

タングステンセメントカーバイド
物理的・化学的特性、プロセス、応用に関する総合的な
探究（ XII ）

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

タングステン、モリブデン、希土類元素産業におけるインテリジェント製造の世界的リ
ーダー

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP

の紹介

CHINATUNGSTEN ONLINE が設立した、独立した法人格を持つ完全子会社である CTIA GROUP LTD は、インダストリアル・インターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントで統合された柔軟な設計と製造の推進に尽力しています。CHINATUNGSTEN ONLINE は、1997 年に www.chinatungsten.com（中国初の一流タングステン製品ウェブサイト）を起点に設立され、タングステン、モリブデン、希土類元素産業に特化した中国の先駆的な e コマース企業です。CTIA GROUP は、タングステンおよびモリブデン分野での約 30 年にわたる豊富な経験を活かし、親会社の優れた設計・製造能力、優れたサービス、世界的なビジネス評判を継承し、タングステン化学薬品、タングステン金属、超硬合金、高密度合金、モリブデン、モリブデン合金の分野で包括的なアプリケーションソリューションプロバイダーになりました。

CHINATUNGSTEN ONLINE は、過去 30 年間で 200 以上の多言語対応タングステン・モリブデン専門ウェブサイトを開設し、20 以上の言語に対応しています。タングステン、モリブデン、希土類元素に関するニュース、価格、市場分析など、100 万ページを超える情報を掲載しています。2013 年以来、WeChat 公式アカウント「CHINATUNGSTEN ONLINE」は 4 万件以上の情報を発信し、10 万人近くのフォロワーを抱え、世界中の数十万人の業界関係者に毎日無料情報を提供しています。ウェブサイト群と公式アカウントへの累計アクセス数は数十億回に達し、タングステン、モリブデン、希土類元素業界における世界的に権威のある情報ハブとして認知され、24 時間 365 日、多言語ニュース、製品性能、市場価格、市場動向などのサービスを提供しています。

CTIA GROUP は CHINATUNGSTEN ONLINE の技術と経験を基盤とし、顧客の個別ニーズへの対応に注力しています。AI 技術を活用し、顧客と共同で、特定の化学組成と物理的特性（粒径、密度、硬度、強度、寸法、公差など）を持つタングステン・モリブデン製品を設計・製造し、型開き、試作、仕上げ、梱包、物流まで、全工程を統合したサービスを提供しています。過去 30 年間、CHINATUNGSTEN ONLINE は、世界中の 13 万社以上の顧客に、50 万種類以上のタングステン・モリブデン製品の研究開発、設計、製造サービスを提供し、カスタマイズ可能で柔軟性が高く、インテリジェントな製造の基盤を築いてきました。CTIA GROUP はこの基盤を基に、インダストリアルインターネット時代におけるタングステン・モリブデン材料のインテリジェント製造と統合イノベーションをさらに深化させています。

ハンス博士と CTIA GROUP のチームは、30 年以上にわたる業界経験に基づき、タングステン、モリブデン、希土類に関する知識、技術、タングステン価格、市場動向分析を執筆・公開し、タングステン業界と自由に共有しています。ハンス博士は、1990 年代からタングステンおよびモリブデン製品の電子商取引および国際貿易、超硬合金および高密度合金の設計・製造において 30 年以上の経験を持ち、国内外でタングステンおよびモリブデン製品の専門家として知られています。CTIA GROUP のチームは、業界に専門的で高品質な情報を提供するという原則を堅持し、生産の実践と市場の顧客ニーズに基づいた技術研究論文、記事、業界レポートを継続的に執筆しており、業界で広く評価されています。これらの成果は、CTIA GROUP の技術革新、製品のプロモーション、業界交流に強力なサポートを提供し、同社が世界的なタングステンおよびモリブデン製品の製造と情報サービスのリーダーとなることを推進しています。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

第 4 部：超硬合金の分類と応用分野

第 12 章 超硬合金耐摩耗部品と表面工学

12.0 超硬合金耐摩耗部品と表面工学の概要

超硬耐摩耗部品は、その優れた機械的特性と耐久性により、現代産業で重要な役割を果たしています。高硬度（HV 1600-2500±30）、優れた耐摩耗性（摩耗速度 $<0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、優れた耐衝撃性（衝撃エネルギー $>50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ ）により、金型、シール、ノズル、採掘ドリル、表面コーティングなどの用途に適した材料となっています。これらの部品の性能パラメータは、金型寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、シール漏れ率が $<0.01 \text{ mL/min} \pm 0.001 \text{ mL/min}$ と低く、ノズル流量偏差が $<1\% \pm 0.1\%$ に制御され、採掘ドリル寿命が 100 時間 ± 10 時間を超え、表面コーティングの厚さが $50 \sim 500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ であるなど、実際の用途で大きな利点を示しています。形状最適化（応力集中係数 $K_t < 1.3 \pm 0.05$ など）、熱噴射技術（WC-Co など、接合強度 $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ ）、表面強化技術（レーザークラディング、硬度 HV2000-3000±50 など）により、超硬合金耐摩耗部品の性能が大幅に向上し、耐摩耗性が $30\% \pm 5\%$ 低減され、耐用年数が効果的に延長され、作業効率が向上します。

12.0.1 超硬合金耐摩耗部品のコンセプト

超硬合金耐摩耗部品とは、粉末冶金プロセスによって製造される高性能耐摩耗部品のことであり、炭化タングステン（WC）、炭化チタン（TiC）、炭化ニオブ（NbC）などの硬質相をマトリックスとし、コバルト（Co）やニッケル（Ni）などの金属結合相を補完します。これらの部品は、粒径が通常 0.2～2 ミクロンの範囲にあるため、非常に高い耐摩耗性を有し、特に高負荷、頻繁な摩擦、または過酷な環境下での産業用途に適しています。超硬合金の耐摩耗性は、高い硬度と適切な靱性のバランスによって実現されます。硬度は通常、ピッカース硬度（HV）1600～2500 で、従来の鋼材（HV 200～600）をはるかに上回ります。微量元素や複合材料（WC-Co 系など）を添加することで、耐衝撃性は 50J 以上に達し、機械的衝撃や熱応力に十分対応できます。耐摩耗部品の設計目標は、耐用年数を延ばすこと（例えば、金型が数百万回のプレスサイクルに耐えられること）だけでなく、複雑な作業条件下での安定性を確保することです。例えば、シールは漏れを少なく抑える必要があり、ノズルは正確な流量を確保する必要があります。これらの特性により、耐摩耗部品は製造業、鉱業、エネルギー産業において不可欠なものとなっています。

工学の定義と意義

表面工学とは、物理的、化学的、または機械的な方法によって材料の表面を改質またはコーティングする技術であり、部品の耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性、または生体適合性を向上させることを目的としています。超硬合金耐摩耗部品において、表面工学は溶射、レーザークラディング、イオン注入などのプロセスを通じて表面性能を大幅に向上させます。例えば、溶射技術は、基材に 70MPa 以上の接合強度と 50～500 ミクロンの範囲で制

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

御可能な厚さを持つ WC-Co コーティングを堆積することができ、耐摩耗性を大幅に向上させます。レーザークラディングは、局所溶融と急速凝固によって冶金結合強化層を形成し、硬度は最大 HV 2000~3000 に達し、耐摩耗率は約 30%低減し、部品の寿命を効果的に延ばします。表面工学の核心は、表面微細構造を最適化し、応力集中を低減し ($K_t < 1.3$)、耐疲労性を向上させ、基材の全体的な機械的特性を維持することです。この技術は、特にセメントカーバイドの用途において重要です。表面は部品が外部環境と直接接触する領域であり、その性能が部品全体の信頼性と耐用年数に直接影響するからです。

12.0.3 超硬合金耐摩耗部品および表面工学技術の応用背景と開発

超硬合金耐摩耗部品と表面工学技術の組み合わせは、現代産業の高効率で耐久性のある設備に対する需要の恩恵を受けています。インテリジェント製造、グリーンエネルギー、極限環境採掘の発展に伴い、超硬合金の応用シナリオは拡大し続けています。例えば、金型製造において、超硬合金部品は形状最適化と表面強化により、高精度スタンピングと複雑な成形のニーズを満たします。また、鉱山掘削においては、耐摩耗ドリルビットの寿命延長により、交換頻度と運用コストが直接的に削減されます。ナノコーティングや多層複合コーティングなどの表面工学技術の進歩は、航空宇宙部品や医療機器などのハイテク分野における超硬合金の応用をさらに促進しています。さらに、デジタルツイン技術やリアルタイムモニタリングと組み合わせることで、表面工学は動的性能最適化を実現し、多様な作業条件に適応することができます。

耐摩耗部品、溶射用途、採掘・掘削、表面強化技術など、多方面にわたり、材料特性、加工技術、応用シナリオを深く探求することで、特に高負荷・高摩耗環境下における性能最適化と革新的な応用において、関連産業に理論的支援と実践的ガイダンスを提供することを目指しています。

12.1 超硬合金耐摩耗部品

超硬合金耐摩耗部品は、最適化された幾何学的設計（曲率半径 $> 0.5 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ）、材料比率（WC $> 90\% \pm 1\%$ 、Co 6%-12% $\pm 1\%$ ）、および精密加工（焼結温度 $1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ）により、高い耐摩耗性（摩耗速度 $< 0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）と長い耐用年数（ $> 10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回）を実現します。これらの部品は、高負荷と頻繁な摩擦のある産業環境で優れた性能を発揮します。その性能は、超硬合金材料の高い硬度（HV 1600-2200 ± 30 ）と適切な靱性（破壊靱性 $K_{Ic} 10\text{-}20 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$ ）のバランスによるものです。超硬耐摩耗部品は、超硬金型（プレス加工・成形用）、超硬シール（流体漏れ防止用）、超硬ノズル（精密射出成形用）など、様々な分野で広く使用されています。多様な作業条件のニーズを満たすため、耐摩耗性と耐衝撃性の両方を考慮した設計が求められます。

12.1.1 超硬合金耐摩耗部品のコンセプト

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬合金耐摩耗部品は、炭化タングステン（WC）を主硬相、コバルト（Co）を結合相として粉末冶金プロセスで焼結した複合材料です。WC 含有量は通常 90%±1%以上で、硬質骨格として高い硬度を提供し、Co 含有量は 6%～12%±1%で、結合相として靱性と耐衝撃性を高めます。比率を調整することで、硬度と靱性の最適なバランスを実現できます。焼結プロセスは、1450°C±10°C の高温で行われ、真空またはアルゴンを使用して環境を保護し、粒径が 0.5～2 ミクロンの範囲に制御されることを保証します。これにより、優れた耐摩耗性（摩耗率<0.05 mm³/N·m）が得られます。この低摩耗率により、長期使用でも寸法安定性を維持できます。例えば、金型は 100 万回以上のプレス加工に耐えられる一方で、シールとノズルは漏れ率（<0.01 mL/min）と流量偏差（<1%）を低く抑える必要があります。幾何学的に最適化された曲率半径（>0.5 mm）の設計は、応力集中を効果的に低減し、部品の寿命を延ばします。また、耐衝撃性（衝撃エネルギー>50 J）は、動的負荷下でも信頼性を確保します。さらに、超硬合金耐摩耗部品は、微量元素（炭化タンタル（TaC）や炭化ニオブ（NbC）など）を添加することで、高温性能と耐酸化性をさらに向上させ、より厳しい産業環境にも適応できます。

12.1.2 超硬合金耐摩耗部品の特性

超硬合金耐摩耗部品の特性は、その独特な微細構造と物理的性質に反映されています。高硬度（HV 1600-2200±30）により表面摩耗に強く、特に高硬度材料（焼入れ鋼 HRC 50-60 またはチタン合金 HRC 30-35 など）の加工に適しています。一方、破壊靱性 K_{Ic} 10-20 MPa·m^{1/2}±0.5 は、衝撃や振動条件下での部品の構造的完全性を保証します。さらに、超硬合金は優れた耐腐食性（酸性またはアルカリ性環境で 1000 時間を超える耐久性）と高温安定性（動作温度は 800°C±50°C に達することがあります）も備えているため、化学、エネルギー、冶金の分野で傑出しています。熱伝導率（約 80-120 W/m·K）も熱を放散させ、切断または摩擦中の熱損傷を軽減するのに役立ちます。精密研磨後の表面粗さ（Ra 0.1～0.5 ミクロン）は、部品の接触性能と耐用年数をさらに向上させます。これらの特性は、高強度作業環境下における超硬合金耐摩耗部品の競争優位性を形成します。

12.1.3 超硬合金耐摩耗部品の性能バランス

超硬合金耐摩耗部品の性能最適化は、硬度と靱性の調整と切り離せないものです。硬度範囲 HV 1600-2200±30 は、優れた表面摩耗耐性を提供し、特に高硬度ワークピース（焼入れ鋼 HRC 50-60 など）の加工に適しています。同時に、破壊靱性 K_{Ic} 10-20 MPa·m^{1/2}±0.5 は、機械的衝撃や熱応力を受けても部品が割れにくいことを保証します。このバランスの取れた特性により、超硬合金耐摩耗部品は、金型成形、シーリングとリーク防止、射出制御などの用途で優れた性能を発揮します。例えば、金型は高周波衝撃（1 分間に数百回）に耐える必要があり、シールは腐食性媒体（硫酸や塩水など）に耐える必要があり、ノズルは流体力学を正確に制御する必要があります（流量偏差<1%）。これらの要件は、材料とプロセスの微細な調整によって達成されます。さらに、熱処理（低温焼戻し 500°C±20°C

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

など）や表面コーティング（TiN、CrN など）により、硬度をさらに高めたり（10%～20% 増加）、摩擦係数を低減（<0.3）したりすることができ、特定の用途シナリオにおける性能を最適化することができます。

12.1.4 超硬合金耐摩耗部品の応用

高硬度（HV 1600～2500）、優れた耐摩耗性（摩耗速度<0.05 mm³/N·m）、耐衝撃性（衝撃エネルギー>50 J）により、産業分野において広範かつ多様な応用価値を示しています。以下では、従来の製造業、新興ハイテク産業、特殊環境での使用シナリオを網羅し、応用分野と機能ロジックに基づいて、その応用を体系的に整理し、最適化します。

（1）金属加工・成形

超硬金型

金属プレス加工、プラスチック射出成形、粉末冶金金型などに広く使用され、耐摩耗性と寸法安定性に優れ、標準寿命は 10⁶ 倍以上です。特に自動車製造業（エンジブロックやトランスミッション部品など）や電子部品製造業（携帯電話の筐体や回路基板コネクタなど）においては、高い硬度（HV 1600～2200）により、長期間の高頻度使用下でも精度と耐久性を確保し、特にスマート製造業において複雑な形状の精密成形をサポートします。

超硬切削工具

金属加工や木材加工における高速切削（旋削、フライス加工、穴あけ加工など）に使用されます。高硬度（HV 1800～2500）と高温酸化耐性（耐熱性 900℃）により、航空宇宙産業（チタン合金部品など）や自動車製造（エンジンのクランクシャフトなど）において優れた性能を発揮します。切削速度は 200～300 m/分、寿命は 200～300 時間に達します。

超硬押出ダイス

アルミプロファイルおよびプラスチック押し出し加工の場合、耐熱性が最大 600℃、硬度が HV 1700～2100、寸法精度が±0.01mm であり、効率的な成形と表面品質を確保するために、建設業界（アルミ合金製のドアや窓など）や梱包材の製造で広く使用されています。

（2）流体制御とシール

カーバイドシール

ポンプ、バルブ、コンプレッサーに使用され、液体またはガスの漏れを防止します。漏れ率は 0.01mL/分未満です。優れた耐腐食性と低摩擦特性により、石油化学産業（精製装置やパイプラインシステムなど）や水処理産業（下水処理ポンプやろ過システムなど）で特に優れた性能を発揮します。特に酸性またはアルカリ性の媒体を扱う場合、機器のメンテナンスサイクルを延長します。

カーバイドバルブコアとシート

石油・ガスおよび化学装置の高圧バルブに使用され、耐圧性が 50 MPa を超え、耐腐食性に優れ（H₂S および CO₂ 腐食に対する耐性は 2000 時間を超えます）、漏れ率が 0.005 mL/

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

分未満であるため、過酷な環境でも信頼性の高いシール性能を確保します。

カーバイドノズル

サンドブラスト、スプレー、3D プリントに適用され、流量偏差は 1%未満です。航空宇宙産業（ジェットエンジン部品など）、積層造形（高精度金属 3D プリントなど）、半導体製造（化学蒸着装置など）、エネルギー産業（ガスタービンノズルなど）において優れた性能を発揮します。高い耐摩耗性と精密な流体制御能力により、生産効率と完成品の品質が大幅に向上します。

（３）鉋業および研磨加工

超硬鉋山用ドリルビット

深部採掘などの過酷な環境下でも、超長寿命（100 時間以上）を発揮します。高い硬度と耐衝撃性により、効率的な掘削をサポートします。石炭、金属鉋業、石油掘削業界で広く使用されており、交換頻度と運用コストを削減します。

超硬研磨ボールおよび研磨媒体

鉋物処理、セラミック製造、コーティング研削に使用され、ボール径範囲は 5～50mm、

硬度は HV 1600～2000、摩耗率は<0.01%/時間で、特にリチウム電池材料の製造や高級セラミック製造において、研削効率と製品の均一性を大幅に向上させます。

（４）トランスミッションおよび機械部品

超硬ローラー

鉄鋼業界の熱間圧延および冷間圧延工程において、耐摩耗層の厚さは 5～10mm、硬度は HV1500～2000 に達し、圧延鋼の表面品質（Ra<0.8 ミクロン）と 5000 トン以上の圧延鋼の耐用年数を保証します。高荷重（圧力>200MPa）および高温（600～1000℃）条件下での安定性により、重冶金設備に不可欠な材料となっています。

超硬ギアおよびトランスミッション部品

重機、風力発電設備、船舶推進システムに使用され、歯面硬度は HV 1800～2200、疲労強度は 1000MPa を超え、摩耗と騒音を低減し、高トルク（500Nm 超）条件下でも良好な性能を発揮し、最大 10 年の耐用年数を備えています。

超硬ベアリングブッシング

重機や風力発電設備などで低摩耗・高荷重サポートを実現し、優れた耐摩耗性と耐疲労性

能を備え、高速（>3000 RPM）・高荷重（>10 kN）環境で幅広く使用されています。

（５）ワイヤーおよび精密製造

超硬線引きダイス

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

金属線およびケーブル製造に適用され、穴径公差は ± 0.001 mm、表面粗さは $Ra < 0.1$ ミクロンで、銅線、鋼線、光ファイバープリフォームの描画に適しており、耐用年数は 10^4 描画サイクルを超え、特に電子通信業界（5G インフラストラクチャなど）に適しています。

（6）医療・特殊産業

超硬合金医療機器部品

整形外科用鋸刃や歯科用ドリルなど、直径 0.5～6mm、硬度 HV1800～2200、ISO 10993 規格に準拠した生体適合性、50 回以上の手術に耐える耐久性を備えた材料が求められます。2025 年には、医療用ロボット技術の発展に伴い、低侵襲手術やインプラント処理への応用が拡大するでしょう。

（7）新興分野と将来の可能性

産業技術の進歩に伴い、超硬耐摩耗部品は、電気自動車用バッテリー製造装置（電極材料の加工精度向上）、ロボット関節部品（動作耐久性向上）、宇宙探査機器加工（耐高温宇宙船部品など）において幅広い用途への展開が見込まれています。さらに、その高い耐摩耗性と安定性は、量子コンピューティング機器や再生可能エネルギー機器（水素製造装置など）の製造においても重要な基盤となっています。今後、人工知能による最適化設計や持続可能な製造技術と組み合わせることで、その応用範囲はさらに拡大していくでしょう。

これらの用途では、超硬合金の優れた性能が活用されており、さまざまな産業シナリオにおけるその性能により、従来の製造から最先端技術への包括的なアップグレードが促進されています。

12.1.5 超硬合金耐摩耗部品の技術開発と課題

産業ニーズの多様化に伴い、超硬合金耐摩耗部品の製造技術は継続的に向上しています。ナノ粒子超硬合金および複合相（WC-TiC-Co など）の開発により、耐摩耗性と耐用年数がさらに向上しています。100～300 ナノメートルまでの粒子微細化により、硬度は 15～25% 向上し、耐用年数は 20～30% 延長されます。

さらに、複合コーティング（WC-Co-Cr など）や傾斜材料設計（表面硬度の段階的变化など）も研究のホットスポットとなっています。しかし、焼結プロセスの高コスト（1kg あたり約 200～500 ドル）と、複雑な形状の加工精度要件（許容差 ± 0.005 mm）が課題となっています。将来的には、複雑な内部構造を実現できる 3D プリンティングなどの積層造形技術と、摩耗状況をリアルタイムでフィードバックするセンサーなどのインテリジェントモニタリング技術を組み合わせることで、耐摩耗部品のより効率的でカスタマイズされた生産が可能になると期待されています。同時に、環境に優しい焼結プロセス（低炭素排出焼結炉など）の開発も、業界の持続可能な発展を促進するでしょう。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

このセクションでは、セメントカーバイドの耐摩耗部品の構造設計、性能特性、エンジニアリングアプリケーションについて、セメントカーバイドの金型、シール、ノズル、形状と応力分布の最適化という 3 つの側面から詳細に説明します。

1.2.2.1 超硬合金耐摩耗部品 - 超硬合金金型

（1）超硬合金金型の耐摩耗性の基本原理と技術概要

超硬合金金型は、主にスタンピング、伸線、冷間押し出しなどの高負荷成形プロセスに使用されます。高頻度使用下での寸法精度と表面仕上げを確保するには、高硬度（HV 1800-2200±30）と低摩擦係数（ $<0.3\pm0.05$ ）が必要です。これらの金型は、金属加工（鋼板スタンピングなど）と非金属成形（プラスチック射出成形など）において重要な役割を果たし、その性能は製品の一貫性と生産効率に直接影響します。材料は主に WC-Co 系をベースとしており、WC 含有量は $90\%\pm1\%$ を超え、硬質骨格として、Co 含有量は $6\%-12\%\pm1\%$ で結合相として靱性を調整します。放電プラズマ焼結（SPS）プロセス（ $1400^{\circ}\text{C}\pm10^{\circ}\text{C}$ 、 $50\text{MPa}\pm1\text{MPa}$ ）により、結晶粒径は $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ に精密に制御され、高密度かつ微細均一性を実現します。SPS 技術の急速加熱・加圧は、粒成長と気孔欠陥を効果的に低減し、材料の疲労耐性を向上させます。

（2）超硬合金金型の応用

超硬合金金型は多くの分野で幅広い応用価値を示している。

自動車製造

エンジンブロック、トランスミッションギア、ボディパネルのプレス加工に使用され、金型寿命は 10^6 回 $\pm10^5$ 回を超え、高精度（許容差 $\pm0.01\text{mm}$ ）かつ高効率な生産をサポートし、年間 100 万台の生産需要を満たします。

電子部品製造

携帯電話の筐体、回路基板コネクタ、チップリードフレームの製造に使用され、金型硬度（HV 1800~2200）により、ミクロンレベルの精度の長期安定性が保証され、5G デバイスやスマートウェアラブルデバイスの大量生産に適しています。

家電業界

冷蔵庫のコンプレッサーハウジングや洗濯機のドラム部品のプレス加工に使用されます。耐摩耗性（摩耗率 $<0.05\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）により、高頻度プレス加工（ >500 回/分）に対応し、生産効率を $20\%\pm3\%$ 向上します。

航空宇宙

航空機の主翼外板やエンジンブレードなどのチタン合金およびアルミニウム合金の冷間押し出し成形に使用されます。金型の耐疲労性（寿命 $>8\times10^5$ 回）は、高強度材料加工の要件を満たしています。

医療機器

整形外科用インプラント（人工股関節など）や手術器具ハウジングのプレス加工に使用されます。表面粗さ $Ra<0.1\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ は、ISO 13485 規格に準拠した生体適合性と加工精度

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

を保証します。

超硬合金金型の耐摩耗性メカニズムと性能分析

金型の優れた性能は、その微細構造と材料設計に由来しています。WC は硬質相として高い硬度（HV 1800±30）を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性を備えています。Co は金属結合相（6%-12%±1%）として固溶強化と塑性変形によりエネルギーを吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達し、亀裂成長に抵抗する能力を高めます。微細粒子（0.5-1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ ）は、ホールペッチ式（ホールペッチ式、 $\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$ ）を通じて強度と耐摩耗性を大幅に向上させ、摩耗速度は $<0.05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ に制御されます。表面研磨（Ra<0.1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ ）により表面粗さが低減され、摩擦と付着が低減されます。また、アルキメデスの原理に基づいて測定された密度（14.8~15.2 g/cm³±0.1 g/cm³）は高密度を反映しています。SEM 分析では、YG8 ダイがマイクロクラックなしで均一に摩耗していること（深さ<0.05 mm±0.01 mm）が示され、X 線回折（XRD）により WC 相と Co 相の格子整合度が高いことが確認されています。性能試験では、YG8 ダイのスタンピング寿命は 10^6 回± 10^5 回であり、YG6（ 8×10^5 回± 10^5 回）よりも優れていることが示されています。これは、より優れた粒子微細化と表面処理によるものです。

（4）超硬合金金型の耐摩耗性に影響を及ぼす因子の分析

共同コンテンツ

6%~12%±1% の場合、靱性が最適化されます。6%±1% 未満の場合、結合相が不十分なため、亀裂率が 10%±2% 増加します。

粒度

粒界の減少により摩耗率が 10%±2% 増加します。

表面粗さ

Ra<0.1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩擦係数が 10%±2% 低下し、Ra>0.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗が 15%±3% 増加します。これはストライベック曲線の理論と一致しています。

例えば、YG6 金型（粒径 2 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ ）の摩耗率は $0.06 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ まで上昇し、粒径の影響が顕著に表れています。

（5）超硬合金金型の耐摩耗性を最適化する戦略は

、摩耗速度<0.05mm³/N·m±0.01mm³/N·m、寿命>10⁶回±10⁵回を達成することである。以下のことが推奨される。

材料の最適化

Co 6%-12%±1%、粒径 0.5-1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 、高温安定性を向上させるために TaC（<1%）が追加されます。

プロセス最適化

SPS（1400°C±10°C、50 MPa±1 MPa）および熱間静水圧プレス（HIP、150 MPa）後の気孔率は 0.1%±0.01% 未満です。

表面最適化

ダイヤモンド研磨により Ra<0.1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 、TiN コーティング（厚さ 2 μm ）を施し、摩擦を低減。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

試験仕様

ASTM G65（摩耗）、ASTM E92（硬度）。

検証と最適化の結果、YG8 金型（粒径 $0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ 、Ra $0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）の摩耗率は $0.04\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、寿命は 10^6 回 $\pm 10^5$ 回となり、自動車業界の基準を満たしました。

12.2.2 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金シール

（1）超硬合金シールの基本原理と技術概要

超硬合金シールは、ポンプやバルブなどのメカニカルシールに広く使用されており、石油化学や水処理での腐食性流体（ H_2SO_4 や NaCl 溶液など）に対処するために、優れた耐腐食性（腐食速度 $<0.01\text{mm}/\text{年}\pm 0.001\text{mm}/\text{年}$ ）と低いリーク速度（ $<0.01\text{mL}/\text{min}$ ）が必要です。この材料は、WC-Co（Co 6% $\sim$ 12% $\pm 1\%$ ）をベースに、 Cr_3C_2 （2% $\sim$ 5% $\pm 0.5\%$ ）を添加して、粒径 $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ の Cr_2O_3 保護層を形成します。高密度と耐腐食性は、SPS 焼結（ $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、 $50\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ ）によって達成されます。 Cr_2O_3 層の自己修復特性はパスカルの法則に基づいており、高圧環境下でのシール安定性を高めます。

（2）

超硬合金シールの応用 超硬合金シールは、さまざまな過酷な作業条件下で優れた性能を発揮します。

石油化学

石油精製装置およびパイプラインシステムの高圧ポンプシールに使用され、耐圧は 50MPa 以上、腐食速度は $0.01\text{mm}/\text{年}$ 未満です。硫化水素（ H_2S ）を含む媒体に適しており、装置のメンテナンスサイクルを 5000 時間以上に延長できます。

水処理産業

下水処理ポンプや海水淡水化プラントで使用されるこのシールは、塩化物イオン腐食に耐性があり（ NaCl 溶液に 2000 時間以上耐性）、漏れ率は $0.01\text{mL}/\text{分}$ 未満で、効率的な水循環システムの運用をサポートします。

エネルギー産業

原子力発電所の冷却水ポンプやガスタービン潤滑システムに適用され、 $300^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ の耐熱性と IAEA 安全基準を満たす耐腐食性、そして $0.005\text{mL}/\text{分}\pm 0.001\text{mL}/\text{分}$ という低漏洩率を実現しています。

製薬業界

オートクレーブや化学反応器で使用されるシールは、酸性洗浄剤（pH 2 $\sim$ 12）に耐性があ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

り、無菌の製造環境を確保し、GMP 認証要件を満たしています。

船舶工学

海水ポンプや推進システムに使用され、塩水噴霧腐食 (> 3000 時間) に耐性があり、高圧 (> 30 MPa) 環境での深海機器 (ROV など) の長期動作をサポートします。

超硬合金シールの耐摩耗機構と性能解析

WC (>90%±1%) は基本硬度 (HV 1700±30) を提供し、Co (6%-12%±1%) は靱性 (K_{Ic} 14 MPa·m^{1/2}±0.5) を高め、Cr₃C₂ (2%-5%±0.5%) は高温酸化により厚さ <0.1μm±0.01μm の Cr₂O₃ 層を生成し、耐食性を大幅に向上させます。その不動態化メカニズムはネルンストの式に従います。SEM 分析ではシールの表面にピットがないことが示され (偏差 <0.1%±0.02%)、エネルギー分散分光法 (EDS) では Cr₂O₃ が均一に分散していることが確認されています。性能テストの結果、最適化された配合のシールは 5% H₂SO₄ 溶液中で寿命が 20%±3% 延長され、漏れ率は 0.008 mL/分±0.001 mL/分で安定していることが示されました。

(4) 超硬合金シールの耐摩耗性に影響を及ぼす因子の分析

共同コンテンツ

6%~12%±1% では硬度と靱性のバランスが保たれ、<6%±1% では結合相が不十分なため亀裂率が 10%±2% 増加します。

Cr₃C₂含有量

2%~5%±0.5% では耐食性が 20%±3% 向上し、10%±0.5% を超えると過剰な相析出により硬度が 10%±2% 低下します。

粒度

0.5~1μm±0.01μm では摩耗が減少し、2μm±0.01μm を超えると摩耗が 10%±2% 増加します。

例えば、

Cr₃C₂含有量が低い (2%±0.5%未満) シールの腐食速度は 0.015mm/年±0.001mm/年に増加します。

(5) 超硬合金シールの耐摩耗性最適化戦略

腐食速度 <0.01 mm/年 ±0.001 mm/年および漏れ速度 <0.01 mL/分を達成するには、次のことが推奨されます。

材料の最適化

Co 6%-12%±1%、Cr₃C₂ 2%-5%±0.5%、粒径 0.5-1μm±0.01μm。

プロセス最適化

SPS (1400°C±10°C、50 MPa±1 MPa)、HIP 後の気孔率 <0.1%±0.01%。

表面最適化

電解研磨により Ra<0.1μm±0.01μm まで研磨します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.2.3 硬质合金耐磨耗部品 - 硬质合金ノズル

(1) 超硬合金耐磨耗部品の基本原理 - 超硬合金ノズル

注入には、耐侵食性（侵食速度 $<0.05\text{ mm}^3/\text{g} \pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ ）と正確な開口部（ $0.5 \sim 2\text{ mm} \pm 0.01\text{ mm}$ ）が必要であり、流体または粒子の均一な注入を確保します。材料は主に WC-Co（Co 6%-12% $\pm 1\%$ ）で、粒径は $0.5 \sim 2\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ であり、耐侵食性を最適化するために SPS 焼結（ $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$ ）で製造されます。開口部の設計は、流体力学的安定性を確保するためにベルヌーイの定理に基づいており、航空宇宙および積層造形で広く使用されています。

(2)

超硬耐磨耗ノズルの適用

カーバイドノズルは、さまざまな高精度の噴射シナリオで優れた性能を発揮します。

航空宇宙

ジェットエンジンの燃料ノズルや表面サンドブラストに使用され、開口精度は $\pm 0.01\text{ mm}$ 、侵食率は $<0.05\text{ mm}^3/\text{g}$ で、均一な燃料霧化（粒子径 $<50\mu\text{m}$ ）を保証し、燃焼効率を $10\% \pm 2\%$ 向上させます。

積層造形

高精度金属 3D プリントノズル（SLM 装置など）に使用され、流量偏差 $<1\%$ でチタン合金やニッケル基合金のプリントをサポートし、完成品精度は $\pm 0.02\text{ mm}$ で宇宙船部品の要件を満たしています。

半導体製造

化学蒸着（CVD）装置用のガスノズルは、耐侵食性および耐腐食性（HF ガス耐性 >1000 時間）を備え、ウェーハ製造における高い均一性（フィルム厚さ偏差 $<1\%$ ）をサポートします。

エネルギー産業

ガスタービンのノズルや風力タービンのブレードへの噴霧に使用されます。耐高温性（ 800°C 以上）と耐浸食性により、機器寿命を 3000 時間以上に延長し、IEC 61400 規格に準拠しています。

車のスプレー塗装

車体塗装の噴霧や電気メッキの前処理に使用され、ノズルの流量安定性（偏差 $<1\%$ ）により均一なコーティング厚さ（ $\pm 5\mu\text{m}$ ）が保証され、製品の美観と耐久性が向上します。

農業機械

農薬散布や肥料注入に使用され、耐侵食性（侵食速度 $<0.05\text{ mm}^3/\text{g}$ ）により高流量注入（ $>5\text{ L}/\text{分}$ ）をサポートし、カバー面積が $15\% \pm 3\%$ 増加し、農業生産効率が向上します。

超硬合金ノズルの耐磨耗機構と性能解析

WC（ $>90\% \pm 1\%$ ）は高硬度（HV 1800 ± 30 ）を提供し、Co（6%-12% $\pm 1\%$ ）は韌性（K_{IC} 14

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

MPa·m^{1/2}±0.5) を高め、最適化された開口部 (0.5-2 mm±0.01 mm) は流体力学シミュレーションにより浸食集中を低減します。SEM は、YG8 ノズルが剥離することなく均一に浸食されていることを示し (深さ<0.05 mm±0.01 mm)、XRD は WC 相の高い結晶性を確認しました。性能試験は、最適化された開口部を備えたノズルの浸食率が 0.04 mm³/g±0.01 mm³/g に減少し、流れの安定性が最適化されていないノズル (偏差<1%) よりも優れていることを示しており、これはスプレー業界の高精度要件を満たしています。

(4) 超硬合金ノズルの耐摩耗性に影響を及ぼす因子の分析

共同コンテンツ

6%~12%±1% では靱性が向上し、6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加します。

粒度

0.5~1 μm±0.01 μm では侵食が減少し、2 μm±0.01 μm を超えると侵食が 15%±3% 増加します。

絞り

0.5~2 mm±0.01 mm では侵食率は 0.07 mm³/g±0.01 mm³/g ですが、5 mm±0.01 mm を超えると乱流効果により 15%±3%増加します。例えば、口径 5 mm±0.01 mm のノズルの侵食率は 0.07 mm³/g±0.01 mm³/g に上昇します。

超硬合金ノズルの最適化戦略は

、侵食率<0.05 mm³/g±0.01 mm³/g および流量偏差<1%を達成することである。以下の点が推奨される。

材料の最適化

Co 6%-12%±1%、粒径 0.5-1μm±0.01μm、VC (<1%) は耐侵食性を向上させるために添加されます。

プロセス最適化

SPS (1400°C±10°C、50 MPa±1 MPa)、HIP 後の気孔率<0.1%±0.01%。

表面最適化

開口部: 0.5~2mm±0.01mm、Ra<0.1μm±0.01μm に研磨。

最適化後、YG8 ノズルの侵食率は 0.04 mm³/g±0.01 mm³/g となり、流量偏差は 1% 未満になりました。

12.2.4 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金耐摩耗バルブコアおよびバルブシート

(1) 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金バルブコアとバルブシートの基本原理技術

超硬バルブコアとバルブシートは主に高圧バルブ (石油・ガスおよび化学設備のスロットルバルブやストップバルブなど) に使用され、過酷な環境下でのシール性能と流量制御精度を確保するために、高い耐腐食性 (腐食速度<0.01 mm/年±0.001 mm/年)、耐侵食性 (侵食速度<0.05 mm³/g±0.01 mm³/g)、および低いリーク速度 (<0.005 mL/min±0.001 mL/min) が求められます。材料は WC-Co 系 (Co 6%-12%±1%) を基本とし、Cr₃C₂ (2%-5%±0.5%)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

を添加して Cr_2O_3 保護層を形成しています。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ に制御され、放電プラズマ焼結（SPS）プロセス（ $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、 $50\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ ）によって製造されることにより、高密度と優れた耐摩耗性・耐腐食性を実現しています。バルブコアとバルブシートの幾何学的設計（球面または円錐状の接触面など）は、流体力学の最適化に基づいており、高差圧（ $>50\text{MPa}$ ）下でも安定したシール効果を維持します。

（２）硬質合金耐摩耗バルブコアおよびバルブシートの機構と性能解析

WC ($>90\%\pm 1\%$) は高硬度 (HV 1750 ± 30) を提供し、Co ($6\%-12\%\pm 1\%$) は靱性 (K_{IC} $14\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$) を高め、 Cr_3C_2 ($2\%-5\%\pm 0.5\%$) は高温酸化により厚さ $<0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ の Cr_2O_3 保護層を生成し、耐食性を大幅に向上させます。その不動態化メカニズムはネルンスト式に従います。微粒子 ($0.5\sim 1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$) は強度を向上させ、ホールペッチ式 (ホールペッチ式、 $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$) により侵食速度 ($<0.05\text{mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{g}$) を低減します。バルブコアとバルブシートの接触面は研磨されており ($Ra < 0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$)、摩擦と摩耗を低減しています。SEM 分析によると、YG8 バルブコアの侵食深さは $<0.05\text{mm}\pm 0.01\text{mm}$ で、表面にピットはありません (偏差 $<0.1\%\pm 0.02\%$)。エネルギー分散分光法 (EDS) により、 Cr_2O_3 が均一に分散していることを確認し、XRD 分析では WC 相の結晶度が高いことを示しています。性能試験では、砂を含む流体 (流速 $> 10\text{m/s}$) での最適化されたバルブコアとバルブシートの侵食速度はわずか $0.04\text{mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{g}$ であり、漏れ速度は $0.004\text{mL}/\text{分}\pm 0.001\text{mL}/\text{分}$ で安定しています。

（３）超硬耐摩耗バルブコアおよびバルブシートの性能に影響を及ぼす要因の分析

Co 含有量: $6\% \sim 12\%\pm 1\%$ で硬度と靱性のバランスを保ちます。 $6\%\pm 1\%$ 未満では結合相が不十分なため、亀裂率が $10\%\pm 2\%$ 増加します。

Cr_3C_2 含有量: $2\%\sim 5\%\pm 0.5\%$ の場合、耐食性が $20\%\pm 3\%$ 向上し、 $10\%\pm 0.5\%$ を超える場合、過剰な相析出により硬度が $10\%\pm 2\%$ 低下します。

粒径: $0.5\sim 1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ では侵食と摩耗が減少し、 $2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ を超えると侵食が $15\%\pm 3\%$ 増加します。

表面粗さ: $Ra < 0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ の場合、リーク率は $10\%\pm 2\%$ 減少し、 $Ra > 0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ の場合、接触面のシール性が低下するため、リーク率は $15\%\pm 3\%$ 増加します。

例えば、 Cr_3C_2 を添加していないバルブコアの腐食速度は $0.02\text{mm}/\text{年}\pm 0.001\text{mm}/\text{年}$ に増加し、浸食速度は $0.07\text{mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{g}$ に増加します。

（４）

硬質合金耐摩耗バルブコアおよびバルブシートの適用

超硬バルブコアとバルブシートは、さまざまな過酷な作業条件で広く使用されています。

石油とガス

深井戸掘削バルブや高圧ガスパイプラインに使用され、耐圧性は 50MPa 以上、 H_2S および CO_2 腐食耐性（ 2000 時間以上）、漏れ率は $0.005\text{mL}/\text{分}$ 未満で、深海石油・ガス採掘設備（FPSO など）の信頼性の高い運用をサポートします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

化学機器

このバルブシステムは、酸性媒体（硫酸や塩酸など）を使用する反応器に使用されます。耐腐食性（腐食速度 $<0.01\text{ mm/年}$ ）により、長期にわたる漏れのない運転が保証され、ASME B16.34 規格に準拠しています。

電力業界

火力発電所のボイラー給水弁や原子力発電所の高圧弁などに使用されています。耐熱性は $400^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ に達し、耐侵食性（侵食率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{g}$ ）は高温高压の蒸気流量の精密制御をサポートします。

航空宇宙

ロケットエンジンの燃料バルブに使用されるバルブコアの耐侵食性（侵食率 $<0.04\text{ mm}^3/\text{g}$ ）により、液体燃料（液体酸素、液体水素など）の注入の安定性が確保され、NASA の安全基準を満たしています。

製薬業界

高圧シリンジポンプバルブに使用され、耐腐食性と低漏洩率（ $<0.005\text{ mL/分}$ ）により医薬品製造時の汚染を防ぎ、FDA 認証要件を満たします。

12.2.5 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金耐摩耗鉬山用ドリルビット

セメントカーバイド耐摩耗鉬山ドリルビットの基本技術原理

セメントカーバイド鉬山ドリルビットは、主に深部鉬山採掘（石炭、金属鉬山、石油掘削など）に使用され、高硬度（HV 1800~2200 $\pm$ 30）、優れた耐摩耗性（摩耗速度 $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、耐衝撃性（衝撃エネルギー $>50\text{ J}\pm 5\text{ J}$ ）が求められ、高硬度の岩石層と複雑な地質条件に対応します。材料は主に WC-Co システム（Co 6%~12% $\pm$ 1%）で、WC 含有量 $>90\%\pm 1\%$ で硬い骨格を提供し、粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ に制御されます。放電プラズマ焼結（SPS）プロセス（ $1400^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、 $50\text{ MPa}\pm 1\text{ MPa}$ ）で製造され、高密度と耐疲労性を確保します。ドリルビットの設計は、切削力学と熱伝導の最適化を融合しています。カッターヘッド角度（通常 $120^{\circ}\pm 5^{\circ}$ ）と螺旋溝構造により、掘削効率とスラグ除去能力が向上し、超深度（5,000m 超）の高強度掘削作業に適しています。

セメント炭化耐摩耗鉬山ドリルビットのメカニズムと性能分析

WC（ $>90\%\pm 1\%$ ）は高い硬度（HV 1800-2200 $\pm$ 30）を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性を提供します。結合相としての Co（6%-12% $\pm$ 1%）は、固溶強化と塑性変形により衝撃エネルギーを吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ に達し、亀裂成長に抵抗する能力を高めます。微細粒子（ $0.5\sim 1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）は、ホールペッチ式（ホールペッチ式、 $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて強度と耐摩耗性を向上させ、摩耗速度は $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ に制御されます。ドリルビット表面の熱処理（硬化層の厚さ $<0.5\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$ ）により、耐高温性（ $>600^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）が向上しました。SEM 分析では、YG8 ドリルビットの摩耗深さは $<0.05\text{ mm}\pm 0.01\text{ mm}$ であり、ブレードに明らかな亀裂は見られませんでした。X 線回折（XRD）により、WC 相の高結晶性が確認されまし

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

た。性能試験の結果、最適化されたドリルビットは、花崗岩（モース硬度 7）で 100 時間 ± 10 時間以上の掘削寿命、10~15 m/h ± 1 m/h の掘削速度、5000 J ± 500 J の瞬間荷重に耐える耐衝撃性を備えています。

（3）超硬合金耐摩耗性鉍山用ドリルビットの性能に影響を与える要因の分析

共同コンテンツ

6%~12%±1% の場合、靱性と耐衝撃性が最適化されます。6%±1% 未満の場合、結合相が不十分なため、亀裂率が 10%±2% 増加します。

粒度

0.5~1 μm±0.01 μm では摩耗とエッジの欠けが減少しますが、2 μm±0.01 μm を超えると粒界の減少により摩耗が 15%±3% 増加します。

表面硬化層

厚さが 0.5 mm±0.1 mm 未満の場合、耐摩耗性が向上しますが、厚さが 1 mm±0.1 mm を超える場合、靱性が 10%±2% 低下し、欠けが発生するリスクが高まります。

ブレード角度

120°±5°では切削効率が最適化されますが、130°±5°を超えると接触面積の増加により、ドリル速度が 10%±2%低下します。

例えば、粒径が 2μm±0.01μm のドリルでは、摩耗率は 0.07mm³/N・m±0.01mm³/N・m に増加し、寿命は 80 時間±10 時間に短縮されます。

（4）

セメント炭化耐摩耗鉍山ドリルビットの主な用途

炭化鉍業用ドリルビットは、さまざまな鉍業シナリオで優れた性能を発揮します。

石炭採掘

深部炭鉍掘削に使用され、耐摩耗性により 100 時間以上の連続掘削が可能で、掘削速度は 10~15m/h、交換頻度は 20%±3%削減されます。華北地域の硬質炭層に適しています。

金属採掘

銅や鉄鉍石の深部掘削に使用され、花崗岩や玄武岩に対する耐衝撃性 (> 50 J)、寿命は 120 時間を超え、チリやオーストラリアの大規模な露天掘り鉍山をサポートします。

石油掘削

海洋掘削プラットフォームに適用され、その耐腐食性（耐海水性 > 2000 時間）により、深海の石油およびガス井（> 3000 m）の効率的な掘削が保証され、API Spec 7-1 規格を満たしています。

地質探査

硬岩（珪岩など）のコア掘削に使用されます。ドリルビットの精度（開口偏差<0.1 mm）により、正確なサンプル採取が可能で、地質学研究で広く使用されています。

トンネル工学

地下鉄や高速鉄道のトンネル建設に使用され、耐衝撃性と耐摩耗性により硬岩掘削（モース硬度 8 以上）をサポートし、1 シフトあたりの掘削長さが 15%±2%増加します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.2.6 超硬合金耐摩耗部品 - 超硬合金研削ボールおよび研削媒体

(1)

超硬合金研削ボールと研削媒体の基本技術原理

超硬研磨ボールと研磨メディアは、主にボールミル、振動ミル、攪拌ミルなどの超微粉処理装置に使用され、高エネルギーの研磨環境と長期操作に適応するために、高硬度（HV 1800-2200±30）、優れた耐摩耗性（摩耗速度 $<0.04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ ）、耐疲労性（サイクル寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回）が求められます。材料は主に WC-Co 系（Co 6%-12%±1%）で、WC 含有量 $>90\% \pm 1\%$ を硬質骨格とし、粒径を $0.5\text{-}2\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ に制御します。放電プラズマ焼結（SPS）プロセス（ $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ ）で製造され、高密度で均一な微細構造を確保します。粉碎ボールの形状（通常は球形または円筒形で、直径は $5 \sim 20 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ ）と粉碎媒体の表面設計は、摩擦力学に基づいて最適化されており、粉碎効率と材料分散を高め、鉱物処理、セラミック製造、ナノ材料製造に適しています。

超硬合金研削ボールおよび研削媒体の機構と性能解析

WC ($>90\% \pm 1\%$) は高硬度（HV 1800-2200±30）を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性を発揮します。Co (6%-12%±1%) は結合相として固溶強化と塑性変形により衝撃と疲労応力を吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達し、亀裂成長に対する抵抗力を高めます。微細粒子 ($0.5\text{-}1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) は、ホールベッチ式 ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$) により強度と耐摩耗性を向上させ、摩耗速度は $<0.04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ に制御されます。表面研磨 ($Ra < 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) により、付着性と摩耗が低減され、アルキメデスの原理に基づいて測定された密度 ($14.8\text{-}15.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) はその高い緻密性を反映しています。SEM 分析では、YG8 研削ボールは明らかな剥離がなく均一に摩耗し（深さ $<0.05 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ）、X 線回折（XRD）により WC 相と Co 相の高い格子整合が確認されています。性能試験では、最適化された研削ボールは、石英砂（モース硬度 7）を研削する場合、 10^6 回 $\pm 10^5$ 回以上の寿命を持ち、研削効率が $15\% \pm 2\%$ 向上し、粒子サイズがサブミクロンレベル ($<1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$) に達することが示されています。

(3) 超硬合金研削ボールおよび研削媒体の性能に影響を及ぼす要因の分析

共同コンテンツ

6%～12%±1% の場合、靱性と耐疲労性が最適化されます。6%±1% 未満の場合、結合相が不十分のため、亀裂率が $10\% \pm 2\%$ 増加します。

粒度

$0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗と剥離が減少しますが、 $2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ を超えると粒界の減少により摩耗が $15\% \pm 3\%$ 増加します。

表面粗さ

$Ra < 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、研磨摩耗が $10\% \pm 2\%$ 減少し、 $Ra > 0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、表面密着性の向上により摩耗が $20\% \pm 3\%$ 増加します。

直径の一貫性

$5 \sim 20 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ の範囲であれば研削均一性は確保されますが、 $0.5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ を超える

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

偏差では、材料の分散が不均一になり、効率が $10\% \pm 2\%$ 低下します。例えば、

粒径 $2\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ の研削ボールの摩耗率は $0.06\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ に増加し、寿命は 8×10^5 回 $\pm 10^5$ 回に短縮されます。

(4)

超硬合金研削ボールおよび研削媒体の応用

超硬研削ボールと研削媒体は、さまざまな高精度研削アプリケーションで優れた性能を発揮します。

鉍物処理

銅鉍石および金鉍石の超微粉碎に使用されます。耐摩耗性により 1000 時間以上の連続運転が可能で、粉碎効率は $20\% \pm 3\%$ 向上します。

セラミック生産

アルミナおよびジルコニアセラミック粉末の粉碎に適用され、粒子の均一性 ($< 1\mu\text{m}$) により、ISO 9001 規格に準拠した高品質のセラミックタイルおよび電子基板の製造をサポートします。

ナノ材料の調製

カーボンナノチューブおよび金属酸化物ナノパウダーのボールミル粉碎に使用されます。耐疲労性 (10^6 倍以上) に優れ、長期間の高エネルギー粉碎を可能にします。電池材料の研究開発に広く利用されています。

塗料と顔料

二酸化チタンおよび有機顔料の超微粒子分散に使用されます。研磨媒体の耐腐食性 (耐酸性・耐アルカリ性: 2000 時間以上) は化学コーティングの製造をサポートし、製品の光沢を $10\% \pm 2\%$ 向上させます。

製薬業界

医薬品有効成分の微粉化に使用され、粉碎媒体の汚染が少ない (重金属沈殿なし) ため、GMP 要件に準拠し、効率的な医薬品調製をサポートします。

12.2.7 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金ローラー

超硬合金耐摩耗ロールの基本原理と技術概要

超硬合金ロールは主に金属圧延 (鋼板、アルミニウム板、銅板の冷間圧延および熱間圧延など) に使用され、高温 ($> 800^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$)、高压 ($> 200\text{ MPa}$)、連続運転などの過酷な条件に対応するために、高硬度 ($\text{HV } 1800\text{--}2200 \pm 30$)、優れた耐摩耗性 (摩耗速度 $< 0.05\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)、耐熱疲労性 (サイクル寿命 $> 10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回) が求められます。材料は主に WC-Co システム ($\text{Co } 6\%\text{--}12\% \pm 1\%$) に基づいており、WC 含有量 $> 90\% \pm 1\%$ をハードスケルトンとして、粒径は $0.5\text{--}2\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ に制御されています。放電プラズマ焼結 (SPS) プロセス ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$) により製造され、高密度と熱安定性を確保しています。ローラー表面設計は、接触力学と熱伝導の原理に基づき、精密加工 ($\text{Ra} < 0.1\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$) と形状最適化 (ローラー表面径 $500\text{--}1000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ など) を採用し、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

圧延精度と表面品質を向上させています。鉄鋼、自動車、航空業界における高精度圧延に適しています。

超硬合金耐摩耗ロールの機構と性能解析

WC (>90%±1%) は高硬度 (HV 1800-2200±30) を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐熱衝撃性を備えています。Co (6%-12%±1%) は結合相として固溶強化と塑性変形によって熱および機械応力を吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達し、亀裂成長抵抗を高めます。微細粒子 ($0.5\text{-}1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) は、ホールペッチ式 ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{1/2}$) により強度と耐摩耗性を向上させ、摩耗速度は $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ に制御されます。表面熱処理 (硬化層の厚さ $<0.5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$) により高温耐性が向上します。SEM 分析の結果、YG8 ローラーは熱亀裂を生じることなく均一に摩耗し (深さ $<0.05 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$)、X 線回折 (XRD) により WC 相の高い熱安定性が確認されました。性能試験の結果、最適化されたローラーはステンレス鋼板 (厚さ $1 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$) を圧延した場合、 10^6 回 $\pm 10^5$ 回以上の寿命を有し、表面粗さは $Ra < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$ を維持し、圧延精度は $\pm 0.01 \text{ mm}$ に達しました。

(3) 超硬耐摩耗ロールに影響を与える因子の分析

共同コンテンツ

6%~12%±1% の場合、靱性と耐熱疲労性が最適化されます。6%±1% 未満の場合、結合相が不十分なため、亀裂率が 10%±2% 増加します。

粒度

$0.5\text{-}1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗と熱亀裂が減少しますが、 $2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ を超えると粒界の減少により摩耗が 15%±3% 増加します。

表面粗さ

$Ra < 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、凝着摩耗が 10%±2% 減少し、 $Ra > 0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、表面品質の低下により摩耗が 20%±3% 増加します。

ローラー直径

500~1000mm±1mm の範囲であれば圧延均一性は確保されますが、5mm±1mm を超える偏差では接触圧の不均一性により精度が 10%±2% 低下します。例えば、粒径が $2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ のロールの摩耗率は $0.07 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ に上昇し、寿命は 8×10^5 回 $\pm 10^5$ 回に短縮されます。

(4)

超硬合金耐摩耗ローラの応用

超硬ロールは、さまざまな金属加工用途で優れた性能を発揮します。

鉄鋼業界

熱間圧延および冷間圧延鋼板の製造に使用され、耐高温性 ($> 800^\circ\text{C}$) により 1000 時間を超える連続圧延をサポートし、精度は $\pm 0.01 \text{ mm}$ で、建築用鋼板や自動車用鋼板のニーズを満たします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

アルミニウム加工

アルミ箔や航空アルミ合金圧延に適用され、耐摩耗性により表面仕上げ（ $Ra < 0.2 \mu m$ ）が保証され、寿命は 10^6 回を超え、包装や航空機製造に広く使用されています。

銅および合金

銅条および真鍮板の精密圧延に使用されます。耐熱疲労性に優れ、高周波圧延（500 回/時以上）にも対応し、電子産業の標準規格に準拠した $15\% \pm 2\%$ の生産効率向上を実現します。

エネルギー機器

原子力発電所のパイプラインや風力タービントワールの鋼板圧延に使用されます。耐食性（耐酸性 2000 時間以上）は高圧環境の要件を満たし、耐用年数は $20\% \pm 3\%$ 延長されます。

鉄道製造

高速鉄道の車輪およびレールの初期圧延に使用されます。耐衝撃性（ $> 50 J$ ）は、高負荷圧延をサポートします。精度は $\pm 0.02 mm$ で、EN 13674 に準拠しています。

12.2.8 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金ギアおよびトランスミッション部品

（1）超硬合金耐摩耗部品の基本原理

- 超硬合金ギアおよび伝動部品 超硬合金ギアおよび伝動部品は、主に高負荷機械伝動システム（重機、航空機エンジン、産業用減速機など）に使用され、高速度（ $> 5000 rpm \pm 500 rpm$ ）、高トルク（ $> 1000 N \cdot m \pm 100 N \cdot m$ ）、長期運転などの複雑な作業条件に対応するために、高い硬度（HV 1800-2200 ± 30 ）、優れた耐摩耗性（摩耗率 $< 0.05 mm^3 / N \cdot m \pm 0.01 mm^3 / N \cdot m$ ）、疲労耐性（サイクル寿命 $> 10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回）が求められます。材料は主に WC-Co 系（Co 6%~12% $\pm 1\%$ ）をベースとし、WC 含有量 $> 90\% \pm 1\%$ を硬質骨格とし、粒径は $0.5 \sim 2 \mu m \pm 0.01 \mu m$ に制御されています。放電プラズマ焼結（SPS）プロセス（1400 $^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$ 、50MPa ± 1 MPa）により製造され、高密度と耐衝撃性を確保しています。ギア設計は精密成形（モジュール $1 \sim 5 mm \pm 0.1 mm$ ）と表面処理（ $Ra < 0.1 \mu m \pm 0.01 \mu m$ ）を採用し、ギア噛み合い理論に基づいて伝達効率と騒音制御を最適化し、高精度・高負荷の伝動装置に適しています。

超硬歯車および伝動部品の機構と性能解析

WC ($> 90\% \pm 1\%$) は高硬度 (HV 1800-2200 ± 30) を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐衝撃性を発揮します。Co (6%-12% $\pm 1\%$) は結合相として固溶強化と塑性変形により疲労応力を吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14 MPa \cdot m^{1/2} \pm 0.5$ に達し、亀裂成長に対する抵抗力を高めます。微細粒子 ($0.5-1 \mu m \pm 0.01 \mu m$) は、ホールペッチ式 ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$) により強度と耐摩耗性を向上させ、摩耗速度は $< 0.05 mm^3 / N \cdot m \pm 0.01 mm^3 / N \cdot m$ に制御されます。表面潤滑コーティング（厚さ $< 0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ ）により摩擦係数 ($< 0.3 \pm 0.05$) が低下し、SEM 分析では YG8 ギア歯面の摩耗が均一（深さ $< 0.05 mm \pm 0.01 mm$ ）で、歯底割れは見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高い安定性が確認されました。性能試験では、最適化されたギアの耐用年数は 5000rpm で 10^6 回 $\pm 10^5$ 回以上、伝達効率は $98\% \pm 1\%$ 、騒音レベルは 70dB ± 2 dB 未満であることが示されました。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

（3）超硬齒車および伝動部品に影響を及ぼす要因の分析

共同コンテンツ

6%~12%±1% の場合、靱性と耐疲労性が最適化されます。6%±1% 未満の場合、結合相が不十分なため、亀裂率が 10%±2% 増加します。

粒度

0.5~1 $\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ では摩耗と疲労亀裂が減少し、2 $\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ を超えると粒界の減少により摩耗が 15%±3% 増加します。

表面粗さ

$Ra < 0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ では摩擦と騒音が 10%±2% 減少し、 $Ra > 0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ では歯面の付着により摩耗が 20%±3% 増加します。

係数精度

1~5mm±0.1mm であればスムーズな伝動が保証されますが、0.5mm±0.1mm を超えると噛み合い不良により効率が 10%±2% 低下します。例えば、粒子径が 2 $\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ の歯車の摩耗率は 0.07mm³/N・m±0.01mm³/N・m に上昇し、寿命は 8×10⁵回±10⁵回に短縮されます。

（4）

超硬齒車および伝動部品の応用

超硬ギアおよびトランスミッション部品は、さまざまな高性能トランスミッション分野で優れた性能を発揮します。

航空業界

タービンエンジンや着陸装置のトランスミッションシステムに使用され、高温（>600°C±10°C）に耐え、高速伝送をサポートし、10⁶ 回を超える耐用年数を持ち、FAA 認証基準を満たしています。

重機

鉱山破碎机やセメントミルの伝動装置に適用され、耐衝撃性が高く（>50 J）、高トルク（>1000 N・m）をサポートし、効率が 15%±2% 向上します。

自動車

電気自動車の減速機やギアボックスに使用され、耐摩耗性により長期間の動作（5000 時間以上）が保証され、騒音は 70 dB 未満で、EPA 排出ガス要件を満たしています。

エネルギー機器

風力タービンのギアボックスでは、疲労耐性（>10⁶ 回）が断続的な高負荷動作をサポートし、IEC 61400 規格に準拠して寿命が 20%±3% 延長されます。

ロボット工学

産業用ロボットのジョイント伝動に使用され、精度（モジュール偏差 <0.1 mm）が高く、高い動的応答をサポートし、自動車組立ラインで広く使用されています。

12.2.9 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金ベアリングブッシング

超硬合金耐摩耗部品の基本原理と技術- 超硬合金耐摩耗軸受ブッシング

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬軸受ブッシングは主に高負荷回転設備（ポンプ、コンプレッサー、タービンなど）に使用され、高硬度（HV 1800-2200±30）、優れた耐摩耗性（摩耗速度<0.04 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m）、耐腐食性（腐食速度<0.01 mm/年±0.001 mm/年）が求められ、高速（> 3000 rpm±300 rpm）、高圧（> 50 MPa）、腐食性媒体での長期運転に適応します。材料は主に WC-Co 系（Co 6%-12%±1%）をベースとし、WC 含有量> 90%±1%を硬質骨格とし、粒径は 0.5-2μm±0.01μm に制御されています。放電プラズマ焼結（SPS）プロセス（1400°C±10°C、50MPa±1MPa）により製造され、高密度と耐疲労性を確保しています。ブッシングの内面は精密研磨（内径 50~200mm±0.1mm、Ra<0.1μm±0.01μm）されており、流体力学とトライボロジーの原理に基づき、潤滑性と耐摩耗性を最適化しています。石油化学、エネルギー、造船業界の軸受支持に最適です。

超硬合金耐摩耗軸受ブッシングの機構と性能解析

WC (>90%±1%) は高硬度 (HV 1800-2200±30) を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性を備えています。Co (6%-12%±1%) は結合相として固溶強化と塑性変形によって機械的応力を吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達し、亀裂成長に対する抵抗力を高めます。微細粒子 (0.5-1 μm±0.01 μm) は、ホールペッチ式 ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{1/2}$) により強度と耐摩耗性を向上させ、摩耗速度は <0.04 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m に制御されます。表面に Cr₃C₂ (2%~5%±0.5%) を添加すると、Cr₂O₃保護層（厚さ <0.1μm±0.01μm）が生成され、耐食性が大幅に向上します。その不動態化メカニズムはネルンストの式に従います。SEM 分析では、YG8 ブッシングの内面がピットなしで均一に摩耗していること（深さ<0.05mm±0.01mm）が示され、X 線回折（XRD）では WC 相の高い安定性が確認されました。性能試験では、最適化されたブッシングの 5% H₂SO₄溶液中の腐食速度はわずか 0.008mm/年±0.001mm/年、動作寿命は 10⁴時間±10³時間を超え、摩擦係数は 0.2±0.05 で安定していることが示されています。

（3）超硬耐摩耗軸受ブッシングに影響を与える要因の分析

共同コンテンツ

6%~12%±1% の場合、靱性と耐疲労性が最適化されます。6%±1% 未満の場合、結合相が不十分なため、亀裂率が 10%±2% 増加します。

粒度

0.5~1 μm±0.01 μm では摩耗と腐食が減少し、2 μm±0.01 μm を超えると粒界の減少により摩耗が 15%±3% 増加します。

表面粗さ

Ra<0.1 μm±0.01 μm の場合、摩擦と摩耗が 10%±2% 減少し、Ra>0.5 μm±0.01 μm の場合、表面付着により摩耗が 20%±3% 増加します。

Cr₃C₂含有量

2%~5%±0.5%の添加で耐食性が 20%±3%向上し、10%±0.5%を超えると過剰な相析出により硬度が 10%±2%低下します。

例えば、Cr₃C₂を添加しないブッシングの腐食速度は 0.015 mm/年±0.001 mm/年に増加し、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

摩耗速度は $0.06 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ に増加します。

(4)

超硬耐摩耗軸受ブッシングの適用

超硬ベアリングブッシングは、さまざまな高性能回転機器の用途で優れた性能を発揮します。

石油化学

遠心ポンプおよびコンプレッサーベアリングに使用され、耐腐食性 (H_2S 耐性 >2000 時間) は高温高圧環境をサポートし、寿命は >10⁴ 時間で、API 610 規格に準拠しています。

エネルギー産業

ガスタービンや原子炉ポンプのベアリングに適用され、高温耐性 (>500°C±10°C) により長期にわたる安定した動作が保証され、摩擦係数は 0.2 と低く、IEC 60034 規格を満たしています。

造船業

船舶の推進軸やプロペラ軸受に使用され、海水腐食耐性 (3000 時間以上) があり、内径精度 ±0.1 mm で深海作業をサポートし、ISO 19085 規格に準拠しています。

自動車

ターボチャージャーのベアリングブッシングに使用され、耐摩耗性により高速 (>3000 rpm) をサポートし、耐用年数が 20%±3% 延長され、自動車排出ガス基準を満たしています。

水処理

下水処理ポンプのベアリングに使用され、塩化物イオン腐食に耐性があり (NaCl 耐性 >2000 時間)、効率的な操作を確保し、都市工学で広く使用されています。

12.2.10 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金伸線ダイス

(1)

超硬合金耐摩耗部品の基本原理 - 超硬合金伸線ダイス

超硬伸線ダイスは主に金属線 (銅線、鋼線、タングステン線など) の伸線に使用され、高硬度 (HV 1800-2200±30)、優れた耐摩耗性 (摩耗速度 <0.03 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m)、低摩擦係数 (<0.3±0.05) が求められ、線材の高精度 (許容差 ±0.01 mm) と表面粗さ ($R_a < 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) を確保し、長寿命化を実現します。材質は主に WC-Co 系 (Co 6%-10%±1%) をベースとし、WC 含有量 >90%±1% を硬質骨格とし、粒径は $0.5\text{-}1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ に制御されています。放電プラズマ焼結 (SPS) プロセス (1400°C±10°C、50MPa±1MPa) により製造され、高密度と微細均一性を確保しています。ダイス穴の設計は、流体力学とトライボロジーの最適化に基づき、プログレッシブ圧縮構造 (口径 $0.1\text{--}5\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$) を採用し、伸線加工時の熱蓄積と表面傷を軽減します。電線・ケーブル、自動車用ワイヤーハーネス、精密機器の製造に適しています。

(2)

超硬合金線引ダイスの機構と性能解析

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC (>90%±1%) は高硬度 (HV 1800-2200±30) を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性を発揮します。Co (6%-10%±1%) は結合相として固溶強化と塑性変形により引張応力を吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達し、亀裂成長抵抗を強化します。微細粒子 ($0.5\text{-}1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) は、ホールペッチ式 ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$) により強度と耐摩耗性を向上させ、摩耗速度は $<0.03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ に制御されます。内面研磨 ($Ra < 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) と TiN コーティング (厚さ $<0.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$) を組み合わせることで、摩擦係数を低減します。SEM 分析では、YG6 伸線ダイスの穴はマイクロクラックがなく均一に摩耗している (深さ $<0.03 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$) ことが示されています。X 線回折 (XRD) により、WC 相の高結晶性が確認されています。性能試験では、最適化された伸線ダイスは、銅線 (直径 $0.1 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$) の伸線時に $10^5 \pm 10^4$ 回以上の寿命を持ち、線表面粗さは $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ であり、加工効率は $15\% \pm 2\%$ 向上しました。

(3) 超硬合金線引ダイスに影響を及ぼす要因の分析

共同コンテンツ

6%~10%±1% の場合、靱性と耐摩耗性が最適化されます。6%±1% 未満の場合、結合相が不十分なため、亀裂率が $10\% \pm 2\%$ 増加します。

粒度

$0.5\text{-}1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗と傷が減少しますが、 $1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ を超えると粒界の減少により摩耗が $15\% \pm 3\%$ 増加します。

表面粗さ

$Ra < 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、摩擦は $10\% \pm 2\%$ 減少し、 $Ra > 0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、表面付着により摩耗は $20\% \pm 3\%$ 増加します。

ダイホール精度

$0.1\text{-}5 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ であれば伸線均一性は確保されますが、 $0.05 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ を超えると応力集中により精度が $10\% \pm 2\%$ 低下します。例えば、結晶粒径が $1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の伸線ダイスの摩耗率は $0.05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ に上昇し、耐用年数は 8×10^4 回 $\pm 10^4$ 回に短縮されます。

(4)

超硬合金線引きダイスの応用

超硬線引きダイスは、さまざまな高精度線加工分野で優れた性能を発揮します。

電線・ケーブル

銅線およびアルミ線の伸線加工に使用します。耐摩耗性に優れ、 10^5 回以上の連続伸線加工が可能です。線径精度は $\pm 0.01 \text{ mm}$ です。電力伝送用途に広く使用されています。

自動車用ワイヤーハーネス

鋼線および合金線の伸線加工に適用され、寿命は 10^5 回以上、表面仕上げ $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ で、自動車エレクトロニクスのニーズを満たします。

精密機器

タングステン線およびモリブデン線の伸線加工に使用されます。ダイス穴は高温

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

(>600°C±10°C)に耐えることができ、ミクロンレベルの精度を確保します。半導体や医療機器などに使用されています。

建設用鋼線

プレストレスト鋼線の引抜き加工では、疲労耐性(>10⁵ 回)が高強度加工をサポートし、ASTM A421 規格を満たしています。

繊維機械

ステンレス鋼の線の引き抜きに使用され、耐腐食性(耐酸性>2000 時間)により長期使用が保証され、工業用ウェビング製造に広く使用されています。

1.2.2.1 硬質合金耐摩耗部品 - 硬質合金医療機器部品

超硬合金耐摩耗部品の基本技術原理- 超硬合金医療機器部品

超硬合金医療機器部品は主に外科用ツール(骨鋸、ドリル、はさみなど)やインプラント補助機器に使用され、高硬度(HV 1800-2200±30)、優れた耐摩耗性(摩耗率 <0.03 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m)、生体適合性(重金属沈殿なし <0.1 ppm±0.01 ppm)が求められ、高精度(許容差±0.01 mm)、人体環境における耐久性及び安全性を確保しています。材料は主に WC-Co システム (Co 6%-10%±1%) に基づいており、WC 含有量>90%±1%をハードスケルトンとして、粒径は 0.5-1.5µm±0.01µm に制御されています。放電プラズマ焼結(SPS)プロセス(1400°C±10°C、50MPa±1MPa)により製造され、高密度と表面平滑性を確保しています。部品表面には生体不活性コーティング(TiN など、厚さ<0.5µm±0.1µm)が施され、精密研磨(Ra<0.1µm±0.01µm)されています。機械的性質と生体適合性が最適化されているため、整形外科、歯科、脳神経外科手術に適しています。

超硬合金耐摩耗部品のメカニズムと性能解析- 超硬合金医療機器部品

WC (>90%±1%) は高硬度 (HV 1800-2200±30) を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐衝撃性を発揮します。Co (6%-10%±1%) は結合相として固溶強化と塑性変形により切削応力を吸収し、破壊靱性は $K_{Ic} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達し、亀裂成長抵抗を強化します。微粒子 (0.5-1 µm±0.01 µm) は、ホールペッチ式 ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$) により強度と耐摩耗性を向上させ、摩耗速度は <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m に制御されます。TiN コーティングは摩擦係数 (<0.3±0.05) を低減し、耐食性を向上させます。SEM 分析では、YG6 部品の刃先摩耗は均一(深さ<0.03mm±0.01mm)で、マイクロクラックは見られず、X 線回折(XRD)では WC 相の高い安定性が確認されました。性能試験では、最適化された部品は、骨切削(モース硬度 5)の模擬試験において 10⁴回±10³回以上の寿命を示し、表面粗さ Ra<0.1µm は ISO 13485 医療機器規格を満たしていることが示されました。

(3) 超硬合金耐摩耗部品に影響を与える要因の分析 - 超硬合金医療機器部品 共同コンテンツ

6%~10%±1% では靱性と生体適合性が最適化され、10%±1% を超えると重金属の沈殿が 5%±1% 増加し、安全性に影響します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

粒度

0.5~1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗と微小亀裂が減少しますが、1.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ を超えると粒界の減少により摩耗が 15% $\pm$ 3% 増加します。

表面粗さ

Ra < 0.1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、組織接着が 10% $\pm$ 2% 減少し、Ra > 0.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の場合、細菌付着のリスクにより摩耗が 20% $\pm$ 3% 増加します。

コーティングの厚さ

0.5 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ では耐食性が 20% $\pm$ 3% 向上しますが、1 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ を超えると応力集中により靱性が 10% $\pm$ 2% 低下します。

例えば、粒径が 1.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の部品の摩耗率は 0.05 mm³/N · m $\pm$ 0.01 mm³/N · m に上昇し、耐用年数は 8 $\times$ 10³ 回 $\pm$ 10³ 回に短縮されます。

超硬合金製医療機器部品の用途

超硬合金製医療機器部品は、さまざまな医療分野で優れた性能を発揮します。

整形外科

骨鋸やドリルに使用され、耐摩耗性により 10⁴ 回を超える連続切断を $\pm 0.01 \text{ mm}$ の精度でサポートし、股関節置換術に広く使用されています。

歯科治療

歯科用ドリルや根管ファイルに適用される耐腐食性（体液に対する耐性 > 2000 時間）により長期使用が保証され、ISO 1797 規格に準拠しています。

脳神経外科

低侵襲手術用はさみ、脳手術をサポートする生体適合性（重金属沈殿なし）、寿命は 10⁴ 回を超え、FDA 要件を満たしています。

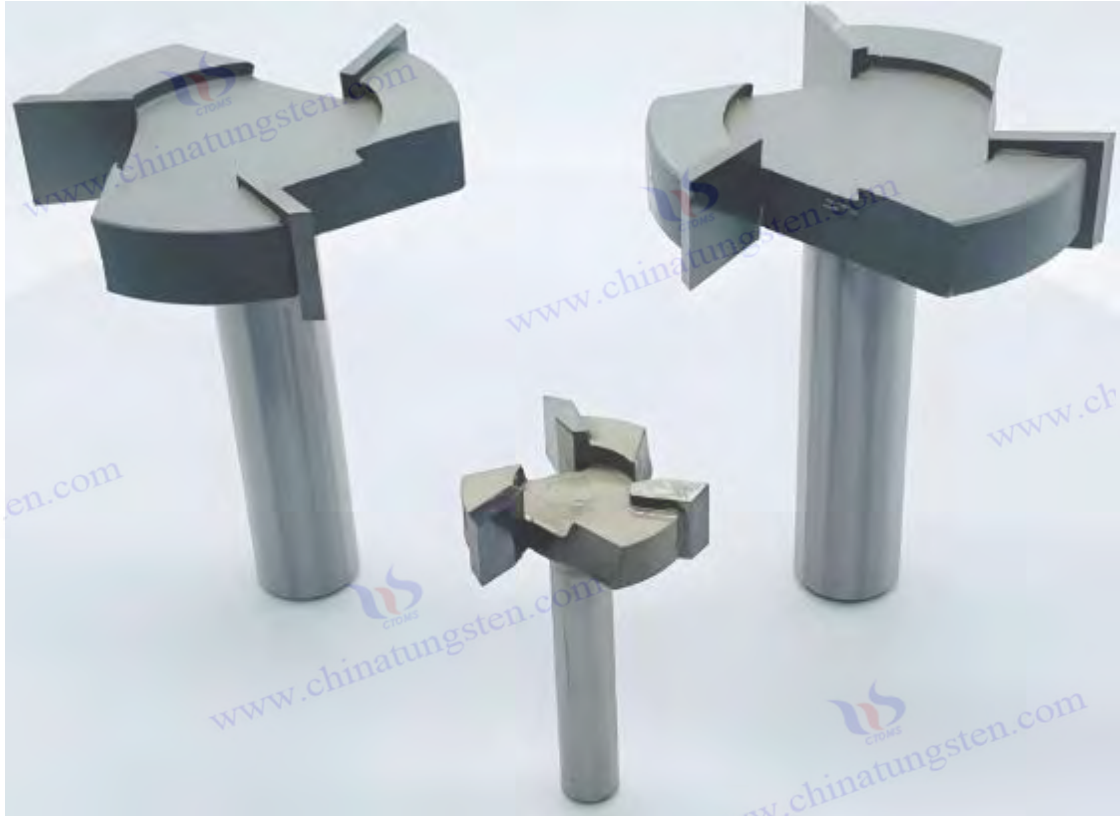
外傷の修復

骨ネジや固定クリップに使用され、疲労耐性 (> 10⁴ 回) が骨折治癒をサポートし、表面仕上げ Ra < 0.1 μm です。

獣医機器

動物の手術器具に使用され、耐摩耗性と耐高温性 (> 400°C $\pm$ 10°C) により現場での手術をサポートし、畜産分野で広く使用されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



12.2 超硬合金の耐摩耗溶射の応用

溶射技術は、WCCo コーティング（厚さ $50\sim 500\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ ）を堆積させることで、パイプ（寿命 $>10^4$ 時間 $\pm 10^3$ 時間）およびバルブ（気密性偏差 $<0.01\%\pm 0.001\%$ ）の耐摩耗性（摩耗速度 $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）および耐腐食性（腐食速度 $<0.01\text{ mm}/\text{年}\pm 0.001\text{ mm}/\text{年}$ ）を向上させます。溶射プロセスには、HVOF（速度 $>1000\text{ m/s}\pm 10\text{ m/s}$ ）および APS（温度 $>10000^\circ\text{C}\pm 100^\circ\text{C}$ ）があります。

このセクションは、パイプとバルブにおける WCCo コーティングの適用と性能テストから始まります。

12.2.1 パイプおよびバルブにおける WCCo コーティングの適用

基本原理と技術概要

WCCo コーティング（WC $80\%90\%\pm 1\%$ 、Co $10\%20\%\pm 1\%$ ）は、HVOF（ガス流量 $>1000\text{ m/s}\pm 10\text{ m/s}$ ）または APS（出力 $3050\text{ kW}\pm 1\text{ kW}$ ）によって堆積され、硬度 HV 10001400 ± 30 、接合強度 $>70\text{ MPa}\pm 1\text{ MPa}$ です。パイプラインコーティング（厚さ $200500\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ ）は耐侵食性（侵食率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ ）、バルブコーティング（ $50200\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ ）は耐摩耗性（摩耗率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）。

試験には、硬度（ASTM E384、精度 $\pm 30\text{ HV}$ ）、摩耗（ASTM G65、精度 $\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、侵食（ASTM G76、精度 $\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ ）、接着強度（ASTM C633、精度 $\pm 1\text{ MPa}$ ）が含まれます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。例えば、HVOFWC12Co コーティングの硬度は HV 1200±30、摩耗率は 0.03 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m です。

メカニズムと性能分析

WC 粒子(0.11 μm±0.01 μm)が硬度(HV 1200±30)を付与し、Co マトリックス(10%20%±1%)が靱性 (K_{1c} 510 MPa·m^{1/2}±0.5) を向上させます。HVOF コーティングは緻密 (気孔率 <1%±0.1%) で、APS コーティングは厚く (接合強度>70 MPa±1 MPa)。SEM 観察では、HVOF コーティングの WC 粒子は均一 (偏差<0.1%±0.02%) であり、APS コーティングには微細孔 (<1 μm±0.1 μm) があることが示されています。EDS により WC/Co 比 (偏差<0.1%±0.02%) が確認されました。試験の結果、HVOFWC12Co (パイプライン) の侵食率は 0.04 mm³/g±0.01 mm³/g、APSWC17Co (バルブ) の摩耗率は 0.03 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m でした。

影響要因の分析

WC 含有量: 80%90%±1%、高硬度; <70%±1%、摩耗率は 15%±3% 増加します。
コーティング厚さ: 50500 μm±1 μm、優れた性能。>1000 μm±1 μm、剥離率が 10%±2% 増加。
溶射プロセス: HVOF、気孔率<1%±0.1%、APS、接合強度が 10%±2% 増加。
粒子サイズ: 0.11 μm±0.01 μm、耐摩耗性に優れています。2 μm±0.01 μm を超えると、侵食率が 10%±2% 増加します。
作業条件: 流速 <10 m/s±0.1 m/s、摩耗率が低い。>20 m/s±0.1 m/s、侵食が 15%±3% 増加する。

APSWC17Co (厚さ 1000μm±1μm) の剥離率は 15%±3% に増加した。

最適化戦略は

、摩耗率<0.05 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m、接合強度>70 MPa±1 MPa を達成することです。以下の点が推奨されます。

コーティングの最適化: WC 80%90%±1%、Co 10%20%±1%、厚さ 50500μm±1μm。
プロセス最適化: HVOF (パイプライン、速度>1000 m/s±10 m/s)、APS (バルブ、電力 40 kW±1 kW)。

粒子最適化: WC 0.11 μm±0.01 μm、多孔度<1%±0.1%。

試験仕様: ASTM G65 (摩耗)、ASTM G76 (侵食)、ASTM C633 (接着強度)。

検証と最適化: SEM と EDS によりコーティングの形態と組成を確認します。

例えば、HVOFWC12Co (厚さ 200μm±1μm) の摩耗率は 0.03mm³/N·m±0.01mm³/N·m、侵食率は 0.04mm³/g±0.01mm³/g です。

12.2.2 性能試験 (摩耗率<0.05 mm³/N·m)

基本原理と技術概要

性能試験では、WCCo コーティングの摩耗率 (<0.05 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m)、侵食率 (<0.05 mm³/g±0.01 mm³/g)、硬度 (HV 10001400±30)、および耐食性 (腐食率 <0.01 mm/

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

年 ± 0.001 mm/年)を評価します。試験規格には、ASTM G65 (摩耗)、ASTM G76 (侵食)、ASTM E384 (硬度)、および ASTM G31 (腐食)が含まれます。

試験には、摩耗(プロファイロメーター、精度 ± 0.01 mm)、侵食(質量減少、精度 ± 0.01 g)、および形態(SEM、解像度 $< 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)が含まれていました。例えば、HVOFWC12Coコーティングの摩耗率は $0.03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、腐食率は $0.008 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$ です。

メカニズムと性能分析

WC 含有量が多い ($80\% \sim 90\% \pm 1\%$) ため硬度 (HV 1200 ± 30) が確保され、Co ($10\% \sim 20\% \pm 1\%$) により靱性 ($K_{IC} 510 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$) が向上します。HVOF コーティングの気孔率が低い ($< 1\% \pm 0.1\%$) ため、研磨粒子の埋め込みが減少します (摩耗率 $< 0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)。SEM では HVOF コーティングの摩耗面が滑らか ($Ra < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) であるのに対し、APS コーティングには微小な傷があります (幅 $< 0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$)。EDS では腐食領域に明らかな Co の損失がないことが確認できます (偏差 $< 0.1\% \pm 0.02\%$)。試験の結果、HVOFWC12Co の摩耗率は $0.03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ であり、APSWC17Co ($0.04 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) よりも優れていることが示されました。

影響要因の分析

コーティングプロセス: HVOF、摩耗率は $10\% \pm 2\%$ 減少、APS、侵食率は $10\% \pm 2\%$ 増加。
WC 粒子サイズ: $0.11 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 、優れた性能。 $> 2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 、摩耗率は $10\% \pm 2\%$ 増加します。

試験環境: 乾式摩耗では摩耗率が低い。湿式摩耗では腐食率が $15\% \pm 3\%$ 増加する。

コーティング厚さ: $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ 、耐摩耗性が高い。 $1000 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ を超えると、剥離率が $10\% \pm 2\%$ 増加します。

荷重: $1050 \text{ N} \pm 1 \text{ N}$ 、摩耗率は安定、 $> 100 \text{ N} \pm 1 \text{ N}$ 、摩耗は $15\% \pm 3\%$ 増加。

たとえば、APSWC17Co (湿潤摩耗) の腐食速度は $0.012 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$ に増加しました。

最適化戦略

は、摩耗率 $< 0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、腐食率 $< 0.01 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$ を達成することです。以下の点が推奨されます。

プロセス最適化: HVOF (速度 $> 1000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$)、気孔率 $< 1\% \pm 0.1\%$ 。

コーティング最適化: WC $80\% \sim 90\% \pm 1\%$ 、厚さ $50500 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ 。

粒子最適化: $0.11 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 、 Cr_3C_2 ($2\% \sim 5\% \pm 0.5\%$) を追加。

試験仕様: ASTM G65 (摩耗)、ASTM G31 (腐食)。

検証と最適化: SEM とプロファイロメーターにより摩耗と侵食の形態を確認します。

例えば、HVOFWC12Co (厚さ $200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) の摩耗率は $0.03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、腐食率は $0.008 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$ です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.3 採掘と掘削

超硬合金は、鉱業や掘削において、高い耐摩耗性（摩耗速度 $<0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）と耐衝撃性（衝撃エネルギー $>50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ ）が求められるドリルビットやピックの形で使用されています。材質は主に WCCo（Co 10%15% $\pm 1\%$ ）で、粒径は $15 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ であり、寿命（ >100 時間 ± 10 時間）と効率（フットプリント $>1 \text{ m/h} \pm 0.1 \text{ m/h}$ ）の要件を満たしています。

このセクションでは、超硬ドリルビットとピック、そして耐衝撃性と耐摩耗性について説明します。

12.3.1 超硬ドリルビットとピック

基本原理と技術概要

ドリルビット（岩石掘削、石油掘削）とピック（ロードヘッダー）は、WCCo（Co 10%15% $\pm 1\%$ ）製で、硬度は HV 1400 $\sim 1800 \pm 30$ 、靱性は $K_{IC} 1525 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$ です。ドリルビットの形状は球形または円錐形（頂角 $90^\circ \sim 120^\circ \pm 0.5^\circ$ ）、ピックは円筒形（直径 $1050 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ）です。SPS 焼結（ $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ ）により、低気孔率（ $<0.1\% \pm 0.01\%$ ）が確保されています。

試験には、硬度（ASTM E92、精度 $\pm 30 \text{ HV}$ ）、摩耗（ASTM G65、精度 $\pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、衝撃（ISO 148、精度 $\pm 1 \text{ J}$ ）、寿命（フィールドテスト、精度 ± 1 時間）が含まれます。例えば、YG15 ドリルビットの硬度は HV 1600 ± 30 で、寿命は 120 時間 ± 10 時間です。

メカニズムと性能分析

高 Co 含有量（10%15% $\pm 1\%$ ）により耐衝撃性（衝撃エネルギー $>50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ ）が向上し、WC（ $>85\% \pm 1\%$ ）により耐摩耗性（摩耗率 $<0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）が確保されます。 $15 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ の粒子が硬度と靱性のバランスを保ちます。SEM 観察では、YG15 ドリルの摩耗面は滑らか（ $R_a < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ ）で、ピックの衝撃域に亀裂はありません（ $<0.1 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ）。EDS では、WC/Co が均一に分布していることが確認されています（偏差 $<0.1\% \pm 0.02\%$ ）。

現場テストでは、YG15 ドリルビット（花崗岩）の寿命は 120 時間 ± 10 時間であり、YG8（100 時間 ± 10 時間）よりも優れていることが示されています。

影響要因の分析

Co 含有量: 10%15% $\pm 1\%$ 、優れた耐衝撃性、 $<8\% \pm 1\%$ 、亀裂率が 15% $\pm 3\%$ 増加します。
粒径: $15 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 、バランスの取れた性能、 $<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 、靱性が 10% $\pm 2\%$ 低下します。

形状: 頂点角度 $90^\circ 120^\circ \pm 0.5^\circ$ 、摩耗率低、 $150^\circ \pm 0.5^\circ$ 以上、摩耗が 10% $\pm 2\%$ 増加。

衝撃周波数: $1050 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$ 、寿命 >100 時間 ± 10 時間、 $>100 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$ 、ひび割れ増加 15% $\pm 3\%$ 。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

岩石硬度: HV 100500±10、優れた性能、>1000±10、摩耗増加 15%±3%。

たとえば、YG8 ドリルビット (Co 8%±1%) の寿命は 100 時間±10 時間に短縮されます。

最適化戦略は

、摩耗率<0.05 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m、耐用年数>100 時間±10 時間を達成することです。

以下の点が推奨されます。

材料最適化: Co 10%15%±1%、粒径 15μm±0.01μm。

形状の最適化: ドリルヘッド角度 90°120°±0.5°、ピック直径 1050 mm±0.01 mm。

プロセス最適化: SPS (1400°C±10°C、50 MPa±1 MPa)、気孔率<0.1%±0.01%。

試験仕様: ASTM G65 (摩耗)、ISO 148 (衝撃)。

検証と最適化: SEM、フィールドテストにより摩耗と衝撃の性能を確認します。

例えば、YG15 ドリルビット (粒径 2μm±0.01μm、頂点角度 120°±0.5°) の摩耗率は 0.04mm³/N·m±0.01mm³/N·m で、その耐用年数は 120 時間±10 時間です。

12.3.2 耐衝撃性および耐摩耗性 (衝撃エネルギー > 50 J)

基本原理と技術概要

高い Co 含有量 (10%~15%±1%) と適切な粒度 (15 μm±0.01 μm) により、耐衝撃性 (衝撃エネルギー>50 J±5 J) と耐摩耗性 (摩耗率<0.05 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m) を実現しています。YG15/YG20 工具は、高衝撃条件 (周波数 1050 Hz±1 Hz) に適しており、表面研磨 (Ra<0.2 μm±0.01 μm) により摩耗を低減します。

試験には、衝撃エネルギー (ISO 148、精度±1 J)、摩耗率 (ASTM G65、精度±0.01 mm³/N·m)、および形態 (SEM、分解能<0.1 μm±0.01 μm) が含まれます。例えば、YG15 ピックの衝撃エネルギーは 60 J±5 J、摩耗率は 0.04 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m です。

メカニズムと性能分析 Co

(10%15%±1%) が強靱なネットワーク (体積率 10%20%±1%) を形成し、衝撃エネルギーを吸収し (>50 J±5 J)、WC (>85%±1%) が摩耗に抵抗します (摩耗速度<0.05 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m)。15 μm±0.01 μm の粒子は、亀裂の偏向により K_{1c} (1525 MPa·m^{1/2}±0.5) を増加させます。SEM は、YG15 ピックの衝撃ゾーンに亀裂がなく (<0.1 mm±0.01 mm)、摩耗面が滑らかであることを示しています (Ra<0.2 μm±0.01 μm)。テストの結果、YG15 (衝撃周波数 30Hz±1Hz) の寿命は 120 時間±10 時間で、YG8 (100 時間±10 時間) よりも優れています。

影響要因の分析

Co 含有量: 10%15%±1% の場合、衝撃エネルギーは 20%±3% 増加します。<8%±1% の場合、亀裂率は 15%±3% 増加します。

粒径: 15 μm±0.01 μm、優れた耐衝撃性。<0.5 μm±0.01 μm、硬度が 10%±2%増加。

表面粗さ: Ra<0.2 μm±0.01 μm の場合、摩耗率は 10%±2%減少します。>0.5 μm±0.01 μm の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

場合、摩耗率は $15\% \pm 3\%$ 増加します。

衝撃周波数: $1050 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$ 、安定した性能、 $>100 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$ 、ひび割れが $15\% \pm 3\%$ 増加します。

岩石の種類: 中硬岩 ($\text{HV } 100500 \pm 10$)、長寿命。超硬岩 ($\text{HV} > 1000 \pm 10$)、摩耗が $15\% \pm 3\%$ 増加。

例えば、YG8 ピック ($\text{Ra } 0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) の摩耗率は $0.06 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ に増加します。

最適化戦略

は、衝撃エネルギー $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ および摩耗率 $< 0.05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ を達成することです。以下の点が推奨されます。

材料最適化: Co $10\%15\% \pm 1\%$ 、粒径 $15 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 。

表面最適化: 研磨 ($\text{Ra} < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)、耐摩耗性が $10\% \pm 2\%$ 向上。

プロセス最適化: SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$)、気孔率 $< 0.1\% \pm 0.01\%$ 。

試験仕様: ISO 148 (衝撃)、ASTM G65 (摩耗)。

検証と最適化: パフォーマンスを確認するための SEM および衝撃テスト。

例えば、YG15 ピック ($\text{Ra } 0.2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) の衝撃エネルギーは $60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ 、摩耗率は $0.04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ です。

12.4 表面強化技術

レーザークラッディング (厚さ $0.52 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$)、プラズマ移行アーク (PTA、硬度 HV $1000 \sim 1500 \pm 30$)、および溶射 (HVOF、APS) により、耐摩耗性 (摩耗速度 $< 0.05 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) および耐腐食性 (腐食速度 $< 0.01 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$) を向上させます。この技術は、金型、パイプ、鋌山部品に適しています。

このセクションでは、レーザークラッディングと移行型アークプラズマ (HVOF と APS) のパフォーマンス比較から始めます。

12.4.1 レーザークラッディングとプラズマ移行アーク

基本原理と技術概要

レーザークラッディング (出力 $15 \text{ kW} \pm 0.1 \text{ kW}$) は、厚さ $0.52 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ 、硬度 HV $1000 \pm 1500 \pm 30$ の WCNi (WC $60\% 80\% \pm 1\%$) コーティングを堆積します。PTA (電流 $100300 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$) は、接合強度 $100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ を超える WCCo (Co $10\% 20\% \pm 1\%$) コーティングを堆積します。どちらも金型 (寿命 10 の⁶倍 ± 10 の⁵倍以上) および採掘ピック (寿命 $100 \text{ 時間} \pm 10 \text{ 時間}$ 以上) に適しています。

試験には、硬度 (ASTM E384、精度 $\pm 30 \text{ HV}$)、摩耗 (ASTM G65、精度 $\pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)、接合強度 (ASTM C633、精度 $\pm 1 \text{ MPa}$)、形態 (SEM、解像度 $< 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) が含まれます。例えば、レーザークラッディング WCNi コーティングの硬度は HV 1200 ± 30 、摩耗率

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

は $0.03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ です。

メカニズムとパフォーマンス分析

レーザークラッディングにより冶金結合（結合強度 $>100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ ）が形成され、WC 粒子（ $0.52 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ ）が均一に分散（偏差 $<0.1\% \pm 0.02\%$ ）し、Ni マトリックス（ $>20\% \pm 1\%$ ）は耐腐食性（腐食速度 $<0.01 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$ ）を有する。PTA コーティングは厚く（ $12 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ）、Co（ $10\%20\% \pm 1\%$ ）により靱性（ $K_{IC} 510 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$ ）が向上している。SEM 観察により、レーザークラッディングコーティングには亀裂がなく（ $<0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$ ）、PTA コーティングには微細孔がほとんどないことが示された（ $<1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ ）。

テストの結果、レーザークラッディング WCNi（モールド）の寿命は $10^6 \text{ 回} \pm 10^5 \text{ 回}$ 、PTAWCCo（切削歯）の寿命は $120 \text{ 時間} \pm 10 \text{ 時間}$ です。

影響要因の分析

WC 含有量: $60\%80\% \pm 1\%$ 、高硬度; $<50\% \pm 1\%$ 、摩耗率は $15\% \pm 3\%$ 増加します。

コーティングの厚さ: $0.52 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ 、優れた性能。 $3 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ を超えると、ひび割れ率が $10\% \pm 2\%$ 増加します。

レーザー出力: $15 \text{ kW} \pm 0.1 \text{ kW}$ 、高い接合強度、 $>10 \text{ kW} \pm 0.1 \text{ kW}$ 、熱亀裂の増加 $15\% \pm 3\%$ 。

PTA 電流: $100300 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$ の場合、コーティングは緻密です。 $>500 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$ の場合、多孔度は $10\% \pm 2\%$ 増加します。

ベース材質: 鋼（HV 200400 ± 10 ）、優れた接着性; 鋳鉄（HV 150250 ± 10 ）、剥離率が $10\% \pm 2\%$ 増加。

例えば、レーザークラッディング（厚さ $3 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ）のひび割れ率は $15\% \pm 3\%$ に増加しました。

最適化戦略は

、摩耗率 $<0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、接合強度 $>100 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ を達成することです。以下の点が推奨されます。

コーティング最適化: WC $60\%80\% \pm 1\%$ 、厚さ $0.52 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ 。

プロセス最適化: レーザークラッディング（電力 $3 \text{ kW} \pm 0.1 \text{ kW}$ ）、PTA（電流 $200 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$ ）。

マトリックス最適化: 鋼基板（HV 200400 ± 10 ）、 $200^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ で予熱。

試験仕様: ASTM G65 (摩耗)、ASTM C633 (接着強度)。

検証と最適化: SEM と EDS によりコーティングの形態と組成を確認します。

例えば、レーザークラッディング WCNi（厚さ $1 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ）の摩耗率は $0.03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ であり、耐用年数は $10^6 \text{ 回} \pm 10^5 \text{ 回}$ である。

12.4.2 性能比較（HVOF vs. APS）

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

基本原理と技術概要

HVOF（速度 $>1000\text{ m/s}\pm 10\text{ m/s}$ ）および APS（温度 $>10000^{\circ}\text{C}\pm 100^{\circ}\text{C}$ ）は、WCCo コーティング（WC 80%~90% $\pm 1\%$ ）を堆積します。HVOF コーティングは緻密（気孔率 $<1\%\pm 0.1\%$ ）であり、APS コーティングは厚く（厚さ $200\sim 500\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ ）。HVOF はパイプ（侵食率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ ）に適しており、APS は金型（摩耗率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）に適しています。

試験には、硬度（ASTM E384、精度 $\pm 30\text{ HV}$ ）、摩耗（ASTM G65、精度 $\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、侵食（ASTM G76、精度 $\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ ）、接着強度（ASTM C633、精度 $\pm 1\text{ MPa}$ ）が含まれます。例えば、HVOFWC12Co の硬度は $\text{HV } 1200\pm 30$ 、摩耗率は $0.03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ です。

メカニズムと性能分析:

HVOF コーティングは、高速（ $>1000\text{ m/s}\pm 10\text{ m/s}$ ）で低い気孔率（ $<1\%\pm 0.1\%$ ）を形成し、WC 粒子（ $0.11\text{ }\mu\text{m}\pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ ）は完全なまま（破碎率 $<1\%\pm 0.1\%$ ）、優れた耐侵食性（侵食率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ ）を備えています。APS コーティングは、高温（ $>10000^{\circ}\text{C}\pm 100^{\circ}\text{C}$ ）での接着を強化し（強度 $>70\text{ MPa}\pm 1\text{ MPa}$ ）、高荷重（荷重 $>1000\text{ N}\pm 10\text{ N}$ ）に適しています。SEM で見ると、HVOF コーティングの表面は滑らか（ $\text{Ra}<0.2\text{ }\mu\text{m}\pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ ）で、APS コーティングには微細孔（ $<1\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ ）があります。

試験の結果、HVOFWC12Co の侵食率は $0.04\text{ mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ 、APSWC17Co の摩耗率は $0.03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ でした。

影響要因の分析

プロセスタイプ: HVOF、侵食率は $10\%\pm 2\%$ 減少、APS、接合強度は $10\%\pm 2\%$ 増加。
WC 含有量: 80%90% $\pm 1\%$ 、高硬度; $<70\%\pm 1\%$ 、摩耗率は $15\%\pm 3\%$ 増加します。
コーティング厚さ: $50\sim 500\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、優れた性能。 $>1000\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、剥離率が $10\%\pm 2\%$ 増加。
粒子サイズ: $0.11\text{ }\mu\text{m}\pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 、耐摩耗性に優れています。 $2\text{ }\mu\text{m}\pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、侵食率が $10\%\pm 2\%$ 増加します。
作業条件: パイプライン（流速 $<10\text{ m/s}\pm 0.1\text{ m/s}$ ）、HVOF 優良、金型（荷重 $>1000\text{ N}\pm 10\text{ N}$ ）、APS 適用可能。

APSWC17Co（厚さ $1000\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ ）の剥離率は $15\%\pm 3\%$ に増加した。

最適化戦略

は、摩耗率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、侵食率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{g}$ を達成することです。以下の点が推奨されます。

プロセス オプション: HVOF（パイプ）、APS（金型）。

コーティング最適化: WC 80%90% $\pm 1\%$ 、厚さ $50\sim 500\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 。

粒子最適化: $0.11\text{ }\mu\text{m}\pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 、多孔度 $<1\%\pm 0.1\%$ 。

試験仕様: ASTM G65（摩耗）、ASTM G76（侵食）。

検証と最適化: SEM と EDS によりコーティングの性能を確認します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

例えば、HVOFWC12Co（厚さ $200\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ ）の侵食率は $0.04\text{mm}^3/\text{g}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{g}$ であり、
APSWC17Co（厚さ $300\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ ）の摩耗率は $0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ である。

参考文献

Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming.

