كراسات علمية

سلسلة غير دورية تصدرها المكتبة الأكاديمية

تعنى بتقديم الاجتهادات العلمية الحديثة

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقى مدير التحرير أ. أحمد أمين

المراسلات :

المكتبة الاكاديمية

شركة مساهمة مصرية

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

الحاصلة على شهادة الجودة

ISO 9002

Certificate No.: 82210

03/05/2001

تكنولوجيا المواد المركبة

خلفية علمية ورؤية مصرية

obeikandl.com

obeikandl.com

تكنولوجيا المـــــــواد المركـــــبة

خلفية علمية ورؤية مصرية

م/ هبة الرحمن أحمد

الناشر
المكتبة الاكاديمية
شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٨

obeikandl.com

obeikandl.com

حقوق النشر

الطبعة الاولى ٢٠٠٨م-١٤٢٨هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الاكاديمية
شركة مساهمة مصرية
رأس المال المصدر والمدفوع ١٨,٢٨٥,٠٠٠ جنيه مصرى
١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة
القاهرة - جمهورية مصر العربية
تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)
فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استنساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

هذه السلسلة

تعد استجابة منطقية لما لقيته شقيقتها الكبري " كراسات مستقبلية " التي بدأ ظهور أعدادها الأولي عام ١٩٩٧ ، من الترحاب والتشجيع ، المقرونين بالدعوة إلي زيادة مساحة العلم في إصدارات السلسلة إلى أقصى حد ممكن.

لقد دفعتنا هذه الدعوة إلي التفكير في أن نفرد للموضوعات العلمية سلسلة خاصة ، تستحقها ، فكانت هذه السلسلة ، التي تمثل تطويرًا وتوسعًا في أحد محاور "كراسات مستقبلية" ، حيث ذكر في مقدمتها ما نصه :

"الإلمام بمنجزات الثورة العلمية والتكنولوجية ، التي تعد قوة الدفع الرئيسية في تشكيل العالم ، مع استيعاب تفاعلها مع الجديد في العلوم الاجتماعية والإنسانية ، من منطلق الإيمان بوحدة المعرفة".

ومن ملامح هذه السلسلة :

- المحافظة - على شكل المقال التفصيلي الطويل (Monograph) الذي تتميز به الكراسات عادة.
- الحرص على تقديم الاتجاهات والأفكار العلمية الجديدة ، بجانب تقديم المعارف الخاصة بمختلف المجالات الحديثة ، بشكل يسمح للقارئ "المتعلم غير المتخصص"، الذي يمثل القارئ المستهدف للكراسات ، بالقدر الكافي من الإلمام والقدرة على المتابعة.
- وفي تقديمها للاتجاهات والمعارف العلمية الحديثة ، لن تتبنى الكراسات الشكل النمطي لتبسيط العلوم ، الذي يستهدف النجاح في إضافة كمية - قلّت أو كثرت - لبعض المعارف العلمية إلى ثقافة المتلقى. إننا لا نتعامل مع العلم كإضافة ، ولكن كمكون عضوي أصيل للثقافة المعاصرة ، وهو مكون ثري، يتضمن المناهج والمعلومات والأفكار والاتجاهات.
- وتأكيدًا لعدم النمطية ، ستتسع السلسلة للتأليف والترجمة والعرض ، وتتضمن اجتهادات التبسيط والتنظير والاستشراف ، وستنطلق من أهمية تضامن المعرفة والحكمة وارتباط العلم الحديث بالتكنولوجيا technoscience ، مع التركيز على أهمية ارتباطهما معا بالأخلاق.

وبعد ، فإنني أتقدم بالشكر إلى كل الزملاء الذين تحمسوا للفكرة ، وساهموا في تقديم المادة العلمية للسلسلة. وباسمهم وباسمي أشكر الصديق العزيز الأستاذ أحمد أمين ، الناشر المثقف الذى احتفى من قبل بسلسلة " كراسات مستقبلية " ، وشجعنا على إصدار هذه السلسلة الجديدة. والله الموفق.

هذه الكراسة

تقدم فيها الباحثة المتميزة المهندسة هبة الرحمن أحمد، بكلية الهندسة – بالمركز القومى لبحوث الإسكان والبناء – ، خلفية علمية إضافية عن مجال المواد المركبة، وتتطرق إلى الرؤية المصرية للدخول فيه. لقد عرضت المهندسة الشابة بعض أنشطتها في أكاديمية البحث العلمي، ضمن لقاء مع نوادي العلوم بالأهرام، وطلبت منها أن تقدم لنا كراسة علمية عن هذه التكنولوجيا المستقبلية الواعدة.

وها هي قد وفت بوعدها وأنجزت هذه الدراسة الهامة، التي تؤكد أن "الأسرة الممتدة" لمؤلفي الكراسات تحرص على أن تتسع للأجيال الجديدة التي ستصنع مستقبلنا، قولاً وفعلاً.

لقد حرصت المؤلفة، بعد استعراض مختلف الجوانب العلمية للمواد المركبة وآفاق تطويرها وتوظيفها بحثًا وتطويرًا في مختلف القطاعات أن تقدم عرضًا مختصرًا للتكنولوجيا المصرية في تصنيع المواد المركبة، يمكن أن يكون تمهيدًا لتقديم كراسة كاملة عن هذا الموضوع. ومع قلة المنشور باللغة العربية للقارئ المتعلم غير المتخصص، تعد الكراسة الحالية إضافة مطلوبة لتعريف القارئ العربي بمجال تكنولوجي يؤثر في حياته اليومية في الحاضر والمستقبل، خصوصًا وأنها مكتوبة بأسلوب يلائم المتخصصين وغير المتخصصين على حد سواء.

obeikandl.com

المحتويـــات

فهرس الأشكال والرسوم	١٠
مقدمة المؤلف	١٣
نبذة تاريخية عن المواد المركبة	١٥
المواد المركبة	١٥
طرق تصنيع المواد المركبة	١٦
طريقة القوالب المفتوحة	١٨
طريقة القوالب المغلقة	٢٠
طريقة الحقن	٢٢
الطرق الخاصة في تصنيع المواد المركبة	٢٥
المواد المركبة ذات أساس من السيراميك Ceramic based composite	٢٩
المواد المركبة ذات أساس فلزي (معدني) Metal Matrix Composite	٢٦
العوامل المؤثرة على اختيار طريقة تصنيع المواد المركبة	٢٨
أولا: المادة الضامة Matrix	٢٩
ثانيا: طريقة التدعيم	٢٩
ملامح تصميم المنتجات المصنعة من المواد المركبة	٣١
تصميم المواد المركبة	٣١
تصميم المواد المركبة المقاومة للحريق	٣٦
الألياف و المقويات	٣٨
الأنواع الخاصة من المواد المركبة	٤٣
المواد المركبة متناهية الصغر Nano-composite	٤٥
المواد المركبة الذكية	٤٦
المواد المركبة ذات أساس من الأوكسيد oxide/oxide composite	٤٦
المواد المركبة عديدة الإضافات	٤٦
المخلفات الناتجة عن تصنيع المواد المركبة	٤٧
الاحتياطات الواجب مراعاتها عند تصميم أنظمة تصنيع المواد المركبة	٥٢
مختبرات المواد المركبة	٥٤
التطبيقات المختلفة للمواد المركبة	٦١
المواد المركبة في التطبيقات الإلكترونية و الكهربية	٦١

openkanal.com

المواد المركبة و الإنشاءات	٦٣
استخدامات المواد المركبة في التطبيقات العسكرية و الاستراتيجية	٦٧
الألواح المقاومة للرصاص	٦٧
مدرعة المستقبل من الفيبر جلاس	٦٨
أول عربة مدرعة من الألياف الزجاجية	٦٨
صناعة هياكل الطائرات الهليوكبتر (المروحيات)	٧٠
الطائرة الربوترية	٧٠
المواد المركبة في مضمار وسائل النقل و المواصلات	٧١
المواد المركبة في النقل البحري	٧١
المواد المركبة في مجال الفضاء و الطيران	٧٣
تطبيقات المواد المركبة في الزراعة و استصلاح الأراضي	٧٥
الهندسة العكسية في مجال المواد المركبة	٧٥
طريقة تحليل الانهيار	٧٧
تجميع المعلومات والبيانات ووضع صورة كاملة لظروف العمل	٧٨
استبدال المواد التقليدية بالمواد المركبة	٨٠
التقييم المختبري	٨٠
١ - اختيار المواد للتصنيع:	
٢ - خواص المواد:	
٣ - توافر المواد وتكلفتها.	
٤ - عمر المواد وإمكانية إعادة تشكيلها (Recycle & Life Service).	
٥ - البدء في عمليات التصنيع:	
التكنولوجيا المصرية في تصنيع المواد المركبة	٨١
نوع الفكرة	٨٢
تحليل الفكرة و مجال المنافسة	٨٢
الميزة التنافسية	٨٤
الخواص العامة للمادة الناتجة	٨٤
المميزات الصناعية و التصميمية للمادة	٨٤
الجديد في التكنولوجيا المصرية	٨٤

opeikanet.com

الجديد في تصميم الوحدة و مميزاتها	٨٥
المنتج	٨٥
عملية التصنيع	٨٨
التقنية المصرية في معالجة الألياف	٩٤
الخاتمة	٩٦

obeikandl.com

فهرس الأشكال والرسوم

شكل (١) تجهيز القوالب لتصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المفتوحة ١٨
شكل (٢) خطوات تصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المفتوحة ١٩
شكل (٣) تصنيع المواد المركبة في القوالب المفتوحة و التدعيم في اتجاهين متعامدين ٢٠
شكل (٤) خطوات تصنيع المواد المركبة في القوالب المفتوحة ٢١
شكل (٥) إخراج المنتج النهائي عند تصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المغلقة ٢١
شكل (٦) طريقة تسخين القوالب المغلقة المستخدمة في تصنيع المواد المركبة ٢٢
شكل (٧) تصنيع هياكل السيارات بطريقة القوالب المغلقة ٢٢
شكل (٨) ماكينات الحقن المتطورة المستخدمة في تصنيع المواد المركبة ٢٣
شكل (٩) تصنيع المواد المركبة من اللدائن المتصلدة بالحرارة ٢٤
شكل (١٠) تصنيع المواد المركبة من اللدائن الحرارية ٢٤
شكل (١١) صناعة المواد السيراميكية المركبة فائقة التوصيلية ٢٥
شكل (١٢) أوتوكلاف بحثي مستخدم لتصنيع المواد المركبة ٢٥
شكل (١٣) تصنيع المواد المركبة ذات أساس من الألمونيوم ٢٦
شكل (١٤) المواد المركبة ذات أساس معدني على شكل أعشاش النحل Honey comp ٢٧
شكل (١٥) المواد المركبة ذات الطبقات المتعددة Sandwich panel ٢٧
شكل (١٦) تصنيع المواد المركبة بطريقة الطرق والتسخين ٢٨
شكل (١٧) الطرق المختلفة لتدعيم المواد المركبة ٣٠
شكل (١٨) طريقة توزيع الألياف في المواد المركبة ٣٠
شكل (١٩) منحنى الإجهاد و الانفعال للمواد المركبة وتغيرها مع نسبة الألياف ٣٣
شكل (٢٠) اختبارات الحريق للمواد المركبة ٣٧
شكل (٢١) مقارنة بين التجربة العملية و الحسابات النظرية للبلاستيك المقوى بالفيبر جلاس (توزيع درجات الحرارة في كمرة من البلاستيك المقوى بالألياف) ٣٨
شكل (٢٢) مقارنة بين المواد المركبة و المواد التقليدية ٣٨
شكل (٢٣) الأنواع المختلفة للمواد المقوية ٤١
شكل (٢٤) الأشكال المختلفة للمواد المقوية ٤١
شكل (٢٥) الألياف المفرومة وطريقة الرش ٤٢
شكل (٢٦) الألياف الزجاجية المستخدمة في تدعيم المواد المركبة ٤٢
شكل (٢٧) التطبيقات المختلفة للمواد المركبة الذكية ٤٥
شكل (٢٨) رسم تخطيطي لمدخلات و مخرجات تصنيع المواد المركبة ٤٨
شكل (٢٩) يوضح مصادر الملوثات الغازية في المواد المركبة ٥١

obeikandi.com

شكل (٣٠) تصنيع مسربات الحرارة في الدوائر الإلكترونية	٦٢
شكل (٣١) تصنيع الأقمار الصناعية من المواد المركبة الماصة للصدمات	٦٢
شكل (٣٢) تدعيم الكباري المعلقة بالمواد المركبة	٦٦
شكل (٣٣) السترات الواقية من الرصاص المصنعة من المواد المركبة السيراميكية	٦٧
شكل (٣٤) أجزاء الطائرات المصنوعة من المواد المركبة	٧٠
شكل (٣٥) الطائرة الربوترية	٧١
شكل (٣٦)خطوات تصنيع السفن من المواد المركبة	٧٣
شكل (٣٧) تصنيع الطائرات من المواد المركبة	٧٤
شكل (٣٨) اختبارات الضغط للمواد المركبة	٧٩
شكل (٣٩) توزيع الاجهادات في لوح من المواد المركبة معرض للضغوط	٧٩
شكل (٤٠) الرسم التخطيطي لمراحل تصنيع المواد المركبة بالتكنولوجيا المصرية	٨٣
شكل (٤١) خطوات تصنيع المواد المركبة بالتكنولوجيا المصرية	٨٧
شكل (٤٢) الرسم التخطيطي لموقع المشروع	٨٨
شكل (٤٣) ماكينة المواد المركبة ذات الأشواط الأربعة (التقنية المصرية)	٩١
شكل (٤٤) قوالب تصنيع المواد المركبة بالتقنية المصرية	٩٢
شكل (٤٥) النظام اليدوي لتصنيع المواد المركبة	٩٣
شكل (٤٦) المنتجات المصرية المصنوعة من المواد المركبة	٩٣
شكل (٤٧) طريقة معالجة الألياف	٩٥

obeikandl.com

obeikandl.com

مقدمة المؤلف

عرف الإنسان المواد الهندسية منذ أن عرف الحياة، حتى أنه أرخ للعصور التى عايشها على سطح الأرض بنوعية المواد التى كان يستخدمها فى هذه العصور فأطلق على قرونه الأولى اسم العصر الحجرى حيث غلب على الإنسان استخدام الحجارة فصنع منها معداته و أدواته، وبعدها بعدة قرون بدأت عصور المعادن فى الظهور عصرًا تلو الآخر فعرف الإنسان النحاس وعرف عصرا كاملا من استخدام الأدوات النحاسية ، ثم عرف الرومان الرصاص و استخدموه فى كافة الاستخدامات المختلفة. وعرف الإنسان الثورة الأولى فى علم المواد عندما عرف صناعة السبائك عن طريق دمج معدنين أو أكثر فظهر عصر البرونز واستخدمه الإنسان فى الكثير من نواحى الحياة. وفى مطلع عام ١٨٥٩ و بعد اكتشاف البترول وبداية عصر الذهب الأسود وتكريره عرف الإنسان مشتقات و منتجات البترول المختلفة مما هيأ لبداية عصر اللدائن واستخدامها فى كافة التطبيقات، حتى يمكننا القول إننا نعيش الآن فى عصر اللدائن. وقد غيرت صناعة اللدائن من مفاهيم القوى و توزيع الثروة فى العالم حتى أن العالم أصبح ينظر إلى استخدام البترول كوقود كنوع من إهدار الثروة. والاتجاه الحديث هو استخدام البترول و مشتقاته فى صناعة البوليمرات و اللدائن. ونحن فى بدايات القرن الحادى والعشرين يؤكد الخبراء أن العصر القادم والذى بدأت تباشيره تلوح فى الأفق هو عصر المواد المركبة. فما هى المواد المركبة ؟وما مدى علاقتها بالإنسان؟ المواد المركبة عرفها الإنسان منذ عهود سحيقة، فاللجنين والسليولوز و لحاء الأشجار كلها مواد مركبة من الطبيعة من صنع الخالق (عز وجل) ومن مظاهر قدرته. بدأ اهتمام العالم يزداد بالمواد المركبة و هى المواد المؤلفة من عدة مواد غير قابلة للمزج بالطرق العادية المتعارف عليها حيث يتم عمل مادة جديدة تجمع بين خواص المواد المتباينة الداخلة فى تراكيبها، وقد بدأ الاهتمام المتزايد بالمواد المركبة منذ الحرب العالمية الثانية لتحل محل المواد التقليدية التى فى سبيلها إلى النفاد مثل البلاستيك والمعادن، وخاصة بعد استنفاذ الكثير منها فى صناعة الأسلحة والمعدات الحربية. ومع بداية عصر الفضاء و ظهور البرنامج الشهير المعروف بحرب النجوم ظهرت الحاجة لمواد جديدة فائقة القدرة وخفيفة الوزن، وبدأ عصر المواد المركبة يلوح فى الأفق ولهجت المعامل و المصانع فى شتى بقاع الأرض وخاصة فى الدول المتقدمة حيث تصنع كل يوم العشرات و العشرات من المواد المركبة للتطبيقات المختلفة. وقرابة منتصف التسعينات بدأت الأبحاث المستمرة لعمل المواد المركبة التى تستخدم اللدائن

من نوعية الثيرموبلاستيك كمادة ضامة ومازالت هذه الأبحاث تولد الجديد كل يوم خاصة بعد أن ظهرت تقنيات تصنيع المواد المركبة بالأبعاد النانومترية ... ومن هنا تعين علينا أن نقدم للقارئ العربى هذا الكتاب ليعرفه بالمواد المركبة والتى سوف نعيش عصرها فى غضون السنوات القليلة القادمة. كما أن هذه الكراسة تلقى الضوء على التقنية المصرية الجديدة فى مجال المواد المركبة والتى نرجو من الله (عز وجل) أن تكون دعامة لصناعة مصرية قوية فى هذا المضمار الواعد تقوم على تقنية و اختراعات مصرية. ونرجو أن تحقق هذه الكراسة نهم القارئ العربى غير المتخصص نحو معرفة علمية صحيحة عن هذا المجال وكذلك تكون مرشدا جيدا للقارئ المتخصص لمزيد من البحث و التطوير فى مجالات عديدة.

هبة الرحمن

obeikandl.com

نبذة تاريخية عن المواد المركبة

المواد الجديدة (New Materials) تعبير بدأ يغزو عالمنا المعاصر خاصة بعد الحرب العالمية الثانية و المواد الجديدة نعنى بها فى المقام الأول المواد الجديدة من حيث الخواص الكيمائية و الفيزيقية و الطبيعية و التى تصلح للتطبيقات الحديثة مثل المواد فائقة التوصيلية (Super conductor) والمواد فائقة التحمل للحرارة و الأحمال(Extra strength Material) أو كلاهما معا ثم يأتى بعد ذلك ما يعرف بالمواد الذكية(Smart material) وإذا أردنا إيجاز الاتجاهات البحثية الحديثة فى مجال المواد الجديدة لأمكننا تلخيصها فى اتجاهين رئيسيين وهما : تكنولوجيا تصنيع المواد المركبة (composite material)، وتقنيات المتناهيات فى الصغر.(Nano- technology)

المواد المركبة (Composite Material)

المواد المركبة: يمكن تعريف المواد المركبة على أنها هذه الأنواع من المواد التى تجمع وتضم أنواع المواد الأخرى بطريقة معينة. و بتعبير آخر المادة المركبة هى مادة تتكون من عنصرين أو أكثر من المواد غير القابلة للاتحاد مع بعضها بالطرق المألوفة كأن تضم بلاستيك+ سيراميك أو فلز + سيراميك أو فلز + بلاستيك، وقد تضم ثلاثة عناصر أو أكثر حسب الخواص المرغوبة فى المركب النهائي.

تتكون المادة المركبة عادة من خصلات من الألياف ممزوجة مع مادة أخرى تسمى المصفوفة أو المنهجية؛ وذلك لتقويتها. وأوضح أمثلة على ذلك هى فى المادة التى كان يستخدمها الفراعنة لصنع أغطية المومياوات. ومثل آخر نأخذه من عصرنا الحديث فى المانيا الشرقية سابقاً حيث كانوا يستخدمون مادة مركبة لتصفيح السيارات بها، والباكليت وهو الراتينج الصناعى الذى تتم تقويته بإضافة الزجاج أو ألياف الكربون إليه. وأحيانا نجد أن البعض يقوى الأسمنت بوضع صفائح من المعدن داخله. فيحميه من التداعى إذا تعرض لضغط عال بينما نجد أن فى الخشب مادة مقوية طبيعية كما يقول المهندسون، وذلك لوجود ألياف السيليلوز فيها. بدأ اهتمام العالم يزداد بالمواد المركبة و هى المواد المؤلفة من عدة مواد غير قابلة للمزج بالطرق العادية المتعارف عليها حيث يتم عمل مادة جديدة تجمع بين خواص المواد المتباينة الداخلة فى تراكيبها وتكوين المواد المركبة (composite material) ونوعية الإضافات ونسبتها تتوقف على عدة عوامل هامة فقد تكو ن الإضافات للرفع من كفاءتها فى توصيل الكهرباء والحرارة، وكذلك فى تصنيع خلايا لتخزين الوقود الهيدروجينى الذى يستخدم فى المركبات الفضائية و تصنيع المواد فائقة الصلابة و الخواص للأغراض الخاصة.

طرق تصنيع المواد المركبة

قبل أن نستعرض طرق تصنيع المواد المركبة يجب أن ندرك أن تقنية المواد المركبة تستخدم أساسا لتدعيم اللدائن و تقويتها و سوف نستعرض صناعة اللدائن و تطورها التاريخى كمدخل رئيسى لصناعة المواد المركبة، فقد دخلت صناعة اللدائن تقريبا كل بيت ومصنع ومكتب، فالمقاعد والطاولات وأدوات المائدة والأسقف المعلقة وطلاء الجدران والسيارات والطائرات ومركبات الفضاء وأجهزة التليفزيون والمسجلات السمعية والبصرية وأعمدة الإنارة والملابس لا تخلو من أجزاء بلاستيكية فى صنعها مما يجعل الاستغناء عنها أمرا صعبا؛ لأن الصناعات البلاستيكية هى صناعة العصر التى تستثمر فيها بلايين الدولارات فى مختلف بلدان العالم الغنية والفقيرة على السواء لإنتاج المواد التخليقية والتى بدورها تستخدم فى تصنيع مختلف الأشياء التى لم يكن يحلم بها أحد منذ سنوات قليلة. لقد أصبح البلاستيك شيئا مقبولا فى المجتمع الذى نعيشه مكونا حضارة كاملة بما يفرزه لنا من جديد التصميمات والأشكال كل يوم بما يجعلنا نقول بكل اطمئنان إننا نعيش عصر البلاستيك الذى هو راتنجات صناعية تنتج من تفاعلات كيميائية لمواد عضوية، وترتبط صناعة البلاستيك ارتباطا وثيقا ببعض الصناعات الأساسية العصرية كتقطير البترول وصناعات الحديد والصلب والصناعات الكيميائية، كما أنها تدخل مباشرة فى صناعات أخرى لا حصر لها كالصناعات المعدنية والأخشاب وكابلات الكهرباء والإلكترونيات والأجهزة المنزلية وصناعات التغليف.

واعتمدت صناعة البلاستيك فى تطورها التاريخى بالصناعات الأخرى ثم تفوقت على تلك الصناعات فى مدى قصير نسبيا وظهرت أول مادة بلاستيكية عام ١٨٦٨م وتم إنتاجها تجاريا وهى مادة (السيلولويد) والتى حصل عليها جون وسيلى هيات من تفاعل الكافور مع نترات السليلوز فى تجربة كان يقصد بها استبدال العاج فى كرات البلياردو بمادة أخرى إلا أن هذه المادة لم يكن بالإمكان صبها فى قوالب لتشكيلها بالشكل المطلوب، واقتصر الحصول عليها فى شكل رقائق استخدمت فى صناعة الهيكل الداخلى لنوافذ السيارات وأفلام الرسوم المتحركة .

ولما كانت نترات السليلوز من المواد سريعة الاشتعال وشديدة الانفجار فقد استبدلت فيما بعد بمواد بلاستيكية أخرى صعبة الاشتعال، وظهرت ثانى مادة بلاستيكية فى عام ١٩٠٩ عندما أعلن (د. ليو بكلاند) عن راتنج جديد (الفينول فورمالدهيد) وأطلق عليه اسم (باكلايت) الذى أصبح من اللدائن الرئيسية فى هذه

الصناعة نظرا لإمكانية صبه فى قوالب ذات أشكال مختلفة تحت تأثير الحرارة والضغط لصنع منتجات ذات مقاومة للحرارة كمقابض المقالى والبرادات وفيش الكهرباء .

وتعاقبت سنوات قليلة مر بها تطور سريع لعلم المواد المصنعة وتولدت تقنيات جديدة مصاحبة لاكتشافات علمية مكنت الكيميائيين من تقديم مواد بلاستيكية ذات خواص محسنة ومتنوعة ومتزايدة، ففى عام ١٩٢٧ م ظهرت خلات السليلوز التى أمكن تشغيلها بطريقة قوالب الحقن، أعقبها ظهور راتنجات الفنيل ثم البوليسترين والبولى إيثيلين فى أشكال مختلفة، مما أدى إلى إغراق السوق بأنواع جديدة ومتباينة فى طرق التصنيع من المواد البلاستيكية والتى ساهمت يوما بعد يوم فى سد جزء من احتياجاتنا اليومية. ويمكن تقسيم صناعة البلاستيك إلى قسمين رئيسيين هما: تصنيع اللدائن، والمنتج النهائي .

أما تصنيع اللدائن فيقصد بها عملية الحصول على المادة الراتنجية من خاماتها الأولية (أساسا البترول) وتقوم بذلك شركات كبيرة ذات استثمارات طويلة الأجل تعتمد فى عملها على مصانع البتروكيماويات حيث تتوافر لها معامل أبحاث حديثة وعلماء متخصصين لإنتاج مختلف أنواع الراتنجات فى أشكال قياسية كالمساحيق والحبيبات والعصى والسوائل والعجائن .

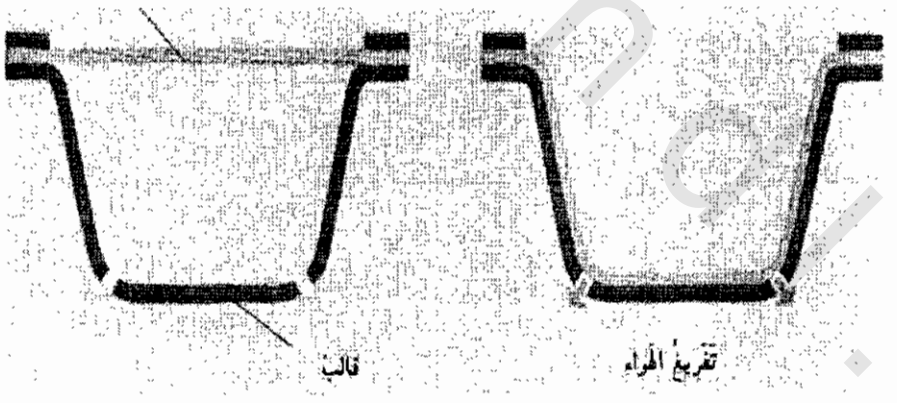
أما النوع الثانى من صناعة البلاستيك وهو المنتج النهائى فيقصد به عملية تشكيل الراتنجات فى صورة المنتج النهائى الصالح للاستعمال الاستهلاكى اليومى. وتعتمد المصانع فى عملها على مكونين أساسيين هما مادة الراتنج، وشكل القالب المطلوب إلى جانب عدد غير محدود من نوعيات ماكينات التشغيل التى تختلف فى تصميمها حسب طريقة الإنتاج المستخدمة فى التصنيع .

لذلك يتفاوت حجم المؤسسات العاملة فى مجال الحصول على المنتج النهائى تفاوتا كبيرًا، فمنها مؤسسات ضخمة تقوم بصنع الماكينة والقالب (مثل أمريكا وألمانيا واليابان) وأخرى أصغر منها حجما تقوم بتصنيع القالب فقط فى ورش خاصة بها كما يحدث فى معظم مصانع البلاستيك فى العالم الثالث. كما توجد الكثير من الوحدات الإنتاجية(الورش) التى تقوم بتشغيل المنتج النهائى فيها بعد الحصول على الراتنج والآلة والقالب من مصادر خارجها، وظهر فى هذا المجال شركات تقوم بتأجير القالب المطلوب لفترة محدودة لتلك الورش الصغيرة .

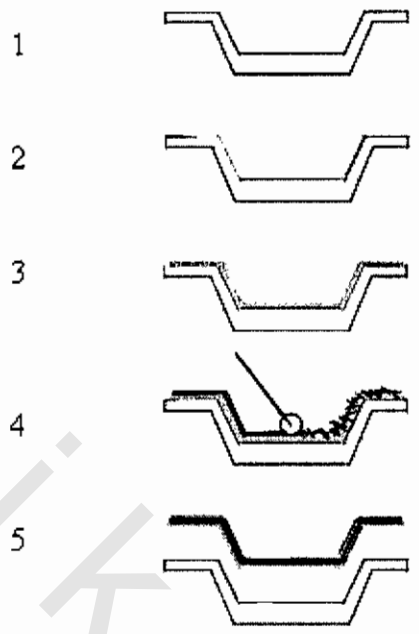
وتعتبر طريقة صنع المواد المركبة هذه أمراً معقداً جدًّا وغير مفهوم حتى يومنا هذا، ومازال المهندسون يستخدمونها فى صنع العديد من الأشياء لكن بطريقة سرية ولذلك فإن أهداف الاستخدام تختلف باختلاف أنواع المواد المركبة سواء كانت مقطعة أو طويلة منفردة أو منعزلة جامدة أو قاسية أو قابلة للتمدد. و سوف نعرض لأهم طرق تصنيع المواد المركبة و أكثرها شيوعا مع إعطاء نبذات مختصرة عن أهم الاختلافات فيما بينها.

