المواد المركبة البديل الواعد في صناعة الطائرات

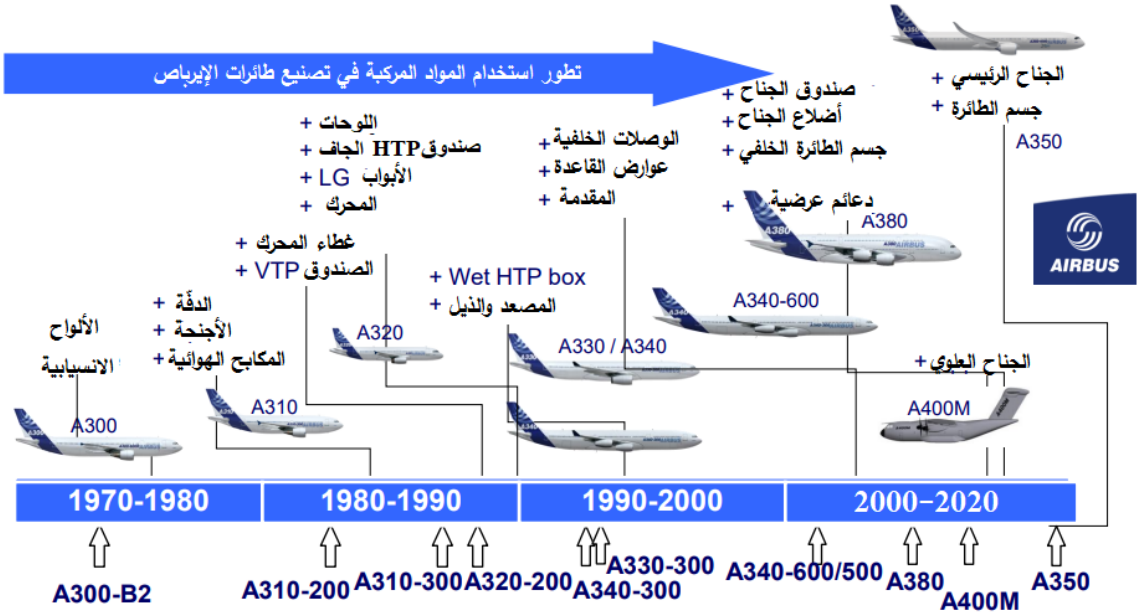
مقدّمة:

المادة المركبة هي مادة مكونة من طورين على الأقل يعملان معاً بغية الحصول على خواص لا يحققها طور بمفرده، وبالتالي فهي تتكون من طور منتشر مقوي(Reinforcing Phase) يكون عادة على شكل ألياف (fiber) ضمن الطور الأساسي (matrix phase)، ويكون الطور الأساس أكثر مطيليّة وأقل صلادة وصلابة ومقاومة من الطور المقوّي، وقد تفوقت هذه المواد على المواد الإنشائية التقليدية في الكثير من المجالات نظراً لمتانتها العالية، وخفة وزنها، ومقاومتها للمواد الكيميائية، وانخفاض معدلات الكلال والزحف فيها، وكذلك مقاومتها للعوامل الجوية وسهولة تشكيلها، مما جعلها العنصر المفضّل في تصنيع الطائرات والمركبات الفضائية. كما أن المواد المركبة ذات الأساس البوليميري المدعمة بألياف الزجاج أو الكربون تحقق مقاومة أعلى نسبياً مقارنة بالمواد المعدنية التقليدية، مما يقلل من وزن الطائرة، وبالتالي يقلل من تكلفة الوقود لكل راكب محمول، كما أن المواد المركبة أكثر مقاومة من المعدن لدورات الكلال خلال مراحل الإقلاع والهبوط المتعددة، مما يؤدي إلى زيادة العمر الافتراضي للطائرة والمزيد من الوقت الذي تقضيه في الهواء، وهو ما يعني توفير كبير في المال.

