الباب الرابع

تكنولوجيا المواد الجديدة

تكنولوجيا المواد الجديدة

١ – مقدمة

بدأ التطور فى مجال تكنولوجيا المواد يجذب الاهتمام على مستوى الصناعة وفى دوائر الرأى العام مع بداية الثمانينات عند إطلاق أول مكوك أمريكى للفضاء (كولومبيا)، حين شاهد الناس على شاشات التليفزيون سطح المكوك الخارجى مغطى بحوالى ٣١٠٠٠ قطعة من مواد السيراميك الخاص، استخدمت لحماية هيكله المعدنى الداخلى من الحرارة الناشئة عن احتكاك المكوك مع الغلاف الهوائى أثناء عودته إلى الأرض، والتى تصل فى بعض النقاط على سطحه إلى حوالى ١٣٠٠ درجة مئوية. ولم يقتصر الأمر على استخدام مواد السيراميك لحماية المكوك، ولكن استخدمت أيضا مواد مصنعة من الألياف الكربونية لحماية بعض أجزائه الطرفية المعرضة لدرجات أعلى من الحرارة. وبرغم أن الأبحاث الحديثة الخاصة بتطوير تلك المواد كانت قد بدأت منذ بداية السبعينات، إلا أن استخدامها الفعلى فى أحد التطبيقات المهمة مثل المكوك –أول مركبة فضائية متكررة الاستخدام يقودها الإنسان بين الأرض والفضاء– قد أشعل الاهتمام بثورة فى تكنولوجيا المواد، هدفها تحقيق مستويات أداء جديدة فى درجات الحرارة العالية، والأحمال الميكانيكية المرتفعة، والعمل والبقاء فى ظروف بيئية خاصة، بالإضافة إلى خفة الوزن لمواجهة المتطلبات المتزايدة لصناعات الطيران والفضاء التى كانت من البداية المجال المؤثر وراء تلك

الثورة، بالإضافة إلى مطالب الصناعات العسكرية من المواد الجديدة لبناء أجيال من الأسلحة المتطورة.

والهدف من هذه الدراسة استشراف آفاق وإمكانات التطور فى مجال تكنولوجيا المواد فى مصر، من خلال استعراض موقفها الحالى على المستوى العالمى، والآفاق والتحديات المستقبلية التى تنتظرها، وطبيعة الطلب والاحتياج لتلك النوعية من المواد فى مصر، والتحديات التى تواجه تطورها على المستوى المحلى، والمسار المتوقع لذلك التطور. وتتكون الدراسة من الأجزاء الفرعية الآتية:

- التقسيم الهندسى للمواد
- ماذا نعنى بالمواد الجديدة ؟
- الموقف الحالى للتطور فى تكنولوجيا المواد على المستوى العالمى
- تحديات المستقبل القريب
- تحديات المستقبل البعيد
- الموقف الحالى لتكنولوجيا المواد فى مصر
- الظروف المحلية المؤثرة وإمكانية إحداث طفرة تكنولوجية فى مجال تكنولوجيا المواد
- المجالات ذات الأولوية لإحداث تطور فى تكنولوجيا المواد
- السياسات والآليات اللازمة لإحداث تطوير تكنولوجى فى مجال المواد
- المعالم الأساسية لمراحل تطور تكنولوجيا المواد فى مصر حتى سنة ٢٠٢٠

٢- التقسيم الهندسى للمواد

تحقق التطور فى تكنولوجيا المواد خلال الربع قرن الأخير من خلال النشاط البحثى المستمر فى مجال "هندسة المواد" مدعوما بإنجازات مهمة تحققت فى علوم الفيزياء والكيمياء وعدد آخر من العلوم الأساسية. الهدف من "هندسة المواد" يتمثل فى تطوير مواد ذات خواص تلائم تطبيقات عملية معينة من خلال تغيير التركيب الداخلى للمادة Microstructure والطرق المستخدمة فى التصنيع Processing. ولقد وضعت العلاقة بين الخواص وطرق التصنيع الأساس "لهندسة المواد" وباقى العلوم المتعلقة بها مثل "الميتالورجى". وقبل أن نستعرض الموقف الحالى لتكنولوجيا المواد على المستوى العالمى، سوف نستعرض أنواعها المختلفة من وجهة النظر الهندسية والعملية. تنقسم المواد الهندسية إلى الأفرع الآتية:

- **الفلزات Metals**

تتميز الفلزات بشكل عام بالمرونة Elasticity والقدرة على تحمل الإجهادات الميكانيكية Strength، كما تتميز بجودة التوصيل الكهربى Electrical Conductivity والحرارى Thermal Conductivity، وسهولة التشكيل Ductility ومقاومة الصدمات Toughness. ومن خليط الفلزات المختلفة يمكن تصنيع السبائك Alloys التى تتكون من خليط بنسب معينة من العناصر الفلزية لتحقيق مواصفات مطلوب الوصول إليها. وعلى سبيل المثال، فإن إضافة نسبة معينة من السيليكون إلى الألومنيوم يمكن أن يحسن من قدرة الخليط على الصب فى قوالب، كما أن إضافة نسبة من النحاس يمكن أن ترفع من قدرة سبيكة الألومنيوم على مقاومة الأحمال. وفى مجال الفلزات يؤدى التطور إلى تخليق سبائك جديدة للحديد والألومنيوم والتيتانيوم وغير ذلك من سبائك الفلزات التى

يمكنها تحمل أضعاف ما يمكن أن تتحمله السبائك التقليدية، ويطلق على بعض أنواعها "السبائك السوبر" Super alloys.

- **مواد السيراميك Ceramics**

تتكون معظم مواد السيراميك من ذرات لمواد معدنية متصلة بذرات مواد غير معدنية مثل الأكسوجين، وتشتمل على الزجاج والصينى والبورسالين والمواد الحرارية refractories والمواد القادرة على البرى abrasives. تتصف مواد السيراميك بسهولة الكسر وانخفاض التوصيل الحرارى والكهربى ، ومع استخدام طرق تصنيع جديدة أمكن إنتاج مواد سيراميك أكثر مقاومة للصدمات وتحمل درجات الحرارة العالية تستخدم فى تصنيع أجزاء المحركات النفاثة وغيرها من التطبيقات الخاصة. تصنف الأنواع عالية التقنية من مواد السيراميك High Technology Ceramics والتى حققت طفرة عالية فى الخواص ضمن المواد الجديدة، وتتفوق على الأنواع التقليدية فى خفة الوزن ومقاومة الأحمال والصدمات وقدرتها على العزل الحرارى والكهربى بجانب سهولة التصنيع.

- **البوليمرات Polymers**

البوليمرات، مثل المطاط والبلاستيك وأنواع كثيرة من المواد اللاصقة، عبارة عن مواد عضوية ذات هيكل جزيئى معقد وضخم. تتصف البوليمرات بأنها رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء، وذات قدرة ضعيفة على مقاومة الأحمال، ولا تصلح للاستخدام فى درجات الحرارة العالية. وفى المقابل نجد البوليمرات خفيفة الوزن، مقاومة للصدأ ، وثمنها منخفض نسبيا، ويمكن تشكيلها بسهولة لأشكال مختلفة. معظم البوليمرات عازلة للكهرباء، ومع ذلك فقد تم تطوير أنواع منها موصلة للكهرباء، وأنواع شفافة مثل الزجاج، وأنواع أخرى يمكنها تحويل الضوء إلى كهرباء، كما أمكن تطوير بعض الأنواع لاستخدامها

فى تصنيع الأدوات المنزلية التى لا يلتصق بها الطعام. ومن مواد بوليمرية لها هيكل داخلى معين أمكن إنتاج مواد أخرى لها مواصفات ميكانيكية عالية مثل "الكيفلار" Kevlar أو الكريستال السائل المستخدم فى الحاسبات الإلكترونية.

تنقسم البوليمرات إلى فصيلتين: مواد "الثرموبلاستيك" Thermoplastic، ومواد "الثيرموسيت" Thermoset. "الثيرموبلاستيك" تتميز بالمرونة وسهولة التشكيل، وتصنع عادة عند درجات حرارة عالية نسبيا، ويمكن تسخينها وإعادة تشكيلها بدون أن يتغير هيكلها الداخلى كما يمكن إعادة استخدامها وإعادة تدويرها بسهولة. أما مواد "الثرموسيت" فيتكون هيكلها الجزيئى الداخلى من سلاسل من الجزيئات التى تشكل شبكة متماسكة ثلاثية الأبعاد. هذه النوعية من المواد أكثر قدرة على المقاومة ولكنها أكثر قابلية للكسر، ولا يمكن إعادة تشكيلها أو إعادة تدويرها recycling بسهولة.

