

Densification et caractérisation d'un outil abrasif en corindon aggloméré et détermination de sa durée de vie

Salah Mansouri¹, Rachid Benbouta¹, Kamel Loucif² & Moussa Benyahia¹

¹ Département de Mécanique – Université de Batna – Algérie

² Département d'Optique et de Mécanique de Précision – Université Sétif – Algérie.

Laboratoire de Corrosion Rue Chahid Boukhrouf Med ElHadi, CP 05000 - Batna - Algérie.

e-mail : s.a.mansouri@mailcity.com

Résumé :

Les comprimés sont réalisés sous forme de pastilles (de diamètre 18mm x 5mm) selon le procédé d'élaboration des produits frittés en présence d'une phase vitreuse abondante. Le mélange comprimé uniaxialement à froid est constitué d'une poudre Al_2O_3 et d'un liant vitreux à base de kaolin, de feldspath plagioclase et de quartz α . Parmi les paramètres d'élaboration constants: l'effort de compactage, la température de cuisson, et la durée de maintien. Les caractéristiques recherchées sont : la porosité, la durée de vie et la proportion des constituants.

Abstract :

The tools for grinding are elaborated in the form of pastilles (diameter 18mm x5mm) according to the process of sintered products in the presence of abundant vitreous phase. The mixture compresses uniaxialement and cold consists of an abrasive powder in Al_2O_3 and a vitreous binder containing Kaolin, of feldspath plagioclase and quartz. The parameters of development, constant resident are: Compactive effort, the temperature of cooking and duration of there researches for the products are: the porosity, the lifespan of the pastilles and the proportion abrasive / binder.

Mots-clefs : Alumine ; compression ; caractérisation.

1 Introduction

Le rodage du verre optique est influencé par un certain nombre de paramètre, la poudre de corindon en suspension peut être remplacée par des outils abrasifs agglomérés. Des pastilles en diamant artificiel donne des résultats satisfaisants comme a été vérifié par König et Koch (1989), mais revient plus cher.

Nous proposons dans cet article les résultats d'élaboration d'une pastille à partir d'une poudre de corindon en vue d'améliorer son efficacité. Celle ci dépend de la granulométrie, du type de liant, de la pression de compactage ainsi que de la température de cuisson. Les mécanismes d'élimination de la porosité sont étudiés sur une poudre Al_2O_3 . On entrevoit à travers les travaux de Parks et Evans (1994) les perspectives offertes par les nouveaux outils pour la fabrication des composants optiques, et de miroirs de télescopes.

2 Partie expérimentale

2.1 Matériaux utilisés

Les essais sont réalisés sur une poudre Al_2O_3 à 98.3% de pureté, sa granulométrie et de $10\mu m$, avec une dureté de 9.5 sur l'échelle de Mohs, une densité de 3.89 g/cm^3 et une température de fusion de $2050^\circ C$. L'examen des grains Al_2O_3 à l'aide d'un microscope optique

(NEOPHOT), de résolution 0.2 μm et d'imprécision maximale $\pm 0.1 \mu\text{m}$ nous, a permis d'observer des formes angulaires légèrement allongées avec de multitudes d'arrêtes vives. Il est conseillé par Raffino (1978) d'examiner au moins 200 grains par fraction. Ces grains sont agglomérés à l'aide d'un liant minéral vitreux à base de kaolin, de feldspath et de quartz, de granulométrie $<5\mu\text{m}$, employée par l'ENAVA - pour obtenir une composition présentant une phase liquide suffisamment mouillante à une température assez basse.

2.2 Elaboration des comprimés

Au cours de l'élaboration des comprimés, plusieurs paramètres influencent sa qualité et son efficacité. L'obtention d'une combinaison adéquate permet d'élaborer des comprimés avec de meilleures propriétés. Les paramètres d'élaboration constants sont : l'effort de compactage, la température de cuisson le temps de maintien Le seul paramètre variable à étudier est la proportion abrasif – liant. Notre étude est effectuée sur les combinaisons (C): (C I)-70% abrasif 30 % liant ; (C II)-65% abrasif 35 % liant ; (C III)-60% abrasif 40 % liant.