طريقة القوالب المفتوحة

تعد طريقة القوالب المفتوحة هى أسهل و أقدم الطرق المستخدمة فى تصنيع المواد المركبة على الإطلاق حيث استخدمت هذه الطريقة أولا فى تصنيع البلاستيكات من النوع المتصلد بالحرارة (الثيرموبلاستيك) حيث يتم تفريغ القالب من الهواء بتغطيته بمادة شمعية شكل (١) تجهيز القوالب لتصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المفتوحة والغرض من هذه الخطوة هو التخلص من الهواء الذى قد يتسرب إلى داخل المادة المصنعة ويسبب فجوات هوائية تعد عيبا خطيرا فى المنتج النهائى حيث يمكن أن تتسبب فى الكسر وخاصة تحت تأثير الأحمال. شكل (٢) خطوات تصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المفتوحة



شكل (١) تجهيز القوالب لتصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المفتوحة



شكل (٢) خطوات تصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المفتوحة

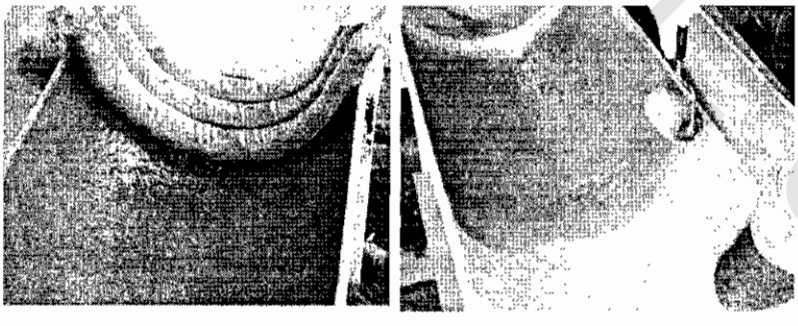
١- قوالب التصنيع

٢- تغطية القالب بمادة صمغية أو شمعية

٣- يتم تغطية القالب بمادة جيلاتينية (بالجيل) لإكسابه اللون الملائم

٤- إضافة الألياف و اللدائن و المادة المحفزة على صورة طبقات متتابعة مع درفلتها لدمجها

٥- يتم تسليط الحرارة لإتمام عملية التصلد. يتم إخراج المنتج و إزالة الزوائد وتصبح جاهزة للتركيب



(١) تجهيز القالب (٢) ترتيب الطبقات

obeikandl.com

(٣) تسوية الطبقات (٤) درفلة الطبقات لتسويتها

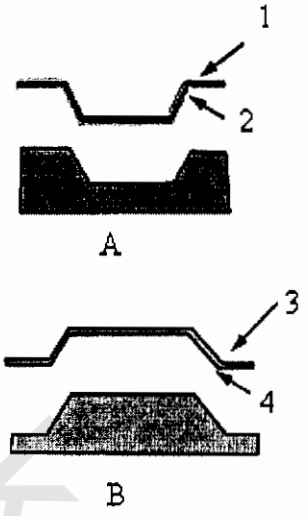
(٥) التدعيم فى اتجاهين متعامدين (٦) درفلة الطبقات فى الوضع النهائي

شكل (٣) تصنيع المواد المركبة فى القوالب المفتوحة و التدعيم فى اتجاهين متعامدين

طريقة القوالب المغلقة

تعد طريقة القوالب المغلقة واحدة من أهم طرق تصنيع المواد المركبة وهى تتلافى الكثير من العيوب و المساوئ الموجودة فى طريقة القوالب المفتوحة وعلى الرغم من أنها أكثر تكلفة و تحتاج لتقنية أكثر دقة حيث يجب تصنيع القالب من جزئين : قالب سفلى female mold وقالب علوى male mold ولكنها أنسب لتصنيع المواد المركبة التى تحتوى تشكيلاً فى كلا سطحيها العلوى و السفلى. شكل (٤) خطوات تصنيع المواد المركبة فى القوالب المغلقة فى حالة كون اللدائن سائلة، بينما يوضح شكل (٥) طريقة استخدام القوالب المغلقة عند تصنيع المواد المركبة من المساحيق. وطريقة القوالب المغلقة تصلح للمواد المركبة ذات أساس من اللدائن المتصلدة بالحرارة وكذلك اللدائن غير المتصلدة بالحرارة و يمكن استخدامها لتصنيع بعض أنواع المواد المركبة ذات أساس معدني. و كفاءة هذه الطريقة تعتمد فى المقام الأول على كفاءة

عملية التسخين. شكل (٦) طريقة تسخين القوالب المغلقة المستخدمة فى تصنيع المواد المركبة.



شكل (٤) خطوات تصنيع المواد المركبة فى القوالب المفتوحة

A قالب سفلى B قالب علوي

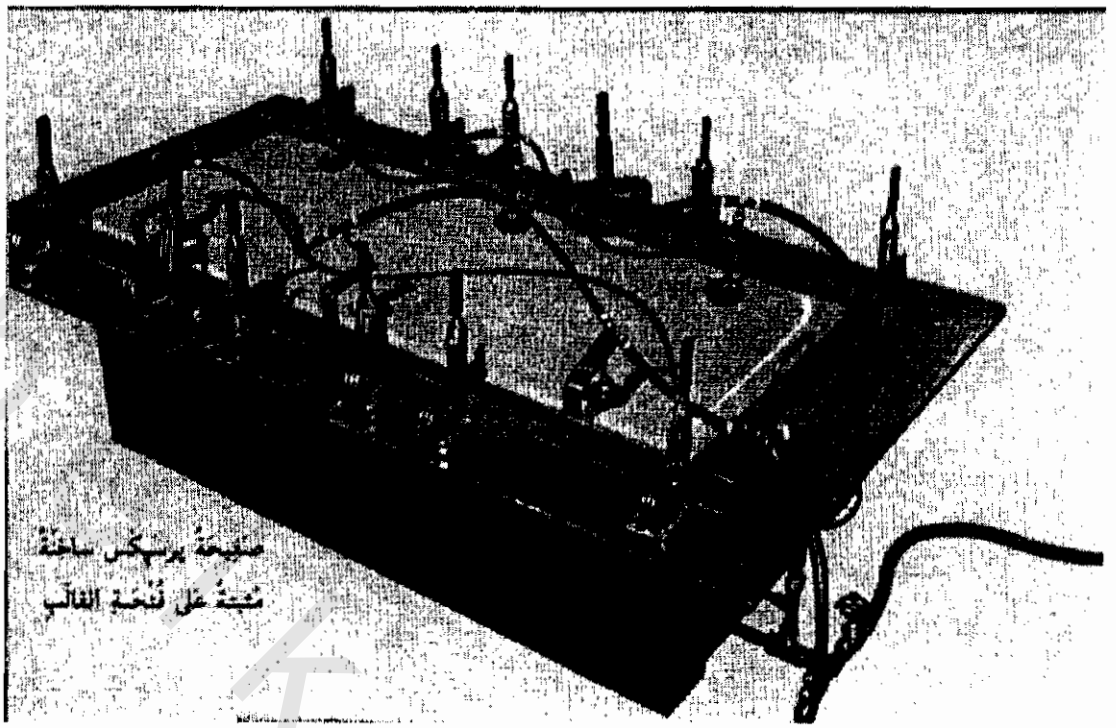
١-سطح خشن

٢-سطح ناعم مغطى بطبقة غروا نية أو هلامية (جيلاتينية)

٣-سطح خشن

٤- سطح ناعم مغطى بطبقة غروا نية أو هلامية (جيلاتينية)

شكل (٥) إخراج المنتج النهائى عند تصنيع المواد المركبة بطريقة القوالب المغلقة



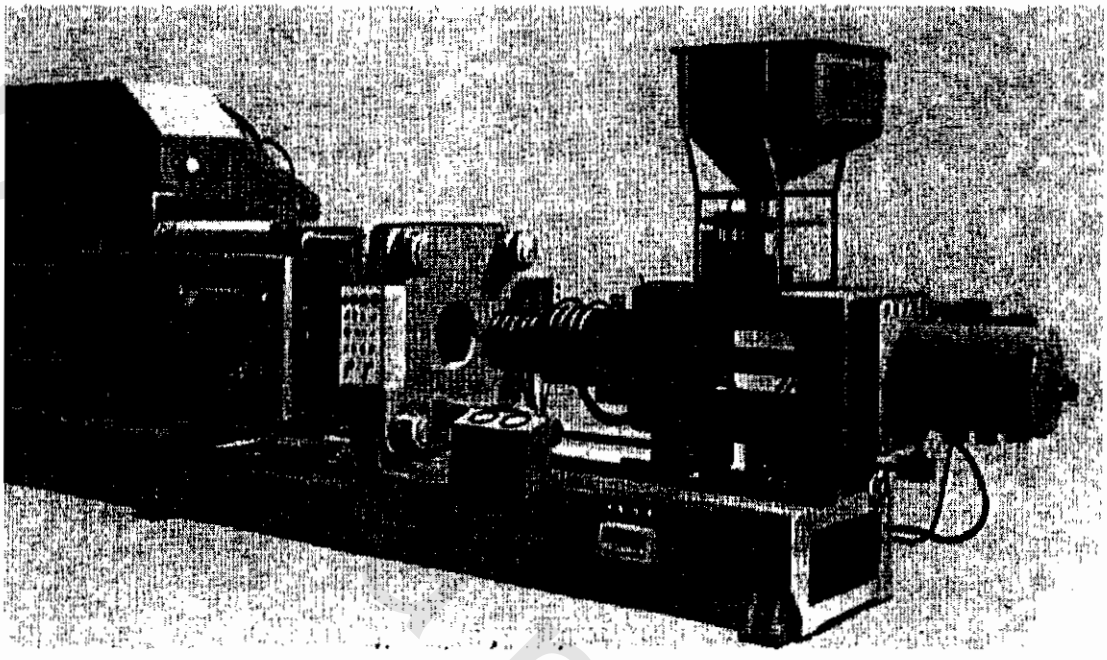
شكل (٦) طريقة تسخين القوالب المغلقة المستخدمة فى تصنيع المواد المركبة

شكل (٧) تصنيع هياكل السيارات بطريقة القوالب المغلقة

طريقة الحقن

تعد طريقة الحقن من أهم الطرق المستخدمة فى تصنيع المواد المركبة حيث يمكن استخدامها لتصنيع أشكال غاية فى التعقيد بكفاءة عالية و فى وقت قياسى نوعا إذا ما قورن بالزمن اللازم لتصنيع نفس المواد المركبة بطريقة القوالب المغلقة مثلا. وهناك الكثير من القيود على استخدام طريقة الحقن فهى تصلح للفلزات القابلة للحقن أو اللدائن غير المتصلدة بالحرارة القابلة للحقن نوعا. وتكلفة هذه الطريقة تتركز فى تكلفة اسطمبات التصنيع و الممرات التى تتعرض للتآكل المستمر نتيجة استخدام الإضافات الخاصة و المقويات. و الألياف المستخدمة فى هذه الطريقة غالبا ما تكون

من نوعية الألياف القصيرة نوعا. و نظرا للتكلفة العالية لهذه الطريقة فإن استخدامها فى إنتاج المواد المركبة محدود للغاية. **شكل (٨) ماكينات الحقن المتطورة المستخدمة فى تصنيع المواد المركبة**

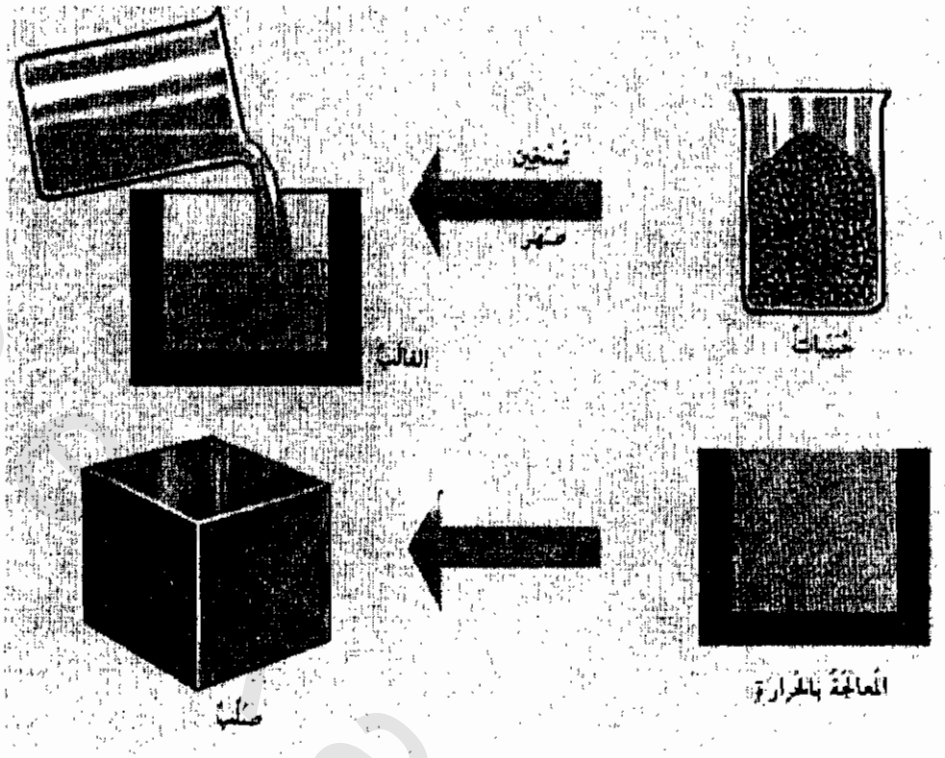


شكل (٨) ماكينات الحقن المتطورة المستخدمة فى تصنيع المواد المركبة

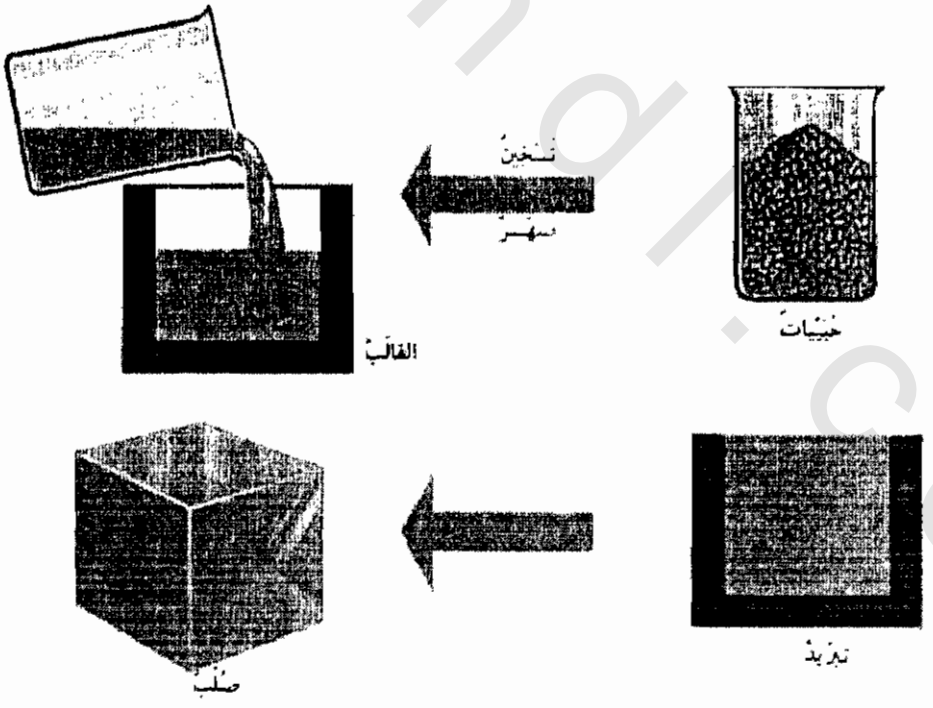
قالب البلاستيك المقوى

يستخدم الصلب عادة فى صناعة القوالب المغلقة المتوائمة والتى تستخدم فى إنتاج كميات كبيرة من المنتج، ويتميز إنتاج هذه القوالب بالأسطح المصقولة من الجانبين .وعادة تثبت هذه القوالب على الصينية العلوية أو السفلية لمكبس هيدروليكى ذى حجم مناسب.

أما القوالب المفتوحة فتصنع من مواد كالجبس، البلاستيك، الصفائح المعدنية، الخرسانة والخشب. ونلاحظ أن المنتج منها ذو سطح مصقول من جانب واحد. ويختلف نوع القالب ومادة تصنيعه حسب كمية الإنتاج المطلوب والتقنية المستخدمة فى الإنتاج وكذلك نوع الراتنج المستخدم .



شكل (٩) تصنيع المواد المركبة من اللدائن المتصلدة بالحرارة

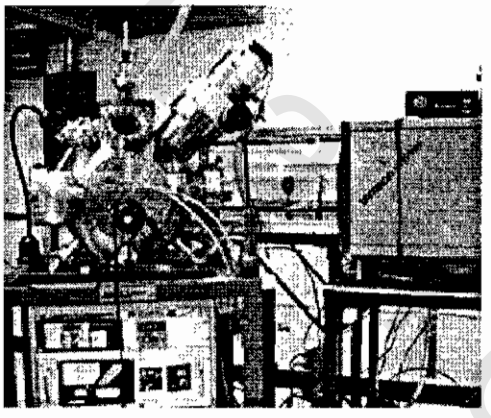


شكل (١٠) تصنيع المواد المركبة من اللدائن الحرارية

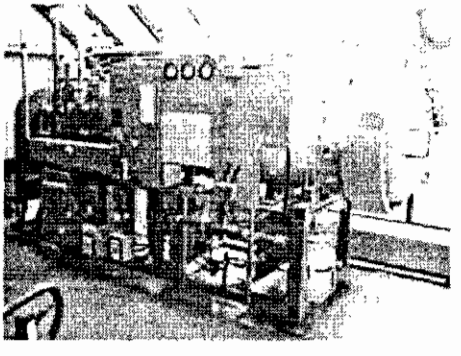
الطرق الخاصة في تصنيع المواد المركبة

المواد المركبة ذات أساس من السيراميك
Ceramic Based Composite

بدأت هذه النوعية من المواد فى الظهور خلال الـ ٢٥ عامًا المنصرمة ولها تطبيقات هندسية عديدة مثل المواد المركبة فائقة التوصيلية. شكل (١١) صناعة المواد السيراميكية المركبة فائقة التوصيلية، وتستخدم على نطاق واسع فى توربينات الغاز لزيادة كفاءة المولدات نظرا لقدرتها الفائقة على تحمل درجات الحرارة العالية إلى جانب مقاومتها للتآكل عند تعرضها للغازات الساخنة الناتجة عن عمليات الاحتراق و كذلك يمكن استخدامها فى صناعة حواف التوربينات المسننة و الأجزاء الداخلية لحجرات الاحتراق و المخارج المعرضة للحرارة وغازات الاحتراق.



شكل (١١) صناعة المواد السيراميكية المركبة فائقة التوصيلية



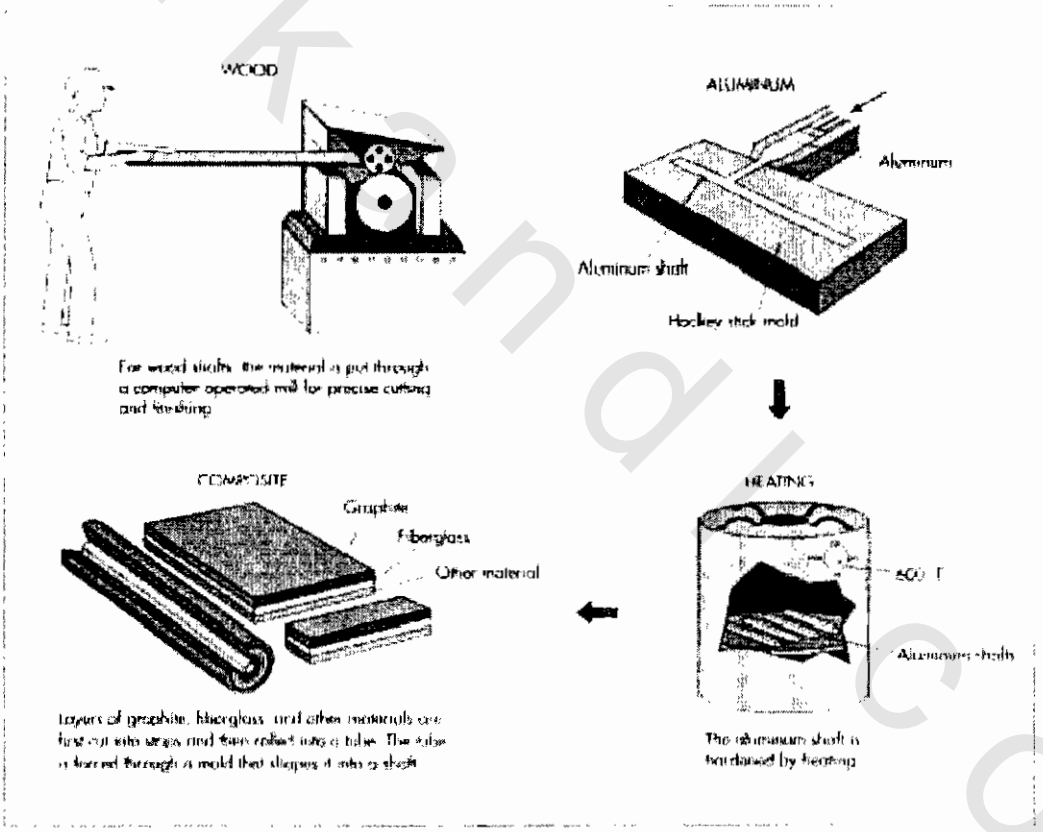
شكل (١٢) اوتوكلاف بحثى مستخدم لتصنيع المواد المركبة

RMC Research Autoclave ٣ ft (٠,٩ m) diameter by ١٢ ft (٣,٦٥ m) long, operating at ١٥٠ psi (١٠ atm) and ٤٠٠ o F (٢٣٠ o C)

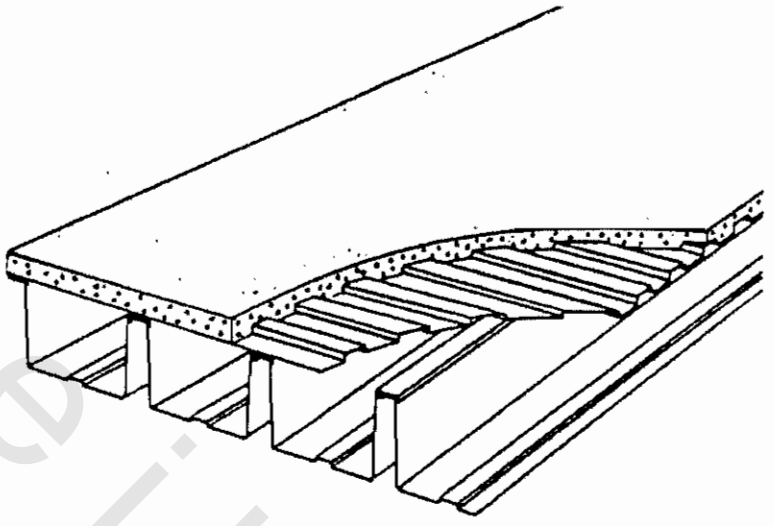
obeikandl.com

المواد المركبة ذات أساس فلزى (معدني)
Metal Matrix Composite

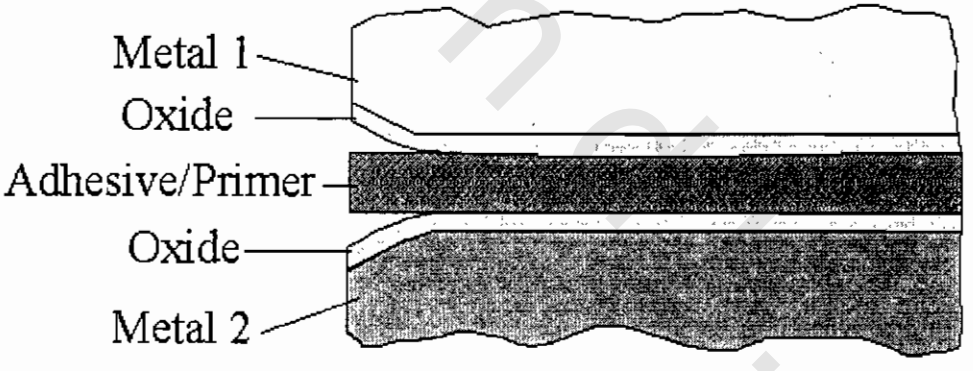
تعد هذه النوعية من المواد المركبة من التقنيات المتقدمة والتى تحتاج لتقنيات معينة فى عملية التصنيع، وعادة ما تستخدم لتقوية الفلزات الخفيفة كالألمنيوم والتايتنيوم وغيرها. و تدعيم الفلزات يتم لتحسين الخواص الميكانيكية والحرارية مثل المتانة والكلل ومقاومة التآكل وتحمل الصدمات. وهناك أنواع كثيرة من المقويات تستخدم لتدعيم الفلزات كالألياف المستمرة و القصيرة و الـ .whiskers واختيار طريقة التصنيع تعتمد على الخواص المرغوبة فى المادة المركبة ونوعية الفلز أو السبيكة المستخدمة كمادة ضامة. Matrix وهذا النوع من المواد المركبة مرتفع التكلفة نوعا ويحتاج لمعدات معقدة فى تركيبها. والطرق الشائعة فى تصنيع المواد المركبة ذات أساس معدنى موضحة بالشكل التالى شكل (١٢)



شكل (١٣) تصنيع المواد المركبة ذات أساس من الألمونيوم



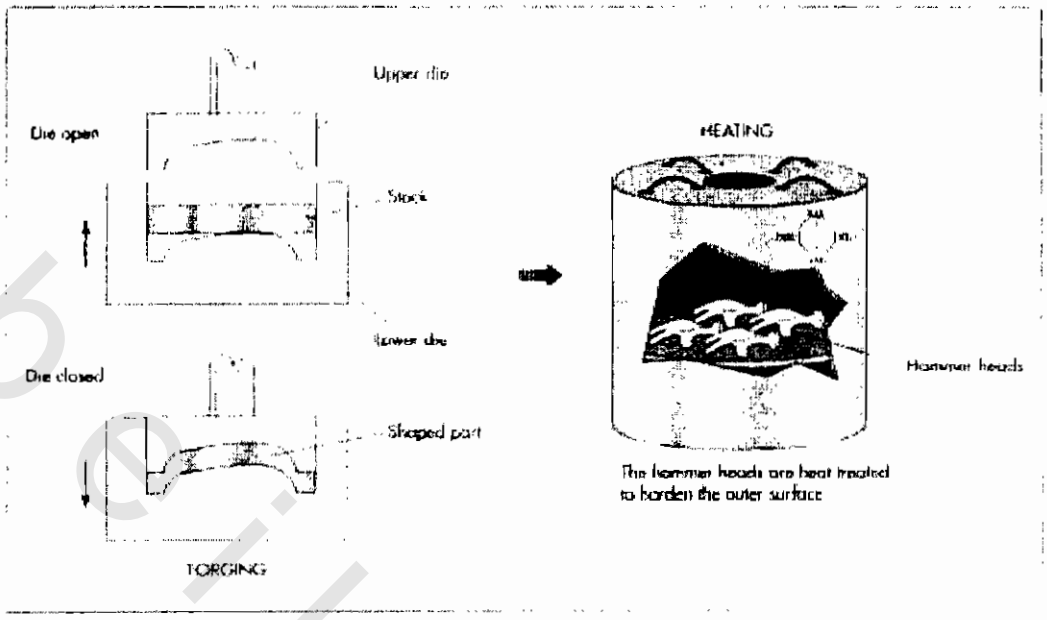
شكل (١٤) المواد المركبة ذات أساس معدنى على شكل أعشاش النحل **Honey comp**



Delamination of Bonded Joints

شكل (١٥) المواد المركبة ذات الطبقات المتعددة **Sandwich panel**

obeikandl.com



شكل (١٦) تصنيع المواد المركبة بطريقة الطرق والتسخين

العوامل المؤثرة على اختيار طريقة تصنيع المواد المركبة

تستخدم الراتنجات البلاستيكية مع نسيج المادة المقوية فى عمليات إنتاج البلاستيك المقوي، وعادة تشبع مادة التقوية بالراتنج قبل صبها فى القوالب بعدة طرق فنية مختلفة حسب نوع المنتج وحجمه ونوع مادة الراتنج والمادة المستخدمة للتقوية. ويستخدم تعبير الألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) غالبا للدلالة على القوالب المقواة أيا كان نوع المادة المستخدمة فى التقوية رغم أن هذا التعبير يشير إلى الإنتاج الذى تستخدم فيه الألياف الزجاجية فى عملية التقوية، ويبدو أن ذلك يرجع إلى شيوع استخدام الألياف الزجاجية فى معظم المنتجات المقواة مقارنة بغيرها من مواد التقوية . ومن المنتجات البلاستيكية المقواة هياكل السيارات وحشوات الأسطح والجدران، العصى المستخدمة فى رياضة القفز بالزانة، مقاطع الطائرات، خوذات السلامة والقوارب .الراتنجات المستخدمة فى قوالب التقوية : تستخدم راتنجات الثرموستينج أساسا فى عملية تقوية اللدائن، ويعتبر راتنج البوليستر أهم الراتنجات المستخدمة فى هذا المجال وذلك لما يتمتع به من قوة العزم ورخص التكاليف إلى جانب خاصيته فى التماسك فى درجة حرارة الغرفة (٢٥°م) ، ويستخدم فى حشوات المبانى والقوارب وأجزاء السيارات .

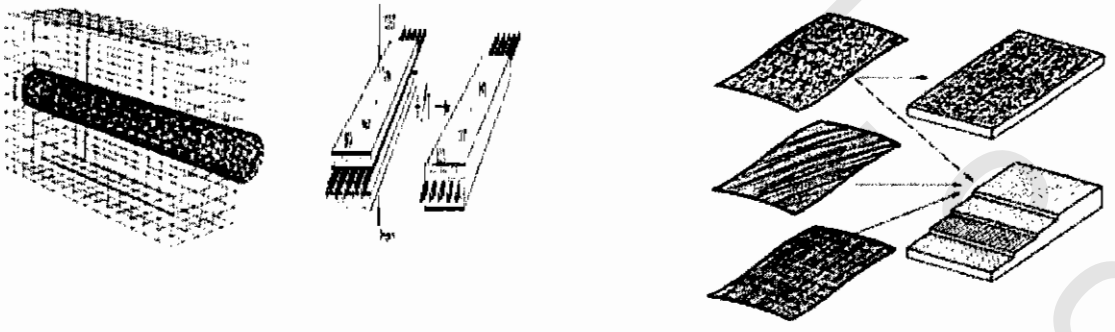
يمكننا تقسيم عوامل تصنيع المواد المركبة تبعا للمواد الخام الداخلة فى تصنيعها إلى عنصرين أساسيين : نوعية المادة الضامة Matrix و طريقة التدعيم fiber orientation.