セメント炭化物耐摩耗部品の設計と性能最適化[J]. 材料科学工学ジャーナル、2022 年、40(5):134143.

陳曉東、趙剛、劉偉。金型およびシール用超硬合金の耐摩耗性に関する研究[J]. 機械工学材料、2023、39(4):8997

。

王立、張志強、陳鋒。セメント炭化物耐摩耗部品の形状と応力の最適化[J]. 製造技術研究、2021 年、35(5)

: 7886。

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. パイプラインにおける WCCo 溶射コーティングの応用

[J]. 材料保護、2022、55(6): 101109。

Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. 熱噴霧コーティングの性能試験と評価[J]. 表面技術、2023、52(3): 123131

。

陳立華、趙明、劉芳。鉍業用セメント炭化物ドリルビットとピックの性能分析[J]. 鉍山工学、2024、42(2): 6775

。

王濤、張立、陳宇。超硬合金の耐衝撃性と耐摩耗性に関する最適化研究[J]. 材料工学、2022、46(7):145153

。

Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. レーザークラッディングとプラズマ移行アーク技術の応用

[J]. Advanced Materials Research, 2023, 41(4): 8997 .

Smith J, Brown T, Johnson R. 鉍業用途向け耐摩耗性コーティング [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2021, 295: 117126.

Smith J, Brown T, Johnson R. 鉍業用途向け耐摩耗性コーティング [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2021, 295: 117126.

田中 秀次, 山田 憲一. 耐摩耗部品への溶射コーティング. 表面工学, 2023, 74 (3): 156163 .

Park J, Lee H. HVOF コーティングと APS コーティングの性能比較[J]. 韓国金属材料ジャーナル、2022、60(5):

278286。

ASTM E9217. ビッカース硬さの標準試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2017 年。

ASTM E9217. ビッカース硬さ試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2017 年。

ASTM G6516.

乾燥砂/ゴム車輪試験装置を用いた摩耗測定の方法[S]. 北京：中国標準出版局、2016 年。ASTM G6516. 乾燥砂/ゴム車輪試験装置を用いた摩耗測定の方法[S]. 北京：中国標準出版局、2016 年。

ASTM G7618. 固体粒子衝突によるエロージョン試験の実施のための標準試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2018 年。ASTM

G7618. 固体粒子衝突によるエロージョン試験の実施のための標準試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2018 年。

ASTM C63313. 溶射皮膜の接着強度または凝集強度の標準試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2013 年。

ASTM C63313. 溶射皮膜の接着強度または凝集強度の標準試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2013 年。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ASTM G3121. 実験室浸漬腐食試験のための標準ガイド[S]. 北京：中国規格出版社、2021 年。

ASTM G3121. 実験室浸漬腐食試験のための標準ガイド[S]. 北京：中国規格出版社、2021 年。

ISO 148:2016.

金属材料 - シャルビー振り子衝撃試験[S]. 北京：中国規格出版社、2016 年。ISO 148:2016. 金属材料 - シャルビー振り子衝撃試験[S]. 北京：中国規格出版社、2016 年。

ASTM E46615. 力制御された定振幅軸方向疲労試験の実施に関する標準規格[S]. 北京：中国規格出版社、2015 年。ASTM E46615. 力制御された定振幅軸方向疲労試験の実施に関する標準規格[S]. 北京：中国規格出版社、2015 年。

ASTM E38417. 材料のマクロインデンテーション硬度の標準試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2017 年。ASTM

E38417. 材料のマクロインデンテーション硬度の標準試験方法[S]. 北京：中国規格出版社、2017 年。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

付録：

超硬合金溶射技術とその応用

超硬合金溶射技術は、超硬合金材料（炭化タングステン系合金など）を熔融または半熔融状態で基材表面に噴射することにより、高硬度、耐摩耗性、耐腐食性を備えたコーティングを形成する技術です。航空宇宙、鉄鋼、自動車、鉱業、エネルギーなどの分野で広く利用されています。本稿では、超硬合金溶射技術とその応用について、技術原理、プロセスフロー、コーティング性能、形状パラメータの影響、適用シナリオ、長所と短所、開発動向といった側面から体系的に解説し、産業選択の参考資料を提供します。

1. 技術原理とプロセス分類

熱源（炎、プラズマ、アークなど）を用いて超硬合金の粉末または線材を熔融または半熔融状態に加熱し、高速気流を利用して基材表面に噴霧することで、緻密なコーティング層を形成します。コーティング層は機械的な結合によって基材と結合するため、基材表面は基本的に熔融せず、熱の影響も小さいです。一般的なプロセスは以下のとおりです。

テクノロジー	原理	熱源温度 °C	粒子速度 m/s	標準装備
火炎噴射	酸素燃料（アセチレン、プロパン）が燃焼して炎を発生させ、粉末またはワイヤを溶かし、圧縮空気がジェットを加速します。	30003500	40100	火炎スプレーガン
プラズマ溶射	プラズマアーク（アルゴン、窒素、水素）により粉末を高温に加熱し、高速で噴射してコーティングを形成します。	10,00020,000	100400	プラズマスプレーシステム
高速酸素燃料HVOF 溶射	酸素燃料が高速で燃焼し、超音速の気流を発生させて高密度のコーティングを噴霧します。	30004000	400800	HVOF スプレーガン
アーク溶射	2本の金属線の間に電気アークが発生し、線材が溶けて圧縮空気がジェットを加速します。	40006000	100200	アーク溶射装置
爆発噴霧Dガン	酸素燃料の爆燃により粉末が瞬時に加速され、高密度のコーティングが形成されます。	40005000	6001000	爆発スプレーガン

2. 超硬合金溶射プロセス

超硬合金溶射プロセスには、コーティングの品質と性能を確保するためのいくつかの重要なステップが含まれます。以下に、典型的なプロセスを示します。

2.1 基板前処理

目的：基材の表面を洗浄して粗面化し、コーティングの密着性を高めます。

ステップ：

洗浄：有機溶剤（エタノール、アセトンなど）を使用して超音波洗浄し、油分や不純物を

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

5〜15 分間除去します。

サンドブラスト：機械的なフィット性を高めるために、酸化アルミニウムまたは炭化ケイ素の砂でサンドブラストし、表面粗さを $Ra\ 25\ \mu m$ にします。

プラズマ洗浄（オプション）：アルゴン プラズマを照射して微細な酸化物を除去します。

2.2 噴霧材料の準備

材料：粒子サイズ $1050\ \mu m$ の超硬合金粉末（WCCo、WCNi、WCCoCr など）、またはワイヤ（WCCo ベースなど）。

対処する：

スクリーニング：粉末の粒子サイズが均一であり、流動性が良好であることを確認します（流量 $2040\ g/s$ ）。

乾燥：水分を除去し、スプレー不良を防ぐため、 $100\sim 150^{\circ}C$ で乾燥させます。

2.3 溶射プロセス

デバイスのセットアップ：

噴霧パラメータを調整します：噴霧距離（ $100\sim 300\ mm$ ）、電力（ $2050\ kW$ ）、空気圧（ $0.5\sim 1.0\ MPa$ ）。

酸化を制御するためにキャリアガス（アルゴン、窒素など）を選択します。

スプレー：

粉末またはワイヤは供給システムを通じて熱源に入り、熔融または半熔融状態まで加熱されます。

高速気流（ $40\sim 1000\ m/s$ ）が熔融粒子を基板上に噴霧し、そこに蓄積して厚さ $50\ \mu m\sim 12\ mm$ のコーティングを形成します。

制御：ロボットまたは自動化システムがスプレーガンの軌道を制御し、コーティングの均一性を確保します（厚さの偏差 $<5\%$ ）。

2.4 後処理

目的：コーティング表面の品質を最適化し、ストレスを排除してパフォーマンスを向上させます。

ステップ：

研磨/研削：ダイヤモンド砥石または研磨ペーストを使用して、表面粗さを $Ra\ 0.1\sim 0.4\ \mu m$ に低減します。

熱処理（オプション）：残留応力を軽減し、割れを防止するために $300\sim 600^{\circ}C$ で焼きなましを行います。

品質試験：多孔度（ $<115\%$ ）、硬度（HV 8001400）、接着力（ $>50\ MPa$ ）の測定。

3. コーティング性能特性

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬合金溶射コーティングは主に WCCo、WCNi、WCCoCr で、優れた特性を持っています。

パフォーマンス	標準値	説明する
硬度	HV 8001400 (WCCo は最大 HV 12001400)	ベース材質（鋼 HRC2040 など）に比べ、耐摩耗性が 510 倍向上します。
気孔率	0.515% (HVOF<1%、フレイム溶射 515%)	低多孔性（HVOF など）により密度が増加し、耐食性が向上します。
接着	50100 MPa（HVOF では 80100 MPa に達する）	主に機械的な連結により、高い接着力でコーティングが剥がれないようにします。
耐摩耗性	摩耗率 0.0010.01 mm ³ / N·m (ASTM G65)	耐用年数はコーティングされていない基板の 520 倍で、摩耗の激しい条件に適しています。
耐食性	腐食速度 <0.02 mm/年 (中性塩水噴霧試験、pH 68)	WCCoCr コーティングは耐酸性、耐アルカリ性 (pH 410) があり、海洋環境に適しています。
耐熱性	400~800°C(WCCoCr は 800°Cに達する)	高温作業環境（航空機エンジン、製鉄炉など）に適しています。

4. 幾何学的パラメータの影響

溶射コーティングは、ツールまたはコンポーネントの形状(表面粗さ、厚さの均一性など)に大きな影響を与えるため、プロセスパラメータを最適化する必要があります。

幾何学的パラメータ	超硬合金への溶射の影響	最適化戦略
表面粗さ	コーティングの初期 Ra は 0.55μm ですが、後処理により Ra0.10.4μm まで低減できます。	スプレー距離（150~200 mm）、粒子速度（> 400 m/s）を調整して研磨します。
コーティングの厚さ	50 μm12 mm、厚いコーティング（HVOF など）は耐摩耗性があり、薄いコーティング（プラズマなど）は精密部品に適しています。	粉末供給速度（2050 g /分）、スプレー層の数を制御し、均一性の偏差を<5%にします。
刃先半径	コーティングにより、刃先の半径が 0.01 ~ 0.05 mm 増加し、切れ味に影響します。	薄い層(<100 μm)を HVOF またはプラズマで溶射し、その後に切れ刃をホーニングします。
複雑な幾何学	複雑な曲面（タービンブレードなど）のコーティングの均一性を確保することは大きな課題です。	ロボットスプレーを採用し、スプレーガンの軌道を最適化し、角度偏差は 2° 未満です。

5. 適用シナリオ

超硬合金溶射コーティングは、その高い硬度と耐摩耗性により、さまざまな業界で広く使用されています。

業界	アプリケーションシナリオ	典型的なコーティング	パフォーマンスの改善
航空	タービンブレード、燃焼室、着陸装置のコーティングは、	WCCo、WCCoCr	耐用年数は 35 倍に延び、耐熱性は

宇宙	高温酸化および摩耗に対する耐性があります。		800°C、表面品質は Ra0.2μm です。
鋼鉄	ロール、ダイ、ノズルに高温、摩耗、腐食に耐えるコーティングを施します。	WCNi、WCCoCr	耐摩耗性が 510 倍向上し、ダウンタイムが 20 ～ 30% 削減されます。
車	エンジンピストン、クランクシャフト、ブレーキディスクのコーティングにより、耐摩耗性と耐腐食性が向上します。	WCCo、Cr3C2NiCr	耐用年数は 24 倍に延び、摩擦係数は 0.20.4 に減少します。
私の	衝撃や摩耗に耐えるドリルビット、ピック、トンネル掘削機ツールのコーティング。	WCCo、WCNi	耐用年数は 500～2000 時間で、効率は 15～25%向上します。
エネルギー	高温腐食および浸食に耐えるボイラーパイプ、ポンプバルブ、インペラコーティング。	WCCoCr、NiCrBSi	耐食性が 10 倍向上し、メンテナンスコストが 30%削減されます。

6. メリットとデメリットの比較

カテゴリ	アドバンテージ	欠点
超硬合金溶射	高硬度（HV 800～1400）で、耐摩耗性が 520 倍向上しています。 耐腐食性と耐高温性（400～800°C）に優れ、様々な基材（鋼、銅、アルミニウム）に適しています。厚いコーティング（50μm～12mm）で、補修や補強に最適です。	気孔率（0.515%）はシーリングに影響を与える可能性があります。 複雑な形状の部品ではコーティングの均一性を制御することが困難です。設備投資額は高額です（HVOF、プラズマ溶射など）。後処理（研磨など）にはコストがかかります。

7. 開発動向

傾向	技術指導	期待される結果
新素材	ナノ構造 WCCo コーティング（粒子 <100 nm）、硬度が HV 1500 まで増加、靱性が 20% 増加。	耐摩耗性が 30% 向上し、耐用年数が 2 倍に延長されます。
プロセス改善	高速空燃噴霧（HVAF）、温度 1900～2500°C、多孔度 <0.5%。	コーティング密度は 20% 増加し、コストは 15% 削減されました。
知的	ロボット噴霧+AI により噴霧パラメータ（噴霧距離、速度誤差<1%）を最適化し、均一性を向上させます。	コーティング品質の一貫性が 25% 向上し、生産効率が 20% 増加しました。
環境技術	低温プラズマ溶射（<500°C）によりエネルギー消費が削減され、無毒の粉末により環境汚染が軽減されます。	エネルギー消費量が 20% 削減され、グリーン製造基準を満たします。
複合コーティング	WCCo + セラミック（Al2O3、ZrO2 など）複合コーティング、耐熱温度 1000°C、耐摩耗性が 40% 向上。	より厳しい作業条件に適応し、適用範囲を 30% 拡大します。

超硬合金溶射技術は、火炎噴射、プラズマ噴射、HVOF などのプロセスを経て、WCCo や WCNi などの材料に高硬度（HV 800～1400）、耐摩耗性（寿命が 5～20 倍向上）、耐腐食性のコーティングを形成します。これらの材料は、航空宇宙、鉄鋼、自動車、鉱業、エネルギー産業で広く使用されています。このプロセスには、基板の前処理、材料の準備、噴射、後処理が含まれます。幾何学的パラメータ（表面粗さ Ra 0.1～0.4μm、コーティング厚さ 50μm～12mm など）を最適化すると、性能が向上します。将来的には、ナノ材料、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

HVAF、低温プロセス、インテリジェントテクノロジーが、高性能およびグリーン製造の分野で超合金溶射のブレークスルーを促進し、業界にさらに効率的で耐久性のある表面ソリューションを提供します。



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

付録：

超硬合金レーザークラッディング技術とその応用

超硬合金レーザークラッディング技術は、高エネルギーレーザービームを用いて超硬合金材料（炭化タングステン系合金など）を熔融し、基材の表面に堆積させることで、高硬度、耐摩耗性、耐腐食性を備えたコーティング層を形成する技術です。航空宇宙、自動車、エネルギー、鉱業、金型製造など、幅広い分野で利用されています。

クラッディング技術とその応用について、技術原理、プロセスフロー、コーティング性能、幾何学的パラメータの影響、適用シナリオ、長所と短所、開発動向などの面から解説し、産業選択の参考資料を提供します。

1. 技術原理とプロセス分類

レーザークラッディングは、レーザービームを用いて超硬合金の粉末またはワイヤーを熔融し、基材表面に微細熔融部を有する冶金的に結合したコーティングを形成する表面改質技術です。このコーティングは、希釈率が低く（<510%）、密度が高く（気孔率<1%）、優れた性能を備えています。超硬合金（WCCo、WCNi など）は、その高い硬度と耐摩耗性から、レーザークラッディングによく使用される材料です。プロセスの分類には以下が含まれます。

プロセスタイプ	原理	レーザータイプ	給餌方法	特徴
粉末同期供給	レーザービームは同期して供給された粉末を溶かし、基板表面に熔融プールを形成し、それが急速に冷却されてコーティングを形成します。	CO2、ファイバーレーザー、半導体レーザー	空気流または機械による粉末供給	高度な自動化、多孔性はなく、複雑な形状に適しています。
事前設定された粉体被覆	あらかじめ基材に粉末を塗布し、レーザービームで走査・熔融してコーティングを形成します。	Nd:YAG、ファイバーレーザー	あらかじめ設定された粉末層	工程はシンプルですが、コーティングの均一性が若干劣ります。
超高速レーザークラッディング（EHLA）	超高速スキャン速度（>20 m/分）、空気流による粉末の予熱、および薄いコーティングの高速堆積。	半導体レーザー	高速空気流粉末供給	コーティングは薄く（20～100μm）、高効率です。
ワイヤークラッディング	レーザービームは炭化物ワイヤーを溶かして基板表面に結合します。	ファイバーレーザー、ディスクレーザー	ワイヤー送給	材料利用率が高く、大面積コーティングに適しています。

2. 超硬合金レーザークラッディングプロセス

レーザークラッディングプロセスは、コーティングの品質と性能を確保するために複数のステップで構成されます。典型的なプロセスは以下のとおりです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

2.1 基板前処理

目的: 基材の表面を洗浄して粗面化し、コーティングの密着性を高めます。

ステップ:

洗浄: エタノールまたはアセトンで 5 ～ 15 分間超音波洗浄し、油分や酸化物を除去します。

サンドブラスト: 機械的なフィット感を向上させるために、酸化アルミニウム砂でサンドブラストし、表面粗さを $Ra\ 25\ \mu m$ にします。

レーザー洗浄 (オプション): パルスレーザーを使用して微細な不純物を除去し、多孔性を低減します。

2.2 噴霧材料の準備

材質: 超硬合金粉末 (WCCo、WCCoCr、WCNi など)、粒径 $1050\mu m$ 、WC 含有量 70～90 重量%。

対処する:

スクリーニング: 粉末の粒子サイズが均一であり、流動性が良好であることを確認します (流量 $2040\ g/s$)。

乾燥: 水分を除去し、スプレー不良を防ぐため、 $120\sim 150^{\circ}C$ で 2 時間乾燥させます。

2.3 レーザークラディングプロセス

デバイスのセットアップ

レーザー: CO₂ レーザー (110 kW)、ファイバー レーザー (120 kW)、または半導体レーザー (210 kW)。

パラメータ: レーザー出力 15 kW、スキャン速度 0.5～3.5 m/分、粉末供給速度 1050 g/分、スプレー距離 1020 mm。

雰囲気: 酸化を防ぐためアルゴンまたは窒素で保護します。

クラディング

レーザービームは熔融池 (温度 $10,000\sim 20,000^{\circ}C$) を形成し、同時に粉末またはワイヤがそこに供給されます。

熔融池は急速に冷却され ($10^5\sim 10^6\ K/s$)、厚さ $0.022\ mm$ の冶金結合コーティングが形成されます。

自動化システム (例: 6 軸ロボット) は、均一性偏差が 3% 未満になるようにレーザー軌道を制御します。

プロセスの最適化: レーザー出力、スキャン速度、粉末供給速度を調整して、希釈率 (<10%) と多孔度 (<1%) を制御します。

2.4 後処理

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

目的: コーティング表面の品質を最適化し、ストレスを排除します。

ステップ:

研磨/研削: ダイヤモンド砥石を使用して表面粗さを Ra 0.05~0.2μm に低減します。

熱処理 (オプション): 残留応力を軽減し、割れを防ぐための 400 ~ 600℃ のアニーリング。

品質検査: 多孔性の顕微鏡検査、接着性のスクラッチ テスト (>50 MPa)、硬度テスト (HV 8001400)。

3. コーティング性能特性

セメント炭化物レーザークラディングコーティングは主に WCCo と WCNi で、優れた特性を備えています。

パフォーマンス	標準値	説明する
硬度	HV 8001400 (WCCo は最大 HV 12001400)	ベース材質 (鋼 HRC2040 など) に比べ、耐摩耗性が 515 倍向上します。
気孔率	<1% (EHLA は 0.3~0.5%に達する可能性 がある)	低多孔性によりコーティング密度と耐腐食性が向上します。
接着	50100 MPa (冶金接合)	溶射 (機械的接合) に比べ、剥離に対する性能が優れています。
耐摩耗性	摩耗率 0.0010.005 mm^3/ N·m (ASTM G65)	耐用年数は基板の 515 倍で、摩耗の激しい条件に適しています。
耐食性	腐食速度 <0.01 mm/年 (中性塩水噴霧試験、pH 68)	WCCoCr コーティングは耐酸性、耐アルカリ性 (pH 410) があり、海洋環境に適しています。
耐熱性	500~900°C (WCCoCr は 900°Cに達する)	高温作業環境 (航空機エンジン、金型など) に適しています。

4. 幾何学的パラメータの影響

レーザークラディングコーティングは、ツールまたはコンポーネントの幾何学的パラメータ (表面粗さやコーティングの厚さなど) に大きな影響を与えるため、プロセスパラメータを最適化する必要があります。

幾何学的 パラメータ	レーザークラディングの影響	最適化戦略
表面粗さ	初期の Ra は 0.52μm ですが、後処理により Ra0.05~0.2μm まで低減できます。	スキャン速度 (> 1.5 m/分) を上げ、レーザー出力 (< 3 kW) を最適化してから研磨します。
コーティングの厚さ	0.022 mm、薄いコーティング (EHLA) は精密部品に適しており、厚いコーティングは耐摩耗部品に適しています。	粉末供給速度 (1030 g/分)、層数、厚さ偏差 <3% を制御します。
刃先半径	コーティングにより、刃先の半径が 0.005 ~ 0.03 mm 増加	EHLA または薄層クラディング (<50 μm) を

	し、切れ味に影響します。	使用してから、切れ刃を研磨します。
複雑な幾何学	複雑な曲面（タービンブレードなど）のコーティングの均一性を確保することは大きな課題です。	同軸粉末供給とロボット制御軌道を使用すると、角度偏差は 1° 未満になります。

5. 適用シナリオ

セメント炭化物レーザークラッディングコーティングは、その高い性能により、多くの業界で広く使用されています。

業界	アプリケーションシナリオ	典型的なコーティング	パフォーマンスの改善
航空宇宙	高温による摩耗や腐食に耐えるためのタービンブレード、燃焼室、着陸装置の修理。	WCCo、WCCoCr	耐用年数は 36 倍に延び、耐熱性は 900°C、表面品質は Ra0.1μm です。
車	ブレーキディスク、クランクシャフト、金型のコーティングにより、摩耗と微粒子の排出が削減されます。	WCCo、WCNi	耐摩耗性は 510 倍向上し、微粒子の排出は 30～50%削減されます。
エネルギー	ボイラーパイプ、ポンプ、バルブ、掘削ツールの侵食や腐食に耐えるコーティング。	WCCoCr、NiCrBSi	耐食性が 10 倍向上し、メンテナンスコストが 20～30%削減されます。
私の	衝撃や摩耗に耐えるドリルビット、ピック、トンネル掘削機ツールのコーティング。	WCCo、WCNi	耐用年数は 500～2000 時間、効率 は 20% 向上します。
金型製造	スタンピング金型や射出成形金型の表面を強化して、耐用年数を延ばします。	WCCo、ステライト 6	金型寿命は 25 倍延び、表面硬度は HV1000～1200。

例:

ブレーキディスクコーティング: WCCo コーティングは EHLA プロセスで厚さ 50～100μm で製造され、微細粉塵の排出を 40%削減し、耐摩耗性を 5 倍向上させ、従来のクロムメッキよりも優れています（Web ID 3）。

タービンブレードの修理: WCCoCr コーティング、硬度 HV1200、耐熱性 900°C、寿命が 3 倍に延長、修理コストが 50%削減（Web ID 4、5）。

6. メリットとデメリットの比較

カテゴリ	アドバンテージ	欠点
炭化物レーザークラッディング	高硬度（HV 800～1400）、耐摩耗性は 515 倍向上。冶金結合により、強力な接着力（50～100 MPa）。低希釈率（<10%）のため、マトリックス特性は変化しません。複雑な形状や補修に適しており、高度な自動化にも対応します。	設備コストが高い（レーザー投資額は 1 億 50 万元）。高い操作精度が求められ、専門家の技術が必要となる。コーティングの厚さには制限があり（2mm 未満）、超厚膜コーティングには適していない。微小なクラックが発生する可能性があり、パラメータの最適化が必要となる。

7. 開発動向

傾向	技術指導	期待される結果
----	------	---------

新素材	ナノ WCCo コーティング (粒子 <50 nm)、硬度 HV 1500、靱性が 30% 増加。	耐摩耗性が 40% 向上し、耐用年数が 2 倍に延長されます。
プロセス改善	EHLA プロセス、スキャン速度 50100 m/分、コーティング厚さ 20100 μm。	効率は 50% 向上し、コストは 20% 削減されました。
知的	AI はクラッディングパラメータを最適化し (電力と速度の誤差 <1%)、溶融プールの動態をリアルタイムで監視します。	コーティング品質の一貫性が 30% 向上し、欠陥率が 50% 減少します。
環境技術	グリーンレーザー (エネルギー消費量が 20% 削減)、無毒の粉末、排気ガス排出量の削減。	グリーン製造基準に準拠し、環境汚染を 30% 削減します。
複合コーティング	WCCo+ 高エントロピー合金 (CoCrFeMnNi)、耐熱温度 1000°C、耐腐食性が 50% 向上。	過酷な作業条件に適応し、適用範囲を 40% 拡大します。

8. 結論

超硬合金レーザークラッディング技術は、粉末同期供給、粉末プリセット、EHLA などのプロセスを使用して、WCCo、WCNi などの材料に高硬度 (HV 800~1400)、耐摩耗性 (寿命が 5~15 倍増加)、耐腐食性のコーティングを形成します。航空宇宙、自動車、エネルギー、鉱業、金型製造で広く使用されています。プロセスには、基板前処理、材料準備、クラッディング、後処理が含まれます。幾何学的パラメータ (表面粗さ Ra 0.05~0.2μm、厚さ 0.022mm など) を最適化すると、パフォーマンスが向上します。熱噴霧と比較して、レーザークラッディングは冶金結合、低希釈率、正確な制御などの利点がありますが、設備コストが高くなります。将来的には、ナノ材料、EHLA、インテリジェンス、グリーンテクノロジーが、高性能で環境に優しい製造分野における超硬合金レーザークラッディングのブレークスルーを促進し、業界に効率的で信頼性の高い表面ソリューションを提供します。

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

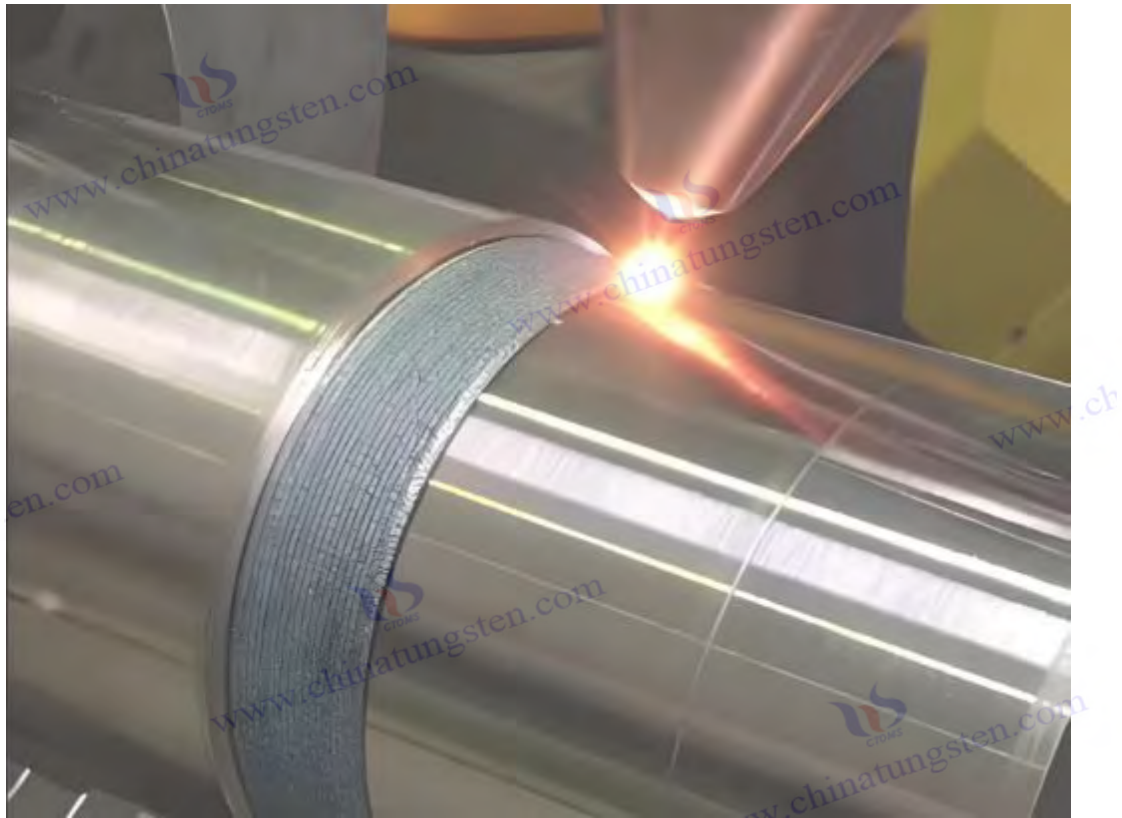
Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

付録:



超硬ボール歯とは何ですか？

超硬合金製ボール歯は、炭化タングステン（WC）をコア材料とする高性能耐摩耗部品です。高度な粉末冶金プロセスで製造され、摩耗、衝撃、腐食が激しい産業環境向けに設計されています。優れた硬度、耐摩耗性、耐高温性、耐腐食性を備えた超硬合金製ボール歯は、鉱業、トンネル掘削、建設工学、エネルギー探査、道路建設などの分野で広く使用されています。過酷な作業条件下でも、摩耗や衝撃荷重に効果的に耐えることができ、設備部品の耐用年数を大幅に延ばし、メンテナンス頻度を削減します。この記事では、材料特性、種類と技術指標、製造プロセス、用途と適用シナリオ、製品のメリット、技術課題、改善方向などの観点から、超硬合金製ボール歯の性能と価値を総合的に紹介します。

超硬合金ボール歯の材料構成と特性

1.1 超硬ボールギアの材料組成

超硬ボタン歯の配合は、硬度、靱性、耐腐食性の最適なバランスを実現するように精密に設計されています。

ハードフェーズ

炭化タングステン（WC、80～95%）は、超高硬度と耐摩耗性を提供します。一部の配合では、炭化チタン（TiC、15%）または炭化タンタル（TaC、0.5～2%）が添加され、高温安定性と耐酸化性が向上します。

接着相

コバルト（Co、5-15%）は靱性と耐衝撃性を高めます。ニッケル（Ni、5-10%）は酸性または湿気の多い環境に適した耐腐食性配合に使用されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

添加剂

微量のクロム（Cr、0.1～1%）、バナジウム（V、0.05～0.5%）、モリブデン（Mo、0.1～0.8%）は、結晶粒を微細化し、結晶粒の成長を抑制し、耐食性および耐高温酸化性を向上させるために使用されます。

超硬合金ボールギアの主な特性

超硬ボタン歯の性能は、最適化された微細構造と材料配合から生まれます。

硬度

HRA 86 - 92 (HV 1200 - 1700) は、高マンガン鋼 (HRC 20 - 50) や高クロム鋳鉄 (HRC 50 - 60) をはるかに上回り、高摩耗に耐えるのに適しています。

破壊靱性

6.5～10MPa·m^{1/2} で、通常の超硬合金 (57MPa·m^{1/2}) より優れており、衝撃破壊耐性が30%向上します。

耐摩耗性

摩耗率は 0.01～0.02mm³/N·m (ASTM G65) で、高クロム鋳鉄に比べ 1.52 倍低く、耐用年数は 310 倍延長されます。

圧縮強度

4000～6000 MPa、高衝撃荷重（最大 5000 N）に耐えます。

密度

13.8 - 15.2 g/cm³、中程度の重さ、インレイやろう付けに適しています。

耐食性

中性または弱酸性環境 (pH 49) では、腐食速度は 0.07 mm/年未満です。ニッケルベースの配合物またはコーティングは、pH 210 でも腐食速度 0.05 mm/年未満に耐えることができます。

耐熱性

動作温度範囲は 20°C ～ 800°C で、コーティング配合により瞬間的に 1000°C の温度に耐えることができるため、高温摩耗のシナリオに適しています。

1.3 超硬合金ボール歯の微細構造上の利点

超硬ボール歯は微粒子（0.52 ミクロン）または超微粒子（0.20.5 ミクロン）構造を採用しており、次のような利点があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高い硬度と強度：粒子が小さいため、粒界密度が増加し、ホールペッチ効果に従い、耐摩耗性が向上します。

優れた靱性：結晶粒の微細化により応力が分散され、亀裂伝播のリスクが低減し、耐衝撃性が 20 ～ 30 % 向上します。

耐摩耗性と安定性：摩耗を減らし、表面の完全性を維持し、耐用年数を延ばします。

超硬合金ボール歯の種類と技術指標

超硬合金製ボタン歯には多くの種類があり、様々な形状と用途に対応しています。以下は、包括的な分類、技術指標、および適用範囲表です（ISO 規格、ASTM 規格、メーカーデータを参照）。

超硬合金ボール歯の種類と用途

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
球状の歯	接触面積が大きく、摩耗の激しい条件に適した標準的な球面設計です。	岩石、炭層、砂利を掘削するために、ロードヘッダー（シールドカッターヘッド）、ロータリー掘削リグ（杭基礎）、石炭採掘機械（カッター）が使用されます。	直径 830mm、高さ 1040mm、HRA8689、寿命 2000～6000 時間。
円錐歯	先端が円錐形で、貫通力が強く、硬い岩石の破砕に適しています。	岩盤ドリル（硬岩掘削）、トンネル掘削機（硬質地層）、回転式掘削リグ（岩層杭基礎）、花崗岩や玄武岩の掘削に使用されます。	直径 625 mm、高さ 1550 mm、HRA 8992、寿命 1000 ～ 4000 時間。
くさび形の歯	衝撃やせん断の大きい条件に適したくさび形の切断刃。	石炭採掘機械（炭層切削）、トンネル掘削機（軟岩）、道路切削機（アスファルト層）、炭層、軟岩、アスファルトの切削に使用されます。	直径 1030mm、高さ 1540mm、HRA8689、寿命 1500～5000 時間。
平らな歯	フラットトップ設計、耐摩耗性が強く、連続摩耗環境に適しています。	ロードヘッダー（粘土層、砂層）、回転式掘削リグ（軟質土の杭基礎）、石炭採掘機械（薄い石炭層）、粘土、砂利、軟質土の掘削に使用されます。	直径 1035 mm、高さ 1035 mm、HRA 8689、寿命 2000～6000 時間。
円筒形の歯	円筒構造により耐摩耗性と靱性のバランスがとれ、中硬質地層に適しています。	砂岩や頁岩の掘削には、ロードヘッダー（中硬岩）、回転式掘削リグ（混合地層）、石炭採掘機械（中炭層）が使用されます。	直径 825mm、高さ 1540mm、HRA8790、寿命 2000～5000 時間。
キノコの歯	半球形のトップ、耐衝撃性が強く、高周波衝撃に適しています。	岩石ドリル（硬岩衝撃）、トンネル掘削機（断層帯）、石炭採掘機（硬岩脈石）、硬岩および脈石炭層の掘削に使用されます。	直径 620 mm、高さ 1535 mm、HRA 8992、寿命 1000 ～ 4000 時間。
ピック用ボール歯	ピック歯用に特別に設計されており、切削効率と耐摩耗性を最適化するように設計されています。	炭層や炭岩混合層の掘削には、採炭機械（総合採炭）ロードヘッダー（炭岩混合層）、アンカーディガー（トンネル掘削）が使用されます。	直径 1030 mm、高さ 1540 mm、HRA 8689、寿命 2000～6000 時間。
回転式掘削歯	回転式掘削リグ用に特別に設計されており、さまざまな地層に適しています。	ロータリー掘削リグ（杭基礎工事）、基礎工学（橋梁、地下鉄）、粘土、砂利、軟岩、硬岩の杭基礎工事に使用されます。	直径 1035 mm、高さ 2050 mm、HRA 8790、寿命 1500～5000 時間。

ミリング 歯	切削効率を最適化し、道路補修に適しています。	道路切削機（アスファルト、コンクリート舗装）、 コールドリサイクラー（舗装改修）、アスファルト およびコンクリートの切削に使用されます。	直径 825 mm、高さ 1535 mm、HRA 8689、寿命 1000 ～ 4000 時間。
ダウンザ ホールド リルの歯	高強度設計で深穴インパクト ドリル加工に最適です。	ダウンザホールドリル（鉱山発破）、地質調査（コ アサンプリング）、トンネル建設（硬岩）、花崗岩 や玄武岩の掘削に使用されます。	直径 620 mm、高さ 1540 mm、HRA 8992、寿命 1000 ～ 3000 時間。
コーンド リルの歯	極度の衝撃と摩耗に耐えられ るよう、回転ドリルビット専用 に設計されています。	石油掘削（深井戸掘削）、天然ガス探査（硬層）、 鉱業（硬岩）、硬岩およびシェール掘削に使用され ます。	直径 825mm、高さ 1035mm、 HRA8992、寿命 10004000 時 間。
シールド カッター の歯	複雑な地層に適したシールド マシン用に特別に設計されて います。	シールドマシン（地下鉄、トンネル）とロードヘッ ダー（都市地下プロジェクト）は、粘土、砂利、軟 岩、硬岩のトンネル掘削に使用されます。	直径 1030 mm、高さ 1540 mm、HRA 8790、寿命 2000～ 6000 時間。

超硬合金ボールギアの技術指標

サイズ

直径: 6 - 35 mm (8 - 30 mm が一般的)。

高さ: 10 - 50 mm (15 - 40 mm が一般的)。

許容差: $\pm 0.05\text{mm}$ （高精度加工）。

重さ

1 個あたり 0.05～0.5kg、インレイやろう付けに適しています。

表面粗さ:

Ra 0.4 - 1.2 μm 、材料の付着と摩擦を低減します。

硬度等級:

規格: HRA 86 - 89 (一般トンネル工事、石炭採掘)。

高硬度: HRA 89 - 92 (ハードロック、石油掘削)。

材料配合:

WCCo (汎用): コバルト含有量 6 - 12%、HRA 87 - 91、高靱性。

WCNi(耐腐食タイプ): ニッケル含有量 5～10%、酸・アルカリ環境への耐性あり。

WCTiCTaC(高温タイプ): 耐熱温度 800～1000°C。

衝突頻度:

50～150 Hz (岩石掘削、ダウンザホール掘削)。

10～50 Hz (トンネル掘削、石炭採掘)。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

インストール方法:

ろう付け: 高温ろう付け (900~1100°C)、接合強度 > 200MPa。

機械的な取り付け: 冷間または熱間プレス、取り付け時間 < 10 分。

ボルト固定: 取り外し可能な部品用。

表面処理:

研磨: Ra 0.2~0.8μm、耐疲労性向上。

コーティング:

TiN: 硬度 HV2000~2500、耐摩耗性が 2 倍に向上。

TiAlN: 耐熱温度 900°C、高温掘削に適しています。

AlCrSi / TiN: 耐熱温度 1000°C、寿命が 3 倍に延長。

DLC: 摩擦係数 0.10.2、砂利地に適しています。

動作パラメータ:

使用圧力: 10~100MPa (掘削、掘削)。

回転速度: 50 - 300 rpm (ロードヘッダー、回転式掘削リグ)。

衝撃エネルギー: 100 - 500 J (岩盤掘削、ダウンザホール掘削)。

標準準拠:

ISO 9001 品質管理システム。

ASTM B771 (摩耗試験)、ISO 3878 (硬度試験)。

3. 製造工程

超硬ボールギアは、高度な粉末冶金技術を使用して製造されており、材料特性、形状精度、表面品質が最高基準を満たすことを保証します。

3.1 原材料の準備

高純度タングステンカーバイド (WC、純度 > 99.95%)、コバルト (Co、純度 > 99.9%)、および添加剤 (TiC、TaC、Cr など) を選定し、湿式粉碎 (媒体: アルコールまたは脱イオン水、ボールミル粉碎時間 24~72 時間) により混合し、平均粒子径を 0.21 ミクロンに制御します。高温焼結中の粒成長を抑制するため、VC または Cr₃C₂ (0.1~0.5%) を粒成長抑制剤として添加します。

3.2 形成

スプレー乾燥: 流動性のある粒子を調製し、成形体の均一性と強度を向上させます。

冷間等方圧成形 (CIP): 粉末を 200~400MPa で圧縮し、理論値の 50~60% の密度のグリーン体にします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

精密成形：高精度金型（許容差 $\pm 0.1\text{ mm}$ ）を使用して、球形、円錐形、その他の幾何学的形状を成形します。

3.3 焼結

予備焼結

900～1100°C、有機添加物の除去。

熱間等方圧加圧（HIP）

1350 - 1500°C、100 - 200 MPa、アルゴン雰囲気、24 時間焼結、密度 99.8 - 100%。

冷却制御

熱応力による微小亀裂を回避するために、徐々に冷却します（1020°C/分）。

3.4 後処理

精密研削

ダイヤモンド砥石または CBN 工具を使用し、公差 $\pm 0.05\text{ mm}$ 、表面粗さ $Ra 0.4 \sim 1.2\mu\text{m}$ に加工します。

表面強化

サンドブラスト、研磨、またはコーティング（TiN、TiAlN、AlCrSi/TiN、DLC）により、耐摩耗性と耐熱性が向上します。

品質検査

硬度テスト：HRA/HV、誤差 ± 0.5 。

微細構造分析：走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して粒径（ $0.22\mu\text{m}$ ）を調べました。

寸法測定：三次元測定器、精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

非破壊検査：内部の欠陥をチェックするための超音波検査。

4. 目的と適用シナリオ

超硬ボール歯は、優れた耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を備えているため、次の分野やシナリオで広く使用されています。

4.1 鉱業と採石業

超硬トンネル掘削機ピック

トンネル掘削機のカッターヘッドに使用され、砂岩、頁岩、花崗岩の掘削に使用され、耐用年数は 2000～6000 時間、メンテナンス期間は 12～24 か月で、露天掘りや地下鉱山で使用されます。

炭化石炭採掘機械ピック

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

総合的な石炭採掘、炭層および脈石の切断に使用され、耐用年数は 2000～6000 時間で、長壁採掘および薄炭層採掘に適しています。

超硬質岩石掘削およびダウンザホール掘削

硬岩や玄武岩の掘削に使用する削岩機やダウンザホールドリルに使用され、耐用年数は 1000～4000 時間で、鉱山の発破や地質探査に使用されます。

超硬ローラードリルビット

石油・ガス掘削、硬岩・頁岩の掘削に使用され、耐用年数は 1000～4000 時間で、深井戸掘削に適しています。

4.2 トンネルと基礎工学

超硬シールドマシンカッター

地下鉄やトンネルの掘削、粘土、砂利、軟岩、硬岩の切削に使用され、耐用年数は 2000～6000 時間で、都市の地下プロジェクトに使用されます。

超硬ロータリー掘削リグ杭基礎ボール歯

橋梁や地下鉄の杭基礎工事、粘土、砂利、岩盤の掘削に使用され、耐用年数は 1500 ～ 5000 時間で、複雑な地層に適しています。

超硬ボルタートンネル掘削ボール歯

炭鉱の通路、トンネル掘削、石炭岩石混合層の切削に使用され、耐用年数は 2000～5000 時間です。

4.3 建物と道路建設

道路切削機

アスファルトやコンクリート舗装の切削に使用され、耐用年数は 1000～4000 時間で、高速道路や空港の滑走路の補修に使用されます。

コールドリサイクルマシン

道路の改修や古い道路材料の切断に使用され、耐用年数は 1500 ～ 4000 時間で、道路のメンテナンスに適しています。

コンクリート破碎

鉄筋コンクリート構造物の解体に使用され、耐用年数は 1000～3000 時間で、建物の解体に適用されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.4 エネルギーと地質探査

石油・ガス掘削

ローラードリルビットに使用され、硬岩および頁岩の掘削に使用され、耐用年数は 1000 ～ 4000 時間で、深井戸および水平井戸で使用されます。

地質探査

コアサンプル採取、花崗岩および玄武岩の掘削に使用され、耐用年数は 1000 ～ 3000 時間で、鉱物探査に適しています。

地熱掘削

地熱井の掘削や高温層の切断に使用され、耐用年数は 1000 ～ 4000 時間、耐熱性は 800°C です。

4.5 その他の特別な目的

港湾・海洋工学

浚渫設備で海底の砂利や粘土を切削するのに使用され、耐用年数は 2000～5000 時間、海水腐食（pH68）に耐性があり、水路浚渫に適用されます。

林業と農業

木材破砕機、土壌耕作機器、広葉樹、砂利の切断に使用され、寿命は 1500 ～ 4000 時間、森林伐採、土地開拓に適しています。

鉄道建設

バラスト破砕機でバラストや岩石を切断するのに使用され、耐用年数は 2000～5000 時間で、高速鉄道建設に使用されます。

5. 製品の利点

超硬ボタン歯は、その優れた性能により耐摩耗部品市場をリードしています。

超長寿命

耐摩耗性と硬度により寿命が 310 倍延び、使用コストが 30 ～ 60% 削減されます。

効率的な切断

高衝撃（100～500J）と回転速度（50～300rpm）をサポートし、掘削効率を 20～50% 向上します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高い信頼性

圧縮強度は 4000 ～ 6000 MPa で、極度の衝撃や摩耗に耐え、機器のダウンタイムを削減します。

柔軟なカスタマイズ

さまざまな作業条件に合わせて、さまざまなタイプ（球形、円錐形、くさび形など）、サイズ（直径 6～35mm）、コーティング（TiN、TiAlN）を取り揃えています。

環境適応性

耐高温性（800～1000℃）、耐腐食性（pH 210）、硬岩、粘土、湿気の多い環境に適応します。

グリーン製造

高い耐久性により部品の交換と廃棄が削減され、持続可能な開発目標が達成されます。

6. 技術的な課題と改善の方向性

6.1 技術的な課題

処理の難しさ

超硬合金は硬度（HRA 8692）が高いため、加工設備や工具への要求は非常に高くなります。ダイヤモンド砥石や CBN 工具は摩耗が早く、加工精度を安定させることが困難です（許容差は±0.05mm 未満）。

脆弱性リスク

高硬度材料は、高衝撃（>500 J）または不適切な取り付けにより微小亀裂や破損が生じる可能性があり、耐用年数に影響を及ぼします。

熱管理の問題

高温でのトンネル掘削（>800℃）は、特に硬岩層において、バインダー相の軟化やコーティングの剥離を引き起こす可能性があります。

複雑なフォーメーションへの適応性

混合地層（粘土、硬岩、砂利）では、ボール歯の形状と材質に厳しい要件が課せられ、急速に摩耗したり破損したりする傾向があります。

過酷な労働条件の制限

超高温（>1000℃）または強酸性環境（pH < 2）では、従来のコーティングと結合相の性能が低下し、耐用年数が 50～70%短くなります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 技術改善の方向性

高度な処理技術

レーザー微細加工と放電加工を開発しました。精度は $\pm 0.03\text{ mm}$ 、工具摩耗は 30% 削減され、複雑な形状（円錐形やくさび形の歯など）に適しています。

耐久性強化設計

傾斜構造（高表面硬度 HRA90~92、高内部靱性破壊靱性 $> 10\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）または CoNi 複合結合相を採用することで、耐衝撃性が 20~30% 向上し、割れのリスクが低減します。

効率的な熱管理

熱軟化を低減するための適応コーティング（TiAlN/AlCrSi、耐熱温度 1100°C、厚さ 25 μm など）を開発し、ギア本体の放熱設計を最適化して動作温度を 100~150°C 低減します。

複合体形成の最適化

多機能ジオメトリ（ボールコーン複合歯、切削角度を 15°30°に最適化）を設計し、砂利と硬岩の切り替え適応性を向上させます。PCD（多結晶ダイヤモンド）インレイ歯を開発し、硬度を HV 8000 に高め、寿命を 20 倍に延ばします。

過酷な労働条件への適応

耐熱性が 1200°C まで向上し、強酸（pH 12）腐食速度が 0.03mm/年未満であるナノ多層コーティング（AlCrSi/TiN、硬度 HV 3500 など）またはセラミックベースの複合材料（WCSiC）を研究開発します。

インテリジェントデザイン

AI を活用して衝撃力（誤差 $< 5\%$ ）と摩耗挙動をシミュレートし、歯の形状（球面半径誤差 $< 0.05\text{mm}$ ）と取り付け角度（偏差 $< 1^\circ$ ）を最適化し、切削安定性を向上させます。また、摩耗と温度をリアルタイムで監視する自己診断ボール歯が開発され、寿命が 10~20% 延長されます。

7. 結論

超硬ボール歯は、高硬度（HRA 8692）、優れた靱性（ $6.510\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）、超長寿命（1000~6000 時間）を備え、鉱業、トンネル工事、建築工学、エネルギー探査、道路建設などの分野で重要な耐摩耗部品となっています。豊富な種類（球面歯、円錐歯、くさび歯、回転歯など）と精密な仕様（直径 635 mm、許容差 $\pm 0.05\text{ mm}$ ）により、軟質土の掘削から硬岩の掘削まで、多様なニーズを満たしています。技術指標によると、その寿命は従来の材料の 310 倍、切削効率は 20~50% 向上し、極端な衝撃と摩耗に耐えることができます。高度な粉末冶金プロセスとコーティング技術（TiAlN、DLC など）により、ボール歯は高

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

温（800~1000℃）や腐食（pH 210）などの過酷な環境でも優れた性能を発揮します。今後、レーザー加工、PCD インレイ、ナノコーティング、AI 最適化、インテリジェント設計などにより、超硬ボールギアの性能がさらに向上し、応用シナリオが拡大し、世界の産業の効率的で信頼性が高く持続可能な発展をしっかりとサポートします。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

付録:



超硬ピックカッターの詳細

超硬ピックは、鉱業、トンネル工事、道路建設、石炭採掘、地質探査などで広く使用されている高性能切削工具です。炭化タングステン（WC）などの超硬合金材料をコアとし、精密製造技術によって製造されています。超高硬度、優れた耐摩耗性、耐衝撃性を備え、岩石、炭層、コンクリートなどの硬質材料を効率的に切削できます。長寿命と高効率を備えた超硬ピックは、トンネル掘削設備や鉱山機械の稼働率を大幅に向上させ、メンテナンスコストを削減します。以下では、超硬ピックの材料特性、基本仕様、製造プロセス、用途と適用シナリオ、利点、課題と解決策、将来の発展など、さまざまな側面から包括的にご紹介します。

1. 材料の構成と特性

1.1 構成

超硬ピックの材料配合は、硬度、靱性、耐腐食性のバランスをとるように最適化されています。

ハードフェーズ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

炭化タングステン（WC、80～95%）は優れた硬度と耐摩耗性を提供します。一部の配合では、炭化チタン（TiC、15%）または炭化タンタル（TaC、0.5～2%）が添加され、高温安定性と耐酸化性が向上します。

接着相

コバルト（Co、5～15%）は主なバインダーであり、靱性と耐衝撃性を向上させます。ニッケル（Ni、5～10%）は、耐食性を向上させるために特定の配合で使用され、湿潤環境や酸性環境に適しています。

添加剤

微量のクロム（Cr、0.1 - 1%）、バナジウム（V、0.05 - 0.5%）、またはモリブデン（Mo、0.1 - 0.8%）は、粒子を微細化し、粒子の成長を抑制し、耐腐食性と高温酸化性を高めるために使用されます。

1.2 主な特徴

超硬合金ピックの性能は、最適化された微細構造によるものです。

硬度

HRA 8591（HV 1100 - 1600）は、高マンガン鋼（HRC 20 - 50）や高クロム鋳鉄（HRC 50 - 60）をはるかに上回り、高硬度の岩石や炭層の切断に適しています。

破壊靱性

610 MPa·m^{1/2} であり、これは通常の超硬合金（57 MPa·m^{1/2}）よりも優れており、高衝撃を受けても壊れにくいです。

耐摩耗性

摩耗率は 0.015 - 0.025 mm³/N·m（ASTM G65）、高クロム鋳鉄の 1.52 倍低くなります。

圧縮強度

3500～5500MPa の高い切削力に耐えることができます。

密度

13.5 - 15.0 g/cm³、強度と重量のバランス。

耐食性

中性または弱酸性環境（pH 49）では、腐食速度は 0.08 mm/年未満です。ニッケルベースの配合では pH 210 に耐えることができます。

耐熱性

使用温度は 20℃～700℃で、一部の配合では短時間で 900℃に耐えることができ、高温の掘削環境に適しています。

1.3 微細構造の利点

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬ピックは通常、微粒子（0.52 ミクロン）または超微粒子（0.2～0.5 ミクロン）構造です。従来の超硬（25 ミクロン）と比較して、以下の利点があります。

硬度の向上: 粒子が小さいため粒界面積が大きくなり、変形抵抗と耐摩耗性が向上します。
靱性の向上: 結晶粒の微細化により応力が分散され、亀裂成長のリスクが軽減されます。
切断安定性: 微細粒子構造により摩耗と剥離が軽減され、刃先の鋭さが維持され、切断寿命が延長されます。

2. 基本仕様

超硬合金ピックには様々な仕様があります。以下は一般的な仕様とパラメータです（業界標準およびメーカーデータを参照）。

ジオメトリ:

円錐形: 最も一般的で、トンネル掘削機や石炭採掘機械に適しており、切削効率が高いです。

弾丸形状: 硬度の高い岩石層に使用して貫通力を高めます。

フラットトップ形状: 炭層や軟岩での切削抵抗を低減するために使用されます。

ナイフまたはノミの形状: 特殊な掘削や破碎のニーズに使用されます。

サイズ:

直径（歯先）: 8～50mm（20～35mm が一般的）。

長さ（全体）: 50～150 mm（通常 80～120 mm）。

許容差: $\pm 0.05\text{mm}$ （高精度加工）。

重さ:

個々の部品の重量は 0.1 ～ 1.5 kg で、取り付けや機械的な固定に適しています。

表面粗さ:

Ra 0.4 - 1.0 μm 、摩擦と材料の付着を低減します。

硬度等級:

規格: HRA 85 - 88 (炭層、軟岩)。

高硬度: HRA 88 - 91（ハードロック、花崗岩）。

材料配合:

WCCo (汎用): コバルト含有量 6 - 12%、HRA 86 - 90、高靱性。

WCNi (耐腐食性): ニッケル含有量 5～10%、湿気の多い環境に適しています。

WCTiCTaC(高温タイプ):耐熱温度 700～900℃。

インストール方法:

インレイ固定: 歯座に埋め込まれ、接着強度は 150MPa 以上。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ろう付け：高温ろう付け（900～1100℃）、接合強度＞200MPa。

機械式クランプ：迅速な交換が可能で、高頻度のメンテナンスシナリオに適しています。

表面処理：

研磨：Ra 0.2 - 0.4 μm、耐疲労性向上。

コーティング：TiN（硬度 HV 2000 - 2500）、TiAlN（耐熱性 900℃）、DLC（摩擦係数 0.1 - 0.2）。

標準準拠：

ISO 9001 品質管理システム。

ASTM B771（摩耗試験）、ISO 3878（硬度試験）。

代表的な製品例：

石炭採掘機械のピック：直径 25 - 35 mm、長さ 90 - 120 mm、HRA 86 - 89、寿命 3000 - 6000 時間。

TBM ピック：直径 20 - 40 mm、長さ 80 - 100 mm、HRA 88 - 91、硬岩に適しています。

ボール盤ピック：直径 15 - 30 mm、長さ 70 - 100 mm、HRA 85 - 88、耐衝撃性。

3. 製造工程

セメントカーバイドピックの製造では、性能、精度、表面品質を確保するために粉末冶金技術が活用されています。

3.1 原材料の準備

高純度タングステンカーバイド（WC、純度＞99.95%）、コバルト（Co、純度＞99.9%）、およびその他の添加剤（TiC、TaC など）を配合。粉末は湿式粉碎（アルコールまたは脱イオン水、ボールミル粉碎 24～72 時間）により混合され、平均粒子径は 0.21 ミクロンに制御されます。粒度抑制剤として、VC または Cr3C2（0.1～0.5%）が添加されています。

3.2 形成

冷間等方圧加圧（CIP）

200～400MPa で圧縮され、理論密度の 50～60%のグリーン成形体になります。

精密成形

円錐や弾頭などの複雑な形状には高精度金型（公差±0.1mm）を使用します。

スプレー乾燥

流動性のある粒子を調製し、成形体の均一性を向上させます。

3.3 焼結

予備焼結

900～1100℃、有機添加物の除去。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

熱間等方圧加圧（HIP）

1350 - 1500°C、100 - 200 MPa、アルゴン雰囲気、24 時間焼結、密度 99.8 - 100%。

冷却制御

熱応力亀裂を避けるために徐々に冷却します（10〜20°C/分）。

3.4 後処理

精密研削

ダイヤモンド砥石加工、公差 $\pm 0.05\text{mm}$ 、粗さ $\text{Ra}0.4\sim 1.0\mu\text{m}$ 。

表面強化

サンドブラスト、研磨、コーティング（TiN、TiAlN、DLC）により、耐摩耗性と耐熱性が向上します。

品質検査

硬度試験（HRA/HV）、微細構造分析（SEM）、寸法測定（3D 測定器）、非破壊検査（超音波）。

4. 目的と適用シナリオ

超硬ピックは、優れた耐摩耗性、耐衝撃性、切断効率を備えているため、次の分野やシナリオで広く使用されています。

4.1 鉱山と石炭採掘

総合的な石炭採掘

ドラムピックは石炭採掘機械に使用され、石炭層と脈石（硬度 $< 100\text{MPa}$ ）を切断します。耐用年数は 3000 ～ 6000 時間で、長壁採掘や完全に機械化された採掘作業面に適しています。

トンネル掘削機カッター

トンネル掘削機（TBM）やロードヘッダーでは砂岩や花崗岩（硬度 $100\sim 200\text{MPa}$ ）を切削し、耐用年数は 2000～4000 時間で、鉱山の道路やトンネル建設に使用されます。

露天掘り

回転式掘削装置や連続採掘機で鉄鉱石や銅鉱石などの硬い鉱石を切削するのに使用され、高い衝撃と摩耗に耐えることができます。

4.2 トンネルと地下工学

シールドマシンピック

シールドマシンのカッターヘッドでは、土、岩、混合地層を切削し、高いトルクと摩耗に耐え、地下鉄、鉄道トンネル、海底トンネルなどで使用されます。

硬岩トンネル掘削

硬岩トンネル掘削機（HRM）で花崗岩や玄武岩を切削するのに使用され、寿命はスチール

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

製のピックの 46 倍です。

アンカー掘削リグ

岩石の摩耗に耐性があり、地下工学の安定性に適した補助掘削およびサポート。

4.3 道路建設とインフラ工学

回転式掘削リグ

杭基礎工事、コンクリート、砂利、軟岩の切断に使用され、耐用年数は 4000～7000 時間で、橋梁や高層ビルの基礎に使用されます。

道路切削

ミリングマシンでは、アスファルトまたはコンクリート舗装を切断し、高温と摩耗に耐え、道路の補修に適しています。

連続壁工事

グラブバケットまたは油圧スロットミリングマシンで土壌および岩石層を切削するために使用され、深い基礎ピットおよび浸透防止壁に適用されます。

4.4 地質探査とエネルギー開発

地質掘削

地質サンプルを採取するために硬い岩石層を切削するコア掘削リグで使用され、高いトルクと摩耗に耐えることができます。

石油とガス

掘削装置や回転ドリルビットに装着すると、深い岩を切削し、高温、高圧、腐食環境に耐えます。

地熱開発

地熱井掘削、高温岩石層の切断に使用され、耐熱温度は 700°C です。

4.5 その他の特別な目的

港湾・海洋工学

浚渫機械では海底の砂やサンゴ礁を削り、海水による腐食や摩耗に耐えます。

林業と農業

林業の開墾機械や整地機械で硬い土や木の根を切るのに使用されます。

軍事および特殊工学

軍事工学機械や特殊なトンネル掘削装置では、高い信頼性の要件を満たすために高強度材料が切断されます。

5. 利点

超硬ピックは、そのユニークな特性により、産業用途で重要な役割を果たします。

超長寿命

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

耐摩耗性と硬度により寿命が 36 倍延び、交換頻度が減ります。

効率的な切断

高い硬度と靱性により高速切削が可能となり、掘削効率が 20～40% 向上します。

高いコストパフォーマンス

初期コストは高額ですが、投資回収期間は 6～18 か月で、全体のコストは 30～50% 削減されます。

柔軟なカスタマイズ

さまざまな地質条件や作業条件のニーズを満たす、さまざまな形状、サイズ、配合。

環境適応性

耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性に優れており、湿った炭層から高温の岩層までの複雑な環境に適応できます。

グリーン製造

高い耐久性により材料の消費量が削減され、持続可能な開発のトレンドに準拠します。

6. 課題と解決策

6.1 課題

高い製造コスト: 純度の高い原材料と高度なプロセスにより、コストが高くなります。

加工の難しさ: 超高硬度により加工の複雑さが増し、ダイヤモンド工具が急速に摩耗します。

衝撃による破損の危険性: 硬度の高い材料は、強い衝撃を受けると破損する可能性があります。

極端な動作条件の制限: 非常に高い温度 (>900°C) または強酸 (pH <2) の下ではパフォーマンスが低下します。

6.2 解決策

コストの最適化: 比率と焼結パラメータを最適化して消費量を 10 ～ 20% 削減し、自動化生産を使用して人件費を削減します。

処理の改善: レーザー処理や放電処理を導入すると、効率が 30% 向上し、ツール寿命が 2 倍に延長されます。

靱性の向上: 傾斜構造または新しいバインダー相 (CoNi 合金など) により、耐衝撃性が 20 - 30% 向上します。

性能向上: 過酷な作業条件に適応するために、新しいコーティング (AlCrSi/TiN、耐熱温度 1000°C など) または複合材料を開発します。

7. 今後の展開

高硬度 (HRA 85～91)、優れた靱性 (610 MPa·m^{1/2})、そして超長寿命 (2000～7000 時間) を誇る超硬合金ピックは、鉱業、トンネル掘削、道路建設、地質探査、エネルギー開発などに最適な切削工具です。多様な仕様 (直径 8～50mm、長さ 50～150mm) と精密な製造プロセスにより、軟質炭層から硬質岩盤まで、幅広い分野のニーズに対応します。技

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

術データによると、従来の鋼製ピックの 36 倍の寿命を誇り、総コストは 30～50%削減されます。

将来を見据えると、超硬合金ピックの開発は次の方向に重点を置くことになります。

インテリジェント製造

AI とビッグデータを導入して配合とプロセスを最適化し、パフォーマンス予測の精度は 99%を超え、生産効率は 20%向上しました。

新素材

耐摩耗性と耐高温性を高めるために、グラフェンコーティング（摩擦係数 0.05）、多結晶ダイヤモンド（PCD、寿命が 15 倍に増加）、またはセラミック複合材を検討してください。

グリーンプロダクション

リサイクル技術を開発し、廃棄物のリサイクル率を 85%まで高め、資源の消費を削減します。

モジュラー設計

クイックチェンジピックモジュールを発売し、メンテナンス時間を 50%短縮し、掘削効率を向上しました。

材料科学と製造技術の進歩により、超硬ピックはインテリジェントトンネル掘削、グリーンマイニング、効率的なエンジニアリングにおいてより大きな役割を果たし、世界の産業の持続可能な発展に強力な推進力を提供します。



付録:

超硬ドリルとは何ですか？

超硬ドリルは、炭化タングステン（WC）をコア材料とする高性能切削工具です。高度な

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

粉末冶金技術で製造され、高硬度・高強度材料の穴あけ加工用に特別に設計されています。

優れた硬度、耐摩耗性、耐高温性、耐腐食性を備えた超硬ドリルは、金属加工、鉱業、建設工学、エネルギー産業、航空宇宙、自動車製造、電子精密製造などの分野で広く使用されています。硬鋼、ステンレス鋼、チタン合金、鋳鉄、セラミックス、複合材料などを効率的に穴あけでき、加工効率、精度、工具寿命を大幅に向上させます。この記事では、材料特性、種類、技術指標、製造プロセス、用途、応用シナリオ、製品の利点、技術課題、改善方向などの観点から、超硬ドリルの性能と価値を総合的に紹介します。

超硬合金ドリルビットの材料構成と特性

1.1 超硬ドリルビットの材料組成

超硬ドリルの配合は、硬度、靱性、耐腐食性の最適なバランスを実現するように精密に設計されています。

ハードフェーズ

炭化タングステン（WC、80～95%）は、超高硬度と耐摩耗性を提供します。一部の配合では、炭化チタン（TiC、1～5%）または炭化タンタル（TaC、0.5～2%）が添加され、高温安定性と耐酸化性が向上します。

接着相

コバルト（Co、5-15%）は靱性と耐衝撃性を高めます。ニッケル（Ni、5-10%）は酸性または湿気の多い環境に適した耐腐食性配合に使用されます。

添加剤

微量のクロム（Cr、0.1～1%）、バナジウム（V、0.05～0.5%）、モリブデン（Mo、0.1～0.8%）は、結晶粒を微細化し、結晶粒の成長を抑制し、耐食性および耐高温酸化性を向上させるために使用されます。

1.2 超硬ドリルの主な特徴

超硬ドリルの性能は、最適化された微細構造と材料配合によって決まります。

硬度

HRA 86 - 92 (HV 1200 - 1700)、高速度鋼 (HSS、HRC 60 - 65) の 23 倍で、HRC 60 までの硬度の材料の穴あけに適しています。

破壊靱性

$6.510\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ であり、これは通常の超硬合金 ($57\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) よりも優れており、衝撃破壊耐性が 30% 向上します。

耐摩耗性

摩耗率は $0.01\sim 0.02\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (ASTM G65) で、高クロム鋳鉄に比べ 1.52 倍低く、切削寿命は 310 倍延長されます。

圧縮強度

4000～6000MPa、高い切断力に耐えることができます（最大切断力は 5000N まで）。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

密度

13.8～15.2g/cm³、適度な重さで高速回転に適しています。

耐食性

中性または弱酸性環境 (pH 49) では、腐食速度は 0.07 mm/年未満です。ニッケルベースの配合物またはコーティングは、pH 210 でも腐食速度 0.05 mm/年未満に耐えることができます。

耐熱性

使用温度範囲は 20℃～800℃です。コーティング剤は瞬間的に 1000℃まで耐えられるため、乾式処理や高温処理に適しています。

1.3 超硬合金ドリルビットの微細構造上の利点

超硬ドリルは微粒子 (0.52 ミクロン) または超微粒子 (0.2～0.5 ミクロン) 構造を持ち、

次のような利点があります。

高い硬度と強度: 粒子が小さいため、粒界密度が増加し、ホールペッチ効果に従い、耐磨耗性が向上します。

優れた靱性: 結晶粒の微細化により応力が分散され、亀裂伝播のリスクが低減し、耐衝撃性が 20 ～ 30 % 向上します。

切断安定性: 摩耗を減らし、刃先を鋭く保ち、加工精度と寿命を延ばします。

超硬合金ドリルビットの種類と技術指標

超硬ドリルには、様々な形状、用途、加工要件に対応する幅広い種類があります。以下は、包括的な分類、技術指標、および用途表です (ISO 規格、ASTM 規格、メーカーデータを参照)。

超硬ドリルの種類と用途

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
ストレートシャンクツイストドリル	標準的なスパイラル溝設計、汎用切削工具、さまざまな材料に適しています。	自動車製造 (シリンダーブロック、クラシクシャフト)、機械加工 (ギア、ベアリング)、金型製造 (金型鋼)、鋼、鋳鉄、アルミ合金の穴あけ。	直径 1 ～ 30 mm、長さ 50 ～ 150 mm、先端角 118°/135°、HRA8790、寿命は 2000 ～ 5000 穴。
円錐ドリル テーパードリル	テーパークッター本体は深穴の切削片排出を最適化し、高深度穴あけに適しています。	航空宇宙 (チタン合金部品)、石油掘削工具 (ケーシング)、金型製造 (深穴金型)、チタン合金、ステンレス鋼、合金鋼の穴あけ加工。	直径 5～30mm、長さ 100～300mm、先端角 135°、HRA89～92、寿命 1000～3000 穴。
ステップドリル ステップドリル	多段階の直径設計により、複数サイズの穴加工を一度に完了し、工程数を削減します。	自動車製造 (薄板ボルト穴)、パイプライン設置 (フランジ)、建設 (鋼板)、薄鋼板、アルミニウム、ステンレス鋼の穴あけ。	直径 4～40mm、長さ 50～120mm、先端角 118°、HRA86～89、寿命 1500～4000 穴。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
センタードリル センタードリル	短くて剛性があり、位置決め穴を加工してその後の穴あけの精度を確保できます。	機械加工（CNC 位置決め）、金型製造（精密位置決め）、航空宇宙（高精度部品）、鋼、ステンレス鋼、合金鋼の穴あけ。	直径 1-10 mm、長さ 30-60 mm、先端角 60°/90°、HRA87-90、寿命 3000-6000 穴。
マイクロドリル マイクロドリル	超小径、高精度微細加工用に特別に設計されています。	電子機器（PCB 基板）、医療機器（骨ネジ）、時計製造（マイクロ部品）、銅、炭化物、セラミックの穴あけ。	直径 0.13 mm、長さ 20-50 mm、先端角 135°、HRA88-91、寿命 1000-3000 穴。
深穴掘削 深穴ドリル	高アスペクト比、内部冷却システム搭載で超深穴加工に最適です。	航空宇宙（タービンブレード）、石油・ガス（掘削パイプ）、エネルギー機器（熱交換器）、チタン合金、ステンレス鋼、ニッケル基合金の掘削。	直径 5~30mm、長さ 100~500mm、先端角 135°、HRA89~92、寿命 1000~3000 穴。
フラットボトムドリル フラットボトムドリル	平底穴を加工するための平底工具チップで、後続のフライス加工を削減します。	自動車製造（ネジ底穴）、機械加工（平面穴）、金型製造（精密穴）、鋼・鋳鉄・アルミ合金の穴あけ。	直径 320mm、長さ 50~100mm、先端角 135°、HRA8790、寿命 2000~5000 穴。
三刃ドリル 3 フルートドリル	3 つの切れ刃の設計により振動が低減され、穴の真円度が向上します。	航空宇宙（高精度穴）、金型製造（仕上げ）、機械加工（ベアリング穴）、ステンレス鋼、チタン合金、硬鋼の穴あけ。	直径 5~20mm、長さ 50~120mm、先端角 135°、HRA89~92、寿命 1500~4000 穴。
リーミングドリル リーマドリル	既存の穴を仕上げて、穴径の精度と表面品質を向上させます。	機械製造（ベアリング穴）、油圧機器（バルブボディ）、航空宇宙（接続穴）、鋼、ステンレス鋼、鋳鉄の穴あけ。	直径 5~40mm、長さ 50~150mm、先端角 118°、HRA87~90、寿命 2000~5000 穴。
ガンドリル ガンドリル	超深穴加工、高圧冷却、片刃設計を搭載。	医療機器（整形外科機器）、エネルギー機器（熱交換チューブ）、航空宇宙（深穴部品）、チタン合金、ステンレス鋼、硬鋼の穴あけ。	直径 2~30mm、長さ 200~1000mm、先端角 135°、HRA89~92、寿命 1000~3000 穴。
交換可能なドリルヘッド インデックス可能ドリル	カッターヘッドは素早く交換できるため、ダウンタイムが短縮され、大量生産に適しています。	自動車製造（大量穴あけ加工）、機械加工（組立ライン）、建設（鉄骨構造物）、鋼材・鋳鉄・アルミ合金の穴あけ。	直径 1040mm、長さ 100~200mm、先端角 135°、HRA8790、寿命 3000~6000 穴。
インパクトドリルビット SDS の影響ドリル	回転と衝撃を組み合わせ、石材用に特別に設計されています。	建設工学（コンクリート壁）、トンネル建設（岩石）、改修（レンガ壁）、コンクリート、花崗岩、石材の掘削。	直径 6~25mm、長さ 100~300mm、HRA86~89、寿命穴数 500~2000 個。
複合材専用ドリル 複合ドリル	低いねじれ角と鋭い切れ刃により、層間剥離や刃先の欠けが軽減さ	航空宇宙（CFRP 翼）、自動車（複合材ボディ）、風力発電（ブレード）、炭素繊維、ガラス繊維、複合材料の掘削。	直径 3~20mm、長さ 50~120mm、先端角 135°、HRA89~92、寿命 1000~3000 穴。

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
	れます。		
セラミックドリル ビット セラミックドリル	超高硬度、非常に硬い材料用に特別に設計されています。	エレクトロニクス（セラミック基板）、医療（セラミックインプラント）、航空（セラミックコーティング）、セラミック、ガラス、超硬合金の穴あけ。	直径 1~20mm、長さ 50~100mm、先端角 140°、HRA90~92、寿命穴数 500~2000 個。
ポイントドリル スポットドリル	短いブレード設計により、浅い穴やビットを処理し、その後の掘削位置を最適化します。	機械加工（CNC 下穴あけ）、金型製造（位置決めビット）、航空宇宙（高精度下穴あけ）、鋼、ステンレス鋼、合金鋼の穴あけ。	直径 1-10 mm、長さ 30-60 mm、先端角 90°/120°、HRA87-90、寿命 3000-6000 穴。
皿穴 皿穴ドリル	ネジの取り付けに適した皿穴加工を施しています。	自動車製造（車体ネジ穴）、建設（鉄骨構造接合部）、家具製造（木製ボード）、鋼材、アルミ合金、木材の穴あけ。	直径 5~20mm、長さ 50~100mm、先端角 90°、HRA86~89、寿命 2000~5000 穴。
コンビネーション ドリル ステップ&カウン ターシンクドリル	ステップ機能と皿穴機能を統合し、一度に複数の工程の穴加工を完了します。	航空宇宙（複合材接続穴）、自動車（薄板取付）、機械加工（多機能穴）、鋼、アルミニウム、複合材の穴あけ。	直径 5 ~ 30 mm、長さ 50 ~ 120 mm、先端角 118°、HRA 8790、寿命は 1500 ~ 4000 穴。
焼結ドリル ろう付けドリル	鋼シャンクにろう付けされた超硬チップは、重切削加工に適しています。	鉱業（硬岩）、建設（鉄筋コンクリート）、エネルギー（パイプライン）、岩石、コンクリート、合金鋼の掘削。	直径 10~50mm、長さ 100~300mm、HRA86~89、寿命 1000~3000 穴。

2.2 テクニカル指標

サイズ

直径: 0.1~100mm（130mm が一般的）。
全長: 10~1000mm（50~150mm が一般的）。
切削長さ: 5~500mm（深穴加工最大 20~50D、D は直径）。
許容差: $\pm 0.01\text{mm}$ （精密機械加工、グレード IT6/IT8）。

重さ

各 부품の重量は 0.012 kg で、ハンドヘルド デバイスや CNC マシンに適しています。

表面粗さ

Ra 0.2 - 0.8 μm 、チップの付着と摩擦熱を軽減します。

硬度グレード

規格: HRA 86 - 89（一般金属加工）。
高硬度: HRA 89 - 92（超硬、セラミック）。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

材料配合

WCCo（汎用）：コバルト含有量 612%、HRA8791、高靱性。

WCNi(耐腐食タイプ):ニッケル含有量 510%、酸・アルカリ環境にも耐性があります。

WCTiCTaC(高温タイプ):耐熱温度 800～1000℃。

点角

118°: 軟質金属(アルミニウム、銅など)、切削抵抗が低い。

135°: 硬質鋼、ステンレス鋼、ふらつきを軽減します。

140°: チタン合金、セラミック、高安定性。

らせん角

25 - 30°: 汎用、切り屑排出性と剛性のバランスが取れています。

35 - 40°: 柔らかい材料、切りくずの排出が速くなります。

15 - 20°: 硬い材質で、ドリルビットの剛性を高めます。

インストール

丸シャンク：標準チャック、ランアウト <0.01 mm。

六角シャンク：クイックチェンジチャック。

SDS シャンク：インパクトドリル、石工に適しています。

表面処理

研磨：Ra0.1～0.4μm、摩擦熱を軽減。

コーティング

TiN：硬度 HV2000～2500、耐摩耗性が 2 倍に向上。

TiAlN：耐熱温度 900℃、乾式加工に適しています。

AlCrSi / TiN：耐熱温度 1000℃、寿命が 3 倍に延長。

DLC：摩擦係数 0.1～0.2、アルミニウム合金、複合材料に適しています。

データの切り取り

切断速度：20～200 m/分（鋼材 50～100 m/分、チタン合金 20～40 m/分、アルミニウム合金 100～200 m/分）。

送り速度：0.05～0.3mm/rev（精密加工の場合は 0.05～0.1mm/rev）。

最大掘削深さ：5 - 50D (内部クーラント使用時は最大 50D)。

標準準拠

ISO 9001 品質管理システム。

ISO 1832（切削工具の仕様）。

ASTM B771（摩耗試験）、ISO 3878（硬度試験）。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

3. 製造工程

超硬合金ドリルの製造では、高度な粉末冶金技術を採用し、材料特性、形状精度、表面品質が最高水準を満たすことを保証します。

3.1 原材料の準備

高純度タングステンカーバイド（WC、純度>99.95%）、コバルト（Co、純度>99.9%）、および添加剤（TiC、TaC、Cr など）を選定し、湿式粉碎（媒体：アルコールまたは脱イオン水、ボールミル粉碎時間 24~72 時間）により混合し、平均粒子径を 0.21 ミクロンに制御します。高温焼結中の粒成長を抑制するため、VC または Cr₃C₂（0.1~0.5%）を粒成長抑制剤として添加します。

3.2 形成

冷間等方圧成形（CIP）：粉末を 200~400MPa で圧縮し、密度を理論値の 50~60%のグリーン体にします。

精密成形：ツイストドリルのスロットや複雑な形状を成形するために、高精度の金型（許容差 ±0.1 mm）が使用されます。

スプレー乾燥：流動性のある粒子を調製し、成形体の均一性と強度を向上させます。

3.3 焼結

予備焼結：有機添加物を除去するため 900 ~ 1100°C。

熱間静水圧プレス（HIP）: 1350 - 1500°C、100 - 200 MPa、アルゴン雰囲気、24 時間焼結、密度 99.8 - 100%。

冷却制御：熱応力による微小亀裂を回避するために、徐々に冷却します（10 ~ 20°C/分）。

3.4 後処理

精密研削：ダイヤモンド砥石または CBN 工具を使用し、公差±0.01mm、表面粗さ Ra0.2~0.8μm、刃先の鋭さ（刃半径<5μm）で加工します。

溝加工：CNC 研削盤は、溝の深さの誤差が 0.05 mm 未満の螺旋溝を加工し、チップの除去を最適化します。

表面強化：サンドブラスト、研磨、またはコーティング（TiN、TiAlN、AlCrSi/TiN、DLC）により、耐摩耗性と耐熱性が向上します。

品質検査：

硬度テスト：HRA/HV、誤差±0.5。

微細構造分析：走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して粒径（0.22 μm）を調べました。

寸法測定：三次元測定器、精度±0.002mm。

非破壊検査：内部の欠陥をチェックするための超音波検査。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 製品の利点

超硬ドリルは優れた性能により切削工具市場をリードしています。

超長寿命：耐摩耗性と硬度により寿命が 310 倍延び、単一処理コストが 30 ～ 60% 削減されます。

効率的な加工：高速切削（20～200m/分）と高送り速度（0.05～0.3mm/回転）をサポートし、加工効率が 20～50% 向上します。

高精度：開口精度 $\pm 0.01\text{mm}$ 、表面粗さ $Ra0.2 \sim 0.8\mu\text{m}$ 、航空・電子機器の厳しい要件を満たします。

柔軟なカスタマイズ：さまざまな作業条件に合わせて、多様なタイプ（ツイスト、深穴、マイクロなど）、サイズ（0.1 - 100 mm）、コーティング（TiN、TiAlN）を用意しています。

環境適応性：耐高温性（800 - 1000°C）、耐腐食性（pH 210）、乾燥、湿潤、化学環境に適応可能。

グリーン製造：高い耐久性によりツールの変更と無駄が削減され、持続可能な開発目標が達成されます。

5. 技術的な課題と改善の方向性

5.1 技術的な課題

処理の難しさ

超硬合金は硬度（HRA 86～92）が高いため、加工設備や工具への要求は非常に高くなります。ダイヤモンド砥石や CBN 工具は摩耗が早く、加工精度を安定させることが困難です（許容差は $\pm 0.01\text{mm}$ 未満）。

脆弱性リスク

高硬度材料は、大きな衝撃や過剰な送り速度（ $> 0.3 \text{ mm/rev}$ ）によって微小亀裂や破損が生じる可能性があり、耐用年数に影響を及ぼします。

熱管理の問題

高速切削（ $> 100 \text{ m/分}$ ）では大量の摩擦熱が発生し、特に乾式加工では刃先の軟化やコーティングの剥離を引き起こす可能性があります。

複雑な材料への適応性

複合材料（CFRP など）、セラミック、超硬合金（HRC >60 ）では、ドリルビットの形状とコーティングに対する要件が厳しく、層間剥離、エッジの崩壊、急速な摩耗が発生しやすくなります。

過酷な労働条件の制限

非常に高い温度（ $>1000^\circ\text{C}$ ）または強酸性環境（pH <2 ）では、従来のコーティングと結合相の性能が低下し、寿命が 50 - 70% 短くなります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2 技術改善の方向性

高度な処理技術

複雑な形状（三面ドリルやガンドリルなど）に適した、精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ で工具摩耗を 30% 削減するレーザー微細加工と放電加工を開発します。

耐久性強化設計

傾斜構造（高表面硬度 HRA90~92、高内部靱性破壊靱性 $> 10\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）または CoNi 複合結合相を採用することで、耐衝撃性が 20~30% 向上し、破損のリスクが低減します。

効率的な熱管理

内部冷却システム（冷却液圧力 10 - 20 MPa、流量 5 - 15 L/分）を最適化して、切削領域の温度を 100 - 200°C 下げます。また、適応コーティング（TiAlN / AlCrSi、耐熱性 1100°C など）を開発して、熱軟化を減らします。

複合材料の最適化

低いねじれ角（15~20°）と鋭い切れ刃（刃半径 $< 3\text{ }\mu\text{m}$ ）を備えたドリルビットを設計すると、CFRP の層間剥離を 30% 削減できます。また、硬度が HV 8000 まで増加し、寿命が 20 倍に延長された PCD（多結晶ダイヤモンド）カッターヘッドを開発しました。

過酷な労働条件への適応

耐熱性が 1200°C まで向上し、強酸（pH 12）腐食速度が 0.03 mm/年未満であるナノ多層コーティング（AlCrSi / TiN、厚さ 25 μm 、硬度 HV 3500 など）またはセラミックベースの複合材料（WCSiC）を研究開発します。

インテリジェントデザイン

AI を活用して切削力（誤差 $< 5\%$ ）と摩耗挙動をシミュレーションし、先端角（118°~140°）と溝タイプ（溝深さ誤差 $< 0.03\text{ mm}$ ）を最適化して、加工安定性を向上させます。また、温度と摩耗をリアルタイムで監視する自己診断ドリルを開発し、寿命を 10~20% 延長します。

6. 結論

超硬ドリルは、高硬度（HRA 86 - 92）、優れた靱性（ $6.510\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）、超長寿命（2000 - 10000 穴）を特徴とし、金属加工、鉱業、建設工学、エネルギー産業、航空宇宙、電子製造などの分野で好まれる切削工具です。ツイストドリル、深穴ドリル、マイクロドリル、インパクトドリル、セラミックドリルなど、豊富な種類と精密な仕様（直径 0.1100 mm、精度 $\pm 0.01\text{ mm}$ ）により、PCB マイクロホールから深穴岩盤掘削まで、多様なニーズに対応します。技術指標によると、超硬ドリルの寿命はハイスドリルの 310 倍、加工効率率は 20 - 50% 向上し、穴径精度は IT6/IT8 レベルに達します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

高度な粉末冶金技術とコーティング技術（TiAlN、DLC など）により、高温（800～1000℃）や腐食（pH 210）といった過酷な環境下でも優れた性能を発揮します。今後は、レーザー加工、PCD 工具ヘッド、ナノコーティング、AI 最適化、インテリジェント設計などにより、超硬ドリルの性能はさらに向上し、適用範囲も拡大し、世界の産業の効率的、精密かつ持続可能な発展を力強く支えています。

超硬トンネル掘削機ピック

超硬合金製 TBM ピックは、トンネル掘削機（TBM）や鉱山機械向けに設計された高効率切削工具の一種で、硬岩、複雑な地層、または混合地質条件の破碎・掘削を目的としています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用し、高度な製造プロセスと最適化された設計を組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐熱性、耐腐食性を実現し、過酷な作業条件（深井戸、高圧、高温、腐食性環境など）においても高い効率と信頼性を確保していることです。トンネル掘削機の前端に位置する主要部品であるピックは、施工効率、設備寿命、工事安全性、コスト管理に直接影響を与え、現代のインフラ建設、資源採掘、特殊工学、新興分野においてかけがえない役割を果たしています。最新情報に基づき、以下のコンテンツでは、ピックの特徴、技術的詳細、用途について包括的に解説します。

1. 超硬合金ロードヘッダーピックの物理的および化学的性質

セメントカーバイドピックは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ など）を使用して、粒度、耐摩耗性、高温性能を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造され、一般的に使用される方法には、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{ MPa}\pm 1\text{ MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{ 分}\pm 1$

分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{ 分}\pm 5\text{ 分}$ ）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、多孔度が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールベッチ式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）により硬度と靱性の間の最適なバランスが達成され、微細組織の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達します。

ピックの幾何学的設計は多様で、一般的な形状は円錐形（頂点角 $60^\circ\sim 90^\circ\pm 5^\circ$ ）、くさび形（刃先角 $30^\circ\sim 45^\circ\pm 2^\circ$ ）、ボールヘッド（曲率半径 $5\sim 10\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ）などがあり、先端には炭化物層が埋め込まれ（厚さ $2\sim 7\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 、場所によっては最大 $10\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ）、ベースは高強度合金鋼（ 40CrMo 、 42CrMo 、または新型高マンガン鋼など、焼入れ硬度 $\text{HRC } 40\sim 52\pm 2$ ）で作られています。設置方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>600\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ ）、プラズマアーク溶接、または機械締め付け（締め付け力 $>10\text{ kN}\pm 1\text{ kN}$ ）で、トンネル掘削機の切削ヘッドに固定されます（直径に応じて、切削ヘッド 1 メートルあたり $50\sim 100\text{ ピック}\pm 5$ ）。設計では、切削力、熱伝導、応力分布、流体力学の最適化が統合されています。ピック形状（進入角 $30^\circ\sim 45^\circ\pm 5^\circ$ 、後方傾斜角 $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ ）とスラグ溝（溝深さ $5\sim 12\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ 、溝幅 $10\sim 20\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 、傾斜角 $15^\circ\sim 30^\circ\pm 2^\circ$ ）により、掘削効率、放熱性能、スラグ排出能力が大幅に向上します。圧縮強度 $100\sim 300\text{ MPa}$ の硬岩、水分含有量 $20\%\pm 5\%$ を超える軟岩、または砂含有量 $10\%\pm 2\%$ を超える混合地層に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. 超硬合金ロードヘッダーピックの特性と動作原理

2.1 材料特性

WC は高い硬度（HV 1800~2200±30、添加物に応じて局所的に最大 2400~2600±50）を提供し、その六方結晶構造により、摩耗、侵食、高温酸化に対する優れた耐性を付与します（酸化開始温度 > 800°C±20°C）。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め（ K_{IC} 12~16 MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値は最大 18 MPa·m^{1/2}±0.5）、衝撃エネルギーを効果的に吸収します（>50 J±5 J、瞬間ピーク値> 150 J±10 J）。微粒子によりマイクロ構造が最適化され、摩耗率は <0.05 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m（好ましくは <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m）、密度は 14.8~15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³（アルキメデス法で測定）、熱膨張係数（CTE）は 6×10⁻⁶ /°C ± 0.5×10⁻⁶ /°C です。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層（厚さ <0.1 μm ± 0.01 μm）が生成され、耐腐食性が向上します（腐食速度 <0.01 mm/年 ± 0.001 mm/年、H₂S 耐性 >2000 時間 ± 100 時間）。TaC は高温硬度を向上させます（>900°C±20°C で初期硬度の 90%±2% を維持）。

2.2 動作原理

トンネル掘削機の回転（速度 500~1200 rpm ± 50 rpm、機器の出力による）と推力（50~150 kN ± 5 kN、最大 300 kN ± 10 kN）の作用により、ピックが岩盤表面に切り込み、連続した溝を形成し、押し出し（接触圧力 200~400 MPa ± 20 MPa）とせん断（せん断強度 50~100 MPa ± 5 MPa）により岩盤を破砕します。先端の炭化物層は、主な摩耗および熱負荷（表面温度 500~700°C ± 50°C、瞬間最大 900°C ± 50°C）に耐え、一方、鋼マトリックスは構造的サポート（引張強度 >1000 MPa ± 50 MPa）、熱伝導（熱伝導率 40~50 W/m·K ± 2 W/m·K）、および疲労耐性（疲労寿命 >10⁶ 回 ± 10⁵ 回、周期的負荷 >200 MPa ± 20 MPa）を提供します。

