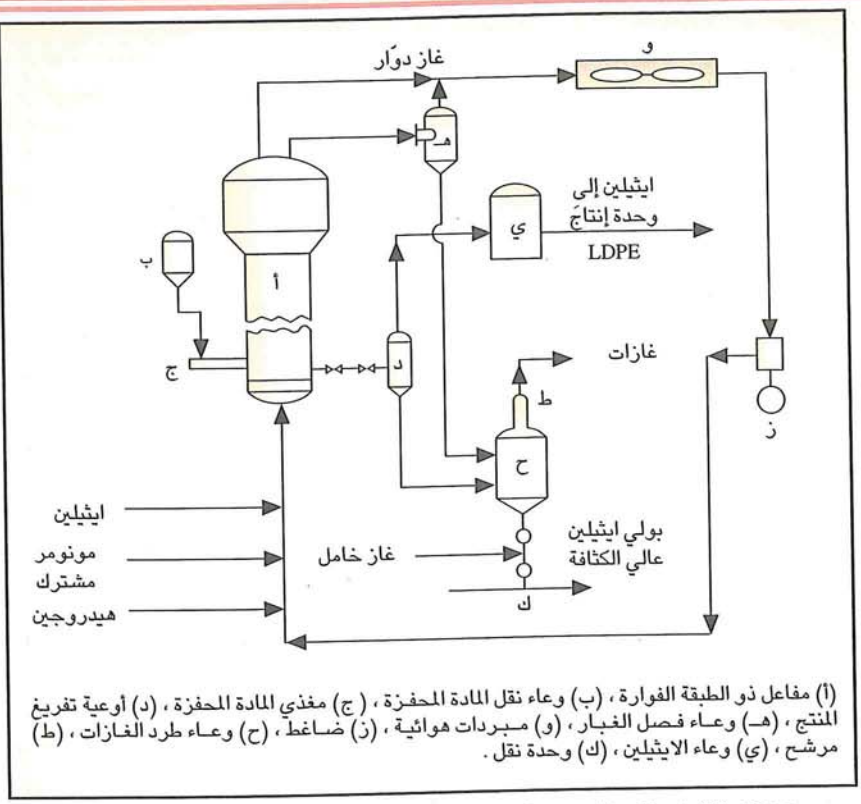
* مطعّمة (Graft) : وتهدف إلى تحسين صفات البوليمر لبعض الأغراض المعنية ، تتشكل من سلسلة رئيسية مكونة من وحدات تركيبية متماثلة . وترتبط بها فرعات جانبية متكونة من نوع آخر من الوحدات التركيبية .

الطرق الصناعية للبلمرة

تجري عمليات البلمرة عادة في وحدات صناعية وذلك إما في وسط مجانس (بلمرة متجانسة) يكون فيه كل من البوليمر والمونومر والمادة المحفزة في طور واحد ، أو في وسط غير متجانس (بلمرة غير متجانسة) حيث يوجد فيها أكثر من طور واحد . وتتم عملية البلمرة بعدة طرق مختلفة أهمها :

بلمرة في الطور الغازي

تستخدم البلمرة في الطور الغازي (Gas Phase Polymerization) عندما



(أ) مفاعل ذو الطبقة الفوارة ، (ب) وعاء نقل المادة المحفزة ، (ج) مغذي المادة المحفزة ، (د) أوعية تفريغ المنتج ، (هـ) وعاء فصل الغبار ، (و) مبردات هوائية ، (ز) ضاغط ، (ح) وعاء طرد الغازات ، (ط) مرشح ، (ي) وعاء الايثيلين ، (ك) وحدة نقل .

● شكل (٢) طريقة يونيون كربايد لإنتاج بولي الإيثلين عالي الكثافة بالطور الغازي .

يكون المونومر في الحالة الغازية ، ويتجمع البوليمر المتكون في هذه الحالة على جدار الوعاء ويستمر تشكله بعدئذ داخل الكتلة المتكونة . ويستخدم هذا النوع من البلمرة لإنتاج أنواع محدودة من البوليمرات مثل مطاط الصوديوم ـ بيوتادايئين ، والبولي إيثلين الخطي عالي الكثافة .

يوضح الشكل (٢) طريقة صناعية لإنتاج مسحوق بولي الايثيلين عالي الكثافة بوساطة البلمرة في الطور الغازي ، حيث يستخدم في هذه الطريقة غاز الإيثيلين في مفاعل ـ الطبقة الفوارة ـ يحتوي على مادة محفزة من الكروم المعدل. ينتج البولي ايثلين بأوزان جزيئية مرتفعة وسلاسل مستقيمة .

• بلمرة كتلية

تتم البلمرة الكتلية (Bulk Polymerzation) : في محلول المونومر عند ظروف معينة من الضغط ودرجة حرارة ، وعندما يكون البوليمر الناتج شديد الذوبان في المونومر فإن لزوجة المحلول تزداد تدريجياً مع ازدياد تكون البوليمر إلى أن تتشكل كتلة واحدة متصلبة في نهاية التفاعل . أما إذا كان البوليمر لايذوب في المونومر فإن الناتج يكون على شكل مسحوق أو حبيبات صغيرة .

تستخدم البلمرة الكتلية في إنتاج أنواع معينة من البوليمرات مثل بولي ميثيل ميتاكريلات ، والبولي ستايرين ، والبولي كلوروبرين والبولي بيوتادايئين .

• بلمرة في المحلول

تعد البلمرة في المحلول (Solution Polymerization) إحدى أنواع البلمرة المتجانسة حيث توجد مكونات التفاعل (المونومرات والمذيب) في طور واحد . وعند تكوّن البوليمر فهناك احتمالان، الأول إذا كان البوليمر الناتج ذائبا في المحلول فيفصل عنه إما بواسطة الترسيب أو يستخدم على هيئة محلول كما هو الحال في اللواصق والطلاء وغيرها . والثاني إذا كان البوليمر الناتج غير قابل للذوبان في المحلول فإنه يفصل منه بواسطة الترشيح .

• بلمرة معلقة

يمكن إجراء البلمرة المعلقة (Suspension Polymerization) بنظام

المونمر	الوحدة التركيبية	البوليمر	تطبيقاته
الايثلين بنوعيه منخفض وعالي الكثافة	$-CH_2-CH_2-$	$-(CH_2-CH_2)-_n$ بولي إيثلين	صناعة القوارير ، والألياف الصناعية، ومواد البناء ، ومواد عازلة، وقطع السيارات والطائرات والقطارات، وتغليف الأسلاك والكبلات والأجهزة الطبية وغيرها.
البروبلين	$-CH_2-\underset{CH_3}{CH}-$	$\left(CH_2-\underset{CH_3}{CH}\right)_n$ بولي بروبلين	تشابه تطبيقات البولي إيثلين
كلوريد الفينيل	$-CH_2-\underset{Cl}{CH}-$	$\left(CH_2-\underset{Cl}{CH}\right)_n$ بولي كلوريد الفينيل	الألياف الصناعية ، ومواد العزل الكهربائي ، ومواد مقاومة للتآكل ، ومواد البناء ، والجلود ، والورنيشات ، والمواد اللاصقة ومعدات كيميائية ، ورقائق ألياف صناعية وغيرها.
رباعي فلورو الإثيلين	$-CF_2-CF_2-$	$-(CF_2-CF_2)-_n$ بولي رباعي فلورو الايثلين	معدات كيميائية ، رقائق ، ألياف صناعية وغيرها.
خلات الفينيل	$-CH_2-\underset{COOCH_3}{CH}-$	$\left(CH_2-\underset{COOCH_3}{CH}\right)_n$ بولي خلات الفينيل	الدهانات ، والمواد اللاصقة، وغيرها.
ستايرين	$-CH_2-\underset{C_6H_5}{CH}-$	$\left(CH_2-\underset{C_6H_5}{CH}\right)_n$ بولي ستايرين	عوازل كهربائية وحرارية ، ومواد تغليف ، و المطاط ، والرقائق ، وسلع للمواد الغذائية.
ميثيل ميثاكريلات	$-CH_2-\underset{COOCH_3}{\overset{CH_3}{C}}-$	$\left(CH_2-\underset{COOCH_3}{\overset{CH_3}{C}}-\right)_n$ بولي ميثيل ميثاكريلات	الدهان ، والمواد اللاصقة ، والزجاج العضوي وغيرها.
أكريلونتريل	$-CH_2-\underset{CN}{CH}-$	$\left(CH_2-\underset{CN}{CH}\right)_n$ بولي أكريلونتريل	ألياف صناعية ، و دهانات، ومنتجات مطاطية ، ومواد بناء وغيرها.

● جدول (١) أهم أنواع البوليمرات وتطبيقاتها .

الدفعات أو السريان المستمر، حيث يمزج المونومر مع محلول آخر - يسمى وسط التعليق (Suspending Medium) - لايذوب فيه وبالتالي يكون محلولاً معلقاً . كما تضاف للمحلول عوامل مبعثرة(Dispersing Agents) أو معلقة (Suspending Agents) وذلك لمنع التصاق الحبيبات مع بعضها البعض وتشكل كتل تعيق عملية البلمرة . ومن أهم البوليمرات التي تصنع بهذه الطريقة بولي ميثيل ميثا كريلات وبولي ستايرين وبولي كلوريد الفينيل وبوليمر مشترك من الستايرين والأكريلو نتريل وغيرها من البوليمرات الأخرى .

● البلمرة الاستحلابية

تستخدم في البلمرة الاستحلابية (Emulsion Polymerization) عوامل تساعد على الاستحلاب ، منها العوامل الأيونية مثل كبريتات الأريل أو كبريتات لوريل الصوديوم ، وغير الأيونية مثل هيدروكسيد إيثيل السيليلوز ، أو بولي فينيل الكحول ، وسلفونات الألكيل وغيرها.

استخدامات البوليمرات

تسمى البوليمرات بعد تصنيعها بالمواد البلاستيكية ، وهي تستخدم في العديد من المجالات والقطاعات ، جدول (١) ، منها الأدوات المنزلية ، والمواد اللاصقة ، والدهانات ، والألياف الصناعية ، ومعدات الأجهزة الكهربائية والإلكترونية ، والصفائح البلاستيكية الرقيقة والشفافة للتغليف ، والحاويات ، والعزل الحراري ، وخزانات المياه ، وحمامات السباحة ، والأسقف المستعارة ، والمنازل المتنقلة ، والأثاث المنزلي بجميع أنواعه وغيرها من الاستخدامات الأخرى .

الصناعات البلاستيكية في المملكة

تطورت صناعة المواد البلاستيكية الوسطية والنهائية في المملكة بشكل واسع مع بداية الثمانينات حيث قامت الشركة العربية السعودية للصناعات الأساسية (سابك) بإنشاء عدة مجمعات صناعية لإنتاج أنواع متعددة من المواد البلاستيكية يوضحها الجدول (٢) .

الشركة	المنتج	الطاقة السنوية (ألف طن)
ينبت	بولي إثيلين بولي بروبلين	٥٣٥ ٢٦٠
ابن زهر	بولي بروبلين	٣٢٠
شرق	بولي إيثيلين	٤٠٠
ابن حيان	معلق بولي كلوريدالفينيل عجينة بولي كلوريد الفينيل	٣٠٠ ٢٤
كيميا	بولي إيثيلين	٦٠٠
ابن رشد	بوليستر	١٤٠
بتروكيميا	بولي ستايرين	١٣٥

● جدول (٢) أهم الشركات المنتجة للمواد البلاستيكية بالمملكة .

تحسين خواص المواد

د. أحمد علي بصفر

يكتسب علم المواد أهمية خاصة في عصرنا الحاضر ، وذلك لما للمواد من دور كبير في التقدم الصناعي والتقني . فهذه المواد إما أن توجد في الطبيعة كالفلزات و الخزف ، وإما أن يتم تصنيعها من مواد بلاستيكية ومطاطية وغيرها ، ومع ذلك تبقى هذه المواد بصورتها الأولية غير صالحة للإستخدام ، وعليه وجب إستحداث الطرق والتقنيات اللازمة لإكسابها خصائص تؤهلها للإستخدام في مجالات الحياة المتعددة، وتعد أساليب تحسين خواص المواد من أهم خطوات التصنيع ، وبذلك فهي تحظى بإهتمام المراكز البحثية والإنتاجية الحكومية والخاصة .

ولا يكتمل الحديث عن أساليب تحسين خصائص المواد دون التعريف بأنواعها المختلفة المتوفرة في وقتنا الحاضر ، علماً بأن المجال ما زال واسعاً لتطوير مواد جديدة ذات خصائص متعددة. وعموماً تصنف المواد حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية إلى عدة أنواع ومنها مايلي : ـ

الفلزات

تعد الفلزات أقدم المواد التي إكتشفها الإنسان ، حيث أكتشف الذهب في القرن التاسع عشر قبل الميلاد ، واستخدمه قدماء المصريين في القرن الثالث عشر قبل الميلاد. ثم أكتشف النحاس ، وقد إستخدمه أيضاً قدماء المصريين ، و توالت الإكتشافات حتى العهد قريب لتشكل قائمة من الفلزات .

تستخرج الفلزات من باطن الأرض على شكل مواد خام ، في صورة أكاسيد أو كبريتيدات أو كربونات أو غيرها ، وتبقى المواد الخام غير قابلة للإستخدام لإفتقارها لمقومات المادة التجارية ، لذا يتم إستخلاص الفلزات منها ، وبعد ذلك يتم تحسين خصائصها عبر عدة طرق ، منها تصنيع السبائك .

تتم عملية تصنيع السبائك بخلط عنصرين أو أكثر بهدف الحصول على مادة نهائية ذات خصائص ميكانيكية (مثل مقاومة الشد ، والصلادة وغيرها) ، بحيث تتفوق خصائصها على خصائص أى من العناصر المكونة لها ، وذلك بصهر العناصر مع بعضها. وفي الوقت الراهن فإن جميع الفلزات المستخدمة تجارياً توجد في صورة سبائك ، بإستثناء أسلاك الموصلات الكهربائية المصنوعة من النحاس النقي أو الألمنيوم .

تأخذ السبائك ـ عادة ـ اسم الفلز الموجود بنسبة كبيرة ، مثل سبيكة الذهب ، كما تسمى سبيكة ثنائية عند إحتوائها على عنصرين ، أو سبيكة ثلاثية عند إحتوائها على ثلاثة عناصر ، وتختلف خصائص السبيكة بإختلاف نسبة إضافة هذه العناصر إلى بعضها ، وقد تأخذ السبائك أشكالاً مختلفة من ناحية التجانس بين العناصر المكونة لها ، و ذوبانية العناصر في بعضها .

● طرق تحسين خواص السبائك

هناك ثلاثة طرق رئيسة لتحسين خصائص السبائك وهي :

* **المعالجة الحرارية :** وفيها يتم تسخين السبيكة إلى درجات حرارة معينة ، ثم تبرد بمعدل محدد ، وهي من أهم أساليب معالجة السبائك غير الحديدية التي يلجأ إليها لزيادة الصلابة ، وتتم هذه المعالجة عبر آليتين هما: التصليد بالتزمين (Aging) والتصليد بالترسيب ، ويمكن أن تكون هاتين الآليتين متتابعتين ، فعلى سبيل المثال تقدر قوة الشد لإحدى سبائك الالمنيوم بعد التصليد بالترسيب بـ ٢٨٠ ميقا باسكال (وحدة قياس قوة الشد للمواد) ، بينما تصبح بعد التصليد بالتزمين ٣٥٠ ميقا باسكال .

* **التشكيل على البارد :** ويتم عند درجة الحرارة العادية ، وذلك باستخدام قوة خارجية أكبر من قوة مقاومة السبيكة ذاتها، مثل عمليات سحب الصفائح المعدنية ، وينتج عن هذه العملية فقدان السبيكة لليونتها ، ويمكن تفادي ذلك بالتسخين عند درجة حرارة مرتفعة .

