



## INTRODUCTION

Dans ce numéro sur le soudage de l'aluminium, nous allons souligner certains aspects importants liés à la métallurgie du soudage. En effet, le soudage génère des modifications notables à la microstructure de l'aluminium et entraînent des changements significatifs des propriétés mécaniques du métal.

## LA MÉTALLURGIE DU SOUDAGE

Le soudage des alliages d'aluminium n'est pas une simple équation. Même les spécialistes ne sont pas toujours d'accord sur la réponse des différents alliages au soudage et l'impact sur leurs propriétés mécaniques. Ici, nous nous efforcerons donc de donner des informations générales utiles et quantifiables.

Le soudage de l'aluminium crée systématiquement une zone affectée thermiquement (ZAT) dans laquelle les propriétés mécaniques peuvent être réduites jusqu'à 50 % par rapport aux valeurs nominales, dépendant de l'alliage soudé et du procédé utilisé. Généralement, pour le calcul de structures, il est entendu d'étendre cette zone à 2,5 cm de chaque côté du joint, à moins de pouvoir traiter thermiquement la pièce après soudage. La conception de la pièce doit donc prendre en considération cette réalité.

Les alliages à durcissement par écrouissage, les alliages traitables thermiquement et les alliages de fonderie ne réagissent pas de la même façon au soudage. De plus, ce ne sont pas tous les alliages d'aluminium qui sont soudables. Le tableau I montre la facilité relative avec laquelle il est possible de souder différents alliages.

Tableau 1  
Soudabilité d'alliages d'aluminium standards

Alliage	État	Soudabilité		
		Au gaz	À l'arc	À la résistance, par point ou à la molette
1100	O	A	A	B
	H12, H14, H16, H18	A	A	A
1350	O	A	A	B
	H11, H111, H14, H24, H16, H26, H18	A	A	A
2014	O	D	D	B
	T3, T4, T451, T6, T651, T6510, T6511	D	B	B
2024	O	D	D	D
	T4, T3, T351, T3510, T3511	C	B	B
	T361, T6, T861, T81, T851, T8510, T8511, T72	D	C	B
3003	O	A	A	B
	H12, H14, H16, H18, H25	A	A	A
3004	O	A	A	B
	H32, H34, H36, H38	A	A	A
5052	O	A	A	B
	H32, H34, H36, H38	A	A	A
5083	O	C	A	B
	H321, H111, H116	C	A	A
5086	O	C	A	B
	H32, H34, H36, H38, H111, H116	C	A	A
6005	T1, T5	A	A	A
6061	O	A	A	B
	T4, T451, T4510, T4511, T6, T651, T652, T6510, T6511	A	A	A
6063	T1, T4, T5, T452, T6, T83, T831, T832	A	A	A
	T53	C	A	A
7050	T73510, T73511, T74, T7451, T74510, T74511, T7452, T7651, T76510, T76511	D	D	B
	O	D	D	B
7075	T6, T651, T652, T6510, T6511, T73, T7351	D	D	B

### Légende :

- A = Généralement soudable par toutes les méthodes et les procédures commerciales;
- B = Soudable avec des techniques spéciales ou pour des applications spéciales qui justifient des procédures spécifiques.
- C = Soudabilité limitée pour cause de la fissibilité (*crack sensitivity*) ou des pertes de résistance à la corrosion.
- D = Aucune méthode commune de soudage n'a été développée.

Il existe plusieurs types de métaux d'apport dans l'industrie. Par contre, la majorité des alliages peuvent se souder avec les alliages d'apport 4043 ou 5356. Toutefois, si la pièce doit être anodisée après soudage, il est préférable de ne pas utiliser le 4043, car celui-ci noirci après anodisation. Pour le soudage de pièces moulées, le 4145 est également un métal d'apport privilégié.