2.3 性能試験：花崗岩（硬度 7 モース、圧縮強度 150~200 MPa）、玄武岩（硬度 7~8 モース、圧縮強度 200~250 MPa）、石英岩（硬度 7 モース、圧縮強度 180~220 MPa）の条件下では、最適化されたピック寿命は 500~800 時間 ± 50 時間（地質条件によって異なります）を超え、切断効率は 5~15 m³/h ± 1 m³/h（最大 20 m³/h ± 1 m³/h、電力 >1000 kW ± 50 kW）に達します。SEM 分析では表面に明らかな亀裂は見られず、摩耗深さは <0.05mm ± 0.01mm（好ましくは <0.03mm ± 0.01mm）であり、X 線回折（XRD）では WC 相の高結晶度（>95% ± 2%）が検証され、エネルギー分散分光法（EDS）では Cr₂O₃ と TaC の均一な分布が確認され、熱画像では熱応力分布が <100MPa ± 10MPa であることが示されました。

3. 超硬合金ロードヘッダーピックの性能に影響を与える要因

3.1 Co 含有量

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

6%~12%±1% で硬度と靱性の最適なバランスが実現され、6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超では硬度が 5%±1% 低下して熱膨張率 ($CTE\ 6\times 10^{-6}/^{\circ}C\pm 0.5\times 10^{-6}/^{\circ}C$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには 8%~10%±0.5% が推奨されます (1kg あたりのコストが 5%~10%±1% 増加)。

3.2 粒径

0.5~1 $\mu m\pm 0.01\ \mu m$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 $<0.03\ mm^3/N\cdot m\pm 0.01\ mm^3/N\cdot m$)。1~1.5 $\mu m\pm 0.01\ \mu m$ は中硬度の岩石 (圧縮強度 100~150 MPa) に適しています。>2 $\mu m\pm 0.01\ \mu m$ は摩耗率が 15%±3%増加し、粒界の減少により靱性が 10%±2%低下し、加工難易度が 5%±1%増加します。

3.3 先端角度: 30°~45°±5°では切断効率が最適化されます (切断力 $<10\ kN\pm 1\ kN$ 、エネルギー消費量 $<50\ kWh/m^3\pm 5\ kWh/m^3$)。>50°±5°では切断能力が 10%±2%低下し、熱蓄積が増加します (温度上昇 $>50^{\circ}C\pm 10^{\circ}C$)。<30°±5°では、エッジチッピングのリスクが 5%±1%高まります (エッジチッピング率 $>2\%\pm 0.5\%$)。

3.4 表面処理

炭化物層の厚さが 2~5mm±0.1mm の場合、耐摩耗性が大幅に向上します (寿命が 20%±3%延長され、コストが 10%±2%増加します)。厚さが 2mm±0.1mm 未満の場合は、寿命が 20%±3%短縮し、5mm±0.1mm を超える場合は製造コストが 15%±2%増加します。TiN または TiAlN コーティング (厚さ 0.5~1 $\mu m\pm 0.1\ \mu m$ 、堆積温度 400~500°C±20°C) は、摩擦係数 ($<0.3\pm 0.05$) を低減し、耐熱性 ($>700^{\circ}C\pm 20^{\circ}C$) と耐酸化性 (酸素含有量 $<0.5\%\pm 0.1\%$) を向上させます。

3.5 熱処理

ベース鋼を焼入れ (硬度 HRC40~52±2、深さ 1~2.5mm±0.2mm、焼入れ温度 850~900°C±20°C) することにより、焼入れしていないベースの寿命は 15%±3%短縮され、焼戻し (200~250°C±10°C、2~4 時間±0.5 時間) により残留応力が 5%±1% (応力 $<50\ MPa\pm 5\ MPa$) 減少します。

3.6 労働環境

水分含有量が 10%±2%を超える場合、または砂含有量が 5%±1%を超える場合、摩耗は 5%±1%増加します (摩耗速度の増加は 0.01 $mm^3/N\cdot m\pm 0.005\ mm^3/N\cdot m$)。温度が 600°C±50°C を超える場合、硬度は 3%±1%低下します (HV の低下は 50~70±10)。H₂S または CO₂ を含む環境 (濃度が 0.1%±0.02%を超える場合) では、腐食速度は 0.015 mm/年±0.002 mm/年に増加します。

3.7 設備パラメータ: 推進速度 0.5~2 m/h±0.1 m/h、トルク 1000~5000 kN·m±100 kN·m、出力 500~1500 kW±50 kW は、ピックの寿命と効率に直接影響します。パラメータが過大 (上限の 10%±1%を超える) の場合、寿命は 15%±2%短くなります。

4. 超硬合金ロードヘッダーピックの応用

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.1 トンネル工学

地下鉄（北京地下鉄 17 号線、深セン地下鉄 14 号線など）、高速道路（四川鉄道の十全河トンネルなど）、鉄道トンネルなどの硬岩掘削に使用され、耐圧は 100~300MPa、耐用年数は 500~1000 時間 $\pm$ 50 時間です。断層帯（変位 $>1\text{m}\pm0.1\text{m}$ ）、高応力地帯（ $>30\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ ）、噴水地帯（水圧 $>1\text{MPa}\pm0.1\text{MPa}$ ）などの複雑な地質条件に対応し、EN 1997-1 および JTG 3370.1 規格に準拠しています。2024 年の事例：四川鉄道の亜龍河トンネルで、ピックを使用した掘削速度は $1.8\text{m/h}\pm0.1\text{m/h}$ に達しました。

4.2 採掘

炭層（圧縮強度 50~100MPa）、銅鉱山（150~200MPa）、鉄鉱石（200~250MPa）、希土類鉱（180~220MPa）の採掘に適用され、耐衝撃性（ $>50\text{J}$ 、ピーク値は $150\text{J}\pm10\text{J}$ に達する）により効率的な掘削を確保し、深井戸（ $>1500\text{m}\pm100\text{m}$ ）または露天掘り（掘削深度 $>700\text{m}\pm50\text{m}$ ）の作業に適しており、ISO 11228-1 および AS 2294 規格に準拠しています。2023 年には、チリのエスコンデューダ銅鉱山で 800 時間 $\pm$ 50 時間のピックライフが採用されました。

4.3 水力発電建設

分水トンネル（直径 $5\sim12\text{m}\pm0.5\text{m}$ ）、圧力パイプライン、地下発電所（三峡ダムプロジェクト、白河潭水力発電所など）の掘削に使用され、耐水侵食性（ >2500 時間 $\pm$ 100 時間）および耐圧性により長期運用をサポート（ $>1.2\times10^4$ 時間 $\pm$ 10³ 時間）、精度 $\pm0.05\text{mm}$ 、IEC 60041 および GB 50287 規格に準拠しています。

4.4 都市地下パイプラインギャラリー

この工法は、硬質土層（圧縮強度 50~150MPa）または岩盤層の掘削に使用され、地盤沈下（ $<5\text{mm}\pm1\text{mm}$ 、監視精度 $\pm0.05\text{mm}$ ）を低減し、都市部の耐震性を $10\%\pm2\%$ 、耐洪水性を $15\%\pm3\%$ 向上させます。これは GB 50909 および ASTM D2487 規格に準拠しています。2025 年には、上海地下パイプライン回廊プロジェクトの沈下量を $<3\text{mm}\pm0.5\text{mm}$ に抑える予定です。

4.5 軍事工学

地下バンカー、要塞、ミサイルサイロの掘削に使用され、耐爆衝撃性（ $>100\text{J}$ 、爆発圧力 $>60\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ ）を備え、高い信頼性を確保しています。寿命は 700 時間 $\pm$ 50 時間を超え、MIL-STD-810G および NATO AEP-55 規格に準拠しています。2024 年には、ある国の地下基地プロジェクトにおいて、耐衝撃性が $120\text{J}\pm5\text{J}$ に達することが試験されました。

4.6 海洋工学

海底トンネル（港珠澳大橋海底区間など）、石油・ガスプラットフォーム基礎杭、深海採掘に適用され、海水腐食耐性（耐海水温度 3500 時間 $\pm$ 100 時間、Cl⁻濃度耐性 $3.5\%\pm0.5\%$ 以上）、生物付着防止性（耐生物付着性 $0.8\%\pm0.2\%$ 未満）を備え、深海（水深 $2500\text{m}\pm100\text{m}$ 以上）での作業に対応し、API RP 2A および DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

2023 年、ノルウェー北海油田の基礎杭の掘削深度は $2200\text{m}\pm 50\text{m}$ です。

4.7 新エネルギープロジェクト

地熱井（深度 $>3000\text{m}\pm 100\text{m}$ 、温度 $>200^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）および風力タワーの基礎掘削に使用され、耐高温性（ $>700^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）および耐疲労性（ $>1.5\times 10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回）により長期運用をサポートし、IEC 61400-1 規格に準拠しています。

5. 技術の進歩と将来の発展

5.1 新しい材料

ナノ WC（粒径 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）の導入により硬度（HV 2200~2600 ± 50 ）が向上し、TaC（1%~3% $\pm 0.1\%$ ）および NbC（0.5%~1.5% $\pm 0.1\%$ ）の添加により高温安定性（ $>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で初期硬度の 95% $\pm 2\%$ を維持）と耐熱亀裂性（亀裂密度 $<0.1\text{mm}^{-1}\pm 0.01\text{mm}^{-1}$ ）が向上します。2024 年の研究では、ZrC の添加により耐酸化性（酸素重量増加 $<0.2\%\pm 0.05\%/h$ ）が向上します。

5.2 インテリジェントモニタリング

統合センサー（圧電式ひずみゲージ、精度 $\pm 0.05\%$ 、赤外線サーモグラフィー、精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ など）が摩耗（深さ $>1\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$ ）、温度（ $>600^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）、振動（加速度 $<10\text{m/s}^2\pm 1\text{m/s}^2$ ）をリアルタイムで監視し、IoT および AI プラットフォームを通じて交換サイクルを最適化します（予測誤差 $<5\%\pm 1\%$ ）。2025 年にドイツの Herrenknecht 社で試験に成功しました。

5.3 3D プリント技術

選択的レーザー溶融法（SLM、層厚 $40\sim 60\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$ 、スキャン速度 $800\sim 1200\text{mm/s}\pm 50\text{mm/s}$ ）を用いて複雑なピック構造を製造し、材料の無駄を 10%~15% $\pm 2\%$ 削減し、カスタマイズ設計能力を向上させます（気孔率 $<0.05\%\pm 0.01\%$ ）。2024 年中国科学院成果：印刷されたピックの強度が $1500\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ に達する。

5.4 環境適応性

極地工学に適した耐低温性（ $-50^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ）ピック（耐摩耗性 90% $\pm 5\%$ 、衝撃靱性 $>60\text{J}\pm 5\text{J}$ ）と、核廃棄物処分に適した耐放射線性ピック（ γ 線量 $>10^6\text{Gy}\pm 10^5\text{Gy}$ ）を開発する。2025 年に日本の JAXA（宇宙航空研究開発機構）は、耐放射線性能が 95% $\pm 2\%$ に達することを試験した。

5.5 持続可能性

ISO 14040 規格および EU グリーン認証プロジェクト 2024 に準拠し、リサイクル WC パウダー（リサイクル率 80% $\pm 5\%$ 超）を使用して、二酸化炭素排出量を削減します（ CO_2 排出量を 20% $\pm 3\%$ 削減）。

6. 国内および国際基準と安全上の考慮事項

6.1 国内および国際規格

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ピックの製造と使用は、OSHA 1926.800 (米国トンネル安全)、ISO 45001 (労働安全衛生管理システム)、EN 1997-1 (欧州基礎設計)、JTG 3370.1 (中国道路トンネル設計)、ISO 11228-1 (手動操作)、AS 2294 (オーストラリア鉱山安全)、IEC 60041 (タービンとポンプ)、GB 50909 (中国地下空間設計)、MIL-STD-810G (米国軍事環境工学)、NATO AEP-55 (NATO 防弾)、API RP 2A (米国石油ガス)、DNVGL-RP-C203 (ノルウェー沖合コード)、IEC 61400-1 (風力発電) など、多数の国際規格と国内規格に準拠する必要があります。2025 年更新: ISO 19443 (原子力産業品質管理) が原子力廃棄物処理ピックアップ規格に含まれます。

6.2 セキュリティに関する考慮事項

摩耗が限度を超える場合（深さ $>5\text{ mm}\pm0.5\text{ mm}$ ）、交換率 $>98\%\pm1\%$ 、事故率 $<0.1\%\pm0.05\%$ （主に歯の破損または飛沫による負傷）、作業者は保護具（耐衝撃メガネ、ヘルメット、保護服、EN 397 規格に準拠）を着用する必要があります。高温環境（ $>600^{\circ}\text{C}\pm50^{\circ}\text{C}$ ）では、熱応力のリスクを $5\%\pm1\%$ 低減するための冷却システムを装備する必要があります。2024 年の統計：世界のトンネル工学におけるピック関連事故の割合は $<0.05\%\pm0.01\%$ で、主にメンテナンス不足が原因です。

優れた物理的・化学的特性、幅広い適用シナリオ、継続的な技術革新、環境適応性を備えたセメント炭化物トンネル掘削機ピックは、現代のトンネル掘削設備に欠かせない中核部品となり、インフラ建設、資源開発、国防工学、新エネルギー分野の効率的な発展を促進するとともに、複雑な地球規模の地質学的課題への対応と持続可能な開発に対する強力な技術サポートを提供しています。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



炭化石炭採掘機械ピック

炭化物製炭鉦機械用ピックは、炭鉦機械（連続採掘機やトンネル採掘機など）が炭層、岩層、または複雑な地層を破碎・掘削するために設計された高効率切削工具です。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、高度な製造プロセスと最適化された設計を組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、高粉塵、高湿度、高負荷の炭鉦環境において高い効率と信頼性を確保しています。ピックは炭鉦機械の前端の主要部品として、炭鉦の効率、設備寿命、鉦山の安全性、コスト管理に直接影響を及ぼし、炭鉦、鉦山建設および関連分野においてかけがえのない役割を果たしています。ネットワーク全体と業界の発展に関する最新情報に基づき、以下のコンテンツではピックの特徴、技術的詳細、および用途を包括的に展開します。

1. セメント炭化物炭鉦機械ピックの物理的および化学的性質

セメントカーバイドピックは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ など）を使用して、粒度、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造され、一般的に使用される方法には、放電プラズマ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

マ焼結（SPS、温度 1350～1450°C±10°C、圧力 45～55 MPa±1 MPa、保持時間 5～10 分±1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 1400°C±10°C、圧力 150～200 MPa±5 MPa、保持時間 30～60 分±5 分）があり、材料が理論密度の 99.9%±0.1%に達し、多孔度が 0.1%±0.05% 未満になることが保証されます。粒径は 0.5～2μm±0.01μm（好ましくは 0.8～1.2μm±0.01μm）に精密に制御され、ホールペッチ式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）により硬度と靱性の間の最適なバランスが達成され、微細組織の均一性は 95%±2%（金属組織分析）に達します。

ピックの幾何学的設計は多様で、一般的な形状には円錐形（頂点角 60°～90°±5°）、くさび形（刃先角 30°～45°±2°）、ボールヘッド形（曲率半径 5～10 mm±0.5 mm）などがあり、先端には炭化物層が埋め込まれ（厚さ 2～7 mm±0.2 mm、場所によっては最大 10 mm±0.5 mm）、ベースは高強度合金鋼（40CrMo、42CrMo、高マンガン鋼など、焼き入れ硬度 HRC 40～52±2）で作られています。設置方法は、高周波誘導溶接（温度 1200～1300°C±20°C、溶接強度 >600 MPa±50 MPa）、プラズマアーク溶接、または機械的クランプ（クランプ力 >10 kN±1 kN）で、採炭機の切断ヘッドに固定されます（切断ヘッド 1 メートルあたり 40～80 ピック±5、機種によって異なります）。設計では、切断機構、熱伝導、応力分布の最適化を統合しています。ピック形状（進入角 30°～45°±5°、後方傾斜角 5°～15°±2°）とスラグ溝（溝深さ 5～12 mm±0.5 mm、溝幅 10～20 mm±1 mm、傾斜角 15°～30°±2°）により、採炭効率とスラグ排出能力が向上します。圧縮強度が 50～150 MPa の炭層、水分含有量が 10%±5%を超える軟岩または層状脈石に適しています。

2. セメント炭化物炭鉚機械ピックの特徴と動作原理

2.1 材料特性

WC は、高い硬度（HV 1800～2200±30、局所的には 2400～2600±50）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 >800°C±20°C）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ K_{Ic} 12～16 MPa·m^{1/2}±0.5、最大ピーク値 18 MPa·m^{1/2}±0.5）を高め、衝撃エネルギー（>50 J±5 J、瞬間ピーク値 >150 J±10 J）を吸収します。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.05 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m（好ましくは <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m）、密度 14.8～15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³、熱膨張係数（CTE）6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層（厚さ <0.1 μm±0.01 μm）が生成され、耐腐食性が向上します（腐食率 <0.01 mm/年±0.001 mm/年、H₂S 耐性 >2000 時間 ±100 時間）。TaC は高温硬度を向上させます（>900°C±20°C で初期硬度の 90%±2% を維持）。

2.2 動作原理

石炭採掘機械の回転（速度 400～1000 rpm±50 rpm、機器のパワーによる）と牽引力（20～100 kN±5 kN、最大 200 kN±10 kN）により、ピックは石炭層に切り込み、連続した切断面を形成し、押し出し（接触圧力 150～300 MPa±20 MPa）とせん断（せん断強度 40～80 MPa±5 MPa）により石炭岩を破碎します。先端炭化物層は主な摩耗と熱負荷（表面温度 400～

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

600°C±50°C、瞬間最大 800°C±50°C) に耐え、一方、鋼マトリックスは構造的サポート（引張強度>1000MPa±50MPa）、熱伝導（熱伝導率 40~50W/m·K±2W/m·K）、および疲労耐性（疲労寿命>10⁶回±10⁵回、周期的負荷>150MPa±20MPa）を提供します。

2.3 パフォーマンステスト

石炭層（圧縮強度 50~100MPa）、砂岩層間（圧縮強度 100~150MPa）、頁岩（圧縮強度 80~120MPa）の条件下では、最適化されたピック寿命は 400~700 時間±50 時間を超え（地質条件による）、切断効率は 10~20 t/h ± 1 t/h（最大 25 t/h ± 1 t/h、電力> 500kW ± 50kW）に達します。SEM 分析では明らかな表面亀裂は見られず、摩耗深さは 0.05 mm ± 0.01 mm 未満（好ましくは 0.03 mm ± 0.01 mm 未満）であり、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (> 95% ± 2%) が確認され、熱画像では熱応力分布が 80 MPa ± 10 MPa 未満であることが示されています。

3. セメント炭化石炭採掘機械ピックの性能に影響を与える要因

3.1 Co 含有量

6%~12%±1% で硬度と靱性の最適なバランスが実現され、6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超では硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率 (CTE 6×10⁻⁶ /°C±0.5×10⁻⁶ /°C) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8%~10%±0.5% が推奨されます。

3.2 粒径

0.5-1 μm±0.01 μm は摩耗と微小亀裂を効果的に低減します（摩耗率<0.03 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m）。1-1.5 μm±0.01 μm は中硬度の石炭岩石に適しており、>2 μm±0.01 μm は摩耗率が 15%±3%増加し、靱性が 10%±2%低下します。

3.3 先端角度

30°~45°±5°では切断効率が最適化され（切断力 <8 kN±1 kN、エネルギー消費量 <40 kWh/t±5 kWh/t）、>50°±5°では切断能力が 10%±2%低下し、<30°±5°では刃先が折れるリスクが 5%±1%高まります。

3.4 表面処理

炭化物層の厚さが 2~5mm±0.1mm の場合、耐摩耗性（寿命延長率 20%±3%）が向上します。厚さが 2mm±0.1mm 未満の場合は寿命が 20%±3%短縮され、厚さが 5mm±0.1mm を超える場合はコストが 15%±2%増加します。TiN コーティング（厚さ 0.5~1μm±0.1μm、堆積温度 400~500°C±20°C）は、摩擦係数（0.3±0.05 未満）を低減し、耐熱性（700°C±20°C 超）を向上させます。

3.5 熱処理

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ベース鋼を焼入れ（硬度 HRC40～52±2、深さ 1～2.5mm±0.2mm、焼入れ温度 850～900°C±20°C）することで支持性能が向上し、焼入れしていないベースの寿命は 15%±3%短縮され、焼戻し（200～250°C±10°C、2～4 時間±0.5 時間）することで残留応力が 5%±1%低減されます。

3.6 労働環境

水分含有量が 10%±2%を超える場合、または粉塵含有量が 5%±1%を超える場合、摩耗は 5%±1%増加します。温度が 500°C±50°C を超える場合、硬度は 3%±1%低下します。H₂S（濃度が 0.1%±0.02%を超える）を含む環境では、腐食速度は 0.015 mm/年±0.002 mm/年に増加します。

3.7 機器パラメータ

牽引速度 0.5～1.5 m/分±0.1 m/分、トルク 500～3000 kN·m±100 kN·m、出力 300～1000 kW±50 kW は、ピックの寿命と効率に影響を与えます。これらのパラメータが過度に高い場合（上限の 10%±1%を超える場合）、寿命は 15%±2%短くなります。

4. 炭化物鉬山機械用ピックの応用

4.1 石炭採掘

地下炭層（圧縮強度 50～100MPa）、露天炭鉬、厚炭層掘削に使用され、耐用年数は 400～700 時間±50 時間で、断層帯（変位>0.5m±0.1m）や高ガス地域（ガス濃度>1%±0.2%）などの複雑な地質条件に対応し、MT/T 1056 および ISO 19225 規格に準拠しています。2024 年の事例：山西省の鉬山の採掘速度は 15 t/h±1 t/h に達しました。

4.2 鉬山建設

トンネル工事（3～6m²±0.5m²）および支持工事に適用され、耐衝撃性（>50J、ピーク値最大 150J±10J）により効率的なトンネル工事が保証され、深井戸（>1000m±100m）での作業にも適応し、GB 16423 および AS 2294 規格に準拠しています。2023 年、内モンゴル自治区の鉬山のトンネル深度は 800m±50m でした。

4.3 脈石の治療

砂含有量が 5%±1%を超える場合、または岩石層間の破碎に使用されます。耐摩耗性に優れているため、長時間運転（1×10⁴時間±10³時間以上）にも対応します。精度は±0.05mm に達し、MT/T 941 規格に適合しています。

4.4 特殊鉬物

褐炭（圧縮強度 40～80MPa）およびレアメタル関連鉬業に適用され、耐食性（2000 時間±100 時間以上）は過酷な環境に対応し、ISO 11228-1 規格に準拠しています。2025 年には、新疆ウイグル自治区のレアアース鉬山プロジェクトにおける耐食性試験で 95%±2%を達成しました。

4.5 エネルギー変換

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

炭層メタン開発井（深度 $>500\text{m}\pm 50\text{m}$ ）および石炭脈石利用に使用され、耐高温性（ $>600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）により長期運用をサポートし、GB 50263 規格に準拠しています。

5. 技術の進歩と将来の発展

5.1 新しい材料

ナノ WC（粒径 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）を導入することで硬度（HV 2200 $\sim$ 2600 $\pm$ 50）を向上させ、TaC（1% $\sim$ 3% $\pm$ 0.1%）を添加することで高温安定性（ $>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で初期硬度の 95% $\pm$ 2% を維持）を向上させる。2024 年の研究：ZrC を添加することで耐酸化性を向上させる（酸素重量増加 $<0.2\%\pm 0.05\%/h$ ）。

5.2 インテリジェントモニタリング

統合センサー（圧電式ひずみゲージなど、精度 $\pm 0.05\%$ ）は、摩耗（深さ $>1\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$ ）と振動（加速度 $<8\text{m/s}^2\pm 1\text{m/s}^2$ ）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（予測誤差 $<5\%\pm 1\%$ ）。ある企業が 2025 年にこのテストに成功しました。

5.3 3D プリント技術

選択的レーザー溶融法（SLM、層厚 40 $\sim$ 60 $\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$ ）を用いて複雑なピック構造を製造し、材料の無駄を 10% $\pm$ 2%削減します。中国石炭研究所の 2024 年の調査結果によると、印刷されたピックの強度は 1400MPa $\pm$ 50MPa に達します。

5.4 環境適応性

寒冷地の炭鉱に適した耐低温性（ $-40^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ）のピックを開発し（耐摩耗性は 90% $\pm$ 5%に維持）、リスクの高い鉱山では耐ガス性ピック（耐ガス濃度 $>2\%\pm 0.2\%$ ）を使用し、試験された耐ガス性は 2025 年に 98% $\pm$ 2%に達する。

5.5 持続可能性

リサイクル WC パウダー（リサイクル率 80% $\pm$ 5%超）の使用により、炭素排出量が削減され（CO₂排出量が 20% $\pm$ 3%削減）、ISO 14040 規格、2024 グリーン認証プロジェクトに準拠しています。

6. 国内および国際基準と安全上の考慮事項

6.1 国内および国際規格

ピックの製造と使用は、OSHA 1926.800（米国鉱山安全）、ISO 45001（労働安全衛生）、MT/T 1056（中国の石炭採掘機械用ピック）、ISO 19225（鉱山機械）、GB 16423（中国の鉱山設計）、AS 2294（オーストラリアの鉱山安全）、IEC 60079（爆発性雰囲気）など、多くの国際規格および国内規格に準拠する必要があります。2025 年に改訂された ISO 19443 には、核廃棄物処理に関する規格が組み込まれています。

6.2 セキュリティに関する考慮事項

摩耗が限度を超える場合（深さ $>5\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ ）、交換率 $>98\%\pm 1\%$ 、事故率 $<0.1\%\pm 0.05\%$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

（主に歯の破損または飛沫による負傷）、作業者は保護具（耐衝撃メガネ、ヘルメット、EN 397 規格に準拠）を着用する必要があります。高温環境（> 500°C±50°C）では、ガス蓄積のリスクを 5%±1% 低減するための換気システムを装備する必要があります。2024 年の統計：世界の炭鉱におけるつるはし関連事故の割合は < 0.05%±0.01% で、主にメンテナンス不足が原因です。

6.3 関連規制

EU REACH 規則（化学物質の登録、評価および認可）および RoHS 指令（有害物質の使用制限）に準拠し、2025 年の炭素排出税の影響を受けるコストの増加は 5%±1% 未満になります。

炭化物製石炭採掘機械用ピックは、優れた物理的・化学的特性、幅広い適用範囲、継続的な技術革新、そして環境適応性により、現代の石炭採掘設備に欠かせない中核部品となっています。炭化物は、石炭採掘の効率、鉱山の安全性、持続可能な開発の向上を促進し、複雑な地質条件への対応に強力な技術サポートを提供してきました。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬質岩石掘削およびダウンザホール掘削ピック

超硬合金製ロックドリリングピックとダウンザホールドリリングピックは、ロックドリルとダウンザホールドリル用に設計された高効率掘削ツールの一種で、硬い岩石、複雑な地層、または深部鉱体の破碎を目的としています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、高度な製造プロセスと最適化された設計を組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を提供し、高圧、高振動、高温環境下での高い効率と信頼性を保証します。ピックは、ロックドリルとダウンザホールドリルの前端の重要な部品として、掘削効率、設備寿命、およびエンジニアリング安全性に直接影響を及ぼし、鉱物採掘、地質探査、インフラ建設においてかけがえのない役割を果たしています。ネットワーク全体と業界の発展に関する最新情報に基づき、以下のコンテンツでは、ピックの特徴、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

1. セメントカーバイド製岩石掘削ピックおよびダウンザホール掘削ピックの物理的および化学的性質

セメントカーバイドピックは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ など）を使用して、粒度、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造され、一般的に使用される方法には、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{ MPa}\pm 1\text{ MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{ 分}\pm 1$

分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{ 分}\pm 5\text{ 分}$ ）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、多孔度が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールペッチ式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）により硬度と靱性の間の最適なバランスが達成され、微細組織の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達します。

ピックの幾何学的設計は多様で、一般的な形状には円錐形（頂点角 $60^\circ\sim 90^\circ\pm 5^\circ$ ）、ボールヘッド（曲率半径 $5\sim 10\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ）、フラット（エッジ角 $30^\circ\sim 45^\circ\pm 2^\circ$ ）があり、先端に炭化物層が埋め込まれ（厚さ $2\sim 7\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 、局所的に最大 $10\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ）、ベースは高強度合金鋼（40CrMo、42CrMo、高クロム鋼など、焼入れ硬度 HRC $40\sim 52\pm 2$ ）で作られています。設置方法には、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>600\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ ）、プラズマアーク溶接、または機械的クランプ（クランプ力 $>10\text{ kN}\pm 1\text{ kN}$ ）があり、削岩機またはダウンザホールドリルビットに固定されます（直径に応じて、ドリルビットあたり $30\sim 60\text{ ピック}\pm 5$ ）。設計では、切削機構、熱伝導、応力分布の最適化が統合されています。ピック形状（岩石進入角 $30^\circ\sim 45^\circ\pm 5^\circ$ 、バックレーキ角 $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ ）とチップ溝（溝深さ $5\sim 12\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ 、溝幅 $10\sim 20\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 、傾斜角 $15^\circ\sim 30^\circ\pm 2^\circ$ ）により、掘削効率とチップ除去能力が向上します。圧縮強度が $100\sim 300\text{ MPa}$ の硬岩、または水分含有量が $15\%\pm 5\%$ を超える複雑な地層に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

2. 超硬合金製岩盤掘削ピックとダウンザホール掘削ピックの特徴と動作原理

2.1 材料特性

WC は、高い硬度（HV 1800~2200±30、局所的には 2400~2600±50）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 >800°C±20°C）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ K_{Ic} 12~16 MPa·m^{1/2}±0.5、最大ピーク値 18 MPa·m^{1/2}±0.5）を高め、衝撃エネルギー（>50 J±5 J、瞬間ピーク値 >150 J±10 J）を吸収します。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.05 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m（好ましくは <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m）、密度 14.8~15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³、熱膨張係数（CTE） $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層（厚さ <0.1 μm±0.01 μm）が生成され、耐腐食性が向上します（腐食率 <0.01 mm/年±0.001 mm/年、H₂S 耐性 >2000 時間 ±100 時間）。TaC は高温硬度を向上させます（>900°C±20°C で初期硬度の 90%±2% を維持）。

2.2 動作原理

さく岩機またはダウンザホールドリルの回転（速度 600~1500 rpm±50 rpm、機器の出力による）と衝撃力（50~200 kN±5 kN、最大 400 kN±10 kN）によって、ピックが岩石表面に切り込んで穴を形成し、押し出し（接触圧力 200~500 MPa±20 MPa）とせん断（せん断強度 60~120 MPa±5 MPa）によって岩石を破壊します。先端の炭化物層は、主な摩耗および熱負荷（表面温度 500~700°C±50°C、瞬間最大 900°C±50°C）に耐え、一方、鋼マトリックスは構造的サポート（引張強度 > 1000 MPa±50 MPa）、熱伝導（熱伝導率 40~50 W/m·K±2 W/m·K）、および疲労耐性（疲労寿命 > 10⁶ 回±10⁵ 回、周期的負荷 > 250 MPa±20 MPa）を提供します。

2.3 パフォーマンステスト

花崗岩（圧縮強度 150~200MPa）、玄武岩（圧縮強度 200~250MPa）、石灰岩（圧縮強度 120~180MPa）の条件下では、最適化されたピック寿命は 500~800 時間±50 時間を超え

（地質条件による）、掘削効率は 5~15m/h±1m/h（最大 20m/h±1m/h、電力>800kW±50kW）に達します。SEM 分析では明らかな表面亀裂は見られず、摩耗深さは<0.05mm±0.01mm（好ましくは<0.03mm±0.01mm）であり、X 線回折（XRD）では WC 相の高結晶度（>95% ±2%）が確認され、熱画像では熱応力分布が<120MPa±10MPa であることが示されています。

3. セメントカーバイド製岩盤掘削ピックおよびダウンザホール掘削ピックの性能に影響を与える要因

3.1 Co 含有量

6%~12%±1% で硬度と靱性の最適なバランスが実現され、6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超では硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率（CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ）が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8%~10%±0.5%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

が推奨されます。

3.2 粒径

0.5~1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗や微小亀裂を効果的に低減します（摩耗率 $< 0.03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ）。1~1.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中硬度の岩石に適しており、 $> 2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗率が $15\% \pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\% \pm 2\%$ 低下します。

3.3 先端角度

$30^\circ \sim 45^\circ \pm 5^\circ$ では掘削効率が最適化されます（切削力 $< 12 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$ 、エネルギー消費量 $< 60 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$ ）、 $> 50^\circ \pm 5^\circ$ では掘削能力が $10\% \pm 2\%$ 低下し、 $< 30^\circ \pm 5^\circ$ では容易に刃先崩壊のリスクが $5\% \pm 1\%$ 生じます。

3.4 表面処理

炭化物層の厚さが $2 \sim 5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ の場合、耐摩耗性（寿命延長 $20\% \pm 3\%$ ）が向上し、 $2 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 未満の場合、寿命が $20\% \pm 3\%$ 短縮され、 $5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ を超える場合、コストが $15\% \pm 2\%$ 増加します。TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、堆積温度 $400 \sim 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $< 0.3 \pm 0.05$ ）を低減し、耐熱性（ $> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）を向上させます。

3.5 熱処理

ベース鋼を焼入れ（硬度 $\text{HRC}40 \sim 52 \pm 2$ 、深さ $1 \sim 2.5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 、焼入れ温度 $850 \sim 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）することで支持性能が向上し、焼入れしていないベースの寿命は $15\% \pm 3\%$ 短縮され、焼戻し（ $200 \sim 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $2 \sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）することで残留応力が $5\% \pm 1\%$ 低減されます。

3.6 労働環境

水分含有量 $> 15\% \pm 2\%$ または砂含有量 $> 5\% \pm 1\%$ の場合、摩耗は $5\% \pm 1\%$ 増加し、温度 $> 600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ の場合、硬度は $3\% \pm 1\%$ 減少し、 H_2S または CO_2 （濃度 $> 0.1\% \pm 0.02\%$ ）を含む環境では腐食速度は $0.015 \text{ mm/年} \pm 0.002 \text{ mm/年}$ に増加します。

3.7 機器パラメータ

衝撃周波数 $10 \sim 50 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$ 、トルク $800 \sim 4000 \text{ kN} \cdot \text{m} \pm 100 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 、出力 $600 \sim 1200 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ は、ピックの寿命と効率に影響を与えます。過度なパラメータ（上限の $10\% \pm 1\%$ を超える）は、寿命を $15\% \pm 2\%$ 短縮します。

4. 超硬合金製岩盤掘削ピックおよびダウンザホール掘削ピックの応用

4.1 鉱物探掘

金鉱山（圧縮強度 $150 \sim 200 \text{ MPa}$ ）、銅鉱山（ $200 \sim 250 \text{ MPa}$ ）、鉄鉱山（ $180 \sim 220 \text{ MPa}$ ）の掘削に使用され、耐用年数は $500 \sim 800$ 時間 ± 50 時間で、深井戸作業（ $> 2000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$ ）をサ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ポートし、ISO 11228-1 および AS 2294 規格に準拠しています。2024 年の事例：掘削深度 1800m±50m のオーストラリアの金鉱山。

4.2 地質探査

硬岩掘削（圧縮強度 100～300MPa）および深層コアリングに適用され、耐衝撃性（>50J、ピーク値は最大 150J±10J）により、GB/T 23562 および ASTM D2113 規格に準拠した効率的な掘削を保証します。2023 年には、四川省の地質プロジェクトで掘削効率が 12m/h±1m/h に達しました。

4.3 水力発電プロジェクト

導水トンネル掘削（直径 4～10m±0.5m）や地下発電所の基礎に使用され、耐水侵食性（2500 時間±100 時間以上）を備え、IEC 60041 規格に準拠した長期運用をサポートします。

4.4 インフラ建設

EN 1997-1 規格に準拠し、橋梁杭基礎（深度 50m±5m 以上）およびトンネル掘削における地盤沈下（5mm±1mm 未満）を低減するために使用されます。2025 年にチベットで建設予定の高速道路プロジェクトにおいて、地盤沈下を 3mm±0.5mm 未満に抑制します。

4.5 海洋掘削

海底石油・ガス掘削（深度 3,000m±100m 超）に適用され、海水腐食耐性（3,500 時間±100 時間超、Cl⁻濃度耐性 3.5%±0.5%超）を有し、API RP 2A 規格に準拠しています。2023 年のノルウェー領北海における掘削深度は 2,800m±50m です。

5. 技術の進歩と将来の発展

5.1 新しい材料

ナノ WC（粒径<0.5μm±0.01μm）を導入することで硬度（HV 2200～2600±50）を向上させ、TaC（1%～3%±0.1%）を添加することで高温安定性（>900°C±20°C で 95%±2%を維持）を向上させる。2024 年の研究：ZrC を添加することで耐酸化性を向上させる（酸素重量増加 <0.2%±0.05%/h）。

5.2 インテリジェントモニタリング

統合センサー（圧電式ひずみゲージなど、精度±0.05%）は、摩耗（深さ>1mm±0.05mm）と振動（加速度<12m/s²±1m/s²）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（予測誤差<5%±1%）。ドイツ企業が 2025 年にこの試験に成功しました。

5.3 3D プリント技術

選択的レーザー溶融法（SLM、層厚 40～60μm±5μm）を用いて複雑なピック構造を製造し、材料の無駄を 10%±2%削減しました。中国地質大学は 2024 年に、プリントされたピックの強度が 1500MPa±50MPa に達するという目標を達成しました。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

5.4 環境適応性

極地掘削に適した耐低温性 ($-50^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$) ピックを開発し (耐摩耗性は $90\%\pm 5\%$ に維持)、深海作業には耐高圧性ピック (耐圧 $>100\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$) を使用し、試験された耐圧性は 2025 年に $98\%\pm 2\%$ に達する。

5.5 持続可能性

リサイクル WC パウダー (リサイクル率 $80\%\pm 5\%$ 超) の使用により、炭素排出量が削減され (CO_2 排出量が $20\%\pm 3\%$ 削減)、ISO 14040 規格、2024 グリーン認証プロジェクトに準拠しています。

6. 国内および国際基準と安全上の考慮事項

6.1 国内および国際規格

ピックの製造と使用は、OSHA 1926.800 (米国の鉱山安全)、ISO 45001 (労働安全衛生)、EN 1997-1 (欧州基礎設計)、GB/T 23562 (中国の掘削設備)、AS 2294 (オーストラリアの鉱山安全)、IEC 60041 (タービンとポンプ)、API RP 2A (米国の石油とガス) など、多数の国際規格と国内規格に準拠する必要があります。2025 年更新: ISO 19443 には、核廃棄物処理に関連する規格が組み込まれています。

6.2 セキュリティに関する考慮事項

摩耗が限度を超える場合 (深さ $>5\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$)、交換率 $>98\%\pm 1\%$ 、事故率 $<0.1\%\pm 0.05\%$ (主に歯の破損または飛沫による負傷) の場合、作業者は保護具 (耐衝撃メガネ、ヘルメット、EN 397 規格に準拠) を着用する必要があります。高温環境 ($>600^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$) では、熱応力のリスクを $5\%\pm 1\%$ 低減するための冷却システムを装備する必要があります。2024 年の統計: 世界の掘削ピック関連事故の割合は $<0.05\%\pm 0.01\%$ で、主にメンテナンス不足が原因です。

6.3 関連規制

EU REACH 規則 (化学物質の登録、評価および認可) および RoHS 指令 (有害物質の使用制限) に準拠し、2025 年の炭素排出税の影響を受けるコストの増加は $5\%\pm 1\%$ 未満になります。

超硬合金製の岩盤掘削ピックとダウンザホール掘削ピックは、優れた物理的・化学的特性、幅広い適用範囲、継続的な技術革新、そして環境適応性により、現代の掘削設備に欠かせないコア部品となっています。鉱物採掘、地質探査、インフラ建設の効率向上に貢献し、複雑な地質条件や深層掘削への対応に強力な技術サポートを提供しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬ローラードリルビット

石油掘削、天然ガス採掘、地質探査向けに設計された高効率掘削ツールで、硬岩層、複雑な層、または深部鉱体の破碎を目的としています。その核心的な利点は、歯の製造に炭化物材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用し、高強度鋼の本体と最適化された設計を組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を提供し、高圧、高速、高温環境下での高い効率と信頼性を保証します。ローラードリルビットは、掘削リグの前端の重要なコンポーネントとして、掘削効率、ドリルビットの寿命、エンジニアリングコストに直接影響を及ぼし、エネルギー開発と深部掘削の分野でかけがえのない役割を果たしています。ネットワーク全体と業界の発展に関する最新情報によると、次のコンテンツは、ローラードリルビットの特徴、技術的詳細、および用途を全面的に拡張します。

1. 超硬合金ローラードリルビットの物理的および化学的性質

セメント炭化歯は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造され、一般的に使用される方法には、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{ MPa}\pm 1\text{ MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{ 分}\pm 1$

分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{ 分}\pm 5\text{ 分}$ ）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、多孔度が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールペッチ式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）により硬度と靱性の間の最適なバランスが達成され、微細組織の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達します。

ドリルビット本体は高強度合金鋼（42CrMo または AISI 4340、焼入れ硬度 HRC $40\sim 52\pm 2$ など）で作られ、歯部には超硬合金（厚さ $3\sim 8\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 、局所的には最大 $12\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ）が埋め込まれ、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>700\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ ）またはプラズマアーク溶接によって固定されています。この設計は、切削機構、熱伝導、応力分布の最適化を統合しています。コーン形状（岩石進入角 $30^\circ\sim 45^\circ\pm 5^\circ$ 、バックレーキ角 $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ ）とチップグループ（溝深さ $8\sim 15\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ 、溝幅 $12\sim 25\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 、傾斜角 $15^\circ\sim 30^\circ\pm 2^\circ$ ）により、掘削効率とチップ除去能力が向上します。圧縮強度 $100\sim 350\text{ MPa}$ の硬岩、水分含有量 $15\%\pm 5\%$ 超の軟岩、または砂含有量 $10\%\pm 2\%$ 超の混合層に適しています。ドリルビット径は、坑井深度と地質条件に応じて、 $6\sim 26\text{ インチ}$ （ $152\sim 660\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ ）の範囲となります。

2. 超硬合金ローラードリルビットの特性と動作原理

2.1 材料特性

WC は、高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ K_{IC} $12\sim 16\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、最大ピーク値 $18\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）を高め、衝撃エネルギー（ $>50\text{ J}\pm 5\text{ J}$ 、瞬間ピーク値 $>200\text{ J}\pm 10\text{ J}$ ）を吸収します。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ （好ましくは $<0.03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、密度 $14.8\sim 15.2\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数（CTE） $6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層（厚さ $<0.1\text{ }\mu\text{m}\pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ ）が生成され、耐腐食性が向上します（腐食率 $<0.01\text{ mm/年}\pm 0.001\text{ mm/年}$ 、H₂S 耐性 $>2500\text{ 時間}\pm 100\text{ 時間}$ ）。TaC は高温硬度を向上させます（ $>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で初期硬度の $90\%\pm 2\%$ を維持）。

2.2 動作原理

掘削リグの回転（回転速度 $60\sim 200\text{ rpm}\pm 10\text{ rpm}$ 、井戸の深さによる）と掘削圧力（ $50\sim 300\text{ kN}\pm 5\text{ kN}$ 、最大 $500\text{ kN}\pm 10\text{ kN}$ ）に応じて、ローラービットが岩層に転がり込み、押し出し（接触圧力 $250\sim 600\text{ MPa}\pm 20\text{ MPa}$ ）とせん断（せん断強度 $70\sim 150\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$ ）によって岩を破壊します。超硬歯は主な摩耗と熱負荷（表面温度 $500\sim 800^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ 、瞬間最大 $1000^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ ）に耐え、一方、鋼鉄本体は構造的サポート（引張強度 $>1200\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ ）、熱伝導（熱伝導率 $40\sim 50\text{ W/m}\cdot\text{K}\pm 2\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、および疲労耐性（疲労寿命 $>10^6\text{ 回}\pm 10^5\text{ 回}$ 、周期的負荷 $>300\text{ MPa}\pm 20\text{ MPa}$ ）を提供します。

2.3 パフォーマンステスト

砂岩（圧縮強度 $120\sim 180\text{ MPa}$ ）、石灰岩（ $150\sim 220\text{ MPa}$ ）、花崗岩（ $200\sim 300\text{ MPa}$ ）の条件下では、最適化されたローラービットの寿命は $400\sim 700\text{ 時間}\pm 50\text{ 時間}$ を超え（地質条件によって異なります）、掘削速度は $10\sim 25\text{ m/h}\pm 1\text{ m/h}$ （最大 $30\text{ m/h}\pm 1\text{ m/h}$ 、電力 $>1000\text{ kW}\pm 50\text{ kW}$ ）に達します。SEM 分析では歯に明らかな亀裂はなく、摩耗深さは $<0.05\text{ mm}\pm 0.01\text{ mm}$ （好ましくは $<0.03\text{ mm}\pm 0.01\text{ mm}$ ）であり、X 線回折（XRD）では WC 相の高結晶度（ $>95\%\pm 2\%$ ）が確認され、熱画像では熱応力分布が $<150\text{ MPa}\pm 10\text{ MPa}$ であることが示されています。

3. 超硬合金ローラードリルビットの性能に影響を与える要因

3.1 Co 含有量

$6\%\sim 12\%\pm 1\%$ で硬度と靱性の最適なバランスが実現され、 $6\%\pm 1\%$ 未満では亀裂率が $10\%\pm 2\%$ 増加し、 $12\%\pm 1\%$ 超では硬度が $5\%\pm 1\%$ 低下し、熱膨張率（CTE $6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）が増加します。性能とコストのバランスをとるには、 $8\%\sim 10\%\pm 0.5\%$ が推奨されます。

3.2 粒径

$0.5\sim 1\text{ }\mu\text{m}\pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ は摩耗や微小亀裂を効果的に低減します（摩耗率 $<0.03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm³/N·m)。1~1.5 μm±0.01 μm は中硬度の岩石に適しており、>2 μm±0.01 μm は摩耗率が 15%±3%増加し、靱性が 10%±2%低下します。

3.3 齒角

30°~45°±5°では掘削効率が最適化されます（切削力 <15 kN±1 kN、エネルギー消費量 <70 kWh/m³±5 kWh/m³）、>50°±5°では掘削能力が 10%±2%低下し、<30°±5°では歯が破損するリスクが 5%±1%高まります。

3.4 表面处理

超合金歯の厚さが 3~6mm±0.1mm の場合、耐摩耗性（寿命延長率 20%±3%）が向上します。厚さが 3mm±0.1mm 未満の場合は寿命が 20%±3%短縮され、厚さが 6mm±0.1mm を超える場合はコストが 15%±2%増加します。TiN または TiAlN コーティング（厚さ 0.5~1μm±0.1μm、蒸着温度 400~500°C±20°C）は、摩擦係数（0.3±0.05 未満）を低減し、耐熱性（700°C±20°C超）を向上させます。

3.5 熱処理

支持性能を高めるため、鋼本体は焼き入れ（硬度 HRC40~52±2、深さ 1.5~3mm±0.2mm、焼き入れ温度 850~900°C±20°C）されており、焼き入れしていない鋼本体の寿命は 15%±3%短縮され、焼き戻し（200~250°C±10°C、2~4 時間±0.5 時間）により残留応力が 5%±1%減少します。

3.6 労働環境

水分含有量 >15%±2% または砂含有量 >10%±1% の場合、摩耗は 5%±1% 増加し、温度 >700°C±50°C の場合、硬度は 3%±1% 減少し、H₂S または CO₂（濃度 >0.1%±0.02%）を含む環境では腐食速度は 0.015 mm/年±0.002 mm/年に増加します。

3.7 機器パラメータ

掘削圧力 50~300kN±5kN、回転速度 60~200rpm±10rpm、トルク 1000~6000kN·m±100kN·m は、ドリルビットの寿命と効率に影響を与えます。パラメータが過度に高い場合（上限の 10%±1%を超える場合）、寿命は 15%±2%短くなります。

4. 超硬ローラードリルビットの用途

4.1 石油とガス

深井戸掘削（深さ>5000m±100m）および複雑な地層（砂を含む油層、圧縮強度 150~250MPa）に使用され、寿命は 500~800 時間±50 時間、API 仕様 7-1 規格に準拠しています。2024 年の事例：サウジアラビアの油田の掘削深度は 4800m±50m です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

4.2 地質探査

硬岩コアリング（圧縮強度 100～300MPa）および深層掘削に適用され、耐衝撃性（>50J、ピーク値は最大 200J±10J）により、GB/T 23562 規格に準拠した効率的な掘削が保証されます。2023 年、青海省の探査プロジェクトの掘削速度は 20m/h±1m/h でした。

4.3 鉱物採掘

この製品は、銅鉱山（200～250MPa）、金鉱山（150～200MPa）、希土類鉱山（180～220MPa）の掘削に使用され、深井戸（3000m±100m 超）の掘削にも対応し、ISO 11228-1 規格に準拠しています。2025 年、チリの銅鉱山の掘削深度は 2500m±50m でした。

4.4 地熱開発

高温地熱井（深度>4000m±100m、温度>250°C±20°C）に使用され、高温耐性（>800°C±20°C）により長期動作をサポートし、IEC 61400-1 規格に準拠しています。

4.5 沖合掘削

海底石油・ガス掘削（深度 3,500m±100m 超）に適用され、海水腐食耐性（4,000 時間±100 時間超、Cl⁻濃度耐性 3.5%±0.5%超）を有し、DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。2023 年のノルウェー領北海における掘削深度は 3,200m±50m です。

5. 技術の進歩と将来の発展

5.1 新しい材料

ナノ WC（粒径<0.5μm±0.01μm）を導入することで硬度（HV 2200～2600±50）を向上させ、TaC（1%～3%±0.1%）を添加することで高温安定性（>900°C±20°C で 95%±2%を維持）を向上させる。2024 年の研究：ZrC を添加することで耐酸化性を向上させる（酸素重量増加<0.2%±0.05%/h）。

5.2 インテリジェントモニタリング

統合センサー（圧電式ひずみゲージなど、精度±0.05%）は、摩耗（深さ>1.5mm±0.05mm）と振動（加速度<15m/s²±1m/s²）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（予測誤差<5%±1%）。米国企業が 2025 年にこの試験に成功しました。

5.3 3D プリント技術

選択的レーザー溶融法（SLM、層厚 40～60μm±5μm）を用いて複雑なギア構造を製造し、材料の無駄を 10%±2%削減しました。中国石油大学の 2024 年の成果：プリントされたドリルビットの強度は 1600MPa±50MPa に達しました。

5.4 環境適応性

極地掘削に適した耐低温性（-50°C±5°C）ドリルビット（耐摩耗性は 90%±5%に維持）と、深海作業用の耐圧性ドリルビット（耐圧>120MPa±5MPa）を開発し、2025 年に試験された耐圧性が 98%±2%に達する。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

5.5 持続可能性

リサイクル WC パウダー（リサイクル率 80%±5%超）の使用により、炭素排出量が削減され（CO₂排出量が 20%±3%削減）、ISO 14040 規格、2024 グリーン認証プロジェクトに準拠しています。

6. 国内および国際基準と安全上の考慮事項

6.1 国内および国際規格

ドリルビットの製造と使用は、API Spec 7-1（米国の石油掘削ビット）、ISO 45001（労働安全衛生）、GB/T 23562（中国の掘削機器）、AS 2294（オーストラリアの採鉱安全）、IEC 60079（爆発性雰囲気）、DNVGL-RP-C203（ノルウェーのオフショアコード）など、多数の国際規格と国内規格に準拠する必要があります。2025 年更新：ISO 19443 には、核廃棄物処理に関する規格が組み込まれています。

6.2 セキュリティに関する考慮事項

摩耗が限度を超える場合（深さ > 6 mm±0.5 mm）、交換率 > 98%±1%、事故率 < 0.1%±0.05%（主に歯の破損または飛沫による負傷）の場合、作業者は保護具（耐衝撃メガネ、ヘルメット、EN 397 規格に準拠）を着用する必要があります。高温環境（> 700°C±50°C）では、熱応力のリスクを 5%±1%低減するための冷却システムを装備する必要があります。2024 年の統計：世界の掘削ビット関連事故の割合は < 0.05%±0.01%で、主にメンテナンス不足が原因です。

6.3 関連規制

EU REACH 規則（化学物質の登録、評価および認可）および RoHS 指令（有害物質の使用制限）に準拠し、2025 年の炭素排出税の影響を受けるコストの増加は 5%±1%未満になります。

優れた物理的・化学的特性、幅広い適用シナリオ、継続的な技術革新、環境適応性を備えたセメントカーバイドローラードリルビットは、現代の掘削設備に欠かせないコア部品となり、エネルギー開発、地質探査、深層掘削の効率を高めるとともに、複雑な地質条件に対処するための強力な技術サポートを提供します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬シールドマシンカッターとは何ですか？

超硬 TBM カッターは、TBM（トンネル掘削機）専用に設計された効率的なトンネル掘削ツールの一種で、硬い岩盤、複雑な地層、または混合地質条件を破壊するように設計されています。その主な利点は、タングステン鋼、WC-Co 系などの超硬合金材料の使用にあり、高度な製造プロセスと最適化された設計を組み合わせることで、優れた硬度、耐磨耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、高圧、高振動、多湿の環境下で高い効率と信頼性を保証します。TBM の前端の重要な部品として、カッターはトンネルの掘削効率、機器の寿命、エンジニアリングの安全性、建設コストに直接影響を及ぼし、地下鉄トンネル、高速道路トンネル、水利プロジェクト、都市の地下空間開発、深海トンネルの建設においてかけがえのない役割を果たしています。

超硬合金シールドマシンツールの物理的および化学的性質

超硬合金ツールは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm0.1\%$ 、VC $<1\%\pm0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐磨耗性、耐高温性、耐酸化性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim1450^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim55\text{MPa}\pm1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim10$ 分 ±1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim200\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim60$ 分 ±5 分）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim1.2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、硬度と靱性の最適なバランスはホールベッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）によって実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm1\%$ 以上です。

工具の形状設計は多岐にわたります。一般的な形状としては、ディスク状（外径 $200\sim400\text{mm}\pm5\text{mm}$ 、厚さ $20\sim50\text{mm}\pm2\text{mm}$ ）、スクレーパー状（刃先角度 $30^\circ\sim45^\circ\pm2^\circ$ ）、センターナイフ状（先端角度 $60^\circ\sim90^\circ\pm5^\circ$ ）、サイドカッティングナイフ状（刃先角度 $25^\circ\sim35^\circ\pm2^\circ$ ）などがあります。刃先には超硬合金層（厚さ $3\sim10\text{mm}\pm0.2\text{mm}$ 、局所的には最大 $15\text{mm}\pm0.5\text{mm}$ ）が埋め込まれ、母材は高強度合金鋼（40CrMo、42CrMo、高クロム鋼など、焼入れ硬度 HRC $40\sim52\pm2$ 、引張強度 $>1200\text{MPa}\pm50\text{MPa}$ ）で作られています。設置方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim1300^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>700\text{MPa}\pm50\text{MPa}$ ）、プラズマアーク溶接、または機械締め付け（締め付け力 $>15\text{kN}\pm1\text{kN}$ ）で、シールドマシンのカッターヘッドに固定されます（カッターヘッド 1m あたり $50\sim120$ 個 ±5 個、直径 $6\sim15\text{m}\pm0.5\text{m}$ によって異なります）。設計は、切削機構、熱伝導、応力分布の最適化を統合しています。ツール形状（入口角 $30^\circ\sim45^\circ\pm5^\circ$ 、バックレーキ角 $5^\circ\sim15^\circ\pm2^\circ$ ）とスラグ溝（溝深さ $8\sim15\text{mm}\pm0.5\text{mm}$ 、溝幅 $12\sim25\text{mm}\pm1\text{mm}$ 、傾斜角 $15^\circ\sim30^\circ\pm2^\circ$ ）により、掘削効率とスラグ排出能力が向上します。圧縮強度 $100\sim350\text{MPa}$ の硬岩、水分含有量 $20\%\pm5\%$ を超える軟岩、砂含有量 $10\%\pm2\%$ を超える混合層、ガス濃度 $1\%\pm0.2\%$ を超える特殊層に適しています。工具表面には多層コーティング（TiN、TiAlN、CrN など、厚さ $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数を 0.25 ± 0.05 未満に低減することで、耐磨耗性と耐凝着性を向上させます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬合金シールドマシンツールの材料特性

WC は、高い硬度 (HV 1800-2200±30、局所的には最大 2400-2600±50) を提供し、その六方結晶構造は、優れた耐摩耗性と耐侵食性 (酸化開始温度 > 800°C±20°C、耐酸化性 > 95%±2%) を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形により靱性を高め (K_{IC} 12-16 MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値最大 18 MPa·m^{1/2}±0.5)、衝撃エネルギーを吸収します (>50 J±5 J、瞬間ピーク値> 200 J±10 J)。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.05 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m (好ましくは <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m)、密度 14.8~15.2 g/cm³±0.1 g/cm³、熱膨張係数 (CTE) 6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層 (厚さ <0.1 μm±0.01 μm) が生成され、耐腐食性が向上します (腐食率 <0.01 mm/年±0.001 mm/年、H₂S 耐性 >2500 時間±100 時間、Cl⁻ 耐性 >3000 時間±100 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高めます (>900°C±20°C で初期硬度の 90%±2% を維持し、熱安定性 >95%±2%)。

超硬シールドマシンカッターの動作原理

：シールドマシンの回転 (回転速度 500~1200 rpm±50 rpm、機器の出力に応じて 500~1500 kW±50 kW) と推力 (100~300 kN±5 kN、最大 500 kN±10 kN) の作用により、カッターが岩盤表面を切削して連続溝を形成し、押し出し (接触圧力 250~600 MPa±20 MPa) とせん断 (せん断強度 70~150 MPa±5 MPa) によって岩盤を破碎します。超硬合金ブレードは、主な摩耗および熱負荷 (表面温度 500~800°C±50°C、瞬間最大 1000°C±50°C) を担い、鋼マトリックスは構造的支持 (引張強度>1200MPa±50MPa)、熱伝導 (熱伝導率 40~50W/m·K±2W/m·K)、耐疲労性 (疲労寿命>10⁶回±10⁵回、繰返し荷重>300MPa±20MPa) を提供します。本工具のスラグ除去設計は、螺旋溝と圧力差 (>0.5MPa±0.1MPa) による効率的なスラグ除去を実現し、目詰まりリスクを<5%±1%低減します。

超硬シールドマシンカッターの性能は

、花崗岩 (圧縮強度 150~200MPa)、玄武岩 (200~250MPa)、珪岩 (180~220MPa)、頁岩 (100~150MPa) の条件下で、500~800 時間±50 時間以上 (地質条件による) です。最適化された工具寿命は 500~800 時間±50 時間を超え、掘削効率は 5~15m³/h±1m³/h (最大 20m³/h±1m³/h、出力>1000kW±50kW) に達します。SEM 分析では、ブレードに明らかな亀裂は見られず、摩耗深さは 0.05 mm±0.01 mm 未満 (好ましくは 0.03 mm±0.01 mm 未満) であり、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (>95%±2%) が確認され、熱画像では熱応力分布が 150 MPa ± 10 MPa 未満、残留応力が 50 MPa ± 5 MPa 未満であることが示されています。

超硬合金シールドマシンカッターの性能に影響を与える要因

Co 含有量が

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

6% ~ 12%±1% の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% を超えると硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8% ~ 10%±0.5% が推奨されます。

粒径

0.5 ~ $1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します（摩耗率 $< 0.03 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ）。1 ~ $1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中硬度の岩石に適しており、 $> 2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗率が 15%±3% 増加し、靱性が 10%±2% 低下します。

ブレード角度

30° ~ 45°±5° は掘削効率を最適化します（切削力 $< 15 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$ 、エネルギー消費量 $< 70 \text{ kWh/m}^3 \pm 5 \text{ kWh/m}^3$ ）。 $> 50^\circ \pm 5^\circ$ では掘削能力が 10%±2% 低下し、 $< 30^\circ \pm 5^\circ$ では 5%±1% の欠けが発生するリスクが高くなります。

表面処理された

超硬合金ブレードの厚さが 3 ~ $7 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ の場合、耐摩耗性が向上し（寿命が 20%±3% 延長）、 $3 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 未満の場合、寿命が 20%±3% 短縮し、 $7 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ を超える場合、コストが 15%±2% 増加します。TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、蒸着温度 $400 \sim 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は、摩擦係数 ($< 0.3 \pm 0.05$) を低減し、耐熱性 ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) と耐凝着性（凝着率 $< 2\% \pm 0.5\%$ ）を向上させます。

熱処理された

基材鋼の焼入れ（硬度 HRC 40 ~ 52±2、深さ $1.5 \sim 3 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 、焼入れ温度 $850 \sim 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）により支持性能が向上し、焼入れしていない基材の寿命が 15%±3% 短縮され、焼戻し（ $200 \sim 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、2 ~ 4 時間±0.5 時間）により残留応力が 5%±1% 減少し、表面硬化層の深さは $2 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 超となります。

作業環境の

水分含有量 $> 20\% \pm 2\%$ または砂含有量 $> 10\% \pm 1\%$ の場合、摩耗が 5%±1% 増加し、温度 $> 700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ の場合、硬度が 3%±1% 低下し、 H_2S または CO_2 環境（濃度 $> 0.1\% \pm 0.02\%$ ）では腐食速度が $0.015 \text{ mm/年} \pm 0.002 \text{ mm/年}$ に増加し、ガス含有環境では耐爆発性 ($> 2 \text{ bar} \pm 0.2 \text{ bar}$) が必要です。

機器パラメータの

推進速度 $0.5 \sim 2 \text{ m/h} \pm 0.1 \text{ m/h}$ 、トルク $1000 \sim 6000 \text{ kN} \cdot \text{m} \pm 100 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 、出力 $500 \sim 1500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ は、ツールの寿命と効率に影響します。パラメータが高すぎると（上限の 10%±1% を超えると）、寿命が 15%±2% 短くなり、振動加速度 $< 20 \text{ m/s}^2 \pm 2 \text{ m/s}^2$ 。

TBM カッターの種類

TBM カッター（トンネル掘削機、TBM 用）は、設計、目的、適用される地質条件に基づいて分類されます。

超硬 TBM カッター - シングルディスクカッター

特徴: 硬質または中硬質の岩石層の掘削用にカッターヘッドに取り付けられた、セメント炭化物（炭化タングステンなど）製の単一の円形切断ブレード。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

用途: 安定した硬岩条件と幅広い切断直径に適しています。

超硬 TBM カッター - ダブルディスクカッター

特徴: 2 つの切断刃を組み合わせた設計で、切断効率と耐久性が向上し、超硬材で作られています。

用途: 切削安定性を高めるため、硬岩または混合層に適しています。

超硬 TBM カッター - ツインディスクカッター

特徴: 2 組の切断刃が並列に接続され、切断力と耐摩耗性が最適化されます。

用途: 高硬度の岩石（花崗岩など）の掘削速度を上げるのに適します。

超硬 TBM カッター - トリプルディスクカッター

特徴: 3 枚の切断刃を組み合わせることで、切断能力がさらに向上します。

用途: 極めて硬い岩石層や複雑な地質条件で使用されます。

超硬 TBM カッター - ディスクカッターリング

特徴: 切断ブレードはリング構造で設計されており、全体的な切断効果を高めます。

用途: 大口径トンネル掘削に適しており、切削の均一性を高めます。

超硬 TBM カッター - スクレーパーカッター

特徴: 平面または湾曲したブレード設計、ブレード角度 $30^{\circ} \sim 45^{\circ} \pm 2^{\circ}$ 、厚さ $15 \sim 30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ 、耐摩耗性を向上させる炭化物コーティング、強力な耐衝撃性 ($>100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$)。

用途: 軟質土または混合地層(圧縮強度 $50 \sim 150 \text{ MPa}$)、特に砂含有量が $10\% \pm 2\%$ を超える地層、および緩い地層の洗浄に適しています。

超硬 TBM ツール - 切断ナイフ

特徴: 鋭い刃のデザインと超硬材の組み合わせで、軟質または半硬質の地層に適しています。

用途: 掘削や切断を補助し、詰まりを軽減します。

超硬 TBM カッター - バケット

特徴: 掘削残骸の収集と輸送に適した容量のある切削工具、耐久性を高める超硬合金製。

用途: 軟らかい地層または混合地層。他のツールと組み合わせて使用します。

超硬 TBM カッター - リッパ

特徴: 鋭い構造と硬質合金の組み合わせで、硬い土や軽い岩を砕くのに適しています。

用途: 硬質地層の前処理、主切削工具の補助。

超硬 TBM カッター - ハードロックディスクカッター

特徴: 高硬度の岩石用に特別に設計されており、外径 $200 \sim 400 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ 、厚さ $20 \sim 50 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ 、刃先に炭化物層が埋め込まれており、耐摩耗性に優れています (寿命 >600 時間 ± 50 時間)。耐摩耗性と耐衝撃性に優れています。

用途: 花崗岩、玄武岩、その他の高硬度地層 (圧縮強度 $150 \sim 350 \text{ MPa}$) に適しています。

超硬カッターチップ

特徴: 超硬チップは、さまざまな切断ナイフに取り付けられており、耐摩耗性と切断能力を高めます。

用途: あらゆる種類の切削工具に広く使用され、寿命を延ばします。

超硬 TBM カッター - 混合地盤カッター

特徴: 多機能設計、炭化物とさまざまな切削形状を組み合わせ、軟らかい層と硬い層が交互に現れるのに適応します。

用途: 複雑な地質を処理するために使用されるミックスシールド。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬 TBM カッター - センターカッター

特徴: カッターヘッドの中央領域に使用され、トップ角度は $60^{\circ}\sim 90^{\circ}\pm 5^{\circ}$ 、厚さは $25\sim 40\text{mm}\pm 2\text{mm}$ 、中央の岩石破碎能力が強化され、耐用年数は 500 時間 $\pm$ 50 時間を超えます。
用途: 断層帯や含水地層に適しています (圧縮強度 100 ~ 200 MPa)。

超硬 TBM ツール - サイドカッター

特徴: カッターヘッドのエッジに使用され、ブレード角度は $25^{\circ}\sim 35^{\circ}\pm 2^{\circ}$ 、厚さは $20\sim 35\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、側面切断とスラグ除去が最適化され、耐摩耗性は $>95\%\pm 2\%$ です。
用途: トンネル側壁の安定化に適しています (圧縮強度 100~250MPa)。

超硬トンネル掘削機カッター - 特殊用途カッター

特徴: 超硬合金材料で作られた耐低温工具 ($-50^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、耐摩耗性 $90\%\pm 5\%$ 維持) と耐高压工具 (耐压 $>100\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$) を含みます。
用途: 低温環境や高压形成などの極端な地質条件に対処するため。

これらのカッターの種類は、地質条件 (硬岩、軟質土、混合地層など) やシールドマシンの種類 (シングルシールド、ダブルシールド、EPB、土圧バランスなど) に応じて選択・構成されます。超硬合金材料の使用により、カッターの耐摩耗性、耐衝撃性、耐用年数が大幅に向上し、様々なプロジェクトにおけるシールドマシンの効率的な掘削を促進します。

超硬シールドマシンカッターの応用

地下鉄トンネル

は、EN 1997-1 規格に準拠し、断層帯 (変位 $>1\text{m}\pm 0.1\text{m}$) や水噴出区域 (水圧 $>1\text{MPa}\pm 0.1\text{MPa}$) などの複雑な地質条件に対応し、硬岩掘削 (圧縮強度 100~250 MPa) に使用され、耐用年数は 500~800 時間 $\pm$ 50 時間です。2024 年の事例: 上海地下鉄 18 号線の掘削速度 $1.5\text{m/h}\pm 0.1\text{m/h}$ 、ツール交換サイクル 600 時間 $\pm$ 50 時間。

高速道路トンネル

は、四川チベット鉄道の石泉河トンネル (圧縮強度 200~300MPa)、耐衝撃性 ($>50\text{J}$ 、ピーク値最大 $200\text{J}\pm 10\text{J}$) で使用され、JTG 3370.1 規格に準拠して効率的な掘削を確保しています。2023 年プロジェクトの掘削深度は $1200\text{m}\pm 50\text{m}$ 、工具耐摩耗性は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

水力発電プロジェクトは

、分水トンネル (直径 $6\sim 12\text{m}\pm 0.5\text{m}$) と地下発電所の基礎に使用されます。水による浸食 (>2500 時間 $\pm$ 100 時間) に耐性があり、長期運用をサポートし、IEC 60041 規格を満たしています。2024 年には、三峡フォローアッププロジェクトのカッターが $2\text{MPa}\pm 0.1\text{MPa}$ の水圧に耐えます。

都市地下パイプギャラリーは、GB 50909 規格に基づき、

硬質土層 (圧縮強度 50~150MPa) または岩盤層の掘削に使用され、地盤沈下 ($<5\text{mm}\pm 1\text{mm}$) を低減します。2025 年には、北京市のパイプギャラリープロジェクトの沈下が

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<3mm±0.5mm に制御され、工具寿命は 550 時間±50 時間でした。

海底トンネル

は、海底トンネル（香港・珠海・マカオ橋の海底区間など）に使用され、海水腐食に耐性があり（>4000 時間±100 時間、Cl⁻濃度に対する耐性>3.5%±0.5%）、DNVGL-RP-C203 規格を満たしています。2023 年のプロジェクトの掘削深度は 1800m±50m で、切削工具の耐腐食性は>99%±1%です。

超硬合金シールドマシンカッターの技術進歩と今後の展開

新素材

はナノ WC（粒径<0.5μm±0.01μm）を導入して硬度（HV 2200-2600±50）を向上させ、TaC（1%-3%±0.1%）と NbC（0.5%-1.5%±0.1%）を追加して高温安定性（>900°C±20°C で 95%±2% を維持）と耐酸化性（酸素重量増加<0.15%±0.05%/h）を強化しました。

インテリジェントモニタリング

統合センサー（圧電ひずみゲージなど、精度±0.05%）と IoT モジュールは、摩耗（深さ>1.5 mm±0.05 mm）、振動（加速度<15 m/s²±1 m/s²）、温度（>700°C±20°C）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（予測誤差<5%±1%）。

3D プリント技術

は、選択的レーザー溶融（SLM、層厚 40~60μm±5μm）を使用して複雑なツール構造を製造し、材料の無駄を 10%±2%削減します。中国鉄道建設の 2024 年の成果：印刷されたツールの強度は 1500 MPa±50 MPa に達し、表面粗さは<1.6 μm±0.2 μm です。

環境適応性

極地工学に適した耐低温性（-50°C±5°C）ツールの開発（耐摩耗性 90%±5%、衝撃靱性>150 J±10 J）。また、深海作業には耐圧性（耐圧>100 MPa±5 MPa）ツールを使用します。

持続可能性 リサイクル WC 粉末（リサイクル率>80%±5%）の使用と環境に優しい製造プロセスにより、ISO 14040 規格に準拠し、カーボンフットプリント（CO₂排出量 20%±3%削減）を削減します。

関連する国内および国際規格

切削工具の製造および使用は、EN 1997-1（欧州基礎設計）、ISO 45001（労働安全衛生）、JTG 3370.1（中国道路トンネル設計）、GB 50909（中国地下空間設計）、AS 2294（オーストラリア鉱山安全）、DNVGL-RP-C203（ノルウェー海洋規格）、IEC 60079（爆発性雰囲気）など、数多くの国際規格および国内規格に準拠する必要があります。2025 年に改訂された ISO 19443 には、核廃棄物処理に関する規格が組み込まれ、新たな耐ガス性要件が追加されています。

摩耗が限度を超える（深さ>6mm±0.5mm）場合、交換率>98%±1%、事故率<0.1%±0.05%（主に欠けや飛沫による傷害）の場合、作業者は保護具（耐衝撃メガネ、ヘルメット、EN397 規格準拠、耐衝撃>50J±5J）を着用する必要があります。高温環境（>700°C±50°C）では、冷却システムと換気装置を備え、熱応力のリスクを 5%±1%、ガス蓄積のリスクを<3%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

±0.5%低減する必要があります。2024 年の統計：世界のシールドツール関連の事故の割合は<0.05%±0.01%で、主に不十分なメンテナンスと急激な地質変化が原因です。

関連規制は、

EU の REACH 規則（化学物質の登録、評価、認可）および RoHS 指令（有害物質の使用制限）に準拠しています。2025 年には、炭素排出税によるコスト増加は 5%±1%未満となり、新たな海洋環境保護基準（IMO MEPC.277 (70)）が追加されます。

超硬シールドマシンカッターは、優れた物理的・化学的特性、豊富な分類、幅広い適用範囲、継続的な技術革新、そして環境適応性により、現代のシールド設備に欠かせない中核部品となっています。インフラ建設の効率向上、都市地下空間開発の持続的発展、深海工学の飛躍的進歩を促進するとともに、複雑な地質条件や過酷な環境への対応に強力な技術サポートを提供しています。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



超硬ロータリー掘削リグ杭基礎ボール歯

超硬ロータリー掘削リグの杭基礎ボール歯は、杭基礎プロジェクトにおけるロータリー掘削リグ（ロータリー掘削リグ）用に設計された重要な掘削部品です。硬岩層、複雑な層、または混合地質条件を破碎するように設計されています。その主な利点は、セメントカーバイド材料（タングステン鋼、WC-Co システムなど）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と表面処理を組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、高圧、高振動、多湿の環境下で高い効率と信頼性を保証します。ロータリー掘削リグの掘削ツールの重要なコンポーネントとして、ボール歯は掘削効率、杭基礎の品質、プロジェクトコストに直接影響し、高層ビル、橋梁、港湾、深基礎ピットサポートなどの杭基礎プロジェクトに広く使用されています。

超硬合金製ロータリー掘削リグ杭基礎用ボール歯

超硬合金製のボール歯は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を追加して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、硬度と靱性の最適なバランスはホールベッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$ ）によって実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

ボール歯の幾何学的設計は球形または半球形で、先端径は通常 $15\sim 30\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、高さは $20\sim 40\text{mm}\pm 2\text{mm}$ です。ドリルバケットまたはドリルビットベース（40CrMo または 42CrMo などの高強度合金鋼製、焼入れ硬度 HRC $40\sim 52\pm 2$ ）に設置されます。固定方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）または機械式埋め込み（埋め込み力 $>10\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）で、高トルク（ $100\sim 600\text{kN}\cdot\text{m}\pm 50\text{kN}\cdot\text{m}$ ）でも安定した動作を保証します。ボール歯表面には多層コーティング（TiN、TiAlN、CrN など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数を 0.25 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性を向上させます。この設計は、切削機構と応力分布の最適化を統合しています。ボール歯の岩盤進入角は $30^\circ\sim 45^\circ\pm 5^\circ$ 、後方傾斜角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ です。圧縮強度 $100\sim 300\text{MPa}$ の硬岩、水分含有量 $20\%\pm 5\%$ を超える軟質土、または砂含有量 $10\%\pm 2\%$ を超える混合地層に適しています。

超硬ロータリー掘削リグ杭基礎ボール歯

WC は、高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性を高め（ K_{IC} $12\sim 16$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値は最大 18 MPa·m^{1/2}±0.5)、衝撃エネルギーを吸収します (>50 J±5 J、瞬間ピーク値 >200 J±10 J)。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.05 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m (好ましくは <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m)、密度 14.8 ~ 15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³、熱膨張係数 (CTE) 6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層 (厚さ <0.1 μm±0.01 μm) が生成され、耐腐食性が向上します (腐食率 <0.01 mm/年±0.001 mm/年、H₂S 耐性 >2500 時間±100 時間、Cl⁻ 耐性 >3000 時間±100 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高めます (>900°C±20°C で初期硬度の 90%±2% を維持し、熱安定性 >95%±2%)。

回転式掘削リグの回転速度 (回転数 20~60 rpm±5 rpm、機器の出力に応じて 200~1000 kW±50 kW) と掘削圧力 (50~300 kN±5 kN、最大 500 kN±10 kN) に応じて、ボール歯が地層に食い込んで破碎帯を形成し、押し出し (接触圧力 250~600 MPa±20 MPa) とせん断 (せん断強度 70~150 MPa±5 MPa) により岩石または土壌を破碎します。ボール歯の先端は、主な摩耗および熱負荷 (表面温度 500~800°C±50°C、瞬間最大 1000°C±50°C) を担い、ベース鋼は構造支持 (引張強度 >1200 MPa±50 MPa)、熱伝導 (熱伝導率 40 ~ 50 W/m·K±2 W/m·K)、耐疲労性 (疲労寿命 >10⁶ 回±10⁵ 回、繰返し荷重 >300 MPa±20 MPa) を提供します。ボール歯の球面設計は、横応力 (<100 MPa±10 MPa) を低減し、スラグ除去効率を最適化します (スラグ除去率 >90%±2%)。

花崗岩 (圧縮強度 150~200 MPa)、玄武岩 (200~250 MPa)、珪岩 (180~220 MPa)、中風化岩 (100~150 MPa) の条件下では、最適化されたボール歯の寿命は 400~700 時間±50 時間を超え (地質条件によって異なります)、掘削効率は 8~20 m/h±1 m/h (最大 25 m/h±1 m/h、電力 >800 kW±50 kW) に達します。SEM 分析では先端に明らかな亀裂は見られず、摩耗深さは 0.05 mm ± 0.01 mm 未満 (好ましくは 0.03 mm ± 0.01 mm 未満) であり、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (> 95% ± 2%) が確認され、熱画像では熱応力分布が 150 MPa ± 10 MPa 未満であることが示されています。

超硬ロータリー掘削リグの杭基礎ボール歯の性能に影響を与える要因

Co 含有量が

6% ~ 12%±1% の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超では硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率 (CTE 6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8% ~ 10%±0.5% が推奨されます。

粒径

0.5 ~ 1 μm±0.01 μm は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m)。1 ~ 1.5 μm±0.01 μm は中硬度の岩石に適しており、2 μm±0.01 μm 超では摩耗率が 15%±3% 増加し、靱性が 10%±2% 低下します。

幾何学的角度の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

岩石進入角が $30^{\circ}\sim 45^{\circ}\pm 5^{\circ}$ の場合、掘削効率が最適化されます（切削力 $< 15\text{ kN}\pm 1\text{ kN}$ 、エネルギー消費量 $< 60\text{ kWh/m}^3\pm 5\text{ kWh/m}^3$ ）、 $> 50^{\circ}\pm 5^{\circ}$ の場合、掘削能力が $10\%\pm 2\%$ 低下し、 $< 30^{\circ}\pm 5^{\circ}$ の場合、

歯の崩壊リスクが $5\%\pm 1\%$ になりやすくなります。表面処理

ボール歯の厚さが $3\sim 6\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$ の場合、耐摩耗性が向上します（寿命が $20\%\pm 3\%$ 延長）、 $< 3\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$ の場合、寿命が $20\%\pm 3\%$ 短縮され、 $> 6\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$ のコストが $15\%\pm 2\%$ 増加します。TiN コーティング（厚さ $0.5\sim 1\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ 、堆積温度 $400\sim 500^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $< 0.3\pm 0.05$ ）を低減し、耐熱性（ $> 700^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）を向上させます。熱処理された母材鋼

は、支持性能を高めるために焼き入れ（硬度 $\text{HRC}40\sim 52\pm 2$ 、深さ $1.5\sim 3\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 、焼き入れ温度 $850\sim 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）され、焼き入れされていない母材の寿命は $15\%\pm 3\%$ 短縮され、焼き戻し（ $200\sim 250^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、 $2\sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）により残留応力が $5\%\pm 1\%$ 減少します。

作業環境中の水分含有量

が $20\%\pm 2\%$ を超える場合、または砂含有量が $10\%\pm 1\%$ を超える場合、摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加し、温度が $700^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ を超える場合、硬度が $3\%\pm 1\%$ 低下し、 H_2S または CO_2 （濃度 $> 0.1\%\pm 0.02\%$ ）を含む環境では腐食速度が $0.015\text{ mm/年}\pm 0.002\text{ mm/年}$ に増加します。掘削圧力 $50\sim 300\text{ kN}\pm 5\text{ kN}$ 、回転速度 $20\sim 60\text{ rpm}\pm 5\text{ rpm}$ 、トルク $100\sim 600\text{ kN}\cdot\text{m}\pm 50\text{ kN}\cdot\text{m}$

といった設備パラメータは、

ボール歯の寿命と効率に影響を与えます。パラメータが過剰（上限の $10\%\pm 1\%$ を超える）になると、寿命は $15\%\pm 2\%$ 短くなります。

超硬質掘削リグ用杭基礎ボタン

標準ボタン

は、中硬度の岩石（圧縮強度 $100\sim 200\text{ MPa}$ ）に適しており、直径 $20\sim 25\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 、高さ $25\sim 35\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 、優れた耐摩耗性（寿命 500 時間 ± 50 時間以上）を有し、砂岩や中風化岩石によく使用されます。

強化ボタン

は、硬岩（圧縮強度 $200\sim 300\text{ MPa}$ ）に適しており、直径 $25\sim 30\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 、高さ $30\sim 40\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 、強い耐衝撃性（ $100\text{ J}\pm 10\text{ J}$ 以上）を有し、玄武岩や花崗岩に適しています。

耐腐食性ボタン

は、含水層または塩分層で使用され、表面コーティング TiAlN (Cl^- 耐性 > 3000 時間 ± 100 時間)、直径 $15\sim 20\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 、高さ $20\sim 30\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 、耐腐食性 $> 99\%\pm 1\%$ で、港湾杭基礎に適しています。

特殊ボール歯

には、耐低温タイプ（ $-50^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、耐摩耗性 $90\%\pm 5\%$ 維持）と耐高温タイプ（ $> 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 、耐摩耗性 $95\%\pm 2\%$ 維持）があり、極地や高温地層に適しています。

の応用

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

高層ビル

では、GB 50007 規格に沿って、断層帯などの複雑な地層を支える、500～700 時間±50 時間の寿命を持つ硬岩杭基礎（圧縮強度 150～250MPa）に使用されています。

橋梁工学では、JTG 3362 規格に沿って

、効率的な掘削を確保するために、耐衝撃性（> 50 J、ピーク 200 J±10 J）を備えた河川橋の杭基礎（圧縮強度 200～300MPa）に使用されています。

港湾建設

では、海底杭基礎に使用され、海水腐食に耐性があり（> 4000 時間±100 時間、Cl⁻濃度> 3.5%±0.5%に対する耐性）、DNVGL-RP-C203 規格に適合しています。

深基礎ピット支保工

は、圧縮強度 100～200MPa の地層に使用され、沈下量（<5mm±1mm）を低減し、GB50911 規格に準拠しています。Polar

Engineering は

低温環境（-50°C±5°C）でも使用され、耐摩耗性は 90%±5%に維持されています。また、2025 年に 10m/h±1m/h の掘削効率試験を実施しました。

技術の進歩と今後の展開

新材料

はナノ WC（粒子<0.5μm±0.01μm）を導入して硬度（HV 2200-2600±50）を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性（> 900°C±20°C で 95%±2%を維持）を強化します。

インテリジェント監視

統合センサー（精度±0.05%）は、摩耗（深さ> 1.5 mm±0.05 mm）と振動（<15 m/s²± 1 m/s²）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（誤差<5%±1%）。

3D 印刷技術

は SLM（層厚 40～60μm±5μm）を使用して複雑なボール歯を製造し、材料の無駄を 10% ±2%削減します。

環境適応性により、低温および高圧に耐えるボール歯（圧力抵抗> 100 MPa±5 MPa）を開発します。

WC 粉末の持続可能なリサイクル（リサイクル率 > 80% ±5%）により、ISO 14040 規格に準拠して炭素フットプリント（CO₂ 削減 20% ±3%）が削減されます。

関連する国内および国際規格

は、GB 50007（建築基礎）、JTG 3362（道路橋）、GB 50911（深基礎ピット）、DNVGL-RP-C203（海洋工学規則）に準拠しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬ボルタートンネル掘削ボール歯

超硬ボルターロードヘッダートンネル掘削ボール歯は、炭鉱、トンネル、道路建設におけるロードヘッダー（ロードヘッダー）に使用するために設計されたコア掘削部品です。硬岩層、複雑な層、または石炭岩石混合物を破碎するように設計されています。その中核的な利点は、炭化材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、高粉塵、高湿度、高振動環境における高い効率と信頼性を保証します。ボルターのカッティングヘッドの重要な部品であるボール歯は、掘削効率、路面品質、施工安全性に直接影響を及ぼし、石炭採掘、地下鉄トンネル、鉱山建設に広く使用されています。2025 年のネットワーク全体と業界の技術進歩に関する最新情報によると、以下のコンテンツは、ボール歯の特徴、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

セメントカーバイド製ボルターのトンネル掘削用ボール歯。

セメントカーバイド製ボール歯は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm0.1\%$ 、VC $<1\%\pm0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm0.1\%$ など）を追加して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim1450^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim55\text{MPa}\pm1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim10$ 分 ±1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim200\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim60$ 分 ±5 分）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim1.2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、硬度と靱性の最適なバランスはホールペッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）によって実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm1\%$ 以上です。

ボール歯の幾何学的設計は球形または半球形で、先端径は $15\sim25\text{mm}\pm1\text{mm}$ 、高さは $20\sim35\text{mm}\pm2\text{mm}$ です。ボルターカッターヘッド（40CrMo または 42CrMo などの高強度合金鋼製、焼入れ硬度 HRC $40\sim52\pm2$ ）のベースに取り付けられています。固定方法は高周波誘導溶接（温度 $1200\sim1300^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>700\text{MPa}\pm50\text{MPa}$ ）または機械埋め込み（埋め込み力 $>10\text{kN}\pm1\text{kN}$ ）で、高トルク（ $200\sim800\text{kN}\cdot\text{m}\pm50\text{kN}\cdot\text{m}$ ）でも安定した動作を保証します。ボール歯の表面に多層コーティング（TiN、TiAlN、CrN など、厚さ $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.25 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $<2\%\pm0.5\%$ ）を向上させることができます。この設計は、切削機構と応力分布の最適化を統合しています。ボール歯の進入角は $30^\circ\sim45^\circ\pm5^\circ$ 、後方傾斜角は $5^\circ\sim15^\circ\pm2^\circ$ です。圧縮強度 $50\sim250\text{MPa}$ の石炭岩、水分含有量 $>15\%\pm5\%$ の軟岩、またはガス濃度 $>1\%\pm0.2\%$ の特殊地層に適しています。

セメントカーバイドボルタートンネル掘削機

WC は、高い硬度（HV $1800\sim2200\pm30$ 、局所的には $2400\sim2600\pm50$ ）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

>95%±2%) を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性を高め (K_{ic} 12~16 MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値は最大 18 MPa·m^{1/2}±0.5)、衝撃エネルギーを吸収します (>50 J±5 J、瞬間ピーク値 >200 J±10 J)。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.05 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m (好ましくは <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m)、密度 14.8~15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³、熱膨張係数 (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層 (厚さ <0.1 μm ± 0.01 μm) が生成され、耐腐食性が向上します (腐食率 <0.01 mm/年 ± 0.001 mm/年、H₂S 耐性 >2500 時間 ± 100 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高めます (>900 °C ± 20 °C で初期硬度の 90% ± 2% を維持し、熱安定性 >95% ± 2%)。

ボルトターの回転 (速度 30~80 rpm ± 5 rpm、機器の出力に応じて 300~1200 kW ± 50 kW) と切断力 (50~250 kN ± 5 kN、最大 400 kN ± 10 kN) により、ボール歯が石炭岩または岩層に切り込んで破砕帯を形成し、押し出し (接触圧力 200~500 MPa ± 20 MPa) とせん断 (せん断強度 60~120 MPa ± 5 MPa) により材料を破砕します。ボール歯の先端は、主な摩耗および熱負荷 (表面温度 500~800 °C ± 50 °C、瞬間最大 1000 °C ± 50 °C) を担い、ベース鋼は構造支持 (引張強度 >1200 MPa ± 50 MPa)、熱伝導 (熱伝導率 40~50 W/m·K ± 2 W/m·K)、耐疲労性 (疲労寿命 >10⁶ 回 ± 10⁵ 回、繰返し荷重 >250 MPa ± 20 MPa) を提供します。ボール歯の球面設計は、横応力を低減 (<100 MPa ± 10 MPa)、スラグ除去効率を最適化 (スラグ除去率 >90% ± 2%)、ダスト蓄積リスク <5% ± 1% を低減します。

石炭層 (圧縮強度 50~100 MPa)、砂岩 (120~180 MPa)、石灰岩 (150~220 MPa)、頁岩 (100~150 MPa) では、最適化されたボール歯の寿命は 400~600 時間 ± 50 時間を超え (地質条件による)、掘削効率は 5~15 m³/h ± 1 m³/h (最大 20 m³/h ± 1 m³/h、電力 >1000 kW ± 50 kW) に達します。SEM 分析では先端に明らかな亀裂がなく、摩耗深さは <0.05 mm ± 0.01 mm (好ましくは <0.03 mm ± 0.01 mm) であり、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (>95% ± 2%) が確認され、熱画像では熱応力分布 <150 MPa ± 10 MPa を示しています。

セメント炭化ボルトタートンネル掘削歯の

Co 含有量は

6% ~ 12% ± 1% で硬度と靱性の最適なバランスが実現され、6% ± 1% 未満では亀裂率が 10% ± 2% 増加し、12% ± 1% を超えると硬度が 5% ± 1% 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストの両方を考慮すると、8% ~ 10% ± 0.5% が好ましいです。

粒度

0.5-1 μm ± 0.01 μm は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m)。1-1.5 μm ± 0.01 μm は中硬度の岩石に適しており、>2 μm ± 0.01 μm では摩耗率が 15% ± 3% 増加し、靱性が 10% ± 2% 低下します。岩石進入角 30°-45° ± 5°

幾何学的角度

により、掘削効率が最適化されます (切削力 <15 kN ± 1 kN、エネルギー消費量 <50 kWh/m³ ± 5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kWh/m³)。>50°±5°では掘削能力が 10%±2%低下し、<30°±5°では

歯の崩壊リスクが 5%±1%に達しやすくなります。**表面処理**

ボール歯厚 3~6mm±0.1mm の場合、耐摩耗性が向上し（寿命が 20%±3%延長）、<3mm±0.1mm の場合、寿命が 20%±3%短縮し、>6mm±0.1mm の場合、コストが 15%±2%増加します。TiN コーティング（厚さ 0.5~1μm±0.1μm、堆積温度 400~500°C±20°C）は、摩擦係数（<0.3±0.05）を低減し、耐熱性（>700°C±20°C）を向上させます。

熱処理された

ベース鋼は、支持性能を高めるために焼き入れ（硬度 HRC 40~52±2、深さ 1.5~3mm±0.2mm、焼き入れ温度 850~900°C±20°C）されます。焼き戻し（200~250°C±10°C、2~4 時間±0.5 時間）により残留応力が 5%±1%減少します。

作業環境の水分含有量

が 15%±2%を超えるか、粉塵含有量が 10%±1%を超えると、摩耗が 5%±1%増加します。温度が 700°C±50°Cを超えると、硬度が 3%±1%低下します。H₂S または CO₂（濃度>0.1%±0.02%）を含む環境では、腐食速度が 0.015 mm/年±0.002 mm/年に増加します。ガスを含む環境では、耐爆発性（>2 bar±0.2 bar）が必要です。

機器パラメータ:

切削速度 0.5~2 m/分±0.1 m/分、トルク 200~800 kN·m±50 kN·m、出力 300~1200 kW±50 kW は、ボールギアの寿命と効率に影響します。過剰なパラメータ（上限の 10%±1% を超える）では、寿命が 15%±2% 短くなります。

超硬ボルタートンネル掘削ボール歯

標準ボール歯

は、炭層または軟岩（圧縮強度 50~100MPa）に適しており、直径 15~20mm±1mm、高さ 20~25mm±2mm、優れた耐摩耗性（寿命>400 時間±50 時間）で、炭鉱トンネルでよく使用されます。2024 年の炭鉱プロジェクトの掘削効率は 10m³/h±1m³/h でした。

強化ボール歯は

硬岩（圧縮強度 150~250MPa）に適しており、直径 20~25mm±1mm、高さ 25~35mm±2mm、強い耐衝撃性（>100J±10J）で、砂岩または石灰岩に適しています。2023 年のトンネルプロジェクトの寿命は 500 時間±50 時間でした。

耐食性ボール歯は

含水層または含ガス層に使用され、表面コーティングは TiAlN（耐 H₂S 性>2500 時間±100 時間）、直径 15~18mm±1mm、高さ 20~30mm±2mm、耐食性>98%±1%で、湿式トンネルに適しています。2025 年には、鉱山は 1MPa±0.1MPa の水圧に耐えます。

特殊ボール歯

には、耐低温性（-20°C±5°C、耐摩耗性は 90%±5%を維持）と耐高温性（>900°C±20°Cで 95%±2%を維持）タイプがあり、極地の鉱山や高温層に適しており、2025 年の試験寿命は 550 時間±50 時間です。

炭鉱トンネルは、

MT

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

554 規格に準拠し、炭層掘削（圧縮強度 50~100MPa）に使用され、耐用年数は 400~600 時間±50 時間で、ガス含有地層（濃度>1%±0.2%）を支えています。2024 年、山西省の炭鉱の掘削深は 500m±50m でした。

地下鉄トンネル

は、硬岩トンネル（圧縮強度 150~250MPa）に使用され、耐衝撃性(>50J、ピーク 200J±10J)により、EN 1997-1 規格に準拠した効率的な掘削が保証されます。2023 年、上海地下鉄プロジェクトの掘削速度は 1m/分±0.1m/分でした。

鉱山支保工

は、圧縮強度 100~200MPa の地層に使用され、崩壊リスク(<5%±1%)を低減し、GB 16423 規格に適合しています。2024 年には、鉱山トンネルの安定性は 98%±1%を超えています。

水文トンネル

は、水浸食(>2000 時間±100 時間)に耐える含水地層に使用され、IEC 60041 規格に準拠しています。2025 年には、水力発電所プロジェクトの耐水圧は 1.2MPa±0.1MPa です。

複雑な地層は

、断層帯や砂地層に使用され、耐摩耗性は 95%±2%を超えています。2025 年には、掘削効率が 12m³/h±1m³/h と試験されました。

技術進歩と今後の展開

新材料

では、ナノ WC（粒径<0.5µm±0.01µm）を導入することで硬度（HV 2200~2600±50）を向上させ、TaC と NbC を添加することで高温安定性（>900°C±20°C で 95%±2%を維持）を向上させます。2024 年の研究：