أولاً : المادة الضامة Matrix

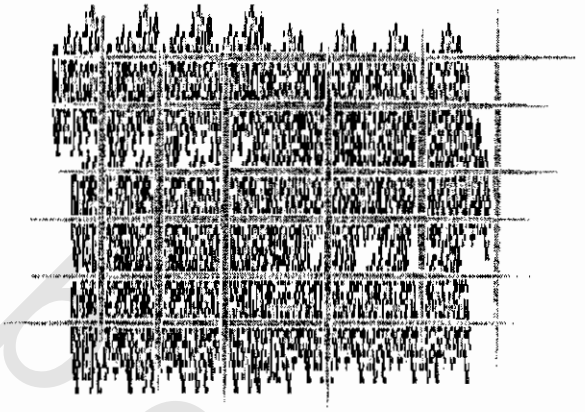
المادة الضامة من نوعية اللدائن المتصلدة بالحرارة Thermoset لها خطوات أساسية فى عملية التصنيع تحتم اختيار طريقة معينة عند تصنيع المواد المركبة. شكل (٩) تصنيع المواد المركبة من اللدائن المتصلدة بالحرارة، أما اللدائن غير المتصلدة بالحرارة Thermoplastic الثيرموبلاستيك و التى يمكن قياس المعادن عليها فلها طريقة تصنيع تستلزم تعرضها لعملية تبريد. شكل (١٠) تصنيع المواد المركبة من اللدائن الحرارية.

ثانيًا : طريقة التدعيم

المقصود بطريقة التدعيم هو طريقة توزيع الألياف أو المقويات داخل المادة المركبة أو بالتحديد داخل المادة الضامة أو الحاوية Matrix، وطريقة التدعيم تؤثر تأثيرا كبيرا على طريقة توزيع الألياف مما يؤدى بدوره لتغيير الخواص المختلفة للمادة المركبة ولاسيما الخواص الميكانيكية فى طريقة الطبقات حيث يتم وضع طبقات من الألياف و طبقات من المادة الحاوية أو الضامة فى ترتيب متتابع و فى حالة التدعيم بالألياف الطويلة تكون المادة المقوية على شكل خيوط يتم و ضعها طوليا أما فى حالة الألياف العشوائية فالألياف تكون قصيرة و موزعة فى الاتجاهات الثلاثة وفى حالة التدعيم الشبكى تكون الألياف على شكل نسيج طولى و عرضى ذى كثافة محددة تتوقف على طبيعة الاستخدام. **شكل (١٧) الطرق المختلفة لتدعيم المواد المركبة**



ب أ



د ج

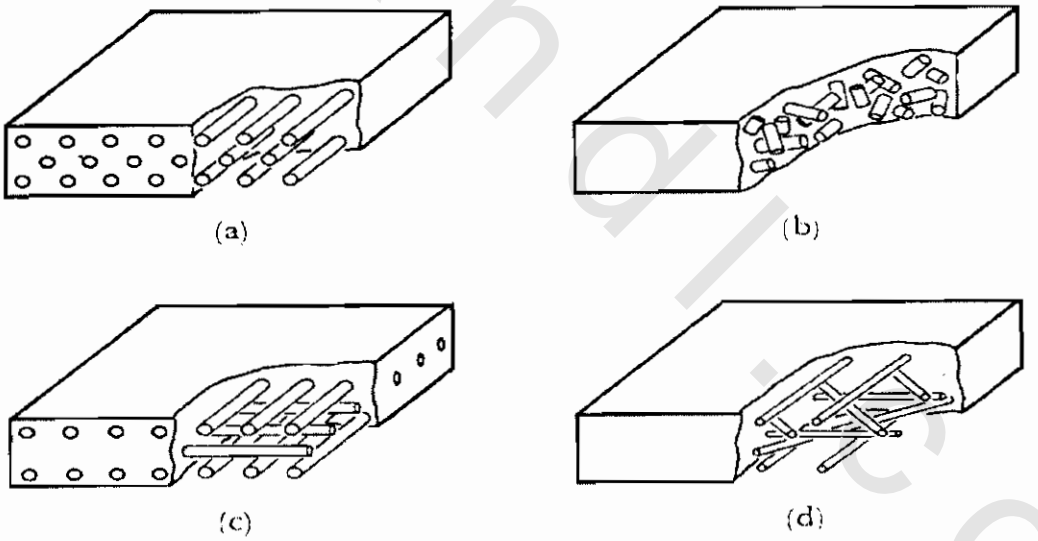
شكل (١٧) الطرق المختلفة لتدعيم المواد المركبة

أ- طريقة الطبقات المتتابعة Sandwich panel

ب-التدعيم بالألياف الطولية wire reinforcement

ج-التدعيم بالألياف العشوائية Randomly distributed fibers

د - التدعيم الشبكى woven roven



شكل (١٨) طريقة توزيع الألياف فى المواد المركبة

A) الألياف الطولية

B) ألياف قصيرة عشوائية

C) ألياف طويلة عشوائية

D) ألياف طولية وعرضية متشابكة

ملامح تصميم المنتجات المصنعة من المواد المركبة

إن الوظيفة الكلية للتصميم الجيد هى الاستخدام الأمثل للمواد والعمليات المستخدمة فى تشكيل وتكوين المنتج، ويعتبر التصميم فى مجال البلاستيك لإنجاز هذه الأهداف علمًا أو فنًا معقدًا بسبب تعدد البوليمرات المستخدمة وتغيرها فى صفاتها وخواصها المختلفة بالإضافة إلى عوامل أخرى تتدخل فى عملية التصميم مثل نسبة انكماش المواد، بل وأكثر من ذلك فإن التوتر والانفعال الناتج عن عملية التشكيل يجب السيطرة عليه، هذا بالإضافة إلى متغيرات العملية كلها يجب أخذها فى الاعتبار مثل مراعاة تأثير الجو المحيط ودرجات الحرارة المتغيرة ووجود المنتج تحت أحمال دائمة أو متقطعة وظروف الرطوبة النسبية

ويعتبر انسياب المواد من النقاط الهامة ذات الاعتبار أثناء وضع المواصفات والتصميم، وتجاهل هذه الحقائق والاحتياجات يؤدى إلى تعديلات وتحويرات غير مقنعة ومكلفة ويمكن أن تعصف باقتصاديات العمل. إن التطوير والأبحاث والخبرة تعتبر ضروريات لتجنب العثرات بين افتراضات المنتج الجديد والإنتاج الناجح. ومن النقاط الهامة فى اعتبارات التصميم مناقشة الأجزاء التى سيتم تشكيلها مع صاحب المنتج أو مع قسم الإنتاج فى المراحل المبكرة من التصميم من أجل تجنب وإزالة أى أخطاء فى التصميم وإنتاج قالب اقتصادي.

تصميم المواد المركبة

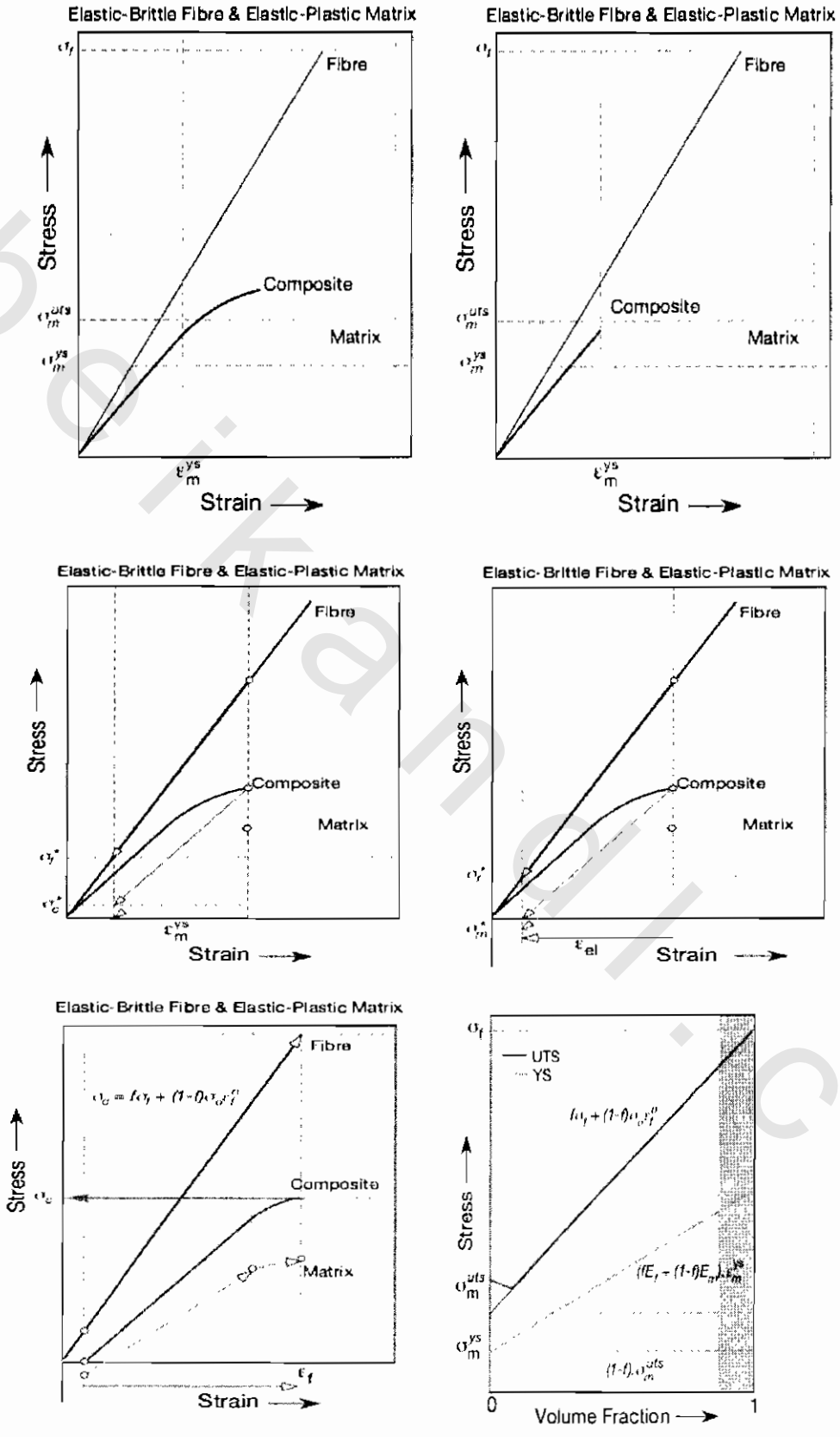
تصميم المادة المركبة يعنى فى المقام الأول اختيار المادة الضامة والذى يعنى بدوره اختيار طريقة التصنيع ثم اختيار نوعية المادة المقوية، وغالبًا ما تكون الألياف واختيار الألياف يعنى النسبة الحجمية من الألياف المستخدمة فى التقوية ونسبة القطر للطول (length to diameter ratio) وكل ذلك يؤثر مباشرة على الخواص الميكانيكية للمادة. **شكل (١٨) منحنى الإجهاد و الانفعال للمواد المركبة وتغيرها مع نسبة الألياف**

ويمكن أن تشمل المناقشة النقاط الآتية :

- أرخص نوع من خامات التشكيل يمكن استخدامها ومدى مطابقتها للاستخدام.
- يجب أن تكون جدران المنتج ذات سمك متجانس على قدر الإمكان حيث إن المقاطع السميكة تستلزم زمن تسوية أكبر وبالتالى تستلزم دورة تشكيل ذات زمن كبير نسبيا، ويمكن تقليل زمن التسوية فى هذه الحالة عن طريق اختزال المقاطع

السميكة الثقيلة مثل إدخال ثقب أو شكل مستدير فى المكان السميك، وكذلك التحكم فى سماكة الأجزاء، وعلى سبيل المثال فى المنتجات الصغيرة الحجم يمكن أن تكون الجدران بسمك ٣ مم وتتدرج فى المنتجات المختلفة حتى ٦ مم كما فى حالة قواعد السويتشات (المفاتيح الكهربية).

- يمكن استخدام الخامة بلونها الطبيعى الغامق لاعتبارات اقتصادية.
- إن القالب يعتبر معيارًا مستقبلاً للمدخلات Inserts وكلا منهما يجب أن يصنع إلى اقرب تجاوز، ويفضل أن تكون المدخلات Inserts مصنوعة من النحاس أو الصلب حتى توفر مطالب الصناعات الكهربائية، ويراعى على قدر الإمكان أن تكون تلك المدخلات مسدودة، أى تكون ذات طرف مستدق (مسلوب) أو مثقوبة بطولها حيث إنها تسبب مشاكل فى تشغيلها بسبب زحف الرايش إلى الثقوب.
- لا تتوقع نفس الدقة فى الأبعاد من مواد البلاستيك المشكلة مثل تلك الأجزاء المصنوعة من المعدن، حيث إن استخدام البلاستيك يحتاج إلى المزيد من المهارة فى التصميم.
- حاول أن تسمح بأقصى تجاوز ممكن يمكن وضعه فى القطعة المراد تشكيلها حيث إن التجاوزات الواسعة تعنى رقابة أقل على الجودة، والتجاوزات المحكمة تعنى رقابة جيدة على الجودة. والتجاوزات المحكمة تعنى الفحص والتفتيش بنسبة ١٠٠٪ وينتج عنها معدل عال من المرفوضات والهوالك.
- يجب الأخذ فى الاعتبار الفهم الكامل لمحدودية البلاستيك إذا أردنا الحصول على أفضل تصميمات.



شكل (١٩) منحنى الإجهاد و الانفعال للمواد المركبة وتغيرها مع نسبة الألياف

- يجب مراعاة نسبة الانكماش، فالمادة تنكمش ككل أثناء عملية التشكيل، وكلما زاد معدل الانكماش كلما كانت قيمة التسامح مقبولة نظريا.
- إن التشكيل الجيد للقالب يعطى منتجًا جيدًا وسهل التنفيذ والإنتاج. يجب الأخذ فى الاعتبار أن الأشكال المجوفة غير المنتظمة تعتبر غير مناسبة حيث إنها ستتشوه وتعوج أثناء الانكماش وذلك كنتيجة لقوى الشد التى تنشأ.
- تجنب المناطق ذات سمك الجدران الرقيقة ملاصقة لتلك ذات المقاطع السميكة حيث إن المقاطع السميكة تدفع إلى تكوين شد وإمكانية تكون الشروخ ، قم بتصميم أنصاف الأقطار واسعة على قدر الإمكان.
- إن وجود المناطق المستدقة الطرف (مسلوبة أو على شكل مخروط) لتسهيل خروج المنتج. ويوصى بأن يكون المسلوب فى حدود درجة واحدة كحد أدنى للجزء (الذكر) وأن يكون درجتين كحد أدنى للجزء (النتاية).
- اعمل على تكبير أنصاف الأقطار فى الأركان على قدر الإمكان لتساعد فى انسياب المادة وتجنب الإجهاد فى أركان الجزء (النتاية) من القالب. من الممكن أن يكون الإجهاد نتيجة المعاملة الحرارية.
- قم بعمل ترتيب لإزالة الرايش بسهولة لو كان الرايش غير حرج وفى المناطق المتوافقة فى كل نصف من القالب تستخدم خطوة التشكيل لإزالة عدم الارتباط.
- إن القوالب تتحرك فى اتجاهات متضادة بصورة طبيعية وتكون عمودية على شق الانشقاق والثقوب الجانبية المائلة تعطى تعقيدات، وتكون أرخص فى تكلفتها عن طريق تشغيلها ميكانيكيا بعد التشكيل.
- لا تضع ثقوبًا بالقرب من الحافة أو وجه الشكل حيث إن المقاطع الرقيقة القريبة من الثقوب سوف تعطى فقاعات وانتفاخات أو شقوق.
- لا تقم بعمل ثقوب جانبية طويلة بدون استعداد للتدعيم ويمكن تشكيلها بطريقة التحويل أو الحقن ولكن مع البنوز الأسطوانية الطويلة سوف تنعكس تحت ضغط الحقن. ولو كانت البنوز صلدة جدا فمن الممكن أن تنكسر وإذا لم تكن قاسية وصلدة بدرجة كافية فإنها يمكن أن تنحني.
- لا يوصى باستخدام رأس مسمار برمة فى التشكيل حيث يسبب كسر المنتج.

- لا تقم بتصميم سن قلاووظ (ذكر) على طول الطريقة أسفل وجه التشكيل حيث ستسبب مشاكل مستمرة
- تعتبر أسنان القلاووظ المشكِّلة داخل المواد ذات الموالئ النسيجية عديمة الفائدة، والموالئ النسيجية تستخدم لتغذية المادة ولن تمنع الانسياب إلى داخل القلاووظ ولكن يحدث أن يجبر الراتنج على الدخول وتبعا لذلك فإن القلاووظ سوف يكون ضعيفا
- تجنب الحفر عند المنحنيات غير المنتظمة ويتم الحفر بماكينة البانتو جراف وإذا لم يكن حفر القطعة بطريقة حسابية فإنها تحتاج لإعادة صف كل حرف مرة ثانية.
- لو أردنا عمل سن قلاووظ داخلى فيفضل عمل مسلوب بعد الانتهاء من التشكيل، وفى القلاووظ الصغير يجب أن يكون طول القلاووظ لا يزيد عن ضعف القطر.
- استخدم الحروف البارزة على قدر الإمكان حيث إنها سهلة الحفر فى القالب .
- يجب مراعاة التمدد الحرارى للمدخلات "الأجسام المحشورة" البلاستيك والمعدن.
- لا تضع مدخلات اجسام محشورة ذات شكل سداسى أو غير منتظم فى الآلة وخاصة إذا كانت بارزة من سطح التشكيل المثقب المتقبل للجسم غير منتظم الشكل يكون من الصعب تشغيله بدقة وخاصة إذا كان هذا الثقب عميقًا لأسفل.
- تجنب وضع الجسم المدخل بحيث يكون قريبا جدا من حافة الجسم المراد تشكيله، حيث إن المقطع الصلب يمكن أن يكون رقيقا جدا ويحتمل تعرضه للكسر أثناء تصلد خامة التشكيل أو بتأثير الإجهاد عند التشكيل.
- إن سمك المادة فوق جسم المدخل "المحشور" يجب أن يكون وافيا بالغرض ليقاوم ضغط الانكماش، فلو كان هذا السمك رقيقا جدا فسيعطى منتجًا به انتفاخات وشروخ.
- لو كانت الأجسام المدخلة ستحتاج إلى عمليات تشغيل بالورش بعد عمليات التشكيل فيجب مراعاة أن ذلك الجزء سيتعرض لتأثيرات التسخين وما يتبعه من اختلاف معاملات التمدد الحرارى وكذلك الاجتهادات المختلفة فى عمليات التشغيل، وكل هذه العوامل سوف تنتقل إلى التشكيل وتسبب ظهور شروخ فى المنتج .

obeikandl.com

تصميم المواد المركبة المقاومة للحريق

وعند الرغبة فى الحصول على مادة ذات خواص حرارية مميزة و مؤخرة لمعدل انتشار الحريق (غير قابلة للاشتعال) فى نفس الوقت تعد المواد المركبة عديدة الإضافات مناسبة تماما لهذا الغرض. فالمواد الصلبة القابلة للاشتعال كثيرة ومتعددة ومن أمثلتها الخشب والفحم وغيرها الكثير من المواد الصلبة التى لها قابلية للاشتعال. ومن دراسة المواد يتبين أن الغازات هى التى تحترق، فعندما تحترق المواد الصلبة فإنها تتفكك وتتحلل حراريا إلى غازات، وتسمى هذه العملية بالتحليل الحرارى، وعندما تتطاير نواتج الاحتراق الغازية فإنها تحترق عندما تصل إلى درجة اشتعال الغازات المتولدة.ولذلك فإن لكل مادة صلبة درجة حرارة معينة تسمى بدرجة الاشتعال من الضرورى أن ترتفع درجة حرارة المادة إليها حتى يحدث الاشتعال ولا يكفى الوصول إلى درجة الاشتعال حتى يحدث الحريق وإنما من الضرورى وجود كمية مناسبة من الطاقة الحرارية تكفى لاستمرارية اشتعال المادة تلقائيًا.

و حرائق المواد القابلة للاحتراق وهى تتضمن المعادن التى تحترق وتنتج حرارة عالية جدا وتشكل خطورة كبيرة وتحتاج إلى مهارة ودقة فى التعامل معها مثل " الماغنسيوم- الصوديوم- البوتاسيوم- الزنك- الألومنيوم ". يحظر استخدام المياه فى إطفاء هذا النوع أيضا من الحريق وذلك لأن هذه المعادن عند احتراقها ينتج عنها حرارة شديدة جدا تؤدى إلى تحليل المياه المستخدمة فى الإطفاء والمكون من الأوكسجين والأيدروجين مما يؤدى إلى زيادة كمية الحرائق لوجود الأوكسجين فى الماء وأيضا المواد الرغوية لوجود مياه فى مكوناتها.يستخدم فى إطفاء هذا النوع "مسحوق الجرافيت- الرمل الجاف- البودرة الجافة". ومن هنا تظهر الحاجة لاستخدام المواد المركبة عديدة الإضافات لتقليل معدل انتشار الحريق.

يعد تفسير ظاهرة الحريق وعمل مادة مقاومة للحريق بدرجة معينة من الصعوبات الهندسية حيث ظل الاعتقاد سائدا حتى وقت قريب أن الخواص الحرارية للمادة مثل معامل التوصيل الحرارى و السعة الحرارية و الكثافة بالإضافة لدرجة الانصهار و التبخر هى المؤثر الوحيد و المباشر على معدل انتشار الحريق إلى جانب الانهيار و التدمير المباشر الحادث فى المادة نتيجة الحريق أو الإجهاد الحرارى، وقد تناولت معظم النماذج الرياضية الهندسية بحث العوامل السابقة و مدى تأثيرها على عملية الاحتراق و لكن عند مراقبة السلوك الفعلى للمادة أثناء الحريق وجد أن معظم المواد الهندسية تنهار قبل وصولها لدرجة إعاده التبلور ، وذلك نتيجة للإجهاد

الحرارى الذى يسبب تعرض المادة لإجهادات ميكانيكية مما يستلزم معه اعتبار الخواص الميكانيكية للمادة مثل المتانة و مقاومة الشد (معامل المرونة) لمقاومة الانهيار.

تعد المواد المركبة ذات درجات الانصهار العالية و معاملات التوصيل المنخفضة موادًا مثالية لمقاومة الحريق و لكن تكلفة تصنيعها مرتفعة نسبية، كما أن المحاليل المستخدمة فى المعالجة غير آمنة بيئيا و لا ينصح الأطباء بملامستها المباشرة للمواد الطبية أو الغذائية. و المواد المركبة عديدة الإضافات تعتمد مباشرة على استبدال ألياف باهظة الكلفة بأخرى أقل سعرا مما يحد من استخدامها لأغراض متعددة منها مقاومة الحريق. كما أن المواد المركبة عديدة الإضافات تحتاج لطرق تصنيع معقدة نوعا و مكلفة للغاية، وتنحصر المواد المركبة عديدة الإضافات المصنعة من اللدائن فى الايبوكسى و الثيرموبلاستيك.

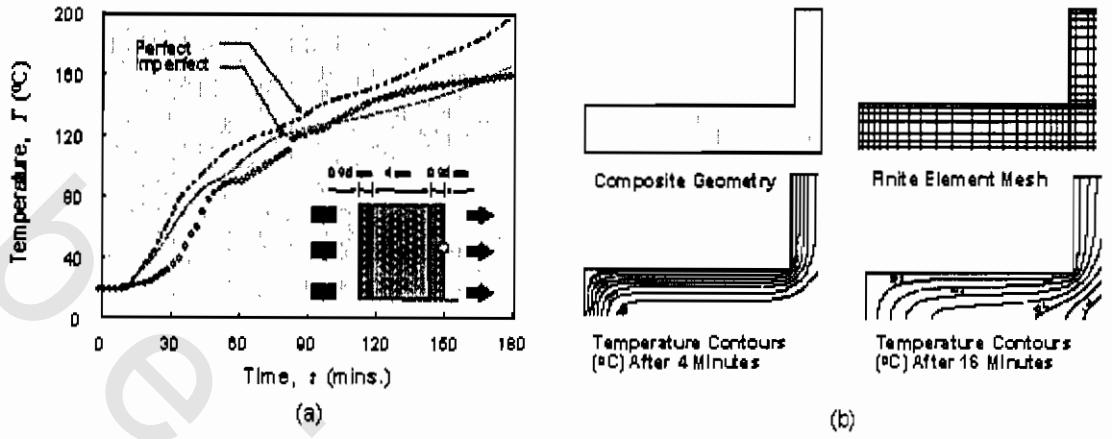
شكل (٢٠) اختبارات الحريق للمواد المركبة

(A) اختبار الحريق للمواد المركبة تم تصويره من داخل الفرن (جامعة منشيستر)

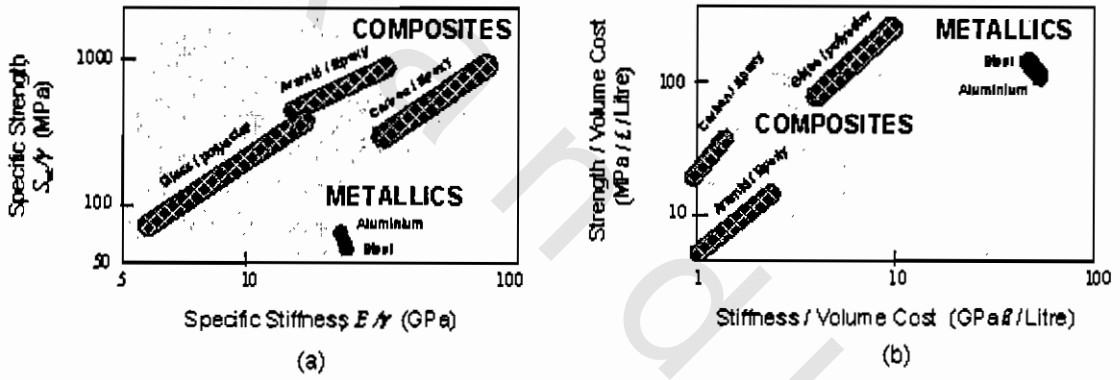
(B) البلاستيك المقوى بالفيبر جلاس خلال اختبار الحريق

(C) الأنابيب المصنعة من البلاستيك المقوى بالفيبر قبل و بعد اختبار الحريق

Figure٢.
(a) A fire test furnace from inside (courtesy of Manchester University),
(b) GRP rescue boat during fire test (courtesy of Balmoral Group),
(c) GRP pipes before and after fire test (courtesy of Manchester University



شكل (٢١) مقارنة بين التجربة العملية و الحسابات النظرية للبلاستيك المقوى بالفيبر جلاس
(توزيع درجات الحرارة فى كمرة من البلاستيك المقوى بالألياف)



شكل (٢٢) مقارنة بين المواد المركبة و المواد التقليدية
(A) البلاستيك المقوى أقوى من المعادن و المواد التقليدية
(B) بعض أنواع البلاستيك المقوى مثل البوليستر المقوى بالفيبر أقل سعرا من المواد التقليدية

الألياف والمقويات

عرفت الألياف الطبيعية كالقطن و الحرير و الصوف و غيرها من عصور سحيقة و استخدمها الإنسان فى أغراض متعددة وساعد اختراع اللدائن فى إنتاج ألياف جديدة. وتعزى الألياف الاصطناعية الأولى إلى مشونباين، الذى أنتج النتروسليولوز من السيلولوز وحامض النتريك ودرس خواص محاليله " وحصل هيلير، كونت شار دونيه، تلميذ باستور، عام ١٨٨٤، على براءة اختراع لعملية يضخ فيها محلول النتروسيلولوز فى الكحول والأثير خلال فتحات دقيقة لمغزله، داخل حمام يمتص

المذيبات ويترك خيط " الرايون، وعرض أول رداء مصنوع من هذا الحرير الصناعى " فى معرض باريس، عام ١٨٨٧ . وطور كروس وبيفان (١٨٨٢) صناعة خيط سيلولوز مسترجع من محلول زانتات السيلولوز (الناتج من السيلولوز ومحلول قلوى مركز وثانى كبريتيد الأيدروجين) يغزل على شكل ألياف رايون فيسكوزى، أثبتت أنها بديل طيب للقطن ومنافس خطير للرايون. واخترع شوتزنبرجر، ت م ١٨٦٥، أستيات الرايون المسماة (سيلانيز "، والتى أنتجت تجاريا لأول مرة عام ١٩٠٤ .

واكتشف منذ ذلك الحين عديد من الألياف الصناعية الأخرى، منها اللانال المصنوع من الكازبين والألياف المصنوعة من الفحم والبترول والماء والهواء فقط، مثل " النايلون، الذى أنتجته شركة دى بونث (١٩٤٠). وكانت الألياف كلها التى أنتجت قبل " النايلون " مازالت تعتمد على الطبيعة فى تركيبها الجزيء. إلا أن " النايلون "، والألياف الاصطناعية الخالصة التى جاءت بعده، يمكن تركيبها، بشكل كامل تقريبا لإعطاء صفات معينة مطلوبة. وغالبا ما تنتج هذه الألياف الاصطناعية أولا على شكل خيوط تقطع إلى أطوال قصيرة تغزل كالصوف أو تخلط فى حالات معينة بالقطن أو الصوف قبل غزلها. وأكسبت بعض هذه الألياف خواصا لا توجد فى أى من الألياف الصناعية أو الطبيعية على حد سواء. طرق معالجة الألياف أو تصنيعها سواء من أصل طبيعى أو من لدائن مخلقة تعتمد أساسا على تفاعلات كيماوية ومعاملات معقدة و معظم تلك المعاملات لا تصلح للتطبيقات المختلفة أو الألياف القصيرة.المواد الكيمائية المستخدمة فى معالجة الألياف تغير من تركيبها الكيميائى وينتج عن معظمها غازات ضارة و تفاعلات ملوثة للبيئة، كما أنها تعد عمليات كيماوية صناعية معقدة.

الألياف المستخدمة فى صناعة المنسوجات مثلا تختلف عن الألياف المستخدمة كمواد مقوية و لكل منها طريقة معاملة مختلفة و لا توجد طريقة تصلح لكل أنواع الألياف. معظم المعاملات السطحية التى تتم خلال قوى الترابط بين المادة المقوية (الألياف) و المادة الضامة Matrix يمكن تقسيمها لمجموعتين رئيسيتين مؤكسدة وغير مؤكسدة.

الطريقة المؤكسدة : تتم بتمرير الألياف خلال حمام من العوامل المؤكسدة مثل حمض النتريك-برمنجنات البوتاسيوم-هيدروكلوريد الصوديوم أو من خلال محلول إليكتروليتى (حامض أو قاعدي).

