

Une percée en matière de développement de composites rigides et résilients, à matrice polymère

12 juin 2015, 02:00

Linde De Vriese

Les matériaux composites présentant à la fois une grande rigidité et une résilience élevée sont très demandés, surtout sur le marché des composites pour le secteur automobile, en croissance exponentielle. La combinaison de ces deux caractéristiques n'est pas évidente pour ce type de matériaux. Le doctorant Yentl Swolfs résout le dilemme dans sa thèse 'Hybridation de composites auto-renforcés : Modélisation et vérification d'un nouveau concept d'hybride'.

Le dilemme rigidité/résilience

La rigidité et la résilience sont deux paramètres essentiels des matériaux. La rigidité est la résistance d'un matériau aux petites déformations élastiques. La résilience mesure la quantité d'énergie qu'un matériau peut absorber avant qu'il ne casse. Malheureusement les matériaux composites présentant une forte rigidité ont souvent une faible résilience et vice-versa. C'est ce qu'on appelle le dilemme rigidité/résilience.

La plupart des composites à matrice polymère contiennent des fibres de verre ou de carbone, et se positionnent de ce fait comme des matériaux très rigides mais peu résilients. Le polypropylène (PP) auto-renforcé constitue peut être une alternative à ce problème. Ce matériau est composé de fibres de PP dans une matrice de PP, ce qui entraîne une rigidité limitée mais cependant une grande résilience. Le PP auto-renforcé de même que les composites à matrice polymère traditionnels présentent donc tous ce dilemme rigidité/résilience.



Le dilemme rigidité/résilience au niveau des composites : Ils sont soit rigides mais cassants, soit résilients mais souples ; le comportement recherché serait une combinaison entre une grande rigidité et une résilience élevée

Résolution du dilemme par l'hybridation

De nombreuses recherches ont été menées pour résoudre ce dilemme. L'une des stratégies possibles serait l'hybridation entre une fibre cassante et une fibre ductile. Les fibres ductiles ont un allongement à la rupture élevé et sont résilientes, tandis que les fibres cassantes présentent un faible allongement à la rupture. Dans sa thèse de doctorat, Yentl Swolfs a examiné si les hybrides de PP auto-renforcés et de fibres de carbone, sont à même de résoudre le dilemme

rigidité/résilience. Ces deux types de fibres peuvent être mélangés à différents niveaux : entre couches, au sein de la couche et au sein du fil. L'étude des différentes formes de mélange est essentielle, étant donné que de façon générale, plus le mélange des différentes fibres est prononcé, meilleures sont les propriétés mécaniques. La forme de mélange au sein du fil produit le meilleur mélange, mais elle est difficile à produire et est donc chère. L'étude a montré que la forme de mélange au sein de la couche constituait le juste milieu.



Formes de mélange d'hybridation pour lesquelles la forme entre couches (à gauche) présente de moins bonnes propriétés mécaniques que la forme au sein de la couche (au milieu) ou que la forme au sein du fil (à droite), mais elle est toutefois plus simple à produire et donc moins chère

La difficulté de l'hybridation des composites auto-renforcés réside dans la grande différence de rigidité et d'allongement à la rupture entre les deux fibres. Lorsque les fibres de carbone se rompent pour un allongement appliqué de 2 %, il se libère une grande quantité d'énergie. Cette énergie doit se dissiper d'une manière ou d'une autre et peut ainsi occasionner des dommages au PP auto-renforcé. Il est dès lors essentiel de bien contrôler le phénomène par une conception intelligente du composite hybride. Pour une fraction volumique importante de fibres de carbone, il se libère beaucoup d'énergie et il se produit inévitablement des dommages au niveau du PP auto-renforcé. Pour moins de 7 % de fibres de carbone ajoutés au PP auto-renforcé, en termes de volume, il est possible de maintenir un allongement à la rupture de 20 %. Ceci aboutit à un composite avec une rigidité raisonnable et un allongement à la rupture de 20 %, ce qui permet d'échapper au dilemme rigidité/résilience.



Diagramme tension-allongement de composites auto-renforcés hybrides, pour lesquels l'allongement à la rupture élevé du PP auto-renforcé est conservé lorsque la fraction volumique en fibres de carbone est inférieure à 11 %

Applications

Dans le cadre du projet HIVOCOMP, deux modèles de démonstration en composites auto-renforcés hybrides ont été réalisés : une valise Samsonite et un panneau vertical de banquette arrière d'une voiture Lancia Y. La valise Samsonite hybride démontre que malgré la présence de fibres de carbone rigides continues, il est toujours possible de thermoformer une pièce complexe. Grâce à la combinaison unique entre la rigidité et la résilience, on obtient un matériau présentant un potentiel élevé pour toutes sortes d'applications, non seulement pour des bagages, mais aussi pour le secteur automobile et les articles de sport.



Valise Samsonite réalisée en PP auto-renforcé hybridé de fibres de carbone

Conclusion

Grâce à la conception intelligente de composites hybrides auto-renforcés, il est possible de résoudre le problème rigidité/résilience. Ceci implique de contrôler soigneusement la quantité de fibres cassantes, la distribution des fibres et la force de liaison. Du fait que les composites hybrides auto-renforcés peuvent être fabriqués en des durées de cycle courtes, de 1 à 2 minutes, ils constituent un matériau idéal pour des réductions de poids dans le secteur automobile. En outre, les modèles développés permettent de prédire les effets synergétiques de l'association de fibres cassantes et ductiles.

Sirris vient d'achever récemment un projet de recherche concernant le PLA (Polylactic acid ou acide polyactique) auto-renforcé, en collaboration avec le Centexbel et le RWTH d'Aix-la-Chapelle. Le PLA auto-renforcé est totalement bio et différents essais ont montré, en outre, qu'il peut constituer une alternative durable très prometteuse au PP auto-renforcé. Le consortium examine en ce moment sous quelles conditions de projet le développement de ce matériau pourrait être poursuivi. Intéressé(e) ? N'hésitez pas à contacter Linde De Vriese !

Cette thèse de doctorat a été financée par l'IWT dans le cadre du projet européen HIVOCOMP.

Source

- 'Hybridisatie van zelfversterkte composieten: modellering en verificatie van een nieuw hybride concept' (Hybridation de composites auto-renforcés : Modélisation et vérification d'un nouveau concept d'hybride), Yentl Swolfs, Composite Materials Group du Departement Materiaalkunde, KU Leuven

Auteurs



Linde De Vriese