

Effet des paramètres du régime sur la pente quadratique Sdq

M. Bourebia^{1,2}, H. Bounazour², L. Laouar²

¹Industrial Technologies Research Center.CRTI.ex-CSC, Algérie

mounirabourbia@gmail.com, m.bourebia@crti.dz

²Laboratoire de Mécanique Industrielle (LMI), Université Badji Mokhtar, Annaba
BP12, Annaba 23000, Algérie. hichembounezour@yahoo.fr, lakla_55@yahoo.fr

Résumé :

La caractérisation des surfaces en 3D permet des interprétations faciles et intuitives grâce à un jeu de paramètres adéquats, souvent la qualité de surface est évaluée avec le paramètre Ra, actuellement d'autres paramètres sont pris en considération pour apprécier les états de surface fonctionnelles. La dimension fractale D_f et la pente quadratique de surface S_{dq} qui permettent de définir respectivement les irrégularités de surface et de caractériser les différents stades d'endommagement du matériau. Pour estimer ces paramètres, des surfaces en alliage d'aluminium ont été traitées par brunissage en adoptant la méthode des plans d'expériences. Les paramètres du régime de traitement ont été optimisés. Ces derniers ont été appliqués sous différentes passes afin d'observer le comportement de " S_{dq} " avec la variation du nombre de passes et vis-à-vis de " D_f ". Les résultats montrent que " S_{dq} " diminue au fur et à mesure que " D_f "; avec l'augmentation du nombre de passes où il est observé pour $i=1$, $D_f=1.16$ et $S_{dq}=0.60\mu\text{m}$ et pour $i=3$, $D_f=1.08$ et $S_{dq}=0.24\mu\text{m}$.

Mots clés : Dimension fractale, pente quadratique de surface, optimisation, plans d'expérience.

1. Introduction

De nos jours la maîtrise de l'état des surfaces est un facteur primordial pour les industriels d'où la nécessité d'une caractérisation plus précise en fonction des domaines et des besoins. Cependant les recherches actuellement vont vers l'exploration des paramètres de rugosité les plus pertinents qui relient la cartographie d'une surface aux différents phénomènes tribologiques (frottement, usure.....) lors de sa mise en service [1]. En effet il existe d'autres paramètres important pour évaluer la qualité de surface telle que la dimension fractale " D_f " [2] et la pente quadratique de surface " S_{dq} ". Cette dernière est évaluée sur une longueur d'onde, une valeur faible de " S_{dq} " correspond à une surface plutôt lisse alors qu'une forte valeur correspond à une surface rugueuse et complexe. Par ailleurs ce paramètre permet de caractériser les différents stades d'endommagement du matériau [3]. Ce travail expérimental a pour objectif de caractériser les surfaces traitées par brunissage à la bille au moyen de la dimension fractale " D_f " et d'observer l'évolution de la pente quadratique " S_{dq} " par rapport à " D_f " ainsi que l'effet du nombre de passes sur ces paramètres. Les éléments du régime de traitement considérés sont : l'avance " f ", l'effort de pression " P_y " et le diamètre de la bille " D_b ".

2. Procédure

2.1 Matériau

Alliage d'Aluminium de commerce, de nuance : Al=99,18%, Si=0,34%, Fe=0,19%, Ca=0,22% avec

Les caractéristiques mécaniques : HB=30,4, Rm=124,7 N/mm², Rp_{0,2}=121,4 N/mm², A=21,7 %

2.2 Traitement de l'éprouvette par brunissage

L'opération de brunissage est réalisée sur un tour avec une fréquence de rotation de la pièce " $n=224\text{tr/mn}$ " figure 1, la bille agit par déformation plastique des couches superficielles de la pièce sous une lubrification abondante [2].

