

Verbundwerkstoffe : Die Materialien der Zukunft

Teil 1: Einleitung

Definition

Ein Verbundwerkstoff besteht aus mindestens zwei nicht mischbaren Bestandteilen von unterschiedlicher Struktur, deren individuelle Qualitäten sich verbinden und sich so ergänzen, dass die gesamte Leistung verbessert wird.

Diese Definition ist sehr allgemein, da sie Papier/Pappe, Spanplatten, beschichtete Stoffe, Reifen, Abdichtungsbeschichtungen, Beton etc. umfasst.

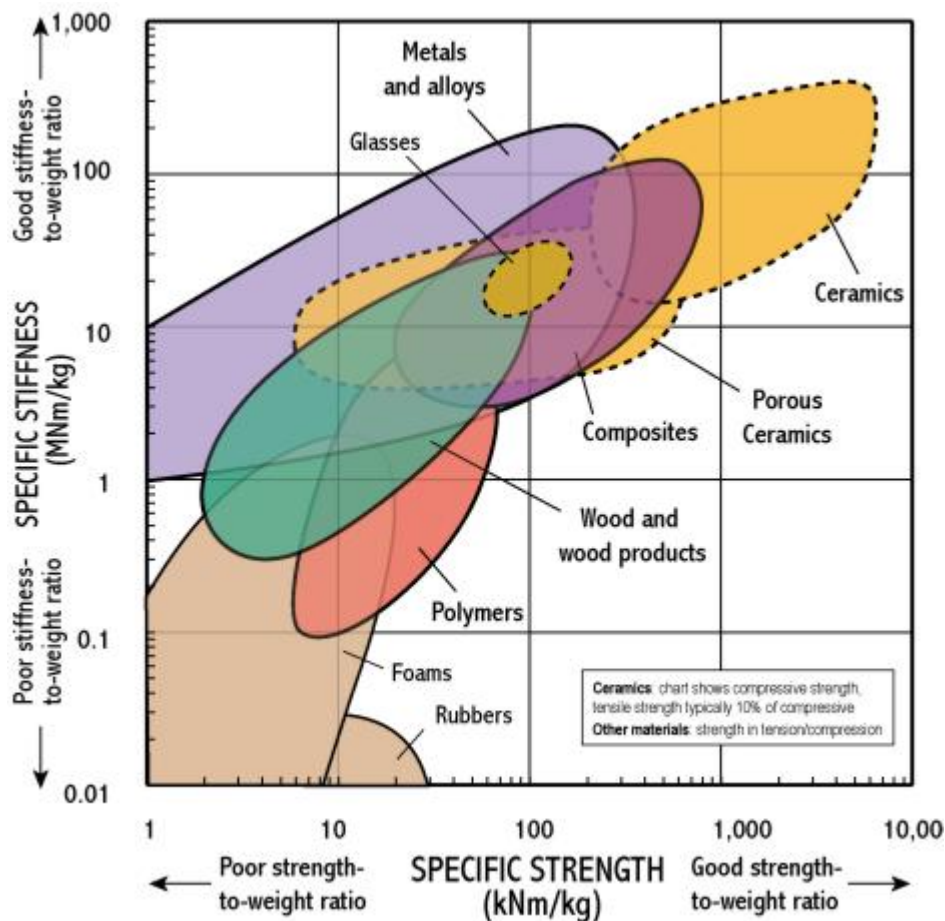
In dieser Veröffentlichungsreihe gehen wir auf Verbundwerkstoffe ein,

- die über eine Matrix aus thermoplastischem oder hitzehärtbarem Polymer verfügen, die dem Material seine Form und seinen inneren Zusammenhalt gibt, Spannungen verteilt und die umliegenden Fasern schützt. Weiterhin auf Verbundwerkstoffe mit Faserverstärkung, meist in Form von Lang- und Endlosfasern, deren Funktion es ist, Widerstandsfähigkeit und Festigkeit zu verleihen
- die andere Bestandteile und Zusätze enthalten: Verträglichkeitsmacher, UV-Stabilisatoren, leitfähige Füllstoffe, Flammschutzmittel...

Die Matrizen der Verbundwerkstoffe können auch aus Metall (Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe, MMC), aus Keramik (Faser-Keramik-Verbundwerkstoffe, CMC) oder aus Kohlenstoff (Kohlenstoff-Kohlenstoff, CC) bestehen. Diese Materialien bedienen kleinere Märkte und Nischenmärkte, weisen jedoch interessante Eigenschaften auf und sind ebenfalls Gegenstand eines Artikels.

