

# INFLUENCE DE LA VITESSE DE SOLIDIFICATION ET DE REFROIDISSEMENT SUR LA MICROSTRUCTURE ET LES PROPRIETES MECANQUES DE LA FONTE FGL200 LORS DE L'UTILISATION DE DIFFERENTS MATERIAUX DE REMPLISSAGE EN MOULAGE A MASQUE

## THE SPEED INFLUENCE OF SOLIDIFICATION AND COOLING ON THE MICROSTRUCTURE AND THE MECHANIC PROPERTIES OF THE FGL200 CAST IRON DURING THE USE OF VARIOUS FILLING MATERIALS IN MASK MOULDING.

S. Bensaada<sup>1</sup>, B. Bouchana<sup>1</sup>, D. Feliachi<sup>2</sup>

1. Département de génie-mécanique. Université Mohamed khider, B.P 145, 07000 Biskra, Algérie.

Tel/Fax : 213(33)743125, email : bensaada52@yahoo.fr

2. Laboratoire de maintenance, SONATRACH, Biskra

### RESUME

La microstructure et en particulier la dureté de la fonte FGL200 utilisée dans le procédé de moulage à masque pour la fabrication des culasses pour les moteurs diesel, dépendent en grande partie de la vitesse de solidification et de refroidissement. L'utilisation successive du sable siliceux, de la pierre concassée et de la grenaille de fonte trempée comme matériaux de remplissage a révélé des microstructures identiques se composant de graphite en rosettes avec une distribution normale dans la matrice ferritique, seulement dans le cas de la grenaille de fonte, les rosettes de graphite sont plus épaisses et plus longues et la quantité de ferrite est moins importante, ce qui explique l'élévation de la dureté. En plus de cela, l'analyse thermique a montré des vitesses de solidification et de refroidissement relativement plus élevées pour ce dernier matériau de remplissage. Ces résultats confirment encore une fois l'avantage de l'utilisation de la grenaille de fonte comme matériau de remplissage dans cette technologie.

**Mots clés :** Moulage à masque-solidification-graphite lamellaire-ferrite

### ABSTRACT

The microstructure and in particular the hardness of the cast iron FGL200 used in the process of mask moulding for the manufacture of the cylinder head for diesel engine depend mainly on the speed of the solidification and cooling. The successive use of siliceous sand, crushed stone and the soaked cast iron shot, as filling materials revealed an identical microstructure for the three filling materials, being composed of graphite rosette with a normal distribution in a ferritic matrix, only in the case of the cast iron shot, the graphite rosette are thicker and longer and the ferrite quantity is less important, which explains the rise in hardness in addition to the fact the thermal analysis showed speed of higher solidification and cooling relative to for the last filling materials. These results once again confirm the advantage of use of the cast iron shot as a filling material in this technology.

**Key words :** mask moulding-solidification-graphite lamellar-ferrite

## 1 INTRODUCTION

La plus grande partie des culasses destinées à l'industrie automobile pour les moteurs diesel à faible et moyenne puissance est produite à partir de la fonte grise à graphite lamellaire du type FGL200 et selon le procédé de moulage à masque.

Les fontes à graphite lamellaire présentent des propriétés d'emploi uniques, dues pour la plupart à la présence du graphite [1]. Le graphite par son caractère lubrifiant joue un rôle primordial ; il améliore l'usinabilité et le degré de

finition.

Les fontes à graphite lamellaire possèdent aussi des qualités de fonderie remarquables et une bonne capacité d'amortissement permettant de réduire les amplitudes excessives. Leur utilisation permet aussi de résoudre de manière économique certains problèmes.

