Encyclopédie de l'électrode de tungstène d'yttrium

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

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
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

Répertoire

Chapitre 1 : Introduction aux électrodes d'yttrium et de tungstène
1.1 Définition et contexte de l'électrode de tungstène d'yttrium
1.1.1 Composition chimique et principe de base de l'électrode d'yttrium et de tungstène
1.1.2 Histoire de la R&D et évolution technologique des électrodes d'yttrium et de tungstène
1.1.3 L'essor des électrodes d'yttrium et de tungstène dans le soudage à haute performance
1.2 Positionnement sur le marché des électrodes de tungstène d'yttrium
1.2.1 Analyse comparative avec d'autres électrodes de tungstène de terres rares
1.2.2 État du marché mondial et perspectives des électrodes d'yttrium et de tungstène
1.2.3 Avantages uniques des électrodes de tungstène d'yttrium

Chapitre 2 Classification des électrodes d'yttrium et de tungstène
2.1 Classification en fonction de la teneur en oxyde d'yttrium
2.1.1 Rendement et utilisation de l'électrode d'oxyde d'yttrium à 2 % (WY20)
2.1.2 Mise au point d'électrodes personnalisées à teneur en oxyde d'yttrium
2.2 Classification selon le procédé de soudage
2.2.1 Électrode de tungstène d'yttrium pour le soudage TIG
2.2.2 Électrodes pour le soudage et le coupage à l'arc plasma
2.2.3 Électrodes pour procédés spéciaux (soudage sous vide, micro-soudage)
2.3 Classification selon la forme et les spécifications
2.3.1 Électrode à tige standard (spécifications de diamètre et de longueur)
2.3.2 Micro-électrodes à aiguille (pour le soudage ultra-précis)
2.3.3 Électrodes personnalisées non standard (conception et application de forme spéciale)
2.4 Classification par environnement d'application
2.4.1 Électrodes de soudage dans des environnements à haute température
2.4.2 Électrodes environnementales sous vide et gaz inerte
2.4.3 Électrodes spéciales pour les environnements corrosifs
2.5 Normes et spécifications d'identification
2.5.1 Classification et échelles de couleurs dans les normes internationales (ISO 6848, AWS A5.12)
2.5.2 Classification et identification dans les normes nationales (GB/T 4192)
2.5.3 Exigences relatives à l'emballage et à l'étiquetage des électrodes de tungstène d'yttrium

Chapitre 3 Caractéristiques de performance des électrodes d'yttrium et de tungstène
3.1 Propriétés physiques des électrodes d'yttrium et de tungstène
3.1.1 Point de fusion élevé et stabilité à haute température des électrodes de tungstène d'yttrium
3.1.2 Densité, dureté et résistance à la déformation des électrodes de tungstène d'yttrium
3.1.3 Conductivité thermique et dilatation thermique des électrodes de tungstène d'yttrium
3.2 Propriétés chimiques des électrodes d'yttrium et de tungstène
3.2.1 Stabilité chimique de l'oxyde d'yttrium à haute température
3.2.2 Résistance à l'oxydation et à la corrosion des électrodes d'yttrium et de tungstène
3.2.3 Comportement chimique des électrodes d'yttrium et de tungstène dans des environnements spéciaux

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.3 Propriétés électriques des électrodes d'yttrium et de tungstène
3.3.1 Échappement d'électrons et performance d'amorçage d'arc de l'électrode de tungstène d'yttrium
3.3.2 Stabilité de l'arc de l'électrode d'yttrium et de tungstène à haute densité de courant
3.3.3 Conductivité et capacité d'émission thermoïonique des électrodes de tungstène d'yttrium
3.4 Propriétés mécaniques des électrodes de tungstène d'yttrium
3.4.1 Résistance au fluage à haute température de l'électrode de tungstène d'yttrium
3.4.2 Résistance à l'usure de la pointe de l'électrode d'électrode de tungstène d'yttrium
3.4.3 Analyse des caractéristiques de faible perte de combustion et de la durée de vie des électrodes de tungstène d'yttrium
3.5 Caractéristiques de sécurité et de protection de l'environnement des électrodes de tungstène d'yttrium
3.5.1 Les avantages de la non-radioactivité et de la faible toxicité des électrodes de tungstène d'yttrium
3.5.2 Évaluation de l'impact environnemental et de la durabilité des électrodes de tungstène d'yttrium
3.5.3 Normes de santé et de sécurité au travail pour les électrodes de tungstène d'yttrium
3.6 Chine Tungstène Fabrication intelligente Yttrium Tungstène Électrode MSDS

Chapitre 4 Processus de préparation et technologie de l'électrode d'yttrium et de tungstène
4.1 Préparation des matières premières pour les électrodes de tungstène d'yttrium
4.1.1 Criblage et préparation de poudre de tungstène de haute pureté
4.1.2 Purification et contrôle de la qualité de l'oxyde d'yttrium
4.1.3 Sélection et optimisation des additifs auxiliaires
4.2 Procédé de métallurgie des poudres de l'électrode de tungstène d'yttrium
4.2.1 Technologie de mélange et de dopage de la poudre d'yttrium et de tungstène
4.2.2 Procédé de formage à haute pression et de pressage isostatique
4.2.3 Frittage à haute température et contrôle de l'atmosphère (hydrogène, frittage sous vide)
4.3 Traitement et finition des électrodes de tungstène d'yttrium
4.3.1 Calandre à chaud et emboutissage de précision
4.3.2 Polissage de surface et formation des pointes
4.3.3 Découpe d'électrodes et traitement personnalisé
4.4 Technologie de contrôle de la qualité des électrodes de tungstène d'yttrium
4.4.1 Contrôle de l'uniformité de la distribution de l'oxyde d'yttrium
4.4.2 Analyse de la microstructure (MEB, EDS, XRD)
4.4.3 Optimisation des paramètres du procédé et prévention des défauts
4.5 Technologie de fabrication avancée de l'électrode de tungstène d'yttrium
4.5.1 Technologie de dopage à l'oxyde d'yttrium à l'échelle nanométrique
4.5.2 Procédé de frittage par plasma à décharge (SPS)
4.5.3 Technologie de fabrication intelligente et de surveillance en temps réel

Chapitre 5 Domaines d'application des électrodes de tungstène d'yttrium
5.1 Applications de soudage des électrodes d'yttrium et de tungstène
5.1.1 Application du soudage TIG (soudage à l'arc argon) dans les superalliages

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5.1.2 Applications de haute précision du soudage à l'arc plasma
5.1.3 Soudage d'un alliage de titane avec un alliage à base de nickel dans un environnement sous vide
5.2 Applications sans soudage des électrodes de tungstène d'yttrium
5.2.1 Découpe au plasma et pulvérisation
5.2.2 Applications des électrodes dans l'usinage par électroérosion (EDM)
5.2.3 Application dans les dispositifs de décharge à haute température
5.3 Application de l'électrode de tungstène d'yttrium dans l'industrie
5.3.1 Aérospatiale (composants de moteur, aubes de turbine)
5.3.2 Défense et industrie militaire (matériaux de blindage, composants de missiles)
5.3.3 Industrie de l'énergie (équipement nucléaire, turbines à gaz)
5.3.4 Fabrication de semi-conducteurs et de microélectronique
5.4 Analyse de cas typique des électrodes d'yttrium et de tungstène
5.4.1 Soudage de pièces structurelles d'aviation en alliage de titane
5.4.2 Réparation des superalliages et renforcement de surface
5.4.3 Soudage de composants de précision dans un environnement sous vide

Chapitre 6 Équipement de production d'électrodes de tungstène d'yttrium
6.1 Équipement de préparation des matières premières pour les électrodes d'yttrium et de tungstène
6.1.1 Équipement de broyage de poudre de tungstène et de tri granulométrique
6.1.2 Équipement de purification et de nanopréservation de l'oxyde d'yttrium
6.2 Équipement de métallurgie des poudres pour électrodes de tungstène d'yttrium
6.2.1 Système de mélange et de dopage de haute précision
6.2.2 Équipement de pressage isostatique à froid et de pressage à chaud
6.2.3 Four de frittage sous vide à haute température et four à atmosphère
6.3 Équipement de traitement et de formage des électrodes d'yttrium et de tungstène
6.3.1 Machine de calandrage et d'étirage de précision
6.3.2 Équipement de meulage et de polissage CNC
6.3.3 Équipement de découpe laser et de façonnage d'électrodes
6.4 Équipement d'inspection et de surveillance de la qualité des électrodes d'yttrium et de tungstène
6.4.1 Équipement d'analyse de la composition chimique (ICP-MS, XRF)
6.4.2 Équipement d'analyse de la microstructure et de la morphologie (MEB, MET)
6.4.3 Équipement d'essai de performance (stabilité de l'arc, testeur de taux de brûlure)
6.5 Équipement de production intelligent pour électrodes de tungstène d'yttrium
6.5.1 Lignes de production automatisées et robots industriels
6.5.2 Système en ligne de surveillance de la qualité et d'analyse des données

Chapitre 7 Normes nationales et étrangères pour les électrodes d'yttrium et de tungstène
7.1 Norme internationale pour les électrodes d'yttrium et de tungstène
7.1.1 ISO 6848 : Classification et exigences techniques pour les électrodes de tungstène
7.1.2 AWS A5.12 : Spécifications et performances de l'électrode de tungstène
7.1.3 EN 26848 : Norme européenne pour les électrodes en tungstène
7.2 Normes nationales pour les électrodes d'yttrium et de tungstène

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7.2.1 GB/T 4192 : Conditions techniques pour les électrodes en tungstène
7.2.2 JB/T 12706 : Norme pour les électrodes en tungstène pour le soudage
7.2.3 Normes et spécifications propres à l'industrie
7.3 Comparaison standard et application de l'électrode d'yttrium et de tungstène
7.3.1 Différences et applicabilité des normes nationales et étrangères
7.3.2 Le rôle directeur des normes dans le processus de production
7.3.3 Le rôle normatif des normes dans les scénarios d'application
7.4 Tendance de développement standard de l'électrode de tungstène d'yttrium
7.4.1 L'impact des nouveaux matériaux et procédés sur les normes
7.4.2 Mises à jour des normes de protection de l'environnement et de sécurité

Chapitre 8 Technologie de détection de l'électrode de tungstène d'yttrium
8.1 Détection de la composition chimique des électrodes d'yttrium et de tungstène
8.1.1 Mesure précise de la teneur en oxyde d'yttrium
8.1.2 Analyse des éléments d'impuretés et des traces
8.1.3 Détection de l'uniformité de la distribution des composants
8.2 Propriétés physiques des électrodes d'yttrium et de tungstène
8.2.1 Essai de densité, de dureté et de propriétés mécaniques
8.2.2 Essais de qualité de surface et de précision dimensionnelle
8.2.3 Essai de propriété physique à haute température
8.3 Détection des propriétés électriques de l'électrode d'yttrium et de tungstène
8.3.1 Échappement d'électrons et essai d'émission thermoionique
8.3.2 Efficacité d'amorçage de l'arc et essai de stabilité de l'arc
8.3.3 Essai de taux de combustion dans des conditions de courant élevé
8.4 Détection de la microstructure des électrodes d'yttrium et de tungstène
8.4.1 Analyse de la structure et de la taille des grains
8.4.2 Distribution et analyse de phase des particules d'oxyde d'yttrium
8.4.3 Détection des défauts internes (fissure, porosité)
8.5 Essais environnementaux et de sécurité des électrodes de tungstène d'yttrium
8.5.1 Certification des produits non radioactifs
8.5.2 Évaluation de l'impact environnemental et de la recyclabilité
8.5.3 Essais de santé et de sécurité au travail
8.6 Technologie et équipement d'essai de l'électrode de tungstène d'yttrium
8.6.1 Instruments et principes d'essai communs
8.6.2 Technologies de détection avancées (assistée par l'IA, analyse in situ, etc.)

Chapitre 9 Problèmes courants et solutions pour les utilisateurs d'électrodes d'yttrium et de tungstène
9.1 Causes possibles de l'instabilité de l'arc des électrodes de tungstène d'yttrium
9.1.1 Géométrie incorrecte de la pointe de l'électrode
9.1.2 Problèmes de type de courant et de réglage des paramètres
9.1.3 Qualité ou débit insuffisant du gaz de protection
9.1.4 Contamination ou oxydation de la surface de l'électrode

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.2 Causes et contre-mesures de la combustion rapide des pointes d'électrode en tungstène d'yttrium
9.2.1 Courant excessif ou mauvaise sélection de polarité
9.2.2 Optimiser l'angle de meulage de la pointe et le traitement de surface
9.2.3 Régler le type et le débit du gaz de protection
9.2.4 Remplacer l'électrode par une teneur en oxyde d'yttrium plus élevée
9.3 Comment choisir la teneur appropriée en oxyde d'yttrium
9.3.1 Sélectionné en fonction du matériau de soudage (alliage de titane, alliage à base de nickel, etc.)
9.3.2 Appariement du type de courant et de l'intensité
9.3.3 Sélection dans un environnement spécial (vide, haute température)
9.3.4 Analyse de l'équilibre entre le rendement et les coûts
9.4 Contre-mesures pour la difficulté de formation d'arcs électriques d'électrodes de tungstène d'yttrium
9.4.1 Vérifier la propreté de la surface et l'état de la pointe des électrodes
9.4.2 Optimiser les paramètres de démarrage de l'arc à haute fréquence
9.4.3 Réglage de la distance entre l'électrode et la pièce
9.4.4 Remplacez l'électrode ou vérifiez la stabilité de l'alimentation électrique
9.5 Tungstène d'yttrium mélangé à d'autres électrodes de tungstène
9.5.1 Effets du mélange sur la performance de l'arc
9.5.2 Problèmes de perte d'électrode causés par le mélange
9.5.3 Suggestions pour l'identification et la gestion des électrodes
9.5.4 Analyse de substitution d'électrodes d'yttrium et de tungstène

Chapitre 10 Tendance de développement future de l'électrode de tungstène d'yttrium
10.1 Direction de l'innovation technologique de l'électrode de tungstène d'yttrium
10.1.1 Nouvelle technologie de dopage des composites de terres rares
10.1.2 Recherche et développement d'électrodes à ultra-haute température et d'ultra-précision
10.1.3 Fabrication écologique et technologie de production à faibles émissions de carbone
10.2 Élargissement des champs d'application des électrodes de tungstène d'yttrium
10.2.1 Fabrication d'équipement à énergie nouvelle (batteries, énergie éolienne)
10.2.2 Approfondissement des applications dans les domaines de l'aérospatiale et de la défense
10.2.3 Soudage de précision dans l'industrie de la microélectronique et des semi-conducteurs
10.3 Tendances du marché et de la politique des électrodes de tungstène d'yttrium
10.3.1 Prévisions de la demande du marché mondial des électrodes d'yttrium et de tungstène
10.3.2 L'impact de la politique sur les ressources en terres rares sur la production
10.3.3 Commerce international et optimisation de la chaîne d'approvisionnement

Appendice
A. Glossaire
B. Références

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Chapitre 1: Introduction aux électrodes d'yttrium et de tungstène

1.1 Définition et contexte de l'électrode de tungstène d'yttrium

1.1.1 Composition chimique et principe de base de l'électrode de tungstène d'yttrium

L'électrode de tungstène d'yttrium est une électrode de tungstène de terres rares haute performance principalement dopée avec une quantité appropriée d'oxyde d'yttrium (Y_2O_3) dans une matrice de tungstène de haute puretéLa qualité industrielle courante est WY20 et le logo caractéristique est un revêtement bleu. Cette électrode combine les propriétés physicochimiques du tungstène métallique et de l'oxyde d'yttrium, ce qui en fait un consommable important dans le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG). La composition chimique des électrodes en tungstène d'yttrium comprend principalement du tungstène de haute pureté (W, environ 98 % 99,5 %) et une petite quantité d'oxyde d'yttrium (Y_2O_3, généralement 1,8 % à 2,2 %), qui peuvent parfois contenir des traces d'autres impuretés, mais ces impuretés sont strictement contrôlées pour assurer la stabilité des performances.

En tant que métal de transition, le tungstène a un point de fusion extrêmement élevé (3422°C), une excellente conductivité électrique et thermique et une inertie chimique, ce qui en fait un choix idéal pour les matériaux d'électrode. Cependant, les électrodes en tungstène pur présentent des problèmes tels qu'une faible efficacité d'émission d'électrons et une rupture facile lors du soudage à haute température. Le dopage de l'oxyde d'yttrium a considérablement amélioré ces déficiences. L'oxyde d'yttrium est un matériau à faible échappement d'électrons, et son travail d'échappement d'électrons est d'environ 2,5 ~ 2,7 eV, ce qui est beaucoup plus bas que les 4,5 eV du tungstène pur. Cela permet aux électrodes en tungstène d'yttrium de commencer à former des arcs à des tensions plus basses, présentant d'excellentes performances d'initiation d'arc électrique. De plus, l'ajout d'oxyde d'yttrium augmente la température de recristallisation de l'électrode (généralement supérieure à 2000°C), améliorant ainsi la résistance à la déformation à haute température et réduisant le taux de combustion.

D'après le principe de base, l'électrode de tungstène d'yttrium est utilisée comme électrode non consommable dans le soudage TIG, principalement utilisée pour générer un arc stable, chauffer et faire fondre la pièce et le matériau de remplissage. Son principe de fonctionnement est basé sur l'émission thermionique : lorsque l'électrode est excitée par une source d'alimentation à haute fréquence ou en courant continu, les particules d'oxyde d'yttrium dans la matrice de tungstène activent l'émission d'électrons, formant un arc à haute température (température jusqu'à 6000 ~ 7000 °C). La stabilité de l'arc est due à la compression mince et élevée de la colonne d'arc de l'électrode de tungstène d'yttrium, ce qui lui confère une grande profondeur de pénétration dans des conditions de courant modéré à élevé, ce qui la rend particulièrement adaptée au soudage de haute précision.

Les propriétés physicochimiques des électrodes de tungstène d'yttrium comprennent également un module d'élasticité élevé (environ 410 GPa), une bonne résistance à la corrosion et une résistance à l'oxydation. Ces propriétés garantissent la stabilité à long terme de l'électrode dans des environnements exigeants, tels que des températures élevées, une humidité élevée ou des gaz corrosifs. De plus, la conductivité des électrodes en tungstène d'yttrium (la résistivité est d'environ $5,6\times10^{-8}$ Ω·m) et la conductivité thermique (environ 174 W/m·K) sont meilleures que celles des

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

autres électrodes en tungstène de terres rares, ce qui les rend supérieures dans le soudage à haute puissance.

1.1.2 Historique de la R&D et évolution technologique des électrodes d'yttrium et de tungstène

Le développement des électrodes en tungstène d'yttrium est né de la demande de matériaux de soudage haute performance entre le milieu et la fin du 20e siècle. Les électrodes en tungstène ont d'abord été utilisées sous forme de tungstène pur pour le soudage TIG, mais leurs limites ont progressivement été mises en évidence, notamment dans le contexte des exigences croissantes en matière de qualité de soudage dans les industries aérospatiale et militaire. Dans les années 60 du XXe siècle, les électrodes de tungstène au thorium (oxyde de thorium dopé, ThO_2) sont devenues courantes en raison de leurs excellentes propriétés d'émission d'électrons, mais la radioactivité du thorium a soulevé des problèmes de sécurité et de protection de l'environnement, incitant les chercheurs à rechercher des matériaux alternatifs.

Dans les années 1970, des oxydes de terres rares (tels que l'oxyde de lanthane, l'oxyde de cérium, l'oxyde d'yttrium) ont été introduits dans l'étude de dopage des électrodes de tungstène. L'oxyde d'yttrium a attiré l'attention en raison de son faible échappement d'électrons et de sa grande stabilité chimique. Les premières recherches et le développement d'électrodes en tungstène d'yttrium se sont principalement concentrés sur l'optimisation des taux de dopage et des processus de production. Dans les années 1980, certains instituts de recherche aux États-Unis et en Europe ont commencé à expérimenter l'oxyde d'yttrium dans une matrice de tungstène et ont constaté qu'il pouvait améliorer considérablement les performances d'arc et la durabilité des électrodes. En 1985, la première électrode commerciale de tungstène d'yttrium (WY20) est entrée sur le marché, principalement utilisée pour le soudage de précision dans le domaine aérospatial.

Au 21e siècle, avec les progrès de la science des matériaux et de la technologie de fabrication, le processus de production des électrodes de tungstène d'yttrium a été considérablement optimisé. La méthode traditionnelle de métallurgie des poudres a été améliorée, et l'application de la technologie de dopage par pulvérisation et du processus de frittage à haute température a rendu la distribution de l'oxyde d'yttrium dans la matrice de tungstène plus uniforme. Par exemple, les processus de production modernes comprennent souvent les étapes suivantes : pulvérisation d'une solution aqueuse de nitrate d'yttrium dans le paratungstated' ammonium ou le trioxyde de tungstène dans les matières premières, formation d'une poudre de revêtement de tungstène yttrium après séchage ; La poudre uniforme de tungstène yttrium est obtenue par deux réductions ; Il est ensuite pressé, fritté à haute température (environ 2800°C) et forgé en plusieurs passes pour fabriquer des ébauches d'électrodes en tungstium yttrium à haute densité et à grain fin. Ces améliorations de processus réduisent les défauts internes des électrodes, améliorent les propriétés mécaniques et la stabilité de l'arc.

Ces dernières années, la Chine a fait des progrès significatifs dans le domaine de la recherche et du développement d'électrodes d'yttrium et de tungstène. Par exemple, une entreprise nationale a mis au point une électrode de tungstène multicomposite (WX4) et a obtenu un brevet d'invention national. Cette électrode a réalisé des percées dans les processus de dopage et l'optimisation des

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

performances, et est largement utilisée dans les scénarios de soudage haute performance. En outre, à l'échelle mondiale, la recherche et le développement des électrodes en tungstène d'yttrium s'orientent progressivement vers la protection de l'environnement et la rentabilité, dans le but de développer des matériaux alternatifs non radioactifs et à faible coût.

1.1.3 L'essor des électrodes d'yttrium et de tungstène dans le soudage à haute performance

L'essor des électrodes en tungstène d'yttrium dans le soudage haute performance est étroitement lié au développement de l'aérospatiale, de l'industrie militaire et de la fabrication haut de gamme. Ces domaines exigent une résistance, une précision et une fiabilité élevées des joints soudés, et les électrodes en tungstène yttrium sont le matériau de choix en raison de leurs excellentes propriétés d'arc et de leur faible taux de brûlure.

Dans le secteur aérospatial, les électrodes en tungstène d'yttrium sont largement utilisées pour le soudage d'alliages de titane, d'aciers inoxydables et de superalliages. Par exemple, la fabrication d'aubes de moteur d'avion nécessite une précision de soudage extrêmement élevée, et la colonne d'arc mince et la capacité de fusion profonde des électrodes de tungstène d'yttrium garantissent l'uniformité et la résistance de la soudure. Dans l'industrie militaire, les électrodes en tungstène d'yttrium sont utilisées pour souder des plaques d'acier blindé et des obus de missiles, et leur arc stable et leur faible taux de combustion peuvent répondre aux exigences de fiabilité élevées des structures complexes. De plus, dans l'industrie nucléaire et la fabrication d'équipements énergétiques, les électrodes en tungstène d'yttrium sont utilisées pour souder des composants critiques, tels que les cuves de réacteur, en raison de leur résistance à la corrosion et de leur stabilité à haute température.

L'essor des électrodes en tungstène d'yttrium est également dû aux progrès de la technologie de soudage TIG. Les soudeuses TIG modernes offrent un contrôle précis du courant et des capacités d'arc à haute fréquence, correspondant étroitement aux caractéristiques des électrodes en tungstène yttrium. De plus, la popularité du soudage automatisé et robotisé stimule davantage la demande d'électrodes en tungstène d'yttrium, car leur grande stabilité et leur longue durée de vie réduisent considérablement les coûts de production.

1.2 Positionnement sur le marché des électrodes d'yttrium et de tungstène

1.2.1 Analyse comparative avec d'autres électrodes de tungstène de terres rares

En tant que sorte d'électrode de tungstène de terres rares, l'électrode de tungstène d'yttrium présente des différences significatives de performances et d'application par rapport à l'électrode de tungstène au thorium (WT20), à l'électrode de tungstène de lanthane (WL20) et à l'électrode de tungstène de cérium (WC20). Voici une analyse comparative de plusieurs électrodes :

Électrode de tungstène au thorium (WT20)

Composition chimique : Dopé à 2 % d'oxyde de thorium (ThO_2), revêtement rouge.

Avantages : Forte capacité d'émission d'électrons, excellentes performances d'arc électrique, adapté au soudage à courant élevé.

Inconvénients : L'oxyde de thorium est radioactif et peut nuire à la santé et à l'environnement en cas

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

d'utilisation à long terme, nécessitant un stockage spécial et un équipement de protection.
Application : Principalement utilisé pour le soudage DC, adapté à l'acier au carbone et à l'acier inoxydable, mais utilisation limitée en raison de problèmes environnementaux.

Électrode de tungstène de lanthane (WL20)

Composition chimique : dopé à 1,5 % ~ 2 % d'oxyde de lanthane (La_2O_3), tête de revêtement bleue.
Avantages : Pas de radioactivité, bonnes performances d'initiation d'arc, grande stabilité d'arc, adapté au soudage AC et DC.
Inconvénients : Le taux de combustion est légèrement supérieur à celui de l'électrode de tungstène d'yttrium à courant élevé, et la durabilité est légèrement inférieure.
Application : Largement utilisé dans le soudage AC de l'alliage d'aluminium et de l'alliage de magnésium, adapté au soudage automatisé.

Électrode de tungstène de cérium (WC20)

Composition chimique : Dopé à 2 % d'oxyde de cérium (CeO_2), revêtement gris.
Avantages : Pas de radioactivité, excellentes performances d'arc à faible courant, adapté au soudage de plaques minces.
Inconvénients : La stabilité de l'arc est médiocre à courant élevé et la résistance à haute température n'est pas aussi bonne que celle de l'électrode de tungstène yttrium.
Applications : Convient pour le soudage de précision à faible puissance, tels que les composants électroniques et les tubes à paroi mince.

Électrode de tungstène d'yttrium (WY20)

Composition chimique : dopé à 2 % d'oxyde d'yttrium (Y_2O_3), pointe de revêtement bleu.
Avantages : non radioactif, arc rapide, arc stable à l'arc, faible taux de brûlure, adapté au soudage à fusion profonde à courant moyen et élevé.
Inconvénients : coût de production légèrement plus élevé et traitement plus difficile.
Application : Largement utilisé dans les industries aérospatiales et militaires, adapté à l'acier au carbone, à l'acier inoxydable, au cuivre, à l'aluminium et à d'autres matériaux.

Du point de vue de la comparaison des performances, les électrodes de tungstène d'yttrium sont meilleures que les autres électrodes de tungstène de terres rares en termes de performances globales, en particulier dans les scénarios de soudage à haute tension et à fusion profonde. Sa nature non radioactive en fait une alternative idéale aux électrodes de tungstène au thorium, qui présentent des avantages en termes de durabilité à haute température et de stabilité de l'arc par rapport aux électrodes de tungstène de lanthane et de tungstène de cérum.

1.2.2 État du marché mondial et perspectives des électrodes d'yttrium et de tungstène

Le marché mondial des électrodes de tungstène est dominé par la Chine car les réserves de tungstène de la Chine représentent plus de 70 % des ressources mondiales et la production annuelle représente plus de 80 % de la production mondiale. Les entreprises chinoises occupent une position de leader dans la R&D et la production d'électrodes en tungstène d'yttrium. En outre, les États-Unis, l'Europe et le Japon ont également une influence significative sur le marché des électrodes de tungstène, en

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

particulier dans les applications haut de gamme.

Selon une étude de marché, la taille du marché mondial des électrodes de tungstène était d'environ 500 millions de dollars américains en 2020 et devrait croître à un taux de croissance annuel composé (TCAC) d'environ 4,5 % d'ici 2030. L'aérospatiale, l'industrie militaire et la fabrication d'équipements à énergie nouvelle sont les principaux moteurs de croissance. Par exemple, la croissance rapide du marché mondial de l'aérospatiale, qui devrait atteindre 1,2 billion de dollars d'ici 2030, stimule directement la demande de matériaux de soudage haute performance.

En termes de marchés régionaux, l'Asie-Pacifique (en particulier la Chine et l'Inde) est le plus grand marché de consommation pour les électrodes de tungstène d'yttrium, représentant plus de 50 % du marché mondial. Les marchés nord-américain et européen se concentrent sur les applications haut de gamme, en mettant l'accent sur la précision et la fiabilité des électrodes. À l'avenir, avec le renforcement des réglementations environnementales et l'élimination progressive des électrodes de tungstène au thorium, la demande du marché pour les électrodes de tungstène d'yttrium devrait encore augmenter. En outre, l'essor des technologies émergentes telles que la fabrication additive (impression 3D) et le soudage composite laser-TIG a également ouvert de nouveaux scénarios d'application pour les électrodes d'yttrium et de tungstène.

Cependant, le marché des électrodes en tungstène d'yttrium est également confronté à des défis. Les coûts de production élevés et la fluctuation des prix des matières premières sont les principales contraintes. En outre, certains pays en développement préfèrent encore utiliser des électrodes au thorium-tungstène à moindre coût, ce qui peut inhiber la popularité des électrodes au tungstène d'yttrium à court terme. À long terme, avec l'amélioration de la sensibilisation à l'environnement et l'optimisation des processus de production, les électrodes de tungstène d'yttrium devraient occuper une plus grande part de marché à l'échelle mondiale.

1.2.3 Avantages uniques des électrodes en tungstène d'yttrium

Les avantages uniques des électrodes en tungstène d'yttrium se reflètent dans les aspects suivants :

Excellentes performances d'arc : La colonne d'arc de l'électrode de tungstène d'yttrium est mince et très comprimée, ce qui la rend adaptée au soudage par pénétration profonde à des courants moyens à élevés. La tension de démarrage de l'arc est faible (environ 10 ~ 15 V), l'arc s'allume rapidement et la stabilité est élevée, ce qui le rend adapté au soudage de haute précision.
Faible taux de combustion : Le dopage de l'oxyde d'yttrium augmente la température de recristallisation, de sorte que l'électrode n'est pas facile à déformer ou à brûler à haute température, et la durée de vie est environ 30 % ~ 50 % plus longue que celle des électrodes en tungstène pur.

Respectueux de l'environnement et non radioactif : Par rapport aux électrodes de tungstène au thorium, les électrodes de tungstène d'yttrium ne contiennent pas de substances radioactives, ce qui répond aux normes modernes de protection de l'environnement et de sécurité, réduisant ainsi les risques pour la santé des opérateurs.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Large adaptabilité des matériaux : les électrodes en tungstène d'yttrium conviennent au soudage de divers métaux tels que l'acier au carbone, l'acier inoxydable, le cuivre, l'aluminium et les alliages de titane, ce qui les rend adaptées à une variété de scénarios de soudage, des plaques minces aux plaques épaisses.

Haute fiabilité : Dans les industries aérospatiale et militaire, les électrodes en tungstène d'yttrium garantissent une résistance et une cohérence élevées dans les soudures, répondant ainsi à des exigences de qualité exigeantes.

Ces avantages rendent les électrodes en tungstène d'yttrium irremplaçables dans le domaine du soudage haut de gamme, en particulier dans les scénarios avec des exigences élevées en matière de qualité de soudage et de protection de l'environnement.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

Chapitre 2 Classification des électrodes d' yttrium et de tungstène

En tant qu'électrode haute performance et non consommable, l'électrode de tungstène d'yttrium est largement utilisée dans le soudage à l'arc tungstène-argon (TIG), le soudage à l'arc plasma et d'autres applications de haute précision en raison de son excellente stabilité de l'arc, de son faible taux de combustion et de ses propriétés non radioactives. Afin de répondre aux besoins de différents processus, matériaux et environnements, les électrodes de tungstène d'yttrium sont classées en fonction de la teneur en oxyde d'yttrium, du processus de soudage, des spécifications morphologiques, de l'environnement d'application et des spécifications standard. Ce chapitre traite en détail de ces méthodes de classification, en analysant les performances, les utilisations et les tendances de développement de divers types d'électrodes.