- **أشباه الموصلات Semiconductors**

تستخدم هذه المواد فى صناعة المكونات الكهربية. من بين مواد أشباه الموصلات السيليكون silicon والجيرمانيوم germanium وعدد آخر من المركبات مثل فوسفيد الجاليوم gallium phosfide، وزرنيخ الجاليوم galliume arsenide. تتميز أشباه الموصلات بإمكانية التحكم فى قدرتها على التوصيل الكهربى، لذلك تستخدم فى صناعة "الترانزيستور" transistors و"الدايودات" diodes والدوائر المتكاملة integrated circuits.

- **المواد "البين-فلزية" Intermetallics**

توجد المواد "البين-فلزية" عادة داخل السبائك الفلزية فى صورة حبيبات دقيقة موزعة داخل النسيج الفلزى. هذه الحبيبات تعطى السبيكة خصائص

إضافية، مثل القدرة على مقاومة الأحمال المختلفة. تستطيع المركبات compounds البين-فلزية مقاومة الأحمال فى درجات الحرارة العالية، لكنها تكون هشة عند درجات الحرارة المنخفضة.

- **المواد المركبة Composites**

تمثل المواد المركبة (ويطلق عليها أيضا المتراكبات) قطاعا مهما ومتنوعا داخل إطار منظومة "المواد الجديدة" بسبب أنها تجمع فى نسيجها عناصر من معظم المواد المعروفة، فهى فى الحقيقة خليط من تلك المواد فى صورة ألياف أو حبيبات أو قشور أو شعيرات (مواد التدعيم أو Fillers or reinforcing materials) داخل وسط (أو حشوة أو قاعدة وفى بعض الأحيان تستخدم كلمة "كنان") Matrix فلزى أو بوليمرى أو سيراميكى. فالمواد المركبة يتم تصنيعها عن طريق الجمع بين مادتين: الأولى عبارة عن وسط متجانس Matrix يحتضن داخله المادة الثانية التى تقوم بعملية التدعيم Reinforcement، وعادة ما تأخذ شكل الألياف العضوية أو غير العضوية، ويؤدى ذلك إلى إنتاج مادة جديدة لها مواصفات لا يمكن الحصول عليها باستخدام إحدى المادتين بصورة منفردة. وعادة ما تتصف المادة الجديدة ببعض الخصائص المتميزة مثل الصلابة والقوة والوزن المنخفض، ومقاومة الأكسدة، وقدرات خاصة للتوصيل الحرارى والكهربى. المواد المركبة عادة ما تكون خليطا من فلز- فلز، فلز -سيراميك، فلز -بوليمر ، سيراميك-بوليمر، سيراميك-سيراميك، أو بوليمر-بوليمر. فعلى سبيل المثال المادة المركبة "الكربون-إيبوكسى" Carbon-epoxy composite أو Carbon-reinforced epoxy تتكون من وسط بوليمرى من الإيبوكسى مدعم بشعيرات أو ألياف أو نسيج من الكربون. الخرسانة المسلحة والخشب والألياف

الزجاجية أيضا تعتبر أمثلة بسيطة للمواد المركبة. وتتغير خصائص المواد المركبة بتغير مادة الوسط Matrix وكذلك وضع واتجاه المواد الداعمة. معظم المواد المدعمة بالألياف يتم تحديد اتجاهات الألياف بها طبقا للمواصفات المطلوبة. تعتمد الطائرات الحديثة والمركبات الفضائية على المواد المركبة مثل البوليمرات المدعمة بألياف الكربون carbon-reinforced epoxy. ويتميز جناح الطائرة المصنع من الإيبوكسى المدعم بألياف الكربون بوزن منخفض ومعامل مرتفع للمقاومة بالنسبة للوزن Strength to weight ratio.

٣- ماذا نعنى بالمواد الجديدة ؟

"المواد الجديدة" عبارة عن مواد لم تكن موجودة من قبل تحقق خصائصها طفرة واضحة مقارنة بالمواد التقليدية المعروفة. بعض تلك المواد الجديدة يعتبر تطويرا لمواد تقليدية أمكن الارتفاع بخصائصها عدة مرات أو تم إكسابها خصائص جديدة. فعلى سبيل المثال تصل قدرة التحمل Strength لسبيكة "الحديد الماريجى" Maraging steel وهو من عائلة السبائك السوبر Super alloys إلى حوالى ثلاثة أضعاف قيمة نفس الخاصية لسبائك الحديد التقليدية، وقد تم تحقيق تلك الطفرة عن طريق إضافة نسب معينة من النيكل والكوبالت والألومنيوم، واتباع أسلوب معين فى التصنيع. وتستخدم تلك السبيكة الجديدة فى بناء هياكل الصواريخ وفى بعض تطبيقات الطاقة النووية. وداخل إطار المواد الجديدة يتم أيضا تخليق مواد لم تكن موجودة من قبل للوفاء بمتطلبات تطبيقية معينة فى مجالات متعددة بازغة مثل تكنولوجيا الفضاء والمعلومات والتكنولوجية الحيوية. ومثال ذلك مادة البلاستيك الإيبوكسى المدعم بألياف الكربون Carbon-reinforced epoxy فتصل قيمة تحملها النوعى (قدرة التحمل/الكثافة Specific

strength) إلى حوالى أكثر من ضعف نفس القيمة للأنواع المتميزة من سبائك الصلب بالإضافة إلى قدرتها على تحمل درجات الحرارة العالية. الجدول رقم (٩) يوضح مقارنة بين خواص مادة الكربون-إيبوكسى المركبة وعدد من سبائك الفلزات المتقدمة للحديد والألومنيوم والتيتانيوم.

وعادة ما يطلق مصطلح المواد المتقدمة Advaneed materials على الأشكال المطورة من المواد التقليدية، ويستخدم مصطلح المواد الجديدة New materials فى أغلب الأحيان على المواد المخلقة والتى ليس لها أصل تقليدى واضح فى الماضى. وبشكل عام فإن إطلاق صفة "متقدمة" أو "جديدة" على أية مادة مطورة يعتمد على كثير من الأمور النسبية فى الحكم على طبيعة تلك المواد، ومجالات استخدامها، والبيئة التكنولوجية والصناعية الموجودة فيها. ومن المؤكد أن المواد الجديدة أصبحت ضرورية لتغطية الاحتياجات المتزايدة للصناعات الهندسية، والنقل، والدواء، والطب، والأجهزة المنزلية، والرياضة، والبيئة، والطاقة، والإلكترونيات. ولا يقتصر النشاط الدائر فى مجال تطوير المواد على مجرد النجاح فى الوصول إلى مادة معينة، لكنه يمتد ليشمل البحث فى عناصر التكلفة، والأداء، وعمر التشغيل، والاعتمادية reliability ..الخ، بجانب جوانب أخرى تستحوذ على الاهتمام منها استقرار أسلوب الإنتاج وسرعة وصوله إلى مستوى نمطى يمكن الاعتماد عليه، بالإضافة إلى مدى التزام طريقة الإنتاج المتبعة بقواعد البيئة.

جدول رقم (٩)

مقارنة بين خصائص بعض المواد المركبة والمواد المعدنية المتقدمة

المـــــادة	القوة strength (ميجاباسكال)	القوة/الكثافة specific strength	معامل المرونة Modulus of elasticity (جيجاباسكال) x 10-3	المرونة/الكثافة specific modulus x 10-3
كربون-إيبوكسى (مادة مركبة) carbon-epoxy compsite	٥٢٠	٣٧	٥١	٣,٤
سبيكة ألومنيوم Al-alloy AK-4-1	٤٥٠	١٧	٧٢	٢,٧
سبيكة تيتانيوم Ti-alloy Yt-8	١٠٠٠	٢٧	١٢٠	٢,٦
سبيكة حديد	١٢٦٠	١٦	٢١٥	٢,٧٥

المصدر: (Composite Manufaeturing Technology, Chapman Hall, 1995, p.2)

٤- الموقف الحالى للتطور فى تكنولوجيا المواد على المستوى العالمى

يمكن تقسيم مستقبل التطور العام فى تكنولوجيا المواد إلى مرحلتين: الأولى خاصة بالتطور فى المدى القريب، والثانية للتطور فى المدى البعيـــد. ويعكـــس الموقف الحالى علـــى المستوى العالمى تقدما واضحا فى تكنولوجيا المواد تمثـل فى تخليق مواد جديدة لم تكن موجودة من قبل، وصاحب ذلك ظـــهور مفـــاهيم حديثة فى استخدام تلك المواد لبنـــاء هيـــاكل المركبـــات الأرضيـــة والجويـــة

والفضائية، وفى استعمالها لكثير من التطبيقات الأخرى المتنوعة. كان الهدف من استخدام المواد الجديدة تحقيق قفزات فى مستوى أداء النظم وقدرتها على العمل بدون مشاكل، وعدم إضرارها بالبيئة، مع تخفيض الثمن وتكلفة الإصلاح والصيانة، وفى السنوات الأخيرة تركز الاهتمام على تخفيض كلفة الحصول على المواد الجديدة affordability. ومن المتوقع أن تأخذ تكنولوجيا المواد فى المستقبل مسارا "تطوريا" بدون طفرات evolutionary مفاجئة، مع التركيز على أساليب للتصنيع تتفق مع الحفاظ على البيئة وخفض تكلفة الإنتاج. ويمكن أن نتبين حجم ما تحقق حتى الآن من تطور فى استخدام المواد الجديدة من حقيقة احتواء الطائرة إف-١٥ على ١% فقط من وزنها (١٠٢ كجم) من المواد المركبة، ثم احتواء الطائرة التى تلتها أف/إيه-١٨ على ١٠% من وزنها (٦١٠ كجم) من المواد المركبة، ثم ارتفاع تلك النسبة فى حالة الطائرة إيه فى-٨ إيه إلى حوالى ٣٠%؛ والطائرات الثلاثة من إنتاج شركة ماكدونال دوجلاس الأمريكية.

