تمهيد:

نتطرق في هذه الفصل إلى دراسة الخواص المواد المركبة أنواعها تصنيفها وخصائصها ونقصد بكلمة المركبات المواد المقوات أي المدعمة بألياف النباتية، هي المواد المؤلفة من أكثر من مادة وكل مادة تعطي أفضل الخصائص عندها لتألف مركب ذي مواصفات فريدة (أي لحصول علي صفات لا تمتلكها المواد المتشاركة بشكل من المنفرد.

I.1تعريف المواد المركبة (Composites)

المواد المركبة مواد غير متجانسة تتكون من مادتين مختلفتين غير قابلتين للامتزاج أو ربما أكثر [1]، والغاية منها هو الحصول على خصائص عالية لا يمكن الحصول عليها باستخدام المواد التقليدية ،تملك المواد المركبة العديد من المميزات : خفة الوزن ، المقاومة الميكانيكية والكيميائية ،العزل الحراري والكهربائي،مرونة التصميم وغيرها [2]،تتكون المواد من المواد التقوية (الألياف) التي تتحكم في الخصائص الميكانيكية والمواد الرابطة (المصفوفات) التي يتمثل دورها في ضمان الالتصاق بين المكونات مواد التقوية الاندماج والالتصاق الجيد بين المصفوفة وألياف التقوية يتطلب وجود مواد إضافة كما تسمح هذه الأخيرة أيضا بتغير مظهر وخصائص المواد المركبة (اللون ، العزل الحراري أو الصوتي [3].

الشكل(I−1): بنية المواد المركبة [4].

أن الفائدة الرئيسة من استخدام المواد المركبة هو الحصول على خواص مشتركة بين المواد التي تكون المادة المطلوبة (أي صفة لاتمتلكها كل من المواد المشتاركة).

وهناك أمثلة عديدة للمواد المركبة ابتداء من الدرع المستخدم في الحروب القديمة ونهاية بالتطبقات الحديثة في إطار السيارات والأجزاء الكمالية مثل قوارب الصيد ،والأجزاء البشرية مثل القلب الصناعي.

هناك كثير من العوامل يجب أن تأخذ بعين الاعتبار عند تصميم مادة مركبة مقواة بالألياف وأهم هذه العوامل هي :

- طول وقطر الليف (Fibre length and dimeter).
- كمية الليف Amount of fiber.
- خواص المادة الأساس المراد تقويتها.
- خواص الليف propertiesfiber.

- اتجاه لليف Orientation of fiber.
- كلفة الليف.
- الربط بين الليف والمادة الأساس.

I.2تطور المواد المركبة

بدأ استعمال المواد المركبة منذ زمن بعيد وتطورات تقاناتها خلال القرن العشرين.يوضح الجدول رقم(I.1) أهم مراحل تطور هذه المواد.

الجدول(I-1): مراحل المواد المركبة [4].

تاريخ المواد المركبة	
البناء باستخدام الطوب من الغضار والقش والماء .	1500 سنة قبل الميلاد
القوس متعدد الطبقات الذي صنع من أوتار الحيوانات والخشب والحرير.	1000 سنة قبل الميلاد
تشريب النسيج بالراتنج لاستخدامه في الطائرات.	1910ميلادي
المواد المركبة نسيج-راتنجات الفينول.	1900 ميلادي
براءة اختراع البولي استر.	1936 ميلادي
إنتاج وطرح ألياف الزجاج للبيع من قبل شركة .Owens Corning	1938 ميلادي
صناعة البلاستيك المقوى بألياف الزجاج في القاعدة Patterson Wright	1942 ميلادي
تصنيع ألياف السيراميك المستمرة.	1956 ميلادي
تصنيع ألياف الكربون من قبل الشركة Union Corning.	1959 ميلادي
تصنيع ألياف الكربونPANمن قبل شركة-Shido- اليابانية	1961 ميلادي
تصنيع ألياف الكيفلار.	1971 ميلادي
تصنيع ألياف البولي إيتلين عالي الوزن الجزئي.	1985 ميلادي
التوجه مجددا لاستعمال الألياف الطبيعية في صناعة المواد المركبة	1990 ميلادي

تعد المواد المركبة من المواد ذات التكنولوجيا المتقدمة ، ويعتبر حجم استعمال هذه المواد أحد المؤشرات على التقدم الصناعي في بلد ما.