2.1 Classification selon la teneur en oxyde d'yttrium

La teneur en oxyde d'yttrium (Y_2O_3) est le principal facteur d'influence des performances de l'électrode d'yttrium et de tungstène, qui détermine directement le travail d'échappement d'électrons, la stabilité de l'arc et la résistance à haute température de l'électrode. Selon la teneur différente en oxyde d'yttrium, les électrodes en tungstène d'yttrium peuvent être divisées en électrodes de contenu standard (telles que WY20) et en électrodes de contenu personnalisé.

2.1.1 Performance et utilisation de l'électrode d'oxyde d'yttrium à 2 % (WY20).

Caractéristiques de performance : L'électrode WY20 est le type d'électrode de tungstène d'yttrium le plus courant à l'heure actuelle, avec une teneur en oxyde d'yttrium de 1,8 % ~ 2,2 % (fraction massique), conforme à la norme internationale ISO 6848 et à la norme nationale GB / T 4192.

Les principales caractéristiques sont les suivantes :

Travail d'échappement d'électrons : 2,5 ~ 2,7 eV, inférieur à l'électrode de tungstène pur (4,5 eV), de sorte que la tension d'arc est faible (10 ~ 15 V) et que le temps d'arc est < 0,1 seconde.

Stabilité de l'arc : Taux de dérive de l'arc <5 %, adapté au soudage à polarité positive DC (DCEN) et au soudage à courant alternatif (AC), avec une plage de courant de 50 ~ 300 A.

Taux de combustion : Dans des conditions de 200 A DC, le taux de combustion < de 0,2 mg/min, ce qui est inférieur à celui de l'électrode de tungstène au thorium (0,3 ~ 0,5 mg/min).

Propriétés mécaniques : Dureté Vickers (HV) 400~450, résistance à la traction > 1000 MPa, adapté à un environnement de soudage à haute température (température de l'arc 60007000°C).

Protection de l'environnement : non radioactive, meilleure que l'électrode de tungstène au thorium (contenant du ThO_2, émettant α de rayons), conformément aux normes de sécurité de l'Organisation internationale du travail (OIT).

Processus de fabrication : L'électrode WY20 est préparée par un processus de métallurgie des poudres, pureté de la poudre de tungstène ≥ 99,95 %, taille des particules d'oxyde d'yttrium 12 μm. Le processus de dopage utilise le dopage par pulvérisation ou le broyage à billes à haute énergie pour assurer une distribution uniforme de l'oxyde d'yttrium (écart <± 0,1 %). Le frittage est effectué dans un four sous vide ou sous atmosphère d'hydrogène à une température de 2000 ~ 2400 °C et à une densité de plus de 98 %.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Principales utilisations :

Aérospatiale : Soudage d'alliages de titane (tels que le Ti-6Al-4V) et d'alliages à base de nickel (tels que l'Inconel 718) pour les aubes de turbine, les chambres de combustion des moteurs et les structures du fuselage. Le faible taux de combustion et la stabilité de l'arc du WY20 garantissent une résistance de soudage de > 900 MPa, conforme aux normes de l'aviation.

Industrie de l'énergie : soudage de récipients sous pression en acier inoxydable pour les équipements nucléaires et de pièces en alliage à base de nickel pour les turbines à gaz, avec un courant de 150 ~ 250 A, et sans pores ni fissures dans les soudures.

Fabrication automobile : corps soudés en acier inoxydable et en alliage d'aluminium avec un courant de 50~150 A et adaptés au soudage de plaques minces (<2 mm) avec une petite zone affectée thermiquement (<0,5 mm).

Industrie de la construction navale : soudage de plaques d'acier à haute résistance, courant 200 ~ 300 A, forte capacité de pénétration profonde, ténacité de soudure élevée.

Avantages et limites : L'électrode WY20 fonctionne bien et est rentable dans les scénarios de soudage à courant moyen et à usage général, mais pour les courants ultra-élevés (>400 A) ou le micro-soudage (joints de soudure < 0,5 mm), la teneur en oxyde d'yttrium ou la conception de la pointe peuvent devoir être ajustées.

2.1.2 Mise au point d'électrodes personnalisées à teneur en oxyde d'yttrium

Contexte et exigences : Avec la diversification des procédés de soudage (par exemple, soudage à l'arc plasma à courant ultra-élevé, micro-soudage), les électrodes WY20 standard peuvent ne pas répondre à des besoins spécifiques. Les électrodes personnalisées à teneur en oxyde d'yttrium (telles que WY10 et WY30) optimisent les performances en ajustant le rapport Y_2O_3 (0,5 %~3,5 %) pour répondre à des scénarios d'application spéciaux.

Direction du développement :

Électrode à faible teneur en oxyde d'yttrium (WY10, Y_2O_3 0,8 % ~ 1,2 %) :

Performance : Puissance d'échappement électronique 2,7 ~ 2,9 eV, adaptée au soudage à faible courant (<50 A), environ 10 % ~ 15 % moins cher. La stabilité de l'arc est légèrement inférieure à celle du WY20 (taux de dérive <7 %), mais les performances d'arc sont bonnes.

Utilisations : Micro-soudage (par exemple, emballage de puces, dispositifs médicaux), soudage de tôles minces d'acier inoxydable (<1 mm).

Fabrication : Un processus de pulvérisation à faible dopage est utilisé pour réduire la quantité d'oxyde d'yttrium, et la température de frittage est de 1800 ~ 2200 °C.

Électrode à haute teneur en oxyde d'yttrium (WY30, Y_2O_3 2,5 % ~ 3,5 %) :

Performance : puissance d'échappement d'électrons 2,4 ~ 2,6 eV, taux de combustion <0,1 mg/min, température de recristallisation > 2100°C. Convient aux environnements à très courant (>400 A) et à haute température.

Applications : soudage à l'arc plasma, pulvérisation et soudage par fusion profonde dans l'industrie nucléaire et l'aérospatiale.

Fabrication : L'oxyde d'yttrium à l'échelle nanométrique (taille des particules 10 ~ 50 nm) et le

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

frittage par plasma à décharge (SPS) sont utilisés, avec une taille de grain de < 5 μm et une densité > 99 %.

Électrodes dopées composites : combinez l'oxyde d'yttrium avec de l'oxyde de lanthane (La_2O_3) ou de l'oxyde de cérium (CeO_2), comme l'Y-La-W (Y_2O_3 1,5 % + La_2O_3 0,5 %). Ce type d'électrode combine un faible travail d'échappement et une résistance élevée à la chaleur, avec un taux de dérive d'arc de <3 % et une durée de vie 20 %~30 % plus longue.

Défis et perspectives :
Défi : Une teneur élevée en oxyde d'yttrium augmente les coûts de production (environ 15 % ~ 20 %), et la technologie de nanodopage nécessite des équipements plus sophistiqués (tels que des broyeurs à boulets à haute énergie, des fours SPS).
Perspective : Les électrodes personnalisées peuvent répondre aux besoins des marchés haut de gamme (tels que les semi-conducteurs et les industries nucléaires), et la part de marché devrait augmenter à 15 % ~ 20 % d'ici 2030.

2.2 Classification selon le procédé de soudage

Les électrodes de tungstène d'yttrium sont divisées en électrodes spéciales de soudage TIG, soudage à l'arc plasma et électrodes de coupe spéciales et de processus spéciaux selon différents procédés de soudage, et chaque type d'électrode est optimisé pour des processus spécifiques.

2.2.1 Électrode de tungstène d'yttrium pour le soudage TIG

Caractéristiques : Le soudage TIG (soudage à l'arc à l'argon) est le principal domaine d'application de l'électrode de tungstène d'yttrium, avec une température d'arc de 6000 ~ 7000 °C et un courant de 50 ~ 300 A. L'électrode WY20 est préférée en raison de son faible travail d'échappement et de sa stabilité d'arc, avec un angle de pointe de 30 ° ~ 45 ° et un diamètre de 1,6 ~ 3,2 mm.

Exigences de performance :
La tension d'arc est de < 15 V et le temps d'arc est de < 0,1 seconde.
Le taux de dérive de l'arc est de <5 %, ce qui le rend adapté au soudage DCEN et AC.
Le taux d'épuisement < de 0,2 mg / min et la durée de vie est de 100 ~ 150 heures.
Utiliser:
Soudure de l'acier inoxydable : tuyau d'échappement automobile, récipient sous pression, courant 50 ~ 150 A, cordon de soudure lisse, zone affectée par la chaleur < 0,5 mm.
Soudage d'alliages de titane : pièces structurelles aérospatiales, courant 100~200 A, une protection contre l'argon est nécessaire (débit 1015 L/min).
Soudure en alliage d'aluminium : soudure AC, courant 50 ~ 200 A, fréquence 50 ~ 150 Hz, adaptée aux pièces de corps et de navire.

Conception optimisée :
La pointe est meulée à 30 ° ~ 45 ° pour garantir la concentration de l'arc.
Polissage électrochimique de la surface (Ra<0,4 μm) pour réduire la dérive de l'arc.
Combiné à la machine à souder intelligente, la fréquence d'impulsion (1 ~ 10 Hz) est

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

automatiquement ajustée pour améliorer la qualité de la soudure.

2.2.2 Électrodes pour le soudage et le coupage à l'arc plasma

Caractéristiques : Le soudage à l'arc plasma (PAW) et le découpage utilisent un arc à haute densité d'énergie (température > 20000 °C), courant 100 ~ 500 A, nécessitant que l'électrode ait une capacité de charge de courant élevée et une résistance à haute température. Le diamètre de l'électrode WY20 ou WY30 est de 2,4 ~ 4,8 mm et l'angle de pointe est de 45° ~ 60°.

Exigences de performance :
Stabilité de l'arc (taux de dérive <3 %) et prend en charge le soudage par pénétration profonde (profondeur de pénétration 10 ~ 15 mm).
Le taux d'épuisement professionnel < de 0,15 mg / min et la durée de vie est de 50 ~ 100 heures.
Température de recristallisation élevée (>2000°C), résistante aux chocs thermiques.

Utiliser:
Soudage à l'arc plasma : récipient sous pression en acier inoxydable pour équipement nucléaire, courant 200 ~ 400 A, soudure sans porosité.
Découpe plasma : acier au carbone, plaque en acier inoxydable (épaisseur 20~100 mm), courant 300~1000 A, largeur de coupe < 2 mm.
Projection plasma : revêtement céramique (zircone) d'aubes de turbines d'aviation, courant 400~600 A, force de liaison du revêtement > 70 MPa.

Conception optimisée :
Utilisez l'électrode WY30 pour des performances améliorées à haute température.
Équipé d'une torche de soudage refroidie à l'eau pour protéger l'électrode de la surchauffe.
Un gaz protecteur mixte argon-hélium (rapport 3:1) est utilisé pour améliorer la température et la stabilité de l'arc.

2.2.3 Électrodes pour procédés spéciaux (soudage sous vide, micro-soudage).

Caractéristiques : Le soudage sous vide et le micro-soudage nécessitent des électrodes à faible volatilité, de haute précision et à faible apport de chaleur. Les électrodes WY20 (0,5 ~ 1,6 mm de diamètre) ou les électrodes miniatures personnalisées (0,3 ~ 0,8 mm de diamètre) sont les principales options.
Exigences de performance :

Faible taux de libération de gaz (<10^{-6} Pa·m^3/s), adapté aux environnements sous vide (10^{-3}~10^{-5} Pa).
Le diamètre de l'arc < 0,5 mm, adapté au micro-soudage.
La vitesse de combustion est de <0,1 mg/min et le rayon de la pointe est de <0,1 mm.

Utiliser:
Soudage sous vide : pipelines d'équipements à semi-conducteurs, coques en alliage de titane d'engins spatiaux, courant 10 ~ 50 A, degré de vide 10^{-4} Pa.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Micro-soudure : emballage de puces, dispositifs médicaux (tels que des outils chirurgicaux), courant 5 ~ 20 A, diamètre du joint de soudure < 0,2 mm.
Fabrication additive de haute précision : l'arc plasma répare les pièces aérospatiales, courant 20 ~ 50 A, précision d'empilement ± 0,05 mm.

Conception optimisée :
Développement d'une électrode miniature en forme d'aiguille (rayon de pointe <0,05 mm), obtenue par micro-usinage laser.
Utilisez de l'hélium de haute pureté (débit 8 ~ 12 L / min) pour réduire la diffusion de l'arc.
Combiné à un dispositif d'arc à haute fréquence (fréquence 10 ~ 20 kHz), il assure un allumage rapide.

2.3 Classification selon la forme et les spécifications

La morphologie et les spécifications des électrodes en tungstène d'yttrium sont divisées en tiges standard, micro-aiguilles et électrodes personnalisées non standard en fonction des besoins de l'application, répondant à différentes exigences de précision et de processus de soudage.

2.3.1 Électrode à tige standard (spécifications de diamètre et de longueur)

Caractéristiques : L'électrode à tige standard est la forme principale d'électrode de tungstène d'yttrium, d'un diamètre de 0,5 ~ 6,4 mm et d'une longueur de 50 ~ 175 mm, qui répond aux normes ISO 6848 et GB / T 4192. Les tolérances sont de ± 0,05 mm de diamètre, ± 1 mm de longueur et la rugosité de surface est de Ra<0,4 μm.

Spécifications et applications :
Diamètre 0,5 ~ 1,6 mm : Micro-soudure et soudure de plaques minces, courant 10 ~ 100 A, adapté à l'emballage de puces et aux dispositifs médicaux.
Diamètre 1,6 ~ 3,2 mm : soudage TIG universel, courant 50 ~ 250 A, adapté à l'acier inoxydable, à l'alliage de titane et à l'alliage d'aluminium.
Diamètre 3,2 ~ 6,4 mm : soudage à courant élevé et découpe au plasma, courant 200 ~ 500 A, adapté aux plaques épaisses et au soudage à fusion profonde.
Longueur 50 ~ 75 mm : Soudage manuel pour une utilisation facile.
Longueur 150 ~ 175 mm : Soudage automatique, compatible avec les pistolets de soudage longs.

Processus de fabrication :
Une machine d'étirage de précision (tolérance ±0,01 mm) et une machine de découpe laser (précision de longueur ± 0,1 mm) sont utilisées.
La surface est polie électrochimiquement pour assurer une douceur et sans défaut.

Avantages : Les électrodes à tige standard ont une efficacité de production élevée, un faible coût, une grande polyvalence et représentent plus de 70 % de la part de marché.

2.3.2 Micro-électrodes à aiguille (pour le soudage ultra-précis)

Caractéristiques : Diamètre de la micro-électrode de l'aiguille 0,3 ~ 1,0 mm, rayon de pointe < 0,1

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

mm, conçu pour le soudage ultra-précis. La longueur de l'électrode était de 20 ~ 50 mm, la tolérance était de ±0,01 mm et la rugosité de surface était de Ra<0,2 μm.

Performances et utilisation :
Performance : Diamètre de l'arc <0,5 mm, zone affectée thermiquement < 0,1 mm, adapté au courant 5~50 A.
Utiliser:
Boîtier de puces semi-conductrices : soudure de fils de cuivre et d'or, diamètre du joint de soudure < 0,2 mm.
Dispositifs médicaux : micro couteaux chirurgicaux en acier inoxydable à souder, courant 5~20 A.
Optoélectronique : Souder les connecteurs à fibre optique avec une précision ± 0,01 mm.

Processus de fabrication :
Utilisez un équipement de micro-usinage laser pour traiter la pointe à un angle de 15 ° ~ 30 °.
Le polissage électrochimique (tension 5 ~ 10 V) est utilisé pour assurer une surface lisse.
Il est équipé d'une machine d'étirage de haute précision (tolérance ± 0,005 mm) pour produire des électrodes ultrafines.

Tendance de développement : Avec le développement de la microélectronique et des industries médicales, la demande d'électrodes à micro-aiguille devrait augmenter de 20 % ~ 30 %, favorisant l'application du traitement laser et de la technologie de nano-dopage.

2.3.3 Électrodes personnalisées non standard (conception et application de forme spéciale)
Caractéristiques : Les électrodes personnalisées non standard sont conçues en fonction d'exigences de processus spéciales, telles que les électrodes courbes, les électrodes coniques ou les électrodes à pointes multiples. Le diamètre et la longueur sont personnalisés selon les exigences du client avec des tolérances ± 0,05 mm.

Scénarios d'application :
Soudage structurel complexe : Les soudures de forme spéciale des composants aérospatiaux nécessitent des électrodes de pliage (rayon de courbure 5 ~ 10 mm).
Soudure multipoint : La soudure multi-plomb dans l'assemblage de la batterie utilise des électrodes multi-pointes (espacement des pointes 0,5 ~ 2 mm).
Fabrication additive : réparation à l'arc plasma, à l'aide d'électrodes coniques (angle de pointe 60°~90°) pour améliorer la précision de l'empilage.

Processus de fabrication :
Des électrodes de forme spéciale sont formées à l'aide de tours CNC ou de la technologie d'impression 3D.
Des formes complexes sont obtenues à l'aide de la découpe laser et de l'usinage par électroérosion (EDM).
Les revêtements de surface, tels que la zircone, améliorent la résistance aux hautes températures.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Avantages et défis :
Avantages : répondre à des besoins particuliers et améliorer l'efficacité du soudage.
Défis : cycle de production long et coût élevé (environ 20 % ~ 30 % plus élevé).

2.4 Classification par environnement applicatif

Les électrodes en tungstène d'yttrium sont divisées en gaz à haute température, sous vide et inertes, et en électrodes spéciales pour les environnements corrosifs en fonction de la température, de l'atmosphère et des caractéristiques chimiques de l'environnement d'application.

2.4.1 Électrodes de soudage dans des environnements à haute température

Caractéristiques : Les environnements à haute température (tels que le soudage à l'arc plasma, la pulvérisation) nécessitent que les électrodes aient des températures de recristallisation élevées (>2000°C) et de faibles taux de combustion (<0,15 mg/min). L'électrode WY30 (Y_2O_3 2,5 % ~ 3,5 %) est le choix principal, avec un diamètre de 2,4 ~ 4,8 mm et un angle de pointe de 45°~60°.

Performances et utilisation :
Performance : Résistance aux chocs thermiques, température de l'arc > 10000 °C, durée de vie 50 ~ 100 heures.
Utiliser:
Industrie nucléaire : barres de combustible soudées en alliage de zirconium, courant 300 ~ 500 A.
Aérospatiale : pulvérisation d'aubes de turbine en alliage à base de nickel, courant 400 ~ 600 A.
Equipement énergétique : soudure de la chambre de combustion d'une turbine à gaz, température > 1200°C.

Conception optimisée :
Le frittage SPS a été utilisé et la taille des grains était de < 5 μm.
Nano-revêtements de surface (par exemple, Y_2O_3-ZrO_2) pour améliorer la résistance à l'oxydation.

2.4.2 Électrodes environnementales sous vide et gaz inerte

Caractéristiques : L'environnement sous vide (10^{-3}~10^{-5} Pa) ou sous gaz inerte (par exemple, argon, hélium) nécessite une faible volatilité des électrodes (taux de libération de gaz < 10^{-6} Pa·). m^3/s)。
L'électrode WY20 (0,5 ~ 2,4 mm de diamètre) est adaptée à cet environnement et a un rayon de pointe < 0,2 mm.

Performances et utilisation :
Performance : Faible dégagement de gaz, stabilité de l'arc (taux de dérive <3 %).
Utiliser:
Équipement à semi-conducteurs : soudage sous vide de tuyaux en acier inoxydable, courant 10 ~ 50 A.
Vaisseau spatial : Coque en alliage de titane soudée, degré de vide 10^{-4} Pa.
Traitement thermique sous vide : électrode de four haute température, température > 1500°C.

Conception optimisée :

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Du tungstène de haute pureté (≥99,99 %) et de l'oxyde de nano-yttrium (10 ~ 50 nm) sont utilisés. Utilisez de l'hélium de haute pureté (débit 8 ~ 12 L / min) pour réduire la diffusion de l'arc.

2.4.3 Électrodes spéciales pour les environnements corrosifs

Caractéristiques : Les environnements corrosifs (tels que l'ingénierie maritime, les équipements chimiques) nécessitent des électrodes pour résister à l'oxydation et à la corrosion chimique. L'électrode WY20 (diamètre 1,6 ~ 3,2 mm) avec protection contre l'argon (débit 10 ~ 15 L / min) est le choix principal.

Performances et utilisation :

Performance : Formation d'une couche antioxydante (volatilité WO_3 <0,05 mg/min), rugosité de surface Ra<0,2 μm.

Utiliser:

Génie maritime : ponts de navires soudés en acier inoxydable, résistants à la corrosion des ions chlorure.

Équipement chimique : soudage de tuyaux en alliage Hastelloy, résistant à l'environnement acide.

Industrie de l'énergie: Soudage de pipelines d'équipements nucléaires, résistance aux hautes températures et aux hautes pressions.

Conception optimisée :

Polissage ou revêtement électrochimique de surface (p. ex., TiN) pour une meilleure résistance à la corrosion.

Combiné avec un mélange gazeux argon-hélium (rapport 4:1), l'effet de protection est amélioré.

2.5 Normes et spécifications d'identification

Les normes et les spécifications d'étiquetage garantissent l'uniformité de la qualité et la traçabilité des électrodes en tungstène d'yttrium, couvrant les normes internationales, les normes nationales et les exigences d'emballage.

2.5.1 Classification et échelles de couleurs dans les normes internationales (ISO 6848, AWS A5.12).

ISO 6848:2015 :

Classification : L'électrode de tungstène d'yttrium est marquée WY20, la teneur en Y_2O_3 est de 1,8 % ~ 2,2 % et l'extrémité est peinte en bleu.

Échelle de couleur : L'extrémité bleue se distingue du tungstène de thorium (rouge), du tungstène de lanthane (or) et du tungstène de cérium (gris).

Exigences : diamètre 0,5 ~ 6,4 mm, tolérance ± 0,05 mm ; longueur 50 ~ 175 mm, tolérance ± 1 mm ; Le taux d'épuisement professionnel < de 0,2 mg/min.

AWS A5.12:2009 :

Classification : Étiqueté comme EWY-2, teneur en Y_2O_3 1,8 % ~ 2,2 %, extrémité bleue.

Exigences : Composition chimique (tungstène ≥99,5 %), stabilité de l'arc (taux de dérive <5 %), rugosité de surface Ra<0,4 μm.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Certification : Un rapport d'essai de performance et une certification d'un organisme de test tiers sont requis.

Applications : Les normes internationales sont applicables au commerce mondial et sont largement utilisées dans l'aérospatiale, l'industrie nucléaire et la microélectronique pour garantir des performances d'électrode constantes.

2.5.2 Classification et identification dans les normes nationales (GB/T 4192).

GB/T 4192-2017 :

Classification : WY20 (Y_2O_3 1,8 % 2,2 %), et WY10 (0,8 % 1,2 %) et autres modèles non standard, extrémité bleue.

Exigences : Pureté du tungstène ≥99,5 %, impuretés <0,05 %, tension de démarrage de l'arc <15 V, taux de rodage <0,2 mg/min.

Identification : Le modèle, la taille, le lot de production et les informations du fabricant sont indiqués sur la surface de l'électrode ou sur l'emballage.

Application : Les normes nationales combinées à la production réelle en Chine, soutiennent de manière flexible la personnalisation non standard et sont largement utilisées dans les industries de l'automobile, de la construction navale et de l'énergie.

2.5.3 Exigences en matière d'emballage et d'étiquetage des électrodes de tungstène d'yttrium

Exigences d'emballage :

Résistant à l'humidité et aux chocs : Utilisez des boîtes en plastique scellées ou des emballages sous vide pour éviter que les électrodes ne soient humides ou ne entrent en collision.

Identification claire : L'emballage indique le modèle (WY20), les dimensions (diamètre, longueur), le numéro de lot, la date de production et les informations du fabricant.

Code-barres/RFID : Les emballages modernes intègrent des codes-barres ou des étiquettes RFID pour faciliter la gestion des stocks et la traçabilité.

Stockage et transport :

Environnement de stockage : Humidité < 60 %, température 5 ~ 30 °C pour éviter l'oxydation ou la pollution.

Exigences d'expédition : Utilisez un emballage résistant aux chocs pour éviter que l'électrode ne se plie ou ne se brise.

Tendance de développement : À l'avenir, des emballages intelligents (tels que les données de performance des liens de code QR) pourraient être introduits pour améliorer la traçabilité et l'expérience utilisateur.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Chapitre 3 Caractéristiques de performance des électrodes d'yttrium et de tungstène

3.1 Propriétés physiques des électrodes de tungstène d'yttrium

3.1.1 Point de fusion élevé et stabilité à haute température des électrodes de tungstène d'yttrium

Les électrodes en tungstène d'yttrium occupent une position importante dans l'industrie du soudage grâce à leur point de fusion élevé exceptionnel et à leur stabilité à haute température. Les électrodes de tungstène d'yttrium sont principalement composées de tungstène de haute pureté (W, pureté d'environ 98 % ~ 99,5 %) et d'oxyde d'yttrium (Y_2O_3, fraction massique d'environ 1,8 % ~ 2,2 %), et le point de fusion du tungstène est aussi élevé que 3422 °C, qui est l'un des métaux avec le point de fusion le plus élevé dans la nature. Cette caractéristique permet aux électrodes en tungstène d'yttrium de maintenir leur intégrité structurelle dans des environnements d'arc à très haute température (les températures d'arc peuvent atteindre 6000 ~ 7000 °C) et sont moins sujettes à la fusion ou à l'épuisement grave.

Le dopage de l'oxyde d'yttrium améliore encore la stabilité à haute température de l'électrode. L'oxyde d'yttrium a une stabilité thermique élevée et sa température de décomposition est beaucoup plus élevée que la température de fonctionnement réelle pendant le processus de soudage (environ 2500°C ou plus). En dotant l'oxyde d'yttrium, la température de recristallisation de l'électrode de tungstène d'yttrium est considérablement augmentée, atteignant généralement plus de 2000 °C, ce

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

qui est nettement supérieur à celui de l'électrode de tungstène pur 1700 °C. Cela signifie que les électrodes en tungstène d'yttrium peuvent maintenir la stabilité de la structure du grain pendant un fonctionnement à haute température à long terme, réduisant ainsi le glissement des joints de grain et la formation de fissures microscopiques. Cette stabilité à haute température est particulièrement importante pour le soudage par fusion profonde à courant élevé, comme lors du soudage d'alliages ou de superalliages de titane dans le secteur aérospatial, où l'électrode peut résister à un impact d'arc à haute température soutenu sans déformation ni dégradation des performances.

De plus, la stabilité à haute température des électrodes en tungstène d'yttrium se reflète également dans leur résistance aux chocs thermiques. Pendant le cycle de chauffage et de refroidissement rapides, la surface de l'électrode n'est pas sujette aux fissures thermiques. Cette propriété est due à la microstructure uniforme de la matrice de tungstène et à la distribution diffuse des particules d'oxyde d'yttrium, qui jouent un rôle dans le clouage des joints de grains à haute température, inhibant la croissance des grains et la concentration des contraintes thermiques.

3.1.2 Densité, dureté et résistance à la déformation des électrodes de tungstène d'yttrium

La densité de l'électrode de tungstène d'yttrium est proche de la valeur théorique du tungstène pur, qui est d'environ 19,1 ~ 19,3 g / cm³, qui est un matériau à haute densité. Cette caractéristique de haute densité garantit à l'électrode une grande stabilité mécanique sous l'action de l'arc électrique, résistant à la déformation causée par les chocs d'arc et les vibrations mécaniques. Le dopage de l'oxyde d'yttrium a peu d'effet sur la densité de l'électrode, mais en optimisant le processus de production (comme le frittage à haute température et le forgeage en plusieurs passes), la porosité interne de l'électrode peut être réduite à moins de 1 %, améliorant encore l'uniformité de la densité.

En termes de dureté, la dureté Vickers (HV) des électrodes de tungstène d'yttrium est généralement comprise entre 400 ~ 450, ce qui est légèrement supérieur à celui des électrodes de tungstène pur (environ 350 ~ 400 HV). L'effet de renforcement de la diffusion des particules d'oxyde d'yttrium améliore la résistance à la déformation de l'électrode, ce qui la rend moins sujette à la déformation plastique à haute température et pression. Cette dureté élevée et cette résistance à la déformation sont particulièrement importantes dans les scénarios nécessitant un soudage continu pendant de longues périodes, comme dans le soudage de tuyaux ou la fabrication d'appareils sous pression, où l'électrode peut maintenir la stabilité de la forme de la pointe et réduire le décalage de l'arc causé par la déformation.

L'augmentation de la résistance à la déformation est également étroitement liée à la taille des grains de l'électrode. En contrôlant avec précision la température de frittage et le processus de dopage, les électrodes modernes en tungstène yttrium peuvent contrôler la taille des grains dans la plage de 5 ~ 10 μm, ce qui est considérablement réduit par rapport aux 20 ~ 50 μm des électrodes traditionnelles en tungstène pur. La structure à grain fin améliore non seulement la dureté, mais aussi la ténacité de l'électrode, ce qui la rend moins sujette à la rupture sous l'effet d'une contrainte mécanique.

3.1.3 Conductivité thermique et dilatation thermique des électrodes de tungstène d'yttrium

La conductivité thermique de l'électrode de tungstène d'yttrium est d'environ 174 W/m·K, ce qui est

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

proche de celle du tungstène pur (environ 170 ~ 180 W/m·K), ce qui est meilleur que d'autres électrodes dopées aux terres rares (telles que l'électrode de tungstène au thorium, environ 160 W/m·K). La conductivité thermique élevée permet à l'électrode de dissiper rapidement la chaleur sous l'action d'un arc à haute température, réduisant ainsi la température de la pointe et réduisant l'apparition de brûlure et de fissuration thermique. Ceci est particulièrement important pour le soudage à haute puissance, où la pointe de l'électrode doit résister à un apport de chaleur continu.

Le coefficient de dilatation thermique est une autre propriété physique clé des électrodes en tungstène d'yttrium. Le coefficient de dilatation thermique du tungstène est faible, environ $4,5\times10^{-6}$ K^{-1} (20 ~ 1000°C), tandis que le dopage de l'oxyde d'yttrium a peu d'effet sur le coefficient de dilatation thermique. Cette propriété de faible dilatation thermique garantit que l'électrode subit des changements dimensionnels minimaux pendant les cycles à haute température, évitant ainsi les concentrations de contraintes ou la déformation de la pointe causée par la dilatation thermique. Dans les applications pratiques, le faible coefficient de dilatation thermique permet aux électrodes en tungstène d'yttrium de s'adapter aux processus de soudage à chauffage et refroidissement rapides, tels que le soudage TIG pulsé ou le soudage à l'arc plasma.

3.2 Propriétés chimiques des électrodes de tungstène d'yttrium

3.2.1 Stabilité chimique de l'oxyde d'yttrium à haute température

L'oxyde d'yttrium (Y_2O_3), en tant que composant dopant clé des électrodes de tungstène d'yttrium, présente une stabilité chimique extrêmement élevée. Son point de fusion est d'environ 2410 °C et la température de décomposition est beaucoup plus élevée que la température réelle pendant le processus de soudage (environ 2000 ~ 2500 °C). Dans les environnements d'arc électrique à haute température, l'oxyde d'yttrium reste chimiquement inerte et ne réagit pas de manière significative avec les gaz réactifs (par exemple, l'oxygène, l'azote) ou les vapeurs métalliques dans l'arc. Cette stabilité garantit qu'aucun dépôt d'oxyde ou de composé ne se forme à la surface de l'électrode lors d'une utilisation prolongée, ce qui permet de maintenir la stabilité et la pureté de l'arc.

La stabilité chimique de l'oxyde d'yttrium se reflète également dans sa résistance à la réduction. Dans le soudage TIG protégé par l'argon ou l'hélium, la surface de l'électrode peut être exposée à de petites quantités de gaz réducteurs (tels que l'hydrogène). L'énergie de liaison élevée de l'oxyde d'yttrium (énergie de liaison Y-O d'environ 715 kJ/mol) le rend difficile à réduire, tout en maintenant l'intégrité microstructurale de l'électrode. Cette caractéristique est particulièrement importante pour le soudage de haute précision, où toute modification chimique de la surface de l'électrode peut entraîner une dérive de l'arc ou une contamination de la soudure.

3.2.2 Résistance à l'oxydation et à la corrosion des électrodes de tungstène d'yttrium

La résistance à l'oxydation de l'électrode de tungstène d'yttrium à haute température est meilleure que celle de l'électrode de tungstène pur. Le tungstène pur est sujet à l'oxydation dans l'air à haute température (>1000°C), formant des WO_3 volatils, entraînant une combustion rapide des électrodes. Le dopage de l'oxyde d'yttrium réduit considérablement le taux d'oxydation de la surface de l'électrode en formant une couche protectrice stable d'oxyde. Des expériences montrent que le taux d'oxydation et de gain de poids de l'électrode de tungstène d'yttrium n'est que de 50 % ~ 60 % de

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

celui de l'électrode de tungstène pure dans un environnement d'oxydation de 1000°C.

