



Publié par :



Le « Feuillard technique » est publié exclusivement sur le site Internet du CQRDA. Pour télécharger cette publication, rendez-vous au <http://cqrda.ca/feuillard.php> ou au http://cqrda.ca/ar_publications.php. Pour toute demande d'information, n'hésitez pas à nous contacter au 418 545-5520.

La désignation des alliages de fonderie

Quelques définitions

- Alliage :** produit métallique obtenu en incorporant à un métal un ou plusieurs éléments (Petit Robert).
- Élément d'alliage :** élément métallique ou non, ajouté à, ou conservé dans un métal de base, en vue de conférer à celui-ci certaines propriétés (Grand dictionnaire terminologique).
- Fonderie :** art de réaliser des pièces en coulant un métal fondu dans une empreinte réfractaire nommée moule (Grand dictionnaire terminologique).
- Coulabilité :** aptitude plus ou moins grande que possède un métal ou un alliage liquide à remplir un moule en se solidifiant (Grand dictionnaire terminologique).
- Retrait :** contraction que subissent les métaux et alliages coulés, en se refroidissant et qui se manifeste à l'état liquide, pendant la solidification, et à l'état solide (Grand dictionnaire terminologique).
- Perte au feu :** diminution de teneur en certains éléments (Grand dictionnaire terminologique).

Pour faire suite à notre article précédent, portant sur les alliages de corroyage, nous avons choisi de présenter la désignation des alliages de fonderie, leurs principales caractéristiques et leurs utilisations typiques.

Les alliages de fonderie contiennent généralement une plus grande proportion d'éléments d'alliage que les alliages de corroyage. L'ajout des éléments d'alliages, tels le silicium, le magnésium ou le cuivre se fait en fonction de nombreux facteurs propres à la fonderie : la coulabilité, la fluidité, la résistance à la déchirure à chaud, l'étanchéité à la pression, le retrait de refroidissement. S'y ajoutent les caractéristiques communes à tous les procédés de transformation : l'usinabilité, la résistance à la corrosion, l'aptitude aux traitements de surface ou au soudage. De plus, les alliages sont élaborés en prenant en considération les procédés de fonderie. Un même alliage ne convient pas nécessairement au moulage au sable, au moulage en coquille ou au moulage sous pression.

La limite élastique et la résistance, spécialement en fatigue, de la plupart des pièces moulées sont inférieures à celles des produits corroyés. La cause provient, principalement, de l'incapacité des procédés actuels à prévenir les défauts de moulage de façon efficace. Toutefois, depuis les dernières années, les innovations dans les alliages et les procédés de moulage ont apporté des améliorations significatives. Celles-ci devront d'ailleurs être prises en considération lors des mises à jour des normes qui s'y rattachent.

Le système à quatre chiffres de désignation des alliages de fonderie

Il n'y a pas de système international de désignation pour les alliages de fonderie comme il y en a un pour les alliages corroyés. À cet égard, la désignation généralement utilisée au Canada est la même qu'aux États-Unis. Adoptée en 1954 par l'*Aluminum Association*, elle a été normalisée par l'*American National Standards Institute* en 1957 sous l'appellation ANSI H35.1. Cette nomenclature de quatre chiffres (1XX.X) ressemble à la nomenclature des alliages corroyés puisqu'il s'agit d'un regroupement des alliages selon le principal élément d'alliage.

Le premier chiffre

Le premier des quatre (4) chiffres représente le groupe auquel l'alliage appartient. Ainsi, le « 2 » de 203.0 indique que cet alliage fait partie de la famille dont le principal élément d'alliage est le cuivre. On remarquera que la série 6XX.X n'est pas utilisée. Elle reste disponible aux futurs développements. Le tableau 1 présente les familles d'alliages par rapport à l'élément d'addition le plus important :

Tableau 1
Signification du premier chiffre de la désignation

Chiffre	Signification
1	Désigne les aluminiums dont le pourcentage en ALUMINIUM est égal ou supérieur à 99,00 %
2	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est le CUIVRE
3	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est le SILICIUM , suivi du CUIVRE ou du MAGNÉSIUM
4	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est le SILICIUM
5	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est le MAGNÉSIUM
7	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est le ZINC
8	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est l' ÉTAIN
9	Désigne les autres alliages d'aluminium

Les deuxième et troisième chiffres

Dans la famille 1XX.X, les 2^e et 3^e chiffres indiquent le pourcentage en aluminium au-delà de 99 %. Ainsi, l'alliage 170.0, développé principalement pour la fabrication de rotors électriques de petits diamètres, contient au moins 99,70 % d'aluminium dans sa composition.