3.I تصنيف المواد المركبة (Classification of composites)

تصنف المواد المركبة وفقا لطرائق المختلفة ، وبما أن الهدف الأساسي من تشكيل المواد المركبة هو تحسين الخواص الميكانيكة والحرارية[5].تصنف المواد المركبة بشكل عام وفق نوعين من التصنيفات ، يرتبط النوع الأول من التصنيفات بطبيعة الطور الأول وهو الطور الربط (matrix phase)،بيمنا يرتبط النوع الثاني من التصنيفات بطبيعة الطور الثاني وهو الطور المقوي المبعثر (dispersed phase)[6].

أ) المركبات ذات الانتشار العالي (Grande diffusion)

تمثل نسبة 95% من المركبات المستعملة.وهذه عموما عن بلاستيك مسلح أوبلاستيك مقوى حيث يبلغ مقدار التقوية في البلاستيك حوالي30%في 90 %من الحالات ونجد أن المكونات الأساسية بصورة رئيسية هي الصماغات التي نذكر منها الألياف الزجاجية التي تمثل حوالي99 %من المقومات المستعملة كبعض المقومات الأخرى[7].

ب) المركبات ذات الكفاءة العالية (Haute performance)

تتميز هذه المركبات بأنها باهظة الثمن ، تستعمل أساسا في صناعة الطائرات ،كتكوين المقويات التي تتخللها عدة ألياف طويلة،حيث تصل نسبة التقوية إلي 50%من بين الخصائص الميكانيكة التي تتميز بها المركبات نجد المقويات الميكانيكية ولليونة والصلابة عكس المركبات ذات الانتشار العالي لكن ينبغي دائما أن نأخذ بعين الاعتبار عملية الصناعة البينية التي تكون مرتبطة بالمادة ويظهر ذلك عند صناعة المركبات ذات ألياف طويلة وأساس عضوي[7].

1.3.Iتصنيف المواد المركبة حسب طبيعة الرابط (matrix phase)(نوع المصفوفة)

يتم تصنيف المواد المركبة وفقا لطبيعة الطور الرابط إلي ثلاثة أصناف هي:

- **المواد المركبة ذات الطور المعدني (Métal–matrix composite)(MMC)**

هي المواد المركبة التي يكون فيها الطور معدنيا ومن أمثلتها الألمنيوم المقوي بألياف.

- **المواد المركبة ذات الرابط السيراميكي (الخزفية)(Ceramic–matrix composite)(CMC)**

هي المواد المركبة التي يكون فيها الطور الرابط سيراميكيا

- **المواد ذات الرابط البوليميرات (العضوية) (Polymer–matrix composite)(PMC)**

هي المواد المركبة التي يكون فيها تركيب الطور بوليميرات ومن أمثلتها المطاط المقوى بالأسلاك والألياف [6].

تعد المواد المركبة ذات الرابط البوليميري (PMC)أكثر المواد استعمالا ويمكن الهدف الأساسي من تشكيل هذه المواد في تحسين الخواص الميكانيكية للبوليمرات ، أما الهدف الأساسي من تشكيل المواد المركبة ذات الرابط المعدني (MMC) فهو قابلية التشغيل الميكانيكي .وفي المواد المركبة ذات الرابط السيراميكي (CMC) يكون الهدف هو الحصول على مقاومة حرارية [4]. الجدول رقم (I.2) يوضح المزايا وعيوب المواد المركبة المصنفة وفقا للمادة الرابطة[3].

الجدول (I-2): يوضح المزايا وعيوب المواد المركبة وفقا المادة الرابطة[3].

مزايا وعيوب المواد المركبة وفقا للمادة الرابطة			
	PMC	CMC	MMC
المزايا	• التكلفة المنخفضة. • المقاومة الكيميائية الجيدة. • الوزن النوعي	• مجال حراري واسع للاستعمال	• متانة أعلى . • مقاومة القص والضغط. • مجال حراري واسع للاستعمال. • مقاومة الرطوبة والحريق.
العيوب	• متانة ومعامل يونغ منخفضان نسبيا. • مجال حراري ضيق للاستعمال. • مقاومة العوامل الجوية منخفضة	• السلوك القصف.	