Dans les environnements corrosifs (tels que les environnements industriels contenant des chlorures ou des gaz acides), les électrodes en tungstène d'yttrium présentent une bonne résistance à la corrosion. La matrice de tungstène elle-même a une bonne résistance à la corrosion, tandis que l'inertie chimique de l'oxyde d'yttrium améliore encore la résistance de l'électrode à la corrosion. Par exemple, dans le soudage en génie maritime, les électrodes de tungstène d'yttrium résistent à la corrosion des ions chlorure dans l'eau de mer, maintenant la stabilité des performances à long terme.

3.2.3 Comportement chimique des électrodes en tungstène d'yttrium dans des environnements particuliers (vide, gaz inerte, etc.)

Dans des environnements sous vide ou sous gaz inerte, les électrodes en tungstène d'yttrium présentent un comportement chimique particulièrement excellent. Dans le soudage sous vide (comme le soudage par faisceau d'électrons sous vide), la surface de l'électrode est presque sans contact avec tout gaz actif, et la faible volatilité de l'oxyde d'yttrium (pression de vapeur à 2000°C<10^{-5} Pa) garantit que l'électrode ne libère pas de gaz impuretés, maintenant la pureté de l'environnement sous vide. Cette caractéristique le rend idéal pour la fabrication de semi-conducteurs et le soudage de joints d'engins spatiaux.

Dans les environnements de gaz inertes (par exemple, l'argon, le soudage TIG protégé par l'hélium), la stabilité chimique des électrodes de tungstène d'yttrium réduit encore l'interaction entre l'électrode et le gaz de protection. Les particules d'oxyde d'yttrium forment une couche protectrice microscopique stable à la surface de l'électrode, empêchant la matrice de tungstène de réagir avec des gaz d'impuretés à l'état de traces tels que l'oxygène ou la vapeur d'eau. Cette caractéristique garantit la pureté de l'arc et la qualité de la soudure, ce qui est particulièrement avantageux dans le soudage de haute précision.

3.3 Propriétés électriques des électrodes de tungstène d'yttrium

3.3.1 Échappement d'électrons et performance d'arc électrique de l'électrode de tungstène d'yttrium

Le travail d'échappement des électrons de l'électrode de tungstène d'yttrium est l'indice central de ses performances électriques. Le travail d'échappement d'électrons du tungstène pur est d'environ 4,5 eV, tandis que le dopage de l'oxyde d'yttrium le réduit à 2,5 ~ 2,7 eV. Ce faible travail d'échappement améliore considérablement la capacité d'émission thermoïonique de l'électrode, permettant à l'électrode d'allumer l'arc à une tension plus basse (10 ~ 15 V), réduisant ainsi le temps de démarrage de l'arc et la consommation d'énergie.

Dans les applications pratiques, les performances d'arc électrique des électrodes en tungstène d'yttrium se caractérisent par une réponse rapide et un faible taux d'échec d'arc électrique. En particulier dans le soudage TIG pulsé ou les processus d'arc à haute fréquence, l'électrode peut former une colonne d'arc stable en quelques millisecondes. Cette propriété est particulièrement importante pour le soudage de précision, comme dans le micro-soudage de composants électroniques ou de dispositifs médicaux, afin de réduire l'apport de chaleur et de protéger le

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

matériau de la pièce.

3.3.2 Stabilité de l'arc de l'électrode de tungstène d'yttrium à haute densité de courant

La stabilité de l'arc des électrodes en tungstène d'yttrium à des densités de courant élevées (50 ~ 500 A/mm²) est l'un de leurs principaux avantages. Le dopage de l'oxyde d'yttrium rend la colonne d'arc plus mince et comprimée, l'énergie de l'arc est concentrée et le bain de fusion est contrôlé avec précision. Les expériences montrent que le taux de dérive de l'arc de l'électrode de tungstène d'yttrium est inférieur à 5 % dans des conditions de courant élevé de 200 ~ 300 A, ce qui est considérablement amélioré par rapport à l'électrode de tungstène pure (environ 10 % ~ 15 %).

L'amélioration de la stabilité de l'arc est également liée à la microstructure de la pointe de l'électrode. Les particules d'oxyde d'yttrium forment un point d'émission uniforme à l'extrémité de l'électrode, réduisant le saut local ou la dispersion de l'arc. Cette caractéristique est particulièrement importante dans le soudage à fusion profonde, comme dans le soudage épais de l'acier inoxydable ou des alliages de titane, où un arc stable assure l'uniformité et la résistance de la soudure.

3.3.3 Conductivité et capacité d'émission thermoïonique des électrodes de tungstène d'yttrium

La conductivité de l'électrode de tungstène d'yttrium est proche de celle du tungstène pur, et la résistivité est d'environ $5,6\times10^{-8}$ Ω·m, ce qui est légèrement mieux que l'électrode de tungstène au thorium (environ $6,0\times10^{-8}$ Ω·m)。 La conductivité élevée garantit que l'électrode peut conduire efficacement le courant à des courants élevés, réduisant ainsi la perte de chaleur par effet Joule et maintenant la stabilité de la température de la pointe.

La capacité d'émission thermoïonique est une autre propriété électrique clé des électrodes de tungstène d'yttrium. Le faible mécanisme d'échappement et la stabilité à haute température de l'oxyde d'yttrium lui permettent d'émettre en permanence des électrons thermiques dans l'environnement de l'arc et de maintenir la continuité de l'arc. Par rapport à l'électrode de tungstène de lanthane (WL20) ou à l'électrode de cérium-tungstène (WC20), l'électrode de tungstène d'yttrium a une efficacité d'émission thermionique plus élevée à courant élevé (>200 A), ce qui la rend adaptée au soudage par fusion profonde à haute puissance.

3.4 Propriétés mécaniques des électrodes de tungstène d'yttrium

3.4.1 Résistance au fluage à haute température de l'électrode de tungstène d'yttrium

La résistance au fluage de l'électrode de tungstène d'yttrium à haute température est due à l'effet de renforcement de la diffusion de l'oxyde d'yttrium. Dans un environnement d'arc électrique à haute température (environ 2000 ~ 2500 °C), les électrodes en tungstène pur sont sujettes au fluage, entraînant une déformation ou une rupture de la pointe. Les particules d'oxyde d'yttrium améliorent considérablement la résistance au fluage de l'électrode en épinglant les joints de grains et en inhibant le mouvement de dislocation. Des expériences montrent que le taux de fluage de l'électrode de tungstène d'yttrium à 2000°C n'est que de 30 % ~ 40 % de celui de l'électrode de tungstène pur.

Cette résistance au fluage permet aux électrodes en tungstène d'yttrium de maintenir la stabilité de la forme pendant de longues périodes de soudage à courant élevé. Par exemple, dans le soudage du titane dans l'aérospatiale, où les électrodes sont soumises à des heures de fonctionnement continu,

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

les propriétés anti-fluage des électrodes en tungstène d'yttrium garantissent la stabilité à long terme de la forme de leurs pointes.

3.4.2 Résistance à l'usure de la pointe de l'électrode de tungstène d'yttrium

La résistance à l'usure de la pointe de l'électrode est un facteur critique affectant la qualité de la soudure et la durée de vie de l'électrode. Les électrodes en tungstène d'yttrium sont formées avec des pointes pointues (rayon de pointe de 0,1 ~ 0,5 mm) grâce à un processus de meulage de précision, et la résistance à l'usure est améliorée par l'effet de renforcement de l'oxyde d'yttrium. Dans le soudage à courant élevé, la pointe de l'électrode est soumise à l'impact de l'arc et au bombardement ionique, et la dureté des particules d'oxyde d'yttrium (environ 910 Mohs) résiste efficacement à l'usure et à l'érosion de la pointe.

Par rapport aux électrodes en tungstène pur, le taux d'usure de la pointe des électrodes en tungstène yttrium est réduit d'environ 20 % ~ 30 %, en particulier dans le soudage à courant alternatif (AC). Dans le soudage AC, la pointe de l'électrode est soumise à une commutation rapide entre la polarité positive et négative, et la résistance à l'usure de l'électrode en tungstène d'yttrium garantit la stabilité à long terme de la forme de la pointe, réduisant la dérive de l'arc et les défauts de soudure.

3.4.3 Analyse des caractéristiques de faible perte de combustion et de la durée de vie des électrodes de tungstène d'yttrium

Le faible taux de combustion des électrodes en tungstène d'yttrium est l'une de leurs propriétés mécaniques les plus importantes. Le taux de combustion est généralement défini comme le taux de perte de masse d'une électrode à un courant et à un moment spécifiques. Les expériences montrent que le taux de combustion de l'électrode de tungstène d'yttrium n'est que de 0,1 ~ 0,2 mg / min dans des conditions de soudage de 200 A DC, ce qui est nettement inférieur à celui de l'électrode de tungstène pure (0,3 ~ 0,5 mg / min).

Le faible taux de perte par combustion est obtenu grâce aux facteurs suivants :

L'oxyde d'yttrium augmente la température de recristallisation de l'électrode et réduit la croissance des grains à haute température.
Une conductivité thermique élevée et un faible coefficient de dilatation thermique réduisent les contraintes thermiques à la pointe et réduisent les microfissures.
La lisse de la surface de l'électrode est élevée (Ra<0,4 μm), ce qui réduit l'écaillage du matériau causé par l'impact de l'arc.

L'analyse de la durée de vie montre que la durée de vie de l'électrode de tungstène d'yttrium dans des conditions de soudage TIG typiques peut atteindre 100 ~ 150 heures, ce qui est environ 30 % ~ 50 % plus long que celle de l'électrode de tungstène pur (50 ~ 80 heures). Dans le soudage par impulsions à courant élevé ou à haute fréquence, l'avantage de la durée de vie est encore plus évident.

3.5 Caractéristiques de sécurité et de protection de l'environnement des électrodes de tungstène d'yttrium

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

3.5.1 Les avantages de la non-radioactivité et de la faible toxicité des électrodes de tungstène d'yttrium

La non-radioactivité des électrodes de tungstène d'yttrium est leur principal avantage par rapport aux électrodes de tungstène au thorium (WT20). Les électrodes de tungstène au thorium présentent des risques pour la santé en raison de la présence d'oxyde de thorium (ThO_2, qui est α radioactif), et une exposition à long terme peut entraîner une exposition aux rayonnements. L'oxyde d'yttrium contenu dans les électrodes de tungstène d'yttrium n'est pas radioactif et répond aux normes de sécurité de l'Organisation internationale du travail (OIT) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

De plus, les propriétés de faible toxicité des électrodes de tungstène d'yttrium leur permettent d'avoir un impact minimal sur la santé des opérateurs lors de la production et de l'utilisation. L'oxyde d'yttrium et le tungstène sont tous deux des substances chimiquement inertes qui ne sont pas sujettes à la volatilisation ou produisent des gaz nocifs. Pendant le processus de soudage, l'électrode de tungstène d'yttrium n'émet pas de vapeurs toxiques, ce qui réduit le risque d'exposition respiratoire et cutanée pour les opérateurs.

3.5.2 Évaluation de l'impact environnemental et de la durabilité des électrodes en tungstène d'yttrium

La protection de l'environnement des électrodes en tungstène d'yttrium se reflète dans leur faible impact sur l'environnement lors de leur production et de leur utilisation. Par rapport aux électrodes en tungstène au thorium, les électrodes en tungstène d'yttrium ne nécessitent pas d'installations spéciales de traitement des déchets radioactifs, ce qui réduit le risque de pollution de l'environnement. Les processus modernes, tels que le dopage par pulvérisation et le frittage à haute température, améliorent la durabilité de la production en optimisant l'utilisation de l'énergie et en réduisant les émissions de déchets.

Du point de vue du cycle de vie, les caractéristiques de longue durée de vie des électrodes en tungstène d'yttrium réduisent la fréquence de remplacement des électrodes, réduisant ainsi la consommation de ressources et la production de déchets. De plus, le tungstène et l'oxyde d'yttrium peuvent être recyclés, atteignant un taux de récupération de plus de 90 % grâce à la fusion à haute température et à la purification chimique, ce qui répond aux exigences de l'économie circulaire.

3.5.3 Normes de santé et de sécurité au travail pour les électrodes de tungstène d'yttrium

Les spécifications de santé et de sécurité au travail pour les électrodes en tungstène d'yttrium comprennent principalement les aspects suivants :

Sécurité de fonctionnement : Des lunettes et des gants de protection doivent être portés pendant le soudage pour éviter d'endommager les yeux et la peau par la lumière à arc.
Exigences de ventilation : Bien que les électrodes en tungstène d'yttrium soient non toxiques, elles peuvent produire une petite quantité de vapeur métallique pendant le processus de soudage, alors assurez-vous que le lieu de travail est bien ventilé.
Stockage et transport : Les électrodes doivent être stockées dans un environnement sec et ventilé

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

pour éviter l'humidité ou les dommages mécaniques. Un emballage antichoc est nécessaire pendant le transport pour éviter que les électrodes ne se brisent.
Élimination des déchets : Les électrodes usagées doivent être triées et recyclées pour éviter les déchets aléatoires.

3.6 Chine Tungstène Fabrication intelligente Yttrium Tungstène Électrode MSDS

Partie 1 : Nom du produit
Nom : Électrode de tungstène d'yttrium (WY20)
N° CAS :7440-33-7

Partie 2 : Informations sur la composition/la composition
Composition chimique : tungstène (W, 98 %~99,5 %), oxyde d'yttrium (Y_2O_3, 1,8 %~2,2 %), impuretés traces (<0,1 %).
État physique : forme de tige solide, logo de revêtement bleu.

Partie 3 : Vue d'ensemble du danger
Risques pour la santé : Ce produit n'est pas irritant pour les yeux et la peau.
Risque d'explosion : Ce produit est ininflammable et non irritant.

Partie 4 : Mesures de premiers secours
Contact avec la peau : Retirez les vêtements contaminés et rincez-les abondamment à l'eau courante.
Contact visuel : soulevez la paupière et rincez à l'eau courante ou à l'aide d'une solution saline. Traitement médical.
Inhalation : Laisser les lieux prendre l'air. Si la respiration est difficile, donnez de l'oxygène. Traitement médical.
Manger : Buvez suffisamment d'eau tiède pour provoquer des vomissements. Traitement médical.

Partie 5 : Mesures de protection contre l'incendie
Produits de combustion nocifs : les produits de décomposition naturels sont inconnus.
Méthodes d'extinction d'incendie : Les pompiers doivent porter des masques à gaz et des combinaisons intégrales de lutte contre les incendies pour éteindre le feu dans le sens du vent. Agent extincteur : poudre de cuir sèche, sable.

Partie 6 : Traitement d'urgence des fuites
Traitement d'urgence : isoler la zone de pollution qui fuit et en restreindre l'accès. Coupez la source de feu. Il est recommandé au personnel d'intervention d'urgence de porter des masques anti-poussière (masques faciaux) et des vêtements antigaz. Évitez la poussière, balayez-le soigneusement et transférez-le dans un endroit sûr dans un sac. S'il y a une grande quantité de fuites, couvrez-la d'une bâche en plastique ou d'une toile. Collecter et recycler ou transporter vers des sites de traitement des déchets pour élimination.

Partie 7 : Fonctionnement, élimination et stockage
Précautions d'utilisation : Les opérateurs doivent suivre une formation spéciale et respecter

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

strictement les procédures d'utilisation. Il est recommandé aux opérateurs de porter des masques anti-poussière à filtre auto-amorçant, des lunettes de protection chimique, des vêtements de travail anti-pénétration toxiques et des gants en caoutchouc. Loin des incendies et des sources de chaleur, il est strictement interdit de fumer sur le lieu de travail. Utilisez des systèmes et des équipements de ventilation antidéflagrants. Évitez la poussière. Évitez tout contact avec des oxydants et des halogènes. Lors de la manipulation, il doit être chargé et déchargé légèrement pour éviter d'endommager l'emballage et les conteneurs. Équipé des variétés et des quantités correspondantes d'équipements de lutte contre l'incendie et d'équipements de traitement d'urgence en cas de fuite. Les récipients vides peuvent laisser des substances nocives derrière eux.

Précautions de stockage : Stocker dans un entrepôt frais et ventilé. Éloignez-vous du feu et des sources de chaleur. Il doit être stocké séparément des oxydants et des halogènes, et ne doit pas être mélangé. Equipé des variétés et des quantités correspondantes d'équipements de lutte contre l'incendie. L'aire d'entreposage doit être équipée de matériaux appropriés pour contenir le déversement.

Partie 8 : Contrôle des contacts et protection personnelle
CMA Chine (mg/m3) : 6
CMA de l'ex-Union soviétique (mg/m3) : 6
TLVTN : ACGIH 1 mg/m3
TLVWN :ACGIH 3mg/m3
Méthode de surveillance : Spectroluminométrie thiocyanure de potassium-chlorure de titane
Contrôle technique : processus de production sans poussière et ventilation complète.
Protection de l'appareil respiratoire : Lorsque la concentration de poussières dans l'air dépasse la norme, un masque anti-poussière à filtre auto-amorçant doit être porté. Lors d'une évacuation d'urgence, vous devez porter un respirateur à air.
Protection oculaire : Portez des lunettes de sécurité chimique.
Protection corporelle : porter des vêtements de travail anti-pénétration anti-poison.
Protection des mains : porter des gants en caoutchouc.

Partie 9 : Propriétés physiques et chimiques
Ingrédients principaux : produit pur
Aspect et propriétés : solide, blanc brillant métallisé
Point de fusion (°C) : N/A
Boiling point (°C): N/A
Densité relative (eau = 1) : 13 ~ 18,5 (20 °C)
Densité de vapeur (air = 1) : Aucune donnée
Pression de vapeur saturée (kPa) : Aucune donnée
Chaleur de combustion (kj/mol) : Pas de données
Température critique (°C) : Aucune donnée
Pression critique (MPa) : Aucune donnée
Valeur logarithmique du coefficient de distribution d'eau : Aucune donnée
Point d'éclair (°C) : Pas de données

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Température d'inflammation (°C) : Aucune donnée
Limite d'explosivité % (V/V) : Aucune donnée
Limite inférieure d'explosion % (V/V) : Aucune donnée
Solubilité : soluble dans l'acide nitrique et l'acide fluorhydrique
Utilisation principale : utilisé pour fabriquer des pièces de blindage, des tiges de fléchettes en alliage de tungstène, des billes en alliage de tungstène, etc.

Partie 10 : Stabilité et réactivité
Ingrédients interdits : acides forts et alcalis.

Partie 11 :
Toxicité aiguë : pas de données
CL50 : Aucune donnée

Partie 12 : Données écologiques
Il n'y a pas de données sur cette partie

Partie 13 : Élimination des déchets
Méthode d'élimination des déchets : Reportez-vous aux réglementations nationales et locales pertinentes avant l'élimination. Si possible, recyclez.

Partie 14 : Informations d'expédition
Numéro de marchandises dangereuses : Aucune information
Catégorie d'emballage : Z01
Précautions de transport : L'emballage doit être complet et le chargement doit être sécurisé. Pendant le transport, assurez-vous que le récipient ne fuit pas, ne s'effondre pas, ne tombe pas et ne s'endommage pas. Il est strictement interdit de mélanger et de transporter avec des oxydants, des halogènes, des produits chimiques comestibles, etc. Pendant le transport, il doit être protégé de l'exposition au soleil, de la pluie et des températures élevées. Le véhicule doit être soigneusement nettoyé après le transport.

Partie 15 : Renseignements réglementaires
Informations réglementaires : Règlement sur la gestion de la sécurité des marchandises dangereuses chimiques (publié par le Conseil des Affaires d'État le 17 février 1987), Règles d'application du Règlement sur la gestion de la sécurité des marchandises dangereuses chimiques (Hua Lao Fa [1992] n° 677), Règlement sur l'utilisation sûre des produits chimiques sur le lieu de travail ([1996] Département du travail Fa n° 423) et autres règlements, qui contiennent des dispositions correspondantes sur l'utilisation, la production, le stockage, le transport, le chargement et le déchargement en toute sécurité des marchandises dangereuses chimiques. La norme d'hygiène pour le tungstène dans l'air de l'atelier (GB 16229-1996) spécifie la concentration maximale admissible et la méthode de détection de la substance dans l'air de l'atelier.

Partie 16 : Renseignements sur le fournisseur

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Fournisseur : CTIA GROUP LTD
Téléphone : 0592-5129696/5129595

Chapitre 4 Processus de préparation et technologie de l'électrode d'yttrium et de tungstène

4.1 Préparation des matières premières pour les électrodes de tungstène d'yttrium

4.1.1 Criblage et préparation de poudre de tungstène de haute pureté

La préparation de l'électrode de tungstène d'yttrium commence par le criblage et la préparation de la poudre de tungstène de haute pureté, et la qualité de la poudre de tungstène affecte directement les propriétés physiques, chimiques et électriques de l'électrode. La poudre de tungstène est généralement préparée à partir de paratungstate d'ammonium (APT) ou de trioxyde de tungstène (WO_3) par un procédé de réduction de l'hydrogène. La production d'électrodes en tungstène d'yttrium nécessite que la pureté de la poudre de tungstène atteigne plus de 99,95 % pour assurer la stabilité de l'électrode dans l'environnement d'arc à haute température. La teneur en impuretés (par exemple, fer, nickel, carbone, etc.) doit être maintenue en dessous de 50 ppm, car même des traces d'impuretés peuvent provoquer l'épuisement de l'électrode ou la dérive de l'arc pendant le processus de soudage.

La distribution granulométrique de la poudre de tungstène est un paramètre clé pour le dépistage. La plage de taille idéale des particules de poudre de tungstène est de 1 ~ 5 μm, et des particules trop grosses (>10 μm) feront que le grain deviendra grossier après le frittage, réduisant ainsi la résistance

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

mécanique de l'électrode. Des particules trop petites (<0,5 μm) peuvent augmenter la difficulté de frittage et affecter la densité de l'électrode. Le processus de préparation moderne utilise la technologie de classification du flux d'air pour filtrer la poudre de tungstène, et en contrôlant avec précision la vitesse du flux d'air et la taille de l'écran, la poudre de tungstène avec une taille de particule uniforme est séparée. De plus, la morphologie de la poudre de tungstène doit également être optimisée, et les particules quasi sphériques sont préférées, car les particules sphériques ont une meilleure fluidité lors du mélange et du frittage ultérieurs, ce qui contribue à améliorer l'uniformité de l'électrode.

Le processus de préparation de la poudre de tungstène implique généralement les étapes suivantes :

Réduction : L'APT ou le WO_3 est réduit deux fois dans une atmosphère d'hydrogène (600~900°C) pour générer de la poudre de tungstène de haute pureté.
Tamisage : Criblage de la poudre de tungstène de la taille cible des particules à travers un tamis vibrant ou un équipement de calibrage à flux d'air.
Nettoyage : Le décapage (acide chlorhydrique dilué ou acide nitrique) est utilisé pour éliminer les oxydes et les impuretés de surface.
Séchage : Séchage à basse température (<200°C) dans un environnement sous vide ou sous gaz inerte pour éviter l'oxydation de la poudre de tungstène.

4.1.2 Purification et contrôle de la qualité de l'oxyde d'yttrium

L'oxyde d'yttrium (Y_2O_3) est un composant dopant clé des électrodes de tungstène d'yttrium, et sa pureté et sa qualité affectent directement les performances d'émission d'électrons de l'électrode et sa stabilité à haute température. L'oxyde d'yttrium est généralement extrait des minerais d'yttrium, tels que la monazite ou le fluorocérium, et purifié à plus de 99,99 % par des procédés d'extraction par solvant et d'échange d'ions. Au cours du processus de purification, la teneur en éléments d'impuretés (tels que le calcium, le silicium, le fer) doit être strictement contrôlée, et l'impureté cible totale doit être < 100 ppm pour éviter les effets négatifs sur les performances de l'électrode.

Le contrôle de la taille des particules d'oxyde d'yttrium est également essentiel. La taille idéale des particules d'oxyde d'yttrium est de 0,5 ~ 2 μm, et des particules trop grosses entraîneront un dopage inégal et réduiront la stabilité de l'arc de l'électrode. Les particules trop petites (<0,1 μm) peuvent s'agglomérer pendant le processus de frittage, affectant la microstructure de l'électrode. Les procédés modernes utilisent la technologie de séchage par atomisation pour préparer les particules d'oxyde d'yttrium, assurant l'uniformité et la fluidité en contrôlant le taux de pulvérisation et la température de séchage.

Les mesures de contrôle de la qualité comprennent :

Analyse chimique : La spectroscopie d'émission de plasma à couplage inductif (ICP-OES) a été utilisée pour détecter la pureté et la teneur en impuretés de l'oxyde d'yttrium.
Analyse de la taille des particules : Utilisez un analyseur de taille de particules laser pour mesurer la distribution des particules, garantissant ainsi le respect de la plage cible.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Examen morphologique : La morphologie des particules d'oxyde d'yttrium est observée par microscopie électronique à balayage (MEB), avec une préférence pour les particules quasi sphériques.

4.1.3 Sélection et optimisation des additifs auxiliaires

Dans la préparation des électrodes en tungstène d'yttrium, des additifs auxiliaires sont utilisés pour améliorer la fluidité de la poudre, les propriétés de frittage ou les propriétés mécaniques des électrodes. Les additifs couramment utilisés comprennent :

Liants : tels que l'alcool polyvinylique (PVA) ou le polyéthylène glycol (PEG), qui sont utilisés pour améliorer les performances de moulage des poudres, généralement 0,1 % ~ 0,5 % ajoutés.
Dispersants : tels que le polyacrylate d'ammonium (PAA), qui est utilisé pour empêcher l'agglomération des particules d'oxyde d'yttrium, avec une quantité ajoutée d'environ 0,05 % ~ 0,2 %.
Auxiliaires de frittage : tels qu'une petite quantité d'oxyde de lanthane (La_2O_3) ou d'oxyde de cérium (CeO_2), qui est utilisé pour réduire la température de frittage et augmenter la densité de l'électrode, et la quantité ajoutée est < 0,1 %.

La sélection des additifs doit tenir compte de leur volatilité pendant le processus de frittage à haute température afin d'éviter que des résidus n'affectent les propriétés électriques de l'électrode. Par exemple, le PVA peut être complètement décomposé à 600 ~ 800 °C sans matière organique résiduelle dans l'électrode. Les expériences visant à optimiser le rapport des additifs sont généralement réalisées par conception orthogonale afin d'évaluer de manière exhaustive l'impact des additifs sur la densité de l'électrode, la dureté et les performances de l'arc.

4.2 Procédé de métallurgie des poudres de l'électrode de tungstène d'yttrium

4.2.1 Technologie de mélange et de dopage de la poudre de tungstène d'yttrium

Le mélange et le dopage de la poudre de tungstène d'yttrium est une étape clé dans la préparation d'électrodes homogènes. L'oxyde d'yttrium doit être uniformément réparti dans la matrice de tungstène pour assurer la stabilité de l'arc et les propriétés mécaniques de l'électrode. Les techniques de dopage couramment utilisées comprennent :
Dopage humide : Une solution aqueuse d'oxyde d'yttrium, généralement du nitrate d'yttrium, est pulvérisée sur de la poudre de tungstène ou de la matière première de trioxyde de tungstène, assurant un mélange uniforme par agitation et dispersion ultrasonique. Par la suite, la poudre composite de tungstène yttrium a été formée par séchage par pulvérisation et la taille des particules a été contrôlée à 2 ~ 5 μm.
Dopage à sec : La poudre d'oxyde d'yttrium est directement mélangée à la poudre de tungstène, et l'alliage mécanique est effectué à l'aide d'un équipement de broyage à billes à haute énergie. Pendant le processus de broyage à billes, la vitesse (200 ~ 400 tr/min) et le temps (48 heures) doivent être contrôlés pour éviter les particules trop fines ou la contamination.
Dopage par pulvérisation plasma : La technologie de pulvérisation plasma est utilisée pour pulvériser des particules d'oxyde d'yttrium sur la surface de la poudre de tungstène pour former une structure de revêtement. Cette méthode convient à la préparation d'électrodes à haute teneur en oxyde d'yttrium (>2,5 %).

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

L'uniformité de distribution de l'oxyde d'yttrium doit être strictement contrôlée pendant le processus de dopage. Les procédés modernes analysent la distribution élémentaire des poudres dopées par spectroscopie de fluorescence X (XRF) ou spectroscopie à dispersion d'énergie (EDS), en veillant à ce que l'écart de fraction massique de l'oxyde d'yttrium <± de 0,1 %.

4.2.2 Formage à haute pression et pressage isostatique

Une fois la poudre de tungstène d'yttrium mélangée, elle doit être transformée en ébauches d'électrodes par moulage à haute pression. Les méthodes courantes de formage à haute pression comprennent :

Moulage par compression : La poudre dopée est chargée dans le moule et pressée en bandes vierges sous une pression de 50 ~ 100 MPa. Le moulage par compression convient à la production de petits volumes, mais la répartition de la densité interne de l'ébauche peut être inégale.

Pressage isostatique à froid (CIP) : La poudre est chargée dans un moule flexible et une pression uniforme de 200 ~ 300 MPa est appliquée dans le milieu liquide. Le procédé CIP peut augmenter considérablement la densité de la billette (jusqu'à 60 % ~ 70 % de la densité théorique) et réduire la porosité interne, ce qui le rend adapté à la production d'électrodes haute performance.

L'avantage du processus de pressage isostatique est que la pression est uniforme, ce qui évite la concentration des contraintes dans la billette. Les paramètres du processus (tels que la pression, le temps de maintien) doivent être optimisés en fonction de la taille des particules de poudre et du rapport d'additif, généralement le temps de maintien est de 30 ~ 60 secondes pour assurer la stabilité de la forme et la résistance de la billette.

4.2.3 Frittage à haute température et contrôle de l'atmosphère (hydrogène, frittage sous vide)

Le frittage à haute température est une étape essentielle dans la préparation des électrodes en tungstène d'yttrium, visant à améliorer la densité et les propriétés mécaniques des électrodes. Le frittage est généralement effectué dans une atmosphère d'hydrogène ou de vide, et les paramètres du processus comprennent :

Frittage d'hydrogène : Réalisé dans une atmosphère d'hydrogène de 1800 ~ 2200 °C, l'hydrogène empêche l'oxydation de la poudre de tungstène tout en favorisant la distribution uniforme des particules d'oxyde d'yttrium. Le temps de frittage est de 24 heures et la vitesse de chauffage est contrôlée à 5 ~ 10 °C / min pour éviter la croissance rapide des grains.

Frittage sous vide : Effectué dans un environnement sous vide de 10^{-3}~10^{-5} Pa, la température de frittage est de 2000~2400°C. Le frittage sous vide peut réduire l'adsorption des impuretés gazeuses et convient à la préparation d'électrodes de haute pureté.

Pendant le processus de frittage, la pureté de l'atmosphère (teneur en oxygène < 10 ppm) doit être strictement contrôlée pour éviter l'oxydation ou la formation de substances volatiles WO_3 à la surface de l'électrode. La densité de l'électrode après frittage peut atteindre plus de 98 % de la densité théorique, et la taille des grains est contrôlée à 5 ~ 10 μm pour assurer la résistance mécanique et la stabilité de l'arc de l'électrode.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4.3 Traitement et finition des électrodes de tungstène d'yttrium

Le traitement et la finition des électrodes en tungstène d'yttrium sont les étapes clés de la conversion des ébauches frittées en tiges d'électrodes conformes aux spécifications standard (ISO 6848, GB/T 4192), impliquant des processus tels que le calandrage à chaud, l'emboutissage de précision, le polissage de surface, le formage de pointes et la découpe personnalisée. Ces processus ont un impact direct sur la précision dimensionnelle, la qualité de surface et les performances d'arc des électrodes.

4.3.1 Calandre à chaud et dessin de précision

Processus de calandrage à chaud : Le calandrage à chaud est le processus de base du traitement des bandes de billettes de tungstène d'yttrium fritté (diamètre 10 ~ 20 mm, longueur 100 ~ 300 mm) en barres de plus petit diamètre (3 ~ 5 mm). Le calandrage à chaud est effectué dans un environnement à haute température pour réduire les exigences de dureté et de ductilité du tungstène, assurant une déformation uniforme et aucune fissure dans l'ébauche.

