

Le Feuillard
technique

Désignation des alliages de corroyage

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.

Note aux lecteurs :

La toute première édition du Feuillard technique traitant de la désignation des alliages de corroyage a été publiée en 2001. Ayant été révisée et corrigée par l'équipe de recherche du CQRDA, c'est avec plaisir que nous vous présentons cette toute nouvelle version.

Bonne lecture !

La désignation des alliages de corroyage

Quelques définitions :

- **Alliage** : Produit métallique obtenu en incorporant à un métal un ou plusieurs éléments (Petit Robert).
- **Impureté** : Élément présent dans le métal ou dans l'alliage non introduit à dessein (Grand dictionnaire terminologique).
- **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).
- **Corroyage** : Resserrement et orientation des cristaux de métal par l'action du travail de déformation à chaud (laminage ou forgeage) (Grand dictionnaire terminologique).
- **Produits corroyés** : Terme général employé pour les produits obtenus par déformation plastique à chaud et/ou à froid, par exemple : barres, fils, tubes, profilés, tôles, bandes, pièces forgées (Grand dictionnaire terminologique).

L'aluminium qui sort des salles de cuves est pur à plus de 99,5 %. Possédant peu d'applications pratiques, il présente déjà des propriétés recherchées comme la légèreté, la conductivité thermique et électrique en plus d'une excellente tenue à la corrosion. Cependant, il n'offre pas encore les propriétés mécaniques performantes tant prisées aujourd'hui.

C'est par l'ajout d'éléments d'alliage qu'on donne à l'aluminium les propriétés nécessaires à sa mise en œuvre, par exemple des alliages qui se soudent bien ou qui s'usent bien. C'est aussi par l'ajout d'éléments d'alliage qu'on donne à l'aluminium ses qualités structurales qui permettent de construire un fuselage d'avion, une structure de TGV ou un immeuble qui résisteront au temps et à l'usage.

Les alliages d'aluminium sont divisés en deux grandes catégories : les **alliages de fonderie**, qui sont élaborés en tenant compte de leurs propriétés à l'état liquide afin de produire des pièces de fonderie saines, et les **alliages de corroyage** élaborés en tenant compte plus particulièrement de leur capacité à être mis en forme à l'état solide. Pour différencier un alliage d'un autre, il est important d'avoir un système normalisé.

Dans la première moitié du XX^e siècle, la désignation des alliages se faisait surtout par compagnie productrice d'aluminium, parfois avec un système alphanumérique, d'autres fois avec des noms commerciaux. Au Canada, Alcan avait sa propre désignation à 5 chiffres, mais utilisait également la désignation alphanumérique du type « ##S ». Le célèbre avion *Avro Arrow* avait des pièces fabriquées en 75S et 79S, des alliages aéronautiques développés par l'Aluminum Company of America dans les années 40.

La désignation des alliages de corroyage tel qu'on la connaît aujourd'hui a été adoptée aux États-Unis en 1954, pour devenir la norme nationale américaine en 1957. Ce n'est qu'en 1970 que la désignation à 4 chiffres de l'organisme américain *Aluminum Association* (AA) a officiellement été adoptée par les organisations signataires de la *Déclaration d'accord sur un système de désignation internationale pour l'aluminium corroyé et ses alliages*. Les organisations signataires de cet accord représentent une trentaine de pays incluant la majorité des pays d'Europe, les États-Unis, le Canada, le Mexique, le Royaume-Uni, l'Afrique du Sud, le Brésil, l'Argentine, l'Australie, la Chine et le Japon. L'accord dicte la nomenclature des alliages et de leurs variantes, des compositions chimiques nominales pour chacun des alliages et l'enregistrement de nouveaux alliages commerciaux.

Le système de désignation internationale à 4 chiffres

2024, 6061, 7075,... Que signifient les 4 chiffres de ces alliages tant utilisés ?

Le 1^{er} chiffre

Le 1^{er} des 4 chiffres représente le groupe auquel l'alliage appartient. Ainsi, le premier « 7 » de 7075 indique que cet alliage fait partie de la famille dont le principal élément est le Zinc. Si plusieurs éléments d'un même alliage occupent la première position en pourcentage, l'appartenance à une famille d'alliage est établie selon l'ordre suivant : cuivre, manganèse, silicium, magnésium, la combinaison magnésium-silicium, zinc et autres. 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 internationale

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 MANGANÈSE
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
6	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est le MAGNÉSIUM et SILICIUM*
7	Désigne les alliages dont le principal élément d'addition est le ZINC
8	Désigne les autres alliages d'aluminium

* Le magnésium et le silicium forment le composé intermétallique Mg₂Si qui est traité comme un élément d'alliage simple.

