

# DETERMINATION DES PROPRIETES MECANIQUES DE L'ALLIAGE RECYCLE 44100.

**Ahmed HAKEM\*<sup>1,3</sup>, Amayas HAKEM<sup>2</sup>, Youcef BOUAFIA<sup>2,3</sup>.**

1. Département de Génie Mécanique, FGC, Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, 15000 Algérie.
2. Département de Génie Civil, FGC, Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, 15000 Algérie
3. Laboratoire LaMoMS, Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, 15000 Algérie

\* Auteur correspondant E-mail : hakem\_ahmed.hamid@umtmo.dz

## Résumé

La présente étude a pour but de déterminer l'influence du mûrissement, de la composition chimique et du mode d'élaboration des pièces métalliques destinées aux différentes réalisations de la SNVI et de l'ENEL sur l'évolution du comportement à l'endommagement en traction et au choc et la microstructure de l'alliage de fonderie de désignation chimique AlSi13 et numérique 44100.

**Mots clefs:** *Al Si, sable, coquille, fonderie, revenu, propriétés, mécaniques.*

## 1. Introduction

Les alliages à base d'aluminium sont très utilisés dans l'industrie à cause de leur légèreté, de leur faible température de fusion, de leur très bonne coulabilité et de leurs propriétés intéressantes. Parmi eux, la famille d'alliages Al - Si font partie de différentes pièces métalliques destinées à diverses constructions aussi bien aéronavales et aérospatiales que sur rail et sur route.

Ces alliages ont fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques qui ont portées sur la détermination de leurs caractéristiques mécaniques en particulier, physiques et chimiques en général pour différentes concentrations et actions extérieures (thermiques, mécaniques...etc.).

La présente étude consiste à apporter une contribution positive pour caractériser le comportement mécanique à l'endommagement en traction et au choc de l'alliage Al - 13 % pds Si utilisé dans la fabrication des pièces métalliques destinées aux différentes réalisations de la SNVI et de l'ENEL.

Un pourcentage de lingots neufs et un autre de retour de fonderie (appendices de coulée et d'alimentation, masselottes, pièces défectueuses et rebutées ...etc.) en Al - 13 % Si ont été portés jusqu'à la température de fusion et traités. Ensuite nous avons élaboré des éprouvettes d'essai par deux méthodes différentes : coulées en sable noté : S et en coquille noté : K.

Les éprouvettes à l'état brut de coulée, de forme cylindrique, ont été homogénéisées à une température pendant un temps bien déterminés puis trempés à l'eau à température ambiante suivi immédiatement de vieillissements à des températures et des temps bien

déterminés.

Des essais de tractions à faibles charges et vitesses, de dureté, de résilience et une étude métallographique ont été effectués sur un échantillon de 05 éprouvettes à l'état brut de coulée, état se référence noté : F et vieilli désigné : T46 pour chaque coulée [1 -8].

## 2. Problématique

L'aluminium non allié ayant des propriétés mécaniques très réduites, conduisent à ajouter deux éléments de très faible densité dont 13% de silicium et quelques traces de magnésium inférieur à 0,1% ( $\leq 0,1\%$  Mg) pour améliorer ses propriétés et obtenir ainsi un alliage AlSi13 super léger. L'alliage de fonderie par excellence AlSi13 qui régit notre étude est un alliage présentant un ensemble de propriétés qui dans bien des circonstances en font un matériau irremplaçable. Parmi celles-ci citons l'adjonction d'un fort pourcentage de silicium et d'un faible pourcentage en magnésium à l'aluminium qui sont les principaux vecteurs et agents d'amélioration en grande partie des *caractéristiques mécaniques* ; allié à une très bonne résistance à la corrosion. Ces éléments d'additions entrent en solution et peuvent également être présents sous forme de phases intermétalliques. La composition de ces phases mais surtout leur finesse, leur répartition, leur cohérence vis-à-vis de la matrice aluminium, leur fragilité intrinsèque, leur stabilité en fonction des traitements thermiques sont également déterminantes pour les propriétés de l'alliage.