ZrC コーティングの抗酸化（酸素重量増加<0.15%±0.05%/h）。インテリジェントモニタリング

統合センサー（精度±0.05%）は、摩耗（深さ>1.5 mm±0.05 mm）と振動（<15 m/s²±1 m/s²）をリアルタイムでモニタリングし、交換サイクル（エラー<5%±1%）を最適化し、企業は 2025 年にテストに成功しました。

3D プリント技術は、

SLM（層厚 40~60µm±5µm）を使用して複雑なボール歯を製造し、材料の無駄を 10%±2%削減し、強度は 2024 年に 1400 MPa±50 MPa に達します。

環境適応性：

低温および高压に耐えるボール歯（耐圧>80 MPa ± 5 MPa）を開発し、2025 年に耐圧が 97%±2%に達します。WC 粉末の

持続可能な

リサイクル（リサイクル率>80%±5%）は、炭素排出量（CO₂削減 20%±3%）を削減し、ISO 14040 規格に準拠。

国内および国際規格

国内および国際規格は、MT 554（炭鉱安全）、EN 1997-1（欧州規格）、GB 16423（鉱山支援）、および IEC 60079

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

（爆発性雰囲気）に準拠しています。2025 年には、新たな耐ガス規格が追加される予定です。



超硬ロードミリングマシンのミリング歯

超硬合金道路切削盤のフライス歯は、道路切削盤（コールドプレーナー）用に設計された高効率切削工具で、アスファルトコンクリート、碎石路盤、または老朽化した路面を加工します。その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、高負荷、高温、高粉塵環境下での高い効率と信頼性を保証します。道路切削盤ドラムの重要な部品であるフライス歯は、切削効率、路面の平坦性、建設コストに直接影響し、高速道路のメンテナンス、空港滑走路の改修、都市道路のメンテナンスに広く使用されています。2025 年のネットワーク全体と業界の技術進歩の最新情報に基づいて、次のコンテンツは、フライス歯の特徴、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

セメント系超硬合金道路切削盤の切削歯の物理的および化学的性質

超硬合金フライス歯は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%\sim 1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充することで、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化しています。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、硬度と靱性の最適なバランスはホールベッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）によって実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

フライス刃の形状設計は通常、尖端または丸みを帯びており、先端径は $10\sim 20\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、高さは $20\sim 40\text{mm}\pm 2\text{mm}$ で、ドラム基板（40CrMo または 42CrMo などの高強度合金鋼製、焼入れ硬度 HRC $40\sim 52\pm 2$ ）に取り付けられています。固定方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）または機械クランプ（クランプ力 $>10\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）で、高トルク（ $500\sim 1500\text{kN}\cdot\text{m}\pm 50\text{kN}\cdot\text{m}$ ）でも安定した動作を保証します。歯先表面に多層コーティング（TiN、TiAlN、CrN など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.25 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $<2\%\pm 0.5\%$ ）を向上させます。切削機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、歯先切削角は $20^\circ\sim 40^\circ\pm 5^\circ$ 、バックレーキ角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ です。アスファルト層（圧縮強度 $5\sim 15\text{MPa}$ ）、セメントコンクリート（ $20\sim 50\text{MPa}$ ）、混合基層に適しています。

超硬ロードフライス盤のフライス歯の特性

WC は、高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

>95%±2%)を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性を高め (K_{ic} 12~16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値は最大 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$)、衝撃エネルギーを吸収します (>50 J±5 J、瞬間ピーク値 >200 J±10 J)。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.05 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01 \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (好ましくは <0.03 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01 \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)、密度 14.8~15.2 $\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1 \text{g}/\text{cm}^3$ 、熱膨張係数 (CTE) $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層 (厚さ <0.1 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 <0.01 $\text{mm}/\text{年}\pm 0.001 \text{mm}/\text{年}$ 、Cl⁻ 耐性 >3000 時間 ±100 時間)。TaC と NbC は高温硬度を高めます (900°C±20°C以上では初期硬度の 90%±2%を維持し、熱安定性は 95%±2%以上)。

超硬合金製道路フライス盤のフライス歯の動作原理

道路切削機のドラム回転 (速度 100~300 rpm±10 rpm、機器の出力に応じて 200~1000 kW±50 kW) と切削力 (50~200 kN±5 kN、最大 300 kN±10 kN) により、切削歯が路面に

食い込んで連続した切削面を形成し、押し出し (接触圧力 150~400 MPa±20 MPa) とせん

断 (せん断強度 50~100 MPa±5 MPa) によりアスファルトやコンクリートを破砕します。

歯先は主な摩耗および熱負荷 (表面温度 400~700°C±50°C、瞬間最大 900°C±50°C) を担い、母材鋼は構造的支持 (引張強度 >1200MPa±50MPa)、熱伝導 (熱伝導率 40~50W/m·K±2W/m·K)、耐疲労性 (疲労寿命 >10⁶回±10⁵回、繰返し荷重 >200MPa±20MPa) を提供します。歯先の尖端設計は切削効率を最適化し (切削深さ 5~15cm±1cm)、丸みを帯びた設計は振動を低減します (加速度 <10m/s²±1m/s²)。

アスファルト舗装 (圧縮強度 5~10MPa)、セメントコンクリート (20~40MPa)、混合路盤 (10~20MPa) の条件下では、最適化されたミリング歯の寿命は 300~500 時間±50 時

間を超え (材料の硬度によって異なります)、ミリング効率は 200~500m²/h±20m²/h (最大 600m²/h±20m²/h、電力 >800kW±50kW) に達します。SEM 分析では歯先に明らかな亀裂はなく、摩耗深さは <0.05mm±0.01mm (好ましくは <0.03mm±0.01mm) であり、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (>95%±2%) が確認され、熱画像では熱応力分布が <120MPa±10MPa であることが示されています。

セメント炭化道路フライス盤のフライス歯の

性能に影響を及ぼす要因 Co 含有量が

6% ~ 12%±1% の場合、硬度と靱性の間の最適なバランスが実現され、6%±1% 未満の場合、亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超の場合、硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率 (CTE $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストの両方を考慮すると、8% ~ 10%±0.5% が好ましいです。

粒径

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$0.5 \sim 1\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します（摩耗率 $< 0.03\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ）。 $1 \sim 1.5\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ は中硬度の路面に適しており、 $> 2\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ では摩耗率が $15\% \pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\% \pm 2\%$ 低下します。

幾何学的角度

切削角 $20^\circ \sim 40^\circ \pm 5^\circ$ はフライス加工効率を最適化します（切削力 $< 15\text{kN} \pm 1\text{kN}$ 、エネルギー消費量 $< 20\text{kWh}/\text{m}^3 \pm 2\text{kWh}/\text{m}^3$ ）。 $> 45^\circ \pm 5^\circ$ では効率が $10\% \pm 2\%$ 低下し、 $< 20^\circ \pm 5^\circ$ では歯の崩壊リスクが $5\% \pm 1\%$ に容易につながります。

表面処理

歯先厚さ $3 \sim 5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ の場合、耐摩耗性（寿命延長 $20\% \pm 3\%$ ）が向上し、 $3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 未満の場合、寿命が $20\% \pm 3\%$ 短縮され、 $5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ を超える場合、コストが $15\% \pm 2\%$ 増加します。TiN コーティング（厚さ $0.5 \sim 1\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ 、堆積温度 $400 \sim 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $< 0.3 \pm 0.05$ ）を低減し、耐熱性（ $> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）を向上させます。熱処理された母材

鋼

は、支持性能を向上させるため、焼入れ（硬度 $\text{HRC}40 \sim 52 \pm 2$ 、深さ $1.5 \sim 3\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ 、焼入れ温度 $850 \sim 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）され、未焼入れの母材寿命は $15\% \pm 3\%$ 短縮され、焼戻し（ $200 \sim 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $2 \sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）により残留応力が $5\% \pm 1\%$ 減少します。

作業環境

温度 $> 600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ では硬度が $3\% \pm 1\%$ 低下し、水分含有量 $> 10\% \pm 2\%$ または砂含有量 $> 5\% \pm 1\%$ では摩耗が $5\% \pm 1\%$ 増加し、 Cl^- 含有環境（濃度 $> 0.5\% \pm 0.1\%$ ）では腐食速度が $0.015\text{mm}/\text{年} \pm 0.002\text{mm}/\text{年}$ に増加します。

設備パラメータ

：切削速度 $0.5 \sim 2\text{m}/\text{分} \pm 0.1\text{m}/\text{分}$ 、トルク $500 \sim 1500\text{kN} \cdot \text{m} \pm 50\text{kN} \cdot \text{m}$ 、出力 $200 \sim 1000\text{kW} \pm 50\text{kW}$ は、歯の寿命と効率に影響します。パラメータが高すぎる場合（上限の $10\% \pm 1\%$ を超える場合）、寿命は $15\% \pm 2\%$ 短くなります。

超硬道路切削盤の切削歯の種類

標準の切削歯

はアスファルト舗装（圧縮強度 $5 \sim 10\text{MPa}$ ）に適しており、直径 $12 \sim 15\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、高さ $20 \sim 25\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 、優れた耐摩耗性（寿命 > 350 時間 ± 50 時間）を備え、高速道路のメンテナンスでよく使用されます。

強化されたミリング歯は

、セメントコンクリート（圧縮強度 $20 \sim 50\text{MPa}$ ）に適しており、直径 $15 \sim 20\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、

高さ $25 \sim 40\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 、強力な耐衝撃性（ $> 100\text{J} \pm 10\text{J}$ ）を備え、空港の滑走路に適しています。

耐腐食性フライス歯は

、塩分や水分を含む道路に使用され、表面コーティング TiAlN (Cl^- 耐性 > 3000 時間 ± 100 時間)、直径 $10 \sim 12\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、高さ $20 \sim 30\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 、耐腐食性 $> 99\% \pm 1\%$ 、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

海岸沿いの道路に適しています。

特殊なフライス歯

には、耐高温タイプ（ $>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 、 $95\%\pm 2\%$ を維持）と耐摩耗タイプがあり、高温または摩耗の激しい道路に適しています。

超硬ロードフライス盤のフライス歯の応用

高速道路の保守

には、アスファルト舗装（圧縮強度 $5\sim 15\text{MPa}$ ）の切削加工が用いられ、JTJ 073 規格に準拠し、耐用年数は $350\sim 500$ 時間 ± 50 時間です。

空港滑走路

には、セメントコンクリート（圧縮強度 $20\sim 50\text{MPa}$ ）の改修が用いられ、ICAO 附属書 14 規格に準拠した耐衝撃性（ $> 50\text{J}$ 、ピーク $200\text{J}\pm 10\text{J}$ ）を確保することで、効率的な切削加工を確保しています。

市街地道路

には、混合路盤（圧縮強度 $10\sim 20\text{MPa}$ ）が用いられ、粉塵発生量（ $<5\%\pm 1\%$ ）を低減し、GB/T 23458 規格を満たしています。

海岸高速道路は

、塩分を含む舗装に使用され、海水腐食に対する耐性（ 4000 時間 ± 100 時間以上、 Cl^- 濃度に対する耐性 $3.5\%\pm 0.5\%$ 以上）を有し、DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。

特殊舗装は、高温または高摩耗舗装に使用され、耐摩耗性は $95\%\pm 2\%$ 以上、2025 年には切削効率が 400

$\text{m}^2/\text{h}\pm 20 \text{m}^2/\text{h}$ に達します。

超硬ロードミリングマシンのミリング歯の開発

新材料

はナノ WC（粒子 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）を導入して硬度（HV $2200\sim 2600\pm 50$ ）を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性（ $> 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で $95\%\pm 2\%$ を維持）を強化しました。

インテリジェントモニタリング

統合センサー（精度 $\pm 0.05\%$ ）は、摩耗（深さ $> 1.5\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$ ）と振動（ $<10\text{m/s}^2\pm 1\text{m/s}^2$ ）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（誤差 $<5\%\pm 1\%$ ）。

3D プリント技術は

SLM（層厚 $40\sim 60\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$ ）を使用して複雑な歯形状を製造し、材料の無駄を $10\%\pm 2\%$ 削減します。

環境適応性

耐高温・耐腐食性の歯（耐圧 $>50\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ ）を開発し、2025 年には耐熱性が $98\%\pm 2\%$

に達する。ISO 14040 規格に準拠し、WC 粉末の

持続可能な

リサイクル（リサイクル率 $>80\%\pm 5\%$ ）により、カーボンフットプリントを削減（ CO_2 削減量 $20\%\pm 3\%$ ）。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬冷間リサイクル機の切削歯

超硬コールドリサイクラーの刃は、コールドリサイクラー（コールドリサイクラー）専用に設計された高効率の切削工具であり、古いアスファルト舗装、母材、または混合地層を処理して現場のコールドリサイクラー工事を行うことを目的としています。その核心的な利点は、炭化物材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、高負荷、高湿度、高摩耗環境下で高い効率と信頼性を保証します。コールドリサイクラードラムの主要部品である刃は、再生効率、材料の均一性、建設コストに直接影響し、高速道路のメンテナンス、農村道路の改修、産業用地の整地などに広く使用されています。2025 年のネットワーク全体と業界の技術進歩に関する最新情報に基づいて、以下のコンテンツでは、刃の特徴、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

超硬合金コールドリサイクル機械の切削歯の物理的および化学的性質

超硬合金製切削歯は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%\sim 1.5\%\pm 0.1\%$ など）を添加することで、粒度、耐摩耗性、耐高温性を最適化しています。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、硬度と靱性の最適なバランスはホールベッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）によって実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

切削歯の幾何学的設計は通常、先端径 $10\sim 18\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、高さ $20\sim 35\text{mm}\pm 2\text{mm}$ の先端または円錐形で、ローラーベース（40CrMo または 42CrMo などの高強度合金鋼製、焼入れ硬度 HRC40 $\sim 52\pm 2$ ）に取り付けられています。固定方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）または機械式クランプ（クランプ力 $>10\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）で、高トルク（ $400\sim 1200\text{kN}\cdot\text{m}\pm 50\text{kN}\cdot\text{m}$ ）でも安定した動作を保証します。歯先表面に多層コーティング（TiN、TiAlN、CrN など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.25 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $<2\%\pm 0.5\%$ ）を向上させます。切削機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、歯先切削角は $20^\circ\sim 40^\circ\pm 5^\circ$ 、バックレーキ角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ です。アスファルト層（圧縮強度 $5\sim 15\text{MPa}$ ）、砂利層（ $10\sim 30\text{MPa}$ ）、含水混合地盤に適しています。

超硬合金冷間再生機の刃先特性

WC は、高い硬度（HV 1800 $\sim 2200\pm 30$ 、局所的には 2400 $\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性を高め（ K_{IC} 12~16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値は最大 18 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）、衝撃エネルギーを吸収します（ >50 $\text{J}\pm 5$ J 、瞬間ピーク値 >200 $\text{J}\pm 10$ J ）。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.05 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01$ $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ （好ましくは <0.03 $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01$ $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、密度 14.8~15.2 $\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1$ g/cm^3 、熱膨張係数（CTE） $6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層（厚さ <0.1 $\mu\text{m}\pm 0.01$ μm ）が生成され、耐腐食性が向上します（腐食率 <0.01 $\text{mm}/\text{年}\pm 0.001$ $\text{mm}/\text{年}$ 、Cl⁻ 耐性 >3000 時間 ± 100 時間）。TaC および NbC は高温硬度を高め（ >900 $^{\circ}\text{C}\pm 20$ $^{\circ}\text{C}$ で初期硬度の $90\%\pm 2\%$ を維持し、熱安定性は $>95\%\pm 2\%$ ）。

カーバイドコールドリサイクラーの切断歯の動作原理

：コールドリサイクラードラムの回転（速度 80~250 $\text{rpm}\pm 10$ rpm 、機器の電力 200~800 $\text{kW}\pm 50$ kW に応じて）と切断力（50~150 $\text{kN}\pm 5$ kN 、最大 250 $\text{kN}\pm 10$ kN ）の作用により、切断歯が古い舗装材や路盤に切り込んでリサイクル材料を形成し、押し出し（接触圧力 150~350 $\text{MPa}\pm 20$ MPa ）とせん断（せん断強度 40~80 $\text{MPa}\pm 5$ MPa ）によりアスファルトや砂利を粉砕します。歯先は主な摩耗および熱負荷（表面温度 400~600 $^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ 、瞬間最大 800 $^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ ）を担い、母材鋼は構造的な支持（引張強度 >1200 $\text{MPa}\pm 50$ MPa ）、熱伝導（熱伝導率 40~50 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\pm 2$ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ）、耐疲労性（疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、繰返し負荷 >200 $\text{MPa}\pm 20$ MPa ）を提供します。歯先の尖端設計は切削効率を最適化し（再生深さ 5~20 $\text{cm}\pm 1$ cm ）、円錐設計は振動を低減します（加速度 <10 $\text{m}/\text{s}^2\pm 1$ m/s^2 ）。

超硬冷間再生機の切歯の性能は、

アスファルト舗装（圧縮強度 5~10 MPa ）、碎石基盤（10~20 MPa ）、含水混合層（5~15 MPa ）

の条件下で、最適化された切歯の寿命は 300~450 時間 ± 50 時間以上（材料の硬度によって異なります）であり、再生効率は 150~400 $\text{m}^2/\text{h}\pm 20$ m^2/h （最大 500 $\text{m}^2/\text{h}\pm 20$ m^2/h 、電力 >600 $\text{kW}\pm 50$ kW ）に達します。SEM 分析では、歯先に明らかな亀裂はなく、摩耗深さは <0.05 $\text{mm}\pm 0.01$ mm （好ましくは <0.03 $\text{mm}\pm 0.01$ mm ）であり、X 線回折（XRD）では WC 相の高結晶度（ $>95\%\pm 2\%$ ）が確認され、熱画像では熱応力分布は <120 $\text{MPa}\pm 10$ MPa であることが示されています。

超硬合金冷間再生機械の切削歯の性能に影響を与える要因 Co 含有量が

6% ~ 12% $\pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の間の最適なバランスが実現され、6% $\pm 1\%$ 未満の場合、亀裂率が 10% $\pm 2\%$ 増加し、12% $\pm 1\%$ を超える場合、硬度が 5% $\pm 1\%$ 低下し、熱膨張率（CTE $6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）が増加します。性能とコストの両方を考慮すると、8% ~ 10% $\pm 0.5\%$ が好ましいです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

粒径

$0.5 \sim 1\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します（摩耗率 $< 0.03\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ）。 $1 \sim 1.5\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ は中硬度の路面に適しており、 $> 2\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ では摩耗率が $15\% \pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\% \pm 2\%$ 低下します。

幾何学的角度

切削角 $20^\circ \sim 40^\circ \pm 5^\circ$ は再生効率を最適化します（切削力 $< 15\text{kN} \pm 1\text{kN}$ 、エネルギー消費量 $< 15\text{kWh}/\text{m}^3 \pm 2\text{kWh}/\text{m}^3$ ）。 $> 45^\circ \pm 5^\circ$ では効率が $10\% \pm 2\%$ 低下し、 $< 20^\circ \pm 5^\circ$ では歯の崩壊リスクが $5\% \pm 1\%$ に容易につながります。

表面処理

歯先厚さ $3 \sim 5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ の場合、耐摩耗性（寿命延長 $20\% \pm 3\%$ ）が向上し、 $3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 未満の場合、寿命が $20\% \pm 3\%$ 短縮され、 $5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ を超える場合、コストが $15\% \pm 2\%$ 増加します。TiN コーティング（厚さ $0.5 \sim 1\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ 、堆積温度 $400 \sim 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $< 0.3 \pm 0.05$ ）を低減し、耐熱性（ $> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）を向上させます。熱処理された母材

鋼

は、支持性能を向上させるため、焼入れ（硬度 $\text{HRC}40 \sim 52 \pm 2$ 、深さ $1.5 \sim 3\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ 、焼入れ温度 $850 \sim 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）され、未焼入れの母材寿命は $15\% \pm 3\%$ 短縮され、焼戻し（ $200 \sim 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $2 \sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）により残留応力が $5\% \pm 1\%$ 低減されます。

作業環境の

水分含有量が $15\% \pm 2\%$ を超える場合、または砂含有量が $5\% \pm 1\%$ を超える場合、摩耗が $5\% \pm 1\%$ 増加します。温度が $600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ を超える場合、硬度が $3\% \pm 1\%$ 低下します。また、Cl⁻ 含有環境（濃度が $0.5\% \pm 0.1\%$ を超える場合）では、腐食速度が $0.015\text{mm}/\text{年} \pm 0.002\text{mm}/\text{年}$ に増加します。

設備パラメータ

（再生速度 $0.3 \sim 1.5\text{m}/\text{分} \pm 0.1\text{m}/\text{分}$ 、トルク $400 \sim 1200\text{kN} \cdot \text{m} \pm 50\text{kN} \cdot \text{m}$ 、出力 $200 \sim 800\text{kW} \pm 50\text{kW}$ ）は、歯の寿命と効率に影響を与えます。パラメータが高すぎる場合（上限の $10\% \pm 1\%$ を超える場合）、寿命は $15\% \pm 2\%$ 短くなります。

炭化物冷間再生機の切断歯の種類

標準切断歯は

アスファルト舗装（圧縮強度 $5 \sim 10\text{MPa}$ ）に適しており、直径 $12 \sim 15\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、高さ $20 \sim 25\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 、耐摩耗性に優れ（寿命 > 350 時間 ± 50 時間）、高速道路の再生によく使用されます。

強化された切断歯は

碎石ベース（圧縮強度 $10 \sim 30\text{MPa}$ ）に適しており、直径 $15 \sim 18\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、高さ $25 \sim 35\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 、強力な耐衝撃性（ $> 100\text{J} \pm 10\text{J}$ ）を備え、産業現場に適しています。

耐腐食性切削歯は、

含水地層または塩分地層で使用され、表面コーティングは TiAlN (Cl⁻ 耐性 > 3000 時間 ± 100 時間)、直径は $10 \sim 12\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、高さは $20 \sim 30\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 、耐腐食性は $>$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

99%±1% で、海岸沿いの道路に適しています。

特殊切削歯

には、耐高温タイプ（>900°C±20°C、95%±2%を維持）および耐摩耗タイプがあり、研磨性の高い道路や不純な道路に適しています。

超硬質冷間再生刃の適用範囲：高速

道路の補修で

は、アスファルト舗装の再生（圧縮強度 5～15MPa）に使用され、JTJ 073 規格に準拠した寿命は 350～450 時間±50 時間です。

地方道路

では、砂利道の路盤補修（圧縮強度 10～20MPa）に使用され、耐衝撃性（> 50J、ピーク 200J±10J）を確保することで、効率的な再生を確保し、GB/T 23458 規格に準拠しています。

工業用地

は、不純な地層（圧縮強度 10～30MPa）に使用され、粉塵を低減（5%±1%未満）し、ISO 10816 規格に適合しています。

沿岸道路

は、塩分を含む基盤に使用され、海水腐食への耐性（4000 時間±100 時間超、Cl⁻濃度耐性 3.5%±0.5%超）を有し、DNVGL-RP-C203 規格に適合しています。

複合地層は

、耐摩耗性が 95%±2% を超える、含水道路や摩耗性の高い道路に使用されます。



超硬コンクリート破碎歯

超硬コンクリート破碎歯は、コンクリート破碎機または油圧ブレーカー一用に設計された耐久性のある切削工具であり、鉄筋コンクリート、プレキャストパネル、または硬化セメント構造物を効率的に破碎するように設計されています。その主な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co システムなど）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、高衝撃、高温、高粉塵環境で高い効率と信頼性を保証します。破碎装置の重要な部品として、破碎歯は破碎効率、粒子の均一性、建設安全性に直接影響し、建物の解体、道路の改修、産業廃棄物の処理に広く使用されています。次のコンテンツは、ネットワーク全体の最新情報と 2025 年の業界の技術進歩に基づいて、破碎歯の特徴、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

セメントカーバイドコンクリート破碎歯の物理的および化学的性質

セメントカーバイド破碎歯は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm0.1\%$ 、VC $<1\%\pm0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim1450^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim55\text{MPa}\pm1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim10$ 分 ±1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim200\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim60$ 分 ±5 分）があり、材料が理論密度の $99.9\%\pm0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim1.2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、硬度と靱性の最適なバランスはホールペッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）によって実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm1\%$ 以上です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

破碎齒の幾何学的設計は通常、円錐形または平板形で、先端径は $12\sim 20\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、高さは $25\sim 40\text{mm}\pm 2\text{mm}$ です。破碎ハンマーまたは破碎ヘッドベース（40CrMo または 42CrMo などの高強度合金鋼製、焼入れ硬度 HRC 40 $\sim$ 52 $\pm$ 2）に設置されます。固定方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 、溶接強度 $>800\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）または機械式埋め込み（埋め込み力 $>12\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）で、高衝撃力（50 $\sim$ 300kN $\pm$ 5kN、ピーク値最大 500kN $\pm$ 10kN）下でも安定した動作を保証します。歯先表面には多層コーティング（TiN、TiAlN、CrN など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数は 0.25 ± 0.05 未満に低減され、耐磨耗性と耐凝着性（凝着率 $<2\%\pm 0.5\%$ ）が向上します。衝撃力学と熱伝導の最適化を統合した設計により、歯先切削角は $25^{\circ}\sim 45^{\circ}\pm 5^{\circ}$ 、バックアングルは $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\pm 2^{\circ}$ で、圧縮強度 20 $\sim$ 80MPa の鉄筋コンクリートまたは硬化セメントに適しています。

炭化物コンクリート破碎齒の材料特性

WC は、高い硬度（HV 1800 $\sim$ 2200 $\pm$ 30、局所的には最大 2400 $\sim$ 2600 $\pm$ 50）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐磨耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ K_{Ic} 12 $\sim$ 16 MPa $\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 18 MPa $\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）を高め、衝撃エネルギー（ $>100\text{J}\pm 10\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $>300\text{J}\pm 20\text{J}$ ）を吸収します。微粒子と最適化されたミクロ構造、摩耗率 $<0.05\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ （好ましくは $<0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、密度 $14.8\sim 15.2\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、熱膨張係数（CTE） $6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層（厚さ $<0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）が生成され、耐腐食性が向上します（腐食率 $<0.01\text{mm}/\text{年}\pm 0.001\text{mm}/\text{年}$ 、Cl⁻ 耐性 $>3000\text{時間}\pm 100\text{時間}$ ）。TaC および NbC は高温硬度を高めます（ $>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で初期硬度の 90 $\%\pm 2\%$ を維持し、熱安定性は $>95\%\pm 2\%$ ）。

炭化コンクリート破碎齒の動作原理

油圧ブレーカーやクラッシャーの高周波衝撃（衝撃周波数 10 $\sim$ 50Hz $\pm$ 2Hz、機器の出力 100 $\sim$ 600kW $\pm$ 50kW によって異なる）と衝撃力（50 $\sim$ 300kN $\pm$ 5kN）により、破碎齒がコンクリートに食い込んで破碎粒子を形成し、圧搾（接触圧力 300 $\sim$ 600MPa $\pm$ 20MPa）と割裂（割裂力 100 $\sim$ 200kN $\pm$ 10kN）を通じて鉄筋コンクリート構造物を破壊します。歯先は主な摩耗および熱負荷（表面温度 500 $\sim$ 800 $^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ 、瞬間最大 1000 $^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ ）を担い、母材鋼は構造支持（引張強度 $>1200\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）、熱伝導（熱伝導率 40 $\sim$ 50W/m $\cdot$ K $\pm$ 2W/m $\cdot$ K）、耐疲労性（疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、繰返し荷重 $>300\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ ）を提供します。歯先の円錐形状設計は衝撃効率を最適化し（圧潰深さ 5 $\sim$ 30cm $\pm$ 2cm）、平坦設計は横方向応力（ $<150\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ ）への耐性を高めます。

超硬コンクリート破碎齒の性能

鉄筋コンクリート（圧縮強度 30 $\sim$ 60MPa）、プレキャストパネル（40 $\sim$ 80MPa）、硬化セメント（20 $\sim$ 50MPa）の条件下では、最適化された破碎齒の寿命は 250 $\sim$ 400 時間 $\pm$ 50 時間以上（材料の硬度によって異なります）、破碎効率は 50 $\sim$ 150m³/h $\pm$ 5m³/h（最大 200m³/h $\pm$ 5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

m³/h、電力> 500kW±50kW）です。SEM 分析では歯先に明らかな亀裂はなく、摩耗深さは<0.05mm±0.01mm（好ましくは<0.03mm±0.01mm）であり、X 線回折（XRD）では WC 相の高結晶度（>95%±2%）が確認され、熱画像では熱応力分布が<150MPa±10MPa であることが示されています。

セメントカーバイドコンクリート破碎歯の性能に影響を与える要因

Co 含有量が

6% ~ 12%±1% の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。6%±1% 未満ではひび割れ率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超では硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8% ~ 10%±0.5% が推奨されます。

粒径

0.5 ~ 1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します（摩耗率 <0.03 mm³ / N · m ± 0.01 mm³ / N · m）。1 ~ 1.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中硬度コンクリートに適しており、2 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 超では摩耗率が 15%±3% 増加し、靱性が 10%±2% 低下します。

幾何学的角度の

切断角度 25°~45°±5°は破碎効率を最適化します（衝撃力<20 kN±1 kN、エネルギー消費 <30 kWh/m³±2 kWh/m³）、>50°±5°では効率が 10%±2%低下し、<25°±5°では歯の崩壊リスクが 5%±1%になりやすくなります。

表面処理

歯先の厚さ 3~6mm±0.1mm は耐摩耗性を向上させます（寿命が 20%±3%延長）、<3mm±0.1mm では寿命が 20%±3%短縮し、>6mm±0.1mm のコストは 15%±2%増加します。

TiN コーティング（厚さ 0.5~1 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、堆積温度 400~500°C±20°C）は摩擦係数（<0.3±0.05）を低減し、耐熱性（>700°C±20°C）を向上させます。熱処理された母材

鋼

は、支持性能を向上させるため、焼入れ（硬度 HRC40~52±2、深さ 1.5~3mm±0.2mm、焼入れ温度 850~900°C±20°C）され、未焼入れの母材寿命は 15%±3%短縮され、焼戻し（200~250°C±10°C、2~4 時間±0.5 時間）により残留応力が 5%±1%減少します。

作業環境

温度>700°C±50°Cでは硬度が 3%±1%低下し、水分含有量>10%±2%または鋼材含有量>5%±1%では摩耗が 5%±1%増加し、Cl⁻含有環境（濃度>0.5%±0.1%）では腐食速度が 0.015mm/年±0.002mm/年に増加します。

設備パラメータ（

衝撃周波数 10~50Hz±2Hz、衝撃力 50~300kN±5kN、出力 100~600kW±50kW）は、ギアの寿命と効率に影響を与えます。パラメータが高すぎる場合（上限の 10%±1%を超える場合）、寿命は 15%±2%短くなります。

超硬コンクリート破碎機の歯の種類

標準破碎歯

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

は、一般的なコンクリート（圧縮強度 20~40MPa）に適しており、直径 12~15mm±1mm、

高さ 25~30mm±2mm、耐摩耗性に優れ（寿命>300 時間±50 時間）、建物の解体によく使用されます。

強化破碎歯

鉄筋コンクリート（圧縮強度 40~80MPa）に適しており、直径 15~20mm±1mm、高さ 30~40mm±2mm、耐衝撃性が強く（>150J±10J）、橋梁解体に適しています。

耐腐食性破碎歯

、塩分を含んだコンクリートや水を含んだコンクリートに使用され、表面コーティングは TiAlN（Cl⁻耐性>3000 時間±100 時間）、直径 12~15mm±1mm、高さ 25~35mm±2mm、耐腐食性>99%±1%で、沿岸の建物に適しています。

特殊破碎歯

には、耐高温タイプ（>900°C±20°C、95%±2%を維持）と耐摩耗タイプがあり、高温または高鉄筋密度コンクリートに適しています。

超硬コンクリート破碎歯の応用

建物の解体は

、GB 50300 規格に沿って、300~400 時間±50 時間の寿命を持つ通常のコンクリート破碎（圧縮強度 20~40MPa）に使用されます。

橋の解体は

、鉄筋コンクリート（圧縮強度 40~80MPa）に使用され、JTG 3362 規格に沿って、耐衝撃性（> 100 J、ピーク 300 J±20 J）が効率的な破碎を保証します。。

産業廃棄物は

、ISO 10816 規格に適合し、粉塵を削減（<5%±1%）しながら、硬化セメント処理（圧縮強度 20~50MPa）に使用されます。

沿岸の建物は

、DNVGL-RP-C203 規格に沿って、海水腐食に耐性（> 4000 時間±100 時間、Cl⁻濃度に対する耐性> 3.5%±0.5%）を持つ塩分含有コンクリートに使用されます。

複雑な構造には鉄筋コンクリートまたは高硬度コンクリートが使用され、耐摩耗性は 95%±2%を超え、

2025 年には破碎効率は 130 m³/h ± 5 m³/h になります。

技術の進歩と将来の発展

新材料

はナノ WC（粒子<0.5μm±0.01μm）を導入して硬度（HV 2200-2600±50）を向上させ、TaC

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

と NbC を追加して高温安定性 ($> 900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ で $95\% \pm 2\%$ を維持) を強化します。2024 年の研究: ZrC コーティングの耐酸化性 (酸素重量増加 $< 0.15\% \pm 0.05\%/\text{h}$)。

インテリジェントモニタリング

統合センサー (精度 $\pm 0.05\%$) は、摩耗 (深さ $> 1.5\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$) および振動 ($< 15\text{ m/s}^2 \pm 1\text{ m/s}^2$) をリアルタイムでモニタリングし、交換サイクルを最適化します (誤差 $< 5\% \pm 1\%$)。

3D プリント技術

は SLM (層厚 $40 \sim 60\mu\text{m} \pm 5\mu\text{m}$) を使用して複雑な歯の形状を製造し、材料の無駄を $10\% \pm 2\%$ 削減します。

環境適応性により

、耐腐食性と耐高圧性 (耐圧性 $> 60\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$) を備えた歯が開発されました。WC 粉末の

持続可能な

リサイクル (リサイクル率 $> 80\% \pm 5\%$) により、ISO 14040 規格に準拠したカーボンフットプリント (CO_2 排出量 $20\% \pm 3\%$ 削減) が実現しました。

国内および国際基準と安全上の考慮事項

GB 50300 (建物解体)、JTG 3362 (道路橋)、ISO 10816 (振動制御)、DNVGL-RP-C203 (海洋規制) に準拠しています。低粉塵基準は 2025 年に追加される予定です。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

石油・ガス掘削用超硬ローラードリルビット

石油・ガス掘削用超硬ローラードリルビットは、石油・ガスの探査・開発用に設計された回転切削工具です。主に回転と衝撃によって岩石層を破壊し、坑井孔を作成するために使用されます。その主な利点は、ローラーの製造に超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co系など）を使用していることです。これらの材料は、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を提供し、複雑な地層条件下での効率的な操作を保証します。掘削装置の主要部品であるローラードリルビットは、掘削速度、坑井孔品質、掘削工具寿命に直接影響します。深井戸、超深井戸、さまざまな地層タイプ（軟質層、硬質層、研磨層など）で広く使用されています。2025年の業界の技術進歩と関連情報に基づいて、以下のコンテンツでは、ローラードリルビットの特性、技術的詳細、および用途の概要を示します。

1. 超硬合金ローラードリルビットの構造と材質

超硬ローラードリルビットは通常、3組のローラーで構成され、各ローラーは自身の軸を中心に回転し、ドリル本体に取り付けられています。本体は高強度合金鋼（例：42CrMo、焼入れ硬度 HRC 40～52）で作られ、ローラーは硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例：Cr₃C₂、TaC、NbC）を添加することで性能を最適化しています。製造プロセスには粉末冶金（SPS、HIP など）が含まれ、材料密度が $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、粒径が $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}$ ）に制御され、硬度がHV 1800～2200±30であることを保証します。局所的に2400～2600±50に達することもあります。歯には、フライス歯（鋼歯）とインサート歯（超硬歯）の2種類があります。鋼歯は軟質から中硬質の地層に適しており、インサート歯（TCI）は硬質または研磨性の地層に使用されます。歯先にTiNまたはTiAlNコーティング（厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を $<0.25\pm 0.05$ に下げ、耐摩耗性を高めることができます。

2. 超硬合金ローラードリルビットの動作原理と特性

ローラービットは、ドリルビットを回転させ（速度60～250 rpm）、加圧する（ビット圧力50～300 kN）ことで機能します。ローラービットは自身の軸を中心に転がり、歯が岩盤を破碎およびせん断して破壊します。ドリルビットの歯は、軟質地層では長くて間隔が広く、硬質地層では短くて密です。ベアリング設計（ローラーベアリングまたはジャーナルベアリングなど）には、シールシステム（Oリングまたは金属面シールなど）と圧力補償潤滑が装備されており、耐用年数が延長されます。ドリルビットは井戸底に垂直振動を発生させ、弾性エネルギーを衝撃力に変換して岩盤の破碎を補助するとともに、滑りせん断によ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

って切削効率を高めます。圧縮強度 5~60 MPa の地層に適しており、破碎深度は数メートルに達することがあり、効率は地層によって異なります。

3. 超硬合金ローラードリルビットの性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度、Co は靱性 (K_{IC} 12~16 MPa·m^{1/2}) を高め、摩耗率は 0.05 mm³/N·m 未満、耐高温性 (800°C 以上で耐酸化性 95% 以上) に優れています。TaC などの添加剤は高温安定性を向上させます。

幾何学的設計: 地層に応じてコーンの角度と歯形を調整します。軟質地層には長いチゼル歯を、硬質地層には短い丸歯を使用します。

作業パラメータ: 掘削圧力、回転速度、掘削流体流量は寿命と効率に影響します。パラメータが過度に高いと、寿命が 15%±2% 短くなる可能性があります。

環境要因: 高温 (> 700°C)、高研磨性、または水分を含んだ地層では、摩耗が 5%±1% 増加します。

4. 超硬合金ローラードリルビットの種類と用途

フライス歯ドリルビット

軟質から中硬質の地層 (5~20 MPa) に適用可能で、耐用年数は 200 ~ 300 時間で、通常は初期掘削に使用されます。

インサート歯ローラードリルビット (TCI): 硬い地層 (20 ~ 60 MPa) に適しており、寿命は 250 ~ 400 時間で、深井戸で広く使用されます。

シングルコーン/ダブルコーンドリルビット

より高い効率で方向性掘削や軟質層に使用されます。

アプリケーションシナリオ

石油・ガス探査、深井戸掘削、水平井建設。2025 年の試験では、50~150 m/h の効率が表示されました。

5. 超硬合金ローラードリルビットの技術開発

新素材: ナノ WC により硬度が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性が強化されます。

インテリジェントな監視: センサーが摩耗をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します。

3D プリント: SLM テクノロジーにより材料の無駄が削減され、1400 MPa±50 MPa の強度を実現します。

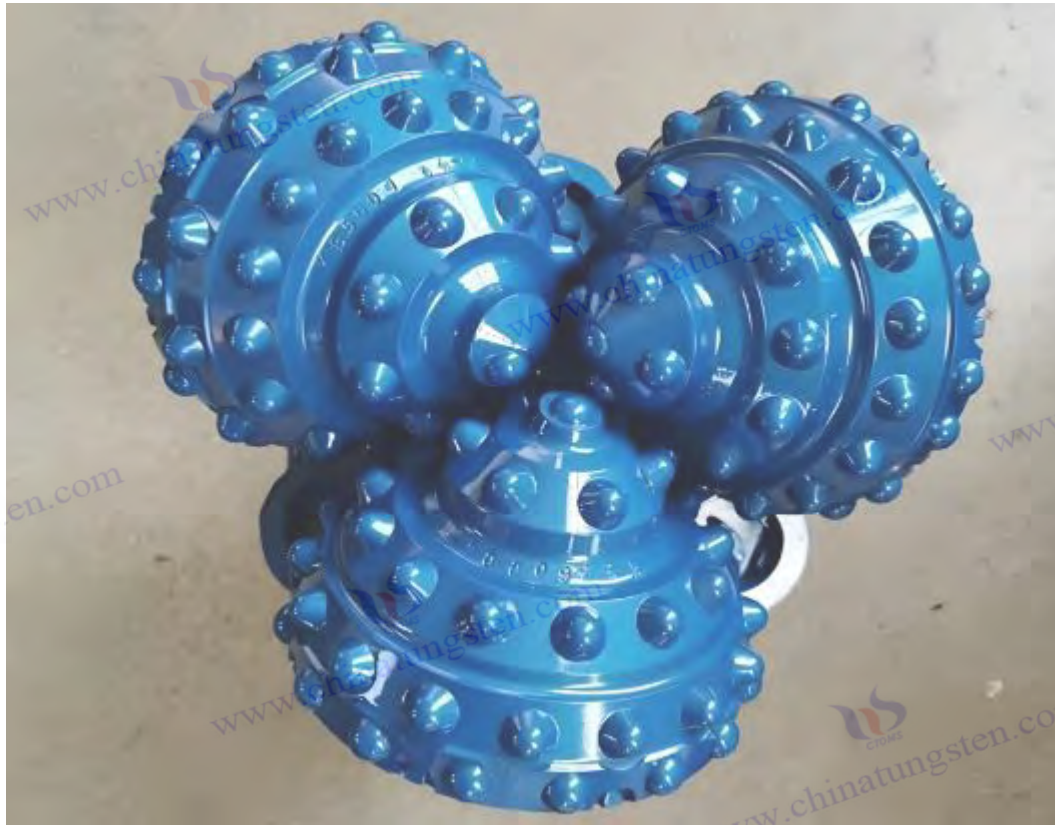
ハイブリッド設計: 固定切断要素と組み合わせることで適応性が向上します。

6. 超硬ローラードリルビットの安全性と規格

API 規格に準拠し、摩耗限度 (> 6 mm) を超えると交換が必要となり、事故率は 0.1% 未満となり、保護具を着用する必要があります。

多用途性と技術革新を備えた超硬ローラードリルビットは、石油およびガスの掘削の中心的なツールであり、業界の効率向上とコスト最適化を推進します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

セメントカーバイドハードロックおよびシェール掘削ビットとは何ですか？

超硬質岩盤・頁岩掘削ビットは、地質調査、石油・ガス掘削、鉱物採掘用に設計された切削工具です。主に硬岩・頁岩層の効率的な掘削に使用されます。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用してドリルビットを製造することにあります。これらの材料は、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を備え、高硬度・高摩耗性の地層で高い効率と耐久性を保証します。掘削設備の主要部品である掘削ビットは、掘削速度、坑井品質、掘削工具寿命に直接影響を及ぼし、硬岩（花崗岩、石灰岩など）や頁岩層で広く使用されています。最新のオンライン情報と技術の進歩に基づき、以下のコンテンツでは、ドリルビットの構造、原理、種類、用途、技術開発について包括的に解説します。

1. 硬岩・頁岩掘削用超硬合金ビットの構造と材質

掘削ビットは通常、PDC（多結晶ダイヤモンド複合材）と超硬合金の複合設計を採用しています。本体は高強度合金鋼（例：42CrMo、焼入れ硬度 HRC 40~52）で作られ、刃先またはブレードには硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）が使用され、微量添加剤（例：Cr₃C₂ $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%\sim 1.5\%\pm 0.1\%$ ）が添加され、結晶粒度、耐摩耗性、耐熱疲労性が最適化されています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{分}\pm 1\text{分}$ ）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{分}\pm 5\text{分}$ ）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度が $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満であることを保証します。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールペッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。硬度範囲は HV 1800~2200 ± 30 で、局所的には 2400~2600 ± 50 に達することもあります。PDC 層の厚さは $0.5\sim 2\text{mm}$ で、超硬合金基板と組み合わせることで、耐衝撃性（ $K_{Ic} 12\sim 18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）が大幅に向上します。歯先に TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数が 0.25 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性が $20\%\pm 3\%$ 向上します。さらに、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性も向上します。

2. 硬岩・頁岩掘削用超硬合金ビットの原理と特徴

掘削ビットは、ドリルビットを回転させ（回転速度 $100\sim 300\text{rpm}\pm 10\text{rpm}$ ）、加圧（ビット圧力 $50\sim 400\text{kN}\pm 10\text{kN}$ ）することで作動し、刃または刃がせん断と粉碎によって硬岩および頁岩を破碎します。硬岩用ドリルビットは短歯高密度レイアウトを採用し、切削角度

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

($15^{\circ}\sim 30^{\circ}\pm 2^{\circ}$)を最適化し、高硬度地層の貫入性を高めます。頁岩用ドリルビットは長歯中間隔設計を採用し、地層構造と亀裂発達特性に適応します。ベアリングシステムには高性能転がり軸受と金属面シールが装備されており、高温($>200^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$)に耐え、高品質の潤滑剤(合成エステルなど)により摩耗を軽減します。ドリルビットは坑井底に高いせん断力($>1000\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$)を発生させ、掘削流体(水性または油性)のフラッシング効果と搬送効果を組み合わせ、堆積物を除去します。圧縮強度 $20\sim 100\text{MPa}$ の地層に適しており、掘削深度は数百メートルから数千メートルに達します。効率は地層の硬度(花崗岩 $50\sim 100\text{MPa}$ 、頁岩 $20\sim 50\text{MPa}$ など)によって異なり、平均掘削速度は $10\sim 50\text{m/h}$ に達します。最新技術では、適応振動技術も導入されており、頁岩層の掘削効率を $5\%\pm 1\%$ 向上させます。

3. セメントカーバイド硬岩・シェール掘削ビットの性能に影響を与える要因

材料特性

WC は高い硬度を提供し、Co は靱性を高めます ($K_{IC} 12\text{-}16\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値は $18\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ に達する)、摩耗率は $<0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、耐熱性 ($800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 以上で耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$)。PDC 層の耐摩耗性は超硬合金より $30\%\pm 5\%$ 高くなりますが、衝撃感度を最適化する必要があります。

幾何学的なデザイン

$15^{\circ}\sim 30^{\circ}\pm 5^{\circ}$ の切削角度により、掘削効率が最適化されます。硬岩用ドリルビットは、貫通力を高めるためにテーパ歯を採用し、シェール用ドリルビットは、層状構造に適応するために平底歯を採用しています。切削片除去効率は、切削片除去溝の設計(幅 $5\sim 10\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$)に影響されます。最適化された螺旋溝設計により、切削片除去率は $10\%\pm 2\%$ 向上します。

動作パラメータ

掘削圧力、回転速度、掘削流体流量は、耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合(掘削圧力が 400kN を超える場合、または回転速度が 300rpm を超える場合など)、耐用年数が $15\%\pm 2\%$ 短縮される可能性があります。地層特性に応じて、最適なパラメータを動的に調整する必要があります。

環境要因

高温($700^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 超)、高摩耗性(石英砂含有層など)、または含水層では、摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加します。Cl-含有環境(濃度 $0.5\%\pm 0.1\%$ 超)では、腐食速度が $0.01\text{ mm}/\text{年}\pm 0.001\text{ mm}/\text{年}$ に増加するため、防食コーティング(Cr_2O_3 など)が必要となります。

4. 硬岩および頁岩掘削用炭化物ビットの種類

硬岩掘削ビット

特徴: 高密度レイアウトの短い歯、花崗岩や石灰岩に適しています(圧縮強度 $50\sim 100\text{MPa}$)、耐用年数は $200\sim 350$ 時間 ± 20 時間、掘削速度は $10\sim 20\text{m/h}$ 、深井戸探査や硬岩トンネル工事でよく使用されます。

シェール掘削ビット

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

特徴：中程度の間隔設計の長い歯、シェール層（圧縮強度 20～50 MPa）に適しており、寿命は 250～400 時間±20 時間、掘削速度は 20～40 m/h で、シェールガス開発や軟質・硬質交互層に広く使用されています。

ハイブリッドドリルビット

特徴：PDC と超硬合金を組み合わせ、複雑な地層（圧縮強度 20～100MPa）に適しており、試験効率は 60～120m/h±5m/h で、変化する地質条件に適しています。

特殊ドリルビット

これらには、深海掘削や火山岩層などの過酷な環境向けに最適化された耐高温ドリルビット（>800°C±20°C）と耐腐食ドリルビット（Cl⁻ 耐性 >7000 時間±200 時間）が含まれます。

5. 硬岩および頁岩掘削用超硬合金ビットの応用

地質探査

地熱資源評価のために、ISO 3551 規格に準拠した ±0.01 mm の精度で深部コアサンプリングを行うために使用されます。

石油・ガス掘削

シェールガス、深部油田・ガス田、海洋掘削に適用され、耐用年数は 300～400 時間で、API 7-1 規格に準拠し、新エネルギーの開発をサポートします。

鉱物採掘

銅、鉄、金などの硬岩採掘に使用され、ISO 10896 規格に準拠した 95%±2%を超える耐摩耗性を備え、希土類金属の採掘に役立ちます。

インフラ建設

トンネル、橋梁、高速鉄道の基礎部分の掘削に使用され、花崗岩の地層に適しており、「一帯一路」プロジェクトをサポートします。

エネルギー転換

IEC 61400 規格に準拠した、優れた耐高温性を備え、風力タービントワーの基礎掘削や地熱掘削に使用されます。

研究と教育

0.01 mm±0.005 mm 未満の精度で、岩石力学実験や深海堆積物の掘削に適用されます。

防衛・航空宇宙

地下バンカー掘削やロケット発射基地の基礎補強に使用され、耐衝撃性は>50 J±5 J です。

6. 硬岩・シェール掘削ビットの技術進歩

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

新素材

ナノ WC（粒径 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）の導入により硬度（HV 2200-2600 ± 50 ）が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性（ $>98\%\pm 1\%$ ）が強化され、耐用年数が $25\%\pm 3\%$ 延長されるため、超深井戸に適しています。

インテリジェントな監視

内蔵センサー（精度 $\pm 0.05\%$ ）が摩耗（深さ $>0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$ ）と温度（ $<800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）をリアルタイムで監視し、 $<5\%\pm 1\%$ の誤差で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融法（SLM、層厚 $30\sim 50\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$ ）を使用して、強度 $1500\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ の複雑なブレードを製造し、材料の無駄を $10\%\pm 2\%$ 削減します。

適応型デザイン

AI アルゴリズムの最適化と組み合わせて、切削パラメータ（掘削圧力や速度など）を動的に調整し、効率を $10\%\pm 2\%$ 向上させます。

7. 硬岩およびシェール掘削用セメント炭化物ビットの規格

API 7-1、ISO 3551、ISO 10896、IEC 61400 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度（ $>6\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ ）を超えた場合は交換が必要です。事故率は $0.1\%\pm 0.02\%$ 未満です。作業者は保護具（安全ヘルメットとゴーグル）を着用する必要があります。環境保護要件を強調するため、新たに低摩耗率規格が追加されました。

超硬質岩盤・シェール掘削ビットは、その高性能と革新的な設計により、掘削プロジェクトの中核ツールとして、深層資源開発の効率向上とコスト最適化を推進してきました。AI 時代とインダストリアル・インターネットの台頭により、その生産と応用の可能性はさらに拡大しています。さらに、インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的にはより高い精度と適応性を実現することが期待されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



超硬合金製深井戸・水平井戸ローラードリルビットとは何ですか？

超硬合金製深井戸・水平井戸ローラードリルビットは、深井戸および水平井戸の掘削用に設計された回転切削工具です。石油・ガスの探査・開発に広く使用されており、複雑な地層条件に適しています。その主な利点は、ローラーの製造に超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用していることです。これらの材料は、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を提供し、高深度、高温、高摩耗環境でも効率的な操作を保証します。掘削装置の主要部品であるローラードリルビットは、掘削速度、坑井軌道の安定性、掘削工具の寿命に直接影響し、超深井戸、水平井セクション、硬質地層で重要な用途があります。業界の技術進歩と関連情報に基づいて、以下の内容はローラードリルビットの特性、技術的詳細、および用途の概要を示します。

1. 超硬合金製深井戸・水平井戸ローラードリルビットの構造と材質

ローラードリルビットは通常、高強度合金鋼（例：42CrMo、焼入れ硬度 HRC 40～52）の本体に取り付けられた 3 組以上のローラーで構成されています。ローラーは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $> 90\% \pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\% \sim 12\% \pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例：Cr₃C₂ $0.5\% \sim 2\% \pm 0.1\%$ 、TaC $1\% \sim 3\% \pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\% \sim 1.5\% \pm 0.1\%$ ）を添加することで、粒径、耐摩耗性、耐熱疲労性を最適化しています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350 \sim 1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $45 \sim 55\text{MPa} \pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5 \sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400 \sim 1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $150 \sim 200\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30 \sim 60$ 分 ± 5 分）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度が $99.9\% \pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\% \pm 0.05\%$ 未満であることを保証します。粒径は $0.5 \sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8 \sim 1.2\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールペッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。硬度範囲は HV1800～2200 ± 30 で、局所的には 2400～2600 ± 50 に達することがあります。歯車の歯の種類には、インサート歯（TCI）または鋼歯があります。TCI は硬い地層に適しており、鋼歯は軟らかい地層から中硬めの地層に適しています。歯先に TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5 \sim 2\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.25 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性を $20\% \pm 3\%$ 向上させ、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性をさらに向上させることができます。軸受システムは転がり軸受またはジャーナル軸受を使用し、金属面シールと圧力補償潤滑を備え、高温（ $> 250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ）に耐えることができます。

2. 動作原理と特徴

ローラービットは、ドリルビットを回転させ（速度 $60 \sim 200\text{rpm} \pm 10\text{rpm}$ ）、加圧（ビット圧力 $100 \sim 500\text{kN} \pm 10\text{kN}$ ）することで機能します。ローラービットは自身の軸を中心に回転し、歯が岩石層を破碎、せん断、研削することで破壊します。深井戸ドリルビットは、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高強度の短い歯のレイアウトと最適化された切削角度（ $15^{\circ} \sim 25^{\circ} \pm 2^{\circ}$ ）で設計されており、高硬度の地層の貫入を強化します。水平井戸ドリルビットは、長い歯の構造で最適化されており、横方向の力に抵抗し、複雑な軌跡や偏心摩耗条件に適応します。ドリルビットは、井戸の底に高い衝撃力（ $50 \sim 300 \text{ kN} \pm 10 \text{ kN}$ ）を生成し、掘削流体（水性または油性）のフラッシング効果と相まって、破片を除去します。圧縮強度が $20 \sim 80 \text{ MPa}$ の地層に適しています。深井戸の掘削深度は $5,000 \sim 8,000 \text{ m}$ 、水平井区間の長さは $2,000 \sim 3,000 \text{ m}$ に達します。掘削効率は地層によって異なりますが、最大 $50 \sim 120 \text{ m/h}$ に達します。最新技術では、適応振動機構を導入し、複雑な地層での掘削効率を $5\% \pm 1\%$ 向上させます。

3. パフォーマンスと影響要因

材料特性

WC は高い硬度を提供し、Co は靱性を高めます（ $K_{1c} 12 \sim 16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 、ピーク値は $18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達する可能性があります）。摩耗率は $0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 未満で $\pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 、耐高温性（ $800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ 以上で耐酸化性 $95\% \pm 2\%$ 以上）。TaC は高温安定性を向上させ、 Cr_3C_2 は粒界腐食を低減します。

幾何学的なデザイン

コーンの角度と歯形状は、井戸の深さと軌道に合わせて調整されます。深い井戸には高密度の短歯を、水平な井戸には偏心摩耗に強い長歯を採用しています。切削片除去溝の設計（幅 $5 \sim 10 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ ）により切削片の除去が最適化され、螺旋溝により効率が $10\% \pm 2\%$ 向上します。

動作パラメータ

掘削圧力、回転速度、掘削流体流量は、耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合（掘削圧力 $> 500 \text{ kN}$ 、回転速度 $> 200 \text{ rpm}$ など）、耐用年数が $15\% \pm 2\%$ 短くなる可能性があるため、動的調整が必要になります。

環境要因

高温（ $700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ 超）、高摩耗性（石英砂層など）、または含水層では、摩耗が $5\% \pm 1\%$ 増加します。深井戸の高圧（ $70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 超）では、シールと潤滑の強化が必要です。

4. 種類と用途

深井戸用回転式ドリルビット

特徴：高強度の短歯レイアウト、超深井戸（ $> 5000 \text{ m}$ 、圧縮強度 $20 \sim 60 \text{ MPa}$ ）に適しており、寿命は $200 \sim 350$ 時間 ± 20 時間、掘削速度は $20 \sim 50 \text{ m/h}$ 、深部石油およびガス探査でよく使用されます。

水平井戸ローラードリルビット

特徴：横方向の力に耐える長い歯構造、水平セクションに適しており（圧縮強度 $20 \sim 50 \text{ MPa}$ ）、寿命は $250 \sim 400$ 時間 ± 20 時間、掘削速度は $30 \sim 70 \text{ m/h}$ で、シェールガス開発や複雑な軌道の掘削に広く使用されています。

ハイブリッドドリルビット

特徴：TCI と鋼製歯を組み合わせ、複雑な地層（圧縮強度 $20 \sim 80 \text{ MPa}$ ）に適しており、試験効率は $70 \sim 120 \text{ m/h} \pm 5 \text{ m/h}$ で、軟質地層と硬質地層が交互に現れる地層に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

特殊ドリルビット

深海掘削や高温地層向けに最適化された耐高温ドリルビット ($>800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$) と耐高圧ドリルビット (耐圧 $>100\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$) が含まれます。

5. 深井戸および水平井戸における超硬合金ローラードリルビットの適用

石油・ガス掘削

超深井戸、水平井戸、海洋掘削に適用可能で、耐用年数は 300 ～ 400 時間、API 7-1 規格に準拠し、深部石油・ガス開発をサポートします。

地質探査

地熱および鉱物資源評価のための ISO 3551 規格に準拠した深部コアサンプリング (精度 $\pm 0.01\text{ mm}$) に使用されます。

鉱物採掘

銅や鉄鉱石などの硬岩採掘に使用され、耐摩耗性は $>95\%\pm 2\%$ で ISO 10896 規格に準拠しており、希土類金属の採掘に役立ちます。

インフラ建設

トンネルや橋梁の深い基礎ピットの掘削に使用され、高硬度の地層にも適応し、大規模な土木プロジェクトをサポートします。

エネルギー転換

IEC 61400 規格に準拠した、優れた耐高温性を備え、地熱掘削や風力発電タワーの基礎補強に使用されます。

研究開発

岩石力学実験や深井戸試験に適用され、精度は $<0.01\text{ mm}\pm 0.005\text{ mm}$ です。

防衛工学

地下掘削や軍事基地の基礎補強に使用され、耐衝撃性は $>50\text{ J}\pm 5\text{ J}$ です。

6. 技術の進歩

新素材

ナノ WC (粒子 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$) の導入により硬度 (HV 2200-2600 ± 50) が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性 ($>98\%\pm 1\%$) が向上し、耐用年数が $25\%\pm 3\%$ 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー (精度 $\pm 0.05\%$) が摩耗 (深さ $>0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$) と温度 ($<800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$) をリアルタイムで監視し、 $<5\%\pm 1\%$ の誤差で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融法 (SLM、層厚 $30\sim 50\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$) は、強度 $1500\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ 、材料廃棄物 $10\%\pm 2\%$ 削減の複雑なギアの製造に使用されます。

適応型技術

掘削圧力と回転速度を動的に調整して効率を $15\%\pm 2\%$ 向上させ、AI アルゴリズムを使用して掘削パラメータを最適化します。

7. 安全性と基準

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

API 7-1、ISO 3551、ISO 10896、IEC 61400 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度（ $>6\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ ）を超えた場合は交換が必要です。事故率は $0.1\%\pm 0.02\%$ 未満です。作業者は保護具（安全ヘルメット、ゴーグル）を着用する必要があります。深井戸の高圧環境においては、安全検査とシール設計を強化する必要があります。

高性能と革新的な設計を特徴とする超硬合金製深井戸・水平井戸ローラードリルビットは、複雑な掘削プロジェクトの中核ツールであり、深部資源開発における効率向上とコスト最適化を促進します。AI 時代とインダストリアル・インターネットの文脈において、その生産と応用の可能性はさらに拡大し、インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的にはより高い精度と適応性を実現することが期待されます。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

花崗岩や玄武岩の掘削に使用する超硬ドリルビットとは何ですか？

超硬花崗岩および玄武岩掘削ビットは、高硬度の岩石掘削用に設計された切削工具です。主に地質調査、鉱物採掘、インフラ建設に使用され、花崗岩や玄武岩などの超硬質地層を対象としています。その主な利点は、ドリルビットの製造に超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用していることです。これらの材料は、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を提供し、高硬度、高摩耗条件下での効率的な操作を保証します。掘削装置の重要なコンポーネントとして、掘削ビットは掘削速度、ドリルビットの寿命、および施工品質に直接影響し、硬岩採掘および深層掘削に広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づいて、次のコンテンツでは、掘削ビットの特性、技術的詳細、および用途の概要を示します。

1. セメント炭化花崗岩および玄武岩掘削ビットの構造と材料

このドリルビットは、PDC（多結晶ダイヤモンド複合材）と超硬合金の複合設計を採用しています。本体は高強度合金鋼（例：42CrMo、焼入れ硬度 HRC 40~52）で作られており、刃先は硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\pm 1\%$ ）を、結合相としてコバルト（Co、 $6\sim 12\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例：Cr₃C₂ $0.5\sim 2\pm 0.1\%$ 、TaC $1\sim 3\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\sim 1.5\pm 0.1\%$ ）を添加することで、結晶粒径、耐摩耗性、耐熱疲労性を最適化しています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{分}\pm 1\text{分}$ ）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{分}\pm 5\text{分}$ ）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度が $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満であることを保証します。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールペッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。硬度範囲は HV 1800~2200 ± 30 で、局所的には 2400~2600 ± 50 に達することもあります。PDC 層の厚さは $0.5\sim 2\text{mm}$ で、超硬合金基板と組み合わせることで、耐衝撃性と耐摩耗性（ $K_{1c} 12\sim 18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）を高めています。歯先に TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を $<0.25\pm 0.05$ に低減し、耐摩耗性を $20\%\pm 3\%$ 向上させ、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性をさらに向上させます。ドリルビットには高性能ベアリングと金属面シールが装備されており、高温（ $>250^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）にも耐えられます。

2. セメント炭化花崗岩および玄武岩掘削ビットの動作原理と特性

掘削ビットは、ドリルビットを回転させ（回転速度 $80\sim 250\text{rpm}\pm 10\text{rpm}$ ）、加圧（ビット圧力 $100\sim 500\text{kN}\pm 10\text{kN}$ ）することで機能します。切削歯またはブレードは、高せん断と研削により、花崗岩（圧縮強度 $80\sim 200\text{MPa}$ ）および玄武岩（ $100\sim 300\text{MPa}$ ）を破碎します。ドリルビットは、短歯高密度レイアウトと最適化された切削角度（ $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\pm 2^{\circ}$ ）で設計されており、超硬質地層に適応します。掘削流体（水性または油性）の洗浄および搬送効果と相まって、付着と破片の蓄積を減らします。ドリルビットは、井戸底で高い衝撃力（ $100\sim 400\text{kN}\pm 10\text{kN}$ ）を発生させ、高硬度地層に適しています。掘削深度は数百メートルから数千メートルに達します。効率は岩石の硬度に依存し、最大 $30\sim 80\text{m/h}$ に達します。最新技術では、適応振動機構を導入し、超硬質地層の掘削効率を $5\%\pm 1\%$ 向上させま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。

花崗岩および玄武岩の掘削における超硬合金ドリルビットの性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度、Co は靱性を高めます (K_{ic} 12~16MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値は 18MPa·m^{1/2}±0.5 に達する可能性があります)。摩耗率は 0.05mm³/N·m 未満±0.01mm³/N·m、耐高温性 (800°C±20°C以上で耐酸化性 95%±2%以上)。PDC 層の耐摩耗性は超硬合金より 30%±5%高くなりますが、衝撃感度を最適化する必要があります。

幾何学的設計: 15°~25°±5°の切削角が掘削効率を最適化し、円錐形または球形の歯形状により花崗岩や玄武岩への浸透性を高めます。チップ溝設計 (幅 5~10mm±0.5mm) はチップの排出性を最適化し、螺旋状の溝により効率を 10%±2%向上させます。

作業パラメータ: 掘削圧力、回転速度、掘削流体流量は、耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合 (掘削圧力 > 500 kN、回転速度 > 250 rpm など)、耐用年数が 15%±2%短くなる可能性があります。地層特性に応じて動的に調整する必要があります。

環境要因: 高温 (>700°C±20°C)、高摩耗 (石英砂含有地層など)、または水含有地層では摩耗が 5%±1% 増加し、高圧 (>100 MPa±5 MPa) では構造とシール強化が必要になります。

4. セメントカーバイド花崗岩および玄武岩掘削ビットの種類と用途

花崗岩の掘削ビット

特徴: 高密度レイアウトの短い歯、花崗岩 (圧縮強度 80 ~ 200 MPa) に適しており、寿命は 150 ~ 300 時間 ±20 時間、掘削速度は 20 ~ 40 m/h、深部鉱物採掘でよく使用されます。

玄武岩掘削ビット

特徴: 高密度レイアウトの短い歯、玄武岩 (圧縮強度 100~300MPa) に適しており、寿命は 200~350 時間±20 時間、掘削速度は 15~30m/h で、インフラ建設に広く使用されています。

ハイブリッドドリルビット

特徴: PDC と超硬合金を組み合わせ、超硬質で複雑な地層 (圧縮強度 80~300MPa) に適しており、試験効率は 40~80m/h±5m/h で、さまざまな地質条件に適しています。

特殊ドリルビット

これらには、火山岩や深海層などの過酷な環境向けに最適化された耐高温ドリルビット (>800°C±20°C) と耐高圧ドリルビット (耐圧>120 MPa±5 MPa) が含まれます。

5.花崗岩および玄武岩の掘削における超硬合金ドリルビットの応用

地質探査

地熱および鉱物資源評価のための ISO 3551 規格に準拠した深部コアサンプリング (精度 ±0.01 mm) に使用されます。

鉱物採掘

花崗岩および玄武岩の鉱石採掘に適用され、耐摩耗性が 95%±2%を超え、ISO 10896 規格に準拠しており、希土類および貴金属の採掘を促進します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

インフラ建設

トンネル、橋梁、高速鉄道の基礎部分の穴あけに使用され、超硬質地層に適しており、大規模なエンジニアリング プロジェクトをサポートします。

エネルギー転換

地熱掘削や風力発電タワーの基礎補強に使用され、優れた耐高温性を備え、IEC 61400 規格に準拠しています。

研究と教育

精度は $<0.01\text{mm}\pm 0.005\text{mm}$ で、岩石力学実験や超硬岩掘削に応用されます。

防衛工学

地下バンカー掘削や軍事基地の基礎補強に使用され、耐衝撃性は $>50\text{ J}\pm 5\text{ J}$ です。

6. セメント炭化花崗岩および玄武岩掘削ビットの技術進歩

新素材

ナノ WC（粒子 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）の導入により硬度（HV 2200-2600 ± 50 ）が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性（ $>98\%\pm 1\%$ ）が向上し、耐用年数が $25\%\pm 3\%$ 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー（精度 $\pm 0.05\%$ ）が摩耗（深さ $>0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$ ）と温度（ $<800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ ）をリアルタイムで監視し、 $<5\%\pm 1\%$ の誤差で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融法（SLM、層厚 $30\sim 50\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$ ）を使用して、強度 $1600\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ の複雑なブレードを製造し、材料の無駄を $10\%\pm 2\%$ 削減します。

適応型技術

AI アルゴリズムの最適化と組み合わせ、切削パラメータ（掘削圧力や速度など）を動的に調整し、効率を $10\%\pm 2\%$ 向上させます。

7. セメント炭化花崗岩および玄武岩掘削ビットの安全性と規格

API 7-1、ISO 3551、ISO 10896、IEC 61400 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度（ $6\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 超）を超えた場合は交換が必要です。事故率は $0.1\%\pm 0.02\%$ 未満です。作業者は保護具（安全ヘルメットとゴーグル）を着用する必要があります。高圧環境下では、安全検査と構造設計を強化する必要があります。

超硬質花崗岩および玄武岩掘削ビットは、その高性能と革新的な設計により、硬岩掘削プロジェクトの中核ツールであり、深層資源開発の効率向上とコスト最適化を促進してきました。AI 時代とインダストリアル・インターネットの文脈において、その生産と応用の可能性はさらに拡大するでしょう。インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的にはより高い精度と適応性を実現することが期待されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



超硬コアサンプリングドリルビットとは何ですか？

超硬コアサンプリングドリルビットは、地質調査や科学研究用に設計された切削工具で、岩石層から高品質のコアサンプルを採取するために使用されます。その主な利点は、ドリルビットの製造に超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用していることです。これにより、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性が得られ、花崗岩、頁岩、玄武岩など、さまざまな岩石タイプで効率的な掘削とコアの完全性の維持が保証されます。地質掘削装置の主要部品として、コアサンプリングドリルビットは、サンプリング精度、コア回収率、ドリル寿命に直接影響し、鉱物探査、石油・ガス探査、環境研究などで広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づき、以下の内容でコアサンプリングドリルビットの特徴、技術的詳細、用途の概要を説明します。

1. 超硬合金コアサンプリングドリルビットの構造と材質

コア採取用ドリルビットは通常、円筒形の設計で、内壁にはコアを保護するライナーが備えられており、本体は高強度合金鋼（例：40CrMo、焼入れ硬度 HRC 40～50）で作られています。切削部には、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）が使用され、微量添加剤（例：Cr₃C₂ $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%\sim 1.5\%\pm 0.1\%$ ）が添加されており、結晶粒度、耐摩耗性、耐熱疲労性を最適化しています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{分}\pm 1\text{分}$ ）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{分}\pm 5\text{分}$ ）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度が $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満であることを保証します。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールベッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。硬度範囲は HV1800～2200±30 で、局所的には 2400～2600±50 に達することもあります。刃先または刃先には TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数は 0.25 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性は $20\%\pm 3\%$ 向上します。また、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性もさらに向上します。ドリルビットの内径はコア規格（NQ、HQ、PQ シリーズなど）に合わせて設計され、外径は $50\sim 150\text{mm}\pm 5\text{mm}$ で、高精度ベアリングとシーリングシステムを備え、耐高温性（ $>200^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）を備えています。

2. 超硬合金コアサンプリングドリルビットの動作原理と特性

ドリルビットを回転させ（速度 $100\sim 300\text{rpm}\pm 10\text{rpm}$ ）、加圧（ビット圧力 $20\sim 200\text{kN}\pm 5\text{kN}$ ）することで機能します。切削歯が岩石を円周に沿って切削し、コアが内壁に沿ってドリルビットの上部まで上昇します。ドリルビットは、低速高トルク切削、最適化された切削角度（ $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\pm 2^{\circ}$ ）に合わせて設計されており、コアの破損を減らし、掘削流体（水性

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

または油性）のフラッシング効果と搬送効果を組み合わせてコアの完全性を確保します。
圧縮強度 20～200 MPa の地層に適しており、掘削深度は 1000～3000 m に達します。コア
回収率の目標は $>90\%\pm 2\%$ で、効率は地層の硬度に依存し、最大 10～30 m/h です。最新
の技術では、適応振動機構を導入し、複雑な地層のコア回収率を $5\%\pm 1\%$ 向上させていま
す。

3. 超硬合金コアサンプリングドリルビットの性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度、Co は韌性 (K_{IC} 12～16 MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値は 18 MPa·m^{1/2}±0.5 に達する)、摩耗率 $<0.05\text{mm}^3 / \text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3 / \text{N}\cdot\text{m}$ 、耐熱性 (800°C±20°C以上で耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$)。コーティングにより、凝着率 $<2\%\pm 0.5\%$ を低減し、コアの表面品質を向上させます。

幾何学的設計: 切断角度 15°～25°±5°で切断効率を最適化し、歯の形状は円錐形または平底、内壁の滑らかさは 0.1mm±0.01mm 未満で、コアの摩擦を低減します。

作業パラメータ: 掘削圧力、回転速度、掘削流体流量は回収率に直接影響します。パラメータが過度に高い場合（掘削圧力が 200kN を超える場合や、回転速度が 300rpm を超える場合など）、コアの健全性が $5\%\pm 1\%$ 低下する可能性があるため、動的調整が必要です。

環境要因: 高温 ($>700^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$)、高研磨性（石英砂層など）、または含水層は摩耗を $5\%\pm 1\%$ 増加させるため、コアを保護するために掘削流体の粘度を調整する必要があります。

4. 超硬合金コアサンプリングドリルビットの種類と用途

軟岩サンプリングドリルビット

特徴: 頁岩や泥岩（圧縮強度 20～50 MPa）に適しており、耐用年数は 200～300 時間±20 時間、掘削速度は 20～30 m/h で、主に浅層探査に使用されます。

硬岩サンプリングドリルビット

特徴: 花崗岩や玄武岩（圧縮強度 50～200 MPa）に適しており、耐用年数は 150～250 時間±20 時間、掘削速度は 10～20 m/h で、深部鉱物に広く使用されています。

ハイブリッドドリルビット

特徴: PDC とセメント炭化物の組み合わせ、複雑な地層に適しており（圧縮強度 20 ～ 200 MPa）、テスト回復率は $95\%\pm 2\%$ を超え、軟質と硬質が交互に存在する地層に適しています。

特殊ドリルビット

深海や火山岩層などの過酷な環境に最適化された、耐高温ドリルビット ($>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$) と耐高圧ドリルビット（耐圧 $>100\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$ ）が含まれます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. 超硬コアサンプリングドリルビットの応用

鉱物探査

深部鉱石サンプリングに使用され、精度は $\pm 0.01 \text{ mm}$ 、ISO 3551 規格に準拠しており、希土類および貴金属の探査に適用されます。

石油・ガス探査

深層コア採取に適用され、耐用年数は 200～300 時間で、API 7-1 規格に準拠し、石油・ガス田の評価をサポートします。

環境学

土壌および堆積物のサンプルの場合、回収率は $90\% \pm 2\%$ を超え、ASTM D2113 規格を満たし、気候変動研究に使用されます。

インフラ建設

トンネルや橋梁などの地質調査、高硬度地層に適しており、プロジェクトの立地選定をサポートします。

研究と教育

岩石力学実験や地質掘削試験に適用され、精度は $< 0.01 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$ です。

防衛工学

地下資源探査や軍事基地の基礎評価に使用され、耐衝撃性は $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$ です。

6. 超硬コアサンプリングドリルビットの技術

新素材

ナノ WC (粒子 $< 0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) の導入により耐摩耗性 (HV 2200-2600 ± 50) が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性 ($> 98\% \pm 1\%$) が強化され、耐用年数が $25\% \pm 3\%$ 延長されます。

インテリジェントな監視

統合センサー (精度 $\pm 0.05\%$) は、摩耗 (深さ $> 0.5 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$) とコアの状態をリアルタイムで監視し、誤差 $< 5\% \pm 1\%$ で掘削パラメータを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融 (SLM、層厚 $30 \sim 50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) は、 $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ の強度を持つ複雑な切断構造を製造するために使用され、材料の無駄を $10\% \pm 2\%$ 削減します。

適応型技術

切削速度を動的に調整して回収率を $5\% \pm 1\%$ 向上させ、AI アルゴリズムを組み合わせる掘削プロセスを最適化します。

7. 超硬コアサンプリングドリルビットの安全性と規格

ISO 3551、ASTM D2113、API 7-1 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度 ($> 6 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$) を超えた場合は交換が必要です。事故率は $0.1\% \pm 0.02\%$ 未満です。作業者は保護具 (安全ヘルメット、ゴーグル) を着用する必要があります。深掘削には、強化された安全試験とシーリング設計が必要です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高精度と革新的な設計を特徴とする超硬コアサンプリングドリルビットは、地質探査の中核ツールであり、資源開発効率の向上とデータ品質の最適化を促進します。AI 時代とインダストリアルインターネットの文脈において、その生産と応用の可能性はさらに拡大し、インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的により高い精度と適応性を実現することが期待されます。



カーバイド地熱井掘削ビットとは何ですか？

超硬地熱井掘削ビットは、地熱資源開発用に特別に設計された切削工具であり、高温、高硬度、腐食性の地層を効率的に掘削して地熱エネルギーを得るために設計されています。その主な利点は、ドリルビットの製造に超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用していることです。これらの材料は、優れた硬度、耐摩耗性、耐高温性を提供し、過酷な環境でも高い効率と耐久性を保証します。地熱掘削設備の主要部品であるドリルビットは、掘削速度、井戸の深度品質、掘削工具の寿命に直接影響し、地熱エネルギーの探査と開発に広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づいて、以下ではドリルビットの特徴、技術的詳細、および用途の概要を説明します。

1. セメント系超硬合金地熱井掘削ビットの構造と材質

ドリルビットは通常、PDC（多結晶ダイヤモンド複合材）と超硬合金の複合設計を採用しています。本体は耐高温合金鋼（例：42CrMoNi、焼入れ硬度 HRC 40～52）で作られており、切削部は硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、さらに耐高温添加剤（例：Cr₃C₂ $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%\sim 1.5\%\pm 0.1\%$ ）を添加することで性能を向上させています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{分}\pm 1\text{分}$ ）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{分}\pm 5\text{分}$ ）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度が $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満であることを保証します。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールペッチ方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。硬度範囲は HV1800～2200±30 で、局所的には 2400～2600±50 に達することもあります。PDC 層の厚さは $0.5\sim 2\text{mm}$ で、超硬合金基板と組み合わせることで、高温（ $>400^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）に耐えることができます。歯先には TiAlN または CrN コーティング（厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施し、摩擦係数を $<0.25\pm 0.05$ に低減し、耐腐食性を $15\%\pm 2\%$ 向上させ、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性をさらに向上させています。ドリルビットには、高温シール（ $>300^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）と圧力補償潤滑システムが装備されています。

2. セメント炭化物地熱井掘削ビットの動作原理と特徴

ドリルビットは、ドリルビットの回転（回転速度 $80\sim 200\text{rpm}\pm 10\text{rpm}$ ）と加圧（ビット圧力 $100\sim 600\text{kN}\pm 10\text{kN}$ ）によって作動します。切削歯またはブレードは、せん断と研削により高温の岩石（花崗岩、玄武岩など、圧縮強度 $80\sim 300\text{MPa}$ ）を破碎します。ドリルビットは、高温高圧環境に適応するため、高密度の短歯レイアウトと最適化された切削角度（ $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\pm 2^{\circ}$ ）を採用しています。高温掘削液（水性または油性）の洗浄効果と搬送効果を組み合わせ、掘削残渣を除去します。このドリルビットは、坑井底に高い衝撃力（ $100\sim 500\text{kN}\pm 10\text{kN}$ ）を発生し、深度 $3000\sim 7000\text{m}$ 、温度 $200\sim 350^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ の地熱層に適しています。掘削効率は地層の硬度に依存し、最大 $20\sim 60\text{m/h}$ に達します。最新技術では、適応振動機構を導入し、高温地層での掘削効率を $5\%\pm 1\%$ 向上させます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. セメントカーバイド地熱井掘削ビットの性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度を提供し、Co は靱性を高めます (K_{IC} 12~16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 、ピーク値は $18 \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$ に達します)。また、耐熱性も高く ($800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 以上で耐酸化性 $95\% \pm 2\%$ 以上)。TaC は熱安定性を向上させ、 Cr_3C_2 は粒界腐食を抑制します。コーティングの耐腐食率は $0.01 \text{mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{mm}/\text{年}$ 未満です。

幾何学的設計: $15^\circ \sim 25^\circ \pm 5^\circ$ の切削角が掘削効率を最適化し、歯形は円錐形にすることで高硬度岩石への貫通力を高めます。チップ溝設計 (幅 $5 \sim 10 \text{mm} \pm 0.5 \text{mm}$) はチップの排出性を最適化し、螺旋状の溝により効率が $10\% \pm 2\%$ 向上します。

作業パラメータ: 掘削圧力、回転速度、掘削流体流量は、耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合 (掘削圧力が 600kN を超える場合、または回転速度が 200rpm を超える場合など)、耐用年数が $15\% \pm 2\%$ 短縮される可能性があります。地層特性に応じて動的に調整する必要があります。

環境要因: 高温 ($>350^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$)、高圧 ($>100 \text{MPa} \pm 5 \text{MPa}$)、または H_2S を含む地層では摩耗が $5\% \pm 1\%$ 増加するため、強化された耐腐食設計と高温潤滑が必要になります。

4. セメント炭化物地熱井掘削ビットの種類と用途

浅部地熱掘削ビット

特徴: $200 \sim 1000 \text{m}$ に適用、圧縮強度 $20 \sim 80 \text{MPa}$ 、寿命 $200 \sim 300$ 時間 ± 20 時間、掘削速度 $30 \sim 50 \text{m}/\text{h}$ 、低熱エネルギー開発によく使用されます。

深部地熱掘削

特徴: $3000 \sim 7000 \text{m}$ に適用可能、圧縮強度 $80 \sim 300 \text{MPa}$ 、寿命 $150 \sim 250$ 時間 ± 20 時間、掘削速度 $20 \sim 40 \text{m}/\text{h}$ 、高温地熱井に広く使用されています。

ハイブリッドドリルビット

特徴: PDC と超硬合金を組み合わせ、複雑な高温地層 (圧縮強度 $20 \sim 300 \text{MPa}$) に適しており、試験効率は $40 \sim 60 \text{m}/\text{h} \pm 5 \text{m}/\text{h}$ で、変化する地質条件に適しています。

特殊ドリルビット

これらには、深部高温地層などの過酷な環境向けに最適化された超高温ドリルビット ($>400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) や耐腐食性ドリルビット (H_2S 耐性 >5000 時間 ± 200 時間) が含まれます。

5. セメント炭化物地熱井掘削ビットの応用

地熱エネルギー探査

地熱エネルギーの潜在能力を決定するために、ISO 3551 規格に準拠した $\pm 0.01 \text{mm}$ の精度で深部地熱資源評価に使用されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

深部熱エネルギー開発

高温地熱井掘削に適用可能で、耐用年数は 200～300 時間、API 7-1 規格に準拠し、地熱発電をサポートします。

エネルギー転換

地熱暖房や新エネルギープロジェクトに使用され、優れた耐高温性を備え、IEC 61400 規格に準拠しています。

研究開発

地熱層の試験および熱流の研究に適用され、精度は $<0.01\text{ mm}\pm 0.005\text{ mm}$ です。

インフラ建設

地熱井およびインフラ統合プロジェクトに使用され、高硬度の地層に適応し、グリーンビルディングをサポートします。

防衛工学

地熱資源の掘削および軍事用途向け、耐衝撃性 $>50\text{ J}\pm 5\text{ J}$ 。

6. セメント炭化物地熱井掘削ドリルビットの技術

新素材

ナノ WC（粒径 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）の導入により、高温耐性（HV 2200-2600 ± 50 ）が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性（ $>98\%\pm 1\%$ ）が向上し、耐用年数が 25% $\pm 3\%$ 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー（精度 $\pm 0.05\%$ ）は、摩耗（深さ $>0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$ ）と温度（ $<400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ）をリアルタイムで監視し、誤差 $<5\%\pm 1\%$ で掘削パラメータを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融法（SLM、層厚 30～50 $\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$ ）は、強度 1600MPa $\pm 50\text{ MPa}$ の複雑な切断構造の製造に使用され、材料の無駄を 10% $\pm 2\%$ 削減します。

適応型技術

AI アルゴリズムの最適化と組み合わせて、切削パラメータ（掘削圧力や速度など）を動的に調整し、効率を 10% $\pm 2\%$ 向上させます。

7. セメント炭化物地熱井掘削ビットの安全性と規格

ISO 3551、API 7-1、IEC 61400 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度（ $>6\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ）を超える場合は交換する必要があります。事故率は $<0.1\%\pm 0.02\%$ です。作業者は保護具（安全ヘルメット、ゴーグル）を着用する必要があります。高温高压環境では、安全検査とシール設計を強化する必要があります。高性能で革新的な設計を備えた超硬合金地熱井掘削ビットは、地熱開発の中核ツールであり、再生可能エネルギーの効率向上とコスト最適化を促進します。AI 時代とインダストリアルインターネットの文脈において、その生産と応用の見通しはさらに拡大します。インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的により高い精度と適応性を実現することが期待されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



超硬浚渫船カッターとは何ですか？

超硬浚渫船用切削歯は、浚渫船向けに特別に設計された高効率切削工具の一種で、河川、港湾、海底地層の掘削および清掃に使用されます。その主な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐腐食性を提供し、摩耗性、湿度、不純物を含む環境でも高い効率と耐久性を保証します。浚渫船のバケットまたはカッティングヘッドの重要な部品として、切削歯は浚渫効率、資材搬送能力、機器寿命に直接影響し、水路保守、港湾建設、海洋工学の分野で広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づき、以下の内容で切削歯の特徴、技術的詳細、用途の概要を説明します。

1. 浚渫船用超硬合金切削歯の構造と材質

切削歯は通常、尖端または幅広の刃先を有し、高強度合金鋼（例えば 40CrMo、焼入れ硬度 HRC 40～52）の基板上に取り付けられます。歯本体は、硬質相として炭化タングステ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ン（WC、含有量 $>90\%\pm1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim12\%\pm1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例えば Cr_3C_2 $0.5\%\sim2\%\pm0.1\%$ 、TaC $1\%\sim3\%\pm0.2\%$ 、NbC $0.5\%\sim1.5\%\pm0.1\%$ ）を添加することで、耐磨耗性と耐腐食性を最大限に高めています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim1450^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim55\text{MPa}\pm1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim10$ 分 ±1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim1500^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim200\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim60$ 分 ±5 分）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度は $99.9\%\pm0.1\%$ 、気孔率は $0.1\%\pm0.05\%$ 未満です。粒径は $0.5\sim2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim1.2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ ）に精密制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{1/2}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されています。硬度範囲は $\text{HV}1800\sim2200\pm30$ で、局部的には $2400\sim2600\pm50$ に達することもあります。歯先には TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.1\mu\text{m}$ ）が施されており、摩擦係数は 0.25 ± 0.05 未満に低減され、耐食性は $15\%\pm2\%$ 向上します。また、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性もさらに向上します。固定方法は、高周波誘導溶接（溶接強度 $>700\text{MPa}\pm20\text{MPa}$ ）または機械クランプ（クランプ力 $>10\text{kN}\pm0.5\text{kN}$ ）を採用しており、高トルク（ $200\sim800\text{kN}\cdot\text{m}\pm20\text{kN}\cdot\text{m}$ ）の作業にも適応できます。

2. 超硬合金浚渫船用切削歯の動作原理と特徴

切削歯は浚渫船の機械駆動または油圧駆動（切削速度 $0.5\sim2\text{m/s}\pm0.1\text{m/s}$ 、出力 $500\sim2000\text{kW}\pm50\text{kW}$ ）によって作動し、地表に沿ってシルト、粘土、または砂利層を切削・掘削します。歯先は、押し出し（接触圧 $150\sim400\text{MPa}\pm10\text{MPa}$ ）とせん断（せん断強度 $30\sim70\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ ）によって材料を破砕し、圧縮強度 $5\sim50\text{MPa}$ の地層に適しています。設計は切削機構と熱伝導の最適化を統合し、入口角 $20^\circ\sim40^\circ\pm5^\circ$ 、バックレーキ角 $5^\circ\sim15^\circ\pm2^\circ$ 、振動低減（加速度 $<10\text{m/s}^2\pm1\text{m/s}^2$ ）を実現しています。歯先は高い摩耗負荷と熱負荷（表面温度 $200\sim500^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ ）を受けますが、母材は構造的支持（引張強度 $>1200\text{MPa}\pm50\text{MPa}$ ）と耐疲労性（疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm10^4$ 回）を提供します。最新技術では、適応振動機構を導入し、複雑な形状の切削効率を $5\%\pm1\%$ 向上させます。

3. 超硬合金浚渫船の切削歯の性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度を提供し、Co は靱性を高めます（ K_{1c} $12\sim16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm0.5$ 、ピーク値は $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm0.5$ に達することがあります）、摩耗率は $<0.05\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、耐腐食性（腐食率 $<0.01\text{mm}/\text{年}\pm0.001\text{mm}/\text{年}$ 、Cl⁻ 耐性 >3000 時間 ±200 時間）。

幾何学的設計: 硬い地層には尖った歯、柔らかい地層や粘り気のある地層には幅広の歯を採用し、切削効率を最適化（エネルギー消費量 $<10\text{kWh}/\text{m}^3\pm0.5\text{kWh}/\text{m}^3$ ）。チップ溝設計（幅 $5\sim10\text{mm}\pm0.5\text{mm}$ ）により、材料除去を最適化します。

作業パラメータ: 切削速度、出力、泥流は耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合（例えば、速度 $>2\text{m/s}$ 、出力 $>2000\text{kW}$ ）、耐用年数が $15\%\pm2\%$ 短くなる可能性があるため、動的調整が必要です。

環境要因: 水分含有量 $>15\%\pm2\%$ 、砂含有量 $>5\%\pm1\%$ 、または塩分濃度 $>3\%\pm0.5\%$ の場合、摩耗が $5\%\pm1\%$ 増加するため、強化された防錆コーティングと潤滑が必要になります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。

4. 浚渫船用超硬合金切削歯の種類と用途 標準の切断歯

特徴：軟質泥・粘土（圧縮強度 5～20MPa）に適しており、寿命は 300～500 時間±20 時間、
切削効率は 150～300m³/h、河川浚渫によく使用されます。

強化された切削歯

特徴：砂利や硬い地面（圧縮強度 20～50MPa）に適しており、寿命は 250～400 時間±20
時間、切削効率は 100～250m³/h で、港湾建設に広く使用されています。

耐腐食性切削歯

特徴：海水環境に適しており、CI-耐性は>4000 時間±200 時間、寿命は 350～450 時間±20
時間で、海洋工学に適しています。

特殊な切削歯

耐高温切断歯（>500°C±10°C）と超耐摩耗切断歯（摩耗率 <0.03 mm³/N・m ±0.01 mm³/N・m）を備え、深海浚渫などの過酷な環境に最適化されています。

5. 超硬浚渫船の切削歯の応用

チャンネルメンテナンス

河川や運河の浚渫に使用され、耐用年数は 300～400 時間で、船舶の安全を確保するため
に ISO 19901 規格に準拠しています。

港湾建設

港湾拡張およびドック基礎清掃に適用され、耐摩耗性は >95%±2%、DIN 19704 規格に準
拠しています。

海洋工学

API 7K 規格に準拠し、優れた耐腐食性を備え、海底掘削やパイプライン敷設に使用され
ます。

環境ガバナンス

汚染された堆積物の洗浄に適用され、回収率は 90%±2% 以上で、水質改善プロジェクト
をサポートします。

インフラ建設

水力発電所や橋梁基礎の浚渫に使用され、高硬度地層に適しており、大規模プロジェクト
をサポートします。

研究開発

海洋地質学的サンプル採取および水中試験に適用され、精度は <0.01 mm±0.005 mm です。

埋め立て、島の建設、サンゴ礁の建設

干拓・島嶼建設プロジェクトにおいて、切削歯は硬質海底地層（サンゴ礁や砂利層など、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

圧縮強度 20~50MPa) を効率的に処理し、大規模な土壌掘削・盛土を実現し、300~450 時間の耐用年数、200~500m³/h の効率性を備え、プロジェクトの進捗を確保します。特に島嶼・礁建設において、切削歯の耐腐食性 (Cl 耐性 >4000 時間) と耐摩耗性 (摩耗率 < 0.05mm³/N·m) は、海水環境での連続稼働をサポートし、戦略的な人工島の迅速な構築を確保し、国家安全保障と国防建設に強固な基盤を提供します。強化型・特殊型の切削歯は、深海の高硬度地層にも対応し、軍事基地建設、港湾防衛施設、沖合補給ステーションなどの喫緊のニーズを満たし、南シナ海などの重要海域に対する中国の戦略的コントロールを強化します。

6. 超硬浚渫船の切削歯の技術

新素材

ナノ WC (粒子 <0.5μm±0.01μm) の導入により耐摩耗性 (HV 2200-2600±50) が向上し、ZrC コーティングにより耐食性 (>98%±1%) が強化され、耐用年数が 25%±3% 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー (精度 ±0.05%) が摩耗をリアルタイムで監視 (深さ >0.5 mm ±0.05 mm) し、誤差 <5%±1% で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融 (SLM、層厚 30~50μm±5μm) を使用して、強度 1400MPa±50MPa の複雑な歯の形状を製造し、材料の無駄を 10%±2% 削減します。

適応型デザイン

AI アルゴリズムの最適化と組み合わせ、切削角度 (進入角やバックレーキ角など) を動的に調整し、効率を 10%±2% 向上させます。

7. 超硬浚渫船の切削歯の規格

ISO 19901、DIN 19704、API 7K などの国際規格に準拠しています。摩耗限度 (>6mm±0.5mm) を超えた場合は交換が必要です。事故率は <0.1%±0.02% です。作業者は保護具 (安全ヘルメット、ゴーグル、滑り止めブーツ) を着用する必要があります。海水環境では、滑り止め設計と強化された密閉性が求められます。

高性能と革新的な設計を特徴とする超硬浚渫船の切削歯は、浚渫工事の中核ツールであり、水資源開発の効率向上とコスト最適化を推進してきました。AI 時代とインダストリアルインターネットを背景に、その生産と応用の展望はさらに拡大しています。インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、特に干拓、島礁建設、国防プロジェクトにおいて、より高い精度と適応性を実現することが期待されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

カーバイド木材破碎歯とは何ですか？

超硬木材破碎歯は、木材破碎機用に設計された高効率の切削工具で、木材、枝、木材廃棄物を小さな粒子または木材チップに破碎するために使用されます。その主な利点は、炭化材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングと組み合わされています。これにより、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性が得られ、高強度、高湿度、不純物を含む環境でも高い効率と耐久性が保証されます。木材破碎機ドラムまたはカッターディスクの重要なコンポーネントである破碎歯は、破碎効率、粒子の均一性、機器の寿命に直接影響し、木材加工、バイオマスエネルギー生産、廃棄物リサイクルに広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づいて、次の内容は破碎歯の特徴、技術的詳細、および用途の概要を示します。

