

## L'aluminium - 1/5

**Petit dossier fait dans le cadre de mon IUT GMP (Génie Mécanique et Productique) dans le module SDM (Science Des Matériaux) qui raconte l'histoire de l'aluminium, ses caractéristiques, ses propriétés, son utilité dans la vie de tous les jours.**

Découverte de l'aluminium

1821 : France, Baux-de-Provence, Pierre Berthier : découverte de la bauxite (matière première contenant plus 50% d'oxyde d'aluminium)

1825 : Danemark, Hans Christian Oersted : isolement de l'aluminium par une réaction chimique impliquant un amalgame au potassium

1827-1845 : Allemagne, Friedrich Wöhler : amélioration du procédé d'Oersted en utilisant le potassium métallique, mesure de la densité de l'aluminium = 2,7, légèreté de l'aluminium = 2700 kg/m<sup>3</sup>

1854 : France, Henri Sainte-Claire Deville : obtention d'un métal (chlorure double d'aluminium et de sodium) réduit par le sodium

1855 : France, Henri Sainte-Claire Deville : avec le soutien financier de Napoléon III, création d'une usine expérimentale, exposition de l'aluminium pur à l'Exposition Internationale de Paris

1860-1890 : France, Gard : production d'aluminium selon le procédé de Deville dans l'usine Salindres

1886 : France, Paul Héroult et USA, Charles Martin Hall : découverte de la dissolution de l'oxyde d'aluminium dans la cryolite, qui pouvait ensuite être décomposé par l'électrolyse pour donner le métal brut en fusion

1887 : Allemagne, Karl Joseph Bayer : découverte d'un procédé de transformation du minerai de bauxite en alumine

1887-1888 : Suisse, France, USA : Les premières sociétés de production industrielles sont fondées.

Début du XXe siècle : La fabrication de l'aluminium devenant plus facile, son prix diminue, sa production augmente.

Début du XXe siècle – 1950 : La production double tous les 9 ans.

1950-1970 : La production a plus que décuplé.

1970 : production de 10 millions de tonnes

2005 : production de 22,5 millions de tonnes

Principales caractéristiques

Masse volumique : 2700 kg/m<sup>3</sup>

Densité : 2,7 (trois fois moins que l'acier)

L'utilisation de l'aluminium s'impose donc dans les domaines de la construction aéro-nautique et aérospatiale, du transport, etc.

Tenue à la corrosion :

Les alliages en aluminium sont très oxydables. A l'air, il se forme une couche de quelques micromètres d'oxyde d'aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Grâce à cette fine pellicule, les alliages d'aluminium deviennent résistants à la corrosion. Contrairement à la plupart des métaux, l'aluminium a besoin de s'oxyder pour être utilisé. Sans cette pellicule d'oxyde, il serait impropre à la plupart de ses applications.

Ainsi, dans les conditions atmosphériques normales, les revêtements extérieurs de bâtiments ou les pièces en alliage d'aluminium présentent un entretien minimum et une durée de vie allongée.

Par contre, dans les milieux corrosifs (par exemple en contact avec la sueur), les alliages d'aluminium peuvent subir les effets de la corrosion et se piquer (ex : manettes de freins de vélo).

## L'aluminium - 2/5

### Anodisation :

Une oxydation forcée avec un électrolyte permet d'obtenir une coloration des pièces. Cette anodisation peut aussi être incolore pour garder le brillant des pièces (couleur alu).

On peut rendre la couche protectrice d'oxyde plus épaisse par anodisation.

### Conductivité électrique : 37.700.000 S/m

La conductibilité électrique de l'aluminium commercialement pur atteint 62% de celle du cuivre. Un conducteur en aluminium, dont la masse est inférieure à celle d'un conducteur en cuivre, s'échauffe moins. Par ailleurs, comme il est conducteur il faut bien isoler les cartes électroniques pour éviter les courts-circuits.

### Magnétisation : nulle.

### Propriétés mécaniques :

L'aluminium et ses alliages ont une structure cristalline cubique à faces centrées.

Du fait de sa légèreté, son inertie est réduite.

### Mise en forme :

L'aluminium a une température de fusion relativement basse, d'environ 660°C. Il en résulte une facilité de fusion qui présente un avantage certain pour les opérations de fonderie.

