

Encyclopédie de l'électrode de tungstène au thorium

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Leader mondial de la fabrication intelligente pour les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

PRÉSENTATION DE CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, une filiale en propriété exclusive dotée d'une personnalité juridique indépendante établie par CHINATUNGSTEN ONLINE, se consacre à la promotion de la conception et de la fabrication intelligentes, intégrées et flexibles de matériaux en tungstène et en molybdène à l'ère de l'Internet industriel. CHINATUNGSTEN ONLINE, fondée en 1997 avec www.chinatungsten.com comme point de départ – le premier site Web de produits en tungstène de premier plan en Chine – est la société de commerce électronique pionnière du pays axée sur les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares. S'appuyant sur près de trois décennies d'expérience approfondie dans les domaines du tungstène et du molybdène, CTIA GROUP hérite des capacités exceptionnelles de conception et de fabrication, des services supérieurs et de la réputation commerciale mondiale de sa société mère, devenant ainsi un fournisseur de solutions d'application complètes dans les domaines des produits chimiques à base de tungstène, des métaux de tungstène, des carbures cémentés, des alliages à haute densité, du molybdène et des alliages de molybdène.

Au cours des 30 dernières années, CHINATUNGSTEN ONLINE a créé plus de 200 sites Web professionnels multilingues sur le tungstène et le molybdène couvrant plus de 20 langues, avec plus d'un million de pages d'actualités, de prix et d'analyses de marché liées au tungstène, au molybdène et aux terres rares. Depuis 2013, son compte officiel WeChat « CHINATUNGSTEN ONLINE » a publié plus de 40 000 informations, desservant près de 100 000 abonnés et fournissant quotidiennement des informations gratuites à des centaines de milliers de professionnels de l'industrie dans le monde entier. Avec des milliards de visites cumulatives sur son site Web et son compte officiel, elle est devenue un centre d'information mondial reconnu et faisant autorité pour les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares, fournissant des informations multilingues 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, les performances des produits, les prix du marché et les tendances du marché.

S'appuyant sur la technologie et l'expérience de CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP se concentre sur la satisfaction des besoins personnalisés des clients. À l'aide de la technologie de l'IA, elle conçoit et produit en collaboration des produits en tungstène et en molybdène avec des compositions chimiques et des propriétés physiques spécifiques (telles que la taille des particules, la densité, la dureté, la résistance, les dimensions et les tolérances) avec ses clients. Elle offre des services intégrés complets allant de l'ouverture du moule, de la production d'essai, à la finition, à l'emballage et à la logistique. Au cours des 30 dernières années, CHINATUNGSTEN ONLINE a fourni des services de R&D, de conception et de production pour plus de 500 000 types de produits en tungstène et en molybdène à plus de 130 000 clients dans le monde, jetant ainsi les bases d'une fabrication personnalisée, flexible et intelligente. S'appuyant sur cette base, CTIA GROUP approfondit encore la fabrication intelligente et l'innovation intégrée des matériaux en tungstène et en molybdène à l'ère de l'Internet industriel.

Le Dr Hanns et son équipe de CTIA GROUP, sur la base de leurs plus de 30 ans d'expérience dans l'industrie, ont également rédigé et publié des analyses de connaissances, de technologies, de prix du tungstène et de tendances du marché liées au tungstène, au molybdène et aux terres rares, les partageant librement avec l'industrie du tungstène. Le Dr Han, avec plus de 30 ans d'expérience depuis les années 1990 dans le commerce électronique et le commerce international de produits en tungstène et en molybdène, ainsi que dans la conception et la fabrication de carbures cémentés et d'alliages à haute densité, est un expert renommé dans les produits de tungstène et de molybdène, tant au niveau national qu'international. Adhérant au principe de fournir des informations professionnelles et de haute qualité à l'industrie, l'équipe de CTIA GROUP rédige en permanence des documents de recherche technique, des articles et des rapports sur l'industrie en fonction des pratiques de production et des besoins des clients du marché, ce qui lui vaut de nombreux éloges dans l'industrie. Ces réalisations constituent un soutien solide à l'innovation technologique, à la promotion des produits et aux échanges industriels de CTIA GROUP, ce qui lui permet de devenir un chef de file mondial dans la fabrication de produits en tungstène et en molybdène et les services d'information.



Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

Répertoire

Chapitre 1 Introduction

- 1.1 Définition et aperçu de l'électrode de tungstène au thorium
- 1.2 L'importance de l'électrode de tungstène au thorium dans l'industrie du soudage
- 1.3 Contexte de la recherche et de l'application

Chapitre 2 Types d'électrode de tungstène au thorium

- 2.1 Les électrodes de tungstène de thorium sont classées en fonction de leur teneur en oxyde de thorium
 - 2.1.1 WT10 (peinture jaune)
 - 2.1.2 WT20 (peinture rouge)
 - 2.1.3 WT30 (peinture violette)
 - 2.1.4 WT40 (peinture orange)
- 2.2 Les électrodes de tungstène au thorium sont classées selon les scénarios d'application
 - 2.2.1 Électrode de tungstène au thorium pour le soudage DC
 - 2.2.2 Électrode de tungstène au thorium pour le soudage AC (scène spéciale)
- 2.3 Comparaison de l'électrode de tungstène au thorium avec d'autres électrodes de tungstène
 - 2.3.1 Électrode de tungstène pur
 - 2.3.2 Électrode de tungstène de cérium
 - 2.3.3 Électrode de tungstène de lanthane
 - 2.3.4 Électrode de tungstène de zirconium
 - 2.3.5 Électrode de tungstène d'yttrium

Chapitre 3 Caractéristiques de l'électrode de tungstène au thorium

- 3.1 Propriétés physiques de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.1.1 Point de fusion élevé et stabilité thermique de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.1.2 Travail électronique de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.1.3 Conductivité et propriétés mécaniques de l'électrode de tungstène au thorium
- 3.2 Propriétés chimiques de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.2.1 Résistance à l'oxydation de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.2.2 Stabilité chimique de l'électrode de tungstène au thorium
- 3.3 Performances de soudage de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.3.1 Performances d'amorçage d'arc de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.3.2 Stabilité de l'arc de l'électrode de tungstène au thorium
 - 3.3.3 Taux de combustion de l'électrode de thorium et de tungstène
 - 3.3.4 Rendement de l'électrode de tungstène de thorium à des courants de charge élevés
- 3.4 Propriétés radioactives de l'électrode de tungstène de thorium
 - 3.4.1 Radioactivité à l'état de traces de l'oxyde de thorium
 - 3.4.2 Impacts sur la santé et l'environnement
 - 3.4.3 Comparaison de l'électrode de tungstène au thorium avec l'électrode non radioactive
- 3.5 Électrode de tungstène au thorium de la marque CTIA GROUP LTD

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Chapitre 4 Technologie de préparation et de production de l'électrode de tungstène de thorium

- 4.1 Préparation des matières premières pour l'électrode de tungstène de thorium
 - 4.1.1 Sélection et purification de la poudre de tungstène
 - 4.1.2 Procédé de dopage à l'oxyde de thorium
- 4.2 Procédé de métallurgie des poudres de l'électrode de tungstène de thorium
 - 4.2.1 Mélange et pressage
 - 4.2.2 Processus de frittage
 - 4.2.3 Traitement thermique et contrôle du grain
- 4.3 Processus de laminage et de broyage de l'électrode de tungstène de thorium
 - 4.3.1 Mise en forme des tiges d'électrodes
 - 4.3.2 Polissage de surface et contrôle de précision
- 4.4 Contrôle de la qualité de l'électrode de tungstène de thorium
 - 4.4.1 Essais d'uniformité des ingrédients
 - 4.4.2 Inspection de la qualité dimensionnelle et de la qualité de surface
- 4.5 Prévention et contrôle de la contamination radioactive de l'électrode de thorium et de tungstène
 - 4.5.1 Gestion des déchets radioactifs dans le processus de production
 - 4.5.2 Mesures de protection et exigences relatives à l'équipement
 - 4.5.3 Traitement des eaux usées et des déchets solides

Chapitre 5 Utilisations de l'électrode de tungstène au thorium

- 5.1 Application de l'électrode de tungstène de thorium dans le domaine du soudage
 - 5.1.1 Soudage au gaz inerte (TIG) au tungstène
 - 5.1.2 Soudage au plasma
 - 5.1.3 Soudage à l'anode CC (acier au carbone, acier inoxydable, alliage de nickel, alliage de titane, etc.)
- 5.2 Application de l'électrode de tungstène de thorium dans d'autres industries
 - 5.2.1 Matériaux de cathode dans l'électronique du vide
 - 5.2.2 Coupage de l'arc et amorçage de l'arc
- 5.3 Limites des scénarios d'application de l'électrode de tungstène de thorium
 - 5.3.1 Scénarios d'utilisation radioactive
 - 5.3.2 Tendances d'application des électrodes alternatives

Chapitre 6 Équipement de production d'électrode de tungstène de thorium

- 6.1 Équipement de traitement des matières premières pour l'électrode de tungstène de thorium
 - 6.1.1 Équipement de broyage et de criblage de poudre de tungstène
 - 6.1.2 Équipement de dopage à l'oxyde de thorium
- 6.2 Équipement de métallurgie des poudres pour électrode de tungstène de thorium
 - 6.2.1 Mélangeurs
 - 6.2.2 Presses
 - 6.2.3 Four de frittage à haute température
- 6.3 Équipement de formage et de traitement de l'électrode de tungstène de thorium
 - 6.3.1 Calandres
 - 6.3.2 Équipement de meulage et de polissage

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

6.4 Équipement de radioprotection pour électrode de tungstène de thorium

6.4.1 Broyeur spécial et système de dépoussiérage

6.4.2 Enceintes et équipement de ventilation

6.4.3 Équipement de stockage des déchets radioactifs

6.5 Équipement d'essai de l'électrode de tungstène au thorium

6.5.1 Détecteur de débit de dose de rayonnement X- γ

6.5.2 Détecteur de contamination de surface α , β

Chapitre 7 Normes nationales et étrangères pour l'électrode de tungstène de thorium

7.1 Normes internationales pour l'électrode de tungstène au thorium

7.1.1 ISO 6848:2015 (Classification et exigences pour l'électrode de tungstène)

7.1.2 AWS A5.12/A5.12M (spécification de l'électrode de tungstène de l'American Welding Institute)

7.1.3 EN 26848 (norme européenne pour l'électrode de tungstène)

7.2 Normes nationales pour l'électrode de tungstène au thorium

7.2.1 GB/T 4187-2017 (Norme nationale pour l'électrode de tungstène)

7.2.2 GB 18871-2002 (Norme de base pour la protection contre les rayonnements ionisants et la sécurité des sources de rayonnement)

7.2.3 Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et divulgation d'information des entreprises pour la mise au point et l'utilisation de minéraux radioactifs associés (pour la mise en œuvre à titre expérimental)

7.3 Normes de sûreté radioactives pour l'électrode de tungstène au thorium

7.3.1 Concentration d'activité exemptée de thorium 232 (1 Bq/g)

7.3.2 Exigences de protection lors de la production et de l'utilisation

Chapitre 8 Méthodes de détection de l'électrode de tungstène de thorium

8.1 Détection de la composition chimique de l'électrode de tungstène de thorium

8.1.1 Analyse de la teneur en oxyde de thorium

8.1.2 Détection de la teneur en impuretés

8.2 Essai des propriétés physiques de l'électrode de tungstène de thorium

8.2.1 Essais de densité et de dureté

8.2.2 Analyse de la structure des grains

8.3 Détection de la radioactivité de l'électrode de tungstène de thorium

8.3.1 Détection du débit de dose de rayonnement X- γ

8.3.2 Détection de la contamination de surface α , β

8.3.3 Surveillance des rayonnements dans l'environnement

8.4 Test de performance de soudage de l'électrode de tungstène de thorium

8.4.1 Essai de performance de l'arc

8.4.2 Essai de stabilité de l'arc et de vitesse de combustion

8.5 Équipement d'essai et étalonnage de l'électrode de tungstène au thorium

8.5.1 Exigences d'étalonnage des instruments d'essai

8.5.2 Environnement d'essai et spécifications de fonctionnement

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Chapitre 9 : Avantages et inconvénients de l'électrode de tungstène au thorium

9.1 Avantages de l'électrode de tungstène au thorium

9.1.1 Excellentes performances de soudage

9.1.2 Résistance aux hautes températures et résistance à l'usure

9.2 Inconvénients de l'électrode de tungstène au thorium

9.2.1 Risque de contamination radioactive

9.2.2 Impacts sur l'environnement et la santé

Chapitre 10 Stockage, transport et gestion de la sécurité de l'électrode de tungstène au thorium

10.1 Exigences relatives à l'environnement et à l'état de stockage

10.2 Normes d'emballage et mesures de protection

10.3 Précautions de sécurité pendant le transport

10.4 Pratiques de gestion de la sûreté des matières radioactives

10.5 Gestion des situations d'urgence et prévention des accidents

Chapitre 11 : Tendances et défis futurs du développement de l'électrode de thorium et de tungstène

11.1 Progrès de la recherche et du développement de matériaux de remplacement pour l'électrode de thorium et de tungstène

11.2 Protection de l'environnement et pression de sécurité radiologique

11.3 Nouveaux procédés de préparation et fabrication écologique

11.4 Direction d'amélioration des performances de l'électrode de tungstène de thorium

11.5 Évolution de la demande du marché et développement de la chaîne industrielle

11.6 Incidence des politiques et des règlements et élaboration de la conformité

Appendice

A. Glossaire

B. Références

Chapitre 1 Introduction

1.1 Définition et aperçu de l'électrode de tungstène au thorium

L'électrode de tungstène au thorium est une électrode en alliage avec du tungstène de haute pureté comme matrice et dopée avec une petite quantité d'oxyde de thorium (ThO_2 , généralement entre 0,9 % et 4,2 %), qui est largement utilisée dans les processus de soudage de haute précision tels que le soudage sous protection sous gaz inerte au tungstène (soudage TIG). Son composant principal, le tungstène, a un point de fusion extrêmement élevé (environ 3422°C) et une excellente conductivité électrique, tandis que l'ajout d'oxyde de thorium réduit considérablement le travail électronique de l'électrode (environ 2,63 eV), améliorant ainsi les performances d'initiation de l'arc et la stabilité de l'arc. Les électrodes en tungstène au thorium sont généralement classées selon différentes teneurs en oxyde de thorium, et les modèles les plus courants dans le monde comprennent WT10 (0,9-1,2 % ThO_2 , revêtement jaune), WT20 (1,8-2,2 % ThO_2 , pointe de revêtement rouge), WT30 (2,8-3,2 % ThO_2 , applicateur violet) et WT40 (3,8-4,2 % ThO_2 , applicateur jaune orangé). Ces modèles sont codés par couleur pour faciliter la différenciation en production et en utilisation.

L'apparence des électrodes en tungstène thorium est en forme de tige, généralement entre 0,5 mm et 10 mm de diamètre, et la longueur est généralement de 150 mm ou 175 mm, et la surface est meulée et polie avec précision pour assurer la stabilité pendant le processus de soudage. Ses propriétés uniques proviennent du point de fusion élevé du tungstène et de la capacité d'émission d'électrons thermiques de l'oxyde de thorium, ce qui lui permet de maintenir un arc stable sous des charges de courant élevées tout en réduisant l'épuisement des électrodes. Le dopage de l'oxyde de thorium améliore non seulement la résistance à haute température de l'électrode, mais la rend également excellente dans le soudage à l'anode DC (DCEN), particulièrement adaptée au soudage de l'acier au carbone, de l'acier inoxydable, de l'alliage de nickel et de l'alliage de titane.

Cependant, les électrodes de tungstène au thorium sont caractérisées par des traces de radioactivité (principalement α et β rayonnement de particules en raison de leur teneur en oxyde de thorium, ce qui les oblige à prendre des précautions particulières lors de la production, du stockage et de l'utilisation. Malgré ses faibles niveaux de radioactivité (le thorium 232 a une concentration d'activité exemptée de 1 Bq/g), une exposition à long terme peut tout de même avoir des effets potentiels sur la santé et l'environnement. Par conséquent, ces dernières années, les électrodes non radioactives telles que le cérium-tungstène et le tungstène lanthane sont progressivement devenues des substituts, mais les électrodes au thorium-tungstène occupent toujours une position importante dans des domaines spécifiques en raison de leurs excellentes propriétés de soudage.

1.2 L'importance des électrodes de tungstène au thorium dans l'industrie du soudage

Les électrodes en tungstène thorium sont d'une importance irremplaçable dans l'industrie du soudage, en particulier dans les processus de haute précision tels que le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG) et le soudage au plasma. Le soudage TIG est une méthode de soudage qui utilise un gaz inerte (tel que l'argon ou l'hélium) pour protéger l'arc et le bain de fusion, et est largement utilisé dans l'aérospatiale, l'industrie nucléaire, la construction automobile et l'industrie navale. Les électrodes en tungstène thorium sont devenues le matériau d'électrode privilégié pour le soudage

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

TIG en raison de leurs excellentes performances d'initiation d'arc et de leur stabilité d'arc.

Tout d'abord, l'électrode de tungstène au thorium se comporte bien dans le soudage par anode DC. Son faible échappement d'électrons permet à l'électrode d'initier facilement l'arc électrique, et l'arc reste stable à des courants élevés, réduisant ainsi les projections et les défauts de soudure. Ceci est particulièrement important pour le soudage de métaux à points de fusion élevés, tels que les alliages de titane et les aciers inoxydables. Par exemple, dans l'industrie aéronautique, où le soudage de composants en titane nécessite une précision et une qualité de surface extrêmement élevées, les électrodes au thorium et au tungstène assurent l'uniformité et la résistance de la soudure. De plus, le faible taux de combustion des électrodes en tungstène thorium sous des charges de courant élevées prolonge la durée de vie des électrodes et réduit les coûts de production.

Deuxièmement, la conductivité élevée et la stabilité thermique des électrodes au thorium et au tungstène les rendent adaptées au soudage d'une large gamme de matériaux, notamment l'acier au carbone, l'acier allié, les alliages de cuivre et les alliages à base de nickel. Les électrodes avec différents teneurs en oxyde de thorium, telles que WT20 et WT40, peuvent être sélectionnées en fonction du courant de soudage et du type de matériau pour répondre aux différents besoins du processus. Par exemple, le WT20 est le plus largement utilisé dans le soudage à courant moyen en raison de sa teneur modérée en oxyde de thorium (1,8-2,2 %), tandis que le WT40 est plus adapté aux scénarios industriels à courant élevé et à usage intensif.

De plus, les électrodes au thorium et au tungstène ont également des applications importantes dans le soudage au plasma et le coupage à l'arc. Le soudage au plasma nécessite que l'électrode maintienne sa stabilité dans un environnement plasma à haute température et à haute pression, et la résistance à haute température des électrodes au thorium et au tungstène en fait un choix idéal. Dans la coupe à l'arc, les électrodes en tungstène thorium peuvent fournir un arc à haute résistance pour assurer l'efficacité et la précision de la coupe. Ces propriétés rendent les électrodes en tungstène au thorium indispensables dans l'industrie moderne, et bien que leurs problèmes de radioactivité aient conduit à l'étude de matériaux alternatifs, leurs avantages dans des scénarios spécifiques de forte demande sont encore difficiles à remplacer complètement.

1.3 Contexte de la recherche et de l'application

Le développement et l'application des électrodes au thorium et au tungstène ont commencé au début du 20^e siècle et se sont progressivement développés avec l'essor de la technologie de soudage à l'arc. Le tungstène est un choix idéal pour les matériaux d'électrode en raison de son point de fusion élevé et de son excellente conductivité électrique, mais la difficulté d'initiation de l'arc et l'instabilité de l'arc des électrodes de tungstène pur à des courants élevés limitent son application. Dans les années 30 du 20^e siècle, les chercheurs ont découvert que les performances des électrodes en tungstène pouvaient être considérablement améliorées en dotant une petite quantité d'oxyde de thorium. La découverte que le faible travail électronique de l'oxyde de thorium réduit l'énergie nécessaire à l'initiation de l'arc tout en améliorant la durabilité de l'électrode à haute température, ce qui a conduit à l'application généralisée des électrodes de thorium et de tungstène.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

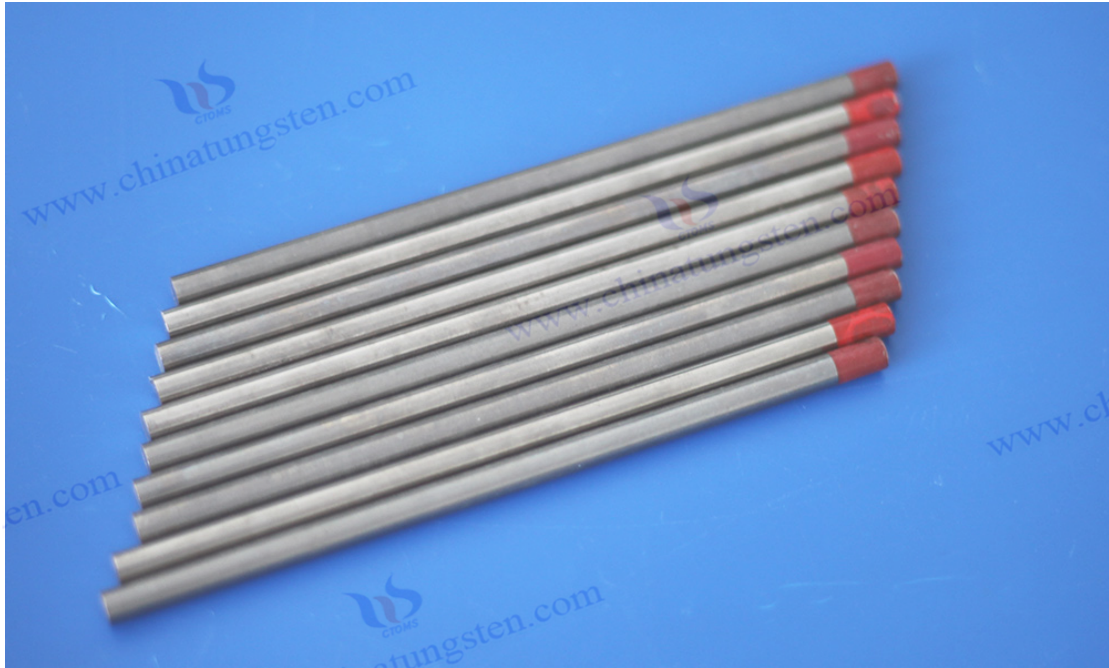
Au cours des décennies qui ont suivi, le processus de préparation des électrodes de tungstène au thorium n'a cessé de s'améliorer. L'introduction de la technologie de la métallurgie des poudres a permis d'avoir une distribution uniforme de l'oxyde de thorium, ce qui améliore la qualité et la consistance des électrodes. Dans les années 80 du 20^e siècle, avec la popularisation de la technologie de soudage TIG, les électrodes au thorium et au tungstène sont devenues les matériaux courants de l'industrie du soudage, et des normes internationales (telles que ISO 6848 et AWS A5.12) ont également été formulées pour réglementer leur production et leur utilisation.

Cependant, la radioactivité des électrodes de tungstène au thorium a progressivement attiré l'attention. Le thorium 232 contenu dans l'oxyde de thorium est un élément radioactif naturel, et sa désintégration libère des particules α et de petites quantités de β et de rayonnement γ . Malgré ses faibles niveaux de radioactivité, il peut toujours présenter un risque potentiel pour la santé des travailleurs et l'environnement pendant la production et l'utilisation, comme la poussière générée lors du broyage des électrodes. Depuis les années 90 du 20^e siècle, les pays européens et américains ont commencé à promouvoir la recherche et le développement d'électrodes non radioactives, et les électrodes en cérium et tungstène (WC20) et les électrodes en tungstène lanthane (WL20) sont progressivement entrées sur le marché. Ces électrodes alternatives sont proches des électrodes thorium-tungstène en termes de performances et n'ont aucun risque radioactif, elles remplacent donc progressivement les électrodes thorium-tungstène dans certaines zones.

Malgré cela, les électrodes en tungstène thorium présentent toujours des avantages uniques dans certains domaines exigeants. Par exemple, dans l'industrie nucléaire et l'aérospatiale, les électrodes en thorium-tungstène restent le matériau de choix en raison de leur excellente stabilité à l'arc et de leur résistance aux hautes températures. Au cours des dernières années, l'accent de la recherche s'est déplacé vers l'optimisation du processus de production d'électrodes de thorium et de tungstène afin de réduire la contamination radioactive, tout en explorant de nouveaux matériaux de dopage pour améliorer encore les performances. De plus, avec des réglementations environnementales de plus en plus strictes, la production et l'utilisation d'électrodes de tungstène au thorium sont plus restreintes, ce qui incite l'industrie à développer des alternatives plus sûres et respectueuses de l'environnement.

À l'échelle mondiale, l'application et la recherche des électrodes au thorium et au tungstène se poursuivent. En tant que pays majeur dans les ressources en tungstène, la Chine occupe une position importante dans la production et l'exportation d'électrodes de tungstène au thorium, et les entreprises associées continuent d'améliorer leurs processus de production pour répondre aux normes internationales. Dans le même temps, la demande d'électrodes de tungstène au thorium dans l'industrie internationale du soudage reste forte, en particulier dans les pays en développement et dans des secteurs industriels spécifiques. À l'avenir, avec l'avancement de nouveaux matériaux et de nouveaux processus, le rôle des électrodes de tungstène au thorium pourrait changer, mais sa position importante dans l'histoire de la technologie de soudage est indéniable.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale



CTIA GROUP LTD Électrode WT20

Chapitre 2 Types d'électrodes de tungstène au thorium

En tant que consommables de base dans le soudage sous gaz inerte au tungstène (soudage TIG) et le soudage au plasma, il existe de nombreux types d'électrodes en tungstène thorium, qui peuvent être soigneusement classées en fonction de la teneur en oxyde de thorium et des scénarios d'application. La classification des électrodes au thorium et au tungstène reflète non seulement les différences de composition chimique et de propriétés physiques, mais reflète également leur applicabilité dans différents procédés de soudage et scénarios industriels. Ce chapitre aborde en détail la classification des électrodes de tungstène au thorium selon leur teneur en oxyde de thorium, la classification par scénario d'application et la comparaison avec d'autres types d'électrodes de tungstène.

2.1 Les électrodes de tungstène au thorium sont classées en fonction de leur teneur en oxyde de thorium

Les principales caractéristiques de l'électrode de tungstène au thorium sont dérivées de l'oxyde de thorium dopé (ThO_2) dans la matrice de tungstène, et son contenu affecte directement le travail électronique de l'électrode, la stabilité de l'arc, le taux de combustion et la plage de courant applicable. Les normes internationales (par exemple, ISO 6848:2015 et AWS A5.12/A5.12M) classent les électrodes de tungstène au thorium en plusieurs modèles en fonction de leur teneur en oxyde de thorium et les identifient à l'aide d'applicateurs de différentes couleurs pour faciliter la différenciation lors de la production et de l'utilisation. Voici quatre modèles courants : WT10, WT20, WT30 et WT40, chacun présentant des différences significatives en termes de performances et de scénarios d'application.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

2.1.1 WT10 (peinture jaune)

L'électrode de tungstène au thorium WT10 contient 0,8 à 1,2 % d'électrode de tungstène au thorium, qui est le type d'électrode de tungstène au thorium avec la teneur en oxyde de thorium la plus faible, et est identifiée par une tête de revêtement jaune. Sa faible teneur en oxyde de thorium offre un équilibre entre le travail des électrons et les performances de soudage, ce qui le rend adapté aux tâches de soudage à courant faible à moyen.

Caractéristiques de performance :

Le travail électronique de l'électrode WT10 est d'environ 2,63 eV, ce qui est inférieur à celui de l'électrode en tungstène pur (environ 4,5 eV), ce qui réduit considérablement l'énergie requise pour le démarrage de l'arc, ce qui lui confère de bonnes performances d'initiation d'arc dans des conditions de faible courant (généralement 50-150 A). La stabilité de l'arc est meilleure, en particulier dans le soudage à l'électrode négative CC (DCEN), où l'arc est concentré et il y a moins de projections. En raison de la faible teneur en oxyde de thorium, le WT10 a un taux de combustion relativement élevé, en particulier à des courants élevés ou pour de longues périodes de soudage continu, où la pointe de l'électrode peut être légèrement fondue ou appauvrie en thorium.

Le niveau de radioactivité du WT10 est le plus bas de toutes les électrodes de tungstène au thorium, et l'activité du thorium 232 est proche de la norme d'exemption (1 Bq/g), de sorte que les exigences de radioprotection en production et en utilisation sont relativement assouplies. Cela en fait l'électrode préférée pour les applications industrielles radioactives, telles que la fabrication de dispositifs médicaux.

Scénarios d'application

Le WT10 est principalement utilisé pour le soudage de plaques minces et le soudage de précision à faible courant, et convient à des matériaux tels que l'acier au carbone, l'acier inoxydable et les alliages de cuivre. Par exemple, dans la fabrication de cadres de vélo, les électrodes WT10 sont capables de fournir un arc stable, de réduire la surchauffe de la soudure et d'assurer des joints de haute qualité. De plus, le WT10 peut également être utilisé dans les procédés de micro-soudage TIG, tels que le soudage de précision de composants électroniques.

Avantages et inconvénients :

Avantages : faible radioactivité, bonnes performances d'amorçage d'arc, adapté au soudage à faible courant, coût relativement faible.

Inconvénients : Taux de combustion élevé à courant élevé, ne convient pas pour les charges lourdes ou le soudage continu à long terme.

Précautions de production et d'utilisation

Dans la production d'électrodes WT10, il est nécessaire d'assurer une distribution uniforme de l'oxyde de thorium pour éviter des performances locales inégales. Lorsqu'il est utilisé, il est recommandé d'utiliser un angle de meulage approprié (généralement 15°-30°) pour optimiser la concentration de l'arc. De plus, des broyeurs spéciaux et des équipements de dépoussiérage sont nécessaires pendant le processus de broyage pour réduire le risque d'inhalation de poussière de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

thorium.

2.1.2 WT20 (peinture rouge)

WT20 est actuellement le type d'électrode de tungstène au thorium le plus largement utilisé, avec une teneur en oxyde de thorium de 1,7 à 2,2 %, et est identifié par une couche rouge. Sa teneur modérée en oxyde de thorium lui permet d'atteindre le meilleur équilibre entre performances, coût et applicabilité, et est largement utilisé dans le soudage industriel.

Caractéristiques de performance :

Le travail électronique de l'électrode WT20 est similaire à celui de l'électrode WT10, mais sa stabilité d'arc est encore améliorée en raison de la teneur plus élevée en oxyde de thorium, ce qui la rend adaptée à la gamme de courants moyens à élevés (100-300 A). Dans le soudage par anode CC, le WT20 est capable de maintenir un arc concentré et stable, réduisant ainsi les défauts de soudure. Par rapport au WT10, le WT20 a un taux de combustion plus faible et la pointe de l'électrode est plus durable à haute température, ce qui le rend adapté au soudage continu pendant de plus longues périodes.

WT20 a un niveau de radioactivité légèrement plus élevé que WT10, mais reste dans une plage de sécurité. Les mesures de protection lors de la production et de l'utilisation doivent respecter strictement les normes en vigueur (telles que GB 18871-2002), y compris le port de masques de protection et l'utilisation d'équipements de ventilation.

Scénarios d'application

WT20 est une électrode « polyvalente » dans le soudage TIG, qui est largement utilisée dans le soudage de l'acier inoxydable, de l'acier au carbone, des alliages de nickel et des alliages de titane. Dans le secteur aérospatial, le WT20 est couramment utilisé pour le soudage de composants en alliage de titane, comme la fabrication d'aubes de moteur d'avion, où son arc stable et son faible taux de combustion garantissent des soudures de haute qualité. Dans l'industrie pétrochimique, le WT20 est également couramment utilisé pour le soudage de tuyaux, en particulier pour l'assemblage de matériaux résistants à la corrosion dans des environnements difficiles.

Avantages et inconvénients :

Avantages : forte stabilité de l'arc, faible taux de brûlure, large gamme de courant applicable, adapté à une variété de matériaux.

Inconvénients : Radioactivité légèrement plus élevée, une protection stricte est requise ; Le coût est supérieur à celui du WT10.

Précautions de production et d'utilisation

La production de WT20 nécessite un contrôle précis du taux de dopage de l'oxyde de thorium afin d'assurer des performances constantes. Lors de l'utilisation, il est recommandé d'utiliser un angle de meulage de 20°-35° et de vérifier régulièrement l'état de la pointe de l'électrode lors du soudage à courant élevé afin d'éviter que la perte de thorium n'affecte la qualité du soudage. La poussière de broyage doit être correctement collectée et éliminée pour éviter la pollution de l'environnement.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

2.1.3 WT30 (peinture violette)

L'électrode WT30 contient 2,8 à 3,2 % d'oxyde de thorium et est identifiée par une tête recouverte de violet, ce qui la rend adaptée aux applications de soudage à courant élevé et à usage intensif. Sa teneur élevée en oxyde de thorium améliore considérablement la résistance aux hautes températures et la stabilité de l'arc de l'électrode.

Caractéristiques de performance :

Le travail des électrons du WT30 est légèrement inférieur à celui du WT20, ce qui réduit encore la difficulté de l'arc électrique, et l'arc reste stable à des courants élevés (200-400 A). Son taux de combustion est le plus bas parmi les électrodes en tungstène thorium, et la pointe de l'électrode n'est pas facile à fondre ou à déformer à haute température et à haute pression, ce qui convient au soudage continu à long terme. L'excellente conductivité et la stabilité thermique du WT30 le rendent excellent dans les scénarios industriels lourds.

Cependant, la teneur élevée en oxyde de thorium entraîne des niveaux de radioactivité plus élevés et des exigences de protection plus strictes lors de la production et de l'utilisation. Les opérateurs sont tenus de porter un équipement de protection et de s'assurer que l'environnement de travail est bien ventilé.

Scénarios d'application

Le WT30 est principalement utilisé pour le soudage de tôles épaisses et la fabrication de pièces structurelles lourdes, telles que le soudage de tôles d'acier dans la construction navale, le soudage de récipients sous pression dans les centrales nucléaires et l'assemblage de grandes machines et d'équipements. Sa capacité à maintenir un arc stable à des courants élevés le rend adapté au soudage de matériaux à points de fusion élevés, tels que les alliages de titane et les alliages à base de nickel. De plus, le WT30 peut également être utilisé pour le soudage au plasma et le coupage à l'arc, où des électrodes sont nécessaires pour maintenir les performances dans des conditions extrêmes.

Avantages et inconvénients :

Avantages : excellente stabilité de l'arc, très faible taux de brûlure, adapté au soudage à courant élevé et à usage intensif.

Inconvénients : radioactivité élevée, coût de protection élevé ; Le coût est plus élevé que celui du WT10 et du WT20.

Précautions de production et d'utilisation

La production du WT30 nécessite un processus de métallurgie des poudres de haute précision qui assure une distribution uniforme de l'oxyde de thorium afin d'éviter les défauts localisés. Lors de l'utilisation, il est recommandé d'avoir un angle de meulage de 25°-40° pour optimiser la concentration et la durabilité de l'arc. Lors du broyage et de l'utilisation, il est nécessaire de respecter strictement les spécifications de radioprotection et d'être équipé d'un dispositif de collecte spécial pour traiter la poussière de thorium.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

2.1.4 WT40 (peinture orange)

L'électrode WT40 contient 3,8 à 4,2 % d'oxyde de thorium, identifié par une tête de revêtement jaune orangé, et est le modèle de l'électrode de tungstène à oxyde de thorium la plus élevée avec la teneur en oxyde de thorium la plus élevée, conçue pour un courant extrêmement élevé et un soudage à usage intensif.

Caractéristiques de performance :

Le WT40 a la puissance électronique la plus faible (environ 2,6 eV) et d'excellentes performances d'initiation d'arc, maintenant un arc stable même à des courants ultra-élevés (300-500 A). Son taux de combustion est extrêmement faible et la pointe de l'électrode n'a presque pas de perte évidente lors d'un fonctionnement à haute température à long terme, ce qui convient aux scénarios industriels extrêmes. Le WT40 est extrêmement stable thermiquement et mécaniquement solide, et est capable de résister à des impacts d'arc de haute intensité.

Cependant, le WT40 a le niveau de radioactivité le plus élevé, et la concentration d'activité du thorium 232 est proche ou légèrement supérieure à la norme d'exemption, et les exigences de radioprotection dans la production et l'utilisation sont les plus strictes. Les opérateurs doivent être entièrement équipés d'équipements de protection, et les lieux de travail doivent être équipés de systèmes de ventilation et de dépoussiérage efficaces.

Scénarios d'application

Le WT40 est principalement utilisé pour le soudage de plaques ultra-épaisses et les applications industrielles dans des conditions extrêmes, telles que le soudage de cuves de réacteurs nucléaires, l'assemblage de grandes structures en alliage de titane dans l'aérospatiale et la fabrication de machines lourdes. Dans la découpe plasma, le WT40 peut également fournir un arc à haute résistance pour assurer l'efficacité et la précision de la coupe. Sa durabilité dans les scénarios de charge élevée en fait le premier choix pour les applications industrielles spéciales.

Avantages et inconvénients :

Avantages : Stabilité optimale de l'arc, taux de combustion le plus bas, adapté aux courants ultra-élevés et aux conditions extrêmes.

Inconvénients : radioactivité la plus élevée, coût de protection extrêmement élevé ; Coûts de production et d'utilisation élevés.

Précautions de production et d'utilisation

La production du WT40 nécessite l'utilisation d'équipements de haute précision pour contrôler le dopage et la distribution de l'oxyde de thorium, et le processus de frittage doit être effectué dans un environnement sous vide à haute température pour garantir la qualité. Lors de l'utilisation, l'angle de meulage recommandé est de 30°-45° pour s'adapter aux exigences de courant élevées. Respect strict des normes de sécurité radioactive lors des processus de meulage et de soudage et surveillance régulière des niveaux de rayonnement ambiant.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

2.2 Les électrodes en tungstène thorium sont classées selon les scénarios d'application

Les scénarios d'application des électrodes au thorium tungstène sont principalement basés sur la différence de leurs performances dans le soudage en courant continu (DC) et en courant alternatif (AC). Parce que le travail d'évolution électronique et de stabilité de l'arc des électrodes de tungstène au thorium est meilleur que celui des électrodes en tungstène pur, il est principalement utilisé pour le soudage d'anode DC, mais il a également des applications dans des scénarios spécifiques de soudage AC.

2.2.1 Électrode de tungstène thorium pour le soudage DC

Le soudage par anode DC (DCEN) est le scénario d'application le plus courant pour les électrodes en thorium-tungstène. Dans le soudage DCEN, l'électrode est connectée à l'électrode négative de l'alimentation, la pièce est connectée à l'électrode positive et les électrons circulent de l'électrode à la pièce, ce qui donne un arc concentré et stable. Dans ce mode, le faible fonctionnement d'échappement d'électrons et l'excellente stabilité thermique de l'électrode de tungstène au thorium lui confèrent de bonnes performances.

Caractéristiques de performance :

En mode DCEN, l'électrode de tungstène au thorium peut facilement initier un arc électrique, et l'arc est concentré, et la chaleur est principalement concentrée sur la pièce, réduisant la charge thermique de l'électrode. Cela confère aux électrodes au thorium-tungstène des avantages significatifs lors du soudage d'aciers au carbone, d'aciers inoxydables, d'alliages de nickel et d'alliages de titane. Différents types d'électrodes au thorium-tungstène conviennent à différentes gammes de courant :

WT10 : convient aux courants faibles (50-150 A) pour le soudage de tôles minces et de précision.

WT20 : convient aux courants moyens à élevés (100-300 A) et largement utilisé dans le soudage industriel.

WT30 et WT40 : adaptés aux courants élevés à ultra-élevés (200-500 A) pour le soudage de tôles épaisses et de charges lourdes.

Les électrodes en tungstène thorium ont un faible taux de combustion dans le soudage DCEN et une longue durée de vie des électrodes, en particulier à des courants élevés, qui peuvent toujours conserver la forme de la pointe, réduisant ainsi le besoin de remplacement fréquent. De plus, sa grande stabilité à l'arc, son excellente qualité de soudure et ses faibles projections le rendent adapté au soudage de haute précision.

Scénarios d'application

Aérospatiale : Soudage de composants en titane et en alliage de nickel, tels que des composants de fuselage et de moteur d'avion.

Industrie nucléaire : Soudage d'appareils sous pression et de tuyaux, nécessitant des soudures à haute résistance et sans défaut.

Industrie pétrochimique : soudage de tuyaux et d'équipements avec des matériaux résistants à la corrosion tels que l'acier inoxydable et les alliages à base de nickel.

Fabrication automobile : soudage d'aciers à haute résistance et d'alliages d'aluminium, tels que des

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

composants de carrosserie et de suspension.

Précautions

Dans le soudage DCEN, il est nécessaire de sélectionner le type d'électrode et l'angle de meulage appropriés en fonction de l'épaisseur du matériau et du courant de soudage. La pointe de l'électrode doit être vérifiée et rebroyée régulièrement pour maintenir la concentration de l'arc. Le broyage nécessite l'utilisation d'un broyeur dédié et d'un dispositif de dépoussiérage pour réduire le risque de radioactivité.

2.2.2 Électrode de tungstène au thorium pour le soudage AC (scène spéciale)

Bien que les électrodes en tungstène thorium soient principalement utilisées pour le soudage DCEN, elles ont également des applications dans des scénarios de soudage spécifiques à courant alternatif (CA), en particulier lors du soudage de métaux légers tels que l'aluminium et le magnésium. Dans le soudage AC, le courant est périodiquement commuté entre les électrodes positives et négatives, et les électrodes sont soumises à des charges thermiques plus élevées.

Caractéristiques de performance :

Dans le soudage AC, les électrodes au thorium-tungstène ne fonctionnent pas aussi bien que les électrodes lanthane-tungstène ou zirconium-tungstène, mais elles peuvent toujours être utilisées dans des scénarios spécifiques. Les WT20 et WT30 offrent une bonne stabilité de l'arc en mode AC en raison de leur teneur plus élevée en oxyde de thorium, mais la pointe de l'électrode est sujette à la surchauffe pendant le cycle d'électrode positif (DCEP), ce qui entraîne une perte de thorium et un épuisement de l'électrode. Par conséquent, les électrodes en tungstène thorium nécessitent souvent des fréquences d'entretien plus élevées dans le soudage AC, telles que le meulage fréquent pour restaurer la forme de la pointe.

Scénarios d'application

Soudage d'alliages d'aluminium : Dans la fabrication marine et aérospatiale, les électrodes au thorium et au tungstène (généralement WT20) peuvent être utilisées pour le soudage AC-TIG de tôles d'aluminium, en particulier lorsque le courant continu n'est pas disponible.

Soudage d'alliages de magnésium : Dans les domaines de l'automobile et de l'aérospatiale, les électrodes de tungstène au thorium peuvent être utilisées pour le soudage de précision d'alliages de magnésium, qui nécessitent un contrôle élevé de l'arc.

Soudage de réparation : Dans certains scénarios de réparation sur le terrain, les électrodes de tungstène au thorium peuvent être utilisées comme remplacement temporaire du soudage AC des métaux légers.

Précautions

Dans le soudage AC, il est recommandé d'utiliser un grand diamètre d'électrode (2,4-4,0 mm) pour résister à la charge thermique, et l'angle de meulage doit être de 30°-45°, et la pointe peut être légèrement arrondie pour réduire la surchauffe. Une attention particulière doit être accordée à la protection contre les poussières radioactives et un système de ventilation efficace doit être équipé.

2.3 Comparaison de l'électrode de tungstène au thorium avec d'autres électrodes de tungstène

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Les électrodes en tungstène thorium occupent une position importante dans le soudage TIG en raison de leurs excellentes performances de soudage, mais avec le développement des électrodes non radioactives, les électrodes en tungstène pur, les électrodes en tungstène au cérium, les électrodes en tungstène lanthane, les électrodes en tungstène zirconium et les électrodes en tungstène yttrium sont progressivement devenues des options alternatives. Ce qui suit est une comparaison détaillée entre ces électrodes et les électrodes de tungstène au thorium.

2.3.1 Électrode de tungstène pur

aperçu

L'électrode de tungstène pur (WP, tête de revêtement vert) est composée de plus de 99,5 % de tungstène pur sans aucun dopage à l'oxyde, qui est le premier type d'électrode de tungstène utilisé.

Comparaison des performances

Travail des électrons de l'évolution des électrons : Le travail des électrons de l'électrode de tungstène pur est élevé (environ 4,5 eV), ce qui est difficile à démarrer et nécessite une tension plus élevée.

Stabilité de l'arc : La stabilité de l'arc est médiocre, surtout à des courants élevés, l'arc est sujet à la dérive.

Taux de combustion : Le taux de combustion est élevé, la pointe de l'électrode est facile à fondre et la durée de vie est courte.

Radioactivité : Non radioactif, sûr et respectueux de l'environnement, meilleur que l'électrode de tungstène au thorium.

Scénario applicable : Il est principalement utilisé pour le soudage AC des alliages d'aluminium et de magnésium, car il peut former une couche d'oxyde stable pendant le cycle de cathode.

Avantages et inconvénients :

Avantages : non radioactif, faible coût, adapté au soudage AC des métaux légers.

Inconvénients : Démarrage d'arc difficile, mauvaise stabilité de l'arc, ne convient pas au soudage à courant élevé ou DCEN.

Scénarios d'application

Les électrodes en tungstène pur sont principalement utilisées pour le soudage AC à faible besoin, comme le soudage de plaques d'aluminium, mais ont été progressivement remplacées par des électrodes dopées aux terres rares dans l'industrie moderne.

2.3.2 Électrodes de tungstène de cérium

aperçu

Les électrodes cérium-tungstène (WC20, pointes revêtues de gris) contiennent 1,8 à 2,2 % d'oxyde de cérium (CeO_2) et constituent la principale alternative non radioactive aux électrodes de tungstène au thorium.

Comparaison des performances

Résultat du travail des électrons : environ 2,7 eV, légèrement supérieur à l'électrode de tungstène au thorium, mais bonne initiation d'arc.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Stabilité de l'arc : La stabilité de l'arc est proche du WT20, adapté au soudage DCEN et AC.

Taux de combustion : Le taux de perte de combustion est inférieur à celui de l'électrode en tungstène pur, mais légèrement supérieur à celui du WT20.

Radioactivité : non radioactive, haute sécurité, conforme aux exigences de protection de l'environnement.

Scénarios applicables : Largement utilisé dans le soudage de l'acier inoxydable, de l'acier au carbone et des alliages d'aluminium, en particulier dans les industries sensibles aux rayonnements radioactifs.

Avantages et inconvénients :

Avantages : non radioactif, bonnes performances d'amorçage d'arc, adapté à une variété de scénarios de soudage.

Inconvénients : Le taux d'épuisement est légèrement plus élevé à courant élevé et la durabilité n'est pas aussi bonne que le WT20.

Scénarios d'application

Les électrodes en cérium et en tungstène sont largement utilisées dans le soudage des dispositifs médicaux, des équipements de transformation des aliments et des industries électroniques, et remplacent progressivement les électrodes en tungstène au thorium en raison de leur absence de risque de radioactivité.

2.3.3 Électrode de tungstène de lanthane

aperçu

Les électrodes en tungstène lanthane (WL10, WL15, WL20, têtes revêtues de noir, d'or et de bleu, respectivement) contiennent 0,8 à 2,0 % d'oxyde de lanthane (La_2O_3) et constituent une autre électrode alternative non radioactive.

Comparaison des performances

Travail d'évolution des électrons : environ 2,6-2,8 eV, excellentes performances d'initiation d'arc, proche de l'électrode de tungstène au thorium.

Stabilité de l'arc : Excellente stabilité de l'arc, en particulier dans le soudage à courant élevé et CA.

Taux de brûlure : Faible taux de brûlure, longue durée de vie de l'électrode, proche ou supérieure à celle de WT20.

Radioactivité : Non radioactive, haute sécurité et protection de l'environnement.

Scénarios applicables : Convient pour le soudage DCEN et AC, largement utilisé dans les scénarios de haute précision et à usage intensif.

Avantages et inconvénients :

Avantages : non radioactif, forte stabilité de l'arc, longue durée de vie, adapté à une variété de courants et de matériaux.

Inconvénients : le coût est légèrement plus élevé et le processus de production est strict.

Scénarios d'application

Les électrodes en tungstène de lanthane sont largement utilisées dans l'aérospatiale, l'industrie

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

nucléaire et la construction automobile, en particulier dans les scénarios où une grande précision et une longue durée de vie sont requises.

2.3.4 Électrodes en zirconium et tungstène

aperçu

Les électrodes en zinc-tungstène (WZ3, WZ8, têtes revêtues de brun et de blanc, respectivement) contiennent 0,3 à 0,8 % de zircone (ZrO_2) et sont conçues pour le soudage AC.

Comparaison des performances

Travail électronique d'évolution : élevé (environ 4,0 eV), amorçage d'arc moyen.

Stabilité de l'arc : Excellentes performances dans le soudage AC, en particulier dans le soudage d'alliages d'aluminium et de magnésium.

Taux de brûlure : Le taux de combustion est faible, ce qui convient au cycle d'électrode positive du soudage CA.

Radioactivité : non radioactive, sûre et respectueuse de l'environnement.

Scénarios applicables : Spécialement conçu pour le soudage AC des métaux légers, ne convient pas au soudage DCEN à courant élevé.

Avantages et inconvénients :

Avantages : Non radioactif, adapté au soudage AC des alliages d'aluminium et de magnésium.

Inconvénients : Mauvaises performances d'amorçage de l'arc, ne convient pas au soudage DCEN.

Scénarios d'application

Les électrodes en zinc-tungstène sont principalement utilisées pour le soudage AC-TIG des alliages d'aluminium et de magnésium, comme dans la fabrication marine et aérospatiale.

2.3.5 Électrodes yttrium-tungstène

aperçu

Les électrodes d'yttrium-tungstène (WY20, pointe revêtue de bleu) contiennent 1,8 à 2,2 % d'oxyde d'yttrium (Y_2O_3) et sont des électrodes non radioactives plus récentes.

Comparaison des performances

Sortie de travail électronique : environ 2,7 eV, bonnes performances d'amorçage d'arc.

Stabilité de l'arc : La stabilité de l'arc est meilleure que celle de l'électrode de tungstène de cérium et proche de celle de l'électrode de tungstène de lanthane.

Taux d'épuisement : Faible taux de perte de combustion et longue durée de vie.

Radioactivité : non radioactive, sûre et respectueuse de l'environnement.

Scénarios applicables : convient pour le soudage DCEN et AC, en particulier dans les scénarios de haute précision.

Avantages et inconvénients :

Avantages : non radioactif, bonne stabilité de l'arc, longue durée de vie.

Inconvénients : Coût plus élevé et faible popularité sur le marché.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Scénarios d'application

Les électrodes en tungstène d'yttrium conviennent au soudage de haute précision, comme l'aérospatiale et l'électronique, mais leur application dans l'industrie n'a pas encore été pleinement popularisée.



CTIA GROUP LTD Électrode WT20

Chapitre 3 Caractéristiques de l' électrode de tungstène au thorium

En tant que matériau de base du soudage sous gaz inerte au tungstène (soudage TIG) et du soudage au plasma, l'électrode de tungstène au thorium occupe une position importante dans les applications industrielles en raison de ses propriétés physiques, chimiques, de soudage et de ses propriétés radioactives uniques. Ce chapitre abordera en détail les propriétés physiques (y compris le point de fusion élevé, le travail d'évolution des électrons, la conductivité électrique et les propriétés mécaniques), les propriétés chimiques (résistance à l'oxydation et stabilité chimique), les propriétés de soudage (performances d'initiation de l'arc, stabilité de l'arc, taux de combustion et comportement à charge élevée) et la radioactivité (traces de radioactivité de l'oxyde de thorium, impacts sur la santé et l'environnement, et comparaison avec des électrodes non radioactives). Grâce à une analyse complète, l'objectif est de révéler les avantages et les limites des électrodes de tungstène au thorium dans le processus de soudage.

3.1 Propriétés physiques des électrodes de tungstène au thorium

Les propriétés physiques des électrodes en tungstène thorium sont à la base de leurs excellentes performances dans les environnements de soudage à haute température et à courant élevé. Ces propriétés comprennent un point de fusion et une stabilité thermique élevés, un faible travail d'échappement d'électrons, ainsi qu'une excellente conductivité et des propriétés mécaniques qui lui permettent de résister aux conditions extrêmes du soudage à l'arc.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

3.1.1 Point de fusion élevé et stabilité thermique de l'électrode de tungstène au thorium

Les électrodes en tungstène thorium sont à base de tungstène (W), l'un des matériaux ayant le point de fusion le plus élevé de tous les métaux connus, avec un point de fusion d'environ 3422 °C (6192 °F). Cette propriété permet à l'électrode de tungstène au thorium de maintenir son intégrité structurelle dans l'environnement à haute température du soudage à l'arc (température de l'arc jusqu'à 6000-7000°C) et d'éviter la fusion ou la déformation importante. Le dopage de l'oxyde de thorium (ThO₂) (généralement dans la plage de 0,8 à 4,2 %) améliore encore la stabilité thermique de l'électrode. L'oxyde de thorium a un point de fusion élevé (environ 3300°C) et une capacité thermique élevée, ce qui peut disperser efficacement la chaleur générée par l'arc et réduire la surchauffe locale à l'extrémité de l'électrode.

Dans le soudage réel, le point de fusion élevé et la stabilité thermique des électrodes au thorium et au tungstène les rendent adaptées au soudage continu à long terme, en particulier dans le soudage par anode DC à courant élevé (DCEN). Par exemple, lors du soudage de matériaux à points de fusion élevés, tels que les alliages de titane ou l'acier inoxydable, la pointe de l'électrode conserve une forme stable et réduit les brûlures et les pertes de thorium. Par rapport à l'électrode de tungstène pure (WP), l'électrode de tungstène au thorium a de meilleures performances à haute température, et la pointe n'est pas facile à former des billes ou des fissures en fusion, prolongeant ainsi la durée de vie.

De plus, une distribution uniforme de l'oxyde de thorium est essentielle pour la stabilité thermique. Dans le processus de production, la technologie de la métallurgie des poudres est utilisée pour assurer la dispersion uniforme des particules d'oxyde de thorium dans la matrice de tungstène, afin d'éviter la dégradation des performances causée par une température locale élevée. La stabilité thermique est également étroitement liée à la structure du grain de l'électrode, et des processus de traitement thermique appropriés tels que le frittage et le recuit à haute température peuvent optimiser la taille des grains et améliorer la résistance de l'électrode aux chocs thermiques.

3.1.2 Travail électronique de l'électrode de tungstène de thorium (2,63 eV)

La fonction de travail est l'énergie minimale requise pour que les électrons s'échappent de la surface du matériau, ce qui affecte directement les performances d'initiation de l'arc de l'électrode. Le travail électronique de l'électrode de tungstène thorié est d'environ 2,63 eV, ce qui est nettement inférieur à celui de l'électrode de tungstène pur de 4,5 eV. Cela est principalement dû au dopage de l'oxyde de thorium, dont la faible dégradation du travail des électrons réduit la tension requise causée par l'arc, de sorte que l'électrode de thorium et de tungstène peut facilement commencer à former un arc à de faibles courants.

Le mécanisme physique du travail à faible électron est la capacité d'émission thermique d'électrons de l'oxyde de thorium. L'oxyde de thorium est capable de libérer un grand nombre d'électrons libres à des températures élevées (environnement d'arc), créant un flux stable d'électrons, qui initie et maintient l'arc. Cette caractéristique est particulièrement importante dans le soudage à électrode négative CC (DCEN), car les électrons circulent de l'électrode à la pièce, et le travail d'échappement plus faible réduit la consommation d'énergie lors du démarrage de l'arc, augmentant ainsi l'efficacité

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

du soudage.

Différents types d'électrodes de tungstène au thorium (telles que WT10, WT20, WT30, WT40) ont un fonctionnement d'échappement d'électrons légèrement différent en raison de la teneur différente en oxyde de thorium. Le WT40 (3,8-4,2 % ThO₂) a le travail électronique le plus faible (près de 2,6 eV) et les meilleures performances d'initiation d'arc, ce qui convient au soudage à courant élevé. WT10 (0,8-1,2 % ThO₂) a un travail d'échappement d'électrons légèrement plus élevé, mais il est toujours bien meilleur que l'électrode de tungstène pure. Cette différence permet à l'électrode de tungstène thorium d'être adaptée à un large éventail de scénarios, du soudage de précision à faible courant au soudage à courant élevé et à usage intensif.

Dans les applications pratiques, le travail à faible teneur en électrons réduit également la charge thermique à l'extrémité de l'électrode et réduit le taux de brûlure. Par exemple, dans le soudage d'alliages de titane dans l'industrie aérospatiale, l'électrode WT20 est capable de démarrer rapidement l'arc à basse tension, assurant ainsi l'uniformité et la précision de la soudure. Cependant, les avantages du travail des électrons doivent être pleinement exploités par l'angle de meulage de l'électrode approprié (généralement 15°-45°), et la pointe tranchante peut concentrer davantage le flux d'électrons et améliorer l'efficacité de l'initiation de l'arc.

3.1.3 Conductivité et propriétés mécaniques des électrodes de tungstène au thorium

La conductivité de l'électrode de tungstène thorium est due à la conductivité électrique élevée du substrat de tungstène (environ 30 % de cuivre), ce qui lui permet de transmettre efficacement le courant de soudage et de réduire les pertes de chaleur résistives. Le dopage de l'oxyde de thorium a peu d'effet sur la conductivité, mais à des courants élevés, la conductivité de l'électrode de tungstène au thorium est toujours meilleure que celle de l'électrode de tungstène pur, car les particules d'oxyde de thorium améliorent l'efficacité de la migration des électrons. La stabilité de la conductivité assure la continuité et la consistance de l'arc, en particulier dans l'initiation d'arc à haute fréquence ou le soudage par impulsions.

En termes de propriétés mécaniques, les électrodes en tungstène thorium ont une dureté élevée (dureté Vickers d'environ 400-450 HV) et une excellente résistance à la traction (environ 1000 MPa). Ces propriétés sont dues à la structure cristalline BCC (body-centered cube) et à la haute densité (19,25 g/cm³) du tungstène. Le dopage de l'oxyde de thorium améliore encore la résistance à la rupture et à l'usure de l'électrode en affinant les grains et en renforçant la matrice. Cela permet à l'électrode de tungstène au thorium de maintenir son intégrité structurelle en cas d'impact d'arc de haute intensité, ce qui la rend adaptée aux applications de soudage lourdes.

Dans le processus de production, l'optimisation des propriétés mécaniques repose sur le processus de métallurgie des poudres et le traitement thermique ultérieur. Le processus de pressage et de frittage contrôle la taille des grains et réduit les défauts internes ; Les processus de calandrage et de meulage, en revanche, améliorent la qualité de surface et réduisent les points de concentration des contraintes. En pratique, les propriétés mécaniques de l'électrode affectent directement sa durabilité. Par exemple, dans le soudage des récipients sous pression dans l'industrie nucléaire, les électrodes

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

WT30 ou WT40 sont soumises à des courants élevés et à de longues périodes de fonctionnement, et leur dureté élevée et leur résistance à la rupture garantissent la fiabilité des électrodes.

3.2 Propriétés chimiques des électrodes de tungstène au thorium

Les propriétés chimiques des électrodes au thorium et au tungstène se reflètent principalement dans leur résistance à l'oxydation et leur stabilité chimique, qui déterminent les performances de l'électrode à haute température et dans des environnements complexes.

3.2.1 Résistance à l'oxydation des électrodes de tungstène au thorium

Les électrodes en tungstène thorium sont protégées par des gaz inertes (tels que l'argon ou l'hélium) dans un environnement d'arc à haute température (6000-7000°C), et leur résistance à l'oxydation dépend principalement de l'inertie chimique de la matrice de tungstène. Le tungstène est extrêmement réactif à l'oxygène à température ambiante et élevée, et ne forme des oxydes volatils (par exemple WO_3) qu'à des températures très élevées (>1000°C). La résistance à l'oxydation de l'électrode est encore renforcée par le dopage de l'oxyde de thorium, car l'oxyde de thorium lui-même est un oxyde stable qui ne réagit pas facilement avec l'oxygène.

Dans le soudage TIG, la protection contre les gaz inertes isole efficacement l'oxygène et empêche l'oxydation de la surface de l'électrode. Cependant, lors du meulage ou du stockage des électrodes, si elles sont exposées à l'humidité ou à l'oxygène, des couches d'oxyde traces peuvent se former à la surface, affectant les performances d'amorçage de l'arc. Par conséquent, il est nécessaire de s'assurer que la surface de l'électrode est propre pendant la production et le stockage, et elle est souvent stockée dans un emballage sous vide ou dans un environnement sec.

Un autre facteur clé de la résistance à l'oxydation est la stabilité thermique de la pointe de l'électrode. Les particules d'oxyde de thorium peuvent exister de manière stable à des températures élevées pour éviter la volatilisation oxydative de la matrice de tungstène. Par rapport aux électrodes en tungstène pur, les électrodes en tungstène thorium sont plus résistantes à l'oxydation et à la perte de combustion lors du soudage à courant élevé et prolongent leur durée de vie. Par exemple, dans le soudage de tuyaux en acier inoxydable, l'électrode WT20 est capable de maintenir l'intégrité de la surface sur de longues périodes de fonctionnement et de réduire la contamination de la soudure par l'oxyde.

3.2.2 Stabilité chimique des électrodes de tungstène au thorium

La stabilité chimique des électrodes au thorium et au tungstène se reflète dans leur résistance aux produits chimiques courants tels que les acides, les alcalis et les métaux fondus. La matrice de tungstène a une résistance à la corrosion extrêmement élevée à la plupart des solutions acido-basiques (telles que l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique et l'hydroxyde de sodium) à température ambiante, et seule une corrosion mineure peut se produire dans des environnements fortement oxydants (tels que l'acide nitrique concentré ou les atmosphères oxydantes à haute température). En tant que matériau céramique stable, l'oxyde de thorium améliore encore la stabilité chimique de l'électrode, ce qui la rend moins sujette aux réactions chimiques avec les métaux ou les gaz dans le bain de fusion pendant le processus de soudage.

Dans les applications pratiques, la stabilité chimique de l'électrode de tungstène au thorium garantit la pureté de la soudure. Par exemple, dans le soudage d'alliages de titane, les impuretés ne seront pas libérées à la surface de l'électrode pour contaminer le bain de fusion, ce qui maintiendra les propriétés mécaniques et la résistance à la corrosion de la soudure. De plus, l'électrode de tungstène au thorium ne réagit pas aux gaz de protection inertes (par exemple, l'argon, l'hélium) et convient à une utilisation dans une variété d'environnements de soudage.

Cependant, la limitation de la stabilité chimique réside dans la poussière d'oxyde de thorium qui peut être libérée lors du broyage des électrodes ou du fonctionnement à haute température. L'oxyde de thorium peut se volatiliser à des températures élevées ou être libéré sous forme de poussière, et bien que chimiquement stable, sa radioactivité nécessite des précautions strictes. Des équipements spéciaux (par exemple, des broyeurs fermés et des systèmes de ventilation) sont nécessaires pour la production et l'utilisation afin de réduire la diffusion de la poussière.

3.3 Performances de soudage des électrodes de tungstène au thorium

Les performances de soudage de l'électrode de tungstène au thorium sont le principal avantage de sa large application dans le soudage TIG et le soudage au plasma, qui s'incarne dans les performances d'initiation de l'arc, la stabilité de l'arc, le taux de combustion et les performances sous courant de charge élevé.

3.3.1 Performances d'amorçage d'arc de l'électrode de tungstène au thorium

La performance d'initiation de l'arc est un indicateur clé pour mesurer la difficulté de l'électrode à initier l'arc, et l'électrode de tungstène au thorium a d'excellentes performances d'initiation d'arc en raison de son faible échappement d'électrons (2,63 eV). Dans le soudage à l'électrode négative CC (DCEN), les électrons circulent de l'électrode à la pièce, et le faible travail d'échappement réduit la tension requise pour l'initiation de l'arc (généralement 10-15 V), ce qui permet à l'arc d'être rapidement initié à de faibles courants. Ceci est particulièrement important pour le soudage de précision, comme les tôles minces d'acier inoxydable ou les composants électroniques, car cela réduit l'apport de chaleur à l'initiation de l'arc et empêche le matériau de surchauffer.

Différents types d'électrodes en tungstène thorium ont des performances d'amorçage d'arc légèrement différentes. Le WT40 a la teneur en oxyde de thorium la plus élevée (3,8-4,2 %) et les meilleures performances d'amorçage d'arc, ce qui convient aux scénarios à courant élevé. WT10 est plus adapté au soudage de précision à faible courant. Les performances d'amorçage de l'arc sont également affectées par l'angle de meulage de l'électrode et la qualité de surface. L'angle de meulage aigu (15°-30°) peut concentrer le flux d'électrons et améliorer l'efficacité de démarrage de l'arc ; Le polissage de surface réduit les défauts de surface et réduit la tension d'arc.

Dans la pratique, les performances d'initiation d'arc de l'électrode de tungstène au thorium sont nettement meilleures que celles de l'électrode de tungstène pure. Par exemple, dans le soudage d'alliages de titane dans le secteur aérospace, l'électrode WT20 est capable de démarrer rapidement l'arc à basse tension, assurant ainsi la qualité du début de la soudure. Dans le soudage TIG pulsé, la capacité d'amorçage rapide de l'arc de l'électrode de tungstène au thorium améliore encore

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

l'efficacité et la précision du soudage.

3.3.2 Stabilité de l'arc des électrodes de tungstène au thorium

La stabilité de l'arc est le principal avantage des électrodes en tungstène thorium, ce qui affecte directement la qualité de la soudure et l'efficacité du soudage. La stabilité de l'arc des électrodes de tungstène au thorium est due à la capacité d'émission d'électrons thermiques de l'oxyde de thorium et à la conductivité élevée de la matrice de tungstène. Dans le soudage DCEN, l'arc est concentré et continu, avec de petites fluctuations et moins d'éclaboussures, ce qui convient au soudage de haute précision. Les particules d'oxyde de thorium libèrent un flux constant d'électrons à haute température, maintenant l'uniformité de l'arc et ne dérivant pas ou n'interrompant pas l'arc, même à des courants élevés ou pendant de longues périodes.

Différents types d'électrodes diffèrent par la stabilité de l'arc. Les WT20 et WT30 sont largement utilisés dans le soudage industriel en raison de leur teneur modérée en oxyde de thorium (1,7-3,2 %) et de leur meilleure stabilité de l'arc à des courants moyens à élevés (100-400 A). Le WT40 maintient la stabilité de l'arc à des courants ultra-élevés (300-500 A) et convient aux applications lourdes telles que le soudage de récipients sous pression dans les centrales nucléaires.

La stabilité de l'arc est également affectée par l'état du gaz de protection et des électrodes. La protection contre l'argon fournit un environnement d'arc stable, tandis que l'hélium ou les mélanges argon-hélium conviennent au soudage à fort apport de chaleur. Un meulage correct de la pointe de l'électrode (par exemple un angle de cône de 20° à 35°) peut optimiser davantage la concentration de l'arc. Par exemple, dans le soudage de tuyaux dans l'industrie pétrochimique, l'électrode WT20 fournit un arc stable pour assurer un cordon de soudure uniforme et une résistance à la corrosion.

3.3.3 Taux de combustion des électrodes de tungstène au thorium

Le taux de brûlure de l'électrode est un indicateur important pour mesurer la durabilité de l'électrode, qui fait référence à la perte de qualité de l'électrode due à une température élevée, à un choc d'arc ou à une perte d'oxyde de thorium pendant le processus de soudage. Le taux de combustion des électrodes en tungstène thorium est nettement inférieur à celui des électrodes en tungstène pur, principalement en raison de la stabilité thermique de l'oxyde de thorium et du point de fusion élevé de la matrice de tungstène. L'oxyde de thorium forme une couche d'émission d'électrons stable à haute température, réduisant la volatilisation et la fusion de la matrice de tungstène.

Le taux de combustion des différents types d'électrodes de tungstène au thorium diminue avec l'augmentation de la teneur en oxyde de thorium. WT10 (0,8-1,2 % ThO₂) a un faible taux de combustion à de faibles courants, mais une perte de thorium peut se produire à des courants élevés. Le WT40 (3,8-4,2 % ThO₂) a le taux de combustion le plus bas et convient au soudage continu à courant ultra-élevé et à long terme. Par exemple, dans le soudage de tôles épaisses dans la construction navale, l'électrode WT40 est capable de fonctionner pendant des heures à des courants élevés avec peu de changement de forme de la pointe.

Le taux de combustion est également affecté par les paramètres de soudage et les conditions de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

fonctionnement. Un bon contrôle du courant, un débit de gaz de protection (8-15 L/min) et des angles de meulage des électrodes peuvent réduire considérablement le taux de brûlure. En pratique, une inspection et un réaffûtage réguliers de la pointe de l'électrode peuvent prolonger la durée de vie tout en réduisant la libération de poussière de thorium.

3.3.4 Performances des électrodes de tungstène au thorium à des courants de charge élevés

Les performances des électrodes en thorium-tungstène à des courants de charge élevés (200-500 A) sont un avantage clé dans l'industrie lourde. En raison de la teneur élevée en oxyde de thorium, les électrodes WT30 et WT40 peuvent résister à l'impact de l'arc à courant élevé et à haute température, en maintenant la stabilité de l'arc et le faible taux de brûlure. Cette propriété le rend adapté au soudage de plaques épaisses et de matériaux à points de fusion élevés, tels que les récipients sous pression dans l'industrie nucléaire, les grandes structures en alliage de titane dans l'aérospatiale et les tuyaux résistants à la corrosion dans l'industrie pétrochimique.

La stabilité thermique et la résistance mécanique de l'électrode en tungstène thorium garantissent la durabilité de la pointe de l'électrode à des courants de charge élevés. Par exemple, dans le soudage d'appareils sous pression dans une centrale nucléaire, l'électrode WT40 est capable de fonctionner en continu à 400 A, avec un arc concentré et stable et une qualité de soudure élevée. De plus, le faible travail électronique de l'électrode de tungstène au thorium à courant élevé réduit la consommation d'énergie lors de l'initiation et de la maintenance de l'arc, et améliore l'efficacité du soudage.

Cependant, à des courants de charge élevés, une attention particulière doit être portée à la gestion de la charge thermique des électrodes. Des courants excessifs peuvent entraîner une accélération de la perte de thorium et libérer des traces de poussière radioactive. Par conséquent, il est conseillé d'utiliser un grand diamètre d'électrode (3,2-6,4 mm) et un angle de meulage approprié (30°-45°) avec un système de refroidissement efficace (par exemple une torche de soudage refroidie à l'eau) pour réduire la température de l'électrode.

3.4 Propriétés radioactives des électrodes de tungstène au thorium

Les électrodes de tungstène au thorium sont légèrement radioactives en raison de la présence d'oxyde de thorium (ThO_2), une propriété qui est à la fois une source de son avantage en termes de performances et une limitation majeure dans son application. Cette section explorera les caractéristiques radioactives de l'oxyde de thorium, ses impacts sur la santé et l'environnement, et sa comparaison avec les électrodes non radioactives.

3.4.1 Radioactivité à l'état de traces de l'oxyde de thorium

Le thorium 232 (Th-232) contenu dans l'oxyde de thorium est un élément radioactif naturel avec une demi-vie d'environ 14 milliards d'années et libère principalement des particules α (4,01-4,08 MeV) accompagnées de petites quantités de particules β et de rayons γ . Le niveau de radioactivité de l'électrode de tungstène au thorium est directement lié à la teneur en oxyde de thorium, le WT10 (0,8 à 1,2 % ThO_2) ayant la concentration d'activité la plus faible (près de 1 Bq/g, répondant aux critères d'exemption) et le WT40 (3,8 à 4,2 % ThO_2) ayant la concentration d'activité la plus élevée,

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

proche ou légèrement supérieure à la norme d'exemption.

Dans des conditions normales d'utilisation (par exemple le soudage TIG), la radioactivité des électrodes a moins d'effet de rayonnement direct sur l'opérateur en raison de la faible pénétration des particules de α (qui peuvent être bloquées par quelques centimètres d'air ou de peau). Cependant, la poussière et les oxydes de thorium volatils à haute température lors du broyage des électrodes peuvent pénétrer dans le corps par inhalation ou par contact, ce qui présente un risque de rayonnement interne. Le débit de dose du rayonnement γ est faible (généralement $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$), mais l'exposition à long terme est préoccupante.

Au cours du processus de production, la gestion de la radioactivité des électrodes de tungstène au thorium est strictement réglementée. Les normes internationales (p. ex., la publication 103 de la CIPR) et les normes chinoises (p. ex., GB 18871-2002) spécifient les concentrations d'activité exemptées et les exigences de protection pour le thorium 232. L'atelier de production doit être équipé d'un détecteur de débit de dose de rayonnement X- γ et d'un détecteur de pollution de surface α et β pour surveiller régulièrement le niveau de rayonnement environnemental.

3.4.2 Impacts sur la santé et l'environnement

Les effets sur la santé des électrodes au thorium et au tungstène sont principalement dus à la poussière radioactive libérée lors du meulage et du soudage. α particules qui pénètrent dans les poumons par inhalation peuvent présenter des risques à long terme pour la santé, tels que le cancer du poumon ou des lésions tissulaires. Des études ont montré que les travailleurs qui sont exposés de façon chronique à la poussière de thorium peuvent être exposés à des doses de rayonnement plus élevées (environ 0,1 à 1 mSv par an, bien en deçà de la valeur annuelle de 1 mSv pour le public). Par conséquent, les opérateurs doivent porter des masques de protection, utiliser des broyeurs spéciaux et des équipements de ventilation efficaces.

En termes d'impact environnemental, les déchets issus de la production et de l'utilisation d'électrodes en thorium-tungstène (y compris la poussière de broyage, les eaux usées et les électrodes usées) doivent être éliminés correctement. Les déchets radioactifs de thorium 232 doivent être stockés et éliminés conformément aux Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'informations par les entreprises pour la mise en valeur et l'utilisation de mines radioactives associées (essai) afin d'éviter de polluer les sols et les masses d'eau. Les entreprises doivent disposer d'installations dédiées au traitement des déchets, telles que des systèmes de collecte fermés et des dépôts de déchets radioactifs.

Dans la pratique, les pays européens et américains ont progressivement restreint l'utilisation des électrodes au thorium et au tungstène et promu des électrodes non radioactives pour réduire les risques pour la santé et l'environnement. En tant que grand producteur d'électrodes en tungstène, la Chine a également renforcé les mesures de protection contre la radioactivité ces dernières années, et certaines entreprises ont adopté des équipements de broyage automatisés et fermé des ateliers de production, ce qui a permis de réduire considérablement les émissions de poussière.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

3.4.3 Comparaison des électrodes de tungstène de thorium avec des électrodes non radioactives

Les électrodes non radioactives (telles que les électrodes cérium-tungstène, lanthane-tungstène, zirconium-tungstène et yttrium-tungstène) sont les principales alternatives aux électrodes en tungstène thorium, et leur principal avantage est qu'il n'y a pas de risque de radioactivité. Voici une comparaison détaillée :

Électrode de tungstène en cérium (WC20) : contient 1,8 à 2,2 % d'oxyde de cérium, le travail des électrons est d'environ 2,7 eV, les performances d'initiation de l'arc et la stabilité de l'arc sont proches du WT20, la vitesse de combustion est légèrement plus élevée et elle est non radioactive, ce qui est largement utilisé dans les industries médicales et alimentaires.

Électrode de tungstène de lanthane (WL20) : contient 1,8 à 2,0 % d'oxyde de lanthane, le travail des électrons est d'environ 2,6 à 2,8 eV, la stabilité de l'arc et la durée de vie sont meilleures que celles de l'électrode de tungstène de cérium, adaptée au soudage de haute précision et lourde, non radioactive.

Électrode de tungstène de zirconium (WZ8) : contient 0,8 % de zircone, spécialement conçue pour le soudage AC d'un alliage d'aluminium et de magnésium, d'une bonne stabilité de l'arc, mais les performances d'initiation de l'arc et les performances de soudage DCEN ne sont pas aussi bonnes que celles de l'électrode de tungstène au thorium, non radioactive.

Électrode d'yttrium-tungstène (WY20) : contient 1,8 à 2,2 % d'oxyde d'yttrium, les performances sont proches de celles de l'électrode de tungstène de lanthane, adaptée au soudage de haute précision, mais le coût est élevé, la popularité du marché est faible et elle n'est pas radioactive.

Les avantages des électrodes en tungstène thorium sont leurs excellentes performances d'amorçage d'arc, leur stabilité et leur faible taux de brûlure, en particulier dans les scénarios à courant élevé et à usage intensif. Cependant, son problème de radioactivité a progressivement conduit à son remplacement dans des industries aux exigences environnementales et sanitaires élevées. Par exemple, en Europe, les électrodes de tungstène de lanthane ont remplacé les électrodes de tungstène de thorium en tant que courant dominant, tandis qu'en Chine, les électrodes de tungstène de thorium sont encore largement utilisées dans l'industrie lourde en raison de leurs avantages en termes de coûts et de leurs excellentes performances.

3.5 Électrode de tungstène au thorium de la marque CTIA GROUP LTD

Fiche de données de sécurité (FDS) pour l'électrode thorium-tungstène

1. Identification chimique

Nom chimique : Électrode thorium-tungstène

Nom commun : Tige de thorium-tungstène, électrode de soudage thorium-tungstène

Numéro CAS :

Tungstène (W) : 7440-33-7

Dioxyde de thorium (ThO₂) : 1314-20-1

2. Composition/informations sur les ingrédients

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Tungstène (W) : 95,8-99,2 %

Dioxyde de thorium (ThO₂) : 0,8-4,2 %

Impuretés (Fe, Ni, O, C, etc.) : <0,05 %

3. Aperçu des dangers

Catégorie de danger : Matières radioactives de faible activité spécifique (LSA-I), à faible risque radioactif ; La poussière peut provoquer une irritation.

Risque d'incendie et d'explosion : Ininflammable, pas de risque d'explosion.

Risques pour la santé :

Inhalation : La poussière générée lors du broyage ou du traitement peut irriter les voies respiratoires.

Une exposition à long terme à de faibles doses peut augmenter les risques pour la santé pulmonaire.

Contact avec la peau : Peut provoquer une légère irritation.

Contact avec les yeux : La poussière peut causer une gêne ou une inflammation oculaire.

Ingestion : L'ingestion accidentelle peut entraîner des malaises gastro-intestinaux, nécessitant des soins médicaux immédiats.

Dangers environnementaux : L'élimination inappropriée des déchets contenant du thorium peut contaminer le sol et l'eau, ce qui nécessite une gestion en tant que déchet radioactif.

Base réglementaire : GB 18871-2002, publication 103 de la CIPR, ISAA SSR-6.

4. Mesures de premiers secours

Contact avec la peau :

Retirez immédiatement les vêtements contaminés et rincez la peau avec du savon et beaucoup d'eau pendant au moins 15 minutes.

Consultez un médecin si l'irritation ou l'inconfort persiste.

Contact visuel :

Soulevez les paupières et rincez à l'eau courante ou au sérum physiologique pendant au moins 15 minutes.

Consultez un médecin si l'inconfort persiste.

Inhalation:

Déplacez immédiatement la personne affectée à l'air frais, en veillant à ce que les voies respiratoires soient dégagées.

Administrer de l'oxygène si la respiration est difficile ; Effectuez une respiration artificielle si la respiration s'arrête.

Consultez immédiatement un médecin, en informant le personnel médical d'une exposition potentielle à la poussière de thorium.

Ingestion:

Buvez beaucoup d'eau tiède pour provoquer des vomissements (si le patient est conscient).

Consultez immédiatement un médecin et fournissez cette fiche signalétique au personnel médical.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Remarque : Le personnel de premiers soins doit porter de l'équipement de protection (p. ex. masques anti-poussière, gants) pour éviter une exposition secondaire.

5. Mesures de lutte contre l'incendie

Caractéristiques de danger : Ininflammable, pas de risque d'explosion.

Méthodes d'extinction : Sans objet. En cas d'incendie à proximité, utilisez des extincteurs à poudre sèche, à mousse ou à dioxyde de carbone.

Précautions de lutte contre l'incendie :

Les pompiers doivent porter des vêtements de protection et des respirateurs à pression positive.

Empêchez la poussière contenant du thorium de se propager en raison d'un incendie, ce qui peut entraîner une contamination de l'environnement.

6. Mesures de rejet accidentel

Action du jeu :

Isolez la zone du déversement, limitez la raison : Limitez l'accès au personnel non autorisé et affichez un panneau d'avertissement « Matières radioactives ».

Le personnel d'urgence doit porter des vêtements de protection, des masques anti-poussière et des gants, en utilisant des méthodes de nettoyage humide pour recueillir les électrodes ou la poussière renversées dans des contenants scellés.

Évaluer la zone du déversement à l'aide d'un détecteur de débit de dose de rayonnement X-γ (p. ex., AT1123) et d'un détecteur de contamination de surface α β (p. ex., XH-3206). Signaler aux autorités de sûreté nucléaire si le débit de dose dépasse 0,1 μSv/h ou si la contamination de surface dépasse 0,4 Bq/cm².

Élimination des déchets:

Traiter les matières déversées comme des déchets radioactifs de faible activité spécifique, les stocker dans des conteneurs scellés dédiés et solidifier les déchets dont la concentration d'activité >1 Bq/g (p. ex., mélangés à une matrice de ciment) en vue de leur transfert vers des installations d'élimination professionnelles.

Nettoyez les zones contaminées avec de l'eau ; l'activité des eaux usées doit être de <0,1 Bq/L avant le rejet.

Signalement : Signalez les déversements aux autorités locales chargées de l'environnement et de la sûreté nucléaire dans les 24 heures, en fournissant des détails et des mesures d'élimination.

7. Manipulation et stockage

Précautions de manipulation :

Mesures de protection : Le personnel doit porter des vêtements de protection, des masques anti-poussière et des gants. Les zones de travail doivent être équipées de hottes d'évacuation locales (vitesse de l'air 0,5-1 m/s) et de filtres HEPA (efficacité de capture >99,9 %).

Exigences de broyage : Utilisez des machines de meulage dédiées avec des systèmes de dépoussiérage à pression négative pour éviter la dispersion de la poussière de thorium.

Surveillance de l'environnement : Mesurer régulièrement le débit de dose de X-γ (<0,05 μSv/h) et

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

la contamination α β surface ($<0,4$ Bq/cm²) dans les zones de travail, conformément à la norme GB 18871-2002.

Formation : Les opérateurs doivent recevoir une formation en radioprotection pour comprendre les risques pour la santé du thorium 232.

Précautions de stockage :

Stocker dans un entrepôt dédié sec (humidité <60 %), bien ventilé et à $10-30^{\circ}\text{C}$.

Utilisez des contenants scellés en acier inoxydable ou en plastique marqués d'étiquettes d'avertissement radioactifs.

Stockez les différents modèles d'électrodes séparément ; Stocker les électrodes mises au rebut dans des conteneurs dédiés aux déchets radioactifs.

Vérifiez régulièrement les niveaux de rayonnement dans les zones de stockage, avec des enregistrements archivés depuis au moins 5 ans.

8. Contrôle de l'exposition/protection personnelle

Limites d'exposition professionnelle :

Public : Dose efficace annuelle <1 mSv (CIPR 103).

Professionnel : Dose efficace annuelle <20 mSv, moyenne sur 5 ans <4 mSv (GB 18871-2002).

Limites environnementales : Débit de dose dans la zone de travail $<0,05$ $\mu\text{Sv/h}$, contamination de surface $<0,4$ Bq/cm².

Contrôles techniques :

Les zones de production et d'utilisation doivent être équipées de hottes scellées, de filtres HEPA et de systèmes de ventilation à pression négative.

L'équipement de broyage doit être connecté à des systèmes de dépoussiérage avec une efficacité de capture de $>99,9$ %.

Équipement de protection individuelle:

Protection respiratoire : Portez des masques anti-poussière KN95 ou FFP2 pour éviter l'inhalation de poussière de thorium.

Protection des yeux : Utilisez des lunettes de sécurité pour empêcher la poussière de pénétrer dans les yeux.

Protection de la peau : Portez des vêtements de protection à manches longues et des gants pour éviter tout contact avec la peau.

Surveillance : Les opérateurs doivent porter des dosimètres personnels, des bilans de santé annuels et des registres de doses.

Mesures d'hygiène :

Se laver les mains avec du savon après manipulation ; interdire de manger ou de fumer dans les zones de travail.

Rangez les vêtements de travail séparément des vêtements quotidiens et lavez-les régulièrement.

9. Propriétés physiques et chimiques

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Apparence et caractéristiques : Tige métallique gris argenté avec extrémités codées par couleur (WT10 jaune, WT20 rouge, WT30 violet, WT40 jaune orangé).

Point de fusion : 3422°C (matrice de tungstène).

Densité : 18,5-19,0 g/cm³ (95-98 % de la densité théorique).

Dureté : 350-450 HV.

Solubilité : Insoluble dans l'eau, soluble dans les acides forts (p. ex., mélange d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique).

Radioactivité : Contient du thorium 232, émet des particules α (4,01 à 4,08 MeV) et des rayons β γ mineurs, avec une activité volumique de 1 à 4 Bq/g.

10. Stabilité et réactivité

Stabilité : Stable à température ambiante ; libérer, s'il y a des traces de particules de dioxyde de thorium à des températures élevées (>2000 °C).

Réactivité : Réagit avec les acides forts (p. ex. acide nitrique, acide fluorhydrique) pour former des composés de thorium ; Peut provoquer des réactions bénignes avec des oxydants forts.

Matériaux incompatibles : Évitez tout contact avec des substances acides et inflammables.

11. Renseignements toxicologiques

Toxicité aiguë : Aucune toxicité aiguë significative ; Données DL50 non disponibles.

Toxicité chronique : L'inhalation à long terme de poussière de thorium peut augmenter les risques pour la santé pulmonaire (la dose efficace annuelle <1 mSv est sans danger).

Cancérogénicité : Le thorium 232 est classé comme cancérogène du groupe 1 par le CIRC ; Une exposition à long terme à faible dose peut augmenter le risque de cancer du poumon, nécessitant une protection stricte.

Toxicité pour la reproduction : Il n'y a pas de preuve claire de toxicité pour la reproduction.

Organes cibles : Système respiratoire, peau, yeux.

12. Information écologique

Impact sur l'environnement : L'élimination inappropriée des déchets contenant du thorium peut contaminer le sol et l'eau, affectant ainsi les écosystèmes.

Bioaccumulation : Les composés du thorium peuvent entrer dans la chaîne alimentaire par l'eau, ce qui nécessite un contrôle strict des émissions (activité des eaux usées <0,1 Bq/L).

Exigences en matière d'élimination : Traiter conformément aux « Mesures pour la surveillance des rayonnements dans l'environnement et la divulgation d'information des entreprises utilisant des minéraux radioactifs associés (essai) ».

13. Considérations relatives à l'élimination

Classification des déchets : Les électrodes et la poussière de thorium-tungstène mises au rebut sont des déchets radioactifs de faible activité spécifique (LSA-I).

Méthodes d'élimination :

Collectez dans des conteneurs scellés dédiés portant la mention « Déchets radioactifs ».

Les déchets dont la concentration d'activité est >1 Bq/g doivent être solidifiés (p. ex., mélangés à de la matrice de ciment) et envoyés à des installations d'élimination professionnelles (p. ex., China

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

National Nuclear Corporation).

Les déchets dont la concentration d'activité est $<1 \text{ Bq/g}$ peuvent être traités comme des déchets ordinaires avec l'approbation de l'autorité de sûreté nucléaire.

Contrôle des émissions : Les eaux usées doivent être traitées par sédimentation et échange d'ions, avec une activité de $<0,1 \text{ Bq/L}$ avant d'être rejetées.

Registres : Documenter le lot, la quantité, la concentration d'activité et la date d'élimination, archivage pendant au moins 5 ans.

14. Informations sur le transport

Classification du transport : Matières radioactives de faible activité spécifique (LSA-I), conformes aux normes SSR-6 de l'AIEA et GB 11806-2004.

Exigences d'emballage :

Utiliser des emballages de type A (boîtes en acier inoxydable ou en plastique à haute résistance, d'une épaisseur $>2 \text{ mm}$) marqués d'étiquettes d'avertissement radioactives.

Débit de dose de surface de l'emballage $<0,1 \mu\text{Sv/h}$, contamination de surface $<0,4 \text{ Bq/cm}^2$.

Précautions de transport :

Utilisez des camions ou des soutes dédiés avec des dispositifs antichocs et des détecteurs de rayonnement (par exemple, RadEye PRD).

Le personnel de transport doit recevoir une formation en radioprotection et porter un dosimètre individuel.

Les voies de transport doivent éviter les zones densément peuplées, avec déclaration préalable aux autorités de sûreté nucléaire.

Transport international : Fournir des certificats de transport de matières radioactives en anglais, conformes aux réglementations IATA ou IMDG.

15. Informations réglementaires

Réglementations internationales :

Publication 103 de la CIPR (2007) : Dose efficace annuelle du public $<1 \text{ mSv}$, exposition professionnelle $<20 \text{ mSv}$.

ISEA SSR-6 (2018) : Exigences relatives au transport, à l'emballage et aux limites pour le transport des matières radioactives.

UE 2013/59/Euratom : Débit de dose dans l'environnement de production et d'utilisation $<0,1 \mu\text{Sv/h}$, contamination de surface $<0,4 \text{ Bq/cm}^2$.

Réglementations nationales :

GB 18871-2002 : Normes de base pour la protection contre les rayonnements ionisants, débit de dose dans l'environnement $<0,05 \mu\text{Sv/h}$, activité des déchets $<1 \text{ Bq/g}$.

GB/T 4187-2017 : Électrodes en tungstène pour le soudage à l'arc sous gaz inerte et le soudage au plasma, en spécifiant la composition et les performances.

Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation de l'information

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

des entreprises utilisant des minéraux radioactifs associés (essai) : Exige des rapports annuels de surveillance des rayonnements et une divulgation publique.

Conformité de l'entreprise :

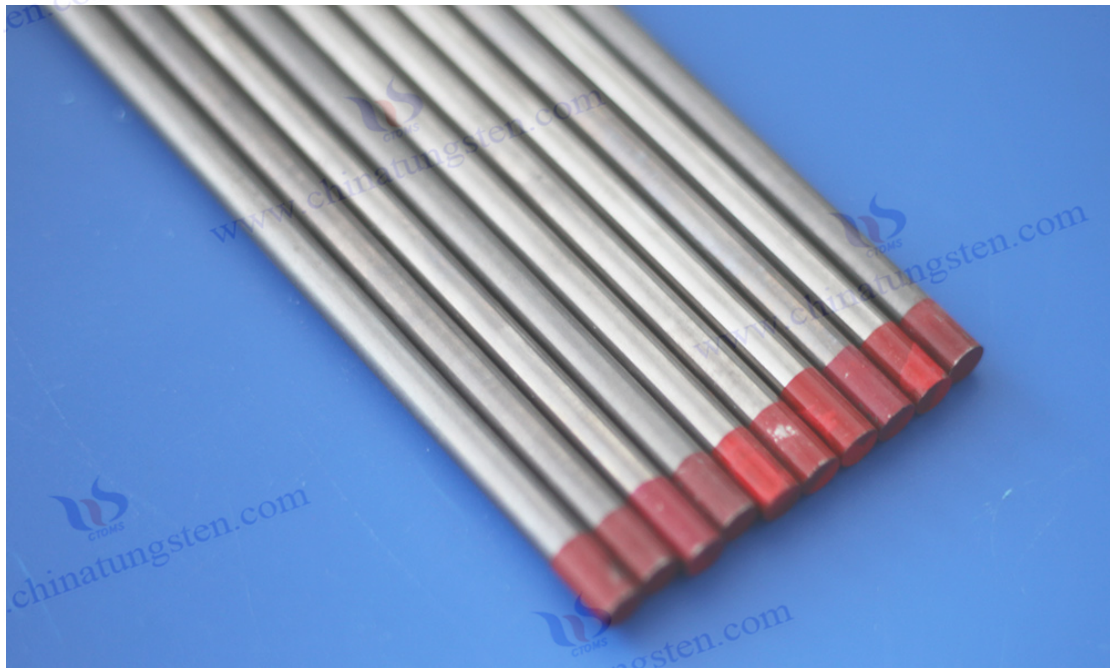
S'inscrire auprès de l'Administration nationale de la sûreté nucléaire pour obtenir des permis de manipulation de matières radioactives.

Obtenez les certifications ISO 14001 (gestion de l'environnement) et ISO 45001 (santé et sécurité au travail).

16. Informations sur le fournisseur

Fournisseur : CTIA GROUP LTD

Tél. : 0592-5129696/5129595



CTIA GROUP LTD Électrode WT20

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

Chapitre 4 Technologie de préparation et de production de l'électrode de tungstène de thorium

La préparation d'électrodes de tungstène au thorium est un processus complexe qui implique la sélection de matières premières de haute pureté, une technologie de métallurgie des poudres de précision, un traitement de moulage et des mesures strictes de contrôle de la qualité et de protection contre la radioactivité. Le processus de production détermine directement les performances de l'électrode, notamment la stabilité de l'arc, le taux de combustion et la durée de vie. Ce chapitre aborde en détail la technologie de préparation et de production des électrodes de tungstène au thorium, couvrant la préparation des matières premières, le processus de métallurgie des poudres, le processus de laminage et de broyage, le contrôle de la qualité et la prévention et le contrôle de la contamination radioactive.

4.1 Préparation des matières premières pour les électrodes de tungstène au thorium

Les performances des électrodes en thorium et tungstène dépendent fortement de la qualité et de la pureté de la matière première. La poudre de tungstène et l'oxyde de thorium (ThO_2) sont les principales matières premières pour la préparation des électrodes de tungstène au thorium, et leurs processus de sélection, de purification et de dopage sont cruciaux pour la composition chimique, la microstructure et les propriétés finales des électrodes.

4.1.1 Sélection et purification de la poudre de tungstène

La poudre de tungstène est le composant principal de l'électrode de tungstène au thorium, représentant 95,8 % à 99,2 % de la masse de l'électrode. Le tungstène est un métal réfractaire avec un point de fusion élevé (3422°C) et une densité élevée ($19,25 \text{ g/cm}^3$), et sa morphologie de poudre affecte directement la formabilité du processus de métallurgie des poudres ultérieur et les performances de l'électrode.

Sélection de poudre de tungstène

Le choix de la poudre de tungstène doit tenir compte de la taille, de la pureté et de la morphologie des particules. Les poudres de tungstène couramment utilisées dans l'industrie varient de 1 à $10 \mu\text{m}$, et les poudres trop fines ($<1 \mu\text{m}$) peuvent provoquer un retrait excessif lors du frittage, tandis que les poudres trop grossières ($>10 \mu\text{m}$) peuvent réduire la densité et l'uniformité de l'électrode. Une distribution granulométrique uniforme est généralement nécessaire pour assurer une bonne fluidité de la poudre lors du pressage et du frittage.

La pureté est l'indicateur clé pour le choix de la poudre de tungstène. La pureté de la poudre de tungstène doit atteindre plus de 99,95 % pour réduire l'influence des impuretés (telles que le fer, le nickel, l'oxygène, le carbone, etc.) sur la conductivité et les performances de soudage de l'électrode. Des niveaux élevés d'impuretés peuvent entraîner une instabilité de l'arc ou une augmentation de la combustion des électrodes. Par exemple, des niveaux d'oxygène supérieurs à 0,02 % peuvent former des oxydes volatils (WO_3) à des températures élevées, réduisant ainsi la durée de vie des électrodes.

La morphologie de la poudre de tungstène doit également être prise en compte. La poudre de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

tungstène à la morphologie quasi sphérique ou polyédrique est généralement sélectionnée en raison de sa densité apparente élevée et de sa fluidité, ce qui favorise l'uniformité du formage à la presse. Le dépôt chimique en phase vapeur (CVD) ou la réduction de l'hydrogène sont couramment utilisés dans la production pour préparer de la poudre de tungstène de haute pureté afin de garantir que la qualité de la poudre répond aux normes internationales (e.g. ISO 6848:2015).

Purification de la poudre de tungstène

Le processus de purification de la poudre de tungstène est conçu pour éliminer les impuretés de la matière première et améliorer la pureté et les performances. Les méthodes de purification courantes comprennent :

Méthode de réduction de l'hydrogène : l'acide tungstique (H_2WO_4) ou l'oxyde de tungstène (WO_3) est réduit en poudre de tungstène métallique sous une atmosphère d'hydrogène à haute température (800-1000°C). Cette méthode peut éliminer efficacement l'oxygène et certaines impuretés volatiles pour obtenir une poudre de tungstène de haute pureté.

Processus de décapage : utilisez de l'acide chlorhydrique dilué ou une solution d'acide nitrique pour nettoyer la poudre de tungstène afin d'éliminer les impuretés métalliques telles que le fer et le nickel adsorbés sur la surface. Après le décapage, rincez à plusieurs reprises à l'eau déminéralisée pour éviter les résidus d'acide.

Traitement sous vide à haute température : La poudre de tungstène est traitée à haute température (1200-1500°C) dans un environnement sous vide (10^{-4} Pa) pour éliminer davantage l'oxygène résiduel et le carbone afin d'assurer une pureté de 99,99 %.

La poudre de tungstène purifiée est soumise à un tamisage granulométrique (généralement par un tamis vibrant ou un classificateur de flux d'air) pour s'assurer que la distribution granulométrique répond aux exigences. Après le criblage, la poudre de tungstène doit être stockée dans un environnement sec, sous vide ou sous gaz inerte pour éviter l'oxydation ou l'absorption d'humidité.

4.1.2 Procédé de dopage à l'oxyde de thorium

L'oxyde de thorium (ThO_2) est le principal dosage des électrodes de tungstène thorium, et sa teneur (0,8-4,2 %) affecte directement le travail des électrons et la stabilité de l'arc des électrodes. Le procédé de dopage à l'oxyde de thorium doit assurer sa distribution uniforme dans la matrice de tungstène tout en contrôlant son risque de radioactivité.

Sélection de l'oxyde de thorium

Les poudres d'oxyde de thorium doivent être d'une grande pureté (>99,9 %) et d'une taille de particule appropriée (0,5-2 μm). Les particules d'oxyde de thorium trop fines peuvent s'agglomérer pendant le processus de frittage, entraînant une distribution inégale ; Les particules trop grossières peuvent réduire la résistance mécanique de l'électrode. L'oxyde de thorium est généralement préparé par décomposition thermique ou précipitation de sels de thorium (tels que le nitrate de thorium), et la teneur en impuretés (telles que l'uranium, le fer, etc.) doit être strictement contrôlée pour éviter d'affecter les performances de l'électrode.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

En raison de la radioactivité à l'état de traces de l'oxyde de thorium (thorium 232, demi-vie de 14 milliards d'années), son approvisionnement et son stockage doivent être conformes à la réglementation sur la gestion des substances radioactives (par exemple, GB 18871-2002). Les fournisseurs sont tenus de fournir un rapport d'essai de radioactivité pour s'assurer que la concentration d'activité est inférieure à la norme exemptée (1 Bq/g).

Processus de dopage

Le processus de dopage à l'oxyde de thorium est généralement effectué à l'étape du mélange, et les principales méthodes comprennent :

Mélange à sec : la poudre de tungstène et la poudre d'oxyde de thorium sont mélangées dans un mélangeur à grande vitesse (tel qu'un mélangeur de type V ou un mélangeur tridimensionnel), et le temps de mélange est généralement de 4 à 8 heures. Une petite quantité de liants organiques (tels que l'alcool polyvinylique, PVA) doit être ajoutée pendant le processus de mélange pour améliorer la fluidité de la poudre et éviter l'agglomération des particules d'oxyde de thorium.

Mélange humide : La poudre de tungstène et la poudre d'oxyde de thorium sont dispersées dans de l'eau déminéralisée ou de l'éthanol et mélangées par voie humide au moyen d'un broyeur à boulets (généralement à l'aide de billes de zircone). Le mélange humide améliore l'homogénéité, mais un séchage ultérieur (100-150°C, vide ou atmosphère inerte) est nécessaire pour éliminer les solvants.

Méthode de co-précipitation chimique : du nitrate de thorium est ajouté à la solution de tungstate, et un complexe tungstène-thorium est formé par co-précipitation, puis la poudre dopée est préparée par réduction à haute température. Cette méthode permet d'obtenir un dopage uniforme au niveau atomique, mais elle est coûteuse et est souvent utilisée dans la production d'électrodes haut de gamme.

La teneur en oxyde de thorium doit être strictement contrôlée pendant le processus de dopage, et les proportions de WT10 (0,8-1,2 %), WT20 (1,7-2,2 %), WT30 (2,8-3,2 %) et WT40 (3,8-4,2 %) doivent être pesées avec précision (précision $\pm 0,01$ %). La poudre mélangée est détectée par spectroscopie de fluorescence X (XRF) ou spectroscopie à plasma à couplage inductif (ICP) pour assurer l'homogénéité.

Radioprotection

Des mesures strictes de protection radioactive sont requises dans le processus de dopage à l'oxyde de thorium. Les opérateurs doivent porter des vêtements de protection et des masques, et l'équipement de mélange doit être équipé d'un couvercle étanche à l'air et d'un système de ventilation pour empêcher la propagation de la poussière. La poudre mélangée doit être conservée dans un contenant hermétique muni d'une étiquette d'avertissement radioactive.

4.2 Procédé de métallurgie des poudres de l'électrode de tungstène au thorium

La métallurgie des poudres est le processus de base de la préparation des électrodes de thorium tungstène, qui convertit la poudre de tungstène et la poudre d'oxyde de thorium en barres d'électrode haute performance par mélange, pressage, frittage et traitement thermique. Ce processus nécessite un contrôle précis des paramètres à chaque étape pour garantir une densité, une structure de grain

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

et des performances constantes de l'électrode.

4.2.1 Mélange et pressage

Mélange

Le compoundage est la première étape de la métallurgie des poudres et est conçu pour assurer une distribution uniforme de la poudre de tungstène et de l'oxyde de thorium. L'équipement de mélange est généralement un mélangeur à grande vitesse ou un broyeur à boulets, et le temps et la vitesse de mélange doivent être ajustés en fonction de la taille et du rapport des particules de poudre. Par exemple, l'électrode WT20 (1,7-2,2 % ThO₂) doit être mélangée pendant 6 à 8 heures à 200-300 tr/min pour éviter l'agglomération des particules d'oxyde de thorium.

Une petite quantité de liant (par exemple PVA ou polyéthylène glycol, PEG, rapport massique de 0,5 à 1 %) est ajoutée pendant le processus de mélange pour améliorer l'écoulement de la poudre. Une fois le mélange terminé, la distribution granulométrique de la poudre est vérifiée par un analyseur de taille de particules laser pour s'assurer que le D50 (taille médiane des particules) est dans la plage de 2 à 5 µm.

supprimer

Le processus de pressage forme la poudre mélangée en une ébauche, généralement par pressage isostatique à froid (CIP) ou par compression. Le pressage isostatique à froid est la méthode courante, dans laquelle la poudre est pressée en billettes de tige ou de plaque à haute pression (100-200 MPa). Pendant le processus de pressage, la pression et le temps de maintien (1 à 3 minutes) doivent être contrôlés pour garantir que la densité de l'ébauche primaire est uniforme (environ 60 à 70 % de la densité théorique).

L'équipement de pressage est équipé de moules de précision, généralement en carbure ou en acier inoxydable, pour résister aux pressions élevées et assurer la précision dimensionnelle. Le diamètre et la longueur de l'ébauche sont basés sur la spécification finale de l'électrode (par exemple 1,6 mm, 2,4 mm, 3,2 mm). Après le pressage, l'ébauche subit une inspection préliminaire (par exemple, une inspection visuelle et un test de densité) pour éliminer les fissures ou les défauts.

4.2.2 Procédé de frittage

Le frittage est une étape clé de la métallurgie des poudres, où l'ébauche primaire est densifiée et une microstructure stable est formée par un traitement à haute température. Le frittage d'électrodes de tungstène au thorium est généralement effectué sous atmosphère d'hydrogène ou de vide pour éviter l'oxydation.

Équipement et conditions de frittage

Le four de frittage est généralement un four à résistance à haute température ou un four à induction avec une plage de température de fonctionnement de 2000 à 2800 °C. Le processus de frittage est divisé en trois étapes :

Pré-frittage à basse température (800-1200°C) : Élimine les liants et les impuretés volatiles, et le

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

retrait de l'ébauche primaire est d'environ 5 à 10 %.

Frittage à haute température (2200-2800°C) : Les particules de tungstène se diffusent et se combinent, et les particules d'oxyde de thorium sont uniformément réparties dans la matrice de tungstène, et la densité de l'ébauche atteint 95-98 % de la densité théorique.

Isolation et refroidissement (1800-1000°C) : En contrôlant le temps de maintien (2-4 heures) et la vitesse de refroidissement (10-20°C/min), la structure du grain est optimisée et les contraintes internes sont réduites.

L'atmosphère de frittage doit être strictement contrôlée et la pureté de l'hydrogène doit être > 99,999 % pour éviter la pollution par l'oxygène ou l'azote. Le frittage sous vide (10^{-4} Pa) réduit encore la teneur en impuretés et convient à la production d'électrodes haut de gamme.

Microstructure control

Au cours du processus de frittage, la répartition des particules d'oxyde de thorium dans la matrice de tungstène et la taille des grains sont essentielles. Une température et un temps de frittage appropriés peuvent entraîner une distribution uniforme des particules d'oxyde de thorium (taille des particules de 0,5 à 2 μm) et éviter l'agglomération ou la ségrégation. La taille des grains de la matrice de tungstène est généralement contrôlée à 10-50 μm , et des grains trop gros peuvent réduire la résistance mécanique, tandis que des grains trop petits peuvent affecter la conductivité électrique.

L'ébauche frittée est analysée par microscopie métallurgique et microscopie électronique à balayage (MEB) pour s'assurer qu'il n'y a pas de fissures, de pores ou de ségrégation de l'oxyde de thorium. Des tests de densité (Archimède) confirment que la masse volumique de l'ébauche est de 18,5-19,0 g/cm³.

4.2.3 Traitement thermique et contrôle des grains

Le traitement thermique est une étape importante après le frittage pour optimiser la structure du grain, les propriétés mécaniques et les propriétés de soudage de l'électrode. Le traitement thermique se compose généralement de deux étapes : le recuit et le contrôle du grain.

recuire

Le recuit est effectué dans une atmosphère d'hydrogène ou de vide à une température de 1200-1600 °C et un temps de maintien de 1 à 2 heures. Le recuit soulage les contraintes internes générées pendant le processus de frittage et améliore la ductilité et la résistance à la rupture de l'électrode. Après le recuit, la dureté de l'électrode diminue légèrement (environ 350-400 HV), mais la ténacité est considérablement améliorée, ce qui la rend adaptée au calandrage ultérieur.

Contrôle des grains

Le contrôle du grain ajuste la taille des grains de la matrice de tungstène grâce à un processus de traitement thermique précis. Les grains plus petits (10-20 μm) augmentent la résistance mécanique de l'électrode et conviennent au soudage à courant élevé ; Les grains plus gros (30-50 μm) sont bénéfiques pour la conductivité et la stabilité de l'arc. Le contrôle de la granulométrie dépend de :

Température de frittage : la température élevée ($>2600^{\circ}\text{C}$) favorise la croissance des grains, la basse température ($<2200^{\circ}\text{C}$) inhibe la croissance des grains.

Effet dopant : les particules d'oxyde de thorium peuvent clouer les joints de grains, inhiber la prolifération des grains et assurer une microstructure uniforme.

Vitesse de refroidissement : le refroidissement rapide ($20-30^{\circ}\text{C}/\text{min}$) fixe les grains fins, et le refroidissement lent ($5-10^{\circ}\text{C}/\text{min}$) permet d'obtenir des grains plus gros.

Après le traitement thermique, la structure du grain de l'ébauche est vérifiée par diffraction des rayons X (XRD) et analyse métallographique pour s'assurer qu'elle répond aux exigences de performance des WT10, WT20, WT30 ou WT40.

4.3 Processus de laminage et de broyage de l'électrode de tungstène de thorium

Le processus de calandrage et de meulage transforme l'ébauche frittée en une tige d'électrode conforme aux spécifications pour garantir la précision dimensionnelle, la qualité de surface et des performances constantes.

4.3.1 Mise en forme des tiges d'électrodes

Le calandrage est le principal processus de formation des tiges d'électrode, dans lequel l'ébauche frittée est traitée dans le diamètre souhaité (0,5-10 mm) par calandrage à chaud ou à froid en plusieurs passes. Le calandrage à chaud est généralement effectué à $1400-1800^{\circ}\text{C}$, à l'aide d'une calandre multi-rouleaux pour réduire progressivement le diamètre de l'ébauche. La quantité de déformation est contrôlée à 10-20 % par calandrage pour éviter les fissures ou les concentrations de contraintes internes.

Processus de calandrage

Équipement : Calandre multi-rouleaux ou machine à forger rotative, équipée de matrices de précision et de systèmes de chauffage.

Paramètres du processus : température $1400-1800^{\circ}\text{C}$, vitesse de calandrage 0,5-2 m/min, déformation 10-20 %/passe.

Contrôle de l'atmosphère : hydrogène ou atmosphère sous vide pour éviter l'oxydation.

Après le calandrage, la tige de l'électrode est redressée (à l'aide d'un redresseur) et soumise à un contrôle dimensionnel préalable. Les tolérances de diamètre sont généralement contrôlées à $\pm 0,05$ mm et les tolérances de longueur à ± 1 mm. Différents types d'électrodes (par exemple WT20, WT40) doivent être sélectionnés en fonction du diamètre approprié pour l'application finale, par exemple 1,6 mm pour le soudage à faible courant et 4,8 mm pour le soudage à courant élevé.

Découpe et prétraitement

Les longues barres calandrées sont coupées à des longueurs standard (par exemple 150 mm ou 175 mm) à l'aide d'une découpeuse diamant ou laser pour assurer une coupe à plat. Après la coupe, la tige d'électrode subit un meulage préliminaire pour éliminer la couche d'oxyde de surface et les bavures en vue du processus de meulage ultérieur.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

4.3.2 Polissage de surface et contrôle de précision

Le polissage de surface est la dernière étape de la préparation des électrodes de tungstène au thorium et est conçu pour améliorer la qualité de surface et la précision dimensionnelle, et réduire la dérive de l'arc et l'épuisement lors du soudage.

Meulage et polissage

Meulage grossier : Une meule diamantée (granulométrie 80-120 mesh) est utilisée pour éliminer les défauts de surface, et la rugosité de surface atteint Ra 1,6-3,2 μm .

Meulage fin : Des meules à grain fin (200-400 mesh) sont utilisées pour lisser davantage la surface avec une rugosité de Ra 0,8-1,6 μm .

Polissage : Utilisez de la pâte à polir et une roue en tissu rotative à grande vitesse pour réduire la rugosité de surface à Ra 0,2-0,4 μm afin d'assurer un effet miroir.

Pendant le processus de polissage, un équipement de meulage spécial est utilisé, équipé d'un système de refroidissement par eau pour réduire la température et éviter les dommages thermiques à la matrice de tungstène et à l'oxyde de thorium. La poussière de broyage est collectée à travers une enceinte et un système de filtration à haute efficacité pour éviter la contamination radioactive.

Contrôle de précision

Précision du diamètre : Le diamètre est détecté à l'aide d'un pied à coulisse laser avec une tolérance de $\pm 0,02$ mm.

Rectitude : Détectée par un projecteur optique ou un scanner laser pour s'assurer que l'écart de rectitude $< 0,1$ mm/m.

Qualité de surface : La surface est inspectée par microscopie sans fissures, rayures ou résidus d'oxyde.

Après le polissage, les électrodes subissent un nettoyage final (ultrasonique ou chimique) pour éliminer l'huile et la poussière de la surface, suivi d'un emballage sous vide pour éviter l'oxydation.

4.4 Contrôle de la qualité des électrodes de tungstène au thorium

Le contrôle de la qualité traverse chaque étape de la préparation de l'électrode de tungstène thorium, couvrant l'uniformité de la composition, la précision dimensionnelle et la qualité de surface pour garantir que l'électrode répond aux normes internationales (e.g. ISO 6848:2015) et aux exigences du client.

4.4.1 Essais d'uniformité des ingrédients

L'homogénéité de la composition affecte directement les performances de soudage et la consistance de l'électrode. Les dosages comprennent :

Spectroscopie de fluorescence X (XRF) : détection non destructive de l'oxyde de tungstène et de thorium avec une précision de $\pm 0,01$ %. Par exemple, l'électrode WT20 doit s'assurer que la teneur en oxyde de thorium est comprise entre 1,7 et 2,2 %.

Spectroscopie à plasma à couplage inductif (ICP-OES) : L'analyse de haute précision des éléments

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

d'impuretés (par exemple, Fe, Ni, O, C) garantit une teneur totale en impuretés de <0,05 %.

Microscopie électronique à balayage (MEB-EDS) : Analysez la distribution et la taille des particules d'oxyde de thorium pour confirmer l'absence d'agglomération ou de ségrégation.

La fréquence des tests est généralement de 10 à 20 % d'échantillonnage par lot, et les lots non qualifiés doivent être remélangés ou frittés.

4.4.2 Inspection de la qualité dimensionnelle et de la qualité de surface

Les inspections dimensionnelles et de la qualité de surface garantissent la précision géométrique et les performances de soudage des électrodes. Les dosages comprennent :

Inspection dimensionnelle : Le diamètre et la longueur sont mesurés à l'aide d'étriers laser et de micromètres, et les tolérances sont conformes aux normes (telles que GB/T 4187-2017).

Détection de rectitude : mesurée par un scanner laser ou un projecteur optique pour garantir un écart de < 0,1 mm/m.

Contrôle de la qualité de surface : Inspectez la surface à l'aide d'un microscope optique ou d'un rugosimètre de surface avec une rugosité de $Ra < 0,4 \mu m$ et sans fissures, rayures ou oxydes.

Les électrodes non conformes doivent être retravaillées (re-meulées ou polies) ou mises au rebut, et les registres d'inspection sont archivés pour suivre les problèmes de qualité.

4.5 Prévention et contrôle de la contamination radioactive des électrodes de tungstène au thorium

La radioactivité à l'état de traces de l'oxyde de thorium (thorium 232) est un défi majeur dans la production d'électrodes de tungstène au thorium, qui nécessite une gestion stricte des déchets, des mesures de protection et l'élimination des déchets pour réduire les risques pour la santé et l'environnement.

4.5.1 Gestion des déchets radioactifs dans le processus de production

Les déchets radioactifs générés au cours du processus de production comprennent la poussière, les déchets et les eaux usées. Les mesures de gestion comprennent :

Dépoussiérage : Les équipements de mélange, de meulage et de polissage nécessitent une hotte de confinement et un système de filtration à haute efficacité (par exemple, un filtre HEPA) avec un taux de capture de > 99,9 %.

Classification des déchets : Les déchets issus de l'agglomération et de la découpe sont collectés séparément et stockés dans des conteneurs scellés marqués d'un avertissement radioactif.

Surveillance des déchets : L'activité des déchets est surveillée régulièrement à l'aide du détecteur de débit de dose de rayonnement X-γ (AT1123) et du détecteur de contamination de surface α et β (XH-3206) pour s'assurer qu'elle est inférieure à la norme d'exemption (1 Bq/g).

Les déchets doivent être enregistrés et déclarés conformément aux Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'informations par les entreprises pour la mise

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

en valeur et l'utilisation de mines radioactives associées (pour mise en œuvre à titre expérimental).

4.5.2 Mesures de protection et exigences en matière d'équipement

Les mesures de protection visent à protéger les opérateurs et l'environnement contre les dangers liés aux rayonnements :

Protection individuelle : Les opérateurs doivent porter des vêtements de protection, des masques anti-poussière et des gants, et faire l'objet d'une surveillance régulière de la dose de rayonnement (dose efficace < 1 mSv par an).

Exigences en matière d'équipement : Les mélangeurs, les fours de frittage et les équipements de broyage doivent être équipés de hottes fermées et de systèmes de ventilation, et les émissions de gaz d'échappement doivent être traitées à travers des filtres à charbon actif.

Environnement de travail : Des moniteurs de rayonnement doivent être installés dans l'atelier de production pour surveiller en temps réel le débit de dose de γ X ($< 0,1$ μ Sv/h) et α et β contamination de surface.

4.5.3 Traitement des eaux usées et des déchets solides

Traitement des eaux usées : Les eaux usées produites par le mélange et le nettoyage doivent être traitées par sédimentation, filtration et échange d'ions pour éliminer les composés du thorium, et l'activité des eaux usées doit être inférieure à 0,1 Bq/L avant le rejet.

Traitement des déchets solides : les poussières et les déchets doivent être solidifiés (par exemple mélangés à de la matrice de ciment) et stockés dans un dépôt dédié aux déchets radioactifs, qui est régulièrement remis à des institutions professionnelles pour élimination.

Documentation et supervision : L'élimination des déchets fait l'objet d'inspections régulières par les autorités de protection de l'environnement qui consignent l'activité, le poids et les méthodes d'élimination.



CTIA GROUP LTD Électrode WT20

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Chapitre 5 Utilisations de l'électrode de tungstène au thorium

En raison de leurs excellentes propriétés physiques, chimiques et de soudage, les électrodes en tungstène thorium ont un large éventail d'applications dans les domaines industriels, en particulier dans le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG), le soudage au plasma et d'autres scénarios industriels spéciaux. Le faible échappement d'électrons, la grande stabilité de l'arc et le faible taux de combustion des électrodes au thorium-tungstène en font le matériau de choix pour le soudage de haute précision et à haute charge. Cependant, en raison de la quantité infime de radioactivité apportée par l'oxyde de thorium (ThO_2), les scénarios d'application sont limités, ce qui favorise le développement et la substitution d'électrodes non radioactives. Ce chapitre abordera en détail l'application des électrodes au thorium et au tungstène dans le domaine du soudage, d'autres utilisations industrielles et les limites de leurs scénarios d'application.

5.1 Application de l'électrode de tungstène de thorium dans le domaine du soudage

L'application de l'électrode de tungstène au thorium dans le domaine du soudage est principalement concentrée dans le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG), le soudage au plasma et le processus de soudage à électrode négative à courant continu (DCEN). Ses excellentes performances d'amorçage d'arc et sa stabilité d'arc en font un choix idéal pour le soudage de points de fusion élevés et de métaux réfractaires, et sont largement utilisés dans les industries aérospatiale, nucléaire, pétrochimique, automobile et navale.

5.1.1 Soudage au gaz inerte au tungstène

Le soudage au gaz inerte au tungstène (TIG) est une méthode de soudage qui utilise des électrodes en tungstène pour générer un arc sous la protection d'un gaz inerte (tel que l'argon ou l'hélium), et est largement utilisée dans une variété de scénarios industriels en raison de sa haute précision et de ses soudures de haute qualité. Les électrodes en tungstène thorium dominent le soudage TIG, en particulier dans les procédés de soudage par anode à courant continu (DCEN) et certains procédés de soudage à courant alternatif (AC).

Avantages en termes de performances

Le faible fonctionnement électronique de l'électrode de tungstène au thorium (environ 2,63 eV) facilite l'amorçage d'un arc électrique à basse tension, réduisant ainsi l'apport de chaleur lors de l'initiation de l'arc, ce qui la rend adaptée au soudage de précision. Sa grande stabilité d'arc lui permet de maintenir un arc concentré et continu sur une large plage de courant (50-500 A), réduisant ainsi les projections et les défauts de soudure. De plus, le faible taux de combustion des électrodes en tungstène thorium prolonge la durée de vie et réduit les coûts de production. Différents types d'électrodes en tungstène thorium (par exemple WT10, WT20, WT30, WT40) peuvent être sélectionnés en fonction des exigences actuelles et matérielles :

WT10 (0,8-1,2 % ThO_2) : convient au soudage de précision à faible courant (50-150 A), comme les tôles minces d'acier inoxydable ou les alliages de cuivre.

WT20 (1,7-2,2 % ThO_2) : adapté aux courants moyens à élevés (100-300 A) et est le modèle le plus couramment utilisé dans le soudage TIG.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

WT30/WT40 (2,8-4,2 % ThO₂) : Convient pour le soudage à courant élevé (200-500 A) à usage intensif, tel que les alliages de titane ou de nickel à plaques épaisses.

Scénarios d'application

Aérospatiale : Le soudage TIG utilise des électrodes au thorium et au tungstène (généralement WT20 ou WT30) pour souder des alliages de titane (par exemple, Ti-6Al-4V) et des alliages à base de nickel (par exemple, Inconel 718) pour la fabrication de fuselages d'avions, d'aubes de moteur et de composants de turbine. Ces composants nécessitent une résistance élevée, aucun défaut et une excellente résistance à la corrosion de la soudure, et l'arc stable et le faible taux de combustion de l'électrode de tungstène au thorium garantissent la qualité de la soudure. Par exemple, dans la fabrication des Boeing 787, les électrodes WT20 sont utilisées pour le soudage TIG des structures de fuselage en alliage de titane afin de garantir les propriétés mécaniques et la durée de vie en fatigue des soudures.

Industrie nucléaire : Les électrodes en tungstène au thorium sont largement utilisées dans le soudage TIG des récipients sous pression et des pipelines des centrales nucléaires. Les électrodes WT30 ou WT40 sont capables de fournir un arc stable à des courants élevés, de souder des aciers inoxydables à paroi épaisse (par exemple, 316L) ou des alliages de nickel, garantissant que la soudure est exempte de porosité et de fissures. Par exemple, dans la fabrication de la cuve de pression du réacteur AP1000 de l'industrie nucléaire chinoise, des électrodes de tungstène au thorium sont utilisées pour le soudage de composants clés.

Industrie pétrochimique : Les électrodes de tungstène au thorium sont utilisées pour souder des tuyaux et des cuves résistants à la corrosion, tels que l'acier inoxydable (304, 316) et les alliages à base de nickel (Hastelloy). La stabilité de l'arc de l'électrode WT20 à des courants moyens et élevés garantit l'uniformité et la résistance à la corrosion du cordon de soudure pour répondre aux besoins des environnements chimiques difficiles.

Fabrication automobile : Les électrodes en tungstène thorium sont utilisées pour le soudage TIG de l'acier à haute résistance et des alliages d'aluminium, tels que la fabrication de suspensions et de systèmes d'échappement automobiles. L'électrode WT10 est adaptée au soudage de pièces à paroi mince à de faibles courants, réduisant ainsi la distorsion thermique et les dommages matériels.

Précautions opérationnelles

Lors de l'utilisation d'électrodes en thorium-tungstène dans le soudage TIG, il est nécessaire de sélectionner le diamètre d'électrode (1,6-6,4 mm) et l'angle de meulage (15°-45°) appropriés en fonction du matériau et du courant. Des angles de meulage aigus (20°-30°) peuvent concentrer l'arc et améliorer la précision ; Le grand angle (30°-45°) convient au soudage à courant élevé et améliore la durabilité. Le débit de gaz de protection (8-15 L/min) doit être étroitement contrôlé pour éviter la dérive de l'arc ou l'oxydation des électrodes. Le broyage des électrodes nécessite l'utilisation d'un broyeur dédié et d'un dispositif de dépoussiérage pour réduire le risque de radioactivité.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

5.1.2 Soudage au plasma

Le soudage à l'arc plasma (PAW) est une méthode de soudage qui utilise un arc confiné pour générer un flux de plasma à haute température, qui a une densité d'énergie et une précision de soudage plus élevées, et convient au soudage de précision de matériaux à points de fusion élevés. Les électrodes de tungstène au thorium excellent dans le soudage au plasma en raison de leur capacité à maintenir un arc stable dans un environnement plasma à haute température et à haute pression.

Avantages en termes de performances

La température de l'arc du soudage au plasma peut atteindre 15000-20000°C, ce qui nécessite une stabilité thermique extrêmement élevée et une résistance à la brûlure de l'électrode. Le point de fusion élevé (3422°C) de l'électrode de tungstène de thorium et la capacité d'émission d'électrons thermiques de l'oxyde de thorium lui permettent de résister à de telles conditions extrêmes. Les électrodes WT20 et WT30 sont le premier choix pour le soudage au plasma en raison de leur teneur modérée en oxyde de thorium (1,7-3,2 %) et de leur faible taux de brûlure. Le faible travail électronique des électrodes assure une formation rapide de l'arc en mode d'amorçage d'arc à haute fréquence ou en mode impulsion, tandis que la stabilité de l'arc assure l'uniformité et la profondeur de la soudure.

Scénarios d'application

Aérospatiale : Le soudage au plasma utilise des électrodes de tungstène au thorium pour souder des composants en alliage de titane et de nickel, tels que des tuyères de moteurs de fusée et des aubes de turbine aérospatiale. L'électrode WT20 est capable de fournir un arc plasma stable à des densités d'énergie élevées, garantissant la profondeur et la résistance de la soudure. Par exemple, les électrodes en tungstène et au thorium sont utilisées pour le soudage au plasma de précision dans le soudage du réservoir de carburant de la fusée Falcon de SpaceX.

Dispositifs médicaux : Le soudage au plasma est utilisé pour fabriquer des dispositifs médicaux en acier inoxydable ou en alliage de titane, tels que des instruments chirurgicaux et des implants. L'électrode WT10 convient aux matériaux à paroi mince dans le soudage plasma à faible courant, réduisant la zone affectée par la chaleur (HAZ) et garantissant la qualité de surface.

Industrie électronique : Les électrodes en tungstène thorium sont utilisées dans le soudage plasma miniature pour la connexion de composants électroniques tels que les boîtiers semi-conducteurs et les cartes de circuits imprimés miniatures. Les électrodes WT10 ou WT20 offrent un contrôle précis de l'arc pour une grande précision.

Précautions opérationnelles

Dans le soudage au plasma, les électrodes en tungstène thorium doivent utiliser un diamètre plus petit (1,0-2,4 mm) pour s'adapter à l'arc plasma à haute densité d'énergie. La pointe de l'électrode doit être rectifiée à un angle aigu (15°-25°) pour concentrer l'arc, et le débit du gaz de protection (argon ou mélange argon-hélium) doit être contrôlé avec précision (2-5 L/min). En raison de l'environnement à haute température du soudage au plasma, les électrodes doivent être équipées de pistolets de soudage refroidis à l'eau pour réduire la charge thermique et prolonger la durée de vie.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

5.1.3 Soudage à l'anode CC (acier au carbone, acier inoxydable, alliage de nickel, alliage de titane, etc.)

Le soudage par anode à courant continu (DCEN) est le mode d'application le plus courant des électrodes en thorium et en tungstène, où les électrons circulent de l'électrode à la pièce, et la chaleur est principalement concentrée sur la pièce, réduisant ainsi la charge thermique de l'électrode. Ce mode convient au soudage d'une large gamme de matériaux métalliques, notamment l'acier au carbone, l'acier inoxydable, les alliages de nickel et les alliages de titane.

Avantages en termes de performances

En mode DCEN, le faible travail électronique et la stabilité de l'arc de l'électrode de tungstène au thorium lui permettent d'initier rapidement un arc et de maintenir un flux d'arc concentré et continu. Différents types d'électrodes conviennent à différents courants et matériaux :

Acier au carbone : Les électrodes WT10 ou WT20 conviennent au soudage de pièces structurales en acier au carbone telles que des ponts et des cadres de bâtiments à des courants faibles à moyens (50-200 A).

Acier inoxydable : L'électrode WT20 fournit un arc stable à un courant de 100 à 300 A, ce qui convient au soudage d'acier inoxydable tel que 304, 316, etc., et est largement utilisé dans les pipelines pétrochimiques et les équipements de transformation des aliments.

Alliages de nickel : Les électrodes WT30 ou WT40 conviennent au soudage de l'Inconel ou de l'Hastelloy à des courants élevés (200-400 A) pour les composants résistants à la corrosion dans les équipements aérospatiaux et chimiques.

Alliages de titane : Les électrodes WT20 ou WT30 conviennent au soudage d'alliages de titane (par exemple, Ti-6Al-4V) à des courants moyens à élevés pour une utilisation dans les domaines aérospatial et médical où une haute précision et des environnements sans oxygène sont nécessaires.

Le faible taux de combustion de l'électrode de tungstène au thorium garantit la fiabilité du soudage à long terme, en particulier dans le soudage de plaques épaisses ou de matériaux à points de fusion élevés. Par exemple, l'électrode WT40 est capable de fonctionner en continu pendant plusieurs heures à 400 A sans pratiquement aucun changement de forme de la pointe de l'électrode.

Scénarios d'application

Aérospatiale : Les électrodes en tungstène thorium sont utilisées pour le soudage DCEN-TIG des alliages de titane et de nickel, tels que les fuselages d'avions, les composants de moteurs et les réservoirs de carburant de fusée. L'électrode WT20 fournit un arc stable à 150-250 A, assurant une résistance élevée et une résistance à la corrosion de la soudure.

Industrie nucléaire : les électrodes WT30 ou WT40 sont utilisées pour le soudage des récipients sous pression en acier inoxydable et en alliage de nickel, tels que les tuyaux de refroidissement des réacteurs nucléaires. La stabilité de l'arc est élevée, la soudure est exempte de défauts et elle répond à des normes de sécurité strictes.

Industrie pétrochimique : Les électrodes de tungstène au thorium sont utilisées pour le soudage de tuyaux en acier au carbone et en acier inoxydable, tels que les oléoducs dans les raffineries de pétrole. L'électrode WT20 assure la résistance à la corrosion et les propriétés mécaniques de la soudure à

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

des courants moyens à élevés.

Industrie maritime : Les électrodes WT30 sont utilisées pour souder des plaques d'acier à haute résistance, telles que les structures de coque et de pont, et la stabilité de l'arc garantit la profondeur et la qualité du soudage de plaques épaisses.

Précautions opérationnelles

Dans le soudage DCEN, le diamètre de l'électrode doit être sélectionné en fonction du courant (1,6-6,4 mm) et l'angle de meulage (20°-35°) doit être optimisé pour concentrer l'arc. Le débit de gaz de protection (argon ou hélium) doit être maintenu à 8-12 L/min pour éviter l'oxydation des électrodes ou la contamination du bain de fusion. Vérifiez régulièrement l'état de la pointe de l'électrode et réaffûtez-la si nécessaire pour rétablir les performances.

5.2 Application de l'électrode de tungstène au thorium dans d'autres industries

En plus du soudage, les électrodes de tungstène au thorium ont également des applications importantes dans d'autres scénarios industriels, en particulier dans l'électronique du vide et le coupage à l'arc, où leur point de fusion élevé et leurs capacités d'émission d'électrons thermiques en font des matériaux clés.

5.2.1 Matériaux de cathode dans l'électronique du vide

Les électrodes en tungstène au thorium sont utilisées comme matériaux de cathode pour les appareils électroniques sous vide tels que les tubes à micro-ondes, les tubes à rayons X et les tubes cathodiques en raison de leur faible échappement d'électrons et de leur grande stabilité thermique. La cathode est le composant central de l'émission d'électrons dans les appareils électroniques, et le matériau est nécessaire pour pouvoir fonctionner de manière stable dans un environnement à haute température et sous vide poussé.

Avantages en termes de performances

Le dopage à l'oxyde de thorium de l'électrode de tungstène thorium réduit considérablement le travail d'échappement des électrons (2,63 eV), ce qui lui permet d'émettre un grand nombre d'électrons à une température plus basse (environ 1500-2000°C), ce qui est mieux que celle de la cathode de tungstène pur (au-dessus de 2500°C). Son point de fusion élevé et sa résistance à l'épuisement garantissent la durabilité de la cathode en fonctionnement à haute puissance. Les électrodes WT20 et WT30 sont souvent utilisées dans de telles applications en raison de leur teneur modérée en oxyde de thorium.

Scénarios d'application

Tubes à micro-ondes : Les électrodes en tungstène au thorium sont utilisées comme cathodes dans les tubes à micro-ondes pour les équipements radar et de communication, tels que les magnétrons et les tubes à ondes progressives. Sa capacité d'émission d'électrons stable garantit des performances à haute fréquence et une longue durée de vie de l'appareil. Par exemple, dans les systèmes radar militaires, la cathode d'électrode WT20 est capable de milliers d'heures de fonctionnement continu à haute puissance.

Tubes à rayons X : Les électrodes de tungstène au thorium sont utilisées dans les cathodes des tubes

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

à rayons X médicaux et industriels pour produire un faisceau d'électrons stable afin d'exciter les rayons X. Le faible travail électronique et la grande stabilité thermique de l'électrode WT20 conviennent aux appareils à rayons X de haute intensité tels que les scanners CT.

Tube cathodique (CRT) : Bien que la technologie CRT soit progressivement éliminée, les électrodes de tungstène au thorium sont toujours utilisées comme matériaux de cathode dans certains dispositifs d'affichage spéciaux, fournissant une émission d'électrons stable.

Précautions opérationnelles

Dans l'électronique du vide, les électrodes en tungstène thorium doivent fonctionner dans un environnement à vide poussé (10^{-6} Pa) pour éviter l'oxydation ou la contamination. La surface de l'électrode est polie avec précision ($Ra < 0,2 \mu m$) pour assurer une émission uniforme d'électrons. Les poussières radioactives doivent être strictement contrôlées pendant la production et l'installation, et les opérateurs doivent porter des équipements de protection.

5.2.2 Tronçonnage et amorçage d'arc

Les électrodes en tungstène thorium conviennent aux scénarios industriels à haute densité d'énergie en raison de leur grande stabilité d'arc et de leur résistance à haute température dans les applications de coupe et d'amorçage d'arc.

Avantages en termes de performances

Le coupage à l'arc nécessite que l'électrode maintienne un arc stable dans un environnement plasma à haute température et à haute pression, et le faible travail des électrons et le point de fusion élevé de l'électrode au thorium et au tungstène lui permettent de déclencher rapidement des arcs de haute intensité et de résister à des conditions extrêmes. Les électrodes WT30 et WT40 sont couramment utilisées pour la coupe à l'arc et l'arc électrique en raison de leur faible taux de combustion et de leur tolérance élevée au courant.

Scénarios d'application

Découpe plasma : Les électrodes de tungstène thorium sont utilisées dans les machines de découpe plasma pour couper des matériaux tels que l'acier au carbone, l'acier inoxydable et les alliages d'aluminium. L'électrode WT30 fournit un arc plasma stable à des courants de 200 à 400 A, assurant vitesse et précision de coupe. Par exemple, dans la construction navale, les électrodes WT30 sont utilisées pour couper des plaques d'acier épaisses avec des coupes plates et une petite zone affectée par la chaleur.

Fours à arc électrique : Les électrodes de tungstène au thorium sont utilisées pour l'initiation d'arc dans les petits fours à arc électrique, en particulier dans les laboratoires métallurgiques, pour la fusion d'alliages à points de fusion élevés. L'électrode WT40 est capable d'initier rapidement l'amorce d'un arc électrique et de maintenir un fonctionnement stable à des courants élevés.

Dispositif d'allumage : Les électrodes en tungstène thorium sont utilisées dans les systèmes d'allumage industriels, tels que ceux des turbines à gaz ou des chaudières, et leur capacité d'arc rapide garantit des performances d'allumage fiables.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Précautions opérationnelles

Dans le tronçonnage à l'arc, l'électrode doit être équipée d'un système de refroidissement efficace (tel qu'une buse refroidie à l'eau) pour réduire la charge thermique et prolonger la durée de vie. Le diamètre de l'électrode (3,2-6,4 mm) et l'angle de meulage (30°-45°) doivent être optimisés en fonction du courant de coupe. La poussière de thorium générée pendant le processus de coupe est collectée par un système de filtration à haute efficacité pour éviter la contamination radioactive.

5.3 Limites des scénarios d'application de l'électrode de tungstène au thorium

Bien que les électrodes en thorium-tungstène présentent des avantages significatifs dans le soudage et d'autres applications industrielles, leurs traces de radioactivité et le développement d'électrodes alternatives posent certaines limites à leurs scénarios d'application.

5.3.1 Scénarios d'utilisation radioactive

L'oxyde de thorium (ThO_2) dans les électrodes de tungstène de thorium contient du thorium 232, un élément radioactif naturel qui libère des particules α et de petites quantités de β et de rayons γ . Bien que son activité volumique soit faible (WT10 est proche de 1 Bq/g, WT40 est légèrement au-dessus de la norme d'exemption), il nécessite tout de même des mesures strictes de radioprotection pendant la production, le stockage et l'utilisation, ce qui limite son application dans certains scénarios.

Risque radiologique

Production : La poussière de thorium générée lors du mélange, du frittage et du broyage peut pénétrer dans le corps humain par inhalation ou par contact, ce qui augmente le risque de rayonnement interne. Une exposition à long terme peut causer des lésions aux poumons ou aux tissus, bien que le risque soit faible (dose efficace annuelle d'environ 0,1 à 1 mSv).

Application : Le meulage des électrodes en soudage et en découpe génère de la poussière radioactive, qui nécessite l'utilisation de meuleuses spéciales et de systèmes de ventilation efficaces. Les opérateurs sont tenus de porter des masques de protection et le lieu de travail est tenu de surveiller régulièrement les niveaux de rayonnement (débit de dose $X\text{-}\gamma < 0,1 \mu\text{Sv/h}$).

Impact sur l'environnement : Les déchets en cours de production et d'utilisation (tels que la poussière, les eaux usées et les électrodes usées) doivent être éliminés conformément aux Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'informations des entreprises pour la mise en valeur et l'utilisation de mines radioactives associées (essai) afin d'éviter de polluer les sols et les masses d'eau.

Scènes restreintes

Industries médicales et alimentaires : Les électrodes en tungstène thorium sont limitées dans le soudage des dispositifs médicaux et des équipements de transformation des aliments en raison du risque de radioactivité. Par exemple, l'Europe et l'Amérique du Nord ont interdit l'utilisation d'électrodes de tungstène au thorium dans le soudage de l'acier inoxydable de qualité alimentaire, passant aux électrodes de tungstène de cérium ou de tungstène de lanthane.

Zones avec des exigences environnementales élevées : L'Union européenne et certains États des États-Unis (comme la Californie) ont des réglementations strictes sur l'utilisation de matières radioactives, et les électrodes de thorium et de tungstène nécessitent des permis spéciaux, ce qui

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

augmente le coût d'utilisation.

Industrie électronique de haute précision : Dans la fabrication de semi-conducteurs et de microélectronique, la radioactivité des électrodes de tungstène au thorium peut contaminer l'environnement de la salle blanche, limitant ainsi son application.

Réponse

Pour réduire le risque de radioactivité, les entreprises doivent être équipées d'équipements spéciaux (tels que des broyeurs fermés et des systèmes de filtration HEPA) et les opérateurs doivent être formés à la radioprotection. Le traitement des déchets doit être conforme aux normes internationales et nationales (par exemple, la publication 103 de la CIPR et les lignes directrices 18871-2002) pour garantir le respect des concentrations d'activité et des émissions.

5.3.2 Tendances d'application des électrodes alternatives

Avec le renforcement de la réglementation en matière de protection de l'environnement et la recherche et le développement d'électrodes non radioactives, les électrodes de tungstène de thorium sont progressivement remplacées par des électrodes de tungstène de cérium, de tungstène de lanthane, de tungstène de zirconium et d'électrodes d'yttrium-tungstène dans certains scénarios d'application. Ces électrodes alternatives sont proches des électrodes en thorium tungstène en termes de performances et ne présentent aucun risque de radioactivité, ce qui répond aux exigences environnementales de l'industrie moderne.

Performances des électrodes alternatives

Électrode de tungstène de cérium (WC20) : contient 1,8 à 2,2 % d'oxyde de cérium, le travail des électrons est d'environ 2,7 eV, les performances d'initiation de l'arc et la stabilité de l'arc sont proches de WT20, adaptées au soudage DCEN et AC, non radioactive, largement utilisées dans les industries médicales et électroniques.

Électrode de tungstène de lanthane (WL20) : contenant 1,8 à 2,0 % d'oxyde de lanthane, la stabilité et la durée de vie de l'arc sont meilleures que l'électrode de tungstène de cérium, convient au soudage de haute précision et robuste, et a remplacé l'électrode de tungstène au thorium dans les industries aérospatiale et nucléaire.

Électrode de tungstène zirconium (WZ8) : contenant 0,8 % de zircone, spécialement conçue pour le soudage AC des alliages d'aluminium et de magnésium, avec une bonne stabilité à l'arc, adaptée au soudage des métaux légers.

Électrode d'yttrium-tungstène (WY20) : contenant 1,8 à 2,2 % d'oxyde d'yttrium, les performances sont proches de celles de l'électrode de tungstène de lanthane, qui convient au soudage de haute précision, mais le coût est élevé et la popularité du marché est faible.

Tendances alternatives

Marchés européens et américains : L'Union européenne et les États-Unis ont progressivement éliminé les électrodes de tungstène de thorium, et les électrodes de tungstène de lanthane (WL20) sont devenues le courant dominant, représentant plus de 60 % du marché des électrodes de soudage TIG. L'électrode de cérium et de tungstène (WC20) est également largement utilisée dans des scénarios sensibles aux coûts.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Marché chinois : En tant que grand pays de ressources en tungstène, les électrodes de tungstène au thorium sont toujours utilisées dans l'industrie lourde en raison des avantages en termes de coûts, mais la part des électrodes lanthane-tungstène et cérium-tungstène augmente d'année en année, en particulier dans le domaine des produits d'exportation et de la fabrication haut de gamme.

Axé sur la technologie : Les progrès réalisés dans le domaine des nouveaux matériaux dopés (p. ex., les oxydes composites de terres rares) et des procédés de production ont encore amélioré le rendement des électrodes non radioactives. Par exemple, le taux de combustion des électrodes de tungstène de lanthane à des courants élevés est proche de WT40, et le coût diminue progressivement.

Perspectives d'avenir

Bien que les électrodes en tungstène au thorium présentent toujours des avantages en termes de performances dans le soudage à courant élevé et à usage intensif, leurs préoccupations en matière de radioactivité ont incité l'industrie à accélérer la transition vers les électrodes non radioactives. À l'avenir, avec le durcissement des réglementations environnementales et la maturité des technologies d'électrodes alternatives, les électrodes au thorium et au tungstène pourraient progressivement être limitées à des scénarios spécifiques à forte demande (tels que l'industrie nucléaire et l'aérospatiale), tandis que les électrodes non radioactives domineront davantage de domaines.



CTIA GROUP LTD Électrode WT20

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Chapitre 6 Équipement de production d'électrode de tungstène de thorium

La préparation des électrodes au thorium-tungstène implique plusieurs étapes de processus complexes, de la manipulation des matières premières au traitement du produit fini, chacune d'entre elles nécessitant un équipement spécial de haute précision et de haute fiabilité pour garantir les performances et la qualité de l'électrode. Dans le même temps, en raison de la radioactivité à l'état de traces de l'oxyde de thorium (ThO_2), les équipements de production doivent également être équipés de systèmes de protection et de détection stricts pour protéger les opérateurs et l'environnement. Ce chapitre aborde en détail l'équipement de manutention des matières premières, l'équipement de métallurgie des poudres, l'équipement de moulage et de traitement, l'équipement de protection radioactive et l'équipement d'essai utilisé dans la production d'électrodes de tungstène au thorium.

6.1 Équipement de traitement des matières premières pour les électrodes de tungstène au thorium

Le traitement des matières premières est la première étape de la production d'électrodes de tungstène de thorium, qui implique le broyage et le tamisage de la poudre de tungstène et le processus de dopage de l'oxyde de thorium. Des équipements spéciaux doivent garantir une grande pureté, une granulométrie uniforme et un dosage précis des matières premières, tout en contrôlant la diffusion de poussières radioactives.

6.1.1 Équipement de broyage et de criblage de poudre de tungstène

La poudre de tungstène est la principale matière première de l'électrode de tungstène en thorium, et la taille, la pureté et la morphologie de ses particules affectent directement la densité et les performances de soudage de l'électrode. L'équipement de broyage et de criblage est utilisé pour préparer de la poudre de tungstène de haute pureté avec une taille de particule uniforme.

Équipement de meulage

Type d'équipement : broyeur planétaire à boulets ou broyeur à jet

Fonction : Broyer de la poudre de tungstène brute (taille de particule 10-50 μm) en poudre fine (1-10 μm) pour améliorer la fluidité et la densité apparente de la poudre.

Paramètres clés :

Vitesse : 200-600 tr/min

Milieu de broyage : billes de zircone ou de carbure (2-10 mm de diamètre)

Temps de broyage : 4-12 heures

Atmosphère : Gaz inerte (par exemple argon) ou vide pour éviter l'oxydation

Caractéristiques : Le broyeur à boulets planétaire a un rendement élevé et une capacité de broyage uniforme, et est équipé d'un système de refroidissement pour contrôler la température et empêcher la poudre de tungstène de surchauffer et de s'oxyder. Le broyeur à jet permet un broyage sans contamination grâce à une collision de flux d'air à grande vitesse, ce qui convient aux exigences de pureté élevées.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Modèles typiques : Fritsch Pulverisette 5 (broyeur planétaire à boulets), Hosokawa Alpine AFG (broyeur à jet)

Exigences d'entretien : Nettoyez régulièrement le bol de broyage et le média, vérifiez l'étanchéité et évitez la contamination par des impuretés.

Équipement de criblage

Type d'équipement : tamis vibrant ou machine de criblage à ultrasons

Fonction : La poudre de tungstène broyée est classée en fonction de la taille des particules, et la plage de taille des particules qui répond aux exigences (D50 est d'environ 2-5 μm) est tamisée.

Paramètres clés :

Taille des pores de la maille : 1-10 μm

Fréquence de vibration : 20-50 Hz

Temps de tamisage : 10-30 minutes

Caractéristiques : La machine de criblage à ultrasons empêche la poudre fine d'obstruer l'écran par des vibrations à haute fréquence et améliore l'efficacité du tamisage. L'équipement doit être équipé d'un couvercle étanche à l'air pour éviter les fuites de poussière.

Modèles typiques : Russell Finex Compact Sieve, Retsch AS 200

Exigences d'entretien : Remplacez régulièrement le tamis et nettoyez la chambre de criblage pour vous assurer qu'il n'y a pas de contamination résiduelle de la poudre.

Mesures de protection

Le processus de broyage et de criblage est équipé d'un système d'échappement local et d'un filtre à haute efficacité (HEPA) pour piéger la poussière de tungstène et prévenir le risque d'inhalation. Les opérateurs sont tenus de porter des masques anti-poussière et des gants de protection, et la zone de travail doit être nettoyée régulièrement.

6.1.2 Équipement de dopage à l'oxyde de thorium

L'oxyde de thorium (ThO_2) est un dopant clé des électrodes de tungstène de thorium, et sa distribution uniforme est cruciale pour le travail des électrons et la stabilité de l'arc des électrodes. L'équipement de dopage doit assurer le rapport et le mélange précis de la poudre de tungstène et de l'oxyde de thorium, ainsi que le contrôle des poussières radioactives.

Type d'appareil

Mélangeur à sec : mélangeur de type V ou mélangeur tridimensionnel

Mélangeurs humides : broyeurs à boulets planétaires ou broyeurs à boulets agités

Équipements de co-précipitation chimique : réacteurs et centrifugeuses (pour la production haut de gamme)

Mélangeur à sec

Fonction : La poudre de tungstène et la poudre d'oxyde de thorium (taille de particule 0,5-2 μm) sont mélangées uniformément avec un rapport précis de $\pm 0,01\%$.

Paramètres clés :

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Vitesse : 50-200 tr/min

Temps de mélange : 4-8 heures

Liant : Alcool polyvinylique (PVA, 0,5-1 %)

Caractéristiques : Le mélangeur de type V permet un mélange efficace grâce à une chambre à double cône, et le mélangeur tridimensionnel améliore l'uniformité grâce à un mouvement multi-axes. L'équipement est doublé d'acier inoxydable ou de céramique pour éviter toute contamination.

Modèles typiques : Mélangeur Hosokawa Nauta, WAB Turbula T2F

Mesures de protection : L'équipement doit être équipé d'un couvercle fermé et d'un système d'échappement à pression négative pour éviter la propagation de la poussière d'oxyde de thorium. Les opérateurs sont tenus de porter des vêtements de protection et des masques.

Mélangeur humide

Fonction : La poudre de tungstène et l'oxyde de thorium sont mélangés dans de l'eau désionisée ou un milieu à l'éthanol pour améliorer l'uniformité, suivi d'un séchage pour préparer la poudre dopée.

Paramètres clés :

Vitesse : 100-300 tr/min

Milieu de broyage : billes de zircone

Temps de mélange : 6-12 heures

Température de séchage : 100-150°C (vide ou atmosphère inerte)

Caractéristiques : Le mélange humide réduit le vol de poussière, adapté au dopage de haute précision. L'équipement de séchage doit être équipé d'un système de récupération de la condensation pour éviter la décharge de solvant.

Modèles typiques : Netzsch PMH/PML, Fritsch Pulverisette 7

Mesures de protection : Le broyeur à boulets doit fonctionner de manière fermée et les déchets liquides doivent être traités par précipitation et filtration pour éviter les fuites de composés de thorium.

Équipement de co-précipitation chimique

Fonction : Préparation d'une poudre dopée homogène au niveau atomique par co-précipitation d'une solution de tungstate et de nitrate de thorium, adaptée aux électrodes haut de gamme.

Paramètres clés :

Température de réaction : 60-80°C

pH : 7-9

Vitesse centrifuge : 5000-10000 tr/min

Caractéristiques : Le réacteur est équipé d'un système d'agitation et de contrôle de la température, et la centrifugeuse réalise la séparation solide-liquide. Le processus est complexe mais extrêmement homogène.

Modèles typiques : IKA RW 20 (réacteur), Beckman Coulter Avanti J-26

Mesures de protection : Les eaux usées doivent être traitées par échange d'ions et les gaz d'échappement du réacteur doivent être évacués à travers le filtre à charbon actif.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

6.2 Équipement de métallurgie des poudres pour les électrodes de tungstène au thorium

La métallurgie des poudres est le processus de base de la préparation des électrodes en thorium-tungstène, qui implique des étapes de mélange, de pressage et de frittage pour transformer la poudre dopée en un corps d'électrode très dense. L'équipement doit être très précis et cohérent.

6.2.1 Mélangeurs

Fonction : La poudre de tungstène, l'oxyde de thorium et le liant sont mélangés de manière homogène pour fournir des matières premières de haute qualité pour le pressage.

Type d'équipement : Mélangeur de type V, mélangeur tridimensionnel, mélangeur à double cône

Paramètres clés :

Contenance : 5-100 L

Vitesse : 50-150 tr/min

Temps de mélange : 4-8 heures

Caractéristiques : Le mélangeur doit être équipé d'une régulation de vitesse de conversion de fréquence et d'une fonction de synchronisation, et est doublé de céramique ou d'acier inoxydable résistant à l'usure pour éviter la pollution. Certains modèles haut de gamme prennent en charge la surveillance en ligne de la taille des particules.

Modèles typiques : Hosokawa Micron Vrieco-Nauta, Shuanglong V-500

Exigences d'entretien : Inspectez régulièrement les joints, nettoyez la cavité intérieure et évitez la contamination croisée.

Mesures de protection : Équipé d'une hotte étanche à l'air et d'un filtre HEPA, la zone de travail doit être isolée pour éviter la propagation de poussières radioactives.

6.2.2 Presses

Fonction : La poudre mélangée est pressée dans une billette primaire (tige ou plaque) pour fournir la base du frittage.

Type d'équipement : presse isostatique à froid (CIP), machine de moulage hydraulique

Paramètres clés :

Pression : 100-200 MPa

Temps de maintien : 1-3 minutes

Matériau du moule : carbure de tungstène ou acier inoxydable

Caractéristiques : La presse isostatique à froid applique une pression uniforme à travers le milieu liquide et la densité de l'ébauche primaire atteint 60-70 %. La machine de moulage hydraulique convient à la production de petits lots et a un coût inférieur.

Modèles typiques : EPSI CIP 400, Dorst TPA 50

Exigences d'entretien : Vérifiez régulièrement l'usure du système hydraulique et du moule pour vous assurer que la pression est stable.

Mesures de protection : La presse doit être équipée d'un couvercle anti-poussière et l'opérateur doit porter des gants de protection.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

6.2.3 Four de frittage à haute température

Fonction : Densification de l'ébauche primaire par traitement à haute température pour former un corps d'électrode à haute densité.

Type d'équipement : four de frittage par résistance, four de frittage par induction, four de frittage sous vide

Paramètres clés :

Température : 2000-2800°C

Atmosphère : Hydrogène (pureté > 99,999 %) ou vide (10^{-4} Pa).

Maintien au chaud : 2-4 heures

Vitesse de refroidissement : 10-20°C / min

Caractéristiques : Le four de frittage par résistance convient à la production de masse, la vitesse de chauffage du four de frittage par induction est rapide, le four de frittage sous vide convient aux électrodes haut de gamme. Le matériau du four est le molybdène ou le graphite, qui résiste aux températures élevées.

Modèles typiques : Nabertherm HTK, ALD Vacuum Technologies VIM

Exigences d'entretien : Vérifiez régulièrement l'étanchéité du four et des éléments chauffants, et nettoyez les résidus.

Mesures de protection : Le four de frittage doit être équipé d'un système de traitement des gaz d'échappement pour éviter les fuites d'hydrogène ou la volatilisation des composés du thorium.

6.3 Équipement de formage et de traitement de l'électrode de tungstène de thorium

Les équipements de formage et de traitement sont utilisés pour transformer les corps frittés en tiges d'électrode conformes aux spécifications, garantissant la précision dimensionnelle et la qualité de surface.

6.3.1 Calandres

Fonction : Usinage du corps fritté au diamètre requis (0,5-10 mm) au moyen d'un laminage à chaud ou à froid en plusieurs passes.

Type d'équipement : calandre multi-rouleaux, machine à forger rotative

Paramètres clés :

Température : 1400-1800°C (calandré à chaud)

Vitesse de calandrage : 0,5-2 m / min

Déformation : 10-20 %/passage

Caractéristiques : La calandre multi-rouleaux est équipée de moules de précision et d'un système de chauffage pour assurer une tolérance de diamètre de $\pm 0,05$ mm. La machine à forger rotative convient aux électrodes de petit diamètre et a un rendement élevé.

Modèles typiques : SMS Group 4-Hi Mill, Daniel & C. Machine à sertir

Exigences d'entretien : Vérifiez régulièrement l'usure de la surface du rouleau et du système de chauffage, lubrifiez les pièces de transmission.

Mesures de protection : La calandre doit être équipée d'un couvercle de protection haute température pour éviter que l'opérateur ne se brûle.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

6.3.2 Équipement de meulage et de polissage

Fonction : Améliorer la qualité de surface de l'électrode par meulage grossier, meulage fin et polissage avec une rugosité de Ra 0,2-0,4 μm .

Type d'équipement : meuleuse centerless, polisseuse spéciale

Paramètres clés :

Taille de la meule : 80-400 mailles

Vitesse : 2000-5000 tr/min

Méthode de refroidissement : refroidissement par eau

Caractéristiques : La rectifieuse sans centre réalise un meulage continu et une efficacité élevée ; La polisseuse utilise de la pâte à polir diamantée et des roues en tissu pour obtenir un effet miroir.

Modèles typiques : Glebar GT-610, Struers Tegramin

Exigences d'entretien : Remplacez régulièrement la meule et le chiffon de polissage et vérifiez le système de refroidissement.

Mesures de protection : Équipé d'un couvercle fermé et d'un système de dépoussiérage efficace pour empêcher la propagation de la poussière de thorium.

6.4 Équipement de radioprotection pour électrodes de thorium et de tungstène

La radioactivité à l'état de traces de l'oxyde de thorium (thorium 232) nécessite que les équipements de production soient équipés de systèmes de protection spéciaux pour réduire les risques sanitaires et environnementaux.

6.4.1 Broyeur spécial et système de dépoussiérage

Fonction : Collecte la poussière radioactive lors du broyage des électrodes pour éviter l'inhalation ou la diffusion.

Type d'équipement : broyeur fermé, dépoussiéreur à haut rendement

Paramètres clés :

Matériau de la meule : diamant

Efficacité de dépoussiérage : >99,9 % (filtre HEPA)

Débit d'air : 500-1000 m^3/h

Caractéristiques : Le broyeur est équipé d'un couvercle de protection transparent et d'un orifice d'aspiration à pression négative, et le dépoussiéreur utilise une filtration en plusieurs étapes (filtration grossière + HEPA).

Modèles typiques : Weldcraft Dedicated Grinder, Donaldson Torit DFO

Exigences d'entretien : Remplacez régulièrement le filtre et nettoyez le tuyau d'aspiration.

Mesures de protection : Les opérateurs doivent porter des masques anti-poussière, et la poussière doit être scellée et stockée.

6.4.2 Enceintes et équipements de ventilation

Fonction : Isolez la poussière radioactive et gardez l'environnement de travail propre.

Type d'équipement : hotte aspirante locale, système de ventilation central

Paramètres clés :

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Vitesse du vent : 0,5-1 m/s

Efficacité de filtration : >99,9 %

Bruit : <70 dB

Caractéristiques : Le confinement couvre les équipements de mélange, de broyage et de frittage, le système de ventilation avec charbon actif et filtres HEPA.

Modèles typiques : Extracteur de fumée Nederman, Camfil APC Farr Gold Series

Exigences d'entretien : Vérifiez régulièrement l'étanchéité des conduits d'air et la saturation du filtre.

Mesures de protection : Le système de ventilation doit vérifier régulièrement l'activité des gaz d'échappement pour s'assurer qu'elle est conforme à la norme.

6.4.3 Équipement d'évacuation des déchets radioactifs

Fonction : Traitement des déchets radioactifs (poussières, eaux usées, déchets solides) en production.

Type d'équipement : Système de traitement des eaux usées, équipement de solidification, conteneur de stockage scellé

Paramètres clés :

Activité des eaux usées : <0,1 Bq/L (après traitement)

Matériau de durcissement : ciment ou résine

Récipient de stockage : acier inoxydable, épaisseur > 2 mm

Caractéristiques : Le système de traitement des eaux usées élimine les composés du thorium par sédimentation, filtration et échange d'ions ; L'équipement de durcissement mélange la poussière dans la matrice de ciment ; Les conteneurs de stockage sont marqués d'un avertissement radioactif.

Modèles typiques : Veolia Water Technologies RO, Orano Waste Containers

Exigences d'entretien : Vérifiez régulièrement la résistance au refoulement et à la solidification des eaux usées, et mettez à jour les registres de stockage.

Mesures de protection : L'élimination des déchets doit être effectuée dans une zone séparée et les opérateurs doivent être formés à la radioprotection.

6.5 Équipement d'essai de l'électrode de tungstène au thorium

L'équipement d'essai est utilisé pour surveiller la qualité des électrodes et les niveaux de radioactivité afin de s'assurer que les produits répondent aux normes telles que ISO 6848:2015 et aux exigences de sécurité.

6.5.1 Détecteur de débit de dose de rayonnement X-γ

Fonction : Mesure des débits de dose de rayons X et de rayons γ dans l'environnement de production et à la surface de l'électrode.

Type d'appareil : Dosimètre de rayonnement portable

Paramètres clés :

Plage de mesure : 0,01-100 μSv/h

Précision : ±5 %

Détecteur : tube compteur GM ou cristal NaI

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Caractéristiques : Affichage en temps réel du débit de dose, prise en charge de l'enregistrement des données, adapté à l'inspection en atelier.

Modèles typiques : RadEye PRD (Thermo Scientific), AT1123 (Atomtex)

Exigences de maintenance : Étalonnage régulier (une fois par an) pour vérifier la sensibilité du détecteur.

Scénario d'utilisation : Détection des niveaux de rayonnement dans les zones de mélange, de broyage et de stockage pour garantir $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$.

6.5.2 Détecteur de contamination de surface $\alpha \beta$

Fonction : Mesurer α , β contamination par des particules sur la surface de l'électrode et la surface de l'appareil.

Type d'appareil : Compteur de contamination de surface portable

Paramètres clés :

Plage de mesure : $0,1-1000 \text{ Bq/cm}^2$

Efficacité de détection : $>30 \%(a), >40 \%(b)$

Détecteur : scintillateur ZnS ou tube de comptage proportionnel de gaz

Caractéristiques : Haute sensibilité, adaptée à la détection de traces de contamination au thorium-232, favorisant un balayage rapide.

Modèles typiques : Ludlum Model 43-93, XH-3206 (China Nuclear Instruments)

Exigences d'entretien : Calibrez régulièrement et vérifiez l'intégrité de la fenêtre du détecteur.

Scénario d'utilisation : Détection de la contamination des surfaces des électrodes, des parois de l'équipement et des conteneurs à déchets après le broyage.



CTIA GROUP LTD Électrode WT10

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Chapitre 7 Normes nationales et étrangères pour l'électrode de tungstène de thorium

En tant que matériau clé pour le soudage sous gaz inerte au tungstène (soudage TIG) et le soudage au plasma, la production et l'utilisation de l'électrode de tungstène au thorium sont soumises à des normes internationales et nationales strictes. Ces normes couvrent la classification des électrodes, les exigences de performance, le contrôle de la qualité et la gestion de la sécurité radiologique, garantissant leur cohérence et leur sécurité dans les applications industrielles. Étant donné que l'électrode de thorium et de tungstène contient des traces d'oxyde de thorium radioactif (ThO_2), les normes pertinentes comprennent également des exigences spécifiques en matière de radioprotection et de gestion de l'environnement. Ce chapitre traite en détail des normes internationales et nationales relatives aux électrodes en thorium-tungstène, ainsi que des normes de sécurité radiologique.

7.1 Normes internationales pour les électrodes de thorium et de tungstène

La norme internationale fournit une spécification technique unifiée pour la production, la classification et l'utilisation des électrodes de tungstène au thorium, qui sont largement utilisées dans l'industrie mondiale du soudage. Les principales normes internationales comprennent ISO 6848:2015, AWS A5.12/A5.12M et EN 26848, qui spécifient en détail la composition chimique, les propriétés physiques, les spécifications dimensionnelles et les méthodes d'identification des électrodes de thorium et de tungstène.

7.1.1 ISO 6848:2015 (Classification et exigences pour les électrodes en tungstène)

ISO 6848:2015 « Soudage et coupage à l'arc — Électrodes en tungstène non consommables — Classification » est une norme de classification des électrodes en tungstène élaborée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) pour les électrodes en tungstène non consommables, y compris les électrodes en tungstène thorium, en soudage TIG et en soudage plasma.

Contenu standard

Classification : La norme divise les électrodes de tungstène de thorium en quatre types en fonction de la teneur en oxyde de thorium (ThO_2) :

WT10 : 0,8-1,2 % ThO_2 , appliqué en jaune

WT20 : 1,7-2,2 % ThO_2 , applicateur rouge

WT30 : 2,8-3,2 % ThO_2 , revêtement violet

WT40 : 3,8-4,2 % ThO_2 , applicateur jaune orangé

Composition chimique : La pureté de la matrice de tungstène $\geq$ de 99,5 % et la teneur totale en impuretés (telles que Fe, Ni, C) $<$ de 0,05 %. La teneur en oxyde de thorium doit être contrôlée avec précision et l'écart est $\pm 0,1$ %.

Dimensions : Plage de diamètre de l'électrode de 0,5 à 10 mm, tolérance $\pm 0,05$ mm ; Les longueurs sont généralement de 50 mm, 75 mm, 150 mm ou 175 mm avec des tolérances ± 1 mm.

Qualité de surface : La surface de l'électrode doit être lisse, exempte de fissures, d'oxydes ou d'huiles, et la rugosité doit être de $Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$.

Exigences de performance : L'électrode doit répondre à des exigences spécifiques en matière de stabilité d'arc, de performances d'amorçage d'arc et de taux de brûlure. Par exemple, le WT20 doit

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

maintenir un arc stable de 100 à 300 A avec un taux de combustion de $< 0,1$ mm/h.

Étiquetage : La partie supérieure de l'électrode doit être codée par couleur (par exemple rouge pour le WT20) et le modèle, le lot et les informations du fabricant doivent être indiqués sur l'emballage.

Champ d'application

La norme ISO 6848:2015 s'applique à l'industrie mondiale du soudage et constitue la base du commerce international et de la certification de la qualité. La norme classe également les électrodes non radioactives (par exemple, le tungstène de cérium, le tungstène de lanthane), reflétant la tendance à remplacer les électrodes de tungstène au thorium.

Caractéristiques et signification

Uniformité : Fournir une classification unifiée et une norme de performance pour les fabricants et les utilisateurs mondiaux d'électrodes de tungstène en thorium, ce qui est pratique pour le contrôle de la qualité et le commerce international.

Sécurité : La norme mentionne le risque radioactif de l'oxyde de thorium et préconise des mesures de protection lors de la production et de l'utilisation, telles que des systèmes de ventilation et des dispositifs de dépoussiérage.

Mise à jour : L'édition 2015 met à jour l'édition de 1992 avec des exigences supplémentaires en matière de protection de l'environnement et de radioprotection, reflétant la tendance à l'essor des électrodes non radioactives.

Exigences de mise en œuvre

Les fabricants sont tenus de passer l'audit de l'organisme de certification ISO pour s'assurer que le processus de production et la qualité du produit répondent aux normes. Les méthodes de détection comprennent l'analyse des compositions par spectroscopie de fluorescence X (XRF), la mesure du diamètre du laser pour la détection de taille et la microscopie métallographique pour la microstructure.

7.1.2 AWS A5.12/A5.12M (spécification de l'électrode de tungstène de l'American Welding Institute)

AWS A5.12/A5.12M :2009 « Spécification pour les électrodes de tungstène dispersées de tungstène et d'oxyde pour le soudage à l'arc et le coupage » est une spécification d'électrode de tungstène développée par l'American Welding Society (AWS) et largement utilisée dans l'industrie du soudage en Amérique du Nord et dans d'autres régions.

Contenu standard

Classification : Semblable à la norme ISO 6848, les électrodes au thorium et au tungstène sont divisées en WT10, WT20, WT30 et WT40, et l'étiquetage des couleurs est cohérent.

Composition chimique : Teneur en oxyde de thorium spécifiée (0,8-4,2 %) et limites d'impuretés (par exemple O $<0,02$ %, Fe $<0,01$ %). La pureté de la poudre de tungstène doit être $\geq 99,95$ %.

Propriétés physiques : L'électrode doit répondre à une conductivité (>30 % IACS) et à une dureté (350-450 HV) spécifiques. Le taux de combustion doit être $< 0,08$ mm/h à 200 A.

Dimensions et tolérances : Diamètre 0,5-6,4 mm, Tolérance $\pm 0,03$ mm ; Longueur 75-300 mm avec

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

tolérance $\pm$ de 1,5 mm.

Méthodes d'essai : y compris l'analyse chimique (ICP-OES), l'essai de stabilité de l'arc (effectué sous protection argon) et l'inspection de la qualité de surface (observation microscopique).

Avertissement radioactif : La norme exige clairement que le risque radioactif de l'oxyde de thorium soit indiqué dans l'emballage et les instructions, et qu'un équipement de broyage spécial et des mesures de protection soient recommandés.

Champ d'application

AWS A5.12 convient au soudage TIG, au soudage plasma et au coupage à l'arc, en particulier dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'automobile et de la pétrochimie. Cette norme est largement suivie par les fabricants et les utilisateurs d'équipements de soudage aux États-Unis et au Canada.

Caractéristiques et signification

Détail : La norme fournit des méthodes d'essai détaillées et des indicateurs de performance, tels que la tension de démarrage de l'arc (<15 V) et le taux de brûlure, adaptés aux applications industrielles.

Sécurité : L'accent mis sur la radioprotection, l'utilisation de broyeurs fermés et de filtres à haute efficacité est recommandée pour réduire l'exposition à la poussière de thorium.

Compatibilité : Hautement compatible avec la norme ISO 6848 pour une coordination facile sur les marchés internationaux.

Exigences de mise en œuvre

Les fabricants doivent être certifiés par AWS et les équipements de test doivent être conformes aux normes ASTM (par exemple, ASTM E1476). Les utilisateurs doivent calibrer régulièrement leur équipement de soudage pour s'assurer que les performances de l'électrode répondent aux spécifications.

7.1.3 EN 26848 (norme européenne pour les électrodes en tungstène)

La norme EN 26848:1991 « Soudage — Électrodes en tungstène pour le soudage à l'arc sous protection sous gaz inerte et pour le soudage au plasma » est une norme sur les électrodes en tungstène élaborée par le Comité européen de normalisation (CEN) pour l'industrie du soudage dans les pays de l'UE.

Contenu standard

Classification : Conformément à la norme ISO 6848, les électrodes de tungstène au thorium sont divisées en WT10, WT20, WT30 et WT40, et la marque de couleur est la même.

Composition chimique : Les exigences relatives à la teneur en oxyde de thorium sont conformes à la norme ISO 6848 et les limites d'impuretés sont plus strictes (p. ex., C $<0,005$ %, S $<0,002$ %).

Dimensions : diamètre 0,5-10 mm, tolérance $\pm$ 0,04 mm ; Longueur 50-300 mm, tolérance $\pm$ 1 mm.

Exigences de performance : L'électrode doit réussir le test de stabilité de l'arc (100-400 A) et le test de vitesse de combustion ($<0,1$ mm/h). La rugosité de surface est de Ra $\leq 0,3$ μ m.

Gestion radiologique : Exige le respect de la directive européenne sur la radioprotection (2013/59/Euratom) lors de la production et de l'utilisation, y compris le contrôle des poussières et l'élimination des déchets.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Champ d'application

La norme EN 26848 s'applique au soudage TIG et au soudage plasma dans les pays de l'UE, en particulier dans l'aérospatiale, l'industrie nucléaire et la construction navale. En raison de la réglementation stricte des matières radioactives dans l'Union européenne, cette norme favorise l'utilisation d'électrodes non radioactives telles que le tungstène de lanthane et le tungstène de cérium.

Caractéristiques et signification

Protection de l'environnement : l'accent est mis sur la radioprotection et la gestion des déchets, conformément à la réglementation environnementale de l'UE.

Régional : Principalement destiné au marché européen, il est compatible avec les normes ISO 6848 et AWS A5.12, mais avec un accent plus important sur la protection de l'environnement et la sécurité.

Limites : La version de 1991 est plus ancienne et ne reflète pas entièrement la tendance des électrodes non radioactives.

Exigences de mise en œuvre

Les entreprises de l'UE sont tenues de passer la certification CE, et les ateliers de production doivent être équipés d'équipements de surveillance des rayonnements et d'installations de traitement des déchets. Les utilisateurs sont tenus de respecter les réglementations locales en matière de radioprotection et de vérifier régulièrement le niveau de rayonnement de l'environnement de travail.

7.2 Normes nationales pour les électrodes de tungstène au thorium

En tant que plus grande ressource de tungstène au monde et producteur d'électrodes de tungstène au thorium, la Chine a formulé une série de normes nationales couvrant les performances, la qualité et la gestion de la sécurité radioactive des électrodes. Ces normes comprennent les normes GB/T 4187-2017, GB 18871-2002 et les mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'informations des entreprises dans le développement et l'utilisation des mines radioactives associées (pour la mise en œuvre à titre expérimental).

7.2.1 GB/T 4187-2017 (Norme nationale pour les électrodes en tungstène)

GB/T 4187-2017 « Électrodes en tungstène pour le soudage à l'arc sous gaz inerte au tungstène et le soudage au plasma » est une norme nationale chinoise, qui stipule la classification, les performances et les méthodes d'essai des électrodes en tungstène, et convient au soudage TIG et au soudage au plasma.

Contenu standard

Classification : Les électrodes de tungstène au thorium sont divisées en WT10, WT20, WT30 et WT40, qui sont conformes aux normes internationales et ont le même marquage de couleur.

Composition chimique : teneur en oxyde de thorium : WT10 (0,8-1,2 %), WT20 (1,7-2,2 %), WT30 (2,8-3,2 %), WT40 (3,8-4,2 %). Pureté du tungstène $\geq 99,95$ %, limites d'impuretés (par exemple $Fe < 0,01$ %, $O < 0,015$ %).

Dimensions : diamètre 0,5-10 mm, tolérance $\pm 0,05$ mm ; Longueur 50-300 mm, tolérance ± 1 mm.

Exigences de performance : L'électrode doit répondre aux exigences de tension de démarrage de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

l'arc (<15 V), de stabilité de l'arc (pas de dérive à 100-400 A) et de taux de combustion ($<0,1$ mm/h).
Méthodes d'inspection : y compris l'analyse chimique (ICP-OES), la mesure dimensionnelle (pied à coulisse laser), l'inspection de la qualité de surface (microscope) et les essais de performance de l'arc.

Identification et emballage : La partie électrode doit être colorée et l'emballage doit être marqué du modèle, des spécifications, du lot et de l'avertissement radioactif.

Champ d'application

GB/T 4187-2017 est la norme de base de l'industrie chinoise du soudage, qui est largement utilisée dans l'aérospatiale, la pétrochimie, l'industrie nucléaire et la construction navale. La norme prend en charge l'électrode d'exportation pour répondre aux exigences du marché international.

Caractéristiques et signification

Localisation : Combiné aux avantages des ressources en tungstène de la Chine, les exigences du processus de production sont optimisées et le coût est réduit.

Compatibilité : Très conforme aux normes ISO 6848 et AWS A5.12 pour faciliter le commerce international.

Sécurité : L'accent est mis sur la protection contre la radioactivité, obligeant les entreprises de production à s'équiper d'installations de dépoussiérage et d'élimination des déchets.

Exigences de mise en œuvre

Le fabricant doit réussir la certification nationale de qualité (telle que CNAS) et l'équipement de test doit répondre aux exigences de précision spécifiées dans la norme. L'utilisateur doit calibrer régulièrement l'équipement de soudage pour garantir les performances des électrodes.

7.2.2 GB 18871-2002 (Norme de base pour la protection contre les rayonnements ionisants et la sécurité des sources de rayonnement)

GB 18871-2002 « Norme de base pour la protection contre les rayonnements ionisants et la sécurité des sources de rayonnement » est une norme nationale pour la protection contre les rayonnements ionisants en Chine, qui s'applique à la production et à l'utilisation de matières radioactives, y compris les électrodes de thorium et de tungstène.

Contenu standard

Principes de la radioprotection : protection optimale, limitation de la dose et justification. La dose efficace annuelle est nécessaire < 1 mSv (public) et < 20 mSv (exposition professionnelle).

Surveillance des rayonnements : L'atelier de production doit être équipé d'un détecteur de débit de dose de rayonnement X- γ (plage de mesure 0,01-100 μ Sv/h) et d'un détecteur de pollution de surface α et β (plage de mesure 0,1-1000 Bq/cm²).

Gestion des déchets : Les déchets radioactifs (poussières, eaux usées, électrodes de déchets) doivent être collectés, solidifiés et stockés dans une installation dédiée dont la concentration d'activité est de <1 Bq/g.

Mesures de protection : les opérateurs doivent porter des vêtements de protection et des masques anti-poussière, et la zone de travail doit être équipée de systèmes de ventilation et de dépoussiérage.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Champ d'application

La norme s'applique à la production, au stockage et à l'utilisation d'électrodes en thorium-tungstène, en particulier dans le mélange, le broyage et l'élimination des déchets. Les entreprises sont tenues de communiquer régulièrement les données de surveillance des rayonnements aux autorités de protection de l'environnement.

Caractéristiques et signification

Complet : Couvre tous les aspects de la radioprotection afin d'assurer la sécurité des opérateurs et de l'environnement.

Obligatoire : En tant que norme nationale obligatoire, les entreprises doivent s'y conformer sous peine de sanctions.

Orientation : Fournit des directives claires pour l'élimination des déchets radioactifs et la configuration de l'équipement de protection.

Exigences de mise en œuvre

Les entreprises doivent mettre en place un système de gestion de la radioprotection et affecter des professionnels à la surveillance et à l'enregistrement. Le service de protection de l'environnement effectue régulièrement des inspections pour s'assurer que les exigences de la norme sont respectées.

7.2.3 Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et divulgation d'information des entreprises pour la mise au point et l'utilisation de minéraux radioactifs associés (pour la mise en œuvre à titre expérimental)

Les Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'informations à l'intention des entreprises pour la mise en valeur et l'utilisation de minéraux radioactifs associés (à titre d'essai) (ci-après dénommées les « Mesures ») sont un règlement formulé par le ministère de la Protection de l'environnement de la République populaire de Chine pour la gestion des matières radioactives associées, y compris la production d'électrodes de tungstène au thorium.

Contenu standard

Exigences de surveillance : Les entreprises doivent surveiller le débit de dose X-γ (<0,1 μSv/h) et la contamination α et β surface (<0,4 Bq/cm²) dans l'environnement de production. L'activité des eaux usées doit être de <0,1 Bq/L.

Divulgation de l'information : Les entreprises sont tenues de soumettre chaque année des rapports de surveillance des rayonnements au service de la protection de l'environnement et de divulguer les données sur le traitement des déchets et les émissions.

Élimination des déchets : Les déchets radioactifs doivent être traités (par exemple le ciment) ou enterrés profondément pour éviter la pollution de l'environnement.

Installations de protection : Le hall de production doit être équipé d'une hotte étanche à l'air, d'un filtre HEPA et d'un dépôt de déchets dédié.

Champ d'application

Les mesures s'appliquent à toutes les activités industrielles impliquant du thorium 232 en Chine, y

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

compris les fabricants d'électrodes de thorium et de tungstène. En particulier dans le processus de traitement de la poussière et des eaux usées, il existe des exigences strictes.

Caractéristiques et signification

Orientation vers la protection de l'environnement : Encourager les entreprises à adopter des technologies de production vertes et à réduire la pollution radioactive.

Transparence : Exiger la divulgation de l'information et renforcer l'examen du public.

Régional : Combiné aux caractéristiques des ressources en tungstène de la Chine et de la production d'électrodes, les mesures de protection ont été affinées.

Exigences de mise en œuvre

Les entreprises doivent mettre en place un système de surveillance des rayonnements dans l'environnement, équipé d'équipements d'essai professionnels (tels que AT1123, XH-3206), et accepter l'inspection annuelle du service de protection de l'environnement. Les entreprises non conformes doivent rectifier ou arrêter la production.

7.3 Normes de sûreté radioactives pour les électrodes de tungstène au thorium

La norme de radioactivité pour les électrodes de tungstène au thorium concerne principalement le thorium 232 (Th-232) dans l'oxyde de thorium et couvre l'exemption des concentrations d'activité, les exigences de protection dans la production et l'utilisation, et la gestion des déchets.

7.3.1 Concentration d'activité exemptée de thorium 232 (1 Bq/g)

Le thorium 232 est le principal radionucléide de l'électrode de tungstène thoriée avec une demi-vie d'environ 14 milliards d'années, libérant α particules (4,01-4,08 MeV) ainsi que de petites quantités de β et de rayons γ . Les normes internationales et nationales précisent les concentrations d'activité exemptées de thorium 232.

Contenu standard

Norme internationale (Publication 103 de la CIPR):

L'activité volumique exemptée du thorium 232 est de 1 Bq/g, au-dessous de laquelle aucune surveillance particulière n'est requise.

les concentrations d'activité WT10 (0,8-1,2 % ThO₂) proches de 1 Bq/g sont généralement exemptées ; La WT40 (3,8-4,2 % ThO₂) peut être légèrement supérieure à la norme d'exemption et doit être gérée de manière stricte.

Norme chinoise (GB 18871-2002) :

L'activité concentration exemptée était conforme à celle de la CIPR, soit 1 Bq/g.

Les concentrations d'activité des déchets de <1 Bq/g peuvent être traitées comme des déchets ordinaires, sinon elles doivent être gérées comme des déchets radioactifs.

Méthode de détection : L'activité volumique a été mesurée à l'aide d'un spectromètre de γ de germanium de haute pureté ou d'un compteur à scintillation liquide avec une précision de ± 5 %.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

importance

L'exemption du paramètre de concentration d'activité réduit le coût réglementaire des électrodes faiblement radioactives (p. ex., WT10), mais exige des mesures de protection et d'élimination des déchets plus strictes pour les électrodes à haute teneur en oxyde de thorium (p. ex., WT40).

Exigences de mise en œuvre

Les fabricants doivent vérifier régulièrement la concentration d'activité des électrodes et des déchets, enregistrer les données et les archiver. La fréquence des tests est de 5 à 10 % d'échantillonnage par lot, et les lots non qualifiés doivent être retraités.

7.3.2 Exigences de protection lors de la production et de l'utilisation

La production et l'utilisation d'électrodes au thorium-tungstène impliquent le mélange, le frittage, le broyage et le soudage, qui peuvent produire de la poussière radioactive ou des gaz d'échappement, et des mesures de protection strictes doivent être prises.

Mesures de protection

Liens de production :

Protection de l'équipement : Les mélangeurs, les fours de frittage et les équipements de broyage doivent être équipés de capots fermés et de filtres HEPA, et l'efficacité de capture est $> 99,9\%$.

Protection individuelle : Les opérateurs doivent porter des vêtements de protection, des masques anti-poussière et des gants, et faire l'objet d'une surveillance régulière de la dose de rayonnement (dose efficace < 1 mSv par an).

Surveillance de l'environnement : L'atelier doit installer un détecteur de débit de dose de rayonnement X- γ et α et β détecteur de pollution de surface pour surveiller le niveau de rayonnement en temps réel.

Liens:

Protection contre le broyage : Utilisez un broyeur spécial, équipé d'un système d'aspiration de poussière à pression négative, pour éviter l'inhalation de poussière de thorium.

Système de ventilation : Le poste de soudage doit être équipé d'une hotte d'évacuation locale avec une vitesse de vent de 0,5 à 1 m/s, et les gaz d'échappement sont traités à travers des filtres à charbon actif et HEPA.

Spécifications : Les soudeurs sont formés à la sécurité contre les radiations et régulièrement inspectés pour détecter la contamination de la surface des électrodes.

Base standard

International : La publication 103 de la CIPR et la directive européenne 2013/59/Euratom exigent la production et l'utilisation d'un débit de dose de rayonnement ambiant de $< 0,1$ μ Sv/h et d'une contamination de surface $< 0,4$ Bq/cm².

Domestique : GB 18871-2002 a les mêmes exigences que les « Mesures », l'activité des eaux usées est $< 0,1$ Bq/L et les émissions de gaz d'échappement doivent répondre aux normes de protection de l'environnement.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Exigences de mise en œuvre

Les entreprises doivent élaborer un système de gestion de la radioprotection et désigner des professionnels chargés de la surveillance et de l'enregistrement. L'équipement de protection doit être calibré régulièrement et l'élimination des déchets doit répondre aux exigences des mesures.



ÉLECTRODE CTIA GROUP LTD WT30

Chapitre 8 Méthodes de détection de l'électrode de tungstène de thorium

Les performances des électrodes en tungstène thorium affectent directement ses performances dans les applications industrielles telles que le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG) et le soudage plasma, de sorte que la détection de sa composition chimique, de ses propriétés physiques, de son niveau de radioactivité et de ses performances de soudage est cruciale. La méthode de détection doit garantir que l'électrode est conforme aux normes internationales et nationales (par exemple, ISO 6848:2015, GB/T 4187-2017) et prêter attention au risque de radioactivité à l'état de traces posé par l'oxyde de thorium (ThO_2). Ce chapitre aborde en détail les tests de composition chimique, les tests de propriété physique, les tests de radioactivité, les tests de performance de soudage, ainsi que les exigences en matière d'équipement et d'étalonnage des électrodes de thorium et de tungstène.

8.1 Détection de la composition chimique des électrodes de tungstène au thorium

Les tests de composition chimique sont utilisés pour vérifier la conformité de la teneur en oxyde de thorium et des éléments impuretés dans les électrodes de tungstène en thorium afin de s'assurer que leur performance répond aux exigences de la norme (par exemple, WT20 a une teneur en oxyde de thorium de 1,7 à 2,2 %).

8.1.1 Analyse de la teneur en oxyde de thorium

L'oxyde de thorium (ThO_2) est le dopant clé des électrodes de tungstène de thorium, et sa teneur

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

affecte directement le travail d'évolution des électrons et la stabilité de l'arc. La détection précise de la teneur en oxyde de thorium est au cœur du contrôle qualité.

Méthode de détection

Spectroscopie de fluorescence X (XRF) :

Principe : Les rayons X sont utilisés pour exciter les atomes d'échantillons, analyser le spectre de fluorescence caractéristique de leur émission et déterminer la teneur en oxyde de thorium.

Appareil : Analyseur XRF portable ou de paillasse.

Escalier:

Échantillonnage : 5 à 10 électrodes ont été sélectionnées au hasard dans le lot d'électrodes et coupées en sections minces (1 à 2 mm d'épaisseur).

Traitement de surface : Lavez l'échantillon avec de l'éthanol pour éliminer l'huile et les oxydes.

Détection : L'échantillon est placé dans l'instrument XRF, le temps d'analyse est réglé (30 à 60 secondes) et le signal de thorium (Th) est enregistré.

Analyse quantitative : La teneur en oxyde de thorium a été calculée par une courbe d'étalonnage avec une précision de $\pm 0,01$ %.

Avantages : non destructif, rapide, adapté à l'inspection par lots.

Limites : La précision de l'analyse des éléments légers (tels que O) est faible et doit être vérifiée en combinaison avec d'autres méthodes.

Spectroscopie d'émission optique à plasma à couplage inductif (ICP-OES) :

Principe : L'échantillon est dissous et excité par plasma, et le spectre d'émission est analysé pour déterminer la teneur en thorium.

Dispositif : instrument ICP-OES.

Escalier:

Préparation de l'échantillon : L'échantillon d'électrode est dissous dans une solution de mélange d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique (1:1) et chauffé jusqu'à dissolution complète.

Dilution : Diluer avec de l'eau désionisée à la concentration appropriée (1-10 ppm).

Détection : La solution est introduite dans l'ICP-OES et les raies spectrales caractéristiques du thorium (par exemple, 401,91 nm) sont déterminées.

Quantitatif : L'étalonnage avec une solution étalon a été utilisé pour calculer la teneur en oxyde de thorium avec une précision de $\pm 0,005$ %.

Avantages : Haute précision, adapté à la micro-analyse.

Limites : Destructivité de l'échantillon, fonctionnement complexe et coût élevé.

Analyse par activation neutronique (NAA) :

Principe : Irradier l'échantillon avec des neutrons, activer le thorium 232 pour générer des radio-isotopes et mesurer les rayons γ pour déterminer le contenu.

Équipement : réacteur nucléaire et spectromètre γ .

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Escalier:

Préparation de l'échantillon : Échantillon d'électrode coupée (masse 0,1-1 g).

Irradiation : 1 à 2 heures dans un réacteur avec un flux de neutrons de 10^{13} n/cm²·s.

Mesures : Les rayons γ caractéristiques (p. ex., 311,9 keV) du thorium 232 ont été analysés à l'aide d'un spectromètre γ après refroidissement.

Quantitatif : Étalonné par des échantillons standard avec une précision de $\pm 0,01$ %.

Avantages : Précision extrêmement élevée, adapté à l'analyse de traces.

Limites : L'équipement est coûteux, nécessite le soutien d'installations nucléaires et n'est utilisé que pour la recherche scientifique ou les essais haut de gamme.

Exigences standard :

Selon les normes ISO 6848:2015 et GB/T 4187-2017, la teneur en oxyde de thorium doit être contrôlée dans la plage spécifiée (par exemple 1,7-2,2 % pour le WT20) avec un écart de $\pm 0,1$ %.

Fréquence de détection : 5 à 10 % d'échantillonnage par lot, pas moins de 3 électrodes.

Précautions

Les échantillons doivent être représentatifs de manière homogène du lot pour éviter que la ségrégation n'affecte les résultats.

L'équipement de test doit être étalonné régulièrement pour garantir sa précision à l'aide d'échantillons standard tels que le NIST SRM 610.

L'environnement d'essai doit être étanche à la poussière et l'opérateur doit porter un équipement de protection pour empêcher l'inhalation de poussières radioactives.

8.1.2 Détection de la teneur en impuretés

Les impuretés (telles que Fe, Ni, O, C) affecteront la conductivité, les propriétés mécaniques et la stabilité de soudage des électrodes de tungstène au thorium, et leur contenu doit être strictement contrôlé.

Méthode de détection

Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) :

Principe : L'échantillon est dissous et ionisé par plasma, et la spectrométrie de masse ionique est analysée pour déterminer la teneur en éléments d'impuretés.

Dispositif : instrument ICP-MS.

Escalier:

Préparation de l'échantillon : Identique à l'ICP-OES, dissous dans une solution mixte d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique.

Dilution : Diluer à 0,1-1 ppm et ajouter un étalon interne (par exemple, de l'indium).

Détection : Détermination des ions caractéristiques de Fe, Ni, O, C et d'autres éléments (tels que Fe⁵⁶, Ni⁶⁰).

Quantitatif : étalonné avec une solution étalon multi-éléments avec une limite de détection de $< 0,001$ %.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Avantages : Haute sensibilité, analyse simultanée de plusieurs éléments.

Limites : Échantillon destructeur et coûteux.

Spectrométrie de masse à décharge lumineuse (GD-MS) :

Principe : La spectrométrie de masse ionique est analysée par atomisation de la surface de l'échantillon par décharge lumineuse.

Dispositif : instrument GD-MS.

Escalier:

Préparation de l'échantillon : Couper l'électrode et polir à $Ra < 0,4 \mu m$.

Détection : Placez l'échantillon dans la chambre de décharge incendiaire et réglez la tension de décharge (800-1000 V).

Analyse : Déterminez l'intensité du signal des éléments d'impuretés et analysez-les quantitativement.

Avantages : Semi-non destructif, adapté à l'analyse de surface.

Limites : Équipement coûteux et profondeur d'analyse limitée.

Analyseurs d'oxygène et d'azote :

Principe : La teneur en oxygène et en azote libérée est mesurée par fusion de l'échantillon à haute température.

Équipement : Analyseur d'oxygène et d'azote.

Escalier:

Préparation de l'échantillon : Coupez l'électrode en petits morceaux (0,1-0,5 g).

Détection : Chauffé à $2500^{\circ}C$ dans une atmosphère d'hélium, le gaz libéré est analysé.

Quantitatif : Calibré par gaz standard, précision $\pm 0,002 \%$.

Avantages : Dédié à l'analyse de l'oxygène et de l'azote, facile à utiliser.

Limitations : Limité aux éléments gazeux.

Exigences standard :

Selon la norme GB/T 4187-2017, limites d'impuretés : Fe $< 0,01 \%$, Ni $< 0,005 \%$, O $< 0,015 \%$, C $< 0,005 \%$.

Fréquence des tests : 5 % d'échantillonnage par lot, axé sur la détection des impuretés clés.

Précautions

Les échantillons doivent être nettoyés pour éviter toute contamination de surface.

L'équipement d'essai doit être étalonné régulièrement et utiliser des échantillons étalons de tungstène de haute pureté.

Les registres d'essais doivent être archivés pour faciliter la traçabilité de la qualité.

8.2 Essai des propriétés physiques des électrodes de tungstène au thorium

Les tests de propriétés physiques sont utilisés pour évaluer la densité, la dureté et la structure des

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

grains des électrodes de tungstène au thorium afin de s'assurer que leurs propriétés mécaniques et leurs propriétés de soudage répondent aux exigences.

8.2.1 Essais de densité et de dureté

Test de densité

Objectif : Vérifier la masse volumique de l'électrode et s'assurer de la qualité du frittage (masse volumique théorique de 19,25 g/cm³).

Méthode : Méthode d'Archimède

Equipement : Balance électronique de précision (précision $\pm 0,001$ g) et densimètre.

Escalier:

Pesée : Mesure du poids à sec de l'électrode (m_1).

Immersion : L'électrode est immergée dans de l'eau désionisée et le poids humide (m_2) et le poids en suspension (m_3) sont mesurés.

Calcul : Masse volumique $\rho = m_1 / (m_1 - m_3) \times \rho_0$ (ρ_0 étant la masse volumique de l'eau, 1 g/cm³).

Exigences standard : densité 18,5-19,0 g/cm³ (95-98 % de densité théorique).

Avantages : Simple, précis.

Limitations : Ne convient que pour les échantillons de forme régulière.

Essai de dureté

Objectif : Évaluer la résistance mécanique de l'électrode et prévenir la rupture pendant le soudage.

Méthode : Essai de dureté Vickers

Dispositif : duromètre Vickers.

Escalier:

Préparation de l'échantillon : Coupez l'électrode et polissez à $Ra < 0,2 \mu m$.

Test : Appliquez une charge de 5 à 10 kgf, maintenez pendant 15 secondes, mesurez la longueur diagonale de l'indentation.

Calcul : La dureté (HV) est calculée sur la base de la surface d'indentation.

Exigences standard : dureté 350-450 HV.

Avantages : haute précision, adapté aux matériaux durs.

Limites : L'échantillon doit être détruit et les points de test doivent être répartis uniformément.

Précautions

L'eau déminéralisée est utilisée pour les tests de densité afin d'éviter que les bulles d'air n'affectent les résultats.

L'essai de dureté consiste à sélectionner plusieurs points d'essai, la valeur moyenne représentant la dureté de l'échantillon.

Fréquence des tests : 3 à 5 échantillons par lot, au moins 3 emplacements sont testés.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

8.2.2 Analyse de la structure des grains

La structure du grain affecte les propriétés mécaniques et la stabilité de l'arc de l'électrode et doit être analysée par des techniques de microscopie et de rayons X.

Méthode de détection

Microscope métallurgique :

Principe : Observer la morphologie des grains et la distribution de l'oxyde de thorium de la section transversale de l'électrode au microscope optique.

Dispositif : Microscope métallurgique.

Escalier:

Préparation des échantillons : Électrodes de coupe, polissage et corrosion avec des acides (par exemple, acide nitrique-fluorhydrique).

Observation : Grossissement de 100-1000x pour analyser la taille des grains et la distribution des particules d'oxyde de thorium.

Mesure : Calculez la taille des grains (10-50 μm) à l'aide d'un logiciel d'analyse d'images tel qu'ImageJ.

Avantages : Intuitif et adapté à une analyse rapide.

Limites : Les échantillons doivent être détruits et la profondeur de l'analyse est limitée.

Microscopie électronique à balayage (MEB-EDS) :

Principe : L'échantillon est balayé par un faisceau d'électrons, et la distribution des particules d'oxyde de thorium est analysée par spectroscopie d'énergie.

Dispositif : instrument SEM-EDS.

Escalier:

Préparation des échantillons : Découpage, polissage et placage de couches conductrices de carbone ou d'or.

Balayage : Réglez la tension d'accélération (15-20 kV) et observez les grains et les particules d'oxyde de thorium (0,5-2 μm).

Analyse : Analyse quantitative de la distribution du thorium par EDS.

Avantages : Haute résolution, analyse de la microstructure.

Limites : L'équipement est coûteux et le fonctionnement est complexe.

Diffraction des rayons X (XRD) :

Principe : Analyser la structure cristalline et l'orientation des grains d'un échantillon.

Appareil : Instrument XRD (par exemple, Bruker D8 Advance).

Escalier:

Préparation de l'échantillon : Coupez l'électrode et polissez-la pour obtenir une surface plane.

Détection : Le rayon Cu $K\alpha$ est réglé et l'angle de balayage est de 2θ (20°-80°).

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Analyse : Détermination des phases d'oxyde de tungstène et de thorium par la position et l'intensité du pic, calcul de la taille des grains (formule de Scherrer).

Avantages : Non destructif, la structure cristalline peut être analysée.

Limites : Faible précision pour l'analyse des grains fins.

Exigences standard :

Granulométrie : 10-50 μm , les particules d'oxyde de thorium sont uniformément réparties sans agglomération.

Fréquence de détection : 3 échantillons par lot, la section transversale et la section longitudinale sont analysées.

Précautions

La préparation des échantillons doit éviter l'introduction de défauts artificiels.

Les analyses MEB et XRD doivent être combinées avec les résultats de la microscopie métallurgique pour garantir la cohérence des données.

Les opérateurs sont tenus de porter un équipement de protection pour éviter l'exposition à la poussière radioactive.

8.3 Détection de la radioactivité des électrodes de tungstène au thorium

Étant donné que l'oxyde de thorium contient du thorium 232 (demi-vie de 14 milliards d'années, émettant des rayons α , β et γ), le niveau de radioactivité de l'électrode et de l'environnement de production doit être rigoureusement testé pour garantir la conformité aux normes internationales et nationales (par exemple, ICRP Publication 103, GB 18871-2002).

8.3.1 Détection du débit de dose de rayonnement X- γ (instrument AT1123)

objectif

Les débits de dose de rayons X et de rayons γ sont mesurés à la surface de l'électrode et dans l'environnement de production pour s'assurer que le niveau de rayonnement est inférieur à la limite de sécurité ($<0,1 \mu\text{Sv/h}$).

Méthode de détection

Dispositif : AT1123 X- γ Détecteur de débit de dose de rayonnement

Paramètres clés :

Plage de mesure : 0,01-100 $\mu\text{Sv/h}$

Précision : $\pm 5 \%$

Détecteur : Cristal à scintillation NaI

Escalier:

Étalonnage : Étalonnez l'instrument à l'aide de la source étalon Cs-137.

Détection : Placez la sonde sur la surface de l'électrode (à 1 cm) ou dans la zone de travail (par exemple, zone de mélange, de broyage) et enregistrez le débit de dose.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Traitement des données : Prenez la moyenne de plusieurs mesures, enregistrez l'heure et le lieu.

Exigences standard : débit de dose à la surface de l'électrode $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$, débit de dose environnemental $< 0,05 \mu\text{Sv/h}$ (GB 18871-2002).

Avantages : portable, en temps réel, adapté à la surveillance sur site.

Limites : Insensible aux particules α , nécessite une combinaison d'autres méthodes.

Précautions

Fréquence des tests : 5 à 10 pièces par lot, surveillance de l'environnement une fois par jour.

Les interférences électromagnétiques sont évitées pour garantir la sensibilité de l'instrument.

L'opérateur porte un dosimètre personnel pour enregistrer la dose cumulative.

8.3.2 α . Détection de contamination de surface β (instrument XH-3206)

objectif

Détecter la contamination par des particules α β sur les surfaces des électrodes et l'équipement pour s'assurer qu'elles sont inférieures à la limite de sécurité ($< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$).

Méthode de détection

Équipement : XH-3206 α , détecteur de pollution de surface β

Paramètres clés :

Plage de mesure : $0,1-1000 \text{ Bq/cm}^2$

Efficacité de détection : $A > 30 \%$, $B > 40 \%$

Détecteur : Scintillateur ZnS

Escalier:

Étalonnage : Étalonnage à l'aide de sources étalons Am-241 (α) et Sr-90 (β).

Détection : placez la sonde près de la surface de l'électrode ou de la surface de l'appareil ($\leq 2 \text{ mm}$), balayez lentement et enregistrez le taux de comptage.

Calcul : Convertissez le niveau de contamination de surface (Bq/cm^2) en fonction de l'efficacité de détection.

Exigences standard : contamination de surface $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ (GB 18871-2002).

Avantages : Haute sensibilité, adapté à la détection de traces de contamination.

Limitations : Insensible aux rayons γ , combiné à la détection γ X.

Précautions

Fréquence de détection : 3-5 pièces par lot, et la surface de l'équipement est inspectée chaque semaine.

La surface de l'échantillon doit être nettoyée pour éviter l'huile ou la poussière.

La zone d'essai doit être isolée pour éviter la contamination croisée.

8.3.3 Surveillance des rayonnements dans l'environnement

objectif

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Surveiller les niveaux de rayonnement sur l'atelier de production pour assurer la sécurité des opérateurs et de l'environnement.

Méthode de détection

Surveillance stationnaire :

Équipement : Station de surveillance des rayonnements environnementaux.

Fonctionnement : Des sondes fixes sont installées dans les zones de mélange, de frittage, de broyage et de stockage pour enregistrer les débits de dose X-γ en temps réel.

Exigences standard : Débit de dose ambiant < 0,05 μSv/h.

Surveillance portable :

Dispositif : AT1123 ou similaire.

Fonctionnement : Inspectez toutes les zones de l'atelier et notez quotidiennement le débit de dose et le niveau de contamination.

Surveillance des déchets :

Dispositif : spectromètre γ.

Fonctionnement : Détecter la concentration d'activité des déchets (poussières, eaux usées, électrodes de déchets), <1 Bq/g peuvent être traités comme des déchets ordinaires.

Précautions

Les données de surveillance doivent être archivées et communiquées régulièrement au service de la protection de l'environnement.

L'atelier doit être équipé de systèmes de ventilation et de dépoussiérage pour réduire la concentration de poussière.

Fréquence de surveillance : surveillance stationnaire, enregistrement en temps réel, surveillance portable une fois par jour, surveillance des déchets une fois par lot.

8.4 Essai de performance de soudage de l'électrode de tungstène de thorium

Le test de performance de soudage évalue les performances d'amorçage de l'arc, la stabilité de l'arc et le taux de combustion des électrodes en thorium tungstène afin de garantir leurs performances en soudage TIG et en soudage plasma.

8.4.1 Essai de performance de l'arc

objectif

Évaluez la capacité de l'électrode à produire un arc à basse tension pour assurer une amorçage rapide de l'arc.

Méthode de détection

Équipement : soudeur TIG, enregistreur de tension.

Escalier:

Préparation : Sélectionnez l'électrode WT20 (2,4 mm de diamètre, angle de meulage 20°) et utilisez une protection contre l'argon (10 L/min).

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Test : En mode DCEN, réglez le courant sur 50-150 A et enregistrez la tension et le temps d'arc électrique.

Analyse : La tension de démarrage < de 15 V et le temps de démarrage < 0,5 seconde est qualifié.

Exigences de la norme : La norme ISO 6848:2015 exige une tension d'arc de < 15 V et un arc stable sans délai.

Avantages : Simulation des conditions réelles de soudage avec des résultats fiables.

Limites : La cohérence de l'état du gaz de protection et de l'électrode doit être contrôlée.

Précautions

Fréquence des tests : 3 échantillons par lot, répéter le test 5 fois.

La pointe de l'électrode doit être polie pour éviter que les défauts de surface n'affectent le résultat.

Consignez les conditions environnementales (p. ex., température, humidité) pour éviter les interférences.

8.4.2 Essai de stabilité de l'arc et de vitesse de combustion

objectif

Évaluer la stabilité de l'arc et la durabilité de l'électrode en soudage.

Méthode de détection

Stabilité de l'arc :

Équipement : soudeuse TIG, oscilloscope, caméra haute vitesse.

Escalier:

Réglage : électrode WT20 (diamètre 3,2 mm, angle de meulage 30°), courant 100-300 A, protection contre l'argon.

Soudure : La soudure continue est effectuée sur une plaque d'acier inoxydable pour enregistrer les fluctuations de tension de l'arc ($\leq \pm 2$ V).

Observation : Utilisez une caméra à haute vitesse pour enregistrer la forme de l'arc et vous assurer qu'il n'y a pas de dérive ou d'interruption.

Exigences standard : fluctuations d'arc $\leq \pm 2$ V sans éclaboussures ni interruptions significatives.

Taux de burn-out :

Équipement : Balance électronique de précision, microscope.

Escalier:

Pesée : Mesurer le poids initial de l'électrode (précision $\pm 0,001$ g).

Soudure : Soudure continue à 200 A pendant 1 heure.

Mesure : Mesure de la perte de longueur de l'électrode (microscope) et de la perte de masse (équilibre).

Calcul : Taux de perte par combustion = perte de longueur/temps (mm/h), $< 0,1$ mm/h est qualifié.

Exigences standard : Taux de combustion $< 0,1$ mm/h (ISO 6848:2015).

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Précautions

Les conditions d'essai doivent être cohérentes avec le soudage réel (par exemple, courant, débit de gaz).

Fréquence des tests : 3 échantillons par lot, répéter le test 3 fois.

Les électrodes doivent être rebroyées périodiquement pour s'assurer que la pointe est dans un état constant.

8.5 Équipement d'essai et étalonnage de l'électrode de tungstène au thorium

La précision et les spécifications de fonctionnement de l'équipement d'essai affectent directement la fiabilité des résultats d'essai et doivent être strictement étalonnées et gérées.

8.5.1 Exigences d'étalonnage des instruments d'essai

Méthode d'étalonnage

XRF/ICP-OES/ICP-MS :

Étalon d'étalonnage : Utilisez des échantillons conformes à l'étalon NIST (par exemple, SRM 610) ou des étalons de tungstène de haute pureté.

Fréquence : Étalonnage tous les 6 mois, ou après maintenance de l'instrument.

Exigences : précision $\pm 0,01$ % (oxyde de thorium), $\pm 0,001$ % (impuretés).

Testeur de densité/dureté :

Étalon d'étalonnage : Un bloc de densité standard ($19,25 \text{ g/cm}^3$) et un bloc de dureté (400 HV) sont utilisés.

Fréquence : Calibré annuellement.

Exigences : précision de la masse volumique $\pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, précision de dureté $\pm 5 \text{ HV}$.

Détecteur de rayonnement (AT1123, XH-3206) :

Étalons d'étalonnage : Utiliser les sources étalons Cs-137(c), Am-241(a), Sr-90(β).

Fréquence : Étalonnage une fois par an, ou après réparation de l'instrument.

Exigences : La précision du débit de dose est de ± 5 % et l'efficacité de détection de la pollution > 30 % (α) et > 40 % (β).

Équipement d'essai de performance de soudage :

Étalon d'étalonnage : étalonnez le courant ($\pm 2 \text{ A}$) et la tension ($\pm 0,1 \text{ V}$) de la machine à souder.

Fréquence : Étalonnage tous les 3 mois.

Exigences : S'assurer que les conditions d'essai sont conformes à la norme.

Précautions

L'étalonnage doit être effectué par un organisme professionnel (par exemple, un laboratoire accrédité par le CNAS).

Les enregistrements d'étalonnage doivent être archivés et inclure la date d'étalonnage, les échantillons étalons et les résultats.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

8.5.2 Environnement d'essai et spécifications de fonctionnement

Détecter l'environnement

Test de composition chimique : Il doit être effectué dans une salle blanche (classe ISO 7) à une température de 20-25°C et un taux d'humidité < 60 % pour éviter la pollution par la poussière.

Tests de performance physique : Le laboratoire doit être résistant aux chocs, la température est de 18 à 22 °C et l'humidité est de <50 %.

Détection de radioactivité : Zone isolée, équipée d'un système de ventilation et de dépoussiérage, débit de dose ambiant < 0,05 µSv/h.

Test de performance de soudage : simulant l'environnement de soudage réel, pureté de l'argon > 99,999 %, débit 8-15 L/min.

Code de conduite

Opérateurs : Formés pour se familiariser avec le fonctionnement de l'équipement et la radioprotection.

Exigences de protection : Portez des vêtements de protection, des masques anti-poussière et des gants, et vérifiez régulièrement les doses personnelles.

Enregistrement des données : Les résultats des tests doivent être documentés depuis au moins 5 ans, y compris le lot, la date, le numéro d'échantillon et les conditions du test.

Élimination des déchets : Les déchets (tels que les résidus d'échantillons) générés par l'essai doivent être éliminés conformément aux Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'information des entreprises pour la mise en valeur et l'utilisation des minéraux radioactifs associés (essai).



CTIA GROUP LTD Électrode WT20

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Chapitre 9: Avantages et inconvénients de l'électrode de tungstène au thorium

En raison de leurs propriétés physiques et chimiques uniques, les électrodes de tungstène au thorium occupent une position importante dans le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG), le soudage au plasma et d'autres applications industrielles. Cependant, les traces de radioactivité causées par l'oxyde de thorium (ThO_2) soulèvent également des préoccupations environnementales et sanitaires. Ce chapitre aborde en détail les avantages des électrodes en thorium-tungstène, y compris leurs excellentes propriétés de soudage, leur résistance aux hautes températures et à l'usure, ainsi que leurs inconvénients, en mettant l'accent sur le risque de contamination radioactive et les impacts sur l'environnement et la santé.

9.1 Avantages des électrodes en tungstène thorium

Les électrodes en tungstène thorium présentent des avantages significatifs dans le soudage et d'autres applications à haute température en raison de leur faible échappement d'électrons, de leur grande stabilité à l'arc et de leur excellente résistance aux hautes températures, en particulier dans les industries aérospatiale, nucléaire et pétrochimique.

9.1.1 Excellentes performances de soudage

Les électrodes en tungstène thorium présentent d'excellentes performances de soudage dans le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG), le soudage plasma et le soudage à électrode négative CC (DCEN), ce qui en fait le matériau de choix pour le soudage de haute précision et robuste.

Faible échappement de travail des électrons

Le dopage de l'oxyde de thorium (ThO_2) réduit considérablement le travail des électrons de l'électrode de tungstène au thorium (environ 2,63 eV, inférieur aux 4,55 eV du tungstène pur), ce qui lui permet d'initier rapidement l'amorce d'un arc à des tensions plus basses (<15 V). Cette propriété est particulièrement importante dans le soudage TIG et plasma, en particulier à faible courant (50-150 A), qui réduit l'apport de chaleur au démarrage de l'arc, et convient au soudage de matériaux en tôle mince tels que l'acier inoxydable ou les alliages de titane. Par exemple, l'électrode WT20 (1,7-2,2 % ThO_2) est utilisée dans l'industrie aérospatiale pour souder des composants de fuselage en alliage de titane (Ti-6Al-4V) avec un temps de début d'arc de < 0,5 seconde pour garantir la qualité et la précision de la soudure.

Grande stabilité de l'arc

Les électrodes en tungstène thorium maintiennent un arc concentré et stable sur une large plage de courant (50-500 A), réduisant la dérive de l'arc et les projections, et conviennent au soudage de métaux à points de fusion élevés (par exemple, alliages de nickel, alliages de titane). La stabilité de l'arc est due à la capacité des particules d'oxyde de thorium à libérer des électrons chauds à haute température, ce qui permet à l'arc de maintenir la continuité dans des conditions de soudage dynamiques. Par exemple, dans l'industrie nucléaire, les électrodes WT30 (2,8-3,2 % ThO_2) sont utilisées pour souder des récipients sous pression en acier inoxydable avec des fluctuations de tension d'arc de ± 2 V et des soudures sans porosité ni fissures, répondant à des exigences de qualité strictes.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

Faible taux de perte par combustion

Le taux de combustion extrêmement faible de l'électrode de tungstène au thorium ($< 0,1$ mm/h à un courant de 200 A) prolonge la durée de vie et réduit la fréquence de remplacement et les coûts de production. La stabilité thermique de l'oxyde de thorium et le point de fusion élevé de la matrice de tungstène (3422°C) lui permettent de fonctionner à des courants élevés (200-400 A) pendant de longues périodes sans usure significative. Par exemple, dans l'industrie pétrochimique, l'électrode WT40 (3,8-4,2 % ThO_2) est utilisée pour le soudage de tuyaux à paroi épaisse et peut fonctionner en continu pendant plusieurs heures sans que la forme de la pointe de l'électrode ne change grand-chose.

Scénarios d'application

Aérospatiale : Les électrodes WT20 et WT30 fournissent des soudures à l'arc stables et de haute précision dans le soudage TIG du titane et des alliages à base de nickel pour répondre aux exigences de haute résistance des moteurs d'avion et des composants de fusée.

Industrie nucléaire : les électrodes WT30 et WT40 sont soudées avec de l'acier inoxydable et des alliages de nickel à des courants élevés pour assurer des soudures sans défaut et une résistance à la corrosion, adaptées aux cuves de réacteur.

Fabrication automobile : Les électrodes WT10 sont soudées avec des plaques d'acier à paroi mince ou des alliages d'aluminium à faible courant pour réduire la distorsion thermique et conviennent aux systèmes de suspension et d'échappement automobiles.

9.1.2 Résistance aux températures élevées et résistance à l'usure

Les excellentes performances des électrodes en tungstène thorium dans des environnements à haute température et à forte charge les rendent excellentes non seulement pour le soudage, mais aussi pour l'électronique sous vide et le coupage à l'arc.

Intensité de température élevée

Le point de fusion élevé (3422°C) et la stabilité thermique de l'oxyde de thorium lui permettent de maintenir l'intégrité structurelle à des températures extrêmes, telles que la température de l'arc de $15\ 000$ à $20\ 000^{\circ}\text{C}$ dans le soudage au plasma. Les particules d'oxyde de thorium ont épinglé les joints de grains pour inhiber la croissance des grains de la matrice de tungstène et maintenir la taille des grains dans la plage de 10 à $50\ \mu\text{m}$, améliorant ainsi la résistance à la fatigue thermique et la résistance mécanique de l'électrode. Par exemple, dans la découpe plasma, l'électrode WT30 coupe des plaques d'acier épaisses à un courant de 300 A, et l'électrode est capable de résister à des charges thermiques élevées sans déformation ni fissuration notable.

Résistance à l'abrasion

La dureté de l'électrode de tungstène thoriée (350 - 450 HV) est supérieure à celle de l'électrode de tungstène pur (environ 300 HV), grâce à l'effet de renforcement de l'oxyde de thorium. Cette dureté élevée et cette résistance à l'abrasion le rendent résistant à l'abrasion et à l'ablation de la pointe de l'électrode pendant de longues périodes de soudage à courant élevé ou de coupage à l'arc. Par exemple, dans l'allumage d'un four à arc électrique, l'électrode WT40 est capable d'initier à plusieurs reprises des arcs de haute intensité, et la résistance à l'usure garantit la fiabilité à long terme de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

l'unité d'allumage.

Scénarios d'application

Appareils électroniques sous vide : Les électrodes en tungstène de thorium en tant que matériaux de cathode (tels que les tubes à micro-ondes, les tubes à rayons X) émettent des électrons de manière stable à 1500-2000 °C, et la résistance aux températures élevées et la résistance à l'usure garantissent que la durée de vie de l'appareil est supérieure à des milliers d'heures.

Découpe plasma : l'électrode WT30 coupe l'acier inoxydable dans un arc plasma à haute densité d'énergie, ce qui réduit la consommation d'électrodes et améliore l'efficacité de coupe grâce à la résistance à l'usure.

Four à arc électrique : L'électrode WT40 est utilisée pour l'initiation de l'arc dans les petits fours à arc électrique, et sa résistance à haute température et à l'usure favorise l'allumage à haute fréquence.

9.2 Inconvénients des électrodes de tungstène au thorium

Malgré les avantages significatifs des performances des électrodes de tungstène au thorium, la radioactivité à l'état de traces causée par la présence d'oxyde de thorium limite leur utilisation dans certaines applications et soulève des préoccupations environnementales et sanitaires.

9.2.1 Risque de contamination radioactive

Le thorium 232 (Th-232) contenu dans l'oxyde de thorium est un radionucléide naturel doté d'une demi-vie d'environ 14 milliards d'années, libérant α particules (4,01 à 4,08 MeV) et de petites quantités de β et de rayons γ . Malgré sa faible concentration d'activité (WT10 est d'environ 1 Bq/g, WT40 est légèrement au-dessus de la norme d'exemption), il existe toujours un risque de contamination radioactive pendant la production et l'utilisation.

Risques dans le processus de production

Contamination par la poussière : De la poussière contenant du thorium est générée lors du mélange, du broyage, du frittage et du broyage, qui peut pénétrer dans le corps humain par inhalation ou par contact, augmentant ainsi le risque de rayonnement interne. Une exposition à long terme peut causer des lésions aux poumons ou aux tissus, bien que le risque soit faible (dose efficace annuelle d'environ 0,1 à 1 mSv).

Gestion des déchets : Les déchets générés dans le processus de production (p. ex., poussière, eaux usées, électrodes de déchets) doivent être traités comme des déchets radioactifs, et les déchets dont la concentration d'activité est de > 1 Bq/g doivent être solidifiés (p. ex., mélangés à de la matrice de ciment) et stockés dans des installations spéciales, ce qui augmente les coûts de production.

Exigences en matière d'équipement : Les mélangeurs, les broyeurs et les fours de frittage doivent être équipés de boîtiers et de filtres à haute efficacité (HEPA, efficacité de capture $> 99,9\%$) pour éviter la propagation de la poussière. Les eaux usées doivent être traitées par précipitation et échange d'ions, et l'activité est $< 0,1$ Bq/L avant de pouvoir être rejetées.

Risques lors de l'utilisation

Broyage de la poussière : La pointe de l'électrode est meulée pour optimiser la forme de l'arc avant le soudage, et la poussière de thorium produite peut pénétrer dans le corps par inhalation. Un broyeur

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

dédié et un système d'aspiration sous vide sont nécessaires, sinon une exposition aux rayonnements peut en résulter.

Émissions environnementales : Les gaz d'échappement provenant du soudage et du découpage peuvent contenir des traces de composés de thorium, qui doivent être traités à travers des filtres à charbon actif et HEPA pour éviter la contamination de l'environnement de travail.

Élimination des électrodes usagées : Les électrodes de tungstène et de thorium usagées doivent être collectées séparément en fonction des déchets radioactifs, ce qui augmente le coût d'utilisation et la difficulté de surveillance.

Standard Restrictions

Normes internationales : la publication 103 de la CIPR et la directive européenne 2013/59/Euratom exigent un débit de dose environnemental de $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$ et une contamination de surface $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ pour la production et l'utilisation.

Normes nationales : GB 18871-2002 et les mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'informations des entreprises engagées dans la mise en valeur et l'utilisation de minéraux radioactifs (essai) exigent des entreprises qu'elles surveillent régulièrement les niveaux de rayonnement, et la concentration d'activité des déchets doit être de $< 1 \text{ Bq/g}$.

Scènes restreintes

En raison du risque de radioactivité, l'utilisation d'électrodes en thorium tungstène dans les industries médicales, agroalimentaires et électroniques est limitée. Par exemple, l'Union européenne et l'Amérique du Nord interdisent l'utilisation d'électrodes au thorium-tungstène dans le soudage de l'acier inoxydable de qualité alimentaire afin d'éviter les risques potentiels de contamination.

9.2.2 Impacts sur l'environnement et la santé

Les propriétés radioactives des électrodes de thorium et de tungstène ont des impacts potentiels sur l'environnement et la santé, incitant l'industrie à rechercher des alternatives non radioactives.

Impact sur l'environnement

Élimination des déchets : Les déchets radioactifs (poussières, eaux usées, électrodes de déchets, etc.) générés lors de la production et de l'utilisation doivent être strictement gérés afin d'éviter la contamination des sols et des masses d'eau. Par exemple, les composés du thorium dans les eaux usées peuvent entraîner la contamination des eaux souterraines s'ils sont rejetés sans traitement.

Contrôle des émissions : Les gaz d'échappement provenant du soudage et du découpage sont traités par un système de filtration à haute efficacité pour empêcher les composés de thorium de pénétrer dans l'atmosphère. Les entreprises sont tenues de soumettre régulièrement des rapports d'émissions au service de la protection de l'environnement afin de satisfaire aux exigences des mesures.

Accumulation à long terme : La demi-vie ultra-longue du thorium 232 signifie que les déchets doivent être stockés pendant une longue période, et la construction et l'entretien de banques de déchets dédiées augmentent les coûts de gestion environnementale.

Impacts sur la santé

Exposition professionnelle : Les opérateurs qui produisent et utilisent des électrodes de tungstène au thorium peuvent être exposés à des rayonnements de particules α en inhalant de la poussière ou

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

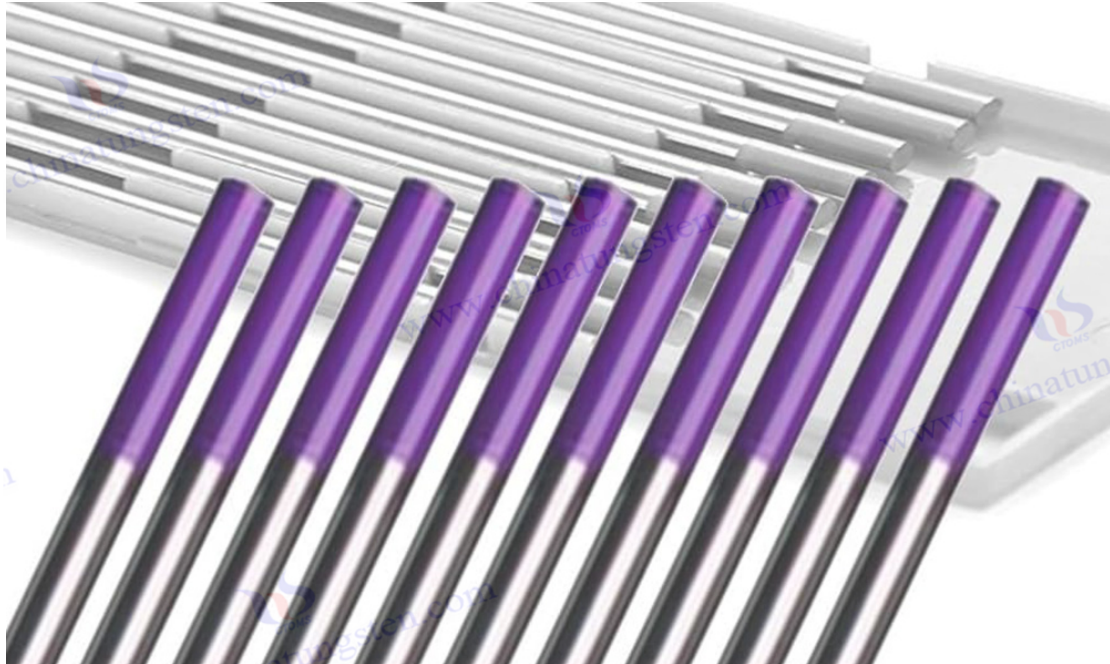
en touchant des surfaces contaminées. Une exposition à long terme à de faibles doses peut augmenter le risque de cancer du poumon ou de lésions tissulaires, bien que la probabilité soit faible (1 mSv est sans danger pour une dose efficace < par an).

Risque pour le public : Si les déchets ne sont pas éliminés correctement, les composés du thorium peuvent entrer dans la chaîne alimentaire par les milieux environnementaux (p. ex. eau, sol) et nuire à la santé des résidents environnants. La CIPR recommande que la dose efficace annuelle pour le public soit < 1 mSv, avec un contrôle strict des émissions.

Coûts de protection : Les entreprises doivent être équipées d'équipements de protection (tels que des vêtements de protection, des masques anti-poussière) et des équipements de surveillance (tels que AT1123, XH-3206), et les opérateurs doivent recevoir une formation en radioprotection, ce qui augmente les coûts d'exploitation.

Tendances alternatives

En raison de problèmes de radioactivité, des électrodes non radioactives telles que le tungstène de cérium (WC20), le tungstène de lanthane (WL20) et le tungstène de zirconium (WZ8) remplacent progressivement les électrodes de tungstène de thorium. Le travail électronique (environ 2,7-2,8 eV) et la stabilité de l'arc de ces électrodes sont proches de ceux des électrodes au thorium tungstène sans risque radioactif. Par exemple, les électrodes de tungstène de lanthane représentent déjà plus de 60 % des électrodes de soudage TIG sur le marché de l'UE et sont largement utilisées dans les industries aérospatiale et médicale. Les électrodes de tungstène au thorium de la Chine sont toujours dominantes en raison des avantages en termes de coûts, mais la part des électrodes de tungstène de lanthane et de tungstène de cérium augmente d'année en année.



ÉLECTRODE CTIA GROUP LTD WT30

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Chapitre 10 Stockage, transport et gestion de la sécurité de l'électrode de tungstène au thorium

Étant donné que les électrodes de tungstène au thorium contiennent des traces d'oxyde de thorium radioactif (ThO_2), leur stockage, leur transport et leur utilisation doivent suivre des pratiques strictes de gestion de la sûreté afin de prévenir la contamination radioactive, de protéger la santé humaine et d'assurer la sécurité environnementale. Ce chapitre traite en détail de l'environnement et des conditions d'entreposage, des normes d'emballage et des mesures de protection, des précautions de sécurité pendant le transport, des pratiques de gestion de la sûreté des matières radioactives et des mesures de traitement d'urgence et de prévention des accidents.

10.1 Exigences relatives à l'environnement et à l'état de stockage

Le stockage des électrodes de tungstène au thorium doit garantir que leurs propriétés physiques ne sont pas altérées et en même temps empêcher la fuite ou la propagation de matières radioactives d'oxyde de thorium. L'environnement et les conditions de stockage doivent être conformes aux normes internationales et nationales (e.g. ISO 6848:2015, GB 18871-2002).

Environnement de stockage

Température et humidité :

Température : 10-30°C, pour éviter une température élevée (>50°C) entraînant l'oxydation de la surface de l'électrode ou la détérioration des propriétés du matériau.

Humidité : <60 % HR pour éviter que l'humidité ne provoque la corrosion de la matrice de tungstène ou que la poussière d'oxyde de thorium n'absorbe l'humidité.

Exigences environnementales : La zone de stockage doit être un entrepôt dédié sec et bien ventilé, à l'écart des sources d'eau et des produits chimiques.

Résistant à la poussière et isolé :

La zone de stockage doit être équipée d'un système de ventilation efficace avec une concentration de poussières de < 0,1 mg/m³ dans l'air afin d'éviter la propagation de poussières radioactives.

Les électrodes doivent être stockées à l'écart des aliments, des médicaments ou d'autres objets sensibles pour éviter la contamination croisée.

Radioprotection:

Le débit de dose de rayonnement X-γ dans la zone de stockage doit être < 0,05 μSv/h, ce qui répond aux exigences de la norme GB 18871-2002.

L'entrepôt doit être équipé d'un moniteur de rayonnement (tel que AT1123) pour surveiller régulièrement le niveau de rayonnement ambiant.

Conditions de stockage

Exigences relatives aux contenants :

Les électrodes doivent être stockées dans un récipient scellé en acier inoxydable ou en plastique > 2 mm d'épaisseur et marqué d'une étiquette d'avertissement radioactive (par exemple « Attention : matières radioactives »).

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Le récipient doit être rempli d'un gaz inerte (par exemple de l'argon) ou conservé sous vide pour éviter l'oxydation.

Stockage classé :

Les différents types d'électrodes de tungstène au thorium (par exemple, WT10, WT20, WT30, WT40) doivent être stockés séparément, en indiquant la teneur en oxyde de thorium et le numéro de lot.

Les électrodes de déchets doivent être stockées séparément dans un conteneur dédié aux déchets radioactifs afin d'éviter tout mélange.

Période de conservation :

La période de stockage des électrodes en thorium-tungstène est généralement de 2 à 5 ans, selon l'intégrité de l'emballage et les conditions de stockage.

Vérifiez régulièrement la qualité de surface des électrodes (pas d'oxydation et de fissures), et les électrodes non qualifiées doivent être traitées comme des déchets radioactifs.

Précautions

Les entrepôts de stockage doivent être réservés au personnel non autorisé et équipés de systèmes de contrôle d'accès et de surveillance.

Les registres d'entreposage doivent inclure le type d'électrode, la quantité, le lot, la date d'entreposage et les données de surveillance des rayonnements, et être archivés pendant au moins 5 ans.

Les entrepôts doivent être nettoyés régulièrement à l'aide de la méthode de nettoyage humide pour éviter la poussière.

10.2 Normes d'emballage et mesures de protection

L'emballage est la première ligne de défense pour le stockage et le transport des électrodes de tungstène au thorium, qui doit garantir l'intégrité des électrodes et empêcher les fuites de matières radioactives, conformément aux normes internationales et nationales (telles que ISO 6848:2015, GB/T 4187-2017).

Normes d'emballage

Matériau d'emballage :

Emballage intérieur : Utilisez des tubes en plastique résistants à l'humidité et à l'oxydation ou des sacs scellés sous vide, et chaque électrode est emballée individuellement pour éviter les frottements les uns contre les autres.

Emballage extérieur : boîte en acier inoxydable ou en plastique à haute résistance, épaisseur > 2 mm, antichoc et étanchéité.

Matériau de rembourrage : Remplissez de mousse ou de coussinets à bulles pour réduire les vibrations et les chocs pendant le transport.

Exigences de marquage :

Le type d'électrode (p. ex. WT20), la teneur en oxyde de thorium, le numéro de lot, la date de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

fabrication et les informations sur le fabricant doivent être indiqués sur l'emballage.

Panneaux d'avertissement radioactifs : Indiquez le symbole « Matière radioactive » (trèfle) et les descriptions textuelles telles que « Contient du thorium, manipulez-le avec soin ».

Conforme aux exigences d'emballage SSR-6 de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) avec la catégorie d'emballage « Type A » (pour les matières faiblement radioactives).

Emballage:

Le nombre d'électrodes par paquet : 10-100, la longueur (50-300 mm) et le diamètre (0,5-10 mm) doivent être les mêmes.

Poids du colis : <50 kg pour une manipulation et un transport faciles.

Mesures de protection

Résistance à l'humidité et à l'oxydation :

L'emballage doit être rempli d'un déshydratant (par exemple du gel de silice) ou aspiré pour empêcher l'humidité de pénétrer.

L'emballage extérieur doit être recouvert d'une peinture antirouille ou de matériaux anticorrosion pour assurer la sécurité du stockage à long terme.

Résistant aux chocs et aux chutes :

La boîte doit réussir l'essai de chute (hauteur de 1,2 m sans rupture) et répondre aux exigences de la SSR-6 de l'AIEA.

La boîte doit être sécurisée pendant le transport pour éviter de glisser ou de basculer.

Radioprotection :

La boîte doit être protégée des particules α (> épaisseur de plastique de 0,1 mm est suffisante) et de certains rayons γ (épaisseur > acier inoxydable de 2 mm).

Le débit de dose de rayonnement de la surface de l'emballage doit être de < 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ et la contamination de surface < de 0,4 Bq/cm² (GB 18871-2002).

Précautions

L'emballage doit être inspecté régulièrement pour s'assurer qu'il n'y a pas de dommages ou de fuites. Détecter les niveaux de rayonnement sur les surfaces de l'emballage à l'aide de détecteurs de débit de dose de rayonnement X- γ (p. ex., AT1123) et de détecteurs de contamination de surface α et β (p. ex., XH-3206).

Les emballages non conformes doivent être refermés ou éliminés avec des déchets radioactifs.

10.3 Précautions de sécurité pendant le transport

Le transport d'électrodes de thorium et de tungstène est soumis à des réglementations internationales et nationales sur le transport de matières radioactives (par exemple, AIEA SSR-6, GB 11806-2004) afin d'assurer la sécurité et d'éviter la contamination radioactive.

Exigences d'expédition

Mode d'expédition :

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Transport terrestre : utilisez des camions spéciaux, équipés de dispositifs anti-vibrations et d'équipements de surveillance des radiations.

Fret maritime : Conforme aux spécifications de l'Organisation Maritime Internationale (IMDG), emballage de type A, placé dans une soute dédiée.

Fret aérien : Conforme à la réglementation sur les marchandises dangereuses de l'Association internationale du transport aérien (IATA), et l'emballage est soumis à des tests de pression et de chute.

Emballage et chargement :

Les électrodes doivent être emballées conformément à la section 10.2 et sécurisées dans le moyen de transport pour éviter tout mouvement ou tout dommage.

Les véhicules de transport ou les soutes doivent être marqués d'un panneau d'avertissement radioactif indiquant « Substance de faible activité spécifique (LSA-I) ».

Surveillance des rayonnements :

Avant le transport : Détecter le débit de dose de surface ($<0,1 \mu\text{Sv/h}$) et le niveau de contamination ($<0,4 \text{ Bq/cm}^2$) à la surface de l'emballage.

En transit : Vérifiez régulièrement le niveau de rayonnement de la cargaison à l'aide d'un détecteur de rayonnement portable tel que le RadEye PRD.

Après l'expédition : Le destinataire vérifie l'intégrité du colis et les niveaux de rayonnement et enregistre les données.

Précautions de sécurité

Protection du personnel :

Le personnel de transport doit être formé à la radioprotection et porter un dosimètre individuel ayant une dose efficace de $< 1 \text{ mSv}$ par an.

Portez des gants de protection lors de la manipulation et évitez tout contact direct avec les électrodes ou l'emballage.

Préparation aux situations d'urgence :

Les véhicules de transport doivent être équipés de trousse d'urgence, y compris des vêtements de protection, des sacs scellés et des détecteurs de rayonnement portables.

Formuler un plan d'urgence en cas d'accident de transport et clarifier le processus de manutention en cas de fuite ou de dommage.

Planification de l'itinéraire :

Choisissez des itinéraires de transport loin des zones peuplées et des sources d'eau pour éviter les intempéries.

Les envois sont soumis aux réglementations locales et sont signalés à l'avance aux autorités compétentes (par exemple, les autorités environnementales ou de sûreté nucléaire).

Précautions

Les registres d'expédition doivent être conservés pendant au moins 5 ans, y compris le nombre

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

d'électrodes, le type d'emballage, le niveau de rayonnement et la route de navigation.

Pour les envois internationaux, une version anglaise du certificat de transport de matières radioactives est requise, qui répond aux exigences de la RSS-6 de l'AIEA.

Évitez de mélanger avec d'autres marchandises dangereuses (telles que des produits inflammables) pendant le transport.

10.4 Pratiques de gestion de la sûreté des matières radioactives

Les électrodes de tungstène au thorium sont considérées comme des substances radioactives de faible activité spécifique en raison de leur thorium 232 (Th-232, activité volumique d'environ 1 Bq/g) et sont soumises aux normes internationales et nationales de gestion de la sûreté radiologique (p. ex., publication 103 de la CIPR, GB 18871-2002).

Normes de gestion

Inscription et licence :

Les fabricants et les utilisateurs sont tenus de s'inscrire auprès des organismes de réglementation de la sûreté nucléaire (p. ex., l'Administration nationale de la sûreté nucléaire de la Chine) et d'obtenir une licence pour exploiter des matières radioactives.

La déclaration de concentration d'activité est requise pour le stockage et le transport, le WT10 (0,8-1,2 % ThO₂) répond généralement aux critères d'exemption (1 Bq/g), et le WT40 (3,8-4,2 % ThO₂) nécessite une surveillance supplémentaire.

Radioprotection:

Les zones de production et de stockage doivent être équipées de boîtiers et de filtres HEPA (efficacité de capture de 99,9 > pour éviter la propagation de la poussière.

Les opérateurs doivent porter des vêtements de protection, des masques anti-poussière et des gants, et se soumettre à des contrôles de santé réguliers et à une surveillance de la dose (dose efficace < 1 mSv par an).

Gestion des déchets:

Classification des déchets : Les poussières, les eaux usées et les électrodes résiduelles doivent être collectées séparément, et les déchets dont la concentration d'activité est > 1 Bq/g doivent être traités comme des déchets radioactifs.

Traitement de durcissement : Les électrodes de poussière et de déchets doivent être mélangées à de la matrice de ciment ou de résine, et la résistance du corps durci > de 10 MPa.

Stockage et élimination : les déchets radioactifs sont stockés dans un dépôt dédié et régulièrement remis à un organisme professionnel (par exemple, la China National Nuclear Corporation) pour être éliminés.

Divulgaration de renseignements :

Selon les Mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'information des entreprises engagées dans la mise en valeur et l'utilisation de mines radioactives (pour la mise en œuvre à titre expérimental), les entreprises sont tenues de soumettre chaque année

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

des rapports de surveillance des rayonnements au service de la protection de l'environnement et de divulguer les données sur le traitement et les rejets des déchets.

Base standard

International : La publication 103 de la CIPR (2007) exige que le public reçoive une dose efficace annuelle de < 1 mSv et une exposition professionnelle de < 20 mSv ; La RSS-6 de l'AIEA spécifie les limites de transport, d'emballage et de rayonnement.

Domestique : le GB 18871-2002 exige un débit de dose environnemental de $< 0,05$ μ Sv/h et une pollution de surface $< 0,4$ Bq/cm² ; Le GB 11806-2004 réglemente la sécurité du transport des matières radioactives.

Précautions

Les entreprises doivent mettre en place un système de gestion de la radioprotection et nommer une personne à temps plein chargée de la radioprotection.

Formation régulière du personnel sur les risques radiologiques, les mesures de protection et les interventions d'urgence.

L'équipement de surveillance des rayonnements doit être étalonné chaque année pour garantir l'exactitude et la fiabilité.

10.5 Gestion des situations d'urgence et prévention des accidents

Bien que le risque de radioactivité des électrodes en thorium-tungstène soit faible (principalement α particules, faible pénétration), des mesures de traitement d'urgence et de prévention des accidents doivent être développées pour faire face à des situations telles que les dommages à l'emballage, les fuites de poussière ou les accidents de transport.

Prévention des accidents

Entretien de l'équipement :

Vérifiez régulièrement l'étanchéité des mélangeurs, des broyeurs et des récipients de stockage pour éviter les fuites de poussière.

Les systèmes de ventilation et de dépoussiérage doivent être maintenus en fonctionnement normal et les intervalles de remplacement des filtres $<$ de 6 mois.

Spécifications opérationnelles :

Les employés sont tenus de suivre strictement les procédures d'utilisation, de porter un équipement de protection et il est interdit de broyer des électrodes dans des zones non isolées.

Pendant le stockage et le transport, l'intégrité de l'emballage doit être vérifiée régulièrement et le récipient endommagé doit être remplacé à temps.

Surveillance de l'environnement:

Installez des stations fixes de surveillance des rayonnements (comme la Mirion RDS-31) pour surveiller les débits de dose dans les ateliers et les entrepôts en temps réel.

Inspectez chaque semaine l'équipement et les surfaces d'emballage à l'aide de détecteurs de contamination de surface α β tels que le XH-3206.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Intervention d'urgence

Fuite de poussière :

Arrêtez immédiatement l'équipement concerné, activez le système de ventilation d'urgence et isolez la zone de fuite.

La poussière est recueillie à l'aide de la méthode du balayage humide, placée dans un contenant hermétique et marquée d'un avertissement radioactif.

L'étendue de la contamination a été évaluée à l'aide de détecteurs X-γ et de détecteurs α et β, et le débit de dose > 0,1 μSv/h ou le débit de contamination de surface > 0,4 Bq/cm² doivent être indiqués.

Emballage endommagé :

Arrêtez l'expédition ou la manutention et déplacez le colis endommagé vers une zone de quarantaine.

Refermez les électrodes à l'aide d'un sac scellé pour détecter le niveau de rayonnement du nouvel emballage.

Nettoyez les électrodes dispersées et envoyez-les au dépôt de déchets radioactifs.

Accidents de transport :

Isolez la scène de l'accident, limitez l'accès au personnel et portez un équipement de protection.

Un détecteur de rayonnement portable est utilisé pour évaluer les niveaux de rayonnement et des photographies sont prises pour documenter la scène.

Communiquer avec le service de la sûreté nucléaire et de la protection de l'environnement, signaler les détails de l'accident et éliminer les articles contaminés au besoin.

Exposition du personnel :

Évacuez immédiatement le personnel exposé, testez les dosimètres personnels et évaluez la dose reçue.

Donnez les premiers soins (comme vous laver la peau ou les yeux) et, si nécessaire, faites examiner un médecin.

Enregistrez les événements d'exposition, analysez les causes et améliorez les mesures de protection.

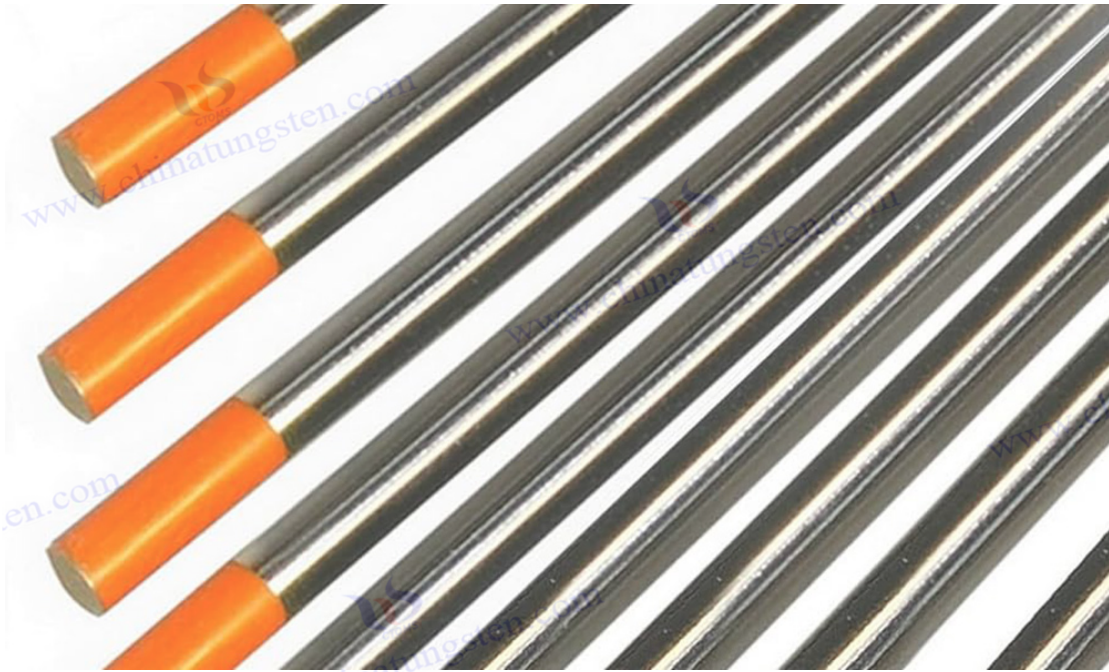
Précautions

Les entreprises doivent formuler des plans d'urgence détaillés et organiser des exercices au moins une fois par an.

La trousse d'urgence doit comprendre des vêtements de protection, un sac scellé, un détecteur portable et des fournitures de premiers soins.

Un rapport d'accident doit être soumis au service de sécurité nucléaire dans les 24 heures et comprend la cause de l'accident, les niveaux de radiation et les mesures d'élimination.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale



CTIA GROUP LTD Électrode WT40

Chapitre 11 : Tendances et défis futurs du développement de l'électrode de thorium et de tungstène

En tant que matériau clé dans le soudage à l'arc au tungstène-argon (soudage TIG), le soudage au plasma et les dispositifs électroniques sous vide, les électrodes au thorium-tungstène occupent une position importante dans les domaines de l'aérospatiale, de l'industrie nucléaire et de la pétrochimie en raison de leur excellente stabilité à l'arc, de leur faible échappement d'électrons et de leur grande résistance à l'usure. Cependant, les traces de radioactivité causées par l'oxyde de thorium (ThO_2) présentent des défis environnementaux et sanitaires, incitant l'industrie à accélérer le développement de matériaux alternatifs non radioactifs, à améliorer les processus de préparation et à promouvoir la fabrication écologique. Ce chapitre traite des tendances et des défis futurs du développement des électrodes de thorium-tungstène, y compris les progrès de la recherche et du développement de matériaux alternatifs, la protection de l'environnement et la pression de sécurité radioactive, les nouveaux procédés de préparation et la fabrication écologique, les orientations d'amélioration du rendement, les changements de la demande du marché et le développement de la chaîne industrielle, ainsi que l'impact et l'élaboration de la conformité des politiques et des réglementations.

11.1 Progrès de la recherche et du développement de matériaux alternatifs pour les électrodes de thorium et de tungstène

Avec la réglementation de plus en plus stricte des matières radioactives dans le monde, la recherche et le développement d'électrodes de tungstène non radioactives sont devenus un sujet brûlant dans l'industrie. Les matériaux alternatifs sont conçus pour maintenir ou approcher les propriétés de soudage des électrodes de tungstène au thorium, telles qu'un faible travail électronique et la stabilité de l'arc, tout en éliminant le risque de radioactivité. À l'heure actuelle, des électrodes non radioactives telles que le tungstène au cérium (WC20), le tungstène SM (WL20), le tungstène de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

zirconium (WZ8) et le tungstène d'yttrium (WY20) ont remplacé les électrodes de tungstène au thorium dans certains domaines.

11.1.1 Électrode de tungstène cérium (WC20)

Composition et propriétés : Contient 1,8 à 2,2 % d'oxyde de cérium (CeO_2), et le travail des électrons est d'environ 2,7 eV, ce qui est proche de 2,63 eV d'électrode de tungstène au thorium. L'électrode cérium-tungstène présentait de bonnes performances d'amorçage d'arc et une bonne stabilité d'arc dans le soudage à anode CC (DCEN) et à courant alternatif (CA), et le taux de combustion était $< 0,12$ mm/h (à un courant de 200 A), ce qui était légèrement supérieur à celui de l'électrode de tungstène au thorium de 0,1 mm/h.

Avantage : Non radioactif, adapté aux industries médicale, alimentaire et électronique. Le coût est faible, le processus de production est simple et il est conforme à la norme ISO 6848:2015.

Application : Largement utilisé dans le soudage TIG de l'acier inoxydable et des alliages d'aluminium. Par exemple, dans la fabrication de dispositifs médicaux, les électrodes WC20 sont utilisées pour souder des implants en alliage de titane, évitant ainsi le risque de contamination radioactive.

Progrès de la R&D : Ces dernières années, les recherches se sont concentrées sur l'optimisation de la distribution et de la taille ($0,5\text{-}2\text{ }\mu\text{m}$) des particules d'oxyde de cérium afin d'améliorer la stabilité et la durabilité de l'arc. Par exemple, en 2023, Welding Journal a signalé un nouveau procédé de dopage humide qui prépare des électrodes de cérium et de tungstène plus homogènes par co-précipitation chimique, améliorant ainsi la stabilité de l'arc de 10 %.

Défi : À des courants élevés (>300 A), le taux de combustion des électrodes de tungstène en cérium est légèrement plus élevé, ce qui limite son utilisation dans le soudage intensif. Les chercheurs explorent le dopage des composites (p. ex., $\text{CeO}_2+\text{La}_2\text{O}_3$) afin de réduire davantage le taux d'épuisement professionnel.

11.1.2 Électrode de tungstène SM (WL20)

Composition et performances : contenant 1,8 à 2,0 % de SM oxydé (La_2O_3), un travail électronique d'environ 2,8 eV, la stabilité de l'arc est meilleure que celle de l'électrode en tungstène au cérium et le taux de combustion est de $< 0,1$ mm/h (à un courant de 200 A), proche de l'électrode en tungstène au thorium. L'électrode WL20 excelle dans le soudage à courant élevé et par impulsions, ce qui la rend adaptée aux applications de précision et à usage intensif.

Avantages : non radioactif, excellente résistance à haute température et résistance à l'usure, durée de vie 20 à 30 % plus longue que les électrodes de tungstène au cérium. Sur le marché de l'UE, le WL20 représente déjà plus de 60 % des électrodes de soudage TIG.

Application : Utilisé dans les industries aérospatiale et nucléaire pour le soudage d'alliages de titane et d'alliages à base de nickel. Par exemple, Boeing a adopté en grand nombre les électrodes WL20

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

dans la construction de ses avions 787, remplaçant ainsi les électrodes WT20.

Progrès de la R&D : En 2024, le département de la science et de l'ingénierie des matériaux a signalé une nouvelle électrode en tungstène SM qui améliore considérablement la concentration et la durabilité de l'arc grâce au dopage SM par oxydation à l'échelle nanométrique (taille des particules < 0,5 µm). Le dopage composite du SM avec du zirconium ou de l'yttrium a également été exploré pour optimiser les performances de soudage AC.

Défi : Les électrodes en tungstène SM sont chères à produire (environ 20 % de plus que les WT20), ce qui limite leur adoption sur les marchés sensibles aux coûts. Les chercheurs développent des procédés de frittage à faible coût pour réduire les prix.

11.1.3 Électrode de tungstène en zirconium (WZ8)

Composition et propriétés : Contient 0,7-0,9 % de zircone (ZrO_2), spécialement conçu pour le soudage AC des alliages d'aluminium et de magnésium. Le fonctionnement électronique est d'environ 2,9 eV, la stabilité de l'arc est modérée et le taux de combustion est < 0,15 mm/h à 150 A.

Avantages : non radioactif, adapté au soudage des métaux légers, couche d'oxyde stable formée à la surface de l'électrode, réduisant la pollution.

Application : Utilisé pour le soudage d'alliages d'aluminium dans les industries automobile et maritime, telles que les structures de carrosserie et de coque d'automobile.

Progrès de la R&D : La R&D des électrodes de zirconium et de tungstène se concentre sur l'amélioration de la stabilité de l'arc, et en 2022, le Journal of Materials Processing Technology a signalé une électrode composite zirconium-tungstène avec de l'oxyde d'yttrium à l'état de traces, qui a amélioré la stabilité de l'arc de 15 %.

Défi : Les électrodes en zirconium et tungstène ne conviennent pas au soudage DCEN à courant élevé et ont une gamme étroite d'applications. À l'avenir, il est nécessaire de développer des électrodes composites à base de zirconium adaptées à de multiples scénarios.

11.1.4 Électrode de tungstène d'yttrium (WY20)

Composition et propriétés : Contient 1,8-2,2 % d'oxyde d'yttrium (Y_2O_3), le travail des électrons est d'environ 2,75 eV, les performances sont proches de celles de l'électrode de tungstène SM, adaptée au soudage de haute précision.

Avantages : Non radioactif, grande stabilité à l'arc, adapté au micro-soudage (par exemple les composants électroniques).

Application : Soudure de précision dans les industries des semi-conducteurs et de l'électronique, telles que les connexions de circuits imprimés.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Progrès de la R&D : La recherche se concentre sur l'amélioration de la résistance à la fatigue thermique des électrodes d'yttrium-tungstène, et en 2023, la Société chinoise de soudage a signalé qu'une électrode d'yttrium-tungstène préparée par pulvérisation de plasma a augmenté la durabilité de 25 %.

Défi : Les électrodes d'yttrium-tungstène ont un coût élevé (environ 30 % plus élevé que le WT20) et une faible pénétration du marché. Les processus de production doivent être optimisés pour réduire les coûts.

11.1.5 Électrodes composites de terres rares

Direction de la R&D : les électrodes dopées composites (telles que $\text{CeO}_2+\text{La}_2\text{O}_3$, $\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$) combinent les avantages d'une variété d'oxydes de terres rares pour obtenir un faible travail des électrons ($<2,7$ eV), une stabilité d'arc élevée et un faible taux de brûlure. En 2024, le Journal of Industrial Ecology a rapporté une électrode composite $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ avec des performances proches de WT40 et non radioactives.

Avantages : Excellentes performances complètes, qui peuvent couvrir tous les scénarios d'application de l'électrode de tungstène au thorium.

Défi : Le processus de dopage des composites est complexe, l'uniformité est difficile à contrôler et le coût est élevé. À l'avenir, il faudra développer des technologies de mélange et de frittage automatisées.

11.1.6 Perspectives d'avenir

Court terme (1 à 5 ans) : Les électrodes de tungstène cérium et de tungstène SM continueront d'étendre leur part de marché, en particulier sur les marchés européens et américains soumis à des exigences environnementales strictes. Les électrodes en tungstène SM peuvent devenir une alternative courante en raison de leurs excellentes performances.

À long terme (5 à 10 ans) : Les électrodes composites de terres rares devraient remplacer complètement les électrodes au thorium-tungstène, en particulier dans le soudage de haute précision et à usage intensif. De nouveaux matériaux dopés (p. ex., l'oxyde de dysprosium, l'oxyde d'erbium) sont également à l'étude, ce qui pourrait améliorer davantage les performances.

Axé sur la technologie : La nanotechnologie et le dépôt chimique en phase vapeur (CVD) seront utilisés pour fabriquer des électrodes dopées plus homogènes et améliorer l'uniformité des performances. L'intelligence artificielle (IA) pour optimiser les taux de dopage et les paramètres de frittage accélérera également le processus de R&D.

11.2 Protection de l'environnement et pression de sécurité radiologique

Le thorium 232 (Th-232) dans les électrodes de tungstène au thorium émet α particules et de petites quantités de β et de rayons γ , et bien que la concentration d'activité soit faible (environ 1 Bq/g pour WT10 et légèrement supérieure à la norme d'exemption pour WT40), sa radioactivité a déclenché

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

des pressions mondiales sur l'environnement et la sécurité, incitant l'industrie à passer à des électrodes non radioactives.

11.2.1 Réglementations environnementales internationales

UE : La directive 2013/59/Euratom exige un débit de dose dans l'environnement de $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$ et une contamination de surface $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ pour la production et l'utilisation. L'UE a progressivement éliminé les électrodes de tungstène de thorium, les électrodes de tungstène SM et de tungstène de cérium dominant.

États-Unis : L'Agence de protection de l'environnement (EPA) et l'Administration de la sécurité et de la santé au travail (OSHA) exigent que les entreprises soient équipées de filtres HEPA et d'équipements de broyage spécialisés pour réduire l'exposition à la poussière de thorium. Des États comme la Californie exigent des permis spéciaux pour l'utilisation de matières radioactives.

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) : La spécification SSR-6 exige que les colis de transport soient protégés contre les particules α et les rayons γ à un débit de dose de surface de $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$. L'AIEA préconise également des exemptions pour les substances de faible activité spécifique (LSA-I), et les électrodes WT10 répondent généralement aux critères d'exemption.

11.2.2 Réglementation environnementale nationale

Chine : Le GB 18871-2002 exige un débit de dose dans l'environnement de production de $< 0,05 \mu\text{Sv/h}$ et une concentration d'activité des déchets de $< 1 \text{ Bq/g}$. Les mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation de renseignements à l'intention des entreprises qui se livrent à la mise en valeur et à l'utilisation de minéraux radioactifs (à des fins d'essai) exigent que les entreprises soumettent des rapports de surveillance des rayonnements chaque année, et que l'activité des eaux usées soit $< 0,1 \text{ Bq/L}$.

Défi : En tant que plus grand producteur mondial de ressources en tungstène et d'électrodes de tungstène en thorium, la Chine est confrontée à une pression énorme sur le traitement des déchets et le contrôle des émissions. Les déchets (poussières, eaux usées, etc.) doivent être solidifiés et stockés dans des installations dédiées, ce qui augmente les coûts de production.

11.2.3 Impacts environnementaux

Contamination par la poussière : La poussière de thorium générée pendant les processus de mélange, de broyage et de frittage peut contaminer l'environnement par inhalation ou dépôt et nécessite une hotte de confinement et un filtre à haute efficacité (>efficacité de capture à 99,9 %).

Eaux usées et déchets : Les composés de thorium dans les eaux usées de production doivent être traités par précipitation et échange d'ions, et les déchets solides doivent être mélangés à la matrice de ciment, qui est coûteuse pour le stockage à long terme.

Accumulation à long terme : La demi-vie ultra-longue du thorium 232 (14 milliards d'années) signifie que les déchets doivent être séquestrés en permanence, ce qui peut affecter la sécurité des

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

sols et de l'eau.

11.2.4 Impacts sur la santé

Expositions professionnelles : Les opérateurs peuvent être exposés à des particules α par inhalation de poussières ou par contact avec des surfaces contaminées à une dose efficace inférieure à 1 mSv par an (CIPR 103). Une exposition à long terme à de faibles doses peut augmenter le risque de cancer du poumon, bien que la probabilité soit moindre.

Risque pour le public : Si les déchets ne sont pas éliminés correctement, les composés du thorium peuvent entrer dans la chaîne alimentaire par les milieux environnementaux, ce qui affecte la santé des résidents environnants. La dose efficace annuelle pour le public doit être de <1 mSv.

Coûts de protection : Les entreprises doivent investir dans des équipements de protection (par exemple, des vêtements de protection, des masques anti-poussière), des équipements de surveillance (par exemple, AT1123, XH-3206) et des formations, ce qui augmente les coûts d'exploitation.

11.2.5 Tendances futures

Substitution non radioactive : Les pressions environnementales sont à l'origine de la popularité des électrodes de tungstène SM et de tungstène cérum, et la part de marché mondiale des électrodes de tungstène au thorium devrait passer de 40 % actuellement à 20 % d'ici 2030.

Certification verte : les entreprises sont tenues de passer la certification ISO 14001 du système de gestion environnementale pour prouver que leurs processus de production répondent aux normes environnementales.

Soutien technique : Les systèmes de surveillance automatisés (p. ex., les réseaux de détection des radiations en temps réel) et les technologies de traitement des déchets (p. ex., l'incinération au plasma) réduiront le risque de radioactivité.

11.3 Nouveaux procédés de préparation et fabrication écologique

Afin de faire face à la pression de la protection de l'environnement et de réduire les coûts de production, le processus de préparation des électrodes de tungstène au thorium se développe dans le sens d'un rendement élevé, vert et intelligent.

11.3.1 Technologies avancées de mélange et de dopage

Mélange humide : En mélangeant de la poudre de tungstène et de l'oxyde de thorium dans de l'eau désionisée ou de l'éthanol, l'évacuation de la poussière est réduite et l'uniformité est améliorée. En 2023, le Journal of Materials Processing Technology a signalé un processus de mélange humide assisté par ultrasons qui a amélioré l'uniformité de la distribution des particules d'oxyde de thorium de 15 %.

Co-précipitation chimique : la poudre dopée homogène au niveau atomique est préparée par co-précipitation d'une solution de tungstate et de nitrate de thorium, qui convient à la production d'électrodes haut de gamme. Le processus doit être équipé de réacteurs et de centrifugeuses, et le

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

coût du traitement des eaux usées est élevé.

Nanodopage : Des particules d'oxyde de thorium de taille nanométrique ($<0,5 \mu\text{m}$) sont utilisées pour améliorer les performances des électrodes tout en réduisant le dopage et le risque de radioactivité. En 2024, la Chinese Welding Society a signalé une technologie de dopage par dépôt en phase vapeur (CVD), et la teneur en oxyde de thorium peut être contrôlée avec précision à $\pm 0,01 \%$.

11.3.2 Technologie de frittage efficace

Frittage plasma (SPS) : La poudre est chauffée par des étincelles électriques à haute fréquence, la température de frittage est réduite à $1800-2000^\circ\text{C}$, le temps est raccourci à 5-10 minutes et la densité de l'électrode atteint 98 % de densité théorique. Le SPS réduit la consommation d'énergie de 30 % et répond aux exigences de la fabrication écologique.

Frittage par micro-ondes : En utilisant le chauffage rapide par micro-ondes, le temps de frittage est raccourci à 10-15 minutes et la taille des grains est plus uniforme ($10-30 \mu\text{m}$). En 2023, Materials Science and Engineering a rapporté que le taux de combustion des électrodes de tungstène au thorium frittées par micro-ondes a été réduit de 10 %.

Frittage sous vide : frittage dans un environnement de vide de 10^{-4} Pa pour éviter l'oxydation, adapté à la production d'électrodes de haute pureté. Les nouveaux fours à vide (par ex. ALD VIM) sont équipés d'un système de surveillance en ligne afin d'augmenter la stabilité du processus.

11.3.3 Technologies de fabrication vertes

Contrôle de la poussière : Le nouveau mélangeur et broyeur fermés est équipé d'un filtre HEPA et d'un système d'aspiration de poussière à pression négative, et l'efficacité de capture de la poussière $> 99,9 \%$, ce qui répond aux exigences de GB 18871-2002.

Recyclage des déchets : Développement d'une technologie de recyclage des électrodes de déchets pour récupérer le tungstène et le thorium par dissolution chimique et séparation électrolytique, avec un taux de récupération de 90 %. En 2024, le Journal of Industrial Ecology a signalé un processus de recyclage en boucle fermée qui a réduit l'activité des eaux usées à moins de $0,05 \text{ Bq/L}$.

Optimisation énergétique : Réduire les émissions de carbone en utilisant des fours de frittage à haut rendement et des sources d'énergie renouvelables (par exemple, l'énergie solaire). En 2023, la China National Nuclear Corporation a signalé une réduction de 20 % des émissions de carbone de sa chaîne de production d'électrodes de thorium et de tungstène.

11.3.4 Production intelligente

Équipement automatisé : Des systèmes robotisés de mélange et de broyage sont utilisés pour réduire les contacts manuels et réduire le risque d'exposition aux rayonnements. Par exemple, le système de meulage robotisé d'ABB atteint une erreur d'angle de pointe d'électrode de $<1^\circ$.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Surveillance en ligne : Équipé d'analyseurs en ligne XRF et XRD, il peut surveiller la teneur en oxyde de thorium et la structure des grains en temps réel pour améliorer l'uniformité de la qualité.

Optimisation de l'IA : En utilisant l'intelligence artificielle pour optimiser les ratios de dopage et les paramètres de frittage, le processus assisté par l'IA a augmenté l'efficacité de la production de 15 %, selon le Welding Journal 2024.

11.3.5 Défis

Coût : Les nouveaux processus (tels que SPS, CVD) nécessitent un investissement élevé en équipement et sont difficiles à populariser à court terme.

Maturité technologique : Les technologies de nanodopage et de recyclage des déchets sont encore au stade du laboratoire, et d'autres faisabilités industrielles doivent être vérifiées.

Conformité réglementaire : La fabrication écologique doit répondre à des normes environnementales strictes, ce qui augmente le coût de la certification.

11.4 Direction d'amélioration des performances de l'électrode de tungstène de thorium

Malgré le développement rapide des électrodes non radioactives, les avantages de performance des électrodes en tungstène thorium dans le soudage à courant élevé et à usage intensif les rendent toujours irremplaçables dans des scénarios spécifiques. Les améliorations futures des performances comprennent :

11.4.1 Stabilité de l'arc et performance d'amorçage de l'arc

Objectif : Réduire davantage le travail d'échappement des électrons ($<2,6$ eV), augmenter la vitesse d'amorçage de l'arc ($<0,3$ seconde) et la stabilité de l'arc (fluctuation de tension $<\pm 1$ V).

Parcours technologique :

La taille des particules d'oxyde de thorium ($0,2-0,5 \mu\text{m}$) a été optimisée pour améliorer l'efficacité de l'émission d'électrons thermiques.

Explorez les avantages du dopage des composites (par exemple, $\text{ThO}_2+\text{CeO}_2$) en combinaison avec une variété d'oxydes de terres rares.

En 2024, la science et l'ingénierie des matériaux ont signalé une électrode composite $\text{ThO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ avec une réduction de 10 % de la tension d'arc électrique.

11.4.2 Taux de perte de combustion et durée de vie

Objectif : Réduire le taux de combustion à $<0,08$ mm/h à 200 A et prolonger la durée de vie de l'électrode de 50 %.

Parcours technologique :

Augmenter la densité de l'électrode (>98 % de densité théorique) et obtenir une microstructure plus dense par frittage plasma.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Les techniques de revêtement de surface, telles que l'application d'une couche de zircone ou d'oxyde d'yttrium, améliorent la résistance à l'ablation. En 2023, le Journal of Materials Processing Technology a signalé une augmentation de 30 % de la durée de vie des électrodes enrobées de zircone.

Défi : Le processus de revêtement doit garantir la résistance du revêtement au substrat et éviter l'écaillage.

11.4.3 Résistance aux températures élevées et résistance à l'usure

L'objectif : augmenter la dureté (>450 HV) et la résistance à la fatigue thermique à des courants (>500 A) et des températures (> 20 000 °C).

Parcours technologique :

Le raffinement des grains, en contrôlant la température et le temps de frittage, maintient la taille des grains < 20 µm.

Des éléments de renforcement à l'état de traces (p. ex., Zr, Y) sont ajoutés pour augmenter la résistance des joints de grains. En 2024, la Chinese Welding Society a signalé une électrode de tungstène au thorium contenant 0,1 % d'oxyde d'yttrium, qui a une augmentation de 15 % de la dureté.

Défi : Les éléments de renfort peuvent affecter les performances de l'arc et le rapport doit être optimisé.

11.4.4 Perspectives d'avenir

Électrode multifonctionnelle : Développement d'électrodes en tungstène thorium à usage général adaptées au soudage DCEN, AC et par impulsions afin d'élargir les scénarios d'application.

Conception intelligente : L'IA simule la relation entre la microstructure et les performances des électrodes, et conçoit des électrodes personnalisées pour répondre aux besoins d'industries spécifiques.

Électrode à faible teneur en thorium : Une électrode à faible teneur en oxyde de thorium (<0,5 %) est développée, combinée à un dopage composite, en tenant compte des performances et de la sécurité.

11.5 Évolution de la demande du marché et développement de la chaîne industrielle

La demande du marché pour les électrodes en thorium et tungstène est affectée par les avantages en matière de performances, le développement de matériaux alternatifs et les réglementations en matière de protection de l'environnement, et la chaîne industrielle évolue également dans le sens de la diversification et de l'écologisation.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

11.5.1 Évolution de la demande du marché

Marché mondial :

La taille du marché mondial des électrodes de tungstène au thorium sera d'environ 500 millions de dollars en 2024, ce qui représente 40 % du marché des électrodes de soudage TIG. On s'attend à ce que d'ici 2030, la part de marché tombe à 20 % en raison de la diffusion des matériaux alternatifs.

Les industries aéronautique et nucléaire restent les domaines où la demande d'électrodes en thorium et tungstène est la plus forte, représentant 60 % de la demande totale, en raison de leurs performances irremplaçables en matière de courant élevé.

Sur les marchés de l'UE et de l'Amérique du Nord, en raison des réglementations environnementales, la demande d'électrodes de tungstène au thorium a diminué et les électrodes de tungstène SM et de tungstène de cérium dominent.

Marché chinois :

La Chine est le plus grand producteur mondial d'électrodes de tungstène au thorium, représentant 70 % de la production mondiale. La demande intérieure provient principalement des industries pétrochimique, maritime et nucléaire, qui représentent 80 % de la demande totale.

Avec le développement de la fabrication haut de gamme (comme l'aéronautique), la demande d'électrodes haute performance en thorium-tungstène (telles que WT30 et WT40) n'a cessé de croître.

Marchés émergents :

L'Asie du Sud-Est, l'Inde et l'Amérique du Sud sont sensibles aux coûts, et la demande d'électrodes de tungstène au thorium devrait croître à un taux de croissance annuel de 5 à 7 %.

11.5.2 Développement de la chaîne industrielle

En amont : L'exploitation minière des ressources de minerai de tungstène et de thorium est limitée par les réglementations environnementales, et des technologies minières vertes telles que l'enrichissement sans cyanure et la récupération des résidus sont nécessaires.

Midstream : Les fabricants d'électrodes doivent investir dans des équipements de fabrication écologiques (tels que des fours de frittage plasma) et des systèmes de traitement des déchets, ce qui augmente les coûts de 10 à 20 %.

En aval : Les fabricants d'équipements de soudage doivent développer des machines à souder compatibles avec des électrodes non radioactives, telles que des machines à souder TIG pulsées qui prennent en charge les électrodes en tungstène SM.

Chaîne de recyclage : Les technologies de recyclage des électrodes usagées, telles que la dissolution chimique et la séparation électrolytique, émergent et devraient faire passer le taux mondial de recyclage de 10 % à 30 % d'ici 2030.

11.5.3 Défis

Concurrence par les coûts : La baisse du coût des électrodes non radioactives (par exemple, les prix

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

des électrodes de tungstène SM devraient diminuer de 15 % d'ici 5 ans) comprimera le marché des électrodes de tungstène au thorium.

Obstacles techniques : Les électrodes haut de gamme (telles que les électrodes composites de terres rares) doivent briser le goulot d'étranglement du processus de production et réduire le coût d'échelle.

Différences régionales : les pays développés accélèrent l'élimination progressive des électrodes de thorium-tungstène, tandis que les pays en développement continuent de les utiliser en raison des avantages en termes de coûts, de sorte qu'ils doivent équilibrer l'offre et la demande sur le marché mondial.

11.6 Incidence des politiques et des règlements et élaboration de la conformité

Les politiques et les réglementations ont eu un impact profond sur la production et l'utilisation d'électrodes de tungstène au thorium, favorisant le développement de l'industrie dans une direction conforme et verte.

11.6.1 Réglementations internationales

UE : La directive 2013/59/Euratom exige des entreprises qu'elles achèvent l'élimination progressive des électrodes de tungstène au thorium d'ici 2025, et les électrodes de tungstène SM et de tungstène de cérium deviennent des alternatives obligatoires.

États-Unis : L'EPA et l'OSHA obligent les fabricants à équiper des installations de surveillance des radiations et de traitement des déchets, et la Californie interdira la construction de nouvelles lignes de production d'électrodes de thorium tungstène à partir de 2024.

AIEA : La spécification SSR-6 exige que l'emballage d'expédition soit conforme aux normes de type A, ce qui augmente les coûts d'expédition.

11.6.2 Réglementation nationale

Chine : Le document GB 18871-2002 et les mesures de surveillance des rayonnements dans l'environnement et de divulgation d'informations des entreprises engagées dans le développement et l'utilisation de minéraux radioactifs (pour la mise en œuvre à titre expérimental) exigent que les entreprises soumettent régulièrement des rapports sur les rayonnements, et le traitement des déchets doit être conforme à une concentration d'activité de <1 Bq/g. En 2023, l'Administration nationale de la sûreté nucléaire renforcera l'inspection des entreprises d'électrodes de thorium et de tungstène.

Nouvelles tendances politiques : De 2025 à 2030, la Chine devrait introduire des politiques plus strictes sur la gestion des matières radioactives afin de promouvoir le développement et l'application d'électrodes non radioactives.

11.6.3 Élaboration de la conformité

Exigences de certification : Les entreprises sont tenues d'être certifiées ISO 14001 (gestion de l'environnement) et ISO 45001 (santé et sécurité au travail) pour démontrer que leurs processus de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

production sont conformes aux normes d'environnement et de sécurité.

Conformité technique : Développement d'électrodes faiblement ou nullement exemptes de thorium dans le respect des concentrations d'activité exemptées (1 Bq/g). En 2024, CNNC a signalé une électrode à faible teneur en thorium contenant 0,5 % de ThO_2 avec une concentration d'activité de $< 0,8 \text{ Bq/g}$.

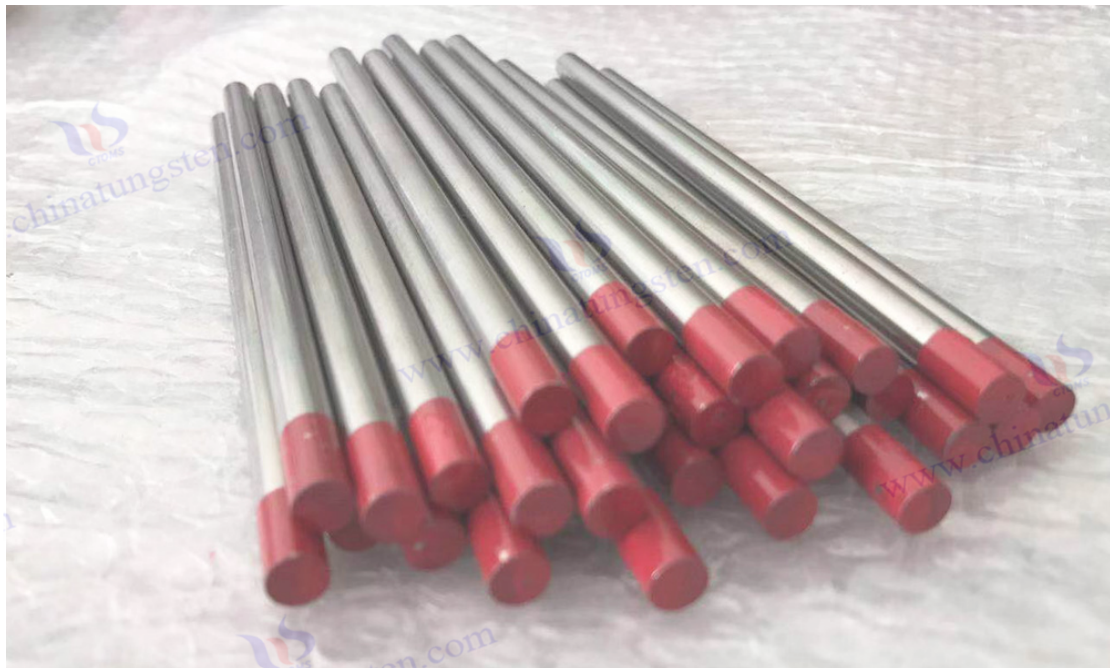
Coopération internationale : Les entreprises chinoises doivent coopérer avec les organismes de normalisation internationaux (par exemple, ISO, AIEA) pour s'assurer que les exportations d'électrodes sont conformes aux réglementations mondiales.

11.6.4 Défis

Coût de la conformité : Les coûts de la surveillance des rayonnements, du traitement des déchets et de la certification représentent 10 à 15 % des coûts de production, ce qui exerce une pression sur les petites et moyennes entreprises.

Différences réglementaires : Différents pays ont des exigences réglementaires différentes, et les entreprises exportatrices doivent personnaliser la production, ce qui augmente la complexité.

Conversion technologique : La transition des électrodes en thorium-tungstène aux électrodes non radioactives nécessite beaucoup d'investissements en R-D, ce qui peut affecter la compétitivité du marché à court terme.



CTIA GROUP LTD Électrode WT20

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

Appendice

A. Glossaire

Électrode de tungstène au thorium : Une électrode en alliage composée de tungstène et d'oxyde de thorium (ThO_2) pour les applications de soudage et d'arc électrique.

Oxyde de thorium (ThO_2) : Un dopant dans une électrode de tungstène thoriée, qui a une radioactivité à l'état de traces et améliore le travail d'échappement des électrons.

Travail d'évolution des électrons : La quantité minimale d'énergie nécessaire pour que les électrons s'échappent de la surface du matériau, ce qui affecte les performances d'initiation de l'arc de l'électrode.

Soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG) : Un processus de soudage à l'arc utilisant des électrodes de tungstène sous protection contre les gaz inertes.

Ablation : La perte de masse des électrodes de tungstène à des températures d'arc élevées, y compris l'ablation à l'oxyde et l'ablation du tungstène lui-même.

Contamination radioactive : Risque radioactif causé par l'oxyde de thorium dans la production et l'utilisation d'électrodes de tungstène au thorium.

Métallurgie des poudres : le processus de préparation d'électrodes de tungstène au thorium par mélange, pressage et frittage de poudres métalliques.

Performance d'initiation de l'arc : La facilité avec laquelle l'électrode peut initier un arc pendant le processus de soudage.

Stabilité de l'arc : La capacité d'un arc à rester continu et stable pendant le processus de soudage.

Débit de dose de rayonnement γ X : Mesurez l'intensité du rayonnement des rayons X et des rayons γ dans l'environnement.

α . Pollution de surface des β : particules α et β à la surface des électrodes de tungstène au thorium en raison des radionucléides.

Électrodes non radioactives : Telles que le cérium-tungstène, les électrodes de tungstène de lanthane, les électrodes alternatives qui ne contiennent pas de matières radioactives.

Dopage : De l'oxyde de thorium ou d'autres oxydes de terres rares sont ajoutés à la matrice de tungstène pour améliorer les performances.

Calandre, meulage et polissage : Le processus de formation d'électrodes en thorium-tungstène et d'amélioration de la qualité de surface grâce à un traitement mécanique.

Déchets radioactifs : Déchets contenant de l'oxyde de thorium, eaux usées et déchets solides générés pendant le processus de production.

B. Références

- [1] ISO 6848:2015, Soudage et coupage à l'arc — Électrodes en tungstène non consommables — Classification.
- [2] AWS A5.12/A5.12M :2009, Spécification pour les électrodes de tungstène dispersées de tungstène et d'oxyde pour le soudage et le coupage à l'arc.
- [3] GB/T 4187-2017, Électrodes en tungstène pour le soudage à l'arc sous gaz inerte et le soudage au plasma.
- [4] Miller Electric Mfg. Co., Lignes directrices pour la sélection des électrodes en tungstène, 2020.
- [5] Manuel de soudage, Volume 2 : Procédés de soudage, American Welding Society, 2010.
- [6] Commission internationale de protection radiologique (CIPR), publication 103, 2007.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale

- [7] Zhang, W., et al., « Avancées dans les matériaux d'électrode de tungstène pour le soudage TIG », Science et ingénierie des matériaux, 2018.
- [8] Association européenne de soudage, Rapport technique sur les électrodes de tungstène au thorium, 2015.
- [9] Li, H., et al., « Impacts environnementaux et sanitaires des électrodes à base de thorium », Journal of Industrial Ecology, 2020.
- [10] Wang, Y., « Développement d'électrodes de tungstène non radioactives », Welding Journal, 2022.
- [11] GB 18871-2002, Norme de base pour la protection contre les rayonnements ionisants et la sécurité des sources de rayonnement.
- [12] Chen, L., « Techniques de métallurgie des poudres pour les électrodes à base de tungstène », Journal of Materials Processing Technology, 2019.
- [13] Liu, X., Techniques de protection radioactive dans la production d'électrodes de tungstène au thorium, China Welding Journal, 2021.
- [14] Manuel d'équipement de métallurgie des poudres, ASM International, 2017.