

# Etude des causes d'endommagement des marteaux de concassage

Bouhamla Khedidja<sup>1</sup>, Boudebane Said<sup>2</sup>, Saker Akram<sup>2</sup>, Bourebria Mounira<sup>1</sup>, Gharbi Amel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Center in Industrial Technologies, P.O.Box 64, Cheraga 16014 ,Algiers, Algeria, [crti.dz](mailto:crti.dz)

<sup>2</sup>Department of metallurgy, University Badji Mokhtar Annaba

[k.bouhamla@crti.dz](mailto:k.bouhamla@crti.dz)

**Abstract**— Les matériaux résistant à l'usure sont fortement demandés par divers secteurs industriels (industries minières, métallurgiques et autres). Ils constituent des pièces maîtresses des concasseurs et des broyeurs utilisés pour la préparation des matières. Plusieurs nuances d'aciers sont produites pour répondre aux besoins de divers secteurs industriels. D'autres aciers martensitiques à haute teneur en carbone et en chrome sont aussi produits pour répondre à des sollicitations nécessitant une résistance à l'usure élevée.

Dans ce travail nous nous intéressons aux causes de dégradation prématurée des marteaux de concassage. Ces marteaux, à leur entrée en service, cassent au niveau de la bride de fixation en libérant la majeure partie de la pièce dans le concasseur. Le matériau étudié est un acier à haute teneur en chrome. Plusieurs techniques ont été employées pour caractériser ce matériau et détecter les causes qui sont à l'origine de ce problème. Les échantillons ont été analysés par spectrométrie X. La microscopie a contribué à la révélation de la microstructure et aussi à faire ressortir les éventuels défauts micro et macroscopiques existants. La diffraction des rayons X a aidé à détecter le type et la proportion des phases microstructurales.

**Keywords**— Acier moulé, endommagement, marteau de concassage, usure, microstructure, défaut,

## I. INTRODUCTION

Les défauts de fonderies se répartissent en deux catégories. On considère les défauts internes et les défauts externes. Ils sont liés à la solidification ou bien au moulage. Ces défauts ne sont pas tous perceptibles à l'œil nu, mais leur présence influe sur les propriétés mécaniques des pièces. Parmi ces défauts on distingue: Les inclusions d'air. Ce type de défaut affecte remarquablement la masse de l'échantillon [1]. La qualité des pièces de fonderie est un critère exigé par les clients. Les défauts non apparents peuvent entraîner un dysfonctionnement et causent une perte économique importante. Plusieurs travaux ont déjà signalé et décrit les défauts de fonderie pour plusieurs alliages [2-8]. Les marteaux de concassage sont utilisés pour la préparation des matières premières au niveau de plusieurs secteurs industriels. Ils travaillent dans des conditions sévères dominées par l'usure. Le présent travail traite un problème d'endommagement de marteaux de concassage produits ALFET (Fonderie de Tiaret), ces marteaux sont utilisés pour le concassage des matières premières pour la fabrication de produits réfractaires utilisés au niveau du complexe sidérurgique d'El-Hadjjar. Ces marteaux cassent juste au début de leur mise en service et causent des dommages économiques importants. La méthodologie adoptée pour traiter ce problème a consisté en une caractérisation du matériau par voie chimique afin d'identifier la teneur et le type d'éléments chimique composant la pièce sujette à

l'étude. Des observations macroscopique et microscopique ont été utilisées afin de définir le type de défauts et de microstructure. Le type des phases microstructurales a été identifié par le moyen de la diffraction des rayons X et la méthode de Rietveld. Des mesures de dureté ont aussi appuyé ce travail.

## II. CARACTERISATION DU MATERIAU

### 1. Composition chimique:

L'analyse chimique du matériau étudié, réalisée par spectrométrie X est indiquée sur le tableau 1. C'est un acier à haute teneur en chrome (12.36%), une faible teneur en manganèse et une teneur en carbone de 0.37%. Le reste des éléments chimiques sont en faible proportion et demeurent sans effet sur les transformations de phases.

Tableau III.1 : Composition chimique du matériau étudié

C	Mn	P	Si	Cu	Al	Ti	Nb	Ni	Cr	Mo	V	Sn	B	S	W
0,37	0,20	0,037	0,47	0,113	0,006	0,002	0,016	0,28	12,36	0,042	0,038	0,010	0,002	0,020	/

### 2. Observations macrographiques

La figure 1 présente une vue d'ensemble de la pièce (marteau de concassage) faisant l'objet de cette étude.



Figure 1 : Vue d'ensemble du marteau de concassage ; avant mise en service et endommagé

La figure 2 illustre clairement les défauts visibles à l'œil nu décelés, lors de l'opération de découpage (fissure profonde), qui affaiblissent les pièces moulées. Un système de contrôle

non destructif des pièces doit être prévu dans le processus de production.