Sa ductilité à l'état solide permet de l'usiner facilement. Par exemple : taraudage en un seul passage. Il ne crée pas d'étincelles. En outre, l'aluminium est un matériau relativement élastique mais pas malléable. (On peut le plier une fois dans la mesure du raisonnable, mais la seconde fois il casse).

Sa rigidité permet des structures tubulaires et profilées (application en robotique, en aviation et en cyclisme).

### Recyclage :

Pour recycler l'aluminium, il n'y a rien de plus simple : il suffit de le faire fondre. En plus de bénéfices environnementaux, le recyclage de l'aluminium est beaucoup moins coûteux que l'extraction à partir du minerai de bauxite. Il nécessite 95% d'énergie en moins. Et une tonne d'aluminium recyclé permet d'économiser quatre tonnes de bauxite. En sautant l'étape de l'électrolyse qui réclame beaucoup d'énergie, on évite les rejets polluants qui lui sont associés. L'aluminium est quasiment recyclable à l'infini sans perdre ses qualités. En France, l'aluminium est récupéré dans le cadre du tri sélectif. Dans les centres de tri, il est trié grâce aux courants de Foucault. Il est ensuite cassé et broyé puis fondu.

### Elaboration

L'aluminium est principalement extrait de la bauxite où il est présent sous forme d'oxyde hydraté dont on extrait l'alumine ( $Al_2O_3$ ), mais il peut également être extrait d'autres minéraux tels que la néphéline, la leucite, la silimanite, l'andalousite ou la muscovite.

L'aluminium commercialement pur possède, à l'état recuit, des propriétés mécaniques faibles. On peut toutefois améliorer considérablement ces propriétés par écrouissage, addition d'éléments d'alliage ou traitements thermiques, selon les cas.

### Les domaines d'application

Transport : automobile, camion, avions, train, bateau

Sa légèreté permet de réduire la consommation et les émissions de carburant. Son utilisation réduit le bruit et les vibrations. Son absorption de l'énergie cinétique fait que, dans un accident, une grande partie du choc est

## L'aluminium - 3/5

absorbé par la structure en aluminium, et non par les occupants du véhicule. L'aluminium ne rouille pas comme l'acier. La longévité d'une pièce en aluminium est trois à quatre fois supérieure à celle de l'acier (exemple : châssis). L'aluminium ne réagit pas avec la plupart des matériaux usuels. Il permet donc de transporter une grande diversité de produits : charbon, produits chimiques, produits alimentaires, etc. Un camion en aluminium peut transporter une plus grande quantité (en poids) de marchandises sans pour autant dépasser ses limites de poids. Sur de petits véhicules, le poids de la structure en aluminium peut être jusqu'à 45% moins important qu'une structure en aciers. Ainsi des redimensionnements peuvent être envisagés. Par exemple sur les châssis : ils peuvent être plus petits, et donc moins chers.

Dans le domaine de l'aérospatiale, l'aluminium est très présent du fait surtout de sa légèreté. Il permet d'économiser le carburant, de réduire les émissions et d'augmenter la charge utile d'un avion. Dès 1900, il est venu remplacer progressivement le bois, l'acier, et d'autres matériaux utilisés précédemment. Et le premier avion tout aluminium a été construit au début des années 20. Depuis lors, des avions de toutes sortes et de toutes tailles ont été fait en très grande partie en aluminium. Ses alliages permettent d'absorber des pressions et des efforts considérables impliqués par le vol en attitude. L'aluminium est en plus un très bon isolant contre l'air et le froid. Du fait de sa résistance à la corrosion, certaines compagnies se privent même de peindre leurs avions (économisant ainsi quelques centaines de kilogramme de peinture !).

Dans le domaine du transport ferroviaire, il es utilisé pour les mêmes raisons que précédemment : son poids (sur un wagon, on économise 10 tonnes, la structure en aluminium ne pesant plus que 6,8 kg) et sa tenue à la corrosion (elle permet de transporter du soufre, et tout autre produit corrosif).

Dans le domaine marin, c'est dès 1892 qu'a été établi le premier navire de mer tout aluminium : un yacht de 12 mètres conçu par un Français. Et en 1893, une compagnie américaine faisait des bateaux à rames en aluminium. Des alliages d'aluminium ont été développés, et aujourd'hui, 50% des moteurs hors-bord sont fait d'aluminium. Une coque en aluminium peut tenir plus de 30 ans sans donner signe de fatigue. Le peu d'entretien que demande ce matériaux est un dispositif significatif des navires en aluminium.

