

Développement d'un tribomètre à rouleau pour application au découpage.

T. JEANNIN^a, L. CARPENTIER^a, G. MONTEIL^a, C. VUILLEMIN^a,
JM. COTE^a

a. Institut FEMTO-ST/UMR CNRS 6174, Département Mécanique Appliquée, 24 rue de l'Épitahe 25000 Besançon France
Thomas.jeannin@femto-st.fr

Résumé :

Cet article présente le développement d'un tribomètre à rouleau permettant de reproduire les mécanismes d'usure des outils de presse à découper. L'usure des outils de découpage est inévitable, mais peut être réduite afin d'en augmenter la durée de vie. Pour ce faire, il faut comprendre l'influence exacte de chacun des paramètres de l'opération de découpe. L'usure provient du frottement entre la tôle qui vient d'être découpée et le poinçon. Ainsi le poinçon voit une tôle neuve continuellement. C'est cette cinématique qui est répétée sur ce tribomètre à rouleau. En reproduisant ces mécanismes d'usure sur un appareil de laboratoire, il sera possible de développer et valider des matériaux d'outils performants face à la tôle découpée, ou bien de développer des lubrifiants optimisés pour les conditions de découpe.

Abstract :

This paper deals with the development of an innovative tribometer which allows to reproduce the wear mechanisms of the punches in blanking process. The wear of cutting tools is unavoidable but could be reduced in order to increase their lifetime. For this purpose, the influence of each parameters of the blanking operation have to be understood exactly. The wear is generated by the friction between the stamped sheet of metal and the punch which therefore perforates a new sheet of metal continuously. This kinematics is reproduced on this special tribometer. By mimicking these wear mechanisms on a laboratory device, efficient tool materials in function of the stamped sheet metal or optimized lubricants for cutting conditions could be developed and validated.

Mots clefs : découpage, usure, tribomètre à rouleau, coefficient d'usure énergétique

1 Introduction

Le découpage permet la réalisation de pièces en grande série et à bas coût. Ce procédé de mise en forme est particulièrement bien adapté à la fabrication de pièces métalliques complexes dans des matériaux très variés (acier, inox, alliages de titane, cuivreux, métaux nobles etc.). L'enlèvement de matière se fait par cisaillement par l'intermédiaire d'un poinçon et d'une matrice. Cette étude est plus particulièrement focalisée sur l'usure du poinçon car elle régit directement la qualité de la pièce découpée. En effet l'usure de l'outil augmente la hauteur de bavure [1,2] et influence l'aspect du bord découpé (hauteur cisailée, hauteur arrachée, bombée...). Usuellement dans l'industrie, le contrôle de l'usure du poinçon se fait indirectement par contrôle des pièces produites.

L'usure du poinçon (Figure 1) est conditionnée par les sollicitations importantes en termes de pression de contact, et de frottement à l'interface entre la tôle et l'outil. De plus pour chaque pièce découpée le contact poinçon/tôle est renouvelé. L'objectif de cette étude est de reproduire les mécanismes d'usure (abrasion, adhésion...) des poinçons avec un tribomètre de type ouvert permettant d'étudier le contact poinçon/feuillard en laboratoire. Les couples de matériaux testés sont des carbures de tungstène (WC) (pour l'outil) et des aciers inoxydables (pour les tôles).

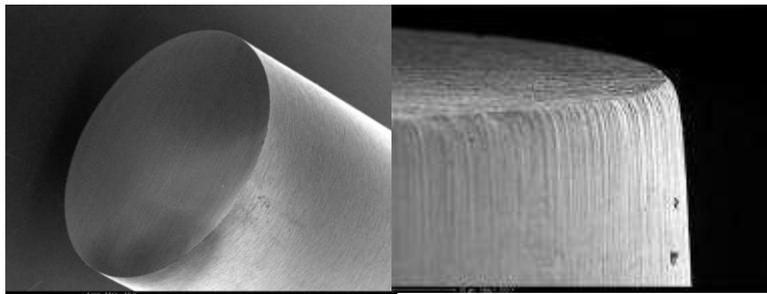


FIG. 1 – Images MEB de l'arête de coupe d'un poinçon neuf (gauche) et usé (droite)

2 Description du tribomètre à rouleau

L'usure du flanc du poinçon provient du frottement entre le poinçon et la tôle pendant la phase de découpage. La pression de contact est due principalement au retour élastique de la tôle qui vient d'être découpée. Le poinçon voit une tôle neuve continuellement, fraîchement découpée. H. Mackich [2] a montré qu'il était possible d'établir un lien entre l'abrasivité d'une tôle (mesurée avec un tribomètre) et l'usure du poinçon sur la presse. Un tribomètre non instrumenté et directement placé sur la ligne de presse avait été développé, sur celui-ci une bille venait frotter la tôle avant l'opération de découpage (voir Figure 2).