والطريقة غير المؤكسدة : تنقسم بدورها لثلاثة أنواع رئيسية وهى تغطية بالوسكيرز وبناء تلك النوعية من المعالجة معقدة للغاية و مكلفة فعلى سبيل المثال عند معالجة الفيبر فى محلول مركز من حمض النتريك فجميع المعدات و الأدوات المستخدمة فى العملية يجب أن تكون مقاومة للأحماض و مكلفة كما أن الأحماض الممتصة بواسطة الألياف يجب إزالتها من خلال سلسلة من العمليات المتتابعة.

يوجد حد معين للتشبع يرتبط أساسا بنوعية الكيماويات المستخدمة و لا توجد وسيلة للتغلب عليه بدون تغيير نوع الكيماويات مما يستلزم بدوره تغيير نظام التصنيع و معداته و مع ذلك يظل محدودًا. و هناك حدود قصوى لدرجة التشبع لا يمكن تجاوزها على الإطلاق بالطرق العادية المعروفة حتى الآن مما يضع قيودا على تماسك الألياف عند تصنيع المادة المركبة يقلل من خواصها الميكانيكية.

ولا يمكننا إغفال البعد البيئى فالفاقد فى المحلول الحمضى يجب معالجته لتجنب تلوث البيئة المحيطة، وبناء على ما تقدم تعد تقنية الليزر وسيلة صديقة للبيئة فى المقام الأول ولا تعرض الألياف لامتصاص كيماويات ضارة و تختصر عمليات الغسيل وإزالة الكيماويات و المعدات المعقدة.

مواد التقوية:كما أسلفنا أن أكثر المواد استخداما فى تقوية اللدائن هى الألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) حتى أنها تطلق على جميع منتجاته عموما إلا أنه يمكن استخدام خيوط النسيج والبلاستيك والورق والاسبتوس والجرافيت لنفس أغراض التقوية فى حالات خاصة تتطلب احتمال درجات حرارة عالية مع القوة وخواص العزل الجيدة .أما الألياف الزجاجية فتتوافر على شكل حصائر منسوجة ذات درجات متعددة من السمك ونوعيات مختلفة من النسيج، فقد تنتظم الألياف فى جميع الاتجاهات مما يجعلها سهلة التشكل فى تجاويف القالب ذات الحدود الضيقة والدقيقة أو قد تتخذ الألياف اتجاها معينا داخل النسيج يخدم غرضًا مطلوبًا فى الاستخدام. شكل (٢٣) الأنواع المختلفة للمواد المقوية و شكل (٢٤) الأشكال المختلفة للمواد المقوية.

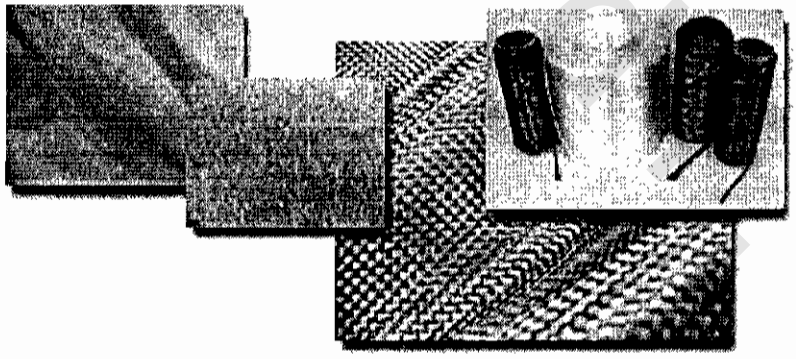
وهناك الألياف الزجاجية المفرومة التى تستخدم فى القوالب سابقة التجهيز حيث تختلط مع الراتنج مكونة عجينة يعاد خلطها مع سائل الراتنج ويرش بها سطح القالب . شكل (٢٥) الألياف المفرومة وطريقة الرش.

وكيفلر هو الاسم الصناعى لمادة اكتشفها ستيفانى كاوليك عام ١٩٦٥م، وتحتوى هذه المادة أساساً على سلسلة جزيئات من صنع الإنسان وتعتمد هذه السلسلة على الترابط القوى بين حلقات ذرات الكربون تبلغ قوة هذه الحلقات نحو خمسة أضعاف الفولاذ وتتمتع بخاصية عدم التمدد أيضاً. وحالياً تعد هذه المادة من أعظم اختراعات الإنسان.

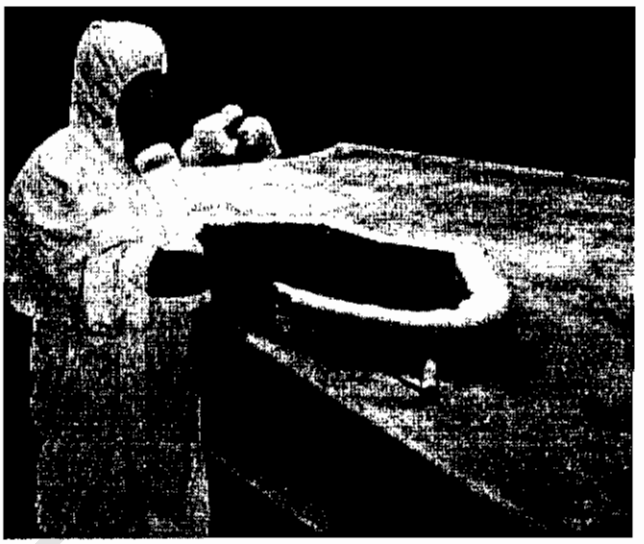
Kevlar tape Carbon tape

ألياف الكيفلر ألياف الكربون الألياف الزجاجية القصيرة

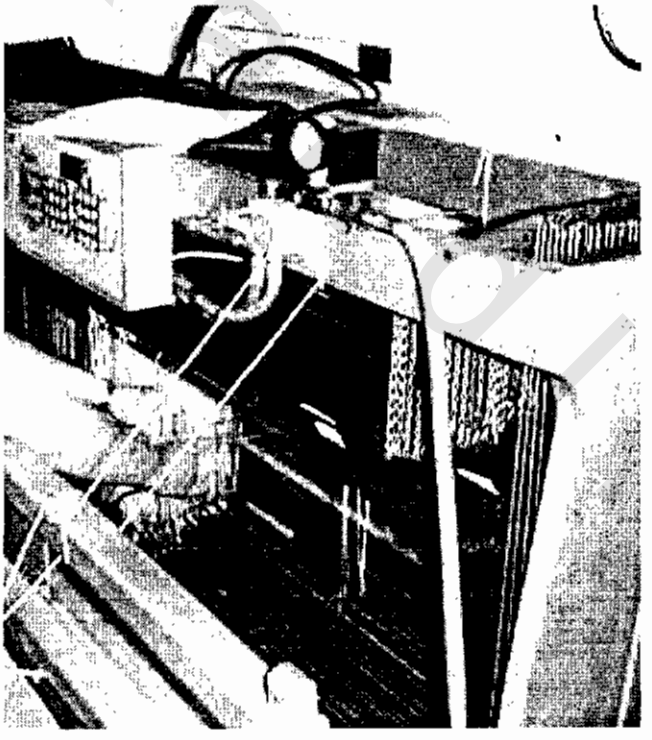
شكل (٢٣) الأنواع المختلفة للمواد المقوية



شكل (٢٤) الأشكال المختلفة للمواد المقوية



شكل (٢٥) الألياف المفرومة وطريقة الرش



شكل (٢٦) الألياف الزجاجية المستخدمة فى تدعيم المواد المركبة

obeikandl.com

الأنواع الخاصة من المواد المركبة

المواد المركبة المتناهية الصغر

سوف نبدأ بتعريف المواد النانومترية و أهميتها ثم ننتقل لتعريف المواد المركبة متناهية الصغر أو ما يعرف حاليا باسم Nanocomposite وتقنيات المتناهيات فى الصغر(Nano- technology) .

يعرف النانوتكنولوجى أو المتناهية فى الصغر بالعلم الذى يبحث عن تصنيع تراكيب دقيقة الحجم يتراوح حجمها بين ١ إلى ١٠٠ نانومتر، ويهدف هذا العلم إلى ابتكار أدوات ومواد وأجهزة غاية فى الدقة. بعضها لا يكاد يرى بالعين المجردة، يطلق على علم النانو الثورة التكنولوجية الثالثة بعد الثورة النووية والثورة الجينية. وتمكن العلماء فى عام ١٩٥٩ من الحديث لأول مرة عن ظهور تقنية حديثة فى مهدها الأول ، سميت بالتقنية النانوية أو النانوتكنولوجيا . وكان ذلك على يد الفيزيائى الأمريكى ريتشارد فايمان.

و بحسب التقدم التكنولوجى بالتوصل إلى تقنيات أقل حجمًا وأعلى كفاءة من حيث السرعة والجودة فى أداء العمليات المختلفة. ولهذا نجحت تقنية النانو باختزال حجم العديد من الأجهزة، بل رفعت من كفاءتها، وعددت من وظائفها. النانوتيوب ظاهرة فيزيائية تم رصدها أول مرة فى اليابان .

وعندما تمَّ دراسة الخواص الفيزيائية للنانو كانت النتائج مبشرة جدًّا؛ حيث إن النانوتيوب أقوى من الحديد بمقدار ١٠٠ مرة، وأخف منه فى الوزن بمقدار ٦ مرات. وعند قياس درجة توصيله للكهرباء وجد أنه أعلى من النحاس فى درجة حرارة الغرفة، أما توصيله للحرارة فهو أعلى من الماس. وفى عام ١٩٩٢ تم تطوير تكنولوجيا الحصول على النانوتيوب للعالم دونالد بثيون فى الولايات المتحدة الأمريكية من رصد نانوتيوب يبلغ قطر الواحد ١٢ نانو متر وانطلق العلماء بعد ذلك فى مجال النانو، حتى استطاع فريق من العلماء الصينيين فى ٢٠٠٥ رصد أصغر نانوتيوب فى العالم وهو يصل قطره إلى ٠,٥ نانومتر فقط، مع العلم أن أقل قطر لأى شيء فى العالم نظريًّا هو ٠,٤ نانومتر. ومن المتوقع أن تشعل تكنولوجيا النانو سلسلة من الثورات الصناعية فى خلال العقدين القادمين التى سوف تؤثر على حياتنا بشكل كبير. فيتوقع العلماء استغلال النانو فى صناعة أجهزة إلكترونية غاية فى الصغر تستطيع العمل على مستوى الجزيء. أو أدوات جراحية قادرة على

مكافحة الأمراض على مستوى الخلية الآدمية. وفى مجال الصناعة يمكن أن يدخل النانو فى تكوين المواد المركبة للرفع من كفاءتها فى توصيل الكهرباء والحرارة، وكذلك فى تصنيع خلايا لتخزين الوقود الهيدروجينى الذى يستخدم فى المركبات الفضائية. تكنولوجيا النانو ما زالت فى مهدها الأول، وهى الآن تحت الدراسة لمعرفة المزيد من خواصها الفيزيائية وقدراتها المثيرة، ولكن الطريقة المستخدمة حالياً للحصول على النانو مرتفعة التكلفة جدًّا؛ حيث إن رماد النانوتيوب التجارى يتكلف ١٠ أضعاف سعر الذهب؛ ولهذا يتطلب دعمًا كبيرًا من الحكومات والهيئات العلمية الكبرى؛ لاستمرار البحث والتطوير فى هذا المجال. وذلك لتحديث طرق التحضير برفع كفاءتها للحصول على كميات أكبر من النانوتيوب .

أما الخواص الكهربائية فعند تحليلها ودراستهافى خواص نتائج مثيرة جدًّا؛ حيث إن النانوتيوب يمكن أن يكون موصلاً جيدًا جدًّا للكهرباء، ويمكن أن يكون شبه موصل (Semi-conductor)، وهذا باختلاف طريقة الحصول عليه، وترتيب الذرات داخل الهيكل الذري. ولهذا بدأ المستثمرون فى وادى السليكون يبحثون عن آفاق جديدة لاستعمال النانوتكنولوجيا، وعن طرق جديدة لتحضيره تعمل على الثبات النسبى فى خواص المادة المحضرة حتى يتسنى استخدامها تجاريا.

الطرق الميكانيكية المستخدمة فى تحضير المادة المركبة لا تصل بها للأبعاد الصغيرة جدا، و الطرق الكيمائية تعد طرقًا معقدة و مكلفة للغاية يصعب معها إنتاج كميات صناعية من المواد .

وتقنية تحضير المواد النانو مترية يمكن وصفها بأنها تقنية معقدة عديدة المخاطر ومن أهم أوجه القصور بها صعوبة تمرير حزمة الأشعة فى قناة يقل عرضها عن طول موجة الضوء لغرض الحصول على التركيز اللازم مما يجعل عملية تحضيرها من أحجام و كتل صغيرة فى غاية الصعوبة. السوائل المستخدمة فى تحضير المواد النانومترية بالليزر تتسبب فى العديد من المشكلات حيث تتسبب فى انحراف شعاع الليزر عن مساره نتيجة لاختلاف الكثافة الضوئية بين السائل والهواء الجوى مما يحدث اختلافا بين زاوية سقوط شعاع الليزر و زاوية ارتطام شعاع الليزر بالمادة المحضرة و يجعل التحكم فى شعاع الليزر صعبا. كما أن السوائل المختلفة تحتاج لعمليات كيماوية خاصة مما يعقد العملية على المستوى الصناعى

بالإضافة لصعوبة الحصول على مادة نانومترية عالية النقاوة. مما يجعل الكثير من هذه الطرق غير مناسبا للتطبيقات البيولوجية خاصة علاج السرطان و جراحات المفاصل و العظام.

الفاقد فى المادة النانومترية المحضرة بالليزر يعد كبيرا نسبيا، وذلك لتعلق عددا كبيرا من المادة النانومترية بالسائل و تطاير كمية كبيرة من المادة المحضرة عند تنقيتها.

النانو تكنولوجى ما زالت فى مهدها الأول فى عالم الإلكترونيات، ويحسب التقدم التكنولوجى بالتوصل إلى تقنيات أقل حجمًا وأعلى كفاءة من حيث السرعة والجودة فى أداء العمليات المختلفة. تكنولوجيا النانو سوف تفتح أمامنا عالمًا جديدًا لم نكن نعلم عنه شيئًا. فى عالم متناهٍ فى الصغر. واستخدام النانو تكنولوجى فى التشخيص والعلاج الطبى و التطبيقات الصناعية المختلفة وأهم هذه التقنيات:

* الجزيئات المؤشرة
* المستقبلات الجزئية الصناعية
* الروبوتات النانوية
* النانو بيوتكس

تلك المواد يمكن تحضيرها بعدة طرق مثل التبريد السريع لبخار المواد أو السبائك الميكانيكية والأبحاث العلمية الحديثة و المعروفة بعلم المواد المتناهية الصغر توصلت لطرق عديدة لتحضير المواد المتناهية الصغر من الذرات أو الجزيئات.

المواد المركبة المتناهية الصغر
Nano-Composite

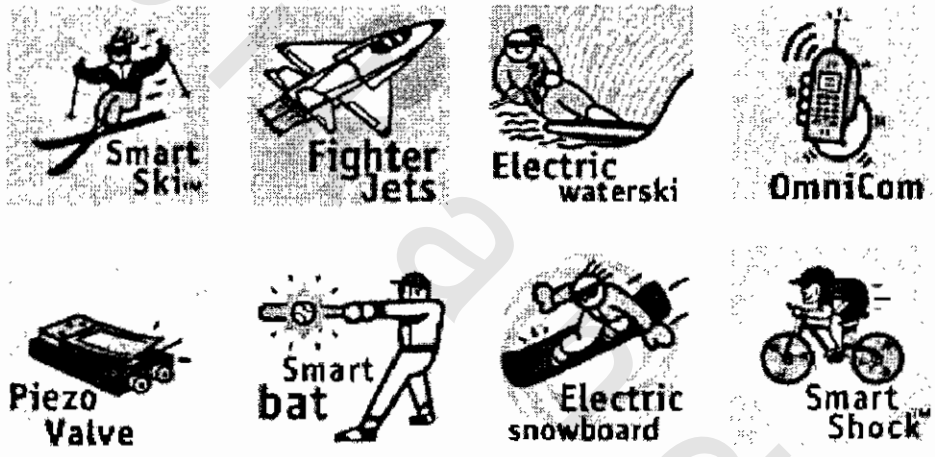
يمكن تعريف المادة المركبة المتناهية الصغر على أنها المادة المركبة التى يكون أحد أطوارها (مكوناتها) على الأقل فى الأبعاد النانومترية ومتوسط أبعاد حبيباتها يتراوح مابين ٥ نانومتر و حتى ٥٠ نانومتر أو ١٠٠ نانوميتر، ومن المعروف أنه كلما قل حجم الحبيبات فإن المساحة السطحية المعرضة من المادة تزداد، فكلما قل حجم الحبيبات المضافة فى المواد المركبة كلما زادت نسبتها فى المادة المركبة وزاد بالتالى تأثيرها. ووجود الحبيبات النانومترية يؤثر بصفة أساسية على الخواص المختلفة للمادة المركبة مثل الخواص الكهربية و الميكانيكية و الحرارية و الصوتية وغيرها. والمادة المركبة ذات الأبعاد متناهية الصغر تتكون من حبيبات وأطوار تكون ذات تركيب بلورى منتظم أو عشوائي، قد يكون تركيبها شبه منتظم (شبه بللوري). وإذا أردنا تعريف علم المواد المتناهية الصغر والمواد المركبة المتناهية الصغر فإنه يمكننا بناء المادة فى الصورة التى نريدها باستخدام الجزيئات المتناهية الصغر و كأننا نقوم بتصميم المادة بالخواص المطلوبة. و أكبر مجمع متخصص فى تحضير المواد المركبة يقع فى الولايات المتحدة

obeikandl.com

ويقوم بتحضير مادة مركبة متناهية الصغر يتراوح حجمها من ٢٠ نانوميتر إلى ٥٠ نانوميتر، وتتكون من التنجستين كاربيد وبودرة الكوبلت، ويتم منع تضخم الحبيبات grain growth خلال عملية التلبيد بإضافة مثبط مثل الفانديوم فى صورة محلول، وهذه المادة المركبة المتناهية الصغر ذات خواص مميزة تستعمل فى أدوات القطع و المواد المقاومة للبرى و التكسية السطحية لبعض المواد.

المواد المركبة الذكية

Future Promise of Smart Materials and Structure



شكل (٢٧) التطبيقات المختلفة للمواد المركبة الذكية

المواد المركبة ذات أساس من الأوكسيد (Oxide/Oxide Composite)

المواد المركبة عديدة الإضافات

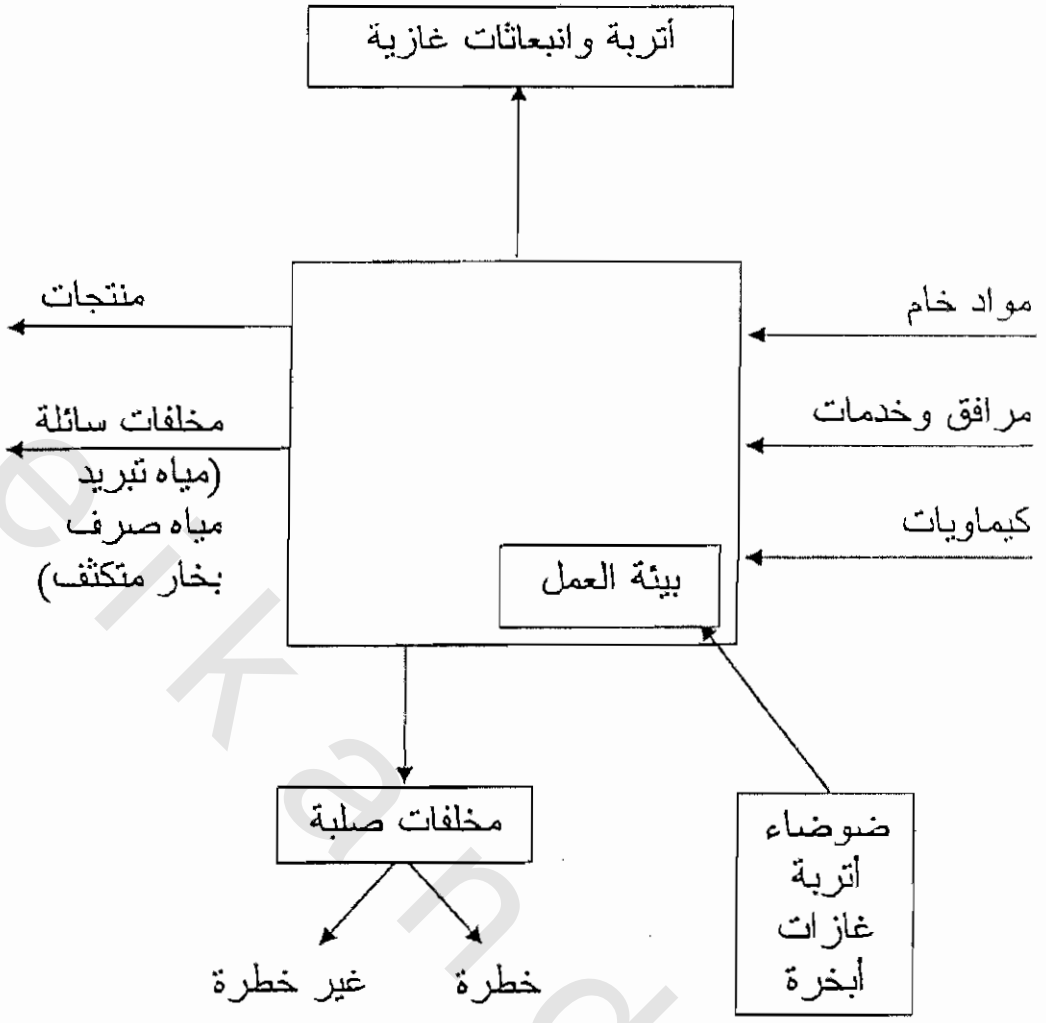
بدأت المواد المركبة عديدة الإضافات Hybrid composite فى الظهور فى مطلع السبعينات حيث تعد من أهم أنواع المواد المركبة، حيث إنها تحمل ميزة تصميميه وميزة اقتصادية فى وقت واحد حيث يمكن الحصول على مادة مركبة ذات صلابة ملائمة وقدرة على تحمل الصدمات و مرونة. كما أن الإضافات الباهظة التكلفة من نوعية الكربون فيبر أو البورون يمكن استبدالها كليا أو جزئيا بعناصر قليلة التكلفة نسبيا.

والمواد المركبة عديدة الإضافات تعتمد مباشرة على استبدال ألياف باهظة الكلفة بأخرى أقل سعرا مما يحد من استخدامها لأغراض متعددة منها مقاومة الحريق. كما أن المواد المركبة عديدة الإضافات تحتاج لطرق تصنيع معقدة نوعا و مكلفة للغاية، وتنحصر المواد المركبة عديدة الإضافات المصنعة من اللدائن فى الايبوكسى والثيرموبلاستيك.

الأنواع الجديدة من المواد المركبة عديدة الإضافات تتكون أساسا من أنواع ثيرموبلاستيك اللدائن غير المتصلدة بالحرارة المقواة بالألياف مضافا إليها أسلاك الصلب و هذه النوعية من المواد إلى جانب أنها خفيفة الوزن و قوية فإن لها قدرة عالية على امتصاص الطاقة و تحمل الصدمات مما يجعل لها الكثير من التطبيقات الواسعة فى مجال الحافلات و المركبات بصفة خاصة ووسائل المواصلات عامة، وتتجلى أهمية هذه النوعية من المواد عند حدوث الحوادث حيث إن قدرة هذه النوعية من المواد المركبة على تحمل الصدمات كبير مما يقلل من الآثار السلبية الناتجة عن حوادث المركبات.

المخلفات الناتجة عن تصنيع المواد المركبة

فى الفقرات التالية نلقى الضوء بشكل مكثف على المخلفات الناتجة عن صناعة المواد الجديدة المتنامية أو المعامل ذات التقنيات الحديثة لما يستلزمه إنتاج هذه المواد الجديدة من معدات حديثة و مواد ذات خواص مقننة، وأثرها على البيئة المحيطة وما ينتج عنها من مخلفات و حجمها و نسبتها و مدى خطورة كل منها قياسا بأنواع الملوثات الأخرى ذات المصادر المتعددة. ومن هنا نلقى الضوء على طريقة التخلص الآمن من هذه المخلفات على المدى البعيد، ونظراً لأهمية النفايات وقيمتها الاقتصادية سوف تلحق بالمعمل وحدة لفرز النفايات يدويًا وميكانيكيًا للاستفادة من المواد الصالحة لإعادة التدوير واستخدامها كمواد خام فى صناعات جديدة وأيضاً لتنقية المواد الخام العضوية شكل (٢٨) يوضح المدخلات و المخرجات الرئيسية لعملية إنتاج المواد الهندسية.



شكل (٢٨) رسم تخطيطى لمدخلات و مخرجات تصنيع المواد المركبة

لبعض المواد الخام أو نصف المصنعة خصائص معينة منها ما قد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين أو أثناء النقل أو التركيب أو خلال فترة الاستعمال، فقد تتسبب فى إحداث عاهات فى جسم الإنسان، دائمة أو مؤقتة، كالجروح والبثور والتسمم والالتهابات الرئوية أو الحساسية فى الجلد والعينين مما يستوجب أهمية معرفة التركيب الكيميائى للمادة. كذلك صفاتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق والتسامي. ووجود الماء بصورة رطبة أو سائلة أو صلبة فى المادة يقلل من القيمة الاقتصادية للمادة أو يقلل المقاومة الحرارية، كما أنه قد يساهم فى إتلاف المادة بصورة سريعة. وتأثير الرطوبة على المادة يعتمد على خصائص المادة من حيث قدرتها على الامتصاص والنفاذ، كما يعتمد على الأجواء المناخية المحيطة بها كدرجة الحرارة

obeikandl.com

ونسبة الرطوبة. أما الخصائص التى يقاس بها مدى تأثر المادة بالرطوبة فهى الامتصاص و النفاذيه.إضافة إلى ما سبق من خصائص فإن هناك خصائص قد تكون ضرورية عند اختيار المادة المناسبة كمعرفة الكثافة والقدرة على مقاومة الانكماش وإمكانية الاستعمال وانتظام الأبعاد ومقاومة التفاعلات الكيميائية والمقاسات والسماكات المتوفرة. إضافة لكل ما سبق يلعب العامل الاقتصادى أخيرا دورا هاما فى اتخاذ القرار. وسعر المادة له أثر كبير عند الاختيار.

يستتبع أسلوب العمل ونمط الاستهلاك إنتاجا عاليا للنفايات فى معامل المواد من دون أى فرز، مما يعقد عمليات إعادة التدوير، وتقسم النفايات إلى قسمين رئيسين و هما نفايات خطرة و أخرى غير خطرة. **ولاتتعدى النفايات الخطرة نسبة ٥٪ من إجمالى النفايات والمواد غير الخطرة يمكن تقسيمها لمواد صلبة و مواد سائلة و مواد غازية**

والمواد غير الخطرة هى النسبة الغالبة فى معامل المواد المركبة و بالرغم من قلة كمية النفايات و كونها مختلطة بالشوائب لكن ذلك لم يمنع من السير فى اتجاه إعادة تصنيع النفايات. ويمكن تحديد مجموعة من النفايات القابلة لإعادة التدوير من نواتج تصنيع المواد الجديدة، بعضها يتم تدويره فعلا وهي:

المواد الصلبة

المواد العضوية

ويمكن الاستفادة من هذه النفايات فى صناعة السماد الطبيعى، ويتم ذلك بفصل هذه المواد العضوية من النفايات وتخميرها فى مفاعلات خاصة. ويستخدم السماد العضوى المنتج فى تسميد الأراضى الزراعية وهو يحتوى على مواد تساعد التربة على الاحتفاظ بالماء وتماسك مكوناتها.

المواد الحديدية والمواد المعدنية غير الحديدية

وتقوم المصانع بالتقاط المعادن بالمغناطيس وتقطيعه وصهره فى أفران مخصصة لصنع قضبان حديدية، ومنهم من يقوم بتقطيعه ثم بيعه بدون صهر.

البلاستيك

وهذه المخلفات يمكن صهرها وإعادة تصنيعها لإنتاج عبوات أو الاستفادة منها فى صناعات أخرى.

المواد السائلة

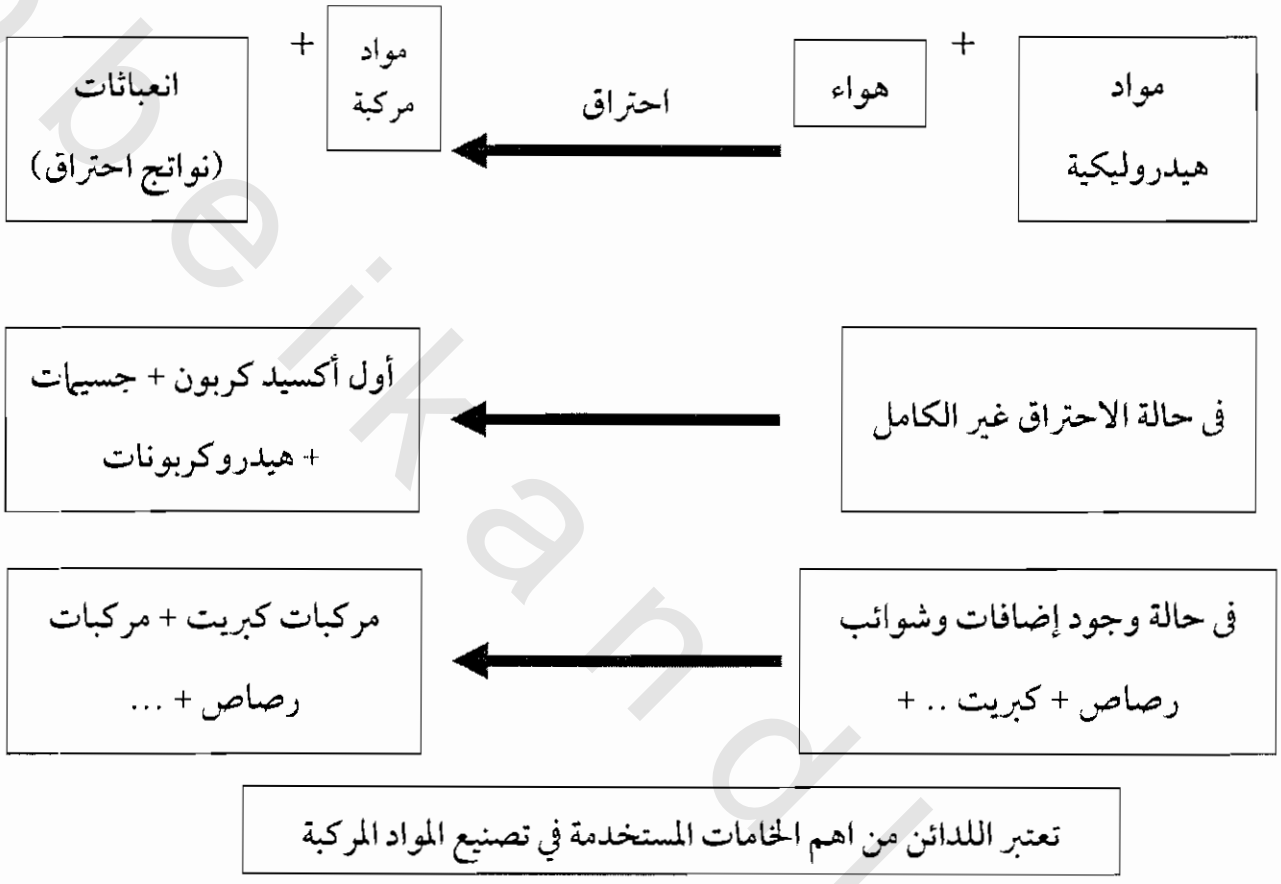
هى غالبا عبارة عن المياه المستخدمة فى عمليات التبريد أو غسيل الخامات و يجب مرورها على مصافى لفصل المواد الصلبة غير القابلة للذوبان فى الماء ثم بعد ذلك تضاف المذيبات العضوية الخاصة لكسر الروابط المشبعة و تحويل المواد الضارة لمواد غير ضارة و يجب التأكيد على استخدام صرف صناعى خاص بالمعمل و تجنب استخدام شبكات الصرف العادية لما يمكن أن تحدثه مثل هذه النوعية من المخلفات من أضرار فى شبكات الصرف العادية.

