

# Protection par anodisation dure des alliages d'aluminium à usage sous-marin

Spécification technique Ifremer n° 31 ST 01

Indice D

# Protection par anodisation dure des alliages d'aluminium à usage sous-marin

## Spécification technique Ifremer n° 31 ST 01

DITI/GO/ECP/98/095  
Projet : recueil de spécifications ISM  
Rédacteur initial : P. PEGOU



### Résumé :

La présente spécification est une application particulière de la norme *ISO 10074 [R1]* pour la protection des ensembles mécaniques réalisés en alliages d'aluminium en vue d'un usage sous-marin.

### Mots-clés :

### Révisions

Indice	Date	Auteur principal	Objet de la modification
A	08/10/1993	-	Version initiale avec prise en compte des remarques du groupe d'évaluation et de correction
B	15/10/1993	-	Ajout encart descriptif du traitement
C	27/03/1998	P. JEGOU	- Evolution des références normatives, des contrôles et prise en compte de remarques d'industriels de l'anodisation. - Précaution d'usage sur assemblage soudé.
D	05/05/2022	E. RAUGEL	- Evolution des références normatives

	Nom	Date	Signature
Rédacteur(s)	E. RAUGEL	05/05/2022	
Vérificateur(s)	C. RENAUT	05/05/2022	
Approbateur(s)	P. WOERTHER	06/05/2022	<small>Patrice WOERTHER</small> 

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Objet .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Domaine d'application .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Références &amp; terminologie .....</b>	<b>4</b>
3.1	Références .....	4
3.2	Terminologie .....	4
<b>4</b>	<b>Alliages d'aluminium concernés .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Traitement.....</b>	<b>6</b>
5.1	Caractéristiques du traitement .....	6
5.2	Manutention des pièces à anodiser .....	7
5.3	Contrôles après traitement .....	7
5.4	Emballage / Livraison .....	7
<b>6</b>	<b>Règles de conception des pièces anodisées dures .....</b>	<b>8</b>
6.1	Géométrie des pièces.....	8
6.2	Assemblage soudé.....	8
6.3	Réserve dimensionnelle .....	8
6.4	Masquage .....	9
6.5	Couplage électrique .....	9
6.6	Anodes sacrificielles .....	9
6.7	Notations spécifiques à insérer au plan de définition.....	9
<b>7</b>	<b>Informations transmises par les donneurs d'ordre .....</b>	<b>10</b>
7.1	De l'Ifremer à l'usineur.....	10
7.2	De l'usineur à l'anodiseur .....	10
<b>8</b>	<b>Informations transmises par les fournisseurs .....</b>	<b>11</b>
8.1	De l'anodiseur à l'usineur .....	11
8.2	De l'usineur au client.....	11

## 1 Objet

L'utilisation d'alliages d'aluminium en milieu marin subsurface peut nécessiter une protection des surfaces contre la corrosion telle que l'anodisation dure. Cette protection est efficace à condition de respecter certaines précautions de conception et une spécification rigoureuse de fabrication.

La présente spécification est une application particulière de la norme internationale réf. [R1] dont tous les termes sont ici applicables.

## 2 Domaine d'application

Appliqué à des pièces mécaniques en contact avec l'eau de mer, le traitement d'anodisation dure a pour but essentiel de protéger l'alliage d'aluminium de la corrosion directe par formation d'une couche d'alumine épaisse et protectrice rendue étanche par colmatage. Cette protection peut également répondre à différents besoins fonctionnels ou esthétiques.

Bien que l'oxyde d'aluminium soit un isolant, l'anodisation dure ne constitue pas une protection absolue contre le couplage galvanique. En conséquence, le concepteur devra, par d'autres méthodes, prendre toutes précautions pour isoler les matériaux conducteurs de potentiels d'électrode différents.

## 3 Références & terminologie

### 3.1 Références

Les versions applicables sont les dernières éditions.