Alimentation : boîtes de conserves, papier aluminium, canettes, barquettes, ustensiles de cuisine

L'aluminium est utilisé intensivement pour la protection, le stockage et la préparation de la nourriture et des boissons. Il conduit extrêmement bien la chaleur : il ne garde que 7% de la chaleur laissant les 93 autres % pour faire cuire. Il est employé dans plusieurs types d'emballage en raison de son excellente fonction d'isolant. En effet, il est une barrière très efficace contre la lumière, les UV, l'air, l'eau, les odeurs, les bactéries. Un centième de millimètre d'épaisseur seulement permet à ce qu'il soit imperméable. L'aluminium résiste aux hautes comme aux basses températures, il est facilement stérilisable, et ne transmet ni goût ni odeur. Comme c'est un excellent conducteur électrique, il transmet la chaleur conduite, mais reflète la chaleur radiale (ce qui permet de chauffer sans brûler). Les boîtes de boisson d'aluminium et les bidons de nourriture ont un enduit protecteur de polymère appliqué sur l'intérieur pour prolonger la durée de stockage. Cet enduit de polymère s'assure que les acides et les sels en boissons ou nourriture n'entre en jamais réellement contact avec le métal. Pourquoi les cannettes d'aluminium sont-elles si populaires ? Parce qu'elle ne donne aucun goût, qu'elle garde la saveur et la carbonations à l'intérieur, et l'oxygène, la lumière et l'humidité dehors. Un atout majeur de l'utilisation de l'aluminium dans les emballages est qu'il les rend totalement recyclables. Dans le transport, l'emballage en aluminium est moins fragile et 9 fois moins lourd que celui en verre.

Attention à l'utilisation des plats en aluminium dans le four micro-ondes. En effet, l'aluminium étant conducteur, les électrons qu'il contient sont soumis à la forte agitation moléculaire que provoquent les micro-ondes. A force de s'agiter et de se bousculer, les électrons créent des décharges électriques concrétisées sous forme de grosses étincelles. De plus, le comportement des micro-ondes ressemble un peu à celui de la lumière : les onde traverse l'air et le verre sans les chauffer. En revanche, les surfaces métallique réagissent comme des miroirs : elles réfléchissent les ondes au lieu de les absorber. Résultat : le contenu du plat en aluminium ne peut chauffer.

En outre, l'aluminium peut parfois avoir des effets néfastes pour le système nerveux. Des personnes exposées à des taux élevés d'aluminium (comme celles qui reçoivent des traitements de dialyse) peuvent développer une

## L'aluminium - 4/5

encéphalopathie (forme de démence). L'ingestion de grandes quantités d'aluminium peut aussi être la cause d'atteintes du tissu osseux. On peut trouver de l'aluminium dans les aliments, l'eau et les médicaments, mais en quantité généralement négligeable. En revanche, son utilisation comme conduite d'eau est prohibée.

Emballage divers : aérosols

Du fait de sa tenue à la corrosion, l'aluminium permet de contenir une grande diversité de produits en plus des produits alimentaires : par exemples, les produits chimiques.

Construction

La force, le poids et la polyvalence de l'aluminium font de lui un matériau idéal pour les bâtiments et les revêtements. Sa résistance à la corrosion l'exempt pratiquement d'entretien. Toutes sortes de produits d'aluminium sont employées dans la construction : revêtement, fenêtres, isolant, imperméabilité, portes, garde-corps, gouttières (profilés), etc. Il est facile de former et joindre l'aluminium pour lui donner tous les profilés souhaitables. L'aluminium métallique sous la forme "massive" ne brûlera pas. De plus, son point de fusion relativement bas (660°C) permet d'exhaler assez tôt lorsque d'un feu grave prend. Comme il préfère libérer la chaleur plutôt que la garder, il peut de ce fait sauver les vies et la propriété. Lors de la démolition, l'aluminium peut se recycler et empêcher ainsi les déchets de construction (nombreux !).