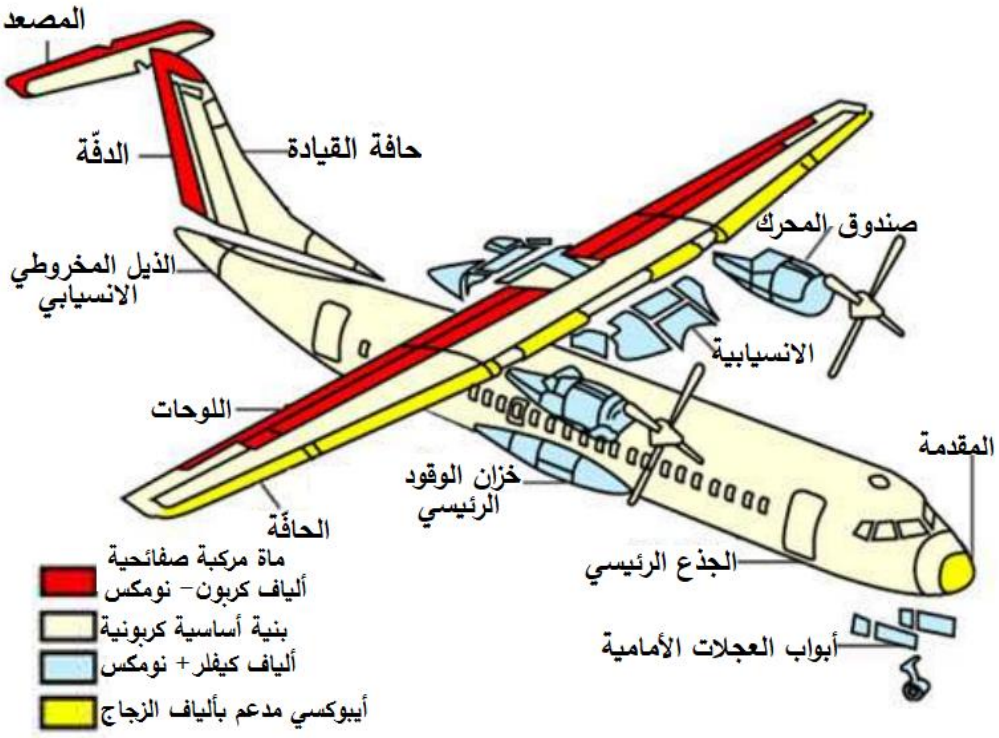
تزيد المواد المركبة من توفير الوزن إلى أقصى حد لأنها عادة ما تكون أخف بنسبة (20%) من الألمنيوم ومعروفة بأنها أكثر موثوقية من المواد المعدنية التقليدية الأخرى، مما يقلل من تكاليف صيانة الطائرات، وعدد أقل من عمليات التفتيش والفحص أثناء وقت الخدمة. ومن المعروف أنه في مقابل كل كيلو غرام من الوزن الذي يتم توفيره على متن طائرة تجارية، يتم توفير حوالي 300 دولار أمريكي على مدى عمر الطائرة، وقد أدّى استخدام المواد المركبة في الهيكل الرئيسي للطائرة بوينج 787 دريملاينر إلى طائرة أخف وزنًا بمقدار (10000) رطل وتستهلك وقوداً أقل بنسبة (20%) من جميع طائرات الألمنيوم ذات الحجم المماثل، وهذا يدل على أن استخدام المواد المركبة ذات الأساس البوليميري المدعم بالألياف في الطائرات يؤدي إلى وفورات كبيرة في الوزن، وزيادة الأحمال، وتقليل خطر الحوادث، وتقليل استهلاك الوقود، ونظراً للأهمية التكنولوجية والاقتصادية والبيئية سيتم التطرق إلى تطور استخدام المواد المركبة في صناعة الطائرات المدنية، والوظائف التي تؤديها هذه المواد، وطرائق التصنيع المستخدمة.

