

Modélisation numérique de la coupe orthogonale du composite hybride CFRP/Ti

Numerical modeling of hybrid composite CFRP/Ti during an orthogonal cutting process

Lhoucine BOUTRIH¹, Lanouar BEN AYED¹, Mohammed NOUARI²

T-PRIOM, LEM3 UMR CNRS 7239
GIP-InSIC, Université de Lorraine
27, voie de l'innovation, F- 88100 Saint-Dié-des-Vosges
e-mail : lhoucine.boutrih@univ-lorraine.fr et lanouar.ben-ayed@univ-lorraine.fr

Les composites hybrides sont des matériaux issus d'un assemblage entre les composites standards et alliages métalliques, comme les CFRP et les alliages d'aluminium ou de titane. Ces matériaux sont adaptés pour de nombreuses applications grâce à leurs propriétés mécaniques élevées. Cependant, l'usinage des composites hybrides reste une tâche difficile en raison de leur mauvaise usinabilité. Il est donc nécessaire de proposer un outil capable de reproduire les phénomènes physiques qui peuvent intervenir lors de la coupe. Peu de travaux de recherche sur la modélisation de la coupe d'un composite hybride existent dans la littérature [1]. Dans ce travail, un modèle de coupe complet est développé en prenant en compte les différentes phases d'un composite hybride à savoir, la phase composite, la phase métallique et les interfaces (CFRP/CFRP ou CFRP/Ti).

Dans un premier temps, une étude est réalisée pour comprendre les phénomènes physiques intervenant dans chaque phase. Un modèle 2D élastoplastique couplé à l'endommagement basé sur les travaux de Zenia [2] a été implémenté dans le code Abaqus/Explicit via la subroutine VUMAT. Ce travail a permis de prédire l'endommagement induit par le processus de formation du copeau (Fig. 1) et de calculer les efforts d'usinage (Tab. 1)

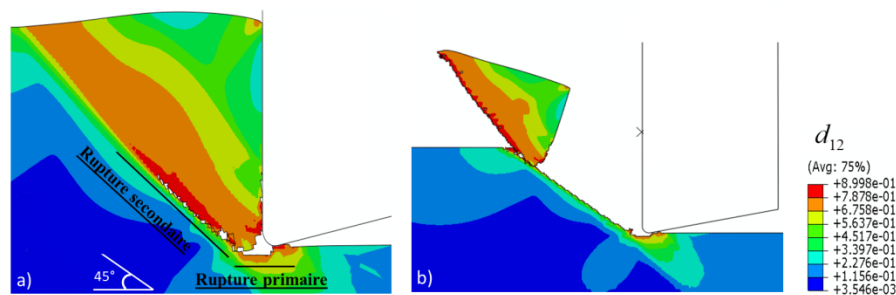


Fig. 1. Mécanismes de formation du copeau lors d'une opération de la coupe orthogonale d'un composite CFRP a) rupture primaire et état initial de la rupture secondaire b) formation totale de copeau.

Les résultats du modèle proposé reproduisent d'une manière fiable les mécanismes de formation des copeaux décrits dans les travaux expérimentaux de Wang et Zhang [3]. Dans le cas où les fibres sont orientées à 45°, une rupture dite primaire va s'initier au niveau de

l'arrêt de l'outil et se propager tout au long de la direction de la coupe. La rupture secondaire apparaît par la suite suivant la direction des fibres.

Efforts d'usinage	Numérique	Expérimental
F_c (N/mm)	50	41
F_t (N/mm)	13	22

Tab. 1. Comparaison entre les forces de coupe F_c et les forces d'avance F_t obtenues par la simulation numérique et expérimentale [4]. Condition d'usinage : $V_c=60$ m/min, $f=100\mu\text{m}$, $\alpha=5^\circ$, $\gamma=6^\circ$, $R=10\mu\text{m}$

Dans les approches numériques, l'utilisation des méthodes de suppression d'élément engendre dans la plupart des cas, une mauvaise prédiction des forces d'avance. Malgré cet écart entre les valeurs moyennes relevées numériquement et expérimentalement, le modèle montre tout de même une capacité de reproduire assez efficacement les efforts d'usinage.

Dans la suite de ces travaux, Une attention particulière sera portée sur l'analyse des interfaces CFRP/CFRP ou CFRP/Ti, qui jouent un rôle principal dans la propagation de l'endommagement. L'effet de la température générée, soit par frottement outil/pièce, soit par déformation plastique va être étudié.

Références

- [1] J. Xu, M. El Mansori, « Numerical modeling of stacked composite CFRP/Ti machining under different cutting sequence strategies, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* Vol. 17 n° 1, pp. 99–107, 2016.
- [2] S. Zenia « Modélisation numérique de l'usinage des matériaux composites à matrice polymère et fibres longues de carbone », Ph.D. thesis, Laboratoire LEMTA UMR CNRS 7563, Université de Lorraine, 2017.
- [3] X. M. Wang, et L. S. Zhang, « An experimental investigation into the orthogonal cutting of unidirectional fiber reinforced plastics», in : *International Journal of Machining Tools and Manufacture*, Vol.43 n° 10, pp. 1015–1022, 2003.
- [4] C. R. Dandekar, et Y. C. Shin, « Multiphase finite element modeling of machining unidirectional composites: Prediction of Debonding and fiber damage», in : *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol.130 n° 5, p. 051016, 2008.