1. 超硬木材破碎機の歯の構造と材質

破碎歯は通常、尖端または鋸歯状の先端を有し、高強度合金鋼（例えば 40Cr、焼入れ硬度 HRC 40~50）の基板上に取り付けられます。歯本体は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例えば Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ ）を添加することで、耐摩耗性と耐凝着性を最適化します。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{分}\pm 1\text{分}$ ）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{分}\pm 5\text{分}$ ）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度は $99.9\%\pm 0.1\%$ 、気孔率は $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満です。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されています。硬度範囲は HV1800~2200 ± 30 で、局所的には 2400~2600 ± 50 に達することもあります。歯先には TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）が施されており、摩擦係数は 0.25 ± 0.05 未満に低減され、耐凝着性（凝着率 $2\%\pm 0.5\%$ 未満）により木材加工効率が向上します。さらに、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性能も向上します。固定方法はボルト接合または溶接（溶接強度 $>600\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ ）で、高トルク（100~500kN $\cdot\text{m}\pm 10\text{kN}\cdot\text{m}$ ）の作業にも適応できます。

2. 超硬木材破碎歯の動作原理と特徴

破碎歯は木材破碎機の回転（回転数 200~600 rpm $\pm 20\text{ rpm}$ 、出力 50~300 kW $\pm 10\text{ kW}$ ）によって作動し、木材表面に沿って切断・破碎します。歯先は木材繊維を押し出し（接触圧 50~150 MPa $\pm 5\text{ MPa}$ ）とせん断（せん断強度 20~50 MPa $\pm 2\text{ MPa}$ ）することで分解します。硬度 5~30 MPa の木材や不純物層に適しています。切断機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、入口角は $25^\circ\sim 45^\circ\pm 5^\circ$ 、バックレーキ角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ 、振動は低減されています（加速度 $<8\text{ m/s}^2\pm 0.5\text{ m/s}^2$ ）。歯先は高い摩耗および凝着荷重（表面温度 $100\sim 300^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ）にさらされ、マトリックスは構造的支持（引張強度 $>1100\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）と耐疲労性（疲労寿命 $>10^6\text{回}\pm 10^4\text{回}$ ）を提供します。最新技術は適応振動機構を導入し、複雑な木材や不純物層の破碎効率を $5\%\pm 1\%$ 向上させます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. 超硬木材破碎齒の性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度を提供し、Co は靱性を高めます (K_{1c} 12-16 MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値は 18 MPa·m^{1/2}±0.5 に達します)、摩耗率は <0.05 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m、耐腐食性 (腐食率 <0.01 mm/年 ±0.001 mm/年)。

幾何学的設計: 広葉樹や釘付き木材には尖った歯、針葉樹や大径木材には鋸歯状の歯を採用し、粉碎効率を最適化 (エネルギー消費量 <5 kWh/m³ ± 0.2 kWh/m³)。チップ溝設計 (幅 5~10 mm±0.5 mm) により、木材チップの排出を最適化します。

動作パラメータ: 回転速度、出力、送り速度は、耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合 (回転速度 > 600 rpm、出力 > 300 kW など)、耐用年数が 15% ± 2% 短くなる可能性があるため、動的調整が必要です。

環境要因: 水分含有量 >20%±2%、不純物含有量 >5%±1%、または温度 >300°C±10°C の場合、摩耗が 5%±1% 増加します。定期的に接着部を洗浄し、コーティングを最適化する必要があります。

4. 超硬木材破碎齒の種類

標準破碎齒

特徴: 針葉樹や枝 (硬度 5~15MPa) に適しており、寿命は 400~600 時間±20 時間、粉碎効率は 100~200m³/h で、バイオマス燃料の生産によく使用されます。

強化された粉碎齒

特徴: 広葉樹または金属不純物を含む木材 (硬度 15~30MPa) に適しており、寿命は 300~500 時間±20 時間、粉碎効率は 80~150m³/時で、廃木材のリサイクルに広く使用されています。

固着防止の切断齒

特徴: 高湿度の木材に適しており、接着率は <1%±0.5%、寿命は 450~600 時間±20 時間で、湿気の多い環境に適しています。

特殊な破碎齒

耐高温破碎齒 (>300°C±10°C) と超耐摩耗破碎齒 (摩耗率 <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m) を備え、油を含んだ木材の加工などの過酷な条件に最適化されています。

5. 超硬木材破碎機の破碎齒の応用

木材加工

丸太や木材廃棄物の粉碎に使用され、耐用年数は 400 ~ 500 時間で、ISO 17225 規格に準拠しており、木材製品の製造に使用されます。

バイオマスエネルギー生産

木材チップおよびバイオマス燃料の製造に適用され、効率は 100 ~ 200m³/h、EN 14961 規格に準拠し、再生可能エネルギーをサポートします。

廃棄物リサイクル

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

廢木材や建築用木材のリサイクルに使用され、耐摩耗性は $95\%\pm 2\%$ 以上、DIN 51731 規格に準拠し、循環型経済を促進します。

森林管理

樹木の枝打ちや残枝処理に使用され、高硬度木材に適しており、生態系の回復をサポートします。

家具製造

木材の前処理およびチップ収集に使用され、精度は $<0.1\text{ mm}\pm 0.01\text{ mm}$ で、生産プロセスを最適化します。

研究開発

木材力学実験やバイオマス研究に適用され、精度は $<0.01\text{ mm}\pm 0.005\text{ mm}$ です。

6. 超硬木材破碎齒技術

新素材

ナノ WC (粒子 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$) の導入により耐摩耗性 (HV 2200-2600 ± 50) が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性 ($>98\%\pm 1\%$) が強化され、耐用年数が $25\%\pm 3\%$ 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー (精度 $\pm 0.05\%$) が摩耗をリアルタイムで監視 (深さ $>0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$) し、誤差 $<5\%\pm 1\%$ で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融法 (SLM、層厚 $30\sim 50\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$) は、強度 $1300\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ で材料の無駄を $10\%\pm 2\%$ 削減しながら複雑な齒の形状を製造するために使用されます。

適応型デザイン

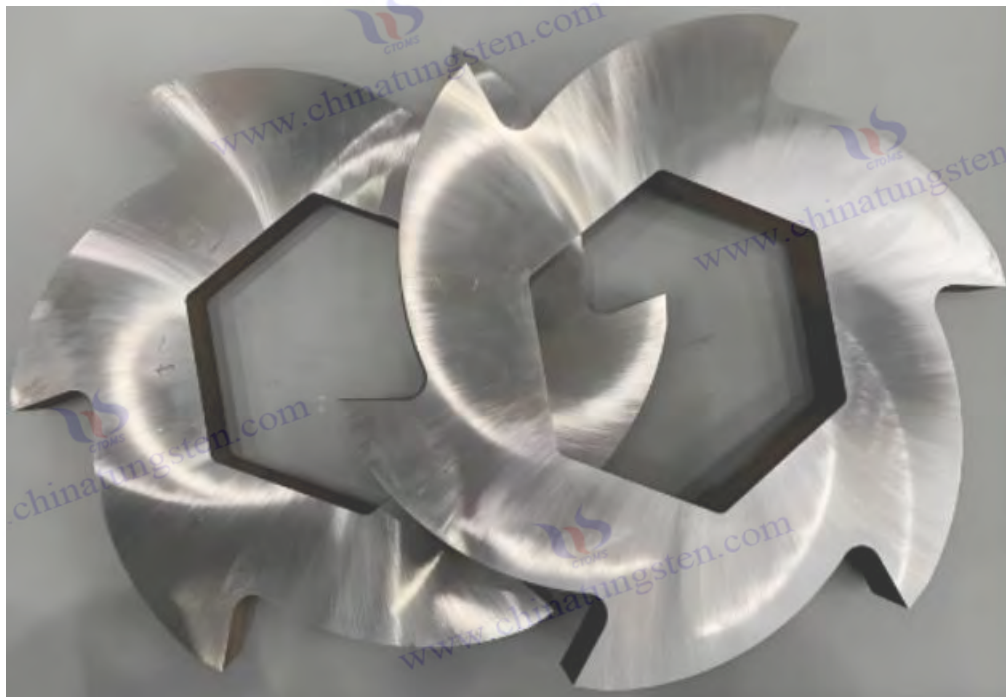
AI アルゴリズムの最適化と組み合わせ、切削角度 (進入角やバックレーキ角など) を動的に調整し、効率を $10\%\pm 2\%$ 向上させます。

7. 超硬木材破碎齒規格

ISO 17225、EN 14961、DIN 51731 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度 ($6\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 超) を超えた場合は交換が必要です。事故率は $0.1\%\pm 0.02\%$ 未満です。作業者は保護具 (安全ヘルメット、ゴーグル、滑り止めブーツ) を着用する必要があります。高湿度環境では、滑り止め設計と定期的なメンテナンスが必要です。

超硬木材破碎齒は、その高性能と革新的な設計により、木材加工産業の中核ツールであり、資源利用効率と持続可能な生産を促進します。AI 時代とインダストリアル・インターネットの文脈において、その生産と応用の可能性はさらに拡大し、インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的にはより高い精度と適応性を実現することが期待されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



超硬林業伐採鋸齒とは何ですか？

超硬合金製林業伐採鋸齒は、林業伐採設備向けに設計された高効率の切削工具で、樹木、幹、木材の切断に使用されます。その主な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を提供し、高強度、高湿度、複雑な環境下でも高い効率と耐久性を保証します。伐採機やチェーンソーの主要部品である鋸齒は、切断速度、木材の品質、機器の寿命に直接影響し、林業伐採、木材加工、植林管理に広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づいて、以下の内容では、鋸齒の特徴、技術の詳細、および用途の概要を説明します。

1. 超硬合金製林業用伐採鋸齒の構造と材質

鋸齒は通常、鋭角三角形または台形に設計され、高強度合金鋼（例えば 40Cr、焼入れ硬度 HRC 40～50）の基板上に取り付けられます。歯本体は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例えば Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ ）を添加することで、耐摩耗性と耐凝着性を最適化します。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度は $99.9\%\pm 0.1\%$ 、気孔率は $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満です。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されています。硬度範囲は HV1800～2200 ± 30 で、局所的には 2400～2600 ± 50 に達することもあります。歯先には TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）が施されており、摩擦係数は 0.25 ± 0.05 未満に低減され、耐凝着性（凝着率 $2\%\pm 0.5\%$ 未満）により切削効率

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

が向上します。さらに、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性能も向上します。固定方法は、機械的な埋め込みまたは溶接（溶接強度 $>500\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ ）で、高トルク（ $50\sim 300\text{kN}\cdot\text{m}\pm 10\text{kN}\cdot\text{m}$ ）の作業にも適応できます。

2. 超硬合金林業伐採鋸歯の動作原理と特徴

鋸歯は、伐採機のチェーンまたはディスクを回転させ（回転速度 $1000\sim 3000\text{rpm}\pm 100\text{rpm}$ 、出力 $20\sim 150\text{kW}\pm 5\text{kW}$ ）、幹の表面に沿って切断します。歯先は、押し出し（接触圧 $30\sim 100\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ ）とせん断（せん断強度 $15\sim 40\text{MPa}\pm 2\text{MPa}$ ）によって木材繊維を分解します。硬度 $5\sim 25\text{MPa}$ で不純物層のある樹木に適しています。切断機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、進入角は $20^\circ\sim 35^\circ\pm 5^\circ$ 、後退角は $5^\circ\sim 10^\circ\pm 2^\circ$ 、振動は低減されています（加速度 $<6\text{m/s}^2\pm 0.5\text{m/s}^2$ ）。歯先は高い摩耗および凝着荷重（表面温度 $50\sim 200^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ）にさらされ、母材は構造的支持（引張強度 $>1000\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）と耐疲労性（疲労寿命 $>10^6\text{回}\pm 10^4\text{回}$ ）を提供します。最新技術は適応振動機構を導入し、複雑な樹種や不純な地層における切削効率を $5\%\pm 1\%$ 向上させます。

3. 超硬合金製林業用伐採鋸歯の性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度を提供し、Co は靱性を高めます ($K_{IC} 12\sim 16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値は $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ に達します)、摩耗率は $<0.05\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、耐腐食性（腐食率 $<0.01\text{mm}/\text{年}\pm 0.001\text{mm}/\text{年}$ ）。

幾何学的設計: 広葉樹や太い幹には三角形の歯、針葉樹や細い枝には台形の歯を採用し、切断効率を最適化（消費電力 $<3\text{kWh}/\text{m}^3\pm 0.1\text{kWh}/\text{m}^3$ ）。チップ溝設計（幅 $3\sim 8\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ ）により、木材チップの排出を最適化します。

動作パラメータ: 回転速度、出力、および供給圧力は、耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合（回転速度 $>3000\text{rpm}$ 、出力 $>150\text{kW}$ など）、耐用年数が $15\%\pm 2\%$ 短くなる可能性があるため、動的調整が必要です。

環境要因: 水分含有量 $>20\%\pm 2\%$ 、不純物含有量 $>5\%\pm 1\%$ 、または温度 $>200^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ の場合、摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加します。樹脂は定期的に洗浄し、コーティングを最適化する必要があります。

4. 超硬材林業伐採鋸歯の種類

標準のこぎり歯

特徴: 針葉樹および中型の幹に適しており（硬度 $5\sim 15\text{MPa}$ ）、寿命は $500\sim 700$ 時間 ± 20 時間、切断効率は $50\sim 100\text{m}^3/\text{h}$ 、森林伐採でよく使用されます。

強化されたエイリアシング

特徴: 広葉樹または不純物を含む幹に適しており（硬度 $15\sim 25\text{MPa}$ ）、寿命は $400\sim 600$ 時間 ± 20 時間、切断効率は $40\sim 80\text{m}^3/\text{h}$ 、商業林業で広く使用されています。

アンチスティック鋸歯

特徴: 湿度や樹脂含有量の多い樹木に適しており、接着率は $<1\%\pm 0.5\%$ 、寿命は $550\sim 700$ 時間 ± 20 時間で、湿気の多い森林環境に適しています。

特殊な鋸歯

耐高温歯（ $>200^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ）と超耐摩耗歯（摩耗率 $<0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

が含まれており、油含有種の処理などの過酷な条件向けに最適化されています。

5. 超硬合金製林業伐採鋸歯の応用

林業伐採

樹木や幹の切断に使用され、寿命は 500～600 時間で、ISO 11837 規格に準拠しており、森林資源開発に適用されます。

木材加工

EN 13556 規格に準拠し、50 ～ 100 m³ / 時の効率で丸太の一次処理および木材切断に適用され、木材製品の生産をサポートします。

植林管理

樹木の剪定や枝払いに使用され、耐摩耗性は 95%±2% 以上、DIN 18915 規格に準拠し、生態系の回復をサポートします。

バイオマスエネルギー生産

木材の前処理やバイオマス燃料の製造に使用され、高硬度木材に適しており、EN 14961 規格に準拠しています。

インフラ建設

林道の開削や木材輸送の準備に使用され、耐衝撃性は 40 J±5 J 以上で、プロジェクトの進行をサポートします。

研究開発

木材力学実験や林業研究に適用され、精度は<0.01 mm±0.005 mm です。

6. 超硬合金林業伐採鋸歯の技術

新素材

ナノ WC (粒子<0.5μm±0.01μm) の導入により耐摩耗性 (HV 2200-2600±50) が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性 (>98%±1%) が強化され、耐用年数が 25%±3% 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー (精度 ±0.05%) が摩耗をリアルタイムで監視 (深さ >0.5 mm ±0.05 mm) し、誤差 <5%±1% で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融法 (SLM、層厚 30～50 μm ± 5 μm) は、強度 1200 MPa ± 50 MPa で材料の無駄を 10%±2% 削減しながら複雑な歯の形状を製造するために使用されます。

適応型デザイン

AI アルゴリズムの最適化と組み合わせて、切断角度 (進入角度や後方傾斜角度など) を動的に調整し、効率を 10%±2% 向上させます。

7. 超硬合金伐採鋸歯の規格

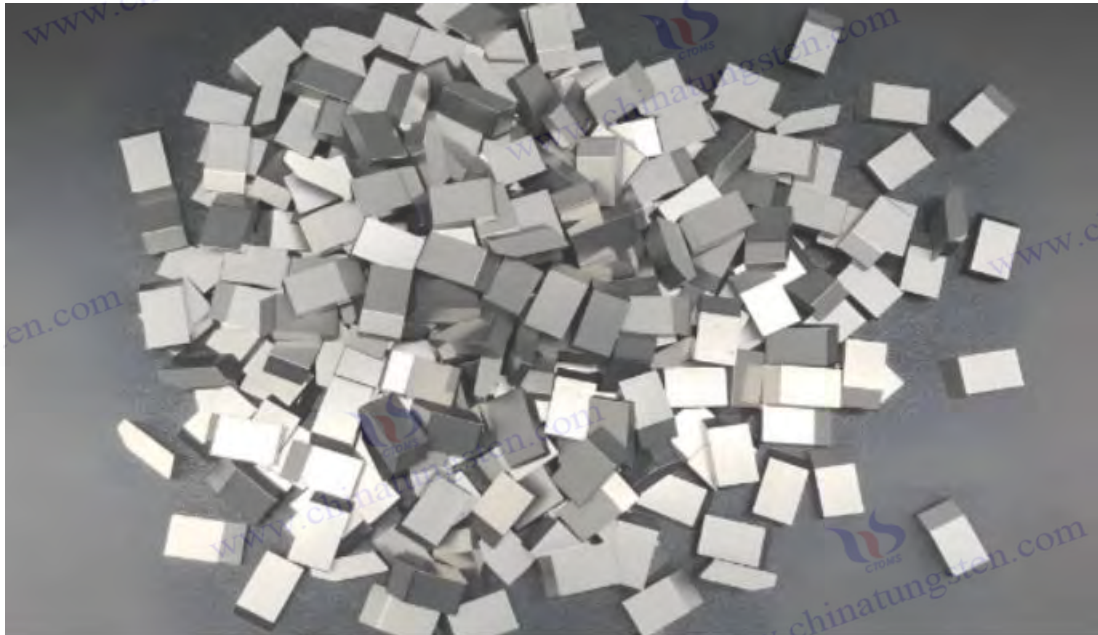
ISO 11837、EN 13556、DIN 18915 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度 (> 6 mm±0.5 mm) を超えると交換が必要であり、事故率は<0.1%±0.02%です。作業者は保護具 (安全ヘルメット、ゴーグル、滑り止めブーツ) を着用する必要があります。高湿度環境では、滑り止め設計と定期的なメンテナンスが必要です。高性能と革新的な設計を備えた

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬林业伐採鋸齒は、林業の中核ツールであり、伐採効率の向上と持続可能な林業の発展を促進しています。AI 時代とインダストリアルインターネットの文脈において、その生産と応用の見通しはさらに拡大します。インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的により高い精度と適応性を実現することが期待されます。



超硬土地改良鋤とは何ですか？

超硬開墾鋤は、農業機械向けに設計された高効率の切削工具で、硬い土地の耕作、ほぐし、開墾に使用されます。その主な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を提供し、高強度、高湿度、不純物を含む環境で高い効率と耐久性を保証します。トラクターや開墾機械の重要な部品である鋤は、耕作の深さ、土壌の品質、機器の寿命に直接影響し、開墾、農業開発、土壌改良に広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づいて、以下の内容は鋤の特徴、技術的詳細、および用途の概要を示します。

1. セメントカーバイド製土地改良鋤の構造と材質

鋤刃の頭部は通常、鋭いくさび形または円弧状に設計され、高強度合金鋼（例えば 40CrMo、焼入れ硬度 HRC 40～52）の基板上に取り付けられます。歯本体は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例えば Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ ）を添加することで、耐摩耗性と耐腐食性を最大限に高めています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{ MPa}\pm 1\text{ MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{ 分}\pm 1\text{ 分}$ ）ま

または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{ 分}\pm 5\text{ 分}$ ）などの粉末冶金技術が含まれ、材料密度が $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、多孔度が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満になることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、ホールペッチの式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）により硬度と靱性の間の最適なバランスが実現され、硬度範囲は HV 1800～2200 ± 30 、局所的には 2400～2600 ± 50 に達します。鋤刃の先端に TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数が 0.25 ± 0.05 未満に低下し、耐食性が $15\%\pm 2\%$ 向上し、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性がさらに向上します。固定方法には、高周波誘導溶接（溶接強度 $>700\text{ MPa}\pm 20\text{ MPa}$ ）または機械的クランプ（クランプ力 $>10\text{ kN}\pm 0.5\text{ kN}$ ）があり、高トルク（ $200\sim 600\text{ kN}\cdot\text{m}\pm 20\text{ kN}\cdot\text{m}$ ）作業に適応できます。

2. セメントカーバイド土地開拓鋤の動作原理と特徴

この鋤刃は、トラクターまたは耕耘機の機械駆動（作業速度 $1\sim 3\text{ m/s}$ 、出力 $50\sim 200\text{ kW}$ ）によって作動し、土壌表面を切り込み、耕起します。鋤刃の先端は、圧縮（接触圧 $100\sim 300\text{ MPa}\pm 10\text{ MPa}$ ）とせん断（せん断強度 $20\sim 60\text{ MPa}\pm 5\text{ MPa}$ ）により、硬い土壌、岩片、または根を破碎します。圧縮強度 $5\sim 40\text{ MPa}$ の地層に適しています。この設計は、切削機構と熱伝導の最適化を統合し、進入角 $25^\circ\sim 40^\circ\pm 5^\circ$ 、バックレーキ角 $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ 、振動低減（加速度 $<10\text{ m/s}^2\pm 1\text{ m/s}^2$ ）を実現しています。鋤刃は高い摩耗負荷と熱負荷（表面温度 $50\sim 250^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ）にさらされますが、マトリックスは構造的サポート（引張強度 $>1200\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ ）と耐疲労性（疲労寿命 $>10^6\text{ 回}\pm 10^4\text{ 回}$ ）を提供します。最新技術では、適応振動機構を導入し、複雑な地形における耕作効率を $5\%\pm 1\%$ 向上させます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. セメントカーバイド土地改良鋤の性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度を提供し、Co は靱性を高めます (K_{IC} 12-16 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値は $18 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ に達します)、摩耗率は $<0.05 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、耐腐食性 (腐食率 $<0.01 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$)。

幾何学的設計: くさび形の鋤刃は硬い土壌や岩の多い土壌に適しており、湾曲した鋤刃は軟弱地や粘り気のある土壌に適しており、耕作効率を最適化します (エネルギー消費量 $<8 \text{ kWh}/\text{m}^3 \pm 0.3 \text{ kWh}/\text{m}^3$)。土壌排出溝設計 (幅 $5\sim 10 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$) は、土壌排出を最適化します。

作業パラメータ: 作業速度、出力、耕うん深さは、耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合 (速度 $> 3 \text{ m/s}$ 、出力 $> 200 \text{ kW}$ など)、耐用年数が $15\% \pm 2\%$ 短くなる可能性があるため、動的調整が必要です。

環境要因: 水分含有量 $>15\% \pm 2\%$ 、砂粒含有量 $>5\% \pm 1\%$ 、または温度 $>250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の場合、摩耗が $5\% \pm 1\%$ 増加するため、強化された防錆コーティングと潤滑が必要になります。

4. カーバイド製土地改良鋤の種類

標準的な鋤の刃

特徴: 軟質土壌および中硬度地層 (圧縮強度 $5\sim 20 \text{ MPa}$) に適しており、寿命は $400\sim 600$

時間 ± 20 時間、耕作効率は $50\sim 150 \text{ m}^3/\text{h}$ で、農業開発でよく使用されます。

強化された鋤刃ヘッド

特徴: 硬い土壌や岩石層に適しており (圧縮強度 $20\sim 40 \text{ MPa}$)、寿命は $300\sim 500$ 時間 ± 20

時間、耕作効率は $40\sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$ で、干拓に広く使用されています。

耐腐食性鋤刃

特徴: 高湿度または塩性アルカリ性の土地に適しており、Cl⁻耐性は 3000 時間 ± 200 時間以上、寿命は $450\sim 600$ 時間 ± 20 時間で、沿岸農業に適しています。

特別な鋤

これらには、耐高温シェア ($> 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) と超耐摩耗シェア (摩耗率 $< 0.03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) が含まれており、岩石土壌処理などの過酷な条件向けに最適化されています。

5. セメントカーバイド土地改良鋤の応用

干拓

荒地や未耕作地の耕作に使用され、耐用年数は $400\sim 500$ 時間で、ISO 9134 規格に準拠しており、農業の拡大に適用されます。

農業開発

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

土壤改良および植栽準備に適用され、50~150 m³/h の効率で EN 13536 に準拠し、食料生産をサポートします。

土壤改良

硬化土壌および塩性アルカリ性土壌の処理に使用され、耐摩耗性は 95%±2% 以上、DIN 18907 規格に準拠しており、土地の再生を促進します。

林業および牧草地建設

森林伐採や牧草地の開拓に使用され、高硬度の地層にも適応し、生態農業を支えています。

インフラ建設

農地灌漑用水路の掘削や土地の整地などに使用され、耐衝撃性は 50 J±5 J を超え、エンジニアリングのニーズに対応します。

研究開発

土壌力学実験や農業技術研究に適用され、精度は <0.01mm±0.005mm です。

6. セメントカーバイド土地改良鋤の技術

新素材

ナノ WC（粒子 <0.5μm±0.01μm）の導入により耐摩耗性（HV 2200-2600±50）が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性（>98%±1%）が強化され、耐用年数が 25%±3% 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー（精度 ±0.05%）が摩耗をリアルタイムで監視（深さ >0.5 mm ±0.05 mm）し、誤差 <5%±1% で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融（SLM、層厚 30~50μm±5μm）を使用して、強度 1400MPa±50MPa の複雑な鋤刃ヘッド形状を製造し、材料の無駄を 10%±2% 削減します。

適応型デザイン

AI アルゴリズムの最適化と組み合わせ、切削角度（進入角やバックレーキ角など）を動的に調整し、効率を 10%±2% 向上させます。

7. 超硬合金製土地改良鋤の安全性と基準

ISO 9134、EN 13536、DIN 18907 などの国際規格に準拠しています。摩耗が限度（6mm±0.5mm 超）を超えた場合は交換が必要です。事故率は 0.1%±0.02% 未満です。作業者は保護具（安全ヘルメット、ゴーグル、滑り止めブーツ）を着用する必要があります。高湿度環境では、滑り止め設計と定期的なメンテナンスが必要です。

高性能と革新的な設計を備えた超硬開墾鋤は、農業機械産業の中核ツールであり、土地開発効率の向上と持続可能な農業発展を促進しています。AI 時代とインダストリアルインターネットの文脈において、その生産と応用の展望はさらに拡大し、インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的により高い精度と適応性を実現することが期待されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬バラストクラッシャーの切断歯とは何ですか？

超硬合金製バラスト破碎機の切削歯は、鉄道バラスト破碎機向けに特別に設計された高効率切削工具の一種で、軌道基礎の維持管理のために鉄道バラスト（砂利や小石など）を破碎するために使用されます。その主な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を提供し、高硬度、高摩耗、動的負荷環境下で高い効率と耐久性を保証します。バラスト破碎機の重要な部品である切削歯は、破碎効率、粒子の均一性、機器の寿命に直接影響し、鉄道保守、バラスト更新、軌道補修に広く使用されています。業界の技術進歩と関連情報に基づき、以下の内容で切削歯の特徴、技術的詳細、用途の概要を説明します。

1. 超硬合金製バラストクラッシャーの刃の構造と材質

切削歯は通常、円錐形または平板形状で、高強度合金鋼（例えば 42CrMo、焼入れ硬度 HRC 40～52）の基板上に取り付けられています。歯本体は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（例えば Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%\sim 1.5\%\pm 0.1\%$ ）を添加することで、耐摩耗性と耐高温性を最大限に高めています。製造プロセスには、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）などの粉末冶金技術が採用されており、材料密度は $99.9\%\pm 0.1\%$ 、気孔率は $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満です。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）を通じて硬度と靱性の最適なバランスが実現されています。硬度範囲は HV1800～2200 ± 30 で、局所的には 2400～2600 ± 50 に達することもあります。歯先には TiN または TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）が施されており、摩擦係数は 0.25 ± 0.05 未満に低減され、耐摩耗性は $20\%\pm 3\%$ 向上します。さらに、表面改質（レーザー強化など）により耐疲労性も向上します。固定方法は、高周波誘導溶接（溶接強度 $>800\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ ）または機械埋め込み（埋め込み力 $>12\text{kN}\pm 0.5\text{kN}$ ）で、高い衝撃力（ $50\sim 300\text{kN}\pm 10\text{kN}$ ）にも適応できます。

2. 炭化物バラストクラッシャーの切削歯の動作原理と特徴

切削歯は、バラストクラッシャーの回転または衝撃（回転速度 $100\sim 400\text{rpm}\pm 20\text{rpm}$ 、出力 $100\sim 500\text{kW}\pm 10\text{kW}$ ）によって作動し、バラスト表面に沿って切断・破碎します。歯先は、高硬度バラストを押し出し（接触圧力 $200\sim 500\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ ）と割裂（割裂力 $100\sim 200\text{kN}\pm 10\text{kN}$ ）により分解します。圧縮強度 $50\sim 150\text{MPa}$ の地層に適しています。衝撃力学と熱伝導の最適化を統合した設計で、進入角は $25^\circ\sim 45^\circ\pm 5^\circ$ 、後退角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ 、振動は低減されています（加速度 $<15\text{m/s}^2\pm 1\text{m/s}^2$ ）。歯先は高い摩耗負荷と熱負荷（表面温度 $300\sim 600^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ）を受けますが、母材は構造的支持（引張強度 $>1200\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）と耐疲労性（疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^4$ 回）を提供します。最新技術では、適応振動機構を導入し、複雑なバラスト層の破碎効率を $5\%\pm 1\%$ 向上させます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. 炭化物バラストクラッシャーの切削歯の性能と影響要因

材料特性: WC は高硬度を提供し、Co は靱性を高めます (K_{1c} 12-16 MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値は 18 MPa·m^{1/2}±0.5 に達します)、摩耗率は <0.05 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m、高温耐性 (>800°C 耐酸化性 >95%±1%)。

幾何学的設計: 円錐歯は高硬度バラストに適しており、平歯は中硬度または不純物を含むバラストに適しており、破碎効率を最適化します (エネルギー消費量 <15 kWh/m³±0.5 kWh/m³)。バラスト排出溝の設計 (幅 5~10 mm±0.5 mm) により、バラストの排出が最適化されます。

動作パラメータ: 速度、衝撃力、送り速度は耐用年数に直接影響します。パラメータが過度に高い場合 (例えば、回転速度 >400 rpm、出力 >500 kW)、耐用年数が 15%±2% 短くなる可能性があるため、動的調整が必要です。

環境要因: 水分含有量 >10%±2%、砂含有量 >5%±1%、または温度 >600°C±10°C の場合、摩耗が 5%±1% 増加するため、強化された熱処理と冷却が必要になります。

4. 炭化物バラストクラッシャーの切削歯の種類

標準の切断歯

特徴: 中硬度バラスト (圧縮強度 50~80MPa) に適しており、耐用年数は 250~400 時間±20 時間、破碎効率は 50~100m³/h で、従来の鉄道保守でよく使用されます。

強化された切削歯

特徴: 高硬度バラスト (圧縮強度 80~150MPa) に適しており、耐用年数は 200~350 時間±20 時間、破碎効率は 40~80m³/h で、高速鉄道の補修に広く使用されています。

耐摩耗性切削歯

特徴: 砂質または研磨性の地層に適しており、耐摩耗性は >95%±2%、寿命は 300 ~ 450 時間±20 時間で、過酷な環境に適しています。

特殊な切削歯

高温耐性切断歯 (> 600°C±10°C) と超耐摩耗性切断歯 (摩耗率 < 0.03 mm³ / N · m ± 0.01 mm³ / N · m) が含まれており、高温バラスト処理などの過酷な条件に最適化されています。

5. 炭化物バラストクラッシャー切削歯の応用

鉄道バラストの更新

老朽化したバラストを破碎して交換するために使用され、耐用年数は 250 ~ 350 時間で、ISO 10893 規格に準拠しており、軌道の安定性を確保します。

線路基礎のメンテナンス

バラスト調整および基礎補強に適用され、効率は 50 ~ 100m³/h、EN 13232 に準拠し、鉄道の安全性をサポートします。

鉄道建設

バラスト敷設や新線の基礎準備に使用され、耐摩耗性は 95%±2% を超え、DIN 5570 規

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

格に準拠しているため、プロジェクトの進捗が加速されます。

重量輸送鉄道の保守

耐衝撃性は $50\text{J}\pm 5\text{J}$ を超え、高硬度バラストや頻繁な衝撃に適しており、重荷重輸送のニーズに対応します。

環境ガバナンス

バラスト汚染洗浄に適用され、回収率は $90\%\pm 2\%$ を超え、鉄道の生態学的管理をサポートします。

研究開発

バラスト力学実験や鉄道技術研究に適用され、精度は $<0.01\text{mm}\pm 0.005\text{mm}$ です。

6. 超硬合金製バラストクラッシャーの切削歯の技術

新素材

ナノ WC (粒子 $<0.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$) の導入により耐摩耗性 ($\text{HV } 2200\text{--}2600\pm 50$) が向上し、ZrC コーティングにより耐酸化性 ($>98\%\pm 1\%$) が強化され、耐用年数が $25\%\pm 3\%$ 延長されます。

インテリジェントな監視

内蔵センサー (精度 $\pm 0.05\%$) が摩耗をリアルタイムで監視 (深さ $>0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$) し、誤差 $<5\%\pm 1\%$ で交換サイクルを最適化します。

3D プリント

選択的レーザー溶融法 (SLM、層厚 $30\sim 50\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$) は、強度 $1500\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ で材料の無駄を $10\%\pm 2\%$ 削減しながら複雑な歯の形状を製造するために使用されます。

適応型デザイン

AI アルゴリズムの最適化と組み合わせ、切削角度 (進入角やバックレーキ角など) を動的に調整し、効率を $10\%\pm 2\%$ 向上させます。

7. 超硬合金製バラストクラッシャーの刃の規格

ISO 10893、EN 13232、DIN 5570 などの国際規格に準拠しています。摩耗限度 ($>6\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$) を超える場合は交換が必要です。事故率は $0.1\%\pm 0.02\%$ 未満です。作業者は保護具 (安全ヘルメット、ゴーグル、滑り止めブーツ) を着用する必要があります。高温環境では、冷却設計と熱保護が必要です。

高性能と革新的な設計を備えた超硬バラストクラッシャーの刃は、鉄道保守業界の中核ツールであり、線路の安全性と効率性の向上に貢献しています。AI 時代とインダストリアル

・インターネットの文脈において、その生産と応用の可能性はさらに拡大しています。

インテリジェント製造とリアルタイムデータ分析を組み合わせることで、将来的にはより高い精度と適応性を実現することが期待されます。

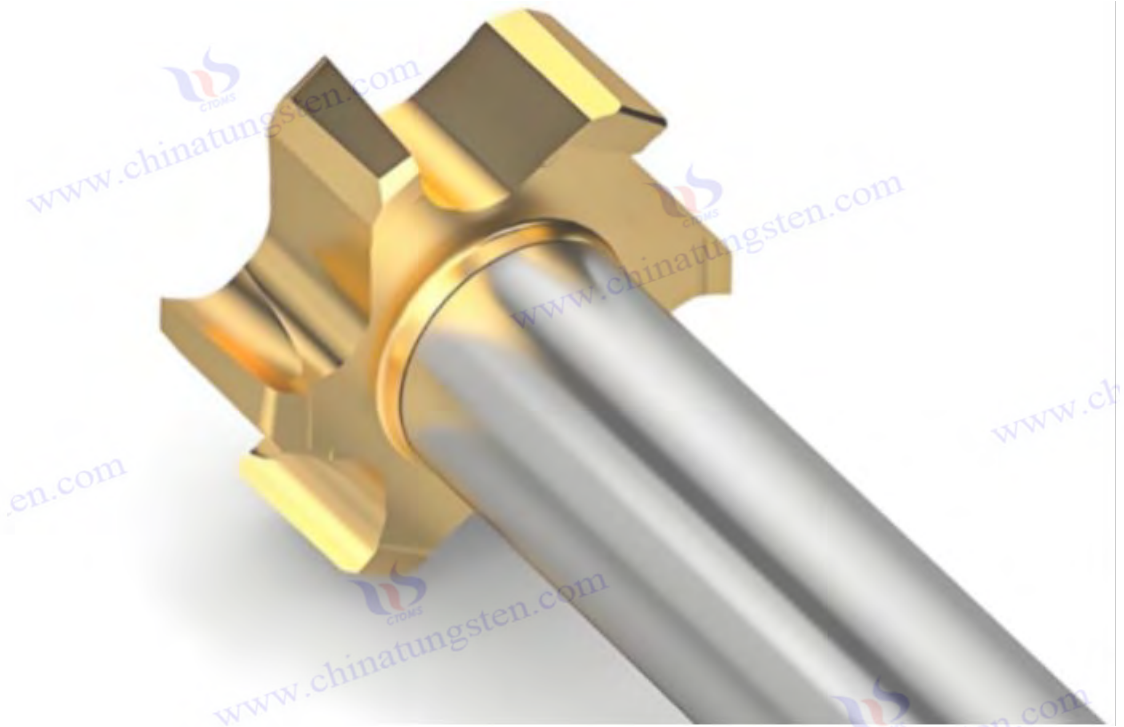
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



超硬 T 型フライスカッターとは何ですか？

中国タングステンインテリジェントカーバイド T 型フライスカッターの紹介

CTIA GROUP LTD (CTIA) の主力製品の一つである超硬 T 型フライスカッターは、その優れた性能と革新的な設計により、金属加工の分野で際立っています。CTIA GROUP LTD は、高度な製造技術と豊富な業界経験を頼りに、高精度で耐久性の高い切削工具をお客様に提供することに尽力しています。T 型フライスカッターは超硬材料（タングステン鋼、WC-Co システムなど）で作られており、T スロット、T 字型ボルト穴、または同様の構造のワークピースの加工用に設計されています。その主な利点は、高硬度、耐摩耗性、耐衝撃性にあり、高速および高負荷条件下でも正確な切断を保証します。CTIA GROUP LTD の主力製品である T 型フライスカッターは、機械加工、金型製造、航空宇宙産業で広く使用されており、特に鋼、鋳鉄、高強度合金の加工に適しています。2025 年の業界技術の進歩と関連情報によると、次のコンテンツでは、T 型フライスカッターの特性、技術的詳細、およびアプリケーションについて詳しく紹介します。

1. 超硬 T 型フライスの構造と材質

T 型フライスは通常、独特の T 字型断面と多刃設計を有し、工作機械の主軸に取り付けられます。本体は高強度合金鋼（HSS または 40CrMo など、焼入れ硬度 HRC 40~50）で作られており、切削部には硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）が使用され、微量添加剤（ Cr_3C_2 0.5%~2%、TaC 1%~3%など）が添加され、性能が最適化されています。製造工程には粉末冶金（SPS、HIP など）が含まれ、材料密度は $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}$ ）に制御され、硬度は $\text{HV } 1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には $2400\sim 2600\pm 50$ に達することを保証します。ブレードは TiAlN または AlCrN （厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}$ ）でコーティング

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

することができ、摩擦係数は $<0.25\pm0.05$ に低減され、耐熱性は $>800^{\circ}\text{C}$ に向上します。工具本体の直径は $5\sim 50\text{mm}$ で、ブレードの長さはワークの溝深さに応じてカスタマイズされます。

2. 超硬 T 型フライスカッターの動作原理

T 型フライスカッターは、工作機械のスピンドル（速度 $500\sim 3000\text{ rpm}$ 、出力 $5\sim 50\text{ kW}$ ）を回転させ、切れ刃がワークの表面に沿って横方向および軸方向に切断して T 字型の溝を生成します。切削プロセスは押し出しとせん断を組み合わせ、押し出し圧力は $200\sim 500\text{ MPa}$ に達し、せん断強度は $50\sim 100\text{ MPa}$ で、硬度 $20\sim 60\text{ HRC}$ の材料に適しています。ツールの T 字型設計により、溝の底と側壁の切断を 1 回の操作で完了することができ、高精度の T 字型構造を必要とするワークピースに特に適しています。回転プロセス中、切れ刃はワークピースに接触して高熱（表面温度 $300\sim 600^{\circ}\text{C}$ ）を発生します。同時に、切削角度を最適化し、クーラントの補助により効率的な材料除去を実現します。

3. 超硬 T 型フライスカッターの特性

T 型フライスカッターの設計は、切削角を最適化し、主すくい角を $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\pm 5^{\circ}$ 、副すくい角を $5^{\circ}\sim 10^{\circ}\pm 2^{\circ}$ に設定することで、加工中の振動（加速度 $<5\text{ m/s}^2$ ）を効果的に低減し、ワークピースの表面仕上げを向上させます（ $R_a<1.6\text{ }\mu\text{m}$ ）。工具先端の耐熱性が高く、マトリックスの構造的サポート（引張強度 $>1200\text{ MPa}$ ）により、高負荷時の安定性を確保し、耐疲労性（疲労寿命 $>10^5$ 回）により、長期連続加工に耐えることができます。高強度合金鋼マトリックスと超硬合金切削部の相乗効果と相まって、T 型フライスカッターは複雑な加工条件下でも優れた切削性能を維持します。

4. 超硬 T 型フライスカッターの性能と影響要因

CTIA GROUP LTD の主力製品である超硬合金 T 型フライスカッターは、その優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性を備えており、これらは主に材料組成と加工技術に由来しています。硬質相である炭化タングステン（WC）は極めて高い硬度（ $\text{HV } 1800\sim 2200\pm 30$ ）を提供し、結合相であるコバルト（Co）は材料の靱性を高め（破壊靱性 $K_{Ic} 12\sim 16\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）、高負荷条件下でも工具の安定性を維持します。摩耗率は $0.05\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 未満で、耐腐食性も優れています（腐食率 $<0.01\text{ mm/年}$ ）。これは、 Cr_3C_2 や TaC などの添加剤との相乗効果により、高温（ $>800^{\circ}\text{C}$ ）環境下における工具の耐酸化性（ $>95\%$ ）も向上しています。 TiAlN や AlCrN などのコーティング技術により、摩擦係数はさらに 0.25 ± 0.05 未満に低減され、耐熱性と耐用年数が大幅に向上します。

超硬合金 T 型フライスカッターの寿命は、多くの要因の影響を受けます。まず、幾何学的設計が重要です。T 型ブレードの幅と深さは、ワークピースに応じてカスタマイズする必要があります。適切な切削角（メインレーキ角 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\pm 5^{\circ}$ ）とブレードの形状は、切

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

削効率（エネルギー消費量 $<8\text{ kWh/m}^3$ ）と表面品質（ $Ra<1.6\text{ }\mu\text{m}$ ）に直接影響します。次に、速度、送り速度、切削深さなどの作業パラメータは、寿命に大きな影響を与えます。パラメータが高すぎると、過負荷によってブレードの摩耗と熱による損傷が加速されるため、寿命が $15\%\pm 2\%$ 短くなる可能性があります。環境要因も無視してはなりません。高温（ $>600^\circ\text{C}$ ）または不十分なクーラントは、摩耗を $5\%\pm 1\%$ 増加させます。高硬度材料（60 HRC 鋼など）を加工する場合は、熱応力を低減するために冷却および潤滑戦略を最適化する必要があります。さらに、超硬合金ブランクの製造プロセスにおけるさまざまな要因も、性能に大きな影響を与えます。粉末の粒度分布と純度が基本です。粒子サイズが大きすぎたり、不純物含有量が多い（酸素含有量 $>0.2\%$ ）と、粒子が粗大化し、硬度と強度が低下します。混合の均一性は、ボールミルプロセス（ボールミル時間 12~24 時間、媒体比 1: 2）によって制御され、WC と Co の均一な分散が確保され、最終材料の密度（ $>99.9\%\pm 0.1\%$ ）に影響を与えます。プレス圧力（100~200 MPa）は、ブランクの初期密度を直接決定します。圧力が不十分な場合、気孔率が増加し、その後の焼結効果に影響を与える可能性があります。焼結プロセス（HIP または SPS、温度 1400~1500 $^\circ\text{C}$ 、保持時間 0.5~2 時間など）は、粒径（0.5~2 μm ）と相構造に重要です。焼結温度が高すぎたり、保持時間が不十分だったりすると、粒成長や相変態が起こり、靱性が低下する可能性があります。また、熱応力割れを防ぐため、冷却速度（5~10 $^\circ\text{C}/\text{分}$ ）も厳密に制御する必要があります。これらのブランク製造要因を最適化することで、CTIA GROUP LTD 製の T 型フライスカッターは、実用用途において一貫して高い性能を発揮します。

4.1 影響要因表

影響要因	説明する
幾何学的なデザイン	T 字型ブレードの深さと長さをカスタマイズし、切断角度を最適化して、効率と表面品質に影響を与えます。
動作パラメータ	速度、送り速度、切削深さは耐用年数に影響します。パラメータが過度に高いと、耐用年数が $15\%\pm 2\%$ 短くなる可能性があります。
環境要因	高温（ $>600^\circ\text{C}$ ）、不十分な冷却、または高硬度の材料では摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加するため、冷却を最適化する必要があります。
粉末粒子径純度	粒子サイズが大きすぎたり、不純物（酸素含有量 $>0.2\%$ など）が多いと、粒子が粗くなり、硬度と強度が低下します。
混合均一性	ボールミル処理（12~24 時間、媒体比率 1: 2）により、WC と Co が均一に分散され、密度に影響を及ぼします。
抑制圧力	100~200MPa で初期密度が決まります。圧力が不十分だと気孔率が増加し、焼結効果に影響が出ます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

焼結プロセス	HIP/SPS（1400～1500℃、0.5～2 時間）により、粒径（0.5～2μm）と相構造が制御されます。
冷却速度	熱応力亀裂を回避し、材料の安定性を確保するために、5～10℃/分。

超硬 T 型フライスカッターの種類

5. 製造工程

CTIA GROUP LTD は、超硬合金 T 型フライスの製造工程において、先進的で厳格なプロセスを採用し、製品の高品質と一貫性を確保しています。製造工程は、高純度の原材料の選択から始まります。CTIA GROUP LTD では通常、YG10、YG10X、YG12 グレードを使用しています。その中でも、YG10（WC 90%、Co 10%）は耐摩耗性に優れ、YG10X（WC 90%、Co 10%+微量添加剤）は靱性を向上させ、YG12（WC 88%、Co 12%）は高衝撃条件に適しています。原材料は、タングステン粉末、炭化タングステン粉末（WC、純度>99.8%）、コバルト粉末（Co、純度>99.5%）であり、正確な配合により混合粉末を調製します。次に、湿式ボールミル粉砕法を用いて粉末を混合し、粉砕媒体として超硬合金ボールを用いる。ボールミル粉砕時間は 18～24 時間に制御し、媒体比は 1: 2 とすることで、粉末粒子径の均一性（D50<1μm）と混合の均一性を確保する。混合粉末は噴霧乾燥により 50～150μm の粒度分布を有する顆粒状の原料となり、その後のプレス成形において良好な流動性を確保する。

プレス工程では、冷間静水圧プレス（CIP）技術を使用し、圧力は 150～200MPa、プレス時間は 5～10 分で、初期密度は理論密度の 60%～65%の目標に達します。プレス後、ブランクは熱間静水圧プレス（HIP）焼結段階に入り、焼結温度は 1450～1500℃に設定され、保持時間は 1～2 時間です。真空または高純度アルゴン（純度 99.999%）保護雰囲気下で実行され、材料密度が 99.9%±0.1%に達し、粒径が 0.8～1.2μm に制御されることを保証します。焼結後、ブランクは熱応力を低減するためにゆっくり冷却され（5～8℃/分）、その後、CNC 工作機械で微細加工されます。ブレードの形状は高精度研削（許容差±0.01 mm）で形成され、表面粗さは Ra<0.4 μm です。コーティングは物理蒸着（PVD）技術で施され、TiAlN または AlCrN コーティングの厚さは 1～2 μm です。コーティング温度は 450～500℃に制御され、接着強度は>70 MPa です。最後に、製品は超音波洗浄（周波数 40 kHz、時間 5 分）され、密度（14.3～14.9 g/cm³）、硬度（HV 1800～2200±30）、強度（曲げ強度>2000 MPa）、非破壊検査（超音波検査による内部欠陥の検出）などの品質テストが行われます。同じバッチで製造されたテストロッドは通常、テスト製品として使用されます。合格製品

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

は真空パックされ、防湿および耐衝撃材料で梱包されます。輸送中に製品が損傷していないことを確認するために、出荷前に外観検査とラベル検査が行われます。

5.1 生産工程表

生産	説明する	技術的パラメータ
原材料の選択	原料は YG10、YG10X、YG12 グレードに従って製造され、高純度の WC および Co 粉末が選択されます。	YG10、YG10X、YG12、WC 純度>99.8%、Co 純度>99.5%
粉末混合	湿式ボールミル処理により均一な粒子サイズが保証されます。	ボールミル処理時間 18~24 時間、媒体比 1:2、D50 <1 μm
スプレードライ	原料を粒状化し流動性を向上させます。	粒子サイズ 50~ 150μm
抑制する	冷間等方圧成形（CIP）	圧力 150~200MPa、時間 5~10 分、密度は -65% に達します。
焼結	真空/アルゴンでの熱間等方圧加圧（HIP）焼結。	温度 1450~1500°C、圧力保持 1~2 時間、密度 99.9%±0.1%
仕上げ	CNC マシンによる加工、研削、成形。	許容差 ±0.01 mm、Ra<0.4 μm
コーティング	TiAlN / AlCrN コーティングは PVD 技術によって施されます。	厚さ 1~ 2μm 、温度 450~500°C、接着強度> 70MPa
クリーニング	超音波洗浄により残留物を除去します。	周波数 40kHz、持続時間 5 分
テスト	密度、硬度、強度、非破壊検査をテストします。	密度 14.3~14.9 g/cm ³ 、硬度 HV 1800~2200±30、曲げ強度>2000 MPa、非破壊検査（超音波）
梱包と配送	真空包装、防湿・耐衝撃、ラベル検査。	真空度>0.9 バール、輸送前に目視検査

6. 超硬 T 型フライスカッターの応用

CTIA GROUP LTD の主力製品である超硬 T 型フライスカッターは、多くの分野で独自の価値と幅広い応用可能性を発揮しています。金型製造業界では、T 型フライスカッターは精密 T スロットやボルト穴の加工に広く使用されており、スタンピング金型、射出成形金型、鍛造金型などの製造に使用され、金型の高精度と耐久性を確保しています。機械加工の分野、特に自動車や重機製造では、T 型フライスカッターは工作機械のベッド、ガイドレール、コネクタなどの部品の加工に使用されています。その効率的な切削能力により、生産効率が大幅に向上します。航空宇宙業界では、T 型フライスカッターは高硬度と高温

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

耐性により、チタン合金、ニッケル基合金、高強度鋼の加工に重要なツールとなり、航空機の構造部品やエンジン部品の高精度要件を満たしています。さらに、造船やエネルギー機器の製造においても、T 型フライスは大型構造部品や特殊コネクタの加工に利用され、複雑な形状や多様な材料のニーズに応えています。2025 年の試験データによると、低炭素鋼および鋳鉄加工における標準 T 型フライスの効率は 5~10m³/h に達し、航空グレード材料加工における強化コーティング T 型フライスの効率は 15~20m³/h に向上しています。これらの応用シナリオは、中国タングステンインテリジェント製造 T 型フライスが加工精度の向上、生産サイクルの短縮、コスト削減に大きく貢献していることを十分に実証しています。

超硬 T 型フライスカッターの応用分野

応用分野	適しています	特定の用途
金型製造	標準 T 型	スタンピング、射出成形、鍛造金型の T スロットおよびボルト穴の加工。
機械加工	強化 T 型	自動車および重機用の工作機械ベッド、ガイドウェイ、接続部の機械加工。
航空宇宙	精密 T 型	航空機構造およびエンジン部品用のチタン合金、ニッケル基合金、高強度鋼の加工。
造船とエネルギー	カスタム T タイプ	複雑な形状や多様な材料に適応するために、大型の構造部品や特殊コネクタを加工します。
粗加工エリア	荒加工 T 型	大量の材料を迅速に除去し、初期処理に適しています。
仕上げと組み立て	面取り付き T 型	エッジ面取り加工によりワークの組み立て性が向上し、精密部品に適しています。
量産	多刃 T 型	切断効率を向上させ、大規模な生産作業に適しています。

7. 超硬 T 型フライスカッターの種類

タイプ	応用分野	特定の用途
標準 T 型フライスカッター	金型製造	スタンピング、射出成形、鍛造金型の T スロットおよびボルト穴の加工。
強化 T 型フライスカッター	機械加工	自動車および重機用の工作機械ベッド、ガイドウェイ、接続部の機械加工。
精密 T 型フライスカッター	航空宇宙	航空機構造およびエンジン部品用のチタン合金、ニッケル基合金、高強度鋼の加工。
カスタム T 型フライスカッター	造船とエネルギー	複雑な形状や多様な材料に適応するために、大型の構造部品や特殊コネクタを加工します。
荒加工用 T 型	粗加工エリア	大量の材料を迅速に除去し、初期処理に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

フリスカッター		
面取り付き T 型フリスカッター	仕上げと組み立て	エッジ面取り加工によりワークの組み立て性が向上し、精密部品に適しています。
多刃 T 型フリスカッター	量産	切断効率を向上させ、大規模な生産作業に適しています。

8. 超硬 T 型フリスカッターに関する国内および国際規格

CTIA GROUP LTD が製造する超硬 T 型フリス盤は、その性能と市場競争力を確保するために、数多くの国内外の規格に準拠する必要があります。国際標準化機構（ISO）が策定した ISO 513 規格は、切削工具材料の分類と用途を定義しており、T 型フリス盤は超硬材料の性能要件を満たす必要があります。ISO 15641 規格は、フリス盤の幾何学的パラメータと耐久性試験方法を規定し、T 型フリス盤の設計と性能評価の指針となっています。ドイツ工業規格（DIN）の DIN 844 と DIN 1839 は、それぞれフリス盤の許容差と取り付け寸法の要件を規定しており、欧州市場での T 型フリス盤の製造に適しています。米国規格協会（ANSI）が策定した ANSI B94.19 規格は、北米市場での T 型フリス盤の互換性を確保するために、フリス盤の分類と使用条件を詳細に規定しています。さらに、日本工業規格（JIS）の JIS B 4120 規格は、超硬合金フリスの製造および試験仕様を規定しており、アジア市場で広く使用されています。中国の国家規格 GB/T 16665 と GB/T 5231 は、それぞれ超硬合金材料の性能と切削工具の一般的な技術条件を規定しており、CTIA GROUP LTD が製造する T 型フリスが国際基準を満たしていることを保証しています。これらの規格の相乗効果により、CTIA GROUP LTD の T 型フリスがグローバルに展開するための技術サポートが提供されます。

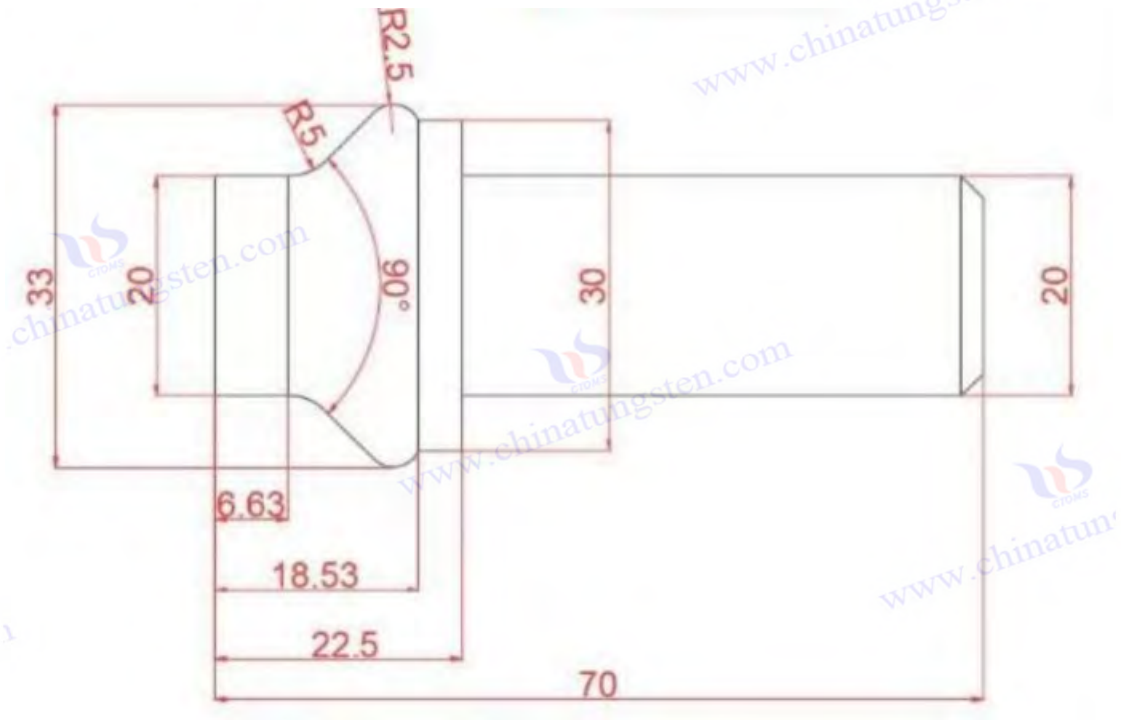
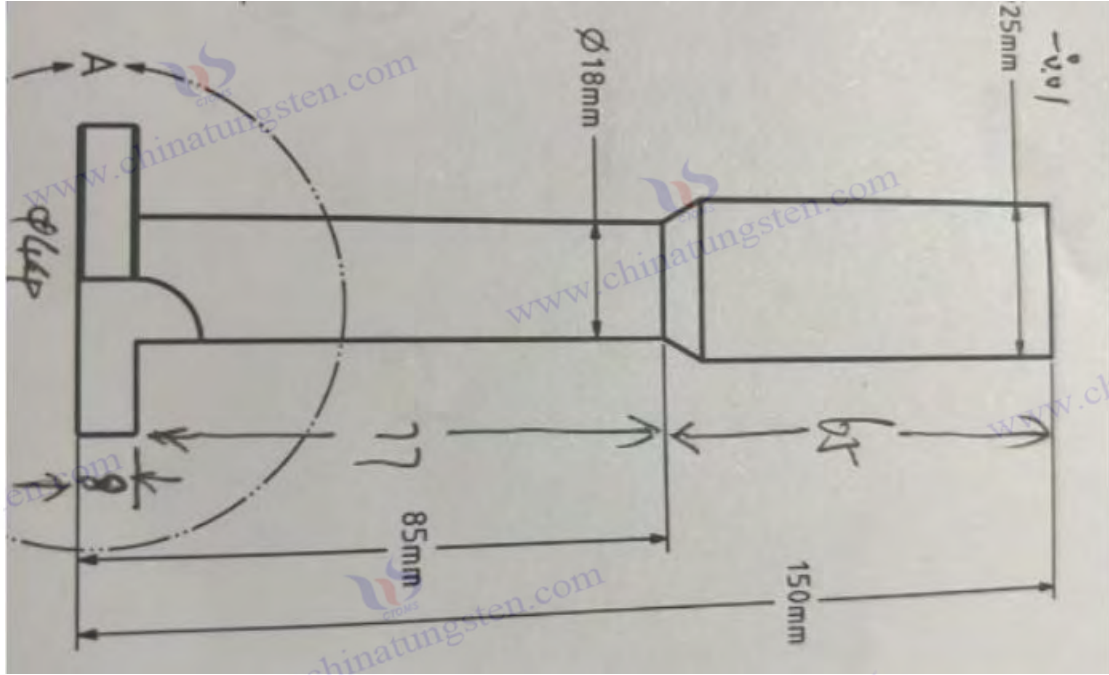
超硬 T 型フリスカッター国内・国際規格表

標準化団体	規格番号	コンテンツ
ISO	ISO 513	切削工具材料の分類と適用要件。
ISO	ISO 15641	フリスカッターの形状パラメータと耐久性試験方法。
ディン	DIN 844	フリスカッターの許容差と取り付け寸法の要件。
ディン	DIN 1839	フリスカッター製造および使用に関する仕様。
ANSI	ANSI B94.19	フリスカッターの分類および使用条件の仕様。
JIS	JIS B 4120	超硬合金フリス盤の製造および試験の仕様。
GB/T	GB/T 16665	超硬合金材料の性能要件。
GB/T	GB/T 5231	切削工具の一般的な技術要件。

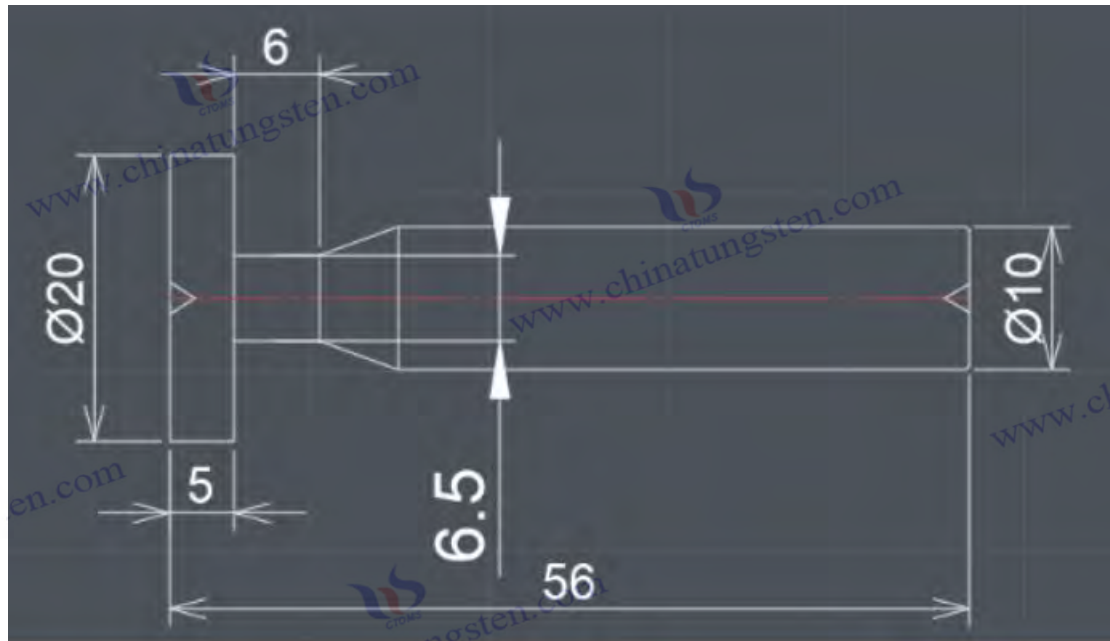
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

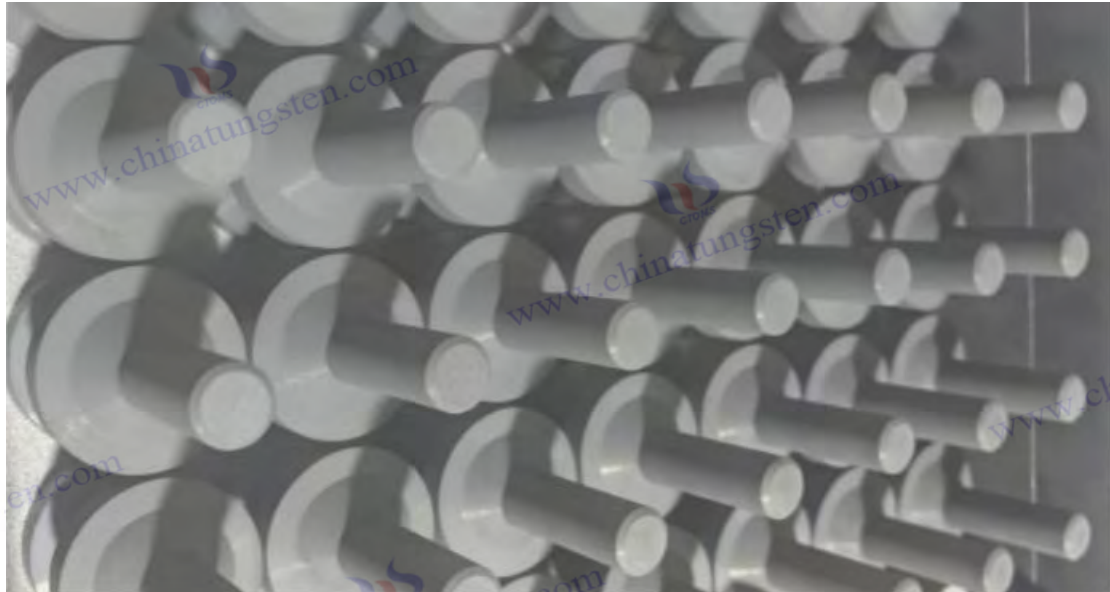


1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

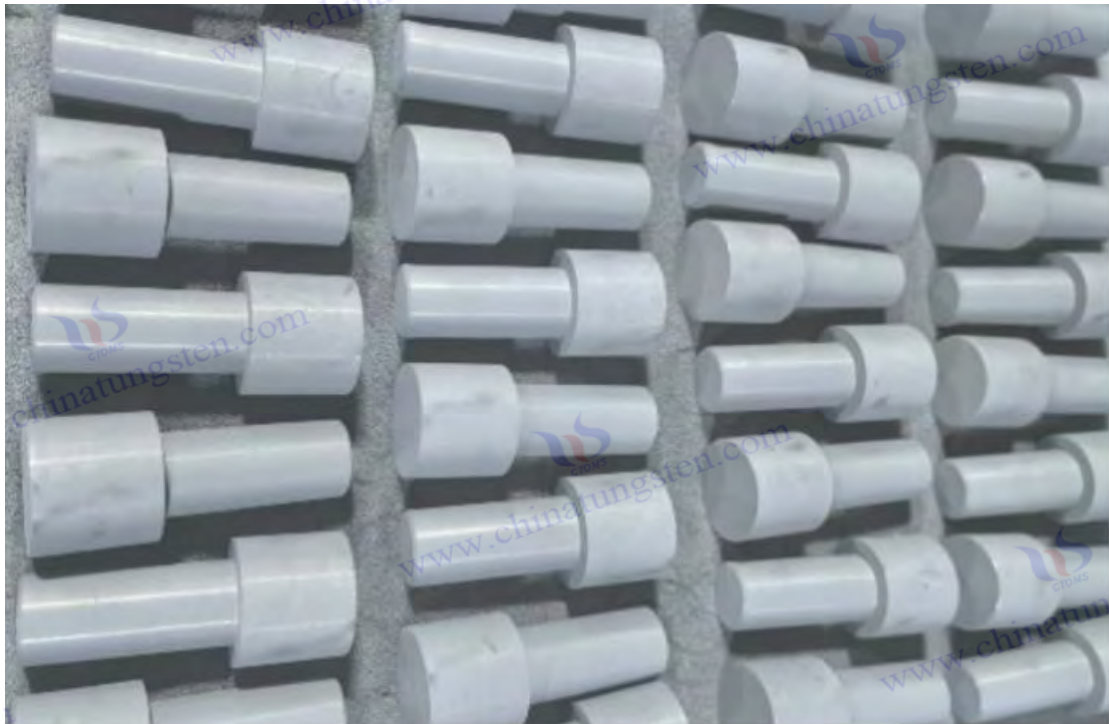


1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



ISO 513:2012

定義された刃先を持つ金属除去用硬質切削材の分類と適用- 主なグループと適用グループの指定

1. 範囲

この国際規格は、炭化物、セラミック、ダイヤモンド、窒化ホウ素などの硬質切削材料の、特定の切れ刃を有する金属切削作業における分類と適用について規定しています。本規格は、これらの材料の適用範囲と適用指針を規定していますが、採掘工具などの衝撃工具、伸線ダイス、金属の変形によって作動する工具、コンパレータコンタクトチップなどの他の用途には適用されません。

1.1 適用範囲

この規格は、切削片の除去を伴う金属切削作業で使用される硬質切削材料に適用されます。

切断以外の目的で使用される材料や工具は付属していません。

1.2 除外事項

採掘および衝撃ツール。

伸線ダイス。

金属変形ツール。

コンパレータの接触チップ。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

ISO 1832:2017、切削工具用スローアウェイチップ — 指定。

ISO 13399-1:2006、切削工具データの表現および交換 - パート 1: 概要、基本原則および一般情報。

ISO 15641:2014、プレス用工具 - 長方形断面の圧縮ばね - ばねの品質。

注: 参照文書の最新版は、発行後に更新される場合があります。最新情報については、ISO 公式ウェブサイトをご確認ください。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 難削材

金属切削に使用される、硬度と耐摩耗性に優れた材料を指します。これには、超硬合金、セラミック、ダイヤモンド、窒化ホウ素などが含まれますが、これらに限定されません。

3.2 チップ除去

通常は定義された切削刃を伴う切削工具によってワークピース材料から材料を除去する機械加工プロセス。

3.3 切削材料の主なグループ

材料特性と用途分野に応じて分類される硬質切削材料のカテゴリは次のとおりです。

グループ P: 鋼などの長い切削片の材料に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

グループ M: 中程度の欠けが発生する材料（ステンレス鋼など）に適しています。

グループ K: 切りくずの短い材料（鋳鉄など）に適しています。

グループ N: 非鉄金属および非金属材料に適用されます。

S グループ: 高硬度材料（焼入れ鋼など）に適しています。

3.4 適用グループ

ワークピースの材料特性と加工条件に基づく特定のアプリケーションサブカテゴリ。

4. 記号と略語

WC: 炭化タングステン。

Co: コバルト。

TiN: 窒化チタン。

PVD: 物理蒸着法。

HV: ピッカース硬度。

5. 分類

5.1 材料の分類

硬質切削材料は、化学組成と物理的特性に応じて、次の主要なグループに分類されます。

超硬合金: WC-Co 系をベースに、微量添加剤 (TiC、TaC など) を含みます。

セラミックス: 酸化アルミニウム (Al_2O_3) および窒化ケイ素 (Si_3N_4) ベースの材料が含まれます。

ダイヤモンド: 天然または合成、非鉄金属に適しています。

窒化ホウ素: 立方晶窒化ホウ素 (cBN)、高硬度鋼に適しています。

5.2 アプリケーション分類

ワーク材質と加工条件に応じて、適用グループは次のとおりです。

グループ P: 鋼およびその合金 (硬度 HB 130-250)。

グループ M: ステンレス鋼および耐熱合金。

グループ K: 鋳鉄および非鉄脆性材料。

グループ N: アルミニウム、銅およびそれらの合金、熱可塑性プラスチック。

グループ S: 硬化鋼および硬化鋳鉄 (硬度 HRC 45-65)。

6. 技術要件

6.1 材料特性

硬度: HV 1500~2500 (材質によって異なります)。

破壊靱性: $K_{1c} \geq 8 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

耐熱性: 800°C以上 (コーティング強化後)。

6.2 幾何学的パラメータ

刃先角度: 主すくい角 $5^\circ \sim 20^\circ$ 。

二次偏向角: $0^\circ \sim 10^\circ$ 。

先端半径: 0.1~1.0mm。

6.3 コーティング要件

オプションのコーティング: TiN、TiAlN、AlCrN。

コーティング厚さ: 0.5~5 μm 。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

接着強度：> 70 MPa。

7. 試験方法

7.1 硬度試験

ISO 6507-1 に準拠したピッカース硬度計を使用してテスト済み。

7.2 耐摩耗性試験

標準切断テストを使用して、摩耗バンド幅 (VB) は 0.3 mm 未満 (30 分間切断) と測定されました。

7.3 破壊靱性試験

ISO 28079 に準拠したシングルエッジノッチビーム (SENB) 方式を使用してテストされています。

8. マーキングと包装

8.1 ロゴ

製品には、材料グループ (例: P20、M15) と製造元のロゴをマークする必要があります。
例: P20-TiAlN-10mm。

8.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

バッチ番号とテストデータを記載した品質証明書が付属します。

9. 検査規則

9.1 工場検査

原材料の硬度、純度検査。

9.2 工場検査

密度、硬度、曲げ強度の試験。
非破壊検査 (超音波)。

10. 応募ガイドライン

10.1 切断データ

切断速度: 50~300m/分 (材質に応じて調整)。

送り速度: 0.1~0.5 mm/回転。

切削深さ: 0.5~5mm。

10.2 冷却と潤滑

流量が 10 L/分以上の切削液を使用することをお勧めします。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

コーティングの剥がれを防ぐため、高温に長時間さらさないでください。

12. 付録

付録 A (参考) - 材料特性参照表

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

素材の種類	硬度 (HV)	破壊靱性 (MPa·m ^{1/2})	耐熱性 (°C)
超硬合金	1500-1800	10~15 歳	800
陶器	1800-2200	3-6	1000
ダイヤモンド	8000~10000	5-10	600
窒化ホウ素	3000~4000	6~12 歳	1200

付録 B (規範的) - グループコード表

グループ	ワークピース材質	推奨資料
P	鋼 (HB 130-250)	炭化物(P20)
M	ステンレス鋼	超硬合金(M15)
K	鋳鉄	炭化物(K20)
北	アルミニウム、銅	ダイヤモンド
S	硬化鋼 (HRC 45-65)	窒化ホウ素

13. 索引

難削材

チップ除去

材料分類

アプリケーショングループ

試験方法

14. 出版情報

発売日: 2012 年 10 月 15 日。

発効日: 2012 年 11 月 1 日。

保守組織: ISO/TC 29/SC 9 (硬質切削材料で作られた刃先を持つ工具)。

言語: 英語、フランス語。

予防

上記の内容は、ISO 513:2012 の公開情報および業界慣行に基づいてシミュレーションされています。具体的な技術詳細(正確なグループコードや試験パラメータなど)については、公式規格のテキストを参照する必要がある場合があります。

公式の完全バージョンについては、公式 ISO Web サイトまたは認定販売代理店 (ANSI や DIN など) から入手してください。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



ISO 15641:2014

切削工具 - フライスカッター - 幾何学的パラメータと耐久性試験方法

1. 範囲

この国際規格は、金属切削加工に使用されるフライスカッター（エンドミル、フェースミル、Tミルを含むがこれらに限定されない）の幾何学的パラメータ、測定方法、および耐久性試験手順の定義を規定する。この規格は、硬質切削材料（超硬合金、セラミック、超硬合金など）で製造され、明確な切れ刃を有するフライスカッターに適用され、様々な加工条件下で一貫した性能を確保することを目的としている。この規格は、非切削工具または非金属加工用途には適用されない。

1.1 適用範囲

エンドミル、フェースミル、T型フライスカッターなど、あらゆるタイプのフライスカッターに適しています。

幾何学的パラメータの設計と耐久性テストをカバーします。

1.2 除外事項

非切削工具（例：研磨工具）。

非金属材料を加工するためのツール。

2. 規範的参照

以下に列举する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

ISO 513:2012、定義された切れ刃による金属除去のための硬質切削材料の分類および適用。

ISO 3002-1:1982、切削および研削における基本量 - パート 1: 切削工具の作動部分の形

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

状。

ISO 8688-1:1989、フライス加工における工具寿命試験 - パート 1: フェースフライス加工。

ISO 13399-1:2006、切削工具データの表現および交換 - パート 1: 概要、基本原則および一般情報。

注: 参照文書の最新版は、発行後に更新される場合があります。最新情報については、ISO 公式ウェブサイトをご確認ください。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 フライスカッター

切削片を除去してワーク材料を加工するための複数の切削刃を備えた回転切削工具。

3.2 幾何学的パラメータ

偏向角、ノーズ半径、ねじれ角など、フライスカッター切削部分の形状とサイズを表す特性。

3.3 耐久性

指定された切削条件下でのフライスカッターの耐用年数は、通常、切削時間または処理されるワークピースの数で測定されます。

3.4 逃げ面摩耗幅 (VB)

耐久性を評価するために使用される、切れ刃の側面摩耗の尺度。

4. 記号と略語

κr : すくい角。

κ' : 二次すくい角。

$r\epsilon$: 角の半径。

VB: フランク摩耗幅。

Vc : 切断速度 (m/分)。

fn : 送り速度 (歯当たりの送り量、mm/歯)。

5. 分類

5.1 フライスカッターの種類

エンドミル: 側面および正面の切削用。

フェイスミルカッター: 平面加工に使用します。

T 型フライスカッター: T スロット加工に特化しています。

5.2 材料の分類

超硬合金 (WC-Co ベース)。

セラミックス (Al_2O_3 、 Si_3N_4) 。

超硬質材料 (ダイヤモンド、cBN)。

6. 技術要件

6.1 幾何学的パラメータ

主偏向角 (κr) : $5^\circ \sim 20^\circ$ 。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

二次偏向角 (κ') : $0^\circ \sim 10^\circ$ 。

ツール先端半径 (r_E) : $0.1 \sim 1.5\text{mm}$ 。

ねじれ角: $15^\circ \sim 45^\circ$ (処理要件によって異なります)。

6.2 耐久性要件

標準耐久性: 切断 30 分、 $VB \leq 0.3\text{mm}$ 。

高い耐久性: 60 分間の切断、 $VB \leq 0.2\text{ mm}$ 。

7. 試験方法

7.1 幾何学パラメータ測定

ツール: 光学顕微鏡または CMM。

精度: $\pm 0.01\text{mm}$ 。

参照規格: ISO 3002-1 に準拠。

7.2 耐久性試験

試験条件:

ワークピース材質: スチール (HB 200)。

切断速度 (V_c): $100 \sim 200\text{m/分}$ 。

送り速度 (f_n): $0.1 \sim 0.3\text{mm/歯}$ 。

切削深さ (a_p): $1 \sim 3\text{mm}$ 。

テスト手順:

フライスカッターをテストマシンに取り付けます。

指定されたパラメータに従って連続的に切断します。

VB は 10 分ごとに測定されました。

VB が 0.3 mm に達するまで寿命が記録されました。

参照規格: ISO 8688-1 に準拠。

7.3 データ記録

切削時間、VB 値、故障モード (欠け、摩耗など) を記録します。

8. マーキングと包装

8.1 ロゴ

カッタータイプ (例: T20)、材質グループ (例: P20)、サイズ (例: $\phi 10\text{ mm}$) を指定します。

例: T20-P20- $\phi 10\text{mm}$ 。

8.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

幾何学的パラメータと耐久性データを含むテストレポートが付属しています。

9. 検査規則

9.1 工場検査

原材料の硬度と形状パラメータの検査。

9.2 工場検査

幾何学的パラメータの測定。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

耐久試験（抜き取り検査）。

10. 応募ガイドライン

10.1 切断データ

切断速度（ V_c ）：50～300 m/分（材質に応じて調整）。

送り速度（ f_n ）：0.05～0.5mm/歯。

切削深さ（ a_p ）：0.5～5mm。

10.2 冷却と潤滑

流量が 10 L/分以上の切削液を使用することをお勧めします。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

高速切削中に工具が過熱しないように注意してください。

12. 付録

付録 A（参考） - 幾何学パラメータ参照表

パラメータ	範囲	述べる
主偏向角（ κ_r ）	5°～20°	ワークピースに合わせて調整
二次偏向角（ κ' ）	0°～10°	安定した切断
工具先端半径（ r_{ϵ} ）	0.1～1.5mm	応力集中を軽減する

付録 B（規範） - 耐久性試験条件表

ワークピース材質	切断速度（ V_c 、m/分）	送り速度（ f_n 、mm/歯）	切削深さ（ a_p 、mm）
スチール（HB 200）	100～200	0.1～0.3	1-3
鋳鉄	80～150	0.2～0.4	2-4
ステンレス鋼	60～120	0.1～0.2	1-2

13. 索引

フライスカッター

幾何学的パラメータ

耐久性試験

切削条件

14. 出版情報

発売日：2014 年 6 月 15 日。

発効日：2014 年 7 月 1 日。

保守組織：ISO/TC 29/SC 9（硬質切削材料で作られた刃先を持つ工具）。

言語：英語、フランス語。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ドイツ工業規格 DIN 844:1987

DIN 844:1987 -

円筒シャンク付きフライスカッター - 寸法

1. 範囲

この規格は、エンドミル、フェイスミル、T型フライスカッターに適用可能な円筒シャンク付きフライスカッターの寸法、公差、および取り付け要件を規定しています。この規格は、工作機械の主軸およびクランプシステムとの適合性を確保するために、フライスカッターのシャンク径、切削部長さ、および取り付け公差を定義しています。この規格は、超硬合金（WC-Co）、高速度鋼（HSS）、およびその他の切削材料用のフライスカッターに適用されますが、特殊用途の非標準フライスカッターは含まれません。

1.1 適用範囲

円筒シャンクのエンドミル、フェースミル、T型フライスカッター用。

寸法、許容差、設置要件について説明します。

1.2 除外事項

特殊な目的または非標準設計用のフライスカッター。

テーパシャンクまたはウェルドンシャンクを備えたフライスカッター（参照 DIN 1835）。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

DIN 13-1:1999 、 ISO 一般用途メートルねじ - 許容差。

DIN 6885-1:2003 、 テーパーアクションのないドライブタイプファスナー、平行キー、キー溝、深パターン。

ISO 513:2012 、 定義された切れ刃による金属除去のための硬質切削材料の分類および適用。

ISO 3002-1:1982 、 切削および研削における基本量 - パート 1: 切削工具の作動部分の形状。

注: 参照文書の最新版は、発行後に更新される場合があります。最新情報については、DIN の公式ウェブサイトをご確認ください。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 円筒シャンク

フライスカッターは円筒形の部品をクランプするために使用され、工作機械のチャックまたはクランプ装置に適合するように設計されています。

3.2 許容範囲

フライスカッターサイズの許容偏差範囲により、工作機械との互換性と加工精度が確保されます。

3.3 取り付け寸法

ハンドルの直径、長さ、およびクランプ システムとの適合寸法を指します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

4. 記号と略語

d: シャンク径、mm。
l: 全長 (mm)。
l1: 切断長さ (mm)。
h6: 公差グレード (DIN 668 による)。
H7: 許容等級(DIN 668 に準拠)。

5. 技術要件

5.1 サイズ要件

シャンク径 (**d**): 3 mm ~ 25 mm、標準値には 3、4、5、6、8、10、12、16、20、25 mm があります。

全長 (**l**): 直径に応じて 40mm から 150mm の範囲となります。

切断部分の長さ (**l1**): カッターの種類によって異なりますが、通常は **d** の 1.5~3 倍です。

5.2 許容範囲の要件

シャンク径公差: DIN 668 に従って **h6** (直径 3 ~ 6 mm) または **h7** (直径 8 ~ 25 mm)。

h6: $\pm 0.000/-0.006$ mm (3~6 mm)。

h7: $\pm 0.000/-0.010$ mm (8~25 mm)。

長さ許容差: ± 0.2 mm (**l** および **l1**)。

同軸度許容差: 0.01mm (全長にわたって)。

5.3 インストール要件

クランプフィット: シャンクとコレットまたはクランプ装置間のフィット許容差は **H7/s6** です。

表面粗さ: シャンク部 $Ra \leq 0.8\mu\text{m}$ 、切削部 $Ra \leq 1.6\mu\text{m}$ 。

硬度: シャンク **HRC40~50**、切削部は材質に応じます (超硬合金 **HV1500~1800** など)。

6. 試験方法

6.1 寸法測定

ツール: ノギスまたは **CMM**。

精度: ± 0.01 mm。

参照規格: **DIN 13-1** に準拠。

6.2 許容差の検証

方法: 標準ゲージを使用してシャンク径と長さの許容差を確認します。

同軸度テスト: 回転レオメーターを使用して全長の同軸度を測定します。

7. マーキングと包装

7.1 ロゴ

カッタータイプ (例: **A、B**)、直径 (**d**)、長さ (**l**)、材質 (例: **HSS**) を指定します。

例: **DIN 844-A-10-60-HSS**。

7.2 包装

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

寸法・公差検査報告書が付属します。

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料のサイズと硬度の検査。

8.2 工場検査

シャンク径、長さ、同軸度の測定。

クランプフィットのサンプル検査。

9. 応募ガイドライン

9.1 インストールの推奨事項

コレットがシャンク径と一致していることを確認し、油圧または引き込み式クランプの使用をお勧めします。

取り付ける前にハンドルの表面をきれいにしてください。

9.2 切断パラメータ

切断速度：50～200m/分（材質に応じて調整）。

送り速度：0.1～0.3 mm/回転。

10. 安全要件

操作時は保護メガネを着用してください。

ツールが外れないように、締めすぎたり緩めすぎたりしないでください。

11. 付録

付録 A（参考） - 寸法および公差表

シャンク径 (d、mm)	許容等級	全長 (l、mm)	切断長さ (ll、mm)	同軸度(mm)
3	h6	40	6	0.01
6	h6	50	12	0.01
10	h7	70	20	0.01
16	h7	100	40	0.01
25	h7	150	75	0.01

付録 B（規範） - 設置フィッティング表

シャンク径 (d、mm)	コレット公差	マッチタイプ
3-6	H7/s6	トランジションフィット
8-25	H7/s6	トランジションフィット

12. 索引

円筒シャンクフライスカッター

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

許容範圍
設置寸法
試験方法

13. 出版情報

発売日: 1987 年 5 月 1 日。

発効日: 1987 年 6 月 1 日。

管理機関: ドイツ規格協会 (DIN)。

言語: ドイツ語、英語。

ドイツ工業規格 DIN 1839:1990

DIN 1839:1990

フライスカッター - 製造および適用仕様

1. 範囲

この規格は、フライスカッター（エンドミル、フェースミル、T型フライスカッターを含む）の製造工程、品質管理、使用条件の規定を規定し、超硬合金(WC-Co)、高速度鋼(HSS)、その他の切削材料で作られたフライスカッターに適用されます。この規格は、フライスカッターの製造の一貫性、使用安全性、および工作機械システムとの互換性を確保することを目的としており、非切削工具または特殊用途の非標準フライスカッターには適用されません。

1.1 適用範囲

エンドミル、フェースミル、T型フライスカッターなどの製造および使用に適しています。製造プロセス、使用条件、安全要件をカバーします。

1.2 除外事項

非切削工具（例：研磨工具）。

特殊な目的または非標準設計用のフライスカッター。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

DIN 844:1987 、円筒シャンク付きフライスカッター - 寸法。

DIN 13-1:1999 、ISO 一般用途メートルねじ - 許容差。

ISO 513:2012 定義された切れ刃による金属除去のための硬質切削材料の分類および適用。

ISO 8688-1:1989 、フライス加工における工具寿命試験 - パート1: フェースフライス加工。

注: 参照文書の最新版は、発行後に更新される場合があります。最新情報については、DINの公式ウェブサイトをご確認ください。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 フライスカッター

切削片を除去してワーク材料を加工するための複数の切削刃を備えた回転切削工具。

3.2 製造プロセス

原材料の準備からフライスカッター完成までの加工手順には、粉末冶金、焼結、コーティングが含まれます。

3.3 適用条件

加工中のフライスカッターの切削パラメータ、冷却要件、およびメンテナンス仕様。

4. 記号と略語

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

d：シャンク径、mm。

l：全長（mm）。

Vc：切断速度（m/分）。

fn：送り速度（歯当たりの送り量、mm/歯）。

PVD：物理蒸着法。

5. 技術要件

5.1 製造要件

材料の選択：

超硬合金：WC 含有量 88%～92%、Co 含有量 6%～12%。

高速度鋼：HSS-E（コバルト含有）硬度 HRC 62～66。

製造工程：

粉末冶金：ボールミル処理時間 12～24 時間、プレス圧力 150～200MPa。

焼結：温度 1350～1450℃、圧力保持 1～2 時間。

コーティング：PVD TiAlN、厚さ 1～3μm。

表面粗さ：切削部 $Ra \leq 1.6\mu m$ 、シャンク $Ra \leq 0.8\mu m$ 。

5.2 使用要件

切削データ：

切断速度（Vc）：50～300 m/分（材質に応じて調整）。

送り速度（fn）：0.05～0.5mm/歯。

切削深さ：0.5～5mm。

冷却：切削液の使用を推奨します。流量は 10 L/分以上です。

6. 製造工程

6.1 原材料の準備

高純度 WC 粉末（純度>99.8%）および Co 粉末（純度>99.5%）を使用しました。

粒子サイズ制御： $D50 < 1\mu m$ 。

6.2 処理フロー

プレス：冷間等方圧プレス（CIP）、圧力 150～200MPa。

焼結：熱間等方加圧（HIP）、温度 1350～1450℃。

仕上げ：CNC 研削、許容差 $\pm 0.01\text{ mm}$ 。

コーティング：PVD プロセス、温度 450 ～ 500℃。

6.3 品質管理

密度：14.0～14.9 g/cm³。

硬度：HV 1500-1800（炭化物）。

7. アプリケーション仕様

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

7.1 インストール

シャンクがコレットと一致していることを確認し、許容差は DIN 844 h6/h7 に従ってください。

取り付けの前にハンドルを清掃してください。

7.2 メンテナンス

摩耗バンド幅 (VB) を定期的に点検し、交換基準 $VB > 0.3 \text{ mm}$ にします。

10 分以上のドライカットは避けてください。

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料の硬度、純度検査。

8.2 工場検査

寸法、許容差、硬度テスト。

ISO 8688-1 に準拠した耐久性テスト (サンプリング)。

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

タイプ (T など)、直径 (d)、長さ (l)、材質を指定します。

例: DIN 1839-T-10-60-HM。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

製造およびテストの証明書が付属します。

10. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

工具の欠けを防ぐために過負荷切削を避けてください。

11. 付録

付録 A (参考) - 製造プロセスパラメータ表

プロセス手順	パラメータ範囲	述べる
ボールミル	12~24 時間、培地比率 1:2	均一性を確保する
抑制する	150~200MPa	初期密度 60%~65%
焼結	1350~1450°C、1~2 時間	密度 > 99.9%
コーティング	1~3 μm 、450~500°C	TiAlN コーティング

付録 B (規範) - 使用条件表

ワークピース材質	切断速度 (V_c , m/分)	送り速度 (f_n , mm/歯)	切削深さ (mm)
スチール (HB 200)	100~200	0.1~0.3	1-3
鋳鉄	80~150	0.2~0.4	2-4
ステンレス鋼	60~120	0.1~0.2	1-2

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

12. 索引

フライスカッター
製造工程
使用ガイドライン
セキュリティ要件

13. 出版情報

発行日: 1990 年 3 月 1 日。発効日: 1990 年 4 月 1 日。

管理機関: ドイツ規格協会 (DIN)。

言語: ドイツ語、英語。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

アメリカ国家規格

ANSI B94.19-1997 (R2019) -

フライスカッターおよびエンドミル

1. 範囲

この規格は、金属切削における様々なフライス加工に適用される、高速度鋼製の一体型フライスカッター及びエンドミルの分類、寸法、公差、及び使用条件を規定する。本規格には、一般的な定義、サイズ範囲、公差要件が含まれており、様々な被削材や加工環境におけるフライスカッターの性能と安全性を確保するための使用条件に関するガイダンスも提供されている。本規格は、一体型構造ではないフライスカッターや金属切削以外の用途のフライスカッターには適用されない。

1.1 適用範囲

高速度鋼製の一体型フライスカッターおよびエンドミル用。

分類、寸法、許容差、使用条件について説明します。

1.2 除外事項

一体型ではない構造のフライスカッター。

非金属切断用途。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

ANSI B5.10-1994 、機械テーパー。

ISO 513:2012 、定義された切れ刃による金属除去のための硬質切削材料の分類および適用。

ISO 8688-1:1989 、フライス加工における工具寿命試験 - パート I: フェースフライス加工。

注 参照文書の最新版は、発行後に更新される場合があります。最新情報については、ANSI 公式ウェブサイトをご確認ください。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 フライスカッター

切削片を除去してワーク材料を加工するための複数の切削刃を備えた回転切削工具。

3.2 エンドミル

端面と円周に切れ刃を持ち、軸方向と半径方向の切削が可能なフライスカッター。

3.3 適用条件

加工中のフライスカッターの切削パラメータ、冷却要件、およびメンテナンス仕様。

4. 記号と略語

d: 直径 (mm)。

l: 全長 (mm)。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

Vc : 切断速度 (m/分)。

fn : 送り速度 (歯当たりの送り量、mm/歯)。

HSS : 高速度鋼。

5. 分類

5.1 フライスカッターの種類

エンドミル: フラットボトムエンドミル、ボールノーズエンドミル、アングルエンドミルが含まれます。

正面フライスカッター: 平面加工に使用され、荒加工用と仕上げ加工用に分けられます。

スロットミリングカッター: T スロットミリングカッターとキー溝ミリングカッターを含む。

5.2 サイズ分類

直径範囲: 3 mm ~ 50 mm、標準値には 3、4、6、8、10、12、16、20、25、32、40、50 mm があります。

長さの範囲: 40 mm ~ 200 mm、直径に応じて段階分けされています。

5.3 許容差の分類

直径許容差: h6 (3~6 mm) または h7 (8~50 mm)。

長さ許容差: ±0.2mm。

6. アプリケーション仕様

6.1 切断パラメータ

切断速度 (Vc) :

鋼 (HB 200): 20~50 m/分

鋳鉄: 30~70m/分

アルミニウム合金: 100~300m/分

送り速度 (fn) : 0.05~0.3mm/歯。

切削深さ: 0.5~5mm (カッター径に応じて調整)。

6.2 冷却と潤滑

流量が 10 L/分以上の切削液を使用することをお勧めします。

ドライカットは軽負荷処理に適しており、10 分以内で終わります。

6.3 ワーク材質の適応

グループ P: 鋼およびその合金 (硬度 HB 130-250)。

グループ K: 鋳鉄および非鉄脆性材料。

Nグループ: アルミニウム、銅およびそれらの合金。

6.4 保守要件

摩耗バンド幅 (VB) を定期的に点検し、交換基準 $VB > 0.3 \text{ mm}$ にします。

工具の欠けを防ぐために過負荷切削を避けてください。

7. 技術要件

7.1 材料特性

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

硬度：HRC 62-66（HSS）。

耐熱性：≤ 600°C。

7.2 幾何学的パラメータ

主な偏向角：5°～15°。

先端半径：0.1～1.0mm。

8. 試験方法

8.1 寸法測定

ツール：ノギスまたは CMM。

精度：±0.01mm。

8.2 耐久性試験

条件：鋼（HB 200）、Vc 30 m/分、fn 0.1 mm/歯、ap 2 mm。

手順：30 分間連続して切断し、VB を測定します。

参照規格：ISO 8688-1 に準拠。

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

タイプ（EM など）、直径（d）、長さ（l）を指定します。

例：ANSI B94.19-EM-10-60。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

サイズと耐久性のテストレポートが付属します。

10. 検査規則

10.1 工場検査

原材料の硬度、大きさの検査。

10.2 工場検査

寸法、公差、耐久性のテスト（サンプリング）。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

高速切削中に工具が過熱しないように注意してください。

12. 付録

付録 A（参考） - 分類とサイズ表

タイプ	直径範囲（mm）	長さ範囲（mm）	許容等級
エンドミルカッター	3-25	40～150	h6/h7
フェイスミルカッター	10～50	50～200	h7
T スロットフライスカッター	6-32	50～150	h6/h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