Einer der großen Vorteile dieser Verbundwerkstoffe ist, dass die Eigenschaften entsprechend den Konzeptionsparametern wie Beschaffenheit, ihrem Anteil, der Ausrichtung der Fasern und der Faserarchitektur, der Anordnung der Matrixlagen

und der Art der Matrix anpassbar sind. Das Verbundmaterial kann isolierend wirken oder als elektrischer und/oder thermischer Leiter eingesetzt werden, es kann einen für die vorgesehene Anwendung spezifischen Wärmeausdehnungskoeffizienten haben und für die Energieabsorption optimiert werden (Schlageinwirkung, Schall). Es kann komplexe Formen annehmen und/oder große Dimensionen haben und für zahlreiche Funktionalitäten genutzt werden (Füllungen, dekorative Elemente, Schutzvorrichtungen,...). Es findet sowohl in den Bereichen "low cost" sowie "high tech" Verwendung.



©Cambridge University Engineering Dpt

Die Matrizen

Die Matrizen der Verbundwerkstoffe sind klassischerweise hitzehärtbar: Es sind flüssige Harze von geringer Viskosität, die während eines irreversiblen Polymerisationszyklus härten und die aus diesem Grund nicht durch Fusion recycelbar sind: So insbesondere Polyester, Vinylester, Epoxidharz, Phenolharz, Cyanatester...

Die thermoplastischen Matrizen gewinnen immer mehr an Bedeutung. Sie verfügen über eine hohe Viskosität und werden durch Fusion während eines reversiblen Zyklus hergestellt. Diese sind PP, PA, PBT, PEI, PPS, PEEK...

Hitzehärtbare Verbundwerkstoffe

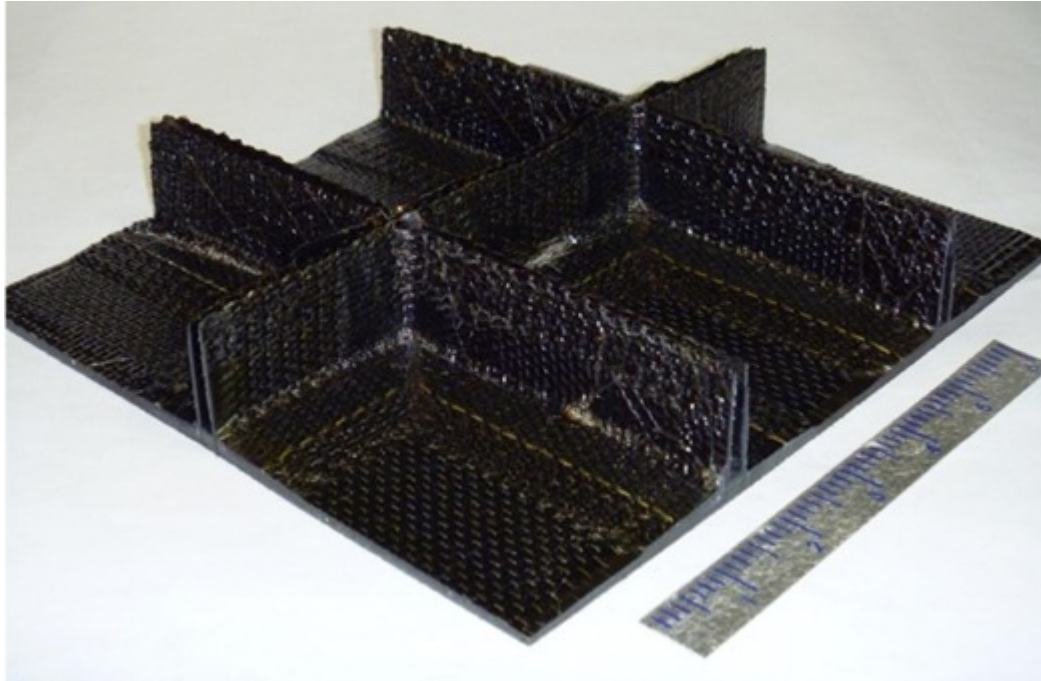
Die herkömmlichen hitzehärtbaren Verbundwerkstoffe weisen einige Nachteile auf:

- Bei ihrer Anwendung werden flüchtige organische Verbindungen wie Styrol freigesetzt;
- Die Herstellungszyklen sind lang, da sie eine Polymerisationsphase umfassen.
- Der Werkstoff ist nicht durch Aufschmelzung recycelbar.