تطور استخدام المواد المركبة في صناعة الطائرات:

كانت بداية استخدام المواد المركبة في صناعة الطائرات والمروحيات العسكرية، ثم رصدت ميزانيات ضخمة لتطوير طائرات النقل المدني، وقد دفع ارتفاع سعر الوقود لتطوير هياكل طائرات أخف وزناً تستهلك كمية أقل من الوقود، تكون صديقة للبيئة، ووفقاً لبيانات المجلس الاستشاري الأوروبي لأبحاث الطيران والابتكار (ACARE) فقد أدى استخدام المواد المركبة في تصنيع هياكل الطائرات إلى تخفيض انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون بنسبة (50%) وتخفيض الانبعاثات الآزوتية (NOX) بنسبة (80%) كما انخفض مستوى الضجيج إلى النصف.



تعاني الطائرات المعدنية من التآكل والكلال، ويمكن زيادة سرعة الطائرات ومدى طيرانها باستخدام مواد مركبة صفائحية من بوليمير متصلب حرارياً كالإيبوكسي أو البولي أستر غير المشبع المدعمة بنسيج من ألياف الكربون أو الأراميد بنوعيه (كيفلر أو نومكس) أو بنسيج من الألياف الزجاجية، وبالتالي يتم الحصول على الخصائص المطلوبة مثل المتانة والصلابة وخفة الوزن ويمكن أن تعمل هذه الطائرات بضمان لمدة (25) سنة.

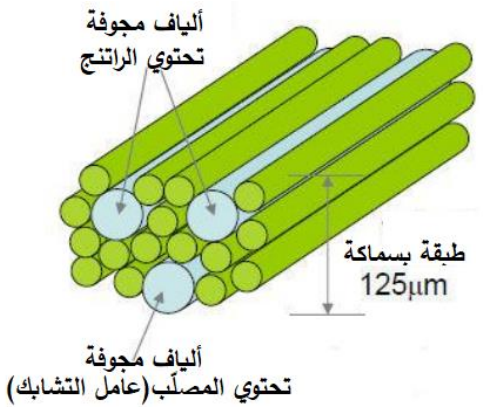


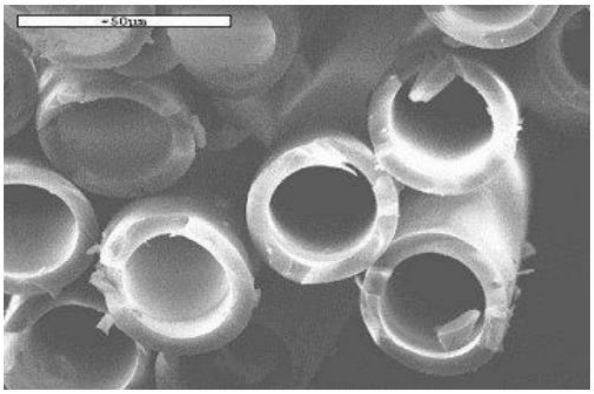
الوظائف التي تؤديها المواد المركبة:

تم تطوير المواد المركبة في مجال تصنيع الطائرات بحيث تتمتع بمجموعة من الوظائف والخصائص الفريدة مثل قدرتها على الترميم الذاتي (Self-healing)، والاستشعار (Sensing) والتحوّر (morphing) والحماية من البرق (lightning protection)، وتخزين الطاقة (energy storage).

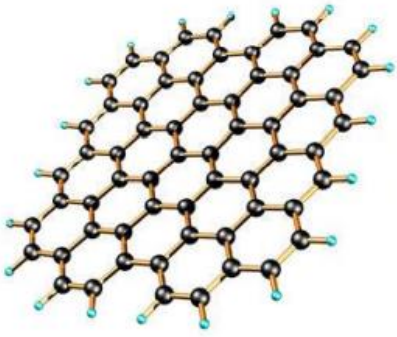
وسيتم استعراض أهم الوظائف التي تؤديها هذه المواد بشكل مختصر:

