

EFFET THERMIQUE SUR LE COMPORTEMENT TRIBO-MECANIQUE DES AGROCOMPOSITES A L'ECHELLE MICROSCOPIQUE

F. Chegdani^{1,2}, M. El Mansori^{1,2}, S. Bukkapatnam² et I. El Amri²

1. Arts et Métiers ParisTech, Laboratoire MSMP (EA7350), Châlons-en-Champagne, France

2. Texas A&M University, ISEN Department, 3131 TAMU, College Station, Texas, USA

MOTS CLES

Agrocomposites, Fibres végétales, Nanoindentation, Scratch-test

RESUME

Dans un contexte environnemental contraignant, l'intérêt porté par les industriels aux agro-matériaux se révèle en forte croissance afin de répondre aux enjeux d'une économie circulaire et un développement durable. C'est la raison pour laquelle les composites à matrice polymère et fibres végétales (agrocomposites) sont en puissante émergence, notamment dans l'industrie automobile, et commencent ainsi à concurrencer les composites synthétiques à fibres de verre [1]. L'intérêt d'utiliser les fibres végétales dans l'industrie composite n'est pas que écologique. En effet, les fibres végétales possèdent des avantages techniques très intéressants comme l'isolation thermique, l'isolation acoustique ainsi que l'amortissement des vibrations. De ce fait, l'étude des procédés de fabrication de ces matériaux bio-sourcés est devenue une nécessité afin de lever plusieurs verrous scientifiques et techniques liées principalement à la structure cellulosique complexe des fibres végétales [2]. Une structure multiéchelle qui leur confère un comportement tribo-mécanique très sensible aux variations des paramètres du procédé de fabrication, typiquement les procédés d'usinage par enlèvement de matière [3-6].

Afin de mieux comprendre et cerner l'usinabilité de ces agro-matériaux, une étude approfondie du comportement tribo-mécanique de chaque constituant (fibres végétales, matrice polymère et les interfaces) s'avère indispensable pour ainsi pouvoir contrôler le comportement des agrocomposites lors des opérations d'usinage. Cette étude doit absolument prendre en compte l'effet thermique puisque les opérations d'usinage par enlèvement de matière génèrent de la chaleur à cause des grands taux de déformations du matériau ainsi qu'aux phénomènes de frottement entre l'outil et la matière.

Le procédé expérimental adopté dans cette étude est basé sur des essais de nanoindentation et de scratch-test. La nanoindentation est utilisée pour déterminer la réponse mécanique du matériau à l'échelle microscopique en termes de dureté et de module d'élasticité. Ainsi, les réponses mécaniques des fibres végétales et de la matrice polymère pourront être identifiées séparément. Les essais du scratch-test sont utilisés pour déterminer la réponse tribologique du matériau à l'échelle microscopique en termes de coefficient de frottement. A cette échelle, les réponses tribologiques des fibres végétales et de la matrice polymère pourront être aussi identifiées séparément. Les essais de nanoindentation et de scratch-test ont été réalisés sur des composites à fibres de lin unidirectionnelles et matrice polypropylène (PP) à différentes conditions thermiques contrôlées par la température de l'échantillon de 25°C à 100°C.

Les résultats de cette étude montrent un comportement tribo-mécanique différent entre les fibres de lin et la matrice PP. En effet, alors que le module de Young de la matrice PP diminue en augmentant la température de l'échantillon, le module de Young des fibres de lin présente une augmentation puis une diminution en variant la température de l'échantillon de 25°C à 100°C avec un maximum de module de Young à 60°C. Cela témoigne d'une possible modification de la composition chimique des fibres de lin lors de l'augmentation de la température. Ce comportement thermomécanique spécifique des fibres de lin affecte leur réponse tribologique en frottement lors des

essais de scratch-test à une vitesse de glissement élevée. Ceci démontre que le comportement tribologique des composites lin/PP est thermo-mécaniquement dépendant. Ainsi, les résultats de cette étude sont à prendre en compte pour mieux comprendre le comportement de ces matériaux lors des procédés d'usinage.

Références

- [1] A. Shalwan and B. F. Yousif, "In State of Art: Mechanical and tribological behaviour of polymeric composites based on natural fibres," *Mater. Des.*, vol. 48, pp. 14–24, 2013.
- [2] C. Baley, "Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase," *Compos. - Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 33, no. 7, pp. 939–948, 2002.
- [3] F. Chegdani, S. Mezghani, and M. El Mansori, "On the multiscale tribological signatures of the tool helix angle in profile milling of woven flax fiber composites," *Tribol. Int.*, vol. 100, pp. 132–140, 2016.
- [4] F. Chegdani, S. Mezghani, M. El Mansori, and A. Mkaddem, "Fiber type effect on tribological behavior when cutting natural fiber reinforced plastics," *Wear*, vol. 332–333, pp. 772–779, Jan. 2015.
- [5] F. Chegdani and M. El Mansori, "Mechanics of material removal when cutting natural fiber reinforced thermoplastic composites," *Polym. Test.*, vol. 67, pp. 275–283, 2018.
- [6] F. Chegdani, S. Mezghani, and M. El Mansori, "Experimental study of coated tools effects in dry cutting of natural fiber reinforced plastics," *Surf. Coatings Technol.*, vol. 284, pp. 264–272, 2015.