Paramètres du processus :
Température : 1400 ~ 1600 °C, inférieure à la température de recristallisation du tungstène (>2000 °C) pour éviter les grains excessifs.
Passes roulantes : 5 ~ 10 passes, le diamètre de chaque passe est réduit de 0,51 mm et la déformation cumulée est de 70 % ~ 80 %.
Matériau du rouleau : alliage tungstène-molybdène ou composite céramique, résistant aux hautes températures (> 1500°C) et résistant à l'usure.
Atmosphère protectrice : argon ou azote gazeux (débit 10 ~ 15 L/min, teneur en oxygène < 10 ppm) pour empêcher l'oxydation de la surface du tungstène pour former des substances volatiles WO_3.
Taux de chauffage : 5 ~ 10 °C / min pour éviter les micro-fissures causées par le stress thermique.

Équipement:
Calandres chaudes à haute température : Équipées de thermomètres infrarouges (précision ±2°C) et de systèmes de contrôle de l'atmosphère pour assurer le contrôle de la température et de l'oxydation.
Broyeur multi-cylindres : conception à quatre ou six rouleaux, force de laminage 100 ~ 200 kN, précision ± 0,1 mm.

Exigences de qualité :
Rugosité de surface Ra<1,0 μm, pas de rayures ou de couches d'oxyde visibles.
Tolérance de diamètre ±0,1 mm, écart de circularité <0,05 mm.

Défis et optimisations :
Défi : La fragilité du tungstène à haute température peut entraîner des fissures, nécessitant un contrôle précis de la température et du taux de déformation.
Optimisation : Le laminage progressif en plusieurs étapes est adopté, la quantité de déformation est < 15 % par passe et les fissures internes sont surveillées à l'aide d'un détecteur à ultrasons en ligne (fréquence 5 ~ 10 MHz).

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Processus d'étirage de précision : L'étirage de précision traite davantage la barre calandrée à chaud jusqu'au diamètre cible (0,5 ~ 4,8 mm) pour répondre aux besoins de soudage de haute précision (par exemple, micro-soudage, aérospatiale). Le processus d'étirage garantit que la surface de l'électrode est lisse, dimensionnellement précise et exempte de contraintes internes.

Paramètres du processus :
Moule d'étirage : moule en diamant (précision du diamètre du trou ± 0,01 mm), résistant à l'usure et surface lisse.
Vitesse de traction : 0,5 ~ 2 m / min, une vitesse trop élevée peut provoquer des rayures de surface, une vitesse trop faible réduira l'efficacité.
Lubrifiant : émulsion de graphite (viscosité 0,1~0,3 Pa·s) ou lubrifiant à base de molybdène (MoS_2) pour réduire le coefficient de frottement (<0,1).
Passes d'emboutissage : 10 ~ 15 passes, le diamètre de chaque passe est réduit de 0,1 ~ 0,3 mm et la déformation cumulée est > 90 %.
Contrôle de la tension : La force de traction (10 ~ 50 kN) est contrôlée par un servomoteur pour assurer la cohérence dimensionnelle.

Équipement:
Machine d'étirage de précision : équipée d'un capteur de tension (précision ±0,1 kN) et d'une jauge de diamètre laser (précision ±0,005 mm).
Système de lubrification : pulvérisation automatique de lubrifiant, débit 0,1 ~ 0,5 L / min pour éviter la surchauffe du moule.

Exigences de qualité :
Tolérance de diamètre ±0,05 mm, rugosité de surface Ra<0,4 μm.
Pas de rayures de surface, de fissures ou de contraintes résiduelles, et le taux de défauts internes < 0,5 %.

Défis et optimisations :
Défi : Écarts dimensionnels causés par l'usure des moules diamantés, qui devaient être remplacés régulièrement (dessinés tous les 100 000 mètres).
Optimisation : Introduction d'une jauge de diamètre laser en ligne et d'une tomographie à rayons X (XCT, résolution < 1 μm) pour surveiller les défauts dimensionnels et internes en temps réel.

Tendance de développement :
Développer une technologie de laminage assisté par plasma à haute température pour réduire la température de laminage (1200 ~ 1400 °C) et réduire la consommation d'énergie de 20 % ~ 30 %.
Utilisez des moules nano-enduits (tels que TiN ou CrN) pour prolonger la durée de vie du moule de 50 % et améliorer la précision des dessins.

4.3.2 Polissage de surface et formage des pointes

Processus de polissage de surface : Le polissage de surface est une étape essentielle pour améliorer la stabilité de l'arc et la longévité des électrodes en tungstène yttrium. Une surface lisse (Ra<0,4 μm)

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

réduit la dérive de l'arc (cible <5 %) et l'épuisement de la pointe (<0,2 mg/min) et réduit l'instabilité de l'arc causée par les défauts de surface.

Polissage mécanique :
Processus : Utilisez une meule diamantée (granulométrie 2000 ~ 3000 mesh) ou une bande de polissage en alumine, vitesse de polissage 13 m / min.
Équipement : Polisseuse CNC, équipée d'un système d'alimentation automatique (précision ± 0,01 mm) et d'un dispositif de circulation du liquide de refroidissement (débit 5 ~ 10 L / min).
Exigences de qualité : rugosité de surface Ra<0,4 µm, pas de rayures ni de micro-fissures.
Avantages : Convient pour la production à grand volume et à faible coût.
Inconvénients : Des résidus abrasifs à l'état de traces peuvent être introduits, qui doivent être nettoyés plus tard.

Polissage électrochimique :
Processus : Électrolyte mixte acide sulfurique-acide phosphorique (rapport 1:1, concentration 10 % 20 %), tension 515 V, densité de courant 0,52 A/cm², temps de polissage 1030 secondes.
Équipement : Machine de polissage électrochimique avec alimentation à courant constant (précision ± 0,1 V) et système d'agitation (vitesse 100 ~ 200 tr/min).
Exigences de qualité : rugosité de surface Ra<0,2 µm, pas de couche d'oxyde ni de piqûre de corrosion.
Avantages : Finition de surface élevée, adaptée au brasage de haute précision (par exemple les semi-conducteurs).
Inconvénients : Coût élevé du traitement par électrolyte et des mesures de protection de l'environnement.

Contrôle qualité:
La rugosité a été détectée à l'aide d'un scanner de surface laser (résolution < 0,01 µm).
Les microscopes optiques (grossissement 100 ~ 500 ×) examinent les défauts de surface pour s'assurer qu'il n'y a pas de rayures ou de signes d'oxydation.

Processus de formage des pointes : Le formage des pointes crée des pointes avec des angles (15 ° ~ 60 °) et des rayons (0,1 ~ 0,5 mm) spécifiques grâce à un meulage de précision pour optimiser la concentration de l'arc et les performances d'arc électrique. Différents procédés de soudage ont des exigences spécifiques pour les formes de pointes :

Paramètres du processus :
Sélection de l'angle :
15°~30° : Convient pour le micro-soudage (courant 5~50 A), la concentration de l'arc, la zone affectée thermiquement < 0,1 mm.
30°~45° : Soudage TIG général (courant 50~200 A) pour équilibrer la stabilité de l'arc et la durée de vie.
45°~60° : Soudage à l'arc plasma (courant >200 A), adapté à la fusion profonde et aux environnements à haute température.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Rayon de la pointe : 0,1 ~ 0,2 mm (micro-soudure), 0,3 ~ 0,5 mm (soudage à courant élevé).
Équipement de meulage : rectifieuse CNC, équipée d'une meule diamantée (taille de grain 3000 mesh), vitesse de rotation 1000 ~ 5000 tr / min.

Équipement:
Meuleuse CNC : prend en charge le contrôle multi-axes (précision ± 0,01°), forme de pointe programmable.
Système de refroidissement : Utilisez un liquide de refroidissement à base d'eau (débit 5 ~ 10 L / min) pour éviter la surchauffe de la pointe.

Exigences de qualité :
L'écart de l'angle de pointe est de <±1° et l'écart de rayon est de <±0,02 mm.
Pas de bavures ni de microfissures, rugosité de surface Ra<0,2 μm.

Défis et optimisations :
Défi : La cohérence du meulage de la pointe est difficile à garantir, et le fonctionnement manuel peut facilement entraîner des déviations.
Optimisation : Introduction d'un système de reconnaissance visuelle (résolution < 0,01 mm) pour détecter automatiquement la forme de la pointe ; Développez des fixations spécialisées pour assurer des angles de meulage constants.

Tendance de développement :
Technologie de polissage au laser : utilisez un laser pulsé (puissance 1 ~ 5 kW) pour polir la surface de l'électrode, rugosité Ra<0,1 μm, pas de déchets chimiques liquides.
Système de meulage intelligent : Combine des algorithmes d'IA pour optimiser les angles et les rayons des pointes, en s'adaptant à différents scénarios de soudage et en améliorant la cohérence de > 95 %.

4.3.3 Découpe à l'électrode et traitement personnalisé

Processus de découpe à l'électrode : La découpe à l'électrode coupe de longues tiges en longueurs standard (50 ~ 175 mm) pour répondre aux besoins de soudage manuel ou automatisé. Coupez pour vous assurer que l'incision est plate, sans bavures et évitez les micro-fissures causées par le stress thermique.

Meule de coupe diamantée :
Processus : Utilisez une roue de coupe diamantée (taille des particules 500 ~ 1000 mesh), vitesse de rotation 2000 ~ 5000 tr / min, vitesse de coupe 0,1 ~ 0,5 m / min.
Équipement : Machine de découpe CNC, équipée d'un système d'injection de liquide de refroidissement (débit 10 ~ 20 L / min).
Exigences de qualité : planéité de l'incision < 0,05 mm, pas de microfissures ou de zones affectées par la chaleur.
Avantages : Convient pour la production à grand volume et à faible coût.
Inconvénients : La roue de coupe est usée et doit être remplacée régulièrement.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Technologie de découpe laser :
Procédé : Laser à fibre (puissance 13 kW) avec une vitesse de coupe de 0,52 m/min et un diamètre de point focal < 0,1 mm.
Equipement : Machine de découpe laser, équipée d'une protection contre les gaz inertes (argon, débit 10~15 L/min).
Exigences de qualité : Précision de coupe ±0,1 mm, pas de fissures de contrainte thermique.
Avantage : Haute précision, adapté à la coupe de longueur non standard.
Inconvénients : Coût élevé de l'équipement.
Contrôle qualité:
La qualité de l'incision a été vérifiée à l'aide d'un microscope optique (grossissement de 50×).
Le détecteur à ultrasons (fréquence 5~20 MHz) détecte les microfissures internes (longueur < 0,1 mm).

Usinage sur mesure : L'usinage sur mesure répond à des besoins de soudage particuliers, tels que des électrodes de forme spéciale (courbe, conique, multi-pointes) ou des électrodes de taille non standard.

Scénarios d'application :
Électrodes de pliage : rayon de courbure 5~10 mm, adapté aux soudures complexes (par exemple, composants aérospatiaux).
Électrode conique : angle de pointe 60°~90°, utilisée pour la fabrication additive à l'arc plasma, précision d'empilage ± 0,05 mm.
Électrode multi-pointes : espacement des pointes de 0,5 ~ 2 mm, adapté au soudage multipoint pour l'assemblage de la batterie.

Métier:
Tours CNC : usinage d'électrodes courbes ou coniques avec une précision ± 0,05 mm.
Usinage par électroérosion (EDM) : Crée des formes complexes avec des jeux d'électrodes < 0,01 mm.
Assistance à l'impression 3D : Utilisé pour le prototypage afin de vérifier rapidement les performances d'électrodes de forme spéciale.

Exigences de qualité :
Tolérances dimensionnelles ± 0,05 mm et rugosité de surface Ra<0,4 μm.
Aucun défaut interne, résistance mécanique > 1000 MPa.

Défis et optimisations :
Défis : Long cycle de traitement personnalisé (2 ~ 5 jours) et coût élevé (environ 30 % plus élevé).
Optimisation : Introduire une conception modulaire, développer des montages universels et raccourcir les cycles de production de 50 %.

Tendance de développement :
La découpe laser à impulsions ultra-courtes (largeur d'impulsion < 10 ps) a été développée avec une

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

zone affectée par la chaleur < 0,01 mm de l'incision.
Les électrodes de forme spéciale sont directement formées à l'aide de techniques de fabrication additive telles que le dépôt de fusion laser, réduisant ainsi les étapes de traitement.

4.4 Technologie de contrôle de la qualité des électrodes de tungstène d'yttrium

La technologie de contrôle de la qualité garantit que la composition chimique, la microstructure et les performances des électrodes d'yttrium et de tungstène sont conformes aux normes (ISO 6848, GB/T 4192), couvrant la distribution de l'oxyde d'yttrium, l'analyse de la microstructure et l'optimisation des processus.

4.4.1 Contrôle de l'uniformité de la distribution de l'oxyde d'yttrium

Importance : La distribution uniforme de l'oxyde d'yttrium (Y_2O_3) affecte directement la stabilité de l'arc (taux de dérive <5 %) et le taux de combustion (<0,2 mg/min) de l'électrode. Une distribution inégale peut entraîner des points chauds localisés, réduisant ainsi la vie.

Méthode de contrôle :

Analyse chimique:
XRF : Le spectromètre à fluorescence X détecte la teneur en oxyde d'yttrium dans la section efficace de l'électrode, avec une précision de ±0,05 % et un temps d'analyse de < 1 minute.
ICP-OES : Spectromètre à plasma à couplage inductif avec limite de détection < 1 ppb et précision ± 0,01 %, adapté aux analyses de laboratoire de haute précision.
Processus : Échantillonnage de 5 ~ 10 points (centre, bord) pour s'assurer que l'écart de teneur en Y_2O_3 <± 0,1 %.

Observation microscopique :
MEB-EDS : Microscopie électronique à balayage combinée à une spectroscopie à dispersion d'énergie d'une résolution < 1 μm pour analyser la distribution des particules d'oxyde d'yttrium (pas d'agglomération dans la cible, <5 % dans la zone d'agglomération).
EPMA : Microanalyse par sonde électronique, profondeur de détection de 5~10 μm, précision ± 0,01 %, adaptée à l'analyse de distribution tridimensionnelle.

Optimisation des processus :
Dopage par pulvérisation : contrôlez le débit de pulvérisation (0,1 ~ 0,5 L / min) et la concentration de la solution (Y_2O_3 5 % ~ 10 %) pour assurer un dopage uniforme.
Broyeur à boulets à haute énergie : 1000 ~ 2000 tr / min, temps 48 heures, billes de zircone (diamètre 0,1 ~ 0,5 mm) pour réduire l'agglomération de particules.
Paramètres de frittage : température 2200 ~ 2400 °C, conservation de la chaleur pendant 24 heures, teneur en oxygène de l'atmosphère < 10 ppm.

Exigences de qualité :
La teneur en Y_2O_3 est de 1,8 % ~ 2,2 %, avec un écart de <±0,1 %. Il n'y avait pas d'agglomération évidente, la taille des particules était de 1 ~ 2 μm et l'uniformité de distribution était de > 95 %.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Défis et optimisations :

Défi : Un dopage inégal entraîne une réduction des performances locales et des coûts de détection élevés.

Optimisation : Mise en place d'un système de détection XRF en ligne pour surveiller l'uniformité du dopage en temps réel ; Développez des algorithmes d'IA pour prédire les défauts de dopage et ajuster les paramètres du processus.

4.4.2 Analyse de la microstructure (MEB, EDS, XRD)

Importance : La microstructure (par exemple, la taille des grains, la porosité, la composition de la phase) détermine la résistance mécanique et les propriétés électriques de l'électrode. Les techniques analytiques garantissent l'absence de défauts et de phases nuisibles (par exemple WO_3).

Méthode d'analyse :

SANS:

Fonction : Observez la taille des grains (cible 5 ~ 10 μm) et la porosité (<1 %) de la section efficace de l'électrode.

Dispositif : MEB à émission de champ avec une résolution < 1 nm et un grossissement de 1000 ~ 5000 ×.

Procédé : Polissage de l'échantillon, gravure (solution HF, concentration 5 %), observation des joints de grains et des pores.

EDS:

Fonction : Analyser la distribution de l'oxyde d'yttrium et des éléments d'impuretés (Fe, Si, C) avec une précision ± 0,05 %.

Procédure : Balayez le centre et le bord de l'électrode pour confirmer l'uniformité de Y_2O_3 et la teneur en impuretés (<50 ppm).

DRX :

Fonction : Détecter la composition des phases pour s'assurer qu'il n'y a pas d'OO_3 ou d'autres phases oxydantes.

Dispositif : rayon Cu Kα, angle de balayage 10 ~ 90 °, résolution ±0,01 °.

Procédé : Analyse de la matrice de tungstène (structure bcc) et des pics de Y_2O_3 (structure cubique) confirmée pour confirmer la pureté de phase > 99 %.

Exigences de qualité :

La taille des grains est de 5 ~ 10 μm et la porosité est de <1 %.

La teneur en impuretés était < 50 ppm, et il n'y avait pas de phase WO_3.

Les particules d'oxyde d'yttrium étaient uniformément réparties et la zone de non-agglomération était de >5 %.

Défis et optimisations :

Défi : L'analyse MEB/EDS prend beaucoup de temps (30 ~ 60 minutes par échantillon) et ne convient pas aux tests par lots.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Optimisation : Introduire un MEB (analyse automatique multi-échantillons) à haut débit et un système XRD en ligne pour réduire le temps de détection de 50 %.

4.4.3 Optimisation des paramètres du procédé et prévention des défauts

Optimisation des processus :

Expériences orthogonales : Des expériences multifactorielles (taux de dopage, température de frittage, vitesse d'étirage) ont été conçues pour optimiser les indicateurs de performance (par exemple, taux de combustion <0,2 mg/min).

Analyse de la surface de réponse : établir un modèle mathématique pour prédire l'influence des paramètres du processus sur la taille et l'uniformité des grains, et le taux d'optimisation > 90 %.

Paramètres clés :

Taux de dopage : Y_2O_3 1,8 %-2,2 %, tolérance <±0,1 %.

Pression isostatique : 250-300 MPa, densité des billettes >70 %.

Température de frittage : 2200-2400°C, vitesse de chauffage 510°C / min.

Vitesse d'étirage : 0,52 m/min, tension 10-50 kN.

Prévention des défauts :

Pores : Augmentez la pression isostatique (>250 MPa) et la température de frittage (>2200°C) à l'aide d'un four de frittage sous vide (10^{-3}~10^{-5} Pa).

Fissure : Contrôlez la vitesse de chauffage/refroidissement (<10°C/min) et utilisez le refroidissement par gradient (100~200°C/h).

Dopage inégal : temps de broyage à billes à haute énergie prolongé (68 heures) avec dopage par pulvérisation en plusieurs étapes (pression de la buse 13 MPa).

Détecter:

La tomographie à rayons X (XCT, résolution < 1 μm) détecte les pores et les fissures.

Inspection par ultrasons (fréquence 5 ~ 20 MHz) pour détecter rapidement les défauts internes.

Tendance de développement :

Développer une technologie de jumeau numérique pour simuler le processus d'usinage et prédire le taux de défauts (<0,5 %).

L'apprentissage automatique a été introduit pour optimiser les paramètres du processus et réduire le taux de défauts à <0,1 %.

4.5 Technologie de fabrication avancée de l'électrode de tungstène d'yttrium

Les technologies de fabrication avancées améliorent les performances et l'efficacité de production des électrodes en tungstène d'yttrium en introduisant le dopage à l'échelle nanométrique, le frittage SPS et la fabrication intelligente.

4.5.1 Technologie de dopage à l'oxyde d'yttrium à l'échelle nanométrique

Présentation technique : Le dopage à l'oxyde d'yttrium à l'échelle nanométrique (taille des particules 10 ~ 100 nm) a été préparé par broyage à billes à haute énergie ou méthode sol-gel, ce qui a considérablement amélioré les performances de l'électrode.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Processus de préparation :
Broyeur à boulets à haute énergie : vitesse de rotation 1000 ~ 2000 tr / min, billes de zircone (diamètre 0,1 ~ 0,5 mm), temps de broyage 4 ~ 6 heures, milieu d'eau ou d'éthanol pour éviter l'agglomération.
Méthode sol-gel : La solution de nitrate d'yttrium (concentration 5 % ~ 10 %) est mélangée à de la poudre de tungstène, séchée par pulvérisation (température 200 ~ 300 °C) pour former des nanoparticules.

Améliorations des performances :
Température de recristallisation : >2100°C, résistance au fluage augmentée de 30 %.
Stabilité de l'arc : taux de dérive <3 %, tension de démarrage de l'arc < 12 V.
Taux de rodage : <0,1 mg/min, durée de vie prolongée de 20 % ~ 30 %.

Perspectives d'application :
Soudage à ultra-courant (>400 A), comme les composants de réacteurs de l'industrie nucléaire.
Micro-soudure (joints de soudure < 0,2 mm), comme les boîtiers de puces semi-conductrices.

Défis et optimisations :
Défi : Les nanoparticules sont faciles à agglomérer, ce qui augmente les coûts de dopage de 10 % ~ 15 %.
Optimisation : Un dispositif de dispersion par ultrasons (fréquence 20 ~ 40 kHz) a été développé pour améliorer la dispersion des particules de > 95 %.

4.5.2 Procédé de frittage par plasma à décharge (SPS)

Vue d'ensemble technique : SPS termine le frittage en 5 ~ 10 minutes avec un courant d'impulsion (1000 ~ 5000 A) et une pression (50 ~ 100 MPa), avec une température de 1800 ~ 2000 °C, ce qui est inférieur au frittage traditionnel (2200 ~ 2400 °C).

Avantages du processus :
Haute densité : >99 %, porosité <0,5 %.
Grains fins : 3 ~ 5 μm, résistance mécanique > 1200 MPa.
Économie d'énergie et protection de l'environnement : réduit la consommation d'énergie de 30 % ~ 40 % et raccourcit le temps de frittage de 80 %.

Équipement:
Four de frittage SPS : équipé d'un moule en graphite (résistant à la température > 2000°C) et d'un système de vide (10^{-3} Pa).
Contrôle de la température : thermomètre infrarouge (précision ±2°C), précision du contrôle du courant ±1 A.

Appliquer:
Électrodes hautes performances : aube de turbine aérospatiale soudée avec un courant > 400 A.
Micro-électrode : micro-soudure à semi-conducteur, diamètre 0,3 ~ 0,8 mm.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Défis et optimisations :
Défi : Coût élevé de l'équipement SPS.
Optimisation : Le développement d'un système SPS modulaire permet de réduire les coûts d'équipement de 20 %.

4.5.3 Fabrication intelligente et technologie de surveillance en temps réel

Présentation de la technologie : La fabrication intelligente optimise les processus de production grâce aux capteurs, à l'Internet des objets (IoT) et à l'apprentissage automatique, améliorant ainsi l'efficacité et la cohérence.

Suivi en temps réel :
Thermomètre infrarouge (précision ±1°C) : surveillez la température de frittage (1800~2400°C).
Analyseur de gaz (limite de détection < 1 ppm) : Contrôle la teneur en oxygène < 10 ppm dans l'atmosphère.
XRF en ligne : Détection de la teneur en oxyde d'yttrium avec une précision ± 0,05 %.

Apprentissage automatique:
Etablir une base de données des paramètres du procédé (dopage, frittage, emboutissage) et prédire les indicateurs de performance (tels que le taux de brûlure, la granulométrie).
En utilisant des algorithmes d'IA pour optimiser les paramètres, le taux de défauts a été réduit à <0,5 %.

Ligne de production automatisée :
Robot à six axes (charge 5~20 kg, précision de positionnement ±0,1 mm) : pour le chargement et le déchargement de poudre, la manutention de flans et l'emballage d'électrodes.
Équipement d'usinage CNC : emboutissage, meulage et coupe, l'efficacité est augmentée de 50 %.

Appliquer:
Production de masse : 5000 ~ 10000 électrodes par jour, taux de défaut <1 %.
Personnalisation de haute précision : production d'électrodes de forme spéciale, raccourcissement du cycle de 30 %.

Tendance de développement :
Développer une plateforme de jumeau numérique pour simuler le processus de production en temps réel et prédire les défauts.
La technologie blockchain est introduite pour suivre l'ensemble du processus de production des matières premières et des électrodes afin d'assurer la traçabilité.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Chapitre 5 Domaines d'application des électrodes de tungstène d'yttrium

5.1 Applications de soudage des électrodes de tungstène d'yttrium

5.1.1 Application du soudage TIG (soudage à l'arc à l'argon) dans les superalliages

Le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG) est l'un des domaines les plus largement utilisés de l'électrode de tungstène d'yttrium (WY20), en particulier dans le soudage des superalliages. Les superalliages, tels que les alliages à base de nickel (Inconel, Hastelloy) et les alliages à base de cobalt, sont largement utilisés dans les industries aérospatiale, énergétique et chimique en raison de leur excellente résistance aux températures élevées, à la corrosion et à la fatigue. Cependant, le point de fusion élevé (1300 ~ 1500 °C) et la composition complexe de ces alliages imposent des exigences extrêmement élevées au processus de soudage. Les électrodes en tungstène d'yttrium sont idéales pour le soudage TIG des superalliages en raison de leur faible échappement d'électrons (environ 2,5 ~ 2,7 eV), de leur excellente stabilité à l'arc et de leur faible taux de rodage.

Dans le soudage TIG, les électrodes de tungstène d'yttrium génèrent des arcs à haute température (environ 6000 ~ 7000 °C) grâce à la protection contre l'argon ou l'hélium, faisant fondre la pièce et remplissant le matériau pour former des soudures de haute qualité. Sa colonne à arc mince et comprimée permet un contrôle précis de la forme du bain de fusion, réduisant ainsi la zone affectée thermiquement (HAZ) et réduisant ainsi le risque de fissures de soudure et de porosité. Les électrodes en tungstène d'yttrium sont particulièrement proéminentes dans des conditions de polarité

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

positive en courant continu (DCEN), généralement dans la plage de courant de 50 ~ 300 A, et conviennent aux plaques d'alliage d'une épaisseur allant de 0,5 mm à 20 mm.

Les applications spécifiques comprennent :

Composants de moteurs d'avion : Soudage de disques et d'aubes de turbine en alliage de nickel, nécessitant une résistance élevée et une résistance à haute température des soudures. Le faible taux de combustion de l'électrode de tungstène d'yttrium (environ 0,1 ~ 0,2 mg / min) assure la stabilité de l'électrode pendant le soudage à long terme.

Turbines à gaz : Le soudage des chambres de combustion en superalliage nécessite une fusion profonde et des soudures uniformes, et la grande stabilité de l'arc des électrodes en tungstène d'yttrium (taux de dérive <5 %) répond à ce besoin.

Equipement chimique : soudage des tuyaux en alliage Hastelloy, la résistance à la corrosion des électrodes tungstène yttrium assure la stabilité à long terme des soudures en milieu acide.

L'électrode de tungstène d'yttrium a d'excellentes performances d'arc et une faible tension d'arc (environ 10 ~ 15 V), ce qui permet d'obtenir une allumage et une extinction rapides dans le soudage TIG pulsé, ce qui convient aux scénarios de soudage de haute précision et automatisés. De plus, sa nature non radioactive en fait une alternative écologique aux électrodes en tungstène thorium, répondant aux normes de sécurité de l'industrie aérospatiale.

5.1.2 Applications de haute précision du soudage à l'arc plasma

Le soudage à l'arc plasma (PAW) est un procédé de soudage à haute densité d'énergie avec une température d'arc allant jusqu'à 20 000 °C, adapté au soudage de haute précision et à fusion profonde. L'application de l'électrode de tungstène d'yttrium dans le soudage à l'arc plasma bénéficie de sa résistance aux hautes températures et de sa capacité de charge de courant élevée (100 ~ 500 A). Le soudage à l'arc plasma permet d'obtenir une concentration d'énergie plus élevée en comprimant l'arc (contraint par la buse), avec une profondeur de pénétration allant jusqu'à 10 ~ 15 mm, une petite zone affectée par la chaleur et une qualité de soudage élevée.

Les avantages des électrodes en tungstène d'yttrium dans le soudage à l'arc plasma comprennent :

Concentration de l'arc : Le faible travail d'échappement et la répartition uniforme de l'oxyde d'yttrium rendent la colonne d'arc mince et stable, adaptée au soudage de plaques > 10 mm d'épaisseur.

Faible taux de combustion : à une densité de courant élevée (>300 A/mm²), le taux de combustion de l'électrode de tungstène d'yttrium n'est que de 0,15 ~ 0,25 mg/min, ce qui prolonge la durée de vie de l'électrode.

Adaptabilité des matériaux : Convient pour le soudage de l'acier inoxydable, des alliages de titane, des alliages à base de nickel et des alliages de zirconium.

Les applications typiques comprennent :

Récipients sous pression : Le soudage de récipients en acier inoxydable et en alliage de zirconium dans les équipements nucléaires exige que les soudures soient exemptes de porosité et d'inclusions

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de laitier.
Construction navale : Le soudage en profondeur de plaques d'acier à haute résistance et de ponts en alliage à base de nickel, et la grande stabilité de l'arc des électrodes de tungstène d'yttrium garantissent la cohérence de la soudure.
Dispositifs médicaux : soudage de précision des instruments chirurgicaux en acier inoxydable, et l'arc fin de l'électrode de tungstène yttrium (rayon de pointe 0,1 ~ 0,5 mm) répond aux besoins de minuscules joints de soudure.

Le soudage à l'arc plasma nécessite généralement une torche de soudage refroidie à l'eau ou au gaz pour protéger l'électrode de tungstène d'yttrium contre la surchauffe. Les processus modernes intègrent également des systèmes de contrôle automatisés pour améliorer encore la précision du soudage en régulant avec précision le courant et le débit de gaz.

5.1.3 Soudage d'un alliage de titane avec un alliage à base de nickel dans un environnement sous vide

Le soudage dans des environnements sous vide est principalement utilisé pour le traitement de matériaux sensibles et de haute précision, tels que le titane et les alliages à base de nickel, et est couramment utilisé dans les industries aérospatiale et des semi-conducteurs. Les électrodes en tungstène d'yttrium excellent dans le soudage TIG sous vide ou le soudage plasma sous vide, leur faible volatilité et leur stabilité chimique garantissant la pureté de l'environnement de soudage.

Les alliages de titane tels que le Ti-6Al-4V sont largement utilisés dans les pièces structurelles aérospatiales en raison de leur haute résistance, de leur faible densité et de leur excellente résistance à la corrosion, mais leur activité chimique élevée nécessite un soudage sous vide ou dans un environnement de gaz inerte pour éviter la contamination par l'oxygène et l'azote. Les avantages des électrodes en tungstène d'yttrium dans un environnement sous vide (10^{-3}~10^{-5} Pa) comprennent :

Faible dégagement de gaz : La faible pression de vapeur de l'oxyde d'yttrium (<10^{-5} Pa à 2000°C) garantit que l'électrode ne libère pas de gaz impuretés, ce qui permet de garder l'environnement sous vide propre.
Stabilité de l'arc : Le faible travail d'échappement et le point d'émission uniforme permettent à l'arc de s'allumer rapidement dans un environnement à basse pression, avec un taux de dérive de < 3 %.
Longue durée de vie : Dans un environnement sous vide, le taux de combustion de l'électrode est encore réduit (<0,1 mg/min), ce qui la rend adaptée au soudage continu à long terme.

Le soudage sous vide d'alliages à base de nickel, tels que l'Inconel 718, est principalement utilisé dans les composants d'engins spatiaux et les aubes de turbine, où son point de fusion élevé et sa composition complexe nécessitent une excellente résistance à haute température de l'électrode. La température élevée de recristallisation (>2000°C) et la résistance au fluage des électrodes de tungstène d'yttrium leur permettent de résister à des chocs d'arc à haute température à long terme et de maintenir la stabilité de la forme de la pointe.

Les applications typiques comprennent :

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Joints d'engin spatial : Coques en alliage de titane soudées sous vide pour assurer l'étanchéité à l'air et la résistance à la corrosion.
Aubes de turbine : Les aubes en alliage à base de nickel sont soudées avec précision et les soudures doivent répondre à des exigences élevées de résistance à la fatigue.
Équipement de semi-conducteurs : Soudage de tuyaux en acier inoxydable et en titane dans un environnement sous vide pour les équipements de fabrication de puces.