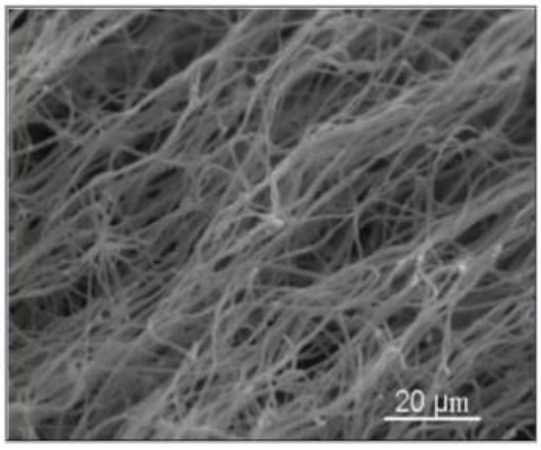
الترميم الذاتي(Self-healing): ويتم استخدام ألياف مجوفة كألياف الغرافيت وأنابيب الكربون النانوية التي يحتوي بعضها على الراتنج (بوليمير متصلب حرارياً كالإيبوكسي)، ويحتوي البعض الآخر على معامل تشابك الراتنج (Hardner)، وقد قام بتطويرها فريق بحثي بقيادة (Bond) في جامعة بريستول كما طورها الباحث (Trask) باستخدام طريقة الشمع المتبدد (Lost wax):





الاستشعار(Sensing): لانطلاق عملية الترميم الذاتي للمادة المركبة تحتاج المادة لنظام تحرّي واستقصاء بالخلل والعيب الناشئ ضمنها، وهي تحتوي على نظام أشبه ما يكون بنظام تنبؤ ويتم استخدام أنابيب الكربون النانوية والغرافين، وكذلك الأسلاك المغناطيسية الميكروية لهذا الغرض، كما طورت شركة إيرباص (Airbus) أنظمة إصدار صوتي (Acoustic emission) للإبلاغ عن أي خلل يصيب المادة المركبة.





التحوّر (morphing): من خلال استخدام مواد تتميز ببنية تمتلك القابلية لتغيير شكلها وهيئتها، وبالتالي تنفي الحاجة لاستخدام آليات أو محركات يترتّب على استخدامها أوزان إضافية على الطائرات، وقد تم استخدام مواد مركبة ثنائية التوجه تتميز بصلابة متغيرة بغرض الحصول على مادة مركبة مستقرة في الاتجاهين، كما تم

استخدام مواد مركبة ذات بنية متموجة متحوّرة بحيث يمكنها ترميم الخلل بشكل ذاتي، كما استخدمت مواد مركبة ثنائية التوجيه مجهدة بشكل مسبق تمتلك نفس الخصائص السابقة:

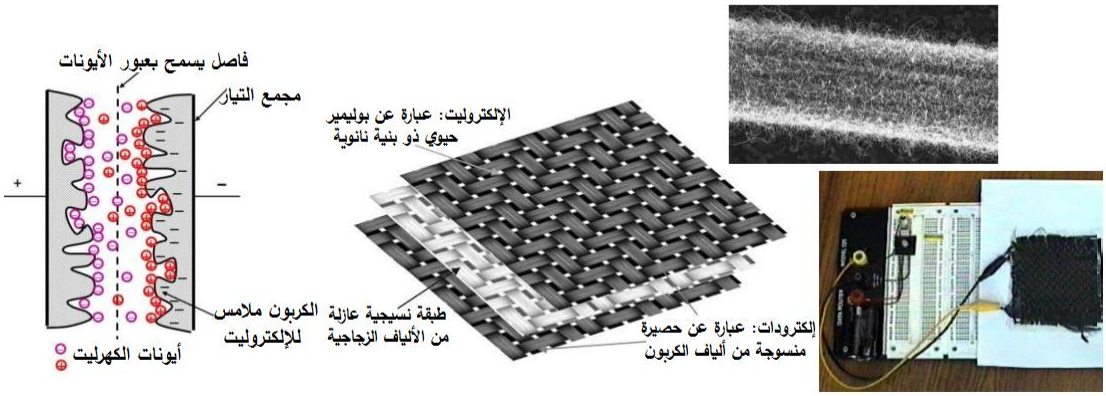
الحماية من البرق(Lightning protection):

هناك تأثيران للصواعق على الطائرات أولهما التضرر الفيزيائي في مواضع اتصال الأجزاء، والثاني تأثيرات غير مباشرة سببها الجهد الكهربائي والتيار الناتج عن الصاعقة.