Notre objectif consiste à apporter une contribution directe quant à l'étude des caractéristiques mécaniques de traction, de dureté, de résilience et structurales de l'alliage de fonderie AlSi13 utilisé dans le moulage en sable et en coquille métallique. Pour chercher à augmenter plus les caractéristiques de résistances de l'état F et obtenir essentiellement de grandes contraintes d'élasticité, de grands modules de rigidité avec de faibles déformations, le matériau est soumis aux traitements spécifiques T46 ci-dessous.

## 3. Matériau étudié

Le matériau utilisé est fourni gracieusement par la S.N.V.I. Il s'agit de l'alliage à base d'aluminium contenant 13% de silicium en pourcentage massique, une

quantité de magnésium inférieure à 0,1% et quelques traces d'impuretés.

## 4. Elaboration de l'alliage étudié

### 4.1 La coulée

La fusion du métal se fait dans un four à gaz de production, se basculant de l'avant vers l'arrière, comportant un creuset en graphite de capacité 350Kg dont la charge est composée approximativement ≈50 % de lingots neufs en AlSi13 de dimensions normalisées, de composition et de caractéristiques bien déterminées., livrés par la société Française Pechiney et d'un mélange de jets de coulée ≈ 50 % de retour (appendices d'alimentation, d'évacuation, de régulation, pièces défectueuses et rebutées).

Une fois la masse en fusion totale est devenue liquide à environ 700°C, on procède aux opérations de décaissage, dégazage et d'affinage des pièces qui peuvent être coulées respectivement dans des coquilles métalliques ou des moules en sable préparés à cet effet, ainsi les éprouvettes de référence sont appelées brut de coulée noté : F

### 4.2 Le moulage

a. En sable: Ce moulage est composé de deux demi-empreintes laissées par le modèle dans le sable tassé,

b. En coquille: dans ce mode de moulage, Le moule, se compose de deux chapes en acier (5% de chrome), qui a pour rôle de maintenir les empreintes. Ces chapes, séparées par un plan de joint, doivent être éventuellement préparées et chauffées à une température (200 ÷300) °C.

Après analyse, les éprouvettes coulées en sable et en coquille métalliques par gravitation ont la composition chimique suivante :

Eléments chimiques	Si	Mg	Fe
% selon analyse effectuée	12,65	0,08	0,45

**Tableau1** : Résultats de l'analyse chimique après contrôle sur éprouvettes coulées en sable et en coquille

## 5. Procédure expérimentale

Pour déterminer le comportement du matériau face aux différentes sollicitations qu'il peut rencontrer en période d'utilisation, on reproduit ces sollicitations à l'aide d'essais statiques ou dynamiques, généralement effectués sur des éprouvettes normalisées afin de connaître les caractéristiques chiffrées du matériau.

Quatre techniques sont utilisées ; à savoir : la traction pour identifier les différentes contraintes, la dureté Brinell HB pour le champ de contraintes, la résilience Kcv nous renseigne sur le mode de fracture, la fragilité et la résistance au choc et la métallographie pour identifier les structures.

