

Des composites à partir de textiles

DOMINIQUE LOUBINOUX

On obtient des composites en fondant un textile mixte, composé de filaments de verre et de filaments de matière plastique.

Les matériaux composites sont communément constitués d'une matrice et d'une charge renforçante : l'association apporte au produit final les avantages des deux composants. Par exemple, la plupart des matières plastiques, ou matériaux macromoléculaires (les molécules sont composées de milliers, voire de millions d'atomes), sont légères, résistantes à la corrosion et aptes à former des structures compliquées par moulage ; elles sont aussi de bons isolants thermiques et électriques. Par ajout d'une charge renforçante, cette matrice polymère acquiert des qualités qui lui sont étrangères : faible coefficient de dila-

tation, rigidité et résistance mécanique, par exemple.

Les charges les plus efficaces sont des fibres dont la longueur est bien supérieure au diamètre : de la sorte, le renfort assuré par une fibre est relayé par une autre fibre voisine. Il est plus efficace si les fibres s'étendent sur toute la longueur de la pièce. La finesse de ces fibres, qui correspond à une grande surface d'échange, assure un bon transfert des contraintes mécaniques, de la matrice aux fibres.

Pour des applications où des performances supérieures s'imposent, l'industrie utilise beaucoup les fibres de

carbone, qui ont la structure du graphite, et les fibres de para-aramides (des polyamides aromatiques) : leur rigidité est élevée, mais elles sont coûteuses. Toutefois les fibres de verre, un peu moins rigides, sont nettement moins coûteuses. Elles renforcent aujourd'hui la plus grande partie des matériaux composites de grande diffusion : coques de bateaux, skis, surfs, plaques de circuits imprimés, coffrets électriques, pièces pour l'automobile...

Les polymères utilisés dans les matrices sont de deux types : les thermodurcissables, qui, comme leur nom l'indique, durcissent quand on les chauffe, et les thermoplastiques, qui fondent alors réversiblement. La mise en œuvre des polymères thermodurcissables impose une imprégnation préalable des renforts de verre placés dans un moule par les constituants liquides de la résine non polymérisée ; puis on «cuit» la matrice thermodurcissable, c'est-à-dire que l'on déclenche une réaction chimique qui provoque la réticulation des macromolécules en un bloc qui enserre les fibres.

Les polymères thermoplastiques sont particulièrement appréciés pour les grandes séries, car on peut simplement les mouler en les chauffant à une température supérieure au point de fusion du polymère, puis en les refroidissant. De surcroît, les durées de fabrication sont inférieures : au lieu d'attendre la réaction chimique de polymérisation et, parfois, l'évaporation de solvant, on attend seulement le refroidissement de la résine. Enfin, la technique est écologiquement plus intéressante : on n'utilise pas de solvant, et les produits sont



1. UTILISATION du Twintex pour la réalisation de profilés : les bobines du matériau sont tirées, et les fils mixtes, composés de filaments de verre mêlés à des filaments de polymère, sont tirés jusqu'à un four (non représenté), où la matrice polymère est fondue ; l'ensemble est alors poussé à travers des filières dont la section est celle du profilé recherché.

totalement recyclables. En revanche, l'imprégnation d'un tissu ou d'un non tissé de verre par du polymère fondu impose d'exercer des pressions considérables, car la viscosité du polymère reste très importante. Comment imprégner les renforts ? C'est la question que nous avons étudiée.