5.2 Applications sans soudage des électrodes de tungstène d'yttrium

5.2.1 Découpe au plasma et pulvérisation

L'application d'électrodes en tungstène d'yttrium dans la découpe et la pulvérisation plasma bénéficie de leur capacité de transport de courant élevée et de leur résistance aux hautes températures. La découpe au plasma fait fondre et souffle les matériaux métalliques à travers des arcs plasma à haute énergie (températures jusqu'à 30000°C) et est largement utilisée pour couper l'acier au carbone, l'acier inoxydable et les alliages d'aluminium. L'arc allongé et la grande stabilité des électrodes en tungstène d'yttrium en font l'électrode de choix pour la découpe plasma.
Dans la découpe plasma, les caractéristiques typiques des électrodes en tungstène d'yttrium comprennent :

Adaptabilité au courant élevé : Il peut résister à des courants ultra-élevés de 300 ~ 1000 A, adapté à la coupe de plaques d'une épaisseur de 20 ~ 100 mm.
Faible taux de brûlure : à haute densité d'énergie, la durée de vie de l'électrode peut atteindre 50 ~ 100 heures.
Précision de coupe : concentration d'arc élevée, faible largeur de coupe (<2 mm), état de surface élevé.

La pulvérisation plasma est une technique de renforcement de surface qui consiste à fondre et à pulvériser de la poudre de céramique ou de métal sur la surface d'une pièce à travers un arc plasma pour créer un revêtement résistant à l'usure ou à la corrosion. Les applications des électrodes en tungstène d'yttrium dans la pulvérisation plasma comprennent :

Aérospatiale : Pulvérisation de revêtements céramiques (tels que la zircone) sur les surfaces des pales de turbine pour améliorer la résistance aux hautes températures.
Équipement industriel : Pulvérisez des revêtements résistants à l'usure sur les godets de l'excavatrice ou les surfaces du corps de la pompe pour prolonger la durée de vie.

5.2.2 Applications des électrodes dans l'usinage par électroérosion (EDM).

L'usinage par électroérosion (EDM) est une technique d'usinage sans contact qui enlève de la matière par décharge d'étincelle entre l'électrode et la pièce, ce qui la rend adaptée à l'usinage de précision de matériaux de haute dureté. L'électrode de tungstène d'yttrium est utilisée pour sa dureté élevée (HV 400 ~ 450), sa résistance à l'usure et sa conductivité électrique (la résistivité est d'environ $5,6\times10^{-8}$ Ω·m) est utilisée comme électrode EDM.

Dans l'EDM, les avantages des électrodes en tungstène d'yttrium sont les suivants :

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Haute résistance à l'usure : L'effet de renforcement de l'oxyde d'yttrium rend l'électrode moins sujette à l'usure lors de la décharge à haute fréquence, ce qui maintient la stabilité de la forme.
Contrôle de l'arc : Le faible travail d'échappement assure la stabilité de la décharge d'étincelle, améliorant ainsi la précision de l'usinage.
Adaptabilité des matériaux : Convient pour l'usinage d'alliages de titane, d'aciers moulés et de carbure.

Les applications typiques comprennent :

Fabrication de moules : Utilisé pour l'usinage de précision des moules d'estampage et des moules d'injection.
Aérospatiale : Usinage de composants en titane aux formes complexes, tels que les trous de refroidissement des aubes de turbine.
Dispositifs médicaux : Usinage d'outils chirurgicaux et d'implants de haute précision.

5.2.3 Application dans les dispositifs de décharge à haute température

Les électrodes en tungstène d'yttrium sont utilisées comme générateurs d'arc ou électrodes de décharge dans les dispositifs de décharge à haute température et sont largement utilisées dans la recherche sur les plasmas, les équipements de pulvérisation thermique et les sources lumineuses à haute intensité telles que les lampes au xénon. Son point de fusion élevé (3422°C) et son faible taux de combustion lui permettent de résister à des températures extrêmes et à des décharges fréquentes.

Les scénarios d'application incluent :

Recherche sur le plasma : Dans les générateurs de plasma, les électrodes de tungstène d'yttrium sont utilisées pour générer du plasma à haute température (>10000°C) pour les tests de propriétés des matériaux ou la recherche sur la fusion nucléaire.
Fabrication de lampes au xénon : Les électrodes de tungstène d'yttrium servent de cathode aux lampes au xénon, qui résistent à une décharge de courant élevée et produisent une lumière forte, qui sont utilisées dans les projecteurs de cinéma et les lasers.
Équipement de pulvérisation thermique : Dans les appareils de pulvérisation au plasma, les électrodes en tungstène d'yttrium agissent comme des générateurs d'arc pour pulvériser des revêtements résistants à l'usure ou aux hautes températures.

5.3 Application de l'électrode de tungstène d'yttrium dans l'industrie

5.3.1 Aérospatiale (composants de moteur, aubes de turbine)

L'industrie aérospatiale est l'un des plus grands domaines d'application des électrodes de tungstène d'yttrium, impliquant le soudage de composants de moteurs, d'aubes de turbine et de structures de fuselage. Le titane et les alliages à base de nickel sont les matériaux les plus couramment utilisés dans l'aérospatiale, nécessitant des processus de soudage d'une grande précision, d'une résistance et d'une résistance aux hautes températures. L'application d'électrodes en tungstène d'yttrium dans le soudage TIG et à l'arc plasma répond à ces besoins.

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les applications spécifiques comprennent :

Aubes de turbine : Soudage TIG des aubes en alliage à base de nickel, qui nécessitent une résistance à des températures élevées (>1200°C) et une résistance à la fatigue. L'arc mince de l'électrode de tungstène d'yttrium assure des soudures uniformes, réduisant ainsi les fissures.
Chambre de combustion du moteur : soudure à fusion profonde de l'alliage de titane et de la chambre de combustion en acier inoxydable, capacité de transport de courant élevée de l'électrode de tungstène yttrium (>300 A) pour répondre aux besoins de fusion profonde.
Structure du corps : la soudure de la peau et du cadre en alliage de titane, le faible apport de chaleur de l'électrode de tungstène d'yttrium réduit la déformation du matériau.

5.3.2 Défense et industrie militaire (matériaux de blindage, composants de missiles)
Le domaine de la défense et de l'industrie militaire a des exigences extrêmement élevées en matière de qualité de soudage, impliquant la fabrication de matériaux de blindage, de composants de missiles et de systèmes d'armes. Les électrodes en tungstène d'yttrium sont largement utilisées en raison de leur grande fiabilité, de leur non-radioactivité et de leur longue durée de vie.

Les applications comprennent :

Plaques d'acier blindées : Le soudage à fusion profonde des plaques d'acier à haute résistance, la grande stabilité de l'arc des électrodes de tungstène d'yttrium garantit la résistance et la ténacité de la soudure.
Obus de missile : Soudage de précision d'obus en alliage de titane et en acier inoxydable, nécessitant l'étanchéité à l'air et la résistance à la corrosion des soudures.
Systèmes d'armes : soudage de structures complexes (comme les antennes radar), les capacités de micro-soudure des électrodes d'yttrium tungstène répondent à des exigences de précision.

5.3.3 Industrie de l'énergie (équipement nucléaire, turbines à gaz)
L'industrie de l'énergie a des exigences extrêmement élevées en matière de sécurité et de durabilité des matériaux de soudage, et les électrodes en tungstène d'yttrium jouent un rôle important dans la fabrication d'équipements nucléaires et de turbines à gaz.

Les applications comprennent :

Équipements nucléaires : soudage des cuves et des pipelines des réacteurs, soudage TIG ou à l'arc plasma à l'aide d'électrodes d'yttrium et de tungstène pour garantir des soudures sans défaut et résistantes à la corrosion.
Turbine à gaz : Soudage des chambres de combustion et des pales en alliage de nickel, stabilité à haute température des électrodes en tungstène d'yttrium pour répondre aux besoins de fonctionnement à long terme.
Équipement éolien : soudage des tours et des pales, la capacité de fusion profonde des électrodes de tungstène d'yttrium est adaptée au soudage de plaques épaisses.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

5.3.4 Fabrication de semi-conducteurs et de microélectronique

Les industries des semi-conducteurs et de la microélectronique nécessitent des procédés de soudage de très haute précision pour la fabrication de boîtiers de puces, de capteurs et de microtubes. La conception minuscule en forme d'aiguille (0,5 ~ 1,0 mm de diamètre) et le faible apport de chaleur des électrodes en tungstène d'yttrium en font des choix idéaux.

Les applications comprennent :

Conditionnement des puces : une micro-soudure de plombs en cuivre et en or, et un arc fin (<0,5 mm) d'électrodes yttrium-tungstène assurent la précision des joints de soudure.
Fabrication de capteurs : soudage de capteurs en acier inoxydable et en alliage de titane, nécessitant un minimum de zones affectées par la chaleur.
Micro-tuyaux : le soudage des tuyaux dans un environnement sous vide et la faible volatilité des électrodes en tungstène d'yttrium maintiennent l'environnement propre.

5.4 Analyse de cas typique d'électrodes de tungstène d'yttrium

5.4.1 Soudage de pièces structurelles d'aviation en alliage de titane

Contexte du boîtier : Une entreprise aérospatiale doit souder des pièces structurelles de fuselage en alliage de titane Ti-6Al-4V d'une épaisseur de 5 mm, nécessitant une résistance élevée (>900 MPa) et une étanchéité à l'air de la soudure. Le processus était un soudage TIG sous vide, et l'électrode était une électrode d'yttrium-tungstène (WY20, diamètre 2,4 mm, angle de pointe 30°).

Mise en œuvre du processus :

Paramètres de soudage : courant 150 A (DCEN), débit d'argon 12 L/min, degré de vide 10^{-4} Pa.
Performance de l'électrode : Le faible pouvoir d'échappement de l'électrode de tungstène d'yttrium assure un démarrage rapide de l'arc, avec un taux de dérive de l'arc de <3 % et sans brûlure significative pendant le soudage.
Résultat : La résistance à la traction de la soudure atteint 950 MPa, sans pores ni fissures, répondant aux normes aéronautiques.

Analyse : La faible volatilité et la grande stabilité de l'arc des électrodes en tungstène d'yttrium garantissent la qualité de la soudure dans un environnement sous vide, réduisant ainsi le risque d'oxydation dans les alliages de titane. La durée de vie de l'électrode peut atteindre 120 heures, ce qui réduit les coûts de production.

5.4.2 Réparation du superalliage et renforcement de surface

Contexte du boîtier : Un fabricant de turbines à gaz avait besoin de réparer les zones usées d'une aube de turbine en alliage à base de nickel (Inconel 718) et de renforcer la surface par pulvérisation de plasma. La réparation de soudure TIG et la pulvérisation plasma ont été effectuées à l'aide d'une électrode de tungstène d'yttrium (WY20, 3,2 mm de diamètre).

Mise en œuvre du processus :

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Réparation de soudage : soudage TIG pulsé, courant 100 ~ 200 A, le matériau de remplissage est du fil de soudage Inconel 718. L'arc mince de l'électrode de tungstène d'yttrium assure un contrôle précis de la piscine dans la zone de réparation.
Pulvérisation plasma : pulvérisation d'un revêtement en zircone, courant 400 A, résistance à haute température de l'électrode de tungstène d'yttrium permet une pulvérisation continue pendant 4 heures.
Résultat : la dureté de la zone réparée a atteint HV 450 et la force d'adhérence du revêtement était de > 70 MPa, ce qui répondait aux exigences d'un fonctionnement à haute température.

Analyse : La grande adaptabilité au courant et le faible taux de combustion des électrodes en tungstène d'yttrium lors de la réparation et de la pulvérisation améliorent l'efficacité du processus et réduisent la fréquence de remplacement des électrodes.

5.4.3 Soudage de composants de précision dans un environnement sous vide

Contexte du boîtier : Un fabricant d'équipements de semi-conducteurs doit souder des micro-tuyaux en acier inoxydable (2 mm de diamètre et 0,2 mm d'épaisseur de paroi) pour un système de vide dans un équipement de fabrication de puces. L'électrode à micro-aiguille en tungstène d'yttrium (diamètre 0,5 mm, rayon de pointe 0,1 mm) a été sélectionnée pour le soudage TIG sous vide.

Mise en œuvre du processus :

Paramètres de soudage : courant 10~20 A (mode impulsion), débit d'argon 8 L/min, degré de vide 10^{-5} Pa.
Performance de l'électrode : Le faible apport de chaleur et l'arc fin (<0,5 mm) des électrodes en tungstène d'yttrium garantissent une petite taille de joint de soudure avec une zone affectée par la chaleur < 0,1 mm.
Résultats : L'étanchéité à l'air de la soudure a atteint 10^{-9} Pa·m³/s, répondant aux normes de l'industrie des semi-conducteurs.

Analyse : Les capacités de micro-soudage et la faible volatilité des électrodes de tungstène d'yttrium garantissent la propreté et la précision du soudage dans les environnements sous vide, ce qui les rend adaptées aux applications microélectroniques de haute précision.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Chapitre 6 Équipement de production d'électrodes de tungstène d'yttrium

6.1 Équipement de préparation des matières premières pour les électrodes de tungstène d'yttrium

La première étape de la fabrication d'électrodes de tungstène d'yttrium est la préparation des matières premières, qui implique le criblage, la purification et l'optimisation de la poudre de tungstène de haute pureté et de l'oxyde d'yttrium. Cette étape de l'équipement doit garantir une pureté élevée, l'uniformité de la taille des particules et la stabilité chimique des matières premières pour répondre aux exigences de performance des électrodes en tungstène d'yttrium dans le soudage à haute température.

6.1.1 Équipement de broyage et de tri granulométrique de la poudre de tungstène

La préparation de la poudre de tungstène est la base de la production d'électrodes de tungstène d'yttrium, qui nécessite que la pureté de la poudre de tungstène atteigne plus de 99,95 % et que la taille des particules soit contrôlée dans la plage de 1 ~ 5 μm pour assurer l'uniformité du frittage et du dopage ultérieurs. Voici les principaux appareils et leurs fonctionnalités :

Broyeur à boulets à haute énergie

Le broyeur à boulets à haute énergie est utilisé pour broyer de la poudre de tungstène grossière (taille initiale des particules 10 ~ 50 μm) à la taille de particule cible. L'équipement est conçu avec une

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

conception planétaire ou vibrante, équipé de billes de broyage en zircone ou en carbure (diamètre 5 ~ 10 mm) pour réduire la contamination métallique. Le processus de broyage est effectué sous la protection de gaz inertes (tels que l'argon), la vitesse est contrôlée à 200 ~ 400 tr/min et le temps de broyage est de 48 heures. Les broyeurs à boulets modernes sont équipés de systèmes de contrôle de la température qui empêchent l'oxydation de la poudre de tungstène due à la surchauffe. Avantages : haute efficacité, distribution uniforme de la taille des particules ; Inconvénients : Un broyage prolongé peut introduire des traces d'impuretés.

Classificateur de flux d'air
Le classificateur de flux d'air est utilisé pour filtrer les poudres de tungstène d'une taille de 15 μm et rejeter les particules trop grosses ou trop petites. L'équipement disperse la poudre de tungstène par un flux de gaz à grande vitesse (vitesse 10 ~ 50 m / s) et la sépare en fonction de la taille des particules, avec une précision de ±0,1 μm. Les classificateurs sont souvent équipés de cyclones à plusieurs étages et de filtres de précision, garantissant une contamination sans poudre. Avantages : tri de haute précision, grande production (100 ~ 500 kg par heure) ; Inconvénients : Les coûts d'entretien de l'équipement sont élevés.

Équipement de nettoyage par ultrasons
L'équipement de nettoyage est utilisé pour éliminer les oxydes et les impuretés (par exemple, le fer, le carbone) de la surface de la poudre de tungstène. L'équipement utilise une solution d'acide chlorhydrique dilué ou d'acide nitrique (concentration 5 % ~ 10 %), combinée à une oscillation ultrasonore (fréquence 20 ~ 40 kHz) pour nettoyer la poudre de tungstène, puis élimine l'eau par séchage sous vide (<200°C). Avantages : Élimine efficacement les impuretés de surface ; Inconvénients : La concentration de la solution doit être strictement contrôlée pour éviter la corrosion de la poudre de tungstène.

Les analyseurs de taille de particules laser sont utilisés pour surveiller la distribution granulométrique de la poudre de tungstène en temps réel, garantissant ainsi que la taille des particules répond aux exigences cibles. L'équipement adopte le principe de la diffraction laser, avec une portée de détection de 0,01 ~ 1000 μm et une précision de ±1 %. Avantages : rapide et précis ; Inconvénients : L'équipement est cher.

Ces dispositifs fonctionnent ensemble pour s'assurer que la pureté, la taille des particules et la morphologie de la poudre de tungstène répondent aux exigences de la production d'électrodes de tungstène d'yttrium. Les usines modernes introduisent également des systèmes de contrôle automatisés pour réaliser des opérations continues de broyage, de tri et de nettoyage via des PLC (Programmable Logic Controllers), améliorant ainsi l'efficacité de la production.

6.1.2 Équipement de purification et de nanopréservation de l'oxyde d'yttrium

L'oxyde d'yttrium (Y_2O_3) est utilisé comme dopant, et sa pureté (>99,99 %) et la taille de ses particules (0,52 μm, échelle nanométrique 10 ~ 100 nm) sont cruciales pour les performances des électrodes en tungstène d'yttrium. L'équipement de purification et de nanotraitement comprend :

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Équipement d'extraction par solvant

L'équipement d'extraction par solvant est utilisé pour extraire l'oxyde d'yttrium de haute pureté des minerais d'yttrium, tels que la monazite. L'équipement comprend un réservoir d'extraction, un séparateur centrifuge et une colonne d'échange d'ions qui sépare l'yttrium des autres éléments de terres rares à l'aide d'extracteurs organiques tels que le TBP ou le P204. Le processus d'extraction est effectué dans un environnement acide (pH 24) avec un cycle typique de 10 ~ 20 cycles pour assurer < 100 ppm d'impuretés (par exemple, calcium, silicium). Avantages : haute pureté, adapté à la production industrielle ; Inconvénients : coût élevé du traitement des déchets liquides.

Sécheur par atomisation

Les sécheurs par atomisation sont utilisés pour préparer des solutions de nitrate d'yttrium en poudre d'oxyde d'yttrium. L'équipement atomise la solution à travers une buse à haute pression (pression 0,52 MPa), et l'air chaud (200 ~ 300 °C) la sèche rapidement pour former des particules à l'échelle micro ou nanométrique. Le taux de pulvérisation et la température de séchage doivent être contrôlés avec précision pour assurer l'uniformité des particules (taille de particule cible 0,5 ~ 2 μm). Avantages : bonne morphologie des particules, grande fluidité ; Inconvénients : Consommation d'énergie élevée.

Nano-broyeur

Les nano-broyeurs sont utilisés pour broyer davantage l'oxyde d'yttrium à l'échelle du micron à l'échelle nanométrique (10 ~ 100 nm). L'équipement adopte le meulage humide, le support est constitué de billes de zircone (diamètre 0,1 ~ 0,5 mm), la vitesse de rotation est de 1000 ~ 2000 tr/min et le temps de broyage est de 26 heures. Le processus de broyage s'effectue dans de l'eau ou de l'éthanol, empêchant les particules de s'agglomérer. Avantages : Il peut produire des particules à l'échelle nanométrique pour améliorer l'uniformité du dopage ; Inconvénients : L'usure de l'équipement nécessite un entretien régulier.

L'équipement d'analyse chimique ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) est utilisé pour détecter la pureté et la teneur en impuretés de l'oxyde d'yttrium avec une limite de détection de < 1 ppb afin d'assurer la conformité aux exigences de production d'électrodes. Avantages : Haute sensibilité ; Inconvénients : Fonctionnement complexe et travail professionnel.
Ces dispositifs fournissent des matières premières d'oxyde d'yttrium de haute qualité pour le processus de dopage des électrodes de tungstène d'yttrium grâce à une purification en plusieurs étapes et à un contrôle de la taille des particules.

6.2 Équipement de métallurgie des poudres pour électrodes de tungstène d'yttrium

La métallurgie des poudres est le processus de base de la préparation des électrodes de tungstène d'yttrium, impliquant le mélange, le façonnage et le frittage de la poudre. L'équipement doit assurer une distribution uniforme de l'oxyde d'yttrium et une densité élevée des électrodes.

6.2.1 Système de mélange et de dopage de haute précision

Les équipements de mélange et de dopage sont utilisés pour disperser uniformément l'oxyde d'yttrium dans la poudre de tungstène, ce qui affecte la stabilité de l'arc et les propriétés mécaniques

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de l'électrode.

Mélangeur à haute énergie
Le mélangeur à haute énergie adopte une conception de mélange tridimensionnelle ou en forme de V, équipé d'un contrôle de conversion de fréquence (vitesse de rotation 50 ~ 200 tr / min), et le temps de mélange est de 48 heures. L'équipement fonctionne sous la protection de gaz inertes tels que l'argon, ce qui empêche l'oxydation de la poudre de tungstène. Certains équipements sont intégrés à un dispositif de dispersion par ultrasons (fréquence 20 ~ 40 kHz) pour améliorer la dispersion des particules d'oxyde d'yttrium. Avantages : Mélanger uniformément, adapté à la production de masse ; Inconvénients : grande taille de l'équipement et grand encombrement.

Système de dopage par pulvérisation
Le système de dopage par pulvérisation réalise le dopage en pulvérisant une solution de nitrate d'yttrium sur de la poudre de tungstène ou une charge d'alimentation en trioxyde de tungstène. L'équipement comprend une buse haute pression (pression 13 MPa), une cuve d'agitation et une chambre de séchage, et le débit de pulvérisation est contrôlé à 0,1 ~ 0,5 L / min. Après séchage, une poudre composite de tungstène et d'yttrium s'est formée et l'écart de teneur en oxyde d'yttrium était de <±0,1 %. Avantages : dopage uniforme, adapté à une teneur élevée en oxyde d'yttrium (>2 %) ; Inconvénients : Le processus est complexe et la concentration de la solution doit être strictement contrôlée.

Spectroscopie de fluorescence X (XRF) La XRF est utilisée pour surveiller la distribution élémentaire des poudres dopées en temps réel afin de s'assurer que la teneur en oxyde d'yttrium atteint la valeur cible (1,8 % ~ 2,2 %). La précision de détection de l'équipement ± de 0,05 % et le temps d'analyse < 1 minute. Avantages : rapide et sans perte ; Inconvénients : équipement coûteux.

6.2.2 Matériel de pressage isostatique à froid et de pressage à chaud

L'équipement de formage presse la poudre dopée en ébauches d'électrodes, assurant une densité et une résistance mécanique élevées.

Presse isostatique à froid (CIP)
La presse isostatique à froid applique une pression uniforme (200 ~ 300 MPa) à travers un milieu liquide (généralement de l'eau ou de l'huile) pour presser la poudre en bandes vierges d'un diamètre de 10 ~ 20 mm. L'équipement est équipé d'une pompe à haute pression et d'un moule flexible, avec un temps de rétention thermique de 30 ~ 60 secondes et une densité de 60 % ~ 70 % de la valeur théorique de la bande de billettes. Avantages : densité uniforme, pas de concentration de contrainte ; Inconvénients : coût élevé de l'équipement et maintenance complexe.

Presse à chaud
La presse à chaud applique une pression de 50 ~ 100 MPa à 1000 ~ 1400 °C, ce qui convient au formage préliminaire d'électrodes haute performance. L'équipement est équipé d'un moule en graphite et d'un système de vide pour éviter l'oxydation. Le processus de pressage à chaud peut augmenter la densité de la billette à plus de 80 %. Avantages : adapté aux petits lots et à la production

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de haute précision ; Inconvénients : consommation d'énergie élevée, usure rapide du moule.

6.2.3 Four de frittage sous vide à haute température et four à atmosphère

L'équipement de frittage est au cœur de la préparation des électrodes en tungstène d'yttrium et est utilisé pour améliorer la densité et les propriétés mécaniques des électrodes.

Four de frittage sous vide à haute température

Le four de frittage sous vide fonctionne dans un environnement de vide de 10^{-3}~10^{-5} Pa, avec une température de frittage de 2000 ~ 2400°C, une vitesse de chauffage de 5~10°C/min et un temps de maintien de 24 heures. L'équipement utilise des éléments chauffants en molybdène ou en tungstène pour assurer la stabilité à haute température. L'environnement de vide réduit l'adsorption des impuretés gazeuses et la densité de l'électrode peut atteindre plus de 98 %. Avantages : Haute pureté, adapté aux électrodes haut de gamme ; Inconvénients : Coût élevé de l'équipement et maintenance complexe du système de vide.

Four à atmosphère d'hydrogène gazeux

Le four à atmosphère d'hydrogène a fonctionné à 1800 ~ 2200 °C, le débit d'hydrogène était de 10 ~ 20 L / min et la teneur en oxygène était contrôlée à <10 ppm. L'équipement est équipé d'un thermomètre infrarouge et d'un analyseur de gaz pour surveiller les conditions de frittage en temps réel. La protection contre l'hydrogène empêche l'oxydation de la poudre de tungstène et favorise une distribution uniforme de l'oxyde d'yttrium. Avantages : faible coût, adapté à la production de masse ; Inconvénients : La pureté de l'hydrogène doit être strictement contrôlée.

Le système de contrôle de l'atmosphère est équipé d'un analyseur de gaz de haute précision (détection de la teneur en oxygène <1 ppm) et d'un régulateur de débit pour assurer la stabilité de l'atmosphère frittée. Avantages : Améliorer la cohérence de la qualité des électrodes ; Inconvénients : Nécessite un étalonnage régulier.

6.3 Équipement de traitement et de formage des électrodes de tungstène d'yttrium

L'équipement de traitement et de formage transforme les bandes vierges frittées en tiges d'électrode standard, garantissant ainsi la précision dimensionnelle et la qualité de surface.

6.3.1 Machine à calandrer et à étirer de précision

Calandre à chaud La calandre à chaud réduit le diamètre de la billette de 10 ~ 20 mm à 3 ~ 5 mm à 1400 ~ 1600 °C. L'équipement adopte un roulement en plusieurs passes (5 ~ 10 passes) et est équipé d'un système de protection contre les gaz inertes (débit d'argon 10 ~ 15 L / min). Le matériau du rouleau est un alliage de tungstène-molybdène, qui résiste aux températures élevées et à l'usure. Avantages : rendement élevé, adapté à la production de masse ; Inconvénients : Un contrôle précis de la température est nécessaire pour éviter l'oxydation de surface.

Machine d'étirage de précision

La machine d'étirage de précision tire la tige de calandre au diamètre cible (0,5 ~ 4,8 mm) avec une tolérance ± 0,05 mm. L'équipement utilise des moules diamantés, une vitesse d'étirage de 0,52 m /

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

min, et le lubrifiant est une émulsion de graphite ou un lubrifiant à base de molybdène. Le processus d'étirage est équipé d'un système de contrôle de la tension pour assurer une surface d'électrode lisse. Avantages : haute précision dimensionnelle ; Inconvénients : L'usure du moule doit être remplacée régulièrement.

6.3.2 Équipement de meulage et de polissage CNC

La rectifieuse CNC est utilisée pour façonner la pointe de l'électrode (angle 15 ° ~ 60 °, rayon de la pointe 0,1 ~ 0,5 mm). L'équipement adopte une meule diamantée, avec une précision de traitement de ±0,01 mm et une vitesse de rotation de 1000 ~ 5000 tr/min. Les systèmes CNC sont programmés pour contrôler la forme des pointes, assurant ainsi la cohérence. Avantages : Haute précision, adapté aux conceptions complexes de pointe ; Inconvénients : Vitesse de traitement plus lente.

Machine de polissage électrochimique

La polisseuse électrochimique polit la surface de l'électrode avec un électrolyte (généralement un mélange d'acide sulfurique et d'acide phosphorique) et une alimentation CC (tension 5 ~ 15 V) avec une rugosité cible de Ra<0,4 μm. L'équipement est équipé d'un système de mélange automatique et de contrôle de la température, et le temps de polissage est de 10 ~ 30 secondes. Avantages : finition de surface élevée, dérive d'arc réduite ; Inconvénients : L'électrolyte doit être traité régulièrement.

6.3.3 Équipement de découpe laser et de façonnage d'électrodes

Machine de découpe laser

La découpeuse laser utilise un laser à fibre (puissance 13 kW) pour couper la tige d'électrode à des longueurs standard (50 ~ 175 mm). L'équipement est équipé d'un système de refroidissement pour éviter les microfissures causées par le stress thermique. La précision de coupe ± de 0,1 mm, et la coupe est plate et sans bavures. Avantages : Haute précision, adapté aux longueurs non standard ; Inconvénients : Coût élevé de l'équipement.

Machine de façonnage d'électrodes

Les machines de façonnage sont utilisées pour traiter des électrodes de forme spéciale (telles que des électrodes courbes ou coniques) à l'aide de tours CNC ou de montages spécialisés. L'équipement prend en charge la conception personnalisée avec une précision d'usinage ± 0,05 mm. Avantages : grande flexibilité pour répondre à des besoins particuliers ; Inconvénients : cycle de production long.

6.4 Équipement d'inspection et de surveillance de la qualité des électrodes de tungstène d'yttrium

Des équipements de test de qualité sont utilisés pour s'assurer que la composition chimique, la microstructure et les performances des électrodes de tungstène d'yttrium répondent aux normes.

6.4.1 Équipement d'analyse de la composition chimique (ICP-MS, XRF)

Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) L'ICP-MS est utilisée pour détecter la pureté et la teneur en impuretés (Fe, Ca, Si, etc.) de l'oxyde de tungstène et d'yttrium avec une limite de détection de < 1 ppb et un temps d'analyse de < 5 minutes. L'équipement est équipé d'un système d'injection automatique d'échantillons pour prendre en charge les tests par lots. Avantages : Haute sensibilité, adapté à l'analyse des éléments traces ; Inconvénients : Fonctionnement complexe

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

et travail professionnel.

Spectroscopie de fluorescence X (XRF) La XRF est utilisée pour détecter de manière non destructive l'uniformité de la teneur en oxyde d'yttrium et la distribution des électrodes avec une précision ± 0,05 %. L'équipement prend en charge le balayage rapide (< 1 minute) et est adapté à la surveillance en temps réel sur la ligne de production. Avantages : rapide et sans perte ; Inconvénients : Faible sensibilité à la détection des éléments lumineux.

6.4.2 Équipement d'analyse de la microstructure et de la morphologie (MEB, MET)

La microscopie électronique à balayage (MEB) a été utilisée pour observer la taille des grains (cible 5 ~ 10 μm), la porosité (<1 %) et la distribution de l'oxyde d'yttrium des électrodes. L'appareil a une résolution < 1 nm et est équipé d'un accessoire de spectroscopie à dispersion d'énergie (EDS) pour analyser la distribution élémentaire. Avantages : Affichage intuitif de la microstructure ; Inconvénients : long temps de préparation des échantillons.

Microscopie électronique à transmission (MET) La TEM est utilisée pour analyser la distribution et la structure cristalline des particules d'oxyde d'yttrium à l'échelle nanométrique avec une résolution < 0,1 nm. L'équipement est adapté à l'étude des propriétés microscopiques des électrodes nanodopées. Avantages : haute résolution ; Inconvénients : Équipement coûteux et fonctionnement complexe.

6.4.3 Équipement d'essai de performance (stabilité de l'arc, testeur de taux de brûlure)

Le testeur simule les conditions de soudage TIG (courant 50 ~ 300 A, débit d'argon 10 ~ 15 L / min) et mesure le taux de dérive de l'arc (cible <5 %) et la tension de démarrage de l'arc (10 ~ 15 V). L'équipement est équipé d'une alimentation haute fréquence et d'un analyseur de spectre pour enregistrer l'intensité et la stabilité de la lumière de l'arc. Avantages : Simulation réaliste de l'environnement de soudage ; Inconvénients : Coûts de test plus élevés.

Le testeur de taux de brûlure mesure la perte de masse de l'électrode dans des conditions de soudage standard (200 A, 1 heure) avec un taux de combustion cible < 0,2 mg/min. L'équipement est équipé d'une balance de haute précision (précision ± 0,01 mg) et d'un système de surveillance de la température. Avantages : Mesure précise de la durée de vie ; Inconvénients : Cycle d'essai long.

6.5 Équipement de production intelligent pour électrodes de tungstène d'yttrium

Les équipements de production intelligents améliorent l'efficacité de la production et la cohérence de la qualité grâce à l'automatisation et à l'analyse des données.

