

Remplacer le bore par du carbone

Fabio MANIERI

Pour des raisons professionnelles je suis amené à utiliser du carbone, aussi, lorsque j'ai commencé à pratiquer le FID, j'ai essayé de trouver des moyens pratiques de remplacer le bore par du carbone.

A la rencontre du Millenium Dome, mon modèle possédait des renforts en fibre de carbone collés à la cellullosique, une méthode utilisée par Giacomo De Angelini depuis 1986. Cela marche bien, mais pas aussi bien que pour le bore, cependant Giacomo a été un des précurseurs dans l'utilisation de la fibre de carbone, qu'il utilise toujours à la place du bore.

En partant de cette idée, je pense avoir maintenant trouvé un bon moyen de remplacer le bore, peut-être pas très facile, mais demandant seulement un peu de pratique.

La raison principale pour laquelle nous utilisons le bore est sa très grande rigidité qui lui fait très bien supporter les charges de compression, et le fait qu'on peut le trouver en tiges de très faible diamètre. Son faible poids vient non pas d'un poids spécifique très faible mais des faibles dimensions que nous pouvons utiliser. Le problème est donc de trouver des tiges de section similaire faites d'un matériau raide et résistant.

La réponse a été et est toujours la fibre de carbone, très raide et d'un poids spécifique plus faible que le bore, d'où un rapport raideur/poids plus avantageux.

Parmi les raisons pour lesquelles le carbone ne peut donner de bons résultats sont la variété des qualités et la difficulté à obtenir de faibles sections circulaires. Aussi il nous faut trouver la variété de haut module de rigidité qui sert à fabriquer les toiles et les rubans unidirectionnels, variété que nous devons pouvoir trouver sous forme d'étope (ou faisceau de fibres). Il faut aussi utiliser une bonne résine époxy qui durcit de préférence au four à 40° (il suffit de placer quelques lampes électriques dans une boîte en bois). Cette façon de faire donne à la résine de meilleures qualités mécaniques, qui contribuent à la stabilité en compression de la micro-tige de carbone.

En effet il est facile pour une fibre de supporter les forces de tension, mais pas les forces de compression. Pensons à un câble : Il peut supporter les charges de tensions, mais il ne peut supporter la compression que s'il est rigidifié par un matériau qui l'empêche de « flamber ». Cela dépend aussi de la rigidité et le module d'élasticité est également important.

Une raison supplémentaire de porter attention au charges de compression est que la plupart des bois ne supportent en compression que 30 à 40% de ce qu'ils supportent en tension, c'est donc en

compression que nos longerons ont le plus besoin d'aide lorsqu'ils fléchissent!

Il existe plusieurs sortes de fibres de carbone : module standard (intermédiaire), haut module, très haut module (appelé « graphite » 99% carbone)

Le module intermédiaire est moins rigide (l'élongation à la cassure est a peu près 2,1%, ou 1,7% sous forme composite), le haut module donne 1,5 et 1,3% respectivement et le très haut module 0,5 et 0,4%. Le bore est aux alentours de 0,8%. Les 1,7 et 1,3% sont donc inférieurs au bore en rigidité, mais le carbone (composite à 20-25% de résine) est plus léger et on peut augmenter la section jusqu'à avoir le même poids. Une plus forte section donne plus de rigidité, et un plus fort moment d'inertie qui donnent une plus grande stabilité en compression.

Evidemment, on tire aussi avantage des propriétés en tension, mais le problème principal est que les très faibles sections que nous devons utiliser font qu'il est difficile d'éviter le flambage en compression.

Les fibres de très haut module sont les plus fragiles mais ont la plus grande rigidité ! Elles sont difficiles à trouver et difficiles à manipuler à cause de leur fragilité (qui semble pire que celle du bore) mais les intermédiaires et les haut module constituent un bon compromis.

Autre problème : comment obtenir des tiges de si petit diamètre. La meilleure solution pourrait être la pultrusion (méthode qui consiste à faire passer la fibre imprégnée dans une filière chauffante ou la polymérisation se fait en quelques secondes : la tige rigide ainsi obtenue possède un haut pourcentage de fibre) mais il faut un matériel spécial et je ne sais pas s'il est possible de descendre à moins de 0,25 mm. On peut diminuer la section par ponçage (à l'eau pour éviter les problèmes de poussière de carbone). La pultrusion aurait l'avantage d'augmenter la proportion de carbone de la tige par compression des fibres en une faible section, ce qui accroîtrait les propriétés mécaniques du composite.

Après plusieurs tentatives, j'ai trouvé que le seul moyen facile était la torsion des fibres pour obtenir une forme similaire à une tige. La méthode est réellement bonne et permet de fabriquer des tiges dont le diamètre peut descendre à 0,05 mm. Pratiquement, le bon diamètre est de 0,13 à 0,15 mm, pesant de 0,17 à 0,23 g/m.

Méthode

- 1) Choisir un bon paquet d'étope de fibres de carbone longues et continues (rejeter les fibres qu'il est impossible de séparer à cause de leur mauvaise qualité ou d'une fragilité intrinsèque). >>>