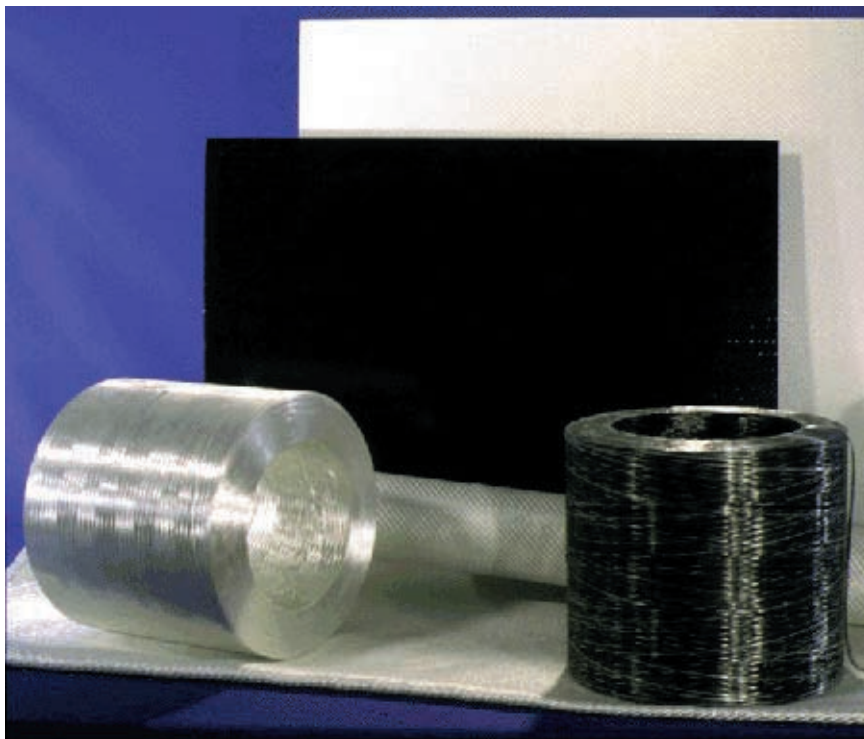
Filaments de verre et de polymère

Afin de favoriser le développement des matières composites à polymère thermoplastique, nous avons voulu proposer un semi-produit qui réunit une matrice et des fibres de verre aussi longues que possible : ainsi l'utilisateur n'a plus à imprégner ses renforts avant le moulage ; pour mettre en œuvre le produit, nommé Twintex, il lui suffit d'effectuer un cycle comportant des phases de chauffage, de mise en pression et de refroidissement. Les pièces en composite réalisées comportent des renforts continus et orientés, du fait de la présentation du produit sous forme de « roving » (gros fil multifilamentaire) ou de tissus de roving.

Le roving est constitué de filaments continus de verre et de filaments, également continus, de thermoplastique. Le polymère choisi, le polypropylène, a été principalement retenu pour son rapport performances / prix avantageux (le polypropylène est largement utilisé par l'industrie automobile, l'électroménager, le mobilier de jardin, l'emballage).

Les filaments de verre sont formés par l'étirage du verre fondu à plus de 1 200 degrés, à travers une multitude de trous aménagés dans une filière. Les filaments sont refroidis par de l'air et recouverts d'un ensimage dont les composants chimiques assurent un bon mouillage du polymère thermoplastique du fil composite.

D'autre part, les filaments de polypropylène sont obtenus au moyen d'une extrudeuse qui fond le polymère (introduit dans la machine sous la forme de granulés) en même temps qu'elle le mélange à des additifs tels que des colorants, des stabilisants thermiques, des anti-ultraviolets... Le polymère fondu est extrudé sous la forme de filaments à travers une plaque filière, également perforée de nombreux trous dont la géométrie est adaptée au comportement rhéologique de ce polymère. À la sortie des filières, les deux popu-



2. BOBINES de Twintex prêtes à l'emploi. Le matériau peut être teinté par ajout de colorant (noir, à droite) dans la matrice de polymère thermoplastique. Derrière les bobines, on voit du tissu à partir duquel on a obtenu les plaques composites d'arrière plan.

lations de filaments sont mêlées à grande vitesse (plusieurs centaines de mètres par minute), puis regroupées en une mèche unique, qui est bobinée en spires croisées : les bobines se tiennent alors mieux, et leur dévidage chez l'utilisateur est facilité.

Le concept de multifilaments à deux composants peut être étendu à d'autres matrices thermoplastiques, telles que les polyesters, qui présentent une rigidité et une tenue thermique supérieures. Ces produits sont aujourd'hui étudiés par notre société.

Les usages du Twintex

Comment réaliser des pièces en matériaux composite, à partir du semi-produit qui contient tous les composants élémentaires ? La transformation comportera toujours les étapes suivantes : fusion des filaments de polypropylène ; compression du produit ; refroidissement sous pression. Directement à partir des rovings, on peut faire des corps creux par enroulement filamentaire ou des profilés par pultrusion (contraction, du verbe anglais *pull*, « tirer », et extrusion, technique utilisée dans la fabrication des profilés en thermoplastique). Avant toute transformation en pièce

composite, les rovings peuvent être arrangés pour former des surfaces textiles telles que tissus chaîne et trame, tissus cousus uni- ou multidirectionnels, non tissés plus ou moins directionnalisés. À partir de ces étoffes, on peut réaliser des plaques, des sandwichs, par compression à chaud, ou calandrage ; des pièces en formes démoulables par moulage haute pression ou par estampage de produits préchauffés ; des pièces creuses ou de grandes dimensions par moulage dans un four à air chaud avec une membrane souple en silicone à haute tenue thermique, la pression étant appliquée par de l'air comprimé ou par l'effet du vide.

C'est ainsi que les industries des transports et des articles de sport, notamment, ont fabriqué des plaques antichocs pour des remorques de camions, des poutres de pare-chocs thermoformées pour les voitures monospaces, des éléments de fixation pour surf des neiges, des renforts antiperforants pour siège de parapente, ou des dos estampés de sac à dos...

Dominique LOUBINOUX est ingénieur de recherche et développement à la Société *Vetrotex International*.