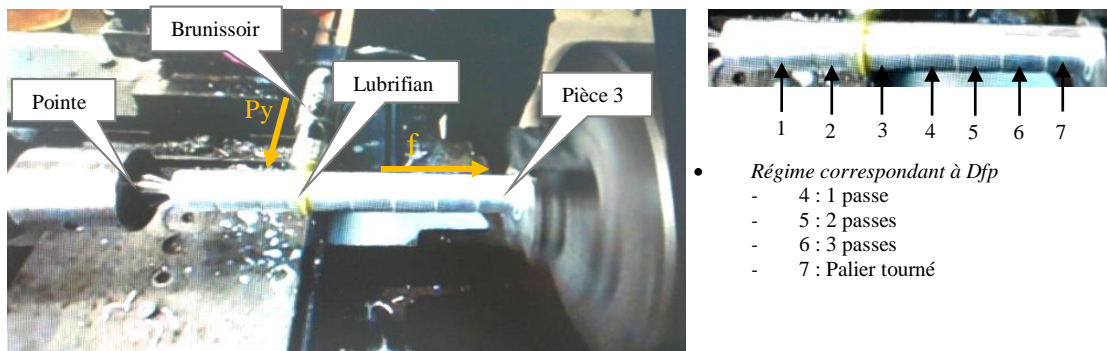


Figure 1 : Opération de brunissage de la pièce

3. Méthodologie d'essai

Les expériences ont été effectuées selon le modèle de planification d'expériences multifactorielle "plans de Box Behnken" à trois facteurs tableau 1[4]. L'objectif de ce travail est de montrer l'influence des paramètres du régime sur "Df" et "Sdq". Les mesures de rugosité des surfaces traitées par brunissage, ont été effectuées au moyen d'un rugosimètre modèle " Taylor Hobson, Taly surf CCI", les valeurs sont enregistrées sur le tableau 2.

Tableau 1. Codage des paramètres de brunissage

Facteurs	Paramètres	Niveaux		
		-1	0	+1
X_1	f (mm/tr)	0.065	0.148	0.22
X_2	Py (N)	50	120	200
X_3	Db (mm)	7	10	13.5

Tableau 2. Matrice des expériences

N° d'essai	f (mm/tr)	Py (N)	Db (mm)	Df _{moy}	Sdq
1	0.065	50	10	1.10	0.60
2	0.22	50	10	1.11	0.63
3	0.065	200	10	1.45	1.47
4	0.22	200	10	1.49	3.45
5	0.065	120	7	1.45	0.83
6	0.065	120	13.5	1.15	0.35
7	0.22	120	7	1.31	0.55
8	0.22	120	13.5	1.12	0.41
9	0.148	50	7	1.13	0.47
10	0.148	200	7	1.64	0.72
11	0.148	50	13.5	1.22	0.64
12	0.148	200	13.5	1.10	0.59
13	0.148	120	10	1.44	1.86
14	0.148	120	10	1.26	1.18
15	0.148	120	10	1.43	1.31

L'effet des paramètres de traitement (Py, f, Db) sur la dimension fractale et la pente quadratique "Sdq" est illustré sur la figure.2 où il est constaté dans l'essai N° (4, 10,11) l'influence de la charge (Py) et du diamètre de bille (Db) sur "Df" et "Sdq". Cette dernière suit la même allure que la dimension fractale "Df".

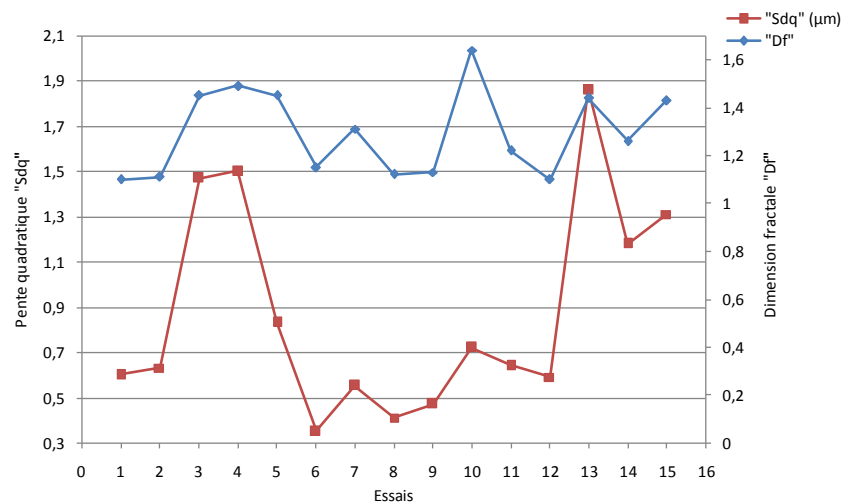


Figure 2 : Effet des paramètres du régime sur "Df" et "Sdq"