* **التصليد بالترسيب :** ويشمل عملية صهر السبيكة عند درجات حرارة مرتفعة ، ومن ثم التبريد المفاجيء ، وعادة ما يتبع

هذه العملية أسلوب التصليد بالتزمين ، وهو إما طبيعي ـ ترسيب عند درجة حرارة الغرفة (٢٤ درجة مئوية) لمدة ٤ـ٥ أيام ـ أو إصطناعي يتم بعد التسخين لدرجة حرارة مرتفعة . ويوضح شكل (١) تأثير وقت التزمين على خصائص السبائك بشكل عام .

البوليمـــرات

يطلق اسم اللدائن على المواد البوليمرية ،وهي إما من أصل عضوي طبيعي ، وإما من عضوي طبيعي معدل ، وإما من تركيبي صنعي ، و تشترك اللدائن بصفة الليونة وقابليتها للإنصهار عند تعريضها للحرارة ، وعودتها لقساوتها عند إزالة مصدر الحرارة ، وهي قابلة للتشكيل والقولبة المتكررة ، ويمكن تصنيف اللدائن إلى قسمين رئيسين: الأول اللدائن التي تنصهر بالحرارة وتتصلب بالتبريد ، ويمكن إعادة تلدينها بنفس الأسلوب لعدة مرات ، وتعرف باللدائن الملدنة بالحرارة (Thermoplastics) ، و الثاني اللدائن التي تنصهر بالحرارة ، وتتصلب عند إزالة مصدر الحرارة وتصبح قاسية بشكل دائم، ولا يمكن إعادة تلدينها ، حتى ولو عرضت لمصدر حراري مرة أخرى ، وتعرف باللدائن المقساة بالحرارة (Thermosettings) ، و هاتان الخاصيتان لا تنطبقان على جميع المواد البوليمرية ، كما وهناك أيضاً المطاط بنوعيه الطبيعي والصناعي ، والذي يصنف تحت مسمى لدائن مطاطية (Elastomers) .

يتكون البوليمر عادة من مادة أساسية تدعى المونومر ، وذلك عبر سلسلة مترابطة لتكوين مركب ذو وزن جزيئي مرتفع ، ويأخذ هذا الترابط أشكالاً مختلفة . كما يمكن لمونومرين من نوعين مختلفين تكوين بوليمر مشترك (Copolymer) .

● مواد تصنيع البوليمر

تدخل في تصنيع البوليمر عدة مواد يمكن تصنيفها حسب أهميتها إلى ما يلي :ـ

* **المواد الأولية :** وتأتي من مصادر مختلفة، وفق ما يلي :ـ

ـ مشتقات الفحم الحجري الناتجة عن تقطير القطران ـ مثل الفينول والكريزول والفورم الدهيد وغيرها التي هي أساس تركيب اللدائن الفينولية والصبغية ـ ومنتجات التكويك (Coking) ومنها غاز الإثيلين .

ـ الغازات الطبيعية وغاز البترول المُسَيَّل والمشتقات البترولية الناتجة عن التقطير والتكسير ، مثل الأوليفينات كالإثيلين والبروبيلين والبيوتلين والبيوتادائين .

ـ مشتقات المواد الطبيعية الحيوانية والنباتية ، ومنها المطاط الطبيعي (لاتكس) والسيليلوز من النباتات والمواد الدسمة من الحيوانات .

ـ مشتقات المواد الطبيعية المعدنية ، ومنها الكبريت الذي يستخدم في صناعة اللدائن المطاطية كمادة أساسية في كبرتة المطاط الطبيعي والصناعي .

* **المواد الوسيطة :** وهي تلك المواد التي تضاف إلى المواد الأولية عبر سلسلة من العمليات ، ومن تلك المواد الوسيطة أكسيد الإثيلين ، والأستيالدهيد ، والفينول ، وغيرها .

* **مواد الصناعات التحويلية :** وتأتي بعد الصناعات الأساسية للمواد البوليمرية ، بحيث تستفيد من المنتجات الأساسية ، فتخلط وتشكل حسب المنتج النهائي المرغوب فيه . وهناك عدة مواد كيميائية تدخل في الصناعات التحويلية ، مثل المواد المضادة للأكسدة الناتجة عن الحرارة والأشعة فوق البنفسجية ، ومنها أملاح الرصاص ، و أملاح القصدير ، وأملاح الباريوم والكادميوم ، وبعض الراتنجات الإيبوكسية. وكذلك المواد المالئة التي تستخدم لتخفيض تكلفة المنتج النهائي ، وتحسين الخصائص الميكانيكية للمواد البوليمرية ، ومنها المواد المعدنية الطبيعية ، مثل الغرافيت ، والمواد العضوية الطبيعية ، مثل دقيق الخشب ، والمواد العضوية التركيبية ، مثل ألياف النايلون .

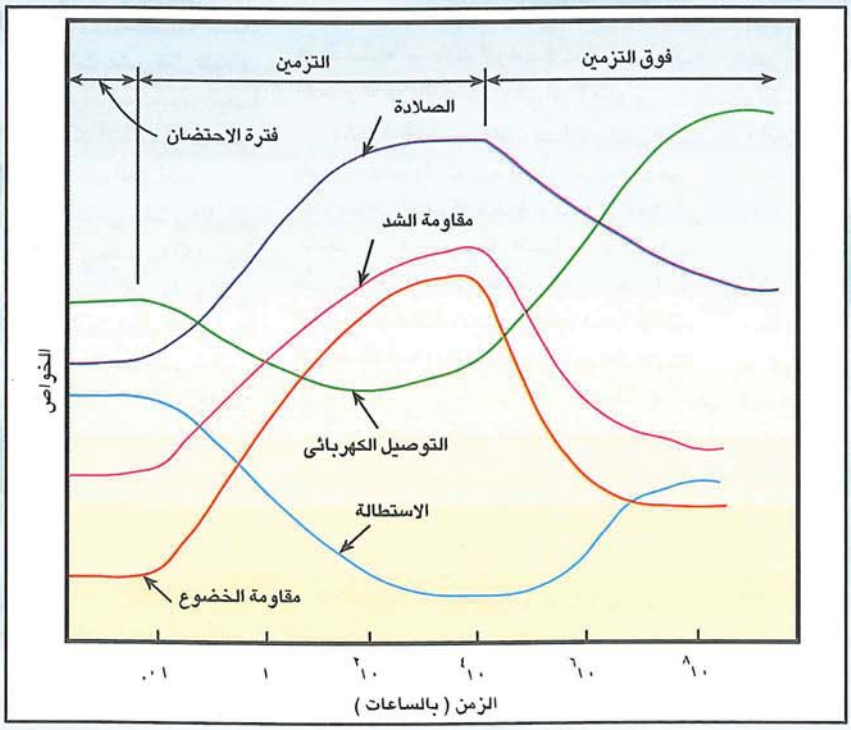
* **مواد الإخضاب (Pigments) والصبغات (Dyes) :** وهي تؤثر على الألوان المطلوبة للمنتج النهائي ، وتتميز الصبغات عن مواد الإخضاب بقابليتها للذوبان في السوائل ، ومن أمثلة مواد الإخضاب ثاني أكسيد التيتانيوم ومركبات الكادميوم ، ويتم إختيار أي من مواد الإخضاب أو الصبغات إستناداً على الإحتياجات التالية :ـ

ـ توافق اللون والبصر وذلك حسب تدرج اللون وشفافيته وصفائه أو لمعانه وقوة جاذبيته .

ـ الثبات الحراري ، وهذا يتعلق بدرجة حرارة تشكيل الجسم الملون سواء بالإخضاب أم بالصبغات .

ـ الهجرة أو قوة الإستنزاف ، والتي يتم خلالها نزوح اللون إلى السطح ليضفي لمعة خاصة على المنتج .

ـ الثبات الضوئي ، ويتم من خلاله إمتصاص نوع معين من الأشعة ، مثل الأشعة فوق



● شكل (١) تأثير وقت التزمين على خصائص السبائك .

البنفسجية بغرض حماية المنتج.

- المقاومة الكيميائية بالتماس ، وهي ضرورية لحماية المنتج من الأحماض والقلويات .

- سهولة التوزيع والإختلاط المتجانس داخل المنتج .

- عدم السمية ، وذلك عند إستخدام المنتج في تغليف المواد الغذئية .

- الخصائص الكهربائية مثل الناقلية ، وذلك عند إستخدام المنتج في صناعة الكابلات .

- التكلفة المنخفضة .

* **الملينات (المُطَريات):** وتستخدم خلال التشكيل والإستخدام لتخفيض تكلفة المنتج النهائي ، وقد تكون الملينات خارجية تختلف بطبيعتها عن المادة البوليمرية ، أو داخلية بحيث تشكل جزء من تركيبة المادة البوليمرية.

ويجب أن تتمتع الملينات بمواصفات عدة ، منها : التلاؤم مع اللدائن ، والإستمرارية ، والدوام ، وعدم تغير خواصها إلى خواص غير صحية أو سمية ، وكذلك الميزات الفيزيائية والكيميائية مثل الرائحة ، وعدم وجود سمية ، ومناعتها للإحتراق ومقاومتها للبرودة الشديدة. وهناك أنواع عديدة من الملينات ، منها :

١- الفثالات (Phathalates) .

٢- مركبات الفوسفات (مثل فوسفات البوتيل) ، وتستخدم لزيادة مقاومة المنتج للماء والعوامل الطبيعية ، واللهب ، ودرجات الحرارة المنخفضة .

٣- المركبات الأديباتية ، مثل أديبات البيوتيل والأوكتيل ، وسيباسات الأوكتيل ، وتستخدم لزيادة النعومة عند درجات الحرارة المنخفضة والمقاومة للماء والثبات للضوء والحرارة .

٤- استيرات الجليكول مثل ثلاثي إيثلين جليكول ، وتستخدم لزيادة المقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة جداً .

- البولي استير وتستخدم كمثبت ضد الأكسدة إضافة إلى إضفاء خاصية المرونة ،

- استيرات البولي فينيل .

٥- الاستيرات .

وتجدر الإشارة هنا بأن إختيار الملينات يتم بناءً على الخاصية المرغوب فيها في المنتج النهائي ، وكذلك حسب التوافق مع المادة البوليمرية المستخدمة .

* **مواد الإضافة :** وهي مواد يتم إضافتها للمادة البوليمرية لحفظها خلال التصنيع والتخزين والإستخدام ، وذلك حسب الخصائص النهائية للمنتج المرغوب فيه ، والمناخ الذي ستستخدم فيه ، ومنها :

- مواد مضادة للأكسدة والأشعة فوق البنفسجية والحرارة ، ومنها مركبات الفينولات والمركبات الأمينية .

- مواد مضادة للكهربائية الساكنة بغرض تخفيف أثر التفريغ الكهربائي الساكن الملازم لعمليات تصنيع وتشكيل المواد البوليمرية ، والذي ينتج عنه إلتصاق الغبار الجوي بالمنتج النهائي ، ومنها أملاح رباعية الأمونيوم للحموض الدسمة .

- مواد ضامة وألياف تقوية تؤدي إلى الإرتباط بين المركبات العضوية واللاعضوية ، وتؤدي إلى تحسين مقاومة المنتج للشد وقابلية النفاذية للماء ، ومنها ألياف السيلان ، وألياف الفحم والزجاج التي تتمتع بخفة وزنها .

- معيقات الإشتعال وسريان اللهب اللذان يضافان في مرحلة تصنيع المادة الأساسية، أو في مرحلة التصنيع والتشكيل النهائي ، ويكتسب المنتج النهائي خاصية عدم سريان اللهب في جزيئاته القابلة للإلتهاب بإضافة الأحماض الهالوجينية ، مثل رباعي بروموالفثاليك ورباعي كلوروالفثاليك والكحولات المهلجنة أو الفوسفورية مثل ثنائي بورمو البروبانول .

- عوامل الإرغاء وهي مركبات معدنية أو عضوية تستخدم في صناعة الأسفنج وتسمى هذه المركبات عوامل النفخ .

- المواد الحافظة وتستخدم لحماية المواد البوليمرية من البكتيريا أو الفطريات ، والتي قد تؤثر على الخصائص الميكانيكية والعزل الكهربائي والألوان للمنتج النهائي، ومنها ثالث ألكيل القصدير .

- المواد المزلقة التي تستخدم لتسهيل عملية إنزلاق المواد البوليمرية خلال أجهزة التصنيع والتشكيل المختلفة ، ومنها ما يستخدم داخل المنتج ، أو على سطح الآلات المستخدمة في التصنيع ، ومنها البارافينات وفوسفات الآليل .

- مواد لمنع الإلتصاق في تجويف القوالب وتوضع على سطح القوالب ، ومن ذلك سيليكونات فلورية .

● تحسين خواص المواد البوليمرية

يتم تحسين خصائص المواد البوليمرية بناءاً على متطلبات الاستخدام الفعلية من قوة وصلادة ومناعة لأشعة الشمس والحرارة والمواد الكيميائية . فعلى سبيل المثال يتطلب تصنيع المنتجات التي تستخدم في الأجواء المناخية الخارجية - المتعرضة لأشعة الشمس والحرارة- إضافة مضادات للأشعة فوق البنفسجية ، ومضادات الأكسدة ، بالإضافة إلى الملينات عند الضرورة ، كذلك يتطلب تصنيع المنتجات المستخدمة في صناعة عوازل الكابلات إضافة مضادات الأكسدة ، ومعيقات الأشتعال وسريان اللهب لإكسابها المناعة اللازمة ضد الحرارة والإحتراق ، بالإضافة إلى المواد المالئة التي تكسبها قوة وصلادة أفضل ، وتخفض في تكلفة الإنتاج . كما يتم إستخدام الصبغات ومواد الإخضاب لحماية المنتجات خلال عملية التشكيل ، ولزيادة مقاومتها للضوء ولإكسابها ألوان تجارية جذابة .

ومن الأساليب الحديثة لتحسين خصائص المواد البوليمرية - سواء البلاستيك أو المطاط - إستخدام الأشعاعات المؤينة في عمليات المعالجة بدلاً من المواد الكيميائية ، ويتم خلال هذه العمليات إكساب المنتجات البلاستيكية خصائص ميكانيكية ومقاومة للظروف البيئية من رطوبة وحرارة وأشعة فوق بنفسجية ، ويتم إستخدام هذا الأسلوب في عدد كبير من دول العالم المتقدمة مثل الولايات المتحدة الأمريكية وأوربا واليابان .

ويؤدي تعريض المواد البوليمرية للإشعاع بشكل عام إلى إيجاد روابط كيميائية بين جزئيات المادة ، مما يؤدي إلى زيادة الوزن الجزيئي ، ومن ثم تحسين الخصائص المختلفة ، وهذا ما يحدث لمادة البولي إيثلين ومطاط الستايرين بيتادين ، أو قد يؤدي إلى تفكك الروابط الكيميائية ، مما يؤدي إلى تخفيض في الوزن الجزيئي ، وهذا بدوره يقود إلى مركبات ناعمة جداً تدخل في صناعات الدهان ، كما في مادة التيفلون .

وتجدر الإشارة إلى أن أساليب تحسين الخصائص للمواد البوليمرية بأنواعها المختلفة متعددة جداً ، ويصعب حصرها في هذه السطور ، وقد يتم خلط أنواع مختلفة من المواد للحصول على خصائص مركبة

من مجموع خصائص هذه المواد ، أو يتم إضافة مادة مطاطية إلى مادة بلاستيكية لإكسابها صلادة فائقة أو غيرها ، علماً بأن تحسين بعض الخصائص عادة ما يكون على حساب خصائص أخرى ، وهنا يكون دور البحوث والتطوير في الوصول إلى صيغة مثالية غاية في الأهمية.