من المتوقع خلال القرن الواحد والعشرين أن تتكون النظم الهندسية من أجزاء كل منها يستطيع القيام بوظائف متعددة. كما سوف يشهد هذا القرن إمكانية تخليق المواد حسابيا على الكومبيوتر والتدخل على المستوى الذرى والجزيئى لبناء مواد تلائم تطبيقات ووظائف معينة. المواد الجديدة سوف تكون قابلة للبرمجة وذات وظائف متعددة وقادرة على تغيير الشكل والخصائص الميكانيكية والكهربية والمغناطيسية والضوئية والصوتية حسب الطلب.

- **المواد الفلزية Metals**

مازالت المواد الفلزية تحتل مكانة خاصة فى بناء النظم نتيجة لمميزاتها الميكانيكية والخبرة الطويلة فى استخدامها، بالإضافة إلى انخفاض تكلفة إنتاجها

مقارنة بالمواد المركبة. ويظهر التطور الحالى فى تكنولوجيا المواد الفلزية فى صورة سبائك جديدة ذات كثافة منخفضة، ولها قدرة على العمل فى ظروف تشغيل غير عادية، كما فى محركات الطائرات والمركبات الفضائية، والأنواع الحديثة لمحركات السيارات ووحدات توليد الطاقة. ويتجه البحث حاليا إلى سبائك تستطيع العمل مع الهيدروجين والأكسوجين فى حالتهما السائلة والذرية لفترات طويلة، بالإضافة إلى قدرتها على تحمل الأحمال الميكانيكية والحرارية المرتفعة. إن التطوير فى الحقيقة يتم على محورين:

(١) تطوير أنواع جديدة من سبائك المعادن مثل :

الألمنيوم–ليثيوم، سبيكة الحديد–نيكل السوبر أحادية البلورة Single crystal Nickel-based Super Alloy، سبائك التيتانيوم الألومينى، وسبائك النحاس والنيوبوم، سبائك الألمنيوم المصنعة بتكنولوجيا "النانو". أصبح لسبائك التيتانيوم أهمية خاصة فى بناء النظم خلال سنوات التسعينات، وركزت البحوث على حل مشاكل التشغيل والتكلفة والخبرة الصناعية والبيئية الخاصة بها.

(٢) تطوير طرق تصنيع جديدة مثل :

- التحكم فى معدل تبريد الفلز والسبيكة من حالتها الساخنة السائلة إلى حالتها الجامدة النهائية ("التجميد السريع" rapid solidification أو "التجميد البطئ") للحصول على بناء بللورى مختلف وخواص ميكانيكية عالية ومقاومة للصدأ.
- "الدمج بمعدلات عالية للطاقة" high-energy-rate compaction الذى يتيح الحصول على كميات تجارية من الخامة بتكلفة اقتصادية.

- تصنيع الأجزاء بشكلها النهائى مباشرة عند تصنيع المادة الأساسية بدون المرور بمراحل وسيطة net-shape processing لخفض التكلفة والطاقة.
- تصنيع الأجزاء من "مسحوق الفلزات" powder metallurgy لتخليق مواد جديدة.

- **مواد السيراميك**

حدث تطور كبير فى الأبحاث الخاصة بمواد السيراميك فى اتجاه معالجة جوانب القصور الموجودة فيها وخصوصا قابليتها للكسر وصعوبة إحداث تغيير فى شكلها باستخدام أدوات القطع أو الثقب، وعدم قابليتها للثنى..الخ. فى السنوات الأخيرة من التسعينات تم تطوير العديد من مواد السيراميك ذات الخصائص الميكانيكية العالية التى تتسم بالمرونة. ومن أمثلة ذلك "سيراميك التيتانيوم –سيليكون الكربيدى Titanium Silicon Carbide و Titanium Silicon Nitride. هذه النوعية من السيراميكيات الجديدة يمكن ثنيها وقطعها بطرق التشكيل المعروفة المستخدمة مع المعادن، فهى تتميز بقدرة التحمل والصلابة والمرونة وتحمل الحرارة حتى ١٧٠٠ درجة مئوية. وتتركز الأبحاث حاليا للوصول إلى مواد سيراميكية يمكن أن تتحمل حرارة حتى ٢٧٠٠ درجة مئوية. الأبحاث الحالية تركز أيضا على استخدام مسحوق الزركونيا بالغ النعومة ultrafine zirconia powders لإنتاج مواد سيراميك مقاومة للصدمات high-strength high-toughness ceramics، كما تهتم أنشطة التطوير بمواد سيراميك خاصة للاستخدامات البيولوجية والطبية. وبالنسبة لتطوير طرق التصنيع ينصب الجهد فى محاولة الوصول إلى الشكل النهائى للأجزاء بدون استخدام طرق الصب التقليدية، ومحاولة بناء الجزء بالترسيب الدقيق عن طريق استخدام الحاسب robocasting.

- **المواد المركبة Composites**

برغم ارتفاع أسعار المواد المركبة إلا أن مستوى أداءها المتميز كان وراء الاستمرار فى تطويرها. فى السنوات الأخيرة بدأ التركيز على عنصر التكلفة، ولما كان الجزء الأكبر من تكلفة تلك المواد يرجع إلى تكلفة التصنيع وليس الخامات الأساسية، بدأ البحث عن طرق تصنيع منخفضة النفقات خصوصا فى مجال المواد المركبة البوليمرية polymeric composite materials. والطرق المرشحة لتحقيق نتائج جيدة بالنسبة لتكلفة التصنيع هى: resin transfer molding، resin film infusion، diaphragm forming، pultrusion، advanced tow placement، nonautoclave processing. وبالنسبة لتكلفة الخامات الأساسية مثل الألياف fibers انخفضت تكلفتها مع الاتجاه لتصنيع خيوط tow من الألياف أكبر سمكا. وهناك أكثر من برنامج كبير لتطوير المواد المركبة فى الولايات المتحدة مثل: برنامج أبحاث السرعات العالية High Speed Research Program، ومبادرة نشر المواد المركبة للاستخدام الأوسع The composite affordability initiative (CAI). وبشكل عام يأخذ التطور فى مجال تكنولوجيا المواد المركبة عدة اتجاهات:

- **تطوير مواد جديدة لتطبيقات الحرارة العالية**

وتركز على تطوير مواد مناسبة للتطبيقات الهندسية التى تتطلب تحمل درجات حرارة عالية مثل محركات المركبات فائقة السرعة hypersonic vehicles. من أجل ذلك تم تطوير مواد مركبة ذات وسط سيراميكى Ceramic Matrix Composites (CMC) أو وسط معدنى Metal Matrix Composites (MMC). ولقد أصبح الكثير من تلك المواد متاحا وأخذ طريقه بالفعل للاستخدام

فى تصنيع أجزاء الأقمار الصناعية وهياكل الطائرات والصواريخ وهياكل السيارات الحديثة والدرجات والأدوات الرياضية.

- **مادة الكربون-الكربون :**

وهى مادة مركبة من ألياف الكربون داخل وسط كربونى أو جرافيتى. تستطيع تلك المادة تحمل الحرارة الشديدة التى تتعرض لها مقدمات الصواريخ، والأجزاء الداخلية للمحركات الصاروخية، كما تستطيع مقاومة تآكل الأجزاء بسبب تيار الغازات مرتفعة الحرارة والسرعة. فى هذا الإطار يتم تطوير أنواع من المواد الرغوية الكربونية ذات الخصائص العالية structural graphitic foams (SGF)؛ هذه النوعية من المادة الرغوية يمكن دفعها داخل قوالب معينة لإنتاج مكونات معقدة فى الشكل تستخدم فى صناعة أجنحة الطائرات، والطائرات بدون طيار، وهياكل الأقمار الصناعية.

- **دهانات العزل الحرارى Thermal barrier coating**

تستخدم تلك الأنواع من الطلاء الخاص لحماية الأجزاء المعدنية داخل المحركات النفاثة من الأكسدة والصدأ والتآكل. هذه النوعية من المواد يمكن تصنيفها إلى "ألومونيد"، و"كروميد"، وتعتمد على الألومنيوم والكروم والماغنسيوم. يستخدم أيضا أنواع من "الزركونيا" لحماية أجزاء التوربينات الغازية التى تعمل فى درجات حرارة عالية.

