

Sur les alliages Aluminium-Silicium

par MM. BRONIEWSKI et SMIALOWSKI



DEUXIEME PARTIE (*fin*) (1)

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES.

Historique. — L'étude des propriétés mécaniques avait été faite surtout sur les alliages affinés.

L'affinage se fait ordinairement par un mélange de fluorure de soude (2 parties) et de chlorure de soude (1 partie) à une température voisine de 900° (2). Une série d'autres sels alcalins (3), le sodium métallique (4) ou une trace de calcium (2) peuvent produire le même effet d'affinage.

La cause de l'affinage n'a pas été définitivement établie et plusieurs hypothèses ont été émises expliquant le phénomène par la dissolution des oxydes (Guillet 1922) (5), l'introduction du sodium et la formation d'un alliage ternaire (Otani, 1926 (6)), la formation de « colloïdes protecteurs » (Gwyer et Phillips, 1926 et 1927) (7) et la surfusion des alliages (Gayler, 1927) (8).

Les mesures des propriétés mécaniques des alliages affinés avaient été plusieurs fois répétées dans les limites industrielles.

M. Czochralski (9) indique la variation de la dureté, de la résistance à la traction et de l'allongement de l'alpax entre la température ordinaire et 350° et fait connaître l'influence du temps d'affinage sur la résistance à la traction, l'allongement et la grosseur du grain de cet alliage.

M. Guillet (10) fait connaître la résistance à la

traction, la limite élastique, l'allongement, la striction, la dureté et la résilience pour les alliages contenant de 1 à 16 % de silicium.

M. Grogan (11) et MM. Stockdale et Wilkinson (12) étudient les mêmes propriétés mécaniques pour les alliages de 8 à 16 % de silicium coulés en sable et en coquille. Dans ce dernier travail a été aussi mise en évidence l'influence du temps d'affinage et de la quantité de sels employés sur les propriétés mécaniques.

MM. Archer et Kempf (13) préconisent l'affinage par du sodium métallique et étudient les propriétés mécaniques des alliages coulés en sable.

Les propriétés mécaniques des alliages industriels affinés ont donc été amplement étudiées, surtout en ce qui concerne l'alliage dit alpax ou silumin qui contient environ 12 % de silicium et 0,5 % de fer comme impureté. Cet alliage, bien connu, présente des propriétés remarquables à l'état coulé où peuvent être garantis une résistance à la traction de 19 kgs et un allongement de 7 % (14). Pour les échantillons affinés dans les meilleures conditions et coulés en coquille la résistance à la traction peut atteindre 21 kgs avec un allongement dépassant 12 % (Gwyer et Phillips). Le traitement thermique et mécanique n'améliore pas sensiblement les propriétés mécaniques de cet alliage.

Notre étude des propriétés mécaniques a été restreinte aux alliages normaux non affinés et aux alliages affinés par du titane.

L'introduction du titane dans l'alpax avait déjà été envisagée dans le mémoire très documenté de

(1) Voir Revue de Métallurgie, t. XXIX, n° 11, p. 542, novembre 1932.

(2) Grogan, J. Inst. Met., XXXVI, 276 (1926).

(3) Welter, J. Inst. Met., XXXVI, 325 (1926).

(4) Petit, C. R., CLXXXI, 718 (1925).

(5) Guillet, R. de Métall., XIX, 303 (1922).

(6) Otani, loc. cit.

(7) Gwyer et Phillips, loc. cit.

(8) Gayler, J. Inst. Met., XXXVIII, 157 (1927).

(9) Czochralski, Zs. f. Metallkunde, XIII, 507 (1921); XIV, 1 (1922); XVIII, 50 (1926).

(10) Guillet, loc. cit.

(11) Grogan, J. Inst. Met., XXXVI, 269 (1926).

(12) Stockdale et Wilkinson, J. Inst. Met., XXXVI, 313 (1926).

(13) Archer et Kempf, Amer. Inst. Min. Met. Eng., (advance Copy) 1926, Febr.

(14) Conditions imposées par le Service d'Aviation Britannique. The Metal Industry, 1929, p. 3.