البوليمرات المعدلة

يقصد بالبوليمرات المعدلة هنا المواد البوليمرية المقواة بالألياف الزجاجية أو الكربونية أو غيرها ، وذلك بغرض إكسابها خصائص ميكانيكية وصلادة متميزة ، بالإضافة إلى خفة في الوزن دون المساس بخصائصها الكيميائية. وقد لاقت هذه المواد رواجاً كبيراً في صناعات الأنابيب، وخزانات المياه ، وكذلك في بعض التطبيقات العسكرية لأغلفة الصواريخ الباليستية ومجسمات طائرات الهيلوكوبتر . وتستعمل عادة الألياف بشكل خيوط مستمرة ، أو شعيرات ، أو كريات صغيرة تمزج مع المواد الخام بأساليب متعددة .

الخزف

يقصد بالخزف المواد السيراميكية ، وقد أشتقت كلمة سيراميك من كلمة كيراموس اليونانية ، والتي تعني مواد صنع الأواني ، وقد أستعمل السيراميك من قبل المصريين واليونانيين والرومان في العصور القديمة لصناعة الحلى واللوحات الكتابية ، وتم تأسيس أول مصنع للبورسلان الإنجليزي (Wedge wood) في إنجلترا عام ١٧٠٤م . وتنقسم المواد الخزفية إلى ثلاث مجموعات ، هي كالتالي :

- مواد ترابية (ذات مسامات) منها مواد للبناء مثل القرميد وأحواض الزهور .
- مواد ملينة (غير نفوذة) ، منها قطع غير شفافة مثل مواد البناء والمواد المنزلية ، وقطع شفافة ، ومنها كذلك مواد للبناء مثل البورسلان الكهربائي ومواد منزلية .
- مواد ذات مقاومة عالية للحرارة والكهرباء وتستخدم كعوازل للكهرباء أو في أفران صهر الفلزات وسبائكها .

● مواد صناعة الخزف

تعتمد صناعة الخزف على مواد أساسية ومواد إضافية لتحسين خصائصه ، وكلما زادت لزوجة هذه المواد ساعدت على التشكيل اليدوي ، ومن تلك المواد ما يلي :-

* **التون (الغضار)** : وتتشكل خاماته إما جيولوجياً مثل مجموعة الكاولينيت (سيليكات الألمنيوم) ، ومجموعة مونتمو ريلونيت (سيليكات الألمنيوم والمغنيسيوم) ومجموعة الجليمر (سيليكات الألمنيوم والبوتاسيوم) ، وإما كيميائياً ، مثل الكاؤولينيت والديكيت وبايدليت وبيروفيليت ، وتحضر بطريقة نول (Nool) ، ومثال ذلك ما يحضر بطريقة **آرون وسيجر** وبطريقة **كلاونروماتيكا** وطريقة **كيبلر** .
* **الرمل (أحجار الرمل ، كوارتز ، كوارتزيت)** : وتؤدي إضافته إلى الخزف إلى تحسين المقاومة الكيميائية ، وتحمل درجات الحرارة العالية (حتى ١٧٢٣م) ، وتقليص المسامية لمنع رشح السوائل وخاصة الماء .
* **إضافات أخرى** : وتؤدي إلى تحسين الخصائص المختلفة للخزف ، مثل سيليكات الزركونيوم والتي تستخدم في طلاء الخزف ، وكربيد السيلينيوم ، ويؤدي إلى تحسين مقاومة الخزف للحرارة العالية ، ومركبات التيتانيوم وتستخدم في تصنيع الخزف ذو العزل الكهربائي المرتفع .

● مراحل تصنيع الخزف

يتم تصنيع المنتجات الخزفيه عبر مراحل تصنيعية علي النحو التالي :-

* **تحضير المواد الأولية ثم العجينة :** وتشمل عملية التكسير بإستخدام مكسرات فكية أو مخروطية للمواد القاسية ، مثل الكوارتز ، أو مكسرات جرانيتية ، أو نابذة للمواد اللينة ، بحيث تصل نعومة المواد إلى ٧مم ، ويعقب ذلك الطحن والتجفيف بالهواء. كما تشمل هذه المرحلة الغربلة بإستخدام مناخل مختلفة للوصول إلى درجة نعومة فائقة، كما يتم في هذه المرحلة مزج المواد الأولية بنسب مختلفة ، ومن ثم يضاف الماء والمواد المحرضة ، وهناك المزج الجاف ، أو نصف الجاف .
* **تحضير الهياكل :** ويتم في هذه المرحلة مزج العجينة في ثلاث حالات وهي عجينة قليلة الرطوبة تصنع بإستخدام المكابس الضاغطة الآلية ، وعجينة لزجة ويتم قولبتها على طاولة صغيرة دوارة باليد أو بإستخدام قوالب ومكابس خاصة في حالة الأنابيب ، وعجينة سائلة وتقولب بالصب وذلك مثل الصفائح السيراميكة .
* **التجفيف :** ويتم ذلك عبر ثلاث مراحل ، وهي إزالة الماء الموجود في المسامات لتحقيق فقد للماء يصل إلى (٦٪) ، وتستغرق هذه المرحلة ١٢ ساعة ، و من ثم متابعة إزالة الماء لتحقيق فقد للماء يوازي (٢٢٪) ، وتستغرق ٦٠ ساعة ، وإزالة الماء كلياً ، وتشكل المسام نهائياً ، وتنتهي بمرور ٥ أيام من التجفيف .
* **الحرق :** وتؤدي إلى التجفيف الكامل حتى تتحول المركبات إلى أجسام صلبة تقاوم الماء والمواد ، وتختلف درجة حرارة الحرق بإختلاف المادة السيراميكة ، ويتم ذلك بإستخدام أفران اللهب المباشر أو غير المباشر ، ولا يطرأ بعد الحرق أى تغير على عدد المسامات .

● أنواع الخزف

هناك ثلاثة أنواع من الخزف ، وهي :-

* **القرميد :** ويستخدم في البناء ويتميز بمقاومة الرشح والعوامل الجوية وتحمل الضغط .
* **البورسلان :** ومنه النوع القاسي ، ويتميز بكثافة عالية وشفافية ومقاومة للكهرباء ، ويعد أقسى من الفولاذ . وتستخدم بعض المواد المُحَسنة في تصنيعه ، مثل أكسيد المغنيسيوم فَيحول البورسلان إلى مادة شفافة ، وأكسيد الألمنيوم الذي يزيد من الناقلية الحرارية ، كما تستخدم بعض المواد الأخرى في تلوين البورسلان حسب ما هو موضح في الجدول (١) . وكذلك هناك البورسلان اللين ويختلف عن القاسي بإحتوائه على نسب منخفضة من ثنائي أكسيد السيكيلون ونسبة عالية من الفلدسبار ،

أكسيد	اللون الناتج
الكوبالت	الأزرق
النحاس	الأزرق المخضر
الكروم	الأخضر
المنجنيز	البني
الحديد	البني ، الأحمر ،الأصفر
اليورانيوم	الأسود

● جدول (١) مواد تلوين البورسلان .

ويختلف كذلك في طرق تشكله وحرقه، ويتوازى مع القاسي في المقاومة الكيميائية والحرارية، ومن أهم أنواعه بورسلان العظام، والبورسلان الصيني، والياباني، وبورسلان سيجر.

* **الأحجار النارية:** وهي من نواتج الخزف ذات الحبيبات الكبيرة، وتتحمل درجة حرارة حتى ١٨٠٠م، وتستخدم في صناعات صهر المعادن وسبائكها والزجاج وتحضير الإسمنت، وهناك الأحجار النارية الطبيعية التي تصنع نتيجة المعالجة الميكانيكية للأحجار الطبيعية مثل حجر الرمل، وتحضر على شكل صفائح لتغليف أفران حرق الكلس والأسمنت من الداخل. وهناك الأحجار النارية الصناعية، مثل حجر السيليكا الذي يستخدم في تبطين أفران الحرق العامة لأنها تتحمل الحرارة العالية (١٦٠٠-١٨٠٠م)، وكذلك حجر الشاموت الذي يستخدم في تغليف الأفران العالية من الداخل، وفي مسخنات الهواء وسدادات فوهات بوتقات صهر الفلزات، وفي افران مصانع الأسمنت والكلس والزجاج. ومنها أيضاً الأحجار النارية القلوية المصنعة من أكسيد المغنيسيوم والدولوميت (كربونات المغنيسيوم والكلسيوم)، والأحجار النارية المعتدلة مثل أحجار الكروميت والزركونيوم والكروميت المغنيسية، وكذلك الأحجار النارية الكربونية، مثل أحجار الغرافيت، وتستخدم جميع هذه الأحجار في صناعات تتطلب درجات حرارة عالية ومقاومة ميكانيكية.

الزجاج

تشير الدلائل بأن قدماء المصريين استخدموا الزجاج منذ ١٦٠٠ سنة قبل الميلاد، حيث كانت صناعته مرتبطة بصناعة المعادن، كما إستخدمه الفينيقيون والرومان، وفي القرون الوسطى تم تصنيع أشكال ملونة ومختلفة من الزجاج، نتيجة للتحسين الذي طرأ على أفران صهر فقد ظهرت صناعات جديدة للزجاج، وذلك في مطلع القرن الثامن عشر والتاسع عشر، وفي أوائل القرن العشرين تمت ميكنة صناعة الزجاج بأشكال مختلفة.

ويطلق إسم الزجاج على المواد الشفافة عديمة الشكل، والتي تتشابه في تركيبها مع السوائل، وتعادل صلابتها صلابة الأجسام الصلبة في درجة الحرارة العادية، ويطلق إسم فيتروئيد (Vitroide) على المواد الزجاجية.

● مكونات الزجاج

يتكون الزجاج كيميائياً من مجموعة من السيليكات المعدنية المؤلفة من الأكاسيد المعدنية، والتي يمكن تصنيفها إلى أربع مجموعات رئيسة، هي:

١- مجموعة الأكاسيد الحامضية، مثل أكسيد السيليكون (SiO_2) وتشكل الشبكة الزجاجية.

٢- مجموعة الأكاسيد القلوية، مثل أكسيد الصوديوم (Na_2O) وتساعد على تخفيض درجة حرارة الصهر.

٣- مجموعة الأكاسيد القلوية الترابية، مثل أكسيد الكالسيوم (CaO) وتساهم في التصلب المبكر، إضافة إلى تحسين عامل المتانة وتثبيت الزجاج.

٤- مجموعة المواد الإضافية التي تحسن نوعية الزجاج، مثل أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3).

● خواص الزجاج

يمتلك الزجاج عدة خواص تميزه عن بقية المواد، وهي كالتالي:-

* **الكثافة والتمدد الحراري:** حيث تتغير الكثافة بتغيير المكونات - تتراوح ما بين ٣ الى ١٢,٢ جرام/سم٣ - للزجاج الصلب وعند تسخينه يتمدد قليلاً، وتنقص كثافته، ولا سيما عند الوصول لدرجة الليونة. أما التمدد الحراري فيرتبط بمكونات الزجاج الأساسية، فالأكاسيد القلوية ترفع من قيمة التمدد الحراري، ويؤدي كل من أكسيد البور (B_2O_3) والكلس وأكسيد التيتانيوم إلى تخفيض التمدد الحراري.

* **الحرارة النوعية والناقلية الحرارية:** وتختلف بإختلاف التركيب الكيميائي للزجاج وتتراوح ما بين ٠,٦ إلى ٠,٢٩ كلفن/سم، وتزداد بإزدياد الحرارة. وتؤدي الأكاسيد الثقيلة إلى إنخفاض الحرارة النوعية، كما تؤدي الأكاسيد القلوية إلى إرتفاعها. أما الناقلية الحرارية فتنخفض في درجات الحرارة العادية، وتختلف بإختلاف التركيب الكيميائي، وتتراوح ما بين ٠,٠٧ إلى ١,٢ كيلو حريرة/متر.ساعة. درجة مئوية.

* **الخصائص الميكانيكية:** حيث يعد الزجاج جسم هش سريع التحطم، ولا يغير شكله عند الضغط أو الصدمة كالفلزات، ويتميز بالمتانة عند السحب والضغط، وتتراوح عند السحب بين ٥ الى ١٤ كجم/مم٢، وتتأثر بالسطح الخارجي، مثل وجود فقاعات أو إنقطاعات. وتتراوح المتانة عند الضغط مابين ٦٠ الى ١٢٠ كجم/مم٢ وتصل إلى ٢٣٠ كجم/مم٢ في زجاج الكوارتز، وتتأثر بالتركيب الكيميائي، وتزداد في وجود أكاسيد الكالسيوم والرصاص والمغنيسيوم والألمنيوم. كما تتراوح قساوة الزجاج ما بين ٥ الى ٧ وفق جدول «موس».

* **الخصائص الضوئية والكهربائية:** حيث يتميز الزجاج بشدة نثره وبعثرته للضوء، ويعود ذلك إلى بنيته الفراغية (البنية الشبكية)، ويمتاز الصلب والجاف منه بعزله الجيد. وتقل مقاومته الكهربائية عند تغطية سطحه ببخار الماء، ولا سيما في الزجاج القلوي، الذي يمكن أن ينقل التيار الكهربائي.

أما الناقلية الكهربائية فتزداد عند رفع درجة الحرارة، حيث تصل عند درجات الحرارة العالية إلى ٨ أوم. سم، ويؤدي وجود شوارد الصوديوم على سطح الزجاج إلى النقل الكهربائي، لذا تزداد الناقلية الكهربائية له بإزدياد نسبة أكسيد الصوديوم فيه.

* **الخصائص الكيميائية:** حيث يقاوم الزجاج بشكل عام المحاليل الكيميائية عدا حامض فلور الماء والمُصَهرات القلوية التي تذيبه بسهوله. ويؤثر الماءَ على الزجاج بعد تعرضه لفترة طويلة، وخاصة في أنواع الزجاج التي يحوي كمية كبيرة من أكسيدي الصوديوم والكالسيوم، بينما لا تتأثر الأنواع التي تحوي أكسيدي البور والسيليسيوم، وكذلك زجاج الكوارتز. كما يزداد تأثر الزجاج بالأحماض عند إرتفاع درجة الحرارة، كما توثر القلويات في الزجاج عند درجات الحرارة العالية، ويمكن ربط الثبات الكيميائي للزجاج بشكل عام بكمية أكسيد السيليكون الذي يزيد الثبات الكيميائي بعكس القلويات التي تقلله.

* **خاصية الليونة:** وهي درجة الحرارة

التي يبدأ عندها الهيكل الزجاجي يتحطم، أو يتغير شكله، وتتراوح ما بين ٦٠٠الى٩٠٠م، وتصل إلى ١٥٥٠م لزجاج الكوارتز. وترتبط درجة الليونة بالتركيب الكيميائي، وتنقسم المواد الأولية إلى قسمين:

(أ) مواد رافعه لدرجة الليونة، مثل الألومينا وأكسيد السيليكون ($Al_2O_3 . SiO_2$).

(ب) مواد خافضة لدرجة الليونة، مثل (Na_2O , K_2O, Li_2O).

● التركيب الكيميائي

يلعب التركيب الكيميائي للزجاج دوراً مهماً في تحسين خصائصه، وعليه سيتم إستعراض بعض مكونات الزجاج الأساسية والثانوية، وتأثيرها على خصائصه المختلفة، وهي كالتالي:

* **المواد الأساسية:** وتشمل ما يلي:-

- **الأكاسيد الحامضية**، وهي:-

١- الرمل (أكسيد السيليكون) (SiO_2): ويعد المادة الأساسية في صناعة الزجاج، ويستخدم على شكل رمل، ويدخل رمل الكوارتز بنسبة ٢٪ لتحضير زجاج الكوارتز فقط، ويشترط بأن يحوي الرمل المستخدم على نسبة عالية من أكسيد السيليكون، وأن لا يحتوي على شوائب، ولا سيما الملونة، مثل مركبات الحديد. كما تحدد نسبة ثاني أكسيد السيليكون نوعية الزجاج المنتج، وذلك حسب الجدول (٢). ويؤدي إزدياد نسبة ثاني أكسيد السيليكون إلى إرتفاع درجة الحرارة اللازمة لصهر الزجاج، وكذلك زيادة لزوجته، ومقاومته الكيميائية، وتناقص في معامل التمدد الطولي، كما يؤدي نقصانه إلى إزدياد قابليته للكسر، أو نقصان المقاومة الميكانيكية.