Dans les autres familles, les 2^e et 3^e chiffres n'ont aucune signification particulière et servent seulement à identifier les différents alliages dans leur groupe.

Le quatrième chiffre

Pour toutes les familles d'alliages de fonderie du tableau 1, la décimale représente la forme de l'alliage. Le « 0 » indique qu'il s'agit d'une pièce coulée; le « 1 » qu'il s'agit d'un lingot, mais dont les limites de composition chimique se rapprochent de la pièce coulée, donc probablement de métal recyclé. Finalement, le « 2 » indique qu'il s'agit d'alliage sous forme de lingot d'aluminium primaire. On peut comprendre ces distinctions grâce au tableau 2 lequel présente les différentes formes de

l'alliage 356.X. En regardant d'abord la composition chimique du 356.2, donc de lingot provenant d'une production primaire, on remarque que les limites de composition sont plus faibles sauf pour le magnésium. Cela s'explique par le fait qu'au cours du recyclage et du procédé de fonderie, certains éléments s'accumulent et d'autres, comme le magnésium, diminuent par perte au feu. Les tolérances de composition reflètent cette réalité.

Tableau 2
Variation de la composition de l'alliage 356 selon la forme du produit

No	Produits	Silicium (Si)	Fer (Fe)	Cuivre (Cu)	Manganèse (Mn)	Magnésium (Mg)	Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	Zinc (Zn)	Titane (Ti)	Autres		Aluminium minimum
											Chaque	Total	
356.0	Sable et moule permanent	6,5-7,5	0,6	0,25	0,35	0,20-0,45			0,35	0,25	0,05	0,15	reste
356.1	Lingot	6,5-7,5	0,50	0,25	0,35	0,25-0,45			0,35	0,25	0,05	0,15	reste
356.2	Lingot	6,5-7,5	0,13-0,25	0,10	0,05	0,30-0,45			0,05	0,20	0,05	0,15	reste

Les lettres

Il arrive que la désignation à quatre (4) chiffres soit précédée par une lettre, par exemple l'alliage A356.0 ou le B390.0. Ces suffixes alphabétiques débutant à A, en omettant les lettres I, O, Q et X (le X étant réservé aux alliages expérimentaux), indiquent une légère variation des limites d'impuretés permises ou des éléments d'alliages.

Tableau 3
Composition chimique des variations de l'alliage 357.0

No	Produits	Silicium (Si)	Fer (Fe)	Cuivre (Cu)	Manganèse (Mn)	Magnésium (Mg)	Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	Zinc (Zn)	Titane (Ti)	Autres		Aluminium minimum
											Chaque	Total	
357.0	Sable et Moule permanent	6,7-7,5	0,15	0,05	0,03	0,45-0,6			0,05	0,20	0,05	0,15	reste
A357.0		6,5-7,5	0,20	0,20	0,10	0,40-0,7			0,10	0,04-0,20	0,05	0,15	reste
B357.0		6,5-7,5	0,09	0,05	0,05	0,40-0,6			0,05	0,04-0,20	0,05	0,15	reste
C357.0		6,5-7,5	0,09	0,05	0,05	0,45-0,7			0,05	0,04-0,20	0,05	0,15	reste
D357.0		6,5-7,5	0,20		0,10	0,55-0,6				0,10-0,20	0,05	0,15	reste
E357.0		6,5-7,5	0,10		0,10	0,55-0,6				0,10-0,20	0,05	0,15	reste
F357.0		6,5-7,5	0,10	0,20	0,10	0,40-0,7			0,10	0,04-0,20	0,05	0,15	reste

Autres désignations d'alliages

Comme la nomenclature des alliages de fonderie ne fait pas l'objet d'un accord international, il existe de nombreuses façons de désigner un même alliage. Si le commerce doit se faire avec un autre pays, la sélection d'un alliage de remplacement devrait être basée sur les propriétés recherchées plutôt que sur la simple composition clinique. Même si la tendance s'oriente vers la normalisation, donc la disparition de certaines appellations, le tableau 4 de la page suivante présente, à titre d'exemple, les désignations répertoriées dans le livre de référence *Key to Aluminium Alloys*, édition 2008 publié par *Aluminium Verlag* pour l'alliage A356.0.

