

Définition de l'anodisation

Procédé

Dans l'oxydation électrolytique, la pièce d'aluminium est plongée dans un électrolyte acide et branchée au pôle positif d'une source de courant continu – elle fait donc office d'anode. Sous l'influence du courant, des anions oxygénés de charge électrique négative passent de la cathode à l'anode, où ils déposent de l'oxygène, qui réagit avec l'aluminium pour produire de l'oxyde d'aluminium. Il se crée d'abord une couche de colmatage très mince, non poreuse et isolante électriquement. Celle-ci oppose une résistance au passage du courant, mais celui-ci traverse tout de même en raison de la tension régnant dans le bain. L'électrolyte s'infiltré dans les pores ainsi créés et forme sur le support d'aluminium une nouvelle couche de colmatage compacte. Seule la couche de colmatage toute fraîche formée directement sur l'aluminium a ce caractère compact et diélectrique. Le processus se répète en permanence, engendrant ainsi une couche d'oxyde poreuse sur la couche de colmatage. Ces pores sont innombrables, de sorte que la couche s'épaissit de manière régulière en progressant dans le métal. Comme l'oxyde d'aluminium prend plus d'espace que l'aluminium métallique, la couche d'oxyde dépasse dans une certaine mesure le niveau de la surface originale de l'aluminium. En raison de sa formation, la couche d'oxyde est fermement ancrée sur le métal et ne peut en être détachée que par la destruction de l'ensemble des couches. La couche d'oxyde anodique constitue un reflet topographique fidèle de la surface originale.

Les entreprises associées à l'ASA offrent un grand nombre de procédés d'anodisation différents permettant de générer des couches d'oxyde aux propriétés très diverses. Selon les procédés, on peut ainsi faire varier l'épaisseur et la structure des couches d'oxyde afin d'obtenir les effets décoratifs souhaités ou de satisfaire à différentes exigences techniques.

Caractéristiques

Anodisation GS (par courant continu dans l'acide sulfurique)

La couche d'oxyde d'aluminium est formée par un courant continu dans un électrolyte d'acide sulfurique à 18 – 20 °C. Sur demande, ces couches peuvent aussi être colorées. La résistance optimale à la corrosion est obtenue ensuite par colmatage (sealing) dans l'eau bouillante. Pour les demi-produits anodisés, on réalise généralement des couches transparentes et incolores. Différents éléments d'alliage (silicium, manganèse, cuivre, zinc, ...) permettent d'obtenir un obscurcissement ou une coloration de la couche d'oxyde. Outre l'alliage d'aluminium, le type de production du demi-produit et les traitements thermiques utilisés sont déterminants pour l'effet décoratif.

L'épaisseur des couches d'oxyde est de l'ordre de 5 à 30 µm selon le champ d'application.

L'épaisseur standard de l'anodisation GS est de 10 à 20 µm.

Anodisation dure GSX (par courant continu, dans l'acide sulfurique et oxalique)

La couche d'anodisation dure est formée par un courant continu dans un électrolyte d'acide sulfurique et oxalique fortement refroidi. Les couches GSX sont extrêmement dures, résistantes à la corrosion et sensiblement plus épaisses que les couches des autres procédés. Différents éléments d'alliage (silicium, manganèse, cuivre, zinc, ...) permettent d'obtenir un obscurcissement ou une coloration (couleur propre) de la couche d'oxyde. L'épaisseur usuelle des couches est de l'ordre de 30 à 80 µm.

Une épaisseur de 50 µm permet d'obtenir un bon rapport prix-performances. Pour augmenter sa résistance à l'usure et aux frictions, les couches d'oxyde GSX peuvent être dotées d'une pellicule en PTFE.

Anodisation chromique

La couche d'anodisation chromique est obtenue par un courant continu dans un électrolyte d'acide chromique à une température d'environ 40 °C. Ces couches sont très minces, mais particulièrement résistantes à la corrosion. Elles sont élastiques et les pièces traitées peuvent être formées dans une certaine mesure sans causer de fissures ou d'écailllements de la couche. L'épaisseur usuelle se situe entre 1,5 et 6 µm. Selon l'alliage, il se crée une coloration opaque tirant sur le gris-vert. Les couches chromiques non colmatées conviennent particulièrement bien pour les pièces d'aéronautique devant offrir des surfaces adhérentes pour des vernis ou des collages.

Ematal/Ematal dur

Les couches Ematal sont obtenues par un courant continu dans un électrolyte spécial (acide oxalique, borique et citrique, oxalate de potassium-titane) à une température d'environ 40 °C. Leur épaisseur atteint 8 à 20 µm pour l'Ematal et 20 à 30 µm pour l'Ematal dur. Leur structure, qui diffère de celles des couches GS ou GSX, leur confère une surface lisse dont la rugosité n'est que très légèrement augmentée par rapport à la surface originale, d'où une haute résistance aux roulements et aux frictions. Leur résistance extrême à la corrosion leur ouvre de vastes domaines d'application dans les environnements agressifs (industrie chimique, construction de moteurs...). Les couches Ematal ressemblent à l'émail et leur couleur varie du gris clair au bronze selon l'alliage.

Anodisation dure colorée Permalux

La couche d'oxyde dure colorée est générée par un courant continu dans un mélange spécial d'acides organiques. En raison des caractéristiques particulières des couches obtenues, le procédé d'anodisation dure colorée Permalux offre une meilleure résistance aux contraintes mécaniques et chimiques que le procédé GS. Les surfaces Permalux sont utilisées partout où il faut allier esthétique et protection optimale des surfaces.

Colmatage (sealing)

Les pores de la couche d'oxyde obtenue par anodisation sont fermés lors de la phase ultime du processus de travail. La couche perd ainsi la faculté d'absorber des matières étrangères et présente dès lors un caractère vitreux et manipulable. Avant le colmatage, les substances adsorbées (pigments ou sels colorants) sont liées et fixées dans la couche d'oxyde. L'oxyde d'aluminium est hydraté pendant le colmatage, dans un bain d'eau à plus de 97 °C. Cette opération entraîne une augmentation du volume qui provoque la fermeture des pores. Il est extrêmement important que la couche d'oxyde soit bien colmatée pour assurer la haute qualité de la surface des pièces traitées. Le colmatage est donc sévèrement surveillé.

Chromatation (oxydation chimique de l'aluminium)

Les couches de conversion chimique se forment dans des solutions aqueuses d'acide chromique. Depuis peu, des couches de conversion conformes RoHS sont également proposées pour l'industrie électrique, électronique et automobile. Celles-ci ne contiennent plus de Cr6 – uniquement du Cr3 voire pas de chrome du tout. Les couches chromatées sont très fines et ne modifient pas ou très peu les dimensions des pièces. Selon l'application, on utilise des couches chromatées transparentes ou jaunes. En raison de leur résistance limitée à l'abrasion, les couches de conversion chimique n'offrent aucune protection contre l'usure mécanique.

Prétraitements mécaniques

Avant l'anodisation, il faut éliminer mécaniquement les dommages, les défauts et les irrégularités indésirables de la surface. Les types de traitement décrits permettent d'obtenir une surface mate ou brillante, selon les souhaits. Tous les procédés présentés ne sont pas utilisables pour l'architecture et/ou l'industrie.

Attention: Il n'est pas possible de réaliser ici une rectification servant au formage et préservant la constance dimensionnelle.

a) Ponçage, brossage (E4*)

Lors du «ponçage, brossage», toutes les surfaces désignées sont poncées jusqu'à en faire disparaître toutes les rayures, griffures, éraflures ainsi que les traces de lime et de corrosion (à l'exception des cas extrêmes). Ensuite, les surfaces sont également brossées. Ce traitement confère à la surface anodisée de la pièce une fine structure aux reflets métalliques et satisfait à de hautes exigences de régularité et de propreté.

b) Polissage (E3*) / Ponçage, brossage et polissage (E5*)

Le polissage rend la surface lisse et brillante. Le traitement doit intervenir sur une surface propre et nette, légèrement poncée et parfaitement nettoyée et dégraissée. La nécessité de faire précéder le polissage d'un ponçage dépend de l'état de la surface à traiter et doit être tirée au clair avec les conseillers techniques. Un polissage mécanique est indiqué uniquement pour de petites surfaces. Il est possible d'imiter ainsi l'aspect de l'acier chrome-nickel, du laiton ou de l'or poli.

c) Brossage / Scotchage (E2*)

Le traitement à l'aide de brosses circulaires en sisal ou de fibres synthétiques spéciales permet de donner aux surfaces anodisées un brillant clair et satiné. Les traces du brossage sont légèrement visibles. Les rayures, griffures, éraflures, traces de lime et autres défauts de la surface ne sont éliminés que partiellement par ce traitement économique. Un brossage sans ponçage préalable n'est donc réalisé qu'après une mise au clair préalable.

d) Léger ponçage, brossage (analogue à E2*)

Par «léger ponçage», on entend un ponçage superficiel unique, avec une seule granulation, afin d'éliminer de petites rayures et autres dommages de la surface. La surface poncée est ensuite brossée pour lui conférer un brillant satiné et une structure brossée clairement visible. Des rayures, des dommages et des traces de corrosion plus profonds peuvent rester visibles. L'avantage réside ici dans le rapport prix-performances.

e) Vibro-abrasion

Les pièces à traiter sont poncées et polies par des vibrateurs à hautes performances. Pour atteindre une friction très intensive des surfaces de contact, l'énergie de choc est transmise à la pièce et aux abrasifs. Une sélection attentive des abrasifs et du mélange de produits chimiques adéquat permet de répondre à de hautes exigences en termes de précision et de brillance des surfaces. Ce procédé est possible uniquement pour de petites pièces.

f) Sablage

Un agent de sablage approprié (corindon, grenaille d'aluminium, billes de verre, etc.) est projeté sur la surface métallique par un système pneumatique. Ainsi, la surface du métal est nettoyée et la pièce est ébavurée ou dotée d'une structure décorative. L'effet du sablage peut être déterminé par le type et les caractéristiques de l'agent de sablage.

g) Polissage mécanique et chimique ou électrochimique (E8*)

Ponçage et polissage suivis d'un polissage chimique ou électrochimique est un traitement qui confère une apparence très brillante; les défauts mécaniques de la surface et les débuts de corrosion sont ainsi généralement éliminés.

* Les désignations E0 à E8 se réfèrent à la norme DIN 17611/17612

Prétraitements chimiques

Les objets en aluminium ne peuvent pas être oxydés chimiquement ou anodiquement sans autre. Les impuretés, les huiles, les graisses, les liquides de refroidissement et les abrasifs de même que les résidus du laminage, de la coupe, de la trempe et de la coulée doivent être éliminés par un prétraitement chimique. Pour obtenir une couche d'oxyde régulière, il faut une surface nette.

Tous les procédés présentés ne sont pas utilisables pour l'architecture et/ou l'industrie.

a) Dégraissage

Le dégraissage, la première étape de tous les traitements chimiques ou électrochimiques, élimine en profondeur toute trace de substances organiques. Pour cela, les pièces sont traitées dans des bains de nettoyage aqueux alcalins. Les graisses et les huiles y sont émulsifiées, dissoutes et dispersées.

Attention: Les huiles de silicone, les lubrifiants à la silicone ou les agents de traitement séchés non émulsifiables peuvent nécessiter des opérations supplémentaires (par ex. l'utilisation de solvants ou un dégraissage manuel à l'aide d'abrasifs).

b) Décapage (E0*)

Après le dégraissage, les pièces en aluminium sont généralement décapées. Cette opération a lieu dans un bain alcalin (anodisation à l'acide chromique = bain de décapage acide) qui élimine les dernières traces de graisse, d'impuretés et d'oxyde naturel.

Attention: L'élimination totale de la couche d'oxyde est indispensable à une structuration régulière des couches lors de l'anodisation. Pour les pièces de précision traitées intégralement, le décapage est réduit au strict minimum, voire supprimé, pour préserver les dimensions. Dans ce cas, les pièces doivent être livrées propres et nettes, sans aucune impureté tenace, pour permettre une bonne structuration des couches.

c) Matage (E6*)

Le matage est une version renforcée du décapage alcalin. Les surfaces matées offrent une apparence satinée. Les rayures ou dommages légers sont alors dissimulés sans disparaître ou être nivelés entièrement. Les pièces apparentes qui doivent être aussi peu réfléchissantes que possible nécessitent une application spéciale. Les pièces en aluminium dont certaines parties doivent conserver des dimensions précises sont matées dans un bain spécial minimisant l'abrasion.

Attention: L'abrasion doit absolument être prise en compte. Certaines parties très précises peuvent devoir être couvertes avant le matage.

d) Polissage chimique (E7*)

Pour les réflecteurs, la robinetterie, les objets décoratifs et certaines pièces d'appareils en aluminium, on souhaite souvent obtenir un maximum de brillance et de capacité de réflexion. Les surfaces en aluminium polies mécaniquement n'atteignent qu'une capacité de réflexion de 70%. La couche d'oxyde anodique nécessaire à la protection et au maintien du lustre diminue encore la capacité de réflexion de 5 à 15%. Un polissage chimique suivi d'une oxydation de protection permet de porter la capacité de réflexion (et donc le brillant) à 80%. L'abrasion chimique de 5 à 10 µm lisse l'aluminium de manière à lui conférer une surface très brillante.

Attention: Seul l'aluminium pur (99,8%) ou ultra pur (99,9%) permet d'atteindre des brillances élevées.

e) Polissage électrolytique (E7*)

Le polissage électrolytique permet d'obtenir les plus hautes valeurs de brillance. L'abrasion intervient par un courant continu dans un mélange acide à forte viscosité. Le courant trouve des accès d'abord dans les pointes et les zones convexes et irrégulières de la surface. Cette usure ciblée des éléments surélevés produit également un lissage général de la surface avec une abrasion réduite.

Attention: Seul l'aluminium pur (99,8%) ou ultra pur (99,9%) permet d'atteindre des brillances élevées.

f) Polissage mécanique et chimique ou électrochimique (E8*)

Ponçage et polissage suivis d'un polissage chimique ou électrochimique est un traitement qui confère une apparence très brillante; les défauts mécaniques de la surface et les débuts de corrosion sont ainsi généralement éliminés.

* Les désignations E0 à E8 se réfèrent à la norme DIN 17611/17612

Coloration

La coloration exige une anodisation transparente (incolore). Excepté dans le procédé Permalux, la coloration intervient lors d'étapes de processus séparées. Pour le secteur de l'architecture (application extérieure), il faut recourir à des techniques de coloration appropriées garantissant des valeurs de résistance à la lumière supérieure à 8 sur la «Blue Scale» européenne (le procédé de vérification est décrit dans la norme ISO 2135). La couleur effective de l'échantillon original peut être influencée par différents facteurs. Exemples:

- Le type du demi-produit, la composition de l'alliage et de la structure du matériau
- Le traitement mécanique et la rugosité de la surface
- Les prétraitements mécaniques et chimiques
- L'épaisseur de la couche

Les éléments suivants sont problématiques pour la coloration décorative:

- Alliage de la fonte d'aluminium
- Surfaces polies et sablées
- Cordons de soudure et zones affectées thermiquement

L'ASA recommande de réaliser des échantillons avec des pièces originales dans tous les cas.

Grâce à leur état structural, les couches d'oxyde GS constituent une excellente base de coloration. Le procédé de coloration intervient entre l'anodisation et le colmatage (sealing). Le colorant ou les sels métalliques colorants sont déposés dans les pores et parfaitement protégés par le processus de colmatage.

Les principaux procédés de coloration sont les suivants:

a) Coloration par adsorption (Sanodal/Sandalor)

Les pièces sont colorées par immersion. Les couleurs destinées au secteur de l'architecture n'offrent une résistance maximale à la lumière et aux intempéries que lorsque la couche d'oxyde est entièrement colorée. Avec les teintes argent, laiton et or, des couleurs claires bénéficient également d'une résistance maximale à la lumière et aux intempéries.

b) Coloration électrolytique (Colinal)

Ici, l'aluminium anodisé est coloré dans une solution de sels métalliques sous l'action d'un courant alternatif. Les différentes teintes beiges-brunes à noires dépendent de la durée du traitement. Ce procédé de coloration résistant à la lumière et aux intempéries offre les mêmes possibilités d'application que l'anodisation transparente.

c) Coloration combinée (Sandalor/Bronze)

Après la coloration électrolytique Colinal, la surface est colorée une nouvelle fois par absorption dans une solution colorante. Ce procédé combiné permet d'élargir sensiblement l'éventail de teintes résistantes à la lumière et aux intempéries.

d) Anodisation dure colorée Permalux (procédé de coloration intégrale)

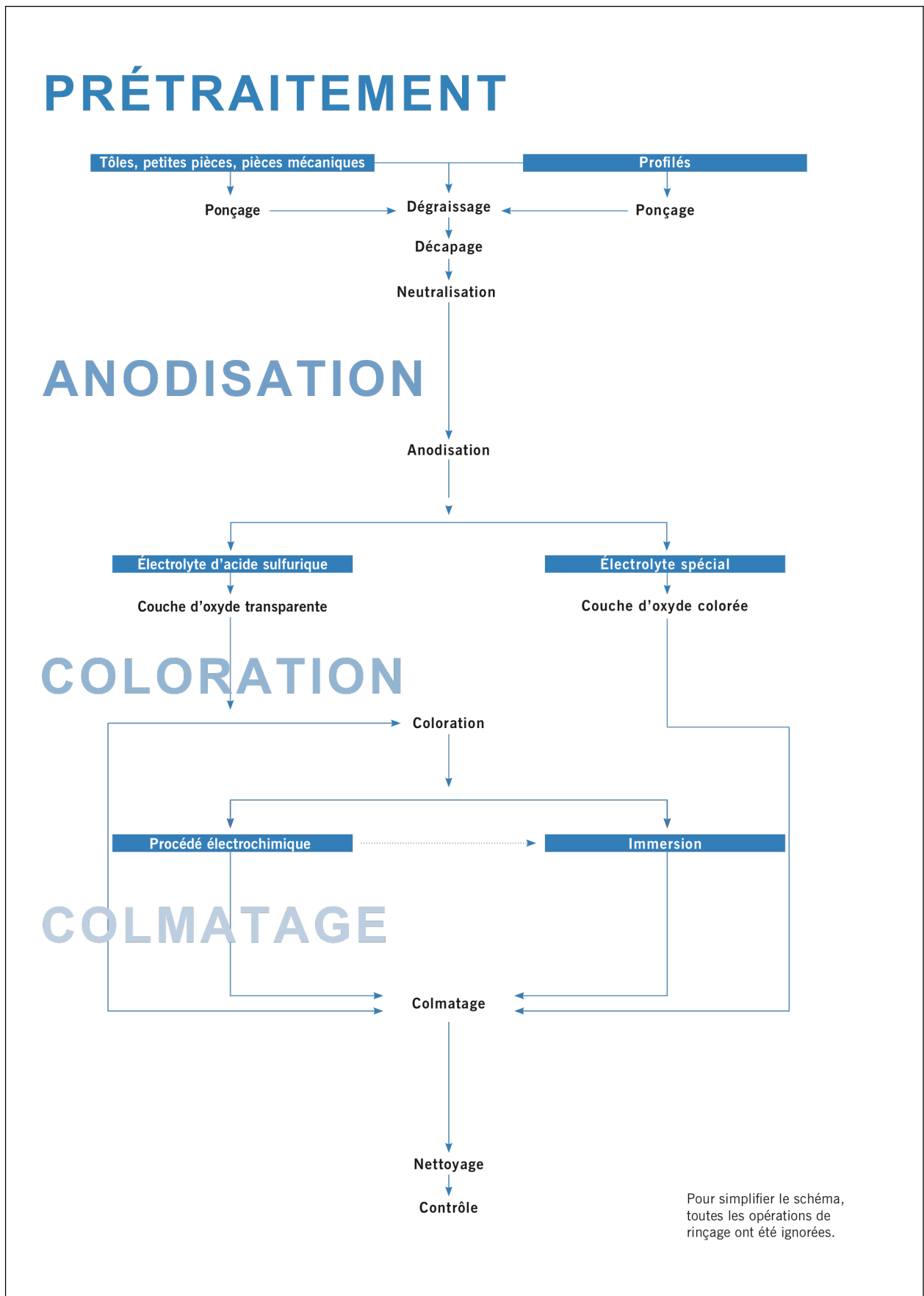
Avec les propriétés des couches obtenues et les teintes allant du gris-brun au brun-beige en passant par toutes les nuances claires et foncées, l'anodisation Permalux offre une combinaison remarquable de hautes performances techniques et de finition décorative. Contrairement aux autres méthodes de coloration, la substance colorante fait ici partie intégrante de la couche d'oxyde; elle est atteinte par un réglage précis des paramètres du processus.

e) Coloration par interférence (Spectrocolor 2000)

Dans le procédé de coloration par interférence, des particules de sels métalliques résistants à la lumière et à la corrosion sont déposés dans les pores spécialement modifiés de la couche d'oxyde. L'effet colorant n'intervient donc pas par la coloration des pores, mais par la réflexion et l'interférence de la lumière environnante: les couleurs se forment par le reflet de la lumière à la fois sur la surface de l'aluminium et sur celle des particules métalliques intégrées. Les différentes teintes sont obtenues en déterminant l'écart séparant ces deux niveaux de surface.

Le procédé de coloration par interférence exige une étude approfondie et un échantillonnage précis sur la base de l'alliage original.

Schéma du traitement



Écologie

L'aluminium anodisé est respectueux de l'environnement et peut être recyclé à 100% indéfiniment, sans perte de qualité du matériau de base. Les procédés d'anodisation utilisent des solutions aqueuses dégradables de manière chimiquement neutre. Les résidus sont aujourd'hui intégrés dans des cycles de matières sur la base des recherches menées par les entreprises du secteur des traitements de surface d'aluminium et l'ASA. Par exemple, l'hydroxyde d'aluminium et les surplus de décapage des entreprises d'anodisation sont utilisés comme précipitants dans les stations d'épuration communales. L'emploi de substances polluantes et coûteuses est très réduit. Techniquement, les surfaces d'aluminium peuvent être mises en œuvre sans inconvénients écologiques, pour autant que ces surfaces soient réalisées dans une entreprise spécialisée dont l'ASA reconnaît le système de traitement des résidus.

Assurance qualité

Une qualité optimale ne saurait être atteinte sans une épaisseur de couche suffisante et un colmatage. Ces deux facteurs jouent donc un rôle déterminant pour le contrôle de la qualité et leur importance n'a cessé de croître avec l'extension des différents champs d'application de l'aluminium anodisé.

Aujourd'hui, toute une série d'appareils sont disponibles pour contrôler l'épaisseur des couches de manière rapide, précise et fiable. Le procédé le plus courant est la méthode par courants de Foucault selon ISO 2360. Pour le contrôle du colmatage, on dispose également depuis quelques années d'appareils de mesure électriques (mesure de l'admittance ou de l'impédance selon ISO 2931). Par ailleurs, un test relativement simple permet de déterminer le pouvoir absorbant des couches d'oxyde, ce qui fournit une bonne indication de la qualité du colmatage (essai à la goutte de colorant selon ISO 2143). En outre, de nombreux procédés permettent de réaliser des examens scientifiques précis. Ceux-ci peuvent toutefois se révéler très fastidieux et détruisent la couche d'oxyde, ils ne sont donc appropriés qu'en cas d'arbitrage (mesure de perte de masse selon ISO 3210).

L'importance des contrôles de qualité dans les entreprises d'anodisation a conduit à la création d'un **label de qualité** pour les couches d'oxyde produites par anodisation d'aluminium et utilisées en architecture. L'EURAS (Association européenne des anodiseurs) et l'EAA (European Aluminium Association) ont établi ensemble des directives à cet effet. Les détenteurs de ce label de qualité font l'objet d'au moins deux contrôles chaque année par une instance neutre, notamment l'Empa pour la Suisse. Attribution de licence pour la Suisse: ASA, c/o AC-Treuhand AG, Zurich.

Entretien et nettoyage de façade en aluminium anodisé

Les surfaces de tous les matériaux utilisés en architecture sont soumises aux mêmes salissures naturelles, provoquées par les intempéries. Les façades perdent alors leur aspect décoratif d'origine et, avec le temps, deviennent déplorables. La présence de saletés favorise également le risque de corrosion.

L'entretien et le nettoyage de façades en aluminium anodisé ne posent aucun problème. Les façades et les éléments de construction en aluminium anodisé peuvent être lavés comme les fenêtres, avec de l'eau et un adoucisseur d'eau neutre (détergent). L'eau de lavage doit ensuite être entièrement rincée à l'eau claire.

Mais le nettoyage à la fin des travaux et les nettoyages de maintenance périodiques ne doivent être confiés qu'à des entreprises spécialisées dans le nettoyage des façades. La Centrale suisse des constructeurs de fenêtres et façades (CSFF) donne volontiers des recommandations en la matière: www.szff.ch.

Pour de plus amples informations, nous renvoyons à la directive CSFF 61.01 Entretien et nettoyage des façades métalliques.

Les recommandations suivantes s'appliquent pour des nettoyages grossiers ou ponctuels de même que pour les petits nettoyages d'entretien:

- **Poussière**, peu adhérente
Essuyer, sans exercer de pression, avec un chiffon sec en coton ou laver avec une éponge humide puis sécher à l'aide d'un chiffon propre.

- **Autocollants, peinture, mastic, goudron**
Enlever soigneusement à l'aide d'un solvant adéquat et de chiffons propres en coton.
- **Ciment, mortier, béton, plâtre**
Enlever immédiatement à l'aide d'une éponge ou d'une brosse douce avant le séchage. Laver à grande eau puis sécher à l'aide de chiffons propres en coton.
- **Surfaces vitrifiées**
Rincer avec beaucoup d'eau. Nettoyer avec un détergent neutre et une éponge. Pas de nettoyage mécanique abrasif! Rincer une nouvelle fois puis sécher.
- **Saleté ordinaire**
Rincer avec beaucoup d'eau. Nettoyer avec un détergent neutre et une éponge. Rincer une nouvelle fois puis sécher.
- **Règles générales:**
 - Toujours essayer dans le sens du laminage ou du ponçage
 - Exercer peu de pression
 - Ne pas faire de mouvements circulaires
 - Ne pas utiliser de produits fortement abrasifs
 - Ne pas utiliser de détergents fortement alcalins ou acides
 - Toujours rincer avec beaucoup d'eau
 - Utiliser de l'eau distillée ou minérale pour le dernier rinçage (éviter la formation de traînées)
 - Enlever l'eau avec un racloir en caoutchouc et sécher avec des chiffons propres en coton ou des serviettes en papier appropriées

Nous déconseillons vivement de traiter les couches d'oxyde avec des produits à base de cires, d'huiles ou de graisses. L'utilisation de ces produits est liée à un très important risque de dommage et de formation de taches.

Caractéristiques/Normes

Normes	Procédé
DIN 50939 MIL-C-5541E	Chromatation d'aluminium
DIN EN 2536 MIL-A-8625F Type 3 BS 5599 ISO 10074	Anodisation dure d'aluminium
DIN 17611 MIL-A-8625F Type 2 Ö-Norm C-2531 BS 3987	Produits en aluminium oxydé par anodisation Anodisation GS avec et sans coloration
DIN EN 2101 MIL-A-8625F Type 1	Anodisation chromique d'aluminium
DIN EN 12373-1 à 19 BS 6161 Part 1 à 18	Contrôle de couches d'oxyde anodique