In den letzten Jahren wurden viele Anstrengungen unternommen, um diese Probleme zu lösen. Man hat Harze mit niedrigem Styrolgehalt, Stoffe, die schnell härten und mit der Massenproduktion kompatibel sind, effiziente Herstellungsverfahren (induktives Erwärmen der Formen, geschlossene Formverfahren...) sowie verschiedene Formen des Recyclings entwickelt.

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung, die Zeit eines Herstellungszyklus zu reduzieren, stößt Polyurethan auf wachsendes Interesse. Seine Verwendung beschränkt sich normalerweise auf kleine Teile oder auf kontinuierliche Prozesse wie die Pultrusion, da die Viskosität nach der Vermischung der beiden Komponenten schnell ansteigt. Aber neue Harz/Katalysator-Systeme ermöglichen es heute, die Gelierzeit und das Viskositätsprofil so zu steuern, dass bestimmte PU in RTM-, VARTM-, Faserwickel- und anderen Verfahren verwendet werden können.

Bei Hochtemperaturharzen, die es schon seit mehr als 15 Jahren gibt, wurden Fortschritte bezüglich der Verarbeitbarkeit und der Zähfestigkeit erzielt, die es ermöglichen, ihr Einsatzgebiet über die Anwendung im Militär- und Luftfahrtsektor hinaus zu erweitern. Dazu gehören Polyimide, Cyanatester, Bismaleimide, Benzoxazine, Phthalonitrile und bestimmte Nano-Verbundharze...



© Vector Composites

Thermoplastische Verbundwerkstoffe

Faserverstärkte thermoplastische Verbundwerkstoffe (CFRP, carbon-fiber-reinforced plastic) sind heute flächendeckend verfügbar: Die Auswahl an Werkstoffen und Produkten ist umfangreicher und die Akteure (Anbieter, Weiterverarbeiter) zahlreich. In der Großserienproduktion werden sie vor allem in der Automobil- und Luftfahrtindustrie angewendet.

Diese Materialien können vor der Verfestigung in Form einer Mischung aus Verstärkungsfasern und als thermoplastische Fasern vorliegen. In anderen Werkstoffen sind die Verstärkungsfasern mit dem Polymer überzogen, das zur Matrix wird. Die Bestandteile können auch in Form von Laminaten angeordnet sein.

Alle diese Systeme werden in verschiedenen Verstärkungsmaterial/Harz-Kombinationen vertrieben (PA12, PBT, PPS, LCP, PEEK + Kohlenstoff, Glas, Para-Aramid).

Die Auswahl an thermoplastischen Materialien ist groß: Massenkunststoffe, technische Kunststoffe, Hochleistungskunststoffe etc. Die Auswahl erfolgt entsprechend den Kriterien wie Dichte, Gebrauchstemperatur, chemischer Resistenz... und natürlich den Kosten.

Hochleistungsmatrizen sind verstärkt gefragt, da auch anspruchsvolle Anwendungen zunehmen.

Biologisch abbaubare Materialien und/oder Materialien aus biologischen Quellen stoßen auf großes Interesse, da es sich hierbei um Matrizen handelt, die aus erneuerbaren Ressourcen oder natürlichen Fasern hergestellt werden. Bis jetzt findet

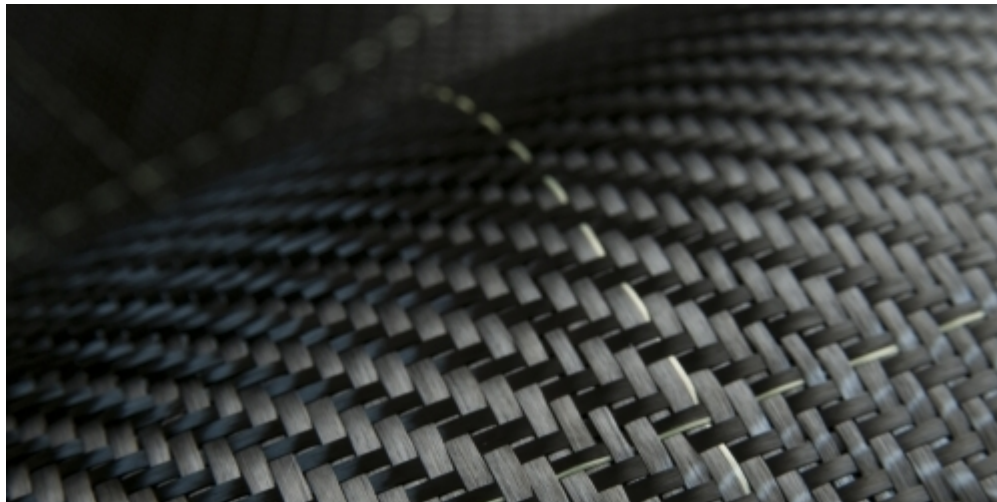
man Bio-Matrizen vor allem in Verbundwerkstoffen mit pflanzlichen Kurzfasern, aber der Trend geht zu einer Anwendung auch in technisch komplexeren Produkten.