4. Résultats et inte

La relation entre les paramètres de traitement (f, Py, Db) et "Df" est donnée par l'équation (1):

$$\hat{Df_p} = 1.3767 + (-0.015) * X1 + (0.14) * X2 + (-0.1175) * X3 + (0.0075) * X1X2 + (0.0275) * X1 * X3 + (-0.1575) * X2 * X3 + (-0.0521) * (X1)^2 + (-0.0371) * (X2)^2 + (-0.0671) * (X3)^2 + e \quad (1)$$

Ce modèle est obtenu avec les coefficients de corrélation R^2 est de 0.99, R^2 (adj)= 0.99 et R^2 (préd)=0.99, ce qui signifie que le modèle est bien interpréter [4].

Le test de Fisher $F_{cal} = 0.674$ est inférieur $F_{théo} = 19.2$ [5], ce qui montre que le modèle est bien ajusté. Par ailleurs, la Figure 3 montre que les résidus sont disposés au hasard, d'où le modèle obtenu peut être adopté pour l'interprétation des résultats expérimentaux.

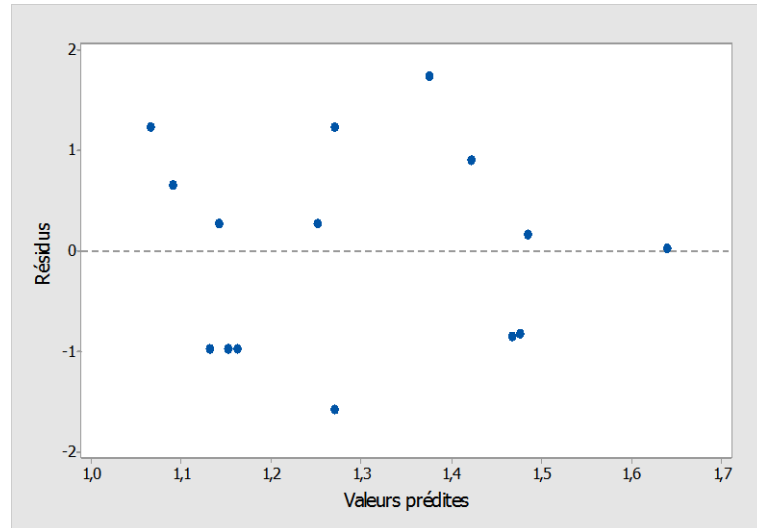


Figure 3 : Diagramme des résidus en fonction des réponses prédites de " Dfp"

Les courbes des valeurs expérimentales et prédites de la dimension fractale (Figure 4) montrent de manière générale qu'elles ont la même tendance.

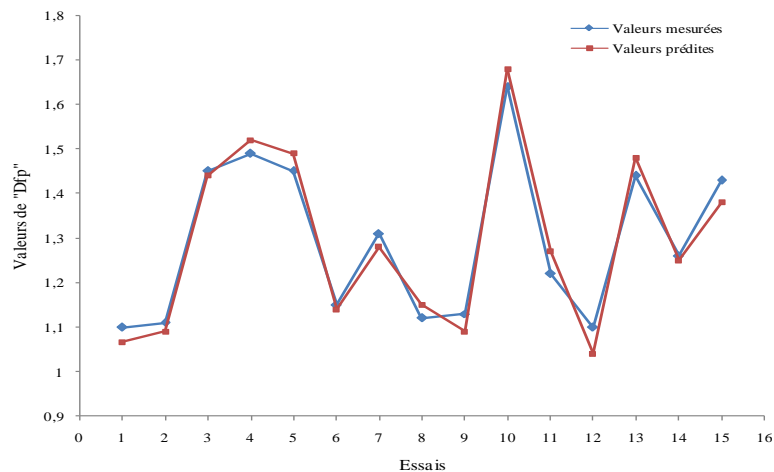


Figure 4 : Comparaison entre les réponses expérimentales et prédites de " Dfp"

