

Influence des paramètres de frottement sur l'usure et la dureté de la surface chromée

RAMDANE Sabrina, FOUATHIA Athmane

Laboratoire de Mécanique. Département de Génie mécanique, Faculté des Sciences de la Technologie.
Université Frères Mentouri – Constantine 1. Campus Chaab Ersas, 25000 Constantine, Algérie.

Sabrina.sabr@hotmail.fr

Résumé : Ce travail concerne l'effet des facteurs de revêtements électrolytiques sur la rugosité de la surface de l'acier faiblement allié le 42CrMo4. Nos essais consistent à soumettre les échantillons à des tests d'usure en termes de perte de masse en fonction de l'intensité et la température du bain pour des charges et des vitesses de glissement variable.

Mots clés : revêtement, dépôt, rugosité, température, intensité du courant, usure

Nomenclature

μ : le coefficient de frottement.

V : vitesse de rotation de disque.

P : Charge appliquée contre le disque.

HV : dureté Vickers.

W : perte de masse.

1. Introduction

Les équipements industriels sont perturbés par des dysfonctionnements qui affectent les coûts de production, la disponibilité et la sûreté des installations, la qualité des produits et des services, la sécurité des personnes... On peut se représenter la maintenance comme une sorte de régulateur qui élabore des actions pour limiter les effets de ces perturbations et permettre d'atteindre ainsi les performances exigées [1]. Les caractéristiques mécaniques des matériaux jouent un rôle important dans la maintenance vu qu'on peut optimiser les conditions de la maintenance en les améliorant.

Parmi Les techniques modernes, pour l'amélioration des caractéristiques surfaciques des matériaux métalliques, se distingue les dépôts électrolytiques. Le chromage par dépôt électrolytique avec des épaisseurs variable est un traitement de revêtement appliqué à la plupart des aciers faiblement allié, son objectif est l'amélioration des caractéristiques tribologiques de l'objet traité aux propriétés mécaniques initiales modeste (augmentation de la dureté, de la résistance à l'usure, diminution du coefficient de frottement et la bonne tenue contre la corrosion). Vu le faible coefficient de frottement, le chromage de certaines pièces, permet d'améliorer leur fonctionnement et leur durabilité.

Les revêtements électrolytiques sont aujourd'hui largement utilisés dans l'industrie, au vu de l'intérêt économique qu'ils présentent, notamment pour la construction des vérins d'engins industriels. Cette nécessité d'améliorer les propriétés de surface des matériaux, a conduit au développement de la technique du Chromage dur déposé sur un substrat aux propriétés mécaniques plus modestes. En chromant certaines pièces travaillant au frottement, on améliore entre autres leur fonctionnement. L'épaisseur de la couche de chrome dur varie selon l'application entre 20 μ m jusqu'à 500 μ m.

2. caractéristiques mécaniques surfaciques de la couche du chrome

Le métal de base est un acier faiblement allié 42CrMo4. Les caractéristiques mécaniques et sa composition chimique sont données respectivement dans les (Tab. 1) et (Tab. 2).

Tableau1 : Caractéristiques mécaniques du substrat

Dureté	270 à 330 HB = 26 – 27 HRC
Limite élastique	R _p (MPa/mm ²) = 650
Résiste à la traction	R _m (MPa/mm ²) = 900 – 1100
Allongement	A % (mm) min = 12
Résilience	min = 41 (j/cm ²)

Tableau2 : Composition chimique du substrat

Elément	5.1. Teneur
C	0,38 – 0,45
Si	0,15 – 0,40
Mn	0,50 – 0,80
P	Max : 0,035
S	Max : 0,035
Cr	0,90 – 1,20
Mo	0,15 – 0,30

2.1. Dépôt

Les dépôts en chrome dur ont été réalisés sur le substrat, en tenant en compte des paramètres de l'électrolyse tels que : l'intensité de courant 50A, la température 60 °C, la teneur des catalyseurs, la concentration en CrO₃ et le polissage électrolytique avant revêtement.

3. Tests d'usure

2.2. Dispositif expérimental

Pour étudier l'influence des paramètres du revêtement et la résistance à l'usure des différents dépôts réalisés, nous avons fait subir aux échantillons des essais de perte de masse sur un tribomètre de type pion disque TE 91 (Figure. 1) qui comporte un moteur à courant continue de vitesse maximal de 4000 tr/mn, un capteur de vitesse et une cellule de charge qui nous permet d'avoir des charges allant jusqu'à 40N.