٢- حامض البوريك (H_3BO_3) والبوراكس: يستخدم حامض البور أو البوراكس بنوعيه الصناعي (Na_2B_4O) و الطبيعي (راسوريت أو باندرميت) في صناعة الزجاج، ويؤدي إلى تحسين درجة الصهر ودرجة الصب والليونة (يستخدم في صناعة الألياف الزجاجية) والمقاومة الحرارية، والتوتر السطحي، والمقاومة الكيميائية. لذلك تستخدم مركبات البور في صناعة الأدوات المخبرية والمنتجات التي تتحمل الحرارة نتيجة إنخفاض معامل التمدد الحراري.

الدرجة	نوعية الزجاج المصنع	المكونات (٪)			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO MgO
الأولى	شفاف، أبيض، كريستال، عدسات، مرايا	٩٩,٦	٠,٥	٠,٠٢	٠,١
الثانية	الأواني، القوارير، ألواح تجارية، الأبيض الإقتصادي	٩٨,٥	٠,٥	,٠٣٥	٠,٢
الثالث	المسلح، نصف الأبيض	٩٨,٥	٠,٥	٠,٠٦	٠,٥
الرابعة	الملون	٩٣	٠,٥	٠,٣	٠,٥

● جدول (٢) أنواع مختلفة من الزجاج ونسب المكونات الداخلة في تصنيعه.

٣- حامض الفوسفور ومركبات الفوسفات: يستخدم حامض الفوسفور أو مركباته، مثل (فوسفات الباريوم أو فوسفات الصوديوم) بكميات قليلة في صناعة الزجاج المقاوم لحامض الفلور (خاص بالأبحاث الذرية)، وكذلك في صناعة الأجهزة الضوئية لأنه يحقق درجة متوسطة لتشتت الضوء، كما يستخدم لصنع الأجهزة الزجاجية التي تسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية، أولصنع الزجاج الحليبي (غير الشفاف) بغية حجب الرؤية، ولكن لا يبدي هذا النوع من الزجاج مقاومة كيميائية، وكذلك لا يستخدم في الأدوات المخبرية.

- **الأكاسيد القلوية والقلوية الترابية**، ومنها:-

١- كربونات الصوديوم وكبريتاته ونتراته: وتستخدم كمصادر لأكسيد الصوديوم الذي يدخل في صناعة الزجاج، ويؤدي إلى انخفاض درجة الإنصهار (مادة صاهرة)، ويساعد في تشكيل الزجاج.

٢- كربونات البوتاسيوم ونتراته: وتستخدم لتأمين الجو المؤكسد في صناعة الزجاج، وذلك بتوفير مصدر لأكسيد البوتاسيوم، ويؤدي إلى تحسين لزوجة الزجاج، وبريقه، وقدرته على النقل الكهربائي (الكريستال المستخدم لاغراض الزينة).

٣- مركبات الليثيوم: وتستخدم كبديل لأكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم في صناعة الزجاج، ويؤدي إلى تحسين صهر الزجاج، حيث يقلل من درجة اللزوجة، ويزيد من القدرة على النقل الكهربائي.

٤- الكلس والدولوميت: يؤدي إستخدام الكلس إلى تصلب الزجاج، ويجب أن يكون خالياً من الشوائب التي قد تؤثر على خصائص الزجاج. ويستخدم الدولوميت كمصدر لأكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنيسيوم، والذي يسهل من تشكيل الزجاج في القوالب.

٥- كربونات الباريوم الصناعية: وتستخدم كمصدر لأكسيد الباريوم، وتؤدي إلى تحسين خاصية إنكسار الضوء في الزجاج، وبريقه، وسهولة صهره وتصنيعه، وزيادة وزنه النوعي. كما يستخدم للتخلص من الفقاعات الغازية فيه.

٦- أكسيد الألمنيوم: ويستخدم بأشكاله المختلفة، مثل النقي، والفلدشبات، والكاؤولين، والتراخيت، ويؤدي إلى زيادة اللزوجة والمقاومة الكيميائية والميكانيكية، مثل زيادة تحمل الضغط لقوارير المياه المعدنية.

* **المواد الثانوية:** وتستخدم لتحسين نوعية الزجاج، أو لتحضير زجاج وفق مواصفات معينة كالمقاومة الكيميائية، والحرارية، واللزوجة، واللون، وسرعة الإنصهار. ومن أهم المواد الإضافية: كلوريد الصوديوم، وأكسيد الخارصين، ومركبات الكروم (اللون الأخضر)، ومركبات الكوبالت (اللون الأرزق)، وأكسيد الرصاص لتحسين معامل (قرينة) الإنكسار.

* **كسارة الزجاج:** وتستخدم لتحسين الإنصهار والتجانس، وذلك عندما تضاف قبل التغذية، ولتخفيض تكلفة الإنتاج.

كتب صدرت حديثا

علوم تلوث البيئة

ألف هذا الكتاب **الاستاذ الدكتور حسن بن محمد السويدان**، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، وصدرت الطبعة الأولى منه عام ١٩٩٧م عن دار الخريجي للنشر والتوزيع.

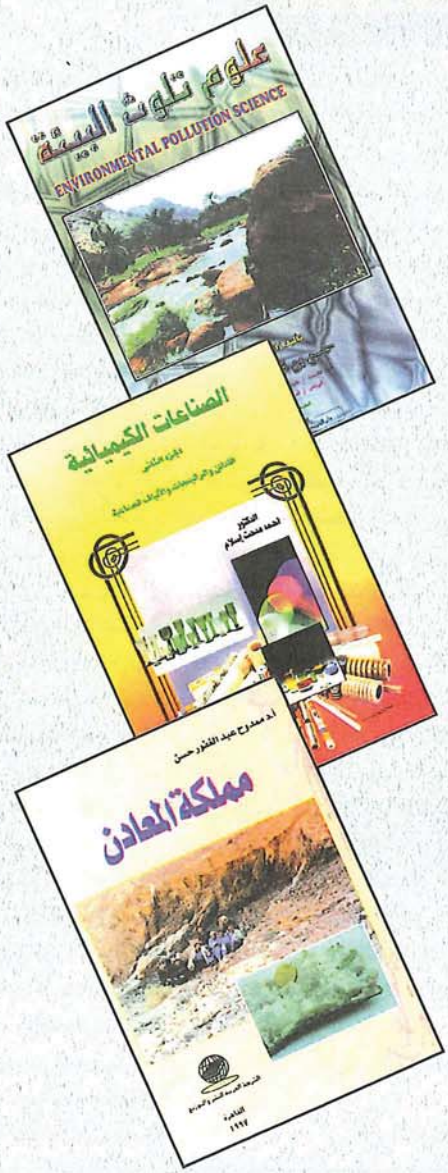
يقع الكتاب في ٢٧٠ صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى مقدمة، وثمانية فصول، وثبت المراجع العربية والأجنبية.

جاءت فصول الكتاب الثمانية مرتبة على النحو التالي: الغلاف الهوائي، الغلاف المائي، والغلاف الأرضي، الملوثات الطبيعية، والملوثات الضوضائية، والتلوث بالمبيدات، المخلفات الصلبة والسائلة، وملوثات المواد المشعة.

الصناعات الكيميائية الجزء الثاني اللدائن والراتينجات والألياف الصناعية

صدر هذا الكتاب عام ١٩٩٧م عن دار الفكر العربي، القاهرة، جمهورية مصر العربية، وقام بتأليفه **الاستاذ الدكتور أحمد مدحت** سلام قسم الكيمياء كلية العلوم، جامعة الأزهر.

جاء الكتاب في ١٣٥ صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى تقديم، ومقدمة، وخمسة فصول مرتبة على النحو التالي: أنواع اللدائن وطرق تكوينها، ولدائن من أصل طبيعي، واللدائن المخلقة، وإتجاهات جديدة في صناعة اللدائن والراتينجات، وطرق تشكيل اللدائن.



إشتملت فصول الكتاب على العديد من الموضوعات الهامة منها أنواع اللدائن، وطرق تكوين اللدائن، والمواد المضافة للدائن والبوليمرات، والسيليلوز وخيوطة، ولدائن الكيزين، ولدائن مختلفة البلمرة، ولدائن مخلقة بالتكثيف، وأنواع البوليمرات، وخمس طرق لتشكيل اللدائن .. وغيرها.

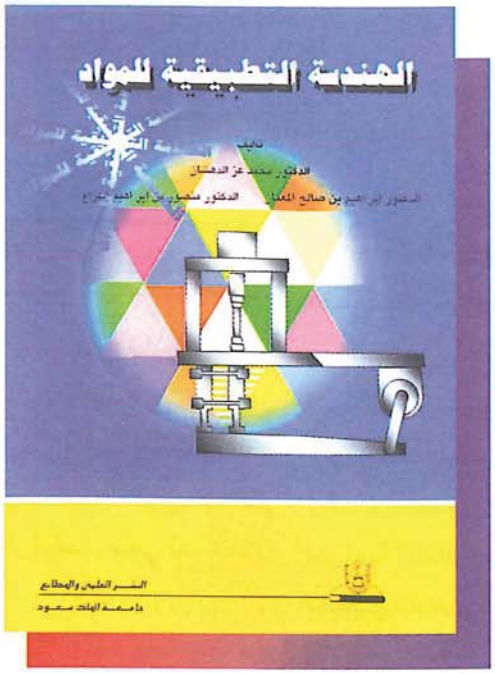
مملكة المعادن

ألف هذا الكتاب **الأستاذ الدكتور ممدوح عبد الغفور حسن** وقامت بنشره الشركة العربية للنشر والتوزيع عام١٩٩٧م،القاهرة، جمهورية مصر العربية.

يقع الكتاب في ٢٦٥ صفحة من الحجم المتوسط، قسمها المؤلف إلى كلمة الناشر، ومقدمة، وثلاثة عشر فصلاً، وخاتمة، وثبت المراجع العربية والأجنبية.

رتب المؤلف فصول الكتاب من الأول إلى الثالث عشر كما يلي، المعادن وخصائصها، والمعادن في خدمة الانسان، والمعادن النفيسة، ومعادن الحديد، ومعادن الفلزات الحديدية، والألمنيوم، ومعادن النحاس والرصاص والزنك، ومعادن الوقود النووي، ومعادن فلزات نزرة وغير تقليدية، والمعادن العنصرية اللافلزية، ومعادن منفصلة، والمتبخرات، والفوسفات والرمال السوداء.

الهندسة التطبيقية للمواد



عرض د. محمد حسين سعد

صدرت الطبعة الأولى من كتاب " الهندسة التطبيقية للمواد" عام ١٤١٨هـ / ١٩٩٨م عن النشر العلمي والمطابع بجامعة الملك سعود، وقام بتأليفه كل من الدكتور محمد عز الدهشان، والدكتور إبراهيم بن صالح المعتاز، والدكتور منصور بن إبراهيم الهزاع، قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود بالرياض.

جاء الكتاب في إحدى وثمانين وثلاثمائة صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى أربعة فصول، وملحقين، وقائمة بالمراجع الأجنبية، وثبت للمصطلحات، وكشاف للموضوعات.

إستهل المؤلفون الكتاب بمقدمة أشاروا فيها إلى أن المواد تعد إحدى الدعامات أو ربما الدعامة الأساس للنهضة العمرانية والصناعية، ليس في الوطن العربي فحسب، بل في العالم أجمع، ومن هذا المنطلق تعد علوم هندسة المواد البنية الأساسية للتقدم العلمي والتقني الراهن.

جاء **الفصل الأول** بعنوان «إختبار المواد» حيث أوضح المؤلفون في مقدمته الفرق بين اختبار المادة وفحصها، فاختبار المادة يشير غالباً إلى العمليات المختلفة التي تُجرى على مادة ما بهدف جمع بيانات ومعلومات عن خواصها هذه المادة، بينما يُقصد بفحص المادة الكشف عن العيوب أو الخلل الموجود فيها، والتأكد من سلامة المنتج، والحصول على بيانات عن خواص المادة مثل الخواص الميكانيكية، والكيميائية، والكهربائية، والمغناطيسية، والحرارية، والضوئية، وينقسم الفحص والإختبارات إلى نوعين هما إختبارات متلفة وأُخرى غير متلفة.

ثم أشار المؤلفون إلى أن الهدف من طرق إختبار المواد هو الحصول على معلومات عن الخواص الميكانيكية للمواد المختبرة، حيث أن هذه الخاصية تعد العامل الأول والأساس الذي يؤخذ في الإعتبار عند اختبار مادة مناسبة لتطبيق هندسي معين. وعرَّف المؤلفون الخواص الميكانيكية للمادة بأنها رد فعل هذه المادة عند تعرضها أو تعريضها لقوى أو أحمال خارجية.

تطرق المؤلفون بعد ذلك للحديث عن العديد من الخواص الميكانيكية الهامة من حيث تعريفها، وكيفية التعبير عنها، والعلاقة بينهما، وتضم هذه الخواص الإجهاد، والإنفعال، والإنفعال المرن، والانفعال اللدن، ونقطة الخضوع، وإجهاد الصمود، ومقاومة الشد وأنواعها، والإجهاد الحقيقي، والانفعال الحقيقي، والأشكال المختلفة لمنحنيات الإجهاد ـ الانفعال، والمطيلية (Elongation)، والانضغاط والصلابة، والصلادة، والزحف، وإنهيار الكلال.

تناول المؤلفون بعد ذلك الإختبارات الميكانيكية موضحين أنها تساعد في معرفة مدى ملاءمة هذه المواد للأغراض المصنعة من أجلها، وتقدير خواصها، وبالتالي التعرف على مدى مطابقتها للمواصفات المطلوبة للتصميم سواءً خلال مرحلة الإنتاج أو كمنتج نهائي، ومراجعة مدى مطابقة المواد المستوردة للمواصفات التي وضعت من قبَل المستورد أو المصمم، كما أوضح المؤلفون أهم أنواع الاختبارات التي تجرى على المواد، وصنفوها إلى ستة أنواع هي اختبارات وتيرية، وإستكشافية، ومتلفة، وغير متلفة، والإثبات والتفتيش (التحري).

إختتم المؤلفون الفصل الأول بالحديث عن الإختبارات الميكانيكية المعملية، وأفردوا لها أكثر من ٧٥ صفحة تمثل حوالى ٧٣٪ من عدد صفحات هذا الفصل. وقسموها إلى سبعة أنواع من الاختبارات هي: الشد، والانضغاط، والصلادة، والصدمات، والانحناء، والكلال، والزحف. وقد تناول المؤلفون تلك الاختبارات من حيث تعريفها وأنواعها والهدف من إجرائها، والمعلومات التي يتم الحصول عليها من خلالها، والأجهزة والطرق المستخدمة في قياسها، ونوعية المواد المستخدمة، ومميزات كل إختبار، ومدى الإستفاده منه.

استهل المؤلفون **الفصل الثاني** «فحص المواد» بمقدمة أشاروا فيها إلى أن الهدف من فحص المادة في مراحلها المختلفة ـ الإنتاج، والتصنيع، والتشكيل، والتشغيل، و الصيانة ـ هو التأكد من سلامتها، وخلوها من العيوب، ومطابقاتها للمواصفات، والتعرف عليها وعلى تركيبها، وما قد يكون فيها أو يطرأ عليها من عيوب.

أشار المؤلفون إلى أن مراحل الفحص تبدأ بالتأكد من الأبعاد الخارجية للمادة، ثم تُجرى الإختبارات الأساسية الأخرى التي تشتمل على فحص السطوح، والتركيب، والتكوين الداخلي، وشكل السطح الخارجي للمادة، والتعرف على المادة وعلى أي عيوب فيها.

