

L'anodisation est un traitement de surface par voie électrochimique propre à l'aluminium et à ses alliages. Elle engendre, par électrolyse, la formation d'une couche d'oxyde d'aluminium (alumine) qui remplace la couche d'oxyde naturelle de l'aluminium peu résistante. Cette couche d'alumine (AL2O3), d'une dureté très élevée, protège l'aluminium des effets de la corrosion. Elle est plus résistante à l'usure et sa surface s'entretient facilement. De plus, l'anodisation permet la coloration de la surface de l'aluminium et rend son aspect brillant ou satiné.

Les principales étapes du processus d'anodisation

Le processus d'anodisation comporte plusieurs étapes dont le nombre varie selon les exigences du client. Globalement, ce processus consiste à immerger l'aluminium dans des bains de différentes solutions chimiques ou de rinçages. Les premiers bains nettoient et préparent la surface des pièces à l'anodisation. Les bains qui succèdent à l'anodisation colorent la surface de la couche d'alumine et assurent le colmatage de ses pores.

1. Les traitements préparatoires à l'anodisation

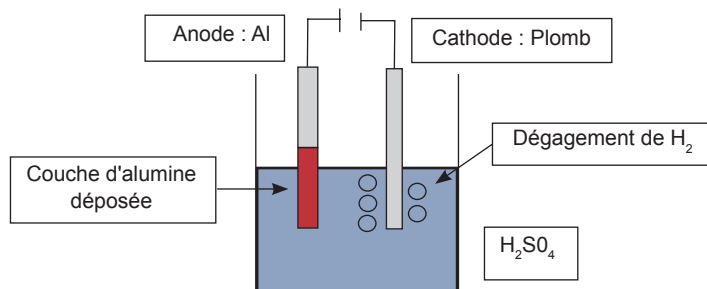
Il existe deux catégories de traitements préparatoires (pré-traitements) à l'anodisation. Les traitements indispensables de nettoyage (dégraissage et décapage) de la surface des pièces et les traitements facultatifs qui embellissent l'aspect de l'aluminium brut (brossage, polissage, brillantage, satinage, etc.).

2. L'anodisation

Dans un bassin rempli d'électrolyte (solution d'acide dilué dans l'eau conductrice de courant électrique), une pièce en aluminium est placée à l'**anode** d'un générateur de courant continu. Un autre métal (plomb, etc.) est placé à la **cathode**.

Le passage du courant électrique à travers l'électrolyte provoque l'oxydation de l'anode d'aluminium. En effet, les ions chargés négativement migrent de la **cathode** vers l'**anode**. Ces ions d'oxygène réagissent avec l'aluminium pour l'oxyder. Cette réaction électrochimique produit la formation graduelle d'une couche d'alumine poreuse à la surface de la pièce de l'aluminium.

Figure 1 : Schéma d'un bain d'anodisation sulfurique avec une cathode en plomb



Source : Groupe Pechiney (1970), « L'anodisation de l'aluminium et de ses alliages », p. 9.

Les différents types d'anodisation

Les propriétés et l'épaisseur de cette couche varient selon la composition du bain d'anodisation. Voici les principales :

- **L'anodisation sulfurique** : elle traite (traitements de protection et de décorations) tous les types d'alliages d'aluminium. L'anodisation sulfurique permet la formation d'un dépôt dont l'épaisseur peut varier de 5 à 50 microns et plus selon les alliages.
- **L'anodisation dure** : elle se fait dans un bain à base d'acide sulfurique. La couche formée est très résistante à l'usure, car elle permet la formation d'une couche plus épaisse que le permettent les autres types d'anodisation. L'épaisseur de la couche peut être de l'ordre de 100 microns. L'anodisation dure est utilisée surtout en aéronautique et en mécanique pour durcir et protéger la surface des pièces;
- **L'anodisation chromique** : elle engendre la formation d'une couche épaisse de quelques microns. Bien qu'elle soit mince, en général de 5 microns, elle offre une excellente protection contre la corrosion. La finesse de la couche de protection obtenue fait de l'anodisation chromique un traitement idéal pour les pièces qui servent à la construction des avions (avion, hélicoptère, etc.).
- **L'anodisation borique-sulfurique** : elle produit une couche d'alumine d'épaisseur égale ou supérieure à celle produite par l'anodisation chromique (jusqu'à 50 microns). Elle est un substitut à l'anodisation chromique qu'on tend à remplacer à cause de son impact sur l'environnement. Elle est utilisée pour remettre à neuf des pièces usées ou mal usinées.