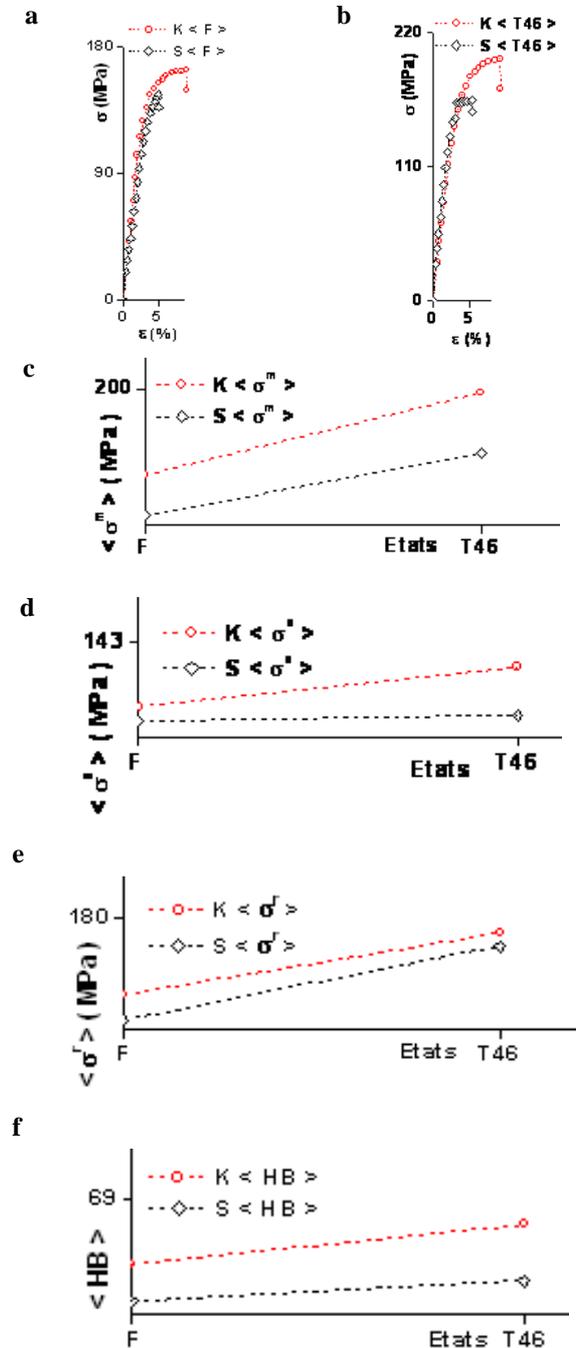
Nous allons dans la suite décrire et présenter dans les détails, les principales caractéristiques mécaniques obtenues du matériau de composition chimique AlSi13 faisant objet de cette étude. Cet alliage est élaboré par deux méthodes différentes : coulée en sable et coulée en coquille en considérant 02 états ; brut de coulée noté : F et vieilli désigné : T46

## 6. Résultats obtenus et discussion

Les valeurs moyennes des caractéristiques mécaniques de traction, de résilience et de dureté de l'alliage AlSi13 sont représentées par les figures de 1 à 2 ci-dessous.

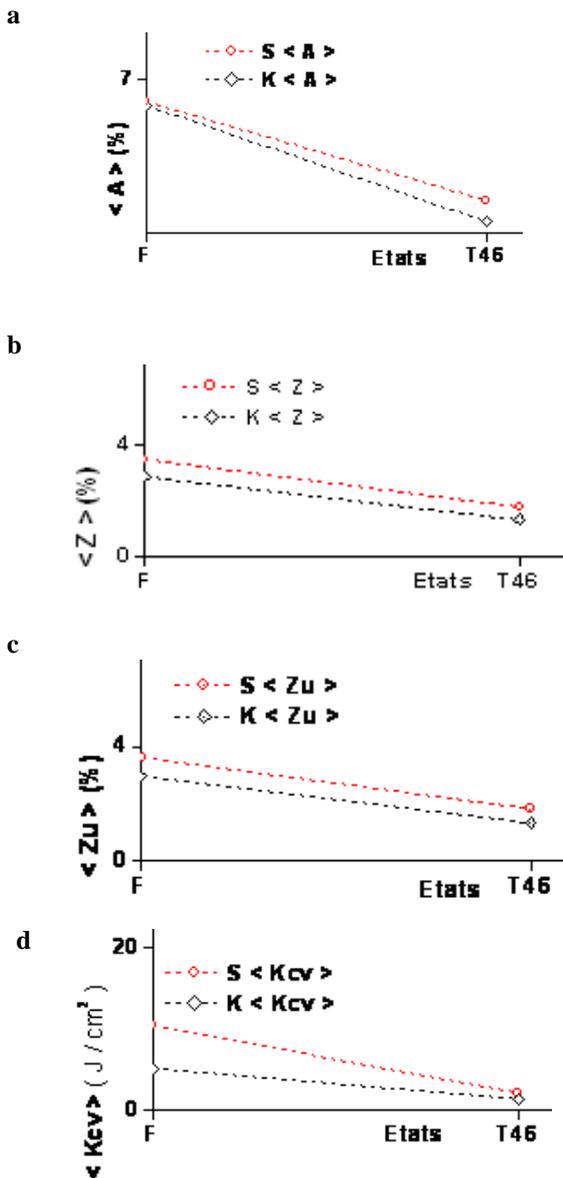
**Influence du mode d'élaboration en sable et en coquille de l'alliage AlSi13 Sur les caractéristiques de**

### 6.1 Résistances



**Fig.1** – Courbes de traction de comparaison (a, b - contrainte – déformation) et graphes de comparaison (c, d, e – contraintes, f – dureté HB – états) moyennant une série de 5 éprouvettes identiques de l'alliage AlSi13 coulé en sable et en coquille aux états brut de coulée : F et vieilli: T46.

## 6.2 Ductilité



**Fig.2** – graphes de comparaison (a, b, c - allongement, coefficient et allongement à la striction, d - résilience – états) moyennant une série de 5 éprouvettes identiques de l'alliage AlSi13Mg coulé en sable et en coquille aux états brut de coulée : F et vieilli: T46.

## 7. Conclusion

Quels que soient les deux modes de coulé étudiés, les caractéristiques de résistances et les courbes moyennes de traction respectivement de l'état vieilli sont sensiblement supérieures et se situent en dessus de celles de l'état brut de coulée. Parallèlement nous constatons que le mode de coulée influe considérablement sur ces dernières. Pour cela nous observons sur les figures que toutes les courbes ainsi que toutes les propriétés mécaniques du mode de coulée en coquille se situent nettement en dessus de celles de la coulée en sable au détriment des caractéristiques de ductilité.

Les résultats obtenus lors de l'étude détaillée de l'alliage de fonderie AlSi13 coulé par gravitation nous

confirment que son mode de rupture est semblable à une rupture semi fragile pour cinq raisons principales suivantes :

Les allongements à la rupture :  $A\% < 5\%$ , les valeurs des coefficients de striction  $Z < 0,1$  est faible, la résilience  $Kcv$  est très faible, l'énergie de déformation volumique ou ténacité  $Kc$  est très faible avec absence du domaine plastique hétérogène car l'endommagement s'est produit d'une manière brutale et suivant une asymptote verticale d'équation de déformations  $\epsilon_r = \epsilon_m$  avec apparition et propagation brutale de la fissure sur un défaut et les faciès de rupture en traction et en résilience nous montrent que la rupture est semi fragile intragranulaire avec clivage et présentent un aspect brillant à grain. Les courbes moyennes contrainte – déformation font apparaître deux domaines seulement : un grand domaine élastique et un autre plastique homogène très restreint ou l'endommagement instantané débute par une striction de l'éprouvette avec apparition et propagation brutale de la fissure sur un défaut.

Dans cas, on est en présence du mode de rupture probablement de type I avec chargement sévère et perpendiculaire au plan de la fissure.

## Références

- [1] M. Colombié et Coll., *Matériaux industriels : Matériaux métalliques*, p.867, Dunod, Paris (2000).
- [2] Jean-Paul Baillon, Jean-Marie Dorlot, *Des Matériaux*, p.729, 3<sup>ème</sup> édition, Ecole Polytechnique de Montréal, Montréal (2000).
- [3] Jean Baralis, Gérard Maeder, *Précis de Métallurgie : (Elaboration, structure-propriétés, normalisation)*, p.232, 1<sup>ère</sup> édition, Afnor-Nathan, Paris (1997).
- [4] Pierre Guenin, *Techniques de l'ingénieur : Métallurgie des alliages de fonderies - Traité matériaux métalliques M 3521*, p.15, Dunod - Afnor, Paris (2002).
- [5] Roger Devaley, *Techniques de l'ingénieur : Traitement thermique : Traitement de mise en solution-trempe-maturation et revenu M 1291*, p.24, Dunod - Afnor, Paris (2002).
- [6] Roger Devaley, *Techniques de l'ingénieur: Traitements thermiques des alliages d'aluminium M 1290*, p.16, Dunod - Afnor, Paris (2000).
- [7] Sylvain Jacob, *Techniques de l'ingénieur: Données numériques sur les alliages d'aluminium de moulage M 449*, p.32, Dunod - Afnor, Paris (2002).
- [8] Sylvain Jacob, *Techniques de l'ingénieur: Propriétés des alliages d'aluminium de fonderie, M 442*, p.10, Dunod - Afnor, Paris (2000).