Die Verstärkungsmaterialien

Glasfasern machen 95% des Verbundwerkstoff-Marktes aus. Ihre Herstellung für Verbundwerkstoffe liegt geschätzt bei 250.000 t/ Jahr. Die Produktion von Kohlenstofffasern erreicht 30.000 t und die von natürlichen Fasern liegt bei 40.000 t.

Die wichtigsten Merkmale von Glasfasern sind ihre geringen Kosten, die mechanische Belastbarkeit und ihre Eigenschaften für die thermische und elektrische Isolierung.

Kohlenstofffasern werden für Hochleistungs-Verbundwerkstoffe verwendet. Sie dienen als thermische und elektrische Leiter.



©Gurit

Aramidfasern (z.B. Kevlar) werden wegen ihrer guten Dämpfungseigenschaften eingesetzt. Sie bieten eine hohe spezifische Belastbarkeit, eine schwache Druckresistenz und eine hervorragende Schlag- und Schnittfestigkeit.

Hybridverstärkungsmaterialien wie Kohlenstoff/Aramid, Kohlenstoff/Glas in derselben Schicht oder in verschiedenen Lagen derselben Struktur werden verwendet, um die Eigenschaften beider zu kombinieren.

Die natürlichen Fasern, die in Verbundwerkstoffen nicht neu sind, erleben zur Zeit einen bedeutsamen Durchbruch.

Zu den weniger gebräuchlichen Verstärkungsfasern zählen

- UHMWPE-Fasern, ultrahochmolekulares Polyethylen (wie Dyneema von DSM), die besonders gut Schlageinwirkungen aushalten. Sie haben einen niedrigen Reibungskoeffizienten, aber ihre Gebrauchstemperatur ist beschränkt.

- Metallfasern, die zur elektromagnetischen Abschirmung oder zur elektrostatischen Entladung verwendet werden. Ihre Dichte ist hoch.
- Basaltfasern, die sich durch ein ausgezeichnetes Temperaturverhalten, gute Eigenschaften für die thermische und akustische Isolierung, gute mechanische Belastbarkeit etc. auszeichnen. Sie sind formbarer als Glasfasern und billiger als Kohlenstofffaserverstärkungen.

Märkte

In den letzten 30 Jahren hat die Verbundwerkstoffindustrie ein starkes Wachstum erlebt, parallel zur allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung und dank des beachtlichen Vordringens dieses Werkstoffs auf Schlüsselmärkte wie die der Bau-, Windenergie-, Luftfahrt- und Automobilindustrie. Heute erreicht man einen Weltmarkt von 69 Mio. € für 7,9 Mt.

Da der Verbundwerkstoffmarkt stark von dem der Verbrauchersektoren abhängt, ist die Gesamtproduktion seit der Wirtschaftskrise jedoch um 3%/Jahr gefallen. Man kann aber zumindest in einigen Regionen der Welt eine gewisse Wiederbelebung beobachten.

Die Verbundwerkstoffe beweisen trotz allem eine große Vitalität und die Innovationen folgen Schlag auf Schlag. Die wichtigsten Trends, die in einer anderen Artikelserie ausgearbeitet werden, werden hier zusammengefasst:

1. Das Marktwachstum ist auf die Entwicklung der Schwellenländer, besonders Asien, zurückzuführen. Es steht in direktem Zusammenhang mit der erfolgreichen Wirtschaft. Diese Länder befinden sich in einer Entwicklungsphase und die Nachfrage nach diversen Gütern ist dort hoch...
2. Der Markt für Verbundwerkstoffe mit thermoplastischen Matrizen entwickelt sich schneller als der für hitzehärtbare Verbundwerkstoffe.
3. Laut einiger Spezialisten sind Kohlenstoffverbundwerkstoffe so weit, in die Massenproduktion, vor allem in der Automobilindustrie, eingeführt zu werden. Aber die gegenwärtigen Unsicherheiten auf den Verbrauchermärkten lassen diese Frage offen.
4. "Öko"- oder "Bio"-Verbundwerkstoffe stoßen auf großes Interesse und die Verwendung von natürlichen Fasern ist dabei, sich zu professionalisieren. Nur wenige "full bio"-Produkte werden jedoch durch natürliche Langfasern verstärkt. Dieser Markt müsste in den nächsten 10 Jahren stark wachsen.
5. Die Architektur der Verstärkungsmaterialien wird immer komplexer und "intelligenter": 2,5D oder 3D, triaxial oder multiaxial. Es werden Lösungen gesucht, um die Strukturen der Verstärkungsmaterialien formbarer zu machen. 3D-Vorformen setzen sich durch.

6. Kohlenstoffnanoröhren verbreiten sich. Sie werden Epoxy-Prepregs oder Laminierharzen hinzugefügt, um die Bruchfestigkeit und die Formbeständigkeit zu verbessern oder um die Leitfähigkeit zu verändern.
7. Die Produktionen automatisieren sich stark. Für die Verbundwerkstoffindustrie, die sich von geringen Mengen in Richtung Massen Anwendungen entwickelt, ist die Automatisierung erforderlich und von der Beschleunigung der Zykluszeiten begleitet.
8. Die out-of-autoclave-Systeme (OOA) erleben einen Aufschwung. Sie ermöglichen eine schnellere, effizientere Produktion von Verbundstücken mit einer exzellenten Oberflächenbeschaffenheit ohne Autoklav. Die Technik ist flexibler, erfordert billigere Werkzeuge, deutlich geringere Investitionen und ist energiesparender. Harzeinspritzungstechniken (RTM und andere) sind auf dem Vormarsch.
9. Die Notwendigkeit, die Recycling-Probleme von Verbundwerkstoffen zu lösen, wird mit zunehmender Massenherstellung immer dringender. Nur wenig ist in den letzten Jahren dahingehend unternommen worden, aber die Frage bleibt weiter auf der Tagesordnung.
10. Integrierte Verbundstrukturen, die in einem einzigen Schritt entworfen und hergestellt werden, sind der aktuelle Trend. Die Kombination mehrerer Verfahren ermöglicht eine energiesparende Herstellung und eine fortgeschrittene Automatisierung. Eine interessante Herstellungstechnik besteht darin, endlosfaserverstärkte Blätter durch Thermoformung umzuformen und sie durch klassische Einspritzung mit einem kurzfaserverstärkten Polymer zu überformen.
11. Die Luftfahrt-, Automobil- und Windenergieindustrie sind innovative Branchen. In der Luftfahrt wurden Verbundwerkstoffe dank der kontinuierlichen Bestrebungen, leichtere Flugzeuge zu bauen, weiterentwickelt (11%/Jahr). Die Automobilindustrie bleibt kreativ und investiert in Kohlenstoffverbundwerkstoffe, allerdings reagiert dieser Sektor sehr empfindlich auf die wirtschaftliche Situation. Die Windenergie verbraucht mehr und mehr Verbundwerkstoffe (Wachstum 16%/Jahr), aber ihre Zukunft hängt von den heutzutage ungewissen politischen Maßnahmen der öffentlichen Hand ab.



©EireComposites

Schlussfolgerungen

Verbundwerkstoffe waren, nachdem sie in den 80er und 90er Jahren viele Hoffnungen geweckt hatten, ein wenig "aus der Mode gekommen". Viele Unternehmen der Branche haben den Schritt über das handwerkliche Stadium und die manuelle Verarbeitung hinaus zu einer Professionalisierung nicht geschafft, die insbesondere aufgrund der neuen Anforderungen in den Bereichen Sicherheit, Hygiene und Umwelt erforderlich ist.

Heute erscheinen Verbundwerkstoffe wieder als die Materialien der Zukunft, und F&E verleihen ihnen eine neue Dynamik.

Dieser Artikel ist Teil einer Serie von technischen Beiträgen für Unternehmen, die ihre Kenntnisse auf dem Gebiet der Verbundwerkstoffe erweitern möchten. Er wurde im Rahmen des +Composites-Projekts (www.pluscomposites.eu) produziert.

Copyright bei den Partnern des +Composites Projekts