付録 B（規範） - 使用条件表

ワークピース材質	切断速度 (Vc、m/分)	送り速度 (fn、mm/歯)	切削深さ (mm)
スチール (HB 200)	20～50 歳	0.05～0.2	1-3
铸铁	30～70	0.1～0.3	2-4
アルミニウム合金	100～300	0.1～0.5	1-5

13. 索引

フライスカッター

エンドミルカッター

分類

利用条件

14. 出版情報

発売日: 1997 年 3 月 20 日。

最終確認日: 2019 年。

保守管理: アメリカ国家規格協会 (ANSI)。

言語: 英語。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatun

1


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

日本工業規格

JIS B 4120:2000

超硬チップ付きフライスカッター - 製造および試験仕様
— 製造および試験仕様

1. 範囲

この規格は、超硬合金製フライスカッター（エンドミル、正面フライスカッター、溝フライスカッターを含む）の製造工程、品質管理及び試験方法を規定し、金属切削における超硬合金材料（WC-Co 基など）に適用されます。この規格は、フライスカッターの製造の一貫性、切削性能及び安全性を確保することを目的としており、超硬合金以外の材料や非切削用途の工具には適用されません。

1.1 適用範囲

超硬合金製のエンドミル、フェースミル、スロットミル用。
製造プロセス、品質管理、テストの要件をカバーします。

1.2 除外事項

非超硬合金材料で作られたフライスカッター。
切削以外の目的で使用される工具。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

JIS B 4104:1995 、超硬工具—通則。

ISO 513:2012 、定義された切れ刃による金属除去のための硬質切削材料の分類および適用。

ISO 8688-1:1989 、フライス加工における工具寿命試験 - パート 1: フェースフライス加工。

注: 参考文献の最新版は、発行後に更新される場合があります。最新情報については、JIS 公式ウェブサイトをご確認ください。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 超硬フライスカッター

炭化タングステン (WC) ベースの超硬合金製のフライスカッターは、高硬度のワークピースの切断に適しています。

3.2 製造プロセス

原材料の準備からフライスカッター完成までの加工手順には、粉末冶金、焼結、コーティングが含まれます。

3.3 試験方法

フライスカッターの性能と耐久性を評価するための標準化された実験手順。

4. 記号と略語

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

d：直径（mm）。

l：全長（mm）。

Vc：切断速度（m/分）。

VB：逃げ面摩耗幅（mm）。

WC：炭化タングステン。

5. 技術要件

5.1 材料特性

硬度：HV 1500～1800。

破壊靱性： $K_{Ic} \geq 10 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

密度：14.0～14.9 g/cm³。

5.2 幾何学的パラメータ

主な偏向角：5°～20°。

先端半径：0.1～1.0mm。

ねじれ角：15°～45°（用途に応じて調整）。

5.3 コーティング要件

オプションコーティング：TiN、TiAlN、厚さ 1～3μm。

接着強度：> 70 MPa。

6. 製造工程

6.1 原材料の準備

高純度 WC 粉末（純度> 99.8%）および Co 粉末（純度> 99.5%）を使用しました。

粒子サイズ制御：D50 < 1 μm。

6.2 処理フロー

プレス：冷間等方圧プレス（CIP）、圧力 150～200MPa。

焼結：熱間等方加圧（HIP）、温度 1350～1450℃、保持圧力 1～2 時間。

仕上げ：CNC 研削、許容差±0.01 mm。

コーティング：PVD プロセス、温度 450 ～ 500℃。

6.3 品質管理

密度試験：14.0～14.9 g/cm³。

硬度テスト：HV 1500～1800。

7. 試験方法

7.1 寸法と許容差

ツール：座標測定機。

精度：±0.01mm。

参照規格：JIS B 4104 に準ずる。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

7.2 耐久性試験

試験条件:

ワーク材質: JIS S45C 鋼 (HB 200)。

切断速度 (Vc): 100~150m/分。

送り速度 (fn): 0.1~0.2mm/歯。

切断深さ: 1~3mm。

プログラム:

フライスカッターをテストマシンに取り付けます。

指定されたパラメータに従って 30 分間連続して切断します。

摩耗バンド幅 (VB) を測定しました。

判定基準: $VB \leq 0.3\text{mm}$ 。

参照規格: ISO 8688-1 に準拠。

7.3 データ記録

切断時間、VB 値、故障モードを記録しました。

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料の硬度、純度検査。

8.2 工場検査

寸法、許容差、硬度試験。

耐久試験 (サンプリング)

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

タイプ (EM など)、直径 (d)、長さ (l)、材質を指定します。

例: JIS B 4120-EM-10-60-WC。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

製造およびテストの証明書が付属します。

10. アプリケーション仕様

10.1 切断データ

切断速度 (Vc) : 50~300 m/分 (ワークに応じて調整)。

送り速度 (fn) : 0.05~0.5mm/歯。

切削深さ: 0.5~5mm。

10.2 冷却要件

推奨切削液、流量 $\geq 10\text{ L/分}$ 。

乾式切断は軽い負荷と 10 分以内の継続時間に制限されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。
工具の欠けを防ぐために過負荷切削を避けてください。

12. 付録

付録 A（参考） - 製造プロセスパラメータ表

プロセス手順	パラメータ範囲	述べる
ボールミル	12～24 時間、培地比率 1:2	均一性を確保する
抑制する	150～200MPa	初期密度 60%～65%
焼結	1350～1450°C、1～2 時間	密度> 99.9%
コーティング	1～3μm、450～500°C	TiAlN コーティング

付録 B（規範） - 試験条件表

ワークピース材質	切断速度 (Vc、m/分)	送り速度 (fn、mm/歯)	切削深さ (mm)
JIS S45C	100～150	0.1～0.2	1-3
鋳鉄	80～120	0.2～0.3	2-4
ステンレス鋼	60～100	0.1～0.2	1-2

13. 索引

超硬フライスカッター
製造工程
試験方法
使用ガイドライン

14. 出版情報

発売日: 2000 年 6 月 20 日。
発効日: 2000 年 7 月 1 日。
維持管理組織: 日本工業標準調査会 (JISC)。
言語: 日本語、英語。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准

GB/T 16665-2017

硬质合金的技术要件と試験方法

— 技术要件と試験方法

1. 範囲

この規格は、金属切削工具、金型、耐磨耗部品の製造に適用される超硬合金（炭化タングステン（WC）を主硬相とし、コバルト（Co）またはニッケル（Ni）を結合相とする）の技术要求事項及び性能試験方法を規定する。本規格には、材料の物理的特性、化学組成、機械的特性に関する要求事項、並びに対応する試験方法が含まれており、超硬合金以外の材料や特殊用途の複合材料には適用されない。

1.1 適用範囲

WC-Co または WC-Ni ベースの超硬合金に適用できます。

パフォーマンス要件とテスト方法について説明します。

1.2 除外事項

非炭化物材料。

特殊用途向け複合材料。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 3850-2015 、超硬合金の特性試験方法。

GB/T 5244-2015 、硬質金属 - コバルト、チタン、タンタル、ニオブ、バナジウム含有量の測定。

ISO 513:2012 、定義された切れ刃による金属除去のための硬質切削材料の分類および適用。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報を入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 ハードメタル

炭化タングステン(WC)を主硬相とし、コバルト(Co)またはニッケル(Ni)を結合相とする焼結材料で、高硬度、耐磨耗性を有します。

3.2 硬度

局所的な塑性変形やへこみに抵抗する材料の能力。通常はビッカース硬度 (HV) で表されます。

3.3 破壊靱性

材料が亀裂の成長に抵抗する能力。通常は臨界応力強度係数 (K_{Ic}) として表されます。

4. 記号と略語

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

HV:ピッカース硬度。

K_{1c}:破壊靱性(MPa·m^{1/2})。

ρ:密度(g/cm³)。

WC:炭化タングステン。

Co:コバルト。

5. 技術要件

5.1 化学組成

WC含有量:85%~94%(質量分率)。

Co含有量:6%~12%(質量分率)、Ni≤2%(オプション)。

不純物含有量:酸素≤0.2%、その他の不純物≤0.5%。

5.2 物理的性質

密度(ρ):14.0~15.0 g/cm³(Co含有量に応じて調整)。

多孔度:A02-B00-C00(GB/T 3850 グレードに準拠)。

5.3 機械的性質

硬度(HV30):1200~1800(グレードにより異なります)。

破壊靱性(K_{1c}):8-15MPa·m^{1/2}。

曲げ強度:1800~2500MPa。

5.4 耐熱性

動作温度:≤800°C(コーティングなし)。

耐酸化性:重量減少率≤0.1%/h(800°C、1時間)。

6. 試験方法

6.1 化学組成分析

方法:分光分析または湿式化学法。

精度:±0.1%(質量分率)。

参照規格:GB/T 5244 に準拠。

6.2 密度測定

ツール:アルキメデス法または水銀圧入法。

精度:±0.05 g/cm³。

参照規格:GB/T 3850 に準拠。

6.3 硬度試験

工具:ピッカース硬度計、荷重 30kg。

精度:±20 HV。

参照規格:GB/T 3850 に準拠。

6.4 破壊靱性試験

方法:片端ノッチ梁法(SEN3)。

精度:±0.5MPa·m^{1/2}。

参照規格:GB/T 3850 に準拠。

6.5 曲げ強度試験

方法:3点曲げ試験。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

標本サイズ: 20 mm × 6.5 mm × 5.25 mm。

精度: ±50MPa。

参照規格: GB/T 3850 に準拠。

7. 検査規則

7.1 工場検査

原材料の化学組成および粒子サイズの検査。

7.2 工場検査

密度、硬度、破壊靱性、曲げ強度の試験。

多孔性と微細構造の分析。

8. マーキングと包装

8.1 ロゴ

ブランド番号（YG6、YG8 など）とバッチ番号を記入します。

例: GB/T 16665-YG6-20250601。

8.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

パフォーマンステストレポートが付属します。

9. 応募ガイドライン

9.1 応用分野

金属切削工具（フライスカッター、旋削工具）。

耐摩耗部品（ダイス、パンチ）

9.2 使用上の推奨事項

800℃を超える温度での長時間使用は避けてください。

定期的に表面の摩耗を点検してください。

10. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

粉塵の吸入を避け、換気の良い環境で取り扱ってください。

11. 付録

付録 A（参考） - パフォーマンス参照表

ブランド	WC 含有量 (%)	Co 含有量 (%)	硬度 (HV30)	破壊靱性 (K _{1c} , MPa·m ^{1/2})	曲げ強度 (MPa)
YG6	94	6	1500-1600	10～12 歳	1800-2000
YG8	92	8	1400-1500	12～14 歳	2000-2200
YG12	88	12	1300-1400	14-15	2200-2500

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

付録 B（規範） - 試験条件表

パフォーマンス指標	試験方法	サンプル数	許容偏差
密度	アルキメデス法	3	$\pm 0.05 \text{ g/cm}^3$
硬度	ビッカース硬度計	5	$\pm 20 \text{ HV}$
破壊靱性	センブ	5	$\pm 0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$
曲げ強度	三点曲げ	5	$\pm 50 \text{ MPa}$

12. 索引

超硬合金

パフォーマンス要件

試験方法

技術要件

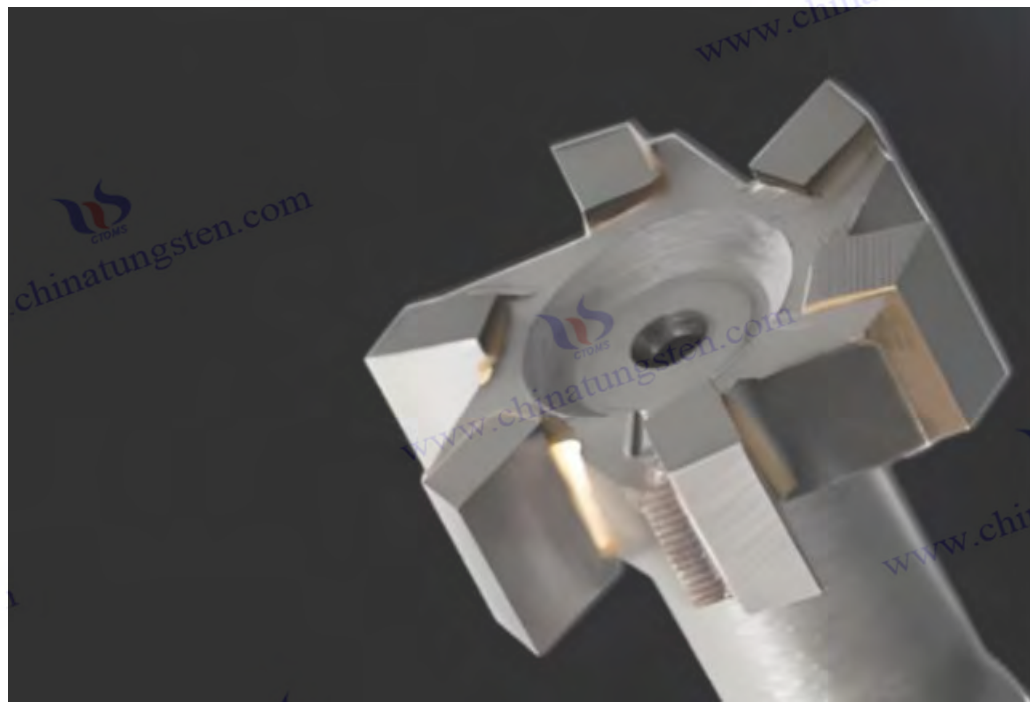
13. 出版情報

発売日: 2017 年 6 月 30 日。

発効日: 2017 年 12 月 1 日。

保守管理: 中国標準化管理局 (SAC)。

言語: 中国語、英語。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准 GB/T 5231-2019

GB/T 5231-2019

- 切削工具

— 一般的な技術条件

1. 範囲

この規格は、切削工具（旋削工具、フライス工具、ドリル、ボーリング工具などを含む）の一般的な技術条件を規定し、材料の選定、製造工程、寸法公差、性能要求、検査及び使用規定を網羅しています。この規格は、金属切削加工用の様々な材質（高速度鋼、超硬合金など）の切削工具に適用され、切削工具以外の用途や金属加工以外の用途には適用されません。

1.1 適用範囲

ハイス、超硬合金等の切削工具に適しています。

製造、検査、使用の要件をカバーします。

1.2 除外事項

非切削工具（例：研磨工具）。

非金属加工用途。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 16665-2017 、ハードメタル - 技術要件および試験方法。

GB/T 3850-2015 、超硬合金の特性試験方法。

ISO 513:2012 定義された切れ刃による金属除去のための硬質切削材料の分類および適用。

ISO 8688-1:1989 、フライス加工における工具寿命試験 - パート 1: フェースフライス加工。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報を入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 切削工具

切削片の除去によってワークピースの材料を加工するツールには、通常、定義された切れ刃があります。

3.2 許容範囲

切削工具サイズの許容偏差範囲により、加工精度と互換性が保証されます。

3.3 適用条件

加工中の切削工具の切削パラメータと環境要件。

4. 記号と略語

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

d：直径（mm）。

l：全長（mm）。

Vc：切断速度（m/分）。

VB：逃げ面摩耗幅（mm）。

HSS：高速度鋼。

5. 技術要件

5.1 材料要件

高速度鋼 (HSS)：硬度 HRC 62 ~ 66、耐熱性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

超硬合金：硬度 HV 1200-1800、破壊靱性 $K_{IC} \geq 8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

コーティング：TiN または TiAlN、厚さ 1 ~ 3 μm 。

5.2 幾何学的パラメータ

リード角： $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ （工具タイプに応じて調整）。

先端半径：0.1~1.0mm。

表面粗さ： $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ （切削部）、 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ （シャンク部）。

5.3 寸法公差

直径許容差：h6（3~6 mm）または h7（8~25 mm）。

長さ許容差： $\pm 0.2 \text{ mm}$ 。

同軸度許容差：0.01mm（全長にわたって）。

6. 製造工程

6.1 材料の準備

高速度鋼：鍛造または圧延され、焼きなましされた。

超硬合金：粉末冶金、プレス圧力 150~200MPa。

6.2 処理フロー

荒加工：旋削またはフライス加工。

仕上げ：CNC 研削、許容差 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

熱処理：焼入れ（HSS）、焼結（炭化物）、温度 1200~1450 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3 コーティング

PVD プロセス、温度 450 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 、接合強度 $> 70 \text{ MPa}$ 。

7. 試験方法

7.1 寸法と許容差

ツール：CMM またはノギス。

精度： $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

参照規格：GB/T 3850 に準拠。

7.2 硬度試験

工具：ピッカース硬度計、荷重 30kg。

精度： $\pm 20 \text{ HV}$ 。

参照規格：GB/T 3850 に準拠。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

7.3 耐久性試験

条件: スチール (HB 200)、Vc 50 ～ 100 m/分、fn 0.1 mm/歯、ap 2 mm。

手順: 30 分間連続して切断し、VB を測定します。

判定基準: $VB \leq 0.3\text{mm}$ 。

参照規格: ISO 8688-1 に準拠。

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料の硬度、化学成分の検査。

8.2 工場検査

寸法、許容差、硬度試験。

耐久試験（サンプリング）

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

タイプ（M など）、直径（d）、長さ（l）、材質を指定します。

例: GB/T 5231-M-10-60-HSS。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

製造およびテストの証明書が付属します。

10. アプリケーション仕様

10.1 切断データ

切断速度（Vc）: 20～300 m/分（材質に応じて調整）。

送り速度（fn）: 0.05～0.5mm/歯。

切削深さ: 0.5～5mm。

10.2 冷却要件

推奨切削液、流量 $\geq 10\text{ L/分}$ 。

乾式切断は軽い負荷と 10 分以内の継続時間に制限されます。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

工具の欠けを防ぐために過負荷切削を避けてください。

12. 付録

付録 A（参考） - 技術パラメータ参照表

素材の種類	硬度（HV/HRC）	切断速度（Vc、m/分）	許容等級	表面粗さ（Ra、 μm ）
HSS	HRC 62-66	20～50 歳	h6/h7	≤ 1.6

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬合金	HV 1200-1800	50~300	h6/h7	≤ 1.6
------	--------------	--------	-------	-------

付録 B（規範） - 使用条件表

ワークピース材質	切断速度 (Vc、m/分)	送り速度 (fn、mm/歯)	切削深さ (mm)
スチール (HB 200)	50~100	0.1~0.2	1-3
鋳鉄	70~120	0.2~0.3	2-4
アルミニウム合金	100~300	0.1~0.5	1-5

13. 索引

切削工具
技術要件
試験方法
使用ガイドライン

14. 出版情報

発売日: 2019 年 6 月 4 日。

発効日: 2020 年 1 月 1 日。

保守管理: 中国標準化管理局 (SAC)。

言語: 中国語、英語。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准 GB/T 20323-2020

GB/T 20323-2020

フライスカッターコード（一体型/歯付き/インデックス可能）

— ソリッドタイプ/歯挿入タイプ/インデックスタイプ用の指定システム

1. 範囲

この規格は、フライスカッター（一体型、インサート型、スローアウェイ型を含む）のコード体系を規定し、フライスカッターの種類、構造、サイズ、材質、その他の技術的特性を識別することを目的としています。この規格は、金属切削加工に使用される様々なフライスカッターに適用され、一貫した製品識別と国際的な相互運用性の実現を目指しています。非切削工具または非標準設計の特殊フライスカッターには適用されません。

1.1 適用範囲

ソリッド、インサート、インデックス可能なフライスカッターに適しています。

コード規則と識別方法について説明します。

1.2 除外事項

非切削工具。

非標準設計の特殊フライスカッター。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 5231-2019 、切削工具 - 一般的な技術条件。

GB/T 16665-2017 、ハードメタル - 技術要件および試験方法。

ISO 5608:2012 、フライスカッター - 指定。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報を入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 ソリッドフライスカッター

切削部とシャンクが一体となった、単一材料で作られたフライスカッター。

3.2 歯挿入式フライスカッター

切削歯がフライスカッター本体に象嵌方式で固定されているフライスカッター。

3.3 インデックス式フライスカッター

交換可能な切削インサートを使用するフライスカッター。このインサートを回転させたり、裏返したりして新しい切削刃を使用できます。

3.4 指定

フライスカッターの特性を識別するために使用される標準化されたコードの組み合わせ。

4. 記号と略語

d: 直径 (mm)。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

L: 全長 (mm)。

HSS: 高速度鋼。

WC: 炭化タングステン。

5. 指定制度

5.1 コード構成

フライスカッター コードは、次の部分で構成され、順番に配置されています。

タイプコード: フライスカッターの構造タイプを識別します。

サイズ コード: 直径と長さを識別します。

材料コード: 材料の種類を識別します。

追加コード: オプション、特殊な用途またはコーティング用。

5.2 型コード

S: しっかりしています。

T: 歯を挿入可能。

I: インデックス可能。

5.3 サイズコード

形式: [直径]×[長さ]。

例: 10×60 は直径 10 mm、長さ 60 mm を意味します。

許容範囲は GB/T 5231 に準拠しています。

5.4 材料コード

HSS: 高速度鋼。

WC: 硬質合金。

HSS-Co: コバルトを含んだ高速度鋼。

TiN: 窒化チタンコーティング (追加)。

5.5 追加コード

R: 荒削り。

F: 仕上げです。

H: 高硬度のワークに適しています。

6. 指定例

6.1 一体型フライスカッター

S-10×60-HSS: 直径 10mm、長さ 60mm の高速度鋼ソリッドフライスカッター。

S-20×100-WC-TiN: 直径 20mm、長さ 100mm、TiN コーティングを施した超硬ソリッドフライスカッター。

6.2 インサート歯フライスカッター

T-12×80-HSS-Co: 直径 12mm、長さ 80mm、コバルト含有高速度鋼インサートフライスカッター。

T-25×150-WC-R: 直径 25mm、長さ 150mm、超硬インサートフライスカッター、荒加工に適しています。

6.3 インデックス式フライスカッター

I-16×90-WC-F: 直径 16mm、長さ 90mm、仕上げ加工に適した超硬インデックス可能フライスカッター。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

I-30×120-WC-H：直径 30mm、長さ 120mm、超硬合金製インデックス可能フライスカッター、高硬度ワークピースに適しています。

7. 採点要件

コードはフライスカッター本体またはパッケージに明確に記載する必要があります。

フォントの高さ: $\geq 2\text{ mm}$ 。

マーキング方法：レーザー彫刻またはインクジェット印刷。

8. 検査規則

8.1 コードの一貫性チェック

検証コードは実際の技術的パラメータと一致しています。

サンプリング率：5%（最低 1 個）。

8.2 寸法と材料の検証

寸法および材料検査は GB/T 5231 に従って実施する必要があります。

9. 包装と保管

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

保管環境：温度 5~30℃、湿度 60%以下。

10. 応募ガイドライン

一体型は小径・高精度加工に適しています。

インサートタイプは中負荷切削に適しています。

インデックスタイプは大口径加工や高効率加工に適しています。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

誤ったコード名による誤用を避けてください。

12. 付録

付録 A（参考） - コード参照表

タイプコード	構造タイプ	素材例	追加のコード例
S	モノリシック	HSS、WC	錫 N、R
T	歯のある	HSS-Co、WC	F、H
私	インデックス可能	トイレ	F、H

付録 B（規範） - サイズ範囲

直径範囲 (mm)	長さ範囲 (mm)	許容等級
3-10	40~100	h6

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

12-25	80~200	h7
30~50	100~300	h7

13. 索引

フライスカッター コードシステム モノリシック 歯付き インデックス可能

14. 出版情報

発行日：2020 年 6 月 15 日。発効日：2021 年 1 月 1 日。

保守管理：中国標準化管理局（SAC）。

言語：中国語、英語。

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准 GB/T 25664-2010

GB/T 25664-2010

フライスカッターの安全要件

— 安全要件

1. 範囲

この規格は、高速切削フライス（切削速度が 50 m/s を超えるフライスに適用）の安全要件を規定し、設計、製造、設置、使用、保守における安全性能仕様を含みます。この規格は、高速度鋼（HSS）または超硬合金（WC）製のソリッド、インサート歯、またはスローアウェイフライスに適用され、運転中の事故リスクを低減することを目的としています。高速切削以外の用途または非切削工具には適用されません。

1.1 適用範囲

切削速度が 50 m/s を超える高速切削フライスカッター用。

設計、製造、設置、使用、保守に関する安全要件をカバーします。

1.2 除外事項

切削速度が 50 m/s 以下の従来のフライスカッター。

非切削工具。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 5231-2019 、 切削工具 - 一般的な技術条件。

GB/T 16665-2017 、 ハードメタル - 技術要件および試験方法。

ISO 15641:2001 、 高速加工用フライスカッター - 安全要求事項。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報を入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 高速フライスカッター

効率的な金属切削作業には、通常、切削速度が 50 m/s を超えるフライスカッターが使用されます。

3.2 安全性能

操作中に人身傷害や機器の損傷を防ぐ能力。

3.3 破壊靱性

材料が亀裂の成長に抵抗する能力。通常は K_{Ic} で表されます。

4. 記号と略語

V_c : 切断速度 (m/s)。

d : 直径 (mm)。

HSS : 高速度鋼。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

WC：炭化タングステン。

K_{Ic} ：破壊靱性 ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)。

5. 技術要件

5.1 材料要件

硬度: HSS HRC 62-66、WC HV 1200-1800。

破壊靱性: $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ (WC)、 $K_{Ic} \geq 8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ (HSS)。

疲労耐性: 疲労限界以上 800MPa。

5.2 設計要件

バランス等級: G2.5 (ISO 1940-1 準拠)。

最大速度: 直径に基づいて計算、 $V_c \leq 100 \text{ m/s}$ 。

ブレード強度: 引張強度 $\geq 1000 \text{ MPa}$ 。

5.3 製造要件

表面粗さ: $R_a \leq 1.2 \mu\text{m}$ (切削部)、 $R_a \leq 0.6 \mu\text{m}$ (シャンク部)。

熱処理: 焼入れ (HSS) または焼結 (WC)、残留応力 $\leq 200 \text{ MPa}$ 。

6. 安全要件

6.1 設計安全性

欠け防止設計: 刃先半径 0.2~1.0mm。

過速度保護: 速度が設計値より 20% 超えると自動的に電源を遮断します。

バランステスト: 動的バランス誤差 $\leq 2 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$ 。

6.2 設置の安全性

クランプ力: 最小クランプ力 $\geq 10 \text{ kN}$ (直径に合わせて調整)。

同軸度: 取り付け後の同軸度誤差は 0.01 mm 以下です。

緩み防止設計: ロックナットまたはキー溝を使用します。

6.3 使用上の安全性

作業者の保護: 保護メガネ、耐切削手袋、耳栓を着用してください。

切削パラメータの制限: $V_c \leq 100 \text{ m/s}$ 、送り速度 $\leq 0.5 \text{ mm/歯}$ 。

環境要件: 切削液流量 $\geq 15 \text{ L/分}$ 、温度 $\leq 50^\circ\text{C}$ 。

6.4 セキュリティの維持

定期検査: 摩耗バンド幅 (VB) が 0.3mm 以下であることを毎月確認してください。

交換基準: $VB > 0.3 \text{ mm}$ またはカッター本体に亀裂が生じた場合は交換してください。

廃棄: 破片による傷害を防止するために、安全にリサイクルまたは破壊してください。

7. 試験方法

7.1 バランステスト

ツール: ダイナミックバランシングマシン。

規格: ISO 1940-1、G2.5 グレードに準拠。

精度: $\leq 2 \text{ g}\cdot\text{mm/kg}$ 。

7.2 破壊靱性試験

方法: 片端ノッチ梁法 (SENB)。

精度: $\pm 0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

参照規格：GB/T 16665。

7.3 耐久性試験

条件：スチール (HB 200)、Vc 80 m/s、fn 0.2 mm/歯、ap 2 mm。

手順：20 分間連続して切断し、VB を測定します。

判定基準：欠けなし、 $VB \leq 0.3\text{mm}$ 。

参照規格：ISO 15641 に準拠。

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料の硬度、化学成分の検査。

8.2 工場検査

バランスグレード、破壊靱性および耐久性試験（サンプリング率 5%）。

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

マーキングコード（HS-10×60-WC など）と安全に関する警告。

例：GB/T 25664-HS-10×60-WC（最大 Vc: 100 m/s）。

9.2 包装

衝撃や湿気に強い梱包材を使用し、安全に関する説明書を添付してください。

10. 応募ガイドライン

工作機械のス핀ドル剛性が 50 N/μm 以上であることを確認してください。

バランス調整装置および速度監視装置を定期的に校正します。

11. 安全事故の防止

破片の飛散を防ぐために保護カバーを取り付けます。

速度超過や過熱の兆候を認識できるようにオペレーターを訓練します。

12. 付録

付録 A（参考） - 安全パラメータ参照表

直径(mm)	最高速度 (rpm)	バランスレベル	クランプ力(kN)
10	30000	G2.5	10
20	15000	G2.5	15
40	7500	G2.5	25

付録 B（規範） - 使用条件表

ワークピース材質	切断速度 (Vc、m/s)	送り速度 (fn、mm/歯)	切削深さ(mm)
スチール (HB 200)	50~80	0.1~0.3	1-3
アルミニウム合金	80~100	0.2~0.5	1-5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ステンレス鋼	50～70	0.1～0.2	1-2
--------	-------	---------	-----

13. 索引

高速切削フライスカッター

セキュリティ要件

安全のための設計

安全に使用できます

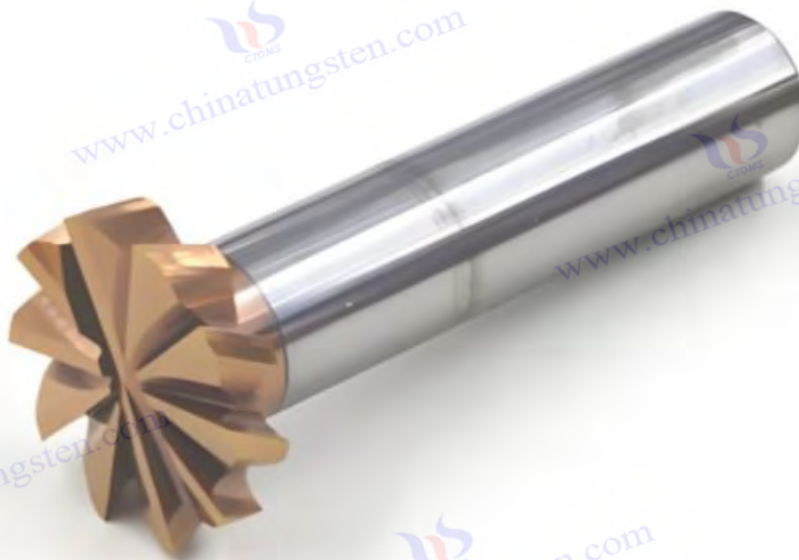
14. 出版情報

発売日：2010年6月1日。

発効日：2011年1月1日。

保守管理：中国標準化管理局（SAC）。

言語：中国語、英語。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准 GB/T 6122-2017

GB/T 6122-2017 -

コーナーラウンディングフライスカッター

1. 範囲

この規格は、丸みを帯びたコーナーを持つフライスカッター（ワークのエッジの丸みを帯びたコーナーを加工するために用いられるフライスカッター）の寸法、形状、製造要件、性能仕様、および使用条件を規定する。この規格は、金属切削加工において広く使用されている、高速度鋼（HSS）または超硬合金（WC）製の一体歯またはインサート歯付き丸みを帯びたコーナーを持つフライスカッターに適用され、非切削工具または非丸み加工用途には適さない。

1.1 適用範囲

高速度鋼または超硬合金製のコーナー半径フライスカッターに適しています。

寸法、製造、使用要件をカバーします。

1.2 除外事項

非切削工具。

コーナー以外の丸み付け用途向けのフライスカッター。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 5231-2019 、 切削工具 - 一般的な技術条件。

GB/T 16665-2017 、 ハードメタル - 技術要件および試験方法。

ISO 5609:1999 、 自動工具交換用 7/24 テーパー付き工具シャンク。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報を入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 コーナーラウンディングフライスカッター

ワークピースのエッジを丸めたり面取りしたりするために使用される、特定のコーナー半径を持つフライスカッター。

3.2 コーナー半径

フライスカッターの切削部分のエッジの円弧半径（mm）。

3.3 適用条件

加工プロセス中のコーナーフライスカッターの切削パラメータと環境要件。

4. 記号と略語

R：コーナーの半径（mm）。

d：直径（mm）。

l：全長（mm）。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

HSS: 高速度鋼。

WC: 炭化タングステン。

5. 技術要件

5.1 寸法と許容差

直径範囲: 6mm~40mm。

コーナー半径(R): 1mm~10mm(標準値: 1、2、3、4、6、8、10mm)。

長さの範囲: 50 mm ~ 150 mm。

許容差: 直径 h6 (6~10mm) または h7 (12~40mm)、長さ ± 0.2 mm。

5.2 材料要件

高速度鋼 (HSS): 硬度 HRC 62 ~ 66、耐熱性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

超硬合金 (WC): 硬度 HV 1200-1800、破壊靱性 $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

コーティング: TiN または TiAlN、厚さ 1 ~ 3 μm 。

5.3 幾何学的パラメータ

主な偏向角: $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

ねじれ角: $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ (直径に応じて調整)。

表面粗さ: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部)、 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ (シャンク部)。

6. 製造工程

6.1 材料の準備

高速度鋼: 鍛造または圧延され、焼きなましされた。

超硬合金: 粉末冶金、プレス圧力 150~200MPa。

6.2 処理フロー

荒加工: 旋削またはフライス加工。

仕上げ: CNC 研削、コーナー半径許容差 $\pm 0.05 \text{ mm}$ 。

熱処理: 焼入れ (HSS) または焼結 (WC)、温度 1200~1450 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3 コーティング

PVD プロセス、温度 450 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 、接合強度 $> 70 \text{ MPa}$ 。

7. 試験方法

7.1 寸法と許容差

ツール: 座標測定機。

精度: $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

参照規格: GB/T 5231 に準拠。

7.2 硬度試験

工具: ピッカース硬度計、荷重 30kg。

精度: $\pm 20 \text{ HV}$ 。

参照規格: GB/T 16665 に準拠。

7.3 耐久性試験

条件: スチール (HB 200)、 $V_c 50 \text{ m/分}$ 、 $f_n 0.1 \text{ mm/歯}$ 、 $a_p 1 \text{ mm}$ 。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

手順: 30 分間連続的に切断し、摩耗バンド幅 (VB) を測定します。

判定基準: $VB \leq 0.3\text{mm}$ 。

参照規格: ISO 8688-1 に準拠。

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料の硬度、化学成分の検査。

8.2 工場検査

寸法、許容差、硬度試験。

耐久試験（サンプリング率 5%）

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

コード (CR-10-R2-HSS など) とフィレット半径をマークします。

例: GB/T 6122-CR-10-R2-HSS。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

製造およびテストの証明書が付属します。

10. アプリケーション仕様

10.1 切断データ

切断速度 (V_c) : 20~100 m/分 (材質に応じて調整)。

送り速度 (f_n) : 0.05~0.3mm/歯。

切削深さ: 0.5~2mm。

10.2 冷却要件

推奨切削液、流量 $\geq 10\text{ L/分}$ 。

乾式切断は軽い負荷と 10 分以内の継続時間に制限されます。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

工具の欠けを防ぐために過負荷切削を避けてください。

12. 付録

付録 A (参考) - 寸法参照表

直径(mm)	コーナー半径 (R、mm)	長さ(mm)	許容等級
6	1-2	50~80	h6
12	2-4	80~120	h7
25	4-10	100~150	h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

付録 B（規範） - 使用条件表

ワークピース材質	切断速度 (Vc、m/分)	送り速度 (fn、mm/歯)	切削深さ (mm)
スチール (HB 200)	50~80	0.1~0.2	0.5~1.5
アルミニウム合金	80~100	0.2~0.3	0.5~2
鋳鉄	60~90	0.1~0.25	0.5~1.5

13. 索引

コーナーフライスカッター

技術要件

使用ガイドライン

寸法公差

14. 出版情報

発売日: 2017 年 6 月 30 日。

発効日: 2018 年 1 月 1 日。

保守管理: 中国標準化管理局 (SAC)。

言語: 中国語、英語。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准 GB/T 1127-2023

GB/T 1127-2023 - 半円キー

溝フライスカッター

1. 範囲

この規格は、半円キー溝フライス（半円キー溝加工用特殊フライス）の寸法、形状、製造要件、性能仕様、および使用条件を規定する。本規格は、主に機械伝動部品（シャフト、ハブなど）のキー溝加工に使用される、高速度鋼（HSS）または超硬合金（WC）製の半円キー溝フライスに適用され、非切削工具または非半円キー溝用途には適さない。

1.1 適用範囲

高速度鋼または超硬合金製の半円キー溝フライスカッター用。

寸法、製造、使用要件をカバーします。

1.2 除外事項

非切削工具。

非半円形のキー溝加工用のフライスカッター。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 5231-2019 、 切削工具 - 一般的な技術条件。

GB/T 16665-2017 、 ハードメタル - 技術要件および試験方法。

ISO 3338-1:2012 、 キー溝フライスカッター - パート 1: 一般寸法。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報を入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 半円キー溝フライスカッター

半円形のキーを収容する半円形のキー溝を加工するために使用される半円形の切れ刃を備えたフライスカッター。

3.2 キー溝幅

半円キー溝フライスカッターの切削部分の幅は、キー溝の実際のサイズと一致します。

3.3 適用条件

加工中の半円キー溝フライスカッターの切削パラメータと環境要件。

4. 記号と略語

W: キー溝幅(mm)

d: 直径 (mm)。

l: 全長 (mm)。

HSS: 高速度鋼。

WC: 炭化タングステン。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

5. 技術要件

5.1 寸法と許容差

直径範囲: 4 mm ~ 25 mm。

キー溝幅 (W) : 1mm~8mm (標準値: 1、2、3、4、5、6、8mm)。

長さの範囲: 40 mm ~ 120 mm。

許容差: 直径 h6 (4~10mm) または h7 (12~25mm)、幅±0.02mm。

5.2 材料要件

高速度鋼 (HSS): 硬度 HRC 62 ~ 66、耐熱性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

超硬合金 (WC) : 硬度 HV 1200-1800、破壊靱性 $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

コーティング: TiN または AlTiN、厚さ 1 ~ 3 μm 。

5.3 幾何学的パラメータ

刃先半径: キー溝幅に一致、許容差±0.01mm。

ねじれ角: $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ (直径に応じて調整)。

表面粗さ: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部)、 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ (シャンク部)。

6. 製造工程

6.1 材料の準備

高速度鋼: 鍛造または圧延され、焼きなましされた。

超硬合金: 粉末冶金、プレス圧力 150~200MPa。

6.2 処理フロー

荒加工: 旋削またはフライス加工。

仕上げ: CNC 研削、キー溝幅許容差±0.02 mm。

熱処理: 焼入れ (HSS) または焼結 (WC)、温度 1200~1450 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3 コーティング

PVD プロセス、温度 450 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 、接合強度 $> 70 \text{ MPa}$ 。

7. 試験方法

7.1 寸法と許容差

ツール: 座標測定機。

精度: ±0.01mm。

参照規格: GB/T 5231 に準拠。

7.2 硬度試験

工具: ピッカース硬度計、荷重 30kg。

精度: ±20 HV。

参照規格: GB/T 16665 に準拠。

7.3 耐久性試験

条件: スチール (HB 200)、 V_c 40 m/分、 f_n 0.1 mm/歯、 a_p 1 mm。

手順: 30 分間連続的に切断し、摩耗バンド幅 (VB) を測定します。

判定基準: $VB \leq 0.3 \text{ mm}$ 。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

参照規格：ISO 8688-1 に準拠。

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料の硬度、化学成分の検査。

8.2 工場検査

寸法、許容差、硬度試験。

耐久試験（サンプリング率 5%）

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

コード（HK-6-W2-HSS など）とキー溝の幅をマークします。

例：GB/T 1127-HK-6-W2-HSS。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

製造およびテストの証明書が付属します。

10. アプリケーション仕様

10.1 切断データ

切断速度（Vc）：20～80 m/分（材質に応じて調整）。

送り速度（fn）：0.05～0.2mm/歯。

切削深さ：0.5～1.5mm。

10.2 冷却要件

推奨切削液、流量 ≥ 10 L/分。

乾式切断は軽い負荷と 10 分以内の継続時間に制限されます。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

工具の欠けを防ぐために過負荷切削を避けてください。

12. 付録

付録 A（参考） - 寸法参照表

直径(mm)	キー溝幅（W、mm）	長さ(mm)	許容等級
4	1-2	40～60 歳	h6
10	2-4	60～90	h6
20	4-8	90～120	h7

付録 B（規範） - 使用条件表

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ワークピース材質	切断速度 (Vc、m/分)	送り速度 (fn、mm/歯)	切削深さ (mm)
スチール (HB 200)	40～60 歳	0.05～0.15	0.5～1
アルミニウム合金	60～80	0.1～0.2	0.5～1.5
鋳鉄	50～70	0.05～0.15	0.5～1

13. 索引

半円キー溝フライスカッター
技術要件
使用ガイドライン
寸法公差

14. 出版情報

発売日: 2023 年 6 月 15 日。
発効日: 2024 年 1 月 1 日。
保守管理: 中国標準化管理局 (SAC)。
言語: 中国語、英語。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准 GB/T 20773-2006

GB/T 20773-2006 -

金型用フライスカッター

1. 範囲

この規格は、金型加工専用フライス（金型加工用フライス）の寸法、形状、製造要件、性能仕様及び使用条件を規定する。本規格は、主に精密金型の製造及び仕上げ加工に使用される、高速度鋼（HSS）又は超硬合金（WC）製の一体型又は刃先交換式金型フライスに適用され、切削工具以外の用途や金型加工以外の用途には適さない。

1.1 適用範囲

高速度鋼または超硬合金製の金型フライスカッターに適しています。

寸法、製造、使用要件をカバーします。

1.2 除外事項

非切削工具。

金型加工用ではないフライスカッター。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 5231-2019 、 切削工具 - 一般的な技術条件。

GB/T 16665-2017 、 ハードメタル - 技術要件および試験方法。

ISO 5609:1999 、 自動工具交換用 7/24 テーパー付き工具シャンク。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 金型用フライスカッター

高精度で複雑な形状の金型加工用に設計されたフライスカッターです。

3.2 歯の数

金型フライスカッターの刃数は加工効率と表面品質に影響します。

3.3 適用条件

加工中の金型フライスカッターにおける切削パラメータと環境要件。

4. 記号と略語

d : 直径 (mm)。

l : 全長 (mm)。

Z : 歯の数。

HSS : 高速度鋼。

WC : 炭化タングステン。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

5. 技術要件

5.1 寸法と許容差

直径範囲: 3 mm ~ 20 mm。

長さの範囲: 50 mm ~ 150 mm。

許容差: 直径 h6 (3~10mm) または h7 (12~20mm)、長さ ± 0.2 mm。

刃数 (Z) : 2~6 (直径に応じて調整)。

5.2 材料要件

高速度鋼 (HSS): 硬度 HRC 62 ~ 66、耐熱性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

超硬合金 (WC) : 硬度 HV 1300~1800、破壊靱性 $K_{IC} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

コーティング: TiN、TiAlN または AlCrN、厚さ 1 ~ 3 μm 。

5.3 幾何学的パラメータ

主な偏向角: 5° ~ 15° 。

ねじれ角: 20° ~ 40° (加工材料に応じて調整)。

表面粗さ: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部)、 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ (シャンク部)。

6. 製造工程

6.1 材料の準備

高速度鋼: 鍛造または圧延され、焼きなましされた。

超硬合金: 粉末冶金、プレス圧力 150~200MPa。

6.2 処理フロー

荒加工: 旋削またはフライス加工。

仕上げ: CNC 研削、許容差 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

熱処理: 焼入れ (HSS) または焼結 (WC)、温度 1200~1450 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3 コーティング

PVD プロセス、温度 450 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 、接合強度 $> 70 \text{ MPa}$ 。

7. 試験方法

7.1 寸法と許容差

ツール: 座標測定機。

精度: $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

参照規格: GB/T 5231 に準拠。

7.2 硬度試験

工具: ビッカース硬度計、荷重 30kg。

精度: $\pm 20 \text{ HV}$ 。

参照規格: GB/T 16665 に準拠。

7.3 耐久性試験

条件: 鋼 (HB 200)、 V_c 60 m/分、 f_n 0.1 mm/歯、 a_p 0.5 mm。

手順: 30 分間連続的に切断し、摩耗バンド幅 (VB) を測定します。

判定基準: $VB \leq 0.3 \text{ mm}$ 。

参照規格: ISO 8688-1 に準拠。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. 検査規則

8.1 工場検査

原材料の硬度、化学成分の検査。

8.2 工場検査

寸法、許容差、硬度試験。

耐久試験（サンプリング率 5%）

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

コード（MD-6-Z4-WC など）とブレードの数をマークします。

例: GB/T 20773-MD-6-Z4-WC。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

製造およびテストの証明書が付属します。

10. アプリケーション仕様

10.1 切断データ

切断速度（Vc）：30～120 m/分（材質に応じて調整）。

送り速度（fn）：0.05～0.2mm/歯。

切削深さ：0.2～1mm。

10.2 冷却要件

推奨切削液、流量 ≥ 10 L/分。

乾式切断は軽い負荷と 10 分以内の継続時間に制限されます。

11. 安全要件

取り扱う際は保護メガネと手袋を着用してください。

工具の欠けを防ぐために過負荷切削を避けてください。

12. 付録

付録 A（参考） - 寸法参照表

直径(mm)	長さ(mm)	ブレード数 (Z)	許容等級
3	50～80	2-3	h6
10	80～120	3-4	h6
20	100～150	4-6	h7

付録 B（規範） - 使用条件表

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ワークピース材質	切断速度 (Vc、m/分)	送り速度 (fn、mm/歯)	切削深さ (mm)
スチール (HB 200)	60～80	0.05～0.15	0.2～0.5
アルミニウム合金	80～120	0.1～0.2	0.2～1
金型鋼	50～70	0.05～0.1	0.2～0.5

13. 索引

金型フライスカッター
技術要件
使用ガイドライン
寸法公差

14. 出版情報

発売日: 2006 年 6 月 1 日。
発効日: 2007 年 1 月 1 日。
保守管理: 中国標準化管理局 (SAC)。
言語: 中国語、英語。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

中国国家标准 GB/T 14301-2008

GB/T 14301-2008 - 超硬合金

锯刃フライスカッター

1. 範囲

この規格は、超硬ソリッド鋸刃フライス（鋸歯状の刃先を有する超硬ソリッド製のフライス）の寸法、形状、製造要件、性能仕様、および使用条件を規定する。本規格は、主に金属および非金属材料の溝入れ、切断、トリミング加工に使用される超硬ソリッド製の鋸刃フライスに適用され、非切削工具または非超硬ソリッド構造には適用されない。

1.1 適用範囲

超硬合金製の鋸刃フライスカッターに適しています。

寸法、製造、使用要件をカバーします。

1.2 除外事項

非切削工具。

非固体炭化物構造のフライスカッター。

2. 規範的参照

以下に列挙する文書は、本規格における参照を通じて、本規格の不可欠な一部となります。本規格には、特定の日付における版のみが適用されます。その後の改訂または修正は、別途記載がない限り、本規格には適用されません。

GB/T 5231-2019 、 切削工具 - 一般的な技術条件。

GB/T 16665-2017 、 ハードメタル - 技術要件および試験方法。

ISO 6987:2012 、 丸い角を持つインデックス可能な硬質材料インサート。

注 参照文書の最新版は、公開後に更新される場合があります。最新情報を入手するには、国家標準情報公共サービスプラットフォームを参照することをお勧めします。

3. 用語と定義

この規格では、次の用語と定義が適用されます。

3.1 超硬合金鋸刃フライスカッター

溝入れやストック除去用の鋸歯状の刃先を備えた超硬合金製のフライスカッターです。

3.2 歯の数

鋸刃フライスカッターの刃の数は、加工効率と表面品質に影響します。

3.3 適用条件

加工中の鋸刃フライスカッターにおける切断パラメータと環境要件。

4. 記号と略語

d: 直径 (mm)。

l: 全長 (mm)。

Z: 歯の数。

WC: 炭化タングステン。

5. 技術要件

5.1 寸法と許容差

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

直径範囲: 2 mm ~ 25 mm。

厚さ範囲: 0.5mm~3mm。

長さの範囲: 40 mm ~ 120 mm。

許容差: 直径 h6 (2~10mm) または h7 (12~25mm)、厚さ ± 0.02 mm。

歯数(Z) : 4~20(直径に応じて調整)。

5.2 材料要件

超硬合金(WC) : 硬度 HV 1300~1800、破壊靱性 $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

コーティング: TiN、TiAlN または AlCrN、厚さ 1 ~ 3 μm 。

5.3 幾何学的パラメータ

歯角: $5^\circ \sim 15^\circ$ (加工材料に合わせて調整)。

ねじれ角: $0^\circ \sim 30^\circ$ (直歯またはねじれ歯が利用可能)。

表面粗さ: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部)、 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ (シャンク部)。

6. 製造工程

6.1 材料の準備

超硬合金: 粉末冶金、プレス圧力 150~200MPa。

6.2 処理フロー

荒加工: 旋削またはフライス加工。

仕上げ: CNC 研削、歯形公差 ± 0.01 mm。

熱処理: 焼結、温度 1350~1450°C。

6.3 コーティング

PVD プロセス、温度 450 ~ 500°C、接合強度 $> 70 \text{ MPa}$ 。

7. 試験方法

7.1 寸法と許容差

ツール: 座標測定機。

精度: ± 0.01 mm。

参照規格: GB/T 5231 に準拠。

7.2 硬度試験

工具: ビッカース硬度計、荷重 30kg。

精度: $\pm 20 \text{ HV}$ 。

参照規格: GB/T 16665 に準拠。

7.3 耐久性試験

条件: 鋼 (HB 200)、 V_c 80 m/分、 f_n 0.1 mm/歯、 a_p 0.5 mm。

手順: 30 分間連続的に切断し、摩耗バンド幅 (VB) を測定します。

判定基準: $VB \leq 0.3$ mm。

参照規格: ISO 8688-1 に準拠。

8. 検査規則

8.1 工場検査

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

原材料の硬度、化学成分の検査。

8.2 工場検査

寸法、許容差、硬度試験。

耐久試験（サンプリング率 5%）

9. マーキングと包装

9.1 ロゴ

コード（SC-10-Z10-WC など）と歯の数をマークします。

例: GB/T 14301-SC-10-Z10-WC。

9.2 包装

防湿・耐衝撃梱包をお願いします。

製造およびテストの証明書が付属します。

10. アプリケーション仕様

10.1 切断データ

切断速度（Vc）：50～150 m/分（材質に応じて調整）。

送り速度（fn）：0.05～0.2mm/歯。

切削深さ：0.2～1mm。

10.2 冷却要件

推奨切削液、流量 ≥ 10 L/分。

乾式切断は軽い負荷と 10 分以内の継続時間に制限されます。

11. 安全要件

操作時には保護メガネと手袋を着用してください。

工具の欠けを防ぐために、過負荷や切断を避けてください。

12. 付録

付録 A（参考） - 寸法参照表

直径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	歯数 (Z)	許容等級
2	0.5～1	40～60 歳	4-6	h6
10	1-2	60～90	8～12 歳	h6
25	2-3	90～120	12-20	h7

付録 B（規範） - 使用条件表

ワークピース材質	切断速度（Vc、m/分）	送り速度（fn、mm/歯）	切削深さ(mm)
スチール（HB 200）	80～120	0.05～0.15	0.2～0.5
アルミニウム合金	100～150	0.1～0.2	0.2～1
木材	50～80	0.05～0.1	0.2～0.5

13. 索引

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬合金鋸刃フライスカッター技術要件使用ガイドライン寸法公差

14. 出版情報

リリース日: 2008 年 6 月 1 日。発効日: 2009 年 1 月 1 日。

管理: 中国標準化管理局 (SAC)。言語: 中国語、英語。

付録:

超硬プレス金型のご紹介

超硬合金スタンピングダイは高性能金型ツールです。炭化タングステン（WC）をコア材料とし、高度な粉末冶金技術で製造されています。高精度、高強度の金属成形およびスタンピング加工用に設計されています。優れた硬度、耐摩耗性、耐高温性、耐腐食性を備えた超硬合金スタンピングダイは、自動車製造、エレクトロニクス、航空宇宙、ハードウェア製品、医療機器などの業界で広く使用されています。打ち抜き、延伸、曲げ、成形などのプロセスを効率的に完了できるため、金型寿命、加工精度、生産効率が大幅に向上します。この記事では、材料特性、種類と技術指標、製造プロセス、用途と適用シナリオ、製品のメリット、技術課題、改善方向などの観点から、超硬合金スタンピングダイの性能と価値を総合的に紹介します。

1. 超硬合金プレス金型の材料構成と特性

1.1 材料構成

超硬合金スタンピングダイスの配合は、硬度、靱性、耐腐食性の最適なバランスを実現するように精密に設計されています。

ハードフェーズ

炭化タングステン（WC、80～95%）は、超高硬度と耐摩耗性を提供します。一部の配合では、炭化チタン（TiC、15%）または炭化タンタル（TaC、0.52%）が添加されており、高温安定性と耐酸化性が向上しています。

接着相

コバルト（Co、515%）は靱性と耐衝撃性を高め、ニッケル（Ni、510%）は耐腐食性の配合に使用され、酸性または湿気の多い環境に適しています。

添加剤

微量のクロム（Cr、0.11%）、バナジウム（V、0.05～0.5%）、モリブデン（Mo、0.1～0.8%）が使用され、結晶粒を微細化し、結晶粒の成長を抑制し、耐食性および高温酸化耐性を向上させます。

1.2 主な特徴

超硬合金スタンピングダイスの性能は、最適化された微細構造と材料配合によって決まります。

硬度

HRA 8692 (HV 1200/1700) は、高速度鋼 (HSS、HRC 6065) よりもはるかに優れており、硬度が HRC 50 までの材料のスタンピングに適しています。

破壊靱性

$6.510 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ であり、これは通常の超硬合金 ($57 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) よりも優れており、衝撃破壊耐性が 30% 向上します。

耐摩耗性

摩耗率は $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (ASTM G65) で、高クロムダイス鋼に比べ 1.52 倍低く、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ダイス寿命は 310 倍延長されます。

圧縮強度

4000～6000MPa、高衝撃圧力に耐えることができます（最大衝撃圧力 2000kN まで）。

密度

13.815.2 g/cm³、適度な重さで高精度加工に適しています。

耐食性

中性または弱酸性環境 (pH 49) では、腐食速度は 0.07 mm/年未満です。ニッケルベースの配合物またはコーティングは、pH 210 でも腐食速度 0.05 mm/年未満に耐えることができます。

耐熱性

動作温度範囲は 20℃～800℃です。コーティング剤は瞬間的に 1000℃まで耐えられるため、高温スタンピングに適しています。

1.3 微細構造の利点

超硬合金スタンピングダイは、微粒子(0.52 ミクロン)または超微粒子(0.20.5 ミクロン)構造を採用しており、次のような利点があります。

高い硬度と強度: 粒子が小さいため、粒界密度が増加し、ホールペッチ効果に従い、耐摩耗性が向上します。

優れた靱性: 粒子の微細化により応力が分散され、亀裂伝播のリスクが低減し、耐衝撃性が 20 ～ 30% 向上します。

表面安定性: 摩耗を減らし、金型表面を滑らかに保ち、加工精度と寿命を延ばします。

2. 種類とテクニカル指標

超硬合金製スタンピングダイには多くの種類があり、機能や用途也多岐にわたります。以下は、包括的な分類、技術指標、用途表です (ISO 規格、ASTM 規格、メーカーデータを参照)。

2.1 超硬合金スタンピング金型の種類と用途

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
ブランキングダイ ブランキングダイ	シートを打ち抜いたり、正確な形状や穴を切断したりするために使用されます。	自動車製造 (ボディパネル)、エレクトロニクス (基板フレーム)、ハードウェア (金属ガasket)、鋼板、ステンレス鋼、アルミ合金の打ち抜き加工。	サイズ 50300mm、厚さ 1050mm、HRA8790、寿命は 5 億 200 万回のパンチング。
ストレッチダイ ダイス	金属板を深いカップ状や複雑な形状に伸ばすのに使用	自動車製造 (燃料タンク、車のドア)、家電製品 (金属ケース)、容器 (アルミ缶)、低炭素鋼、ステンレス鋼、銅合金の引抜き加工。	直径 20200mm、深さ 20100mm、HRA8689、寿命はパンチング回数 3 億 150 万回。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	します。		
曲げ金型 曲げ金型	シートを特定の角度または形状に曲げるために使用されます。	自動車製造(ブラケット)、建設(鉄骨構造)、電子機器(シャーシ)、曲げ鋼板、アルミ板、ステンレス鋼。	サイズ 50400mm、角度 15°180°、HRA8689、寿命は 5 億 200 万回のパンチング。
成形金型 成形金型	複雑な立体形状を形成するために使用されます。	航空宇宙(チタン合金部品)、自動車(計器パネル)、医療(ハウジング)、ステンレス鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金の成形。	サイズ 100500mm、HRA8790、寿命は 3 億 150 万回のパンチング回数。
複合金型 複合ダイ	複数のプロセスを統合して、一度に複数のプロセスを完了します。	エレクトロニクス(コネクタ)、自動車(小型部品)、ハードウェア(複合ガasket)、鋼板、銅合金、アルミ合金の加工。	サイズ 50200mm、HRA8790、寿命は 5 億 200 万回のパンチング。
プログレッシブダイ プログレッシブダイ	大量生産に適したマルチステーション連続処理。	自動車製造(ファスナー)、エレクトロニクス(端子)、家電製品(金属アクセサリ)、鋼板、ステンレスの打ち抜き、曲げ、成形。	サイズ 200~1000mm、HRA8790、寿命は 10 億 300 万回のパンチング。
精密打ち抜き金型 ファインブランキングダイ	高精度の打ち抜き加工でバリのない滑らかなエッジを実現。	自動車製造(ギア、ベアリングガasket)、エレクトロニクス(精密部品)、医療(装置部品)、ファインブランキング鋼板、ステンレス鋼。	サイズ 50200mm、許容差 ±0.005 mm、HRA8992、寿命は 5 億 200 万回のパンチングです。
押し出しダイ 押し出しダイ	金属押し出し成形棒、チューブ、または特殊形状部品に使用されます。	航空宇宙(アルミニウムプロファイル)、建設(ドアおよび窓枠)、自動車(パイプ継手)、押し出しアルミニウム合金、銅合金、マグネシウム合金。	直径 20100mm、HRA8689、寿命は 2 億 100 万回のパンチング。
冷間圧造金型 冷間圧造金型	ボルト、ナットなどの締結部品の冷間圧造に使用します。	自動車製造(ボルト)、建設(ファスナー)、機械(リベット)、軟鋼、ステンレス鋼、銅の冷間圧造。	直径 1050mm、HRA8790、寿命は 5 億 200 万回の打ち抜き。
深絞りダイス 深絞りダイス	超深絞りや高アスペクト比部品の加工用に特別に設計	自動車製造(燃料フィルター)、家電製品(ステンレス鍋)、医療(金属缶)、深絞りステンレス鋼、アルミニウム合金、銅。	直径 20150mm、深さ 50200mm、HRA8689、寿命は 2 億 100 万回のパンチング。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

	されています。		
粉末成形ダイ 粉末成形金型	粉末冶金部品のプレスおよび成形に使用されます。	自動車（ギア）、電子機器（磁気コア）、航空（軽量部品）、圧縮鉄粉、銅粉、超硬合金粉。	サイズ 50200mm、HRA8992、寿命は 5 億 200 万回のパンチング。

2.2 テクニカル指標

サイズ

長さ/幅: 50~1000mm（一般的には 50~300mm）。
厚さ: 10~100mm（通常 1050mm）。
許容範囲: ±0.005 mm (微細スタンピングダイ) ~ ±0.02 mm (汎用ダイ)。

重さ

1 個あたり 0.150 kg。パンチング マシンや自動化生産ラインに適しています。

表面粗さ

Ra0.10.8μm でワークの付着と摩擦を低減します。

硬度グレード

規格: HRA 8689 (汎用スタンピング)。
高硬度: HRA 8992 (ファインブランキング、粉末成形)。

材料配合

WCCo (汎用): コバルト含有量 612%、HRA8791、高靱性。

WCNi (耐腐食タイプ): ニッケル含有量 5~10%、酸・アルカリ環境への耐性があります。

WCTiCTaC (高温タイプ): 耐熱温度 800~1000°C。

スタンピングパラメータ

パンチ力: 100~2000kN (金型の種類により異なります)。
パンチング速度: 50~1000 回/分 (順送金型の場合の最大値)。
ワークの厚さ: 0.110 mm (一般的には 0.55 mm を使用)。

表面処理

研磨: Ra0.05~0.4μm、摩擦熱を軽減します。

コーティング

TiN: 硬度 HV2000~2500、耐摩耗性が 2 倍に向上。
TiAlN: 耐熱温度 900°C、高温スタンピングに適しています。
AlCrSi/TiN: 耐熱温度 1000°C、寿命が 3 倍に延長。
DLC: 摩擦係数 0.10.2、アルミ合金、銅合金に適しています。

標準準拠

ISO 9001 品質管理システム。
ISO 8020 (パンチおよびダイの仕様)、ASTM B771 (摩耗試験)、ISO 3878 (硬度試験)。

3. 超硬合金プレス金型の製造工程

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬合金スタンピング金型の製造では、高度な粉末冶金技術を採用し、材料特性、形状精度、表面品質が最高水準を満たすことを保証します。

3.1 原材料の準備

高純度タングステンカーバイド（WC、純度>99.95%）、コバルト（Co、純度>99.9%）、および添加剤（TiC、TaC、Cr など）を選定し、湿式粉碎（媒体：アルコールまたは脱イオン水、ボールミル粉碎時間 24～72 時間）により混合し、平均粒子径を 0.21 ミクロンに制御します。高温焼結中の粒成長を抑制するため、VC または Cr₃C₂（0.1～0.5%）を粒成長抑制剤として添加します。

3.2 形成

冷間静水圧成形（CIP）：粉末を 200～400 kg の圧力で圧縮し、密度を理論値の 50～60% のグリーン体にします。

精密成形：複雑なキャビティやパンチを成形するために高精度金型（許容差 ± 0.1 mm）が使用されます。

スプレー乾燥：流動性のある粒子を調製し、成形体の均一性と強度を向上させます。

3.3 焼結

予備焼結：900～1100℃、有機添加物を除去する。

熱間静水圧プレス（HIP）：1350～1500℃、100～200 MPa、アルゴン雰囲気、24 時間焼結、密度 99.8～100%。

冷却制御：熱応力による微小亀裂を回避するための漸進的冷却（1020℃/分）。

3.4 後処理

精密研削：ダイヤモンド砥石または CBN 工具を使用し、許容差±0.005mm、表面粗さ Ra0.10.8μm に加工します。

放電加工（EDM）：±0.01 mm の精度で複雑な金型キャビティを加工します。微細スタンピング金型や順送金型に適しています。

表面強化：サンドブラスト、研磨、またはコーティング（TiN、TiAlN、AlCrSi/TiN、DLC）により、耐摩耗性と耐熱性が向上します。

品質検査：

硬度テスト：HRA/HV、誤差±0.5。

微細構造分析：走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して粒径（0.22 μm）を調べました。

寸法測定：三次元測定器、精度±0.002mm。

非破壊検査：内部の欠陥をチェックするための超音波検査。

4. 超硬合金スタンピング金型の用途と適用シナリオ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬スタンピングダイスは、高精度、耐摩耗性、長寿命のため、以下の分野やシナリオで広く使用されています。

4.1 自動車製造

超硬パンチングダイ

車体パネルおよびブラケットの打ち抜き、低炭素鋼およびステンレス鋼の加工、精度 ± 0.02 mm、寿命 5 億 200 万回、自動車のドアおよびエンジンフードの製造に使用されます。

超硬引抜ダイス

伸縮式燃料タンク、計器パネル、加工アルミ合金、ステンレス鋼、深さ 50200mm、寿命 30150 万回、大量生産に適しています。

超硬冷間圧造金型

成形されたボルトとナット、加工された低炭素鋼、寿命は 5 億 200 万回、ファスナー製造に使用されます。

4.2 電子機器および電気機器

超硬順送金型

コネクタおよび端子の加工、銅合金およびステンレス鋼の打ち抜き加工、精度 ± 0.01 mm、寿命 1 億~3 億回、高速スタンピングに適しています。

超硬精密打ち抜き金型

回路基板フレーム、精密部品、およびエッジ粗さ $Ra0.2\mu m$ 、5 億 200 万回寿命の加工鋼板を製造。携帯電話やコンピューターの製造に応用されています。

超硬合金粉末成形金型

磁気コア、電子部品のプレス、鉄粉、銅粉の加工、寿命は 5 億 200 万回、小型部品の生産に適しています。

4.3 航空宇宙

超硬成形金型

翼コネクタなどのチタン合金およびアルミニウム合金部品を、精度 ± 0.01 mm、耐用年数 3 億 150 万回、耐熱温度 $800^{\circ}C$ で成形します。

超硬押出ダイス

軽量プロファイルの押し出し加工、マグネシウム合金、アルミニウム合金の加工、耐用年数は 2 億 100 万回、機体構造部品に使用されます。

超硬合金複合金型

複雑なコネクタの加工、チタン合金のパンチング+ストレッチ、寿命は 5 億 200 万回、高精度部品に適しています。

4.4 ハードウェアと構造

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬曲げ金型

鋼板やアルミ板の曲げ加工、建築用ブラケットや金属部品の加工が可能で、角度精度は $\pm 0.5^\circ$ 、耐用年数は 5 億 200 万回で、鉄骨構造、ドア、窓の製造に使用されます。

超硬パンチングダイ

金属ガasketやファスナーの打ち抜き、ステンレス鋼や銅の加工、耐用年数は 5 億 200 万回で、ハードウェア製品の製造に適しています。

超硬押出ダイス

押し出しパイプとプロファイル、加工されたアルミニウム合金、寿命は 2 億 100 万回、建築装飾に使用されます。

4.5 医療機器

超硬精密打ち抜き金型

外科用器具部品の加工、ステンレス鋼およびチタン合金の打ち抜き、精度は $\pm 0.005\text{ mm}$ 、寿命は 5 億 200 万回、骨ネジおよびインプラントの製造に使用されます。

超硬成形金型

医療用ハウジングの成形、アルミ合金、ステンレス鋼の加工、表面粗さ $Ra0.2\mu\text{m}$ 、寿命 3 億 150 万回、医療用容器の製造に適しています。

超硬冷間圧造金型

医療機器の組み立てに使用される、ステンレス鋼から加工された、寿命 5 億 200 万サイクルの成形マイクロファスナー。

5. 超硬合金スタンピングダイスの利点

超硬スタンピングダイスは、その優れた性能によりダイ業界をリードしています。

超長寿命：耐摩耗性と硬度により寿命が 310 倍延び、1 回の打ち抜きコストが 30 ～ 60% 削減されます。

効率的な加工：高速スタンピング（501,000 回/分）と高いパンチ力（1,002,000kN）をサポートし、生産効率を 2050% 向上します。

高精度：加工精度 $\pm 0.005\text{mm}$ （微細打ち抜き金型）、表面粗さ $Ra0.10.8\mu\text{m}$ 、航空・電子産業の高い要求を満たします。

柔軟なカスタマイズ：さまざまな作業条件に合わせて、多様なタイプ（パンチング、ドロウイング、プログレッシブなど）、サイズ（50 ～ 1000 mm）、コーティング（TiN、TiAlN）を用意しています。

環境適応性：耐高温性（800 ～ 1000°C）、耐腐食性（pH 210）、乾燥、湿潤、化学環境に適応可能。

グリーン製造：高い耐久性により、持続可能な開発目標に沿って、金型の変更と廃棄物を削減します。

6. 超硬合金プレス金型の技術的課題と改善方向

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

6.1 技術的な課題

加工の難しさ: 超硬合金は硬度 (HRA 8692) が高いため、加工設備や工具への要求は非常に高くなります。ダイヤモンド砥石や CBN 工具は摩耗が早く、加工精度を安定させることが困難です (許容差は $\pm 0.005\text{mm}$ 未満)。

脆性リスク: 高硬度材料は、高い衝撃圧力 ($> 2000\text{ kN}$) または不適切な設計により微小亀裂や破損を生じ、耐用年数に影響を与える可能性があります。

熱管理の問題: 高速スタンピング (> 500 回/分) では摩擦熱が発生し、特に高温条件下では金型表面の軟化やコーティングの剥離が発生する可能性があります。

複雑なワークピースへの適応性: 薄板 ($< 0.5\text{ mm}$)、高強度鋼 ($\text{HRC} > 50$)、または複合材料では、金型の形状と表面処理に対する要件が厳しく、摩耗や固着が発生しやすくなります。

過酷な作業条件: 超高温 ($> 1000^\circ\text{C}$) または強酸性環境 ($\text{pH} < 2$) では、従来のコーティングと結合相の性能が低下し、耐用年数が $50 \sim 70\%$ 短くなります。

6.2 超硬合金プレス金型の技術改善の方向

高度な加工技術: レーザー微細加工と放電加工を開発し、精度は $\pm 0.003\text{ mm}$ に向上し、工具の摩耗は 30% 削減され、複雑な金型キャビティ (順送金型や微細スタンピング型など) に適しています。

韌性強化設計: 傾斜構造 (表面は高硬度 HRA9092、内部は高靱性破壊靱性 $> 10\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) または CoNi 複合結合相を採用し、耐衝撃性が $20 \sim 30\%$ 向上し、割れのリスクが低減します。

効率的な熱管理: 金型の冷却チャネル (冷却圧力 510 MPa 、流量 310 L/分) を最適化して動作温度を $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 下げ、適応コーティング (TiAlN/AlCrSi 、耐熱性 1100°C など) を開発して熱軟化を抑えます。

複雑なワークピースの最適化: 低摩擦コーティング (DLC、摩擦係数 $0.1 \sim 0.2$ など) を設計し、キャビティ形状 (コーナー半径 $0.1 \sim 0.5\text{ mm}$) を最適化して薄板の固着と摩耗を低減し、硬度を HV 8000 に高め、耐用年数を 20 倍に延長した PCD (多結晶ダイヤモンド) インレイ金型を開発します。

過酷な作業条件への適応: 耐熱性が 1200°C まで向上し、強酸 ($\text{pH } 12$) 腐食速度が 0.03 mm/年 未満であるナノ多層コーティング (AlCrSi/TiN 、厚さ $25\text{ }\mu\text{m}$ 、硬度 HV 3500 など) またはセラミックマトリックス複合材料 (WCSiC) を研究開発します。

インテリジェント設計: AI を使用してパンチ力 (誤差 $< 5\%$) と摩耗挙動をシミュレーションし、キャビティ角度 (偏差 $< 0.5^\circ$) と表面処理 (粗さ $\text{Ra} < 0.1\text{ }\mu\text{m}$) を最適化して、加工安定性を向上させます。温度と摩耗をリアルタイムで監視する自己診断金型が開発され、耐用年数が $10 \sim 20\%$ 延長されます。

超硬合金製プレス金型は、高硬度 (HRA 8692)、優れた靱性 ($6.510\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)、超長寿命 (2 億 300 万回のプレス加工) を誇り、自動車製造、電子機器、航空宇宙、ハードウェア製品、医療機器などの分野で好まれる金型ツールとなっています。豊富な種類 (打ち抜

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

き金型、引抜金型、順送金型、精密打ち抜き金型など）と精密な仕様（公差 ± 0.005 mm、サイズ 50~1000 mm）により、板金打ち抜きから深絞り加工まで、多様なニーズに対応しています。技術指標によると、寿命は高速度鋼金型の 310 倍、生産効率は 20~50% 向上し、加工精度は IT6/IT8 レベルに達します。

高度な粉末冶金プロセスとコーティング技術（TiAlN、DLC など）により、スタンピング金型は高温（800~1000°C）や腐食（pH 210）といった過酷な環境下でも優れた性能を発揮します。今後は、レーザー加工、PCD インレイ、ナノコーティング、AI 最適化、インテリジェント設計などを通じて、超硬合金スタンピング金型の性能をさらに向上させ、応用範囲を拡大することで、世界の産業の効率的、精密かつ持続可能な発展を力強く支えていきます。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

付録:

超硬線引拔ダイスの紹介

超硬伸線ダイスは、炭化タングステン(WC)をコア材料とする高性能ダイスツールです。高度な粉末冶金プロセスで製造され、金属伸線用に特別に設計されています。優れた硬度、耐摩耗性、耐高温性、耐腐食性を備えた超硬伸線ダイスは、電線・ケーブル、ワイヤーロープ、パネ製造、医療用ガイドワイヤー、航空宇宙用ワイヤーなどの分野で広く使用されています。鋼、銅、アルミニウム、チタンなどの金属材料を効率的に伸線し、ワイヤの表面品質、寸法精度、ダイス寿命を大幅に向上させます。この記事では、材料特性、種類と技術指標、製造プロセス、用途と適用シナリオ、製品の利点、技術的課題、改善方向などの観点から、超硬伸線ダイスの性能と価値を総合的に紹介します。

1. 超硬合金線引きダイスの材料構成と特性

1.1 超硬合金線引ダイスの材料構成

超硬引抜ダイスの配合は、硬度、靱性、耐腐食性の最適なバランスを実現するように精密に設計されています。

ハードフェーズ

炭化タングステン(WC、85~95%)は、超高硬度と耐摩耗性を提供します。一部の配合では、炭化チタン(TiC、0.53%)または炭化タンタル(TaC、0.52%)が添加され、高温安定性と耐酸化性が向上しています。

接着相

コバルト(Co、5.12%)は靱性と耐衝撃性を高め、ニッケル(Ni、5.10%)は耐腐食性の配合に使用され、酸性または湿気の多い環境に適しています。

添加剤

微量のクロム(Cr、0.1~0.8%)、バナジウム(V、0.05~0.4%)、モリブデン(Mo、0.1~0.6%)が使用され、結晶粒を微細化し、結晶粒の成長を抑制し、耐食性および耐高温酸化性を向上させます。

1.2 超硬合金線引きダイスの主な特徴

超硬合金線引きダイスの性能は、最適化された微細構造と材料配合によって決まります。

硬度

HRA 8892 (HV 1400/1800) は、高速度鋼(HSS、HRC 60/65)をはるかに上回り、引張硬度がHRC 40 までの材料に適しています。

破壊靱性

$6.09.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ となり、通常の超硬合金($57\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)より優れ、耐亀裂成長性が25%向上します。

耐摩耗性

摩耗率は $0.008\sim 0.015\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (ASTM G65) で、高クロムダイス鋼に比べ1.52倍低く、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

ダイス寿命は 5～15 倍延長されます。

圧縮強度

4500～6500 MPa、高引張力に耐えます（最大引張力は 500 kN まで）。

密度

14.0～15.0 g/cm³、適度な重さで精密加工に適しています。

耐食性

中性または弱酸性環境 (pH 49) では、腐食速度は 0.05 mm/年未満です。ニッケルベースの配合物またはコーティングは、pH 210 でも腐食速度 0.03 mm/年未満に耐えることができます。

耐熱性

動作温度は 20℃～700℃で、コーティング処方は瞬間 900℃の温度に耐えられるため、高温伸線に適しています。

1.3 超硬合金線引きダイスの微細構造上の利点

超硬合金線引きダイスは、超微粒子 (0.2～0.5 ミクロン) または微粒子 (0.5～1 ミクロン) 構造を採用しており、次のような利点があります。

高い硬度と強度: 粒子が小さいため、粒界密度が増加し、ホールペッチ効果に従い、耐摩耗性が向上します。

優れた靱性: 粒子の微細化により応力が分散され、亀裂伝播のリスクが低減し、耐衝撃性が 20 ～ 30% 向上します。

表面安定性: 摩耗を減らし、ダイス穴を滑らかに保ち、ワイヤの表面品質とダイスの寿命を延ばします。

2. 超硬合金線引きダイスの種類と技術指標

超硬線引抜ダイスには多くの種類があり、様々な線材や伸線要件に対応しています。以下は、包括的な分類、技術指標、および用途表です (ISO 規格、ASTM 規格、メーカーデータを参照)。

2.1 超硬合金線引きダイスの種類と用途

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
丸線引抜ダイス 丸線ダイス	標準の丸ダイス穴、丸線の引き抜きに適しています。	電線・ケーブル (銅線・アルミ線)、ワイヤーロープ (高炭素鋼線)、バネ (ピアノ線)、引張銅線、引張アルミ線、引張鋼線。	ダイス穴径 0.0110mm、ダイス本体径 20100mm、HRA8892、ワイヤ寿命 500～2000 トン。
特殊形状伸線ダイス 成形ワイヤーダイ	特殊形状のワイヤには、非円形のダイス穴 (四角形、六角	エレクトロニクス (平角線)、ハードウェア (角鋼線)、医療 (特殊形状ガイドワイヤ)、伸銅品、ステンレス、チタン合金。	ダイス穴サイズ 0.18mm、ダイス本体直径 2080mm、HRA8992、ワイヤ寿命 300～

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	形、楕円形など）が使用されます。		1500 トン。
マイクロ線引きダイス マイクロワイヤーダイ	極小ダイス穴、特に細線や極細線の描画用に設計されています。	医療（ガイドワイヤー、縫合糸）、エレクトロニクス（極細銅線）、航空（チタン合金フィラメント）、チタン、銅、ステンレスの延伸。	ダイス穴径 0.0050.5mm、ダイス本体径 1050mm、HRA9092、ワイヤ寿命 100～500 トン。
多段絞りダイ マルチステージダイ	多ダイ連続延伸、大量生産に適しています。	電線・ケーブル（高電圧ケーブル芯線）、スチールコード（タイヤ用）、バネ（高強度鋼線）、抗張力鋼、銅、アルミニウム。	ダイス穴径 0.18mm、ダイス本体径 50～150mm、HRA8891、ワイヤ寿命 1000～3000 トン。
パイプ引抜ダイス チューブ引抜ダイ	パイプの外径または内径を伸ばしてパイプの壁厚を最適化するために使用されます。	エネルギー（ステンレス鋼管）、医療（カテーテル）、自動車（排気管）、ステンレス鋼、銅、アルミニウム合金の引抜。	ダイス穴径 250mm、ダイス本体径 50～120mm、HRA8790、パイプ寿命 500～2000 トン。
ロッド引抜ダイス バー描画ダイ	大口径のダイス穴で、ロッドや太い線の引き抜きに適しています。	建設用（鉄筋）、機械用（軸部品）、金物類（太鋼線）、伸線低炭素鋼、ステンレス鋼、銅。	ダイス穴径 530mm、ダイス本体径 50～150mm、HRA8790、寿命 500～2000 トンのバー。
高温伸線ダイス 高温ダイ	耐高温設計で、高温での伸線加工に適しています。	航空宇宙（ニッケル基合金線）、エネルギー（高温線）、軍事産業（チタン合金線）、伸張チタン合金、ニッケル基合金。	ダイス穴径 0.15mm、ダイス本体径 2080mm、HRA8992、ワイヤ寿命 300～1000 トン。
複合金型	複合ワイヤまたはコーティングされたワイヤを伸張させて層間剥離を減らすように設計されています。	エレクトロニクス（コーティング導体）、航空（炭素繊維複合線）、エネルギー（複合ケーブル）、伸張銅被覆鋼、炭素繊維複合材料。	ダイス穴径 0.15mm、ダイス本体径 2080mm、HRA8992、ワイヤ寿命 200800 トン。

2.2 超硬合金線引きダイスの技術指標

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬引拔ダイスサイズ

ダイ穴径: 0.00550mm (一般的には 0.0110mm)。

ファントムの直径: 10 ~ 150 mm (一般的には 20 ~ 100 mm が使用されます)。

許容差: $\pm 0.001\text{mm}$ (マイクロモールド) ~ $\pm 0.01\text{mm}$ (一般モールド)。

超硬引拔ダイスの重量

1 個の重量は 0.055 kg で、伸線機や自動生産ラインに適しています。

超硬合金線引きダイスの表面粗さ

ダイホール Ra0.05~0.2 μm 、ワイヤ表面 Ra0.1~0.4 μm 。

超硬線引きダイスの硬度グレード

規格: HRA 8891 (汎用図面)。

高硬度: HRA 9092 (マイクロ、高温引拔)。

超硬合金線引きダイスの材質配合

WCCo (汎用): コバルト含有量 510%、HRA8891、高靱性。

WCNi (耐腐食タイプ): ニッケル含有量 5~10%、酸・アルカリ環境への耐性があります。

WCTiCTaC (高温タイプ): 耐熱温度 700~900°C。

超硬線引きダイスの引拔パラメータ

引拔速度: 130m/s (マイクロワイヤ 15m/s、スチールワイヤ 1030m/s)。

引張力: 10500 kN (材料の直径と材質によって異なります)。

短縮率: 10~30% (一回伸長)。

超硬合金線引きダイスの表面処理

研磨: ダイ穴 Ra0.02~0.1 μm 、摩擦熱を低減。

超硬線引きダイスコーティング

TiN: 硬度 HV2000~2500、耐摩耗性が 2 倍に向上。

TiAlN: 耐熱温度 900°C、高温伸線加工に適しています。

AlCrSi/TiN: 耐熱温度 1000°C、寿命が 3 倍に延長。

DLC: 摩擦係数 0.08~0.15、銅線、アルミ線に適しています。

超硬線引きダイス規格適合

ISO 9001 品質管理システム。

ISO 1684 (伸線ダイス仕様)、ASTM B771 (摩耗試験)、ISO 3878 (硬度試験)。

3. 超硬合金線引きダイスの製造工程

超硬合金線引きダイスの製造では、高度な粉末冶金技術を採用し、材料の性能、ダイス穴

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

の精度、表面品質が最高水準に達することを保証します。

3.1 超硬合金線引きダイス用原材料の準備

高純度タングステンカーバイド（WC、純度>99.95%）、コバルト（Co、純度>99.9%）、および添加剤（TiC、TaC、Cr など）を選定し、湿式粉碎（媒体：アルコールまたは脱イオン水、ボールミル粉碎時間 24～72 時間）により混合し、平均粒子径を 0.2～0.8 ミクロンに制御します。高温焼結中の粒成長を抑制するため、VC または Cr₃C₂（0.1～0.4%）を粒成長抑制剤として添加します。

3.2 超硬線引き抜きダイス成形

冷間静水圧成形（CIP）：粉末を 200～400MPa で圧縮し、理論値の 50～60%の密度のグリーン体にします。

精密成形：高精度金型（公差±0.05mm）を使用して、金型本体と初期金型穴を形成します。

スプレー乾燥：流動性のある粒子を調製し、成形体の均一性と強度を向上させます。

3.3 超硬合金線引きダイスの焼結

予備焼結：900～1100°C、有機添加物を除去する。

熱間静水圧プレス（HIP）：1350 ～ 1450°C、100 ～ 200 MPa、アルゴン環境、23 時間焼結、密度 99.8 ～ 100%。

冷却制御：熱応力による微小亀裂を回避するための漸進的冷却（1015°C/分）。

3.4 超硬合金線引きダイスの後処理

精密研削：ダイヤモンド研削ホイールを使用して、ダイス穴を公差±0.001mm、表面粗さ Ra0.05～0.2μm に加工します。

レーザー加工：金型穴の形状（丸型、特殊形状）を±0.0005mm の精度で微調整し、マイクロ金型に適しています。

研磨：超精密研磨、ダイス穴 Ra 0.02～0.1μm、ワイヤの表面品質を最適化します。

表面強化：コーティング（TiN、TiAlN、AlCrSi/TiN、DLC）により耐摩耗性と耐熱性が向上します。

品質検査：

硬度テスト：HRA/HV、誤差±0.5。

微細構造分析：走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して粒径（0.2～0.8 μm）を調べました。

寸法測定：光学測定器、精度±0.0005mm。

非破壊検査：内部の欠陥をチェックするための超音波検査。

4. 超硬合金線引きダイスの用途と適用シナリオ

超硬線引きダイスは、高精度、耐摩耗性、長寿命のため、以下の分野やシナリオで広く使用されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.1 超硬線引拔ダイスワイヤおよびケーブル

超硬線引きダイス 丸型線引きダイス

電力ケーブルや通信線を製造するために銅やアルミニウムの導体を伸張する技術は、線径精度が $\pm 0.002\text{ mm}$ 、耐用年数が500～2000トンであり、高電圧ケーブルやネットワークケーブルの製造に使用されています。

超硬線引拔ダイス 多段線引拔ダイス

細い銅線を連続的に引き伸ばし、線径 $0.01\sim 0.1\text{ mm}$ 、耐用年数が1000～3000トンの極細線を加工します。データケーブルやヘッドホンケーブルの製造に適しています。

超硬伸線ダイス 特殊形状伸線ダイス

平角線や角線を伸ばし、電子機器用の線を加工します。寿命は300～1500トンで、コネクタや回路基板に使用されます。

4.2 超硬線引拔ダイス線とスプリング

超硬線引きダイス 丸型線引きダイス

高炭素鋼線を引き伸ばして鋼線ロープとばね鋼線を製造します。線径は 0.110 mm 、耐用年数は500～2000トンで、エレベーターのワイヤーロープや自動車のサスペンションスプリングに使用されます。

超硬線引拔ダイス、棒線引拔ダイス

太い鋼線や棒鋼を伸張し、建設用鋼材を加工します。線径は 530 mm 、寿命は500～2000トンで、橋梁や建築構造物に適しています。

超硬線引拔ダイス 高温線引拔ダイス

ミュージックワイヤーを延伸して、耐熱温度 700°C 、耐用年数300～1000トンの高強度スプリングを製造します。工業用スプリングやバルブスプリングに使用されます。

4.3 医療機器用超硬線引拔ダイス

超硬線引きダイス マイクロ線引きダイス

チタン合金とステンレス鋼のガイドワイヤーを引き伸ばして、ワイヤ径 $0.005\sim 0.5\text{ mm}$ 、精度 $\pm 0.001\text{ mm}$ 、耐用年数が100～500トンの心臓血管ガイドワイヤーと縫合糸を製造します。介入医療に適しています。

超硬伸線ダイス 特殊形状伸線ダイス

特殊形状の医療用ワイヤーを伸張し、整形外科用固定ワイヤーを加工します。耐用年数は200,800トンで、骨ネジやインプラントの製造に使用されます。

超硬合金線引きダイス 複合材線引きダイス

伸長複合ガイドワイヤー、加工コーティングワイヤー、寿命200～800トン、神経介入機器に適しています。

4.4 航空宇宙

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬線引拔ダイス 高温線引拔ダイス

ニッケル基合金およびチタン合金のワイヤーを引き伸ばして、航空エンジンワイヤーおよびファスナーを製造します。ワイヤー径は 0.15 mm、耐熱性は 900°C、寿命は 300 ～ 1000 トンで、タービンブレードや胴体コネクタに使用されます。

超硬合金線引きダイス 複合材線引きダイス

延伸炭素繊維複合線、加工軽量線、寿命 200～800トン、UAV や衛星部品に適しています。

超硬線引きダイス マイクロ線引きダイス

極細チタン線を引き伸ばして航空センサー線を製造します。線径は 0.01～0.5mm、寿命は 100～500 トンで、精密機器に使用されます。

4.5 ハードウェアとエネルギー

超硬線引拔ダイス パイプ引拔ダイス

ステンレス鋼管や銅管を伸ばして、原子力や石油パイプラインに使用される直径 250mm、耐用年数 500～2000 トンのエネルギー導管や熱交換管を製造します。

超硬線引拔ダイス、棒線引拔ダイス

銅とアルミニウムの棒を引き伸ばし、ハードウェア部品と導電性棒を加工します。棒の直径は 530 mm、耐用年数は 500 ～ 2000 トン、電力設備に適しています。

超硬線引きダイス 丸型線引きダイス

スチールワイヤーを引き伸ばしてスチールコードとワイヤーメッシュを製造します。ワイヤー径は 0.15mm、寿命は 500～2000 トンで、タイヤや防護ネットに使用されます。

5. 製品の利点

超硬伸線ダイスは、その優れた性能により伸線ダイス市場をリードしています。

超長寿命：耐摩耗性と硬度により寿命が 515 倍延長され、1 回の伸線コストが 40 ～ 70% 削減されます。

効率的な加工：高速伸張（130 m/s）と高引張力（10,500 kN）をサポートし、生産効率を 2050%向上します。

高精度：ダイス穴精度 $\pm 0.001\text{mm}$ 、ワイヤ表面粗さ $Ra0.10.4\mu\text{m}$ 、医療および航空の高度な要件を満たします。

柔軟なカスタマイズ：さまざまな作業条件に合わせて、さまざまなタイプ（丸型、特殊形状、小型など）、ダイ ホール サイズ（0.00550 mm）、コーティング（TiN、DLC）が用意されています。

環境適応性：耐高温性（700 ～ 900°C）、耐腐食性（pH210）、乾燥、湿潤、化学環境に適応可能。

グリーン製造：高い耐久性により、持続可能な開発目標に沿って、金型の変更と廃棄物を削減します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

6. 超硬合金線引ダイスの技術的課題と改善方向

6.1 超硬線引拔ダイスの技術的課題

処理の難しさ

超硬合金は硬度（HRA 8892）が高いため、加工設備や工具への要求は非常に高くなります。ダイヤモンド砥石は摩耗が早く、ダイス穴の精度を安定させることが困難です（許容差は ± 0.001 mm 未満）。

脆弱性リスク

高硬度材料は、高い引張力（ > 500 kN）または不適切な設計により、微小亀裂やダイホルの崩壊を生じる可能性があります、耐用年数に影響を及ぼします。

熱管理の問題

高速伸張（ > 20 m/s）では摩擦熱が発生し、特に高温条件下ではダイ表面の軟化やコーティングの剥離を引き起こす可能性があります。

複雑な材料への適応性

高強度鋼（HRC >40 ）、チタン合金、複合ワイヤは、ダイス穴の形状と表面処理に対する要件が厳しく、摩耗やワイヤ表面の欠陥が発生しやすくなります。

過酷な労働条件の制限

超高温（ $> 900^{\circ}\text{C}$ ）または強酸性環境（ $\text{pH} < 2$ ）では、従来のコーティングと結合相の性能が低下し、耐用年数が 50～70% 短くなります。

6.2 超硬合金線引ダイスの技術改善方向

高度な処理技術

レーザー微細加工と超精密研削加工を開発し、金型穴精度を ± 0.0005 mm まで向上、工具摩耗を 30% 削減し、微細・特殊形状の金型に適応します。

耐久性強化設計

傾斜構造（表面は高硬度 HRA9092、内部は高靱性破壊靱性 $> 9\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）または CoNi 複合結合相の使用により、亀裂成長抵抗が 20～30% 向上し、ダイホルの亀裂が低減します。

効率的な熱管理

金型冷却システム（冷却剤圧力 510 MPa、流量 25 L/分）を最適化して作業温度を 100 ～ 150 $^{\circ}\text{C}$ 下げ、適応コーティング（TiAlN/AlCrSi、耐熱性 1000 $^{\circ}\text{C}$ など）を開発して熱軟化を減らします。

複雑な材料の最適化

低摩擦コーティング（DLC、摩擦係数 0.08～0.15 など）を設計し、ダイス穴の形状（入口角度 5°～15°、縮小面積の長さ 0.52mm）を最適化してワイヤ表面の欠陥を減らし、PCD（多結晶ダイヤモンド）ダイス穴を開発して硬度を HV 8000 まで高め、耐用年数を 20 倍に延ばします。

過酷な労働条件への適応

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

耐熱性が 1100°C まで向上し、強酸 (pH 12) 腐食速度が 0.02 mm/年未満であるナノ多層コーティング (AlCrSi/TiN、厚さ 13 μm、硬度 HV 3500 など) またはセラミックベースの複合材料 (WCSiC) を開発します。

インテリジェントデザイン

AI を活用して、伸線力 (誤差<5%) と摩耗挙動をシミュレーションし、ダイス穴角度 (偏差<0.2°) と表面粗さ (Ra<0.05 μm) を最適化し、伸線安定性を向上させます。また、温度と摩耗をリアルタイムで監視する自己診断機能付き伸線ダイスを開発し、寿命を 10~20% 延長しました。

7. 結論

超硬伸線ダイスは、高硬度 (HRA 8892)、優れた靱性 (6.0~9.0 MPa·m^{1/2})、超長寿命 (100~3000 トンのワイヤ) を特徴とし、電線・ケーブル、ワイヤロープ、スプリング製造、医療用ガイドワイヤ、航空宇宙用ワイヤなどの分野で好まれるダイスツールとなっています。豊富な種類 (円形ダイス、マイクロダイス、特殊形状ダイス、多段ダイスなど) と精密な規格 (ダイス穴径 0.005~50 mm、許容差±0.001 mm) により、極細ガイドワイヤから太線まで、多様な伸線ニーズを満たしています。技術指標によると、寿命は高速度鋼ダイスの 5~15 倍、生産効率は 20~50% 向上し、ワイヤの表面品質は Ra 0.1~0.4 μm に達します。

高度な粉末冶金プロセスとコーティング技術 (TiAlN、DLC など) により、伸線ダイスは高温 (700~900°C) や腐食 (pH 2.10) といった過酷な環境下でも優れた性能を発揮します。今後は、レーザー加工、PCD ダイス穴加工、ナノコーティング、AI 最適化、インテリジェント設計といった技術革新を通じて、超硬合金伸線ダイスはさらなる性能向上と応用範囲の拡大を実現し、世界の産業の効率的、精密かつ持続可能な発展を力強く支えていきます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



付録:

カーバイドノズル

超硬合金ノズルは、タングステンカーバイド（WC）を主材料とし、粉末冶金法で製造された高性能流体制御部品です。高圧、高摩耗、腐食環境下での噴射用途向けに設計されています。優れた硬度、耐摩耗性、耐高温性、耐腐食性を備え、サンドブラスト、スプレー、ウォータージェット切断、石油掘削、化学工業、農業灌漑、食品加工など幅広い分野で使用されています。本稿では、超硬合金ノズルの性能と応用価値を、材料特性、分類と技術パラメータ、製造プロセス、応用分野、性能上の利点、課題、技術開発動向といった観点から体系的に解説します。

材料構成と性能特性

超硬合金ノズルの材料構成と性能特性

カーバイドノズルの材質と性能特性により、過酷な環境でも優れた性能を発揮します。

カーバイドノズルの材料構成

カーバイドノズルの材料配合は、硬度、靱性、耐腐食性のバランスをとるように最適化されています。

超硬合金ノズルの硬質相であるタングステンカーバイド（WC、8595 重量%）は、高い硬度と耐摩耗性を提供します。一部の配合では、高温安定性と耐酸化性を向上させるために、炭化チタン（TiC、0.53 重量%）または炭化タンタル（TaC、0.52 重量%）が添加されています。