M. Welter (1) qui trouve que cette addition, jusqu'à la teneur de 1 %, a un influence défavorable en réduisant l'allongement sans augmenter la résistance à la traction et la dureté.

L'affinage par le chlorure de titane de l'aluminium et de ses alliages avec le silicium a été spécifié dans l'étude de MM. Rosenhain, Grogan et Schofield (2). Ces auteurs trouvent que le tétrachlorure

de titane élimine les gaz occlus dans l'alliage et réduit la dimension du grain. Il paraissait donc intéressant de vérifier l'influence de ce traitement sur les alliages aluminium-silicium.

De même M. Røehring (3) confirme que l'addi-

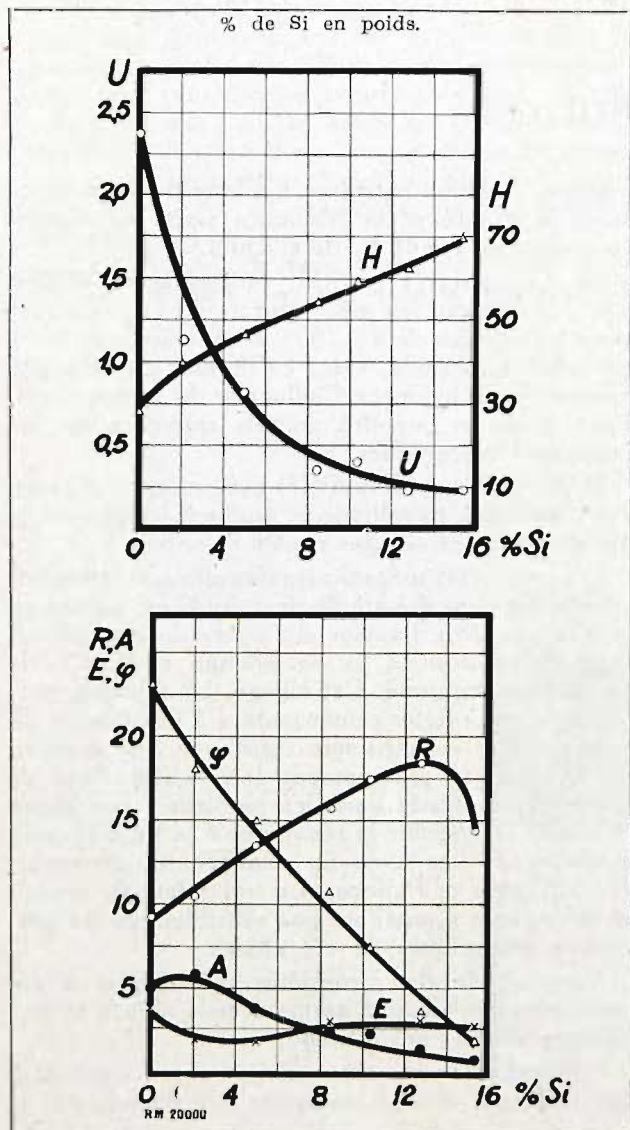


Fig. 14. — Propriétés mécaniques des alliages aluminium-silicium non affinés. R=résistance à la traction; E=limite élastique; A=allongement; ϕ =striction; U=résilience; H=dureté.

(1) Welter, J. Inst. Met., XXXVI, 331 (1926), fig. 15.

(2) Rosenhain, Grogan et Schofield, J. Inst. Met XXXIV, 305 (1930).