Un mélange de 80g nous permet d'élaborer 18 comprimés, L'homogénéisation du mélange est réalisée avec un broyeur à bille en porcelaine pendant 90 minutes et contrôlée au moyen d'un microscope. Afin d'obtenir un mélange pâteux, chaque 5g de masse pulvérulente sera mouillé par 50ml d'acétone et malaxé. La densité et la résistance du cru sont influencées par l'humidité de la pâte. Celle ci est comprimée uniaxialement avec un outil en acier allié résistant à 13 % de chrome trempé, avec un jeu (matrice – poinçon) de 0.1mm, sur une presse hydraulique (type PYE 63S) générant un effort allant jusqu'à 60MPa, l'effort appliqué, au cours du compactage est de 3.15 MPa.

Les comprimés sont exposés à l'air libre pendant 24 heures pour évaporer l'acétone. Ensuite en procède à leur cuisson à 1200°C, atteinte en 6 heures, et maintenue pendant 90 mn au palier de fusion du liant étudié par Mansouri *et al.* (2006). Le refroidissement s'effectue au four pendant 18 heures. Il a été confirmé par Kingery *et al.* (1961) que lors de la cuisson le flux vitreux ne dissout pratiquement pas l'alumine, Cela veut dire que les grains abrasifs gardent leurs propriétés après cuisson.

3 Résultats et discussion

3.1 Caractérisation des poudres

3.1.1 Analyse minéralogique

L'analyse minéralogique des composants par spectroscopie à fluorescence x (type siemens SR ZnO_3) a donné les résultats présentés sur le tableau 1. Elle a permis d'identifier quelques impuretés de la poudre de corindon. Une autre expérience a été effectuée sur la fraction F10 ainsi que sur la poudre liante à l'aide d'un diffractomètre à rayon X du type APD 1700, au laboratoire de l'EREM. La figure 1,2 : montre les spectres RX obtenus.

Poudre Al_2O_3		Liant	
Minéraux	Teneur %	Minéraux	Teneur %
Corindon brun ($\alpha \text{Al}_2\text{O}_3$)	98.30	quartz	41.81
Quartz α	01.11	kaolinite	38.20
Hématite ($\alpha \text{Fe}_2\text{O}_3$)	00.38	Feldspath plagioclase	18.20
Autres	00.21	hématite	01.54
/		Mica, pyroxène, autre	02.25

Tableau 1 - composition chimique des matières premières.

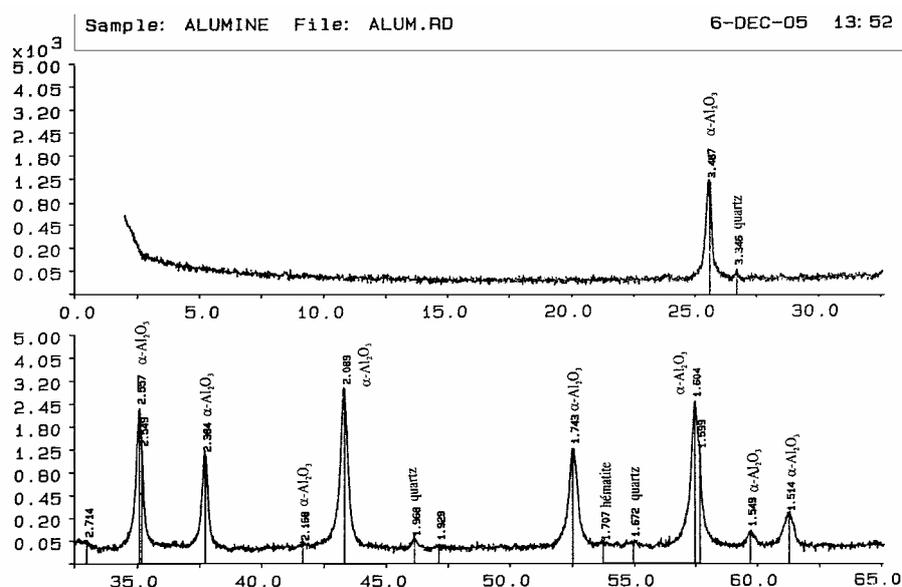


FIG. 1 – les spectres RX obtenus de la poudre corindon.