Electricité : lignes aériennes, câbles électriques de distribution et de transport d'énergie, câbles d'énergie pour l'usage industriel

L'aluminium est en particulier convenu à cette utilisation en raison de son conductivité électrique élevée, bas poids et bonne résistance à la corrosion. L'aluminium a remplacé le cuivre dans les lignes à haute tension de transmission après 1945 et est aujourd'hui la manière la plus économique de transmettre l'énergie électrique. L'aluminium pèse seulement trois fois moins que le cuivre et un kilogramme d'aluminium peut porter deux fois plus d'électricité qu'un kilogramme de cuivre. Depuis les années 50 l'aluminium a pratiquement remplacé le laiton comme base standard pour l'ampoule électrique. Des milliers d'antennes de télévision et de beaucoup d'antennes paraboliques sont également faits d'aluminium.

Médecine : traitements

L'hydroxyde d'aluminium est largement répandu comme antiacide pour soulager l'irritation gastrique et pour aider à guérir des ulcères. Il a la capacité de réduire l'activité de la pepsine dans l'appareil digestif. Des composés solubles d'aluminium ont été employés pendant beaucoup d'années comme antiperspiranux. Le chlorure d'aluminium était le premier composé utilisé comme antiperspirant bien qu'actuellement le chlorhydrate d'aluminium (qui est beaucoup moins acide) soit le composé principal. Le mécanisme d'action est toujours à l'étude mais il semble agir en formant une prise d'hydroxyde d'aluminium dans le conduit de sueur.

Electronique : CD, conducteur

De l'aluminium très pur (99,980 à 99,999%) est employé en électronique et pour les CD.

Traitement de l'eau :

Du sulfate d'aluminium est largement répandu dans la purification des eaux résiduaires. C'est un agent qui permet d'emprisonner la matière pleine qui peut flotter dans l'eau (comme les algues et toute autre matière organique et non organique).

Sport : cyclisme, raquettes, vêtement, gourde, châssis

L'aluminium permet d'alléger les vélos tout en gardant sa résistance. L'alliage utilisé de base fut le Duralumin

## L'aluminium - 5/5

2024 (AlCu4Mg1). C'est dans les années 1930 que les premiers cadres de vélo sont soudés par des artisans (pour augmenter la rigidité et soigner l'esthétique). Puis, lors de la guerre, les procédés de soudages sur les alliages légers évoluèrent (grâce aux productions en série des sièges de bombardier américain). Ce sont des alliages d'aluminium avec du magnésium qui ont été mis en œuvre, les Alumag (alliage d'aluminium à 6,5% de magnésium). Dès que le constructeur a voulu souder les cadres (pour augmenter la rigidité et soigner l'esthétique), ce sont des alliages d'aluminium avec du magnésium qui ont été mis en œuvre, les Alumag (alliage d'aluminium à 6,5% de Magnésium). Nicolas BARRA, dès 1936 réalisait son premier cadre en brasage tendre avec ce matériau. Pour augmenter les caractéristiques, les fabricants ont proposé ensuite l'alliage 6061 (AlMg1SiCu), puis des alliages encore plus résistants les 7003 et 7005 (AlZnMg). Par contre, ces nuances demandent plus de soin à la mise en œuvre et surtout un traitement thermique après soudage pour retrouver, au niveau de la zone affectée par la chaleur du soudage, les caractéristiques mécaniques élevées attendues. Il est à noter que pour l'assemblage de ces nuances qu'il s'agisse du Duralumin, du 6061 ou 7005, ce sont les mêmes produits d'apport qui sont utilisés pour les souder. Il s'agit soit d'un alliage à très faible caractéristique mais que l'on utilise en soudo-brasage, soit d'un alliage de type 5083 (AlMg4,5Mn0,7). Pour les jantes, ce sont des produits filés du type 6xxx (Aluminium-Magnésium-Silicium) qui sont utilisés. L'avantage de ces nuances est leur facilité à réaliser toutes sortes de profil. Les nuances 7075 (Al Zn5,5MgCu) sont des nuances connues aussi sous le vocable de Zicral. Les fabricants de plateaux et de couronnes légères utilisent le Zicral. Son utilisation pour les cadres ne serait pas judicieuse, sa soudabilité est très mauvaise. En effet, il s'agit d'un alliage très délicat à souder compte tenu de sa tendance à fissurer pendant l'opération de soudage.

### L'aluminium en bref

L'aluminium est un matériau très utilisé dans des domaines très variés, dont les atouts sont surtout sa légèreté, sa tenue à la corrosion et sa productivité aisée.