المواد الغازية

يعد تصاعد الغازات نتيجة لعملية التصنيع من أهم المخلفات الناتجة عن معامل المواد الجديدة، ويجب التخلص من الغازات عن طريق و جود التهوية المناسبة لحجم المعمل و نوعية الغازات و كذلك لبس الأقنعة الواقية. شكل (٢٣) **يوضح مصادر الملوثات الغازية فى معامل المواد المركبة**. كما يجب مراعاة أن الغبار و الأتربة ذات الأحجام الصغيرة يجب التعامل معها بحرص شديد لما تسببه من تحجر رئوى ومتاعب فى الجهاز التنفسى وتهيج لأغشية العين.

ومن الجدير الإشارة إلى أن معامل تطبيقات الليزر المختلفة الصناعية و الطبية والبيولوجية و البيئية ما هى إلا نوعية خاصة جدا من معامل المواد الجديدة حيث إن أشعة الليزر فى حد ذاتها ليست ملوثة و يمكن أن نصنفها ضمن المعامل الصديقة للبيئة إذا أحسن وقاية العين و الجلد من أخطار أشعة الليزر. و ينتج التلوث فى معامل الليزر من المادة المعاملة بالليزر و تكون معظمها غازية أو على هيئة أبخرة و غبار نظرا لطبيعة الليزر الخاصة فى التفاعل مع المواد، ولكن مخلفات الليزر السائلة لا تحتاج لمعاملات و يمكن التخلص منها فى شبكات الصرف العادية.

مصادر الانبعاثات الغازية



شكل (٢٩) يوضح مصادر الملوثات الغازية فى المواد المركبة

ومن العوامل الهامة المؤثرة فى بيئة العمل وجود الغازات أو الأتربة فى بيئة العمل خاصة الغازات الناتجة عن العملية الصناعية. ووجود الغازات لا يقل أهمية عن درجة الحرارة و الرطوبة حيث إنه يؤثر تأثيرًا مباشرًا على درجة الحرارة و الرطوبة ويعد العامل الأساسى فى التحكم فى الإضاءة و الوقاية من الغازات الصناعية، يأخذ أشكالا عديدة يكون بحسب نوعيتها و تأثيرها ودرجة خطورتها من حيث السمية أو حجم الحبيبات وما شابهها و استخدام الأقنعة الواقية من الغازات والمتوافقة مع نوعيتها.

تحذير هام

يجب ملاحظة أن مادة العامل المنشط أو عامل التصلب المستخدمة عادة لتقوية الألياف الزجاجية مع راتنجات البوليستر هى مادة غاية فى الخطورة، إذا دخلت قطرة واحدة من هذه المادة فى العين فإنها تسبب تلف نسيج العين وبالتالى العمى إذا لم تغسل بالماء خلال ٤ ثوان على الأكثر من وقت الإصابة، وإذا لم يتم ذلك فليس هناك علاج معروف حتى الآن لوقف تلف نسيج العين .وإلى جانب البولى سترات راتنجات الداى آليل فيثالات، السيليكون، الفينولات، الايبوكسى والميلامين آخذين فى الاعتبار الخواص المميزة لكل منها. وملاءمة تلك الخواص للمنتج المطلوب.

الاحتياطيات الواجب مراعاتها عند تصميم معامل المواد المركبة

وبصفة عامة، فإن أى معمل أو مختبر بحثى منتج للمواد الجديدة ينبغى أن يصمم وينشأ على نحو سليم وفقاً لأفضل المعايير الهندسية والتكنولوجية وذلك مع اعتبار خاص لضرورة التقليل إلى الحد الأدنى من التسرب إن لم يكن القضاء تماماً عليه. وينبغى إظهاراهتمام خاص عند تصميم المعامل لمعالجة المصادر المخففة مثل الرغاوى. وقد تكون هذه داخل خزانات التبريد أو قد تكون جزءاً من نفايات هدم بشكل أعم. وينبغى إغلاق المنطقة التى يتم فيها لأول مرة فصل الرغاوى من المواد المتأثرة الأخرى إغلاقاً كاملاً ما كان ممكناً وحجز أى انبعاث فى هذه المرحلة.

وبشكل عام ينبغى مراعاة التركيبات التالية:-

المضخات - ينبغى تركيب مضخات عاملة بالدفع المغناطيسى تكون مانعة للتسرب أو ذات سدادات ميكانيكية مزدوجة، وذلك للقضاء على إطلاق المواد فى البيئة نتيجة للتسرب من السدادات.

الصمامات – ينبغى استعمال الصمامات التى تقل إمكانية التسرب منها، وهذه تشمل الصمامات نصف المتعارضة أو الصمامات المزودة بحشو لمنع التسرب.

تنفيس الصهاريج (بما فى ذلك تنفيس أدوات التحميل) - ينبغى استعادة تدفقات التعبئة والتنفيس من الصهاريج والأوعية أو إعادتها لتجنب عملية تدميرها.

وصلات الأنابيب – ينبغى عدم استخدام الوصلات الملولبة واستخدام أقل عدد من الوصلات المشفهة بما يتوافق مع السلامة والقدرة على التفكيك من أجل الصيانة والإصلاح.

شبكات التصريف – ينبغى تزويد مناطق المرفق الذى تخزن فيه مواد مستنفدة للأوزون أو يتم فيه تناولها، برصيف مائل من الأسمنت ونظام تجميع مخصص بشكل سليم. وينبغى معالجة المياه المجمعة إذا كانت ملوثة وذلك قبل تصريفها بالشكل المرخص به.

الصيانة

ينبغى بصفة عامة أداء جميع أعمال الصيانة وفقاً لبرامج مخططة تخطيطاً سليماً وينبغى تنفيذها فى إطار نظام تراخيص لضمان المراعاة الواجبة لجميع جوانب العمل. وينبغى تطهير المواد المستنفدة للأوزون من جميع الأوعية والوحدات الميكانيكية والتجهيزات الأنبوبية قبل فتح هذه المواد فى الغلاف الجوي. وينبغى توجيه المواد الناتجة من تنظيف هذا الملوث إلى عملية التدمير أو معالجتها لاستعادة المواد المستنفدة للأوزون. ينبغى فحص جميع الوصلات المشفهة والسدادات وأطواق منع التسرب ومصادر التسرب الثانوى الأخرى وذلك بصورة دورية لتحديد المشاكل الناشئة قبل فوات فرصة احتوائها. وينبغى إصلاح التسرب فى أقرب وقت ممكن. يجب رصد المواد المُستَهلكة أو قصيرة العمر مثل الخراطيم المرنة والوصلات، رصداً دقيقاً وإبدالها بعد فترات مناسبة بحيث يكون خطر تمزقها ضعيفاً لا يذكر.

مراقبة الجودة وضمانها

ينبغى إخضاع جميع أعمال الفرز والتحليل المرتبطة بالمواد المستنفدة للأوزون وعملية رصد أدائها الكامل لإجراءات تقييم ومراقبة الجودة تمشياً مع الممارسات الحالية المعترف بها. على أن يتضمن ذلك القيام أحياناً على الأقل بعمليات مستقلة للتحقق من البيانات التى ينتجها مشغلو المرافق وإثباتها. كما يجب الاعتبار لاعتماد نظم إدارة الجودة والممارسات المتعلقة بنوعية البيئة التى تشمل المرفق بكامله.

التدريب

يجب أن يحصل جميع الموظفين المعنيين بتشغيل المرفق (مع فهم "التشغيل" بمعناه الأوسع) على التدريب المناسب على المهام التى يقومون بها. ومن الأهمية بمكان بالنسبة لأهداف تدمير المواد المستنفدة للأوزون، هو توفير التدريب فى مجال الآثار المترتبة على الفقدان الممكن تلافيه، وفى مجالات استخدام جميع المعدات فى المرفق وتناولها وصيانتها. ويجب أن يتولى جميع عمليات التدريب مسئولون مؤهلون تأهيلاً مناسباً وذوي خبرة، وأن تحفظ تفاصيل مثل هذا التدريب فى سجلات مكتوبة. وينبغى إجراء دورات تدريبية للتقوية على فترات مناسبة.

مدونة النقل

ومن أجل حماية طبقة الأوزون الستراتوسفيري، يتعين جمع المواد المستعملة المستنفدة للأوزون والمنتجات المحتوية على مواد مستنفدة للأوزون ونقلها بكفاءة إلى مرافق تطبق تكنولوجيات التدمير المعتمدة. ولأغراض النقل، يجب أن تصنف المواد المستنفدة للأوزون المستعملة بنفس تصنيف خطر المواد أو المنتجات الأصلية. وعمليًّا قد يؤدى هذا إلى فرض قيود على شحن النفايات الخطرة بموجب اتفاقية بازل بشأن التحكم فى نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود ويجب أن يتم التشاور بشأنه بصورة مستقلة. وفى ظل غياب مثل هذه القيود المحددة، توفر المدونة المقترحة التالية نقل المواد المستنفدة للأوزون من الزبائن إلى مرافق التدمير، باعتبارها دليلاً للمساعدة فى التقليل إلى الحد الأدنى من الخطر الذى يلحق بطبقة الأوزون نتيجة لنقل المواد المستنفدة لطبقة الأوزون. وترد إرشادات إضافية فى الضوابط النموذجية للأمم المتحدة لنقل البضائع الخطرة. ومن المهم الإشراف على جميع شحنات المواد المستعملة المستنفدة للأوزون والمنتجات المحتوية على المواد المستنفدة للأوزون ومراقبتها وفقاً للشروط الوطنية والدولية وذلك لحماية البيئة وصحة البشر. ولضمان ألا تشكل المواد المستنفدة للأوزون والمنتجات المحتوية على هذه المواد خطراً غير مبرر؛ يجب تعبئتها بشكل سليم ووضع البطاقات التعريفية عليها. كما أن الإرشادات التى تتّبع فى حال وقوع خطر أو حادث يجب أن تكون مصحوبة بكل شحنة لحماية البشر والبيئة من أى خطر قد ينشأ أثناء العملية، ويجب تقديم إخطار بالمعلومات التالية فى أية مرحلة وسيطة من مراحل نقل الشحنة من مكان بدء الإرسال وحتى الوجهة النهائية.

مختبرات المواد المركبة

من المتطلبات الأساسية لأى من العلوم التطبيقية يلزم وجود الوسائل والمعدات اللازمة لإجراء الفحوصات على المواد المركبة والأجزاء والقطع المصنعة منها للحصول على أسس سليمة للتنفيذيات الموقعية. توجد المختبرات حسب الغاية المطلوبة منها، ولهذا يمكن وضع تصنيف للمختبرات كما هو مبين أدناه حسب الخدمة التى نقدمها.

** مختبرات البحوث
** مختبرات الفحص المركزى
** المختبرات الأكاديمية و التدريبية
** المختبرات الموقعية
** المختبرات المتنقلة

- مختبرات البحوث

إن تأسيس مختبر من هذا النوع يستوجب توفر كافة المستلزمات والمعلومات عن طبيعة العمل فى المختبر وعن متطلبات الأمان، وتشمل كذلك معرفة المتطلبات الهندسية والميكانيكية والصحية والكهربائية وأى متطلبات أخرى خاصة بالمعدات والأجهزة.

- مختبرات الفحص المركزي

هى المختبرات الثابتة والحاوية على أجهزة ومعدات كافية لإعداد الفحوصات والتحريات المفصلة وتقييم المواد المركبة و نوعيتها و الفحوصات الفيزيقية و الكيماوية الاعتيادية و كذلك للقوة والمتانة، الحجم و المرونة والمختبرات المصممة لفحص المواد المركبة بصورة عامة تنقسم لجزأين رئيسيين : جزء لفحص الخامات المكونة للمادة المركبة و جزء لفحص المنتج النهائى أو المادة المركبة نفسها .

المختبرات الاكاديمية و التدريبية

هى المختبرات المستخدمة فى الجامعات والكليات والمعاهد لإجراء الفحوصات العامة للمواد المركبة وموادها المكونة لها، وتشمل معظم الفحوصات التى تجرى فى المختبرات المركزية مستقبلا، وتستخدم هذه المختبرات لإجراء الفحوصات للتعليم والتدريب المستمر للكوادر الفنية والهندسية .

****المختبرات الموقعية**

إن الغاية الأساسية من المختبرات الموقعية هى لإجراء الفحوصات الروتينية على المواد المركبة ومجاميع الخرسانة. فالمعلومات تستخدم أساسا للتأكد من المطابقة مع المواصفات الفنية؛ لتعديل المكونات المستخدمة لتصنيع المواد المركبة، لضمان أكبر قدر من الكفاءة يتحقق من المواد المستعملة ولتزويد معلومات كاملة عن المواد المركبة التى تستعمل فى قسم من أقسام العمل. والفحوصات المستخدمة لوضع الحلول التى يمكن تنفيذها فى مختبر الموقع.

****المختبرات المتنقلة**

من الضرورى إجراء الفحوصات على كافة فعاليات المواد المركبة و الأجزاء الصناعية منها، فالمختبرات المتنقلة تكون مجهزة بشكل كامل بالمعدات والأجهزة والكادر الفنى وبالتالى توفر الكلفة الخاصة بالفحوصات و المتخصصين بالفحوصات

والسيطرة النوعية. وهذه النوعية من المختبرات تخدم أكثر من جهة فى البحوث والإنتاج ويجب أن تتوافر بها السرعة والدقة وملائمة استخدام المختبرات المتنقلة للتطبيقات المختلفة .

تُستخدم هذه المختبرات فى تحديد جودة المنتجات من المواد المركبة ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية الفنية المعتمدة، كما يُستفاد منها فى العديد من الدراسات و البحوث العلمية التطبيقية، وقد اصطلح على أن يتم اختبار الـ Matrix أو المادةالضامة وتشمل :

▣مختبر الفحوص المجهرية

يحتوى هذا المختبر على أجهزة إعداد العينات للفحص المجهرى (قطع، جلخ، تغليف ، صقل، تنميش) ومجاهر ضوئية مختلفة التكبير، و جهاز تحليل التركيب الداخلى Image Analyser.

وفى هذا المختبر يتم

- فحص البنية الداخلية للمواد المركبة كما يتم التعرف على نوع المعالجة التى أجريت لها.
- دراسة تأثير ظروف التشغيل على البنية الداخلية للمادة المركبة.
- التعرف على أسباب الانهيارات فى الآلات والقطع المصنعة.
- التعرف على نوعية وتأثير المعالجات الحرارية التى أُجريت للمادة المركبة.
- معرفة تأثير المقويات والإضافات المحسنة للخواص و التى تعمل عمل العناصر السبائكية فى البنية الداخلية للمواد المركبة.

▣مختبر الاختبارات اللاإتلافية

يكشف فى هذا المختبر عن العيوب السطحية أو الداخلية فى الآلات والقطع المصنعة من المواد المركبة، والتعرف على بعض الخواص الميكانيكية والفيزيائية بدون أى إتلاف للآلة أو القطعة المصنعة من المواد المركبة ويمكن إجراء هذه الاختبارات حقليًّا.

obeikandl.com

ويحتوى هذا المختبر على جهاز اختراق الأشعة السينية للمعادن، وجهاز الموجات فوق الصوتية للكشف عن العيوب الداخلية فى المعادن، وجهاز قياس السمك بالموجات فوق الصوتية (كما تستخدم الأشعة تحت الحمراء الخواص المغناطيسية Magnetic Particles.

مختبر الخواص الميكانيكية والمعالجة الحرارية

يستخدم هذا المختبر فى دراسة الخواص التى تعطى فكرة واسعة عن صفات المادة ومدى إمكانية تشكيله وتشغيله فى الظروف الصناعية المختلفة. ومن أهم الاختبارات التى تُجرى فى هذا المختبر: اختبار مقاومة الشد، اختبار الثني، اختبار الضغط، اختبار الصلادة، اختبار الصدمة. كما تتم فى هذا المختبر المعالجة الحرارية للمادة والتى يمكن بواسطتها إضافة خواص جديدة للمادة.

وتوجد داخل هذا المختبر عدة أفران للمعالجة الحرارية وفرن صغير لصهر المعادن. وتتميز هذه الأفران بإمكانية برمجتها آليًا ببرنامج المعالجة الحرارية المطلوب.

مختبر الخواص الطبيعية (الفيزيقية) و الكيمائية للمواد المركبة

يمكن فى هذا المختبر القيام بالاختبارات المختلفة والمتعددة الأنواع وفقا للمواصفات العربية والعالمية وبمساعدة مجموعة من الأجهزة. ومن أهم الاختبارات التى تجرى داخل المختبر هي اختبارات: اللزوجة ـ الكثافة النوعية ـ نسبة المواد الصلبة ـ نسبة المواد المتطايرة ـ قدرة الانعكاس ـ مقاومة الخدش ـ مقاومة الصدمات ـ مقاومة البرى ـ المرونة والالتصاق ـ النعومة ـ فترة الجفاف ـ ثبات اللون ـ مقاومة الماء ـ مقاومة المذيبات البترولية ـ مقاومة رذاذ الماء المالح ـ مقاومة الأحماض ـ مقاومة المواد الكيميائية ـ الرطوبة ـ النفاذية.

+ الاختبارات على المكونات الداخلة فى تصنيع المواد المركبة

اختبار جميع أنواع المخففات والمذيبات العضوية المستخدمة فى صناعة الدهان من حيث مطابقتها للمواصفات الفنية.

الاختبارات على السيراميك

تُجرى الاختبارات على السيراميك المطلى والمواد المركبة ذات أساس من السيراميك لمعرفة مقاومة طبقة الطلاء للأحماض و المواد الكيميائية ومعرفة جودتها.

▫مختبر التآكل

من أهم الاختبارات التى تُجرى فى هذا المختبر التنبؤ بأى إصابات قد تصيب المواد المركبة نتيجة لعوامل كيميائية، أو عوامل ميكانيكية تساعدها عوامل كيميائية، فى الوسط الذى تعمل به المادة المركبة أو الوسط المحيط به. ويضم هذا المختبر العديد من الأجهزة التى تستخدم فى دراسة مدى مقاومة المواد المركبة للتآكل ومنها: جهاز مقاومة رذاذ الماء المالح، جهاز مقاومة الرطوبة .

▫مختبر التحليل الطيفى

تُجرى بهذا المختبر التحاليل الكيميائية للمعادن الحديدية وغير الحديدية وسبائكها بواسطة جهاز التحليل الطيفى (Spark emission Spectrometer) الحديث والمتطور. كما يمكن بواسطة الجهاز إجراء اختبارات مراقبة الجودة على المنتجات المصنعة من المواد المركبة، ومعرفة مدى مطابقة المواد المركبة المصنعة منه للمواصفات القياسية والفنية. ويعاير هذا الجهاز بشكل دورى وفق برنامج زمنى محدد.

تجرى الفحوصات عل المواد للأسباب التالية:

أ- لإعطاء معلومات عن نوعية المادة.

ب- تطوير المعلومات عن المادة أو اكتشاف مواد أخرى.

ج- للحصول على معلومات قياسية عن خواص المادة، ولاستعمال المواد بحد الفحص فبالإمكان التمييز بين الفحوصات على أنها فحوصات إتلافية Destructive وغيرإتلافية Non-Destructive فالفحوصات التى تتطلب أعلى قوة تحمل Ultimate Strength يعنى إتلاف النموذج. وكذا يعنى أنه لايمكن فحص مجموعة كاملة منتجة ولذلك تؤخذ نماذج بأعداد نموذجية Representative Number، بالنسبة للقطع المنتجة يفضل استعمال الفحوصات غير الإتلافية أو تجرى اختبارات الصمود Prod test فيسلط حملا أكبر من الحمل المتوقع تسليطه Working Load دون إتلاف النموذج.

مواصفات المواد
Specifications of Materials

المواصفات هى وثائق فنية مثبتة بأسس عملية تعين أنواع وأشكال المنتجات وطرق الفحص والتغليف والتسجيل والنقل والتخزين. وتظهر المواصفات القيم الفنية العامة كالقياسات والمصطلحات والرموز وتقدم اعتياديا وصفا شاملا للمنتج وأحيانا تتناول بعض المظاهر الخاصة وعلى سبيل المثال طرق الفحص.

تحاول المواصفات كذلك التأكيد على النوعية العالية للمنتجات الصناعية والزراعية والاستخدام الأفضل للمواد والوقود والطاقة والتخطيط لتقليل الكلفة للمنتجات، ومن الفوائد لاستخدام المواصفات القياسية هي:

أ- تبين المواصفات فكرتى المنتج والمستهلك وتقلل احتمال أوجه الاختلافات.

ب- تعطى للمصنع إنتاجا قياسيا لتنظيم الحصول على نوعية منتظمة وبالتالى تقلل التلفيات والكلفة.

ج- تقليل كلفة الوحدة المنتجة وذلك بإنتاج الوحدات القياسية فى الإنتاج الكمي Mass Production.

د- تسهل على المستهلك اتباع مواصفات مجربة.

هـ- تسهل على المصمم اختيار المواد التى تضمن نوعية مطلوبة نوعا ما.

و- تسهيل تحضير المواصفات الخاصة بالإشارة كمصدر إلى مواصفات مطبوعة ومنشورة.

ز- تسهيل عملية المقارنة بين العروض.

ك- تعطى طرقًا قياسية لفحص المواد وبالتالى بالامكان المقارنة بين نتائج الفحص للمواد فى مختبرات مختلفة.

من الأهداف المحددة أعلاه بالإمكان الوصول إلى تحديد أدق فى الغايات المطلوبة عند إجراء الفحوصات، وبذلك يوضع تحديد للأجهزة المطلوبة للاستعمال ودقة الفحص والأفراد الواجب توفرهم لإجراء هذه الفحوصات. فالفحوصات التجارية Commercial testing تشمل بصورة أساسية تدقيق قبول المواد تحت مواصفات معينة أو السيطرة على الإنتاج. فبصورة عامة يكون الفحص محددا ودليلا لقياس النوعية، فبذلك تتبع أساليب قياسية والغاية تكون أساسًا هى معرفة خواص المادة التى يجرى فحصها وأن نتائج فحصها ضمن الحدود المطلوبة والقياسية.

أما أهداف فحص المواد فى أعمال البحوث هي:

١- الحصول على معلومات جديدة عن المواد.

٢- اكتشاف خواص مواد جديدة.

٣- تطوير طرق القياس النوعية لمواد جديدة وطرق فحص جديدة.

إضافة إلى ذلك فقد يكون هناك أهداف معينة لاختيار مواد لاستعمال معين ولتطوير أساليب التصاميم بمواد معينة أو لدراسة سلوك المنشأ أو جزء منه بعد تنفيذه.

والجدير بالذكر أنه يجب التمييز بين الفحص Test **والتجربة** Experiment **على الرغم** من أن استعمال هاتين الكلمتين دارج دون تمييز فالتجربة تعنى فكرة عدم التأكد من الحصول على نتائج أو الحصول على نتائج غير متوقعة.

أما **الفحص** فيشمل اتباع طرق وأساليب عديدة والنتائج تكون محددة أيضا. فمن المناسب هنا أن يتم التمييز بين الفحص الموقعى Field Test والفحص المختبرى Laboratory Test فبالنظر لظروف العمل الصعبة والتحديدات الزمنية والتغيرات المناخية، فالفحوصات التى تجرى فى الموقع ينقصها الدقة التى نحصل عليها فى الفحوصات المختبرية (ولكن هذا لا يعنى أن الفحوصات فى المختبر تعنى ضمان الدقة).

عند تحليل النتائج يجب الأخذ بنظر الاعتبار التمييز فى الفحوصات التى تجرى:-

١- فحوصات على النموذج بكاملة أو جزء منه.

٢- فحوصات على نماذج Molds مختبريا على النموذج بأكمله أو جزء منه.

٣- فحوصات على العينات Specimens المأخوذة من النماذج المنفذة.

٤- فحوصات على النماذج للمواد الأولية.

فالتنظيم التفصيلى والعناوين المستعملة تختلف باختلاف الفاحص الذى يقدم التقرير عنه. فالتقارير يجب أن تكون ملخصة قدر الإمكان منسجمة مع القراءات والملاحظات والمناقشات تحت الفقرة الأولى المطلوبة فى التقرير أعلاه ويقدم توضيحا للغاية من الفحص، الطرق العامة لإجرائه نوعية المادة والأجهزة المستعملة فى الفحص. التجارب العلمية والفحوصات هى وسيلة من الوسائل المستخدمة

للحصـــول علـــى سلوك المـــادة تحـــت ظروف مختلفة مـــن التحميـل، ويجـــب ألا تكـــون الفحوصات بديـــلا للتفكير وإبـــداء الرأى وتحـــليل النتائـــج لقبولـــها أو لرفضها.

قبل إجراء التجارب يجب معرفة الغاية من الفحص والنتائج المرتقبة فالحصـول على النتائج يأتى نتيجة التخطيط السليم والدقة والتغلب على المصـاعب. فمـن المهـم معرفة سلوك المادة تحت الفحـص كتغـير الإجهـاد وردود الفعـل وحركـة الأجـزاء المختلفة وأى تغييرات أخرى. يجب بذلك معرفـة وتوقـع الأخطـاء التـى قـد تظهـر وكذلك تثبيت أى ملاحظات غير اعتيادية. من الممكن الحصول على نتائج ومعلومات جديدة فلا يعد الفحص كاملا قبل جمع المعلومات والتدقيق وتحليـل النتـائج؛ لـذلك فمن اللازم عند إجراء الفحوصات عدم قبول النتائج غير المنطقية وإعادة النظر فيهـا متى استوجب الأمر.

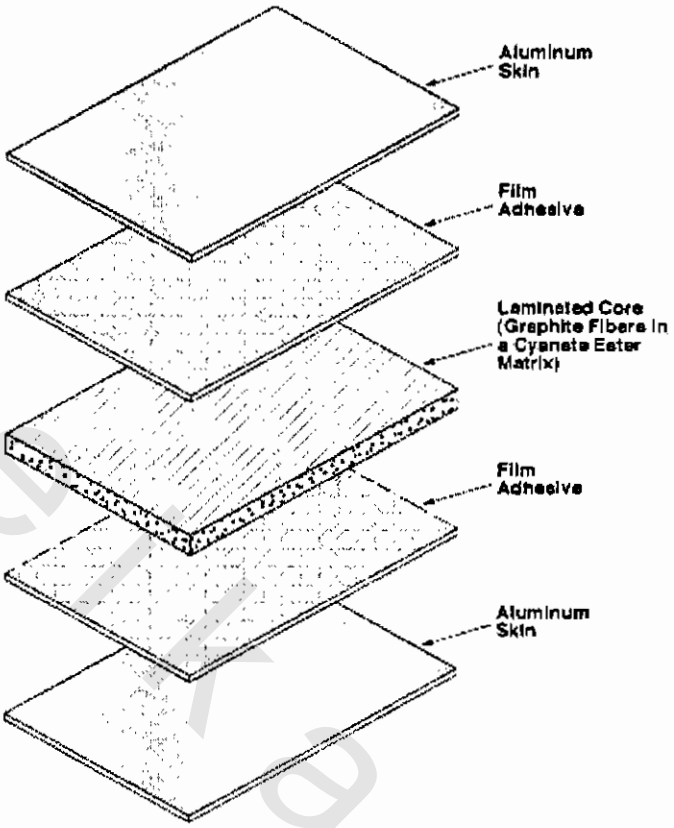
التطبيقـات المختلفـة للمواد المركبة

المـــواد المركبـــة فـــى التطبيقـات الإلكترونيـة والكهربية

تعد المواد المركبة هى الأفضل فى الاستخدامات الإلكترونية حيـث يصـنع منهـا الألياف الضوئية فائقة القدرة وأشباه الموصلات والمـواد فائقـة التوصـيلية إلى جانـب أجزاء الدوائر الإلكترونية والأقمار الصناعية. شكل (٣٠) تصنيع مسربات الحرارة فى الدوائر الإلكترونية بينما شكل (٣١) تصنيع الأقمار الصناعية من المواد المركبة الماصـة للصدمات.

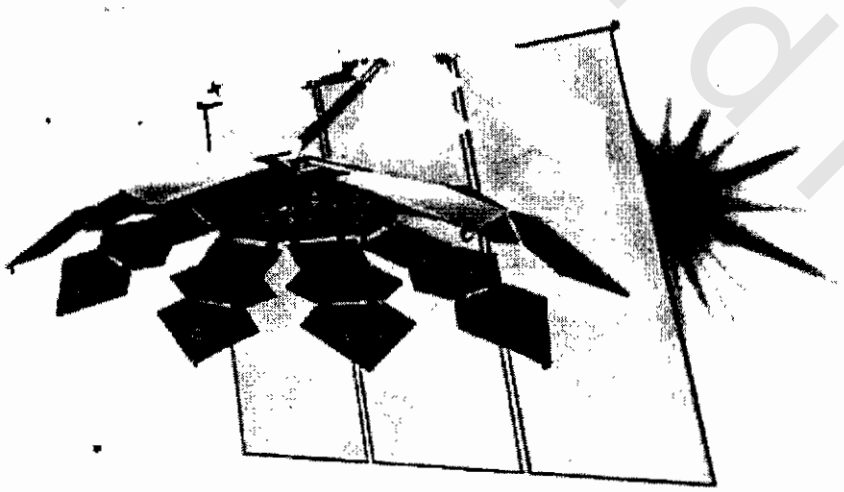
تصنيع أجزاء الأقمار الصناعية من المواد المركبة الممتصة للصدمات حتى تستطيع امتصاص الصدمات التى تتعرض لها فى الفضاء

obeikandl.com



شكل (٣٠) تصنيع مسربات الحرارة فى الدوائر الإلكترونية

Composite-Material Heat Sink for Printed-Circuit Boards



شكل (٣١) تصنيع الأقمار الصناعية من المواد المركبة الماصة للصدمات

The satellites will be made of a tough composite material and will be able to sustain impacts from space debris.