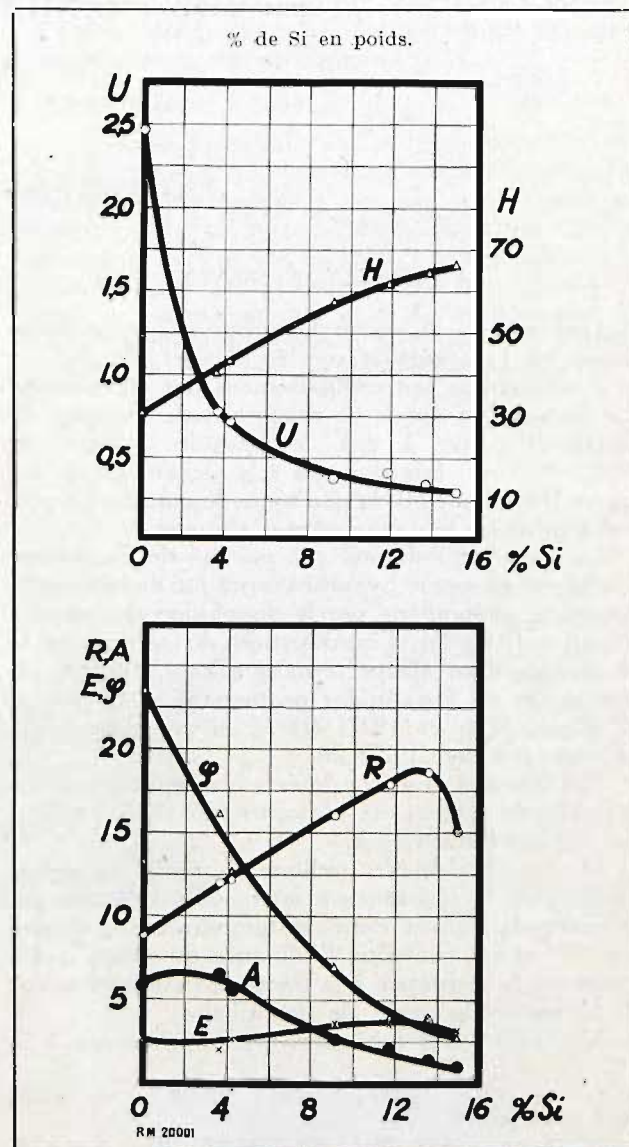


Fig. 15 — Propriétés mécaniques des alliages aluminium-silicium affinés par du tétrachlorure de titane. R=résistance à la traction; E=limite élastique; A=allongement; ϕ =striction; U=résilience; H=dureté.

tion de 0,1 à 0,2 % de titane aux alliages d'aluminium rend leur grain plus fin et augmente la résistance à la corrosion.

(3) Røehring, Metallwirtschaft, X, 105 (1931).

Préparation des échantillons et mesures. — Pour préparer les alliages normaux, non affinés, on faisait fondre l'aluminium au four électrique dans un creuset en terre réfractaire graphitée et l'on additionnait le silicium jusqu'à la teneur voulue sous la forme d'un alliage à 50 % de Si. La coulée en coquille de 17 mm. de diamètre et 300 mm. de longueur se faisait vers 750°. La coquille à fortes parois n'était pas chauffée et on l'ouvrait immédiatement après la solidification de l'alliage.

Pour l'affinage par le titane, on faisait bouillir dans une éprouvette le tétrachlorure de titane et on introduisait par un tube de pyrex sa vapeur dans l'alliage chauffé à 800° pour y faire passer environ 0,1 % de titane (2 % environ de $TiCl_4$). La coulée se faisait comme pour les alliages normaux.

Les lingots coulés servaient directement à la confection des éprouvettes. Pour la mesure de la résistance à la traction, les éprouvettes étaient tournées dans leur partie médiane à 10 mm. sur une longueur de 120 mm., les bouts ayant 815 mm. de diamètre. Les repaires étaient distants de 100 mm.



Fig. 16. — Alliage à 13 % de silicium non affiné, coulé en coquille. Après polissage. Gr=200.

L'essai de rupture se faisait sur une machine Amsler de 10 tonnes avec un piston supplémentaire de 1 tonne. La limite élastique était mesurée avec un extensomètre au 0,01 %. La mesure de la striction se faisait au microscope sur vis micrométrique de 0,01 de mm.

Pour l'étude de la résilience nous avons adopté la petite éprouvette allemande qui posait des conditions plus dures que les autres modèles et permettait de rompre même la plupart des alliages très malléables. Les dimensions de cette éprouvette : $8 \times 10 \times 100$ mm. et son entaille de 3 mm. à l'angle de 45° étaient obtenus par fraisage du lingot coulé. L'essai se faisait au marteau Charpy, modèle Amsler de 15 kgm.