- **مواد التزييت والتشحيم الصلبة Solid Lubricants**

يصاحب تطور المحركات ارتفاع فى درجات الحرارة، وارتفاع فى نسبة الغازات المؤكسدة، مما يؤثر على حالة الزيوت ومواد التشحيم السائلة التى لا تتحمل فى صورتها الحالية أكثر من ٢٥٠-٣٥٠ درجة مئوية. لذلك يتم تصنيع

مواد جديدة تمتلك خاصية ذاتية على مقاومة الاحتكاك من الجرافيت أو كبريتيد الموليبدينوم. كذلك جرى تطوير نوعيات من الطلاء قادرة على مقاومة الاحتكاك مثل أكسيد الرصاص الأحادى والكالسيوم كلورايد.

- **المواد القابلة للنفخ أو الفرد**

هذه المواد مرشحة للاستخدام مع ألواح الطاقة الشمسية، والعواكس، وكطلاء للتحكم فى الحرارة داخل وخارج الأقمار الصناعية، وهوائيات الرادار، ونظم الاتصالات، والتصوير الضوئى. بعض المواد يتم تطويرها لتكون مقاومة للإشعاعات أو الأكسوجين الذرى، أو أن تكون شفافة وتتميز بالثبات الحرارى. وتجرى أيضا الأبحاث لتطوير نوعية من الأغشية البوليمرية ذات سطح عاكس معدنى مع توفر إمكانية تغيير خصائص الغشاء من منطقة إلى أخرى للتحكم فى الشكل بعد النفخ.

- **المواد الذكية Smart Materials**

تحتوى هذه المواد فى تركيبها الداخلى على مستشعرات ومشغلات ونظم تحكم إلكترونية لأداء وظائف جديدة مثل استشعار حالة البيئة المحيطة بالمادة والاستجابة لهذا الاستشعار. هناك أيضا اهتمام بمواد السيراميك ذات الخصائص الإلكترونية النشطة Piezoelectric and electrostrictor materials والألياف الضوئية، وفى حالة المواد المعدنية يتجه الاهتمام إلى التطبيقات المغناطيسية (الذاكرات المغناطيسية). هذه المواد يتم استخدامها فى إخماد اهتزازات مراوح الطائرات والتحكم فى معدلات لي الأجزاء Twist Control وتصنيع أسطح التحكم adaptive control surfaces للطائرات والمركبات الجوية بدون طيار.

- **التصنيع الذكى للمواد**

هذه النوعية من التكنولوجيا هدفها فى الأساس إنتاج المواد الجديدة بتكلفة أقل مع التحكم فى الجودة وتوسيع مجالات الاستخدام، ويتم ذلك عن طريق التحكم فى طريقة التصنيع ومتغيرات الإنتاج. يستخدم فى عملية الإنتاج مجموعة من المستشعرات لقياس خصائص المادة مع توصيلها مباشرة بنموذج للتحكم فى طريقة الإنتاج فى وجود قاعدة بيانات ذكية Expert System.

- **تكنولوجيا التصغير "نانو تكنولوجى Nanotechnology"**

الهدف المستقبلى من استخدام "النانو تكنولوجى" فى تطوير المواد هو التحكم فى هيكل المادة على المستوى ثلاثى الأبعاد، والتأثير فى مراحل التصنيع، والتدخل على المستوى الذرى. هذه الأهداف تحدد مجال "النانو تكنولوجى Nanotechnology" الذى يفتح الطريق إلى إنتاج مواد مناسبة لكل تطبيق بمرونة عالية، وإعطاء المواد قدرات ذكية، والتدخل فى تخليقها إلى حد وضع كل ذرة فى مكانها المحدد لتحقيق المواصفات المطلوبة. وعلى هذا الأساس فإن كل مادة يمكن تخيلها وتحديد مواصفاتها بدقة يمكن الوصول إلى هيكلها الذرى إذا لم يكن تحقيق ذلك يتعارض مع قوانين الفيزياء المعروفة. النانو تكنولوجى تقوم على مفهومين أساسيين: التحكم الوضعى أو المكانى Positional Control (العمل على وضع المجموعات الجزيئية molecular parts فى مكانها الصحيح)، ومفهوم التكرار الذاتى self-replication لخفض التكلفة.

- **المواد المخلقة حسابيا Computationally driven materials**

ويمثل تخليق المواد حسابيا أحد المفاهيم الجديدة فى علم تخليق المواد. ويقوم على تطوير نماذج حسابية متعددة المستويات بدءا من المستوى الذرى

اعتمادا على قوانين ميكانيكا الكم، وانتهاء بالنماذج التقليدية لتمثيل المادة فى صورتها "المتصلة" continuum. وسوف تركز البحوث المستقبلية على تمثيل المادة حسابيا على الحاسب، وتمثيل طريقة تصنيعها، ثم الامتداد بعد ذلك إلى المنظومة الهندسية التى سوف تشارك فى بنائها.

٥- تكنولوجيا المواد: تحديات المدى القريب

يتمثل التحدى الحالى الذى يواجه استخدام المواد الجديدة فى محاولة الوصول إلى تكلفة مناسبة لها (ثمن الخامات الأساسية، وتكلفة تصنيع المادة الجديدة نفسها، وتكلفة تحويلها إلى أجزاء، ثم تكلفة الاختبارات وتكلفة صيانتها خلال العمر الافتراضى أو دورة الحياة). يعتبر عدم الفهم الكامل للكيفية التى تنهار بها المادة الجديدة تحت وطأة الأحمال وظروف التشغيل "ميكانيزم الفشل أو الانهيار" failure mechanism أحد التحديات الأساسية التى تواجه استخدام المواد الجديدة، الأمر الذى دفع فى اتجاه التحفظ والبعد عن اتخاذ مخاطرات تكنولوجية واسعة والالتزام بسياسات تصميمية وتصنيعية متحفظة. بشكل عام هناك أربعة عوامل أساسية يمكن أن تؤثر فى تحقيق النجاح عند استخدام المواد الجديدة:

- التغلب على الحاجز الثقافى المتمثل فى التمسك بالمواد والأساليب التصنيعية التقليدية.
- وجود فرصة استخدام مناسبة للمادة الجديدة.
- تطوير كل الجوانب التكنولوجية المتعلقة بالمادة الجديدة.
- إثبات صلاحية تلك المادة للتطبيق العملى.

٦- تكنولوجيا المواد: تحديات المدى البعيد

سوف يشهد القرن الواحد والعشرون الكثير من المواد الجديدة التى يتم تخليقها حسابيا داخل الكومبيوتر على المستوى الذرى والجزيئى لتلائم تطبيقات ومهام محددة. وهذه المواد الجديدة سوف تكون قابلة للبرمجة وذات وظائف متعددة وقادرة على تغيير شكلها وخصائصها الميكانيكية والكهربية والمغناطيسية والضوئية والصوتية حسب الطلب. وعموما فإن التكنولوجيات الآتية سوف تشكل محاور للبحوث فى مجال تكنولوجيا المواد على المدى الطويل:

- **مواد ذات وظيفة متغيرة Functionally graded materials**

تطوير طرق تصنيع تكسب المواد القدرة على تغيير تركيبها وخواصها مع الزمن والبيئة المحيطة بها، بحيث يمكن لنفس الجزء تحمل ظروف خارجية مختلفة. هذه المواد سوف تتيح للباحثين بناء أجسام وهياكل معقدة بدون اللجوء لتوصيل أكثر من جزء معا. ومن أهم التطبيقات الحالية المرشحة لتلك المواد: المركبات البيزوكهربية، والكهروحرارية، والأجهزة المغناطيسية والأجزاء المكونة من مواد معدنية وسيراميكية.

- **مواد مزودة بقدرات وظيفية خاصة Function-Integrated Materials**

تعتبر هذه النوعية من المواد امتدادا للمواد الذكية، حيث تحتوى على قدرات وظيفية خاصة وتمتلك القدرة على استشعار المجالات الكهربية والمغناطيسية..الخ. ومن التطبيقات المحتملة لتلك المواد: "الطلاء البطارية أو البطارية فى صورة طلاء" sprayable and adhesive batteries، الخلايا الضوئية لأجنحة الطائرات، مواد مركبة فى صورة طلاء تقوم بوظيفة هوائى الإرسال أو الاستقبال فى أجهزة الرادار أو الراديو.

- **مواد "النانو" Nanophase material**

يتم إنتاج هذه المواد بدمج حبيبات ناعمة جدا من نفس المادة وتكوين عناقيد من ذرات داخل مستويات من الأبعاد فى حدود النانومتر (١/بليون من المتر). هذه الحبيبات هى الأساس الذى تبنى منه المادة الجديدة. والحبيبة فى المادة العادية تصل أبعادها إلى عدة ميكرونات (١/مليون من المتر) إلى ميليمتر وتحتوى على عدة بلايين من الذرات، أما المواد فى حالة "النانو" فلا تصل فى أبعادها لأكثر من ١٠٠ نانومتر، ولا تحتوى إلا على أقل من عدة آلاف من الذرات. الخصائص الميكانيكية والضوئية والكيماوية والمغناطيسية والكهربية لمواد "النانو" يمكن تحقيقها من خلال التحكم فى حجم الحبيبات الأساسية. بالإضافة إلى ذلك فإن تقليل حجم الحبيبات فى حالة المواد السيراميكية يؤدى إلى خفض الحرارة المطلوبة لتصنيع تلك المواد. وتستخدم مواد السيراميك المصنعة بتكنولوجيا "النانو" كعازل حرارى لمحركات الطائرات والصواريخ. المواد المعدنية-السيراميكية المركبة بتكنولوجيا "النانو" من المحتمل أن تساعد فى إنتاج هوائيات عالية الكفاءة، ذات أبعاد صغيرة للغاية لاستخدامها فى الطائرات.

- **المواد المحاكية للمواد البيولوجية " البيوميمتك" Biomimetic**

تهدف تكنولوجيا "البيوميمتك" إلى تطوير مواد محاكية فى تركيبها وطريقة تخليقها للمواد المستخدمة فى النظم البيولوجية. من المزايا الفريدة لتلك المواد تعدد الوظائف، "هيراركية" التنظيم"، القدرة على استعادة الخصائص بعد فقدها "إصلاح ذاتى"، التأقلم مع الظروف المختلفة، القدرة على التحمل. أضف إلى ذلك أن النظم البيولوجية لا تفرق بين "المواد" و "الهياكل" التى تبنى منها تلك المواد. عملية التصميم والبناء فى النظم الحية تتحقق بشكل متكامل وتؤدى إلى

إنتاج أجزاء متعددة الوظائف متوازنة من ناحية الكفاءة والثمن، قادرة على التحمل، أداؤها متوافق مع احتياجات الكائن الحى. وتشتمل المواد البيولوجية المركبة على العظام والأسنان، وتتكون من مواد بوليمرية كنسيج مدعم بمواد غير عضوية. ويمكن أن يؤدى فهم الآليات المستخدمة فى نمو المواد العضوية مع وجود خبرة مستفادة من تخليق المواد المركبة إلى مواد وتركيبات أعلى فى مستواها من المستخدمة حاليا فى النظم الفضائية.

٧- الموقف الحالى لتكنولوجيا المواد فى مصر

تعتبر مصر بصفة عامة دولة مستوردة للمواد ذات الخصائص والمواصفات الهندسية العالية. ويتركز الإنتاج المحلى من المواد فى المواد الفلزية مثل الحديد والنحاس والرصاص والألومنيوم من النوعية المناسبة لأعمال المعمار والبناء ولإنتاج بعض أنواع الأدوات المنزلية. أما المواد اللازمة لبناء النظم الهندسية والمعرضة لأحمال ميكانيكية وحرارية عالية فيتم استيرادها من الخارج لصالح قطاع الصناعة والنقل (السكة الحديد، وترسانات السفن، وورش السيارات) والبترول وقناة السويس ..الخ.

ولقد ظهر الاحتياج للمواد المتقدمة تكنولوجيا والقادرة على العمل فى ظروف تشغيل خاصة عندما تبنت مصر عددا من برامج الطاقة النووية والتسليح المتطور خلال فترة الستينات وما بعدها، وما تلا ذلك من إنتاج بعض النظم العسكرية داخل المصانع المصرية بتصريح من الشركات الأجنبية المنتجة والمطورة لتلك النظم. وفى إطار تلك البرامج تم استيراد الخامات الفلزية ذات المواصفات الخاصة مثل سبائك الحديد-النيكل، وسبائك الألومنيوم من الخارج. وفى إطارها أيضا ظهر الاهتمام بشكل محدود بالمواد المركبة المتقدمة خصوصا المعتمدة على الألياف الزجاجية وتكونت بعض الخبرات المحلية

المحدودة فى مجال التصنيع والاختبار. وبالنسبة لمواد البلاستيك فقد انتشرت على نطاق واسع لتغطية تطبيقات تجارية ذات مستوى تكنولوجى تجارى مع استيراد معظم خاماتها الأولية من الخارج. وبالنسبة للمواد السيراميكية هناك صناعة قديمة مقارنة بباقى أنواع المواد تركزت فى صناعات الزجاج والبناء والمكونات الحرارية اللازمة لصناعة الأفران والصناعات الفلزية. ومع ذلك لم يصل مستوى تلك الصناعات إلى الحد الذى يمكنها من إنتاج مواد متقدمة تصلح للاستخدام فى بناء المحركات أو أية استخدامات أخرى تتعرض لأحمال ميكانيكية أو حرارية عالية لفترة تشغيل طويلة. ويمكن أن نلخص الموقف الحالى لإنتاج المواد الهندسية الأساسية فى مصر فى الآتى:

أ- الألومنيوم:

تنتج مصر حاليا حوالى ٢٣٠ ألف طن من خامات الألومنيوم مقسمة كالآتى: ١٨٥ ألف طن بواسطة مصنع نجع حمادى، والباقى من إنتاج شركة السعد والشركة العربية وشركات أخرى. ويعتمد إنتاج الألومنيوم على خامة "البوكسيت" المستوردة من الخارج. وتنتج مادة الألومنيوم فى صورة قطاعات وأقراص وألواح ولفائف ورقائق وبلاطات واسطوانات ومسبوكات وأسلاك.

ب- الحديد والصلب:

يصل الإنتاج المحلى إلى حوالى ٤ مليون طن سنويا مقسمة إلى: مليون طن من مصنع الحديد والصلب بحلوان، واحد ونصف طن من مصنع الدخيلة، وثلاثة أرباع الطن من مصنع العز، وثلاثة أرباع الطن من مصانع أخرى. وينتج مادة الحديد فى صورة قطاعات وألواح وشرائط ولفائف وحديد تسليح ومسبوكات وأسلاك.

ج- النحاس:

تنتج معظم خامات النحاس بواسطة شركة النحاس المصرية ويصل إنتاجها السنوى إلى حوالى ٥٠ ألف طن. وتنتج مادة النحاس فى صورة أسلاك ومدرفلات وأقراص وألواح.

د- الرصاص:

ينتج بكميات صغيرة ويستخدم الجزء الأكبر منه فى صناعة البطاريات.

هـ- الحراريات:

وتنتج فى صورة خامات حرارية ومنجزيت (حوالى ٨٤٠٠٠ طن) وزجاج مسطح شفاف ومنقوش (٢٣٩٥١ طن)، وزجاج سيارات، وعبوات زجاجية ومنتجات عزل حرارى للاستخدامات الصناعية، ومرايا وكريستال (حوالى ٦٠٠٠ طن)، وبورسالين وبلاط قيشانى وطوب رملى وأسمنتى ورخام وجرانيت..الخ.

اعتمدت البيانات السابقة على وثيقة "إجمالى الإنتاج الصناعى موزعا حسب الصنف عام ١٩٩٦-١٩٩٧" الصادرة عن الجهاز المركزى للتعبئة والإحصاء، وكذلك بعض البيانات المتوفرة الأخرى لدى "مركز بحوث الفلزات" بالتبين- حلوان. وطبقا لبيانات الجهاز المركزى للتعبئة والإحصاء يصل إجمالى قيمة الإنتاج المحلى للصناعات المعدنية خلال عام ١٩٩٦-١٩٩٧ إلى حوالى ٤٥١٧ مليون جنيه (٣٥٥٥ مليون جنيه قيمة إنتاج قطاع الأعمال العام و٩٦٢ مليون جنيه قيمة إنتاج القطاع الخاص)، وبالنسبة لإجمالى قيمة الإنتاج المحلى لقطاع التعدين والحراريات عن نفس الفترة فيصل إلى حوالى ٤١٠٨ مليون جنيه (٣٠١٩ مليون جنيه قيمة إنتاج قطاع الأعمال العام و١٠٨٧ مليون جنيه قيمة إنتاج القطاع الخاص).

٨- الظروف المحلية المؤثرة وإمكانية إحداث طفرة تكنولوجية فى مجال المواد

لا يوجد حتى الآن على المستوى القومى برنامج متكامل لتطوير تكنولوجيا المواد والخامات الهندسية بهدف تقليل الاستيراد وتعميق التصنيع المحلى وتحسين نوعية المنتج وقدرته على المنافسة؛ وذلك برغم تزايد الاحتياج المحلى للمواد الجديدة المتقدمة وأهمية توفير تلك المواد للتطبيقات العسكرية الخاصة فى مجال الصواريخ والمقذوفات وفى دعم البرامج المحلية المتصلة بالفضاء. ومما يزيد من ضرورة الاهتمام على المستوى القومى بتكنولوجيا المواد وجود كثير من الخامات الأولية المناسبة لتصنيعها وتطويرها داخل البلاد، مثل المواد المشتقة من زيت البترول والألياف العضوية بأنواعها المختلفة وكذلك المواد الأخرى المتوفرة فى الصحراء المصرية والتى يمكن أن تستغل فى تطوير مواد سيراميكية متطورة عالية القيمة للتطبيقات المدنية والعسكرية. ولقد بدأ الاهتمام بالمواد الجديدة والمتقدمة عندما قررت الدولة إنشاء "معهد المواد الجديدة والتكنولوجيا المتقدمة" فى إطار "مدينة مبارك للأبحاث العلمية والتطبيقات التكنولوجية" كمركز متخصص لتطوير تكنولوجيا المواد وتبنى برنامج قومى فى هذا المجال.

وفى الحقيقة هناك عدد من الاعتبارات تجعل من تكنولوجيا المواد الجديدة أحد المجالات المرشحة لأن تحدث مصر فيها طفرة تكنولوجية. هذه الاعتبارات تتصل فى مجملها بحجم "الحاجة" لتلك المواد أمنيا وتنمويا، وكذلك توفر الخامات الأساسية المطلوبة للدخول فى تلك التكنولوجيا الحرجة، كذلك وجود الفرصة المتاحة لأن يتصل الجهد الداخلى فى مجالات البحث والتطوير بالجهد العالمى نظرا لحداثة هذا المجال نسبيا، ويتضح ذلك من الآتى:

أ- هناك ارتباط وثيق بين معظم المجالات التكنولوجية التى بدأت مصر فى الآونة الأخيرة التخطيط للنهوض بها على المستوى القومى، والتطور الكبير الحادث حاليا فى مجال المواد على المستوى العالمى. فالمواد الجديدة تعتبر لبنة أساسية للتطور التكنولوجى فى مجال الفضاء، والطاقة النووية والتقليدية والمتجددة، والإلكترونيات، والبحوث البيولوجية والطبية، والاتصالات والمواصلات ..الخ. ولذلك فإن أية خطة قومية فعالة للتطوير التكنولوجى فى المجالات السابقة لن تكتمل إلا فى وجود قاعدة أساسية للبحوث والتطوير فى مجال المواد الجديدة.

ب- الأهمية المتزايدة للمواد الجديدة فى مجال الدفاع والأمن القومى، فالتطور الحادث فى مجال المحركات الصاروخية بأنواعها المختلفة، وهياكل المقذوفات، وتكنولوجيا "الاختفاء" من الرادار Stealth Technology ووسائل الكشف الأخرى، وحماية المدرعات، وتكنولوجيا البصريات والليزر وغيرها كلها تعتمد فى تطورها على المواد الجديدة.

ج- تزايد الاعتماد بدرجة كبيرة فى الصناعات المدنية على المواد الجديدة مع تغير كثير من المفاهيم الأساسية المرتبطة بتلك الصناعات نتيجة التطور الحادث فى المواد الهندسية. فالمواد الجديدة قد أصبحت تمثل عصب التطور فى المجالات الآتية: صناعة السيارات، مواد العزل الحرارى والكهربى، مواد الاحتكاك، المواد المستخدمة فى المجالات الكهرو مغناطيسية، صناعة السفن واليخوت، صناعات السكك الحديدية، صناعة الأدوات الرياضية.

د- وجود ثروة كبيرة من الخامات الأساسية فى مصر يمكن الاعتماد عليها فى تنفيذ برنامج طموح لتطوير مواد جديدة تغطى احتياجات الصناعة والأمن القومى وتخلق مجالا واسعا للتصدير إلى الخارج.

هـ- وجود مشاريع قومية طموحة فى مصر للتوسع الجغرافى فى بيئة معظمها صحراوية. ومن المتوقع أن يرتبط بتلك المشاريع أنشطة بحثية وتكنولوجية موازية فى مجال الطاقة المتجددة والتوسع العمرانى والزراعى؛ والمواد الجديدة تمثل عصبا مهما لهذه المجالات.

و- من الواضح أن المياه والتكنولوجيات المرتبطة بها سيكون لها أهمية محورية بالنسبة لمستقبل التطور والنمو فى مصر. والمواد الجديدة لها استخدامات متعددة فى محطات تحلية مياه البحر ومعالجة المياه العسرة وأعمال التنقية وغير ذلك من الأنشطة المتصلة بقضية توفير المياه الصالحة للزراعة والاستخدام الآدمى.

ز- التحول التدريجى للاعتماد على الغاز كوقود فى الصناعة وفى السيارات سوف يخلق صناعة واسعة لخزانات الضغط العالى ذات المواصفات الهندسية الخاصة، بالإضافة إلى الاهتمام المتزايد بسلامة البيئة كل ذلك سوف يزيد من أهمية توفر قاعدة تكنولوجية متميزة فى مجال المواد الجديدة.

ح- تزايد الطلب الداخلى على المواد الجديدة لأغراض الصناعة والدفاع والاستخدامات الأخرى المدنية سوف يدفع بأنشطة البحث والتطوير ناحية الاهتمام بتخليق وتصنيع تلك المواد محليا، والاهتمام بتكلفتها الاقتصادية، وطرق تحديد خواصها، وأسلوب "خدمة" هذه المواد بعد الاستخدام (إصلاح،

صيانة، وتخزين، إعادة استخدام،..)، وكيفية تصنيع أجزاء ومكونات ونظم منها، وكذلك أثرها على البيئة فى كل مراحل التعامل معها.

ط- إن الجهد المصرى فى مجال المواد الجديدة يجب ألا يوجه فقط فى اتجاه الوفاء بالاحتياجات المحلية ولكن من المهم أيضا أن يعكس هذا الجهد قدرا من المشاركة فى النشاط العالمى لتطوير تكنولوجيا المواد والذى يدور فى إطاره العام حول تحقيق القدرة على تخليق المواد الجديدة حسابيا داخل الكومبيوتر على المستوى الذرى والجزيئى لتلائم تطبيقات معينة، وكذلك تخليق مواد ذات وظائف متعددة وقادرة على تغيير الشكل والخصائص الميكانيكية والكهربية والمغناطيسية والضوئية والصوتية حسب الطلب ومحاكاة وظائف الأعضاء الموجودة فى الإنسان أو الحيوان. إن هذا الجهد سوف يكون له عائده الاقتصادى بصرف النظر عن مدى وصوله داخل مصر إلى المستوى التطبيقى أو الصناعى.

٩- المجالات ذات الأولوية لإحداث تطور فى تكنولوجيا المواد

أ- المواد المركبة Composite Materials:

هذه النوعية من المواد والتى تعتمد فى الأساس على تكنولوجيا الألياف والبوليمرات مرشحة لاحتلال موقع الأولوية فى تطوير المواد الجديدة نظرا لأهمية استخدامها فى الصناعة وفى أعمال البناء والمعمار والأدوات الرياضية والسيارات والسكك الحديدية بالإضافة إلى أهميتها المحورية فى تطبيقات الفضاء والطيران ونظم الدفاع وغير ذلك من التطبيقات التى أخذت فى التحول من استخدام الخامات المعدنية التقليدية إلى المواد المركبة بأشكالها المختلفة. وهناك عدد من المجالات تعتبر ضرورية لتطوير المواد المركبة منها تكنولوجيا تصنيع

الألياف والبوليمرات بأنواعها المختلفة، وكذلك تطوير طرق التصنيع والاختبار. ويتضمن العمل فى هذا المجال الأنواع الآتية من المواد المركبة:

- المواد المركبة ذات الوسط الفلزى Metal Matrix Composites
- المواد المركبة ذات الوسط السيراميكى Ceramic Matrix Composites
- المواد المركبة ذات الوسط البوليمرى Polymer Matrix Composites

ب- المواد الفلزية

صناعة سبائك الصلب المخصوص صناعة ناشئة فى مصر، وتوجد حاليا وحدة جديدة فى مرحلة الإنتاج الأولى ملحقة بمصنع ١٠٠ الحربى التابع للهيئة القومية للإنتاج الحربى، وتنتج الوحدة حاليا كميات صغيرة من الصلب عالى الجودة للاستخدامات الهندسية والعسكرية. ومن المتوقع أن يفتح هذا الجهد الطريق لتنشيط الأبحاث فى مجال تطوير السبائك المعدنية بأنواعها المختلفة وإنتاجها بكميات تناسب الاحتياجات الداخلية. ومثال ذلك سبائك الألومنيوم - ليثيوم وتطوير تكنولوجيا تصنيع الأجزاء من التيتانيوم والمواد المستخدمة لتخزين الهيدروجين، واستخدام تكنولوجيا "النانو" فى تخليق مواد معدنية جديدة وسبائك الحديد-نيكل السوبر والسبائك المغناطيسية Magnetic Alloys، والمواد فائقة التوصيل للكهرباء Super conducting materials.

ج- المواد السيراميكية

ويشمل هذا المجال تطوير المواد التالية:

- السيراميك المقاوم لدرجات الحرارة العالية High Temperature Ceramics
- المواد المستخدمة فى تصنيع الإلكترونيات لأغراض التصنيع والتصدير.
- مواد الزجاج الخاص المستخدم فى صناعة البصريات والليزر.

- مواد سيراميكية سهلة التشكيل وذات خصائص ميكانيكية وحرارية عالية.

Titanium Silicon Carbide ، Titanium Silicon Nitride.

- الدخول فى مجال تصنيع أدوات القطع والتشكيل الصناعية بأنواعها المختلفة Cutting tools

١٠- السياسات والآليات اللازمة لإحداث تطوير تكنولوجى فى مجال المواد

يتضح مما سبق أن مصر فى حاجة إلى استراتيجية متكاملة لإحداث تطوير فى مجال تكنولوجيا المواد بالصورة التى تؤدى إلى إحداث تحول حقيقى من مجرد الاقتصار على إنتاج المواد التقليدية إلى دخول مجال المواد الجديدة التى أصبحت الصناعة الحديثة أكثر اعتمادا عليها. والاستراتيجية المطلوبة يجب أن تقوم على عدد من المحاور لتنفيذ مجموعة من المهام بعضها يقع على عاتق الدولة خاصة فى مجال البحوث والصناعة والتعليم وبعضها يقع على عاتق القطاع الخاص من ناحية توجيه الاستثمارات اللازمة لإحداث التطور المطلوب. وفى هذا الإطار يمكن الإشارة إلى استراتيجية عمل لتطور تكنولوجيا المواد فى مصر تقوم على المحاور الآتية:

أ- دراسات عن الخامات الأساسية :

١. التعرف على الاحتياجات الحالية والمستقبلية من المواد الجديدة ومستوى الطلب الحالى عليها، وحجم ومصادر الاستيراد من الخارج.

٢. تحديد مصادر الخامات الأولية المتوفرة محليا والممكن استخدامها لتصنيع المواد الجديدة فى المستقبل.

٣. معرفة مواصفات الخامات الأولية المتوفرة محليا ومعرفة مدى صلاحيتها للاستخدام فى مجال تطوير المواد الجديدة.

٤. وضع مواصفات محلية لتلك النوعية من المواد.

ب- تطوير مؤسسات وبرامج البحوث فى مجال المواد الجديدة

١. معهد بحوث المواد الجديدة بمدينة مبارك للأبحاث العلمية والتطبيقات التكنولوجية:

تخطيط برامج البحوث والتطوير فى هذا المركز على أساس أنه مركز قومى متخصص فى مجال المواد الجديدة وتزويده بالإمكانات البشرية والبحثية التى تمكنه من تحقيق هذا الهدف.

٢. التنسيق بين مراكز البحوث المتخصصة فى مجال المواد مثل مركز بحوث الفلزات، والمركز القومى للبحوث، والأقسام المتخصصة فى الجامعات، ومراكز البحوث فى الإنتاج الحربى والقوات المسلحة لوضع برنامج عمل لمبادرة موحدة فى مجال المواد.

٣. إنشاء معامل للقياس والفحص والاختبار وتدريب القوة البشرية اللازمة لذلك.

ج- التخطيط لإقامة صناعات أساسية تخدم برنامج تطوير المواد الجديدة

١. صناعة الألياف المستخدمة فى تصنيع المواد المركبة Fiber Technology.

٢. صناعة الراتنجات Resins.

٣. صناعة المادة الأساسية للخلايا الشمسية من المواد المحلية.

٤. إنشاء مركز صناعى لإنتاج وتطوير السبائك المعدنية المتطورة.

٥. عمل دراسات للتكلفة وحجم السوق.

د- تبنى حزمة من مشـــاريع "جـدوى وعـرض التكنولوجيـة" فـى مجـال المواد Technology Demonstration projects التى يمكن تمويلها بواسطة القطاع الخاص وبدعم من الدولة فى المجالات الآتية:

- الإلكترونيات والخلايا الشمسية.
- صناعة هياكل ومحركات السيارات.
- هياكل الطائرات الخفيفة لأغراض الاســتخدام الشـخصى والأغـراض الزراعية.
- أوعية الضغط العالى للغاز الطبيعى.
- الهندسة المدنية والتعمير والبناء فى المناطق الصحراوية.
- تحلية المياه وتنقيتها.
- الصناعات الطبية والبيولوجية.
- توليد الطاقة بأنواعها.
- التطبيقات العسكرية.
- غير ذلك من المشاريع المقترحة.

هـ- التعليم والتدريب

(١) تطوير برامج التعليم العام والفنى والجامعى لتغطية المتغيرات المتزايدة فى مجال تكنولوجيا المواد.

(٢) تأهيل القوة البشرية اللازمة للعمل فى مجال المـــواد الجديـدة علـى المستوى البحثى والصناعى والإنتاجى وخدمات الصيانة والإصلاح.

(٣) استكشاف محاور التعاون الدولى على مستوى نقل التكنولوجيا والتعليم والتدريب والبحوث ومشاريع الاستثمار المشتركة.

١١- المعالم الرئيسية لتطور تكنولوجيا المواد فى مصر حتى سنة ٢٠٢٠

كما أشرنا من قبل، لا توجد حتى الآن خطة عامة على المستوى القومى فى مصر تعكس استراتيجية محددة لتطوير تكنولوجيا المواد استجابة للاحتياجات المتزايدة فى الصناعة والدفاع والطاقة وباقى مجالات التطوير التكنولوجى الأخرى. ومع ذلك هناك درجة عالية من الوعى بأهمية التطور فى تكنولوجيا المواد يمكن أن نلحظه على مستوى أكاديمية البحث العلمى والإنتاج الحربى والصناعة والجامعات:

- بالنسبة **لأكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا** يتم إجراء بحوث متنوعة فى مركز بحوث الفلزات والمركز القومى للبحوث لتحضير بعض أنواع المواد المركبة البوليمرية والسيراميكية وبعض أنواع السيراميك للأغراض البيولوجية والمواد المستخدمة فى تصنيع الخلايا الضوئية وإنتاج السبائك المعدنية بالتبريد المفاجئ، وأبحاث أخرى خاصة باستخدام الميكروسكوب الإلكترونى والأشعة السينية فى توصيف المواد (أنظر ملخصات بحوث ندوة استعراض نماذج من حصاد خطة المركز البحثية الثالثة ١٩٩٥-١٩٩٨، فى الفترة من ٨-١٣ مايو ١٩٩٩).
- تحت مظلة أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا تشكلت فى عام ١٩٩٥ "**اللجنة القومية لتكنولوجيا المواد الجديدة والمتقدمة**" من مجموعة من علماء الجامعات ومراكز البحوث والصناعة والمتخصصين فى مختلف فروع المواد الجديدة والمتقدمة. يشارك فى اللجنة أعضاء من المركز القومى للبحوث ومركز بحوث وتطوير الفلزات وهيئة الطاقة النووية والهيئة القومية للإنتاج الحربى وجامعة القاهرة والإسكندرية وقناة السويس والجامعة

الأمريكية. ويهدف عمل اللجنة إلى وضع تصور لاستراتيجية قومية متكاملة للمواد الجديدة والمتقدمة على مستوى البحث العلمى والتطبيق التكنولوجى والعمل على زيادة الوعى بأهمية التقدم فى مجال المواد فى نطاق التعليم والبحث العلمى وفى الصناعة، ودعم التعاون بين الهيئات والمؤسسات المختلفة فى هذا المجال.

- على **مستوى الهيئة العربية للتصنيع** هناك اهتمام بإنتاج وتطوير المواد المركبة القائمة على الألياف الزجاجية، مع توفر وحدات إنتاج ووسائل تقييم وقياس.

- على مستوى **وزارة الإنتاج الحربى** هناك مصنع الصلب المخصوص بمصنع ١٠٠ الحربى الذى بدأ إنتاجه بالفعل بشكل محدود وسوف يتطور فى المستقبل ليصبح مركزا لإنتاج أنواع متنوعة من السبائك المتطورة. ومع توفر وسائل إنتاج من أفران خاصة ووحدات درفلة من الممكن أن تتحول تلك الوحدة فى المستقبل إلى ذراع صناعى لوحدات البحوث والتطوير فى مجال المعادن على المستوى القومى.

- **فى الجامعات** هناك اهتمام على المستوى التعليمى والبحثى بالمواد الجديدة وتطبيقاتها المختلفة مع التركيز على الجانب النظرى لعدم توفر الإمكانات المعملية المناسبة لتلك النوعية من التطبيقات.

- بالإضافة إلى ما سبق يعكس مشروع "**معهد تكنولوجيا المواد الجديدة والتطبيقات التكنولوجية**" الجارى إنشاؤه حاليا داخل مدينة مبارك للأبحاث العلمية والتطبيقات التكنولوجية اهتمام الدولة ووزارة البحث العلمى بوجود مركز متميز للبحث والتطوير ومخصص نشاطه لتكنولوجيا المواد. ولقد

افتتحت مدينة مبارك رسميا فى أغسطس ٢٠٠٠ ووضعت العديد من اللجان المتخصصة أهداف ووظيفة وإطار عمل معهد تكنولوجيا المواد الجديدة.

- **وعلى مستوى الحكومة** ممثلة فى رئاسة مجلس الوزراء فقد تضمن قرارها الصادر فى يوليو ١٩٩٩ تشكيل مركز تنفيذى لنقل التكنولوجيا يتبع مجلس الوزراء وأن تكون تكنولوجيا المواد ضمن ستة مجالات أخرى موضع عمل واهتمام هذا المركز.

فى إطار ما سبق، يمكن تصور المعالم الرئيسية لمراحل التطوير المتوقعة فى مجال تكنولوجيا المواد على المستوى القومى كالآتى:

- **الفترة من سنة ٢٠٠٠-٢٠٠٥ :**

- وضع استراتيجية عامة وبرنامج عمل قومى لتطوير تكنولوجيا المواد فى مصر على المستوى البحثى والصناعى والتعليمى والاقتصادى يحدد فيها دور الدولة والقطاع الخاص والاستثمار فى مصر.
- وضع استراتيجية للتنسيق على المستوى الإقليمى والعربى للبحث والتطوير والتصنيع بالنسبة للمواد الجديدة.
- الانتهاء من إنشاء "معهد تكنولوجيا المواد" بمدينة مبارك العلمية وتزويده بالباحثين المؤهلين والمعامل، ووحدات الإنتاج البحثية.
- العمل قواعد البيانات الضرورية للتخطيط فى مجال تكنولوجيا المواد وخصوصا ما يتعلق بالإمكانات البشرية والمعملية والطاقات المتوفرة فى مراكز البحوث والصناعة.
- التوسع فى وحدات إنتاج المواد المعدنية المتقدمة على مستوى الإنتاج الحربى والقطاع الخاص.

- إنشاء معامل مركزية متطورة للمواد مهمتها خدمة البحث والتطوير والصناعة.
- تطوير مناهج التعليم فى الجامعات فيما يخص تكنولوجيا المواد، وتوجيه الدراسات العليا للبحث فى مجالات المواد الجديدة وتطبيقاتها.
- النهوض بأنشطة التأليف والكتابة والترجمة وتبسيط العلوم فيما يختص بعلم وهندسة المواد بهدف زيادة الوعى بالدور الاستراتيجى والاقتصادى للمواد الجديدة والمتقدمة.
- الانتهاء من الدراسات الخاصة بالخامات المحلية وبدء تنفيذ خطط الاستثمار لاستغلال تلك الخامات.
- بدء عدد من الصناعات الأساسية المغذية لإنتاج المواد الجديدة فى إطار الاحتياجات العامة للدولة فى المجالات المختلفة وإمكانات التصدير للخارج.

- **الفترة ٢٠٠٥-٢٠١٠**

- ربط الإنتاج المحلى البحثى والصناعى من المواد الجديدة ببرامج التطوير التكنولوجى الأخرى (الفضاء – الطاقة – صناعات النقل – التوسع العمران – تحلية وتنقية المياه–..الخ).
- الإسهام بشكل فعال على المستوى البحثى والصناعى فى مجالات تكنولوجيا النانو، والمواد الذكية، والمواد فائقة التوصيل للكهرباء، والخلايا الضوئية، والمواد ذات التطبيقات الطبية والبيولوجي.
- تنفيذ عدد من المشاريع التطبيقية للعرض التكنولوجى Technology demonstration projects فى مجال المواد المتقدمة طبقا للاحتياجات القومية العامة.

- **الفترة ٢٠١٠-٢٠٢٠**

من المتوقع أن يتوقف طبيعة النشاط خلال تلك الفترة على ما تم تحقيقه خلال العشر سنوات الأولى من القرن القادم، وطبيعة العلاقات السياسية والاقتصادية والتكنولوجية السائدة، والمدى الذى وصل إليه التنسيق والتعاون على المستوى العالمى والإقليمى.

خاتمة

يعتبر التطور فى تكنولوجيا المواد أحد المجالات الأساسية المطلوبة للتطوير التكنولوجى فى مصر. فالمواد بطبيعتها تعتبر عنصرا رئيسيا فى بناء النظم التكنولوجية الحديثة، وبدون مواكبة التطور العالمى الذى تحقق فيها خلال العقدين الأخيرين من القرن العشرين لن يكون ميسورا الدخول فى كثير من المجالات التكنولوجية المحورية التى تعتمد فى تطورها على استخدام المواد الجديدة. وفى إطار هذه الدراسة تم استعراض آفاق التطور الحالى فى تكنولوجيا المواد على المستوى العالمى وما تحقق فيه من طفرة هائلة فى خصائص المواد الجديدة استجابة لمتطلبات صناعات الفضاء والدفاع والمواصلات والاتصالات والطاقة وغير ذلك من التطبيقات ذات المجال الاقتصادى والتجارى الواسع.

ومصر فى الحقيقة تمتلك المقومات اللازمة لإحداث تطور تكنولوجى فى مجال المواد على المستوى المحلى نظرا لتوفر كثير من العناصر المطلوبة لإحداث هذا التطور، لاسيما أن الإنتاج الصناعى فى مصر مازال يقتصر فى غالبيته حتى الآن على المواد التقليدية والاعتماد على الخارج فى استيراد المواد المتقدمة لأغراض الصناعات المدنية والعسكرية ولكثير من التطبيقات المتنوعة الأخرى.

وفى إطار الاحتياجات الوطنية، عرضت الدراسة لمستوى الوعى المتوفر بأهمية تكنولوجيا المواد على المستوى القومى فى مصر، والمؤسسات العاملة فى هذا المجال، كما قدمت توقعاتها بالنسبة للسياسات والآليات المقترحة لإحداث تطوير تكنولوجى واسع فى مجال المواد. وأوضحت الدراسة أنه من خلال أولويات محددة يمكن الوصول إلى استراتيجية متكاملة لتنفيذ مبادرة وطنية فى مجال تكنولوجيا المواد لخدمة مشاريع النهضة فى مصر. وفى كل الأحوال فإن التطور فى تكنولوجيا المواد لا يمكن أن يتم بمعزل عن التطور التكنولوجى العام فى مصر، كما لا يمكن أن يتحقق بعيدا عن التنسيق على المستوى الإقليمى والعالمى.

المراجع

(1) Ahmed K. Noor; S. Mark Spearing, W. Wade Adams; Samuel L. Venneri, "Frontier Of the material world", **Aerospace America**, April 1998, p. 24-31.

(2) Eduard D. Flin, "Stretching the uses of titanium", **Aerospace America**, June 1998, P. 20.

(3) Alan S. Broun, "Mctal matrix composites: The next generation", **Aerospace America**, June 1998, p. 26.

(4) Ahmed K. Noor; Samuel L. Venneri, Donald B. Paul, James C.I. Chang, "New Structures for aerospace systems", **Aerospace America**, November 1997, p. 26- 31.

(5) Douglas C. Ruhmann, William F. Bates, Jr., H. Benson Dexter, Raid R. June, "New materials drive high-performance aircraft", Aerospace **America**, August 1992, p. 46- 49.

(6) "Heat's on to develop high-temperature materials", Aerospace **America**, May 1987, p.12-33.

(7) "Forecasting the 80s, Material Technology", Astronautics & **Aeronautics**, July/August 1981, p. 78.

(8) J.F. Schier and R.J. Juergens, "Design impact of composites on fighter aircraft: They force a fresh look at the design proccss", **Aeronautics & Astronautics**, January 1984, p.44.

(9) Robert F. Hammar, "The advanced-composites Hurdle for 767 Production",**Astronautics & Aeronautics**, October 1980, p. 40.

(10) Richard Piellisch, "OTMCs: Blending the best of fiber and mctal", **Aerospace America**, July 1995, p. 20.

(11) Jay G. Baetz, "Metal-matrix composites: their time has come", **Aerospace America**, Novembcr 1988, p. 14.

(12) A.G. Bratukhin, V.S. Bogolyubov, "Composite Manufacturing Technology", **Soviet Advanced Composite Series**, Chapman & Hall, 1995.

(13) Edward D. Flinn, "Building ceramic parts layer by layer", **Aerospace America**, April 1999, p. 26.

(١٤) ملخصات بحوث **ندوة استعراض نماذج من حصاد خطة المركز البحثية الثالثة** (١٩٩٥-١٩٩٨)، من ٨- ١٣ مايو، ١٩٩٩ – المركز القومى للبحوث – القاهرة.

(١٥) توصيات **ندوة "المواد الجديدة والمتقدمة فى مصر: الوضع الراهن والتطوير فى مجالات البحوث والتنمية التكنولوجية والصناعة"**، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، ١٧-١٨ مارس ١٩٩٨.