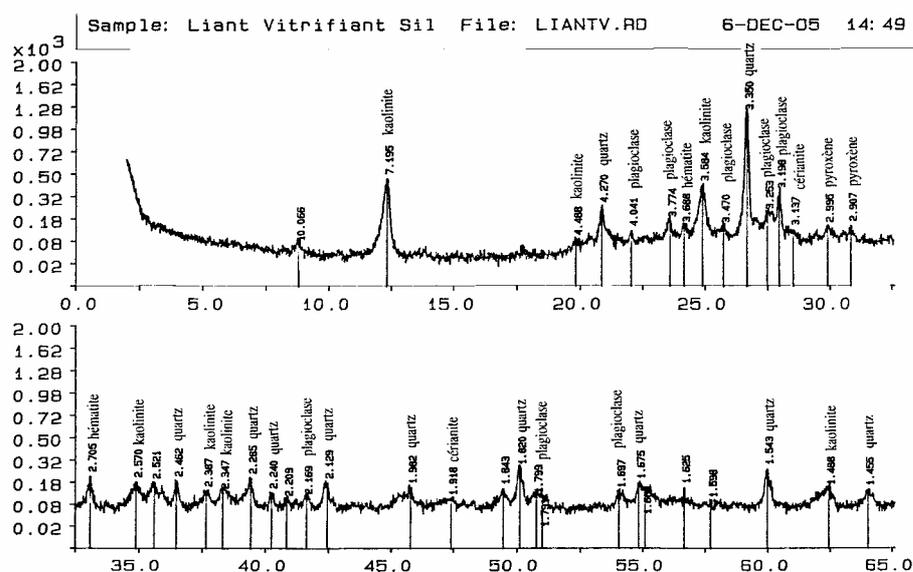


FIG. 2 – les spectres RX obtenus de la poudre liant.

3.1.2 La densité de la poudre

La surface spécifique des grains a été mesurée avec l'appareil de Blaine de constante $K= 34.1842$, étalonné à un volume (V_{et}) de 1.7652 cm^3 , à la température de 16°C et dont la cellule pèse 96.9354g à vide. Ensuite, on procède à la mesure du poids de la cellule remplie de poudre légèrement tassée et du temps de descente de la colonne d'eau $t(s)$. La morphologie irrégulière des grains augmente fortement leur surface spécifique, qui peut être calculée par la relation (1). Le tableau. 2 illustre les résultats de mesure.

$$S = \frac{K\sqrt{P^3} \cdot t}{\rho(1-P)\sqrt{\eta}} \quad (1)$$

Ou : $P = 1 - \left(\frac{m}{\rho \cdot V_{et}}\right)$: porosité de la couche tassée de la poudre,

ρ : masse volumique des grains (3,89 g/cm³); t- temps de descente de la colonne d'eau (sec.) (tableau 2); η - viscosité de l'air en poise à 16°C; $\sqrt{\eta} = 0.01337$; m- masse de la poudre.

Paramètre	Unité	Poudre F10	Poudre F14	Poudre F28	Poudre F80
Temps de descente d'eau	Sec.	20	18	11	4
Mass de la poudre	g	3.3504	3.3504	3.16	4.3056
Poids de la cellule remplie	g.	100.2854	99.6854	100.0954	101.241
Surface spécifique	cm ² /g	3955	1855.4	1119	361.16

Tableau 2 - paramètres caractéristiques des poudres.