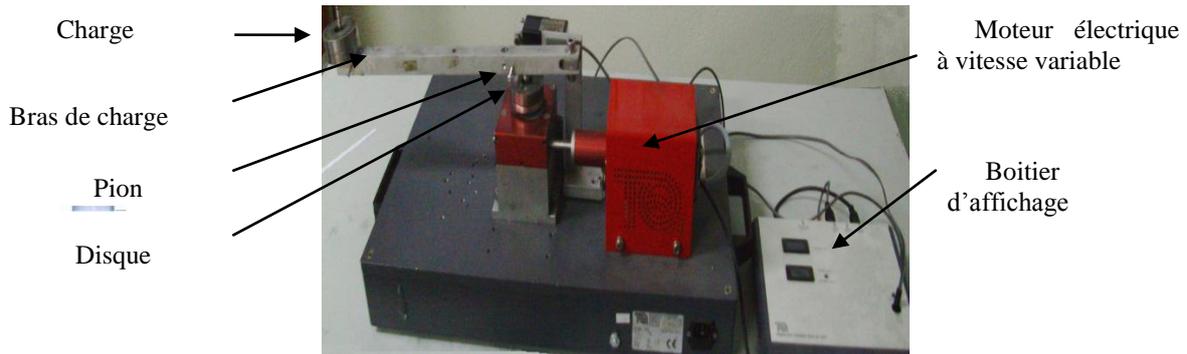


Figure 1: Tribomètre TE 91.

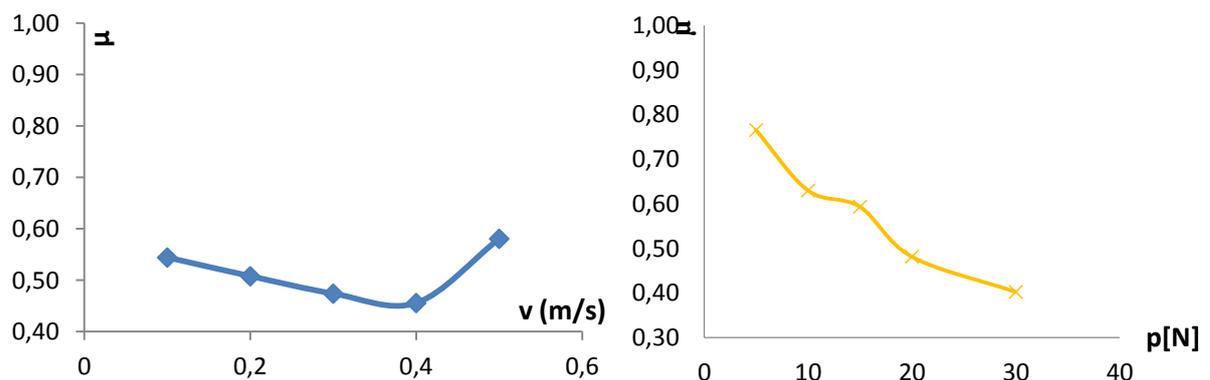
2.3. Déroulement des expériences

Le tribomètre utilisé se base sur le même principe, est présenté sur (Fig. 1). Le pion est de forme cylindrique de longueur 20 mm et de diamètre 8 mm. Il est chargé contre un disque par des charges variables (5N, 10N,,,, 30N). Le disque a un diamètre de 100 mm et une épaisseur égale à 15 mm fixé sur un support qui tourne à des vitesses de rotation entre 0.1 à 0.5 M/S. L'usure est alors caractérisée par la quantité de matériau perdue lors de ce frottement.

Nous avons effectués les essais en deux parties avec des paramètres:

- **Essai de Frottement Partie 1:** la charge égale à 20N et la vitesse de glissement variable (0.1,, 0.5 M/S) pour les échantillons (D2, D4, D5, D6 et D8), afin de mettre en évidence de l'influence de la vitesse sur l'usure .
- **Essai de Frottement Partie 2:** la charge variable (5,, 30 N) et la vitesse de glissement égale à 20N pour les échantillons (D3, D7, D9, D12 et D13), afin de mettre en évidence de l'influence de la charge sur l'usure.