Le 2^e chiffre

Dans la famille « 1 », le 2^e chiffre identifie les nuances dans lesquelles certaines impuretés ont des teneurs contrôlées. En effet, à travers le processus de production de l'aluminium, certains éléments se retrouvent « naturellement » en petites quantités dans l'aluminium, ce sont ces éléments que l'on appelle « impuretés ». À cette position, le « 0 », comme dans l'alliage 1050, indique justement que les quantités d'impuretés sont dans les limites jugées « naturelles » à la sortie des cuves. Les chiffres de 1 à 9, à cette position, comme pour les alliages 1100 ou 1350, indiquent que la teneur d'une impureté ou d'un élément d'alliage a fait l'objet d'un contrôle spécial.

Dans les familles 2 à 8, le 2^e chiffre de la nomenclature est réservé aux modifications successives de la composition chimique de l'alliage pour en améliorer les propriétés. Par exemple, la composition de l'alliage 2024 a été enregistrée en 1954, l'alliage modifié 2124 en 1970, l'alliage 2224 en 1978 et ainsi de suite, chaque altération restant dans les limites permises par la norme.

Tableau 2
Modifications successives de l'alliage 2024*

No	Date	Silicium (Si)	Fer (Fe)	Cuivre (Cu)	Manganèse (Mn)	Magnésium (Mg)	Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	Zinc (Zn)	Titane (Ti)	Autres		Aluminium minimum
											Chaque	Total	
2024	1954	0,50	0,50	3,8-4,9	0,30-0,9	1,2-1,8	0,10		0,25	0,15	0,05	0,15	reste
2124	1970	0,20	0,30	3,8-4,9	0,30-0,9	1,2-1,8	0,10		0,25	0,15	0,05	0,15	reste
2224	1978	0,12	0,15	3,8-4,4	0,30-0,9	1,2-1,8	0,10		0,25	0,15	0,05	0,15	reste
2324	1978	0,10	0,12	3,8-4,4	0,30-0,9	1,2-1,8	0,10		0,25	0,15	0,05	0,15	reste
2424	1994	0,10	0,12	3,8-4,4	0,30-0,6	1,2-1,6			0,20	0,10	0,05	0,15	reste
2524	1995	0,06	0,12	4,0-4,5	0,45-0,7	1,2-1,6	0,05		0,15	0,10	0,05	0,15	reste

* Les quantités d'éléments sont les limites maximales permises.

Les 3^e et 4^e chiffres

Dans la famille « 1 », les 2 derniers chiffres indiquent le pourcentage en aluminium au-delà de 99 %. Ainsi, l'alliage 1050 est un alliage qui contient au moins 99,50 % d'aluminium dans sa composition. Dans les familles 2 à 8, les 2 derniers chiffres n'ont aucune signification particulière et servent seulement à identifier les différents alliages dans leur groupe.

Les lettres

Il arrive que la désignation à 4 chiffres soit accompagnée d'une lettre, par exemple l'alliage 6005A. Ces suffixes alphabétiques débutant à A, en omettant les lettres I, O et Q, indiquent une variation nationale d'un alliage. La composition est similaire avec quelques variations, par exemple la substitution d'un élément d'alliage par un autre qui sert le même objectif ou encore des limites de compositions différentes pour les éléments d'affinage de grain.

Tableau 3
Variations nationales de l'alliage 6005

No	Date	Pays	Silice (Si)	Fer (Fe)	Cuivre (Cu)	Manganèse (Mn)	Magnésium (Mg)	Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	Zinc (Zn)	Titane (Ti)	Autres		Aluminium minimum	
												Chaque	Total		
6005	1962	USA	0,6-0,9	0,35	0,10	0,10	0,40-0,6	0,10		0,10	0,10	0,05	0,15	reste	
6005A	1972	France	0,50-0,9	0,35	0,30	0,50	0,40-0,7	0,30		0,20	0,10	0,12-0,50 Mn+Cr	0,05	0,15	reste
6005B	1989	Pays-Bas	0,45-0,8	0,30	0,10	0,10	0,40-0,8	0,10		0,10	0,10		0,05	0,15	reste
6005C	2005	Japon	0,40-0,9	0,35	0,35	0,50	0,40-0,8	0,30		0,25	0,10	0,50 Mn+Cr	0,05	0,15	reste

Quant au préfixe X, il désigne un alliage expérimental. Il est fort peu probable que l'on rencontre ce type d'alliage dans le commerce.