Les demi carapaces (fig.1a) sont obtenues sur machine de moulage et dans lesquelles sont placées les noyaux (fig.1b), après collage des deux demi parties, on obtient la carapace complète (fig.1c), ensuite ces dernières sont placées dans des caisses métalliques par groupes de dix avec le matériau

de remplissage, dont les principaux rôles sont :

- Eviter la détérioration des carapaces après la coulée du métal liquide sous l'influence de la pression métallo statique et de la température atteinte par ces dernières (425°C), car à cette température leurs propriétés mécaniques sont pratiquement nulles.
- Absorption de la chaleur de la pièce coulée durant sa phase de solidification et de refroidissement [2].

- le sable silicieux (granulométrie 0,63-1 mm),
- la pierre concassée à base de calcaire (granulométrie 12-15 mm)
- et la grenaille de fonte trempée (granulométrie 4-6 mm).

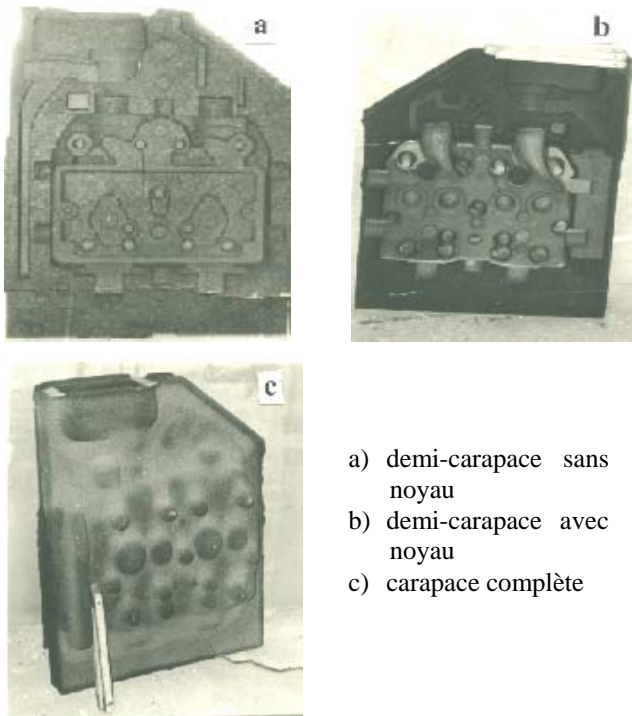
Les méthodes d'analyses utilisées dans ce contexte sont :

- l'analyse thermique
- la microscopie optique
- et la micro dureté.

Comme il a été déjà mentionné ci-dessus, la fonte utilisée dans ce contexte pour la production des culasses est du type FGL200 modifiée avec du ferro-silicium et dont la composition chimique est indiquée dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Composition chimique de la fonte à graphite lamellaire utilisée pour la fabrication des culasses à l'usine metallgusswerk Leipzig.**

C	Si	Mn	P	S	Cr	Degré de saturation
3,45	2,2	0,90	0,20	0,11	0,15	0,95



- a) demi-carapace sans noyau  
 b) demi-carapace avec noyau  
 c) carapace complète

**Figure 1 : Moulage en masque**

Le type de matériau de remplissage utilisé dans ce procédé joue un rôle primordial vis-à-vis de la microstructure et des propriétés mécaniques, en particulier de la dureté des culasses [3]

Trois différents matériaux de remplissage ont été utilisés dans le cadre de ce travail, afin de mettre en exergue par différentes méthodes d'analyse, le matériau le plus approprié à cette technologie et en particulier aux exigences de la qualité des culasse

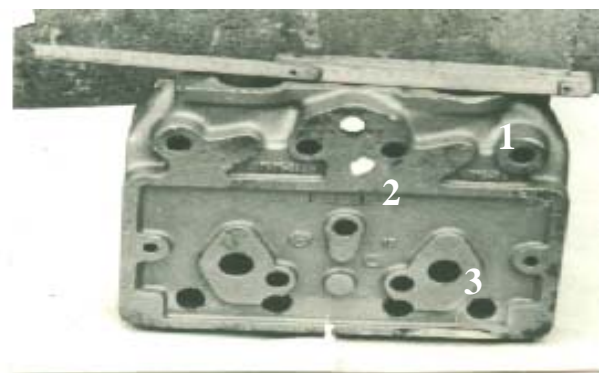
## 2 METHODES EXPERIMENTALES

Le but de ce travail est de mettre en évidence l'influence de la vitesse de solidification et de refroidissement sur la microstructure et la dureté de la fonte à graphite lamellaire FGL200 utilisée pour la production des culasses pour moteurs diesel, lors de l'utilisation de trois différents matériaux de remplissage à savoir :