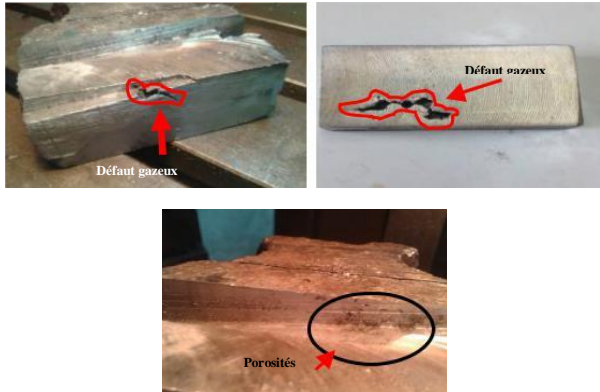


Figure.2 : Macro-fissures ayant entraîné la rupture

Après découpage transversal de la pièce un macro-défaut a été révélé (figure 3). Il s'agit de micro-fissures entourées de porosités. Ce type de défaut peut être la source d'amorçage et de propagation de fissure, suites aux conditions sévères d'exploitation pouvant entraîner la mise hors service de la pièce.

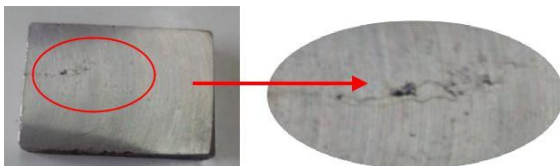


Figure 3 Défauts sous forme de microfissures

A l'issue de cette première investigation macrographique (visuelle) des défauts importants ont été décelés. Ce type de défauts est lié à la technique de fabrication utilisée. L'opération de moulage adoptée doit manquer de certaines pratiques qui doivent éviter aux pièces la formation de tels défauts internes (cavités, retassures, ...etc).

Ces retassures sont la source d'apparition et de propagation de fissures qui conduisent à la rupture prématurée du matériau. Ce type de défaut peut évoluer en cours d'exploitation et se développer jusqu'à entraîner l'endommagement du matériau.

## 2. Observations métallographiques :

L'analyse au microscope optique a mis en évidence ce qui suit :

**A. Sans attaque :** L'acier analysé comporte une multitude de micro et des macropores nettement perceptibles (figures 4 et 5).



Figure.4 : Micrographie de la surface polie de l'échantillon de départ, sans attaque chimique.



Figure.5 : Détails de défauts sur la surface polie et non attaquée de l'échantillon : inclusion d'oxydes, Présence de pores et d'inclusion non métallique en forme de trèfle, probablement un oxysulfure.

Les pores observés sur les micrographies proviennent d'une mauvaise maîtrise de l'opération de fusion et de coulée. A l'origine de ces défauts, on peut noter ce qui suit :

- Présence d'humidité dans l'environnement immédiat du métal liquide (moule en sable)
- Présence d'impuretés volatiles dans la charge liquide (impureté à faible température d'évaporation Zn Sn Al...)
- La présence de constituant sombre dans le volume de la pièce laisse à supposer que le bain contient des résidus d'oxyde entraînant la formation d'inclusion.

## B. Avec attaque

La micrographie optique de l'échantillon d'acier étudié est indiquée sur la figure 6. Les micrographies ont été prise à différents grossissements et ce pour bien élucider la microstructure formée. Dans ces micrographies, la microstructure manifeste la présence d'un réseau continu de carbures délimitant clairement les joints de grains. Ce type d'alliage se solidifie selon le diagramme Fe-Cr-C. Ces carbures sont du type  $M_{23}C_6$ . C'est un carbure riche en chrome qui peut aussi contenir d'autres éléments d'alliages qui ont la possibilité de se substituer au fer dans la maille cristalline.



Figure.6 : Micrographie optique de l'acier étudié

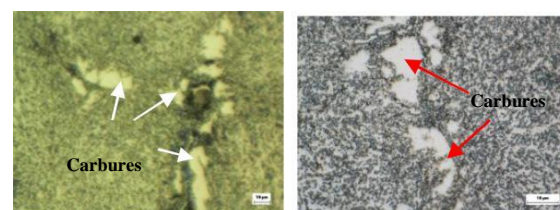


Figure.7 : Micrographie optique de l'acier étudié

Pour des grossissements plus élevées on constate que la morphologie de ces carbures : sous forme d'amas grossiers selon le joint de grain. Leur forme angulaire accentue le caractère fragile de l'acier. Par contre la matrice métallique est constituée de ferrite  $\alpha'$  dans la quelle sont dispersées les carbures.

## 3. Diffraction des Rayons X

Le diffractogramme X de l'échantillon d'acier étudié est indiqué sur la figure 8.