I.2.3تصنيف المواد المركبة حسب طبيعة الطور المقوى المبعثر (dispersed phase)

يتم تصنيف المواد المركبة حسب طبيعة الطور المقوي إلى ثلاثة أصناف هي :

I.2.3.1تصنيفالمواد المركبة الإنشائية (Structuralcomposites)

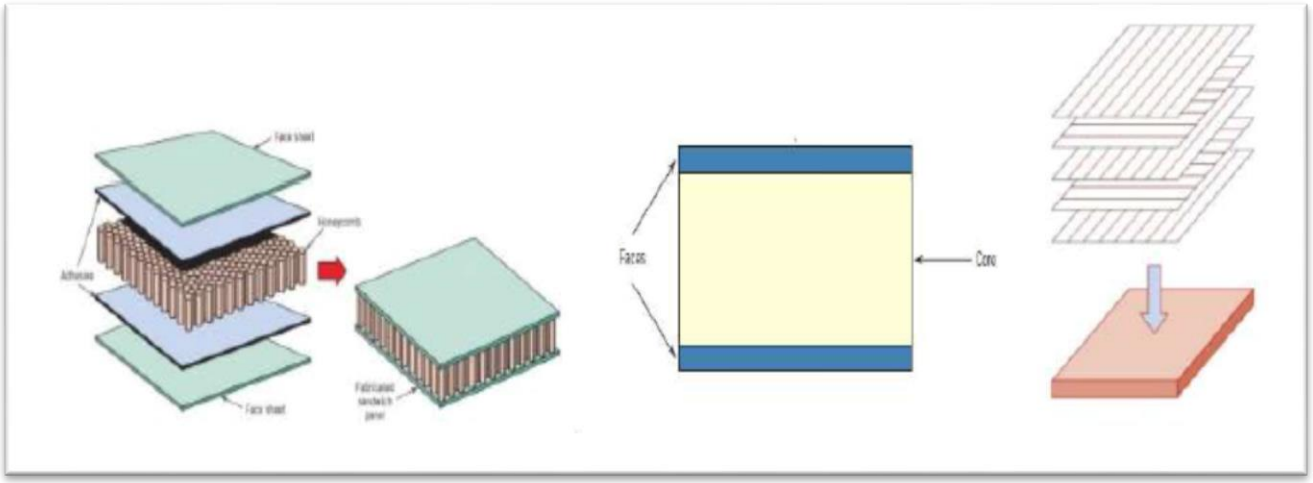
يضم هذا الصنف من المواد المركبة نوعين أساسين هما :

أ) المواد المركبة الصفائحية (laminatereinforced)

هي المواد المركبة التي تعتمد في تركيبها على الصفائح ثنائية البعد،وتمتاز هذه الصفائح بقوة ومتانة عالية كالأخشاب والمواد البلاستيكية المقواة بالألياف،حيث يتم تكديس ولصق هذه الصفائح فوق بعضها على شكل طبقات متتالية (successive).

ب) المواد المركبة صفائح –قلب (الصفائح السندويشية sandwich panels)

هي المواد المركبة التي تعتمد في تركيبها على حزم أوصفائح خفيفة الوزن تملك مقاومة ومتانة عاليتين نسبيا ، حيث تتكون من صفيحتين خارجيتين يتم فصلهما عن بعضهما بواسطة مواد تشكل قلبا (core)سميكا. تتميز الصفائح الخارجية بأنها مصنوعة من مواد مقاومة ومتينة كخلائط الألمنيوم و المواد البلاستيكية المقواة بألياف ، في حين تكون مادة القلب خفيفة الوزن عبارة عن بوليميرات يظهر الشكل (2.I) أنواع هذا الصنف من المواد المركبة.



(أ) المواد المركبة الصفائحية (Laminatereinforced composites)

(ب) المواد المركبة صفائح –قلب (Sandwich panels composites)

الشكل (I–2): أنواع المواد المركبة الإنشائية (Structural composites)[6].