Le matériau de base pour la production des carapaces est le sable silicieux auquel sont additionnées la résine et le stéarate de calcium, dont les proportions sont les suivantes :

- Sable silicieux : 95-97 %
- Résine : 2,8-3,8 %
- Stéarate de calcium : 0,15 %

Après préparation des carapaces complètes, les thermocouples PtRh-Pt16 protégés par un tube en quartz afin d'éviter leur détérioration, sont placés dans la cavité de la carapace dans trois points de mesure différents (fig.2) ; pour la mise en évidence des courbes de solidification et de refroidissement, ces derniers sont reliés à un compensateur.



**Figure 2 : Culasse pour moteur diesel avec 1,2 et 3 points de mesure de l'analyse thermique**

La carapace est placée dans une caisse métallique avec le matériau de remplissage à expérimenter, La température de coulée de la fonte liquide est de l'ordre de 1360°C, le refroidissement est effectué à l'air libre et la durée de l'analyse thermique de chaque expérimentation est de 8 heures.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'examen des courbes (températures- temps) de l'analyse thermique obtenues dans le cadre de ce travail a montré que les vitesses de solidification et de refroidissement de la fonte à graphite lamellaire diffèrent pour les trois matériaux de remplissage (fig.3, fig.4 et fig.5). Suite à la non homogénéité de la température dans la masse de la pièce coulée, les trois points choisis pour l'analyse thermique ont montré aussi des vitesses différentes qui s'égalisent à T=420°C pour les 3 matériaux, après 6 heures pour le sable silicieux, 5 heures pour la pierre concassée et enfin 4 heures pour la grenaille de fonte.

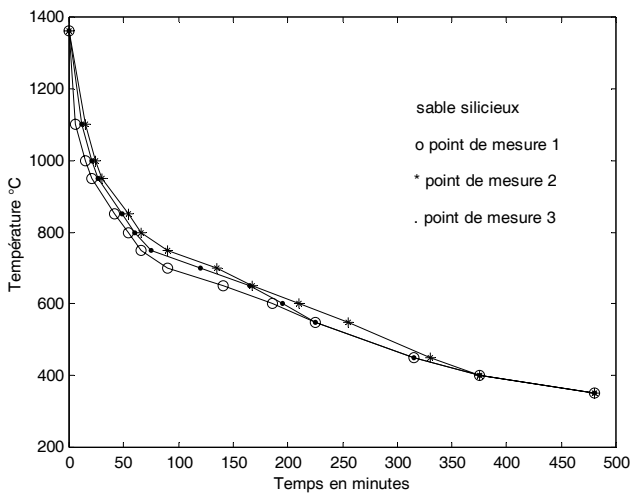


Figure 3 : Courbes d'analyse thermique, matériau de remplissage ; sable silicieux

