

Influence de L'Angle D'Inclinaison des Cannelures Sur Le Comportement à L'Usure des Cylindres Broyeurs de Blé

H. Aknouche

L.M.M.C Université M'hamed Bouguarra Boumerdes Algérie

A. Zerizer

L.M.M.C Université M'hamed Bouguarra Boumerdes Algérie

B. Chemani

L.M.M.C Université M'hamed Bouguarra Boumerdes Algérie

Abstract

Le suivi du comportement des équipements de l'industrie alimentaire, lors de leur exploitation est l'une des préoccupations majeures pour le maintien de la meilleure qualité des produits céréaliers.

La perte des performances des mécanismes des machines alimentaires est due dans la plupart des cas à une dégradation importante causée par l'usure.

Ce travail a pour finalité de répondre à des préoccupations liées à l'exploitation optimale des broyeurs à cylindres dans les entreprises algériennes de transformation des céréales.

Les constructeurs de ces machines utilisent des caractéristiques de cannelures (les angles des cannelures) influençant leur blé local, ce qui déséquilibre leur exploitation dans les semouleries algériennes utilisant d'autres blés.

Des relevés en milieu industriel ont été réalisés pour déterminer leurs durées de services. Une étude expérimentale faite sur un banc d'essai réalisé dans notre laboratoire, nous a permis de comparer le comportement à l'usure des cannelures de différentes pentes.

Keywords: Blé, broyage, usure, cannelures, pente.

Introduction

Lors de l'exploitation des équipements de l'industrie alimentaire, le suivi du comportement des machines est l'une des préoccupations majeures pour garantir une meilleure disponibilité ainsi qu'une qualité des produits fabriqués.

Les mécanismes des équipements de broyage perdent leurs performances à cause de la dégradation importante causée par l'usure des cylindres cannelés. Cette dernière est accélérée par la présence de corps étrangers véhiculés par le blé entre les surfaces frottantes des cylindres.

Les cylindres à cannelures pour le broyage des blés ont remplacé les machines à pierres.

Les broyeurs à meules conventionnels ont été utilisés dans l'état de Minnesota en 1880 [1]. C'est dans cet état qu'est apparu le premier cylindre à cannelures. Il a été découvert par un constructeur de moulin Lames DAWSON [2]. Ils ont été améliorés et raffinés pendant les 100 dernières années, mais restent fondamentalement basés sur les mêmes principes que les premiers broyeurs. Les

améliorations se sont surtout portées sur le matériau des cylindres, les profils des cannelures et leur forme.

Les constructeurs de ces machines utilisent des profils influençant leur blé local, ainsi que leurs produits finis; ce qui crée un déséquilibre dans l'exploitation optimale de ces broyeurs en Algérie.

Le présent travail a pour finalité d'étudier le comportement à l'usure des cylindres cannelés en présence du blé utilisé par les entreprises algériennes, et de voir la possibilité de prolonger leur durée de service. L'étude est faite sur un équipement existant en entreprise, l'expérimentation sur un banc d'essai en vue d'une meilleure optimisation du travail des cannelures. Ce travail comporte une étude des caractéristiques des cannelures des cylindres cannelés.

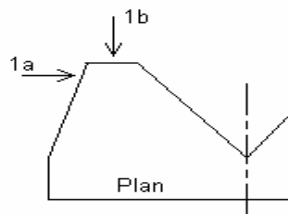
Une partie expérimentale étudiant le phénomène d'usure des cannelures, et la possibilité d'augmenter leur durée de service.

Geometrie des Cannelures

La cannelure est un sillon creusé à la surface des cylindres de mouture dans le sens de la longueur décrivant ainsi une spirale sur toute la longueur du cylindre. Pendant la rotation des cylindres, les cannelures sont décroissantes.

L'idéal serait que les dents soient identiques les unes aux autres et disposés de manière à assurer un maximum de puissance de broyage à dater de la mise en service du tambour. S'il arrive que la forme des dents varie au delà des limites connues et requises, la présentation de la surface de broyage varie elle-même la règle générale, avec effet défavorable sur la qualité de broyage. Selon les connaissances actuelles basées sur l'étude détaillée et pratique des performances, la forme des cannelures est donnée par la figure (1) [3] :

Figure 1: Profil de la cannelure.



