

Usinage des plastiques renforcés de fibres

17 juillet 2020, 02:00

Pascal Pollet

Les plastiques renforcés de fibres (composites) sont des matériaux prisés en aéronautique, car ils allient légèreté, résistance, rigidité, ténacité et faible densité. Cependant, la composition et la structure des matériaux constituent un défi pour leur usinage.

Les efforts de l'industrie aéronautique pour améliorer les performances des avions commerciaux et militaires contribuent au développement et à l'optimisation de matériaux structurels à haute performance. Les matériaux composites jouent donc un rôle majeur dans les composants aéronautiques actuels et futurs. Ces matériaux sont particulièrement intéressants pour les applications aéronautiques en raison de leur résistance et rigidité spécifiques exceptionnelles, ainsi que pour leurs propriétés physiques supérieures.

Propriétés des matériaux composites

Le matériau composite est généralement constitué de fibres rigides et résistantes enrobées d'une matrice en résine présentant une bonne ténacité. Les matériaux composites les plus couramment utilisés en aéronautique et dans d'autres secteurs sont les plastiques renforcés de fibres de carbone et de verre (CFRP et GFRP). Les fibres de carbone et de verre sont à la fois rigides et résistantes (pour leur densité), mais cassantes. Elles sont incorporées dans une matrice polymérique ayant une meilleure ténacité, mais n'étant pas particulièrement rigide ou résistante. Pour faire simple, en combinant ces matériaux aux propriétés complémentaires, on obtient un matériau composite présentant la plupart des avantages cités (résistance, rigidité, ténacité et faible densité) sans les inconvénients des constituants de base.

Les matériaux composites sont importants pour l'industrie aéronautique, car ils offrent une rigidité structurelle similaire à celle des alliages métalliques, mais avec un poids moindre. Il en découle une amélioration de la consommation de carburant et des performances des avions.

La figure ci-dessous montre que 50% du poids du fuselage du Boeing 787 Dreamliner est constitué de matériaux composites, contre 12% pour le Boeing 777.





Boeing 787 Dreamliner

Usinage des composites

L'usinage des composites peut s'apparenter à celui du métal, mais la ressemblance est trompeuse.

Les pièces en matériaux composites tels que les plastiques renforcés de fibres de carbone (CFRP), qui sont de plus en plus utilisés dans les composants aéronautiques, peuvent être usinées avec les mêmes machines que les pièces métalliques. Les plastiques renforcés de fibres de carbone peuvent même être usinés avec des outils de coupe similaires à ceux des pièces métalliques, mais c'est moins évident. En effet, le mécanisme d'enlèvement de la matière est différent.

Pour les métaux, ce mécanisme est la déformation plastique : le matériau est plus mou que l'outil et par cisaillement, des copeaux se forment au niveau de l'arête de coupe. Avec les composites (nous nous concentrons sur les composites renforcés de fibres de carbone), il n'y a pas de copeaux : le mécanisme d'enlèvement de la matière peut être comparé à un éclatement. Plutôt que d'enlever de la matière, l'arête de coupe brise les fibres de carbone dures à l'impact. Lors de ce processus, l'arête de coupe subit une abrasion considérable, qui peut entraîner une usure rapide.

Dans toute application avec un outil de coupe, la géométrie de l'outil détermine la performance de coupe et le matériau de l'outil détermine la durée de vie. C'est également le cas lors de l'usinage des matériaux composites, mais ici, le matériau de l'outil est nettement plus critique vis-à-vis de la performance du procédé. Les composites peuvent en effet provoquer une usure si rapide de l'outil que la géométrie peut changer très rapidement, à moins que les arêtes de l'outil ne résistent suffisamment à l'abrasion pour conserver la géométrie et ne restent tranchantes. En fait, l'usinage des composites bouleverse le processus d'usinage, car l'attention se déplace vers d'autres parties du processus. Pour une pièce aéronautique en métal, on peut utiliser une puissante machine-outil avec des outils universels et de systèmes de fixation conventionnels pour faire le travail. Cela contraste avec le fraisage et le perçage des composites, qui peuvent par contre généralement être effectués sur une machine beaucoup moins puissante. Toutefois, des outils de coupe de pointe seront nécessaires, de même que des systèmes de serrage sur mesure pour soutenir la pièce tout au long du processus d'usinage, et ainsi éviter les vibrations et le délaminage des parois (fines et rigides) du composite.

Impact de l'orientation des fibres

L'orientation des fibres est un facteur influençant le comportement à la coupe ou l'usinabilité des matériaux composites. Les schémas d'empilage de 0-90°, 0-45-90° et 0-45-90-135° sont les plus courants. Lors de l'usinage, les couches à 45° et 135° sont les plus difficiles à usiner. C'est pourquoi les fournisseurs d'outils de coupe ont développé différentes géométries pour usiner de manière optimale ces matériaux renforcés de fibres de carbone.



L'image ci-dessous donne un exemple d'outils de fraisage typiques pour l'usinage de matériaux composites. Ces outils de coupe ont souvent une couche de diamant, mais cela a un impact sur le prix par rapport aux outils classiques.



Les outils de coupe sont différents des outils d'usinage standard. Cela ressort clairement des illustrations suivantes :

Le fraisage à queue standard ne génère des forces que dans une seule direction. Avec une fraise hélicoïdale positive, la pièce aura tendance à se soulever, endommageant le bord supérieur (du composite).



La fraise à compression (à double hélice) génère des forces de coupe opposées sur les surfaces supérieure et inférieure de la pièce. Ces forces stabilisent l'usinage, évitant ainsi d'endommager les bords de la pièce.



Cet article Techniline est basé sur un article publié dans le cadre de Machining 4.0. Ce projet Interreg propose aux PME souhaitant en savoir plus sur l'application des nouvelles technologies (Industrie 4.0) en usinage un accès gratuit à l'expertise et aux conseils des centres d'excellence européens, dont Sirris.

Source

- <http://www.machining4.eu>

Auteurs



Pascal Pollet