

Vers un contrôle des propriétés de surface par traitement par malaxage : approche mécanique et tribologique

G. B. Rodrigues¹, Y. Gaillard², P-H. Cornuault², C. Langlade^{1,3}

1. Université Marie et Louis Pasteur, UTBM, CNRS, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne ICB UMR 6303, 90010 Belfort cedex, France
2. Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon, France
3. Université Bourgogne Europe, CNRS, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne ICB UMR 6303, 21000 Dijon, France

Mots clés : Zone malaxée, Nanoindentation, Frottement.

L'occurrence accidentelle des Transformations Tribologiques de Surface (TTS), notamment induites par des phénomènes de *fretting*, est bien connue sur divers composants mécaniques. Cette couche, caractérisée par une augmentation de la dureté et une modification brutale de la microstructure, est généralement considérée comme un facteur de risque, pouvant conduire à la fracture prématurée des matériaux concernés. Cependant, dans un contexte où ces transformations sont maîtrisées, elles pourraient devenir une option d'optimisation des propriétés mécaniques et tribologiques. Le traitement par malaxage, une variante du soudage par friction, est également capable de générer des microstructures similaires à celles observées dans les TTS. Cette étude vise donc à explorer le potentiel de ce procédé, en vue de son optimisation pour l'amélioration des propriétés de surface. Pour cela, une série d'essais a été réalisée sur une plaque de cuivre pur (99,9 %), en faisant varier plusieurs paramètres de malaxage : vitesse de rotation, profondeur de passe et nombre de passes. Le traitement est effectué à l'aide d'un outil cylindrique en carbure de tungstène de 10 mm de diamètre, muni d'un pion terminal de base carrée (9 mm²) et de 0,3 mm de hauteur. Les modifications microstructurales ont été analysées par microscopie optique et électronique, notamment via EBSD. Les propriétés mécaniques ont été évaluées à l'aide d'un nanoindenteur UNHT (Anton Paar), équipé d'un indenteur Berkovich, permettant de mesurer la dureté localement. En complément, une analyse tribologique des couches malaxées a été menée à l'aide d'un tribomètre bille-plan linéaire alternatif. Deux contrefaces ont été testées : des billes de 5 mm de diamètre en alumine (Al₂O₃) et en bronze, soumises à un mouvement alternatif à 1 Hz sur la surface traitée. Les premiers résultats montrent un gradient de dureté dans la zone malaxée, avec une augmentation d'environ 25 % en surface. La dureté diminue progressivement en s'éloignant de la surface, pour atteindre des valeurs proches de celles du cuivre non traité à environ 60 µm de profondeur. Par ailleurs, les essais tribologiques révèlent un comportement dépendant du matériau de la contreface, ainsi qu'une hétérogénéité locale de la réponse en frottement selon la région sollicitée sur la zone malaxée.