ويتم استخدام عدة طرائق للحماية من الصواعق منها استخدام رقائق وشبكات نحاسية في الطبقات الخارجية، وكذلك تغطية الجلب والصواميل وأدوات التثبيت المعدنية، واستخدام دهانات موصلة للتيار الكهربائي كالرش بالمعادن، وكذلك تغطية ألياف الكربون بالنيكل:

تخزين الطاقة (energy storage):

يتم إكساب المواد المركبة المستخدمة بتصنيع الطائرات وظائف إضافية بحيث يمكنها تخزين الطاقة مما يسمح بتخفيض إضافي في وزنها من خلال الاستغناء عن المدخرات والبطاريات الثقيلة، وقد تم العمل في كلية لندن الملكية على إنتاج مدخرات مركبة عالية السعة، وتمّ الانتهاء من تطوير النموذج الأولي للجيل الثالث من مواد مركبة للطائرات ووسائل النقل تتمتع بقابلية تخزين الطاقة:



طرائق **التصنيع (Manufacturing):**

لاقت طريقة إشباع النسيج الليفي بالراتنج وتحقيق التصلب بالأوتوكلاف استخداماً متزايداً في الصناعات الفضائية وبخاصة صناعة الطائرات، وذلك لضمان نوعية فائقة الجودة واستخدام نسبة حجمية مرتفعة من الألياف ضمن المادة المركبة (V_f):

ومع ارتفاع معدلات الإنتاج لمواكبة متطلبات السوق تم تطوير عدة طرائق تصنيع باستخدام المواد المركبة مثل التكديس الشريطي المؤتمت (Automated tape laying)، وبناء الألياف بطريقة مؤتمتة (automated fiber placement)، وكذلك عملية التصلب خارج الأوتوكلاف، وطريقة انتشار الراتنج وغيرها من الطرائق الحديثة:

ويتمّ من خلال عملية التكديس الشريطي المؤتمت (Automated tape laying) وضع طبقات من النسيج الليفي المخضّب بالراتنج على شكل طبقات بشكل سريع ومؤتمت على القالب، ويمكن بهذه الطريقة صناعة أشكال معقدة إذ يمكن بسهولة سحبها بشكل متضيق، وتوجيهها فوق سطوح منحنيات حادة دون إضعاف

الطبقات النسيجية الليفية. ويمكن إنضاج الراتنج البوليميري وتحقيق تشابك بنيته باستخدام المصلّب المناسب خارج الأوتوكلاف. ويتم حالياً تصنيع مقدمة الطائرة بوينغ (787) وألواح جسم الطائرة (A350) بهذه الطريقة:

المراجع

1. Composites in the Aircraft Industry., Page was last modified 00:44, 17 May 2018. Based on work by Lonny Grafman, Appropedia user B.S.Kukreja, Appropedia anonymous users 164.78.248.244, 162.253.26.17 and 90.213.1.209 and others.
2. Mohammad Arif and Dr. Israr Ahmed., Advanced Composite Material for Aerospace Application-a Review International Journal of Engineering and Manufacturing Science. ISSN 2249-3115 Volume 7, Number 2 (2017), pp. 393-409
3. Roxana NEDELCU., Pierrick REDON., COMPOSITES MATERIALS FOR AVIATION INDUSTRY INTERNATIONAL CONFERENCE of SCIENTIFIC PAPER AFASES 2012.
4. Shivi Kesarwani., Polymer Composites in Aviation SectorInternational Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181Vol. 6 Issue 06, June – 2017.
5. Štefan Kender, Janette Brezinová , Henrich Sailer., Advantages of using composite materials in automotive manufacture process, Intternational Scientific Journal "Trans & Motauto World" ISSUE 1, P.P. 3-5 (2020).

إعداد: الدكتور المهندس مصعب عبود غانم

- دكتوراة في اختصاص علم المواد وهندستها / كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية /جامعة دمشق.
- مدرس في كلية الهندسة التقنية / جامعة طرطوس.