Il en résulte une solution optimale de l'équation (1), caractérisée par une dimension fractale minimale $Df_p = 1.12 \pm 0.10$ avec un régime $f = 0.22$ mm /tr ; $P_y = 50$ N ; $D_b = 13.5$ mm. Cette solution optimale vise

à minimiser la dimension fractale D_f , cette dernière plus elle tend vers la valeur 1 plus la surface est régulière []. Ce régime optimal a été appliqué sur l'échantillon (Figure 1) en variant le nombre de passes. Il est observé sur la figure 5 que l'augmentation du nombre de passes pour $i=3$ une nette amélioration de "Sdq" qui diminue de 0.53 par rapport au cas précédent ($i=2$) accompagné d'une diminution de "Df" qui atteint la valeur de 1.08. Ceci s'explique par le fait l'application d'un diamètre de bille important associé à une faible charge, ainsi que qu'un nombre de passe $i=3$ favorise la réduction de la pente Sdq et la dimension fractale "Df", aboutissant à une surface plus lisse et plus régulière. Par ailleurs la pente "Sdq" a la même tendance que "Df", plus la dimension fractale converge vers 1 plus "Sdq" tend vers zéro témoins que la surface est régulière et lisse.

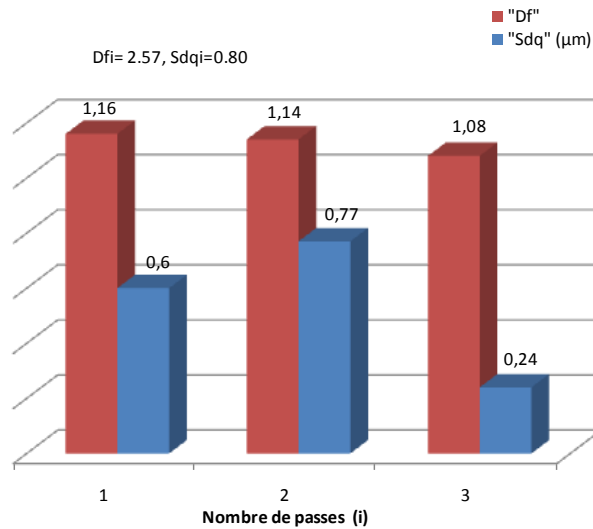


Figure 5 : Effet du nombre de passes sur "Df" et "Sdq"

5. Conclusion

A travers les résultats obtenus, le procédé de brunissage, qui en agissant par déformation plastique a permis d'améliorer l'état de surface lorsque les paramètres de traitement sont choisis correctement. Par ailleurs, on peut conclure que :

- le modèle mathématique obtenu par les plans d'expériences, offre l'avantage d'optimiser les paramètres du régime de traitement afin d'aboutir à une meilleure qualité de surface avec un "Df" minimale ainsi que "Sdq".
- Pour le matériau examiné, les faibles charges associées aux valeurs d'avance maximale lors de l'emploi de la bille de diamètre $D_b=13.5$ mm avec un nombre de passes $i=3$, tendent à améliorer les paramètres considérés dans ce travail.
- Il est intéressant de noter à partir de ces expériences le paramètre "Sdq" suit la même tendance que la dimension fractale "Df".

- Références

- [1] Martin F. Jensen, Leif H, Christensen Jan Prichystal, Per Kjeldsteen, Michael.E. Benzon" Evaluation de la topographie 3D des surfaces mécaniques ».
- [2] M. Bourebia, L. Laouar, H. Hamadache & S. Dominiak « Improvement of surface finish by ball burnishing: approach by fractal dimension » Surface Engineering, Volume 33, 2017 - Issue 4, 255-262.
- [3] Bigerelle M., 2014. Un système expert pour l'analyse des surfaces rugueuses, Mesrug.System, <http://www.utc.fr/mesrug/>, roberval.utc.fr/IMG/pdf/plaquette.
- [4] Jaques Goupy, Plan d'expériences pour surface de réponse, collection Dunod 1999.
- [5] Murray, R. Spiegel; Probabilité et statistique, Serie schaum, Paris, 1983.