المـــواد المركبـــة في التطبيقات الانشائية

يعد قطاع التشييد هو القطاع الأول الذى تعامل مع المواد المركبة بشكل واسع حيث تعد الخرسانة المكون الأول فى عملية تشييد مادة مركبة كما أن عمليات الردم والرصف تستخدم فى مجملها مفهوم المواد المركبة من حيث تتابع الطبقات المختلفة المستخدمة فيها. صناعة التشييد بدأت فى استخدام المواد المركبة على نطاق واسع خاصة فى المبانى مرتفعة التكلفة ذات الاستخدامات الإدارية والصناعية فى كل من أوربا وأمريكا ثم انتقلت بعدها مباشرة لمنطقة الشرق الأوسط. وقد اتسع استخدام المواد المركبة فى ألواح التشطيبات الخارجية honey comb panels والألواح المستخدمة فى التشطيبات الداخلية مثل الألواح المستخدمة فى المعارض والحوائط والمسارح وغيرها، كما أن المصاعد وخاصة كابينة المصعد (صندوق المصعد) قد استخدمت فيها المواد المركبة على نطاق واسع وكذلك فى الأعمدة الكهربائية وأبراج الإرسال الهوائية. ونظرًا للتكلفة المرتفعة للمواد المركبة المستخدمة فى أعمال التشييد فقد اقتصر استخدامها حتى الآن على بعض المبانى والمنشآت الخاصة ذات التكلفة الباهظة مثل المطارات والمنصات البحرية وما يماثلها، ففى هذه النوعية من المنشآت يعتبر تحقيق الجودة والمواصفات القياسية الدولية الخاصة هو الهدف الأسمى بغض النظر عن السعر.

ولتدعيم المنشآت الخرسانية المسلحة باستخدام المواد المركبة المستحدثة تم استخدام ألواح الصلب لتدعيم المنشآت الخرسانية لفترة طويلة، وفى خلال العقد الماضى تم استخدام المواد المركبة المستحدثة ADVANCED COMPOSITE Materials فى العديد من تطبيقات الهندسة الإنشائية، ولذا فقد اتجه المهندسون إلى استخدام ألواح strips أو رقائق sheets مصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الزجاج أو الكربون Carbon Or Glass Fiber Reinforced كبديل لألواح الصلب فى تقوية العناصر الإنشائية المختلفة بالمبانى الخرسانية.

وقد بدأت دراسة استخدام المواد البوليمرية المسلحة بألياف الزجاج أو الكربون فى تقوية العناصر الإنشائية المختلفة بالمبانى الخرسانية فى سويسرا عام ١٩٨٤ باختبار كمرات خرسانة مسلحة مقواة بألواح المواد البوليمرية المسلحة بألياف الكربون وتبع نجاح هذه التجارب العديد من الدراسات والأبحاث التى ساهمت فى زيادة كفاءة تقنيات استخدام المواد المركبة المستحدثة فى تدعيم وتقوية وإعادة تأهيل المنشآت

الخرسانية. كما استهدفت هذه الدراسات ومازالت استحداث معادلات ومواصفات تصميم تقنن استخدام المواد المركبة المستحدثة فى مختلف التطبيقات الهندسية. وقد كان السبب الرئيسى فى تأخر استخدام المواد المركبة المستحدثة فى تطبيقات الهندسة الإنشائية هو ارتفاع تكلفتها. ولكن فى العشر سنوات الأخيرة انخفضت هذه التكلفة بنسبة كبيرة مما ساعد على استخدام هذه المواد بصورة واسعة فى مختلف مجالات الهندسة الإنشائية.

يستخدم حاليا فى الهندسة الإنشائية العديد من أنواع المواد المركبة المستحدثة ومنها :

قضبان مصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الزجاج أو الكربون وتستخدم كبدائل لحديد التسليح فى الخرسانة المسلحة.

وقضبان أو كابلات من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الكربون حيث تستخدم بصورة رئيسية كبدائل لكابلات سابقة الإجهاد فى الخرسانة سابقة الإجهاد أو كبدائل لكابلات الكبارى الملجمة.

وألواح ورقائق مصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الزجاج أو الكربون وتستخدم فى تقوية وتدعيم وإعادة تأهيل المنشآت بصفة عامة.

وتصنف المواد البوليمرية المسلحة بالألياف والمستخدمة فى تطبيقات الهندسة الإنشائية طبقا لنوعية الألياف المستخدمة بها حيث تعد المواد البوليمرية المسلحة بألياف الزجاج والمواد البوليمرية المسلحة بألياف الكربون الأكثر شيوعا واستخداما فى المنشآت.

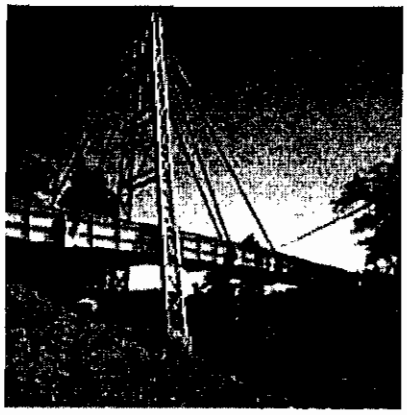
أوضح أن من المميزات الرئيسية للمواد البوليمرية المسلحة بالألياف: المقاومة العالية للتآكل والظروف الجوية والبيئية المختلفة بالمقارنة بالحديد. وتعتبر هذه المواد خفيفة الوزن جدا مما يسهل استخدامها فى مختلف التطبيقات الإنشائية، وتمتاز المواد البوليمرية المسلحة بالألياف بمقاومة شد عالية مقارنة بالحديد، ولذا فإن لها نسبة مقاومة إلى وزن عالية. وتعتبر مقاومة المواد البوليمرية المسلحة بالألياف للكلال والأحمال الديناميكية ممتازة.

يتم حاليا استخدام المواد المركبة المستحدثة بصورة واسعة وغير مسبوقة فى تقوية المنشآت الخرسانية حيث تستخدم الألواح المصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الزجاج أو الكربون فى تدعيم وإعادة تأهيل الكمرات وبلاطات الأسقف الخرسانية لزيادة مقاومتها لعزوم الانحناء، كما تستخدم الرقائق المصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الزجاج أو الكربون فى تدعيم وإعادة تأهيل الكمرات الخرسانية لزيادة مقاومتها للقص أو عزوم الالتواء .وتستخدم هذه الرقائق أيضا لتدعيم الأعمدة الخرسانية وزيادة مقاومتها للأحمال الرأسية أو إعادة تأهيلها لزيادة تحملها للزلازل، وقد بدأ أيضا استخدام كل من الرقائق والألواح فى تدعيم وتقوية حوائط الطوب الخرسانى وحوائط المبانى القديمة فى أماكن متفرقة من العالم.

وقد ظهرت شروخ متعددة فى كمرات أسقف أحد المنشآت وبعد دراسة أسباب ظهور هذه الشروخ اتضح أن بعض هذه الكمرات تحتاج إلى تدعيم لزيادة مقاومتها لعزوم الانحناء وهى الكمرات التى ظهرت بها شروخ فى منتصف البحر، كما اتضح أن كمرات أخرى تحتاج إلى تدعيم لزيادة مقاومتها للقص وهى الكمرات التى ظهر بها شروخ مائلة بجوار الأعمدة. كما وجدت كمرات أخرى تحتاج إلى تدعيم لزيادة مقاومتها لعزوم الالتواء حيث ظهر بها شروخ شبه حلزونية وقد تم تدعيم النوع الأول من هذه الكمرات باستخدام ألواح مصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الكربون أما النوعين الثانى والثالث فقد تم تدعيمها باستخدام رقائق مصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الكربون.

لابد من الإشارة إلى أنه يتم إعادة تأهيل وتقوية كمرات سابقة التجهيز باستخدام ألواح ورقائق مصنعة من المواد البوليمرية المسلحة بألياف الكربون، ويبلغ عمر هذه الكمرات أكثر من ٤٠ عامًا، ويتم التدعيم بالمواد البوليمرية المسلحة بالألياف من خلال كشف الخرسانة بإزالة أى طبقات خارجية من الدهانات ثم تملأ الشروخ والفراغات ويسوى سطح الخرسانة.

وتحمل ألواح المواد البوليمرية المسلحة بالألياف بطبقة من الابوكسى بسمك لا يزيد على ١,٥ مم، وتوضع هذه الألواح فى مكانها على الكمرات. وفى حالة استخدام رقائق المواد البوليمرية المسلحة بالألياف يوضع الابوكسى على سطح الخرسانة مباشرة وتفرد عليه الرقائق .شكل (٣١) تدعيم الكبارى المعلقة بالمواد المركبة .



شكل (٣٢) تدعيم الكبارى المعلقة بالمواد المركبة

إنّ التلف السريع لإنشاءات البنية التحتية المدنية خلف حاجة كبيرة لتطوير نماذج إبداعية طويلة الأمد ومنخفضة التكلفة فى عمليات الإصلاح والبناء، لأنّ هذه التكلفة يتم سحبها من الثروة الوطنية لكل دولة وقد تمّ تطوير طريقة حديثة واعدة لحل هذه المشكلة باستخدام المواد المركبة المتطورة المؤلفة من تراكيب الألياف الأسمنتية المدعّمة .

والمواد المركبة يمكن تركيبها بسهولة لتكون صالحةً للاستخدام كقضبان، ولاسيما أنّها ملائمةً جدًّا لهذه الصناعة لأنها قوية ولها استطالة مقبولة إلى حد كبير. والفوائد المؤكدة للمواد المركبة فى مجال الإنشاءات يمكن إيجازها فى عدة نقاط:

- تقديم القدرة على الاستطالة بالإضافة إلى الأداء الإنشائى العالى الجودة.
- تضاؤل فى أبعاد المواد المركبة وحجم التدعيم ووزن المركبات. فمن المتوقع أن تتطلب هذه النوعية من المواد المركبة تكلفة عمل وأجهزة دقيقة أقل خلال قيامنا بعمليات إنشاء مبانى جديدة أو تحديث وتطوير الإنشاءات القديمة، إضافةً إلى أنها أكثر اقتصادية من المواد التقليدية.

الجيل الجديد من المواد المركبة المدعمة بألياف مادة البوليمر عالية الأداء المدعمة بالمقويات يمكن استخدامها فى مواجهة مخاطر الهزات الأرضية عند تطوير مواد مركبة إبداعية وثابتة ومتطورة الأداء فإنها ستفتح الأبواب إلى تطوير حلول اقتصادية طويلة الأمد للمشاكل المؤرقة الموجودة فى قطاع الإنشاء الهيكلي.

استخدامات المواد المركبة في التطبيقات العسكرية والاستراتيجية

الألواح المقاومة للرصاص

إن سرعة موجة الصدمة فى أى مادة تعبر عادة عن سرعة الصوت فى هذه المادة والتى ستكون بالطبع أسرع بكثير من سرعة الرصاصة. وبالتالي، عندما تضرب الرصاصة سطح مادة جامدة، فإن موجات الصدم ستتجه نحو الخارج على الجانبين بشكل أسرع من الرصاصة نفسها. وهذا يعني، على المادة الواقية أن تتمتع بالوقت الكافى للقيام بمهمتها، وفى حالة المواد المركبة ستنتشر الصدمة فى سلسلة من الانكسارات داخل المادة المصفوفة، والتى تميل للسير بشكل مواز لسطح الألياف مبعدة الصدمة عن قلب المادة المركبة. وفى حالة مادة كيفلر نجد أن الألياف غير مرنة إلى حد يستوجب تسليط طاقة هائلة لتحقيق هذا الأمر. وإذا كانت الألياف مصفوفة بشكل متعاكس أو متصلب فإن الصدمة ستتفرع وتجد أسطحاً جديدة للصدمات التى تليها. ويحدث كل ذلك فى أقل من عشر الثانية، لكن الطاقة التى تمتصها المادة والتى تجد كل هذه الأسطح الجديدة ضمن الألياف قادرة تماماً على ردع رصاصة من الدخول. وإذا ما تسائلنا لماذا لا يوفر لنا الفولاذ مثل هذه الحماية ؟

شكل (٣٣) السترات الواقية من الرصاص المصنعة من المواد المركبة السيراميكية

عدا خفة وزن المواد المركبة نسبة إلى الفولاذ ، فإن نوع الحماية التى يقدمها درع من الحديد قد تشكل خطراً على الإنسان ، حتى فى حال عدم اختراقه ، لأن طريقة انتقال موجات الصدم داخله قد تسبب تقشراً على السطح الداخلى له ، وهو الأمر الذى يعتبر بخطورة الرصاصة نفسها. وهناك بعض أنواع من القذائف المضادة للدبابات، مصممة خصيصاً لنسف الدبابات وتدميرها، فما بالك بدرع من المادة نفسها لا تتجاوز سماكته سنتمترات.

مدرعة المستقبل من الفيبر جلاس

بدلاً من استخدام الفولاذ فإن مدرعة المستقبل القتالية سيصنع هيكلها بالكامل من المواد المركبة من الزجاج والبلاستيك، مما سوف يحسن تحركاتها التكتيكية إلى حد كبير كما سوف ييسر عمليات نقلها جوًّا. كذلك سوف يؤدى عدم استخدام الصلب فى تصنيع هيكلها إلى خفض بصمتها الرادارية والحرارية إلى أدنى حد مما سوف يجعل الدبابات والعربات المدرعة القتالية فى المستقبل لا تكتشف بسهولة من قبل وسائل الاستطلاع والكشف الجوية للعدو.

ونظراً لهذه الميزات المهمة للدبابات والعربات المدرعة القتالية المصنعة من المواد المركبة من البلاستيك والزجاج، فقد طورت وزارة الدفاع البريطانية بواسطة فريق من الباحثين الصناعيين بقيادة وكالة الأبحاث والتقييم التابعة للوزارة، مدرعة هيكلها بالكامل مصنع من المواد المركبة Advanced Composite Armored Vehicle (ACAVP) وذلك لأول مرة فى تاريخ صناعة المدرعات أن يكون الهيكل بالكامل من المواد البلاستيكية والزجاج، وسوف تتكلف المدرعة ٤٦ و ٩ مليون دولار أمريكي، وقد تم عرض قدرات هذا التصميم باعتباره أساساً لعربات الاستطلاع المستقبلية التى يتراوح وزنها من (١٨ ـ ٣٥) طنًّا حالياً. الهدف من تصنيع هذه العربة هو خفض وزن المدرعات بدرجة كبيرة ودون أن يكون ذلك الخفض على حساب الكفاءة القتالية والتسليح، ولقد بلغ وزن هيكل العربة المذكورة ٥، ٥ طناً مما يمكنها من السير بخفة على الأراضى غير الممهدة والسرعة على الأراضى الممهدة، كما سيؤدى النقص الكبير فى وزن العربة إلى عدم الحاجة للمحركات الكبيرة لدفع العربات المدرعة، بالإضافة إلى خفض الضوضاء والاهتزازات وخفض البصمة الحرارية والرادارية، كما تتميز بطول العمر الافتراضى وقلة تكاليف الصيانة لقلة الأعطال، كما يمكن استبدال أى جزء يصاب فى البدن فى ميدان المعركة بفكه وتركيب جزء جديد، هذا وتتمتع المواد المركبة بنفس الحماية التى يوفرها البدن المصنوع من الفولاذ للطاقم.

أول عربة مدرعة من الألياف الزجاجية

أكملت العربة المدرعة المصنوعة من المواد المركبة من البلاستيك والألياف الزجاجية تجاربها الميدانية بنجاح، وهذه العربة التى تقوم بتطويرها بريطانيا هى أول عربة مدرعة مقاتلة متقدمة أوربية يتم تصنيع بدنها من المواد البلاستيكية المركبة. وطبقاً لما أوردته وكالة الأبحاث والتقييم الدفاعية البريطانية DERA أن هذه

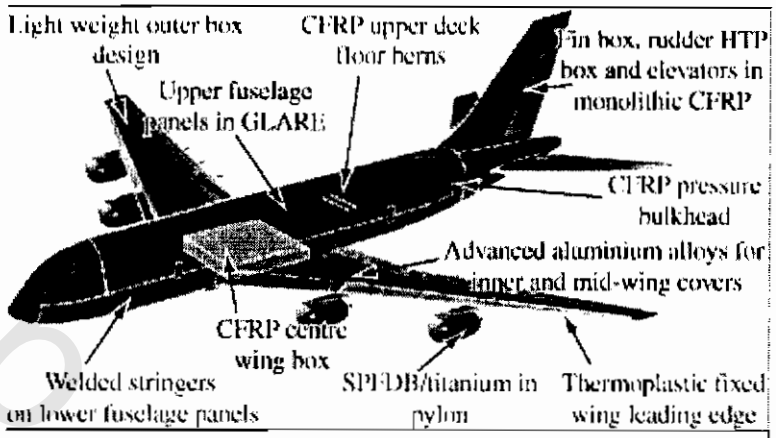
التجارب قد أثبتت أنه يمكن تقديم عربة مقاتلة مستقبلية مصنوعة من الألياف الزجاجية ذات مميزات مهمة للمستخدمين. وهذه المميزات تتمثل فى خفض وزن المدرعات المستقبلية مع خفض البصمة السمعية بالإضافة إلى مميزات الخفاء التى توفرها المواد البلاستيكية مما يساعد المدرعات المستقبلية على البقاء والاستمرار فى المعارك. والجدير بالذكر أن أعمال تطوير المدرعة المذكورة قد بدأت منذ عام (١٩٩٣م) تحت قيادة وكالة الأبحاث الدفاعية DERA. وقد قامت شركة فيكرز البريطانية بتنفيذ التصميم وهى المسئولة أيضاً عن تكامل الأنظمة الفرعية التى تعمل فى المدرعة المذكورة؛ حيث قامت بتسليم أول وحدة من مدرعة الألياف الزجاجية إلى وكالة DERA جاهزة لإجراء التجارب. وكان الهدف الرئيسى فى التجارب هو اختبار مدى تحمل البدن المصنوع من المواد المركبة من البلاستيك والألياف الزجاجية. أما بالنسبة للأنظمة الفرعية الموجودة على متن المدرعة فقد أخذت من معدات أخرى، فقد أخذت مجموعة التروس بالكامل من العربة الفيس ونظام الترجيع من العربة المدرعة واريور، وقد زودت بمحرك ونظام نقل آلى ونظام تبريد معدل. هذا وتأمل وكالة الأبحاث DERA بداية الإنتاج فى عام ٢٠٠٥م.

طائرة المستقبل من المواد المركبة

الطائرة ستكون قادرة أيضـاً على الإقلاع والهبوط عموديًا مثل طائرات الهليكوبتر. هذا ما ينوه له اختراع روبرت هنت الذى يعمل على طائرة هجينة ذات جناحين ثابتين والتى ستكون مثالا لطائرات المستقبل التى ستتمتع بهيكل خفيف صلب مصنوع من المواد المركبة صناعيا. وقد روعى فى تطوير هذه الطائرة الجديدة العوامل التالية التى فى حال تضافرها يمكن الحصول على مركبة أخف من الهواء بكثير وهى : العمل على أجنحة متطورة تجعل الطائرة ترتفع عبر الهواء بسهولة بالغة.

تكون الطائرة الجديدة أشبه بالطائرة الشراعية التى يمكنها الملاحة عبر الهواء مسافات طويلة من دون جهد أو استهلاك كبير فى الطاقة والوقود.

تكون مقاومة الهواء لها ضئيلة جدا مما يجعلها انسيابية تماما، وبالتالى محلقة قادرة على البقاء فى الهواء فترات طويلة جدا، إن لم يكن على الدوام حين تدعو الحاجة. الهواء المضغوط الذى ينتجه التوربين سيشغل مولدا كهربائيا يمكن الاستفادة من الطاقة الذى يولدها فى شتى الأغراض. كما يمكنه إطلاق وتشغيل مركبة شراعية مائية بتصميم جديد تنزلق تحت الماء مثل الغواصات من دون حاجة إلى محرك أو وقود.



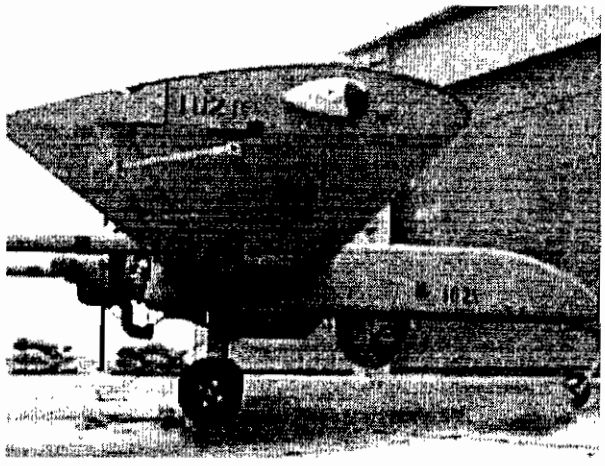
شكل (٣٤) أجزاء الطائرات المصنوعة من المواد المركبة

صناعة هياكل الطائرات الهليوكبتر (المروحيات)

وأحدث تصميمات الطائرات المروحية الخفيفة والمسماة Advanced light helicopter (ALH) مصنعة من المواد المركبة بنسبة ٦٠٪ مثل المواد المركبة المدعمة بالفيبر وكذلك المواد المركبة المعدنية متعددة الطبقات Metal sandwich structure وهى تجمع بين المواد المعدنية وغير المعدنية.

الطائرة الربوترية

إن المركبة مصنوعة من المواد البلاستيكية الخفيفة والألياف الزجاجية والمواد الخزفية المتطورة، فإنها تزن ٢٠ رطلا فقط (حوالى ٩ كيلوجرامات) ويمكن حملها فى صندوق بحجم حقيبة. وتضم «سيلفرفوكس» كاميرات متطورة قادرة على التقاط صور ملونة عالية الوضوح وصور فيديو بالأبيض والأسود، وتساعد مجسات الأشعة تحت الحمراء فى رصد الأجسام ليلا وخلال الظروف البحرية السيئة .



شكل (٣٥) الطائرة الربوترية

المواد المركبة فى مضمار وسائل النقل والمواصلات

تعد التكلفة هى العائق الوحيد لاستخدام المواد المركبة فى صناعة السيارات والناقلات وعربات السكك الحديدية. حيث تستخدم المواد المركبة فى صناعة كابينة السائق وأبواب وأسقف عربات السكك الحديدية ودعائم العجلات والبطاريات والياءات وأعمدة الإدارة وتستخدم المواد المركبة فى صناعة العديد من أجزاء البطاريات، وتعد المواد المركبة هى المادة المثالية لصناعة الأغطية الواقية للسائقين وأجزاء الصمامات أو الأسطوانات، كما أن أغطية محركات السيارات تزود بغطاء واقى من المواد المركبة.

ظهرت سيارة الحلم السويدى كوينجسج والتى حملت لقب CC فى معرض السويسرى للسيارات (جنيف) العام ٢٠٠٢ فى مارس، وهي سيارة رياضية سويدية بمقعدين تنافس أعرق السيارات الرياضية المشهورة أمثال لمبروقينى بمحرك وسطى (حتى يكون توزيع العزم بشكل سريع) وهي مصنعة بأجود المواد المركبة مثل الكربون والكفلار الصلبة، والمحرك عبارة عن ثمانى اسطوانات بـ٣٢ صماماً تبلغ سعته ٤٦٠٠ سى سى مع مبرد هواء (كومبرسر) يولد ٦٥٥ حصان و٧٥٠ نيوتن متر من العزم، وتنطلق إلى ١٠٠ كم فى غضون ٣ ونصف ساعة، والسرعة القصوى تصل إلى ٣٩٠ كم. وقدا استخدمت المواد المركبة لتصنيع المقاعد للمركبات البرية والبحرية.

المواد المركبة فى النقل البحري

وفى مضمار النقل البحرى وصناعة السفن فإن للمواد المركبة استخدامات واسعة نظرًا لما تتمتع به من مقاومة كبيرة للمياه والأملاح حيث يتم تصنيع الرفاص ومراوح الدفع. وفى مجال التطبيقات الاستراتيجية والعسكرية فالمواد المركبة تستخدم بشكل واسع فى تصنيع حاملات الطائرات والرءوس النووية. إن أهم شيء فى الصناعة

البحرية هى الوصول إلى أخف وزن ممكن عبر استعمالنا للمواد مثل الابوكسى والألياف الكربونية وغيره من المواد الخفيفة التى تعطينا نتيجة مثالية نلتمسها فى وزن القارب وقوة أدائه وصلابته فى آن واحد مقارنة مع المراكب المصنوعة من الألومنيوم.

المادة المركبة عبارة عن: لفائف زجاجية قاسية صلبة مكونة من أجزاء مفرغة من الهواء. تستعمل هذه التكنولوجيا فى صناعة الطائرات. إنها تكنولوجيا قوية خارقة ولكنها تمتاز أيضا بخفتها. تستفيد المجموعة المكونة للمركب كالزوارق الجانبية والعوارض المشكلة للهيكل العام من المواد الحديثة والمتطورة المستخدمة فى بنائه. فكل نقطة ممكن أن تكون حساسة تتعرض للضغط أو للشد أو تحمل ثقلا ما وتدرس بشكل منفصل فيعمل على تقوية كل مكان ضعيف فى المركب بزيادة مواد خاصة للوصول إلى مقاومة مثالية لأى مشكلة، ومن الممكن أن تنشأ نتيجة غضب البحار. أما بالنسبة للمواد المكونة للهيكل فلكل مادة دورها الفعال فى تلبية حاجة ما للوصول إلى تماسك قوى ضمن العناصر كافة. تتميز مراكبنا المصنعة من المواد المركبة بشكلها الانسيابى المثالى وبسهولة اختراقها للمياه دون إحداث أى تصادم يذكر للموج مع جوانب المراكب خلال عملية الملاحة مما يعطيها مرونة أكثر تتجسد فى زيادة السرعة وفى راحة المالك وضيوفه على المتن.فالمساحات الواسعة الموجودة داخل الكبائن تخلق نوعية مثالية للحياة لا نستطيع مقارنتها مع مراكب أخرى من نفس الفئة، وتؤمن لنا متعة لا مثيل لها خلال عملية الإبحار. الخصوصية التى تتمتع بها مراكبنا والتصاميم العصرية عندنا تأتى نتيجة عدة عوامل أهمها: - الانسيابية فى الأشكال والاندماجية فى العناصر المكونة للمركب. - الإنتاج(نوعية المواد المستعملة فى البناء والنواحى المتعددة للخدمة) - الدراسة البيئية والرفاهية المطلقة الموجودة فى مراكبنا، إضافة إلى أننا نعطى اهتماما خاصا للتفاصيل على أنواعها، منها معالجة انعكاسات النور داخل المركب من جميع الجوانب، ودراسة معمقة للألوان المعتمدة - وكل ذلك يوصلنا إلى نتيجة مميزة لا تقارن.

شكل (٣٦)خطوات تصنيع السفن من المواد المركبة

مجال الفضاء والطيران

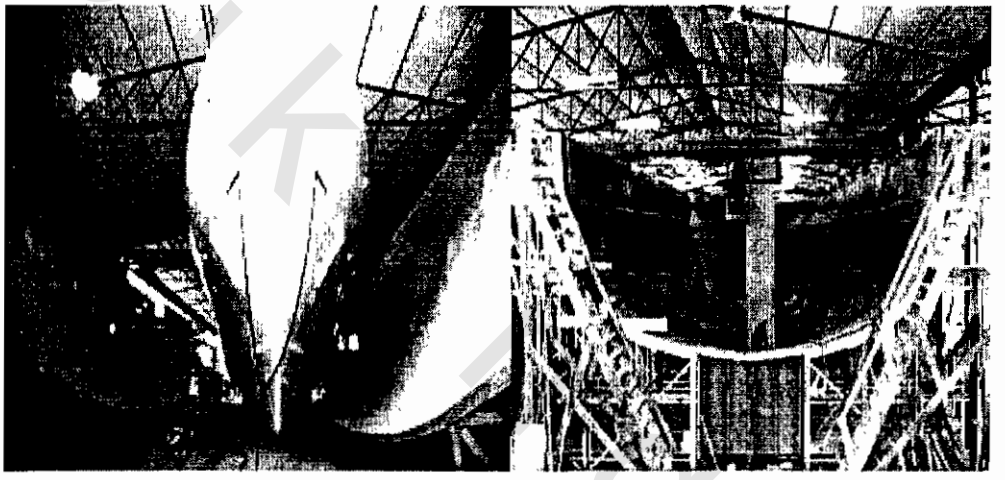
فى مضمار الفضاء تعد المواد المركبة هى مادة المستقبل نظرًا لما تتمتع به من خفة فى الوزن وثبات فى الأبعاد خاصة عند درجات الحرارة العالية، وهى تستخدم أساسا فى الأرصفة الفضائية والدعامات وغيرها. وعادة تكون المادة الداعمة هى ألياف الكربون وخاصة من نوعية أعشاش النحل قليلة الكثافة. والأنواع الأخرى من المواد المركبة من الارميد والألياف الزجاجية والايبوكسات والفينولات والبولى أميد تستخدم فى مواضع كثيرة فى الصواريخ حسب الخواص المطلوبة فى كل جزء.