وذكر المؤلفون أن الفحوص المذكورة أعلاه تتم من خلال إجراء عدة إختبارات تتم بواسطة المجهر الضوئي، والأشعة السينية، والميكروسكوب (المجهر) الإلكتروني، إضافة إلى طرق الفحص غير المتلفة.

تطرق المؤلفون لفحص المواد بالفحص

الضوئي موضحين أنه يمكن من خلاله تحديد حجم الحبيبات وشكلها ، وإتجاهاتها ، وكيفية توزيعها ، والكشف عن طور المادة الفلزية أو الأطوار المختلفة المكونة لسبيكة معينة ، فضلاً عن أنه يمكن من خلاله التعرف على إحتواء المادة على أي شوائب أو متضمنات أخرى ، وكذلك التعرف على نوع المعالجة الحرارية التي مرت بها المادة ، ونوع مادة الإنهيار سواءً كان ناتجاً عن عيوب في المادة نفسها أو في ظروف العمل أو الجو المحيط بها .

ناقش المؤلفون نوعي الفحص الضوئي - الماكروسكوبي (Macroscopic) والميكروسكوبي (Microscopic) - من حيث مميزات كل منهما ، والغرض من إستخدامهما ، وكيفية عمل كل منهما ، ثم تطرقوا إلى عدة موضوعات هامة من خلال الحديث عن الفحص الميكروسكوبي منها تحضير العينات ، والميكروسكوب الضوئي ، والفحص الميكروسكوبي بالضوء المستقطب ، وقياس الحجم الحبيبي ، والتصوير المجهري .

إنتقل المؤلفون للحديث عن كيفية فحص المواد بواسطة الأشعة السينية موضحين أن تلك الأشعة تم إكتشافها عام ١٨٩٥م على يد العالم الألماني رونتجين ، ثم تناولوا عدة موضوعات هامة تتعلق بتلك الأشعة من حيث استخداماتها ، وكيفية توليدها ، وحيودها ، إتجاه حيودها ، وطرق قياس إنعكاساتها ، وكيفية تحضير وتجهيز عينات المواد لفحصها بالأشعة السينية ، والإحتياطات الأمنية في العمل عند التعامل مع تلك الأشعة .

تلى ذلك تطرق المؤلفون إلى الميكروسكوب الإلكتروني من حيث تركيبه ، وطرق عمله ، وقوة تكبيره (٥٠٠,٠٠٠ مرة) ، والإختلافات الأساس بينه وبين الميكروسكوب الضوئي ، ثم ناقش المؤلفون أنواع الميكروسكوبات الإلكترونية الثلاثة من حيث الإستخدام وطريقة العمل .

إختتم المؤلفون الفصل الثاني بالحديث عن الإختبارات غير المتلفة موضحين أنها الإختبارات التي تجرى على المواد دون أن يحدث فيها أي تأثير ضار ، ولاتُغير في أبعادها أو مواصفاتها أو تركيبها . ثم تطرق المؤلفون بعد ذلك إلى الهدف من هذه الإختبارات ، ومميزاتها ، وأنواعها التي تشتمل على الإختبارات فوق السمعية ، والتصوير بالأشعة الرادورسكوبية ، وصور الأشعة السينية ، والتصوير بأشعة جاما ، والتصوير بالنيوترونات ، والإختبار بالتيارات الدوامية ، والإختبارات المغناطيسية ، وإختبار تخلل الصبغات.

بدأ المؤلفون **الفصل الثالث** «إختبار المواد» بمقدمة أشاروا فيها أنه على الرغم من توافر البيانات وكثرة المصادر عن المادة أو المواد إلا أن عملية الاختبار ليست أمراً سهلاً أويسيراً وذلك لتداخل العديد من الخواص عند الاختبار ، وكذلك لاختلاف ظروف التشغيل التي تحتاج إلى النظر في العديد من المواصفات المختلفة ، وأضافوا أنه يصعب إختبار مادة ما لغرض معين بناءً على خاصية واحدة فقط ، أو تبعاً لمطلب واحد في المواصفات ، حيث تتداخل العوامل المختلفة من مقاومة ميكانيكية ، ومقاومة تآكل وخواص حرارية ، وكهربائية وغيرها .

أشار المؤلفون إلى أن هذا الفصل يحمل بين طياته الاعتبارات المختلفة التي يجب النظر إليها وأخذها في الحسبان عند إتخاذ القرار في إختبار المادة لتطبيق معين ، وأن الخطأ في اتخاذ القرار الصحيح عند اختبار المادة المناسبة يمكن أن يسبب الكثير من المشكلات كما حدث في المفاعل النووي السوفيتي تشيرنوبل ، وإنفجاره نتيجة القرار الخاطئ في إختيار المادة المغلفة للوقود في المفاعل .

انتقل المؤلفون بعد ذلك للحديث عن أسلوب اختيار المادة المناسبة موضحين أن هناك العديد من الطرق المختلفة التي تستخدم في اختيارها ، وذلك من خلال عدة خطوات هي تحليل المشكلة إلى عناصرها الأولية ، وتقديم الحلول المختلفة المقترحة ، واتخاذ القرار على ضوء ذلك .

تلى ذلك تطرق المؤلفون إلى العوامل التي تتحكم في اختيار المادة المناسبة للجهاز أو المنشأة ، وأوجزوها في ستة عوامل هي ظروف العمل ، وقابلية التشكيل والتصنيع ، وتوافر المادة ، والتصميم ، وخواص معينة(مثل الكثافة ونقطة الإنصهار ، ومعامل التمدد الحراري ... وغيرها) ، والتكلفة (العوامل الاقتصادية) .

إختتم المؤلفون الفصل الثالث بتقديم أربع حالات - لكيفية إختيار المادة المناسبة لتطبيقات مختلفة - هي إختيار مادة الجسم الخارجي للتلفزيون ، وإختيار مادة عازلة ، وإختيار مادة للموصلات الكهربائية ، واختيار قضيب ربط .

بدأ **الفصل الرابع** «إخفاق المواد وفشلها» بمقدمة أشار فيها المؤلفون إلى أن إخفاق المادة أو فشل جزء منها يعني أن هذه المادة أو هذا الجزء لايقوم بعمله الذي استخدم من أجله بالكفاءة المطلوبه منه ، وينتج هذا الاخفاق إما عن الكسر أو التشوه الزائد في شكل هذا الجزء وأبعاده ، أو تدني كفاءته المصاحبة للتغير في الخواص المختلفة للمادة المرتبطة بالتغيرات الداخلية في بنيتها. وقد دلل المؤلفون على مدى الأخطار والأضرار المصاحبة لفشل المواد من خلال حادثتي عام ١٩٨٦م وهما إنفجارالصاروخ تشالنجر الحامل لمركبة الفضاء الأمريكية ، وإنفجار المفاعل النووي في تشيرنوبل بمقاطعة كييف بالاتحاد السوفيتي السابق .

تطرق المؤلفون بعد ذلك لأسباب فشل المواد موضحين أن فشل المادة وإنهيارها يرجع إلى أربعة أسباب رئيسية هي : خطأ في التصميم ، والاختيار الخاطئ للمادة ، والخطأ الناتج عن عمليات التشكيل والتصنيع ، وتدني كفاءة المادة خلال فترة الاستخدام والعمل .

إنتقل المؤلفون بعد ذلك إلى الحديث عن آلية الفشل وأشارو أن تحديدها يتطلب التعرف على الملامح الأساسية المصاحبة للفشل سواء بالفحص الماكروسكوبي أو الميكروسكوبي ، وحددوا عشر آليات لفشل المواد ، وأنه في أحيان كثيرة يمكن أن يكون هناك أكثر من آلية في نفس الوقت ، أو أن يبدأ الفشل بآلية محددة ثم تتغير هذه الآلية إلى نوع آخر ، وعلى هذا فإن الفشل هو محصلة كل من الإجهاد ، والزمن ، ودرجة الحرارة ، والجو المحيط .

تطرق المؤلفون في هذا الفشل أيضاً إلى تحديد نوع الكسر ، وأنواع الانهيارات ، والخطوات المتبعة في دراسة أسباب الفشل وتحليل الناتج وتتمثل في أربع خطوات هي الملاحظات الأولية ، وتجميع المعلومات والبيانات عن ظروف العمل ، والفحص والاختبار المعملي ، ثم تحديد نوع الإنهيار وأسبابه .

ناقش المؤلفون تأثير الأشعة المؤينة على المواد الفلزية حيث بدأوا بتقسيم الأشعة إلى مجموعتين هماالأشعة الإلكترومغناطيسية (الموجات الإشعاعية، والضوء ، والأشعة السينية ، وأشعة جاما)، والإشعاعات (الإلكترونات سريعة الحركة ، والبروتونات ، ونواة الهيليوم، والنيوترونات) ، وأوضح المؤلفون أن أشعة جاما والنيوترونات تعد أهم الاشعاعات تأثيراً ، إلا أنه في الظروف العادية يعد تأثير الضوء - خاصة الأشعة فوق

البنفسجية ـ هو الأكثر أهمية وتأثيراً وبالذات على المواد البلاستيكية .

انتقل المؤلفون للحديث عن تدني البوليمر مشيرين إلى أن المواد البوليمرية أو السيراميكية لا تتعرض لفشل التآكل الكيميائي إلا إنها تتعرض للتدني عند استعمالها نتيجة أربعة عوامل ، هي : درجات الحرارة المرتفعة ، والمواد الكيميائية المختلفة ، والإجهادات المتكررة أو الثابتة ، والإشعاعات أو التشعع .

اختتم المؤلفون الفصل الرابع بالحديث عن تدني المواد السيراميكية مشيرين إلى أن معظمها ثابتاً كيميائياً في الأجواء العادية ، وأكثر مقاومة للتدني ـ مقارنة بالفلزات ـ ويتجلى ذلك في مقاومتها للتآكل الكيميائي والكهروكيميائي ، كما لا يتأثر معظمها ، أو يتأكل في الأوساط المائية ، إضافة إلى أن الكربيدات والبوريدات والنيتريدات ذات مقاومة ممتازة للأكسدة عند درجات الحرارة العالية (١٦٠٠م°) .

أشار المؤلفون إلى أنه على الرغم من مميزات المواد السيراميكية ـ المذكورة أعلاه ـ إلا أن بعضها يظهرتدنياً عند استعماله ، مثل : ذوبان الزجاج المصنوع من السيليكا والصودا في الماء ، وتأثر الخرسانة (عديدة الأوجه السيراميكية) بعوامل التعرية ، ومعاناة بعض الأحجار الطبيعية المستخدمة في أغراض البناء من التآكل والتفاعل الكيميائي ، وذوبان بعض المواد السيراميكية ببطء تحت تأثير درجات الحرارة العالية في الأملاح والمعادن والفلزات والخبث ، وضعف مقاومتها للصدمات الحرارية ، وقلة مقاومتها للإشعاعات مقارنه بالمواد الفلزية .

والخلاصة أن كتاب «الهندسة التطبيقية للمواد» يعد إضافة جيدة للمكتبة العربية التي تفتقر أو تخلو من نظيره أو شبيهه في هذا المجال . كما يعد هذا الكتاب مرجعاً واضحاً ومفيداً للطلاب في كليات الهندسة والعلوم والتقنية ، فضلاً عن أنه يعد أحد المراجع المفيدة للمهندسين ، والمختصين في علوم المواد. وقد تميز هذا الكتاب بلغة علمية سهلة ركز من خلالها المؤلفون على شرح المعنى الفيزيائي للمصطلحات العلمية ، كما دُعم الكتاب بالعديد من الجداول والأشكال التوضيحية والصور لمساعدة الطلاب والدارسين على فهمه وإستيعابه والاستفادة الكاملة منه .

الجديد فى العلوم والتقنية

الأرض أكثر دفئاً في الليل

لقد ولى عهد الليالي الباردة هذه الايام . هذا ما أظهرته قياسات ٥٤٠٠ محطة أرصاد حول الأرض ، حيث تبين أن نصف القرن الحالي الأخير قد شهد زيادةً في معدل ارتفاع درجة الحرارة أثناء الليل مقارنة بالزيادة أثناء النهار .

وتشير القياسات المذكورة أن الفترة من ١٩٥٠م إلى ١٩٩٣م قد شهدت ارتفاعاً في درجة الحرارة الصغرى بمعدل ٠,١٨٦°م لكل عقد من الزمان بينما كان معدل ارتفاع درجة الحرارة الكبرى ٠,٠٨٨°م لكل عقد من الزمان ، وذلك يعني أن درجات الحرارة أثناء الليل تتجه نحو الدفء بمعدل يفوق ضعف معدل تسخين الأرض أثناء النهار .

ويشير **ديفيد استيرلنج** (David . R . Easterling) من المركز الوطني لمعلومات المناخ في كارولينا الشمالية بالولايات المتحدة الامريكية وزملاؤه من الولايات المتحدة ، انجلترا ، وروسيا ، ونيوزلندا ، واستراليا إلى أن القياسات قد قللت من الفجوة بين درجات الحرارة الصغرى والعظمى ، ويضيف هؤلاء الباحثون أن بعض المناطق مثل جنوب الولايات المتحدة وشرق كندا قد شهدت تدني في درجات الحرارة العظمى أثناء النهار مما أدى إلى مزيد من تقليل الفجوة بين درجات الحرارة القصوى والصغرى في تلك المناطق .

وتؤيد هذه النتائج ما توصل إليه **إستيرلنج** قبل حوالى ست سنوات عند دراسته للمعلومات الصادرة من محطات الأرصاد في الولايات المتحدة والإتحاد السوفييتي السابق والصين ، ومن المؤمل أن تظهر نتائج دراسات اكثر شمولاً مزيداً من المناطق في نصف الكرة الجنوبية مثل أمريكا الجنوبية ، ونيوزلندا ، وإندونيسيا ، واستراليا .

ويشك كثير من الباحثين في أن النمو الحضري حول محطات الأرصاد قد تسبب في زيادة درجات الحرارة الصغرى أثناء الليل حيث أن المدن تكون أدفأ أثناء الليل من الناطق الريفية بسبب أن المباني الخرسانية والأسفلت تختزنان الحرارة أثناء النهار وتشعانها أثناء الليل .

ولمعرفة هذ الأثر قامت مجموعة إستيرلنج باستبعاد ١٣٠٠ محطة قريبة من المدن والإعتماد على نتائج المناطق الريفية حيث أظهرت القياسات أن أثر النمو الحضري لايتجاوز ١٠٪ فقط ، مما يؤكد أن إرتفاع درجات الحرارة أثناء الليل لم يكن بسببه ولكنه تغير حقيقي ومعنوي في الكرة الأرضية بشكل عام .

ولا يجزم علماء الأرصاد الجوية أن ظاهرة البيوت المحمية ـ بسبب التلوث الجوي ـ قد تكون السبب في إرتفاع معدل درجات الحرارة أثناء الليل رغم أن محاكاة بعضها بالحاسب الآلي أشار الى ذلك .

ويذكر ألان **روبوك (Alan Robock)** من جامعة ماريلاند وزملاؤه أن غازات البيوت المحمية ـ بسبب زيادتها لدرجة حرارة الطقس ـ تجعل الغلاف الجوي محملاً ببخار الماء ، مما يمنع جزء من أشعة الشمس من الوصول إلى الأرض ، وعليه فإنها تبطئ من أثر ظاهرة البيوت المحمية في تسخين الأرض أثناء النهار ، ولكنها ليست ذات أثر أثناء الليل . وفضلاً عن ذلك فإن ازدياد السحب من شأنه تخفيض درجة الحرارة نهاراً ورفعها ليلاً ، مما يؤدي إلى ازدياد درجات الحرارة بالليل خاصة أثناء الشتاء ، وبالتالي تخفيف تكلفة التدفئة وتفادي الضرر الناتج من الصقيع على بعض النباتات . ولكن يحذر العاملون في الطقس من الأثر السلبي على النباتات ، حيث أن الدفء أثناء الليل يزيد الحشرات والحشائش الضارة ، كما يقلل من انتاجية بعض النباتات بسبب أنها تحرق طاقة أكثر في الليالي الدافئة ، ويقلل من المساحات المزروعة قمحاً أثناء الشتاء لحاجته إلى الليالي الباردة .