4. Influence des paramètre des frottement sur la rugosité et l'usure

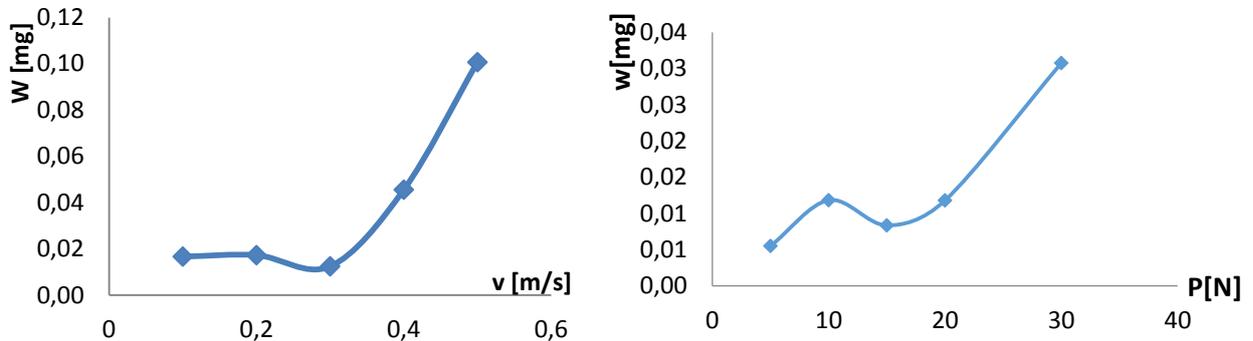


a. Courbe des essais de frottement Partie 1

b. Courbe des essais de frottement Partie 2

Figure .2. Variation du Coefficient de frottement.

La Figure. 2 nous démontre qu'en augmentant la charge le coefficient de frottement diminue, cependant en augmentant la vitesse il diminue puis rehausse légèrement à la vitesse 0,5 m/s.



a. Courbe des essais de frottement Partie 1

b. Courbe des essais de frottement Partie 2

Figure.3. Variation de la perte de masse.

On remarque clairement sur la Figure.3 que la Perte de masse augmente proportionnellement en accélérant la vitesse de rotation, de même qu'en augmentant la charge.

5. L'essai de la micro dureté

Sur la Figure 4, on peut remarquer, que la microdureté dans la couche de chrome diminue progressivement et devient presque constante lorsque le substrat est atteint. Le substrat a subi une partie de la déformation plastique engendrée par l'indentation. Par conséquent, la valeur de la microdureté calculée à partir de l'empreinte mesurée, est le résultat des contributions conjointes du substrat et du film.

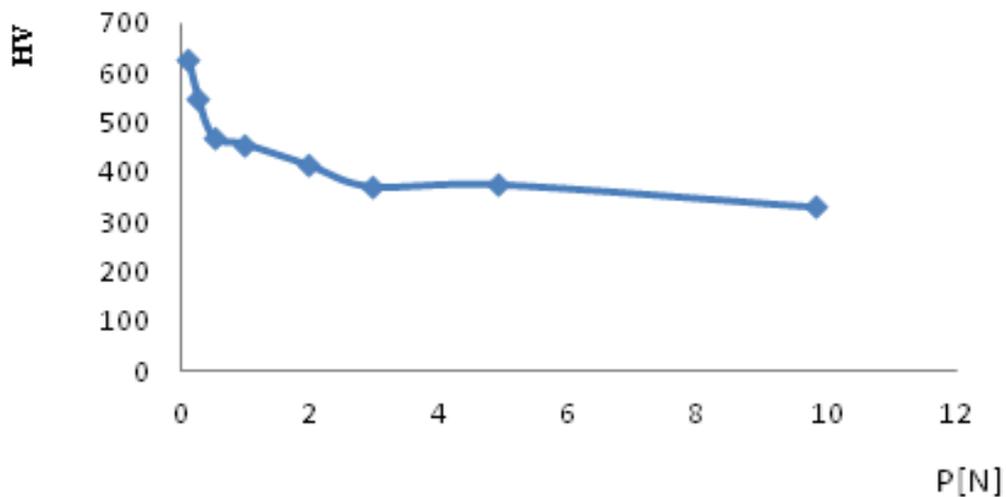
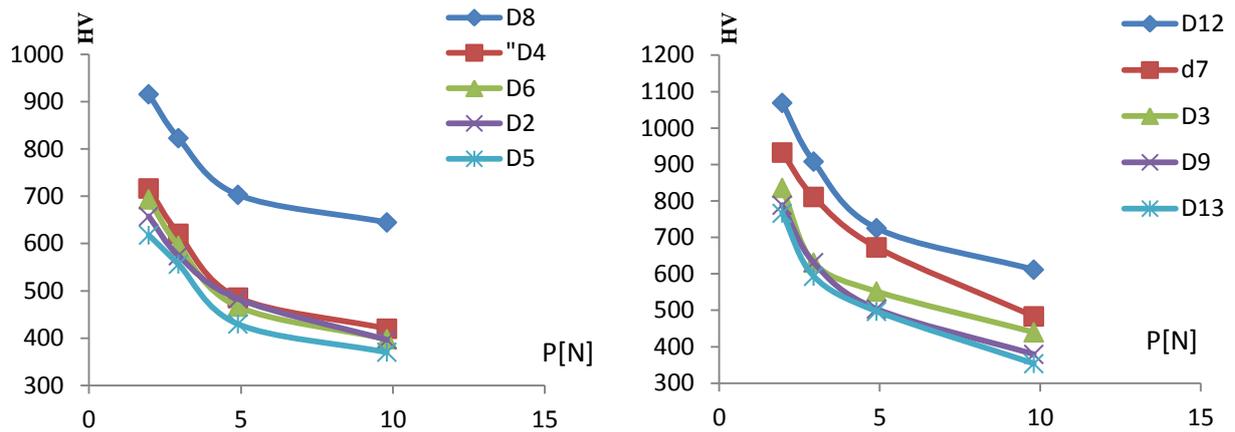