6.5.1 Lignes de production automatisées et robots industriels

Ligne de production automatisée La ligne de production automatisée intègre des équipements de broyage, de dopage, de formage, de frittage et de traitement pour réaliser une production continue grâce à des bandes transporteuses et des systèmes PLC. La ligne de production prend en charge le fonctionnement parallèle à plusieurs stations, et la production peut atteindre 1000 ~ 5000 pièces / jour. Avantages : rendement élevé, faible coût de main-d'œuvre ; Inconvénients : investissement

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

initial important.

Les robots industriels sont utilisés pour le chargement et le déchargement de poudre, la manutention de billettes et l'emballage d'électrodes. Le robot à six axes (charge 5~20 kg) est équipé d'un système de reconnaissance visuelle avec une précision de positionnement de ± 0,1 mm, ce qui convient à un fonctionnement de haute précision. Avantages : grande flexibilité, réduction des erreurs manuelles ; Inconvénients : Coûts d'entretien élevés.

6.5.2 Système en ligne de surveillance de la qualité et d'analyse des données

Système de surveillance en ligne

Le système de surveillance en ligne intègre un thermomètre infrarouge (précision ±1°C), un analyseur de gaz (teneur en oxygène <1 ppm) et XRF pour surveiller la température de frittage, la pureté de l'atmosphère et l'uniformité du dopage en temps réel. Le système télécharge les données dans le cloud via la technologie de l'Internet des objets (IoT) pour générer des rapports en temps réel. Avantages : retour d'information rapide, réduction des défauts ; Inconvénients : Nécessite une prise en charge réseau stable.

Système d'analyse de données

Le système d'analyse de données analyse la relation entre les paramètres du processus (température, pression, taux de dopage) et les performances de l'électrode (taux de brûlure, stabilité de l'arc) sur la base d'algorithmes d'apprentissage automatique pour optimiser les paramètres de production. Le système prévoit des taux de défauts allant jusqu'à <1 %. Avantages : optimisation intelligente ; Inconvénients : Nécessite beaucoup de données historiques pour être pris en charge.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Chapitre 7 Normes nationales et étrangères pour les électrodes d'yttrium et de tungstène

En tant que matériau de soudage haute performance, la qualité et les performances des électrodes en tungstène d'yttrium font l'objet d'une gestion standardisée stricte. Des normes nationales et étrangères réglementent la production, les essais et l'application des électrodes en tungstène d'yttrium au moyen de classifications claires, d'exigences de performance et de méthodes d'essai. Ce chapitre traite en détail des normes internationales, des normes nationales, des comparaisons de normes et des tendances de développement des électrodes en tungstène d'yttrium.

7.1 Norme internationale pour les électrodes de tungstène d'yttrium

Les normes internationales fournissent des spécifications techniques unifiées pour la fabrication et l'application des électrodes de tungstène d'yttrium, y compris principalement les normes pertinentes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), de l'American Welding Society (AWS) et du Comité européen de normalisation (EN). Ces normes détaillent la composition chimique, les tolérances dimensionnelles, les tests de performance et les exigences de marquage pour les électrodes en tungstène d'yttrium.

7.1.1 ISO 6848 : Classification et exigences techniques pour les électrodes en tungstène

ISO 6848:2015 « Consommables de soudage — Électrodes de tungstène non consommables pour le soudage à l'arc » est une norme internationale pour les électrodes de tungstène, adaptée à des

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

procédés tels que le soudage à l'arc tungstène-argon (soudage TIG) et le soudage à l'arc plasma. La norme classe et réalise clairement les électrodes en tungstène d'yttrium (WY20).

Classification et identification : Les électrodes de tungstène d'yttrium sont classées WY20, avec une teneur en oxyde d'yttrium (Y_2O_3) de 1,8 % ~ 2,2 % (fraction massique), et la pointe de l'électrode est marquée d'un revêtement bleu. La norme spécifie également la classification d'autres électrodes dopées aux terres rares (telles que le lanthane, le tungstène, le cérium-tungstène) afin d'assurer la distinction entre les différents types d'électrodes. Les exigences d'identification comprennent le modèle d'électrode, la taille, le lot de production et les informations du fabricant, souvent sous la forme d'une gravure laser ou d'étiquettes d'emballage.

Composition chimique : La pureté de la matrice de tungstène doit ≥ de 99,5 % et la teneur totale en impuretés (telles que le fer, le silicium, le carbone) < de 0,05 %. La distribution uniforme de l'oxyde d'yttrium a été détectée par spectroscopie de fluorescence X (XRF) ou spectroscopie à dispersion d'énergie (EDS) avec un écart de teneur de <±0,1 %.

Dimensions et tolérances : le diamètre de l'électrode varie de 0,5 ~ 6,4 mm, tolérance ±0,05 mm ; La plage de longueur est de 50 ~ 175 mm et la tolérance est de ± 1 mm. La surface doit être lisse, exempte de fissures, d'inclusions ou de couches d'oxyde, avec une rugosité de Ra<0,4 μm.

Exigences de performance :

Performances de démarrage de l'arc : tension de démarrage de l'arc < 15 V, taux de dérive de l'arc <5 %, les conditions de test sont la polarité positive DC (DCEN), courant 50 ~ 200 A.
Taux de brûlure : Dans des conditions de soudage de 200 A DC, le taux de combustion < 0,2 mg/min.
Propriétés mécaniques : dureté Vickers (HV) 400~450, résistance à la traction > 1000 MPa.

Méthodes d'essai : La norme spécifie des méthodes spécifiques pour l'analyse de la composition chimique (ICP-MS), les essais de microstructure (MEB), les essais de stabilité d'arc et les essais de taux de combustion. L'essai doit être effectué dans des conditions de soudage standard (débit d'argon 10 ~ 15 L / min).

ISO 6848 fournit un cadre unifié pour la production et le commerce mondiaux d'électrodes de tungstène d'yttrium, qui sont largement utilisées dans l'aérospatiale, l'énergie et la construction automobile. Ses exigences de performance strictes garantissent la fiabilité de l'électrode dans le soudage de haute précision.

7.1.2 AWS A5.12 : Spécifications et performances de l'électrode de tungstène

AWS A5.12:2009 « Spécification pour les électrodes de tungstène dispersées de tungstène et d'oxyde pour le soudage à l'arc » est une norme d'électrode de tungstène développée par l'American Welding Society et largement utilisée sur le marché nord-américain. Les spécifications et les exigences de performance des électrodes en tungstène d'yttrium (EWY-2) sont très conformes à la norme ISO 6848, mais accordent plus d'attention aux applications pratiques dans certains détails.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Classification et identification : Les électrodes de tungstène d'yttrium sont étiquetées comme EWY-2, avec une teneur en oxyde d'yttrium de 1,8 % ~ 2,2 %, et l'extrémité est peinte en bleu. La norme exige que l'emballage de l'électrode soit clairement marqué de la classification, de la taille et du numéro de lot AWS pour faciliter l'identification de l'utilisateur.

Composition chimique : La pureté du tungstène doit être ≥ 99,5 % et l'écart de teneur en oxyde d'yttrium est de <±0,1 %. La norme met un accent particulier sur le contrôle des impuretés (par exemple, le molybdène, le fer) et exige la détection ICP-MS ou XRF.

Dimensions : plage de diamètre 0,5 ~ 6,4 mm, tolérance ±0,05 mm ; La longueur est de 50 ~ 175 mm et la tolérance est de ± 1 mm. La norme permet également des longueurs personnalisées, sous réserve d'un accord mutuel.

Exigences de performance :

Stabilité de l'arc : à un courant de 100 ~ 300 A, le taux de dérive de l'arc est de <5 % et le temps de début de l'arc est de < 0,1 seconde.
Taux d'épuisement professionnel : Dans un test de 200 A pendant 1 heure, le taux d'épuisement < de 0,2 mg/min.
Qualité de surface : Pas de fissures, d'oxydes ou de taches d'huile sur la surface de l'électrode, rugosité Ra<0,4 μm.

Tests et certification : AWS A5.12 exige que les fabricants fournissent des rapports de test de performance, y compris l'initiation de l'arc, le taux de combustion et la résistance au fluage à haute température. Un organisme de certification, tel qu'AWS ou un laboratoire tiers, peut échantillonner les électrodes à des fins de test.

AWS A5.12 est très présent sur le marché nord-américain, en particulier dans les secteurs de l'aérospatiale et de la défense, où les fabricants sont tenus de respecter strictement les normes pour répondre aux exigences des clients.

7.1.3 EN 26848 : Norme européenne pour les électrodes en tungstène

La norme EN 26848:1991 est une norme pour les électrodes en tungstène élaborée par le Comité européen de normalisation, qui est largement conforme à la norme ISO 6848, mais qui a des applications spécifiques sur le marché européen. La norme spécifie la classification, les performances et les méthodes d'essai de l'électrode de tungstène d'yttrium (WY20).

Classification et identification : L'électrode de tungstène d'yttrium est marquée WY20, la teneur en oxyde d'yttrium est de 1,8 % ~ 2,2 % et l'extrémité est peinte en bleu. La norme exige que la surface ou l'emballage de l'électrode soit clairement étiqueté avec le modèle et les informations du fabricant.

Composition chimique : Pureté de la matrice de tungstène ≥ 99,5 %, teneur en impuretés < 0,05 %. L'uniformité de distribution de l'oxyde d'yttrium doit être détectée par EDS, et l'écart <± de 0,1 %.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Dimensions et tolérances : diamètre 0,5 ~ 6,4 mm, tolérance ±0,05 mm ; La longueur est de 50 ~ 175 mm et la tolérance est de ± 1 mm. La norme autorise des tailles non standard, sous réserve d'exigences contractuelles.

Exigences de performance :

Performance d'arc électrique : Tension de démarrage de l'arc < 15 V, adapté au soudage DC et AC.
Stabilité de l'arc : À 100 ~ 200 A, le taux de dérive de l'arc <5 %.
Taux de burnout : À 200 A DC, le taux de burnout < 0,2 mg/min.
Méthodes d'essai : La norme spécifie des procédures spécifiques pour l'analyse de la composition chimique (ICP-MS), l'inspection de la qualité de surface (observation microscopique) et les essais de performance de l'arc. Les essais sont effectués sur des équipements de soudage TIG standard.

La norme EN 26848 est largement utilisée sur le marché européen pour la construction automobile, l'industrie de la construction navale et la production d'équipements énergétiques, et ses exigences sont hautement compatibles avec la norme ISO 6848 pour faciliter le commerce international.

7.2 Normes nationales pour les électrodes de tungstène d'yttrium

En tant que plus grand producteur mondial d'électrodes de tungstène, la Chine a formulé un certain nombre de normes nationales et de normes industrielles pour réglementer la production et l'application d'électrodes de tungstène d'yttrium. Ces normes mettent en avant des exigences techniques plus spécifiques basées sur les normes internationales et combinées à la production nationale réelle.

7.2.1 GB/T 4192 : Conditions techniques pour les électrodes en tungstène

GB/T 4192-2017 « Tungsten Electrode » est une norme nationale chinoise pour les électrodes en tungstène pour le soudage TIG et le soudage à l'arc plasma, y compris les électrodes de tungstène d'yttrium (WY20).

Classification et identification : L'électrode de tungstène d'yttrium est marquée WY20, la teneur en oxyde d'yttrium est de 1,8 % ~ 2,2 % et l'extrémité est peinte en bleu. La norme comprend également des modèles non standard tels que le WY10 (oxyde d'yttrium à 1 %), qui doivent être marqués avec le modèle, la taille et le numéro de lot sur l'emballage.

Composition chimique : Pureté du tungstène ≥ 99,5 %, impuretés totales (telles que le fer, le silicium) < 0,05 %. L'écart de teneur en oxyde d'yttrium <± de 0,1 % et a été détecté par XRF ou ICP-MS.

Dimensions et tolérances : diamètre 0,5 ~ 6,4 mm, tolérance ±0,05 mm ; La longueur est de 50 ~ 175 mm et la tolérance est de ± 1 mm. La surface doit être exempte de fissures et d'inclusions, et la rugosité Ra<0,4 μm.

Exigences de performance :

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Performances de démarrage de l'arc : tension de démarrage de l'arc < 15 V, temps de démarrage de l'arc < 0,1 seconde.
Stabilité de l'arc : À 100 ~ 300 A, le taux de dérive de l'arc <5 %.
Taux de burnout : À 200 A DC, le taux de burnout < 0,2 mg/min.
Propriétés mécaniques : dureté HV 400~450, résistance à la traction > 1000 MPa.

Méthodes d'essai : La norme spécifie des méthodes spécifiques pour l'analyse de la composition chimique (ICP-MS), les essais de microstructure (MEB), les essais de stabilité d'arc et les essais de taux de combustion. L'équipement d'essai doit être conforme aux normes nationales de métrologie.

GB / T 4192 est la norme de base de l'industrie chinoise des électrodes de tungstène, largement utilisée dans les domaines de l'aérospatiale, de l'énergie et de la fabrication automobile.

7.2.2 JB/T 12706 : Norme pour les électrodes en tungstène pour le soudage

JB/T 12706-2016 « Électrode de tungstène pour le soudage » est une norme de l'industrie mécanique, adaptée aux équipements de soudage TIG et à l'arc plasma, complétant certaines exigences de la norme GB/T 4192.

Classification et identification : Électrode en tungstène d'yttrium marquée WY20, extrémité peinte en bleu. La norme exige que l'emballage de l'électrode indique le modèle, la taille, la date de fabrication et les informations du fabricant.

Composition chimique : pureté du tungstène ≥99,5 %, teneur en oxyde d'yttrium 1,8 % ~ 2,2 %. La norme met l'accent sur le contrôle des impuretés (par exemple, le carbone < 0,01 %), qui doit être vérifié par une analyse chimique.

Dimensions et tolérances : diamètre 0,5 ~ 6,4 mm, tolérance ±0,05 mm ; La longueur est de 50 ~ 175 mm et la tolérance est de ± 1 mm. Les tailles personnalisées non standard sont autorisées.

Exigences de performance :

Performance d'arc électrique : Tension de démarrage de l'arc < 15 V, adapté au soudage DC et AC.
Stabilité de l'arc : À 50 ~ 200 A, le taux de dérive de l'arc <5 %.
Taux de brûlure : à 200 A, le taux de combustion < de 0,2 mg/min.

Essais et certification : La norme exige des fabricants qu'ils fournissent des certificats de qualité, notamment la composition chimique, la précision dimensionnelle et les performances de l'arc. Des organismes de test tiers peuvent être certifiés.

JB/T 12706 est largement utilisé dans le domaine de la construction de machines, en particulier dans les petites et moyennes entreprises, et est populaire en raison de ses exigences relativement flexibles.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

7.2.3 Normes et spécifications propres à l'industrie

En plus des normes nationales, certaines industries en Chine ont développé des spécifications spéciales qui mettent en avant des exigences supplémentaires pour les électrodes de tungstène d'yttrium pour des scénarios d'application spécifiques :

Industrie aérospatiale : Les normes de l'industrie aéronautique chinoise (telles que la série HB) exigent que les électrodes yttrium-tungstène aient une plus grande stabilité d'arc et une faible volatilité dans le soudage des alliages de titane et des alliages à base de nickel, avec un taux de combustion de < 0,15 mg/min et un taux de libération de gaz de < 10^{-6} Pa· dans un environnement vide m^3/s。

Industrie nucléaire : Les normes de l'industrie nucléaire (telles que la série HJB) mettent l'accent sur la non-radioactivité et la résistance à la corrosion des électrodes, avec un écart de la teneur en oxyde d'yttrium <± 0,05 % pour assurer la stabilité à long terme des soudures dans des environnements à haute température et à haute pression.

Industrie navale : Les spécifications de l'industrie maritime exigent que les électrodes en tungstène d'yttrium aient une excellente résistance à la corrosion dans des environnements à forte humidité et contenant du chlore, et que la surface soit spécialement polie (Ra<0,2 μm).

Ces normes industrielles sont généralement basées sur la norme GB/T 4192, mais ajoutent des exigences d'essai spécifiques à l'application, telles que les essais de résistance à la corrosion et les essais de fatigue à haute température.

7.3 Comparaison standard et application de l'électrode de tungstène d'yttrium

7.3.1 Différences et applicabilité des normes nationales et étrangères

Il existe certaines différences dans la classification, les exigences de performance et les méthodes d'essai des électrodes en tungstène d'yttrium au pays et à l'étranger, qui se reflètent principalement dans les aspects suivants :

Exigences de composition chimique : ISO 6848 et AWS A5.12 ont des exigences plus strictes en matière de teneur en impuretés (<0,05 %), tandis que GB/T 4192 autorise des limites d'impuretés légèrement plus élevées (<0,1 %) pour s'adapter à la situation réelle des matières premières nationales. La norme EN 26848 est conforme à la norme ISO 6848, mais elle permet un contrôle plus souple sur les oligo-éléments tels que le carbone.

Dimensions et tolérances : Les normes internationales (ISO, AWS, EN) s'alignent sur les exigences relatives aux tolérances de diamètre (±0,05 mm) et de rugosité de surface (Ra<0,4 μm), tandis que les normes GB/T 4192 et JB/T 12706 autorisent des tailles non standard, adaptées aux divers besoins du marché national.

Tests de performance : Les normes ISO 6848 et AWS A5.12 exigent des tests complets de performance de l'arc (par exemple, tension d'arc, taux de dérive) et spécifient des conditions de soudage standard (débit d'argon 10 ~ 15 L/min). Les modèles GB/T 4192 et JB/T 12706 ont des méthodes d'essai similaires, mais permettent des conditions d'essai plus souples et conviennent aux

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

petites et moyennes entreprises.

Applicabilité:

Normes internationales : Applicables au commerce mondial et aux applications haut de gamme, telles que les industries aérospatiale et nucléaire, mettant l'accent sur la cohérence des performances et les exigences de certification.
Norme nationale : production plus rentable et plus pratique, adaptée aux petites et moyennes entreprises nationales et aux applications industrielles générales.
Normes industrielles : Exigences plus élevées pour des domaines spécifiques (par exemple, l'aviation, l'industrie nucléaire), adaptées à la haute précision et aux environnements exigeants.

7.3.2 Le rôle directeur des normes dans le processus de production

Les normes nationales et étrangères fournissent des indications importantes sur le processus de production des électrodes en tungstène d'yttrium grâce à des indicateurs de performance clairs et à des méthodes d'essai :

Préparation des matières premières : La norme exige du tungstène (≥99,5 %) et de l'oxyde d'yttrium (≥99,99 %) de haute pureté, ce qui a incité les fabricants à adopter des équipements de purification avancés (par exemple, l'extraction par solvant, le séchage par atomisation) et des méthodes d'inspection de la qualité (par exemple, ICP-MS).
Dopage et frittage : L'exigence de la norme concernant l'uniformité de la distribution de l'oxyde d'yttrium (écart <±0,1 %) motive l'application de techniques de dopage par pulvérisation et de frittage sous vide pour assurer la cohérence microstructurelle des électrodes.
Usinage et formage : Les tolérances dimensionnelles standard (±0,05 mm) et la rugosité de surface (Ra<0,4 μm) obligent les fabricants à utiliser des machines de dessin de précision et des équipements de rectification CNC pour améliorer la précision de l'usinage.
Contrôle de la qualité : Les multiples tests requis par la norme (tels que la stabilité de l'arc, le taux de brûlure) ont incité les fabricants à introduire des SEM, des XRF et d'autres équipements de test pour établir un système complet de gestion de la qualité.

Par exemple, l'exigence de taux de combustion de la norme ISO 6848 (<0,2 mg/min) permet d'optimiser les fours de frittage à haute température avec un contrôle précis de la température (±5 °C) et une gestion de l'atmosphère (teneur en oxygène < 10 ppm).

7.3.3 Le rôle normatif des normes sur les scénarios d'application

La norme réglemente l'utilisation des électrodes de tungstène d'yttrium dans différents scénarios d'application par le biais d'exigences de performance et de sécurité :

Aérospatiale : Les normes ISO 6848 et AWS A5.12 exigent que les électrodes aient une excellente stabilité d'arc et une faible volatilité dans des environnements à courant élevé (>200 A) et sous vide, garantissant une résistance et une étanchéité à l'air élevées des soudures en titane et en alliage à base de nickel.

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Industrie nucléaire : GB/T 4192 et les normes industrielles exigent que les électrodes soient non radioactives et résistantes à la corrosion, adaptées au soudage des cuves de réacteur et empêchent les soudures de se détériorer à des températures et des pressions élevées.
Fabrication automobile : Les exigences de taille flexible de JB/T 12706 soutiennent la personnalisation des électrodes non standard, répondant ainsi aux divers besoins du soudage de tôles de carrosserie.
Microélectronique : Les exigences standard pour la précision des microélectrodes (diamètre 0,5 ~ 1,0 mm) ont encouragé l'application de techniques de meulage CNC et de polissage électrochimique pour assurer la précision de la micro-soudure.

La norme spécifie également les exigences en matière d'emballage, de stockage et de transport des électrodes, telles que l'exigence d'un emballage résistant à l'humidité et aux chocs et d'un étiquetage clair pour réduire le risque de dommages pendant le transport.

7.4 Tendance de développement standard de l'électrode de tungstène d'yttrium

Avec le développement continu de nouveaux matériaux, de nouveaux procédés et des exigences en matière de protection de l'environnement, les normes pour les électrodes en tungstène d'yttrium sont également continuellement mises à jour pour répondre aux besoins de l'industrie et aux progrès technologiques.

7.4.1 L'impact des nouveaux matériaux et procédés sur les normes

Technologie de dopage à l'échelle nanométrique : L'application de nano-oxyde d'yttrium (taille de particule 10 ~ 100 nm) améliore la stabilité de l'arc et la résistance à l'épuisement de l'électrode. Les normes futures pourraient ajouter une classification des électrodes nanodopées (p. ex., WY-Nano) et spécifier des distributions granulométriques plus strictes (écart <± 10 nm) et des méthodes d'essai de performance (p. ex., analyse TEM).

Électrodes de dopage composites : telles que les électrodes de tungstène d'yttrium, sont des électrodes composites avec de l'oxyde de lanthane ou de l'oxyde de cérium (comme le WX4) pour améliorer les performances globales. Les normes peuvent introduire des classifications et des indicateurs de performance pour les électrodes dopées composites, tels que la résistance au fluage (taux de fluage $<10^{-6}$ s^{-1}) et l'efficacité d'émission thermoïonique.

Procédés de fabrication avancés : L'application du frittage par plasma à décharge (SPS) et des techniques de fabrication intelligentes améliore la densité (>99 %) et la consistance des électrodes. Les futures normes pourraient augmenter les exigences en matière de taille de grain (<5 μm) et de taux de défaut (<0,5 %) pour les électrodes SPS.

Ces nouvelles technologies et matériaux nécessitent des normes pour mettre à jour les méthodes d'essai, telles que l'ajout d'une analyse TEM à haute résolution et d'une surveillance en temps réel des performances de l'arc, afin de valider les performances des nouvelles électrodes.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7.4.2 Mises à jour des normes de protection de l'environnement et de sécurité

La protection de l'environnement et les exigences de sécurité sont des facteurs importants des mises à jour des normes. La radioactivité des électrodes de tungstène au thorium a favorisé l'application généralisée des électrodes de tungstène d'yttrium, et les futures normes renforceront encore les spécifications de protection de l'environnement et de sécurité :

Certification sans radioactivité : Les normes peuvent exiger que les fabricants fournissent des certificats d'absence de radioactivité (tels que des rapports d'essai aux rayons gamma) pour s'assurer que les électrodes répondent aux normes de l'Organisation internationale du travail (OIT) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).
Spécifications de recyclage des déchets : Les futures normes pourraient spécifier le taux de recyclage (>90 %) des électrodes de tungstène d'yttrium et des processus d'élimination des déchets afin de réduire la pollution de l'environnement.

Exigences en matière de santé au travail : La norme peut ajouter des limites d'émission de fumées de soudage (p. ex., <0,1 mg/m³) et des exigences de protection opérationnelle (p. ex., ventilation forcée et équipement de protection) pour protéger la santé des opérateurs.

De plus, à mesure que les réglementations environnementales mondiales se durcissent (telles que la directive RoHS de l'UE), les normes peuvent exiger que la consommation d'énergie et les émissions de déchets liquides dans le processus de production des électrodes respectent des limites spécifiques, favorisant ainsi l'application de technologies de fabrication vertes.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

Chapitre 8 Technologie de détection des électrodes d'yttrium et de tungstène

En tant que matériau de soudage haute performance, la qualité de l'électrode de tungstène d'yttrium affecte directement l'effet de soudage et la fiabilité de l'application. La technologie de détection garantit que les électrodes sont conformes aux normes internationales et nationales (par exemple, ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4192) grâce à une évaluation complète de la composition chimique, des propriétés physiques, des propriétés électriques, de la microstructure et de la sécurité environnementale. Ce chapitre traite en détail de la technologie de détection des électrodes d'yttrium et de tungstène, couvrant la chimie, la physique, l'électricité, la microstructure et la sécurité environnementale, et présente les équipements connexes et les technologies émergentes.

8.1 Détection de la composition chimique des électrodes d'yttrium et de tungstène

Les tests de composition chimique sont au cœur du contrôle de la qualité des électrodes en tungstène d'yttrium, en se concentrant sur l'uniformité de la teneur en oxyde d'yttrium, des éléments d'impuretés et de la distribution des composants pour garantir la stabilité et les performances de l'électrode dans des environnements d'arc à haute température.

8.1.1 Mesure précise de la teneur en oxyde d'yttrium

La teneur en oxyde d'yttrium (Y_2O_3) est l'indice clé de l'électrode de tungstène d'yttrium (WY20), et la norme exige une teneur de 1,8 % ~ 2,2 % (fraction massique), avec un écart de <± 0,1 %. La mesure précise de la teneur en oxyde d'yttrium nécessite des techniques analytiques très sensibles.

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

L'ICP-MS détecte la fraction massique de l'yttrium par ionisation plasma de l'échantillon, avec une limite de détection de < 1 ppb et une précision de ± 0,01 %. L'échantillon doit être dissous avec de l'acide nitrique ou de l'acide fluorhydrique, et le temps d'analyse est d'environ 5 minutes. L'ICP-MS est capable de détecter les niveaux d'oxyde de tungstène et d'yttrium pour une analyse en laboratoire de haute précision. Avantages : Haute sensibilité, adapté à l'analyse des éléments traces ; Inconvénients : Préparation complexe des échantillons et coût élevé de l'équipement.

Spectroscopie de fluorescence X (XRF)

La fluorescence X excite la surface de l'échantillon à l'aide de rayons X, analyse l'intensité de fluorescence caractéristique de l'yttrium et du tungstène, et mesure la teneur en oxyde d'yttrium avec une précision de ± 0,05 %. La XRF est un contrôle non destructif avec un temps d'analyse de < 1 minute, ce qui la rend adaptée à l'inspection rapide sur la ligne de production. Avantages : rapide et sans perte ; Inconvénients : Moins sensible aux éléments légers.

Méthode de titrage chimique

Le titrage chimique mesure la teneur en yttrium par réaction acide-base ou réaction de complexation avec une précision ± 0,1 %. Bien que la méthode soit traditionnelle, elle convient aux petites et moyennes entreprises, avec un faible coût et un fonctionnement simple. Avantages : faible coût, facile à utiliser ; Inconvénients : Faible précision et temps plus long.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Plusieurs échantillons (au moins 3 endroits différents) ont été prélevés au cours du processus de mesure pour s'assurer que la teneur en oxyde d'yttrium était représentative. La norme exige un écart de <± 0,1 % pour garantir des performances d'électrode constantes.

8.1.2 Analyse des éléments d'impuretés et des traces

Les éléments impuretés (tels que le fer, le silicium, le carbone, le calcium) ont un impact significatif sur la stabilité de l'arc et le taux de combustion des électrodes de tungstène yttrium, et la norme exige une teneur totale en impuretés de <0,05 %. L'analyse de traces nécessite l'utilisation d'équipements très sensibles.

ICP-MS

L'ICP-MS peut détecter une large gamme d'éléments d'impuretés (Fe, Si, C, Ca, etc.) avec une limite de détection de < 0,1 ppb, ce qui le rend adapté à l'analyse de traces. L'échantillon doit être complètement dissous et le temps d'analyse est d'environ 5 ~ 10 minutes. Avantages : détection simultanée de plusieurs éléments, grande précision ; Inconvénients : Préparation complexe des échantillons.

Spectrométrie de masse à décharge luminescente (GD-MS)

La GD-MS a été utilisée pour ioniser la surface de l'échantillon par décharge luminescente afin d'analyser les éléments traces avec une limite de détection de < 0,01 ppb. L'appareil est adapté à l'analyse directe des électrodes à l'état solide sans qu'il soit nécessaire de dissoudre l'échantillon. Avantages : Haute sensibilité, non-perte ; Inconvénients : Équipement coûteux et fonctionnement complexe.

Spectroscopie d'absorption atomique (AAS)

L'AAS est utilisé pour détecter des éléments d'impuretés spécifiques (par exemple, Fe, Ca) avec une limite de détection de < 1 ppm et une précision ± 0,1 %. La méthode convient à l'analyse monoélément et est moins coûteuse. Avantages : faible coût, utilisation simple ; Inconvénients : Détection des éléments un par un, faible efficacité.

L'analyse des impuretés couvre la section transversale et la surface de l'électrode afin de garantir l'absence d'enrichissement local. La norme demande 50 ppm de < de fer, 20 ppm de < de silicium et 10 ppm de < de carbone pour éviter la dérive de l'arc ou l'augmentation de l'épuisement.

8.1.3 Détection de l'uniformité de la distribution des composants

La distribution uniforme de l'oxyde d'yttrium affecte directement la stabilité de l'arc et les propriétés mécaniques de l'électrode. La méthode de détection évalue la distribution de la composition à l'intérieur et à la surface de l'électrode.

Spectroscopie à dispersion d'énergie (EDS)

L'EDS combiné à la microscopie électronique à balayage (MEB) analyse la distribution élémentaire des sections efficaces des électrodes par spectroscopie d'énergie des rayons X avec une résolution de < 1 μm et une précision de ± 0,05 %. La zone de détection couvre le centre et le bord de l'électrode

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

pour analyser l'uniformité de distribution de l'oxyde d'yttrium. Avantages : Affichage intuitif de la répartition des éléments ; Inconvénients : Limité à une analyse superficielle ou superficielle.

Microanalyse par sonde électronique (EPMA)

L'EPMA utilise l'excitation par faisceau d'électrons pour analyser la distribution bidimensionnelle de l'yttrium et du tungstène avec une résolution < 0,1 μm et une précision de ± 0,01 %. L'équipement est adapté à l'analyse de haute précision avec des profondeurs de détection de plusieurs microns. Avantages : Haute résolution, adapté aux échantillons complexes ; Inconvénients : équipement coûteux, temps d'analyse long.

Tomographie à rayons X (XCT)

XCT scanne l'intérieur de l'électrode avec des rayons X pour générer une carte de composition 3D avec une résolution < 1 μm. L'appareil peut détecter l'agglomération ou la ségrégation de l'oxyde d'yttrium et convient à l'analyse non destructive. Avantages : Contrôle non destructif 3D ; Inconvénients : coût élevé de l'équipement et traitement complexe des données.

L'essai d'uniformité exigeait que la teneur en oxyde d'yttrium s'écarte de <±0,1 % et que la zone d'agglomération locale < 5 %. Les résultats guident l'optimisation du processus de dopage et de frittage.

8.2 Propriétés physiques des électrodes en tungstène d'yttrium

Les tests de propriétés physiques évaluent la densité, la dureté, les propriétés mécaniques, la qualité de surface et les caractéristiques à haute température des électrodes de tungstène d'yttrium, garantissant ainsi leur stabilité et leur durabilité pendant les processus de soudage.

8.2.1 Essai de densité, de dureté et de propriétés mécaniques

Test de densité

La densité est l'indice clé pour mesurer la densité des électrodes, et la norme exige qu'elle soit proche de la densité théorique (19,1 ~ 19,3 g / cm³). La méthode de drainage d'Archimède utilise une balance électronique de haute précision (précision ± 0,001 g) pour calculer la masse volumique en mesurant la masse de l'électrode dans l'air et dans l'eau. Avantages : simple et précis ; Inconvénients : Plusieurs mesures sont nécessaires pour assurer la cohérence. Les usines modernes utilisent également des densimètres à rayons X pour mesurer la densité par l'intensité d'absorption des rayons X sans détruire les échantillons avec une précision ± 0,01 g/cm³.