Autres désignations d'alliages

Il existe également une norme ISO, la norme ISO 209:2007 qui définit la composition chimique de l'aluminium et de ses alliages. Cette norme, peu employée, utilise une nomenclature alphanumérique basée sur le pourcentage des éléments d'alliage principaux. Par exemple, l'alliage 2024 du Tableau 2 devient AlCu4Mg1 dans la nomenclature ISO 209. « Al » parce qu'il s'agit bien sûr d'un alliage d'aluminium, « Cu4 » parce que l'alliage contient 4 % de cuivre, et « Mg1 » pour 1 % de magnésium. C'est une désignation moins précise que la désignation AA et peu utilisée.

Le Tableau 4 donne l'équivalent ISO des alliages les plus utilisés :

Tableau 4
Équivalents ISO d'alliages communs

AA	ISO	AA	ISO
1050A	Al99.5	5154	AlMg3.5
1350	E-Al99.5	5154A	AlMg3.5(A)
1060	Al99.6	5454	AlMg3Mn
1070A	Al99.7	5554	AlMg3Mn(A)
1370	E-Al99.7	5754	AlMg3
1080A	Al99.8(A)	5056	AlMg5Cr
1100	Al99.0Cu	5356	AlMg5Cr(A)
1200	Al99.0	5456	AlMg5Mn1
2011	AlCu6BiPb	5083	AlMg4.5Mn0.7
2014	AlCu4SiMg	5183	AlMg4.5Mn0.7(A)
2014A	AlCu4SiMg(A)	5086	AlMg4
2017	AlCuMgSi	6101	E-AlMgSi
2017A	AlCuMgSi(A)	6101A	E-AlMgSi(A)
2117	AlCu2.5Mg	6005	AlSiMg
2219	AlCu6Mn	6005A	AlSiMg(A)
2024	AlCu4Mg1	6351	AlSiMg0.5Mn
2030	AlCu4PbMg	6060	AlMgSi
3003	AlMn1Cu	6061	AlMg1SiCu
3103	AlMn1	6262	AlMg1SiPb
3004	AlMn1Mg1	6063	AlMg0.7Si
3005	AlMn1Mg0.5	6063A	AlMg0.7Si(A)
3105	AlMn0.5Mg0.5	6181	AlSi1Mg0.8
4043	AlSi5	6082	AlSi1MgMn
4043A	AlSi5(A)	7005	AlZn4.5Mg1.5Mn
4047	AlSi12	7010	AlZn6MgCu
4047A	AlSi12(A)	7020	AlZn4.5Mg1
5005	AlMg1(B)	7049A	AlZn8MgCu
5019	AlMg5	7050	AlZn6CuMgZr
5050	AlMg1.5(C)	7075	AlZn5.5MgCu
5251	AlMg2	7475	AlZn5.5MgCu(A)
5052	AlMg2.5	7178	AlZn7MgCu

Enfin, bien que le système international à 4 chiffres soit utilisé dans une grande partie du monde, d'autres systèmes de désignation sont encore utilisés. Il est fort possible qu'en faisant affaire avec un partenaire à l'international, un alliage à la désignation peu orthodoxe soit demandé dans l'appel d'offres. Heureusement, le livre *Aluminium Schlüssel/Key to Aluminium Alloys d'Aluminium-Verlag*¹ est un document de référence qui permet d'élucider les mystères des nomenclatures étrangères et des alliages désignés par marque de commerce. Par exemple, on y apprendra que le S-G1B de l'Inde correspond à l'alliage 1050 du système international.

Le choix d'un alliage

Parmi tous ces alliages, toutes ces nuances et ces subtilités de composition, comment choisir le meilleur alliage pour une application donnée ? L'industrie offre déjà des alliages ou des groupes d'alliages dédiés à des applications spécifiques et les fournisseurs de produits semi-finis en aluminium sauront vous guider dans votre choix. Le Tableau 5, tiré du livre *Corrosion de l'aluminium* de Christian Vargel, donne des exemples d'applications de l'aluminium et de ses alliages.