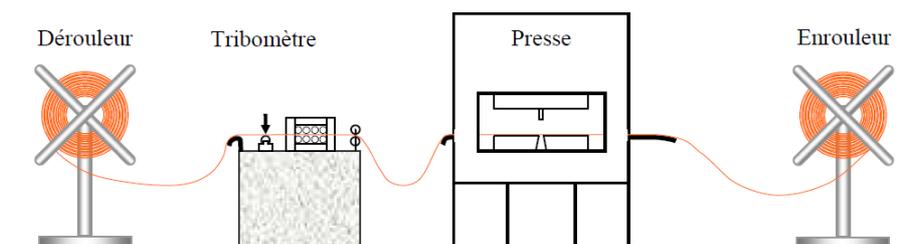


FIG. 2 – Implantation du tribomètre sur une ligne de production de découpage

Toutefois ce tribomètre n'était pas instrumenté et la vitesse de déroulement des tôles ne pouvait être modifiée qu'en changeant la cadence de frappe, ce qui modifiait les conditions de coupe. Pour remédier à ces inconvénients, un tribomètre de laboratoire a été développé en collaboration avec SOCRATE industrie.

Le tribomètre développé (Figure 3) pour cette application est de type ouvert, il permet donc de faire frotter une surface de tôle neuve en continu, comme lors du procédé de découpage. La particularité de ce tribomètre est qu'il est possible de tester des tôles de fines épaisseurs et ce, sur de grandes distances de glissement (10 000 mètres pour une surface neuve). Les vitesses de frottement peuvent atteindre 200 mm/s au maximum et donc se rapprocher des vitesses mesurées sur presse à découper.

La tôle est enroulée autour d'un tambour et un pion (du même matériau que l'outil) vient frotter sur la tôle. Lorsque le rouleau fait un tour, le pion est relevé puis se translate pour frotter la tôle neuve. Une charge morte variant de 7 à 20 N est appliquée sur le pion. La force tangentielle (Figure 4) engendrée par le frottement du pion sur la tôle (Figure 3 b et d) est mesurée en continu. Le contact peut être lubrifié par l'intermédiaire d'un goutte à goutte (Figure 3 d). Un outil peut également être monté directement à la place du pion (Figure 3 c). Une comparaison des différents modes d'usinage des poinçons est donc possible.