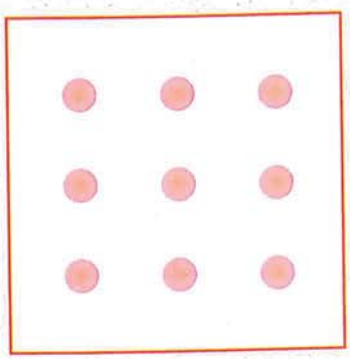
المصدر :

Science News - Vol 152 July 1997 P 38.

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

النقاط التسع



يوضح الشكل التالي احتوائه على تسع نقاط مصفوفة على شكل مربع .

المطلوب : توصيل النقاط التسع مع بعضها بواسطة أربعة خطوط مستقيمة دون رفع القلم من الورقة أو المرور على أي من الخطوط أكثر من مرة .

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **النقاط التسع** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد السادس والأربعين

الشكل ذو الخمسة والعشرون مربعاً

قراءنا الأعزاء :

قد يستغرق حل هذا النوع من الأسئلة وقتاً طويلاً جداً ، خصوصاً عندما تستخدم الطريقة العشوائية التي تعتمد على التجريب ، وقد تمل قبل أن تصل إلى الحل ، ولكن هناك طرق علمية لا يمكن أن تأخذ منك أكثر من ثلاث دقائق ، إلا أنها لا تناسب إلا المربعات المقسمة إلى عدد فردي من المربعات الصغيرة ، مثل ٣×٣ ، أو ٥×٥ ، أو٧×٧ ، وغيرها ، ومنها الطريقة التالية : ـ

١ـ ضع الرقم (١) في المربع الأوسط من الصف الأفقي العلوي ، الشكل (أ) .

		١		
				٣
			٢	

● شكل (أ) .

٢ـ تحرك مربعاً واحداً إلى اليمين ومربعاً واحداً إلى الأعلى ، وحيث أنه لن يوجد مربعاً إلى الأعلى ، لإنك في الصف الأفقى العلوي ، لذا يجب أن تنتقل إلى الصف الأفقي السفلي وتضع الرقم (٢) في المربع الثاني من اليمين ، الشكل (أ) .

		١		
	٥			
٤				
				٣
			٢	

● شكل (ب) .

٣ـ إستمر في الحركة مربعاً واحداً إلى اليمين ، ومربعاً واحداً إلى الأعلى لتضع الرقم (٣) في المربع الأول من اليمين من الصف الأفقي الثاني من الأسفل ، الشكل (أ) .

٤ـ إستمر في الحركة مربعاً إلى اليمين ومربعاً إلى الأعلى ، ولأنه لا يوجد مربع إلى اليمين ، لذا يجب أن تنتقل إلى اليسار وتضع الرقم (٤) في المربع الأول من الصف الأفقي الثالث ، قم بنفس الحركة لتضع الرقم (٥) في المربع الثاني من اليسار من الصف الأفقي الثاني من الأعلى ، الشكل (ب) .

٥ـ ولكي تضع الرقم (٦) تحرك بنفس الطريقة السابقة ، إلا أنك ستجد أن المربع المقصود ـ الأوسط من الصف الأفقي العلوي ـ مشغول بالرقم (١) ، لذا ضعه في المربع الذي يقع مباشرة تحت المربع المشغول بالرقم (٥) ، كما في الشكل (ج) .

		١	٨	
	٥	٧		
٤	٦			
				٣
			٢	

● شكل (ج) .

٦ـ إستمر بنفس الطريقة حتى تصل إلى الرقم (٩) ، حيث ستشير

الحركة إلى خارج المربعات من الأعلى ، وبالتالي يجب الإنتقال إلى الصف الأفقي السفلي ووضع الرقم (٩) في المربع الأيمن منه ، كذلك بالنسبة للرقم (١٠) فإن الحركة ستشير إلى خارج المربعات من اليمين ، وبالتالي يجب الإنتقال إلى اليسار ، ووضع الرقم (١٠) في المربع الأول من اليسار من الصف الثاني من الأسفل ، وعندما تأتي إلى الرقم (١١) فإن الموقع الطبيعي حسب الحركة المعتادة سيكون مشغولاً بالرقم (٦) ، لذا ضعه في المربع الذي يقع مباشرة تحت المربع الذي وضعت فيه الرقم (١٠) ، الشكل (د) .

		١	٨	
	٥	٧		
٤	٦			
١٠				٣
١١			٢	٩

● شكل (د) .

٧- إستمر بنفس الخطوات حتى تملأ جميع المربعات الشكل (هـ) .

وعندما تكتمل المربعات فإن مجموع كل صف سواءً أفقياً ، أو رأسياً ، أو قطرياً سيكون ٦٥ .

١٧	٢٤	١	٨	١٥
٢٣	٥	٧	١٤	١٦
٤	٦	١٣	٢٠	٢٢
١٠	١٢	١٩	٢١	٣
١١	١٨	٢٥	٢	٩

● شكل (هـ) .

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد السادس والأربعين « الشكل ذو الخمسة والعشرون مربعاً »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من : -

١- سلمان علي محمد العليوي - الأحساء

٢- عبد المنعم عبدالله الدهان - القطيف

٣- ماجد أحمد عبده طوهري - جيزان

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

٩- الليزر في الألياف البصرية

إعداد : د. عطية بن علي العامدي

بعد مرور حوالي سنتين من إختراع ليزر الغازات عام ١٩٦٢م، أمكن إختراع ليزر أشباه الموصلات، شكل (١)، ولم يكن من المنظور آنذاك أن يقود هذا الاختراع إلى ولوج عالم جديد من أجهزة الإتصالات التي يمكنها أن ترسل البيانات والمحادثات الهاتفية على شكل نبضات ضوئية - بدلاً من تيارات كهربائية - وبالتالي إنجاز الأعمال بسرعة تصل سرعة الضوء.

وقد تحقق هذا الإنجاز بشكل عملي بإنتشار أنظمة الألياف البصرية التي تستخدم ليزر أشباه الموصلات لتوليد النبضات الضوئية، حيث أن ليزر الغازات لا يستطيع تأدية هذه الوظيفة بكفاءه مناسبة.

يبلغ القطر الخارجي لليف البصري المفرد حوالى ١٢٠ ميكروماتراً (قطر شعرة الإنسان تقريباً)، وهو قد يمتد إلى عشرات الكيلومترات، ويصنع من مادة الكوارتز النقى لخاصيتها الممتازة في الحفاظ على الضوء دون تغيير ولمسافات طويلة قد تصل أكثر من ٢٠٠ كيلومتر، ليتم إستشعاره من الطرف الآخر من الليف البصري، وعليه فإن أنظمة الإتصالات البصرية تعد عملية جداً للإتصالات عبر المحيطات، شكل (٢)، فضلاً عن المسافات القصيره والطويلة داخل القارات.

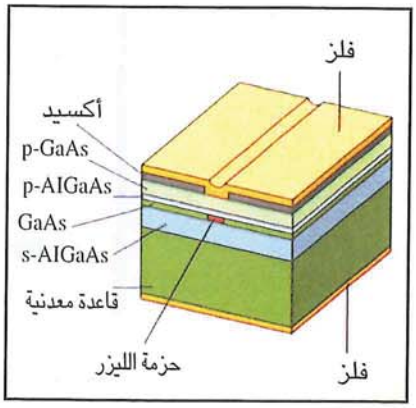
ينتقل الضوء خلال ليف بصري مفرد (Single Mode Fibre)، شكل (٣)، له لب مركزي بمقاس ٧ ميكرومترات. يحقن الليف البصري بتوجيه حزمة ضوئية على أحد طرفي اللب المذكور ليتم حبس الضوء داخل حيز ضيق -٧ميكرومترات- و إلتقاطه من الجانب الآخر من الليف البصري. ولا تتحقق تلك الشروط إلا بإستخدام ليزر في حجم حبة الملح أو أصغر، أي ليزر أشباه الموصلات.

عليه تعد الألياف البصرية أهم تطبيق تقني لاشباه الموصلات والتي سوف تشكل التصنيع الأساس لتقنية المعلومات في السنوات المقبله، و باستخدام التقنية الجديدة يمكن نقل البيانات والصور والصوت بسرعات عالية باستخدام أجهزة الليزر التي تتكون من ثلاثة أجزاء هي الليزر، ومستشعرات الضوء والألياف البصرية.

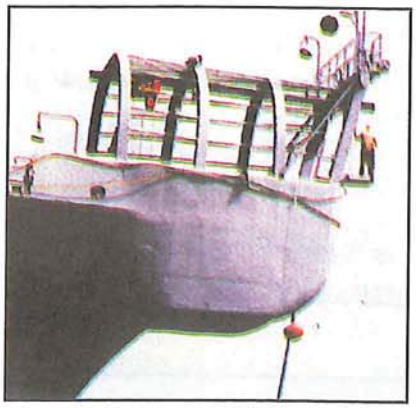
طريقة العمل

للاتصال بين جهتين يلزم وجود ليزر مرسل من مكان الإرسال ومستقبل ضوئي للجهة المستقبله، بالاضافة إلى ليف بصري موصل بين الجهتين.

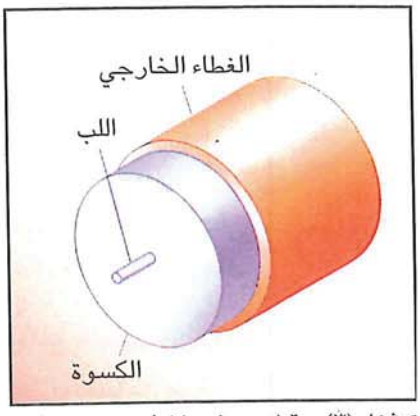
يتم إرسال المعلومات رقمياً على شكل نبضات ليزرية متدفقة



● شكل (١) ليزر أشباه الموصلات الحديث المستخدم في الإتصالات عبر الألياف البصرية.



● شكل (٢) باخرة تستخدم الألياف البصرية للإتصالات عبر المحيطات.



● شكل (٣) مقطع عرضي لليف بصري مفرد حيث يوجّه ضوء الليزر من خلال اللب .

ومولدة بواسطة الليزر ، وتعبر النبضات المذكورة من خلال الليف البصري ليتم قراءتها عن طريق الكاشف الضوئي (المستشعر) في النهاية الأخرى ،يجب أن تتحول البيانات المرسلة إلى رسالة رمزية رقمية (Digital Number) بواسطة إحدى الطرق المتعددة لتحويل الرموز والتي من بينها تفسير كل نبضة ليزرية على أساس (BIT) مفردة من المعلومات الثنائية (Binary 1) ، أما عدم وجود نبضة ليزرية فتمثل إما بعدم وجود ضوء أو وجود ضوء لكن بخلفية ذات مستويات منخفضة تصل المستشعر الضوئي وتفسر على أنها ثنائية صفر (٠) (Binary 0) .

ويمكن تدفق النبضات الضوئية بسرعات عالية جداً ولأماكن بعيدة ، وعليه فهناك مجال كبير لارسال المعلومات كبيرة بواسطة أنظمة الألياف البصرية تفوق ٤٥ مليون نبضة (Bits) لكل ثانية، بل توجد أنظمة يتم اختيارها حالياً تعمل بسرعات عالية تصل إلى أكثر من جيجا بيت (10^9 Bits - Giga bits) ، وهناك محاولات لتطويرأنظمة الأطوال الموجية المتعددة لسرعات تصل ، وذلك عن طريق ازدواج الضوء بأطوال موجيةمختلفة من عدة ليزرات على نفس الليف البصري ، ورغم انتقال هذه الأطوال الموجيه المختلفة مع بعضها إلا أنها لاتتداخل بعضها مع بعض ، ويوجد الآن نموذجاً لشريحة موضوعة في علبة صغيرة جداً تحتوي على ٤٠ ليزراً بأطوال مختلفة .

ومما سبق يمكن إدراك ما وصلت اليه تقنية الألياف البصرية من تقدم مذهل بفضل إستخدام ليزر أشباه الموصلات ، ومن الأمثلة على ذلك دعنا ننظر إلى السرعة التي يمكن بها طباعة كتاب به ٦٠٠ صفحة ،ولكل صفحة ٧٠ سطراً ، ولكل سطر مائة حرف ،سوف يعطينا ٦٠٠x٧٠x١٠٠=٤,٢٠٠,٠٠٠ حرف.

يمكن طباعة هذه الحروف بإستخدام مفاتيح الحاسب الآلى و حفظها رقمياً بواقع ٨ نبضات لكل حرف (8 Bits) في الرموز والشفرات المعتادة (ASC11 Code) ، ولذلك سيكون لدينا :

٨ x ٤٢٠٠٠٠٠ = ٣٣,٦٠٠٠٠٠ بايت (Bits)

يتم تخزينها إلكترونياً كملف في مكان معين من الشبكة لتكون جاهزة للإرسال والإستقبال في أقل من ثانية.

ينجم عن طول المسافة بين المرسل والمستقبل فقدان لبعض الطاقة الضوئية المرسلة بواسطة الألياف البصرية ، وذلك نتيجة للإمتصاص والتشتت . عليه فإن الإشارة الضوئية سوف تصبح خفيفة بالقدر الذي لا يستطيع المستشعر قراءتها ، وللتغلب على هذه المشكلة توجد فواصل في الليف البصري بأبعاد تصل إلى عشرات الكيلومترات ، وعند كل فاصل يوجد مضخم للإشارات الضوئية يسمى المكرر (Repeater)،وهو عبارة عن نظام ضوئي يعمل على إعادة تشكيل الإشارات وتضخيمها لطول الليف البصري التالي حتي تصل إلى الفاصل التالي ، وهكذا .

يعمل جهاز المكرر بطول موجي ١٣٠٠ نانومتر ،ويتألف من مستشعر ضوئي و مضخم إلكتروني وليزر أشباه الموصلات .

تتحول الإشارة الضوئية المرسلة إلى إشارة إلكترونية ليتم تضخيمها ثم إرسالها إلى الليف البصري التالي .

وهناك نوع من المكررات تم تطويره حالياً يعمل مع أنظمة الألياف البصرية عند الطول الموجي ١٥٥٠ نانومتراً. وهذا النوع من المكررات يمكنه أن يعمل مباشرة كمضخم ضوئي ، وهو مكون من ليف بطول ١٠ أمتار ومطّعم بعدد من ذرات عنصر الإربيوم (Iribium) على مسافات متساوية لتعمل على إحداث عملية الإنبعاث الحثى (Stimulated Emission) وبالتالي يتم تضخيم الضوء دون الحاجة إلى تحويله الى إشارة إلكترونية .

يتم تركيب هذا النوع من المضخمات في أنظمة الإتصالات البصرية سواء كان على الأرض أو تحت البحر ، شكل (٤) .

● شكل (٤) جهاز المكرر (Repeater) المطلوب لتضخيم الإشارة الضوئية المنبعثة عبر الألياف البصرية.

مصطلحات علمية (*)

* عجلة تجليخ Abrasive Wheel

قرص دوّار توضع عليه أوراق الحك (السنفرة) التي يجب أن تتلامس مع سطح العينة لإتمام التجليخ .

* أختبار قبول Acceptance test

نوع من اختبارات الجودة للمادة يجري أثناء الانتاج أو عند التسليم للتأكد من مطابقة خواصها الميكانيكية أو الكيميائية أو الفيزيائية وخلوها من العيوب المختلفة .

* مواد لصق Adhesive Substances

مواد تستعمل في وصل ولصق المواد معاً ، وهي عبارة غالباً عن مركبات عضوية في صورة مادة بوليمرية .