### Soudage des alliages à durcissement par écrouissage

Les alliages à durcissement par écrouissage sont ceux des séries 1000, 3000 et 5000 (voir Feuillard technique N° 4). Une fois soudées par des procédés standard, les ZAT des pièces fabriquées dans ces alliages ont des propriétés mécaniques

semblables à celles du métal recuit (état O). Donc, plus l'état d'écrouissage et le durcissement sont importants, plus la perte relative des propriétés est grande. Par exemple, une pièce de 5052-H112 possède une résistance à la traction (tensile ultimate strength) minimale de 172 MPa (25 ksi), tandis qu'une autre pièce fabriquée de 5052-H32 a une résistance à la traction (tensile ultimate strength) minimale de 213 MPa (31 ksi). Une fois soudée, les deux pièces auront une résistance à la traction semblable de 170 – 172 MPa (25 ksi) dans leur ZAT.

### Soudage des alliages à durcissement structural

Les alliages à durcissement structural sont ceux des séries 2000, 4000, 6000 et 7000. Le soudage de ces alliages ramène leurs propriétés mécaniques un peu au-dessus de celles de l'état recuit (état O). Toutefois, comme les gains de propriétés sont souvent beaucoup plus importants pour ce type d'alliages, les pertes de propriétés sont plus importantes. Par exemple, une pièce de 6061-T6 possède une résistance à la traction minimale de 260 MPa (38 ksi). Après soudage, la ZAT de cette même pièce est de 165 MPa (24 ksi), tandis que le même alliage à l'état recuit possède une résistance à la traction de l'ordre de 150 MPa (22 ksi).

### Soudage des alliages de fonderie

Il a été mentionné dans les Feuillards techniques numéros 9 et 10 que certains procédés de fonderie généraient des pièces impossibles à souder, généralement en raison de leur trop grande porosité. De plus, la teneur en hydrogène plus élevée des pièces moulées et les défauts internes ou externes sont sources de soufflures dans les soudures. En contre partie, les alliages de fonderie sont habituellement plus alliés, ce qui les rend moins sensibles à la fissuration à chaud.

Les problèmes de réduction des propriétés mécaniques se retrouvent également lors du soudage des pièces moulées. Néanmoins, certains alliages de fonderie se soudent relativement bien; comme par exemple : le 214, le 319, le 333, le 355, le C355, le 356, le 413, le 443 A612, C612 et D612.

### QUELQUES STRATÉGIES POUR RÉDUIRE L'IMPACT DES SOUDURES

Voici quelques moyens de limiter la réduction des propriétés mécaniques causée par la soudure et/ou de corriger ses conséquences.

1. Localiser les soudures à des endroits où les contraintes sont faibles;
2. Utiliser des méthodes constructives pour compenser les pertes (surépaisseur dans la zone soudée);
3. Retraiter thermiquement l'assemblage soudé (pour les alliages traitables thermiquement).

4. Limiter l'apport de la chaleur et souder rapidement;
5. Augmenter le taux de refroidissement.

### BIBLIOGRAPHIE

BEAULIEU D. *Calcul des charpentes d'aluminium*; Les Presses de l'aluminium, Saguenay, Canada; 2003, 810 p. ISBN 2-923168-00-3

THE ALUMINUM ASSOCIATION. *Aluminum standards and data 2003*; Washington DC; Aluminum Association; 2002; Pagination multiple

BOUCHER C. *L'aluminium et ses alliages – soudabilité, métallurgie du soudage*, Publications du soudage et de ses applications; Institut de soudure, Paris, 2000, 204 p. ISBN 2-85701-340-X

KISSEL J. R., FERRY R. L. *Aluminum Structures*; John Wiley & Sons, New York, New York; 1995, 417 p. ISBN 0-471-05385-6

HEGMANN W. *Travailler l'aluminium*; SIRPE et Les Techniques de l'ingénieur, Paris; 1993, 283 p. ISBN 2-906643-08-4

### UN OUBLI

Dans le dernier Feuillard technique portant sur le moulage, nous avons listé les fonderies d'aluminium du Québec. Malheureusement, nous avons omis d'inclure la fonderie **Paber**. Alors, nous nous reprenons :

#### **Fonderie Paber (moulage au sable et en coquille par gravité)**

296, chemin Vincelotte

Cap-Saint-Ignace (Québec)

Téléphone : (418) 246-5626

Télécopieur : (418) 246-3455

Site Internet : [www.paber-alu.com](http://www.paber-alu.com)