I.2.2.3المواد المركبة المقواة بألياف (Fibre reinforced)

يضم هذا الصنف من المواد المركبة ثلاثة أنواع رئيسية هي :

أ) المواد المركبة الهجينة (hybrid)

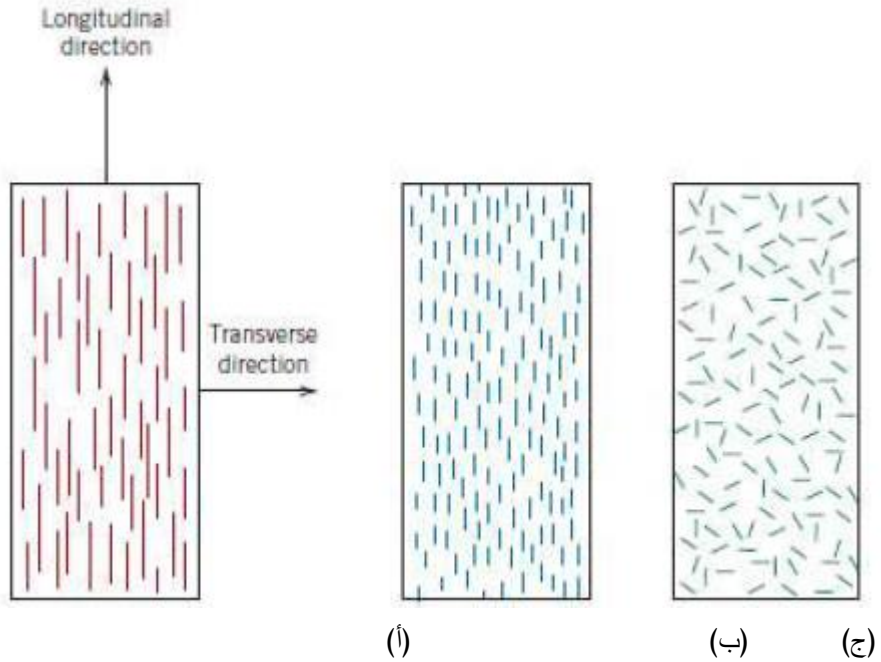
هي المواد المركبة التي تعتمد في تركيبها على نوعين مختلفين من الألياف في طور رابط (matrix phase).

ب) المواد المركبة المقواة بالألياف القصير غير المستمر(Discontinuous)

التي تكون إما عشوائية(Randon) التوجيه أو متراصفة (aligned) .

ج) المواد المركبة المقواة بالألياف المستمرة (Continuous)

هي التي تكون متراصفة (aligned) وموجهة (Oriented).بين الشكل (I-3) أنواع هذا الصنف من المواد المركبة[6].



الشكل (I-3): أنواع المواد المركبة المقواة بالألياف(fiber reinforced).

(أ) المواد المركبة المقواة بالألياف المستمرة والمتراصفة (ب) المواد المركبة المقواة بالألياف غير المستمرة والمتراصفة (ج) المواد المركبة المقواة بالألياف غير المستمرة والعشوائية.

I.3.3المواد المركبة المقواة بالحبيبات (particlereinforced)

ويضم هذا الصنف من المواد المركبة من نوعين أساسيين هما:

أ) المواد المركبة المقواة بالحبيبات الكبيرة (Large-particle composites)

وهي المواد المركبة التي يكون فيها الطور المقوي المبعثر عبارة عن الدقائق أبعادها من مرتبة الميكرومتر، ويستخدم مصطلح الكبيرة للدلالة على أن التأثيرات المتبادلة(interactions) مابين الحبيبات والطور الرابط(matrix) لا تكون على مستوى الجزيئات والذرات. وفي هذا النوع من المواد المركبة يكون طور الحبيبات المبعثرة أكثر قساوة ومتانة من الطور الرابط.