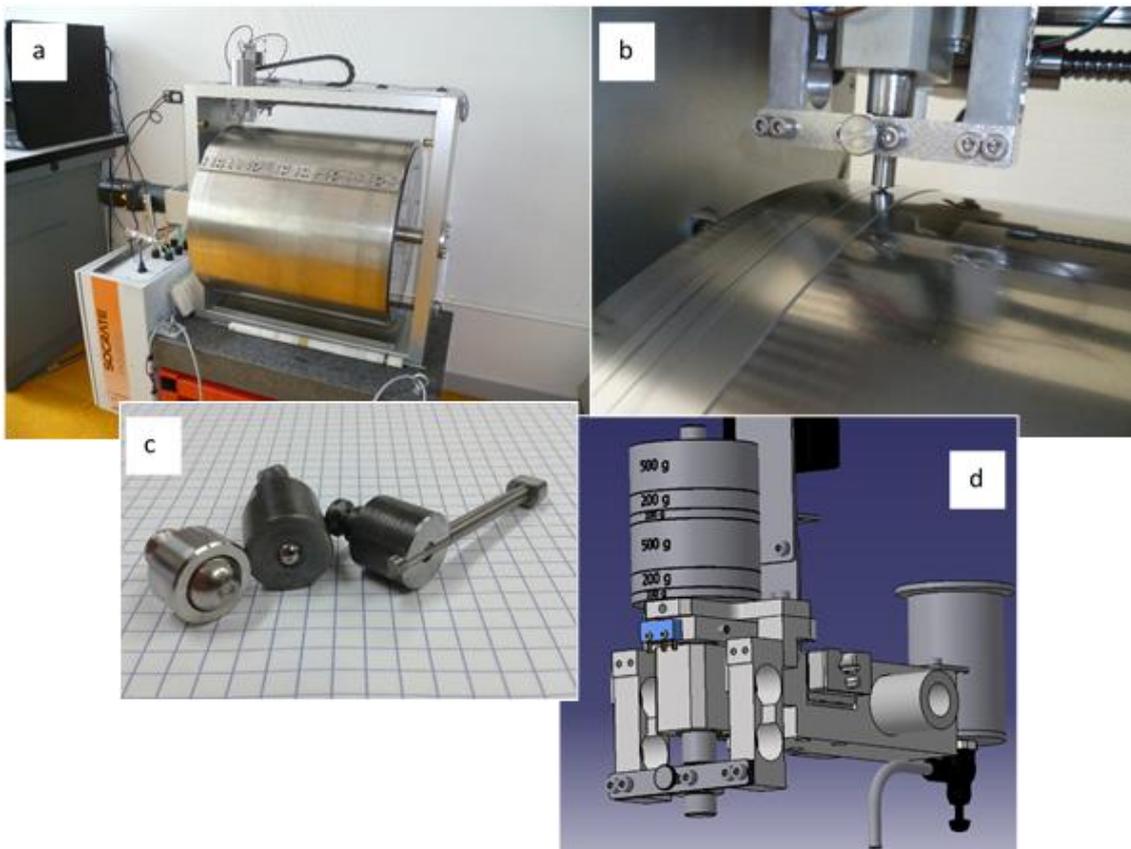


FIG. 3–Vue globale du tribomètre (a), vue du frotteur et de la tôle enroulée (b), différents types de frotteurs utilisables avec un poinçon (à droite) monté sur le frotteur (c), vue du chariot comportant le capteur de force tangentielle, les masses, et le goutte à goutte à l'arrière (d)

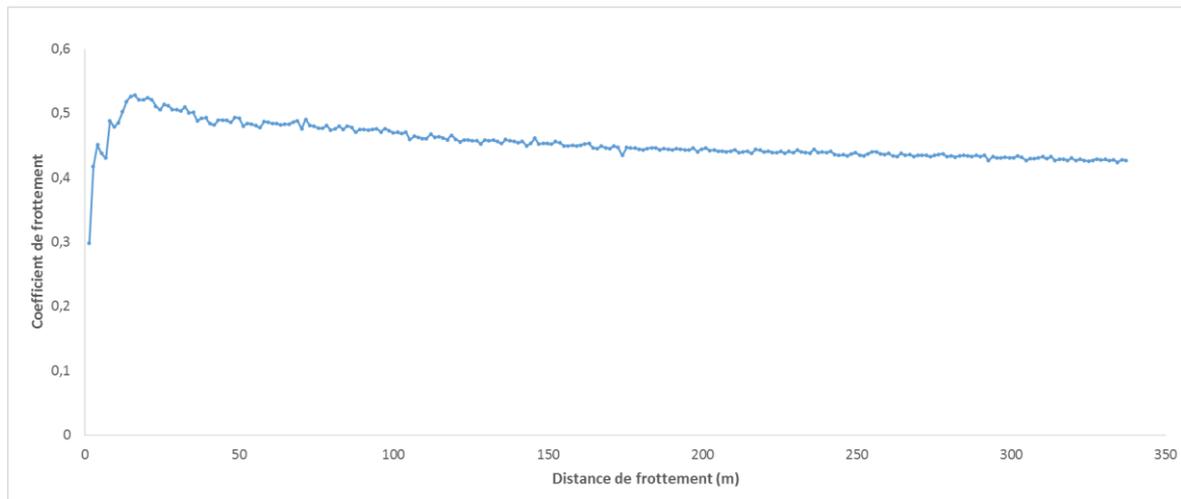


FIG. 4—Evolution du coefficient de frottement mesuré en fonction de la distance parcourue.

Pour comparer le comportement tribologique de différentes tôles, une approche énergétique a été retenue. L'énergie dissipée par frottement contribue en effet à l'usure par l'intermédiaire de différents processus. Grâce aux mesures de volume usé du pion ($V_{\text{usé}}$), de force tangentielle ($F_{\text{tangentielle}}$), et de distance ($D_{\text{parcourue}}$), le coefficient d'usure énergétique (α_u), lié à l'énergie nécessaire pour arracher de la matière à l'outil, est déterminé en fin d'essai par la relation suivante :

$$\alpha_u = \frac{V_{\text{usé}}}{F_{\text{tangentielle}} \times D_{\text{parcourue}}}$$

Ainsi, il est possible de comparer les différents couples de matériaux ainsi que les conditions opératoires (vitesse, charge, lubrification...) de manière indépendante du coefficient de frottement.