- **L'anodisation phosphorique** : elle est parfois utilisée pour obtenir des couches à larges porosités (5 à 30 microns). Ce type de couche peut servir d'accrochage pour divers types revêtements. Elle est employée dans le domaine de la production de plaques d'impression lithographique;

Le classement de l'anodisation selon l'épaisseur de la couche d'alumine

Les anodisations sont classées selon l'épaisseur en micromètres de la couche d'alumine (voir le tableau). Le choix d'une classe d'épaisseur détermine le type de traitement d'anodisation. Ce dernier doit répondre aux exigences d'utilisation finale de la pièce (intérieure ou extérieure).

Le choix de la classe d'épaisseur des pièces de construction et d'infrastructures urbaines (applications architecturales) dépend des normes nationales en vigueur dans chaque pays et des conditions environnementales.

Tableau de classification selon l'épaisseur de la couche d'alumine

Classes d'épaisseur	
Classification	Épaisseur minimale
Classe 5	5 µm
Classe 10	10 µm
Classe 15	15 µm
Classe 20	20 µm
Classe 25	25 µm
Applications intérieures	Au moins classe 5
Applications extérieures	Au moins classe 15

Source : Directives concernant le label de qualité QUALANOD pour l'anodisation sulfurique de l'aluminium, édition du 15 septembre 2004, www.qualanod.net.

3. La coloration, l'imprégnation ou l'impression

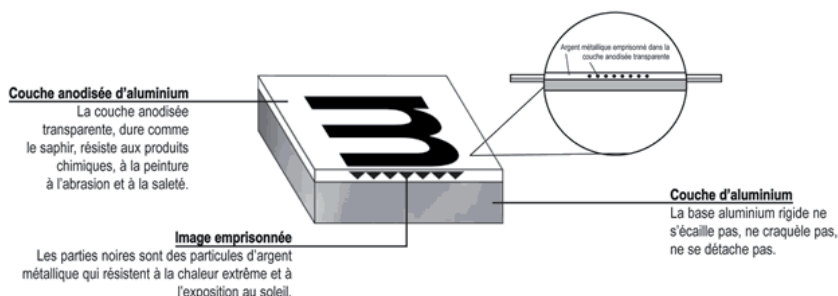
La coloration

La porosité de la couche d'alumine permet sa coloration. En effet, les colorants pénètrent dans les pores et sont piégés au cours de l'opération de colmatage des pores. Les méthodes de coloration les plus connues sont la coloration par absorption, l'autocoloration et la coloration électrolytique.

L'impression ou l'imprégnation d'images

Il est également possible d'obtenir des images par le procédé photo argentique sur une base d'aluminium anodisé non colmatée appelée métalphoto (voir figure 2). Après colmatage, la couche d'alumine transparente protège l'image des intempéries, des effets de la corrosion, de l'abrasion, de l'eau salée, de plusieurs dissolvants industriels et de produits chimiques.

Figure 2 : Le métalphoto



Source : [En ligne] <http://www.thermoflan.com/France/somsifr/Metalphoto/presmet/presmet.html> (page consultée le 8 avril 2008).

4. Le colmatage

La dernière étape du processus d'anodisation consiste à immerger la pièce d'aluminium dans l'eau bouillante. En s'hydratant, l'alumine gonfle et augmente de volume, ce qui a pour effet de fermer les pores. Cette opération confère à la couche son inertie chimique optimale. Les propriétés physiques de la couche d'alumine après le colmatage des pores sont les suivantes :

- ◇ le point de fusion est de 2 000 °C (Aluminium; 658 °C);
- ◇ le coefficient de dilatation linéaire est de $5 \cdot 10^{-6}/K$ (aluminium; $23 \cdot 10^{-6}/K$);
- ◇ la conductibilité thermique varie de 21 à 63 W/m °C (Aluminium; 220 W/m °C);
- ◇ la densité varie de 2,8 à 3,2 g/cm³ en fonction du degré de porosité de la couche;
- ◇ l'allongement à la rupture de 0,3 à 0,4 %;
- ◇ la dureté est de 500 Brinells.

La qualité et la conformité du résultat final

La qualité du résultat final et sa conformité aux exigences du client dépendent de la qualité de préparation de la surface des pièces. Il est également important de tenir compte des facteurs suivants :

- La couche d'alumine fait ressortir le relief : elle amplifie les défauts de surface de l'aluminium. En conséquence, les égratignures, les encoches, les marques (inclusions, etc.) visibles ou perceptibles au toucher avant l'anodisation le seront aussi après. Avant l'anodisation, il est fortement recommandé de manipuler les pièces avec soin et de les entreposer dans un endroit sec, éloignées les unes des autres pour éviter qu'elles n'emprisonnent l'humidité et s'abîment;
- Les points d'attache de la pièce au support de la cuve ne seront pas anodisés. Il est donc essentiel de prévoir l'emplacement de ces points d'attache lors de la conception des pièces d'aluminium;
- Les variations dimensionnelles produites par l'anodisation doivent être considérées lors de la conception des pièces;
- Les rivets, les boulons, les vis et les parties de la pièce qui ne sont pas en aluminium peuvent se désagréger dans le bain d'anodisation et provoquer une corrosion de l'aluminium;
- Les bains doivent être préparés avec de l'eau déminéralisée afin d'éviter que les minéraux modifient le résultat final. Pour maintenir la qualité, l'anodiseur devra assurer un bon contrôle de ses bains.
- L'étape du décapage n'élimine qu'une partie des défauts de surface. Il n'enlève pas les égratignures profondes et les défauts de surface sérieux. Pour certains alliages, si une couche d'aluminium est enlevée pendant le nettoyage (décapage) des pièces, les composés intermétalliques comme le Mg₂Si et le MgSn₂ apparaîtront à la surface de la pièce sous la forme de

petites taches noires appelées « smuts ». La couche d'alumine est alors moins résistante à la corrosion et sa brillance et sa couleur peuvent s'altérer;

- L'utilisation de différents alliages peut nuire à l'uniformité du fini de surface de la pièce. En effet, des pièces fabriquées avec différents alliages, bien qu'elles soient traitées dans le même bain d'anodisation, risquent d'être de couleurs légèrement différentes;
- La structure microscopique de la couche d'alumine varie avec le degré de déformation du métal (pliage). Il en résulte des variations de coloration entre les zones déformées et les zones non déformées;
- Les procédés métallurgiques (forgeage, fonderie, extrusion, laminage, etc.) peuvent altérer l'uniformité de la surface de la pièce (inclusions, etc.) et diminuer la qualité de l'anodisation;
- Les opérations de pliage et d'étirage réalisées après anodisation vont provoquer l'apparition de microfissures (fines lignes claires) ou d'écaillage de la couche anodisée;
- La couche d'alumine est infusible et doit être donc être enlevée avant les opérations de soudure.

L'entretien des surfaces anodisées

Un entretien périodique de la surface des pièces est essentiel pour enlever les accumulations de saletés ou de dépôt gras et pour éviter l'apparition de taches. Il n'est pas nécessaire de confier le nettoyage à un spécialiste. Il suffit d'utiliser la bonne méthode et les bons produits.

Tableau des méthodes de nettoyage de la couche d'oxyde d'aluminium

Types de pollution	Produits recommandés	Étapes d'entretien
Dépôts de poussière et de salissures peu importants	Eau chaude et savon ou détergent	Essuyer l'excès d'eau avec un chiffon propre pour éviter les dépôts de sels calciques si l'eau est dure.
Épaisses couches de salissures ou de dépôts gras	Solvants organiques (Kérosène, térébenthine, etc.)	Rincer la surface au solvant propre avec un chiffon et la sécher pour éviter les coulures.
Importants dépôts de saletés ou de suies	Abrasifs légers et eau	Nettoyer, rincer à fond et sécher la surface
Dépôts et taches résistantes	Tampons abrasifs et eau (abrasifs fins pour éviter les égratignures)	Frotter doucement, enlever les fibres métalliques, rincer et sécher la surface

Source : Groupe Pechiney (1970), « L'anodisation de l'aluminium et de ses alliages », p.55.

L'utilisation de tampons abrasifs grossiers (paille de fer, papier émeri, etc.), de produits nettoyants très forts (détergents pour lave-vaisselle et pour la lessive) et de produits basiques ou acides abimera la couche d'alumine.

Les normes

Les normes sont des règles reconnues par l'ensemble des acteurs de l'industrie de l'anodisation et elles sont inscrites dans un document dont le contenu indique aussi l'état de la science, de la [technologie](#) et des savoir-faire en vigueur au moment de la rédaction.

Les normes régissent la terminologie industrielle propre au procédé d'anodisation, les sigles, les symboles, la métrologie. Elles indiquent les caractéristiques, les seuils de performance du produit ou du service, les méthodes et les moyens pour la réalisation d'un essai sur un produit. À titre d'exemple, on contrôle la qualité de la pièce anodisée en mesurant l'épaisseur de la couche d'alumine, en vérifiant la qualité du colmatage de ses pores, sa résistance à la corrosion et à l'abrasion et la solidité de sa couleur. Les normes sont élaborées par diverses associations et organisations, dont les suivantes :

- l'Association pour le contrôle de la qualité dans l'industrie de l'anodisation de l'aluminium en Europe (QUALANOD);
- l'Organisme de normalisation française (AFNOR);
- l'Organisme international de normalisation (ISO);
- l'Industrie militaire (MIL).

Les entreprises qui offrent le procédé d'anodisation

ALMAHO INC.

575, rue des Calfats
Lévis (Québec) G6V 9E7
Tél. : 418 833-7997
www.almaho.com|almaho@almaho.com

PLACAGE GRANBY INC.

300, rue St-Urbain, unité 42
Granby (Québec) J2G 8M8
Tél. : 450 372-2041
www.placagegranby.ca

A & D PRÉVOST INC.

305, 12^e Avenue
Richelieu (Québec) J3L 3T2
Tél. : 450 668-8771
www.adprevost.ca

ALUMICO MÉTAL ET OXYDATION INC.

4343, rue Hochelaga, bureau 100
Montréal (Québec) H1V 1C2
www.alumico.com

ANODISATION VERDUN INC.

3971, rue de Verdun
Montréal (Québec) H4G 1L1
Tél. : 514 761-4531
www.verdunanodizing.com

FABRI-MÉTAL LTÉE

8290, rue Grenache
Montréal (Québec) H1J 1C5
Tél. : 514 351-1440,
www.fabri-metal.com

FINITION ULTRASPEC INC.

2600, rue De Miniac
Montréal (Québec) H4S 1L7
Tél. : 514 337-1782
www.ultraspec.qc.ca

GROUPE AL TECH 2003 DIV. DE 9124-8161 QUÉBEC INC.

2455, rue Halpern
Montréal (Québec) H4S 1N9
Tél. : 514 335-3666
www.groupaltech.com

GROUPE MELOCHE INC.

491, rue des Érables
Salaberry-de-Valleyfield (Québec) J6T 6G3
Tél. : 450 371-4646
www.melocheinc.com

MÉTOPLUS INC.

47, rue de Rotterdam
Saint-Augustin-de-Desmaures (Québec) G3A 1S8
Tél. : 418 878-1811
www.divisioncam-pro.com

PLACAGE SHERBROOKE 2000

1247, rue Wellington Sud
Sherbrooke (Québec) J1H 5E8
Tél. : 819 820-0212
jacquespaquette@placagesherbrooke.com

ANODISATION ET PEINTURE TNM INC.

21, chemin De l'Aviation
Pointe-Claire (Québec) H9R 4Z2
Tél. : 514 429-7777
<http://www.tnminc.ca>

ULTRASPEC

2745 rue de Miniac
Saint-Laurent (Québec) H4S 1E5
Tél. : 514 337-1782
www.ultraspec.qc.ca

ANODISATION ANOTECH INC.

6045, boulevard Thimens
Montréal (Québec) H4S 1V8
Tél. : 514 333-5476 | 514 402-6594
www.anotech.ca/

LEGO CENTRE DE FINITION INC.

6880, boul. Couture
Montréal (QC) H1P 2W6
Tél. : 514 323-4131
www.legoplating.com

LES TECHNOLOGIES T.Q.F. INC.

6640, Vanden Abeele
Saint-Laurent (Québec) H4S 1Y3
Tel. : 514 333-3895
www.tqftech.com

Références

PROVERT, H. R. (2005), *Aluminum How to, the Chromating-Anodizing-Hardcoating Handbook*, NC : Garner, 138 p.

WERNICK, S., PINNER, R., SHEASBY, P.G. (1987), *The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and its Alloys*, 5^e édition, Volume 2, Angleterre : ASM International Finishing Publications Ltd., 661 p.

L'anodisation de l'aluminium et de ses alliages (1970), Paris : Groupe Pechiney, 56 p.

Sites Internet intéressants

- . <http://www.ifremer.fr/tsi/qualite/specif/31ST01C.pdf>
- . <http://www.qualanod.net>
- . <http://www.bil-ibs.be/fr/Metallerie/pdf/F09MET65ok.pdf>
- . http://www.adal.asso.fr/images/client/Adalinfo_5.pdf
- . http://www.adal.asso.fr/recom_prestataires/anodisation.php
- . <http://www.metalphoto.com>

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

Suzanne Lemieux
Stagiaire, CQRDA

Collaboration

Maurice Duval, CQRDA
Edith Villeneuve, CQRDA

Conception et réalisation

Francine Corneau, CQRDA

Révision linguistique

Marie-Chantal Dufour-Beaudin



Partenaire financier :