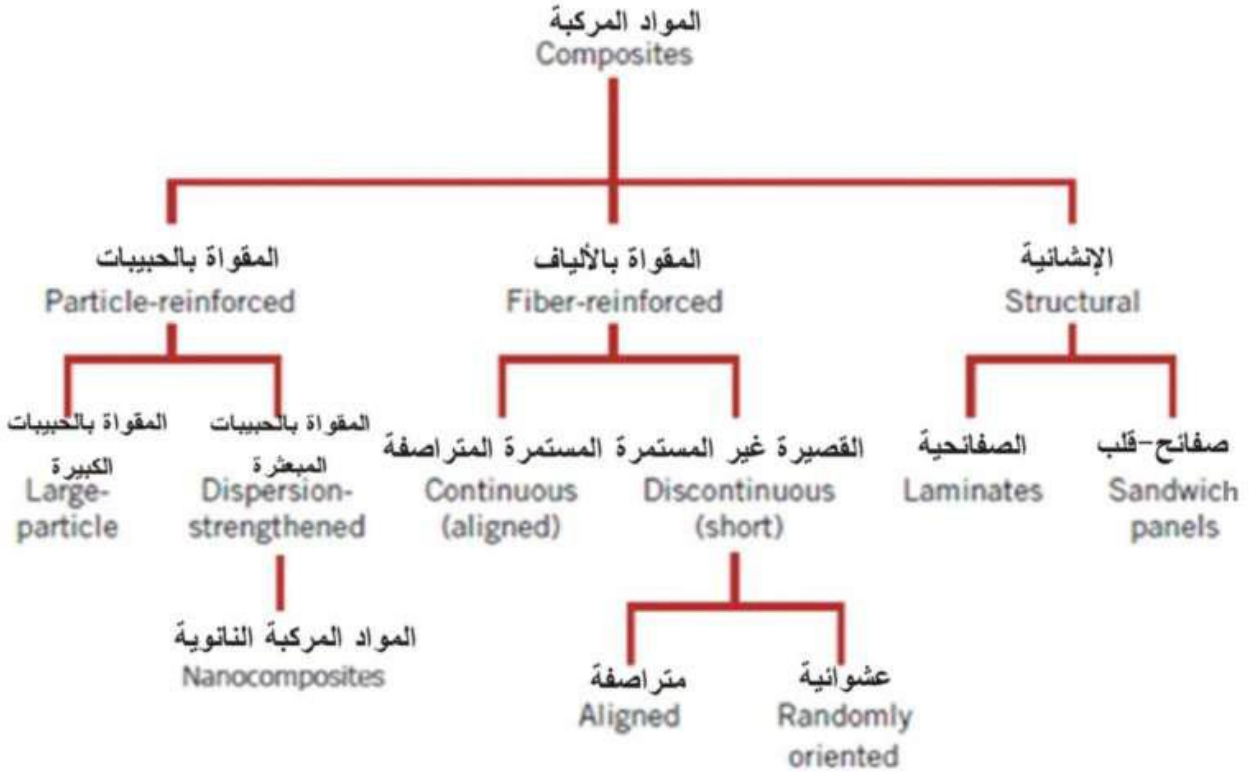
ب) المواد المركبة المقواة بالحبيبات المبعثرة (Dispersion–Strengthened Composites)

وهي المواد المركبة التي يكون فيها الطور المبعثر عبارة عن حبيبات صغيرة جدا أقطارها من مرتبة النانومتر وتبلغ حوالي(10–100nm)،وتكون التفاعلات مابين الحبيبات والطور الرابط على مستوى الجزيئات والذات[6].

ومن بين التطبيقات الحديثة للمواد المركبة ذات حبيبات المبعثرة المواد النانوية

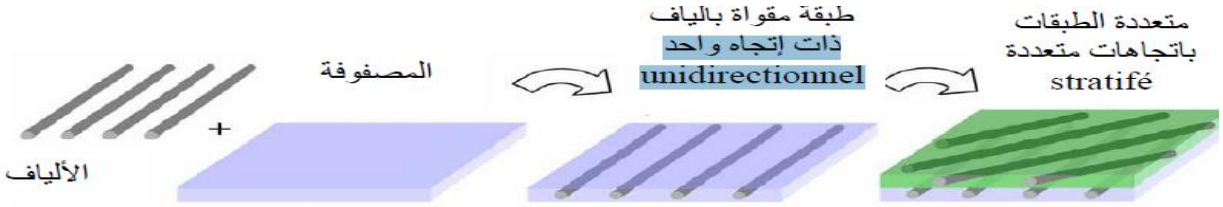
- **–ب–1– المواد المركبة النانوية(nano composites)**

هي المواد المركبة التي تتكون من حبيبات ذات أبعاد نانوية مبعثرة ضمن بعض أنواع الأطوار الرابطة(matrix)، وهي صنف جديد من المواد المركبة، وتوفر هذه المواد مجالا واسعا من الخصائص التي تؤهلها للدخول في التطبيقات الدقيقة جدا وفي التكنولوجيا العالية ، ومن أمثلتها المواد النانوية المحضرةمن بوليميراتالايبوكسي وألياف الكربون النانوية(carbonenanofibers) التي تكون أقطار الدقائق فيها بحدود(50–500nm) يظهر الشكل (I.4) التصنيف العام للمركبة[6].