Figure 4: Variation de la microdureté en fonction de la charge avant l'essai de frottement.



a. Courbe des échantillons de la Partie 1

b. Courbe des échantillons de la Partie 2

Figure.5: Variation de la microdureté en fonction de la charge après l'essai de frottement

La Figure 5 nous montre que plus l'épaisseur de la couche n'est importante, plus la contribution du film n'est importante. On remarque aussi la microdureté est plus élevée pour les échantillons de la partie 2 des essais de frottement.

6. Observations microscopiques des surfaces usées (meb)

Le M.E.B (Microscopie Electronique à Balayage) est un outil indispensable pour l'analyse des surfaces en tribologie, pratiqué sous vide, il permet de décrire la topographie, la cristallographie de la surface et l'analyse qualitative.

Nous avons effectué la Microscopie M.E.B sur la surface d'un échantillon vierge n'ayant pas subi d'essai de frottement (Figures 6) et sur la surface de l'échantillon D8 (Figure 8). Les analyses EDAX ont été effectuées sur la portion de l'échantillon représentée par une croix sur les micrographies (Figures 6 et 8).

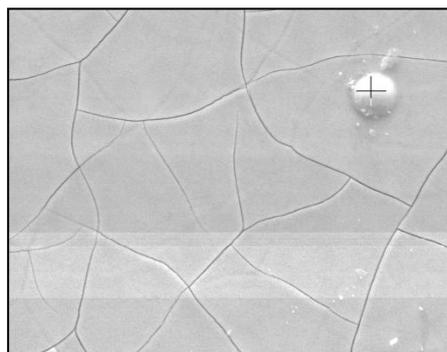
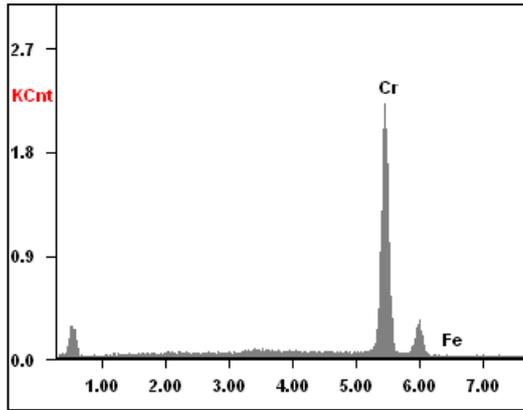


Figure 6. Micrographie obtenue par (M.E.B) de la surface chromée



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CrK</i>	100.00	100.00
<i>FeK</i>	00.00	00.00

Figure7. Analyses EDAX réalisées sur la surface chromée

On distingue nettement sur la Figure 7 la teneur élevée en Chrome sur la surface de l'échantillon vierge alors que le Fer est quasiment inexistant.