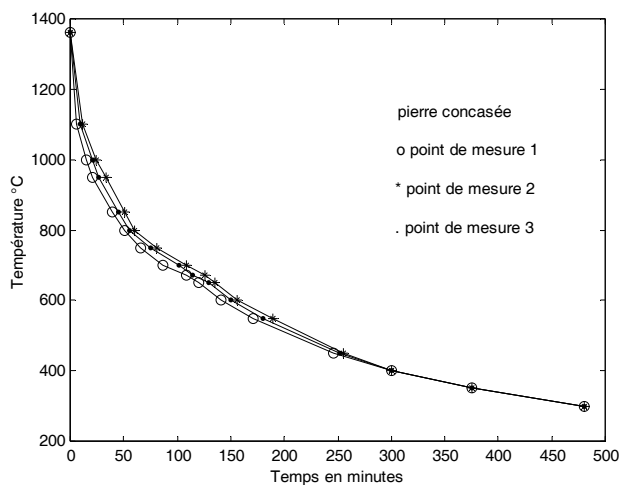


Figure 4 : Courbes d'analyse thermique, matériau de remplissage pierre concassée

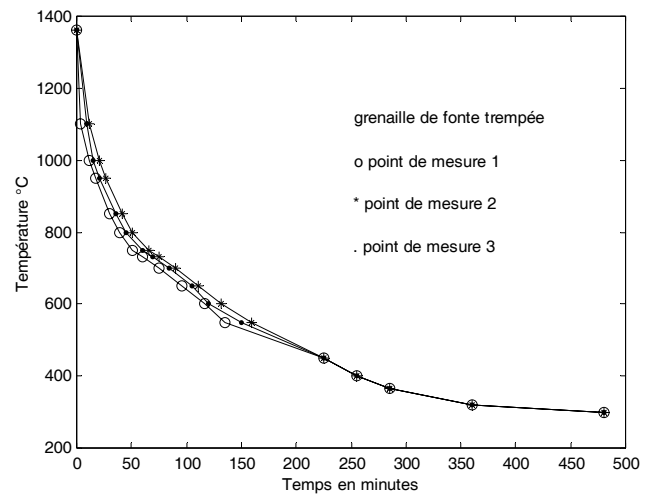


Figure 5 : Courbes d'analyse thermique, matériau de remplissage: grenaille de fonte trempée.

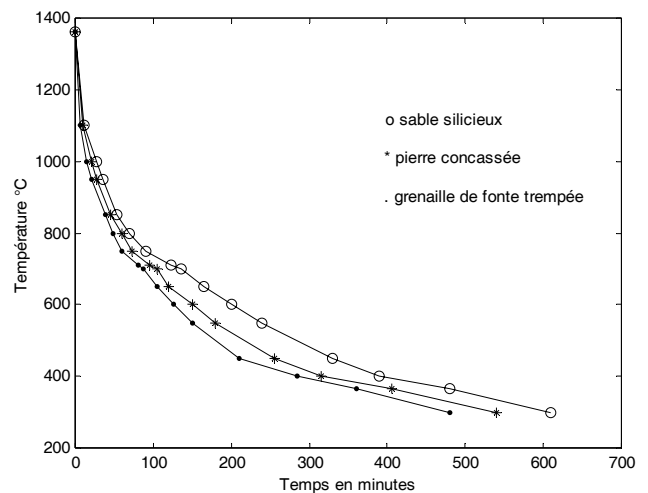


Figure 6 : Courbes d'analyse thermique, des trois matériaux de remplissage au point de mesure 1

La comparaison entre les trois courbes de l'analyse thermique des trois matériaux de remplissage (fig.6) montre aussi une vitesse de solidification et de refroidissement relativement élevée pour la grenaille de fonte. Les essais de dureté Vickers (tableau 2) ont donné des valeurs élevées et plus proches de celles exigées pour les culasses (180 HV) dans le cas de la grenaille de fonte.

Tableau 2 : Valeurs de dureté HV

points de mesure / matériaux	DURETE (HV)		
	1	2	3
s a b l e silicieux	141	138	136
pierre concassée	154	148	146
grenaille de fonte	167	165	164

Ces premiers résultats rendent plus avantageuse l'utilisation de la grenaille de fonte trempée, comme matériau de remplissage dans cette technologie.

Pour des teneurs élevées en silicium ou pour des refroidissements lents, la totalité du carbone se retrouve sous forme de graphite et la matrice reste ferritique [4], ce qui est notre cas.