الشكل (I–4) : التصنيف العام للمواد المركبة [7].

كما يمكن تصنيف الألياف حسب شكلها إلى ألياف ذات اتجاه واحد أو ألياف باتجاهات متعددة حسب شكل (I.5)



الشكل (I–5): تصنيف المواد المركبة حسب شكلها [8].

I.4.3أشكال الدعم

أ) ألياف ذات اتجاه واحد

توضع الألياف في اتجاه واحد يكون بشكل متوازي.

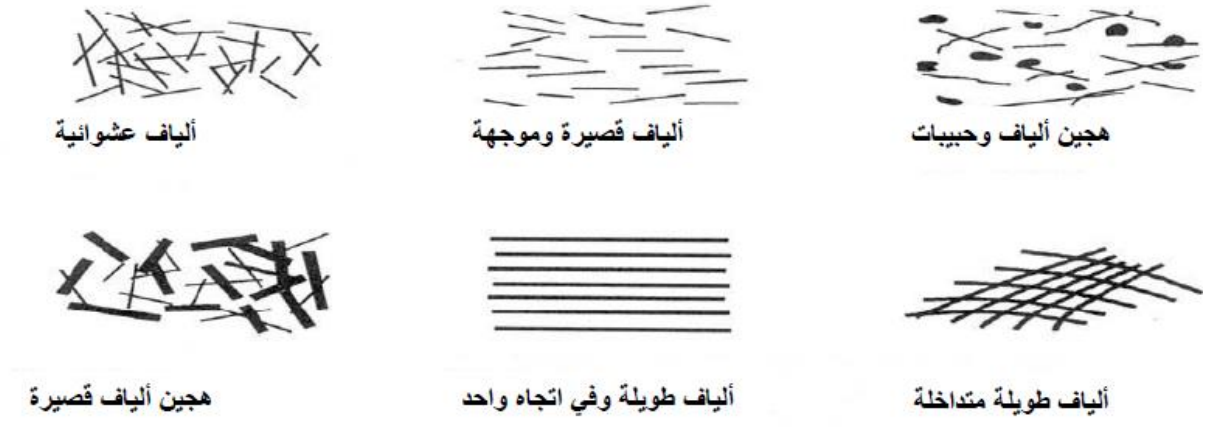
ب) ألياف متعددة الاتجاه عشوائية

يمكن تحضير مواد مركبة باستعمال متواضعة في ثلاثة اتجاهات ، تكون هذه المواد المركبة متباينة الخواص ، صلابة ومقاومة الألياف أكثر ب50 إلي 100 مرة منها في الرانتج [7] وتكون على شكل ألياف

مقطوعة ومطحونة بدون تنظيم أو توزيع أومحشوة بحزم من ا لألياف متجمعة (ألياف قصير أقل من nm50).

ج) ألياف موجهة

في هذا النوع النسيج يتكون من خيوط (ألياف ذات اتجاهين) لتشكل ، تستعمل دعامات تقوية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد في مجا لات الفضاء والدفاع ، كما تستعمل الصفائح التي تملك صلابة ومقاومة تختلف باختلاف الاتجاهات [7].



الشكل (I-6): أشكال الدعم للمواد المركبة[7].

I.4الراتنجاتResins

هي بوليميرات معقدة عبارة عن مواد عضوية غير متبلورة قد تكون طبيعيةأوصناعية وتتألف من جزئيات صغيرة تدعي مونيمر (Monomère) وترتبط إعداد كبيرة من هذه الجزيئات ارتباطا كيميائيا مكونة السلاسل البوليمرية التي تترتب بشكل غير بلوري عند تصلبها[9]وتنقسم إلى قسمين :

الراتنجات اللدنة حراريا (ThermoplasicResin).

الراتنجاتالمتصلدة حراريا (ThermosettingResin).