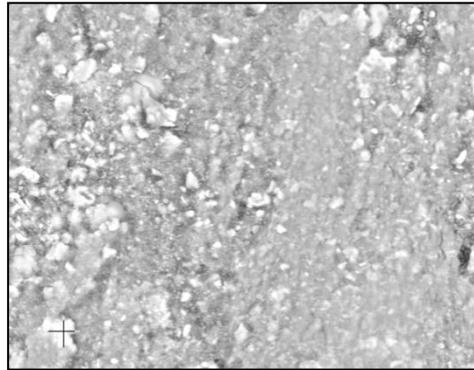
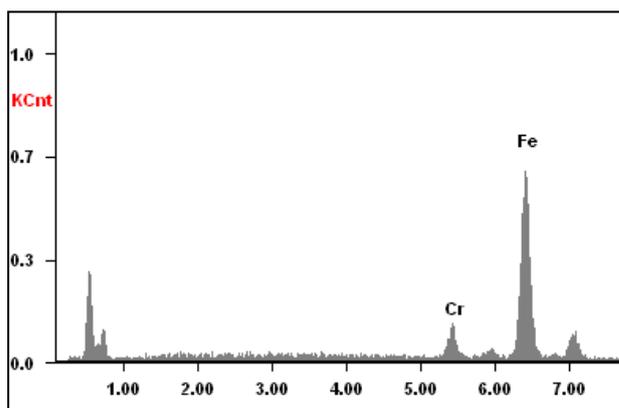


Figure8. Micrographie obtenue par (M.E.B) sur la surface usée D8 (p=5N)



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CrK</i>	08.64	09.22
<i>FeK</i>	91.36	90.78

Figure9. Analyses EDAX réalisées sur la surface usée D8 (p=5N)

Sur la Figure 9 il est apparent que la teneur en Chrome sur la surface usée de l'échantillon D8 a été réduite ostensiblement alors que la teneur en Fer a atteint une teneur supérieur à 90%.

7. Conclusion

Dans ce travail, nous concluons que les petites charges 5N engendrent une vibration du pion sur le disque et cela crée un mouvement irrégulier, cela va engendrer une rugosité ce qui a détruit la surface du matériau. La rugosité est élevée l'essai de la charge 30N vue qu'elle est engendrée par l'effet de frottement (charge lourde) qui arrive à nous retirer des feuilles de chrome au-dessus du substrat.

Ainsi que l'effet de frottement (charge 20N vitesse 0.3m/s) parvient à nous retirer des feuilles de chrome au-dessus du substrat comme nous a démontré clairement la micrographie M.E.B, la vitesse 0.3 m/s produit une vibration du pion sur le disque et cela crée un mouvement irrégulier, ce qui détruit la surface du matériau.

Les dépôts en chrome dur qui sont réalisés avec les paramètres de l'électrolyse suivants : Intensité de courant 50A, température 60°C, et un polissage électrolytique avant revêtement ; les pièces ainsi revêtues qui fonctionnent dans les conditions idéales de charge (10 à 20N) présentent une résistance élevée à l'usure permettant de prolonger la durée de vie d'une pièce critique avant qu'il faille en changer, tout en réduisant les coûts de maintenance.

Références

- [1] D.T. Gawne, T.F.P. Gudyangga, in: K.H. Strafford, P.K. Datta, C.G. Googan (Eds.), *Coatings and Surface Treatment for Corrosion and Wear Resistance*, Ellis Horwood, Chichester, UK, 1984, pp. 28–45..
- [2] Antoine Despujols, *Méthodes d'optimisation des stratégies de maintenance*, MT 9 050 Techniques de l'Ingénieur, France, 04/06/2012.
- [3] M. Godet, *Aspects mécaniques de la tribologie*, 6^o congrès français de mécanique, Lyon, pp.5-9, 1983.
- [4] J.D.Lin, J.G. Duh, *Fracture toughness and hardness of ceria- and yttria-doped tetragonal ceramics*, *Material Chemistry and Physics*, 78, Issues 1-2 (2003), 253.
- [5] A.G. Evans, E.A. Charles, *Fracture toughness determinations by indentation*, *Journal of American Ceramic Society*, 59, Issues 7-8, (1976) 371.
- [6] R.F. Guffie, *the Handbook of Hard Chromium Plating*, Gardener, Publications Inc., USA, 1986.
- [7] D.T. Gawne, T.F.P. Gudyangga, in: K.H. Strafford, P.K. Datta, C.G. Googan (Eds.), *Coatings and Surface Treatment for Corrosion And Wear Resistance*, Ellis Horwood, Chichester, UK, 1984, pp. 28–45.
- [8] D.T. Gawne, T.F.P. Gudyangga, in: K.H. Strafford, P.K. Datta, C.G. Googan (Eds.), *Coatings and Surface Treatment for Corrosion and Wear Resistance*, Ellis Horwood, Chichester, UK, 1984, pp. 28–45.