Tableau 5
Exemples d'applications de l'aluminium et de ses alliages

Application	Principaux critères de choix des utilisateurs	Alliages usuels retenus par les utilisateurs	Remarques
Chaudronnerie, tôlerie	Mise en forme Soudage	1200, 1100 1050A 3105, 3003, 3004 5049, 5052, 5454 5754, 5086, 5083 6082, 6061	
Applications mécaniques	Caractéristiques mécaniques Usinabilité	2618A 2024, 2017A 2014, 2214 2030, 2011 5086, 5083 6005A, 6082 6061 6012, 6262 7075, 7049A	Les 2030, 2011, 6012 et 6262 sont des alliages pour le décolletage (usinage de petites pièces à partir d'une barre, les unes à la suite des autres.
Construction aéronautique et spatiale	Légèreté Caractéristiques mécaniques Mise en forme Usinage Aptitude aux traitements de surface Tenue à la corrosion	2618A, 2024 2014 2214, 2219 7020, 7075, 7175 7475, 7050, 7010	
Véhicules industriels	Mise en forme Assemblage (soudage) Fonctionnalités des demi-produits Esthétique Tenue à la corrosion	3003, 3004 5052, 5454, 5754 5086, 5083 6005A, 6082	
Construction navale	Mise en forme Soudage Tenue à la corrosion	5754, 5086, 5083 6005A, 6082	
Bâtiment	Mise en forme Assemblage Aptitude de l'anodisation, au laquage Tenue à la corrosion	1050A 3105, 3003, 3005 5005, 5052 6060, 6005A 6106	Bandes prélaquées : 1050A, 3105, 3003, 3005 5052 Bandes préanodisées : 5005

¹ Aluminium Verlag, l'éditeur de *Key to Aluminium Alloys* vient de faire paraître la huitième édition, maintenant disponible en format électronique aussi bien que papier.

Applications	Principaux critères de choix des utilisateurs	Alliages usuels retenus par les utilisateurs	Remarques
Équipement du territoire, mobilier urbain	Mise en forme Assemblage (soudage) Fonctionnalités demi-produits Esthétique Tenue à la corrosion	3003 5052, 5086, 5083 6005A, 6082 6060, 6106	En tôles relief : 3003, 5754, 5086
Échangeurs thermiques	Conductivité thermique Mise en forme Assemblage (brasage) Tenue à la corrosion	1050A, 1100 3003, 3005 6060, 6063 8011	Pour les échangeurs brasés : 3003 et 3005 plaqués
Articles culinaires	Emboutissabilité Aptitude aux traitements de surface	1200 1050A 3003, 3004 4006, 4007 5052, 5754	Les 4006 et 4007 sont des alliages pour emailage

Sources de référence en ligne

Pour la désignation à 4 chiffres, c'est le « Teal Sheets - International Alloy Designations and Chemical » de l' *Aluminum Association* qui est le document de référence. Il présente la composition chimique de 450 alliages commercialement actifs et reprend de façon très précise toute l'information liée aux tolérances de composition chimique, les définitions de modification et de qui ne sont plus sur le marché et les recommandations qu'ont à suivre les organismes signataires de la Déclaration d'accord. Ce document peut être téléchargé gratuitement sur le site de l' *Aluminum Association* (aluminum.org) ou sur le site de l' *European Aluminium Association* (eaa.net).

Le site <http://aluminium.matter.org.uk/aluselect/> offre un outil interactif qui vient en aide aux concepteurs qui ont à faire le choix d'un alliage. Il présente aussi les compositions chimiques, les propriétés physiques et mécaniques des alliages les plus utilisés en Europe.

Le site www.matweb.com est une base de données contenant l'information sur plus de 68 000 matériaux, qu'ils soient polymères, céramiques ou métaux, et plus particulièrement plus de 1 200 produits d'aluminium différents. Pour chaque matériau, *MatWeb* offre les compositions chimiques, les propriétés physiques, mécaniques et thermiques.

Bibliographie

- ALUMINUM ASSOCIATION, *Aluminum Standards and Data*, Washington, DC, Aluminium Association, 2006.
- DAVIS, J. R., et autres. *Aluminum and Aluminum Alloys*, Material Parks, Ohio, ASM International, 1993, 784 p.
- HESSE, Werner. *Aluminium-Schlüssel/Key to Aluminium Alloys*, 8^e éd., 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.
- VARGEL, Christian, *Corrosion de l'aluminium*, Paris, Dunod, 1999, 502 p.

Partenaire financier :



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

Edith Villeneuve

Conception

Francine Corneau

Collaboration

Maurice Duval

Révision linguistique

Chantale Boulanger