* تباين الخواص Aeolotropy

اختلاف الخواص في المادة الواحدة ـ أو البلورة الواحدة ـ تبعاً لإتجاه قياس الخاصية ، أو بمعنى آخر اعتماد الخواص على اتجاه قياسها .

* حمل مسموح به Allowable Load

أقصى حمل يمكن أن تتعرض إليه المادة بدون أن يحدث بها أي تشكيل لدن، أي أن الاجهاد الحادث هو في منطقة المرونة للمادة .

* فرن تكليس Calcining Furnace

فرن يستخدم في عمليات تحميص أو تكليس المادة الجامدة بالحرارة حيث تتحول تلك المادة إلى غاز ومادة جامدة أخرى .

* تصليد بالتغليف Case Hardening

زيادة صلادة السطح الخارجي للمادة ـ غالباً الفولاذ ـ وذلك إما بتفاعله مع الكربون مكوناً مركباً جديداً ـ تزيد فيه نسبة الكربون عن باقي السطح الداخلي للمادة ـ أومن خلال تسخينه ثم تبريده فجائياً .

* تقوب مخلفة بالصب Cast Holes

وجود بعض الثقوب والفجوات بالمادة نتيجة إما لتجمع الغازات الذائبة في المادة المصبوبة أو تفاعل كيميائي داخلي أومصاحب لعمليات انكماش الفلز ـ أو السبيكة ـ عند تبريده .

* سيرميت Cermet

جسم مكون من حبيبات خزفية (سيراميكية) ومعدنية ربطت وجمعت معاً ، ويعد أحدث أنواع المواد السيراميكية الاصطناعية .

* تحملية Durability

مقدرة المادة على مقاومة الظروف المحيطة من درجة حرارة وضغط مواد كيميائية إضافة إلى أية إجهادات تتعرض لها المادة .

* هش Fragile

قابلية المادة للكسر عند أقل صدمة ، وتعرف بالمواد القصيفة ، ومن أمثلتها الزجاج .

* شوائب Gangue

خبث موجود مع الخام ، وأحياناً يتخلف جزء قليل منه مع الفلز بعد استخلاصه مكوناً أحد العيوب الحجمية في الفلز .

* تصدع التجليخ Grinding Cracks

شدوخ أو تصدعات سطحية على سطح المادة الصلبة تنتج من الحرارة المتولدة عند التجليخ الزائد نظراً لحساسية المادة للحرارة العالية .

* تشكيل على الساخن Hot Forming

تشكيل المواد الفلزية (مثل الثني ، والحدادة ، والبثق ، والكبس ، والدلفنة) عند درجات حرارة أعلى من درجة إعادة بلورتها .

* إجهادات داخلية Internal Stresses

إجهادات تتولد في الفلزات أو السبائك عند تشكلها على البارد ، وهي إما متبقية من عمليات التشكيل ، أو متولدة أثناء عمليات التشغيل ، أو نتيجة أحمال خارجية مؤثرة على المادة ، تزيد الإجهادات الداخلية من صلادة المادة ، ويمكن التخلص منها بعملية التلدين .

* علم المواد Material Science

أحد فروع العلوم التطبيقية الذي يهتم بدراسة وتقويم وفهم العلاقة القائمة بين التركيب الكيميائي والبنائي للمواد وخواصها ، ومحاولة التوصل إلى مواد جديدة .

* أشباه الفلزات Metalloids

عناصر تحمل بعضاً من صفات الفلزات واللافلزات مثل البورون والزرنيخ .

* فلز نبيل Noble Metal

فلز ذو مقاومة عالية للتفاعلات الكيميائية وبخاصة في عملية الأكسدة والاذابة بالأحماض غير العضوية .

* غير طروق Non-malleable

مواد فلزية يصعب تشكيلها اللدن بالحرارة والدلفنة تحت تأثير إجهادات الانضغاط نظراً لانهيارها قبل أن تصل إلى الشكل المطلوب .

* إجهادات فيزيائية Physical Stresses

مقدار القوى المؤثرة مقسومة على المساحة السطحية الفعلية في لحظة التحميل .

* تشقق موسمي Season Cracking

الأثر الناتج عن التأثير المزدوج لكل من التآكل الكيميائي والإجهادات الداخلية ، ويستخدم هذا المصطلح بصفة أساس لوصف التكسر الإجهادي للتآكل في النحاس الأصفر .

* رقم كمي مغزلي Season Cracking

حركة الإلكترون السالب حول النواة الموجبة ، حيث يدور الإلكترون حول نفسه في صورة مغزلية تشبه دوران الأرض حول نفسها .

* مقاومة نهائية Utimate Strength

أقصى قيمة إجهاد تصل إليه المادة في اختبارات الشد والانضغاط أو القص .

(*) المصدر :
معجم المصطلحات العلمية لعلوم هندسة المواد ، جامعة الملك سعود، ١٩٩٧م .

من أجل فلذات أكبادنا

قياس كمية الهواء في التربة

نعرف أن نمو النبات يحتاج إلى الماء والعناصر المعدنية الضرورية ، ويحتاج إلى الهواء الجوي المحتوي على الأكسجين وثاني أكسيد الكربون ، كما أنه يحتاج إلى الهواء الموجود في التربة ، ليس لأنه يتنفس عن طريق الجذور ، ولكن لأنه ضروري للنمو السليم .

يختلف محتوى التربة من الهواء من تربة إلى أخرى ، فمنها التربة المسامية التي تحتوي على كمية كبيرة من الهواء ، ومنها لتربة الطينية التي لا تحتوي إلا على جزء ضئيل منه ، وفي تجربتنا لهذا العدد سنتعرف على طريقة نقيس بها محتوى لتربة من الهواء .

● الأدوات

ماء ، ملعقة كبيرة ، كأس مدرج ، علبة شروبات غازية منزوعة الغطاء العلوي .

● خطوات العمل

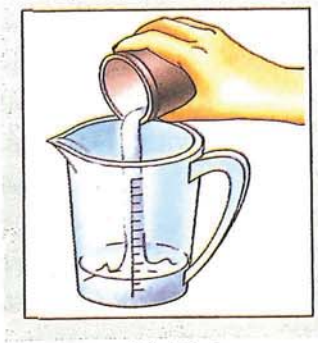
١ ـ إملأ العلبة بالماء ، ثم صبه بالكأس المدرج ، واحسب حجمه من التدريج ، شكل (١) .

٢ ـ خذ العلبة إلى التربة في الحديقة ثم إقلبها على وجهها المفتوح ، وأضغط عليها بقوة حتى يصبح قاعها على مستوى الأرض ، شكل (٢).

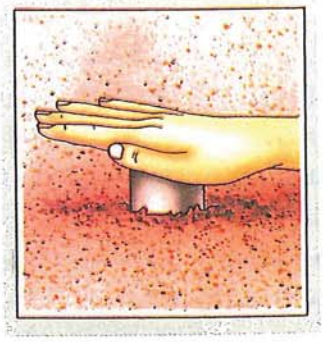
٣ ـ إنزع العلبة من التربة وامسح عليها لإزالة الزائد من التربة، شكل (٣) .

٤ ـ أفرغ محتوى العلبة في الكأس المدرج الذي يحتوي على الماء ، ثم حركه لكي يختلط بالماء ، واتركه حتى يستقر ، شكل (٤).

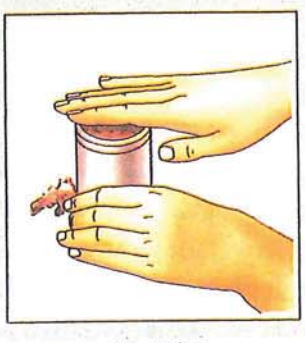
٥ ـ احسب حجم المخلوط بعد إضافة التربة إليه ، ماذا تشاهد ؟



● شكل (١) .



● شكل (٢) .



● شكل (٣) .

● شكل (٤) .

● المشاهدة

نشاهد أن حجم مخلوط الماء والتربة أقل من ضعف حجم العلبة .

● الإستنتاج

نستنتج من التجربة أن التربة تحتوي على فراغات يشغلها الهواء ، وعندما أضيف إليها الماء حل محل الهواء ، وبالتالي قل حجم مخلوط التربة والماء عن ضعف حجم العلبة بما يساوي حجم الهواء في التربة ، وعليه يمكن معرفة حجم الفراغات الهوائية في التربة من طرح حجم المخلوط من ضعف حجم العلبة .

قم بهذه التجربة مع أنواع أخرى من التربة ، وقارن بين محتوى كل منها من الهواء .

المصدر :

Young Scientist, Plant Life, P.15 .

تحسين الخصائص الميكانيكية والمناعة للعوامل البيئية للمطاط الصناعي والطبيعي باستخدام الأشعة المؤينة

قامت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بتدعيم مشروع بحثي بعنوان « تحسين الخصائص الميكانيكية والمناعة للعوامل البيئية للمطاط الصناعي (الستايرين بيتا دائين ، والايثيلين بروبلين مونمر ، والنيتريل)، والمطاط الطبيعي باستخدام الأشعة المؤينة » .

تم إنجاز البحث بمعهد بحوث الطاقة الذرية بالمدينة ، في الفترة من ١٤١٦هـ إلى ١٤١٩هـ.وكان الباحث الرئيس للمشروع الدكتور أحمد علي بصفر .

• أهداف البحث

تتلخص أهداف البحث في ثلاثة عناصر رئيسية هي كالتالي :-

١- إعداد قاعدة معلومات للخصائص الميكانيكية والمناعة للظروف البيئية لأنواع المطاط الأربعة تحت الدراسة بإستخدام أساليب المعالجة التقليدية بالكبريت والبيروكسيد إضافة إلى المعالجة بالإشعاع .

٢- إبراز مميزات المعالجة بالإشعاع - مقارنة بالطرق التقليدية الأخرى - في خطوة لإقناع القائمين على صناعة المطاط في المملكة بجدوى المعالجة بالإشعاع ، ومن ثم نقل وتوطين هذه التقنية .

٣- إيجاد تطبيقات جديدة لمنتجات المطاط الصناعي والطبيعي المستخدمة في المملكة وتوفير الدعم العلمي والفني للصناعات السعودية في هذا المجال .

• خطوات البحث

لتحقيق الأهداف المرجوة من الدراسة تم إجراء الخطوات التالية :-

١- إجراء تغييرات في صيغة خلط المركبات المطاطية المعنية للوصول للصيغة والظروف المثالية للمعالجة بالإشعاع ، وذلك بإستخدام بعض المحفزات الكيميائية ، ونوعين من المواد المالئة ، إضافة إلى المواد المضادة للأكسدة ، وغاز الأوزون ، والملينات .

٢- تعريض الصيغات المثالية المطورة لجرعات متزايدة من الإشعاع لإيجاد مستويات معالجة مختلفة .

٣- دراسة الخصائص الميكانيكية والمناعة للظروف البيئية للمركبات المطاطية التي تم تعريضها للأشعة المؤينة ، وإجراء مقارنة بالخصائص الناتجة عن المعالجة الكيميائية التقليدية بكل من الكبريت والبيروكسيد .

٤- دراسة الخصائص الحرارية للمركبات المطاطية المطورة بالإشعاع ومقارنتها بنظيراتها المعالجة بالطرق الكيميائية .

٥- إبراز مميزات المعالجة بالإشعاع على المعالجة التقليدية من ناحية الخصائص الميكانيكية والمناعة للعوامل البيئية ، وعرض النتائج على المسؤولين عن صناعات المطاط الوطنية .

• النتائج

تمثلت أهم نتائج البحث في الأتي :-

١- إجراء مسح أدبي شامل ودقيق لتوفير المعلومات حول ما تم إنجازه في موضوع البحث في معالجة الأنواع المختلفة من المطاط سواء بالطرق التقليدية أو بإستخدام تقنية الإشعاع لتحسين خصائصها الميكانيكية والفيزيائية وزيادة مقاومتها للظروف البيئية .

٢- عمل قاعدة معلومات وتوصيف كامل لأنواع المطاط المستخدم في المشروع البحثي بإستخدام أجهزة التحليل الحراري ، والأشعة دون الحمراء ، والميكروسكوب الإلكتروني ، وأجهزة قياس الخصائص الميكانيكية ، بالإضافة إلى تأثير الحرارة والظروف البيئية المختلفة على الخصائص الميكانيكية والفيزيائية ذات الأهمية لإستخدامات المطاط .

٣- أدى إستخدام مركبات البيروكسيد في معالجة الأنواع المختلفة من المطاط بدلاً من الكبريت إلى تحسين طفيف في خصائصها الميكانيكية ومقاومتها للحرارة .

٤- أدى إستخدام تقنية الإشعاع إلى تحسن كبير وملحوظ في الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لأنواع المطاط المختلفة (بإستثناء المطاط الطبيعي الذي أعطى نتائج متقاربة لمثيله الصناعي عند معالجته بالكبريت) ، بالإضافة إلى تحسين ملحوظ في الثبات الحراري ، والتعمير ، ومقاومة أنواع من المطاط للظروف البيئية المختلفة .

• التوصيات

يوصى الفريق البحثي بإستخدام تقنية الإشعاع في معالجة المتنجات المصنعة من المطاط ومركباته للأسباب الآتية :-

١- مقارنة بخلطات المطاط التي تعالج بالطرق التقليدية سواء بإستخدام مركبات الكبريت أو البيروكسيد مع عديد من المركبات الأخرى عند درجات حرارة عالية تتروح بين ١٤٠-١٨٠م فإن مركبات المطاط المعالجه بتقنية الإشعاع يستخدم فيها عدد قليل من المركبات الكيميائية بالإضافة إلى أن أتمام العملية في درجة الحرارة العادية (حوالي ٣٠م) .

٢- تعد تقنية الاشعاع تقنية نظيفة لأنه لاينتج عنها انبعاث غازات سامة أو مسرطنة .

٣- توفير في الطاقة في حالة تقنية الإشعاع حيث لا يلزم فلكنة المطاط عند درجات الحرارة العالية لفترة طويلة (٣٠ - ٦٠ دقيقة) كما في الطرق التقليدية .

٤- امكانية معالجة المنتجات ذات السماكة الكبيرة بكفاءة عالية مقارنة بالطرق التقليدية .

٥- تظهر المنتجات المطاطية المعالجة بتقنية الإشعاع مقاومة أكثر للظروف البيئية المختلفة ، كما أن لها خصائص ميكانيكية وفيزيائية ممتازة .

أقدم إصابة بالدرن

يعد مرض الدرن ـ المعروف أيضاً بالسل الرئوي ـ من أصعب الأمراض التي يمكن تعقب تاريخها الطويل بالطرق المعروفة لدى علماء الأمراض ، غير أن دراسة حديثة أظهرت إمكانية معرفة تاريخ هذا المرض ، حيث أمكن اكتشاف أول حالة عمرها ثلاثة آلاف عام .

كانت البداية عام ١٩٩٤م عندما أفلح **آرثر أوفدرهيد (Arthur Aufderheide)** ومجموعته من جامعة مينسوتا بمدينة دولث (Duluth) بالولايات المتحدة في معرفة وتعيين آثار لحامض نووي منقوص الأكسجين ينتمي إلى بكتيريا الدرن (Mycobacterium Tuberclosis) ، تم استخلاصه من مومياء بيروفية يرجع عمرها إلى ألف عام تقريباً ، وذلك باستخدام تقنية جديدة لعلم الأحياء الجزيئية.

في الوقت الحاضر تمكن العالم **أندريس نرليخ (Andreas G. Nerlich)** ، ومجموعته بألمانيا ـ جامعة ماكسميلان ميونخ ـ من معرفة دلائل لوجود الدرن المذكور في مومياء مصرية عمرها حوالي ثلاثة آلاف عام . ويذكر العالم **نرليخ** أن هذه أقدم حالة للاصابة بالدرن في التاريخ مجلة لانسنج ، ٨ نوفمبر ١٩٩٧م) ، ويضيف أن الفحص الليكروبي لومياء عمرها ثلاثة آلاف عام ـ كانت مغطاة بقماش موجودة في مقبرة بمدينة طيبة الغربية القديمة الواقعة على ضفة النيل بمصر ـ أظهر وجود إصابة بالدرن في الرئة اليمنى .