1a. Arête d'attaque de la dent.

1b. Le sommet de la dent présente une surface plate ou méplat

a. Profil de la cannelure

Les contours des cylindres possédant une surface cannelée. La section de la cannelure est un trapèze. L'angle "α" figure 3 formé par le plus petit côté de la cannelure et le rayon reliant le centre du cylindre avec le point "O" est appelé l'angle tranchant; le côté long de la cannelure est appelé dos. La surface Ob en haut de la cannelure est appelée méplat.

L'écartement entre deux faces tranchantes dos représente la distance entre les deux cannelures mesurées sur la circonférence appelée le pas ($r = 0,28$ à $0,46$). Chacun de ces paramètres peut influencer la performance de broyage plus ou moins sensiblement. La distance "h" mesurée sur le rayon est la hauteur de la cannelure qui est déterminée par la formule suivante [3] :

$$h = \frac{t - S}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta} - r \cdot \frac{\cos\left(\beta - \frac{\gamma}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$$

Pour l'essentiel, il y a deux principales catégories de profils [4] qui donnent des caractéristiques différentes de broyage. Ces deux types de profils sont représentés selon la figure2.

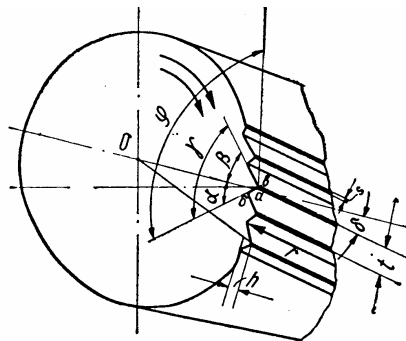
Figure 2: Profils des cannelures

Le type A peut être décrit comme profil à denture à aiguille et le type B comme profil à dent de scie. La dent en aiguille du type A donne une très bonne pénétration dans le produit à broyer. Elle convient particulièrement quand il faut une action de broyage intensive comme c'est le cas du désagrègement.

Cependant, quand on arrive à cette finesse de la cannelure, l'angle de dos β figure 3 de la cannelure doit être augmenté ce qui réduit la résistance au broyage et tend à limiter son utilisation. Ce type de profil est utilisé en général pour la mouture des produits déjà broyés, cas des désagrègements.

La forme de type B offre moins de pénétration dans la graine de blé que le type A, ce qui donne un broyage moins intensif mais présente l'avantage d'une résistance beaucoup plus grande à charge du flot de grains et évite la pulvérisation du son. Une forme de dent de scie donne aussi l'efficacité à la cannelure, ce qui peut être un avantage important pour des cannelures qui doivent travailler dans des conditions difficiles. Pour cette raison, la forme en dent de scie est habituellement choisie pour broyer dans les premiers passages.

Cependant la performance des profils de type A et de type B peut être altérée de façon sensible par une réduction de la profondeur de la cannelure.

Figure 3: Cannelure et ses différents paramètres

b. Densité des cannelures

Il s'agit là du nombre de cannelures tracées sur toute la circonférence du cylindre. On exprime également le nombre de cannelure par 1 cm de circonférence des cylindres. Différents blés exigent des cannelures différentes pour une meilleure mouture. Par exemple les cylindres du B1 des moulins anglais fonctionnent avec 03 cannelures/cm par contre les meuniers américains utilisent 05 C/cm pour des raisons de spécificité de leur blé locale. Il est à noter que le nombre de cannelures augmente pour les autres broyeurs (B3, B6) ce qui signifie que les cannelures deviennent plus fines, [5].

c. Inclinaison des cannelures par rapport à la génératrice

Les cannelures ne cheminent pas en ligne droite et parallèle à l'axe du cylindre de mouture. Elles sont inclinées et forment un angle avec la génération du cylindre.

Methodes et Moyens

Détermination de l'usure des cannelures

L'étude du comportement des cannelures pendant le broyage a été réalisée sur le cylindre rapide du broyeur N°1 (B1).. L'usure se présente comme la dégradation de la hauteur de cannelure, comme le montrent les graphes d'ombres réalisées par HOUSTON BOYD [6]

Figure 4: Graphes d'ombres



a. cannelures d'un cylindre neuf -

b. cannelures d'un cylindre après 9 mois de service

Procédure expérimentale

Le principe de la procédure de la reproduction du profil de la dent, se fait comme suit :

Après avoir bien nettoyés les cannelures, le ciment dental et le liquide durcisseur sont mélangés et appliqués au cylindre sous forme de semi liquide. Il faut 20 à 25 minutes pour que le ciment durcisse. Le ciment dental est enlevé de la surface du cylindre et un morceau représentant 5 à 6 cannelures est découpé délicatement pour obtenir une bonne image des cannelures; cette opération a été réalisée dans les trois zones d'activité du cylindre broyeur industriel figure7 (partie droite, gauche et centrale).

Les profils ainsi prélevés sont mesurés à l'aide d'un projecteur de profil de marque **OLYMPUS** - 30, de précision 10μ

Conception du broyeur pour les essais comparatifs

Pour vérifier le comportement à l'usure des cannelures à différentes pentes (angle par rapport à la génératrice), un broyeur de modèle réduit (figure 6) a été confectionné au niveau de nos laboratoires où les cannelures sont orientées en trois pentes 11,12 et 13% figure 5 .

Ce broyeur assure les mêmes contraintes sur les cannelures; ce qui donne le même comportement de la cannelure à l'usure sous différents angles d'inclinaison (δ). Afin d'accélérer l'usure des cannelures, on ajoute au blé 10% de matières inertes (très abrasives) composées essentiellement de poussières récupérées dans les collecteurs au niveau de l'atelier de nettoyage

Caractéristiques du broyeur d'essai

- N_m , nombre de tours du moteur: 1400tr/mn.
- z_1 , nombre de dents du pignon (6): 18 dents.
- z_2 , nombre de dents du pignon de la roue menée (4): 129 dents.
- z_3 , nombre de dents du pignon (9): 21 dents.
- z_4 , nombre de dents de la roue menée (10): 78 dents.
- P_m , puissance du moteur électrique: 1,1kw.
- D , diamètre du cylindre de broyage: 100mm.

Figure 5: Zone des cylindres du banc 'essai.

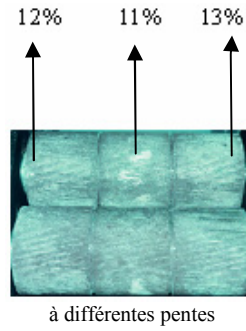


Figure 6: Vue générale du banc d'essai

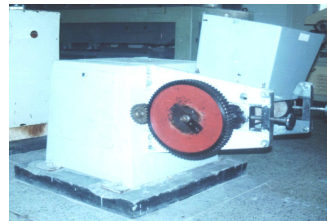
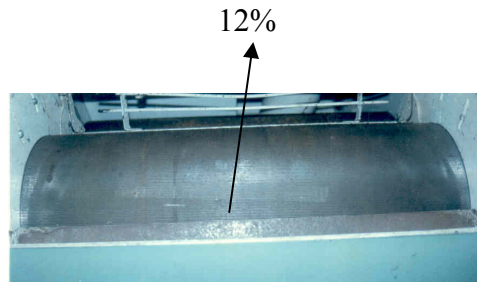
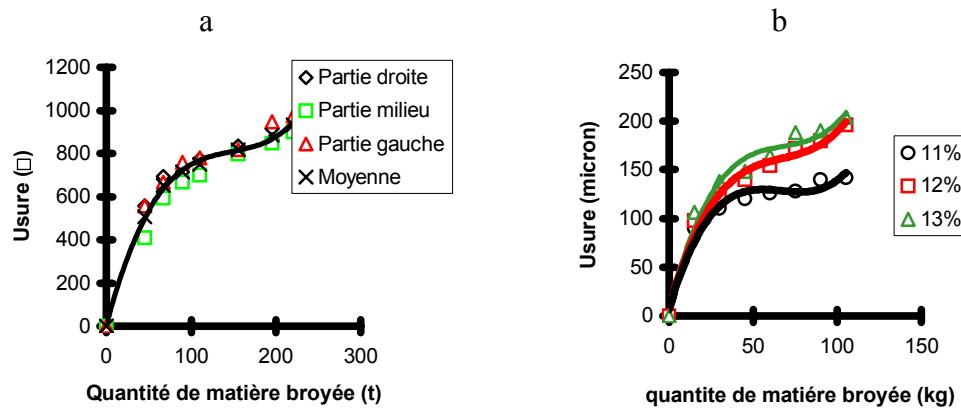


Figure 7: Cylindre du broyeur industriel



Résultats et Discussion

Figure 8: Usure en fonction de la quantité de matière broyée.



a) pour broyeur industriel
 b) pour broyeur de laboratoire

La figure N°8 (a) montre l'évolution du taux d'usure en fonction de la quantité de matière broyée en milieu industriel. On remarque une usure rapide pour la première centaine de tonne dans les 3 zones du cylindre considérées (partie gauche, droite et milieu); néanmoins on constate une plus grande usure pour les parties gauche et droite par rapport à la partie centrale, cela est le fait de la rigidité du cylindre broyeur.

Au delà de 100 tonnes, la vitesse d'usure diminue et la cannelure entre dans sa phase de maturité. Même dans cette phase les parties extrêmes des cylindres s'usent plus vite que la partie centrale.

Au delà de 220 tonnes de matière broyée la hauteur de la cannelure atteignent environ 25% de sa dimension initiale.

On remarque à cet instant une surproduction de son et un grand taux de cendre, ce qui altère considérablement la quantité et la qualité des farines et semoules; cela est dû à la réduction de l'effet tranchant des cannelures. on constate aussi une augmentation de l'intensité du courant sur les ampèremètres disposés sur les broyeurs, cela nous renseigne sur une surconsommation de l'énergie consommée , de ce fait on procède au changement des cylindres.

La figure N° 8 (b) montre l'évolution de l'usure des cannelures à différentes pentes en fonction de la quantité de matière broyée. On remarque une brusque dégradation de la hauteur de la cannelure appelée rodage pour les trois zones considérées, au début du broyage des 30 kilogrammes. Mais la vitesse d'usure pour les cannelures de pente 11% est réduite par rapport à 12% et 13%. A partir de 60kg de produit broyé, on constate un aplatissement des courbes. Cela nous montre que la cannelure se dégrade à une vitesse très réduite, la cannelure entre dans une usure dite normale.

La comparaison de ces trois courbes d'usure à (11%, 12% et 13%) fait ressortir que la cannelure à 11% de pente donne un meilleur comportement à l'usure, tout en assurant un effort tranchant adéquat avec très bonne qualité de semoule. l'analyse granulométrique du blé broyé a 11% est similaire a celle obtenue a 12%.

Conclusion

De part l'examen du comportement à l'usure des cannelures, il apparaît que sa durée de service ne dépasse pas les 09 mois dans une semoulerie de capacité de 800qs/j, où les équipements de nettoyage sont fonctionnels. L'étude comparative sur banc d'essai nous a permis d'argumente que la cannelure à 11% de pente donne un meilleur comportement à l'usure et le produit de broyage a une granulométrie comparable à celle existante dans l'unité de production examinée. L'ajout des matières inertes (poussières et grain de silice) au blé nous a permis d'accélérer l'usure des cannelures du broyeur d'essai et d'économiser la matière première et aussi de réduire le temps des essais.

Ce travail pourra être complétée par une autre méthode d'optimisation du travail de la cannelure en utilisant d'autre moyens d'investigations et de traitements afin d'avoir des solutions plus complètes notamment dans le domaine du traitement de la superficiel de la surface des cannelure.