3.2 Caractérisation des comprimés élaborés

3.2.1 La densité et la porosité du comprimé

La densité doit être uniforme à travers tout le volume du comprimé qui peut être calculée par la relation : $d = \rho = m/v$ Ou: d- masse volumique, m- masse, v- volume. D'où on peut tirer le pourcentage poreux du comprimé (P) par la relation :

$$P = \frac{1 - \rho'}{\rho} \quad \text{Avec : } \rho, \rho' : \text{Densité du comprimé et du mélange.}$$

Les mesures des diamètres et des épaisseurs des comprimés ainsi que leur densité ont été effectuées sous microscope. Le tableau 3 présente ces résultats. La densité de la poudre à été mesurée par un pycnomètre afin de déduire la porosité du comprimé donnée par le tableau 4.

combinaisons	d (mm)	e (mm)	m (g)	v (mm ³)	ρ (g/mm ³)
C.I	17.973	6.772	4.289	1717.227	2.497
C.II	18.239	5.754	3.875	1502.594	2.578
C.III	18.910	5.763	4.189	1617.712	2.590

Tableau 3 - densité des comprimés des différentes combinaisons.

combinaison	ρ'	ρ	Porosité %	Résistance à la compression (N)	Dureté Rockwell	Dureté Vickers
C.I	2.211	2.457	10.07	> 10 4	75.4	98
C.II	2.270	2.578	11.94	> 10 4	69.5	78
C.III	2.329	2.590	11.45	> 10 4	80.3	117

Tableau 4 - caractéristiques des comprimés des différentes combinaisons.

3.2.2 Qualité et efficacité des pastilles

On fixe sur un disque en fonte de diamètre de 90mm huit (08) pastilles à l'aide d'une résine, leurs surfaces les plus denses soit en contact avec l'échantillon de verre type (LF7) qui est animé de deux mouvements de rotation, $n = 450$ tr/min et d'oscillation d'amplitude de 1cm, et arrosé par 50 ml/min d'eau. L'intervalle de rodage est de 2mn effectué à une température de 20°C.; Les caractéristiques recherchées pour les outils en essais sont : la qualité de la surface optique qu'il réalise, son efficacité et l'usure en fonction du temps d'usage.

3.2.2.1 Efficacité et qualité de surface (échantillon)

La quantité de matière enlevée caractérise le degré d'efficacité des pastilles. $\Delta m = m_0 - m_1$. Les mesures ont été effectuées avec une balance de précision de 0.1 mg, dont les résultats sont représentés sur le tableau 5. L'histogramme de la figure 3 illustre l'efficacité des pastilles.

Tr (mn)	30	60	90	120
Δm (C.I) mg.	6	10	30	50
Δm (C.II) mg.	10	20	35	55
Δm (C.III) mg.	10	29	50	60

Tableau 5 - masse enlevée pour les différentes combinaisons

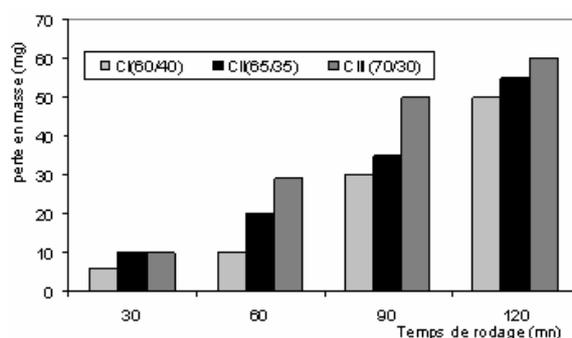


FIG. 3 – masse enlevée en fonction du temps.

3.2.2.2 Usure des outils (pastilles)

La durée de vie de l'outil de rodage, peut être étudiée par son usure. Le tableau 6 représente la diminution de l'épaisseur au cours du rodage pour les différentes combinaisons en fonction du temps de rodage. Les mesures sont effectuées sur trois points à 120° de la pastille à l'aide d'un mesureur d'ABBE. La figure 4 montre la comparaison de l'usure des pastilles. La durée de vie de cet outil, peut être fonction aussi du nombre de phases de rodage comme le montre le tableau 7.