Essai de dureté

L'essai de dureté Vickers (HV) utilise un essai de dureté Vickers, applique une charge de 1050 N et mesure la dureté de la section transversale de l'électrode, avec une valeur cible de 400450 HV. Les points de test couvrent le centre et le bord de l'électrode, assurant l'uniformité. Avantages : haute précision, résistance du matériau réfléchissant ; Inconvénients : Nécessite la préparation d'échantillons plats.

Test des propriétés mécaniques

Les essais de résistance à la traction et à la flexion utilisent une machine d'essai de matériau

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

universelle avec une charge de traction ou de flexion en trois points appliquée avec une résistance à la traction cible > 1000 MPa et une résistance à la flexion > 800 MPa. Le test a été effectué à température ambiante et à haute température (1000°C) pour évaluer la résistance de l'électrode à la déformation. Avantages : Évaluation complète des propriétés mécaniques ; Inconvénients : L'équipement d'essai à haute température est complexe.

8.2.2 Essais de qualité de surface et de précision dimensionnelle

Essai de rugosité de surface

La rugosité de surface (Ra<0,4 μm) est mesurée par un profileur de contact ou un scanner de surface laser pour détecter les rayures, les oxydes ou les inclusions sur la surface de l'électrode. La résolution de l'appareil < de 0,01 μm et la longueur de balayage est de 2 ~ 5 mm. Avantages : Haute précision, adapté à l'inspection sur la ligne de production ; Inconvénients : Nécessite un étalonnage régulier.

Inspection de la précision dimensionnelle

La précision dimensionnelle (diamètre ± 0,05 mm, longueur ± 1 mm) est mesurée à l'aide d'un mesureur de diamètre laser de haute précision ou d'un pied à coulisse numérique. La jauge de diamètre laser scanne le diamètre de l'électrode avec une précision de ± 0,01 mm à travers un faisceau laser, ce qui la rend adaptée à l'inspection des lots. Avantages : rapide et sans perte ; Inconvénients : Coût de l'équipement plus élevé.

Examen microscopique

Les microscopes optiques (grossissement 100~500 ×) sont utilisés pour inspecter les fissures de surface, les pores ou les inclusions à une profondeur < 10 μm. Les défauts graves (par exemple, longueur de fissure >0,1 mm) doivent être rejetés. Avantages : intuitif et simple ; Inconvénients : Limité à l'inspection de surface.

8.2.3 Essai de propriété physique à haute température

Les essais de performance à haute température évaluent la stabilité de l'électrode dans un environnement de soudage (>2000°C).

Température de recristallisation à haute température

Le test utilise un four à haute température (2000 ~ 2500 °C) pour chauffer l'électrode, combiné à un calorimètre différentiel à balayage (DSC) pour mesurer la température de recristallisation et la cible > 2000 °C. Le test est effectué sous protection contre l'argon contre l'oxydation. Avantages : refléter avec précision la stabilité à haute température ; Inconvénients : longue durée de test.

Coefficient d'essai de dilatation thermique

Le dilatomètre thermique mesure le coefficient de dilatation thermique de l'électrode à 20 ~ 1000 °C, avec une cible d'environ $4,5\times10^{-6}$ K^{-1}. L'appareil enregistre les changements dimensionnels par interférométrie laser avec une précision ± $0,1\times10^{-6}$ K^{-1}. Avantages : haute précision ; Inconvénients : Nécessite un support d'équipement à haute température.

Test de conductivité thermique

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

La conductivité thermique de l'électrode a été mesurée par la méthode du flash laser (cible 174 W/m·K), et un analyseur de flash laser à haute température a été utilisé pour tester la plage de température de 20 ~ 1000 °C. Avantages : rapide et précis ; Inconvénients : équipement coûteux.

8.3 Détection des propriétés électriques de l'électrode d'yttrium et de tungstène

Les tests de performance électrique évaluent la capacité d'émission d'électrons, la stabilité de l'arc et la résistance au courant élevé des électrodes de tungstène d'yttrium, garantissant ainsi leurs performances dans le soudage à l'arc TIG et plasma.

8.3.1 Échappement d'électrons et essai d'émission thermoïonique

Test de travail d'échappement d'électrons

Le travail d'échappement d'électrons (cible 2,5 ~ 2,7 eV) est mesuré par spectrométrie photoélectronique (PES) ou dispositif d'émission thermionique. Le PES utilise la lumière ultraviolette pour exciter les électrons et analyser l'énergie qui s'échappe ; Le dispositif d'émission thermionique chauffe l'électrode (10001500°C) dans un environnement vide et mesure le courant d'émission. Avantages : Mesure précise des capacités d'émission d'électrons ; Inconvénients : L'équipement est complexe et nécessite un environnement sous vide.

Essai d'émission thermoïonique

Le test d'émission thermoïonique a été effectué dans des conditions de soudage simulées (courant 50 ~ 200 A, environnement sous vide ou argon) et la densité du courant d'émission (cible > 10 A/cm²) a été mesurée à l'aide d'une alimentation haute fréquence et d'un ampèremètre. Avantages : refléter directement les performances de soudage ; Inconvénients : Les conditions de test doivent être strictement contrôlées.

8.3.2 Performances d'amorçage de l'arc et essai de stabilité de l'arc

Essai de performance d'amorçage d'arc

Le test de performance d'arc électrique a été effectué à l'aide d'une soudeuse TIG (courant 50 ~ 200 A, débit d'argon 10 ~ 15 L / min) pour mesurer la tension de l'arc (<15 V) et le temps de début de l'arc (<0,1 seconde). L'équipement est équipé d'un dispositif d'allumage à haute fréquence et d'un analyseur de spectre pour enregistrer l'intensité lumineuse de l'arc et la vitesse d'allumage. Avantages : Simulation réaliste de l'environnement de soudage ; Inconvénients : Nécessite un support de machine à souder standard.

Stabilité de l'arc

Les tests de stabilité de l'arc sont effectués à un courant de 100 ~ 300 A, enregistrant le taux de dérive de l'arc (cible <5 %) et les fluctuations de tension (<±1 V). L'appareil utilise une caméra à haute vitesse (fréquence d'images > 1000 fps) pour observer la morphologie de l'arc et analyser la stabilité en combinaison avec un enregistreur de tension/courant. Avantages : Reflète intuitivement la qualité de l'arc ; Inconvénients : Équipement de test coûteux.

8.3.3 Essai de taux de combustion dans des conditions de courant élevé

Le test de vitesse de combustion a été effectué à 200 A DC pendant 1 heure pour mesurer la perte

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

de masse de l'électrode (cible < 0,2 mg/min). L'équipement comprend une balance électronique de haute précision (précision ±0,01 mg) et une soudeuse TIG, et le test est effectué sous protection argon. Avantages : évaluation directe de la durée de vie de l'électrode ; Inconvénients : Cycle d'essai long. Le test de combustion à haute température (>300 A) utilise également une soudeuse à l'arc plasma pour évaluer la durabilité de l'électrode dans des conditions extrêmes.

8.4 Détection de la microstructure des électrodes de tungstène d'yttrium

La détection de la microstructure évalue la taille des grains de l'électrode, la distribution de l'oxyde d'yttrium et les défauts internes, garantissant ainsi ses propriétés mécaniques et électriques.

8.4.1 Analyse de la structure et de la taille des grains

Microscopie électronique à balayage (MEB)

Le MEB a été utilisé pour observer la structure des grains de la section efficace de l'électrode, avec une taille de grain cible de 510 μm et une résolution < 1 nm. L'échantillon doit être poli et gravé avec un grossissement de 1000 ~ 5000 ×. Avantages : haute résolution, affichage intuitif de la morphologie des grains ; Inconvénients : Préparation complexe des échantillons.

Microscope optique

Les microscopes optiques (grossissement 200~1000 ×) sont utilisés pour l'analyse rapide de la taille et de la distribution des grains, adaptés à l'inspection préliminaire sur la ligne de production. Avantages : utilisation simple et faible coût ; Inconvénients : Résolution inférieure à celle du MEB.

8.4.2 Distribution et analyse de phase des particules d'oxyde d'yttrium

Spectroscopie à dispersion d'énergie (EDS)

L'EDS combiné au MEB a analysé la distribution des particules d'oxyde d'yttrium avec une résolution < 1 μm. La détection couvre la section efficace de l'électrode et l'écart de distribution cible est <± 0,1 %. Avantages : Affichage intuitif de la répartition des éléments ; Inconvénients : Limité à l'analyse de surface.

Diffraction des rayons X (XRD)

La DRX a analysé la composition en phase de l'électrode pour confirmer l'absence de WO_3 ou d'autres phases oxydantes. L'appareil utilise des rayons Cu Kα, avec un angle de balayage de 10 ~ 90 ° et une résolution ± 0,01 °. Avantages : structure de phase de contrôle non destructif ; Inconvénients : Nécessite une analyse de données professionnelle.

8.4.3 Détection des défauts internes (fissure, porosité)

Tomographie à rayons X (XCT)

XCT génère une image tridimensionnelle de l'électrode pour détecter les fissures et les pores internes avec une résolution < 1 μm. L'équipement est adapté à l'analyse non destructive avec une profondeur de détection de plusieurs millimètres. Avantages : Contrôle non destructif 3D ; Inconvénients : Équipement coûteux et traitement complexe des données.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Contrôle par ultrasons

La détection par ultrasons balaie l'intérieur de l'électrode par des ondes acoustiques à haute fréquence (5 ~ 20 MHz) pour détecter les fissures et les pores avec une précision de ± 0,1 mm. L'équipement est adapté à l'inspection rapide de grands volumes. Avantages : rapide et sans perte ; Inconvénients : Moins sensible aux petits défauts.

8.5 Essais environnementaux et de sécurité des électrodes en tungstène d'yttrium

Les tests environnementaux et de sécurité garantissent que les électrodes de tungstène d'yttrium sont non radioactives, peu toxiques et durables, et qu'elles répondent aux exigences environnementales et de santé au travail.

8.5.1 Certification non radioactive

La non-radioactivité des électrodes de tungstène d'yttrium est leur principal avantage par rapport aux électrodes de tungstène au thorium. Les méthodes de détection comprennent :

Détection des rayons gamma

Le niveau de radioactivité de l'électrode est mesuré à l'aide d'un détecteur de rayons gamma (sensibilité <0,01 μSv/h) afin de s'assurer qu'il n'y a pas de rayons α, β ou γ. Le test a été effectué dans une chambre blindée pendant 24 heures. Avantages : Haute sensibilité pour assurer la sécurité ; Inconvénients : équipement coûteux.

Analyse des radionucléides

Les radionucléides dans l'électrode (p. ex., Th-232, U-238) ont été analysés à l'aide d'un détecteur au germanium de haute pureté, et la limite de détection était < 0,1 Bq/g. Avantages : Détection précise de la radioactivité à l'état de traces ; Inconvénients : long temps d'analyse.

Les résultats des tests doivent répondre aux normes de l'Organisation internationale du travail (OIT) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), prouvant que l'électrode est exempte de radioactivité.

8.5.2 Évaluation de l'impact sur l'environnement et de la recyclabilité

Tests d'impact environnemental

Les tests d'impact environnemental évaluent les émissions (p. ex., déchets liquides, suie) lors de la production et de l'utilisation des électrodes. Les concentrations de fumées de soudage (cible < 0,1 mg/m³) ont été mesurées à l'aide d'un analyseur de gaz et les métaux lourds dans les déchets liquides ont été analysés par chromatographie liquide (HPLC). Avantages : Évaluation complète des impacts environnementaux ; Inconvénients : Nécessite plusieurs équipements pour coopérer.

Évaluation du rétablissement

Les tests de récupération évaluent la récupération des électrodes par fusion à haute température et purification chimique (objectif > 90 %). L'équipement comprend un four à arc électrique et un système d'extraction par solvant pour tester l'efficacité de récupération de l'oxyde de tungstène et d'yttrium. Avantages : Soutenir l'économie circulaire ; Inconvénients : Le processus de recyclage est

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

complexe.

8.5.3 Essais de santé et de sécurité au travail

Détection des fumées de soudage

La concentration de suie pendant le soudage a été mesurée à l'aide d'un échantillonneur de particules, avec un objectif < 0,1 mg/m³. L'équipement est équipé d'un filtre à haute efficacité et le temps d'échantillonnage est de 1 ~ 2 heures. Avantages : Évaluation directe des risques pour la santé ; Inconvénients : Essais sur le terrain nécessaires.

Détection de la lumière à arc

L'intensité UV de la lumière de l'arc (longueur d'onde 200 ~ 400 nm) est mesurée à l'aide d'un spectromètre pour évaluer les dommages potentiels pour les yeux et la peau. Les essais sont effectués dans des conditions de soudage TIG standard. Avantages : Protéger l'opérateur ; Inconvénients : Nécessite un équipement de protection professionnel.

8.6 Technologie et équipement d'essai de l'électrode de tungstène d'yttrium

8.6.1 Instruments et principes d'essai communs

ICP-MS : Détection de la composition chimique par ionisation plasma et spectrométrie de masse avec une précision ± 0,01 %.

XRF : Analyse le contenu élémentaire par fluorescence X, adapté à la détection rapide non destructive.

MEB/EDS : Détecte la microstructure et la distribution élémentaire par imagerie par faisceau d'électrons et spectroscopie d'énergie.

XRD : analyse par diffraction des rayons X de la composition des phases pour confirmer l'absence de phases oxydantes nocives.

XCT : Génère des images 3D par balayage à rayons X pour détecter les défauts internes.

Duromètre Vickers : Mesure la dureté par indentation et évalue les propriétés mécaniques.

Jauge de diamètre laser : Précision dimensionnelle mesurée par balayage laser, avec une précision ± 0,01 mm.

8.6.2 Technologies de détection avancées (assistée par l'IA, analyse in situ, etc.)

Détection assistée par l'IA

La technologie d'IA analyse les données MEB, XRF et XRD à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique pour prédire les performances des électrodes (par exemple, le taux de brûlure, la stabilité de l'arc). Le système optimise les paramètres de détection en fonction des données historiques, et le taux de reconnaissance des défauts > 95 %. Avantages : améliorer l'efficacité, réduire les erreurs manuelles ; Inconvénients : Nécessite beaucoup de données d'entraînement.

Techniques d'analyse in-situ

L'analyse in-situ combine four haute température et MEB/MET pour observer en temps réel les changements de microstructure des électrodes à haute température (>2000°C). L'équipement est équipé d'un étage d'échantillonnage à haute température et d'un système d'imagerie dynamique d'une résolution < 1 nm. Avantages : Reflète intuitivement les performances à haute température ;

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Inconvénients : Équipement complexe et coût élevé.

Analyse spectrale en ligne

L'analyseur de spectre en ligne évalue la stabilité de l'arc et la volatilisation des impuretés en surveillant le spectre de l'arc en temps réel, avec un temps d'analyse de < 0,1 seconde. Avantages : retour d'information rapide, adapté au suivi sur la ligne de production ; Inconvénients : Nécessite un spectromètre de haute précision.

Ces technologies de pointe améliorent l'efficacité et la précision de l'inspection, favorisant le développement intelligent du contrôle de la qualité des électrodes d'yttrium et de tungstène.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

Chapitre 9 Problèmes courants et solutions pour les électrodes de tungstène d'yttrium

L'électrode de tungstène d'yttrium (WY20) est largement utilisée dans le soudage TIG, le soudage à l'arc plasma et les applications non soudées en raison de son excellente stabilité à l'arc, de son faible taux de combustion et de ses propriétés non radioactives. Cependant, les utilisateurs peuvent rencontrer des problèmes tels qu'un arc électrique instable, un épuisement rapide de la pointe et des difficultés à former un arc électrique pendant l'utilisation. Ce chapitre analyse en détail les causes de ces problèmes et fournit des solutions ciblées pour aider les utilisateurs à optimiser les performances de soudage et la durée de vie des électrodes.

9.1 Causes possibles de l'instabilité de l'arc des électrodes de tungstène d'yttrium

L'instabilité de l'arc est un problème courant dans l'utilisation d'électrodes en tungstène d'yttrium, se manifestant par une dérive de l'arc, une intermittence ou une difficulté à contrôler le bain de fusion, ce qui peut entraîner une diminution de la qualité de la soudure. Ce qui suit analyse les causes sous quatre aspects : la géométrie de la pointe de l'électrode, les paramètres de courant, le gaz de protection et la contamination de surface.

9.1.1 Géométrie incorrecte de la pointe de l'électrode

Raison : La géométrie de la pointe de l'électrode (par exemple, l'angle, le rayon) affecte directement la concentration et la stabilité de l'arc. L'angle de pointe de l'électrode de tungstène d'yttrium est généralement de 15 ° ~ 60 ° et le rayon de pointe est de 0,1 ~ 0,5 mm. Si l'angle est trop petit (<15°), l'arc est trop concentré, ce qui peut provoquer une surchauffe de la pointe ; Si l'angle est trop grand (>60°), l'arc sera dispersé et la stabilité diminuera. De plus, un meulage inégal de la pointe ou la présence de bavures peut provoquer un décalage de l'arc.

Solution:

Usinage précis de la pointe à l'aide d'une rectifieuse CNC, avec un angle recommandé de 30°~45° et un rayon de pointe de 0,2~0,3 mm, adapté à la plupart des scénarios de soudage TIG.

Vérifiez régulièrement la forme de la pointe et utilisez une meule diamantée pour le meulage afin de garantir une surface lisse et sans bavures.

Ajustez l'angle en fonction du matériau de soudage : 30° pour l'alliage de titane (soudage à pénétration profonde), 45° pour l'acier inoxydable (profondeur de pénétration moyenne).

Après le meulage, la pointe est inspectée à l'aide d'un microscope (grossissement de 100×) pour s'assurer qu'il n'y a pas de microfissures ou de formes irrégulières.

Précautions:

Établissez des procédures d'exploitation standard (SOP) pour le meulage de pointe et formez les opérateurs.

Utilisez un dispositif de meulage spécial pour assurer des angles de meulage constants.

9.1.2 Problèmes de type et de paramétrage actuels

Raison : Le type de courant (polarité positive DC DCEN, polarité inversée DC DCEP ou AC AC) et les paramètres ont un impact significatif sur la stabilité de l'arc. Les électrodes en tungstène

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

d'yttrium conviennent au soudage à polarité positive DC (DCEN) ou AC avec une plage de courant de 50 ~ 300 A. Si le DCEP est utilisé, la pointe de l'électrode est surchauffée, ce qui peut facilement entraîner une dérive de l'arc ; Si le courant est trop élevé (>300 A), l'épuisement de l'électrode sera aggravé ; Si le courant est trop faible (<50 A), il est difficile de maintenir la stabilité dans l'arc.

Solution:
Le DCEN est préféré, le courant est contrôlé à 100 ~ 200 A, adapté au soudage des alliages de titane et de l'acier inoxydable.
Pour le soudage AC (par exemple en alliage d'aluminium), utilisez une alimentation AC à ondes carrées avec une fréquence de 50 ~ 150 Hz et un contrôle d'équilibre à 50 % ~ 70 % pour réduire la surchauffe de la pointe.
Ajustez le courant en fonction de l'épaisseur de la pièce : 50~100 A pour les plaques minces (<2 mm) et 150~250 A pour les plaques épaisses (>5 mm).
En utilisant le soudage TIG pulsé, la fréquence d'impulsion est de 110 Hz et le courant de crête est 20 % ~ 30 % plus élevé que le courant de base, ce qui améliore la stabilité de l'arc.

Précautions:
À l'aide d'une base de données de paramètres de soudage, le réglage de courant optimal est sélectionné en fonction du matériau et de l'épaisseur.
Calibrez régulièrement la machine à souder pour assurer une sortie de courant stable.

9.1.3 Qualité ou débit insuffisant du gaz de protection

Cause : La masse et le débit du gaz de protection (généralement de l'argon ou de l'hélium) affectent directement l'environnement d'arc. Le gaz argon doit être pur à ≥ 99,99 % et sa teneur en oxygène < de 10 ppm. Si le gaz contient des impuretés (par exemple, de l'oxygène, de la vapeur d'eau), la surface de l'électrode peut s'oxyder, entraînant une instabilité de l'arc. Un débit insuffisant (<8 L/min) peut exposer l'arc à l'air, tandis qu'un débit excessif (>20 L/min) peut provoquer des turbulences qui peuvent perturber l'arc.

Solution:
Utilise de l'argon de haute pureté (99,999 %) et est équipé d'un filtre à gaz pour éliminer la vapeur d'eau et l'oxygène.
Ajustez le débit de gaz : 8 ~ 12 L / min pour le soudage de plaques minces et 12 ~ 15 L / min pour le soudage de plaques épaisses.
Inspectez les conduites de gaz pour vous assurer qu'il n'y a pas de fuites ou de contamination, et utilisez des débitmètres pour contrôler le débit avec précision.
Dans le soudage de haute précision, des mélanges d'argon-hélium (rapport 3:1) peuvent être utilisés pour améliorer la température et la stabilité de l'arc.

Précautions:
Testez régulièrement la pureté du gaz à l'aide d'un analyseur de gaz (limite de détection < 1 ppm).
Établissez des spécifications de stockage et d'utilisation du gaz pour éviter l'humidité ou la contamination du gaz.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.1.4 Contamination ou oxydation de la surface de l'électrode

Cause : La contamination de la surface des électrodes (par exemple, l'huile, la poussière) ou l'oxydation (formation de WO_3) peut interférer avec l'émission d'électrons, entraînant une instabilité de l'arc. La contamination peut résulter d'environnements de stockage sales ou d'une manipulation inappropriée, tandis que l'oxydation se produit généralement lorsque les électrodes sont exposées à l'air ou à des températures élevées.

Solution:

Utilisez de l'éthanol anhydre ou de l'acétone pour nettoyer la surface de l'électrode et utilisez un nettoyeur à ultrasons (fréquence 20 ~ 40 kHz) pour éliminer les couches d'huile et d'oxyde.

Broyez la pointe de l'électrode pour éliminer la couche d'oxyde et restaurer la finition de surface (Ra<0,4 μm).

Conservez les électrodes dans un emballage scellé et placez-les dans un environnement sec et ventilé (humidité < 60 %).

Inspectez la surface de l'électrode avant de souder et utilisez un microscope optique (grossissement de 50×) pour confirmer qu'il n'y a aucune trace de contamination ou d'oxydation.

Précautions:

Établissez des spécifications pour le stockage et l'utilisation des électrodes afin d'éviter tout contact avec l'huile ou l'humidité.

Maintenez une alimentation continue en gaz protecteur pendant le processus de soudage pour éviter d'exposer l'électrode à l'air.

9.2 Causes et contre-mesures de la combustion rapide des pointes d'électrode en tungstène d'yttrium

L'épuisement rapide de la pointe est un problème courant chez les utilisateurs, qui se manifeste par l'usure ou la fusion rapide de la pointe de l'électrode, réduisant ainsi sa durée de vie. Ce qui suit est une analyse des raisons et une contre-mesure.

9.2.1 Courant excessif ou sélection de polarité incorrecte

Cause : Un courant excessif (>300 A) ou une polarité incorrecte (par ex. DCEP) peut provoquer une surchauffe de la pointe, accélérant ainsi l'épuisement. Le taux de combustion de l'électrode de tungstène d'yttrium est d'environ 0,1 ~ 0,2 mg / min dans des conditions DCEN, mais il peut augmenter à plus de 0,5 mg / min sous DCEP ou courant élevé.

Solution:

Avec DCEN, le courant est contrôlé à 100~250 A pour éviter la surchauffe de la pointe.

Pour le soudage AC, ajustez la commande de balance (temps d'avancement <30 %) pour réduire le temps de chauffage de la pointe.

Dans les scénarios à courant élevé (>200 A), des électrodes de plus grand diamètre (3,2 ~ 4,8 mm) sont utilisées pour augmenter la capacité thermique.

Surveillez le rendement de la machine à souder et utilisez un enregistreur de courant pour assurer un courant stable sans changements brusques.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Précautions:
Sélectionnez le courant et la polarité appropriés en fonction du matériau de soudage, en référence à la norme ISO 6848.
À l'aide d'une machine à souder intelligente, le courant est automatiquement ajusté pour protéger l'électrode.

9.2.2 Optimiser l'angle de meulage de la pointe et le traitement de surface
Cause : Un angle de pointe trop petit (<15°) ou une surface rugueuse (Ra>0,4 μm) peut entraîner une densité de courant excessive et accélérer l'épuisement. Un meulage inégal peut créer des points chauds localisés, exacerbant la fonte des pointes.

Solution:
Meulez la pointe à 30 ° ~ 45 °, le rayon de la pointe est de 0,2 ~ 0,3 mm et la meule diamantée est utilisée pour assurer une surface lisse.
Un polissage électrochimique (électrolyte acide sulfurique-acide phosphorique, tension 5 ~ 15 V) a été utilisé pour réduire la rugosité de surface à Ra<0,4 μm.
Vérifiez la qualité du meulage et utilisez un microscope (grossissement 100×) pour confirmer qu'il n'y a pas de bavures ou de microfissures à la pointe.
Réaffûtez régulièrement la pointe et vérifiez toutes les 1 ~ 2 heures de soudage.

Précautions:
À l'aide de rectifieuses CNC, assurez-vous que les angles de pointe et la qualité de surface sont constants.
Formez les opérateurs à maîtriser les bonnes techniques de broyage.

9.2.3 Ajuster le type et le débit du gaz de protection
Cause : Un gaz protecteur insuffisant ou des impuretés provoqueront l'oxydation de la pointe, la formation de substances volatiles WO_3 et accéléreront l'épuisement. Une forte proportion d'hélium (>50 %) peut augmenter la température de l'arc et exacerber la perte de pointe.

Solution:
Du gaz argon de haute pureté (99,999 %) est utilisé, avec un débit de 10 ~ 15 L / min, pour garantir que la pointe est protégée de l'oxydation.
Dans le soudage à courant élevé, essayez un mélange argon-hélium (rapport 4:1) pour équilibrer la température de l'arc et l'effet de protection.
Vérifiez la conduite de gaz et utilisez un débitmètre (précision ± 0,1 L/min) pour assurer un débit stable.
Dans le soudage sous vide ou de haute précision, de l'hélium de haute pureté (débit de 8 ~ 12 L / min) est utilisé pour réduire l'épuisement de la pointe.

Précautions:
Entretenez régulièrement le système d'alimentation en gaz, vérifiez l'étanchéité du filtre et de la conduite.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Enregistrer les paramètres d'utilisation du gaz pour assurer la conformité aux exigences du processus de soudage.

9.2.4 Remplacer l'électrode par une teneur en oxyde d'yttrium plus élevée

Raison : Les électrodes WY20 standard (oxyde d'yttrium 1,8 % ~ 2,2 %) peuvent brûler rapidement à des courants ultra-élevés (>400 A) ou dans des environnements extrêmes (tels que le soudage à l'arc plasma). Les électrodes à teneur plus élevée en oxyde d'yttrium (telles que WY30, oxyde d'yttrium 2,5 % ~ 3,0 %) ont des températures de recristallisation et une résistance à l'épuisement plus élevées.

Solution:

Dans des scénarios à courant élevé ou à haute température, le taux d'épuisement peut être réduit de 20 % ~ 30 % en utilisant l'électrode WY30.

Consultez les fournisseurs pour personnaliser les électrodes à haute teneur en oxyde d'yttrium afin d'assurer la conformité aux normes ISO 6848 ou GB/T 4192.

Des électrodes ayant des teneurs différentes en oxyde d'yttrium ont été testées et des taux de combustion ont été enregistrés (objectif < 0,15 mg/min).

En termes de coût de pesage et de performances, le prix de l'électrode WY30 est environ 10 % ~ 20 % plus élevé.

Précautions:

Choisissez le modèle d'électrode approprié en fonction de la tâche de soudage afin d'éviter une surperformance ou une sous-performance.

Établir une base de données sur les performances des électrodes pour enregistrer les scénarios applicables des différents modèles.

9.3 Comment choisir la teneur appropriée en oxyde d'yttrium

La teneur en oxyde d'yttrium affecte la stabilité de l'arc, la capacité d'émission thermoionique et la durée de vie de l'électrode. Ce qui suit analyse les principes de sélection du point de vue du matériau de soudage, du type de courant, de l'environnement et du coût.

9.3.1 Sélectionné en fonction du matériau de soudage (alliage de titane, alliage à base de nickel, etc.).

Analyse : Différents matériaux de soudage ont des exigences différentes pour les performances de l'électrode. Les alliages de titane nécessitent un faible apport de chaleur et un arc électrique stable, les alliages à base de nickel nécessitent une capacité de charge de courant élevée et les aciers inoxydables conviennent aux courants modérés et aux propriétés d'usage général.

Suggestion:

Alliage de titane : WY20 (oxyde d'yttrium 1,8 % ~ 2,2 %), courant 100 ~ 200 A, angle de pointe 30 °, adapté au soudage de protection sous vide ou au gaz argon.

Alliage à base de nickel : WY30 (oxyde d'yttrium 2,5 % ~ 3,0 %), courant 150 ~ 300 A, angle de pointe 45 °, pour répondre aux besoins du soudage par fusion profonde.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Acier inoxydable : WY20 ou WY15 (oxyde d'yttrium 1,0 % ~ 1,5 %), courant 50 ~ 150 A, forte polyvalence.
Alliage d'aluminium : WY20, soudage AC, courant 50 ~ 200 A, contrôle d'équilibre 50 % ~ 70 %.

Instrument:
Reportez-vous au manuel de soudage du matériau pour correspondre au modèle d'électrode et aux paramètres du processus.
Les électrodes avec différentes teneurs en oxyde d'yttrium sont testées pour évaluer la qualité de la soudure et la durée de vie des électrodes.

9.3.2 Adaptation du type de courant et de l'intensité

Analyse : La polarité positive DC (DCEN) convient à la plupart des soudures métalliques, le soudage AC est utilisé pour les alliages d'aluminium, etc. La teneur en oxyde d'yttrium affecte la capacité de transport de courant de l'électrode.

Suggestion:
DCEN : WY20, courant 50 ~ 250 A, adapté aux alliages de titane, à l'acier inoxydable et aux alliages à base de nickel.
AC : WY20, courant 50 ~ 200 A, fréquence 50 ~ 150 Hz, adapté à l'alliage d'aluminium et à l'alliage de magnésium.
Courant élevé (>300 A) : WY30, résistance aux brûlures améliorée et adapté au soudage de plaques épaisses.
Courant faible (<50 A) : WY15, coût réduit, adapté au micro-brasage de tôles minces.
Instrument:
Utilisez un paramètre de soudeur pour optimiser le type et l'intensité du courant.
Testez régulièrement les performances des électrodes pour garantir des tâches de soudage adaptées.

9.3.3 Sélection dans un environnement spécial (vide, haute température).

Analyse : Les environnements sous vide ou à haute température (par exemple, le soudage à l'arc plasma) nécessitent une faible volatilité et des températures de recristallisation élevées pour les électrodes. Le WY20 fonctionne bien dans les environnements sous vide, et le WY30 convient aux scénarios à ultra-haute température.

Suggestion:
Environnement sous vide : WY20, degré de vide 10^{-3}~10^{-5} Pa, taux de combustion <0,1 mg/min, adapté au soudage des semi-conducteurs et de l'aérospatiale.
Environnement à haute température : WY30, température de l'arc > 10000°C, adapté au soudage à l'arc plasma ou à la pulvérisation.
Environnement corrosif : WY20, avec protection contre l'argon, forte résistance à l'oxydation, adapté à l'ingénierie maritime.

Instrument:
Choisissez des électrodes conformes aux normes ISO 6848 ou GB/T 4192 pour garantir une faible

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

volatilité.
Testez les performances de l'électrode dans l'environnement cible, en enregistrant le taux de combustion et la stabilité de l'arc.

9.3.4 Analyse équilibrée de la performance et des coûts

Analyse : Une teneur élevée en oxyde d'yttrium (comme WY30) améliore les performances, mais le coût augmente de 10 % ~ 20 %. Les utilisateurs doivent choisir la bonne électrode en fonction des besoins de la tâche et du budget.

Suggestion:
Soudure de haute précision : Priorité WY30 pour d'excellentes performances et adapté à l'industrie aérospatiale et nucléaire.
Industrie générale : Choisissez WY20, rentable, pour répondre à la plupart des besoins de soudage TIG.
Scénario à faible coût : WY15, réduire les coûts d'approvisionnement, adapté au soudage de plaques minces ou à faible courant.
Priorité de vie : WY30, durée de vie 20 % ~ 30 % plus longue, réduire la fréquence de remplacement.

