



**Norme
internationale**

ISO 9351

**Anodes galvaniques pour la
protection cathodique dans l'eau de
mer et les sédiments salins**

*Galvanic anodes for cathodic protection in seawater and saline
sediments*

**Première édition
2025-02**

iteh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 9351:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/45a31a7c-69fe-426c-81b8-37ccb16edf31/iso-9351-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/45a31a7c-69fe-426c-81b8-37ccb16edf31/iso-9351-2025>

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 9351:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/45a31a7c-69fe-426c-81b8-37ccb16edf31/iso-9351-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/45a31a7c-69fe-426c-81b8-37ccb16edf31/iso-9351-2025>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2025

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire		Page
Avant-propos		iv
Introduction		v
1 Domaine d'application		1
2 Références normatives		1
3 Termes et définitions		1
4 Symboles et abréviations		5
4.1 Symboles		5
4.2 Abréviations		5
5 Compétence du personnel		5
6 Matériaux des anodes galvaniques et leurs propriétés		5
6.1 Généralités		5
6.2 Composition de l'alliage anodique		6
6.3 Propriétés électrochimiques		6
6.4 Essais électrochimiques		7
6.4.1 Généralités		7
6.4.2 Essais de performance		7
6.4.3 Essais à court terme pour le contrôle de la qualité		8
6.5 Vitesse de consommation du matériau anodique		8
7 Conception et critères d'acceptation de l'anode		8
7.1 Généralités		8
7.2 Composition chimique		9
7.3 Propriétés électrochimiques		9
7.4 Forme de l'anode		10
7.5 Propriétés physiques		10
7.6 Matériaux destinés à l'âme des anodes		10
7.7 Raccordements de câbles aux anodes		12
8 Impact sur l'environnement		12
Annexe A (informative) Eau de mer		14
Annexe B (normative) Tolérances physiques des anodes galvaniques		15
Annexe C (informative) Composition et caractéristiques de performance des anodes galvaniques		21
Annexe D (informative) Description des différents essais électrochimiques		28
Annexe E (informative) Facteurs à considérer en matière d'impact environnemental		32
Annexe F (informative) Plan d'inspection et d'essai (PIE)		36
Bibliographie		44

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO avait reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/patents. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 219, *Protection cathodique*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

La présente norme définit les exigences minimales relatives aux niveaux de qualité et aux modes opératoires de vérification des anodes galvaniques.

Les performances attendues des anodes galvaniques coulées destinées à être utilisées dans l'eau de mer et les boues ou sédiments salins sont déterminées par leur composition, les dimensions des anodes et la qualité de leur fabrication.

De plus, le présent document fournit des lignes directrices et des recommandations liées à l'impact sur l'environnement.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 9351:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/45a31a7c-69fe-426c-81b8-37ccb16edf31/iso-9351-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/45a31a7c-69fe-426c-81b8-37ccb16edf31/iso-9351-2025>

Anodes galvaniques pour la protection cathodique dans l'eau de mer et les sédiments salins

1 Domaine d'application

Le présent document définit des exigences et fournit des recommandations pour la composition chimique, les propriétés électrochimiques, les tolérances physiques et les modes opératoires d'essai et d'inspection des anodes galvaniques coulées en alliages à base d'aluminium, de magnésium et de zinc, utilisées pour la protection cathodique dans l'eau de mer, les sédiments salins et les eaux saumâtres.

L'[Annexe A](#) fournit des informations sur les plages de salinité.

Les exigences et les recommandations du présent document peuvent s'appliquer à d'autres formes d'anode pour les anodes coulées, par exemple trapézoïdales, circulaires, demi-sphériques, type bracelet.

Bien que d'autres métaux, tels que le fer doux, puissent être utilisés comme matériau d'anode galvanique pour protéger des métaux plus nobles que le fer et l'acier, ces métaux ne sont pas couverts par le présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 630 (toutes les parties), *Aciers de construction*

ISO 1461, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier — Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 8501-1, *Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés — Évaluation visuelle de la propreté d'un subjectile — Partie 1: Degrés de rouille et degrés de préparation des subjectiles d'acier non recouverts et des subjectiles d'acier après décapage sur toute la surface des revêtements précédents*

ISO 9606-1, *Épreuve de qualification des soudeurs — Soudage par fusion — Partie 1: Aciers*

EN 10025, *Produits laminés à chaud en aciers de construction (toutes les parties)*

ISO 10474:2013, *Aciers et produits sidérurgiques — Documents de contrôle*

ISO 15607, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Règles générales*

ISO 15609-1, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de soudage — Partie 1: Soudage à l'arc*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1

vitesse de consommation d'un matériau anodique

vitesse de consommation massique

quantité de matière d'anode consommée sur une année pour un débit de courant d'un ampère

Note 1 à l'article: La vitesse de consommation du matériau anodique est exprimée en kilogrammes par ampère par an [kg/(A·an)].

3.2

lot

groupe d'anodes produites à partir d'une seule coulée de four

Note 1 à l'article: Plusieurs lots de différentes anodes peuvent être produits à partir d'une seule coulée.

3.3

anode bracelet

anode en forme de demi-coques (pièces moulées annulaires) à positionner sur des éléments tubulaires

Note 1 à l'article: Deux demi-coques moulées sont assemblées pour former une anode bracelet. Celles-ci sont généralement utilisées pour les canalisations sous-marines et le sont parfois pour le matériel tubulaire des structures marines.

Note 2 à l'article: Les anodes bracelets peuvent être réalisées sous forme de demi-coques ou de coques partielles moulées avec l'âme structurelle à l'intérieur de la pièce moulée, ou sous forme de segments coulés avec uniquement l'âme de support à l'intérieur de la pièce moulée et les éléments de construction en acier à l'extérieur. Les bracelets en plusieurs segments comprennent des pièces moulées individuelles fixées à des bandes externes en acier à monter autour de la canalisation ou de la structure tubulaire.

3.4

coulée

charge
fournée

charge de four unique ayant une seule composition chimique analysée et à partir de laquelle les anodes sont produites

3.5

potentiel en circuit fermé

potentiel d'une électrode mesuré par rapport à une électrode de référence ou à une autre électrode lorsqu'un courant circule dans le circuit

3.6

reprise de solidification

discontinuité de surface dans l'alliage d'une anode coulée, due à la solidification d'une partie d'un ménisque au cours du remplissage progressif d'un moule, qui est ensuite recouverte des métaux en solidification à mesure que le niveau du métal fondu augmente

Note 1 à l'article: Les reprises de solidification se forment souvent loin du point de coulée.

3.7

fissure

imperfection produite par une rupture locale à l'état solide, qui peut résulter de l'effet du refroidissement ou de contraintes

3.8

tension disponible

tension entre le potentiel galvanique anode-électrolyte et le potentiel structure-électrolyte

Note 1 à l'article: Pour les besoins de la conception, la tension disponible correspond à la différence entre le potentiel en circuit fermé de l'anode et le potentiel de protection théorique de la structure. Cette valeur sert à déterminer le courant anodique disponible maximal pour une résistance de circuit donnée.

3.9

capacité électrochimique

quantité totale de charge électrique produite lorsqu'une masse donnée d'alliage anodique est consommée par réaction électrochimique

Note 1 à l'article: La capacité électrochimique est exprimée en ampères-heures par kg (A·h/kg).

Note 2 à l'article: Cette valeur représente la quantité pratique de charge disponible par unité de masse, qui est inférieure à la valeur faradique théorique.

Note 3 à l'article: Le terme «capacité d'un alliage» est parfois employé en synonyme, mais cet usage est déconseillé.

Note 4 à l'article: La capacité électrochimique n'est pas une constante du matériau et elle peut varier en fonction des conditions de l'électrolyte.

3.10

propriété électrochimique

propriété de potentiel et de capacité électrochimique qui caractérise un alliage galvanique et qui peut être évaluée par des essais quantitatifs

3.11

anode plaquée

anode montée sur une structure, dont une face est en contact ou très proche de ladite structure

3.12

essai à couplage libre

essai électrochimique au cours duquel le potentiel et le courant ne sont pas régulés

3.13

cavité d'origine gazeuse

soufflure, canal ou porosité produit par l'évolution du gaz pendant la solidification ou par de l'air piégé

Note 1 à l'article: Les cavités d'origine gazeuse peuvent indiquer:

- une contamination du moule ou de l'âme avant la coulée;
- une mauvaise conception du moule ou de l'insert;
- un procédé de moulage entraînant un piégeage de l'air pendant la coulée.

3.14

masse brute

masse d'une anode coulée, incluant la masse de l'âme en acier et de toute fixation intégrale à la fin de la coulée

3.15

insert

âme

élément de construction sur lequel l'anode est coulée, qui supporte l'alliage et peut servir à relier l'anode à la structure nécessitant une protection

Note 1 à l'article: L'insert (l'âme) est généralement en acier. Sa conception aide à déterminer le facteur d'utilisation des anodes.

3.16

échantillon de coulée

éprouvette prélevée sur le métal fondu

3.17

masse nette

masse d'une anode coulée, excluant la masse de l'âme en acier et de toute fixation intégrale la fin de la coulée

Note 1 à l'article: La masse nette représente la masse de matière de l'alliage galvanique et est utilisée pour la conception de la protection cathodique.

3.18

valeur nominale

valeur désignée ou prévue

Note 1 à l'article: La longueur, la largeur et la masse sont des exemples de valeurs nominales.

3.19

inclusions non métalliques

particules d'oxydes et d'autres matériaux réfractaires piégés dans le métal liquide au cours des séquences de fusion ou de coulée

3.20

piqûre

corrosion localisée résultant en des cavités s'étendant dans le métal à partir de la surface

3.21

polarisation

modification du potentiel d'une électrode résultant de la circulation d'un courant entrant ou sortant de cette électrode

3.22

retassures

surfaces concaves naturelles qui peuvent être produites lorsque le métal liquide se solidifie dans un moule sans apport de métal liquide supplémentaire pour compenser la réduction de volume qui se produit pendant les contractions liquide et liquide-solide (solidification) lors du refroidissement de la transformation liquide-solide

3.23

anode à supports d'éloignement

anode décalée d'une certaine distance par rapport à l'objet sur lequel elle est positionnée

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/45a31a7c-69fe-426c-81b8-37ccb16edf31/iso-9351-2025>

3.24

morphologie de surface

description des caractéristiques ou de la structure de surface d'une anode

3.25

délamination

décollement du métal par le dessous qui peut être causé par une corrosion par piqûres ou une corrosion intergranulaire

3.26

facteur d'utilisation

fraction de masse de l'alliage galvanique d'une anode qui peut être utilisée pour le courant de protection cathodique avant que le matériau galvanique ne soit plus supporté par l'âme ou que l'anode ne soit plus en mesure de délivrer le courant minimal requis

Note 1 à l'article: Le facteur d'utilisation est généralement exprimé en valeur numérique (0,80 par exemple) et dépend de la conception détaillée de l'anode et de l'emplacement de l'insert.

Note 2 à l'article: Le facteur d'utilisation est critique pour déterminer les exigences de masse des anodes pour une conception de protection cathodique.

3.27

vide

défaut de liaison entre l'âme en acier et l'alliage coulé d'une anode, qui peut être formé par le mouvement de l'âme de l'anode dans le moule pendant la solidification de l'alliage

4 Symboles et abréviations

4.1 Symboles

an	année
E	vitesse de consommation du matériau anodique, kg/(A·an)
Q	capacité électrochimique de l'alliage, A·h/kg
CE	carbone équivalent

4.2 Abréviations

ACV	analyse du cycle de vie
CQ	contrôle de la qualité
DEP	déclaration environnementale de produit
PC	protection cathodique
PIE	plan d'inspection et d'essai

5 Compétence du personnel

Le personnel responsable de la conception de l'anode et de l'âme associée est tenu de s'assurer que l'anode, âme incluse, est adaptée pour obtenir le facteur d'utilisation (voir [l'Article 7](#)). Les personnes en charge de la conception des âmes doivent avoir le niveau de compétence approprié pour les tâches entreprises. Les personnes chargées de tous les autres aspects de la fabrication, de l'inspection et des essais de l'anode doivent également avoir le niveau de compétence approprié pour les tâches réalisées. Il convient que ces personnes reçoivent la formation, l'évaluation et la documentation nécessaires du fabricant de l'anode pour s'assurer que les exigences du présent document sont satisfaites.

NOTE La compétence du personnel en PC au niveau approprié pour les tâches réalisées peut être démontrée par une certification selon l'ISO 15257 ou par une autre procédure équivalente de préqualification.

6 Matériaux des anodes galvaniques et leurs propriétés

6.1 Généralités

Dans le présent document, les alliages utilisés pour les anodes galvaniques dans l'eau de mer ou les sédiments salins doivent être à base d'aluminium (Al), de magnésium (Mg) ou de zinc (Zn). Les performances, et donc l'adéquation d'un alliage particulier à une application spécifique, dépendent de la composition et des caractéristiques de l'alliage anodique, de l'électrolyte et des conditions de fonctionnement de l'anode polarisée.

Les performances d'un alliage anodique varient selon les conditions environnementales. Les données de performance doivent inclure la capacité électrochimique en ampères-heures par kilogramme (A·h/kg), et le potentiel d'anode en circuit fermé/électrolyte d'une anode de travail mesuré par rapport à une électrode de référence normalisée étalonnée (voir [6.3](#) et [l'Annexe D](#)).

Chaque anode doit porter un marquage unique en poinçonnant le numéro de coulée en cours de production. D'autres marquages peuvent être ajoutés après accord entre l'acheteur et le fabricant et peuvent comprendre, par exemple, une identification du fabricant, une désignation de l'alliage, une masse d'anode et un numéro séquentiel de production dans la coulée. Il convient que le marquage soit réalisé par poinçonnage sur la surface de l'anode, à l'endroit où elle est visible lorsque les anodes sont empilées ou palettisées pour le stockage ou la livraison.

6.2 Composition de l'alliage anodique

Les performances d'un alliage dépendent de la composition spécifique de l'alliage. Des variations de composition par rapport aux spécifications établies peuvent entraîner des variations d'activation, de résistance à la passivation, de capacité électrochimique et de morphologie de la surface de corrosion. Certains éléments sont connus pour avoir un effet néfaste sur les performances de l'anode et leur teneur est normalement soumise à un contrôle rigoureux.

Les compositions génériques des anodes galvaniques les plus courantes pour les alliages anodiques à base d'aluminium, de magnésium et de zinc sont données à l'[Annexe C](#).

Un contrôle rigoureux de la composition chimique des alliages, à la fois des éléments d'alliage et des impuretés, est essentiel et doit être effectué sur chaque coulée.

Au moins deux échantillons de chaque coulée doivent être prélevés pour analyse chimique. Les prélèvements doivent se faire au début et à la fin de la coulée, dans le liquide de coulée. L'échantillon doit être prélevé au début de la première coulée et à la fin de la deuxième coulée, puis au début de la troisième coulée et ainsi de suite. Ces échantillons doivent être analysés afin de vérifier que la composition chimique est conforme. Tous les échantillons doivent être identifiés par le numéro de coulée. Toutes les anodes issues de cette coulée particulière doivent être identifiées de la même manière avec le numéro de coulée (voir [6.1](#)).

Les échantillons doivent être analysés afin de démontrer que les limites de composition chimique convenues de l'alliage produit ont été respectées. Un ou plusieurs échantillons supplémentaires peuvent être prélevés et stockés en vue d'une détermination ultérieure de la composition chimique.

NOTE La spectrométrie d'émission est une méthode d'analyse appropriée dans un environnement de production, mais elle nécessite un étalonnage régulier par rapport à des échantillons d'alliage de référence connus et certifiés.

Lorsqu'un petit four d'attente est utilisé pour continuer à remplir l'anode en cours de refroidissement et de solidification après l'arrêt de la coulée à partir du four principal, le four d'attente doit être alimenté à partir de la même coulée que celle du four principal. Il convient de prélever un échantillon du four d'attente en vue d'une analyse chimique afin de s'assurer que la composition reste dans les limites.

La composition chimique de tous les échantillons analysés doit être documentée. Les anodes provenant de coulées qui ne répondent pas aux exigences de composition chimique doivent être refusées.

6.3 Propriétés électrochimiques

La protection cathodique (PC) est de nature électrochimique. Les propriétés électrochimiques du matériau de l'anode sont des facteurs essentiels pour la conception de la protection cathodique et doivent donc être documentées.

Ces propriétés sont:

- le potentiel en circuit fermé;
- la capacité électrochimique pratique.

Ces propriétés peuvent varier en fonction des conditions de l'électrolyte. Elles peuvent également varier au fil du temps, même lorsqu'elles sont exposées à des conditions constantes, en raison des produits de corrosion et des couches de concrétions marines qui se forment à la surface de l'anode et en raison des variations de la demande en courant. Il convient de prendre des précautions lors de l'examen de ces paramètres à des fins de conception spécifiques à la PC (voir [6.4.2](#)).

NOTE 1 L'ISO 15589-2 et les références [\[11\]](#) et [\[12\]](#) donnent des informations supplémentaires sur l'impact des variations de capacité de la température et de l'environnement sur la conception de la protection cathodique des canalisations.

NOTE 2 En raison de l'auto-corrosion, tous les matériaux anodiques ont une capacité électrochimique pratique inférieure à la capacité calculée en tenant compte de l'équivalence électrique théorique déterminée par la loi de Faraday (c'est-à-dire qu'une partie de la masse des anodes est consommée par l'auto-corrosion plutôt que par l'alimentation en courant et n'est pas disponible pour la protection cathodique). La capacité électrochimique pratique est utilisée pour la conception de la protection cathodique.

6.4 Essais électrochimiques

6.4.1 Généralités

Les essais électrochimiques sont réalisés pour deux raisons principales: la détermination des performances électrochimiques des alliages et le contrôle de la qualité de la production. Des essais peuvent également être réalisés à des fins de recherche, mais ces essais sont généralement personnalisés et ne sont pas pris en compte dans le présent document.

Les principales méthodes d'essais électrochimiques sont décrites à l'[Annexe D](#).

6.4.2 Essais de performance

Pour déterminer les performances des alliages, rien ne remplace les essais prolongés sur le terrain des alliages dans des situations pratiques. L'expérience acquise avec différentes applications d'anodes peut être utilisée, dans la mesure du possible.

Dans certains cas, aucune donnée historique ou de laboratoire fiable n'est disponible quant aux performances d'une plage spécifique de compositions d'alliage anodique dans un environnement particulier. Dans ces cas, des essais électrochimiques doivent être réalisés pour indiquer le potentiel en circuit fermé et la capacité électrochimique de l'alliage concerné.

Les modes opératoires d'essai en laboratoire à long terme doivent être choisis de manière à obtenir la meilleure représentation des conditions de fonctionnement attendues (y compris l'électrolyte, la température et la densité de courant d'anode). Ces modes opératoires d'essai doivent être mis en œuvre sur une période suffisamment longue pour permettre une évaluation réaliste des performances de l'alliage dans une application pratique.

Il convient que la période d'essai ne soit pas inférieure à un an. Une période d'un an reste relativement courte par rapport à la plupart des durées de vie théoriques des PC. Voir l'[Annexe D](#).

Un essai à long terme selon un mode opératoire commun convenu peut être utilisé pour qualifier les alliages à des fins spécifiques. Il peut s'avérer utile pour classer les alliages sur une échelle relative. Un mode opératoire associé est décrit dans la Référence [11].

Ces essais en laboratoire produisent des données de performance d'alliage. Cependant, ces données ne reflètent que les paramètres d'essai particuliers utilisés dans l'essai, par exemple la période d'exposition, la température et la densité de courant d'anode et sa variation au fil du temps. Les essais à couplage libre présentent des variations de densité de courant dans le temps, mais les essais galvanostatiques ne peuvent pas révéler un risque de passivation. Il convient d'utiliser avec prudence les données des essais à couplage libre à long terme, car il est possible qu'elles ne reflètent pas l'application particulière prévue. De plus, l'adoption des résultats d'essai pour la conception de PC n'est pas un gage de sécurité dans toutes les applications (voir l'[Annexe D](#)).

Il convient que les échantillons destinés aux essais électrochimiques soient représentatifs de la plage spécifiée de compositions de l'alliage, du processus de fabrication et de l'analyse chimique cible.

Lorsque des essais de performance doivent être utilisés pour déterminer les caractéristiques de performance des alliages anodiques à des fins de conception, il convient qu'ils soient réalisés ou observés, évalués et approuvés par une autorité certifiée indépendante. L'autorité certifiée doit être expérimentée et accréditée pour réaliser les essais qu'elle évalue. L'accréditation doit être accordée par un organisme d'accréditation national.

6.4.3 Essais à court terme pour le contrôle de la qualité

Les objectifs des essais de contrôle de la qualité (CQ) à court terme sont très différents de ceux des essais à long terme décrits en [6.4.2](#). Les essais à court terme sont conçus pour produire des résultats mesurables sur une période relativement courte, en cohérence avec les exigences de mise en production et de livraison. Cela est réalisé en adoptant des densités de courant d'anode relativement élevées, qui peuvent se situer en dehors des attentes raisonnables des applications réelles des anodes. Ces essais sont principalement destinés à démontrer la constance de la production sur une plage particulière de compositions chimiques d'alliage.

Les données issues de ces essais de contrôle à court terme de la qualité ne doivent ni servir de base pour la conception d'un système ni être interprétées comme un indicateur des performances à long terme de l'alliage.

Il convient de réaliser les essais à court terme pour le contrôle de la qualité selon un mode opératoire normalisé convenu. Les essais appropriés d'usage courant sont ceux décrits dans les références [\[11\]](#) et [\[13\]](#) (voir aussi l'[Annexe D](#)). Pour le contrôle de la qualité de production des anodes, il convient de réaliser des essais à court terme à haute densité de courant sur chaque charge de production ou, en variante, à une fréquence à convenir et compatible avec l'exigence de livraison contractuelle. Les critères d'acceptation pour les essais de contrôle de la qualité doivent être convenus. Il est recommandé d'inclure les résultats des essais dans la documentation contractuelle.

D'autres essais à court terme à des fins de contrôle de la qualité, tels que des essais de potentiel en circuit fermé, peuvent être réalisés après accord.

6.5 Vitesse de consommation du matériau anodique

La vitesse de consommation d'un matériau d'anode en alliage galvanique est exprimée en kilogrammes par ampère par an [kg/(A·an)] et correspond à la quantité totale de matériau anodique consommée dans la pratique pour une sortie de courant d'un ampère pendant une année. Tout comme la capacité électrochimique (voir [6.4.2](#)), tous les matériaux anodiques ont une vitesse de consommation pratique différente de leur vitesse de consommation théorique. Dans ce cas, la vitesse de consommation du matériau anodique est supérieure à celle calculée par la loi de Faraday.

La vitesse de consommation du matériau anodique et la capacité en courant sont liées par la relation:

$$E \cdot Q = 8\,760$$

où

E est la vitesse de consommation du matériau anodique [kg/(A·an)];

Q est la capacité électrochimique (A·h/kg);

8 760 est le nombre d'heures dans une année.

7 Conception et critères d'acceptation de l'anode

7.1 Généralités

La composition chimique de tout alliage utilisé pour les anodes galvaniques doit être spécifiée par le concepteur de la PC ou par l'acheteur. Les propriétés électrochimiques correspondantes doivent être déterminées et documentées par rapport à des modes opératoires d'essai définis (voir [6.4](#)).

Les anodes, y compris les âmes et les supports associés, doivent être conçues pour obtenir les performances spécifiées pendant la fabrication, le transport, l'installation et l'utilisation. Les dimensions et la forme des anodes, de leur âme en acier et de toute extension intégrée doivent être conçues pour résister aux forces mécaniques susceptibles d'agir sur les anodes (par exemple, les vagues, les courants, l'enfoncement des pieux ou les vibrations). Pour toutes les anodes, les dimensions de l'anode et de l'âme associée doivent être conçues pour être compatibles avec la méthode d'installation proposée et les exigences relatives aux matériaux de