En Outre le graphite est le constituant qui conditionne en grande partie les propriétés mécaniques des fontes grises par la forme, la dimension, la répartition et l'abondance de ces lamelles [5].

Les observations au microscope optique ont révélé pour les trois matériaux de remplissage une microstructure se composant de graphite en rosettes, avec une distribution normale (fig.7a, fig.8a et fig.9a) répartie dans la matrice ferritique (fig.7b, fig. 8b et fig.9b). Outre cela les microstructures observées dans les trois points de mesures sont identiques pour chaque expérimentation, ce qui nous laisse prendre en considération un seul point de mesure (1). Les rosettes de graphite précipitées dans le cas de la grenaille de fonte (fig.9a) sont relativement plus épaisses et plus longues, mais fines et moins abondantes pour les deux autres cas (fig.7b et fig.8b), ce qui explique l'élévation des valeurs de dureté des culasses obtenues lors de l'utilisation de la grenaille de fonte, comme matériau de remplissage.

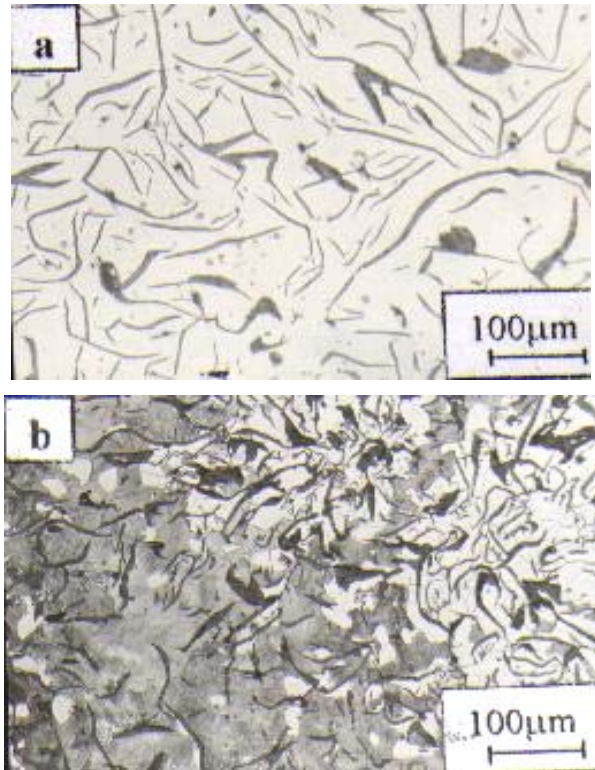


Figure 8 : Microstructure de la fonte à graphite lamellaire FGL200, modifiée avec du ferro-silicium, matériau de remplissage : pierre concassée, (a)-graphite, (b)- ferrite

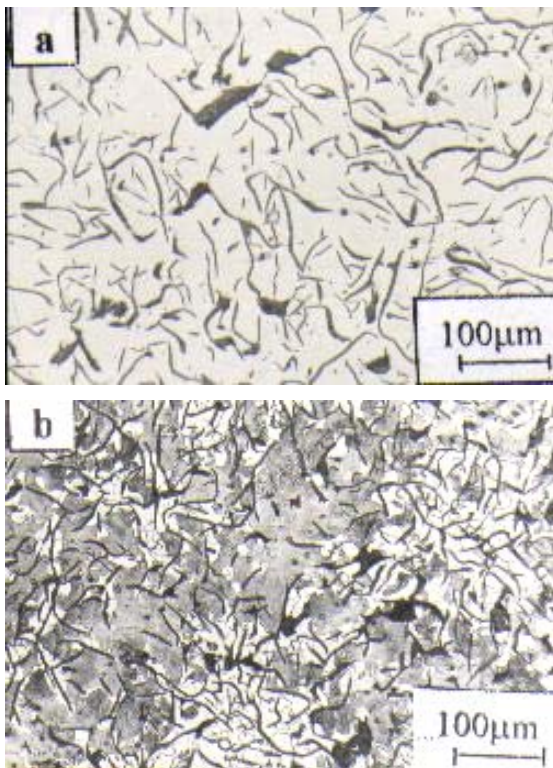


Figure 7 : Microstructure de la fonte à graphite lamellaire FGL200, modifiée avec du ferro-silicium, matériau de remplissage : sable siliceux, (a)-graphite ,(b)- ferrite