3 Résultats

En partant de ces considérations, une comparaison du comportement de différents matériaux d'outils, de différentes nuances de tôles, ainsi que de différentes conditions opératoires est effectuée. Tous les essais présentés ont été réalisés en frottant dans la même trace à chaque tour. La longueur d'une trace est de 1.5 mètre pour chaque tour.

La Figure 5 montre l'évolution du coefficient d'usure énergétique et le comportement à l'usure de trois carbures de tungstène différents. La différence entre ces carbures provient principalement du pourcentage de liant cobalt. On constate que dans les conditions d'essai retenues, la résistance à l'usure des matériaux de poinçon peut être hiérarchisée.

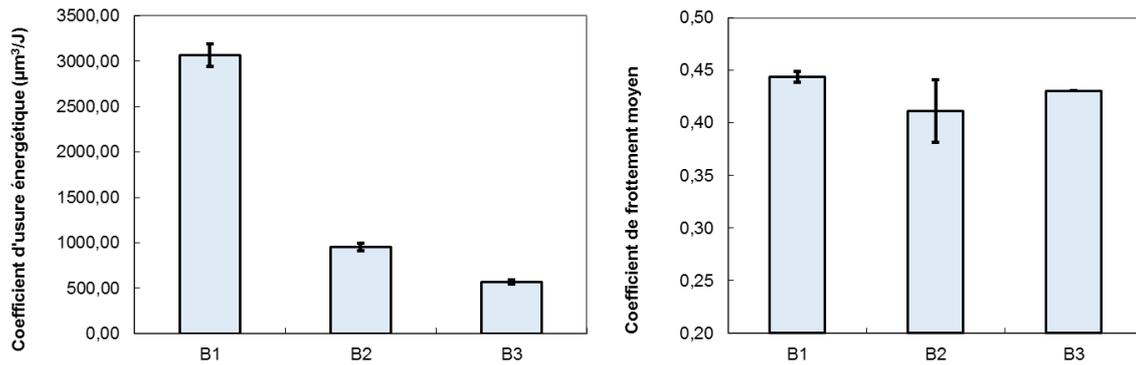


FIG. 5 –Mesures du coefficient d'usure énergétique (gauche) et du coefficient de frottement (droite) pour trois nuances de carbure de tungstène : B1, B2 et B3

Les figures 6 montrent les résultats obtenus pour trois nuances de tôles (T1, T2 et T3) et des conditions de vitesses de glissement, et de charges différentes. L'abrasivité des tôles varie en fonction de la charge et de la vitesse de glissement. Le coefficient de frottement est légèrement plus élevé à forte charge.

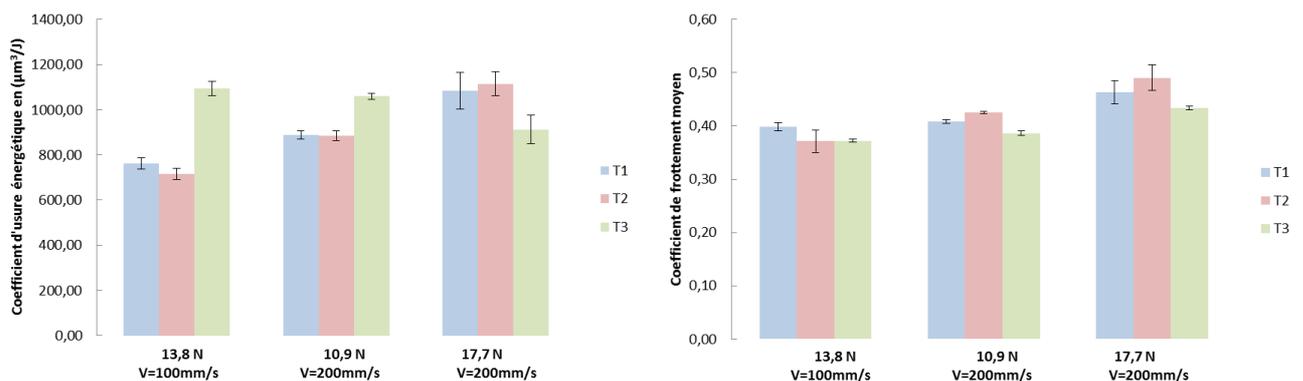


FIG. 6 –Evolution du coefficient d'usure énergétique (gauche) et coefficient de frottement (droite) en fonction de la vitesse de glissement et de la charge pour trois nuances de tôles (T1, T2 et T3)

Les figures 7 montrent l'évolution du coefficient d'usure énergétique et du coefficient de frottement en fonction de la vitesse de frottement pour un couple frotteur/tôle B2/T1 à deux charges différentes. Une forte dépendance du coefficient d'usure énergétique en fonction de la vitesse de glissement est mise en évidence. Le coefficient de frottement augmente lui aussi.