المواد المركبة المدعمة بألياف الكربون تستخدم فى صناعة مقدمة الصاروخ والحواجز الحرارية لما تتمتع به من كثافة وخواص ميكانيكية مثالية ممتازة

فى عام ١٩٨٠ تم اختبار أول جناح (ذكي) «متكيف» على متن طائرة معدلة من القاذفة الأمريكية F-١١١ ذات السطوح متغيرة الزاوية أيضا، أطلق عليه Mission adaptive wing، صنع من ألياف الزجاج، لكن التعقيد الذى صاحب تصنيعه وثقل وزنه عن المطلوب فى ذلك الوقت قد حد من تطبيقه عمليا على الطائرات، لكن فى التسعينات كشف النقاب لدى الاتحاد الأوربي، وتحديدا شركة EADS للصناعات الجوية والدفاعية وايرباص، عن مشروع لإدخال مبدأ الجناح عديم السطوح - متكيف - على طائرات الايرباص بحيث يتم تحريك أسطح الروافع والقلابات عن طريق الالتواء، ولكى يتم صنع مثل تلك السطوح المرنة لا بد أن تتوافر المواد المركبة، وبالفعل تم توفر تلك المواد فى الوقت الحالي. أما فى الولايات المتحدة اللآمريكية فقد انتهت شركة لوكهيدمارتن المخضرمة بصناعة الطائرات العسكرية من وضع نموذج أكثر تطورا وتعقيدا من الاتحاد الأوربى أطلق عليه الجناح "المتشكل" أو Morphing wring وهو نموذج لجناح قابل كليا، ليس فقط سطوحه، على التشكل حسب الظروف الايروديناميكية المحيطة به.

مستقبلا يتكلم العلماء عن أمكان صنع طائرات من دون طيار بحجم الإبهام ويمكن استخدامها فى تطبيقات عدة كالتجسس والبحث والإنقاذ والإغاثة والرصد البيئى والمراقبة وغيرها، وربما فى المستقبل سيكون مصممو الطائرات علماء طبيعة وأحياء بدلا من مهندسين.

استعمال المواد المركبة فى صناعة أجنحة الطائرات والمروحيات يوفر ما بين ٢٠٪ إلى ٣٠٪ من وزنها مقارنة باستخدام المواد العادية. وتستخدم أساسا فى تشكيل الأسطح الانسيابية وتروس الهبوط ومداخن المحركات وموجه الطائرات وصناديق الزعنفة وتكسيات الأرضيات والمعدات الداخلية.



شكل (٣٧) تصنيع الطائرات من المواد المركبة

بعد أن تبنت بوينغ استخدام المواد المركبة فى صنع أبدان طائراتها الواعدةB٧٨٧ ، والاستغناء عن المعادن، كما كان فى السابق، ظهرت فى الأفق تساؤلات عدة حول مدى استعداد الصناعات الجوية للتعامل مع هذا النمط الجديد من مواد البناء للطائرات، خصوصا عند عمل الصيانة بالنسبة للبدن، فهناك تساؤلات حول إيجاد الآلية المناسبة لعمل الفحص الدورى للتأكد من خلو البدن المكون من المواد المركبة من التشققات والتآكل مع مرور الزمن، خصوصا أن الأجهزة السابقة التى كانت تستعمل مخصصة أساسا لإجراء الفحوصات على السطوح المعدنية وليست المركبة، ويأتى أكبر تهديد للمواد المركبة حصول انفصال للطبقات من تلك المواد عن بعضها البعض، وذلك بعد مرور الزمن والإجهاد، مما قد يضعف من متانتها ويهدد سلامة الطائرة، خصوصا أن هذه الحالات قد ظهرت فى حادثة انفصال الذيل كاملا لطائرة

ايرباص A٣٠٠ فى عام ٢٠٠٠ بعد إقلاعها، وكذلك حالة انفصال للدفة الرأسية لطائرة ايرباص A٣١٠ أيضا، وكلا النوعين تم صنع مجموعة الذيل الرأسية فيه من المواد المركبة.

يذكر أن الفحوص التى كانت تجرى على مدى سلامة المواد المركبة ٩٠٪ منها تكون بصرية كونها أرخص الخيارات، ولكن ليست جميع الأضرار التى تحدث للمواد المركبة يمكن الكشف عنها بهذه الطريقة، وتعتبر هذه مشكلة كبيرة، لكن بوينغ تقول من جهتها أنها بصدد إيجاد آلية فعالة لأداء مثل هذا الفحص.

تطبيقات المواد المركبة فى الزراعة واستصلاح الأراضى

نوع جديد من المواد المركبة لاستصلاح الأراضى الصحراوية

صادقت لجنة وطنية خاصة متكونة من علماء صينيين مؤخرا على نوع جديد من المواد المركبة لاستصلاح الأراضى الصحراوية طوره معهد بحوث العلوم الكيماوية والفيزيائية التابع لأكاديمية العلوم الصينية فى مدينة لانتشو حاضرة مقاطعة قانسو الواقعة فى شمال غرب الصين، وذلك على أمل تنويع المنتجات الصينية فى الأسواق المحلية لمعالجة التصحر. وقد صرح مسئول من المعهد أن هذا النوع من المواد المركبة يتكون من مواد حفظ الماء ومواد تمتين التربة ومواد لاستصلاح التربة وغيرها. وقد أجرى تجارب لمدة ثلاثة أعوام على مساحة أكثر من ٢٠٠ ألف متر مربع من الأراضى المتصحرة فى مقاطعة قانسو ومنطقة منغوليا الداخلية ذاتية الحكم المجاورة. وأظهرت نتائج التجارب هذه أن نسبة بقاء الشجيرات المنزرعة على الأراضى المغطاة بهذه المواد المركبة المتعددة الوظائف كانت عالية بما يتراوح بين ١٥ و٢٥ بالمائة مقارنة مع الأراضى المماثلة الأخرى.

الهندسة العكسية فى مجال المواد المركبة

تعد الهندسة العكسية فى مجال المواد المركبة من أصعب طرق الهندسة العكسية حيث إنها تؤدى بدورها إلى الوقوع فى الحيرة بين الاحتمالات الممكنة لتحليل المادة.

وفى الكثير من الأحيان تعد عملية الهندسة العكسية فى مجال المواد المركبة درب من دروب التخمين نظرا لتداخل العوامل الخاصة بالتصنيع والتركيب، وعمومًا فى مجال فحص وتحليل المواد المركبة نبدأ العمل بحصر المادة المركبة فى عدة احتمالات ثم يتم تفنيد الاحتمالات للوصول لدرجات متفاوتة من الدقة فى تحليل المادة المركبة تصل لذروتها مع المواد المركبة ذات أساس معدنى ثم تقل الدقة لتصل لأدنى درجاتها مع المواد المركبة ذات أساس من اللدائن.

وفيما يلى سيتم استعراض طريقة مبتكرة لهندسة المواد المركبة عكسيا

تنقسم آلية الهندسة العكسية لقسمين رئيسيين : الهندسة العكسية لمادة لم يتم تشغيلها أو استعمالها ولنطلق عليها مجازا فى هذا الموضع لفظة مادة جديدة، ثم يأتى القسم الثانى وهو عملية الهندسة العكسية لجزء تم تشغيله وتجربته. والجزء الثانى هو الأكثر شيوعا حيث تتعرض الكثير من الأجزاء للتلف والنحت.

تقسيم الفشل الحادث للمادة الموضح فى الجدول التالى تبعا لآلية الانهيار.

آلية الانهيار	النسبة المئوية
التحات الكيميائى	٢٩
الكلال	٢٥
الكسر القصيف	١٦
التحميل الزائد	١١
الأكسدة عند درجات الحرارة العالية	٧
إجهاد التحات الكيميائى / كلال التحات الكيميائي	٦
الزحف	٣
التحات الميكانيكي، البلي، الحك	٣

ويجب أن نلاحظ هنا أهمية التعرف على السبب وعلى كيفية آلية الفشل حتى يمكن التمييز بين الفشل الناتج عن خطأ فى التصميم أو تصنيع المادة والخطأ فى اختيار المادة المناسبة. فمثلا إذا تحدد أن الخطأ فى التصميم فإن التغيير ولو كان طفيفا فى التصميم أو طريقة إنتاج المادة يمكن أن يمنع أو يقلل من فرصة حدوث الانهيار الناتج. بينما الاتجاه إلى اختيار مادة أخرى تحت نفس ظروف التصميم يكون مضاعفة لأسباب الفشل.

ومرة أخرى يمكن إعادة تقسيم أسباب الفشل الأربعة السابقة ووضعها فى مجموعتين على النحو التالي:

١ - فشل ناتج عن اجهادات أعلى من مستوى التصميم.

٢-فشل ناتج عن اجهادات أقل من مستوى التصميم.

obeikandl.com

طريقة تحليل الانهيار

عند محاولة تحليل أسباب انهيار أو فشل أى جزء من المادة فى عمله، فإنه يفضل ويجبذ دائما الحصول على أكبر قدر من المعلومات من الجزء المنهار نفسه مع الحصول على معلومات كافية قدر المستطاع عن ظروف العمل التى استخدم فيها هذا الجزء وقت حدوث الانهيار. وهناك العديد من الأسئلة التى تطرح عندئذ والتى يتوجب الإجابة عليها أو على بعض منها على النحو التالى :

١. ما طول الفترة الزمنية التى ظل فيها هذا الجزء مستعملاً ؟
٢. ما هى طبيعة الإجهادات التى كان هذا الجزء معرضاً لها وقت الانهيار ؟
٣. هل كان ذلك الجزء معرضاً لحمل أكثر من المصمم له أساساً ؟
٤. هل كان ذلك الجزء فى موضعه الصحيح ؟
٥. هل أسيء استخدام ذلك الجزء ؟
٦. هل حدث أثناء الخدمة – تغير فى الظروف المحيطة بهذا الجزء –سواء كان التغير فى درجة الحرارة أو الجو المحيط أو الضغط أو غير ذلك ؟
٧. هل تمت عملية الصيانة الدورية المطلوبة لهذا الجزء ؟
٨. ما هو نوع المادة المستخدمة ؟
٩. ما هى الخواص الطبيعية والميكانيكية والكيميائية لهذه المادة ؟
١٠. ما هى الطريقة التى اتبعت فى تصنيع هذا الجزء؟
١١. ما هى الخاصية التى تغيرت فى هذه المادة بعد الاستعمال ؟
١٢. ما نوع الانهيار الحادث ؟
١٣. ودراسة سطح الجزء المكسور لابد أن يعطى الإجابة على الأسئلة التالية:

١. هل شكل الكسر يدل على أنه من نوع الكسر المطيلى أو الكسر القصيف أو هو خليط من النوعين ؟
٢. هل بداية الانهيار كانت من السطح الخارجى أو من خلال جسم المادة ؟
٣. هل بداية الفشل كانت مركزة فى نقطة واحدة أم أنها كانت موزعة فى نقط مختلفة من سطح العينة ؟
٤. هل بدأ الكسر منذ فترة طويلة أم أنه حديث النشأة، أى كسر مفاجئ ؟
٥. هل الكسر من النوع الذى يحدث على حدود الحبيبات أو من الكسور التى تمر داخل الحبيبات ؟

obeikandi.com

ولابد من أن نعى جيداً حقيقة هامة وهى ألا يمكن وصف الحل المناسب لمشكلة انهيار أية مادة ما لم تتوفر معلومات وبيانات كافية ووافية عن أداء هذا الجزء وكذلك عن كيفية حدوث الفشل.

وهناك خطوات هامة متبعة – وإن كان فى بعض الأحيان يمكن التنازل أو التغاضى عن أحدها أو يمكن إجراؤها بغير التنظيم الذى ستذكر به.

تجميع المعلومات والبيانات ووضع صورة كاملة لظروف العمل

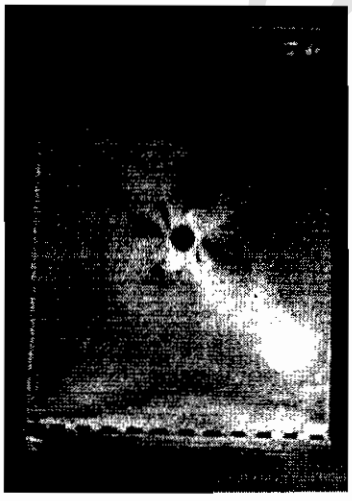
١. نوع المادة والتركيب الكيميائي.
٢. المواصفات أو الرسومات التركيبية أو التصميمية.
٣. طرق تصنيع المادة والمعاملات الحرارية.
٤. الإصلاحات والصيانة أو خدمات أخرى.
٥. ظروف العمل من أحمال ودرجات حرارة والظروف المحيطة.
٦. أية متغيرات طرأت على المادة.

يفضل أن تكون الفحوص من نوع غير المتلف (أشعة سينية، الاختبارات فوق السمعية، التيارات الدوامية ..... الخ) إضافة إلى الطرق التقليدية المعروفة من صلادة، وتحليل كيميائي، والهدف من هذه الاختبارات التوصل إلى:

١. التأكد من أن التركيب الكيميائى مطابق وموافق للمواصفات.
٢. قياس الأبعاد وبقية الخواص الميكانيكية للجزء الفاشل لمعرفة مدى مطبقتها للمواصفات.
٣. فحص البنية الداخلية للمادة ميكروسكوبيًا بالميكروسكوب الضوئى أو الميكروسكوب الماسح للتعرف على وجود عيوب بالقرب من الجزء المنهار أو تغيرات فى البنية الداخلية.
٤. .الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكترونى للتعرف على التركيب الكيميائى لأى ترسبات داخلية.

شكل (٣٨) اختبارات الضغط للمواد المركبة

Buckling of an integrally stiffened composite material panel under axial compression



شكل (٣٩) توزيع الإجهادات فى لوح من المواد المركبة معرض للضغوط

Stress distribution around a cut-out in a composite material plate subject to axial compression using the photoelastic technique

استبدال المواد التقليدية بالمركبة :

استبدال المواد التقليدية بالمواد المركبة لا بد من مراعاة الاحتياطات التالية فى المواد الجديدة قبل دخولها إلى المستودعات:

المواصفات القياسية:

(أى الخواص الفيزيائية) مثال: قوة الانضغاط أو القساوة حيث تقابل القيم المعطاة مثيلاتها فى المواد المستخدمة أو القياسات الدولية مثل ISO.

التقييم المختبري:

ويشتمل على عنصرين رئيسيين

١- مدة الصلاحية. ٢- التركيب الكيميائي.

المواصفات العملية / القوام / والمزج وزمن التصلب وتغيير الأبعاد عند التصلب/ استيفاء المادة للمواصفات الدولية مثل ISO. بناء على ما سبق يمكن اتخاذ القرار بتبنى المادة الجديدة عندما تملك مزايا واضحة تتفوق فيها على المواد الأخرى التى تم استخدامها مسبقاً وبصورة اعتيادية.

١- اختيار المواد للتصنيع:

لاختيار المواد لابد من الإلمام ومعرفه أنواع المواد الموجودة والمتوفرة لدى الإنسان وهي:

- المواد الحديدية (السبائك الحديد).
- المواد غير الحديدية (المعادن الأخرى).
- المواد البلاستيكية.
- المواد السيرميكية.
- المواد المركبة.

٢- خواص المواد:

لابد أيضا من معرفة خواص كل مادة متوفرة ليتم اختيار المطلوب منها وهي.

- الخواص الميكانيكية مثل الليونة – المرونة – القساوة – الجهد.
- الخواص الفيزيائية مثل : الحجم – التمدد –التوصيل الكهربائي- درجة الانصهار.
- الخواص الكيمائية مثل : الصدأ - مخلفات الحريق – الأكسدة – التآكل.

٣ - توافر المواد وتكلفتها.

توفر المواد لدى المصنع مهم جدا، أى وجودها فى السوق المحلى أم لابد من توريده من بلد أخر كم تكلفتها من السوق المحلى أو من البلد الآخر؟

٤ - عمر المواد وإمكانية إعادة تشكيلها (Recycle & Life Service).

من خلال التجارب والخبرات والبحوث المتوفرة.

البدء فى عمليات التصنيع:

ويتم فى هذه الخطوة اختيار الآلات وخطوات الإنتاج والتصنيع ومراجعة المنتج واختباره ومن ثم طرحه للاستعمال .

التكنولوجيا المصرية فى تصنيع المواد المركبة

أسباب الفكرة

لما كان المقياس الحقيقى لنهضة الأمم وتقدم الشعوب يقاس بمدى ما تملكه من معرفة علمية وتكنولوجية خاصة بها؛ لذا بدأ اهتمام العالم يزداد بالمواد المركبة وهى المواد المؤلفة من عدة مواد غير قابلة للمزج بالطرق العادية المتعارف عليها حيث يتم عمل مادة جديدة تجمع بين خواص المواد المتباينة الداخلة فى تراكيبها وقد بدأ الاهتمام المتزايد بالمواد المركبة منذ الحرب العالمية الثانية لتحل محل المواد التقليدية التى فى سبيلها إلى النفاد مثل البلاستيك. وقرابة منتصف التسعينات بدأت الأبحاث المستمرة لعمل المواد المركبة التى تستخدم اللدائن من نوعية الثيرمو بلاستيك كمادة ضامة لها وقد تم تسجيل هذا البحث لأول مرة كبراءة اختراع فى عام ١٩٩٧ م وبذلك تعد مصر بهذا الاختراع من الدول التى احتلت مكان الصدارة فى مجال المواد المركبة من نوع الثيرمو بلاستيك، وهى تتميز عن مثيلاتها فى أية مكان فى العالم بأن لها طريقة تصنيع مبتكرة تناسب احتياجات الورش الصغيرة والمصانع متوسطة الإمكانيات التى يمكن أن توفر فرص عمل للشباب كما يمكن أن توفر الكثير من المواد الخام التى يتم استيرادها من الخارج ويمكن تصنيع خط إنتاج ضخم يعمل آليًا ويمكن التحكم فيه باستخدام الحاسب الآلى ليناسب احتياجات المصانع الكبرى، كما أنها تنفرد علميا وتقنيا باستخدام أشعة الليزر لأول مرة فى المعالجة السطحية مما يضيف للمادة خصائص ومميزات غير مسبوقة. والاختراع يقدم أكثر من أربعين مركبا باختلاف نسب الإضافات يمكن أن تمد الصناعات المغذية بمجموعة من المواد

الجديدة تحل محل الكثير من المواد التى يتم استيرادها من الخارج مثل المواد شديدة المقاومة للبرى والتآكل والعوامل الجوية والمادة شديدة الصلابة ومقاومة نسبيا للكيماويات. إلى جانب ميزة إضافية وهى أن لهذه المادة استخدامات طبية حيث يتقبلها جسم الإنسان بدرجة كبيرة ولا يلفظها وتتميز المادة بتفوقها وتميزها الشديد عن كل المواد المماثلة محليًا وعالميًا.

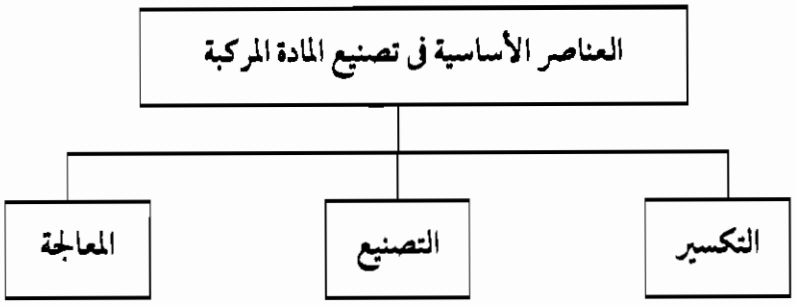
نوع الفكرة

المشروع المقترح يقوم على استحداث طريقة جديدة لتصنيع المواد المركبة والبلاستيكات ومساحيق المعادن لتوفير مستلزمات الصناعة من هذه المواد الفائقة القدرة، والاستغناء عن استيراد البدائل المستوردة.

تحليل الفكرة ومجال المنافسة

النهضة الصناعية الشاملة التى تسعى الدولة لتحقيقها تتطلب الزيادة فى عمليات التصنيع للأدوات والمعدات والماكينات مما يتبع ذلك من حاجة مطردة إلى قطع الغيار المستخدمة فى المعدات، خاصة قطع الغيار المصنعة من المواد المتوالفه فائقة القدرة مثل المواد المركبة ذات الأساس المعدنى أو البلاستيكى أو مساحيق المعادن. كما أن المواد البلاستيكية من اللدائن أصبحت الآن بديلا عصريا لكثير من أنواع المواد التقليدية وعلى ذلك فإن المشروع يحقق العناصر الآتية:-

* تلبية متطلبات الاستخدامات الصناعية المختلفة من قطع الغيار والمواد نصف المصنعة بجودة عالية.
* استخدام أحدث المستويات التكنولوجية المبتكرة فى عملية التصنيع.
* الاهتمام بمستويات التصميم من حيث الشكل والوظيفة.
* توفير فرص عمل للشباب فى هذا المجال تمشيا مع سياسة الدولة لحل أزمة البطالة.
* الاعتماد بشكل كبير على الخامات المحلية فى الصناعة وتوفير بدائل للمستورد بجودة عالية وسعر مناسب توفيرا للعملة الصعبة.
* التدريب العملى للشباب على مهنة جديدة وتنمية المهارات الحرفية لديهم.



شكل (٤٠) الرسم التخطيطى لمراحل تصنيع المواد المركبة بالتكنولوجيا المصرية

يخدم المشروع أكثر من ١٢٠ صناعة مختلفة ويعتبر صناعة مغذية للعديد من الصناعات الهندسية على النحو التالي:-

* صناعة قطع الغيار حيث بدأت معظم الدول الصناعية الكبرى باستبدال الكثير من الأجزاء المعدنية فى المعدات والماكينات بأجزاء من اللدائن والمواد المركبة.
* قطع غيار السيارات مثل الطاسة والواجهة والبكرات والإكصدام وغيرها.
* الأدوات المنزلية مثل يد المكواة واجهة المسخن ومفاتيح الإدارة وغيرها.
* بعض أجزاء أجهزة إطفاء الحريق.
* بعض أجزاء قطع الأثاث كالمنضدة وقواعد وحوامل الكراسى والأرائك وغيرها.
* المواسير ووصلات المواسير للغاز والسوائل العضوية والزراعة والمياه خاصة العسرة أو المشبعة بالسوائل وغيرها.
* الأوعية المستخدمة فى حفظ الغازات والمواد الكيماوية.
* الأكر والأبواب المقاومة للحريق.
* الأدوات الكهربائية مثل بعض وحدات الإضاءة - أغطية العدادات - مفاتيح الإضاءة وأجزاء أجهزة الحواسب الآلية.
* التطبيقات الطبية مثل صناعة الأسنان الصناعية وبعض أجزاء العظام لأن المادة يتقبلها جسم الإنسان بدرجة كبيرة ولا يلفظها.
* يقدم المشروع منتجات نهائية مثل قواطع غرف العمليات والأسقف المعلقة والقواطع والبنايات الداخلية فى عمليات التشطيبات الداخلية والخارجية والعزل الحرارى والصوتى وغيرها.

عملاء شراء خطوط الإنتاج والماكينات

الشباب أصحاب المشروعات الصغيرة.

مصنعو البلاستيك والمعادن الراغبون فى التوسع فى منتجاتهم وتحسين خواصها.

الميزة التنافسية

تنشأ الميزة التنافسية للمنتجات ليس من السعر فحسب ولكنه يعتمد بشكل أكبر على خواص المنتجات والمميزات الصناعية والتصميمية لها على النحو التالي:-

الخواص العامة للمادة الناتجة

الخواص العامة للمادة الناتجة

خواص المادة المذكورة(الصلادة ٨٠ باركول- معدل البرى ٣,٨ مم٢/ م - معامل الإحتكاك ٠,٧٥ - معامل الإنضغاط ٣٠١,٥ نيوتن/ مم٢ - معامل المرونة ١٢٠٩ نيوتن/ مم٢ - المقاومة الكيمائية أقل من ٠,٠١٪ فقط للتعريض المستمر)

المميزات الصناعية والتصميمية للمادة

* قلة الوزن بالنسبة للصلادة.
* كبر العمر الافتراضي.
* سهولة التشكيل والتشغيل نسبيا.
* مقاومة العوامل الجوية.
* سهولة الحصول على ألوان وأشكال متنوعة.
* إمكانية الاستغناء عن الكثير من الأشكال المعدنية وتحسين كفاءة منتجات الثيرموبلاستيك.

ومن الجدير بالذكر أن للمادة استخدامات طبية كأسنان صناعية أو كعظام بديلة لما لها من قابلية داخل جسم الإنسان.

الجديد فى التكنولوجيا المصرية

فكرة المشروع عبارة عن براءات اختراع مصرية

النجاح فى تطعيم المادة الجديدة من نوعية الثيرموبلاستيك بالفيبرجلاس.

استخدام أشعة الليزر فى المعالجة السطحية.

إمكانية تحسين الخواص الميكانيكية دون تغيير التركيب الكيميائي.

إمكانية كسر درجة التشبع وتقليل نسبة المادة المقوية المستخدمة حتى ٧٠٪.

obeikandl.com

تصنيع نظام ماكينة المواد المركبة ذات الأشواط الأربعة بديلاً للنفخ والحقن وهو مناسب للمشروعات الصغيرة وخطوط الإنتاج الضخمة.

الجديد فى تصميم الوحدة ومميزاتها

١- استبدال أنظمة الحقن والبثق والقوالب المفتوحة وغيرها بنظام واحد بسيط يمكن تنفيذه بتكلفة زهيدة ولتحقيق أغراض متعددة.

٢- يمكن استخدام ماكينة المواد المركبة لتصنيع عدة أنواع من المواد المركبة على نفس الماكينة عن طريق الأشواط الأربعة ومعدلاتها وتلك التقنية غير متاحة فى أى من الطرق السابقة لتصنيع المواد المركبة.

٣- يمكن تصنيع المواد المركبة ذات الأساس من البلاستيك والمعادن على نفس الماكينة وتلك الخاصية غير متاحة فى النظم السابقة باستثناء نظام الحقن مع ارتفاع تكلفته.

٤- التحكم يتم أتوماتيكيا فى كل مرحلة على حدة ويمكن تشغيل النظام يدويا بنفس الكفاءة.

٥- الماكينة تتكون من أربعة مراحل متصلة منفصلة فى آن واحد بمعنى أنه يمكن التحكم وضبط كل جزء على حدة مما يسهل عمليات الصيانة والإحلال والتجديد ويقلل من تكلفتها الكلية.

٦- تحويل تقنية تصنيع المواد المركبة من صناعة معقدة ومكلفة ومقتصرة على تكتلات صناعية كبرى لصناعة صغيرة وبسيطة وقليلة التكلفة مما يتيح تطبيقها واستخدام المواد المركبة تجاريا على نطاق أوسع.

المنتج

أولا: فى مرحلة التشغيل الأولي

وحدات نصف مصنعة

* أسطوانات * أقراص

وحدات مصنعة

* تروس * جلب * أعمدة إدارة

ثانيا: فى مرحلة التشغيل للتطوير

* وحدات نصف مصنعة بأبعاد يحددها العميل.

obeikandi.com

* قطع الغيار المركبة والمعقدة بقوالب تشكيل خاص.

والناتج عن المشروع مجموعة أشياء رئيسية:-

ماكينة المواد المركبة و البلاستيك و مساحيق المعادن البديلة لأنظمة تصنيع البلاستيك التقليدية مثل الحقن و البثق وغيرها.اسطمبات وقوالب التشكيل ذات السخانات المنفصلة.

منتجات نصف مصنعة بأبعاد تحدد بمواصفات العميل.

منتجات تامة التصنيع حسب الأبعاد والمواصفات المحددة من العميل .

وقد حدد المصمم المواد التى يمكن تصنيعها فى هذا النظام إلى عدة أصناف أساسية:-

* المواد المركبة ذات أساس بلاستيك.
* مساحيق المعادن.
* مواد البلاستيك المتصلدة بالحرارة.
* مواد بلاستيك غير متصلدة بالحرارة.
* كبس المخلفات لنقلها وإعادة تدويرها.

ويراعى فى التصميم الوحدات الصناعية المستخدمة بالإضافة إلى مراعاة المستوى الاقتصادى المناسب لمشاريع الشباب وترشيد الاستهلاك وقد روعى فى هذا المشروع اختيار المنتجات الملائمة لتصنيع قطع الغيار للاستخدامات الصناعية المختلفة.

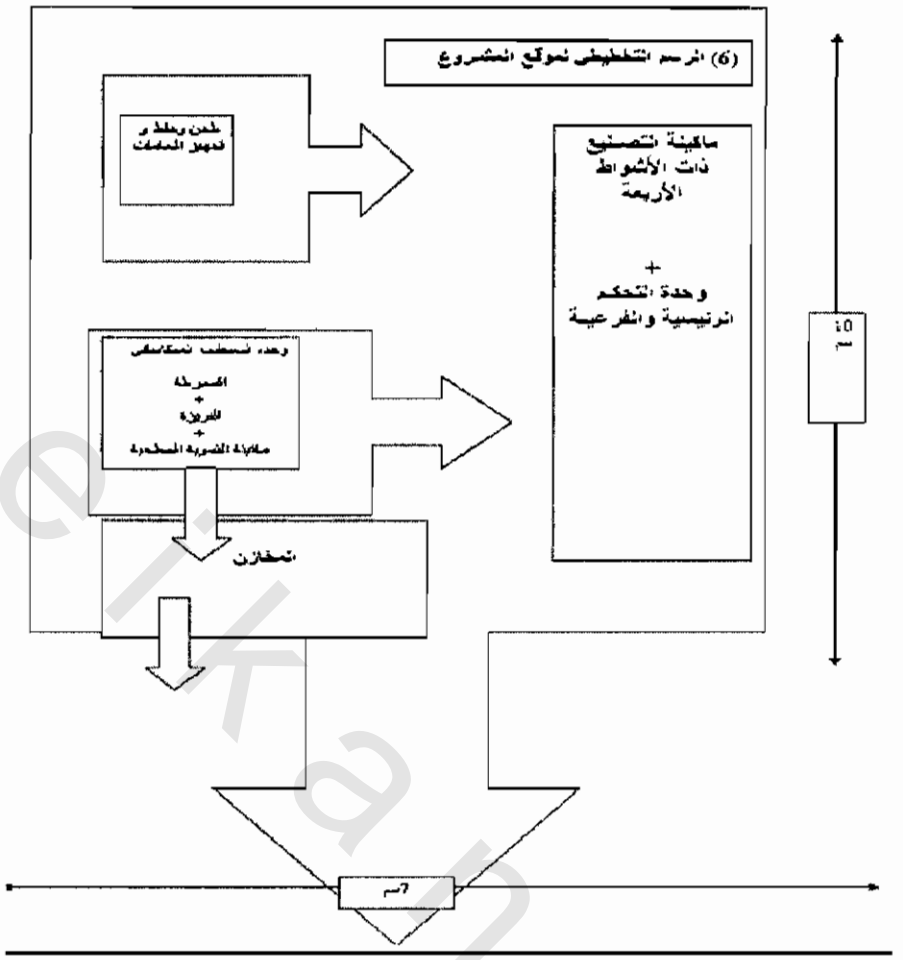
المشروع يعتمد أساسا على **ماكينة المواد المركبة ذات الأشواط الأربعة** إلى جانب مجموعة من المعدات الخفيفة المساعدة فى عمليات التسوية والتشكيل والتغليف.

أ- مراحل تجهيز الاسطمبات

ب- مرحلة التصنيع

ج- مرحلة إخراج المنتج النهائي

شكل (٤١) خطوات تصنيع المواد المركبة بالتكنولوجيا المصرية



شكل (٤٢) الرسم التخطيطى لموقع المشروع

(أ) عملية التصنيع

ماكينة المواد المركبة هى ماكينة مخصصة لتصنيع المواد المركبة ذات الأساس من المعادن أو البلاستيك غير المتصلد بالحرارة بصرف النظر عن كمية أو نوعية المادة المالئة أو حجم المقويات. و تعمل الماكينة من خلال أربعة أشواط أساسية متصلة ومنفصلة فى آن واحد حيث يمكن التحكم فى كل شوط على حدة ليكون مناسبا لنوعية المادة المصنعة، كما يمكن أن يعمل كل جزء منها منفصلا أو استخدام جزء دون الآخر . كما أن الأشواط الأربعة تعمل معا حسب الترتيب المحدد لإتمام عملية التصنيع. والماكينة تعمل أتوماتيكيا عن طريق وحدة تحكم رئيسية متصلة بالحاسب الآلي، كما يمكن أن تعمل يدويا.

تتكون الماكينة من أربعة أشواط أساسية تعمل على الترتيب ويمكن أن يتم ضبط الماكينة عن طريق وحدة التحكم لإيقاف أحد الأشواط أو تقديم أحد الأشواط على الآخر.

قبل بداية مرحلة الأشواط يتم تغذية الماكينة بالمواد الخام عن طريق سير علوى أوتوماتيكى يتم توصيله بالخلاط ويتم عن طريق التحكم فى سرعة السير التحكم فى معدل التغذية بالإضافات المختلفة حسب درجة الحرارة المناسبة لكل منها والزمن الملائم لتمام اندماجه مع الخليط النهائي.

الشوط الأول

يتم ضبط معدلات التسخين وتشمل ما يأتى (درجة الحرارة-الزمن اللازم للتسخين – معدل التسخين- معدل الوصول من درجة حرارة الغرفة ٢٥ °م إلى درجة الحرارة المطلوبة) حيث يتم توصيل الوحدة بوحدة تحكم آلى يتحرك المسخن على محور رأسى لمسافة ٣٥٠:٥٠ مم وحركة المسخن ترددية بين الموضع الابتدائى عند المستوى صفر المستقر على قاعدة معدنية يبلغ قطرها ٣٥٠مم وبسمك حوالى ٧٠مم. طول السخان ٢٠٠:١٥٠مم تتم الحركة على محور رأسى (ص) إلى الوضع الثانى مستوى بوضع التشغيل ٣٠٠مم لتلامس قاعدته العليا المستوى ب على ارتفاع ٣٠٠مم من المستوى صفر.يتم تثبيت قالب المادة المركبة عند الوضع صفر ويجب ألا يتجاوز ارتفاعه فى وضع التشغيل على نصف المسافة بين المستوى صفر والمستوي (ص) أو تكون حركة الجزء رأسيا لأسفل ثم يتم التحكم فى زمن هذه الحركة عن طريق وحدة التحكم الأوتوماتيكي(لوحة التحكم) ثم بعد انتهاء الزمن المحدد يتحرك هذا الجزء رأسيا لأعلى حتى يلامس المستوى (ص).

الشوط الثانى

يكون هذا الشوط متراكبا مع الشوط الأول حيث تبدأ القاعدة السفلى فى الحركة لأسفل بعد حركة الشوط الأول إلى المستوى صفر وبعد أن تتم تماما ويستقر كل من المسخن والقاعدة العلوية عند المستوى (ص/) ويتم التحكم فى زمن التأثير بالقوة. وهذا الشوط يتم التحكم فى عدة عوامل مثل (القوة المؤثرة- المساحة السطحية المعرضة لتأثير القوة-زمن التأثير بالقوة) وتكون حركة الشوط الثانى حركة رأسية لأعلى وأسفل أيضا بين المستويين المستوى صفر والمستوى (ص//) والمستوى (ص/) الذى يبعد عن المستوى (صفر) مسافة (٤٠٠:٣٥٠مم) وهو يعلو المستوى (ص) ينتهى الشوط الثانى بعودة القاعدة السفلى إلى وضعها الابتدائى رأسيا لأعلى وتنتهى

حركة الشوط الثانى كلية قبل انتهاء الوضع النهائى للشوط الأول. شكل (١) يوضح مستويات الحركة الراسية المختلفة ومواضعها.

الشوط الثالث

فى الشوط الثالث تكون الحركة أفقية ترددية بسيطة بين موضعين (س، س/)كما هو موضح بالرسم شكل (١). فى الموضع س تكون الذراع المتحركة ساكنة فى وضعه الابتدائى وكذلك القالب، يبدأ الذراع الذى يبلغ طوله من ٦٠٠:٥٠٠مم والذى يتحرك على مسمار محورى ويزود الذراع فى نهايته بخطاف على شكل حدوة الفرس يمكن التحكم فى قطرها عن طريق مسمار مقلوظ حيث يتم ضبط الخطاف على ذراعى القالب. يتم تحريك الذراع (يدويا) أو عن طريق موتور يتم تشغيله من وحدة التحكم حيث يتحرك الذراع إلى الوضع (س/) وفى هذا الوضع (س/) يتحرك الجسم رأسيا لأسفل حيث يتم غمر القالب فى حوض التبريد ، ووعاء التبريد يحتوى على (زيوت معدنية-ماء- زيوت بترولية) ويتم تغذيته من أسفل بالسائل المناسب ويكون معدل التغذية ١٠م٣/ دقيقة ويكون متناسبا مع معدل التبريد المطلوب ويكون منسوب سائل التبريد ثابتا عند مستوى غمر القوالب الموضح على تدريج جانبى يوضح مستويات الغمر المختلفة اعتمادا على كثافة القالب وحجمه، وعند مستوى للغمر المطلوب توجد فتحة تسرب علوية مزودة بصنبور ووصلة يتم فتحها للتخلص من الماء الزائد ليتم تدويره مرة أخرى بعد تبريده.

يمكن أن يتم التبريد بواسطة تيار هواء مضغوط ومندفع بسرعة عالية إلا أن هذه الطريقة هى الأكثر تكلفة والأقل كفاءة وتستخدم فى حالة الأجسام الصغيرة أو أن تكون مادة القالب شديدة التآكل فى الماء أو ما شابه ذلك من عوامل التفاعل المختلفة.

والمرحلة الثانية فى الشوط الثالث يتحرك فيها الذراع عكسيا من الموضع (س) إلى الموضع (س) فى حركة عكسية حيث يستقر الجسم فى الوضع الابتدائى تمهيدا لبدء الشوط الرابع.

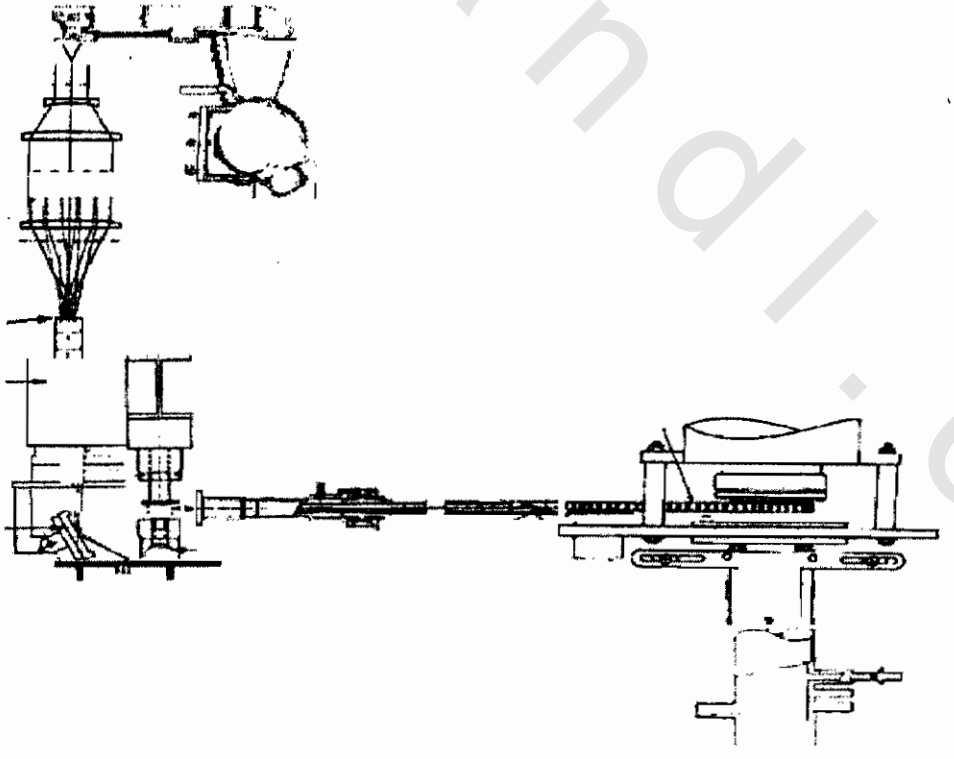
الشوط الرابع

فى هذا الشوط تكون الحركة رأسيا لأسفل كما فى بداية الشوط الثانى، ولكن الحركة تحتاج لقوة أكبر، كما أن مدى الحركة يكون أضيق حيث يتم وضع الجزء المخصص لإخراج المنتج النهائى الذى يكون فى الوضع ع على ارتفاع ٢٠٠:١٥٠مم

من الوضع الأولى المستوى صفر، وتكون حركة الشوط الرابع رأسية لأسفل ثم لأعلى وتكون بين الموضعين (ص") و الموضع ع.

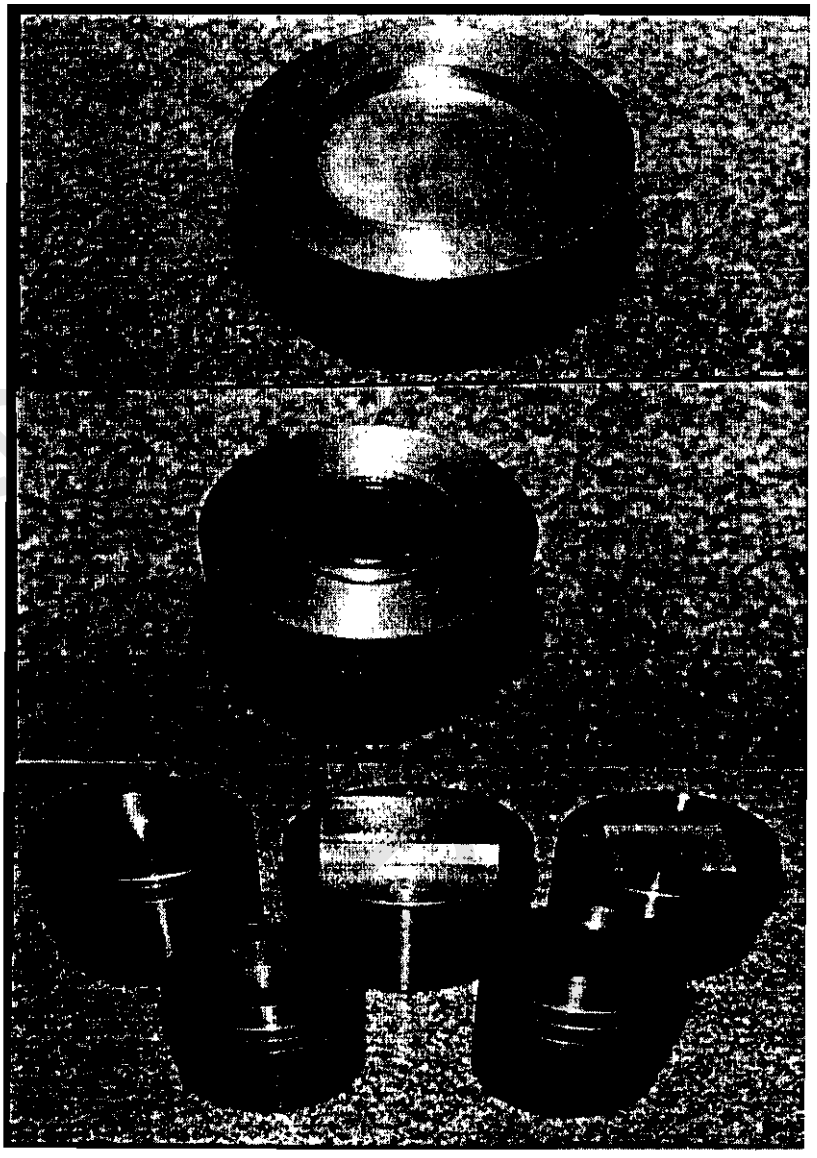
والماكينة مزودة بوحدات تحكم فرعية لتنظيم وضبط حركة كل شوط على حدة إلى جانب وحدة التحكم الرئيسية التى يتم توصيلها بالحاسب الآلى ليمكنة عملية تصنيع المادة المركبة.

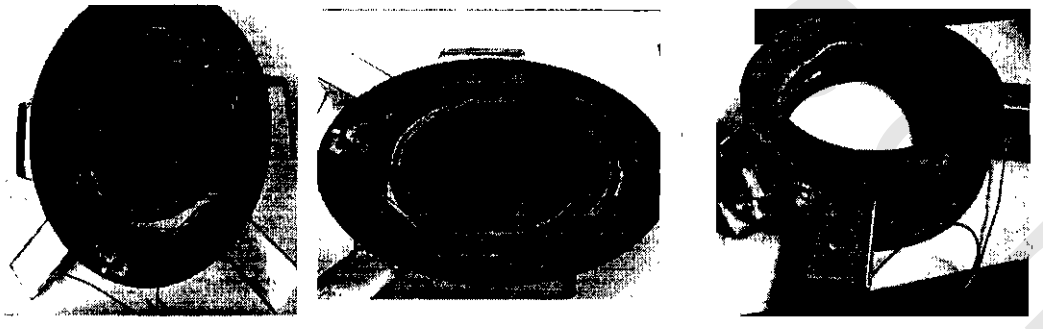
والمنتج الناتج بعد نهاية الشوط الرابع يكون فى إحدى صورتين إما منتجًا نهائيًا نادرًا ما يحتاج لعملية تنعيم أو تسوية نهائية أو تشغيل إضافى أو منتجًا نصف مصنع بمعنى أن يكون شكلاً هندسيًا مصمتًا ذا أبعاد ثابتة ويتم تشغيله وتصنيعه بواسطة وسائل التشغيل المعروفة حسب درجة صلادة المنتج النهائى وقابلية المادة المركبة للتشغيل. وعادة ما يتم تصنيع قوالب التشكيل بشكل المنتج النهائى فى حالة الإنتاج الكمى المميز والأشكال البسيطة، أما الطريقة الثانية فتستخدم فى حالة الإنتاج بكميات ضئيلة غير مجدية من الناحية الاقتصادية أو فى حالة إنتاج الأشكال المعقدة التى يصعب إخراجها من قوالب التشكيل أو يصعب تشكيل قوالب لتصنيعها، ومن الجدير بالذكر أن هذا النظام تم تصنيعه وتجربته عمليا فى مصر.



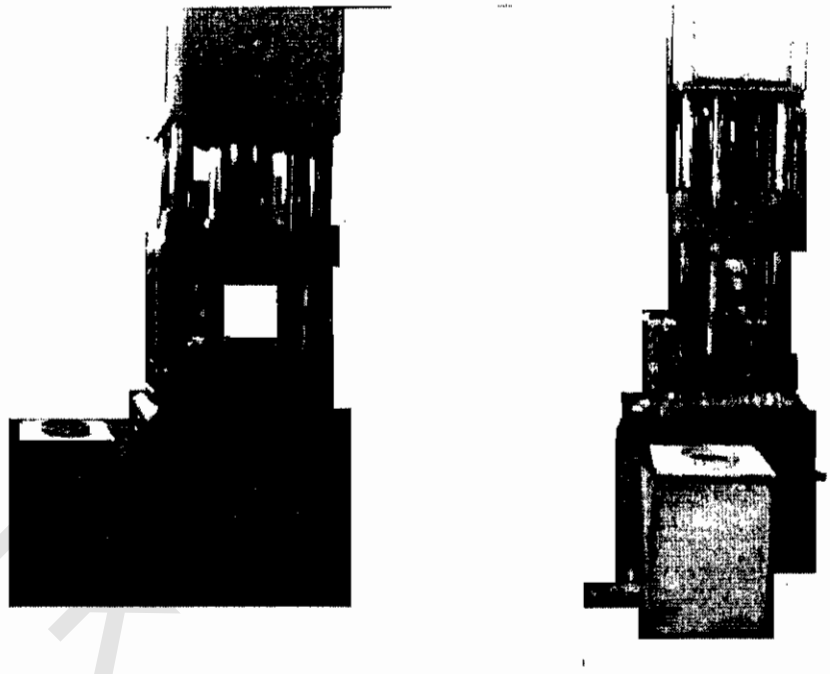
شكل (٤٣) ماكينة المواد المركبة ذات الأشواط الأربعة (التقنية المصرية)

obeikandl.com

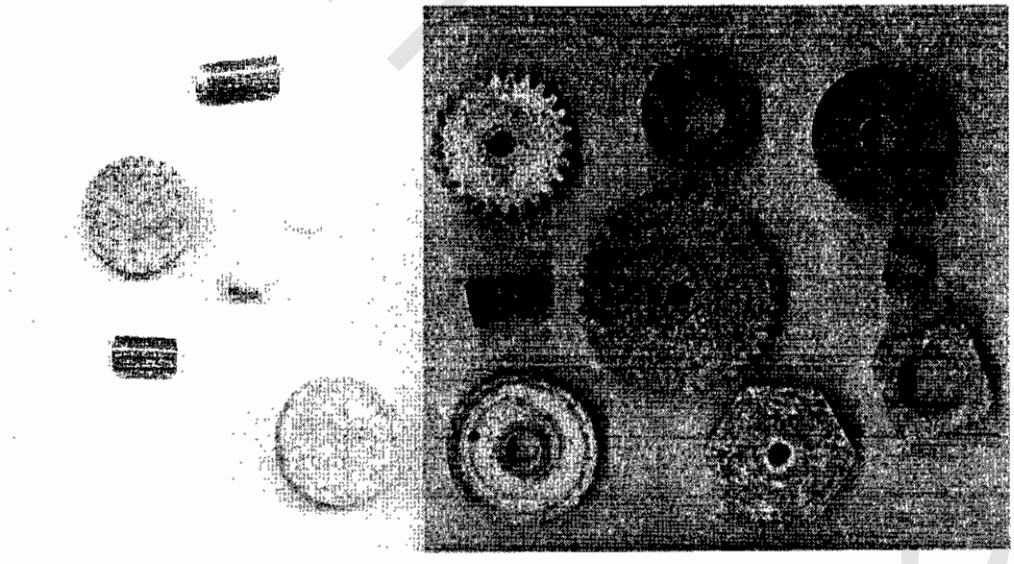




شكل (٤٤) قوالب تصنيع المواد المركبة بالتقنية المصرية



شكل (٤٥) النظام اليدوى لتصنيع المواد المركبة



(a) (b)

شكل (٤٦) المنتجات المصرية المصنوعة من المواد المركبة

(A) منتج نصف مصنع

(B) منتج نهائي

التقنية المصرية في معالجة الألياف

* استخدام طريقة فيزيقية طبيعية تعتمد على التحكم فى تركيز أشعة الليزر فى معالجة الألياف الصناعية والطبيعية على حد سواء بمعنى أنها لا تحدث تغيرًا كيمائيًا فى تركيب الألياف مع أنها تحدث تحسنًا واضحًا فى خواصها وقابليتها على الاندماج أثناء تصنيع المواد المركبة. كما أن الطريقة الجديدة لا تحتاج لاستخدام معاملات كيمائية وتفاعلات معقدة ينتج عنها غازات ضارة بالبيئة ومخلفات صناعية كيمائية خطرة.

- عملية المعالجة بالليزر اقتصادية من حيث كونها لا تحتاج إلى معدات صناعية ضخمة ولا تحتاج لمكان كبير لتركيب وتشغيل تلك المعدات فقط جهاز الليزر ثم ألواح التثبيت البسيطة، وفى حالة طريقة المعالجة غير المباشرة يمكن الاستغناء عن أن يكون جهاز الليزر مزودًا بمنضدة تحريك إلكترونية مما يقلل بدرجة كبيرة من التكلفة الثابتة الكلية ويجعلها مناسبة للكميات الصغيرة.
- يمكن استخدام طريقة المعالجة بالليزر فى معالجة الألياف الصناعية والطبيعية على حد سواء دون تغيير المعدات، ويتم فقط التحكم فى متغيرات تشغيل شعاع الليزر.
- استخدام الألياف كمواد مقوية فى تصنيع المواد المركبة وتقطيعها بالليزر يزيد من تماسكها وقوة الروابط فى المواد المركبة.

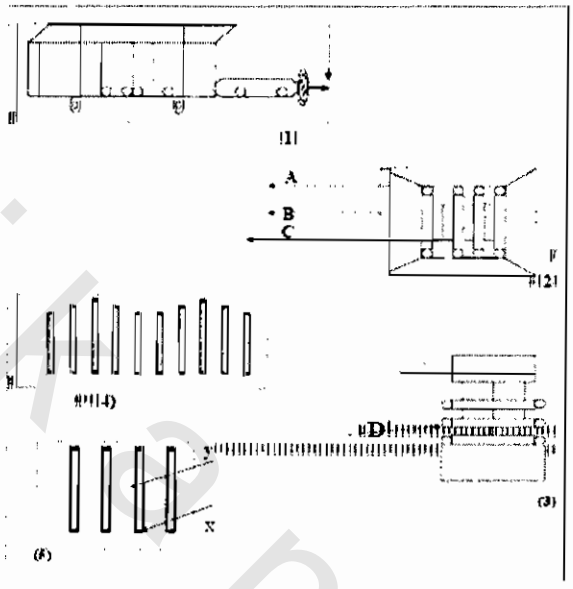
* تحسين الخواص الميكانيكية للألياف الصناعية مثل مقاومة الانضغاط compressive strength وغيرها من الخواص الميكانيكية.

* استخدام الألياف الصناعية فى صورة ألياف قصيرة ميكرومترية مما يجعلها مناسبة لتطبيقات المواد المتناهية فى الصغر Nanotechnology.

- يمكن استخدام تلك الطريقة فى تجفيف الألياف الطبيعية ومعالجتها لتخليصها من الرطوبة وتسهيل عمليات النقل والتخزين وتطويعها لاستخدامات أخري.

تتم معالجة الألياف الصناعية المستخدمة فى الأغراض الصناعية والمنسوجات والمستخدمة فى الأغراض الطبية كالخيوط الجراحية وأيضًا الألياف المستخدمة كمواد مقوية لزيادة مقاومتها للضغط. وتتم المعالجة عن طريق التعريض المباشر لجرعات مقننة من الليزر (تقطيعها) أو عن طريق غمس الألياف فى مادة شفافة تكون غالبًا من

اللدائن بحيث تسمح بمرور أشعة الليزر من خلالها دون أن تمتصها أو تتفاعل معها والمادة الوسيطة تسهل من عملية المعالجة وتساعد على تركيز أشعة الليزر على الألياف الصناعية خاصة القصيرة. والمعالجة بالليزر عملية فيزيائية لا تحتاج إلى تفاعلات كيماوية ولا ينجم عنها ملوثات أو عادم ولا تسبب فاقد.



شكل (٤٧) طريقة معالجة الألياف

شكل (١)

منظر عام للوحدة (مسقط رأسي) يوضح اللوح العلوى الخاص بالتثبيت والسفلى الخاص بتجميع البودر والألياف القصيرة، والجزء الخاص بتثبيت الوحدة أمام مسار شعاع الليزر.

شكل (٢)

مسقط أفقى عام للوحدة منظر عام للوحدة قبل تثبيت الشرائح الأفقية المراد تقطيعها أو معالجتها يوضح ما يلي:-

A - تثبيت الألياف

B - الجزء المسحوب بعد إتمام التقطيع

C - الجزء السفلى الخاص بتجميع الألياف المقطوعة

شكل (٣)

تجميع ألياف الفيبر على شكل حزم متساوية خالية من أية تشابك وضع طولى منتظم قبل أن يتم تثبيتها رأسيا.

شكل (٤)

الجزء الخاص بمجارى تثبيت الفيبر حيث تكون مثبته من أعلى وأسفل فى جسم الوحدة وعلى مسافات متساوية ومساوية للطول المراد الحصول عليه.

D - مجارى التثبيت عمودية على الألياف فى وضع التشغيل.

شكل(٥)

مسار أشعة الليزر خلال عملية التقطيع

X - مسار الشعاع على جانب الفيبر الأيمن

Y - مسار الشعاع على جانب الفيبر الأيسر

الخاتمة

إن التقنية المصرية فى مجال المواد المركبة تعد أمل العالم فى الحصول على مواد مركبة عالية الجودة وقليلة التكاليف فى آن واحد مما يسمح باستخدام المواد المركبة فى تطبيقات إضافية وتحقيق المزيد من الرفاهية للبشرية.

obeikandl.com

References

- Jan Quintelier, Pieter Samyn, Patrick De Baets, Tony Tuzolana, Wim Van Paepegem, Filip Van den Abeele, J. Vermeulen, Wear behavior of carbon fiber reinforced polyphenylenesulfide; Wiley Polymer Composites 27(1), 92-98 (2005)
- Nico F. Declercq, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck and Oswald Leroy, The Schoch Effect to Distinguish Between Different Liquids in Closed Containers; IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control 51(10), 1354-1357 (2004)
- Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Wim Van Paepegem, Experimental characterization and numerical modeling of impact damage in fibre-reinforced composites; Proceedings of the 12th European Conference on Composite Materials, Biarritz, France (ECCM 2006)
- Patricia Verleysen, Joost Van Slyeken, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Advances in High Strain Rate Material Testing; Proceedings of the Ninth International Conference on Structures Under Schock and Impact, Wessex Institute of Technology, New Forest, UK (SUSI 2006)
- Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Wim Van Paepegem, Impact Damage Model for Fibre-Reinforeed Composite Materials; Proceedings of the 7th Congress on Theoretical and Applied Mechanics, FPMs-Faculty of Engineering, Mons, Belgium (NCTAM 2006)
- Filip Van den Abeele, Wim Van Paepegem, Joris Degrieck, Numerical Modeling of Impact Damage in Fibre Reinforced Thermoplastics; Proceedings of the 6th PhD Symposium, Ghent University, Belgium
(FTW 2006)
- Filip Van den Abeele, Nico F. Declercq, Joris Degrieck, Oswald Leroy, The Thomson-Haskell method to simulate bounded beam interactions on layered media, Proceedings of the Third International Conference on Advanced Computational Methods in Engineering, Ghent, Belgium (Acomen 2005)
- Filip Van den Abeele, Robert Dechaene, Wim Van Paepegem, Joris Degrieck, Numerical modeling of impact damage in composite materials, Proceedings of the Third International Conference on Advanced Computational Methods in Engineering, Ghent, Belgium (Acomen 2005)
- Filip Van den Abeele, Wim Van Paepegem, Joris Degrieck, Damage Model for Fibre Reinforced Composites; Proceedings of the 5th PhD Symposium, Ghent University, Belgium (FTW 2004, Laureate of the Presentation Award)
- Nico F. Declercq, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Oswald Leroy, the dependence of Lamb wave stimulation parameters on the impedance difference between upper and lower liquid, J. Acoust. Soc. Am. 115(5), 2472; New York, USA (ASA 2004)
- Nico Declercq, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Oswald Leroy, On the use of bounded beam effects to characterize fluids in containers; Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics, Kyoto, Japan (ICA 2004)
- Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Wim Van Paepegem, Impact Behaviors of a New Hybrid Composite Material; Proceedings of the 4th PhD Symposium, Ghent University, Belgium (FTW 2003)
- Any Noca, Filip Van den Abeele, Marc Vansteelant, Joris Degrieck, Roland Van Haudenhuyse, Mathematical model for a continuous ship unloaded; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2006)
- Michiel Galle, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Wim Van Paepegem Drop weight test facility for composite material testing; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2006)

- Vicky De Bruyne, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Wim Van Paepegem, Temperature Influence on Impact Resistance of Composite Structures; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2006)
- Sven Van Wemmel, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Wim Van Paepegem, Design of a drop weight tower for large-scale impact tests; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2006)
- Francisco de Borja Diez Gonzales, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Residual properties of fiber reinforced plastics after impact; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2006)
- Guillermo Villamudria de La Fuente, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Study of fiber reinforced plastics under impact loading; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2006)
- Ruth Arribas Infante, Filip Van den Abeele, Joris Degrieck, Impact behaviors of fiber-reinforced plastics; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2005)
- Alexander Moentjens, Frederic Van Elsen, Filip Van den Abeele, Wim Meeus, Joris Degrieck, Design of a Micro Aerial Vehicle; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2005)
- Tom Vyncke, Lander Vasseur, Filip Van den Abeele, Luc Taerwe, Joris Degrieck, Impact on steel reinforced concrete; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2005)
- Filip Van den Abeele, Nico F. Declercq, Joris Degrieck, Ultrasonic characterization of liquids in containers by means of bounded beam interaction; Master Thesis , Ghent University, Belgium (2003)

www.materials-technology.co.uk
www.compositesnews.com
www.hks.co.jp/english/sentan.asp
www.lzk.ac.at/lecture/tuwien/355487
www.advanced-material.com
www.umist.ac.uk/material/research/measure/adv.html
www.cranfield.ac.uk/sims/materials
www.irc.leeds.ac.uk/iaps/advert
www.cm.kyushu-u.ac.jp/homee.html
www.mercorp.com/mercorp/
www.flyingway.com/vb/index.php
www.flyingway.com/vb/forumdisplay.php
www.flyingway.com/vb/showthread.php
www.phys4arab.net/vb/index.php
www.phys4arab.net/vb/forumdisplay.php?f=9
www.phys4arab.net/vb/showthread.php?t=17
www.eqla3.com/vb/index.php
www.eqla3.com/vb/forumdisplay.php?f=33
www.eqla3.com/vb/showthread.php?t=106434

-اللدائن في خدمة الإنسان، أحمد سعيد الدمرداش، سلسلة أقرأ، دار المعارف، ١٩٨١-

openkandil.com

obeikandl.com

رقم الإيداع ٢٠٠٧/٢٦٩٦٦٠