Tableau 4

Norme, pays d'origine ou entreprise	Alliage
AA (ANSI H35.1)	A356.0
ISO 3522	Al-Si7Mg
EN 1706	EN AC-42100
Italie	G-AlSiMgTi (alt)
Royaume-Uni	LM25 [AlSi7Mg0,5]
Canada	SG 70N (alt)
Chine	Z1101A [ZAlSi7MgAl]
Almet	Anticorodal-70
Almet	Anticorodal-78 dv
	Apex 46-10
	Apex-A
Pechiney	Calypso 67B
Pechiney	Calypso 67B3
	Eclipsalloy 323
	KS1183
	Mahle 107
	Pantal 7
	S14
	Silafont 35

Description des familles d'alliages

Les différentes familles d'alliages ont des caractéristiques qui leur sont propres. Incidemment, elles sont destinées à des usages particuliers. De plus, la coulabilité varie d'une famille d'alliages à l'autre. Il en résulte des possibilités d'utilisation qui diffèrent. En effet, un procédé en particulier ne permet pas nécessairement d'utiliser tous les types d'alliages. La section suivante présente succinctement quelques particularités des séries d'alliages.

2xx.x - Alliages Al-Cu

- Alliages traitables thermiquement/pour moulage au sable ou en coquille.
- Résistance élevée à température de la pièce et à température élevée; quelques alliages avec une résistance à la fatigue élevée.
- Applications typiques pour des pièces aéronautiques et automobiles/moteurs.
- Alliages courants 201.0 - 203.0.
- Résistance à la rupture typique comprise entre 131 et 448 MPa.

Le plus résistant des alliages communs de fonderie est le 201.0 traité thermiquement. Son aptitude au moulage est limitée par sa tendance aux microporosités et à la déchirure à chaud, donc il doit être utilisé préférentiellement pour le moulage à la cire perdue.

En parallèle aux alliages standards, il existe une gamme d'alliages spécialisés pour des applications spécifiques comme, par exemple, les têtes de pistons, les blocs-moteurs ou les roulements à billes. Pour ces applications, l'alliage choisi doit avoir une bonne résistance à l'usure, un faible coefficient de friction ainsi qu'une bonne résistance à une température élevée.

3xx.x - Alliages Al-Si + Cu ou Mg

- Alliages traitables thermiquement/pour moulage au sable, en coquille ou sous pression.
- Fluidité excellente, résistance élevée; quelques alliages avec une résistance à la fatigue élevée.
- Applications typiques pour pièces d'automobiles (pistons, pompes) et pièces électriques.
- Alliages courants 356.0 - A356.0 - 359.0 - A360.0.
- Résistance à la rupture typique comprise entre 131 et 275 MPa.

Les alliages de la série **3xx.x** sont les plus utilisés, car ils permettent beaucoup de flexibilité attribuable à leur haute teneur en silicium, qui confère aux alliages de cette série une bonne fluidité. De plus, ces alliages répondent bien aux traitements thermiques, ce qui offre plusieurs options au niveau des propriétés mécaniques. Par ailleurs, les alliages de la série **3xx.x** peuvent aussi être coulés à l'aide de la majorité des techniques de fonderie, dont les nouvelles technologies de thixomoulage et de *Squeeze Casting*.

Parmi les alliages les plus utilisés de la série, on retrouve le 319.0 et les 356.0/A356.0 pour le moulage au sable et le moulage en coquille; les 360.0, 380.0/A380.0 et 390.0 pour le moulage sous pression; le 357.0/A357.0 pour plusieurs types de moulage, dont spécialement le moulage-forgeage et le *Squeeze Casting*. L'alliage 332.0 est également très employé compte tenu du fait qu'il peut être produit presque exclusivement à partir de rebuts recyclés.

4xx.x - Alliages Al-Si

- Alliages non traitables thermiquement/pour moulage au sable, en coquille ou sous pression.
- Fluidité excellente permettant la réalisation de pièces à configuration compliquée.
- Alliages courants 423.0 - 443.0.
- Résistance à la rupture typique comprise entre 117 et 172 MPa.

L'alliage B413.0 est reconnu pour sa très bonne coulabilité et son excellente soudabilité lequel provient de sa composition eutectique et à son point de fusion peu élevé (570 °C). Cet alliage combine une ténacité modérée, un bon coefficient d'allongement et une bonne résistance à la corrosion. Il est particulièrement recommandé pour des pièces moulées résistantes à la fatigue, aux formes compliquées, avec des surfaces minces et étanches.

5xx.x - Alliages Al-Mg

- Alliages non traitables thermiquement, difficiles à mouler, mais offrant de bons finis de surface.
- Tenue excellente face à la corrosion et à l'usinabilité.
- Applications typiques : ustensiles et équipements culinaires, pièces aéronautiques.
- Alliages représentatifs 512.0 - 514.0 - 518.0 - 535.0.
- Résistance à la rupture typique comprise entre 117 et 172 MPa.