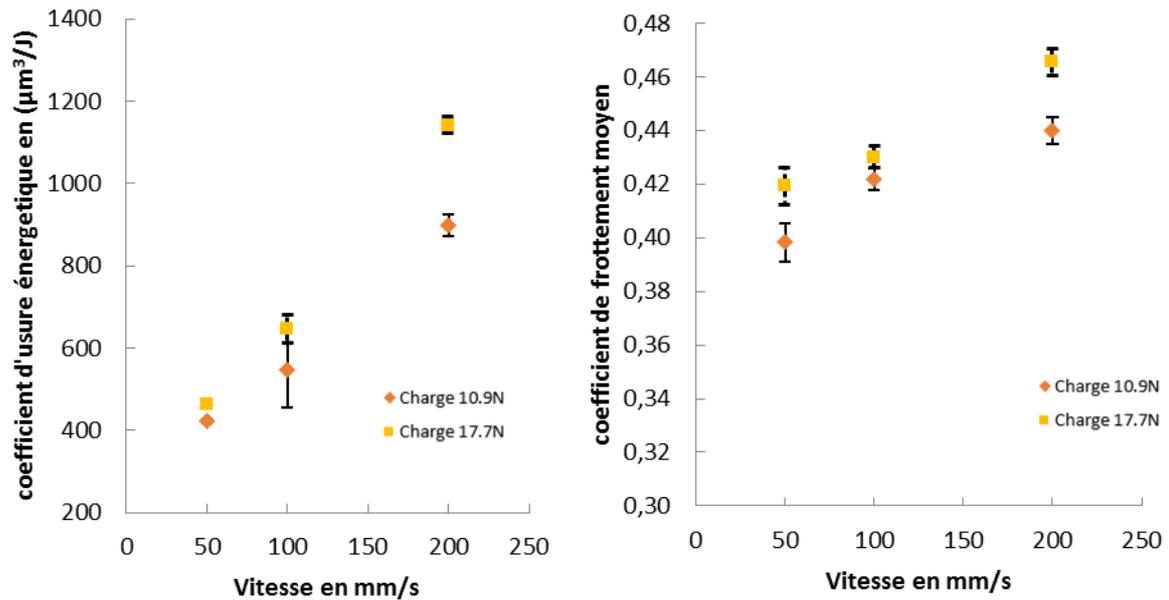


FIG. 7 –Coefficient d'usure énergétique (gauche) et coefficient de frottement (droite) en fonction de la vitesse de glissement

5 Conclusion

Le développement et la mise au point d'un tribomètre ouvert permettent de mettre en évidence des phénomènes d'usure variables en fonction des couples de matériaux en contact, mais aussi en fonction des conditions opératoires. Par une approche énergétique de l'usure, des configurations de découpe variables rencontrées sur une presse industrielle peuvent être étudiées.

Des essais expérimentaux sur presse à découper vont permettre de recaler l'usure relevée sur le tribomètre avec celle mesurée sur un outil. Il sera ainsi possible d'adapter la configuration du tribomètre pour approcher les conditions rencontrées sur un outil réel.

Le couplage entre les essais réalisés sur ce tribomètre, les essais instrumentés sur presse et la simulation par éléments finis devront permettre la prédiction de la durée de vie d'un outil en fonction des conditions opératoires et des matériaux utilisés.

6 Remerciements

Nous remercions la société SOCRATE industrie pour le développement de ce tribomètre à rouleau. Nous remercions également le FEDER (Fond Européen de Développement Régional), le conseil régional de Franche-Comté, le Conseil Général du Doubs (CG25) et la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB) pour le financement de ces travaux dans le cadre du projet DEQUALC (découpage, qualité, compétitivité).

Références

- [1] R. Hambli., Etude expérimentale, numérique et théorique du découpage des tôles en vue de l'optimisation du procédé, Thèse, ENSAM d'Angers, France, 1996.
- [2] H. Makich., Etude théorique et expérimentale de l'usure des outils de découpe; Influence sur la qualité des pièces découpées, Thèse, Université de FRANCHE-COMTÉ Besançon, France, 2011,