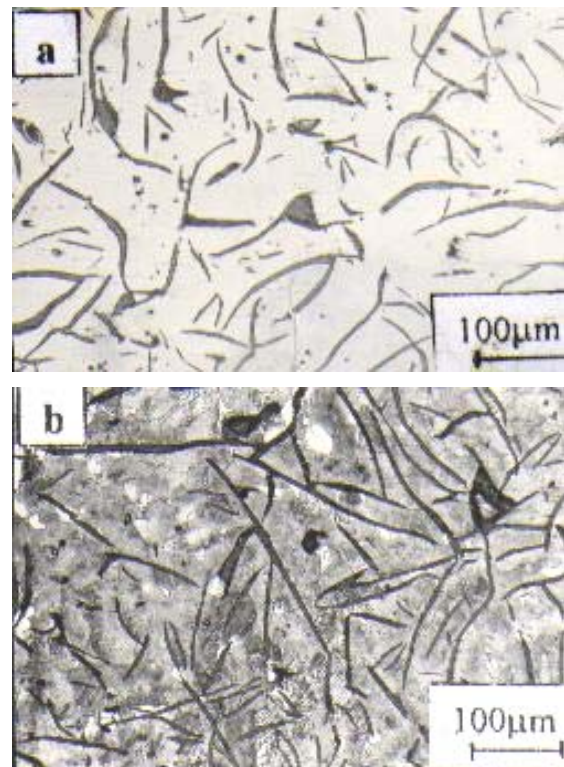


Figure 9 : Microstructure de la fonte à graphite lamellaire FGL200, modifiée avec du ferro-silicium, matériau de remplissage : grenaille de fonte trempée, (a)-graphite, (b)- ferrite

## CONCLUSION

L'objectif principal de ce travail est la mise en évidence de l'influence de la vitesse de solidification et de refroidissement sur la microstructure et la dureté de la fonte FGL200, lors de l'utilisation du sable siliceux, de la pierre concassée et de la grenaille de fonte trempée comme matériaux de remplissage dans le procédé de moulage à masque.

Les microstructures obtenues sont identiques pour les trois cas et se composent de graphite en rosettes avec une répartition normale dans la matrice ferritique ; seulement il faut noter que les rosettes de graphite précipitées dans le cas de la grenaille de fonte sont plus épaisses et plus longues et la quantité de ferrite est moins importante, ce qui explique l'élévation des valeurs de dureté, lesquelles sont plus proches des valeurs exigées dans cette technologie. D'autre part l'examen des courbes de l'analyse thermique a montré des vitesses de solidification et de refroidissement plus élevées pour ce même matériau de remplissage. Ces résultats confirment encore une fois les avantages de

l'utilisation de la grenaille de fonte comme matériau de remplissage dans cette technologie.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **Stoltzel, K.** , giessereiprosesstechnik, veb deutscher verlag fur Grundstoffindustrie, Leipzig (1981)
2. **E. Flemming, J. Bast und S. Haase**, giessereitechnik, giesserei verlag (1980).
3. **Robert, S. L. Adrews**, praxis des maskenformverfahrens, giesserei verlag, Dusseldorf, (1981)
4. **E. Flemming, J. Bast und HT. Tu**, freiberger forschungsheft (1978)
5. **S. Bensaada**, diplomarbeit, GGL-Zylinderkopfherstellung, Bergakademie Freiberg, (1981)