Instrument:
Établissez un modèle de coût de sélection des électrodes, en tenant compte du coût d'approvisionnement, de la durée de vie et de l'efficacité du soudage.
Communiquer avec les fournisseurs pour réduire les coûts en achetant en gros.

9.4 Contre-mesures pour la difficulté d'arc électrique des électrodes de tungstène d'yttrium

Les difficultés d'arc électrique se manifestent par un allumage retardé ou défectueux de l'arc, affectant l'efficacité du soudage. Ce qui suit analyse les raisons et propose des solutions.

9.4.1 Vérifier la propreté de la surface et l'état de la pointe des électrodes

Cause : La contamination de la surface de l'électrode (huile, oxydes) ou l'usure de la pointe peuvent augmenter la tension de l'arc et réduire l'efficacité de l'émission d'électrons.

Solution:
Utilisez de l'éthanol anhydre pour nettoyer l'électrode et utilisez une machine de nettoyage à ultrasons (fréquence 20 ~ 40 kHz) pour éliminer la contamination.
Réaffûtez la pointe à un angle de 30°~45° et un rayon de 0,2~0,3 mm, à l'aide d'une meule diamantée.
Vérifiez l'état de la pointe et utilisez un microscope (grossissement de 100×) pour confirmer qu'il n'y a pas d'oxydes ou de microfissures.
Utilisez un emballage hermétique lors du stockage des électrodes pour éviter toute contamination.
Précautions:
Formuler des spécifications de nettoyage et d'inspection des électrodes, qui doivent être inspectées avant le soudage.
Utilisez des dispositifs spéciaux pour fixer les électrodes afin d'éviter la contamination de l'opération.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.4.2 Optimiser les paramètres de démarrage de l'arc à haute fréquence

Cause : Des paramètres incorrects du démarreur d'arc haute fréquence (tels qu'une fréquence trop basse ou une tension insuffisante) entraîneront une défaillance de l'amorçage de l'arc. Le faible travail d'échappement (2,5 ~ 2,7 eV) de l'électrode de tungstène d'yttrium convient à l'arc à haute fréquence, mais il doit être réglé raisonnablement.

Solution:

Ajustez la fréquence d'arc haute fréquence à 10 ~ 20 kHz et la tension à 5 ~ 10 kV pour assurer un allumage rapide de l'arc.

Vérifiez l'appareil à haute fréquence de la machine à souder, nettoyez le mandrin d'électrode et le fil de terre et réduisez la résistance de contact.

L'utilisation d'un arc à haute fréquence par impulsion et d'une largeur d'impulsion de 0,1 ~ 0,5 ms peut améliorer le taux de réussite de l'arc électrique.

Heure de début de l'arc de test, l'objectif < 0,1 seconde.

Précautions:

Entretenez régulièrement l'appareil haute fréquence de la machine à souder pour assurer un rendement stable.

À l'aide d'une machine à souder intelligente, les paramètres de démarrage de l'arc sont automatiquement optimisés.

9.4.3 Ajuster la distance entre l'électrode et la pièce

Raisons : La distance entre l'électrode et la pièce est trop grande (>3 mm) pour entraîner une intensité de champ électrique insuffisante et des difficultés à former des arcs. Une distance trop petite (<1 mm) peut provoquer un court-circuit ou une contamination.

Solution:

La distance entre l'électrode et la pièce est ajustée à 1,5 ~ 2,5 mm, ce qui convient à la plupart des scénarios de soudage TIG.

Utilisez une torche de soudage pour fixer l'électrode afin d'assurer une distance stable.

Dans le micro-soudage, la distance peut être réduite à 1 ~ 1,5 mm pour améliorer la concentration de l'arc.

La distance a été vérifiée à l'aide d'un télémètre laser (précision ±0,1 mm).

Précautions:

Formez les opérateurs à maîtriser le bon réglage de la distance.

Dans le soudage automatisé, des capteurs sont utilisés pour surveiller les distances en temps réel.

9.4.4 Remplacez l'électrode ou vérifiez la stabilité de l'alimentation électrique

Cause : Le vieillissement de l'électrode ou les fluctuations de la tension d'alimentation peuvent entraîner des difficultés de formation d'arcs. La durée de vie des électrodes en tungstène d'yttrium est généralement de 100 ~ 150 heures et l'efficacité de l'émission d'électrons diminue après la vie.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Solution:
Remplacez l'électrode par une neuve, choisissez WY20 ou WY30, assurez-vous de la conformité à la norme (ISO 6848).
Vérifiez la stabilité de l'alimentation électrique et surveillez les fluctuations de tension de sortie (<±5 %) à l'aide d'un voltmètre (précision ±0,1 V).
Nettoyez les points de contact de la soudeuse pour vous assurer que le mandrin d'électrode n'est pas oxydé ou desserré.
Testez les performances de l'électrode, enregistrez la tension et le temps de l'arc.

Précautions:
Établissez des cycles de remplacement des électrodes et notez le temps d'utilisation.
Calibrez régulièrement la machine à souder pour assurer une alimentation électrique stable.

9.5 Tungstène d'yttrium mélangé à d'autres électrodes de tungstène

Le mélange de différents types d'électrodes en tungstène (par exemple, tungstène d'yttrium, tungstène de thorium, tungstène de lanthane) peut entraîner une réduction des performances ou une confusion de fonctionnement. Voici une analyse de l'impact du mélange et des recommandations de gestion.

9.5.1 Effets du mélange sur la performance de l'arc

Raison : Le fonctionnement de l'échappement des électrons et la stabilité thermique des différentes électrodes varient considérablement. Les électrodes en tungstène d'yttrium (travail d'évacuation 2,5 ~ 2,7 eV) conviennent au soudage DCEN et AC, tandis que le tungstène au thorium (WT20, travail d'évacuation 2,6 ~ 2,8 eV) fonctionne mieux au DCEP et le tungstène lanthane (WL20, travail d'évacuation 2,8 ~ 3,0 eV) convient aux courants faibles. Le mélange peut entraîner un arc instable ou des difficultés à former un arc.

Solution:
Évitez de mélanger, préférez le WY20, faites correspondre le matériau de soudage et le type de courant.
En cas de mélange, testez les performances de l'arc et notez le taux de dérive (cible <5 %) et l'heure de début de l'arc (< 0,1 seconde).
Dans le soudage AC, l'utilisation d'électrodes de tungstène d'yttrium est préférée pour éviter les problèmes de surchauffe des électrodes de tungstène de thorium.
Utilisez la base de données des paramètres de soudage pour optimiser les paramètres de courant et de gaz pour les scénarios d'utilisation mixte.

Précautions:
Établissez un système de classification et de stockage des électrodes pour éviter toute confusion.
Formez les opérateurs à comprendre les différences de performance entre les différentes électrodes.

9.5.2 Problèmes de perte d'électrode causés par le mélange

Cause : Le mélange peut entraîner une augmentation de l'épuisement des électrodes. Par exemple,

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

les électrodes de tungstène au thorium ont un taux de combustion élevé (0,3 ~ 0,5 mg / min) à des courants élevés, tandis que les électrodes de tungstène à l'yttrium ont un taux de combustion de 0,1 ~ 0,2 mg / min. Le mélange peut accélérer les pertes en raison de paramètres inappropriés.

Solution:
En utilisant l'électrode WY20, il a un faible taux de combustion et une longue durée de vie (100 ~ 150 heures).
Les pertes d'électrodes sont surveillées et les taux de combustion sont mesurés à l'aide d'une balance de haute précision avec une précision de ±0,01 mg).
Ajustez les paramètres de soudage pour qu'ils correspondent au type d'électrode, par exemple, WY20 utilise DCEN, courant 100 ~ 250 A.
Remplacez régulièrement les électrodes pour éviter la dégradation des performances due à l'usure.

Précautions:
Notez la durée de vie de chaque électrode et établissez un plan de remplacement.
Utilisez un système de surveillance intelligent pour détecter les pertes d'électrodes en temps réel.

9.5.3 Suggestions pour l'identification et la gestion des électrodes

Cause : L'utilisation mixte d'électrodes est souvent causée par un étiquetage peu clair ou une mauvaise gestion. Les électrodes de tungstène d'yttrium (extrémité bleue) sont confondues avec le tungstène de thorium (extrémité rouge) et le tungstène de lanthane (extrémité dorée).

Solution:
Suivez strictement les exigences d'identification de la norme ISO 6848 ou GB/T 4192, vérifiez la couleur de la pointe de l'électrode et de l'étiquette de l'emballage.
Gérez l'inventaire des électrodes à l'aide de codes-barres ou d'étiquettes RFID, enregistrez les modèles et les lots.
Les cloisons stockent différents types d'électrodes et utilisent des récipients spéciaux pour éviter toute confusion.
Former les opérateurs à se familiariser avec l'identification des électrodes et les spécifications d'utilisation.

Précautions:

Établissez une base de données de gestion des électrodes pour suivre l'utilisation et l'inventaire.
Vérifiez régulièrement votre inventaire pour vous assurer d'une identification claire.

9.5.4 Analyse de substitution d'électrodes de tungstène d'yttrium

Analyse : Les électrodes de tungstène d'yttrium peuvent remplacer les électrodes de tungstène de thorium (WT20), de tungstène de lanthane (WL20) et de tungstène de cérium (WC20), mais elles doivent être sélectionnées en fonction du scénario d'application. La non-radioactivité et le faible taux de combustion des électrodes en tungstène d'yttrium en font un choix privilégié.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Suggestion:

Alternative au tungstène au thorium : Le tungstène thorium est radioactif (le ThO_2 libère des rayons α) et le WY20 peut être complètement remplacé, ce qui le rend adapté aux industries aérospatiale et médicale.

Alternative au tungstène de lanthane : le tungstène de lanthane convient au soudage à faible courant, et le WY20 est plus performant à des courants élevés (>200 A).

Alternative au cérium tungstène : les performances d'arc au cérium tungstène sont légèrement inférieures et le WY20 fonctionne mieux dans les environnements de micro-soudage et de vide.

Testez les performances de l'électrode alternative, enregistrez la stabilité de l'arc, le taux de combustion et la qualité de la soudure.

Instrument:

Communiquer avec les fournisseurs pour comprendre les données de performance des électrodes alternatives.

Remplacez progressivement les électrodes à haut risque (telles que le thorium, le tungstène) pour répondre aux exigences environnementales et de sécurité.

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD
Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. 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

Chapitre 10 Tendance de développement future des électrodes de tungstène d'yttrium

En tant que matériau de soudage haute performance et non radioactif, l'électrode de tungstène d'yttrium (WY20) est largement utilisée dans le soudage TIG, le soudage à l'arc plasma et les applications non soudées en raison de son excellente stabilité à l'arc, de son faible taux de combustion et de ses caractéristiques de protection de l'environnement. Avec le développement de la science des matériaux, de la technologie de fabrication et de la demande du marché, l'avenir de l'électrode de tungstène d'yttrium montrera de nouvelles tendances en matière d'innovation technologique, d'expansion des applications et de politique de marché. Ce chapitre explore ces tendances en détail, en analysant leur impact sur l'industrie des électrodes de tungstène d'yttrium.

10.1 Orientation de l'innovation technologique de l'électrode de tungstène d'yttrium

L'innovation technologique est la principale force motrice du développement des électrodes en tungstène d'yttrium, couvrant les nouvelles technologies de dopage, la recherche et le développement d'électrodes à ultra-haute température et d'ultra-précision, et les technologies de fabrication vertes. Ces innovations visent à améliorer les performances des électrodes, à prolonger la durée de vie et à réduire les coûts de production.

10.1.1 Nouvelle technologie de dopage des composites de terres rares

Contexte : Les performances de l'électrode de tungstène d'yttrium dépendent principalement du dopage de l'oxyde d'yttrium (Y_2O_3), qui est généralement de 1,8 % ~ 2,2 %. Cependant, un seul dopage peut ne pas répondre à des exigences de performance plus élevées à des courants ultra-élevés (>400 A) ou dans des environnements extrêmes tels que le vide ou les températures élevées. La nouvelle technologie de dopage des composites de terres rares optimise les performances de l'électrode en introduisant une variété d'oxydes de terres rares (tels que l'oxyde de lanthane, l'oxyde La_2O_3 et l'oxyde de cérium CeO_2).

Direction de l'innovation :

Dopage multi-terres rares : Développer des électrodes dopées composites, telles que le tungstène yttrium-lanthane (Y-La-W) ou le tungstène yttrium-cérium (Y-Ce-W), avec une teneur en oxyde d'yttrium de 1,5 % ~ 2,0 %, complétée par 0,2 % ~ 0,5 % d'oxyde de lanthane ou d'oxyde de cérium. Le dopage des composites peut réduire le travail d'échappement d'électrons (2,4 ~ 2,6 eV), améliorer la stabilité de l'arc (taux de dérive <3 %) et la résistance à l'épuisement (taux d'épuisement < 0,1 mg/min).

Dopage à l'échelle nanométrique : Des oxydes de terres rares à l'échelle nanométrique (taille des particules 10 ~ 50 nm) ont été utilisés pour améliorer l'uniformité du dopage (écart <±0,05 %). Les nanoparticules peuvent augmenter la densité des joints de grains et augmenter la température de recristallisation de l'électrode (> 2100°C).

Optimisation du processus de dopage : Développez la technologie de dopage par pulvérisation plasma ou de dépôt chimique en phase vapeur (CVD) pour enrober uniformément les oxydes de terres rares à la surface de la poudre de tungstène afin de réduire l'agglomération.

Contrôle intelligent du dopage : Utilise des algorithmes d'apprentissage automatique pour optimiser les taux de dopage et la distribution, en ajustant les taux de pulvérisation et les paramètres du broyeur

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

à boulets grâce à une surveillance en temps réel (XRF, EDS).

Impact potentiel : Les électrodes dopées en composite peuvent augmenter la durée de vie des électrodes de 30 % ~ 50 %, ce qui les rend adaptées aux scénarios à forte demande tels que les industries aérospatiale et nucléaire. Les normes futures (par exemple, la révision de la norme ISO 6848) peuvent ajouter des classifications d'électrodes dopées composites (par exemple, WY-La ou WY-Ce).

10.1.2 Recherche et développement d'électrodes à ultra-haute température et d'ultra-précision

Contexte : Avec l'augmentation de la demande de soudage à l'arc plasma (température de l'arc >20000°C) et de micro-soudage (diamètre du joint de soudure <0,5 mm), les électrodes en tungstène d'yttrium doivent avoir une résistance à haute température et une précision de traitement plus élevées.

Direction de l'innovation :

Électrode à ultra-haute température : développement d'une électrode à haute teneur en oxyde d'yttrium (teneur en Y_2O_3 2,5 % ~ 3,5 %), qui a été préparée par un procédé de frittage par plasma à décharge (SPS), avec une taille de grain contrôlée à 35 μm et une densité > 99 %. La température de recristallisation de ces électrodes peut atteindre 2200°C et le taux de combustion <0,08 mg/min, ce qui les rend adaptées au soudage à courant ultra-élevé (>500 A).

Électrodes ultra-précises : Développement d'électrodes miniatures en tungstène d'yttrium (diamètre 0,3 ~ 0,8 mm, rayon de pointe < 0,1 mm) pour atteindre une haute précision (tolérance ±0,01 mm) grâce au micro-usinage laser et au polissage électrochimique. Ces électrodes sont adaptées à la micro-soudure de semi-conducteurs et de dispositifs médicaux.

Technologie de modification de surface : l'implantation ionique ou le nano-revêtement (tel que le revêtement de zircone) est utilisé pour améliorer la résistance à l'oxydation et la stabilité thermique de la surface de l'électrode, prolongeant la durée de vie de 20 % ~ 30 %.

Essais de performance à haute température : Développer un dispositif d'essai in situ à haute température pour analyser les changements microstructurels des électrodes en temps réel à >2000°C en combinaison avec le MEB et la DRX.

Impact potentiel : Les électrodes à ultra-haute température stimuleront le développement de l'équipement de pulvérisation de plasma et de fusion nucléaire, et les électrodes ultra-précises répondront aux besoins des industries de la fabrication de puces et de la microélectronique. Ces technologies peuvent augmenter les coûts de production de 10 % ~ 15 %, mais l'amélioration des performances peut conduire à une plus grande compétitivité du marché.

10.1.3 Fabrication verte et technologie de production à faibles émissions de carbone

Contexte : Les réglementations environnementales mondiales (telles que la directive RoHS de l'UE et les objectifs de neutralité carbone) exigent la production d'électrodes d'yttrium et de tungstène pour réduire la consommation d'énergie et les émissions. Les processus traditionnels de frittage et de purification ont une consommation d'énergie élevée (environ 5000 ~ 8000 kWh par tonne

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

d'électrode), et les émissions de déchets liquides et de gaz d'échappement doivent être encore optimisées.
Direction de l'innovation :

Frittage à faible consommation d'énergie : Favorise le processus SPS, raccourcit le temps de frittage à 510 minutes et réduit la consommation d'énergie de 30 % ~ 40 %. Développement de fours de frittage sous vide à haut rendement (précision de contrôle de la température ±2°C) pour réduire la consommation d'hydrogène.
Technologie de purification verte : La technologie d'échange d'ions et de séparation membranaire est utilisée pour purifier l'oxyde d'yttrium, réduisant ainsi les émissions de déchets liquides de plus de 50 %. Poudre de tungstène recyclée et matériaux de terres rares, avec un taux de récupération de > 90 %.
Gestion intelligente de l'énergie : Optimisez la consommation d'énergie des équipements de production grâce à l'Internet des objets (IoT) et à l'IA, en surveillant la consommation d'électricité et de gaz en temps réel pour réduire l'empreinte carbone.
Applications des énergies renouvelables : L'approvisionnement en énergie solaire ou éolienne est introduit sur les sites de production, dans le but d'atteindre 30 % ~ 50 % d'énergie à partir d'énergies renouvelables d'ici 2030.

Impact potentiel : La fabrication verte peut réduire les coûts de production de 5 % ~ 10 %, se conformer aux réglementations environnementales et améliorer l'image de marque. À l'avenir, des normes d'émission de carbone (telles que 2 tonnes de CO_2 par tonne d'électrodes< pourraient être introduites pour promouvoir la transformation de l'industrie vers une économie à faible émission de carbone.

10.2 Élargissement des domaines d'application des électrodes en tungstène d'yttrium

Le champ d'application des électrodes en tungstène d'yttrium s'étend du soudage traditionnel aux industries émergentes telles que les nouvelles énergies, l'aérospatiale et la microélectronique, répondant aux besoins de fabrication de haute performance et de précision.

10.2.1 Fabrication d'équipement à énergie nouvelle (batteries, énergie éolienne)

Contexte : Les nouveaux équipements énergétiques (tels que les batteries au lithium, les pales d'énergie éolienne et les équipements d'énergie hydrogène) ont des exigences élevées en matière de qualité de soudage, nécessitant une haute précision, un faible apport de chaleur et des matériaux respectueux de l'environnement. La non-radioactivité et la stabilité à l'arc des électrodes en tungstène d'yttrium en font des choix idéaux.
Mode d'application :

Fabrication de batteries au lithium : L'électrode de tungstène d'yttrium est utilisée pour la micro-soudure de feuilles de cuivre et d'aluminium (diamètre du joint de soudure <0,5 mm), courant 10 ~ 50 A, diamètre de la pointe 0,5 ~ 1,0 mm. La stabilité de l'arc (taux de dérive <3 %) assure la résistance du joint de soudure et l'étanchéité à l'air.
Pales d'éoliennes : tours soudées en acier au carbone et en acier inoxydable, épaisseur 10 ~ 50 mm,

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

courant 200 ~ 400 A. Les capacités de fusion profonde des électrodes de tungstène d'yttrium réduisent les défauts de soudure et prolongent la durée de vie de l'équipement.
Équipement d'énergie hydrogène : réservoirs de stockage d'hydrogène en acier inoxydable soudés avec environnement de vide (10^{-4} Pa) et électrodes peu volatiles. Le faible taux de libération de gaz de l'électrode WY20 (<10^{-6} Pa·m³/s) pour répondre aux exigences.
Equipement photovoltaïque : micro-soudure de plaquettes de silicium et de fils de cuivre, pointes ultra-précises d'électrodes en tungstène yttrium (rayon < 0,1 mm) pour soutenir une production de haute précision.

Tendance de développement : La croissance rapide de l'industrie des nouvelles énergies (le taux de croissance annuel du marché mondial des batteries au lithium devrait être de >15 % en 2025 ~ 2030) stimulera la demande d'électrodes de tungstène d'yttrium de 20 % ~ 30 %. Les microélectrodes personnalisées deviendront une direction clé de la recherche et du développement.

10.2.2 Approfondissement des applications dans les domaines de l'aérospatiale et de la défense
Contexte : La demande d'électrodes de tungstène d'yttrium dans les industries de l'aérospatiale et de la défense est concentrée dans le soudage d'alliages à haute résistance (tels que les alliages de titane, les alliages à base de nickel), qui nécessitent une capacité de charge de courant élevée et une longue durée de vie.
Mode d'application :
Moteur aéro : aubes de turbine en alliage soudé à base de nickel, courant 150 ~ 300 A, angle de pointe 45°. Le faible taux de combustion de l'électrode de tungstène d'yttrium (<0,1 mg/min) garantit que la soudure résiste à des températures élevées (> 1200°C).
Structure du vaisseau spatial : Soudage TIG sous vide de la coque en alliage de titane, degré de vide 10^{-5} Pa. La faible volatilité de l'électrode WY20 empêche la pollution de l'environnement et la résistance de la soudure > de 900 MPa.
Équipement de défense : soudage par fusion profonde de plaques d'acier blindé et d'obus de missiles, courant > 400 A. Électrode WY30 développée (oxyde d'yttrium 2,5 % ~ 3,0 %) pour prendre en charge les applications à courant ultra-élevé.
Fabrication additive : Les électrodes en tungstène d'yttrium sont utilisées dans la fabrication additive à l'arc plasma, la réparation des composants aérospatiaux, la stabilité de l'arc (taux de dérive <2 %) pour améliorer la précision de l'empilement.
Tendance de développement : Le marché de l'aérospatiale devrait croître à un taux annuel de 8 % d'ici 2030, ce qui stimulera la demande d'électrodes en tungstène d'yttrium haute performance. Les électrodes composites dopées et ultra-hautes températures répondront davantage aux besoins des environnements extrêmes.

10.2.3 Soudage de précision dans l'industrie de la microélectronique et des semi-conducteurs
Contexte : Les industries de la microélectronique et des semi-conducteurs nécessitent un brasage de très haute précision (par exemple, l'emballage de puces, la fabrication de capteurs) avec des diamètres d'électrode < de 1,0 mm et des joints de soudure < de 0,2 mm. Les capacités de micro-soudage et les caractéristiques de faible apport de chaleur des électrodes en tungstène d'yttrium en font un choix privilégié.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Mode d'application :
Boîtier de puce : fils de cuivre et d'or soudés, courant 5~20 A, rayon de pointe < 0,1 mm. L'arc fin de l'électrode de tungstène d'yttrium (<0,5 mm) assure la précision du joint de soudure.
Fabrication des capteurs : capteurs en acier inoxydable micro-soudés et en alliage de titane avec une zone affectée thermiquement < 0,1 mm. La faible volatilité de l'électrode WY20 est adaptée aux environnements sous vide.
Dispositifs MEMS : Soudure de systèmes microélectromécaniques (MEMS) avec un courant < 10 A. Développement d'électrodes ultra-précises (diamètre 0,3 ~ 0,5 mm) pour soutenir la précision à l'échelle nanométrique.
Optoélectronique : En soudant des connecteurs de fibre optique, la grande stabilité de l'arc des électrodes de tungstène d'yttrium réduit les défauts de soudure.

Tendance de développement : Le marché des semi-conducteurs devrait atteindre 1 billion de dollars en 2030, et la demande de micro-soudage stimulera la recherche et le développement d'électrodes de tungstène d'yttrium ultra-précises, et la part de marché devrait augmenter de 15 % ~ 20 %.

10.3 Tendances du marché et des politiques des électrodes d'yttrium et de tungstène

Les tendances du marché et des politiques auront un impact profond sur la structure de l'offre et de la demande, les coûts de production et la compétitivité internationale des électrodes de tungstène d'yttrium.

10.3.1 Prévisions de la demande du marché mondial des électrodes d'yttrium et de tungstène

Contexte : Le marché mondial des équipements de soudage devrait croître à un taux annuel de 6 % ~ 8 % en 2025 ~ 2030, et la demande d'électrodes en tungstène d'yttrium en tant que matériaux de soudage haut de gamme augmentera simultanément. La Chine, les États-Unis et l'Europe sont les principaux marchés, représentant plus de 70 % de la demande mondiale.

Prévision:
Croissance de la demande : L'expansion des industries de l'aérospatiale, des nouvelles énergies et de la microélectronique stimulera la croissance annuelle de la demande d'électrodes de tungstène d'yttrium de 10 % ~ 15 %, et la taille du marché mondial devrait atteindre 500 millions de dollars américains d'ici 2025.
Répartition régionale : la Chine représente 40 % des parts de marché (grâce aux avantages des ressources en terres rares), les États-Unis et l'Europe 20 % chacun. L'Asie-Pacifique (Inde, Asie du Sud-Est) a connu la croissance la plus rapide de la demande (>12 %).
Axé sur les applications : les nouvelles énergies (batteries, énergie éolienne) ont représenté 30 % de la croissance de la demande, l'aérospatiale 25 % et la microélectronique 20 %.
Électrodes haut de gamme : La part de marché des électrodes dopées WY30 et composites passera de 10 % à 20 % pour répondre aux demandes de haute performance.

Facteurs d'influence :
La prolifération des équipements de soudage automatisés augmente la demande d'électrodes haute performance.

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Les réglementations environnementales favorisent le remplacement des électrodes en tungstène thorium, et la part de marché des électrodes en tungstène yttrium devrait atteindre 50 %.

10.3.2 L'impact de la politique sur les ressources en terres rares sur la production

Contexte : La production d'électrodes d'yttrium et de tungstène repose sur des ressources de terres rares (oxyde d'yttrium) et de tungstène. La Chine possède 70 % des réserves mondiales de terres rares et 80 % des réserves de tungstène, mais des politiques strictes d'extraction des ressources et d'exportation affectent les coûts de production et la stabilité de la chaîne d'approvisionnement.

Tendances politiques :
La politique chinoise en matière de terres rares : la Chine renforce la supervision environnementale de l'extraction des terres rares, les quotas de terres rares pourraient être réduits de 10 % ~ 15 % à partir de 2025 et les prix de l'oxyde d'yttrium devraient augmenter de 5 % ~ 10 %.
Restrictions à l'exportation : Les droits de douane à l'exportation des terres rares pourraient augmenter, ce qui inciterait les fabricants à optimiser les technologies de recyclage (taux de recyclage > 90 %).
Développement des ressources alternatives : L'Australie et les États-Unis accélèrent le développement du minerai de terres rares, l'offre mondiale devant augmenter de 20 % d'ici 2030, réduisant ainsi la dépendance de la Chine vis-à-vis des ressources.
Technologie minière verte : Promouvoir des technologies de purification peu polluantes (comme l'échange d'ions et la séparation membranaire) afin de réduire les rejets de déchets liquides et de se conformer aux réglementations environnementales.

Impact : Les politiques en matière de terres rares peuvent faire grimper le coût de production des électrodes de tungstène d'yttrium de 5 % ~ 10 %, mais la technologie de recyclage et la diversification de la chaîne d'approvisionnement mondiale atténueront la pression. Les fabricants doivent investir dans des équipements de purification écologiques pour assurer la stabilité des ressources.

10.3.3 Commerce international et optimisation de la chaîne d'approvisionnement

Contexte : La chaîne d'approvisionnement mondiale des électrodes d'yttrium et de tungstène implique la Chine (principaux producteurs), les États-Unis (centres d'innovation technologique) et l'Europe (marchés d'applications haut de gamme). Les barrières commerciales, les coûts de transport et la géopolitique ont un impact sur l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement.

Tendance:
Barrières commerciales : Les États-Unis et l'Europe peuvent imposer des droits de douane sur les produits de terres rares (5 % ~ 10 %), et les fabricants chinois doivent optimiser leurs stratégies d'exportation et développer les marchés de l'Asie du Sud-Est et de l'Amérique du Sud.
Localisation de la chaîne d'approvisionnement : Les États-Unis et l'Europe investissent dans la production locale d'électrodes de tungstène, et on s'attend à ce que la capacité de production locale représente 20 % ~ 30 % d'ici 2030, réduisant ainsi la dépendance vis-à-vis de la Chine.
Chaîne d'approvisionnement numérique : Utilisez la technologie blockchain pour retracer l'origine

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

des matières premières de tungstène et de terres rares, garantissant ainsi la transparence et la conformité.
Optimisation logistique : Réduisez les coûts de transport de 10 % ~ 15 % et raccourcissez les cycles de livraison grâce à des systèmes logistiques intelligents (IA prévoyant la demande).

Impact : L'optimisation de la chaîne d'approvisionnement améliorera la compétitivité mondiale des électrodes de tungstène d'yttrium et réduira les coûts logistiques. Les fabricants chinois doivent renforcer l'innovation technologique et la construction de leur marque pour faire face à la concurrence internationale.

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Appendice

A. Glossaire

Électrode de tungstène d'yttrium : Une électrode non radioactive dopée avec 1 % ~ 2 % d'oxyde d'yttrium à base de tungstène, adaptée au soudage de superalliages et aux procédés plasma.

Oxyde d'yttrium (Y_2O_3) : Un additif d'oxyde de terres rares qui améliore la stabilité à haute température et les propriétés d'arc des électrodes en tungstène.

Fonction de travail d'échappement d'électrons : La quantité minimale d'énergie nécessaire pour que les électrons s'échappent de la surface de l'électrode détermine la performance d'arc électrique.

Performance de démarrage de l'arc : La capacité de l'électrode à former un arc stable à de faibles courants.

Stabilité de l'arc : L'arc maintient une caractéristique continue et non giguante pendant le processus de soudage.

Taux de combustion : Le taux de perte de masse de l'électrode lors du soudage à haute température.

Soudage TIG (soudage sous gaz inerte au tungstène) : Un procédé de soudage à l'arc au tungstène-argon qui utilise une protection contre les gaz inertes.

Soudage à l'arc plasma : Un processus qui utilise des arcs plasma à haute température pour un soudage de haute précision.

Métallurgie des poudres : Une technologie pour préparer des électrodes de tungstène d'yttrium par mélange, pressage et frittage de poudre.

Microstructure : Les caractéristiques de distribution du grain et de la phase du matériau de l'électrode au microscope.

ISO 6848 : Norme de classification et d'exigences techniques pour les électrodes en tungstène élaborée par l'Organisation internationale de normalisation.

AWS A5.12 : Norme de spécification pour les électrodes en tungstène développée par l'American Welding Society.

MEB (microscope électronique à balayage) : Un microscope électronique à balayage utilisé pour analyser la morphologie de surface et la microstructure des électrodes.

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) : Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif pour la détection de la teneur en oxyde d'yttrium et en impuretés.

Frittage par plasma d'étincelle (SPS) : Une technique de frittage rapide utilisée pour préparer des électrodes d'yttrium-tungstène à haute performance.

B. Références

[1] Wikipédia, tungstène, https://zh.wikipedia.org/wiki/ tungstène

[2] Chinatungsten Online, Analyse des électrodes d'yttrium et de tungstène, http://www.ctia.com.cn

[3] ISO 6848:2015, Consommables pour le soudage — Électrodes en tungstène non consommables pour le soudage à l'arc

[4] AWS A5.12:2009, Spécification pour les électrodes de tungstène dispersées de tungstène et d'oxyde pour le soudage à l'arc

[5] EN 26848:1991, électrodes en tungstène pour le soudage à l'arc.

[6] Science et ingénierie des matériaux : A, Normes et essais d'électrodes de tungstène dopées à l'yttrium, Elsevier, 2023

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

[7] Science et ingénierie des matériaux : A, Équipement de fabrication d'électrodes de tungstène dopées à l'yttrium, Elsevier, 2022
[8] AWS A5.12 : Spécification pour les électrodes de tungstène dispersées et d'oxyde de tungstène pour le soudage à l'arc

Déclaration de droits d'auteur et de responsabilité légale
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved