

L'exploitation du sable des dunes dans la fabrication des outils

M. ZAOUI, A. TAFRAOUI, A. CHAOUFI, S. TAFRAOUI, M. DAHMANI

Département Génie Mécanique

Laboratoire de Fiabilité du Génie Mécanique

Université de TAHRI Mohamed

BP 417 route de Kenadsa 08000 Bechar Algeria

Email: chaoufi_a@yahoo.fr

ahmedtafraoui@yahoo.fr

miloud_zaoui@yahoo.fr

tafraouisalima@yahoo.fr

dahmani.mohamed-sktm@sktm.dz@yahoo.fr

Résumé - Devant la complexité de la fabrication (usinabilité) et l'analyse des paramètres de conception des outils d'emboutissage qui influencent le temps, le coût et la qualité de réalisation, nous a poussé à la recherche d'un matériau économique qui substitue les outils d'emboutissage en acier ou en fonte tels que les outils en béton BUHP et BFUHP. Plusieurs formulations de ces bétons ont été testées.

Des séries d'essais mécaniques ont montrées que ces outils possèdent des caractéristiques mécaniques améliorées, principalement leur état de surface lisse et brillante.

Des essais sur une ligne quasi-industrielle ont donnés des résultats encourageants et confirment que les outils en béton BFUHP ont une tendance importante pour la réalisation des petites séries (≤ 100 pièces)

Mots clés : Emboutissage, béton à hautes performances, état de surface, dureté.

I. INTRODUCTION

Les structures à parois minces sont utilisées dans diverses applications industrielles. Les procédés de la mise en forme de ces structures dépendent du matériau utilisé et de la géométrie du produit recherché. Dans le cas des matériaux métalliques où les efforts nécessaires à la mise en forme sont importants, les produits à parois minces sont fabriqués par l'emboutissage à partir de feuilles de tôle. Ce procédé est largement utilisé dans l'industrie automobile pour la production des pièces de carrosserie. La mise au point des procédés de fabrication est généralement basée sur des séries d'essais qui sont longues et coûteuses. De ce fait, les industriels ont toujours cherché à minimiser les coûts de ces essais en jouant sur plusieurs paramètres liés soit à la tôle ou à l'outillage.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés à la substitution des outils d'emboutissage en acier ou en fonte avec des outils fabriqués par des matériaux économiques tel que les bétons.

Les travaux récents effectués en matière de formulation et de fabrication des bétons ont permis la mise au point de béton à ultra haute performance fibré appelé BFUHP. Les recherches sont aboutis à des solutions techniques qui ont données des

résultats encourageants telles que les outils prototypes en béton hydraulique recouvert au moins partiellement d'une couche métallique [1],[2] les outils d'emboutissage fabriqués par un empilement de strates métalliques, assemblés par diverses techniques[8] et la conception des outils prototypes d'emboutissage en béton de poudre réactive (BPR) [3], qui présente des propriétés mécaniques et de durabilité remarquables [4],[5].

L'utilisation de ces bétons dans le domaine mécanique permettrait de réduire considérablement les coûts de fabrications comme l'emboutissage.

Alors la conception d'un outil d'emboutissage en béton BUHP permettrait de réduire considérablement les coûts de fabrication et d'ouvrirait dans le futur de nouvelles perspectives aux fabricants automobiles qui pourront renouveler plus souvent leur gamme et par conséquent, s'adapter plus rapidement à la demande du marché. Ce type de béton a une très bonne capacité de remplissage, et conjuguée à la structure amorphe de ces constituants, ce qui l'aide à prendre des formes complexes des empreintes des pièces. Les performances mécaniques du béton BFUHP réalisé par TAFRAOUI et LIBAILI [3] à partir du sable de dune de l'erg occidentale du sud-ouest de l'Algérie et en raison de ses caractéristiques et propriétés exceptionnelles joue un très grand rôle dans la

conception et la réalisation d'outils d'emboutissage en béton BFUHP.[3],[6]

Ces outils ont été testés sur presse hydraulique dans une société privée et ont donné des résultats très encourageants.

II. EXPERIMENTATION

II.1 Conception d'un outil d'emboutissage en béton. Les essais entamés dans cette partie montrent que les BFUHP sont des matériaux faciles à mouler et bien adaptés à la préfabrication. On peut les utiliser pour produire des formes de complexité variée et obtenir une excellente reproduction des détails.

Ce sont des matériaux très résistants en compression, les BFUHP permettraient de diminuer le poids des pièces habituellement fabriquées en acier et diminueraient les coûts liés à l'usinage des pièces métalliques. On est arrivé à concevoir et réaliser des moules de différents matériaux, le plus performant c'est la silicone où on a remarqué qu'il est très facile à démouler.



Figure 1. Poinçon et matrice en acier



Figure 2 Moule en silicone



Figure 3. Outil en béton BFUHP

II.2 Caractérisation mécanique du BFUHP

a) Résistance à la compression

Les résultats des résistances à la compression sont présentés dans la figure 4.

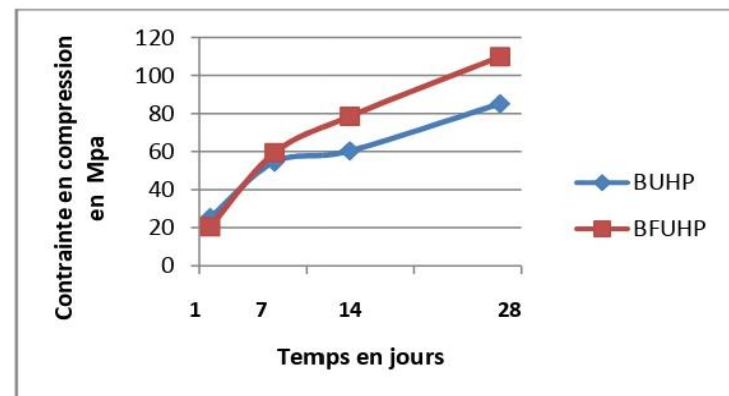


Figure 4. Contrainte de Compression du BUHP et BFUHP en fonction du temps

b) Résistance à la flexion

La figure Fig. 5 présente une progression régulière des résistances de flexion des bétons fibrés selon les échéances (1, 7, 14 et 28 Jours).

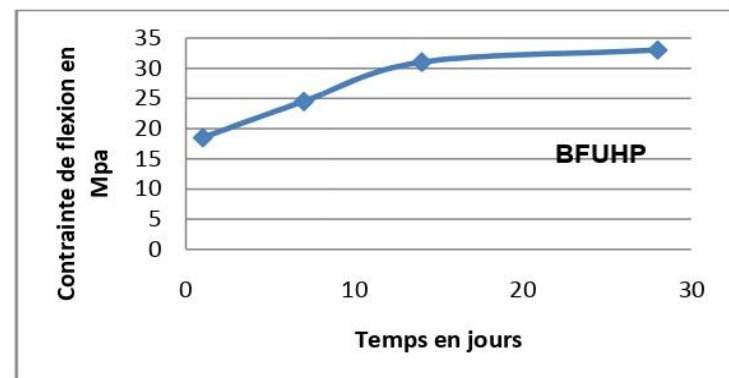


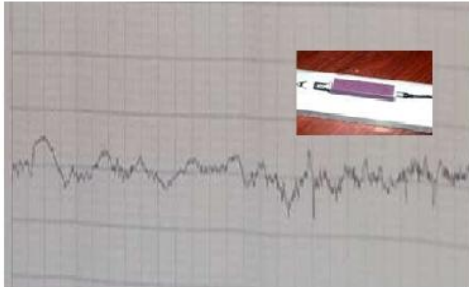
Figure 5. Evolution de la contrainte de flexion en fonction du temps

c) Etat de surface des outils en BFUHP

A l'aide d'un Rugosimètre (Fig 6.), qui est un appareil de contrôle de la rugosité et mesure de l'état de surface des pièces mécaniques.



Figure 6 Rugosimètre

Figure 7 Rugosité de la face travaillante de l'outil en béton ($R_a = 0.49 \mu\text{m}$)

d) Coefficient de frottement

L'acquisition en continue des forces dans le vérin horizontal (FH) et dans le vérin (FV) lors des cycles de frottement permet de déterminer l'évolution du coefficient de frottement μ en fonction du déplacement de la tôle.

$$\mu = \frac{-F_V}{2 \cdot F_H}$$

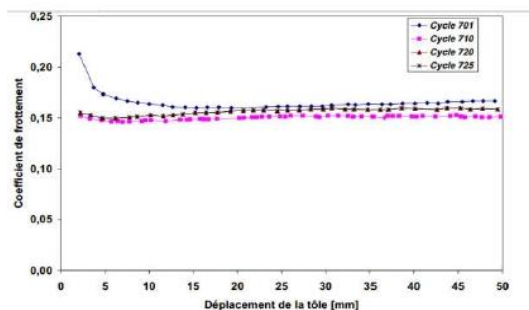


Figure.8. Evolution du coefficient de frottement

III. ESSAI D'EMBOUTISSAGE

III.1 Description du modèle

On a proposé de réaliser un montant d'une carrosserie d'un humidificateur Fig.9, et voir le résultat obtenu, pour qu'on puisse la comparer à celle obtenue par un outil en acier sur la presse d'emboutissage 400 tonnes de la société. Fig.10.



Figure 9. Montant d'une carrosserie d'un humidificateur



Figure 10. Presse hydraulique

Après réglage et adaptation des différents paramètres du procédé, les résultats obtenus en utilisant l'outil en béton BFUHP sont en courgeux et montrent que ces outils donnent les mêmes empreintes que les outils en acier ou en fonte. Fig.11. Mais leur conception et leur réalisation sont moins coûteuses que celles fabriquées en fonte puisqu'on élimine toute la phase d'usinage ce qui influe d'une manière directe sur le prix des pièces réalisées et donne un gain en temps et en argent important.



Après l'essai avec un outil en béton, on a obtenu une pièce identique à celle obtenue par un outil en acier soit en qualité ou en dimension

La même empreinte

Figure 11. Pièce obtenue

VI. CONCLUSION

Cette étude a prouvé que la conception et la réalisation des outils d'emboutissage en béton BFUHP ont des propriétés mécaniques assez encourageantes et qui présente une qualité extérieure parfaite, aucune bulle d'air, après un traitement thermique par étuvage à 150 °C les outils en béton ont une dureté et un comportement à l'usure élevé. Cette étude a montré que ces outils en béton ont simplifiés le processus, diminués les délais de fabrication car ces solutions passent par l'élimination de l'usinage des matériaux métalliques [2] et par conséquent un gain économique très important. Ce travail a été validé par les travaux de TAFRAOUI [3] et SCHWARTZENTRUBER. [1].

Quelques références bibliographiques

- [1] SCHWARTZENTRUBER. A, Conception d'outils d'emboutissage en béton pour la mise en forme de tôles minces, Thèse de doctorat, février, 2000
- [2] BURLAT.M, Analyse mécanique et tribologique de l'emboutissage application aux outils fabriqués par combinaison des différents matériaux, 1998.
- [3] TAFRAOUI. A, LABAILL. S, Conception des outils d'emboutissage des tôles minces en béton de poudre réactive, Journal of Engineering and Applied Sciences, ISSN:1816-949X, 2006.
- [4] MALIER.Y, Les bétons à hautes performances, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, 1992.
- [5] RICHARD. P, CHEYREZY. M, Les bétons de poudre réactive, Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics, No. 532, mars-avril, 1995, p. 85-102

- [6] TAFRAOUI .A, Contribution à la valorisation de sable de dune de l'erg occidental Algérie. LMDC INSA Toulouse, 2009.
- [7] OUDJENE. M, Modélisation et optimisation du comportement mécanique des outils d'emboutissage stratifiés précontrainte par vissage, 2005.