La dureté était mesurée par l'empreinte d'une bille de 10 mm. sous une pression de 500 kgs. L'échantillon billé avait 17 mm. de diamètre.



Fig. 17. — Alliage à 13 % de silicium affiné par du tétrachlorure de titane et coulé en coquille. Après polissage. Gr=200.

RÉSULTATS DES MESURES.

Les nombres obtenus par la moyenne de trois mesures sont indiqués dans les tableaux VII et VIII ainsi que sur les figures 14 et 15, où nous désignerons les propriétés mécaniques par les lettres suivantes :

R résistance à la traction en kg/mm^2 ;
E limite élastique en kg/mm^2 ;

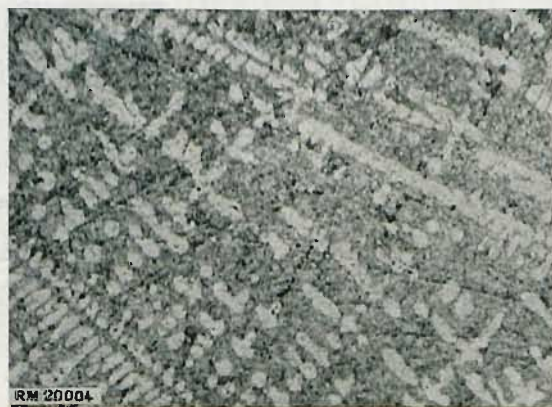


Fig. 18. — Alliage à 13 % de silicium affiné par un mélange de fluorure et de chlorure de sodium et coulé en coquille. Après polissage. Gr=200.

A allongement à la rupture en % sur une longueur égale à 10 diamètres de l'éprouvette;
 ϕ striction en %;
U résilience en kgm/cm^2 ;
H dureté Brinell.

REVUE DE METALLURGIE

Tableau VII. — Propriétés mécaniques des alliages normaux coulés en coquilles.

% de Si en poids	R	E	A %	φ %	U	H
O/Al/	9,3	4,0	5,1	23,2	2,37	28
2,1	10,6	2,0	5,8	18,2	1,13	40
5,0	13,7	1,9	3,9	5,1	0,82	46
8,5	15,9	3,2	2,5	10,8	0,35	54
10,4	17,6	2,0	2,3	7,6	0,40	59
12,8	18,2	3,2	1,5	3,8	0,22	61
15,4	14,8	2,8	0,9	2,0	0,23	69

CONCLUSIONS.

Sur les diagrammes des figures 14 et 15 nous pouvons constater que l'affinage des alliages aluminium-silicium par du tétrachlorure de titane influe peu sur les propriétés mécaniques. L'affinage par sels alcalins bonifie donc ces alliages bien davantage que le traitement par le titane. La structure des alliages aluminium-silicium apparaît, conformément aux observations précédentes, quelque peu modifiée par l'introduction du titane, comme nous

Tableau VIII. — Propriétés mécaniques des alliages affinés par du tétrachlorure de titane.

% de Si en poids	% de Ti en poids	R	E	A %	φ %	U	H pour alliages	
							bruts	recuits
O/Al/	0,24	8,9	2,6	5,8	23,5	2,46	30	23
3,6	0,15	12,0	2,0	6,5	16,1	0,76	40	25
4,2	0,12	12,2	2,6	5,5	12,7	0,70	43	24
9,1	0,11	16,1	3,6	2,7	7,0	0,36	57	47
11,7	0,08	17,9	3,7	2,1	3,9	0,41	61	31
13,5	0,10	18,6	3,9	1,4	3,9	0,33	64	33
14,9	0,12	15,0	3,1	1,0	2,6	0,29	66	—

le montrent les figures 16 et 17, où l'échantillon contenant du titane manifeste un eutectique sensiblement plus fin que l'alliage normal. L'influence du titane sur la structure est pourtant d'un caractère moins profond que l'effet de l'affinage par les sels alcalins (fig. 18), où non seulement l'eutectique prend une grande finesse, mais sa position même est modifiée, de sorte qu'à la place des cristaux primaires de silicium apparaissent les cristaux primaires d'aluminium.