Réf.	Norme	Titre
[R1]	ISO 10074	Anodisation de l'aluminium et de ses alliages - Spécification pour l'anodisation dure de l'aluminium et des alliages d'aluminium
[R2]	NF EN ISO 2360	Revêtements non conducteurs sur matériaux de base non magnétiques conducteurs de l'électricité - Mesurage de l'épaisseur de revêtement - Méthode par courants de Foucault sensible aux variations d'amplitude
[R3]	NF EN ISO 2143	Anodisation de l'aluminium et de ses alliages - Appréciation de la perte du pouvoir absorbant des couches anodiques après colmatage - Essai à la goutte de colorant avec action acide
[R4]	NF EN ISO 9227	Essais de corrosion en atmosphères artificielles - Essais aux brouillards salins
[R5]	NF EN ISO 4516	Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques - Essais de microdureté Vickers et Knoop
[R6]	NF EN ISO 2931	Anodisation de l'aluminium et de ses alliages - Évaluation de la qualité des couches anodiques colmatées par mesurage de l'admittance
[R7]	NF L00-015	Aéronautique et espace - Management et assurance de la qualité - Déclaration de conformité

### 3.2 Terminologie

OAD Oxydation Anodique Dure

## 4 Alliages d'aluminium concernés

Les recommandations dépendent des nuances :

- **Série 7000 état T6 (7075 état T6, 7049A état T6)**

La protection par anodisation dure est indispensable en toutes conditions marines. Une destruction localisée de ce revêtement peut provoquer une accélération importante du processus de corrosion. Cette protection de surface sera donc systématiquement complétée par l'implantation d'anode(s) sacrificielle(s).

- **Série 6000 état T6 (6061 état T6, 6060 état T6, 6082 état T6)**

Ces alliages d'aluminium présentent une corrosion lente et relativement uniforme. Pour les applications de longue durée (> 6 mois), la protection par anodisation dure peut s'avérer nécessaire afin de s'affranchir des problèmes de variation de masse ou de poids apparent ou pour conserver un état de surface ou des qualités de contact dans les assemblages. Anodisés ou non, les alliages de série 6000 peuvent également bénéficier d'une protection cathodique par anode(s) sacrificielle(s).

- **Série 5000**

Les alliages de la série 5000 (5083-5086-5754) se comportent particulièrement bien en milieu marin sans revêtement de surface. La présente spécification peut cependant leur être appliquée.

- **Alliages AS7G03 et AS7G06**

La présente spécification peut être appliquée.

Note : pour l'utilisation des alliages d'aluminium des séries précédemment citées à d'autres état métallurgiques, il convient d'effectuer une étude spécifique.

## 5 Traitement

L'oxydation anodique dure (OAD), destinée à la protection contre la corrosion, à l'apport de dureté superficielle et à l'apport d'une résistance au frottement, est retenue avec un double colmatage obligatoire. Les traitements OAD devront être conformes à la norme réf. [R1], sauf caractéristiques spécifiques Ifremer.

Il appartient à la société de traitement de surfaces d'inspecter l'ensemble des pièces pour engager ou non le traitement.

### 5.1 Caractéristiques du traitement

Le traitement se fera préférentiellement avec des produits Coventya ou éventuellement avec des produits Surtec.

#### Caractéristiques de l'anodisation

- Epaisseur du traitement : 50  $\mu\text{m}$
- Tolérances sur épaisseur du traitement :  $+0/+15 \mu\text{m}$  ( $+0/+8 \mu\text{m}$  en cas d'impératif de précision)
- Dureté :  $\geq 250\text{Hv } 0,05$
- Température du bain : généralement  $-5$  à  $0^\circ\text{C}$
- Dilution du bain : suivant fiche technique COVENTYA ou SURTEC
- Courant : suivant fiche technique COVENTYA ou SURTEC

#### Caractéristiques préconisées pour colmatage :

- Produit de colmatage N°1 : Coventya Lanthane 613.3 ou Surtec 650 ou Lanthane 631
- Température du bain :  $30$  à  $40^\circ\text{C}$
- Durée : à ajuster en fonction des caractéristiques de la pièce
- Produit de colmatage N°2 : Coventya Lumia Seal 931 ou Surtec 348 ou eau
- Température du bain :  $94^\circ\text{C}$  minimum
- Durée : à ajuster en fonction des caractéristiques de la pièce

#### Rinçage :

L'anodiseur devra mettre en œuvre un mode opératoire permettant de renforcer les opérations de rinçage (pour éviter les coulures) en portant une attention particulière aux zones de retentions telles que taraudages, trous non débouchants, soudures non bouclées ou interstices non soudés. Il est donc conseillé d'utiliser l'additif préconisé par le fournisseur du produit de traitement pour atteindre cet objectif.

## 5.2 Manutention des pièces à anodiser

Un dispositif de préhension de la pièce pendant le traitement doit être proposé, en accord avec l'anodiseur. Le choix des points d'accrochage ou des surfaces d'appui est identifié sur le plan de définition de la pièce (voir paragraphe 6.1).

## 5.3 Contrôles après traitement

### 5.3.1 Contrôles visuels

L'aspect et la teinte doivent être unis, réguliers, homogènes, sans pulvérulence, sans poudrage, sans tache ou décoloration par endroit, sans discontinuité, sans trace de coulure.

L'état de surface ne doit comporter aucune piquûre, brûlure, écaillage, cloquage, fissure et aspérité.

La présence des épargnes stipulées sur le plan de fabrication doit être vérifiée.

### 5.3.2 Contrôle de l'épaisseur

Un contrôle d'épaisseur de l'anodisation selon la norme réf. [R2] critère AA20 doit être effectué pour chaque pièce traitée.

Un produit revêtu d'une couche d'oxydation anodique correspondant à la classe d'épaisseur AA 20 a une épaisseur moyenne minimale de 20 µm et une épaisseur locale minimale de 16 µm.

### 5.3.3 Contrôle des cotes de la pièce

Un contrôle des cotes finales des pièces anodisées devra être effectué de façon à vérifier le respect du plan de définition (voir paragraphes 6.3 et 7.1).

### 5.3.4 Autres contrôles (option)

Selon les besoins, l'Ifremer pourra demander la réalisation de contrôles supplémentaires notamment :

- Contrôle de colmatage : « test à la goutte » suivant norme réf. [R3], sur une éprouvette traitée avec le lot de pièces ou sur une pièce finie dans une zone non fonctionnelle avec accord écrit de l'Ifremer.
- Contrôle de dureté : suivant norme réf. [R5] avec pour critère une valeur minimale de 250Hv 0,05
- Contrôle de tenue à la corrosion : 1000 h minimum en enceinte BS (brouillard salin) cyclique selon norme réf. [R4].

## 5.4 Emballage / Livraison

Après traitement, les pièces doivent être efficacement protégées ; un emballage approprié doit éviter, au cours des manutentions ou du transport, toute déformation ou détérioration du traitement de surface.

## 6 Règles de conception des pièces anodisées dures

### 6.1 Géométrie des pièces

- a) Adoucir les arêtes vives par des rayons de raccordement ( $R \geq 1 \text{ mm}$ ) afin de favoriser une épaisseur constante de la couche d'oxyde, de s'affranchir des problèmes de brûlure lors du traitement de surface ou d'éviter une fragilisation locale du revêtement.
- b) Préférer les orifices débouchants (perçage-taraudage-alésage) et éviter les cavités d'accès difficile afin de favoriser l'écoulement, la pénétration et le renouvellement des fluides de bains lors du traitement de surface.
- c) Les surfaces usinées sont favorables aux traitements d'anodisation dure. Il convient donc d'éviter les surfaces brutes de filage ou d'extrusion sur lesquelles l'anodisation est bien moins performante.
- d) **En accord avec l'anodiseur, prévoir un dispositif permettant la préhension de la pièce pendant le traitement.** Dans le cas général, les zones d'accrochage seront choisies à partir de la désignation, sur le plan de définition, des surfaces impérativement anodisées donc interdites d'accrochage. Dans le cas de pièces simples, aux formes peu élancées, un taraudage M5 x 15 réalisé en dehors des surfaces impérativement anodisées peut convenir si la surface à traiter est inférieure à  $5 \text{ dm}^2$ . L'usage de ce taraudage sera alors désigné clairement sur le plan de définition après accord de l'anodiseur "Prise de pièce pour O.A.D." Dans les autres cas, consulter l'anodiseur.

### 6.2 Assemblage soudé

Lors du traitement, il y a risque de pénétration puis rétention de produit corrosif dans les porosités des joints soudés. L'application du traitement d'anodisation dure est donc à proscrire sur des assemblages soudés fortement contraints. Dans le cas de faible sollicitation il convient de consulter l'anodiseur afin qu'il mette en œuvre un traitement adapté limitant l'opération de décapage et renforçant l'opération de rinçage avant colmatage.

### 6.3 Réserve dimensionnelle

L'anodisation dure entraîne un gonflement de la surface de la pièce traitée, égal à la moitié de l'épaisseur totale du traitement. Ainsi une anodisation d'épaisseur nominale 50 micromètres provoque, par gonflement, un décalage de la cote d'origine de 25 micromètres. Il convient de tenir compte de ce phénomène pour la conception des assemblages. Si le cumul des tolérances de traitement et des tolérances d'usinage ne permet pas de respecter certaines cotes fonctionnelles, on peut envisager une reprise d'usinage par rectification après traitement de surface, ou un masquage des surfaces concernées.

**Sauf indication contraire, les plans fournis pour fabrication font état des dimensions de la pièce finie, après anodisation. Il convient donc de tenir compte de la protection dans la définition des côtes d'usage.**



## 6.4 Masquage

Des techniques de masquage peuvent être mises en œuvre pour préserver certaines surfaces. Ces surfaces ne peuvent donc être soumises au contact de l'eau de mer. En particulier l'anodisation chromique, technique de masquage pour la préservation de dimensions précises, n'offre pas, de par sa fragilité au choc, à l'érosion et à l'abrasion, les garanties de l'anodisation dure pour les surfaces soumises à la corrosion marine en situation d'immersion.

## 6.5 Couplage électrique

La continuité électrique entre pièces anodisées ne peut être obtenue par simple contact. Il convient de mettre en place des moyens adaptés pour assurer la liaison électrique entre pièces, en particulier lors d'implantation d'anodes sacrificielles.

## 6.6 Anodes sacrificielles

L'utilisation d'anodes sacrificielles est indispensable pour la protection de certains alliages (7075, 7049 A). Cependant les anodes au zinc sont à éviter : on retiendra exclusivement l'usage d'anodes aluminium-indium spécifiquement adaptées.

## 6.7 Notations spécifiques à insérer au plan de définition

### 6.7.1 Nuance de l'alliage

La cartouche doit comporter la désignation normalisée de l'alliage et de son état métallurgique.

### 6.7.2 Encart de description du traitement

La référence de la présente spécification sera portée soit dans la case "traitement" du cartouche soit par rappel vers un nota figurant sur le plan.

Si le cartouche n'est pas un cartouche Ifremer, le nota de définition du traitement de surface devra porter l'indication "Anodisation dure selon spécification Ifremer n° 31 ST 01 indice D".

### 6.7.3 Encart de rappel destiné à l'usineur

L'annotation de mise en garde figurant sur l'encart ci-dessus devra sensibiliser l'usineur sur la nécessité d'opérer, si besoin est, des réserves d'usinage (voir paragraphe 6.3).

### 6.7.4 Surface à anodiser (dm<sup>2</sup>)

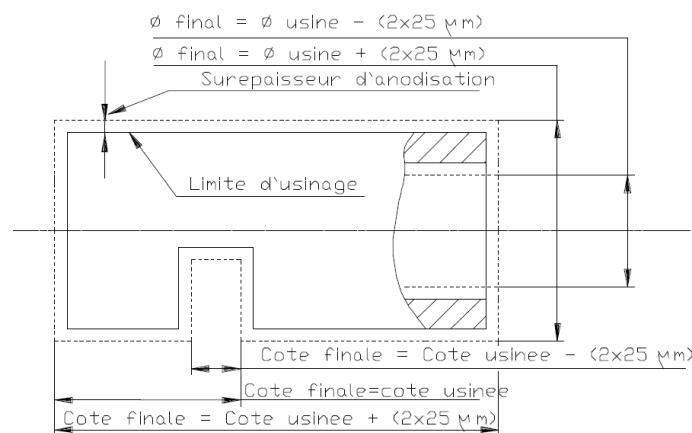
La dimension de la surface à anodiser est une donnée indispensable à l'application du traitement. Dans le cadre de l'utilisation d'outils de CAO cette information est aisément accessible lors de la conception et peut ainsi figurer sur le plan. Il appartient à l'anodiseur d'apprécier sa validité.

## 7 Informations transmises par les donneurs d'ordre

### 7.1 De l'Ifremer à l'usineur

L'Ifremer fournit la présente spécification ainsi que le plan de définition des pièces à fabriquer. **Le dessin de définition décrit la pièce telle qu'elle doit se présenter dans son état final (cotes, état de surface...)**. Il fournit les indications nécessaires à l'usineur et à l'anodiseur.

Les notations spécifiques décrites au paragraphe 6.7 de ce document ont pour but d'attirer l'attention de l'usineur sur l'évolution des cotes provoquée par le traitement d'anodisation dure (voir paragraphe 6.3). L'usineur sera particulièrement attentif au fait que le gonflement apparaît sur toutes les surfaces traitées, modifiant les cotes selon la position de leurs surfaces de référence comme le montre le schéma suivant :



#### Modification des cotes par anodisation dure 50 micromètres

L'usineur prendra donc en compte ce phénomène en modifiant éventuellement les usinages de manière à obtenir, après anodisation, les cotes spécifiées au plan de définition. Il appartient à l'usineur de se rapprocher de ses sous-traitants, afin d'appréhender la décote sur les pièces et de définir les moyens d'obtenir la conformité finale des pièces. De même, il appartient à l'usineur de se rapprocher de ses sous-traitants, afin d'appréhender la dégradation de l'état de surface après anodisation, pour respecter les rugosités indiquées sur les plans.

### 7.2 De l'usineur à l'anodiseur

L'usineur devra transmettre à l'anodiseur :

- les informations demandées par la norme réf. [R1],
- le plan de définition,
- la présente spécification,
- un procès-verbal de contrôle portant le relevé dimensionnel des cotes sensibles avant traitement,
- un certificat de contrôle des produits par l'usine comprenant la composition chimique de l'alliage obtenue par analyse.

Dans le cas d'un envoi groupé, l'usineur prendra les moyens nécessaires afin que les pièces d'alliages différents soient aisément distinguées.

## 8 Informations transmises par les fournisseurs

### 8.1 De l'anodiseur à l'usineur

Le certificat de conformité aux stipulations d'une commande (norme réf. [R7]) sera complété par une fiche d'anodisation comportant :

- la date et le type du traitement et la désignation du lot d'anodisation,
- le procès-verbal de contrôle de l'épaisseur d'anodisation déterminée selon la norme réf. [R2] sur chaque pièce contrôlée,
- Tout autre procès-verbal associé à des contrôles optionnels demandés (c.f. paragraphe 5.3.4).

### 8.2 De l'usineur au client

- Transmission des documents cités aux paragraphes 7.2 et 8.1, à l'exception du plan de définition et de la présente spécification,
- Fourniture d'un procès-verbal de contrôle dimensionnel des cotes sensibles influencées par le traitement d'anodisation dure.