Les alliages 512.0 et 514.0 ont une résistance moyenne et un bon coefficient d'allongement. Ils sont adéquats pour des pièces exposées à l'eau de mer et à d'autres environnements corrosifs. Ces alliages sont couramment utilisés pour la fabrication de ferrures de portes et de fenêtres susceptibles d'être anodisées. Cependant, l'alliage 355.0 tend à remplacer les alliages de la série **5xx.x** pour ces types de pièces, car il offre une coulabilité supérieure. Néanmoins, pour des pièces moulées sous pression, où l'anodisation décorative est particulièrement importante, l'alliage de choix est le 520.0.

7xx.x – Alliages Al-Zn

- Alliages traitables thermiquement/pour le moulage au sable et en coquille (difficiles à couler).
- Usinabilité excellente.
- Finis de surface d'une qualité exceptionnelle.
- Tenue excellente face à la corrosion.
- Applications typiques : meubles, outils de jardinage, équipements de bureau et équipements miniers.
- Alliages courants 713.0 – 712.0.
- Résistance à la rupture typique comprise entre 205 et 380 MPa.

Les alliages de la série **7xx.x** sont utilisés uniquement lorsque d'excellents états de surface ou une usinabilité hors pair sont nécessaires, car cette famille d'alliages est difficile à couler.

8xx.x – Alliages Al-Sn

- Alliages traitables thermiquement/pour le moulage au sable et en coquille (difficile à couler).
- Usinabilité excellente.
- Tenue excellente face à la corrosion et l'usinabilité.
- Applications typiques : roulements et raccords de tous genres.
- Alliages représentatifs : 850.0 – 851.0.
- Résistance à la rupture typique comprise entre 103 et 205 MPa.

Tout comme les alliages de la série **7xx.x**, ceux de la série **8xx.x** sont difficiles à mouler. Ils sont utilisés seulement lorsque leur facilité d'usinage et leurs qualités, en tant que raccords, sont essentielles.

Sources de référence

Pour la désignation à quatre chiffres utilisée en Amérique du Nord, c'est le « [Pink Sheets – Designations and Chemical Composition Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot](#) » de l'*Aluminum Association* qui est le document de référence. Il présente la composition chimique des quelques centaines d'alliages commercialement actifs et reprend de façon très précise toute l'information liée aux tolérances de composition chimique et à la nomenclature. On peut acheter ce document sur le site de l'*Aluminum Association* (aluminum.org).

Le site www.matweb.com, une base de données de plus de 68 000 matériaux, présente 385 alliages d'aluminium pour la fonderie. On y retrouve les compositions chimiques, les propriétés physiques et les procédés de fonderie auxquels ils sont destinés.

Les fournisseurs

Cette liste n'a pas la prétention d'être exhaustive, compte tenu du fait que quelques entreprises spécialisées dans le recyclage d'aluminium peuvent fournir des pièces à refondre aux fonderies. Toutefois, les fournisseurs présentés sont les principaux en ce qui a trait aux lingots de fonderie.

Alixium

Jean-Guy Cusson (Asbury Wilkinson Inc.)

Tél. : 450 691-7766

Fax : 450 691-7744

jcusson@asburywilkinson.qc.ca

Casmatec Canada inc.

Bureau des ventes - MONTRÉAL
3210, rue Joseph-Simard
Sorel-Tracy (Québec) J3P 5N3
Tél. : 450 743-3632
info@casmatec.com

La compagnie américaine de fer et métaux, inc.

9100, boul. Henri-Bourassa Est
Montréal (Québec) H1E 2S4
Tél. : 514 494-2000
Fax : 514 494-3008
info@scrapmetal.net

Bibliographie

Aluminum Casting technology, 2nd Edition, *American Foundrymen’s Society*, Des Plaines, Illinois, 1997, 356 p.

STEFANESCU D. M., Casting, Volume 15 in ASM Handbook, 9th Edition, *American Society for Metals*, USA, 1988.

HESSE, Werner. Aluminium-Schlüssel/Key to Aluminium Alloys, 8^e édition, *Düsseldorf, Aluminium-Verlag Marketing and Kommunikation GmbH*, 2008, 650 p.

KAUFMAN, J. Gilbert. *Introduction to Aluminum Alloys and Tempers*, Materials Parks, Ohio, ASM International, 1999, 400 p.

KAUFMAN, J. Gilbert. *Properties of Aluminum Alloys : Tensile, Creep & Fatigue Data*, Materials Parks, Ohio, ASM International, 1999, 400 p.

Le Feuillard technique est publié par :

Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium
637, boulevard Talbot, bureau 102
Chicoutimi (Québec) G7H 6A4
Téléphone : 418 545-5520 | Télécopieur : 418 693-9279
info@cqrda.ca | www.cqrda.ca

Rédaction

Jérôme Dubé

Conception

Francine Corneau

Vérification

Edith Villeneuve

Révision linguistique

Communication Velpro inc.

Collaboration

Maurice Duval

Partenaire financier :