Temps (mn)	20	60	80	110	140
Usure (C.I) μm	8	14	20	31	36
Usure (C.II) μm	11	19	27	34	40
Usure (C.III) μm	14	19	30	40	50

Tableau 6 - Diminution de l'épaisseur de l'outil au cours du rodage

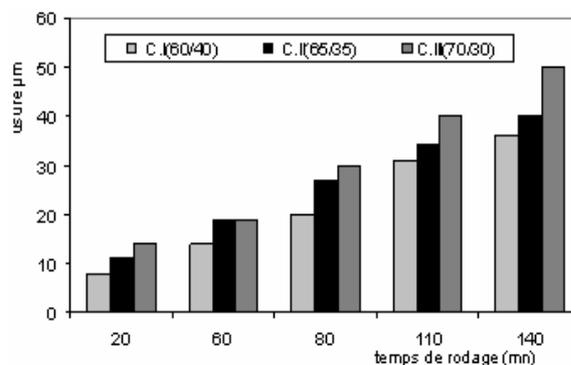


FIG. 4 -Usure de l'outil en fonction du temps.

Combinaison	Durée de vie (nombre de phases)
(C.I)	2870
(C.II)	3990
(C.III)	3675

Tableau 7 - Durée de vie de l'outil de rodage.

4 Conclusions.

D'après les différents résultats obtenus, on constate que l'usure des pastilles au cours du rodage des différentes combinaisons se fait régulièrement en fonction du temps de rodage. En comparant l'efficacité des différentes combinaisons la deuxième est celle à choisir vue son meilleur rapport durée de vie - vitesse d'enlèvement. En effet, pour une teneur faible en liant le détachement des grains à arêtes non complètement usées se fait plus facilement, laissant place à une autre couche de grains à arêtes vives. Par contre pour les outils à forte teneur en liant le détachement des grains ne se fait qu'après leur usure complète. On constate que l'enlèvement de la matière est régulier en fonction du temps de rodage. On remarque aussi qu'avec la troisième combinaison la vitesse d'enlèvement est la plus élevée vu sa forte teneur en abrasif avec un maximum d'arêtes tranchantes à la surface d'attaque.

Le problème des pastilles à liant vitreux, est la grosseur des grains. Leur grande surface spécifique exige une augmentation de la phase liquide au cours de la cuisson pour que tous les grains soient enrobés par le film vitreux. La densité surfacique des grains de corindon sur la face active de la pastille se trouve ainsi réduite, ce qui réduit le taux d'enlèvement sur le verre rodé. Quant à la pastille elle-même, sa densité apparente se trouve augmentée, ce qui conduit à son glissement sur la surface de verre.

Pour finir, notons que la matrice liante des grains de corindon doit être adoucie pour conférer à l'outil une certaine élasticité. Pour cela, il est utilisé des agglomérants à alliage métallique doux, resinoides ou organique.

Références

- Kingery W D, Niki E, Narasimhan M D. 1961 Sintering of oxide and carbide- metal compositions in presence of a liquid phase. *J Am Ceram Soc*, 44(1):29 - 35
- Konig, W., Koch, N. 1989 Grinding of optical glasses with cup wheels *Glastech.Ber.*62 p.358.
- Mansouri, S., Loucif, K., Bouzid, D., Bouaouadja, N. 2006 Effect of the content while binding on effectiveness of grinding of the optical components by alumina agglomerates tools.- analogies with the alloys Cu-Sn. *PHOTOCAT 2006*. p. 98.
- Parks, R.E., Evans, C.J., 1994 Rapid post-polishing of diamond turned optics *Precision Engineering*, vol.16, N°3. pp. 223-227
- Raffino, P. 1978 *Granulométrie, Technique de l'ingénieur*, vol.6 p.555.