وحتى يتأكد الفريق من صحة تشخيص المذكور فقد قام بأخذ عينة من نسيج الرئة المذكورة استخلص منها الحامض النووي منقوص الاكسجين (DNA) ، ومن ثم فحصه للتأكد من وجود امتداد (Stretch) خاص بسببه وجود أحياء دقيقة ، منها بكتيريا الدرن (M. Tuberclosis) ، وهو ما يعرف بالحامض النووي المستهدف (Target DNA) .

وقد أشارت التحاليل وجود تطابق بين الحامض المستهدف المذكور الموجود في الرئة اليمنى للمومياء ، والحامض النووي لبكتيريا الدرن (M. Tuberclosis DNA) ، ولمزيد من التأكيد على عدم وجود تلوث بالرئة اليمنى للمومياء ـ قد يضلل النتيجة ـ قام الفريق المذكور بالبحث عن الحامض النووي المستهدف في الرئة اليسرى للمومياء ، وفي رئات أشخاص أصحاء ، حيث ثبت لديهم عدم وجود أي آثار لوجود بكتيريا الدرن سواءً للرئة اليسرى للمومياء أو رئات الأشخاص الأصحاء .

وينوي **نرليخ** ومجموعته إجراء المزيد من الدراسات حول معدل انتشار مرض الدرن في مقابر قدماء المصريين ، حيث أفادت فحوصاتهم وجود خمس إصابات أخرى للدرن في مقبرة طيبة المذكورة .

المصدر :

Science News, Vol 153, Jan 1998, P74

علاقة ضغط الدم بالدماغ

أشارت دراسة حديثة أجريت بالمعهد الوطني للشيخوخة (National Institute on Aging) بمريلاند أن الأشخاص ذوي ضغط الدم العالي المزمن ـ خاصة الكبار منهم ـ يشكون من فقدان بعض انسجة الدماغ المسؤولة عن الذاكرة والنطق .

إضافة لذلك ، أشارت دراسة أخرى أن هناك علاقة قوية بين عدد السنين التي مضت بعد ظهور ضغط الدم عند بعض الأفراد وكمية المادة الدماغية (Brain matter) لديهم .

قام الباحثون بالمعهد الوطني للشيخوخة باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي وبعض الفحوصات الأخرى لاختبار القدرات العقلية لتسعة عشر رجلاً وثمان نساء يشكون من ضغط الدم العالي ـ ولكنهم لم يصابوا بنوبه قلبية ويأخذون الأدوية ـ لحوالي عقدين من الزمان ، وتمت مقارنة هولاء بعشرين من الأشخاص الأصحاء .

من جانب آخر أظهرت دراسة سابقة لهذه الدراسة أن فقدان الأنسجة الدماغية ـ بشكل عام ـ يمكن أن يكون بسبب ضغط الدم العالي وعوامل التقدم في السن ، ولكن الجديد في هذه الدراسة أن الاشخاص ذوي الضغط المرتفع ـ رغم تناولهم أدوية ضغط الدم ـ لديهم فقد كبير في مادة فصوص الصدغ ومؤخرة الدماغ (Temporal and occipital Lobes) مقارنة بالاشخاص الأصحاء .

الجدير بالذكر أن الأماكن المذكورة من الدماغ تلعب دوراً رئيساً في عملية الذاكرة والنطق .

أظهرت اختبارات حدة الذكاء على الأشخاص الخاضعين للتجربة المذكورة أنه بالرغم من أنهم ـ بشكل عام ـ متوسطي الذكاء مقارنة بمن هم في سنهم إلا أن الأشخاص الذين يعانون من ضغط الدم كانوا الأكثر نسياناً . ويبدو أن ارتفاع الضغط يزيد من معاناة تقدم العمر في تدهور الذاكرة والنطق . حيث أن الأشخاص الأكبر سناً في مجموعة الدراسة (عمر ٧٠ إلى ٨٤ سنة) من مرضى ضغط الدم هم الأكثر فقداناً لأنسجة الدماغ مقارنة بالمجموعة التي هي أصغر سناً (عمر ٥٦ إلى ٦٩ سنة) أو الأشخاص الأصحاء في كلتا المجموعتين . وفضلاً عن ذلك فإن المجموعة الأكبر سناً والمريضة بضغط الدم كانت الأقل ذكاء في مجموعة الدراسة .

ويذكر **جين الاكساندر (Gene E Alexander)** رئيس الفريق البحثي بالمعهد الوطني للشيخوخة أنه من المهم جداً معرفة كيف يؤثر ضغط الدم العالي على الدماغ من أجل تفادي فقدان الأنسجة الهامة في الدماغ وبالتالي تحسين حياة المسنين .

وفي دراسة أخرى تم الكشف عنها في الإجتماع السنوي للأكاديمية الأمريكية للمخ والأعصاب في أبريل ١٩٩٧ بيوستن . يذكر الباحثون أن دراسة ١٦٦ رجلاً من التوائم في عمر ٦٨ إلى ٧٨ سنة أظهرت أن الاشخاص الذين يعانون من ضغط الدم لأكثر من ٢٥ عاماً فقدوا أكبر كمية من أنسجة الدماغ مقارنة بالأشخاص الذين تعرضوا لضغط الدم لفترة أقل رغم أن كلا المجموعتين كانو يأخذون أدوية ضغط الدم .

المصدر :

Science News, Vol 152, July 1997, p22

1997 P337

ميثان في قاع المحيط

يمكن للضغط العالي وانخفاض درجة الحرارة في قاع المحيط أن يتسببا في حجز غاز الميثان داخل جزيئات الماء مكونة مادة بيضاء ثلجية تسمى هيدرات الميثان ، وتمثل رواسب الميثان تلك والمندسة تحت قاع المحيط بقايا مصادر الوقود الأحفوري المعروفة .

وبالرغم من الأهمية الاقتصادية لهذه الجزيئات فإن علماء المحيطات لايعرفون الكثير عن هيدرات الميثان وكيفية تواجدها في أعماق المحيطات والبحار .

ومن أجل كشف النقاب عن أسرار هذه الهيدرات قام فريق من الباحثين بولاية كاليفورنيا بمحاكاة تكوين هيدرات الميثان في الطبيعة حيث استخدم **بيتر برور (Peter G. Brewer)** وزملاؤه من معهد خليج منتوقمري لبحوث الأحياء المائية في موس لاندنج بكاليفورنيا أنابيب تم وضعها تحت سطح البحر لمسافة ٩١٠متر، بعدها تم ضخ غاز الميثان داخل تلك الأنابيب لمحاكاة ماقد يكون قد حدث في أعماق المحيطات .

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن هيدرات الميثان قد تكونت داخل الأنابيب بسرعة مذهلة في وقت أستغرق فقط دقائق ـ بل ثواني في بعض الأحيان ـ من ضخ الغاز. وذلك بغض النظر عن إحتواء الأنابيب على مياه البحار فقط أو على طبقات من الرمل والطين بجانب الماء ، مما يؤكد أن الغاز يمكنه أن يغوص داخل الماء أو بين فجوات الرمل والطين مكوناً هيدرات الميثان كما لو تكونت طبيعياً في رسوبيات قاع البحر. ويعمل الفريق على متابعة التجربة لمعرفة مدى قدرة هيدرات الميثان المتكونة على البقاء داخل قاع المحيط .

المصدر

Science News, Vol. 151, May. 1997, P. 337.

مع القراء

الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :ـ

يسعدنا صدور هذا العدد الجديد من المجلة كما نود ان نذكر القراء بأن المجلة هي مجلة فصلية تصدر كل ثلاثة اشهر بواقع اربعة اعداد بالسنة الواحدة .

● **الأخت / منى احمد الماجد ـ الخبر**

سوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد باذن الله فأهلا بك .

● **الأخ / فهد محمد السويح ـ الخبراء**

سعدنا بوصول رسالتك وسوف نقوم بادراج اسمك ضمن قائمة المجلة ، كما يؤسفنا عدم تمكننا من تلبية طلبك والمتمثل بعدد الحاسب الآلي لعدم توفره لدينا .

● **الأخ / أحمد علي المنعي ـ الباحة**

العدد الجديد الذي ذكرت لم يصدر ساعة كتابتك إلينا، علما بان اسمك وعنوانك موجود بالقائمة مسبقا .

● **الأخ / أحمد عبد الله العبيسي ـ عنيزة**

يسعدنا تلبية طلبك بالانظمام إلى قائمة توزيع المجلة وارسال مايتوفر من الأعداد السابقة فأهلاً بك .

● **الأخ / خليل إبراهيم اليوسف ـ الخبر**

نود ان نشكرك على اطرائك ومديحك للمجلة وهو مايدفعنا الى بذل المزيد من الجهد حتى تنال رضاء الأخوة القراء فيا هلا .

● **الأخت / سهير مسعود ـ عرعر**

ماحوته رسالتك من طلبات لايدخل ضمن اختصاص المجلة والقائمين عليها وقد أحلناها إلى الإدارة العامة للمعلومات **بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** .

● **الأخ / محمد سعد هزاع ـ جدة**

يسعدنا وصول رسالتك إلينا وقد أرسلنا إليك العدد الخاص بتقنيات مياه الشرب بجزئية الأول والثاني .

● **الأخ / ناجي فقير جعفر ـ الطائف**

نشكرك على ماورد في رسالتك من ملاحظات فهي بلاشك تدفعنا إلى بذل المزيد من الجهد للارتقاء بالمجلة ، كما يسعدنا إدراج اسمك ضمن قائمة التوزيع .

● **الأخ / جمال أبو الفتوح رجب ـ مصر**

رسالتك وصلت إلينا ويسعدنا إدراج اسمك في قائمة التوزيع ويا هلا .

● **الأخت / حنان محمد غريد ـ الأردن**

شكرا لاختيارك مجلتنا ويسعدنا ادراج اسمك في قائمة التوزيع ويا مرحباً .

● **الأخ / سعيد عوض الزهراني ـ الباحة**

نشكرك على ماورد في رسالتك وسوف نقوم بإدراج اسمك في قائمة التوزيع فاهلا بك.

● **الأخت / جيهان سعيد بالبيد ـ مكة المكرمة**

يسعدنا تلبية طلبك وقد أرسلنا العددين (١٤، ٤٤) وياهلا.

● **الأخ أيمن عبد الله الداوود ـ صفوى**

لاشكر على واجب يا أخانا وسوف نقوم بارسال المجلة على عنوانك وشكراً.

● **الأخ / حواس محمود ـ سوريا**

وصلتنا رسالتك ويسعدنا تلبية طلبك بادراج اسمك في قائمة التوزيع، أما مايخص المقال المرفق بالرسالة فيؤسفنا عدم تمكننا من نشره لعدم توافقه مع موضوع العدد ويامرحبا .

● **الأخ / عمار محمد طرابلسي ـ جدة**

تلقينا رسالتك وماحوته من طلبات وأبحاث لايدخل ضمن اختصاص المجلة وقد أحلناها إلى الإدارة العامة للمعلومات.

● **الأخ / جعفر عبد الله الدريسي ـ الظهران**

نشكر لك ما بدأت به خطابك من اعجاب وثناء على المجلة أما ماطلبته من بحث عن التلوث البيئي فقد أحلناه إلى الإدارة العامة للمعلومات.

● **الأخت / مها ابراهيم الزبن ـ الرياض**

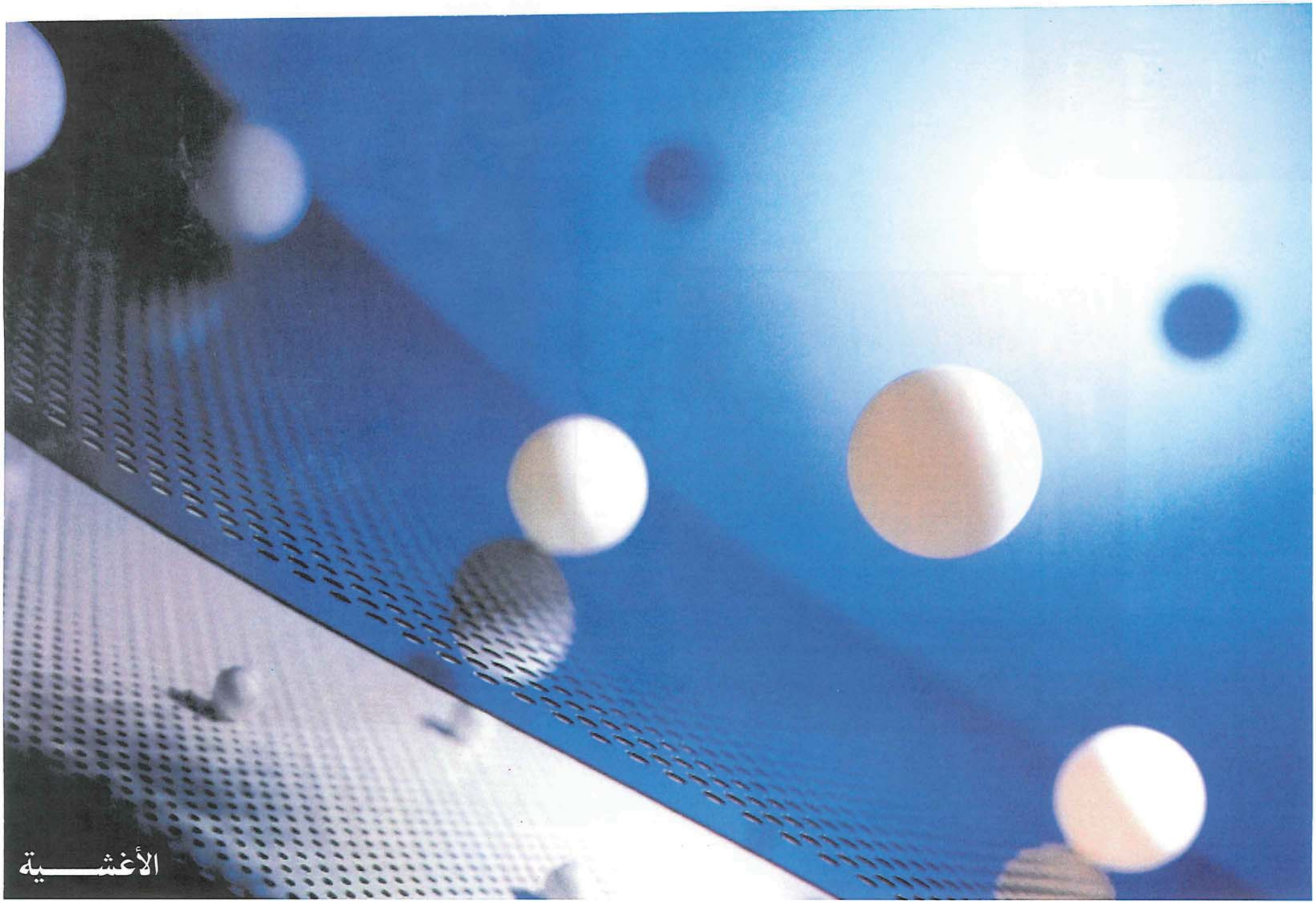
يسعدنا تلبية طلبك وسوف نقوم بادراج اسمك في قائمة التوزيع .

● **الأخ / محمد مبارك مرضي ـ وادي الدواسر**

وصلتنا رسالتك بكل سرور ، وتم إرسال العدد (٤٤) إليك ، أما ماطلبت من أعداد سابقة فللاسف لاتتوفر لدينا، وملاحظتك حول تأخر وصول العدد اليك فهو ليس من قبلنا وخارج عن إرادتنا .

في
العدد المقبل

الثروة المعدنية
(الجزء الثالث)


الأغشـــــية