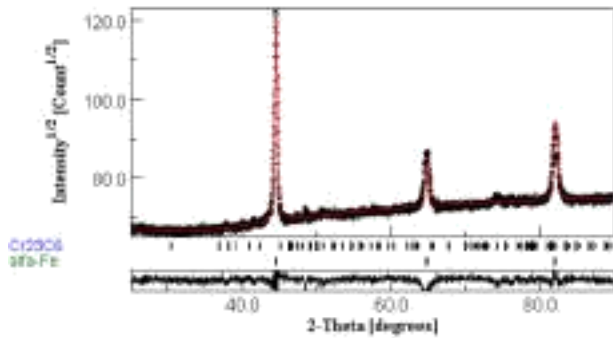


Figure 8: Spectre de diffraction X de l'acier étudié

Les pics de diffraction des principales phases existantes sont définis. L'affinement Rietveld, basé sur le logiciel MAUD, a permis l'identification de la nature des différentes phases microstructurales. Cette technique de caractérisation a permis de préciser le type de matrice et de carbures constituant la microstructure des échantillons analysés. Les différentes phases microstructurales sont montrées par le spectre X. On note la présence de la phase fer alpha représentant dans ce cas la martensite quadratique ( $Fe\alpha'$ ) et d'un carbure de chrome type  $M_{23}C_6$ . Dans le cas étudié, le carbure en présence est le carbure  $Cr_{23}C_6$ .

#### 4. Dureté

La mesure de dureté HRC effectuée sur l'échantillon prélevé sur le matériau étudié a donné une valeur moyenne de l'ordre de 55 HRC. Ceci montre que le matériau possède une bonne aptitude à la résistance à l'usure sauf que les défauts de fonderie ne contribuent pas à atteindre cet objectif. La dureté élevée en la présence de défauts ne manifeste qu'une propriété localisée car la présence de défauts de fonderie casse la continuité des propriétés à travers la structure. Dans ce cas la dureté élevée du matériau est affaiblie par la présence des défauts de fonderie qui constituent un point de départ de fissures et d'endommagement.

### III. CONCLUSION

L'analyse chimique a montré que l'acier étudié est un acier 12,34%Cr et 0,38%C. Le reste des éléments chimiques existants sont en faible proportion et n'influencent pas les transformations structurales.

Les analyses métallographiques de cet acier, révèlent la présence d'une structure dominée par un réseau de carbure de chrome localisé au niveau des joints de grains.

Cet emplacement des carbures est une des causes qui peuvent entraîner une rupture fragile brutale. En plus, des défauts de différentes morphologies ainsi que des microfissures sont nettement perceptibles sur la surface polie de

l'échantillon étudié et sont certainement la cause principale de l'endommagement de ce matériau. Ils constituent le chemin favorable pour la propagation d'une fissure.

La diffraction des rayons X a permis l'identification de la nature des phases constituant la microstructure de l'acier étudié.

La mesure de dureté montre que l'acier étudié peut supporter des sollicitations d'usure de l'environnement de travail mais les défauts de fonderie existants constituent une faiblesse du matériau et ne sont pas en la faveur d'une durée de vie souhaitée. Suite aux premiers chocs subits des fissures prennent naissance et commencent à se développer jusqu'à entraîner une mise hors service de la pièce.

### ACKNOWLEDGMENT

Nous présentons nos vifs remerciements à l'équipe de l'atelier mécanique des AMM/SIDER d'El-Hadjar pour leur précieuse aide pour le découpage des échantillons. Aussi nous remercions les membres du laboratoire de métallographie de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines et Métallurgie de Annaba.

### REFERENCES

- [1] S.BENSAADA, Fonderie et soudage, [http://univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/moulage%20et%20soudage\\_1\\_.pdf](http://univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/moulage%20et%20soudage_1_.pdf)
- [2] L. Guillet, J. Galibourg et M. Ballay ; Les retassures intercrystallines « Micro-retassures », Rev. Met. Paris, Vol. 22, N°5 (Mai 1925), pp. 253-272.
- [3] P. Hairy, Quantification des défauts en fonderie sous pression, Partie I – Analyse sur micrographie et dimension fractale des retassures, Fonderie et Fondateur d'Aujourd'hui n° 265 – Mai 2007 – p. 12-24
- [4] P. Hairy, F. Granereau, R. Menard, P. Bouvet, Quantification des défauts en fonderie sous pression, Partie II – Analyse en radioscopie, Fonderie et Fondateur d'Aujourd'hui n° 267 – Août-Septembre 2007 – p. 11-22.
- [5] P. Hairy, Y. Gaillard, V. Buecher, A. Chabod, Quantification des défauts en fonderie sous pression, Partie III – Analyse 3D par tomographie, Fonderie et Fondateur d'Aujourd'hui n° 271 – janvier 2008 – p. 8-22
- [6] Y. Gaillard, La tomographie ouvre de nouveaux moyens de recherche sur les matériaux Fonderie et Fondateur d'Aujourd'hui n° – avril 2007 – p. 44-45
- [7] M.E. Seniw, M.E. Fine and M. Meshii, Relation of pore size and location to fatigue failure in alloy A356 casting specimens, ASM Congress, High cycle of fatigue of structural materials – Indianapolis , 14-18 September 1997.
- [8] Franck MOREL , Thierry PALIN-LUC , Gilles AMAR et Daniel BELLETT, Influence des défauts d'élaboration sur la résistance en fatigue d'un alliage d'aluminium de fonderie : application aux carters de boîtiers de transmissions mécaniques de puissance de moteurs d'avions, 18ème Congrès Français de Mécanique Grenoble, 27-31 août 2007.