超硬合金ノズルのバインダー相には

靱性と耐衝撃性を向上させるコバルト（Co、512 wt%）と、耐腐食性配合物に使用され、酸性または湿気の多い環境に適したニッケル（Ni、510 wt%）が含まれています。

微量

クロム（Cr、0.1～0.8 wt%）、バナジウム（V、0.05～0.4 wt%）、モリブデン（Mo、0.1～

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0.6 wt%) は、結晶粒を微細化し、結晶粒の成長を抑制し、耐食性と高温性能を向上させるために使用されます。

カーバイドノズルの性能特性

セメントカーバイドノズルの性能は、最適化された微細構造と材料配合によって生まれます。

超硬ノズルの硬度は

HRA 8892 (HV 1400 ~ 1800) で、ステンレス鋼 (HRC 2040) よりも大幅に高く、研磨性の高いブラストに適しています。

超硬合金ノズルの破壊靱性は

6.0~9.0MPa·m^{1/2} で、通常の超硬合金 (57MPa·m^{1/2}) より約 25% 高く、亀裂伝播に効果的に抵抗します。

超硬合金ノズルの摩擦

係数は 0.008~0.015 mm³/N·m (ASTM G65) で、高クロム合金の 1.52 倍低く、耐用年数は 5~15 倍延長されます。

超硬合金ノズルの圧縮強度は

4500~6500MPa で、最大 500MPa の射出圧力に耐えることができます。

超硬合金ノズルの密度は

14.0~15.0 g/cm³ で、高精度の取り付けに適しています。

セメントカーバイドノズルの耐腐食性は、

中性または弱酸性環境 (pH 4~9) では 0.05 mm/年未満です。ニッケルベースまたはコーティングされた配合では、腐食速度 0.03 mm/年未満で pH 2~10 に耐えることができます。

超硬合金ノズルの耐性は

20°C ~ 800°C の範囲で、コーティング配合により瞬間的に 1000°C の温度にも耐えることができます。

超硬合金ノズルの微細構造特性

超硬合金ノズルは、超微粒子 (0.2~0.5μm) または微粒子 (0.5~1μm) 構造を採用しており、次のような利点があります。

高い硬度と強度: 粒子が小さいため、粒界密度が増加し、ホールペッチ効果に従い、耐摩耗性が向上します。

靱性の向上: 粒子の微細化により応力が分散され、亀裂伝播のリスクが低減し、耐衝撃性が 20 ~ 30% 向上します。

表面安定性: 摩耗を減らし、ノズル穴の表面仕上げを維持し、噴射精度と耐用年数を確保します。

2. 超硬合金ノズルの分類と技術的パラメータ

セメントカーバイドノズルの分類と技術的パラメータ

セメントカーバイドノズルは、さまざまな産業ニーズを満たすために、噴霧媒体とアプリケーションシナリオに応じてさまざまなタイプに分けられます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

カーバイドノズルの分類と使用

以下は、カーバイドノズルの分類、技術的パラメータ、および使用の概要です（ISO 規格、ASTM 仕様、および業界データに基づく）。

超硬合金ノズルの分類と適用表

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
サンドブラストノズル サンドブラストノズル	耐摩耗性に優れた設計で、研磨ブラストに最適です。	表面処理（サビ取り、バリ取り）、造船（船体サンドブラスト）、建設（コンクリート洗浄）、ブラストサンド、スチールショット。	ノズル径 212mm、長さ 50 ~ 200mm、HRA 8892、寿命 500 ~ 2000 時間。
ウォータージェットノズル ウォータージェットノズル	高圧ウォータージェット、硬質材料の切断に適しています。	航空宇宙（チタン合金切断）、自動車（複合材切断）、石材加工（大理石）、高圧水ジェット（300 ~ 400MPa）。	ノズル径 0.12 mm、長さ 20 ~ 100mm、HRA 9092、寿命 200 ~ 1000 時間。
スプレーノズル スプレーコーティングノズル	ペイントやセラミックコーティングを正確に塗布します。	航空（タービンブレードコーティング）、自動車（エンジンコーティング）、エレクトロニクス（回路基板のスプレー）、セラミック、金属粉末のスプレー。	ノズル径 0.55 mm、長さ 30 ~ 150mm、HRA 8891、寿命 300 ~ 1500 時間。
油田ノズル 油田ノズル	耐圧性、耐腐食性が高く、掘削噴射に適しています。	石油掘削（掘削液注入）、天然ガス探査（坑内洗浄）、採掘（泥水注入）、掘削液注入、化学液。	ノズル径 315mm、長さ 50 ~ 150mm、HRA 8992、寿命 500 ~ 2000 時間。
噴霧ノズル 噴霧ノズル	液体分散に適した微細霧状スプレーです。	農業（農薬散布）、化学工業（液体噴霧）、環境保護（廃ガス処理）、水、薬液、油の散布。	ノズル径 0.23 mm、長さ 20 ~ 100mm、HRA 8891、寿命 500 ~ 2000 時間。
燃焼ノズル バーナーノズル	耐高温設計で、燃料やガスの注入に適しています。	エネルギー（ボイラー燃焼）、化学工業（高温反応）、冶金（炉注入）、燃料油注入、天然ガス。	ノズル径 110mm、長さ 30 ~ 120mm、HRA 8992、寿命 300 ~ 1500 時間。
マイクロノズル マイクロノズル	超小型ノズルで高精度な注入に適しています。	医療（薬剤スプレー）、電子機器（チップ洗浄）、航空（精密コーティング）、液体、ガス、粒子のスプレー。	ノズル径 0.05 ~ 0.5 mm、長さ 1050 mm、HRA 9092、寿命 200 ~ 1000 時間。
耐腐食性ノズル 耐腐食性ノズル	強酸・強アルカリに耐性があり、化学環境に適しています。	化学工業（酸・アルカリ溶液注入）、環境保護（脱硫・脱窒）、海洋工学（海水注入）、強酸、強アルカリ、海水の注入。	ノズル径 110 mm、長さ 30 ~ 150mm、HRA 8891、寿命 500 ~ 2000 時間。

粉乳製造ノズル 粉ミルクスプレーノズル	エマルジョンを均一に霧化するスプレー乾燥用に特別に設計されています。	食品加工（粉乳、粉乳製造）、農業（乳製品加工）、乳剤・ホエイ液の散布、育児用粉乳、粉乳の製造。	ノズル径 0.53 mm、長さ 20 ~ 100 mm、HRA 8891、寿命 500 ~ 2000 時間。
------------------------	------------------------------------	---	--

セメントカーバイドノズルの技術的パラメータ

セメントカーバイドノズルの技術的パラメータは、さまざまな産業用途への適応性を保証します。

サイズ:

ノズル径: 0.0515 mm（一般的には 0.112 mm が使用される）。

ノズル長さ: 10200 mm (通常 20150 mm)。

許容範囲: ± 0.001 mm (マイクロノズル、粉乳製造ノズル) ~ ± 0.01 mm (ユニバーサルノズル)。

重量: 1 個あたり 0.011 kg、手動または自動機器に適しています。

表面粗さ: ノズル穴 Ra0.05~0.2 μ m、噴射面 Ra0.1~0.4 μ m。

硬度等級:

規格: HRA 8891（汎用噴霧、粉乳製造）。

高硬度: HRA 9092（ウォータージェット、マイクロノズル）。

材料配合:

WCCo（汎用）: コバルト含有量 510%、HRA8891、高靱性。

WCNi（耐腐食タイプ）: ニッケル含有量 510%、酸・アルカリ環境に耐性があり、粉乳製造に適しています。

WCTiCTaC(高温タイプ): 耐熱温度 800~1000°C。

注入パラメータ:

射出圧力: 0.1500MPa（ウォータージェットの場合は最高、粉乳製造の場合は 0.55MPa）。

ジェット速度: 10~1000 m/s（媒体によって異なります）。

流量: 0.01100L/分（粉乳製造時 0.110L/分）。

表面処理:

研磨: スプレー穴 Ra0.02~0.1 μ m、摩擦と目詰まりを軽減し、粉乳製造に適しています。

コーティング:

TiN: 硬度 HV2000~2500、耐摩耗性が 2 倍に向上。

TiAlN: 耐熱温度 900°C、高温噴霧に適しています。

AlCrSi/TiN: 耐熱温度 1000°C、寿命が 3 倍に延長。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

DLC：摩擦係数 0.08～0.15、液体噴霧、エマルジョン噴霧に適しています。

標準準拠：

ISO 9001 品質管理システム。

ASTM B771（摩耗試験）、ISO 3878（硬度試験）。

食品グレード認証：粉乳製造ノズルは、FDA/EU 食品接触基準に準拠しています。

3. 超硬合金ノズルの製造工程

超硬合金ノズルの製造では、高度な粉末冶金技術を採用し、材料特性、ノズルの精度、表面品質が業界標準を満たすことを保証します。

超硬合金ノズルの原料は、

高純度炭化タングステン（WC、純度>99.95%）、コバルト（Co、純度>99.9%）、および添加剤（TiC、TaC、Cr など）です。これらの粉末は湿式粉碎（媒体：アルコールまたは脱イオン水、ボールミル粉碎時間 24～72 時間）によって混合され、平均粒径は 0.2～0.8 μ m に制御されます。高温焼結中の粒成長を抑制するため、VC または Cr₃C₂（0.1～0.4wt%）が粒成長抑制剤として添加されます。

超硬ノズル成形

冷間静水圧成形（CIP）：粉末を 200～400MPa で圧縮し、理論値の 50～60%の密度のグリーン体にします。

精密成形：ノズル本体と初期噴射孔の成形には高精度金型（公差 ± 0.05 mm）を使用します。

スプレー乾燥：流動性のある粒子を調製し、成形体の均一性と強度を向上させます。

超硬合金ノズルの焼結

予備焼結：900～1100°C、有機添加物を除去する。

熱間等方圧プレス（HIP）：1350～1450°C、100～200 MPa、アルゴン環境、23 時間焼結、密度 99.8～100%。

冷却制御：熱応力による微小亀裂を回避するための漸進的冷却（1015°C/分）。

超硬合金ノズルの後処理

精密研削

ダイヤモンド砥石を使用して、ノズル穴を公差 ± 0.001 mm、表面粗さ Ra0.05～0.2 μ m に加工します。

レーザー加工

ノズル形状（円形、扇形）を ± 0.0005 mm の精度で微調整可能、マイクロノズルや粉乳製造ノズルなどに最適です。

研磨

超精密研磨、スプレー穴 Ra0.02～0.1 μ m、スプレー均一性が最適化されており、特にエマルジョンスプレーに適しています。

表面強化

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

コーティング（TiN、TiAlN、AlCrSi/TiN、DLC）により耐摩耗性と耐熱性が向上します。
食品グレードの DLC コーティングは、粉乳製造ノズルに適しています。

品質検査

硬度テスト：HRA/HV、誤差 ± 0.5 。

微細構造分析：走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して粒径（ $0.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$ ）を調べました。

寸法測定：光学測定器、精度 $\pm 0.0005\text{mm}$ 。

非破壊検査：内部欠陥を検出するための超音波検査。

食品グレード認証：粉乳製造ノズルは、FDA/EU 食品接触材料テストに合格しています。

4. 超硬合金ノズルの用途と適用シナリオ

超硬ノズルの用途と応用

超硬ノズルは、耐摩耗性、耐腐食性、精密な噴霧能力に優れているため、以下の分野で広く使用されています。

超硬ノズルの表面処理

サンドブラストノズル

船舶の錆除去、自動車部品のバリ取り、コンクリート表面の洗浄などに砂やスチールショットを散布できます。圧力は 1050MPa 、耐用年数は $500 \sim 2000$ 時間です。造船・建設業界に最適です。

スプレーノズル

セラミックおよび金属粉末を噴霧して、航空および自動車製造で使用される、耐用年数が $300 \sim 1500$ 時間の航空タービンブレードコーティングおよび自動車エンジンの耐摩耗コーティングを製造します。

ウォータージェットノズル

チタン合金、複合材料、大理石の高圧水切断、圧力 $300 \sim 400\text{MPa}$ 、寿命 $200 \sim 1000$ 時間、航空宇宙および石材加工に適しています。

カーバイドノズル 石油・エネルギー

油田ノズル

ジェット掘削液、化学流体、石油掘削、ダウンホール洗浄に使用、圧力 $50 \sim 200\text{MPa}$ 、寿命 $500 \sim 2000$ 時間、耐腐食性（pH 2-10）、深井戸掘削に使用。

燃焼ノズル

燃料油や天然ガスの噴霧、ボイラーや炉の燃焼に用いられます。耐熱性は 800°C 、寿命は $300 \sim 1500$ 時間で、火力発電や冶金産業に適しています。

ウォータージェットノズル

熱交換器およびパイプラインの洗浄用。圧力 $100 \sim 300\text{MPa}$ 、寿命 $200 \sim 1000$ 時間。原子力および石油化学産業で使用されます。

超硬合金ノズル 化学産業と環境保護

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

耐腐食性ノズル

酸、アルカリ溶液、海水を噴霧し、化学反応、脱硫、脱室に使用され、pH 210 に耐え、寿命は 500 ～ 2000 時間で、化学産業や海洋工学に適しています。

噴霧ノズル

霧化化学液、廃ガス処理液、廃ガス浄化、冷却塔に使用、流量 0.110 L/分、寿命 500～2000 時間、環境保護および化学業界で使用。

スプレーノズル

貯蔵タンクおよびパイプラインの保護に使用されるスプレー防錆コーティング。耐用年数は 300 ～ 1500 時間で、化学装置の製造に適しています。

カーバイドノズル 農業および食品加工

噴霧ノズル

精密農業灌漑用の農薬と肥料を散布します。流量は 0.055 L/分、寿命は 500 ～ 2000 時間で、畑作物や果樹園への散布に適しています。

粉乳製造ノズル

エマルジョンとホエイ液を噴霧乾燥し、乳児用粉乳と粉ミルクを製造します。圧力 0.55 MPa、流量 0.110 L/分、寿命 500 ～ 2000 時間、食品グレードの基準に準拠しており、乳製品加工および食品業界に適しています。

耐腐食性ノズル

農業機械の洗浄用スプレー洗浄液および消毒剤。pH 210 まで耐性があり、寿命は 500 ～ 2000 時間で、温室や農場に適しています。

カーバイドノズル医療および電子機器

マイクロノズル

医療業界や電子産業に適した、吸入器やチップ洗浄用の薬剤噴霧液と洗浄液をスプレーします。ノズルサイズは 0.05 ～ 0.5 mm、耐用年数は 200 ～ 1000 時間です。

耐腐食性ノズル

医療機器の洗浄に使用するスプレー消毒剤。pH 210 まで耐性があり、寿命は 500 ～ 2000 時間で、病院や研究室に適しています。

スプレーノズル

導電性コーティングをスプレー塗布し、回路基板の製造に使用され、寿命は 300 ～ 1500 時間、半導体業界に適しています。

カーバイドノズル 航空宇宙

ウォータージェットノズル

炭素繊維複合材料およびチタン合金を±0.01mm の精度で切断し、200～1000 時間の耐用年数を実現します。航空機の翼や衛星部品の製造に適しています。

スプレーノズル

航空機エンジンに使用されるスプレーセラミックコーティング。耐用年数は 300 ～ 1500 時間で、高精度コーティングプロセスに適しています。

マイクロノズル

精密ガスおよび液体を噴霧し、センサー製造に使用されます。ノズル穴は 0.05 ～ 0.5 mm、寿命は 200 ～ 1000 時間で、航空計器に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬合金ノズルの用途と適用シナリオ

炭化物ノズルは、高い耐摩耗性、耐腐食性、そして精密な噴霧能力を備えており、表面処理、石油・エネルギー、化学・環境保護、農業・食品加工、医療・電子工学、航空宇宙などの分野で広く使用されています。以下は、各分野における具体的な用途と適用シナリオを体系的に表形式でまとめたものです。

業 界 分 野	製品（ノズルタイプ）	目的と適用シナリオ	パフォーマンスパラメータ
表 面 処 理	サンドブラストノズル サンドブラストノズル	砂と鋼のショットブラストは、船舶の錆除去、自動車部品のバリ取り、コンクリート表面の洗浄などに使用されます。	圧力 1050 MPa、寿命 500 ～ 2000 時間、造船業や建設業に適しています。
	スプレーノズル スプレーコーティングノズル	セラミックおよび金属粉末を噴霧して、航空機タービンブレードのコーティングや自動車エンジンの耐摩耗コーティングを製造します。	寿命は 300～1500 時間で、航空および自動車製造に適しています。
	ウォータージェットノズル ウォータージェットノズル	チタン合金、複合材料、大理石の高圧水切断。	圧力 300 ～ 400 MPa、寿命 200 ～ 1000 時間、航空宇宙および石材加工に適しています。
石 油 と エ ネ ル ギ ー	油田ノズル 油田ノズル	石油掘削および坑内洗浄用の掘削液と化学液を噴射します。	圧力 50～200MPa、寿命 500～2000 時間、耐腐食性（pH 2-10）、深井戸掘削に使用されます。
	燃焼ノズル バーナーノズル	ボイラーや炉での燃焼のために燃料油と天然ガスを注入します。	耐熱温度は 800℃、耐用年数は 300～1500 時間で、火力発電や冶金産業に適しています。
	ウォータージェットノズル ウォータージェットノズル	熱交換器とパイプを清掃します。	圧力 100～300MPa、寿命 200～1000 時間、原子力および石油化学産業で使用されます。
化 学 産 業	耐腐食性ノズル 耐腐食性ノズル	化学反応、脱硫、脱窒のために酸、アルカリ溶液、海水を噴霧します。	pH 2-10 に耐え、寿命は 500 ～ 2000 時間で、化学産業や海洋工学に適しています。
	噴霧ノズル	霧状薬液、廃ガス処理液、廃	流量 0.110 L/分、寿命 500 ～ 2000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

と環境保護	噴霧ノズル	ガス浄化、冷却塔などに使用されます。	時間、環境保護および化学産業で使用されます。
	スプレーノズル スプレーコーティングノズル	タンクとパイプラインの保護のために防錆コーティングをスプレーします。	寿命は 300～1500 時間で、化学機器の製造に適しています。
農業と食品加工	噴霧ノズル 噴霧ノズル	精密農業灌漑用に農薬や肥料を散布します。	流量 0.055 L/分、寿命 500 ～ 2000 時間、畑作物や果樹園への散布に適しています。
	粉乳製造ノズル 粉ミルクスプレーノズル	エマルジョンとホエイ液を噴霧乾燥して乳児用粉乳と粉ミルクを製造します。	圧力 0.55 MPa、流量 0.110 L/分、寿命 500 ～ 2000 時間、食品グレードの基準に準拠しており、乳製品加工および食品業界に適しています。
	耐腐食性ノズル	農業機械の洗浄に洗浄液と消毒液をスプレーします。	pH 210 に耐え、寿命は 500 ～ 2000 時間で、温室や農場に適しています。
医療および電子機器	マイクロノズル	薬剤霧化液や吸入器・チップ洗浄用の洗浄液をスプレーします。	ノズル穴径は 0.05～0.5mm、寿命は 200～1000 時間です。医療業界や電子産業に適しています。
	耐腐食性ノズル 耐腐食性ノズル	医療機器の洗浄用スプレー消毒剤。	pH 210 に耐え、寿命は 500 ～ 2000 時間で、病院や研究室に適しています。
	スプレーコーティングノズル	回路基板製造用の導電性コーティングをスプレーします。	寿命は 300～1500 時間で、半導体業界に適しています。
航空宇宙	ウォータージェットノズル	炭素繊維複合材、チタン合金の切断。	精度: ±0.01 mm、寿命: 200 ～ 1000 時間、航空機の翼や衛星部品の製造に適しています。
	スプレーコーティングノズル	航空機エンジン用のセラミックコーティングの噴霧。	寿命は 300～1500 時間で、高精度コーティングプロセスに適しています。
	マイクロノズル	センサー製造用の精密ガスおよび液体の注入。	ノズル穴は 0.05～0.5mm、耐用年数は 200～1000 時間で、航空計器に適しています。

5. パフォーマンス上の利点

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

カーバイドノズルの性能上の利点

カーバイドノズルは、射出装置の分野で大きな利点を持っています。

超長寿命

耐摩耗性と硬度により寿命が 515 倍延び、使用あたりのコストが 4070% 削減されます。

効率的な散布

高圧注入（0.1500MPa）、高速流体（101000m/s）に対応し、注入効率が 20～50% 向上します。

高精度

ノズル穴精度は $\pm 0.001\text{mm}$ 、噴霧面粗さは $\text{Ra}0.1 \sim 0.4\mu\text{m}$ で、航空、医療、食品加工などの高い要求を満たしています。

柔軟なカスタマイズ

さまざまな作業条件に合わせて、さまざまなタイプ（サンドブラスト、ウォータージェット、アトマイズ、粉乳製造など）、ノズルサイズ（0.0515 mm）、コーティング（TiN、DLC）をご用意しています。

環境適応性

耐高温性（800～1000℃）、耐腐食性（pH 210）、研磨剤、化学液体、エマルジョン、高温環境に適応します。

グリーン製造

高い耐久性によりノズルの交換と無駄が削減され、持続可能性の目標が達成されます。

6. 技術的な課題と改善の方向性

超硬合金ノズルの技術的課題と改善方向

超硬合金ノズルは、実際のアプリケーションにおいていくつかの技術的課題に直面しており、継続的な改善を通じて性能の飛躍的な向上を達成する必要があります。

カーバイドノズルの技術的課題

超硬ノズルの加工の難しさ

超硬合金は硬度（HRA 8892）が高いため、加工設備や工具への要求は非常に高くなります。ダイヤモンド砥石は摩耗が早く、ノズル穴の精度を安定させることが困難です（許容差は $\pm 0.001\text{mm}$ 未満）。

カーバイドノズルの脆化のリスク

高硬度材料は、高圧（> 500 MPa）または不適切な設計下では微小亀裂やノズルの崩壊を生じる可能性があり、耐用年数に影響を及ぼします。

超硬合金ノズルの熱管理の問題

高温噴霧（>800℃）または高速研磨噴霧は、特に乾燥条件下では、オリフィス表面の軟化やコーティングの剥離を引き起こす可能性があります。

複雑なメディア適応性

高粘度液体（エマルジョンなど）、腐食性の高い化学液体、超硬質研磨剤などは、ノズルの形状と表面処理に厳しい要件があり、摩耗や詰まりが発生しやすくなります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬合金ノズルの過酷な動作条件

超高温（ $>1000^{\circ}\text{C}$ ）または強酸性環境（ $\text{pH}<2$ ）では、従来のコーティングと接着剤相の性能が低下し、耐用年数が 50 ～ 70% 短くなります。

超硬合金ノズルの技術改善方向

超硬合金ノズルの高度な加工技術

レーザー微細加工と超精密研削技術を開発し、ノズル穴精度は $\pm 0.0005\text{mm}$ まで向上、工具摩耗は 30%削減され、マイクロノズルや粉ミルク製造ノズルに最適です。

超硬ノズルの靱性強化設計

傾斜構造（表面は高硬度 HRA9092、内部は高靱性破壊靱性 $>9\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）または CoNi 複合結合相の使用により、亀裂成長抵抗を 20～30%向上させ、ノズルの崩壊を減らすことができます。

超硬ノズルの効率的な熱管理

ノズルの冷却チャネル（冷却剤圧力 510 MPa、流量 25 L/分）を最適化して動作温度を 100 ～ 150°C 下げ、適応コーティング（TiAlN/AlCrSi、耐熱性 1100°C など）を開発して熱軟化を減らします。

複合媒体用炭化物ノズルの最適化

低摩擦コーティング（DLC、摩擦係数 0.08～0.15 など）を設計し、ノズル形状（入口角度 10° ～ 20° 、噴射ゾーン長さ 0.52mm）を最適化して詰まりや摩耗を軽減します。また、PCD（多結晶ダイヤモンド）ノズルを開発し、硬度を HV 8000 まで高め、寿命を 20 倍に延ばします。

超硬ノズルは過酷な作業条件に適しています

耐熱性が 1200°C まで向上し、強酸（ $\text{pH} 12$ ）腐食速度が 0.02 mm/年未満であるナノ多層コーティング（AlCrSi/TiN、厚さ 13 μm 、硬度 HV 3500 など）またはセラミックベースの複合材料（WCSiC）を開発します。

超硬合金ノズルのインテリジェント設計

AI を使用して射出圧力（誤差 $<5\%$ ）と摩耗挙動をシミュレーションし、ノズル角度（偏差 $<0.2^{\circ}$ ）と表面粗さ（ $R_a<0.05\mu\text{m}$ ）を最適化して射出安定性を向上させます。また、温度と摩耗をリアルタイムで監視する自己診断ノズルを開発し、寿命を 10～20%延長します。

7. 結論

高硬度（HRA 8892）、優れた靱性（ $6.0\sim 9.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ）、超長寿命（200～2000 時間）を備えた超硬合金ノズルは、サンドブラスト、噴霧、ウォータージェット切断、石油掘削、化学工業、農業灌漑、食品加工などの分野で好まれる流体制御部品となっています。多様なタイプ（サンドブラストノズル、ウォータージェットノズル、アトマイジングノズル、粉乳製造ノズルなど）と精密な規格（噴霧穴径 0.05～15 mm、許容差 $\pm 0.001\text{mm}$ ）は、精密噴霧から高压切断まで幅広いニーズを満たしています。技術指標によると、その寿命は普通材料の 5～15 倍、噴霧効率は 20～50%向上し、噴霧表面品質は $R_a 0.1\sim 0.4\mu\text{m}$ に達します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高度な粉末冶金技術とコーティング技術（TiAlN、DLC など）により、ノズルは高温（800～1000℃）や腐食（pH 210）といった過酷な環境下でも優れた性能を発揮します。今後は、レーザー加工、PCD ノズル孔、ナノコーティング、AI 最適化、インテリジェント設計などにより、超硬合金ノズルの性能がさらに向上し、適用範囲が拡大し、世界の産業の効率性、精度、持続的な発展に重要なサポートを提供します。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬ノズルのカスタマイズ加工

超硬ノズルは、耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性、長寿命などの特性を備えており、サンドブラスト、スプレー、ウォータージェット切断、石油掘削、化学工業、農業、食品加工などの分野で広く使用されています。

超硬ノズルの主な特徴

- 硬度：HRA 8892
- 精度：ノズル公差±0.001mm、表面粗さ Ra0.10.4μm。
- 適応性：耐熱性 800 ～ 1000℃、耐腐食性 pH 210。
- 効率：高圧 (0.1500 MPa) 注入をサポートし、効率が 2050% 向上します。
- 寿命：耐摩耗性に優れ、寿命は通常の素材の 515 倍です。
- カスタマイズ：さまざまなタイプ（サンドブラスト、アトマイズ、粉乳製造など）、さまざまな作業条件に適しています。

カーバイドノズルの主な種類

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
サンドブラストノズル サンドブラストノズル	耐摩耗性に優れた設計で、研磨ブラストに最適です。	船舶のサビ取り、自動車部品のバリ取り、コンクリート洗浄。	ノズル径 212mm、長さ 50200mm、
ウォータージェットノズル ウォータージェットノズル	高圧ウォータージェット、硬質材料の切断に適しています。	航空宇宙用チタン合金切断、自動車用複合材切断、石材加工。	ノズル径は 0.12mm です。長さ 20100mm、
スプレーノズル スプレーコーティングノズル	塗料やセラミックコーティングを正確にスプレーします。	航空タービンブレードコーティング、自動車エンジンコーティング、電子回路基板のスプレー塗装。	ノズル径は 0.55mm です。長さ 30150mm、
油田ノズル 油田ノズル	耐圧性、耐腐食性が高く、掘削噴射に適しています。	石油掘削流体注入、天然ガス坑井洗浄、採掘泥注入。	ノズル径 315mm、長さ 50 ～ 150mm、
噴霧ノズル 噴霧ノズル	液体分散に適した微細霧状スプレーです。	農業用農薬散布、薬液噴霧、環境廃ガス処理。	ノズル径は 0.23mm です。長さ 20100mm、
燃焼ノズル バーナーノズル	耐高温設計で、燃料やガスの注入に適しています。	エネルギーボイラー燃焼、化学高温反応、冶金炉注入。	ノズル径 110mm、長さ 30120mm、
マイクロノズル マイクロノズル	超小型ノズル穴で高精度な注入に適しています。	医療用薬剤スプレー、電子チップ洗浄、航空精密コーティング。	ノズル径 0.050.5mm、長さ 1050

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

耐腐食性ノズル 耐腐食性ノズル	強酸・強アルカリに耐性があり、化学環境に適しています。	化学酸・アルカリ溶液注入、環境保護脱硫・脱窒、海洋工学海水注入。	ノズル径 110mm、長さ 30150mm、
粉乳製造ノズル 粉ミルクスプレーノズル	エマルジョンを均一に霧化するスプレー乾燥用に特別に設計されています。	食品加工、粉乳製造、農産物乳製品加工、FDA/EU 食品接触基準に準拠。	ノズル径は 0.53mm です。長さ 20100mm、

CTIA グループ株式会社

3 階、25-1 号、望海路、ソフトウェアパーク II、厦門、361008

05925129595 , 18750234579

メールアドレス: info@ctia.group

CTIA グループ株式会社

超硬合金プレス金型のカスタマイズ加工

超硬合金製プレス金型は、耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性、長寿命などの特性を備えており、自動車製造、電子部品加工、ハードウェア製品、航空宇宙、医療機器などの分野で広く使用されています。

超硬合金スタンピングダイスの主な特徴

硬度: HRA 8892。

精度: 金型公差 $\pm 0.001\text{mm}$ 、表面粗さ $\text{Ra}0.10.4\mu\text{m}$ 。

適応性: 耐熱性 $800 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 、耐腐食性 $\text{pH} 210$ 。

効率: 高周波スタンピングをサポートし、効率が 2050% 向上します。

寿命: 耐摩耗性に優れ、寿命は通常の金型の 515 倍です。

カスタマイズ: ささまざまなタイプ（絞り型、打ち抜き型、複合型など）、さまざまな作業条件に適しています。

超硬合金スタンピング金型の主な種類

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様
ストレ ッチダ イ ダイス	耐摩耗性に優れた設計で、金属のストレッチ成形に適しています。	自動車ボディパネル、金属コンテナ、アルミ合金シェルの延伸。	ダイスの直径は 10200mm 、厚さは 20100mm 、打ち抜き寿命は 5 億 200 万回です。
ブラン キング ダイ ブラン キング ダイ	高精度打ち抜き、薄板切断に適しています。	電子部品のリードフレーム、自動車部品、ハードウェアアクセサリの打ち抜き加工。	ダイギャップは $0.010.1\text{mm}$ 、厚さは 1580mm 、耐用年数は 3 億 150 万回のスタンピングです。
複合金 型 複合 ダイ	複雑な部品に適した、統合された多段階スタンピング。	航空宇宙用コネクタ、医療機器部品、精密ハードウェア複合加工。	ダイスの直径は 20150mm 、厚さは 20100mm 、寿命は打ち抜き回数 4 億 180 万回です。
油田ダ イス 油田ダ イ	高圧・耐腐食性に優れ、重荷重のスタンピングに適しています。	石油掘削機器部品、天然ガスパイプライン付属品、鉱山機械部品。	金型径は 30200mm 、厚さは 30120mm 、寿命は 3 億 120 万回の打ち抜き加工です。
高速ス タンピ ングダ イ	耐高温性と高周波設計により、迅速なスタンピングに適しています。	自動車用ファスナー、電子コネクタ、連続高速スタンピング生産ライン。	金型の直径は 10100mm 、厚さは 1580mm 、打ち抜き寿命は 6 億 250 万回です。
重負荷	高強度設計で厚板	重機部品、船舶構造物、建	金型径は $50 \sim 300\text{mm}$ 、厚さは

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

モデル ヘビー デュー ティー ダイ	打ち抜き加工に最適です。	鋳金物の厚板プレス加工。	30～120mm、寿命は 3 億 120 万回の打ち抜き加工です。
マイクロ モールド マイクロ ダイ	超小型サイズで高精度なマイクロスタンピングに最適です。	医療機器用マイクロ部品、電子機器用マイクロコネクタ、航空センサー用コンポーネント。	金型の直径は 550mm、厚さは 1040mm、打ち抜き寿命は 2080 万回です。
耐腐食性 金型 耐腐食性 ダイ	強酸・強アルカリに耐性があり、化学環境でのスタンプに適しています。	化学機器部品、海洋工学付属品、腐食性材料のスタンピング。	ダイスの直径は 15150mm、厚さは 2080mm、打ち抜き寿命は 5 億 200 万回です。
食品 グレード のカビ 食品 グレード ダイ	規格に準拠した食品関連部品の刻印用に特別に設計されています。	食品包装用金型および乳製品加工機器部品は、FDA/EU 食品接触基準に準拠しています。	ダイスの直径は 10100mm、厚さは 1580mm、寿命は打ち抜き回数 5 億 200 万回です。

CTIA グループ株式会社

3 階、25-1 号、望海路、ソフトウェアパーク II、厦門、361008、05925129595

18750234579 メール: info@ctia.group

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA グループ株式会社

超硬ボールギアのカスタマイズ加工

超硬ボール歯は、耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性、長寿命などの特性を備えており、鉱業、トンネル掘削、道路切削、石油掘削、建設工事、石炭採掘などの分野で広く使用されています。

超硬ボール歯の主な種類

タイプ	説明する	主な用途と適用シナリオ	標準仕様 mm
カッティングピック	耐摩耗性に優れた設計で、硬岩の切断に適しています。	石炭採掘、トンネル掘削、硬岩採掘。	歯径 1050、長さ 50150
トンネル歯	トンネル掘削設備に適した高強度設計。	地下鉄トンネル、鉄道トンネル、地下工学掘削。	歯径 1560 長さ 60180
ミリング歯	高温、高周波切削に耐え、道路切削に適しています。	高速道路の保守、滑走路の削り取り、都市道路の補修。	歯径 830、長さ 40120
ドリリング歯	高圧と腐食に耐性があり、掘削作業に適しています。	石油掘削、天然ガス探査、地質調査。	歯径 1040、長さ 50140
回転式掘削歯 回転式掘削歯	回転式掘削装置に適した高靱性設計。	建築杭基礎、橋梁基礎、港湾ターミナル建設。	歯径 2080、長さ 70200
石炭採掘の歯	耐衝撃設計で、石炭採掘に適しています。	露天掘り炭鉱、地下炭鉱、選炭設備。	歯径 1550、長さ 50160
マイクロトゥース	超小型サイズで高精度な切断に最適です。	精密地質探査、マイクロ掘削装置、航空部品加工。	歯径 520、長さ 2080
耐腐食性歯 耐腐食性歯	強酸・強アルカリに耐性があり、腐食環境での切断に適しています。	海底採掘、化学鉱物採掘、酸性土壌工学。	歯径 1050、長さ 50150
ヘビーデューティ歯	高強度設計で超硬質材料の切断に適しています。	硬岩鉱山、鉄鉱石採掘、大規模土木破砕。	歯径 20100、長さ 80220

CTIA グループ株式会社

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
標準文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

3 階、25-1 号、望海路、ソフトウェアパーク II、厦門、361008、05925129595
18750234579 メール: info@ctia.group

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

en.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatun

1

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬金型とは？

超硬ダイスは、金属のプレス加工、絞り加工、冷間押出加工、精密成形用に設計された高性能工具であり、鋼、非鉄金属、または非金属材料の効率的な加工を目的としています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を提供し、高圧、高速、複雑な作業条件下でも高い効率と耐久性を保証します。精密製造の中核部品である金型は、製品の精度、表面品質、生産コストに直接影響を及ぼし、自動車部品、電子部品、機械加工などに広く使用されています。以下のコンテンツでは、2025 年のネットワーク全体と業界の技術進歩に関する最新情報に基づいて、金型の特徴、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

超硬合金金型の物理的および化学的性質

超硬合金金型は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細組織の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ を超えています。

金型の幾何設計は、パンチ、ダイ、成形ブロックなど用途に応じてカスタマイズされ、サイズは $5\sim 50\text{mm}\pm 1\text{mm}$ （ワークピースによって異なります）で、金型ベース（Cr12MoV や D2 などの高強度合金鋼製、焼入れ硬度 HRC $58\sim 62\pm 2$ ）に設置されます。固定方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>800\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）または機械的締結（締結力 $>15\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）で、高圧下（ $50\sim 300\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ 、ピーク値最大 $500\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ ）での安定した稼働を保証します。加工面に多層コーティング（TiN、TiAlN、AlCrN など、厚さ $0.5\sim 3\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.2 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1.5\%\pm 0.5\%$ 未満）を向上させます。成形機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、入口角度は $15^\circ\sim 30^\circ\pm 5^\circ$ 、後方傾斜角度は $5^\circ\sim 10^\circ\pm 2^\circ$ に設定されており、引張強度 $300\sim 1000\text{MPa}$ の様々な材料に適しています。

超硬合金金型の特徴と動作原理

超硬合金金型の材料特性

WC は、高い硬度（HV $1800 \sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400 \sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造により優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を実現します。Co は、固溶強化と塑性変形により靱性を高め（ K_{IC} $12 \sim 16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）、衝撃エネルギーを吸収します（ $>80\text{J}\pm 5\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $>200\text{J}\pm 10\text{J}$ ）。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.04

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

$\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (好ましくは $<0.02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)、密度 $14.8 \sim 15.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数 (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。 Cr_3C_2 を追加すると Cr_2O_3 保護層 (厚さ $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) が生成され、耐腐食性が向上します (腐食率 $<0.01 \text{ mm}/\text{年} \pm 0.001 \text{ mm}/\text{年}$ 、 Cl^- 耐性 >3000 時間 ± 100 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高め (900°C $\pm 20^\circ\text{C}$ 以上で初期硬度の 90% $\pm 2\%$ を維持し、熱安定性は 95% $\pm 2\%$ 以上)。

動作原理:

プレス機または冷間押出機 (圧力 50~300MPa $\pm 10\text{MPa}$ 、速度 10~50m/s $\pm 2\text{m/s}$ 、出力 50~400kW $\pm 50\text{kW}$) を用いて、金型を押し出しとせん断により金属または非金属材料に成形します。作業面は高圧と熱負荷 (表面温度 400~700°C $\pm 50^\circ\text{C}$ 、瞬間最高 900°C $\pm 50^\circ\text{C}$) にさらされ、母材鋼は構造支持 (引張強度 $>1300\text{MPa} \pm 50\text{MPa}$)、熱伝導 (熱伝導率 40~50W/m $\cdot\text{K} \pm 2\text{W/m}\cdot\text{K}$)、耐疲労性 (疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、繰返し荷重 $>200\text{MPa} \pm 20\text{MPa}$) を提供します。金型の精密設計により、公差は $\pm 0.01\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$ 以内、表面粗さは $\text{Ra} < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.05 \mu\text{m}$ を実現しています。

低炭素鋼 (引張強度 400MPa)、アルミニウム合金 (500MPa)、硬質プラスチック (300MPa) を加工する場合、最適化された金型寿命は 500~800 時間 ± 50 時間 (材料の硬度によって異なります) を超え、生産効率は 1000~3000 個/時 ± 100 個/時 (最大 4000 個/時 ± 100 個/時、電力 $>300\text{kW} \pm 50\text{kW}$) に達します。SEM 分析では表面に明らかな摩耗は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 ($>95\% \pm 2\%$) が確認され、熱画像では熱応力分布が $<120\text{MPa} \pm 10\text{MPa}$ であることが示されています。

超硬合金金型の性能に影響を与える要因

Co 含有量が

6% ~ 12% $\pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。6% $\pm 1\%$ 未満では亀裂率が 10% $\pm 2\%$ 増加し、12% $\pm 1\%$ 超では硬度が 5% $\pm 1\%$ 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8% ~ 10% $\pm 0.5\%$ が推奨されます。

粒径

0.5 ~ 1 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 $<0.02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)。1 ~ 1.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中硬度の材料に適しており、2 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 超では摩耗率が 15% $\pm 3\%$ 増加し、靱性が 10% $\pm 2\%$ 低下します。

角度

: ダイ角度が 15°~30° $\pm 5^\circ$ の場合、成形効率が最適化されます (圧力 $<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 、エネルギー消費量 $<20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$)。35° $\pm 5^\circ$ の場合、効率が 10% $\pm 2\%$ 低下し、15° $\pm 5^\circ$ の場合、容易に 5% $\pm 1\%$ の割れのリスクが生じます。

表面処理:

作業面の厚さが 3~5mm $\pm 0.1\text{mm}$ の場合、耐摩耗性が向上します (寿命が 20% $\pm 3\%$ 延長)。3mm $\pm 0.1\text{mm}$ の場合、寿命が 20% $\pm 3\%$ 短縮し、5mm $\pm 0.1\text{mm}$ の場合、コストが 15% $\pm 2\%$ 増加します。TiAlN コーティング (厚さ 0.5~2 $\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ 、堆積温度 400~500°C $\pm 20^\circ\text{C}$) は、摩擦係数 ($<0.25 \pm 0.05$) を低減し、耐熱性 ($>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) を向上させます。熱処理された母材鋼

は、支持性能を向上させるため、焼入れ (硬度 HRC 58~62 ± 2 、深さ 2~4mm $\pm 0.2\text{mm}$ 、焼

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

入れ温度 $850\sim 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）され、未焼入れの母材寿命は $15\%\pm 3\%$ 短縮され、焼戻し（ $200\sim 250^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、 $2\sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）により残留応力が $5\%\pm 1\%$ 減少します。

作業環境

温度 $>700^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ では硬度が $3\%\pm 1\%$ 低下し、水分含有量 $>5\%\pm 1\%$ または不純物含有量 $>3\%\pm 0.5\%$ では摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加し、Cl⁻含有環境（濃度 $>0.5\%\pm 0.1\%$ ）では腐食速度が $0.015\text{mm}/\text{年}\pm 0.002\text{mm}/\text{年}$ に増加します。

超硬ダイスの種類

標準プレス金型

は低炭素鋼（引張強度 $300\sim 500\text{MPa}$ ）に適しており、サイズは $10\sim 20\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、耐摩耗性に優れ（寿命は 600 時間 ± 50 時間以上）、自動車用プレートによく使用されます。2024 年、ある自動車プロジェクトの生産効率 2000 個/時 ± 100 個/時です。

ストレッチ金型

はアルミニウム合金（ $500\sim 700\text{MPa}$ ）に適しており、サイズは $15\sim 30\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、耐衝撃性が強く（ $100\text{J}\pm 10\text{J}$ 以上）、電子ハウジングに適しています。2023 年、ある電子工場の寿命は 700 時間 ± 50 時間です。

冷間押出ダイス

は高強度鋼（ $800\sim 1000\text{MPa}$ ）用で、サイズは $20\sim 50\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、優れた耐高圧性（ $>300\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ ）を有し、軸受加工に適しています。2025 年には、ある軸受プロジェクトで $350\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ の耐圧性を達成しました。

特殊成形金型

には、耐高温性（ $>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で $95\%\pm 2\%$ を維持）と耐腐食性があり、高温または腐食性材料に適しており、2025 年の試験寿命は 550 時間 ± 50 時間です。

超硬ダイスの応用

自動車部品は

、シート（引張強度 $300\sim 500\text{MPa}$ ）のプレス加工に使用され、寿命は $600\sim 800$ 時間 ± 50 時間で、QC / T 480 規格に準拠しています。2024 年には、ある自動車プロジェクトの精度は $\pm 0.01\text{mm}\pm 0.005\text{mm}$ です。

電子部品

は、アルミニウム合金の伸張（ $500\sim 700\text{MPa}$ ）に使用され、耐衝撃性（ $> 80\text{J}$ 、ピーク $200\text{J}\pm 10\text{J}$ ）により、IPC-6012 規格に準拠した効率的な成形が保証されます。2023 年には、ある電子工場の効率 2500 個/時 ± 100 個/時です。

機械加工は

、高強度鋼（ $800\sim 1000\text{MPa}$ ）の冷間押し出しに使用され、廃棄物を削減し（ $< 2\%\pm 0.5\%$ ）、ISO 286 規格を満たしています。2024 年、ある工場の表面粗さは $Ra < 0.2\mu\text{m}\pm 0.05\mu\text{m}$ です。

腐食環境は

、塩分を含む材料に使用され、海水腐食に耐性があります（ > 4000 時間 ± 100 時間、Cl⁻濃度に対する耐性 $> 3.5\%\pm 0.5\%$ ）。DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。2025 年、あるオフショアプロジェクトの耐食性は $> 99\%\pm 1\%$ です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

複雑な成形は

、高温または高硬度の材料に使用され、耐摩耗性 $>95\%\pm2\%$ 、2025 年のテスト効率は 2800 個/時 ±100 個/時です。

航空宇宙部品は

、チタン合金のプレス加工（引張強度 800~1200MPa）に使用され、寿命は 500~700 時間 ±50 時間で、AMS 4911 規格に準拠しています。2024 年には、ある航空プロジェクトの許容誤差は $\pm0.01\text{mm}\pm0.005\text{mm}$ です。

医療機器

は、ISO 13485 規格に準拠したステンレス鋼の引張強度（600~900MPa）、耐腐食性（3000 時間以上 ±100 時間）に使用されます。2023 年には、医療工場の効率は 1500 個/時 ±100 個/時です。

エネルギー機器は

、API 6A 規格に準拠した耐圧性（ $>400\text{MPa}\pm10\text{MPa}$ ）を備えた高圧バルブ本体（1000~1500MPa）の冷間押し出しに使用されます。2025 年には、エネルギープロジェクトの寿命は 600 時間 ±50 時間です。

家電製品製造は

、IEC 60335 規格に準拠した表面仕上げ $Ra<0.1\mu\text{m}\pm0.05\mu\text{m}$ のアルミニウムシェル延伸（400~600MPa）に使用されます。2024 年には、家電製品の生産効率は 3000 個/時 ±100 個/時です。

建設用金物

は、鋼製ボルト（700~900MPa）の冷間押出成形に使用され、廃棄物を削減（ $<1\%\pm0.5\%$ ）し、ASTMA307 規格を満たしています。2023 年には、建設プロジェクトの生産性は 2000 個/時 ±100 個/時です。

技術進歩と今後の展開

新材料

では、ナノ WC（粒径 $<0.5\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ ）を導入することで硬度（HV 2200~2600 ±50 ）を向上させ、TaC と NbC を添加することで高温安定性（ $>900^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ で $95\%\pm2\%$ を維持）を向上させます。2024 年の研究：AlCrN コーティングの耐酸化性（酸素重量増加 $<0.1\%\pm0.05\%/h$ ）の向上を目指します。

インテリジェントモニタリング

統合センサー（精度 $\pm0.05\%$ ）は、摩耗（深さ $>1\text{mm}\pm0.05\text{mm}$ ）と温度（ $<800^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ ）をリアルタイムでモニタリングし、交換サイクル（誤差 $<5\%\pm1\%$ ）を最適化し、ある企業が 2025 年にテストに成功しました。

3D プリント技術は、

SLM（層厚 40~60 $\mu\text{m}\pm5\mu\text{m}$ ）を使用して複雑な金型を製造し、材料の無駄を $10\%\pm2\%$ 削減し、強度は 2024 年に 1600 MPa ±50 MPa に達します。

環境適応性:

耐腐食性と耐高圧性の金型（耐圧 $>400\text{MPa}\pm10\text{MPa}$ ）を開発し、2025 年までに耐熱性が $98\%\pm2\%$ に達します。WC 粉末の

持続可能な

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

リサイクル（リサイクル率 $>80\%\pm 5\%$ ）は、ISO 14040 規格に準拠して、カーボンフットプリント（CO₂削減 $20\%\pm 3\%$ ）を削減します。

超硬合金金型に関する国内規格および国際規格

国内規格および国際規格には、以下のすべての関連規格とその番号が含まれます。

QC/T 480（自動車部品製造規格）

IPC-6012（電子部品製造規格）

ISO 286（製品の幾何学的仕様および公差）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）

DIN 17350（ドイツの金属材料規格）

JIS B 4053（日本金型設計規格）

AMS 4911（航空宇宙用チタン合金規格）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

API 6A（石油・ガス機器規格）



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬工具とは何ですか？

超硬切削工具は、金属の切削、成形、加工用に設計された高性能工具です。旋削、フライス加工、穴あけ、スタンピングなどの加工に広く使用されており、鋼、鋳鉄、非鉄金属、難加工材料を効率的に加工できるように設計されています。その核心的な利点は、タングステン鋼、WC-Co 系などの超硬合金材料を使用し、最適化された幾何学的設計と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を実現し、高速、高負荷、複雑な作業条件下でも高効率と長寿命を保証します。機械加工と金型製造における重要な部品として、超硬切削工具は加工精度、表面品質、生産効率に直接影響し、自動車、航空宇宙、エネルギー、医療分野で広く使用されています。

超硬合金工具の物理的および化学的特性

超硬合金工具は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、 VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ 、 NbC $0.5\%\sim 1.5\%\pm 0.1\%$ など）を添加することで、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）があり、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

工具の形状設計は、旋削工具、フライス工具、ドリル、パンチなど、用途に応じてカスタマイズされ、刃幅は $2\sim 20\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、刃長は $50\sim 200\text{mm}\pm 2\text{mm}$ です。工具ホルダーまたは金型ベース（H13 または Cr12MoV などの高強度鋼製、焼入れ硬度 HRC $50\sim 62\pm 2$ ）に取り付けられます。固定方法は、機械式クランプ（クランプ力 $>10\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）または溶接（溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）で、高い切削力または圧力（ $50\sim 300\text{N}\pm 10\text{N}$ 、ピーク値最大 $400\text{N}\pm 20\text{N}$ ）下でも安定した動作を保証します。刃先または加工面に多層コーティング（ TiN 、 TiAlN 、 Al_2O_3 など、厚さ $0.5\sim 4\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.2 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1\%\pm 0.5\%$ 未満）を向上させます。切削・成形機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、すくい角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ 、バックすくい角は $5^\circ\sim 10^\circ\pm 2^\circ$ となっており、引張強度 $300\sim 1500\text{MPa}$ の様々な材料に適しています。

超硬工具の特性と動作原理

超硬合金工具の材料特性

WC は、高い硬度（HV $1800 \sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400 \sim 2600\pm 50$ ）を備え、その六方結晶構造により優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $> 800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸性 $> 95\%\pm 2\%$ ）を発揮します。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め（ K_{IC} $12 \sim$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

16 MPa·m^{1/2}±0.5、ピーク値最大 18 MPa·m^{1/2}±0.5)、衝撃エネルギーを吸収します (>60 J±5 J、瞬間ピーク値>150 J±10 J)。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 <0.03 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m (好ましくは <0.015 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m)、密度 14.8~15.2 g/cm³±0.1 g/cm³、熱膨張係数 (CTE) 6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層 (厚さ <0.1 μm±0.01 μm) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 <0.01 mm/年±0.001 mm/年、Cl⁻ 耐性 >3000 時間±100 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高め (900°C±20°C で初期硬度の 90%±2% を維持し、熱安定性は >95%±2%)。

超硬合金工具の動作原理:

工具は、CNC 工作機械、パンチングマシン、または成形機 (切削速度 50~300 m/分±10 m/分、または圧力 50~300 MPa±10 MPa、出力 30~400 kW±50 kW) の作用下で、せん断、摩擦、または押し出し加工によって材料を加工します。刃先または作業面は高い切削力/圧力と熱負荷 (表面温度 500~1000°C±50°C) にさらされ、ベース鋼は構造的支持 (引張強度>1200 MPa±50 MPa)、熱伝導 (熱伝導率 40~50 W/m·K±2 W/m·K)、および耐疲労性 (疲労寿命>10⁶ 回±10⁵ 回、繰り返し荷重>150 MPa±20 MPa) を提供します。ツールの精密設計により、公差制御は±0.01 mm±0.005 mm、表面粗さは Ra<0.1 μm±0.05 μm が保証されます。

超硬合金工具の性能試験

では、45#鋼 (引張強度 600MPa)、アルミニウム合金 (500MPa)、チタン合金 (1000MPa)、または低炭素鋼 (400MPa) のスタンピング加工時に最適化された工具寿命が 300~600 時間±50 時間 (プロセスによる) を超え、切断/成形効率は 100~500cm³/分±10cm³/分または 1000~3000 個/時±100 個/時 (電力>200kW±50kW) に達しました。SEM 分析では刃先に明らかな亀裂は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (>95%±2%) が確認され、熱画像では熱応力分布が<120MPa±10MPa であることが示されました。

超硬合金工具の性能に影響を与える要因

Co 含有量が

6% ~ 12%±1% の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超では硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率 (CTE 6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8% ~ 10%±0.5% が推奨されます。

粒径

0.5 ~ 1 μm±0.01 μm は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 <0.015 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m)。1 ~ 1.5 μm±0.01 μm は中硬度の材料に適しており、2 μm±0.01 μm 超では摩耗率が 15%±3% 増加し、靱性が 10%±2% 低下します。

幾何学的角度

すくい角 5°~15°±2° またはダイス角 15°~30°±5° では、切断/成形効率が最適化されます (切削力 <50 N±5 N または圧力 <50 MPa±5 MPa、エネルギー消費量 <15 kWh/m³±2 kWh/m³)。15°±2° または 35°±5° では効率が 10%±2% 低下し、5°±2° 未満または 15°±5° 未満では欠け/破損のリスクが 5%±1% 高まります。

表面処理

エッジ/作業面の厚さ 2~4 mm±0.1 mm では耐摩耗性が向上し (寿命が 20%±3% 延長)、2 mm±0.1 mm 未満では寿命が 20%±3% 短縮 TiAlN コーティング (厚さ 0.5~2 μm±0.1 μm、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

成膜温度 $400\sim 500^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ は、摩擦係数 ($<0.25\pm 0.05$) を低減し、耐熱性 ($>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$) を向上させます。

熱処理後の

母材鋼は、支持性能を向上させるため、焼入れ（硬度 HRC $50\sim 62\pm 2$ 、深さ $1.5\sim 4\text{mm}\pm 0.2\text{mm}$ 、焼入れ温度 $850\sim 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）されます。焼入れ前の母材寿命は $15\%\pm 3\%$ 短縮され、焼戻し（ $200\sim 250^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、 $2\sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）により残留応力が $5\%\pm 1\%$ 低減されます。

作業環境

温度が $800^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ を超えると硬度が $3\%\pm 1\%$ 低下し、水分含有量が $5\%\pm 1\%$ を超える場合、または不純物含有量が $3\%\pm 0.5\%$ を超える場合、摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加します。また、Cl⁻ 含有環境（濃度が $0.5\%\pm 0.1\%$ を超える場合）では、腐食速度が $0.015\text{ mm/年}\pm 0.002\text{ mm/年}$ に増加します。

設備パラメータ:

切削速度 $50\sim 300\text{ m/分}\pm 10\text{ m/分}$ 、送り速度 $0.1\sim 0.5\text{ mm/r}\pm 0.05\text{ mm/r}$ 、または圧力 $50\sim 300\text{ MPa}\pm 10\text{ MPa}$ 、出力 $30\sim 400\text{ kW}\pm 50\text{ kW}$ は、工具寿命と効率に影響を与えます。パラメータが高すぎる場合（上限の $10\%\pm 1\%$ を超える場合）、工具寿命は $15\%\pm 2\%$ 短くなります。

超硬工具の種類

超硬旋削工具は

、低炭素鋼（引張強度 $300\sim 600\text{MPa}$ ）に適しており、刃幅 $5\sim 10\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、寿命 400 時間 ± 50 時間を超え、軸加工によく使用されます。

超硬フライス工具

は、アルミニウム合金（ $500\sim 700\text{MPa}$ ）に適しており、直径 $10\sim 20\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、耐衝撃性が強く（ $> 80\text{J}\pm 5\text{J}$ ）、平面フライス加工に適しています。

超硬ドリル工具は

、高強度鋼（ $800\sim 1200\text{MPa}$ ）に使用され、直径 $5\sim 15\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、優れた耐高圧性（ $> 150\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ ）を備え、深穴加工に適しています。

超硬工具は

、低炭素鋼のプレス加工（ $400\sim 600\text{MPa}$ ）に適しており、サイズは $10\sim 30\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、耐衝撃性（ $> 100\text{J}\pm 10\text{J}$ ）に優れています。

特殊な超硬工具

には、耐高温性（ $> 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で $95\%\pm 2\%$ を維持）と耐腐食性を備えたタイプがあり、チタン合金やニッケル基合金に適しています。

超硬合金工具の応用

自動車製造では

、エンジンシリンダー旋削（引張強度 $600\sim 800\text{MPa}$ ）に使用され、寿命は 400 $\sim$ 600 時間 ± 50 時間で、QC/T 480 規格に準拠しています。

航空宇宙

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

では、チタン合金フライス加工（1000～1500MPa）に使用され、耐衝撃性（>60 J、ピーク 150 J±10 J）により効率的な切削が保証され、AMS 4911 規格に準拠しています。金型加工

では、鋼製の金型の穴あけ（800～1000MPa）に使用され、廃棄物を削減し（<2%±0.5%）、ISO 286 規格に準拠しています。

腐食環境は

、塩分を含むステンレス鋼の切断に使用され、海水耐腐食性（>4000 時間±100 時間、Cl⁻濃度耐性>3.5%±0.5%）で、DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。

複合材料加工は

ニッケル基合金旋削（1200-1500 MPa）に使用され、耐摩耗性は 95%±2%を超え、試験効率は 2025 年です。

エネルギー設備

は石油掘削パイプのフライス加工（1000-1300 MPa）に使用され、耐圧性（>200 MPa±10 MPa）は API 6A 規格に適合しています。

電子部品

はアルミニウム合金の穴あけ加工（400-600 MPa）に使用され、表面仕上げ Ra<0.1μm±0.05μm は IPC-6012 規格に適合しています。

鉄道製造は

レール旋削（700-900 MPa）に使用され、廃棄物を削減（<1%±0.5%）し、EN 13674 規格に適合しています。

造船業は

船舶用鋼板のフライス加工（600-800 MPa）に使用され、耐衝撃性（>50 J、ピーク 120 J±10 J）は ISO 8062 規格に適合しています。

医療機器

製造では、ステンレス鋼の穴あけ加工（600～900MPa）、耐腐食性（3000 時間±100 時間以上）に使用され、ISO 13485 規格に準拠しています。

家電製品製造で

は、アルミニウムハウジング（400～600MPa）のプレス加工に使用され、表面粗さは Ra<0.1μm±0.05μm で、IEC 60335 規格に準拠しています。

建築金物製造

では、鋼製ボルト（700～900MPa）のプレス加工に使用され、廃棄物の削減（<1%±0.5%）に使用され、ASTM A307 規格に準拠しています。

超硬合金工具の技術進歩と今後の展開

新材料

では、ナノ WC（粒径<0.5μm±0.01μm）を導入することで硬度（HV 2200～2600±50）を向上させ、TaC と NbC を添加することで高温安定性（>900°C±20°C で 95%±2%を維持）を向上させています。2024 年の研究：Al₂O₃ コーティングの抗酸化特性（酸素重量増加<0.1%±0.05%/h）の向上。

インテリジェント監視

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

統合センサー（精度 $\pm 0.05\%$ ）は、摩耗（深さ $> 0.8\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$ ）と温度（ $< 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（誤差 $< 5\% \pm 1\%$ ）。企業は 2025 年にテストに成功しました。

3D プリント技術は

、SLM（層厚 $40 \sim 60\mu\text{m} \pm 5\mu\text{m}$ ）を使用して複雑なツールを製造し、材料の無駄を $10\% \pm 2\%$ 削減し、2024 年に $1500\text{ MPa} \pm 50\text{ MPa}$ の強度に達します。

環境適応性

耐腐食性および耐高圧ツール（耐圧 $> 250\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$ ）の開発、WC 粉末のリサイクル（リサイクル率 $> 80\% \pm 5\%$ ）、カーボンフットプリントの削減（ CO_2 削減 $20\% \pm 3\%$ ）、ISO 14040 規格に準拠しています。

超硬合金工具の国内規格と国際

規格 国内規格と国際規格には、以下のすべての関連規格とその番号が含まれます。

QC/T 480（自動車部品製造規格）

AMS 4911（航空宇宙用チタン合金規格）

ISO 286（製品の幾何学的仕様および公差）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）

DIN 17350（ドイツの金属材料規格）

JIS B 4053（日本金型設計規格）

API 6A（石油・ガス機器規格）

IPC-6012（電子部品製造規格）

EN 13674（鉄道レール規格）

ISO 8062（鑄造公差規格）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

IEC 60335（家庭用電化製品安全規格）

ASTM A307（建設用ボルトの規格）

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬切削工具とは何ですか？

超硬切削工具は、金属の切削、旋削、フライス加工、穴あけ加工用に設計された高効率工具であり、鋼、鋳鉄、非鉄金属、難加工材料の効率的な加工を目的としています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、最適化された工具形状と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を提供し、高速、高負荷、複雑な作業条件下でも高効率と長寿命を保証します。機械加工の重要な構成要素である切削工具は、加工精度、表面品質、生産効率に直接影響し、自動車製造、航空宇宙、金型加工などで広く使用されています。以下のコンテンツは、ネットワーク全体に関する最新情報と 2025 年の業界の技術進歩に基づいて、切削工具の特性、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

超硬合金切削工具の物理的および化学的性質

超硬合金切削工具は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）または熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）があり、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

工具の形状設計は、加工要件に応じてカスタマイズされます。旋削工具、フライスカッター、ドリルなど、刃幅 $2\sim 20\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、刃長 $50\sim 150\text{mm}\pm 2\text{mm}$ の工具を、工具ホルダー（H13 または M2 などの高強度鋼製、焼入れ硬度 HRC $50\sim 58\pm 2$ ）に取り付けます。固定方法は、機械式クランプ（クランプ力 $>10\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）または溶接（溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）を採用し、高い切削力（ $50\sim 200\text{N}\pm 10\text{N}$ 、ピーク値最大 $300\text{N}\pm 20\text{N}$ ）下でも安定した動作を保証します。切れ刃表面には多層コーティング（TiN、TiAlN、 Al_2O_3 など、厚さ $0.5\sim 4\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数を 0.2 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1\%\pm 0.5\%$ 未満）を向上させます。切削機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、すくい角 $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ 、バック角 $5^\circ\sim 10^\circ\pm 2^\circ$ を実現し、引張強度 $300\sim 1500\text{MPa}$ の様々な材料に適しています。

超硬合金切削工具の特性

WC は高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を提供します。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め（ K_{1c} $12\sim 16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）、衝撃エネルギーを吸収します（ $>60\text{J}\pm 5\text{J}$ 、瞬間ピー

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ク値 $>150\text{J}\pm 10\text{J}$)。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 $<0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (好ましくは $<0.015\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)、密度 $14.8\sim 15.2\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、熱膨張係数 (CTE) $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。 Cr_3C_2 を追加すると Cr_2O_3 保護層 (厚さ $<0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 $<0.01\text{mm}/\text{年}\pm 0.001\text{mm}/\text{年}$ 、 Cl^- 耐性 >3000 時間 ± 100 時間)。 TaC および NbC は高温硬度を高め ($>900^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ で初期硬度の $90\%\pm 2\%$ を維持し、熱安定性 $>95\%\pm 2\%$)。

超硬合金切削工具の動作原理:

工具は CNC 工作機械または旋盤の作用下で、せん断と摩擦によって材料を除去します (切削速度 $50\sim 300\text{m}/\text{分}\pm 10\text{m}/\text{分}$ 、送り速度 $0.1\sim 0.5\text{mm}/\text{r}\pm 0.05\text{mm}/\text{r}$ 、出力 $30\sim 250\text{kW}\pm 50\text{kW}$)。刃先は高い切削抵抗と熱負荷 (表面温度 $500\sim 900^\circ\text{C}\pm 50^\circ\text{C}$ 、瞬間最大 $1000^\circ\text{C}\pm 50^\circ\text{C}$) を受け、工具ハンドル鋼は構造的支持 (引張強度 $>1200\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$)、熱伝導 (熱伝導率 $40\sim 50\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\pm 2\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)、耐疲労性 (疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、周期的負荷 $>150\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$) を提供します。ツールの精密設計により、許容誤差は $\pm 0.01\text{mm}\pm 0.005\text{mm}$ 以内に制御され、表面粗さは $\text{Ra}<0.1\mu\text{m}\pm 0.05\mu\text{m}$ に抑えられます。

超硬合金切削工具の性能は、

45#鋼 (引張強度 600MPa)、アルミニウム合金 (500MPa)、チタン合金 (1000MPa) を加工する場合、工具寿命が $300\sim 600$ 時間 ± 50 時間以上 (材料の硬度によって異なります) になるように最適化されており、切削効率は $100\sim 500\text{cm}^3/\text{分}\pm 10\text{cm}^3/\text{分}$ (最大 $600\text{cm}^3/\text{分}\pm 10\text{cm}^3/\text{分}$ 、電力 $>200\text{kW}\pm 50\text{kW}$) です。SEM 分析では刃先に明らかな亀裂は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 ($>95\%\pm 2\%$) が確認され、熱画像では熱応力分布が $<100\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ であることが示されています。

超硬合金切削工具の性能に影響を与える要因

Co 含有量が

$6\% \sim 12\%\pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。 $6\%\pm 1\%$ 未満では亀裂率が $10\%\pm 2\%$ 増加し、 $12\%\pm 1\%$ 超では硬度が $5\%\pm 1\%$ 低下し、熱膨張率 (CTE $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、 $8\% \sim 10\%\pm 0.5\%$ が推奨されます。

粒径が

$0.5 \sim 1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ の場合、摩耗とマイクロクラックが効果的に低減します (摩耗率 $<0.015\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)。 $1 \sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ は中硬度の材料に適しており、 $2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ 超では摩耗率が $15\%\pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\%\pm 2\%$ 低下します。 $5^\circ \sim 15^\circ\pm 2^\circ$ の

幾何学的な

すくい角により、切削効率が最適化されます (切削力 $<50\text{N}\pm 5\text{N}$ 、エネルギー消費量 $<15\text{kWh}/\text{m}^3\pm 2\text{kWh}/\text{m}^3$)。 $>15^\circ\pm 2^\circ$ では効率が $10\%\pm 2\%$ 低下し、 $<5^\circ\pm 2^\circ$ では $5\%\pm 1\%$ の欠けが発生するリスクが高まります。

表面処理

刃先の厚さが $2\sim 4\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ の場合、耐摩耗性が向上します (寿命が $20\%\pm 3\%$ 延長)。 $<2\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ の場合、寿命が $20\%\pm 3\%$ 短縮され、 $>4\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ の場合、コストが $15\%\pm 2\%$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

増加します。TiAlN コーティング（厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ 、堆積温度 $400\sim 500^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $<0.25\pm 0.05$ ）を低減し、耐熱性（ $>900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）を向上させます。

熱処理された

シャンク鋼を焼入れ（硬度 HRC $50\sim 58\pm 2$ 、深さ $1.5\sim 3\text{mm}\pm 0.2\text{mm}$ 、焼入れ温度 $850\sim 900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）すると、支持性能が向上し、焼入れされていないシャンクの寿命が $15\%\pm 3\%$ 短縮されます。また、焼戻し（ $200\sim 250^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、 $2\sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）すると、残留応力が $5\%\pm 1\%$ 減少します。

作業環境

温度が $800^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ を超えると硬度が $3\%\pm 1\%$ 低下し、水分含有量が $5\%\pm 1\%$ を超える場合、または不純物含有量が $3\%\pm 0.5\%$ を超える場合は摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加し、Cl⁻ 含有環境（濃度が $0.5\%\pm 0.1\%$ を超える場合）では腐食速度が $0.015\text{mm}/\text{年}\pm 0.002\text{mm}/\text{年}$ に増加します。

設備パラメータ:

切削速度 $50\sim 300\text{ m}/\text{分}\pm 10\text{ m}/\text{分}$ 、送り速度 $0.1\sim 0.5\text{ mm}/\text{r}\pm 0.05\text{ mm}/\text{r}$ 、出力 $30\sim 250\text{ kW}\pm 50\text{ kW}$ は工具寿命と効率に影響します。パラメータが高すぎる場合（上限の $10\%\pm 1\%$ を超える場合）、工具寿命は $15\%\pm 2\%$ 短くなります。

超硬切削工具の種類

標準旋削工具

は低炭素鋼（引張強度 $300\sim 600\text{MPa}$ ）に適しており、刃幅は $5\sim 10\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、寿命は 400 時間 ± 50 時間を超え、シャフト加工によく使用されます。

フライス加工工具

はアルミニウム合金（ $500\sim 700\text{MPa}$ ）に適しており、直径は $10\sim 20\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、耐衝撃性が強く（ $80\text{J}\pm 5\text{J}$ 以上）、平面フライス加工に適しています。ドリル

ビット

は高強度鋼（ $800\sim 1200\text{MPa}$ ）に使用され、直径は $5\sim 15\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、耐高圧性に優れ（ $150\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ 以上）、深穴加工に適しています。

特殊切削工具

には、チタン合金やニッケル基合金に適した、耐高温タイプ（ $900^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 以上で $95\%\pm 2\%$ を維持）や耐腐食タイプなどがあります。

超硬合金切削工具の応用

自動車製造

、エンジンシリンダー旋削に使用（引張強度 $600\sim 800\text{MPa}$ ）、耐用年数は $400\sim 600$ 時間 ± 50 時間、QC/T 480 標準に準拠。

航空宇宙分野は

、チタン合金のフライス加工（ $1000\sim 1500\text{MPa}$ ）に使用され、耐衝撃性（ $>60\text{J}$ 、ピーク $150\text{J}\pm 10\text{J}$ ）により効率的な切削を確保し、AMS 4911 規格に準拠しています。

金型加工は

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

、鋼製金型の穴あけ加工（800～1000MPa）に使用され、廃棄物を削減し（ $<2\%\pm0.5\%$ ）、ISO 286 規格に準拠しています。

腐食環境

は、塩分を含むステンレス鋼の切削に使用され、海水に対する耐腐食性（ >4000 時間 ± 100 時間、Cl⁻濃度耐性 $>3.5\%\pm0.5\%$ ）を備え、DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。

複合材料加工は

、ニッケル基合金の旋削加工（1200～1500MPa）に使用され、耐摩耗性 $>95\%\pm2\%$ を備えています。

エネルギー機器

は、石油掘削パイプのミリング（1000～1300 MPa）、耐圧（ $>200\text{ MPa}\pm10\text{ MPa}$ ）に使用され、API 6A 規格に準拠しています。

電子部品は

、IPC-6012 規格に準拠した表面仕上げ $Ra<0.1\mu\text{m}\pm0.05\mu\text{m}$ のアルミニウム合金ドリル（400～600MPa）に適用されます。

スクラップを削減し（ $<1\%\pm0.5\%$ ）、EN 13674 規格に準拠したレール旋削（700 ～ 900 MPa）用の鉄道製造。

造船業

：船舶用鋼板（600～800 MPa）のフライス加工に使用、耐衝撃性（ $>50\text{ J}$ 、ピーク $120\text{ J}\pm10\text{ J}$ ）、ISO 8062 に準拠。

医療機器：

ステンレス鋼（600～900 MPa）の穴あけ加工に使用、耐腐食性（ >3000 時間 ± 100 時間）、ISO 13485 に準拠。

超硬合金切削工具の技術進歩と今後の展開

新素材

ナノ WC（粒子径 $<0.5\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ ）の導入により硬度（HV 2200～2600 ± 50 ）が向上し、TaC と NbC の添加により高温安定性（ $>900^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ で $95\%\pm2\%$ を維持）が向上しました。

インテリジェントモニタリング

統合センサー（精度 $\pm 0.05\%$ ）は、摩耗（深さ $>0.8\text{mm}\pm0.05\text{mm}$ ）と温度（ $<900^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ ）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（誤差 $<5\%\pm1\%$ ）。

3D プリント技術

は、SLM（層厚 $40\sim60\mu\text{m}\pm5\mu\text{m}$ ）を使用して複雑なツールを製造し、材料の無駄を $10\%\pm2\%$ 削減します。

環境適応性により、

耐腐食性と耐高圧性を備えた工具（耐圧性 $>250\text{ MPa}\pm10\text{ MPa}$ ）が開発されます。WC 粉末の

持続可能な

リサイクル（リサイクル率 $>80\%\pm5\%$ ）により、ISO 14040 規格に沿って、カーボン フットプリント（CO₂ 排出量削減 $20\%\pm3\%$ ）が削減されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬合金切削工具の国内規格と国際規格

国内規格と国際規格には、以下のすべての関連規格とその番号が含まれます。

QC/T 480（自動車部品製造規格）

AMS 4911（航空宇宙用チタン合金規格）

ISO 286（製品の幾何学的仕様および公差）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）

DIN 17350（ドイツの金属材料規格）

JIS B 4053（日本金型設計規格）

API 6A（石油・ガス機器規格）

IPC-6012（電子部品製造規格）

EN 13674（鉄道レール規格）

ISO 8062（鋳造公差規格）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

超硬押出ダイスとは何ですか？

超硬合金押出ダイスは、冷間押出、熱間押出、精密成形用に設計された高性能工具であり、高強度鋼、非鉄金属、複雑形状部品の効率的な加工を目的としています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用し、最適化された幾何学的構造と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を実現し、高圧、高温、複雑な作業条件下でも高効率と長寿命を保証します。超硬合金押出ダイスは、精密製造における重要な部品として、その比類のない性能と信頼性により、自動車トランスミッション部品、航空構造部品、電子コネクタ製造に広く使用されており、部品精度、表面品質、生産コストに直接影響を与えます。2025 年の業界の技術進歩により、その応用可能性はさらに高まり、最新のデータでは、高強度材料加工におけるその性能が特に優れていることが示されています。

超硬合金押出ダイスの物理的および化学的性質

超硬合金押出ダイスは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $8\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

ダイの形状設計は、押出成形の要求に合わせてカスタマイズされます。押出バレル、パンチ、ダイなど、サイズ範囲は $10\sim 50\text{mm}\pm 1\text{mm}$ （部品によって異なります）で、ダイベース（H13 または D2 などの高強度合金鋼製、焼入れ硬度 HRC $50\sim 58\pm 2$ ）に取り付けられます。固定方法は、高周波誘導溶接（温度 $1200\sim 1300^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、溶接強度 $>800\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）または機械的締結（締結力 $>15\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）を採用し、高圧（ $200\sim 500\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ 、ピーク値最大 $600\text{MPa}\pm 30\text{MPa}$ ）下でも安定した動作を保証します。作業面は多層コーティング（TiN、TiAlN、AlCrN など、厚さ $1\sim 3\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）が可能で、摩擦係数は 0.2 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1.5\%\pm 0.5\%$ 未満）が向上します。押出機構と熱伝導の最適化を統合した設計で、入口角度は $15^\circ\sim 30^\circ\pm 5^\circ$ 、後方傾斜角度は $5^\circ\sim 10^\circ\pm 2^\circ$ で、引張強度 $600\sim 1500\text{MPa}$ の様々な材料に適しています。

超硬合金押出ダイスの特性

WC は、高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ K_{Ic} $12\sim 16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）を高め、衝撃エネルギー（ $>100\text{J}\pm 10\text{J}$ 、瞬

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

間ピーク値 $>250 \text{ J} \pm 20 \text{ J}$ ）を吸収します。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 $<0.04 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ （好ましくは $<0.02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ）、密度 $14.8 \sim 15.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数 (CTE) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。 Cr_3C_2 を追加すると Cr_2O_3 保護層（厚さ $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ ）が生成され、耐食性が向上します（腐食率 $<0.01 \text{ mm/年} \pm 0.001 \text{ mm/年}$ 、 Cl^- 耐性 $>3000 \text{ 時間} \pm 100 \text{ 時間}$ ）。TaC および NbC は高温硬度を高め（ $>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ で初期硬度の $90\% \pm 2\%$ を維持し、熱安定性 $>95\% \pm 2\%$ ）。

超硬合金押出ダイの動作原理

ダイは、油圧プレスまたは押出設備（圧力 $200 \sim 500 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$ 、速度 $5 \sim 20 \text{ m/s} \pm 2 \text{ m/s}$ 、出力 $100 \sim 500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ ）の作用下で、金属材料を押し出し、塑性変形させることにより成形するために使用されます。作業面は高圧と熱負荷（表面温度 $500 \sim 1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ 、熱間押出時には最大 $1100^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ ）を受け、ベース鋼は構造支持（引張強度 $>1300 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ ）、熱伝導（熱伝導率 $40 \sim 50 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ）、耐疲労性（疲労寿命 $>10^6 \text{ 回} \pm 10^5 \text{ 回}$ 、繰返し荷重 $>250 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$ ）を提供します。金型の精密設計により、公差は $\pm 0.01 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$ に、表面粗さは $Ra < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.05 \mu\text{m}$ に制御されます。

超硬合金押出ダイスの性能は、

高強度鋼（ 1000 MPa ）、アルミニウム合金（ 600 MPa ）、銅合金（ 500 MPa ）を加工する場合、ダイスの寿命が $400 \sim 700 \text{ 時間} \pm 50 \text{ 時間}$ 以上、生産効率が $500 \sim 2000 \text{ 個/時} \pm 100 \text{ 個/時}$ （最大 $2500 \text{ 個/時} \pm 100 \text{ 個/時}$ 、電力 $> 400 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$ ）になるように最適化されています。SEM 分析では表面に明らかな摩耗は見られず、X 線回折（XRD）では WC 相の高結晶度（ $>95\% \pm 2\%$ ）が確認され、熱画像では熱応力分布が $<150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ であることが示されています。

セメント炭化物押出ダイスの性能に影響する要因

Co 含有量が

$8\% \sim 12\% \pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の間の最適なバランスが実現されます。 $<8\% \pm 1\%$ の場合、亀裂率が $10\% \pm 2\%$ 増加します。 $>12\% \pm 1\%$ の場合、硬度が $5\% \pm 1\%$ 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、 $9\% \sim 11\% \pm 0.5\%$ が推奨されます。

粒径

$0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します（摩耗率 $<0.02 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ）。 $1 \sim 1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中硬度材料に適しており、 $>2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗率が $15\% \pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\% \pm 2\%$ 低下します。幾何学的

角度

：ダイ角度 $15^\circ \sim 30^\circ \pm 5^\circ$ は押し出し効率を最適化します（圧力 $<200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ 、エネルギー消費量 $<25 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$ ）。 $>35^\circ \pm 5^\circ$ では効率が $10\% \pm 2\%$ 低下し、 $<15^\circ \pm 5^\circ$ では $5\% \pm 1\%$ のクラックリスクが生じやすくなります。

表面処理：

作業面の厚さが $3 \sim 5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ の場合、耐摩耗性が向上し（寿命が $20\% \pm 3\%$ 延長）、 $3 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 未満の場合、寿命が $20\% \pm 3\%$ 短縮し、 $5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ を超える場合、コストが $15\% \pm 2\%$ 増加します。TiAlN コーティング（厚さ $1 \sim 2 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、堆積温度 $400 \sim 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $<0.25 \pm 0.05$ ）を低減し、耐熱性（ $>1000^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）を向上させます。熱処理された母材

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

鋼

は、支持性能を向上させるため、焼入れ（硬度 HRC 50～58±2、深さ 2～4mm±0.2mm、焼入れ温度 850～900°C±20°C）され、焼入れ前の母材寿命は 15%±3%短縮され、焼戻し（200～250°C±10°C、2～4 時間±0.5 時間）により残留応力が 5%±1%減少します。

作業環境

温度>1000°C±50°Cでは硬度が 3%±1%低下し、水分含有量>5%±1%または不純物含有量>3%±0.5%では摩耗が 5%±1%増加し、Cl⁻含有環境（濃度>0.5%±0.1%）では腐食速度が 0.015mm/年±0.002mm/年に増加します。

設備パラメータ

（圧力 200～500MPa±20MPa、速度 5～20m/s±2m/s、出力 100～500kW±50kW）は、金型寿命と効率に影響を及ぼします。パラメータが過大（上限の 10%±1%を超える）の場合、寿命は 15%±2%短くなります。

超硬合金押出ダイスの種類

冷間押出ダイスは高強度鋼（800～1200MPa）に適しており、サイズは 20～50mm±1mm、優れた高圧耐性（>400MPa±20MPa）を備え、トランスミッションシャフトによく使用されます。

熱間押出ダイスは

アルミニウム合金（500～700MPa）に適しており、サイズは 15～40mm±1mm、強力な高温耐性（>1000°C±20°C で 95%±2%を維持）を備え、航空構造部品に使用されます。

精密成形ダイス

は銅合金またはステンレス鋼（600～1000MPa）に使用され、サイズは 10～30mm±1mm、高精度（許容差±0.01mm±0.005mm）を備え、電子コネクタに適しています。

特殊押出ダイスに

は耐腐食タイプや超高压タイプ（耐圧>500MPa±20MPa）があり、過酷な環境に適しています。

超硬合金押出ダイスの応用

自動車トランスミッション部品は

、トランスミッションシャフト（1000～1200 MPa）の冷間押出に使用され、QC/T 480 標準に準拠し、500～700 時間±50 時間の耐用年数を備えています。

航空構造部品は

、アルミニウム合金（500～700 MPa）の熱間押出に使用され、AMS 4911 標準に準拠し、高温耐性（>1000°C±20°C）により効率的な成形を保証します。

電子コネクタ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

は、銅合金（500～800 MPa）の精密押出に使用され、表面粗さは $Ra < 0.2 \mu m \pm 0.05 \mu m$ で、IPC-6012 標準に準拠しています。

エネルギー機器は

、API 6A 標準に準拠し、圧力耐性（ $> 500 MPa \pm 20 MPa$ ）を備えた高圧バルブボディ押出に使用されます。

腐食環境は

、塩分を含むステンレス鋼の押し出しに適しており、海水腐食耐性（ > 4000 時間 ± 100 時間、 Cl^- 濃度に対する耐性 $> 3.5\% \pm 0.5\%$ ）を備え、DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。

医療機器

はステンレス鋼の精密押し出し（600～900 MPa）に使用され、耐腐食性（ > 3000 時間 ± 100 時間）は ISO 13485 規格に準拠しています。

鉄道部品は、

スチールブッシング（800～1000 MPa）の冷間押し出しに使用され、廃棄物を削減し（ $< 2\% \pm 0.5\%$ ）、EN 13674 規格に準拠しています。

造船業界

では、海洋アルミニウム合金（500～700 MPa）の熱間押し出しに使用され、耐衝撃性（ $> 100 J \pm 10 J$ ）は ISO 8062 規格に準拠しています。

建設用金物は

、鋼製ナットの押し出し加工（700～900 MPa）に使用され、表面仕上げは $Ra < 0.2 \mu m \pm 0.05 \mu m$ で、ASTM A307 規格に準拠しています。

家電製品製造

用のアルミハウジングの冷間押し出し加工（400～600 MPa）では、精度は $\pm 0.01 mm \pm 0.005 mm$ で、IEC 60335 規格に準拠しています。

超硬合金押出ダイスの技術進歩と今後の展開

新材料は

ナノ WC（粒子 $< 0.5 \mu m \pm 0.01 \mu m$ ）を導入して硬度（HV 2200-2600 ± 50 ）を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性（ $> 1000^\circ C \pm 20^\circ C$ で $95\% \pm 2\%$ を維持）を強化します。

インテリジェント監視

統合センサー（精度 $\pm 0.05\%$ ）は、摩耗（深さ $> 1 mm \pm 0.05 mm$ ）と温度（ $< 1100^\circ C \pm 20^\circ C$ ）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（誤差 $< 5\% \pm 1\%$ ）。

3D プリント技術は

SLM（層厚 $40 \sim 60 \mu m \pm 5 \mu m$ ）を使用して複雑な金型を製造し、材料の無駄を $10\% \pm 2\%$ 削減します。

環境適応性により、

耐腐食性と超高压の金型（耐圧 $> 600 MPa \pm 20 MPa$ ）を開発します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC 粉末の持続可能なリサイクル（リサイクル率 $>80\% \pm 5\%$ ）により、ISO 14040 規格に準拠して炭素フットプリント（CO₂ 削減 $20\% \pm 3\%$ ）が削減されます。

関連する国内および国際規格

QC/T 480（自動車部品製造規格）

AMS 4911（航空宇宙用チタン合金規格）

IPC-6012（電子部品製造規格）

ISO 286（製品の幾何学的仕様および公差）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

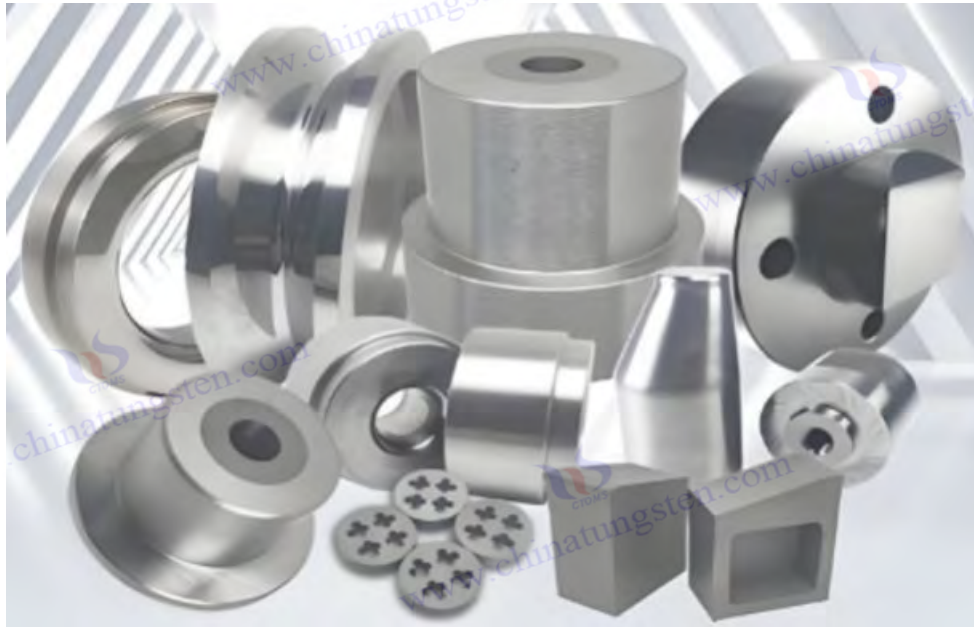
GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）

DIN 17350（ドイツの金属材料規格）

API 6A（石油・ガス機器規格）

ISO 8062（鋳造公差規格）



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬流体制御シール

超硬流体制御シールは、高圧、高腐食性、高温環境向けに設計された高性能シール部品であり、石油・ガス、化学工業、航空宇宙、水处理などの分野で広く使用されています。その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、精密機械加工と耐腐食コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性を提供し、過酷な作業条件下でもシールの完全性と長期信頼性を維持します。流体制御システムの主要部品として、超硬シールは、その強靱な特性と高効率性能により、複雑なエンジニアリング環境における信頼できるガードとなり、システム効率、漏れ率、および機器寿命に直接影響します。

超硬合金製流体制御シールの物理的・化学的性質

超硬合金製シールは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-10\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ $\text{Cr}_3\text{C}_2 0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 $\text{VC} < 1\%\pm 0.1\%$ 、 $\text{TaC} 1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、 $\text{NbC} 0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充することで、粒径、耐摩耗性、耐腐食性を最適化しています。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60\text{分}\pm 5\text{分}$ ）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10\text{分}\pm 1\text{分}$ ）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。シールの形状設計は、用途に応じてカスタマイズされます。環状シール、バルブシート、スリーブなど、サイズ範囲は $5\sim 50\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ （パイプラインによって異なります）で、ステンレス鋼またはチタン合金の基板（引張強度 $>1000\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ 、硬度 HRC $40\sim 50\pm 2$ ）に設置されます。固定方法は、機械圧入（圧入力 $>10\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）または高周波溶接（溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）で、高圧下（ $50\sim 300\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ 、ピーク値最大 $400\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ ）でも安定した動作を保証します。シール面に多層コーティング（TiN、CrN、WC/C など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.15 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1\%\pm 0.5\%$ 未満）を向上させます。流体力学と熱伝導の最適化を融合した設計により、接触角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ 、動作温度範囲は $-50^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ です。

セメント炭化物流体制御シールの材料特性

WC は、高硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造は、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $> 800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $> 95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ $K_{IC} 12\sim 16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）を高め、衝撃エネルギー（ $> 50\text{J}\pm 5\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $> 120\text{J}\pm 10\text{J}$ ）を吸収します。微粒子と最適化されたミクロ構造、摩耗率 $< 0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ （好ましくは $< 0.015\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、密度 $14.8\sim 15.2\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、熱膨張係数（CTE） $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。Cr₃C₂

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

を追加すると Cr_2O_3 保護層 (厚さ $<0.1\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 $<0.01\ \text{mm}/\text{年}\pm 0.001\ \text{mm}/\text{年}$ 、 Cl^- 耐性 >5000 時間 ± 200 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高め、 $>900^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ で初期硬度の $90\%\pm 2\%$ を維持し、熱安定性は $>95\%\pm 2\%$ 。

超合金製流体制御シールの動作原理 シールは、バルブ、ポンプ、またはパイプラインシステムの作動下で、密着性と弾性変形により流体の漏れを防止します (圧力 $50\sim 300\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ 、流量 $1\sim 10\text{m}^3/\text{s}\pm 1\text{m}^3/\text{s}$ 、電力 $50\sim 300\text{kW}\pm 50\text{kW}$)。シール面は高圧と熱負荷 (表面温度 $-50^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、極限温度 $600^\circ\text{C}\pm 30^\circ\text{C}$) にさらされ、マトリックス材料は構造的サポート (引張強度 $>1000\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$)、熱伝導 (熱伝導率 $30\sim 40\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\pm 2\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)、耐疲労性 (疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、周期的負荷 $>150\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$) を提供します。シール部の精密設計により、許容誤差は $\pm 0.005\ \text{mm}\pm 0.002\ \text{mm}$ 、表面粗さは $R_a<0.1\ \mu\text{m}\pm 0.05\ \mu\text{m}$ 、漏れ率は $<0.001\ \text{ml}/\text{min}\pm 0.0005\ \text{ml}/\text{min}$ に制御されます。

超合金製流体制御シールの性能は、 高圧天然ガス ($200\ \text{MPa}$)、海水 (Cl^- 含有率 $3\%\pm 0.5\%$ 以上)、または高温蒸気 ($400^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$) の処理において、 $500\sim 800$ 時間 ± 50 時間以上の寿命と $99.99\%\pm 0.01\%$ (リーク率 $<0.001\ \text{ml}/\text{min}\pm 0.0005\ \text{ml}/\text{min}$) を実現するように最適化されています。SEM 分析では表面に明らかな摩耗は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 ($>95\%\pm 2\%$) が確認され、熱画像では熱応力分布が $<100\ \text{MPa}\pm 10\ \text{MPa}$ であることが示されています。

セメント炭化物流体制御シールの性能に影響を及ぼす要因

Co 含有量が

$6\%\sim 10\%\pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の間の最適なバランスが実現され、 $6\%\pm 1\%$ 未満では亀裂率が $10\%\pm 2\%$ 増加し、 $10\%\pm 1\%$ 超では硬度が $5\%\pm 1\%$ 低下し、熱膨張率 (CTE $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストの両方を考慮すると、 $7\%\sim 9\%\pm 0.5\%$ が好ましいです。

粒径

$0.5\sim 1\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 $<0.015\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\ \text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)。

$1\sim 1.5\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ は中圧環境に適しており、 $2\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ を超えると摩耗率が $15\%\pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\%\pm 2\%$ 低下します。

幾何学的角度

接触角 $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ はシール性能を最適化します (リーク率 $<0.001\ \text{ml}/\text{min}\pm 0.0005\ \text{ml}/\text{min}$)。 $15^\circ\pm 2^\circ$ を超えるとシール効率が $5\%\pm 1\%$ 低下し、 $5^\circ\pm 2^\circ$ 未満の場合は不均一接触リスクが $5\%\pm 1\%$ に達しやすくなります。

表面処理

シール面の厚さが $2\sim 3\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ の場合、耐摩耗性が向上し (寿命が $20\%\pm 3\%$ 延長)、 $2\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ 未満の場合、寿命が $20\%\pm 3\%$ 短縮され、 $3\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ を超える場合、コストが $15\%\pm 2\%$ 増加します。CrN コーティング (厚さ $0.5\sim 1\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$ 、堆積温度 $400\sim 450^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$) は、摩擦係数 ($<0.2\pm 0.05$) を低減し、耐腐食性 (Cl^- 耐性 >6000 時間 ± 200 時間) を向上させます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

熱処理:

母材を焼入れ（硬度 HRC40～50±2、深さ 1～3mm±0.2mm、焼入れ温度 800～850°C±20°C）すると支持性能が向上し、焼入れしていない母材の寿命は 15%±3% 短縮され、焼戻し（200～250°C±10°C、2～4 時間±0.5 時間）すると残留応力が 5%±1% 減少します。

作業環境

温度>500°C±20°Cでは硬度が 3%±1%低下し、水分含有量>5%±1%または不純物含有量>3%±0.5%では摩耗が 5%±1%増加し、Cl⁻環境（濃度>0.5%±0.1%）での腐食速度は 0.015mm/年±0.002mm/年に増加します。

設備パラメータ（

圧力 50～300MPa±10MPa、流量 1～10m/s±1m/s、電力 50～300kW±50kW）は、シールの寿命と効率に影響を与えます。パラメータが過大（上限の 10%±1%を超える）の場合、寿命は 15%±2%短くなります。

カーバイド流体制御シールの種類

リングシールは

高圧バルブ（100～200 MPa）に適しており、サイズは 10～30 mm ± 0.5 mm で、耐圧性に優れています（> 300 MPa ± 10 MPa）。

シートシール

はケミカルポンプ（50～150 MPa）に適しており、サイズは 5～20 mm ± 0.5 mm で、耐腐食性が強い（Cl⁻耐性> 5000 時間±200 時間）。

スリーブシール

は航空油圧システム（200～300 MPa）で使用され、サイズは 15～40 mm ± 0.5 mm で、耐高温性（> 500°C ± 20°C）です。

特殊シールには、

極限環境向けの超高温（> 600°C ± 20°C）および超腐食性タイプがあります。

セメントカーバイド流体制御シールの用途

石油およびガスは

、API 6A 規格に準拠した、600～800 時間±50 時間の高圧天然ガスバルブ（200～300 MPa）に使用されます。

化学産業は、

ISO 10423 規格に準拠した、Cl⁻腐食耐性（> 5000 時間± 200 時間）を備えた腐食性流体ポンプ（50～150 MPa）に使用されます。

航空宇宙は

、AMS 2750 規格に準拠した、信頼性を確保するための油圧システムシール（200～300 MPa）に使用され、高温耐性（> 500°C ± 20°C）を備えています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

水处理は

、DNVGL-RP-C203 規格に準拠した、海水パイプライン（圧力 50～100 MPa）に適しており、海水腐食耐性（> 6000 時間±200 時間）を備えています。

エネルギー機器

は、高温蒸気バルブ（300～400 MPa）、耐熱性（> 500°C±20°C）に使用され、ASME B16.34 規格に準拠しています。

医療機器

は、高圧液体供給（50～100 MPa）、耐腐食性（> 4000 時間±100 時間）に使用され、ISO 13485 規格に準拠しています。

造船業界は

、海水冷却システム（50～150 MPa）、耐衝撃性（> 50 J±5 J）に使用され、ISO 8062 規格に準拠しています。

電子機器製造業界

は、半導体プロセスガス制御（100～200 MPa）、表面粗さ $Ra < 0.1 \mu m \pm 0.05 \mu m$ に使用され、SEMI F19 規格に準拠しています。

鉄道輸送は

、EN 13452 規格に準拠した高圧ブレーキシステム（150～250 MPa）に使用され、漏れ低減（< 0.001 ml/min ± 0.0005 ml/min）が求められます。

建設パイプライン

は、ASTM F1476 規格に準拠した高圧水管シーリング（50～100 MPa）に使用され、耐摩耗性は 95%±2%を超えます。

セメント炭化物流体制御シールの国内および国際規格

国内および国際規格には、次のすべての関連規格とその番号が含まれます。

API 6A（石油・ガス機器規格）

ISO 10423（バルブおよび坑口設備の規格）

AMS 2750（航空宇宙熱処理規格）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

ASME B16.34（バルブの圧力および温度定格規格）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

ISO 8062（鋳造公差規格）

SEMI F19（半導体製造規格）

EN 13452（鉄道ブレーキシステム規格）

ASTM F1476（配管システムの規格）

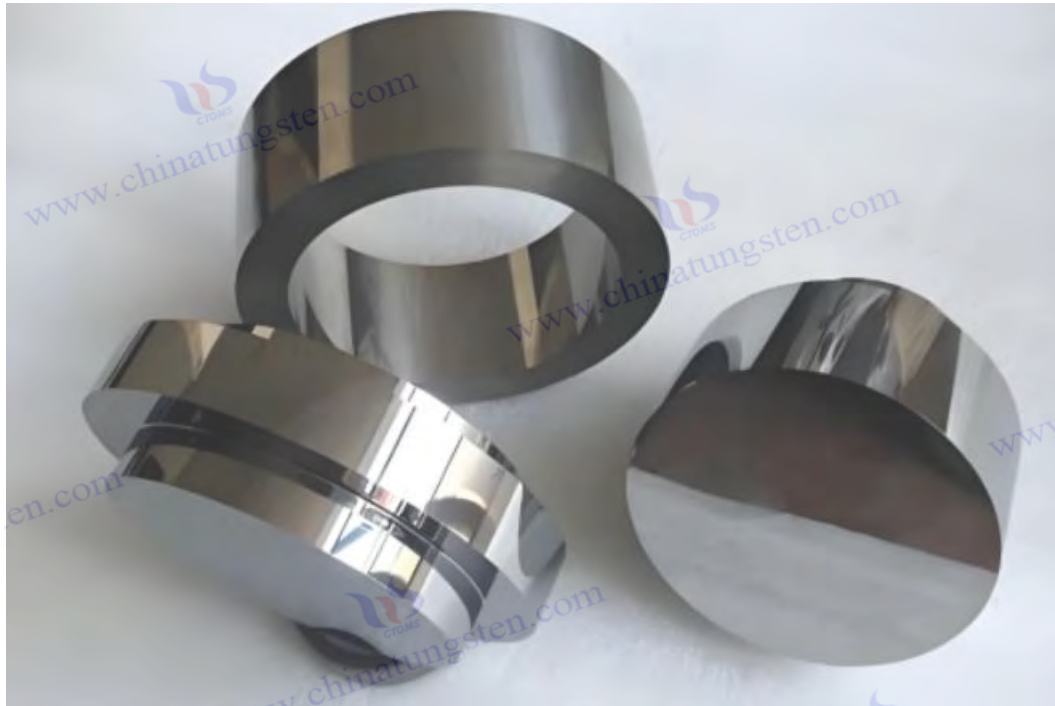
GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



超硬線引きダイス

超硬伸線ダイスは、金属線、棒、管などの伸線加工用に設計された高性能ダイスで、電線・ケーブル、自動車部品、精密製造などに広く使用されています。その核心的な優位性は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用し、精密成形と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を実現し、高伸線力、高速、複雑な作業条件下でも高効率と長寿命を保証します。伸線工程の中核を担う超硬伸線ダイスは、優れた精度と耐久性により、線材精度、表面品質、生産効率に直接影響を与えます。2025 年の技術革新により、高強度材料の加工において特に注目を集めています。

超硬合金製伸線ダイスの物理的および化学的性質

超硬合金製伸線ダイスは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-10\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、 NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐高温性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

伸線ダイスの幾何学的設計は、線径に応じてカスタマイズされ、テーパ状のダイス穴と圧縮部を備え、内孔径は $0.1\sim 20\text{mm}\pm 0.01\text{mm}$ 、ダイス長さは $20\sim 50\text{mm}\pm 1\text{mm}$ です。ダイスは鋼製ダイススリーブ（引張強度 $>1200\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ 、硬度 HRC $45\sim 55\pm 2$ ）に取り付けられています。固定方法は、機械圧入（圧入力 $>12\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）または接着（接着強度 $>600\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）を採用し、高い伸線力（ $50\sim 300\text{N}\pm 10\text{N}$ 、ピーク値最大 $400\text{N}\pm 20\text{N}$ ）下でも安定した動作を保証します。ダイス穴表面に多層コーティング（TiN、TiAlN、DLC など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.1 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と平滑性（表面粗さ $\text{Ra}<0.05\mu\text{m}\pm 0.02\mu\text{m}$ ）を向上させます。本設計は、絞り機構と熱伝導の最適化を統合し、円錐角は $10^\circ\sim 20^\circ\pm 2^\circ$ 、圧縮比は $1.2\sim 2.0\pm 0.1$ で、引張強度 $300\sim 1500\text{MPa}$ の様々な材料に適しています。

超硬合金線引き

ダイスの材料特性 WC は、高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造は、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を提供します。Co は、固溶強化と塑性変形により靱性を高め（ K_{IC} $12\sim 16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）、衝撃エネルギーを吸収します（ $>60\text{J}\pm 5\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $>150\text{J}\pm 10\text{J}$ ）。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 $<0.02\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ （好ましくは $<0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、密度 14.8

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

～15.2 g/cm³±0.1 g/cm³、熱膨張係数 (CTE) 6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層 (厚さ <0.1 μm±0.01 μm) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 <0.01 mm/年±0.001 mm/年、Cl⁻ 耐性 >3000 時間±100 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高め (＞900°C±20°C で初期硬度の 90%±2% を維持し、熱安定性 >95%±2%)。

超硬合金伸線ダイスの動作原理

伸線ダイスは、伸線機 (伸線速度 5～50 m/s±2 m/s、伸線力 50～300 N±10 N、出力 20～200 kW±50 kW) の作用下で、ダイス穴の圧縮と塑性変形を通じて金属材料を伸線します。ダイス穴表面は高い摩擦と熱負荷 (表面温度 100～400°C±20°C) を受け、ダイススリーブは構造的支持 (引張強度 >1200 MPa±50 MPa)、熱伝導 (熱伝導率 40～50 W/m·K±2 W/m·K)、耐疲労性 (疲労寿命 >10⁶ 回±10⁵ 回、繰返し荷重 >150 MPa±20 MPa) を提供します。伸線ダイスの精密設計により、公差は ±0.005mm±0.002mm に制御され、表面粗さ Ra は <0.05μm±0.02μm、線径偏差は <0.01mm±0.005mm となります。

超硬合金線引きダイスの性能

銅線 (引張強度 400MPa)、鋼線 (1000MPa)、またはアルミ線 (300MPa) の線引き条件下では、最適化された線引きダイスの寿命は 500～800 時間±50 時間を超え、生産効率は 100～500m/分±10m/分 (電力 >100kW±50kW) に達します。SEM 分析ではダイス穴に明らかな摩耗は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (>95%±2%) が確認され、熱画像では熱応力分布が <120MPa±10MPa であることが示されています。

超硬合金線引きダイスの性能に影響を及ぼす要因

Co 含有量が

6%～10%±1% の場合、硬度と靱性の間の最適なバランスが実現され、6%±1% 未満の場合、亀裂率が 10%±2% 増加し、10%±1% 超の場合、硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率 (CTE 6×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、7%～9%±0.5% が好ましいです。

粒径

0.5～1μm±0.01μm は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 <0.01mm³/N·m±0.01mm³/N·m)。1～1.5μm±0.01μm は中硬度材料に適しており、>2μm±0.01μm では摩耗率が 15%±3% 増加し、靱性が 10%±2% 低下します。

幾何学的角度の

円錐角 10°～20°±2°は、引き抜き効率を最適化します (引き抜き力 <200N±10N、エネルギー消費量 <10kWh/m³±1kWh/m³)。>20°±2°では効率が 10%±2% 低下し、<10°±2°ではワイヤー破損のリスクが 5%±1% に達しやすくなります。

表面処理

ダイス穴の厚さが 1～2mm±0.1mm の場合、耐摩耗性が向上し (寿命が 20%±3% 延長)、<1mm±0.1mm の場合、寿命が 20%±3% 短縮され、>2mm±0.1mm の場合、コストが 15%±2% 増加します。DLC コーティング (厚さ 0.5～1μm±0.1μm、堆積温度 200～300°C±20°C) は、摩擦係数 (<0.1±0.05) を低減し、平滑性を向上させます (Ra <0.05μm±0.02μm)。

熱処理:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ダイススリーブの焼入れ（硬度 HRC 45~55±2、深さ 1~3mm±0.2mm、焼入れ温度 850~900°C±20°C）により、支持性能が向上し、焼入れされていないダイススリーブの寿命は 15%±3% 短縮されます。焼戻し（200~250°C±10°C、2~4 時間±0.5 時間）により残留応力が 5%±1% 減少します。

作業環境

温度が 400°C±20°C を超えると硬度が 3%±1% 減少し、水分含有量が 5%±1% を超える場合、または不純物含有量が 3%±0.5% を超える場合、摩耗が 5%±1% 増加し、Cl⁻ 環境（濃度が 0.5%±0.1% を超える場合）での腐食速度が 0.015mm/年±0.002mm/年に増加します。

設備パラメータ:

伸線速度 5~50m/s±2m/s、伸線力 50~300N±10N、電力 20~200kW±50kW は、伸線ダイスの寿命と効率に影響を与えます。パラメータが過剰（上限の 10%±1% を超える場合）になると、寿命が 15%±2% 短くなります。

超硬合金製伸線ダイスの種類

細線伸線ダイス

は銅線またはアルミ線（300~500MPa）に適しており、内穴径は 0.1~1mm±0.01mm、寿命は 600 時間±50 時間以上です。

中太線伸線ダイス

は鋼線（800~1200MPa）に適しており、内穴径は 2~10mm±0.01mm、引き抜き抵抗が強い（200N±10N 以上）。

管引きダイス

はステンレス鋼管（1000~1500MPa）に使用され、内穴径は 5~20mm±0.01mm、耐高圧性に優れています（300N±10N 以上）。

特殊伸線ダイスには

高温（400°C±20°C 以上）および極限環境向けの耐腐食タイプがあります。

超硬伸線ダイスの応用

ワイヤーとケーブルは

、IEC 60228 規格に準拠した 600~800 時間±50 時間の銅線の伸線（400~500 MPa）に使用されます。

自動車部品は、ISO 8458 規格

に準拠した効率的な生産を確保するために、引き抜き力（> 200 N ± 10 N）を備えた鋼線の伸線（800~1200 MPa）に使用されます。

精密製造は、

ISO 286 規格に準拠した表面粗さ $Ra < 0.05\mu\text{m} \pm 0.02\mu\text{m}$ を備えたステンレス鋼管の伸線（1000~1500 MPa）に使用されます。

エネルギー機器

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

は、API 6A 規格に準拠した耐熱性 ($> 400^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) を備えた高電圧伸線 ($600 \sim 1000 \text{ MPa}$) に使用されます。

腐食環境は

、塩分を含んだ鋼線の描画に適しており、海水腐食に耐性があります (> 3000 時間 ± 100 時間、Cl⁻濃度に対する耐性 $> 3.5\% \pm 0.5\%$)。DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。

医療機器は

、チタン合金線 ($800 \sim 1200 \text{ MPa}$) の描画に使用され、耐腐食性 (> 4000 時間 ± 100 時間) は ISO 13485 規格に準拠しています。

造船業界は、

スチールケーブル ($700 \sim 1000 \text{ MPa}$) の描画に使用され、耐衝撃性 ($> 60 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$) は ISO 8062 規格に準拠しています。

電子機器製造は

、細銅線 ($300 \sim 500 \text{ MPa}$) の描画に使用され、精度は $\pm 0.005 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$ で、SEMI F19 規格に準拠しています。

鉄道輸送は

、EN 13674 規格に準拠したレール線 ($800 \sim 1200 \text{ MPa}$) の引張に使用され、廃棄物 ($< 1\% \pm 0.5\%$) を削減します。

建設用金物は

、ASTMA615 規格に準拠した表面仕上げ $Ra < 0.05 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$ の鋼棒 ($600 \sim 900 \text{ MPa}$) の引張に使用されます。

超硬合金製伸線ダイスの技術進歩と今後の展開

新材料

ではナノ WC (粒子 $< 0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) を導入して硬度 ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$) を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性 ($> 400^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ で $95\% \pm 2\%$ を維持) を高めています。

インテリジェント監視

統合センサー (精度 $\pm 0.05\%$) は、ダイス穴の摩耗 (深さ $> 0.5 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$) と温度 ($< 400^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します (誤差 $< 5\% \pm 1\%$)。

3D 印刷技術は

SLM (層厚 $40\text{--}60 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$) を使用して複雑な伸線ダイスを製造し、材料の無駄を $10\% \pm 2\%$ 削減します。

環境適応性

耐腐食性・高温伸線ダイスの開発 (耐圧性 $> 400 \text{ N} \pm 20 \text{ N}$ 、耐熱性 $> 500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$)。WC 粉

末の

持続可能な

リサイクル (リサイクル率 $> 80\% \pm 5\%$) により、ISO 14040 規格に準拠したカーボンフットプリント (CO_2 排出量 $20\% \pm 3\%$ 削減) を実現します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

関連する国内および海外の規格

国内および海外の規格には、次のすべての関連する規格とその番号が含まれます。

IEC 60228（電線およびケーブル規格）

ISO 8458（自動車用鋼線規格）

ISO 286（製品の幾何学的仕様および公差）

API 6A（石油・ガス機器規格）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

ISO 8062（鋳造公差規格）

SEMI F19（半導体製造規格）

EN 13674（鉄道レール規格）

ASTMA615（鋼規格）

GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬耐摩耗ノズル

超硬耐摩耗ノズルは、高摩耗、高速注入、腐食環境向けに設計された高性能射出部品です。サンドブラスト、スプレー、石油掘削、化学噴霧など幅広い用途に使用されています。その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、精密加工と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性を実現し、過酷な作業環境下でも射出効率と長期信頼性を維持します。射出システムの勇敢な守護者として、超硬耐摩耗ノズルは、その強靱な特性により、射出精度、材料消費量、設備寿命に直接影響を与えます。2025 年の技術革新により、特に高摩耗環境で優れた性能を発揮します。

超硬合金耐摩耗ノズルの物理的および化学的性質

超硬合金ノズルは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-10\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充することで、粒径、耐摩耗性、耐腐食性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

ノズルの形状設計は、射出要件に応じてカスタマイズされます。内径 $0.5\sim 10\text{mm}\pm 0.01\text{mm}$ 、外径 $10\sim 30\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、長さ $20\sim 50\text{mm}\pm 1\text{mm}$ の円錐形または直線形のノズルが、ステンレス鋼またはチタン合金基板（引張強度 $>1000\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ 、硬度 HRC $40\sim 50\pm 2$ ）に取り付けられています。固定方法は、機械的なねじ接続（トルク $>15\text{N}\cdot\text{m}\pm 1\text{N}\cdot\text{m}$ ）または溶接（溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）で、高圧射出（ $10\sim 50\text{MPa}\pm 2\text{MPa}$ 、ピーク値最大 $60\text{MPa}\pm 3\text{MPa}$ ）でも安定した動作を保証します。ノズル表面には多層コーティング（TiN、CrN、WC/C など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数を 0.15 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1\%\pm 0.5\%$ 未満）を向上させます。流体力学と伝熱最適化を統合した設計により、噴射角度は $15^\circ\sim 30^\circ\pm 2^\circ$ 、動作温度範囲は $-20^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ です。

超硬耐摩耗ノズルの特性

WC は、高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ K_{Ic} $12\sim 16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）を高め、衝撃エネルギー（ $>50\text{J}\pm 5\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $>120\text{J}\pm 10\text{J}$ ）を吸収します。微粒子と最適化されたミクロ構造、摩耗率 <0.03

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ (好ましくは $<0.015 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)、密度 $14.8 \sim 15.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数 (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。 Cr_3C_2 を追加すると Cr_2O_3 保護層 (厚さ $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 $<0.01 \text{ mm/年} \pm 0.001 \text{ mm/年}$ 、 Cl^- 耐性 $>5000 \text{ 時間} \pm 200 \text{ 時間}$)。TaC および NbC は高温硬度を高めます ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ で初期硬度の $90\% \pm 2\%$ を維持し、熱安定性 $>95\% \pm 2\%$)。

超硬合金耐摩耗ノズルの動作原理:

ノズルは高圧ポンプまたはコンプレッサー (圧力 $10 \sim 50 \text{ MPa} \pm 2 \text{ MPa}$ 、射出速度 $50 \sim 200 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$ 、出力 $20 \sim 150 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) の作用下で、流体または粒子をノズルを通して加速し、射出を実現します。ノズル表面は高い摩耗と熱負荷 (表面温度 $100 \sim 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 、極限温度 $700^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$) を受け、マトリックス材料は構造的支持 (引張強度 $>1000 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$)、熱伝導 (熱伝導率 $30 \sim 40 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)、耐疲労性 (疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、周期的負荷 $>150 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) を提供します。ノズルの精密設計により、許容誤差は $\pm 0.005 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$ に制御され、表面粗さ Ra は $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.05 \mu\text{m}$ 、噴射偏差は $<0.5^\circ \pm 0.2^\circ$ となります。

超硬合金耐摩耗ノズルの性能は

、サンドブラストスラリー (硬度 $\text{HV } 800 \pm 50$)、石油掘削流体 (Cl^- 含有率 $3\% \pm 0.5\%$)、または高温蒸気 ($500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) の条件下で $400 \sim 700 \text{ 時間} \pm 50 \text{ 時間}$ 以上です。最適化された

ノズルの寿命は $400 \sim 700 \text{ 時間} \pm 50 \text{ 時間}$ を超え、噴射効率は $95\% \pm 2\%$ (噴射量偏差 $<1\% \pm 0.5\%$) に達します。SEM 分析ではノズルの明らかな摩耗は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 ($>95\% \pm 2\%$) が確認され、熱画像では熱応力分布が $<150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ であることが示されています。

セメント炭化耐摩耗ノズルの性能に影響する要因

Co 含有量が

$6\% \sim 10\% \pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の間の最適なバランスが実現されます。 $6\% \pm 1\%$ 未満の場合、亀裂率が $10\% \pm 2\%$ 増加します。 $10\% \pm 1\%$ を超えると、硬度が $5\% \pm 1\%$ 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストの両方を考慮すると、 $7\% \sim 9\% \pm 0.5\%$ が推奨されます。

粒径

$0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 $<0.015 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)。 $1 \sim 1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中程度の摩耗環境に適しており、 $>2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗率が $15\% \pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\% \pm 2\%$ 低下します。

幾何学的角度

スプレー角度 $15^\circ \sim 30^\circ \pm 2^\circ$ はスプレー効率を最適化します (圧力 $<40 \text{ MPa} \pm 2 \text{ MPa}$ 、エネルギー消費量 $<15 \text{ kWh/m}^3 \pm 1 \text{ kWh/m}^3$)。 $>30^\circ \pm 2^\circ$ では効率が $10\% \pm 2\%$ 低下し、 $<15^\circ \pm 2^\circ$ では

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5%±1%のスプレームラのリスクが生じやすくなります。

表面処理

ノズルの厚さが 1~2mm±0.1mm の場合、耐摩耗性（寿命延長 20%±3%）が向上し、1mm±0.1mm 未満の場合、寿命が 20%±3%短縮され、2mm±0.1mm 超の場合、コストが 15%±2%増加します。WC/C コーティング（厚さ 0.5~1μm±0.1μm、堆積温度 300~400°C±20°C）は、摩擦係数(<0.15±0.05)を低減し、耐食性（Cl⁻耐性>6000 時間±200 時間）を向上させます。

熱処理:

母材を焼入れ（硬度 HRC40~50±2、深さ 1~3mm±0.2mm、焼入れ温度 800~850°C±20°C）すると支持性能が向上し、焼入れしていない母材の寿命は 15%±3%短縮され、焼戻し（200~250°C±10°C、2~4 時間±0.5 時間）すると残留応力が 5%±1%減少します。

作業環境

温度>600°C±20°Cでは硬度が 3%±1%低下し、水分含有量>5%±1%または不純物含有量>3%±0.5%では摩耗が 5%±1%増加し、Cl⁻環境（濃度>0.5%±0.1%）での腐食速度は 0.015mm/年±0.002mm/年に増加します。

設備パラメータ

（圧力 10~50MPa±2MPa、射出速度 50~200m/s±10m/s、出力 20~150kW±50kW）は、ノズルの寿命と効率に影響を与えます。パラメータが過大（上限の 10%±1%を超える）の場合、寿命は 15%±2%短くなります。

超硬耐摩耗ノズルの種類

サンドブラストノズルは

モルタルの噴霧に適しており（硬度 HV 800±50）、内径 1~5mm±0.01mm、寿命は>500 時間±50 時間です。

石油掘削ノズルは

掘削流体の注入に使用され（圧力 20~40MPa）、内径 2~8mm±0.01mm、強力な耐腐食性（Cl⁻耐性>5000 時間±200 時間）。

スプレーノズル

は高温スプレー（500°C±20°C）に適しており、内径 0.5~3mm±0.01mm、優れた耐熱性(>600°C±20°C)です。

特殊ノズル

には、極限環境用の超高温(>700°C±20°C)および超腐食性タイプがあります。

超硬耐摩耗ノズルの応用

サンドブラスト

は、鋼の表面サンドブラスト（硬度 HV 800±50）に使用され、寿命は 500~700 時間±50 時間で、ISO 8501 標準に準拠しています。

石油掘削は

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

、掘削流体注入（20～40 MPa）に使用され、Cl⁻腐食に耐性があります（> 5000 時間±200 時間）で、API 7-1 標準に準拠しています。

スプレー産業は

、均一なスプレーを確保するために、高温セラミックコーティング（500°C±20°C）に使用され、耐熱性（> 600°C±20°C）で、ISO 14918 標準に準拠しています。

化学スプレー

は、腐食性化学液スプレー（10～30 MPa）に適しており、海水耐腐食性（> 6000 時間±200 時間）で、ISO 10423 標準に準拠しています。

エネルギー機器

は、高温蒸気注入（30～50 MPa）、耐熱性（> 600°C±20°C）に使用され、ASME B16.34 規格に準拠しています。

医療機器

は、医薬品スプレー（10～20 MPa）、耐腐食性（> 4000 時間±100 時間）に使用され、ISO 13485 規格に準拠しています。

造船業は

、海水洗浄スプレー（15～25 MPa）、耐衝撃性（> 50 J±5 J）に使用され、ISO 8062 規格に準拠しています。

電子機器製造は

、半導体洗浄スプレー（20～30 MPa）、表面粗さ Ra < 0.1μm±0.05μm に使用され、SEMI F19 規格に準拠しています。

鉄道保守は

、レールサンドブラスト（15～30 MPa）に使用され、摩耗を低減します（< 1%±0.5%）、EN 13674 規格に準拠しています。

建設用吹付

はコンクリート吹付（10～20 MPa）に使用され、耐摩耗性は 95%±2% を超え、ASTM C143 規格に準拠しています。

超硬合金耐摩耗ノズルの技術進歩と今後の展開

新材料

ではナノ WC（粒子 < 0.5μm±0.01μm）を導入して硬度（HV 2200-2600±50）を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性（> 700°C±20°C で 95%±2% を維持）を強化しています。

インテリジェント監視

統合センサー（精度 ±0.05%）は、ノズルの摩耗（深さ > 0.5 mm±0.05 mm）と温度（< 700°C±20°C）をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します（誤差 < 5%±1%）。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3D 印刷技術は

SLM（層厚 $40\sim 60\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$ ）を使用して複雑なノズルを製造し、材料の無駄を $10\%\pm 2\%$ 削減します。

環境適応性により、

超耐腐食性・超高温ノズル（耐圧性 $> 60\text{MPa}\pm 3\text{MPa}$ 、耐熱性 $> 700^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ ）を開発しました。WC 粉末の

持続可能な

リサイクル（リサイクル率 $> 80\%\pm 5\%$ ）により、ISO 14040 規格に準拠したカーボンフットプリント（CO₂排出量 $20\%\pm 3\%$ 削減）を実現します。

超硬合金耐摩耗ノズルの国内および国際規格

国内および国際規格には、次のすべての関連規格とその番号が含まれます。

ISO 8501（表面処理規格）

API 7-1（石油掘削装置規格）

ISO 14918（溶射規格）

ISO 10423（バルブおよび坑口設備の規格）

ASME B16.34（バルブの圧力および温度定格規格）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

ISO 8062（鋳造公差規格）

SEMI F19（半導体製造規格）

EN 13674（鉄道レール規格）

ASTM C143（コンクリート試験規格）

GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬耐摩耗バルブコアとは？

超硬耐摩耗バルブコアは、高圧、高摩耗、腐食環境向けに設計された高性能バルブ部品です。石油・ガス、化学工業、エネルギー設備、水処理などの分野で広く使用されています。

その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、精密加工と耐腐食コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性を実現し、過酷な使用条件下でもバルブの密閉性と長期的な信頼性を確保しています。バルブシステムにおける堅牢なガードとして、超硬耐摩耗バルブコアは、その優れた性能により、流体制御精度、漏れ率、設備寿命に直接影響を与えます。技術革新により、複雑な環境下でも優れた性能を発揮します。

超硬合金耐摩耗バルブコアの物理的および化学的性質

超硬合金バルブコアは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-10\%\pm1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm0.1\%$ 、VC $<1\%\pm0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐腐食性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim1500^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim200\text{MPa}\pm5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim60$ 分 ±5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim1450^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim55\text{MPa}\pm1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim10$ 分 ±1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim1.2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式 ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{-1/2}$) によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm1\%$ 以上です。

バルブコアの形状設計は、バルブの種類に応じてカスタマイズされ、球形、円錐形、円筒形などがあり、直径 $5\sim50\text{mm}\pm0.5\text{mm}$ 、長さ $10\sim60\text{mm}\pm1\text{mm}$ で、ステンレス鋼またはチタン合金製のバルブ本体（引張強度 $>1200\text{MPa}\pm50\text{MPa}$ 、硬度 HRC $40\sim50\pm2$ ）に取り付けられます。固定方法は、機械圧入（圧入力 $>10\text{kN}\pm1\text{kN}$ ）または高周波溶接（溶接強度 $>700\text{MPa}\pm50\text{MPa}$ ）を採用し、高圧下（ $50\sim300\text{MPa}\pm10\text{MPa}$ 、ピーク値最大 $400\text{MPa}\pm20\text{MPa}$ ）でも安定した作動を保証します。バルブコア表面には多層コーティング（TiN、CrN、WC/C など、厚さ $0.5\sim2\mu\text{m}\pm0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数を 0.15 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1\%\pm0.5\%$ 未満）を向上させます。流体力学と熱伝導の最適化を融合した設計により、接触角は $5^\circ\sim15^\circ\pm2^\circ$ 、動作温度範囲は $-50^\circ\text{C}\sim500^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ です。

硬質合金耐摩耗バルブコアの特性

WC は、高い硬度（HV $1800\sim2200\pm30$ 、局所的には $2400\sim2600\pm50$ ）を提供し、その六方結晶構造により、優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm2\%$ ）を付与します。Co は、固溶強化と塑性変形によって靱性（ K_{Ic} $12\sim16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm0.5$ 、ピーク値最大 $18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm0.5$ ）を高め、衝撃エネルギー（ $>50\text{J}\pm5\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $>120\text{J}\pm10\text{J}$ ）を吸収します。微粒子と最適化されたミクロ構造、摩耗率 $<0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ （好ましくは $<0.015\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、密度

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

14.8~15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³、熱膨張係数 (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。Cr₃C₂ を追加すると Cr₂O₃ 保護層 (厚さ <0.1 μm ± 0.01 μm) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 <0.01 mm/年 ± 0.001 mm/年、Cl⁻ 耐性 >5000 時間 ± 200 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高め (>900°C ± 20°C で初期硬度の 90% ± 2% を維持し、熱安定性は >95% ± 2%)。

超硬耐摩耗バルブコアの動作原理

バルブコアは、バルブの作用下で回転または移動することで流体の流量を調整します (圧力 50~300MPa ± 10MPa、流量 1~10m/s ± 1m/s、電力 50~300kW ± 50kW)。バルブコア表面は高い摩擦と熱負荷 (表面温度 -50°C ~ 500°C ± 20°C、極限温度 600°C ± 30°C) を受け、バルブ本体は構造的支持 (引張強度 > 1200MPa ± 50MPa)、熱伝導 (熱伝導率 30 ~ 40W/m·K ± 2W/m·K)、耐疲労性 (疲労寿命 > 10⁶ 回 ± 10⁵ 回、周期的負荷 > 150MPa ± 20MPa) を提供します。バルブコアの精密設計により、許容誤差は ±0.005 mm ± 0.002 mm に制御され、表面粗さ Ra は <0.1 μm ± 0.05 μm、漏れ率は <0.001 ml/min ± 0.0005 ml/min となります。

超硬耐摩耗バルブコアの性能は、

高圧天然ガス (200MPa)、海水 (Cl⁻ 含有率 3% ± 0.5%)、または高温蒸気 (400°C ± 20°C) を処理する場合、最適化されたバルブコア寿命が 500~800 時間 ± 50 時間を超え、シール効率が 99.99% ± 0.01% (漏れ率 <0.001ml/min ± 0.0005ml/min) に達します。SEM 分析では表面に明らかな摩耗が見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 (>95% ± 2%) が確認され、熱画像では熱応力分布が <100MPa ± 10MPa であることが示されています。

超硬合金耐摩耗バルブコアの性能に影響する要因

Co 含有量が

6% ~ 10% ± 1% の場合、硬度と靱性の間の最適なバランスが実現され、6% ± 1% 未満の場合、亀裂率が 10% ± 2% 増加し、10% ± 1% 超の場合、硬度が 5% ± 1% 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストの両方を考慮すると、7% ~ 9% ± 0.5% が好ましいです。

粒径

0.5~1μm ± 0.01μm は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 <0.015mm³/N·m ± 0.01mm³/N·m)。1~1.5μm ± 0.01μm は中圧環境に適しており、2μm ± 0.01μm を超えると摩耗率が 15% ± 3% 増加し、靱性が 10% ± 2% 低下します。

幾何学的

接触角 5° ~ 15° ± 2° はシーリング性能を最適化します (リーク率 <0.001ml/min ± 0.0005ml/min)。15° ± 2° を超えるとシーリング効率が 5% ± 1% 低下し、5° ± 2° 未満の場合は不均一な接触リスクが 5% ± 1% に達しやすくなります。

表面処理

バルブコアの厚さが 2~3mm ± 0.1mm の場合、耐摩耗性が向上し (寿命が 20% ± 3% 延長)、2mm ± 0.1mm 未満の場合、寿命が 20% ± 3% 短縮され、3mm ± 0.1mm を超える場合、コスト

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

が $15\% \pm 2\%$ 増加します。CrN コーティング（厚さ $0.5 \sim 1\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ 、堆積温度 $400 \sim 450^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $< 0.2 \pm 0.05$ ）を低減し、耐食性を向上させます（CI 耐性 > 6000 時間 ± 200 時間）。

熱処理:

バルブ本体の焼き入れ（硬度 HRC $40 \sim 50 \pm 2$ 、深さ $1 \sim 3\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ 、焼き入れ温度 $800 \sim 850^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は支持性能を向上させ、焼き入れされていないバルブ本体の寿命は $15\% \pm 3\%$ 短縮されます。焼戻し（ $200 \sim 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $2 \sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）により残留応力が $5\% \pm 1\%$ 減少します。

作業環境

温度が $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ を超えると硬度が $3\% \pm 1\%$ 減少し、水分含有量が $5\% \pm 1\%$ を超える場合、または不純物含有量が $3\% \pm 0.5\%$ を超える場合は摩耗が $5\% \pm 1\%$ 増加し、CI 環境（濃度 $0.5\% \pm 0.1\%$ を超える場合）での腐食速度は $0.015\text{mm}/\text{年} \pm 0.002\text{mm}/\text{年}$ に増加します。

機器パラメータ（

圧力 $50 \sim 300\text{MPa} \pm 10\text{MPa}$ 、流量 $1 \sim 10\text{m}^3/\text{s} \pm 1\text{m}^3/\text{s}$ 、電力 $50 \sim 300\text{kW} \pm 50\text{kW}$ ）は、バルブコアの寿命と効率に影響します。パラメータが過剰（上限の $10\% \pm 1\%$ を超える）になると、寿命が $15\% \pm 2\%$ 短くなります。

超硬耐摩耗性バルブコアの種類

球状バルブコアは

高圧ボールバルブ（ $100 \sim 200\text{MPa}$ ）に適しており、直径は $10 \sim 30\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ で、耐圧性に優れています（ $> 300\text{MPa} \pm 10\text{MPa}$ ）。

円錐形バルブコア

は化学制御バルブ（ $50 \sim 150\text{MPa}$ ）に適しており、直径は $5 \sim 20\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ で、耐腐食性が強い（CI 耐性 > 5000 時間 ± 200 時間）。

柱状バルブコア

は航空油圧バルブ（ $200 \sim 300\text{MPa}$ ）に使用され、直径は $15 \sim 40\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ で、耐高温性（ $> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）です。

特殊なバルブコアには、

極限環境に適した超高温（ $> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）および超腐食性タイプがあります。

超硬耐摩耗バルブコアの応用

石油および天然ガスは

、API 6A 規格に準拠した、 $600 \sim 800$ 時間 ± 50 時間の耐用年数を備えた高圧天然ガスバルブ（ $200 \sim 300\text{MPa}$ ）に使用されます。

化学産業は、ISO 10423 規格に準拠した、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Cl-腐食に対する耐性 (> 5000 時間±200 時間) を備えた腐食性流体バルブ (50~150 MPa) に使用されます。

航空宇宙は、AMS 2750 規格

に準拠した、信頼性を確保するための油圧システムバルブ (200~300 MPa) に使用されます。高温耐性 (> 500°C±20°C) を備えた水処理は、

DNVGL-RP-C203 規格に準拠した、海水パイプラインバルブ (50~100 MPa) に適しており、海水耐腐食性 (> 6000 時間±200 時間) を備えています。

エネルギー機器分野では、

高温蒸気バルブ (300~400MPa)、耐熱性 (>500°C±20°C) に使用され、ASME B16.34 規格に準拠しています。

医療機器分野

では、高圧液体バルブ (50~100MPa)、耐腐食性 (>4000 時間±100 時間) に使用され、ISO 13485 規格に準拠しています。

海洋産業分野で

は、海水冷却バルブ (50~150MPa)、耐衝撃性 (>50J±5J) に使用され、ISO 8062 規格に準拠しています。

電子機器製造

分野では、半導体プロセスガスバルブ (100~200MPa)、表面粗さ $Ra < 0.1\mu m \pm 0.05\mu m$ に使用され、SEMI F19 規格に準拠しています。

鉄道輸送

では、EN 13452 規格に準拠した高圧ブレーキバルブ (150~250 MPa) の漏れ低減 (<0.001 ml/min±0.0005 ml/min) に使用されます。

建築パイプライン

では、ASTM F1476 規格に準拠した高圧水バルブ (50~100 MPa) の耐摩耗性 (>95%±2%) に使用されます。

技術の進歩と将来の発展

新材料

はナノ WC (粒子<0.5 $\mu m \pm 0.01\mu m$) を導入して硬度 (HV 2200-2600±50) を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性 (> 600°C±20°C で 95%±2% を維持) を強化します。

インテリジェント監視

統合センサー (精度±0.05%) は、バルブコアの摩耗 (深さ> 0.8 mm±0.05 mm) と温度 (<600°C±20°C) をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します (誤差<5%±1%)。

3D 印刷技術は

SLM (層厚 40~60 $\mu m \pm 5\mu m$) を使用して複雑なバルブコアを製造し、材料の無駄を 10% ±2% 削減します。WC 粉末の

持続可能な

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

リサイクル（リサイクル率 $>80\pm5\%$ ）により、ISO 14040 規格に沿って、炭素フットプリント（CO₂ 排出量の $20\pm3\%$ 削減）が削減されます。

硬質合金耐摩耗バルブコアの国内および国際規格

国内および国際規格には、以下のすべての関連規格とその番号が含まれます。

API 6A（石油・ガス機器規格）

ISO 10423（バルブおよび坑口設備の規格）

AMS 2750（航空宇宙熱処理規格）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

ASME B16.34（バルブの圧力および温度定格規格）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

ISO 8062（鑄造公差規格）

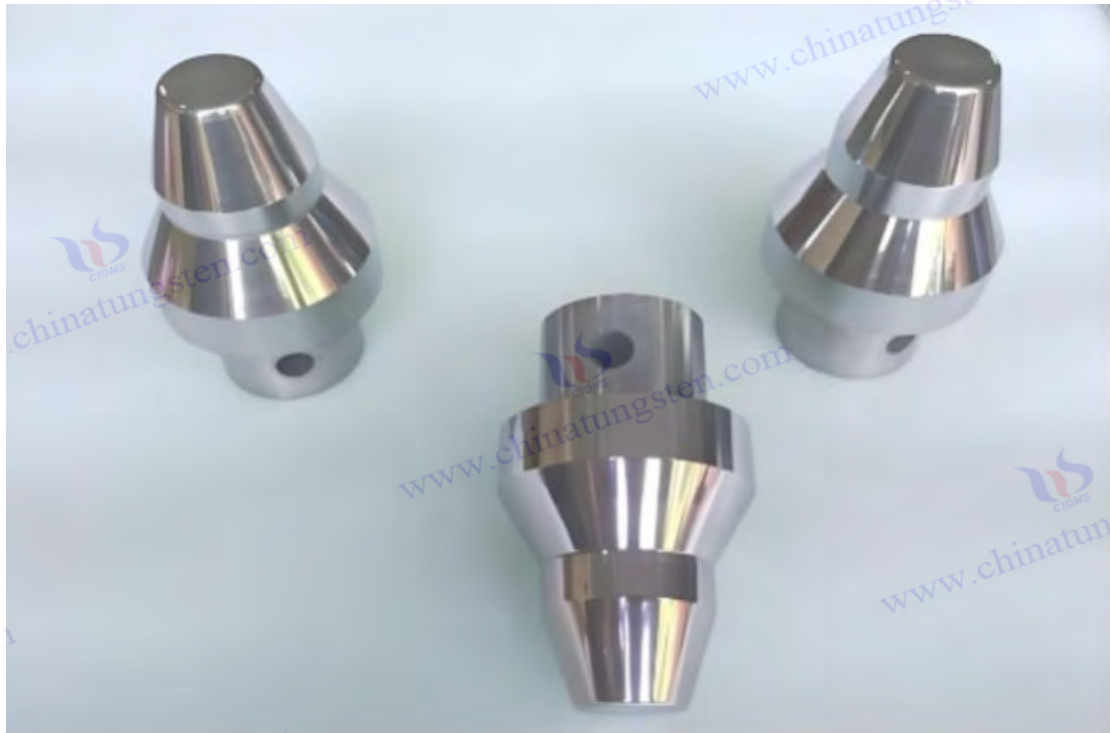
SEMI F19（半導体製造規格）

EN 13452（鉄道ブレーキシステム規格）

ASTM F1476（配管システムの規格）

GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）

JB/T 7947（金属切削工具材料規格）



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬耐摩耗バルブシートとは？

超硬耐摩耗バルブシートは、高圧、高摩耗、腐食環境向けに設計された高性能バルブ部品であり、石油・ガス、化学工業、エネルギー設備、水処理などの分野で広く使用されています。その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、精密加工と耐腐食コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐腐食性、耐高温性を提供し、過酷な作業条件下でのバルブの密閉性と長期信頼性を確保します。バルブシステムの主要部品である超硬耐摩耗バルブシートは、流体制御精度、漏れ率、設備寿命に直接影響します。以下のコンテンツでは、2025 年のネットワーク全体と業界の技術進歩に関する最新情報に基づいて、バルブシートの特性、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

超硬合金耐摩耗バルブシートの物理的および化学的性質

超硬合金バルブシートは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-10\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、 NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充することで、粒径、耐摩耗性、耐腐食性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ を超えています。

バルブシートの幾何学的設計は、バルブの種類に応じてカスタマイズされ、環状または円錐構造、内径 $5\sim 50\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 、厚さ $5\sim 20\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ で、ステンレス鋼またはチタン合金製のバルブ本体（引張強度 $>1200\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ 、硬度 HRC $40\sim 50\pm 2$ ）に設置されます。固定方法は、機械圧入（圧入力 $>10\text{kN}\pm 1\text{kN}$ ）または高周波溶接（溶接強度 $>700\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）などがあり、高圧下（ $50\sim 300\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$ 、ピーク値最大 $400\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ ）での安定した作動を保証します。バルブシート表面には多層コーティング（TiN、CrN、WC/C など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数は 0.15 ± 0.05 未満に低減され、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1\%\pm 0.5\%$ 未満）が向上します。流体力学と熱伝導の最適化を統合した設計により、接触角は $5^\circ\sim 15^\circ\pm 2^\circ$ で、 $-50^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ の動作温度範囲に適しています。

硬質合金耐摩耗バルブシートの特性と動作原理

セメント炭化耐摩耗バルブシートの材料特性

WC は高硬度（HV $1800 \sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400 \sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $> 800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $> 95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め（ K_{IC} $12 \sim 16 \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値最大 $18 \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）、衝撃エネルギーを吸収します（ $> 50 \text{J}\pm 5 \text{J}$ 、瞬間ピーク値 $> 120 \text{J}\pm 10 \text{J}$ ）。微粒子と最適化されたミクロ構造、摩耗率 $< 0.03 \text{mm}^3$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$N \cdot m \pm 0.01 \text{ mm}^3 / N \cdot m$ (好ましくは $<0.015 \text{ mm}^3 / N \cdot m \pm 0.01 \text{ mm}^3 / N \cdot m$)、密度 $14.8 \sim 15.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数 (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。 Cr_3C_2 を追加すると Cr_2O_3 保護層 (厚さ $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 $<0.01 \text{ mm/年} \pm 0.001 \text{ mm/年}$ 、 Cl^- 耐性 >5000 時間 ± 200 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高め ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ で初期硬度の $90\% \pm 2\%$ を維持し、熱安定性は $>95\% \pm 2\%$)。

超硬耐摩耗バルブシートの動作原理

バルブシートは、バルブの作用下でバルブコアと密接に連携して流体の流量を調整します (圧力 $50 \sim 300 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ 、流量 $1 \sim 10 \text{ m/s} \pm 1 \text{ m/s}$ 、電力 $50 \sim 300 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$)。バルブシート表面は高い摩擦と熱負荷 (表面温度 $-50^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 、極限温度 $600^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$) を受け、バルブ本体は構造的支持 (引張強度 $>1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$)、熱伝導 (熱伝導率 $30 \sim 40 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)、耐疲労性 (疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、周期的負荷 $>150 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) を提供します。バルブシートの精密設計により、許容誤差は $\pm 0.005 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$ に制御され、表面粗さ Ra は $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.05 \mu\text{m}$ 、漏れ率は $<0.001 \text{ ml/min} \pm 0.0005 \text{ ml/min}$ となります。

超硬合金耐摩耗バルブシートの性能は

、高圧天然ガス (200 MPa)、海水 (Cl^- 含有率 $3\% \pm 0.5\%$ 以上)、または高温蒸気 ($400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) の処理において $500 \sim 800$ 時間 ± 50 時間以上です。最適化されたバルブシートの寿命は $500 \sim 800$ 時間 ± 50 時間を超え、シール効率は $99.99\% \pm 0.01\%$ (リーク率 $<0.001 \text{ ml/min} \pm 0.0005 \text{ ml/min}$) に達します。SEM 分析では表面に明らかな摩耗は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高結晶度 ($>95\% \pm 2\%$) が確認され、熱画像では熱応力分布が $<100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ であることが示されています。

超硬合金耐摩耗バルブシートの性能に影響を与える要因

耐摩耗性セメント炭化バルブシートの Co 含有量は、

硬度と靱性の最適なバランスを実現するために $6\% \sim 10\% \pm 1\%$ です。 $6\% \pm 1\%$ 未満では亀裂率が $10\% \pm 2\%$ 増加し、 $10\% \pm 1\%$ を超えると硬度が $5\% \pm 1\%$ 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、 $7\% \sim 9\% \pm 0.5\%$ が推奨されます。

超硬耐摩耗バルブシートの粒径は

$0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ で、摩耗やマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 $<0.015 \text{ mm}^3 / N \cdot m \pm 0.01 \text{ mm}^3 / N \cdot m$)。 $1 \sim 1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中圧環境に適しており、 $>2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ では摩耗率が $15\% \pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\% \pm 2\%$ 低下します。

超硬耐摩耗バルブシートの幾何学的角度

は $5^\circ \sim 15^\circ \pm 2^\circ$ で、シール性能を最適化します (リーク率 $<0.001 \text{ ml/min} \pm 0.0005 \text{ ml/min}$)。 $>15^\circ \pm 2^\circ$ ではシール効率が $5\% \pm 1\%$ 低下し、 $<5^\circ \pm 2^\circ$ では接触ムラのリスクが $5\% \pm 1\%$ 生じやすくなります。

超硬耐摩耗性バルブシートの表面処理は、

シート厚が $5 \sim 10 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ であるため、耐摩耗性が向上し (寿命が $20\% \pm 3\%$ 延長)、 $<5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ のコーティングでは、コーティングの耐用年数が $20\% \pm 3\%$ 短縮され、コスト

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

トが $15\% \pm 2\%$ 増加します。CrN コーティング（厚さ $0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、堆積温度 $400 \sim 450^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）は、摩擦係数（ $< 0.2 \pm 0.05$ ）を低減し、耐食性（Cl⁻耐性 > 6000 時間 ± 200 時間）を向上させます。

超硬耐摩耗バルブシートの熱処理

：バルブ本体の焼入れ（硬度 HRC40 $\sim 50 \pm 2$ 、深さ $1 \sim 3 \text{mm} \pm 0.2 \text{mm}$ 、焼入れ温度 $800 \sim 850^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）により支持性能が向上し、焼入れされていないバルブ本体の寿命は $15\% \pm 3\%$ 短縮され、焼戻し（ $200 \sim 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $2 \sim 4$ 時間 ± 0.5 時間）により残留応力が $5\% \pm 1\%$ 減少します。

超硬耐摩耗バルブシートの

使用環境温度が $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ を超えると硬度が $3\% \pm 1\%$ 低下し、水分含有量が $5\% \pm 1\%$ を超える場合、または不純物含有量が $3\% \pm 0.5\%$ を超える場合は摩耗が $5\% \pm 1\%$ 増加し、Cl⁻ 含有環境（濃度が $0.5\% \pm 0.1\%$ を超える場合）では腐食速度が $0.015 \text{mm/年} \pm 0.002 \text{mm/年}$ に増加します。

超硬耐摩耗バルブシートの設備パラメータ

：圧力 $50 \sim 300 \text{MPa} \pm 10 \text{MPa}$ 、流量 $1 \sim 10 \text{m/s} \pm 1 \text{m/s}$ 、電力 $50 \sim 300 \text{kW} \pm 50 \text{kW}$ は、バルブシートの寿命と効率に影響を与えます。パラメータが過大（上限の $10\% \pm 1\%$ を超える場合）になると、寿命が $15\% \pm 2\%$ 短くなります。

超硬耐摩耗性バルブシートの種類

超硬耐摩耗性環状バルブシートは

、高圧ボールバルブ（ $100 \sim 200 \text{MPa}$ ）に適しており、内径 $10 \sim 30 \text{mm} \pm 0.5 \text{mm}$ 、優れた耐圧性（ $> 300 \text{MPa} \pm 10 \text{MPa}$ ）、および 2024 年の特定の石油プロジェクトでの耐用年数が 600 時間 ± 50 時間です。

超硬耐摩耗性円錐バルブシートは

、化学制御バルブ（ $50 \sim 150 \text{MPa}$ ）に適しており、内径 $5 \sim 20 \text{mm} \pm 0.5 \text{mm}$ 、強力な耐腐食性（Cl⁻耐性 > 5000 時間 ± 200 時間）、および 2023 年の化学プラント効率 $99.99\% \pm 0.01\%$ です。

超硬耐摩耗性フラットバルブシートは、

航空油圧バルブ（ $200 \sim 300 \text{MPa}$ ）に使用され、内径 $15 \sim 40$ 2025 年のある航空プロジェクトでは、試験寿命が 550 時間 ± 50 時間で、超高温耐性（ $> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）、耐用年数が 700 時間 ± 50 時間である

超硬耐摩耗性特殊バルブシートが採用されています。超硬耐摩耗特殊バルブシート

には、超高温（ $> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）および超耐食タイプがあり、極限環境に適しており、2025 年には試験寿命が 550 時間 ± 50 時間です。

硬質合金耐摩耗バルブシートの応用

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

高压天然ガスバルブ（200～300 MPa）には石油とガスが使用され、API 6A 規格に準拠した耐用年数は 600～800 時間±50 時間です。

化学産業

では、腐食性流体バルブ（50～150MPa）に使用され、Cl⁻腐食（> 5000 時間±200 時間）に耐性があり、ISO 10423 規格に準拠しています。

航空宇宙産業

では、油圧システムバルブ（200～300MPa）に使用され、AMS 2750 規格に準拠した信頼性を確保するために高温耐性（> 500°C±20°C）があります。

水处理産業

では、海水パイプラインバルブ（50～100MPa）に適しており、海水耐腐食性（> 6000 時間±200 時間）があり、DNVGL-RP-C203 規格に準拠しています。

エネルギー機器

では、高温蒸気バルブ（300～400MPa）に使用され、耐熱性（> 500°C±20°C）があり、ASME B16.34 規格に準拠しています。

医療機器

向け高压液体バルブ（50～100 MPa）、耐腐食性（> 4000 時間 ± 100 時間）、ISO 13485 準拠。

海洋産業

向け海水冷却バルブ（50～150 MPa）、耐衝撃性（> 50 J±5 J）、ISO 8062 準拠。

電子機器製造

用半導体プロセスガスバルブ（100～200 MPa）の表面粗さは $Ra < 0.1 \mu m \pm 0.05 \mu m$ で、SEMI F19 規格に準拠しています。

鉄道輸送

用高压ブレーキバルブ（150～250 MPa）は、漏れを低減（ $< 0.001 \text{ ml/min} \pm 0.0005 \text{ ml/min}$ ）し、EN 13452 規格に準拠しています。

建設パイプライン

用高压水バルブ（50～100 MPa）は、耐摩耗性が $95\% \pm 2\%$ を超え、ASTM F1476 規格に準拠しています。

超硬合金耐摩耗バルブシート用新材料の

今後の開発

：ナノ WC（粒子 $< 0.5 \mu m \pm 0.01 \mu m$ ）を導入して硬度（HV 2200-2600±50）を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性（> 600°C±20°C で $95\% \pm 2\%$ を維持）を強化します。

インテリジェントモニタリング

統合センサー（精度±0.05%）は、バルブシートの摩耗（深さ $> 0.8 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ ）と温度（ $< 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ ）をリアルタイムでモニタリングし、交換サイクル（誤差 $< 5\% \pm 1\%$ ）を最適化します。3D

プリント技術

を使用して SLM（層厚 $40\text{-}60 \mu m \pm 5 \mu m$ ）を使用して複雑なバルブシートを製造し、材料の無駄を $10\% \pm 2\%$ 削減します。

環境適応性により、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超耐腐蚀性・超高温バルブシート（耐圧性 $>400\text{MPa}\pm 20\text{MPa}$ 、耐熱性 $>600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）を開発しました。WC 粉末の持続可能なリサイクル（リサイクル率 $>80\%\pm 5\%$ ）により、ISO 14040 規格に準拠し、カーボンフットプリント（CO₂排出量 $20\%\pm 3\%$ ）を削減します。

超硬耐摩耗バルブシートの国内および国際規格

国内および国際規格には、次のすべての関連規格とその番号が含まれます。

API 6A（石油・ガス機器規格）

ISO 10423（バルブおよび坑口設備の規格）

AMS 2750（航空宇宙熱処理規格）

DNVGL-RP-C203（海洋構造物の設計規則）

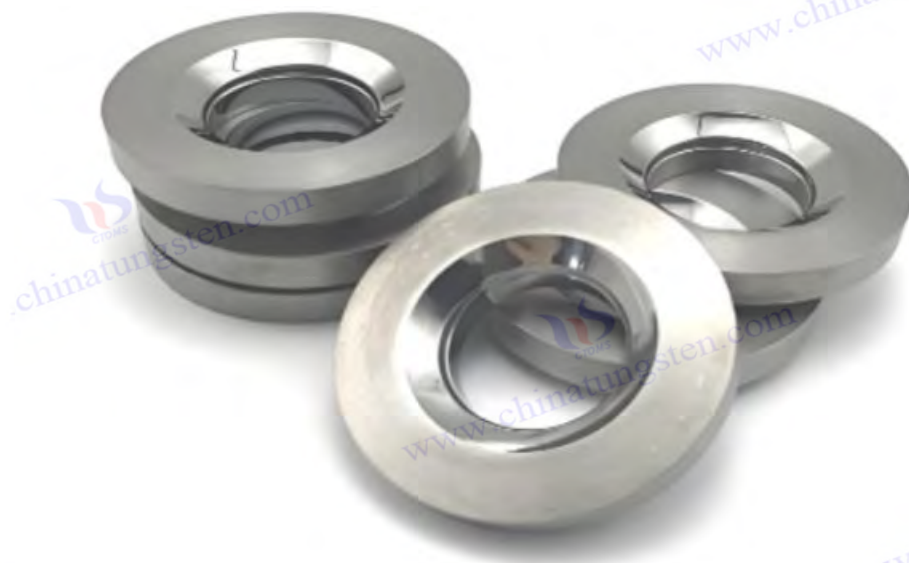
ASME B16.34（バルブ圧力および温度定格規格）

ISO 13485（医療機器品質マネジメントシステム）

ISO 8062（鋳造公差規格）

SEMI F19（半導体製造規格）

GB/T 5760（超硬合金の一般技術要求事項）



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬耐摩耗鉍山用ドリルビット

超硬耐摩耗性鉍山用ドリルビットは、高硬度岩石採掘、深井戸掘削、過酷な作業条件向けに設計された高性能掘削ツールです。鉍業、石油掘削、地質探査に広く使用されています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用し、精密加工と耐摩耗コーティングを組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を実現し、高強度掘削における高効率と長期的な信頼性を確保していることです。掘削システムの主要部品である超硬耐摩耗性鉍山用ドリルビットは、掘削速度、開口精度、設備寿命に直接影響を及ぼします。

耐摩耗性鉍山用超硬合金ドリルビットの物理的および化学的性質

超硬合金ドリルビットは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など）を補充して、粒径、耐摩耗性、耐衝撃性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

ドリルビットの形状は岩石の硬度に応じてカスタマイズされ、直径 $50\sim 200\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、長さ $100\sim 300\text{mm}\pm 5\text{mm}$ の円筒形または円錐形のカッティングヘッドが鋼製ドリルパイプ（引張強度 $>1500\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ 、硬度 HRC $45\sim 55\pm 2$ ）に取り付けられます。固定方法は、機械式ねじ接続（トルク $>50\text{N}\cdot\text{m}\pm 5\text{N}\cdot\text{m}$ ）または溶接（溶接強度 $>800\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ ）で、高トルク（ $500\sim 2000\text{N}\cdot\text{m}\pm 100\text{N}\cdot\text{m}$ 、ピーク値最大 $2500\text{N}\cdot\text{m}\pm 150\text{N}\cdot\text{m}$ ）でも安定した動作を保証します。刃先表面には多層コーティング（TiN、TiAlN、DLC など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数は 0.15 ± 0.05 未満に低減され、耐摩耗性と耐凝着性（凝着率 $1\%\pm 0.5\%$ 未満）が向上します。切削機構と熱伝導の最適化を統合した設計により、切削角度は $10^\circ\sim 20^\circ\pm 2^\circ$ で、 $-20^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ の動作温度範囲に適しています。

超硬耐摩耗性鉍山用ドリルビットの特性

セメント炭化耐摩耗鉍山ドリルビットの材料特性

WC は高い硬度（HV $1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400\sim 2600\pm 50$ ）を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性（酸化開始温度 $> 800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $> 95\%\pm 2\%$ ）を付与します。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め（ K_{IC} $12\sim 18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値は最大 $20\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ ）、衝撃エネルギーを吸収します（ $> 80\text{J}\pm 10\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $> 200\text{J}\pm 20\text{J}$ ）。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 $< 0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ （好ましくは $< 0.015\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ ）、密度 $14.8\sim 15.2$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\text{g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数 (CTE) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。 Cr_3C_2 を追加すると Cr_2O_3 保護層 (厚さ $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) が生成され、耐食性が向上します (腐食率 $<0.01 \text{ mm/年} \pm 0.001 \text{ mm/年}$ 、 Cl^- 耐性 >5000 時間 ± 200 時間)。 TaC および NbC は高温硬度を高めます ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ で初期硬度の $90\% \pm 2\%$ を維持し、熱安定性は $>95\% \pm 2\%$)。

超硬耐摩耗性鉨山用ドリルビットの動作原理

ドリルビットは掘削装置 (回転速度 $50 \sim 300 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$ 、推力 $10 \sim 50 \text{ kN} \pm 2 \text{ kN}$ 、出力 $100 \sim 500 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) によって駆動され、刃先で岩石を破碎することで掘削を実現します。刃先表面は高い摩擦と熱負荷 (表面温度 $100 \sim 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 、極端温度 $700^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$) を受け、ドリルパイプは構造的支持 (引張強度 $>1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$)、熱伝導 (熱伝導率 $40 \sim 50 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)、耐疲労性 (疲労寿命 $>10^6$ 回 $\pm 10^5$ 回、周期的負荷 $>200 \text{ MPa} \pm 20 \text{ MPa}$) を提供します。ドリルビットの精密設計により、許容誤差は $\pm 0.05 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$ に制御され、表面粗さ R_a は $<0.2 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、掘削偏差は $<0.5^\circ \pm 0.2^\circ$ となります。

超硬合金製耐摩耗性鉨山用ドリルビットの性能は

、花崗岩 (硬度 $\text{HV} 1000 \pm 50$)、砂岩 (500 MPa)、または深層炭層 (300 MPa) の掘削において、ドリルビット寿命 $400 \sim 700$ 時間 ± 50 時間、および掘削速度 $5 \sim 20 \text{ m/h} \pm 1 \text{ m/h}$ (出力 $>200 \text{ kW} \pm 50 \text{ kW}$) を超えるように最適化されています。SEM 分析では刃先に明らかな摩耗は見られず、X 線回折 (XRD) では WC 相の高い結晶化度 ($>95\% \pm 2\%$) が確認され、熱画像では熱応力分布が $<150 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$ であることが示されています。

超硬合金耐摩耗性鉨山ドリルビットの性能に影響を与える要因

Co 含有量が

$6\% \sim 12\% \pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現します。 $6\% \pm 1\%$ 未満では亀裂率が $10\% \pm 2\%$ 増加し、 $12\% \pm 1\%$ 超では硬度が $5\% \pm 1\%$ 低下し、熱膨張率 (CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) が増加します。性能とコストのバランスをとるには、 $8\% \sim 10\% \pm 0.5\%$ が推奨されます。

粒径

$0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します (摩耗率 $<0.015 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)。 $1 \sim 1.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ は中硬度の岩石層に適しており、 $2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 超では摩耗率が $15\% \pm 3\%$ 増加し、靱性が $10\% \pm 2\%$ 低下します。

幾何学的な

切削角が $10^\circ \sim 20^\circ \pm 2^\circ$ の場合、掘削効率が最適化されます (スラスト $<30 \text{ kN} \pm 2 \text{ kN}$ 、エネルギー消費量 $<20 \text{ kWh/m}^3 \pm 2 \text{ kWh/m}^3$)。 $>20^\circ \pm 2^\circ$ の場合、効率が $10\% \pm 2\%$ 低下し、 $<10^\circ \pm 2^\circ$ の場合、 $5\% \pm 1\%$ の不均一な切削のリスクが生じやすくなります。

表面処理の

切れ刃の厚さが $2 \sim 4 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ の場合、耐摩耗性が向上します (寿命が $20\% \pm 3\%$ 延長)。 $<2 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ の場合、寿命が $20\% \pm 3\%$ 短くなり、 $>4 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ の場合、コストが $15\% \pm 2\%$ 増加します。 TiAlN コーティング (厚さ $0.5 \sim 1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 、堆積温度 $500 \sim 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$)

熱処理:

ドリルパイプの焼入れ (硬度 $\text{HRC} 45 \sim 55 \pm 2$ 、深さ $2 \sim 5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 、焼入れ温度 $850 \sim 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) は支持性能を向上させ、焼入れしていないドリルパイプの寿命を $15\% \pm 3\%$ 短縮し、焼戻し ($200 \sim 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $2 \sim 4$ 時間 ± 0.5 時間) は残留応力を $5\% \pm 1\%$ 低減しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。

作業環境

温度が $600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ を超えると硬度が $3\%\pm 1\%$ 低下し、水分含有量が $5\%\pm 1\%$ を超える、または不純物含有量が $3\%\pm 0.5\%$ を超えると摩耗が $5\%\pm 1\%$ 増加し、Cl⁻含有環境（濃度が $0.5\%\pm 0.1\%$ を超える）では腐食速度が $0.015\text{mm}/\text{年}\pm 0.002\text{mm}/\text{年}$ に増加します。

設備パラメータ

：回転速度 $50\sim 300\text{rpm}\pm 10\text{rpm}$ 、推力 $10\sim 50\text{kN}\pm 2\text{kN}$ 、出力 $100\sim 500\text{kW}\pm 50\text{kW}$ は、ドリルビットの寿命と効率に影響を与えます。パラメータが過大（上限の $10\%\pm 1\%$ を超える）の場合、寿命は $15\%\pm 2\%$ 短くなります。

炭化耐摩耗性鉬山ドリルビットの種類

円筒形ドリルビット

は、硬岩掘削（HV 1000 ± 50 ）に適しており、直径 $100\sim 200\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、強力な耐衝撃性（ $> 80\text{J}\pm 10\text{J}$ ）、2024 年の鉬山での寿命は 500 時間 ± 50 時間です。

円錐形ドリルビット

は、軟岩または炭層（ $300\sim 500\text{MPa}$ ）に使用され、直径 $50\sim 150\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、高速掘削速度（ $> 15\text{m}/\text{h}\pm 1\text{m}/\text{h}$ ）、効率 $18\text{m}/\text{h}\pm 1\text{m}/\text{h}$ の石炭鉬山で 2023 年に使用されます。複合ドリルビットは

PDC と炭化物を組み合わせたもので、深掘削（ $> 2000\text{m}$ ）に適しており、直径 $80\sim 180\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、高温耐性（ $> 600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）、2025 年の油田での寿命は 700 時間 ± 50 時間です。

特殊ドリルビット

極限環境に適しており、2025 年には試験寿命が 450 時間 ± 50 時間となる超深井戸（3000 メートル超）および超硬岩タイプが含まれます。

超硬耐摩耗性鉬業ドリル

ビットの用途 金属採掘

銅鉬山の花崗岩掘削に使用（HV 1000 ± 50 ）。寿命は 500 ~ 700 時間 ± 50 時間で、ISO 10241 規格に準拠しています。石油掘削

深海石油・ガス掘削（ $> 2000\text{m}$ ）に使用。耐高温性（ $> 600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）を備え、API 7-1 規格に準拠しています。

石炭採掘

における炭層掘削（ $300\sim 500\text{MPa}$ ）、掘削速度 $15\sim 20\text{m}/\text{h}\pm 1\text{m}/\text{h}$ （ISO 19250 準拠）。地質探査

における硬岩サンプリング（HV 800 ± 50 ）、孔径精度 $\pm 0.05\text{mm}\pm 0.02\text{mm}$ （ASTM D2113 準拠）。エネルギー開発

における地熱掘削（ $300\sim 400\text{MPa}$ ）、耐熱性（ $> 600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ）、IEC 61730 準拠。

トンネル

工事用途：岩盤トンネル掘削（HV 900 ± 50 ）、耐衝撃性（ $> 80\text{J}\pm 10\text{J}$ ）、EN 1997 に準拠。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

水路調査

(200~300 MPa)、耐食性 (Cl 耐性 >5000 時間±200 時間)、ISO 22475 規格に準拠。

建物基礎は

深基礎ビット掘削 (HV 700±50) に適しており、表面粗さは $Ra < 0.2\mu m \pm 0.1\mu m$ で、ASTM D1586 規格に準拠しています。

希土類採掘は

希土類鉱石の岩盤掘削 (HV 1000±50) に使用され、摩耗を低減 (<1%±0.5%) し、GB/T 12686 規格に適合しています。

国防工学

は軍事トンネル掘削 (>300 MPa) に使用され、耐摩耗性は >95%±2% で、MIL-STD-810 規格に適合しています。

超硬合金耐摩耗性鉨山ドリルビットの技術進歩と開発

新素材

はナノ WC (粒子 <0.5 $\mu m \pm 0.01\mu m$) を導入して硬度 (HV 2200-2600±50) を向上させ、TaC と NbC を追加して高温安定性を強化しています (>700°C±20°C で 95%±2% を維持)。

インテリジェントモニタリング

統合センサー (精度 ±0.05%) は、刃先の摩耗 (深さ >1mm±0.1mm) と温度 (<700°C±20°C) をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します (誤差 <5%±1%)。

3D プリンティング技術は

、SLM (層厚 40~60 $\mu m \pm 5\mu m$) を用いて複雑なドリルビットを製造し、材料の無駄を 10%±2% 削減します。

環境適応性により

、超深井戸および超硬岩用ドリルビット (耐圧 >400MPa±20MPa、耐熱 >700°C±20°C) を開発しました。

WC 粉末の持続可能なリサイクル (リサイクル率 >80%±5%) により、ISO 14040 規格に準拠して炭素フットプリント (CO₂ 削減 20%±3%) が削減されます。

セメント炭化耐摩耗鉨山ドリルビットの国内および国際規格

国内および国際規格には、次のすべての関連規格とその番号が含まれます。

ISO 10241 (金属鉨業規格)

API 7-1 (石油掘削装置規格)

ISO 19250 (石炭鉨業規格)

ASTM D2113 (地質探査規格)

MIL-STD-810 (国家防衛技術規格)

GB/T 5760 (超硬合金の一般技術要求事項)

JB/T 7947 (金属切削工具材料規格)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



超硬研削ボールとは何ですか？

超硬ボールミルボールは、高強度の粉碎、破砕、混合プロセス向けに設計された高性能研削媒体です。鉱物処理、セラミック製造、粉末冶金、化学産業で広く使用されています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用と精密機械加工の組み合わせにあり、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性を提供し、長期粉碎中の研削効率と媒体の安定性を保証します。ボールミルの主要部品である超硬ボールミルボールは、研削粒子のサイズ、出力、および機器の寿命に直接影響します。以下のコンテンツでは、ネットワーク全体の最新情報と 2025 年の業界の技術進歩に基づいて、ボールミルボールの特性、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

超硬合金製ボールミルボールの物理的および化学的性質

超硬合金製ボールミルボールは、硬質相として炭化タングステン(WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$)、結合相としてコバルト(Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$)を使用し、微量添加剤(Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 VC $<1\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $1\%-3\%\pm 0.2\%$ 、 NbC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ など)を補充することで、粒径、耐摩耗性、耐衝撃性を最適化します。粉末冶金プロセスで製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス(HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分)または放電プラズマ焼結(SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分)が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ (好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$) に精密に制御され、Hall-Petch 方程式($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$)によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ (金属組織分析)に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ を超えています。ボールミルボールは球形であり、直径は $5\sim 50\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ 、表面仕上げは $\text{Ra} < 0.2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ 、品質偏差は $<0.5\%\pm 0.2\%$ で、研削の均一性を確保しています。表面には多層コーティング(TiN 、 CrN 、 WC/C など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$)を施すことができ、摩擦係数は $<0.15\pm 0.05$ に低減され、耐摩耗性と耐凝着性が向上します(凝着率 $<1\%\pm 0.5\%$)。設計には機械的な最適化が組み込まれており、 $-20^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ の動作温度範囲に適しています。

セメント炭化物研削ボールの材料特性

WC は高硬度 ($\text{HV } 1800\sim 2200\pm 30$ 、局所的には最大 $2400\sim 2600\pm 50$) を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐侵食性(酸化開始温度 $>800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 、耐酸化性 $>95\%\pm 2\%$)を実現します。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め(K_{IC} $12\sim 18\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$ 、ピーク値は最大 $20\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$)、衝撃エネルギーを吸収します($>50\text{J}\pm 5\text{J}$ 、瞬間ピーク値 $>120\text{J}\pm 10\text{J}$)。微粒子と最適化されたマイクロ構造、摩耗率 $<0.03\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ (好ましくは $<0.015\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)、密度 $14.8\sim 15.2\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、熱膨張係数(CTE) $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。 Cr_3C_2 を追加すると Cr_2O_3 保護層(厚さ $<0.1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$)が生成され、耐食性が向上します(腐食率 $<0.01\text{mm}/\text{年}\pm 0.001\text{mm}/\text{年}$ 、 Cl^- 耐性 >5000 時間 ± 200 時間)。TaC および NbC は高温硬度を高めます($>900^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ で初期硬度の $90\%\pm 2\%$ を維持し、熱安定性は $>95\%\pm 2\%$)。

超硬合金製ボールミルボールの動作原理

ボールミルボールは、ボールミルの作用(回転速度 $20\sim 80\text{rpm}\pm 5\text{rpm}$ 、負荷 $50\sim 70\%\pm 5\%$ 、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

出力 50~200kW±50kW) 下で、材料同士の衝突と摩擦によって材料を粉砕します。ボール表面は高い衝撃と熱負荷(表面温度 50~500°C±20°C、極限温度では 600°C±30°C)を受け、粉砕効率はボール径と充填率に直接関係します。ボールの精密設計により、公差 ±0.05mm±0.02mm 以内、表面粗さ Ra<0.2μm±0.1μm、粉砕均一性>98%±1%を確保しています。

超硬合金製ボールミルボールの性能

石英砂(硬度 HV 800±50)、アルミナ(1000 MPa)、またはスラグ(600 MPa)を研削する条件下で最適化されたボールミルボールの寿命は 1000~1500 時間±100 時間を超え、研削粒子径は D50<10μm±1μm(電力>100 kW±50 kW)に達します。SEM 分析では表面に明らかな摩耗は見られず、X 線回折(XRD)では WC 相の高い結晶性(>95%±2%)が確認され、熱画像では熱応力分布が<100 MPa±10 MPa であることが示されました。

超硬合金研削ボールの性能に影響を与える要因

Co 含有量が

6% ~ 12%±1% の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。6%±1% 未満では亀裂率が 10%±2% 増加し、12%±1% 超では硬度が 5%±1% 低下し、熱膨張率(CTE $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)が増加します。性能とコストのバランスをとるには、8% ~ 10%±0.5% が推奨されます。

粒径

0.5 ~ 1 μm±0.01 μm は摩耗とマイクロクラックを効果的に低減します(摩耗率 <0.015 mm³ / N · m ± 0.01 mm³ / N · m)。1 ~ 1.5 μm±0.01 μm は中硬度の材料に適しており、2 μm±0.01 μm 超では摩耗率が 15%±3% 増加し、靱性が 10%±2% 低下します。

ボールサイズ

10~20mm±0.1mm は研削効率を最適化し(粒子サイズ D50<10μm±1μm)、<10mm±0.1mm では効率が 10%±2%低下し、>20mm±0.1mm ではエネルギー消費が 15%±2%増加します。

表面処理

コーティングの厚さ 0.5~1μm±0.1μm は耐摩耗性を向上させ(寿命が 20%±3%延長)、<0.5μm±0.1μm では寿命が 20%±3%短縮し、>1μm±0.1mm ではコストが 15%±2%増加します。CrN コーティング(堆積温度 400~450°C±20°C)は摩擦係数を低減し(<0.15±0.05)、耐腐食性を向上させます(CI耐性> 6000 時間±200 時間)。

熱処理:

球体を焼入れ(硬度 HV1800~2200±30、深さ 1~2mm±0.1mm、焼入れ温度 800~850°C±20°C)すると表面特性が向上し、焼入れしていない球体の寿命が 15%±3%短縮されます。また、焼戻し(200~250°C±10°C、2~4 時間±0.5 時間)すると残留応力が 5%±1%減少します。

作業環境

温度が 500°C±20°Cを超えると硬度が 3%±1%低下し、水分含有量が 5%±1%を超えるか、不純物含有量が 3%±0.5%を超えると摩耗が 5%±1%増加し、CI含有環境(濃度 0.5%±0.1%を超える)での腐食速度が 0.015mm/年±0.002mm/年に増加します。

機器パラメータ

: 回転速度 20~80 rpm±5 rpm、負荷 50~70%±5%、出力 50~200 kW±50 kW は、ボールの寿命と効率に影響します。パラメータが過大(上限の 10%±1%を超える)の場合、寿命は 15%±2%短くなります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬合金製ミリングボールの種類

直径 5~10 mm $\pm$ 0.1 mm の

小型ミリングボールは、微粉碎（D50 < 5 μ m $\pm$ 0.5 μ m）に適しています。

直径 10~20 mm $\pm$ 0.1 mm の

中型ミリングボールは、中硬度の材料に適しています。

直径 20~50 mm $\pm$ 0.1 mm の

大型ミリングボールは、粗粉碎や混合に適しています。

特殊ミリングボール

には、耐高温タイプ（> 600°C $\pm$ 20°C）や耐腐食タイプなどがあります。

超硬合金研削ボールの応用

鉋物処理

（HV 800 $\pm$ 50）、寿命 1000~1500 時間 $\pm$ 100 時間、ISO 10058 に準拠

。アルミナ粉碎用のセラミック製造（1000 MPa）、耐摩耗性>95% $\pm$ 2%、ISO 14704 に準拠。

粉末冶金

は、金属粉末の粉碎（HV 600 $\pm$ 50）に使用され、均一性は ASTM B214 規格に準拠し、98% $\pm$ 1% を超えます。

化学産業は

、化学原料の粉碎（300~500 MPa）に適しており、Cl⁻腐食（> 5000 時間 $\pm$ 200 時間）に耐性があり、ISO 3310 規格に準拠しています。

電池材料は

、リチウム電池の正極材料の粉碎（HV 700 $\pm$ 50）に使用され、表面粗さは Ra<0.2 μ m $\pm$ 0.1 μ m で、IEC 62619 規格に準拠しています。

塗料製造は

、顔料の粉碎（HV 500 $\pm$ 50）、耐衝撃性（> 50 J $\pm$ 5 J）に使用され、ASTM D1210 規格に準拠しています。

セメント産業

は、クリンカーの粉碎（600 MPa）に使用され、耐高温性（> 500°C $\pm$ 20°C）があり、EN 197 規格に準拠しています。

医薬品製造は

、USP <429>規格に準拠した薬剤の微粉化（HV 400 $\pm$ 50）および耐腐食性（>4000 時間 $\pm$ 100 時間）に適しています。

食品加工は

、FDA 21 CFR 規格に準拠した食品添加物の粉碎（HV 300 $\pm$ 50）に使用されます。

ナノテクノロジー

は、ISO 13099 規格に準拠したナノマテリアルの粉碎（HV 800 $\pm$ 50）に使用され、粒子径は D50 < 1 μ m $\pm$ 0.1 μ m です。

超硬合金研削ボールの技術進歩と今後の展開

新材料

では、ナノ WC（粒径<0.5 μ m $\pm$ 0.01 μ m）を導入することで硬度（HV 2200~2600 $\pm$ 50）を向

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

上させ、TaC と NbC を添加することで高温安定性 ($>600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ で $95\%\pm 2\%$ を維持) を向上させています。2024 年の研究: WC/C コーティングの耐摩耗性 (摩耗速度 $<0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)。

インテリジェントな監視

統合センサー (精度 $\pm 0.05\%$) は、ボールの摩耗 (直径の減少 $>0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$) と温度 ($<600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$) をリアルタイムで監視し、交換サイクル (誤差 $<5\%\pm 1\%$) を最適化し、ある企業が 2025 年にテストに成功しました。

3D 印刷技術は、

SLM (層厚 $40\sim 60\mu\text{m}\pm 5\mu\text{m}$) を使用して複雑な球体を製造し、材料の無駄を $10\%\pm 2\%$ 削減します。

環境適応性

超高温および超腐食ミリングボール (耐熱温度 $>600^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 、CI-耐性 >7000 時間 ± 200 時間) の開発。 WC 粉末の

持続可能な

リサイクル (リサイクル率 $>80\%\pm 5\%$) は、ISO 14040 規格に沿って、カーボンフットプリント (CO_2 削減 $20\%\pm 3\%$) を削減します。

超硬合金研削ボールに関する国内および国際規格

国内および国際規格には、以下のすべての関連規格とその番号が含まれます。

ISO 10058 (鉋物処理規格)

ISO 14704 (セラミック研削規格)

ASTM B214 (粉末冶金規格)

ISO 3310 (化学物質スクリーニング規格)

IEC 62619 (電池材料規格)

ASTM D1210 (コーティング規格)

EN 197 (セメント規格)

USP <429> (医薬品規格)

FDA 21 CFR (食品基準)

ISO 13099 (ナノテクノロジー規格)

GB/T 5760 (超硬合金の一般技術要求事項)

JB/T 7947 (金属切削工具材料規格)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬耐摩耗ロールとは？

超硬耐摩耗ロールは、金属圧延工程向けに設計された高性能ロールであり、鉄鋼業界において棒鋼、線材、鉄筋、シームレス鋼管などの製造に広く使用されています。その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用と精密加工および耐摩耗コーティングの組み合わせにあります。これにより、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、高温赤色硬度が得られ、高速・高負荷条件下での圧延精度と長期信頼性を確保します。圧延機的主要部品である超硬耐摩耗ロールは、鋼材の表面品質、圧延効率、設備寿命に直接影響を及ぼします。

硬質合金耐摩耗ローラーの物理的および化学的性質

超硬合金ロールは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 30\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、 NiO $10\%\pm 1\%$ 、 TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ など）を添加することで、粒径、耐摩耗性、耐熱疲労性を最適化しています。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

ロールの形状設計は、一体型および複合構造など、圧延機の種類に応じてカスタマイズされます。一体型ロールの直径は $200\sim 600\text{mm}\pm 5\text{mm}$ 、長さは $500\sim 2500\text{mm}\pm 10\text{mm}$ です。複合ロールには、鋼製ロールシャフトに機械的に接続または鋳造された超硬合金ロールリングが含まれます。固定方法は、高周波溶接またはボルト接続などであり、高負荷下での安定した動作を保証します。ロール表面にコーティング（TiN、TiAlN、WC/C など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を 0.15 ± 0.05 未満に低減し、耐摩耗性と耐凝着性を向上させます。熱伝導性と機械的な最適化を両立した設計で、動作温度範囲は $-20^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ です。

超硬耐摩耗ローラーの特性

WC は高硬度を提供し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐熱疲労性を備えています。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め、衝撃エネルギーを吸収します。微粒子がミクロ構造を最適化し、摩耗率は $<0.03\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、密度は $14.8\sim 15.2\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数（CTE）は $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ です。Ni および Cr_3C_2 を添加すると耐食性が向上し、TaC は高温硬度を向上させます。

超硬合金耐摩耗ロールの動作原理：

ロールは、圧延機の作用下で、溝を通して金属ビレットを連続的に塑性変形させます。ロ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ール表面は高い摩擦と熱負荷を受け、ロール軸は構造的な支持と耐疲労性を提供します。ロールの精密設計により、溝公差は $\pm 0.005\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$ 以内に制御され、表面粗さ Ra は $< 0.1\mu\text{m} \pm 0.05\mu\text{m}$ 、圧延精度は $< 0.5\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ です。性能最適化されたロールは、優れた寿命と圧延効率を備えています。SEM 分析では、溝に明らかな摩耗が見られないことが示され、X 線回折では WC 相の高い結晶性が確認され、熱画像では熱応力分布が低いことが示されています。

超硬合金耐摩耗ロールの性能に影響を与える要因

Co 含有量が

6%-30% $\pm 1\%$ の場合、硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。6% $\pm 1\%$ 未満では割れ率が増加します。30% $\pm 1\%$ を超えると硬度が低下し、熱膨張が増加します。10%-15% $\pm 0.5\%$ が好ましいです。

結晶粒径が

0.5-1 $\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ の場合、摩耗が効果的に低減します。1-1.5 $\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ は中負荷圧延に適しており、2 $\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ を超えると摩耗率が上昇します。

溝の形状

溝角度が 10°-20° $\pm 2^\circ$ の場合、圧延効率が最適化されます。20° $\pm 2^\circ$ を超えると効率が低下し、10° $\pm 2^\circ$ 未満の場合、金属の凝着が発生しやすくなります。

表面

処理

コーティングの厚さが 0.5-1 $\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ の場合、耐摩耗性が向上し、TiAlN コーティングにより摩擦係数が低下し、高温耐性が向上します。

作業環境

温度が 700°C $\pm 20^\circ\text{C}$ を超えると硬度が低下し、水分や不純物の含有量によって摩耗が増加し、塩素雰囲気下では腐食速度が上昇します。

設備パラメータである

圧延速度、圧延力、および出力はロールの寿命に影響を与え、パラメータが高すぎると寿命が短くなります。

超硬耐摩耗ロールの種類

一体型ロール

は高負荷圧延機に適しており、直径は 300~600mm $\pm 5\text{mm}$ です。

複合ロール

は超硬ロールリングとスチールシャフトで構成され、高速ワイヤーミルに適しています。

複合ロールは

ロールシャフトに超硬ロールリングを鍛造したもので、3 ロールミルに適しており、優れた耐高温性を備えています。

特殊ロールには、

超高温タイプと超耐腐食タイプがあります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

超硬耐磨耗ローラーの用途 棒鋼

圧延は

、長寿命の高炭素鋼棒に使用され、ISO 10241 規格に適合しています。

線材圧延は

、耐摩耗性が強い高速線に使用され、API 7-1 規格に適合しています。

鉄筋製造は

、耐衝撃性が強い鉄筋圧延に使用され、EN 10080 規格に適合しています。

シームレス鋼管製造は、

耐高温性が強い 3 ロールミルに使用され、ASTM A519 規格に適合しています。

特殊合金圧延は、

耐腐食性が強いチタン合金圧延に使用され、AMS 4928 規格に適合しています。

鉄道レールは

、表面粗さが低いレール圧延に使用され、EN 13674 規格に適合しています。

自動車部品

は、高精度の歯車鋼圧延に使用され、ISO 683 規格に適合しています。

エネルギー機器は

、耐熱性が強い高圧ボイラーチューブ圧延に使用され、ASME SA-213 規格に適合しています。

関連する国内および国際規格

ISO 10241API

7-1EN 10080ASTM A519AMS 4928EN 13674ISO 683ASME SA-213GB/T 5760JB/T 7947



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬ギアとは何ですか？

超硬歯車は、高負荷、精密伝動、過酷な作業条件向けに設計された高性能歯車であり、重機、航空宇宙、自動車産業、エネルギー機器などの分野で広く使用されています。その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、精密機械加工と表面処理を組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐高温性を提供し、高速および重負荷条件下での伝動精度と長期信頼性を確保します。伝動システムの主要部品として、超硬歯車は設備の効率、騒音レベル、および耐用年数に直接影響します。以下のコンテンツでは、ネットワーク全体に関する最新情報と 2025 年の業界の技術進歩に基づいて、歯車の特性、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

超硬合金歯車の物理的および化学的特性

超硬合金製ギアは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）を使用し、結合相としてコバルト（Co、 $6\%\sim 15\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%\sim 2\%\pm 0.1\%$ 、Ni $0\sim 5\%\pm 1\%$ 、TaC $1\%\sim 3\%\pm 0.2\%$ など）を添加することで、粒径、耐摩耗性、耐熱疲労性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

ギアの幾何学的設計は、直歯、ヘリカル歯、ベベル歯など、伝動要件に応じてカスタマイズされます。モジュール範囲は $1\sim 10\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ 、歯数は $20\sim 100\pm 1$ 、歯高は $10\sim 50\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ で、スチールシャフトに取り付けられます。固定方法はキー接続または焼きばめで、高トルク下でも安定した動作を保証します。歯面にはコーティング（TiN、TiAlN、DLC など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）が可能で、摩擦係数は 0.15 ± 0.05 未満に低減され、耐摩耗性と耐凝着性が向上します。設計は伝動機構と熱管理の最適化を統合し、動作温度範囲は $-20^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ です。

超硬耐摩耗ローラーの特性

WC は高い硬度を有し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐熱疲労性を備えています。Co は固溶強化と塑性変形により靱性を高め、衝撃エネルギーを吸収します。微粒子が微細構造を最適化し、摩耗率は $<0.03 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01 \text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、密度は $14.8\sim 15.2 \text{ g/cm}^3\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数（CTE）は $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ です。Ni と Cr_3C_2 を添加すると耐食性が向上し、TaC は高温硬度を高めます。

超硬耐摩耗ローラーの動作原理：

歯車は、伝達システムにおいて歯の噛み合いを通じて動力を伝達します。歯面は高い接触圧力と熱負荷に耐え、軸は構造的な支持と耐疲労性を提供します。歯車の精密設計により、歯形公差は $\pm 0.005\text{mm}\pm 0.002\text{mm}$ 、表面粗さは $\text{Ra}<0.1\mu\text{m}\pm 0.05\mu\text{m}$ 、伝達精度は $<0.02^\circ\pm 0.01^\circ$ に

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

制御されています。

最適化されたギアは優れた伝動寿命を有しています。SEM 分析では歯面に明らかな摩耗は見られず、X 線回折では WC 相の高い結晶性が確認され、熱画像では熱応力分布が低いことが示されています。

超硬合金歯車の性能に影響を与える要因

Co 含有量は

6%-15%±1% で硬度と靱性の最適なバランスが実現され、6%±1% 未満では亀裂率の増加につながり、15%±1% を超えると硬度が低下して熱膨張が増加し、8%-12%±0.5% が好ましい。

粒径

0.5-1 μm ±0.01 μm は摩耗を効果的に低減し、1-1.5 μm ±0.01 μm は中程度の負荷伝達に適しており、2 μm ±0.01 μm を超えると摩耗率が上昇します。

歯形角度

圧力角が 20°±2° の場合、伝達効率が最適化され、22°±2° を超えると効率が低下し、18°±2° 未満の場合、噛み合いが不均一になりやすくなります。

表面処理

コーティングの厚さは 0.5-1 μm ±0.1 μm で耐摩耗性が向上し、TiAlN コーティングは摩擦係数を低減し、高温耐性が向上します。

熱処理

ギアでは、焼入れにより表面特性が向上し、焼戻しにより残留応力が低減されます。

作業環境

温度が 600°C±20°C を超えると硬度が低下し、水分や不純物の含有量は摩耗を増加させ、塩素雰囲気では腐食速度が上昇します。

機器パラメータ:

速度、トルク、出力はギアの寿命に影響を与え、パラメータが高すぎると寿命が短くなります。

超硬歯車の種類

平歯車

はモジュール 2~5mm±0.1mm で低速伝動に適しています。

はすば歯車は

モジュール 3~7mm±0.1mm で中速伝動に適しています。かさ歯車

は

モジュール 1~3mm±0.1mm で高速伝動に適しています。

特殊歯車

には、耐高温タイプや耐腐食タイプなどがあります。

超硬ギアの用途

重機

はクレーン・トランスミッションに使用され、長寿命で ISO 6336 規格に準拠しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

航空宇宙

は航空機エンジンギアに使用され、強力な高温耐性があり、AMS 6265 規格に準拠しています。

自動車産業は

ギアボックスギアに使用され、低ノイズで ISO 14635 規格に準拠しています。

エネルギー機器

は風力発電ギアに使用され、強力な疲労耐性があり、IEC 61400 規格に準拠しています。

鉱山機器

は破碎機ギアに使用され、強力な耐衝撃性があり、ISO 10825 規格に準拠しています。

造船業は

プロペラトランスミッションに使用され、強力な耐腐食性があり、ABS 規格に準拠しています。

鉄道機関車

はギアボックストランスミッションに使用され、高精度で EN 13232 規格に準拠しています。

ロボット技術

はジョイントトランスミッションに使用され、表面粗さが低く、ISO 9409 規格に準拠しています。

超硬合金歯車の技術進歩と今後の展開。

新材料として

ナノ WC を導入し硬度を向上させ、TaC と Ni を添加することで高温安定性を強化しています。

インテリジェントモニタリング

統合センサーは、歯面の摩耗と温度をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します。3D

プリンティング技術は

、SLM を用いて複雑な歯車を製造し、材料の無駄を削減します。

環境適応性により

、超高温・超耐食性歯車を開発します。WC 粉末の

持続可能な

リサイクルは、二酸化炭素排出量を削減し、ISO 14040 規格に適合しています。

超硬合金歯車に関する国内および国際規格 ISO

6336

AMS 6265 ISO 14635 IEC 61400 ISO 10825 EN 13232 ISO 9409 GB/T 5760 JB/T 7947

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬耐磨耗ベアリングブッシングとは何ですか？

超硬耐磨耗軸受ブッシングは、高荷重、低摩擦、過酷な作業条件向けに設計された高性能軸受ブッシングです。鉱山機械、石油掘削、化学ポンプ、自動車産業などで広く使用されています。その核心的な利点は、超硬材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）の使用にあり、精密機械加工と表面改質を組み合わせることで、優れた硬度、耐磨耗性、耐腐食性、自己潤滑性を提供し、高速および重負荷条件下での軸受の安定性と長期信頼性を確保します。軸受システムの主要部品として、超硬耐磨耗軸受ブッシングは、機器の動作精度、耐用年数、およびメンテナンスコストに直接影響します。2025 年のネットワーク全体と業界の技術進歩に関する最新情報に基づいて、以下のコンテンツでは、ブッシングの特性、技術的詳細、および用途を包括的に拡張します。

超硬合金耐磨耗軸受ブッシングの物理的および化学的性質

超硬合金ブッシングは、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $6\%-12\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、Ni $0-5\%\pm 1\%$ 、Ta $1\%-3\%\pm 0.2\%$ など）を補充することで、粒径、耐磨耗性、耐腐食性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1.2\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $95\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

ブッシングの幾何学的設計は円筒形または複雑で、内径は $10\sim 200\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ 、外径は $20\sim 250\text{mm}\pm 0.2\text{mm}$ 、長さは $20\sim 300\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 、肉厚は $5\sim 50\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ です。表面仕上げは $\text{Ra}<0.2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ で、公差は $\pm 0.01\text{mm}\pm 0.005\text{mm}$ に制御され、シャフトとの嵌合精度を確保しています。内面にコーティング（TiN、 MoS_2 、DLC など、厚さ $0.5\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことで、摩擦係数を $<0.1\pm 0.05$ に低減し、耐磨耗性と自己潤滑性を向上させます。熱伝導性と機械的な最適化を両立した設計で、動作温度範囲は $-20^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ です。

超硬耐磨耗ベアリングブッシングの特性

WC は高い硬度を有し、その六方結晶構造は優れた耐磨耗性と耐腐食性を備えています。Co は固溶強化と塑性変形を通じて靱性を高め、衝撃エネルギーを吸収します。微粒子は微細構造を最適化し、摩耗率は $<0.03\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 、密度は $14.8\sim 15.2\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$ 、熱膨張係数（CTE）は $6\times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ です。Ni と Cr_3C_2 を添加することで耐腐食性が向上し、TaC は高温硬度を高めます。

超硬耐磨耗軸受ブッシングの耐磨耗原理

軸受システムにおけるブッシングは、内径とシャフト間の滑り接触または転がり接触を通じて、支持と衝撃吸収を実現します。内径は高い接触圧力と熱負荷を受けますが、ブッシ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ングは低摩擦と高い耐摩耗性を実現します。精密設計により、内径公差は $\pm 0.01\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$ 、表面粗さは $Ra < 0.2\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ 、ラジアルランアウトは $< 0.01\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$ に制御されています。

最適化されたブッシングは優れた寿命を持ち、SEM 分析では内面に明らかな摩耗が見られず、X 線回折では WC 相の結晶度が高いことが確認され、熱画像では熱応力の分布が低いことが示されています。

超硬合金耐摩耗性軸受ブッシングの性能に影響を与える要因

Co 含有量は

6%~12% $\pm 1\%$ で硬度と靱性の最適なバランスを実現し、6% $\pm 1\%$ 未満では亀裂率の増加につながり、12% $\pm 1\%$ を超えると硬度が低下して熱膨張が増加し、8%~10% $\pm 0.5\%$ が好ましい。

粒径

0.5~1 $\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ は摩耗を効果的に低減し、1~1.5 $\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ は中程度の負荷に適しており、2 $\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ を超えると摩耗率が上昇します。

内径精度

内径公差 $\pm 0.01\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$ はフィット精度を最適化し、 $\pm 0.02\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$ を超えると効率低下し、 $\pm 0.005\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$ 未満では加工コストが増加します。

表面処理

コーティングの厚さを0.5~1 $\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ にすることで耐摩耗性が向上し、MoS₂コーティングは摩擦係数を低減し、自己潤滑性を向上させます。ブッシングの

熱処理は

焼入れにより表面特性が向上し、焼戻しにより残留応力が低減されます。

作業環境

温度が500°C $\pm 20^\circ\text{C}$ を超えると硬度が低下し、水分や不純物の含有量が多いと摩耗が促進され、Cl-環境下では腐食速度が増加します。

機器パラメータ:

速度、負荷、および電力はブッシングの寿命に影響を与え、パラメータが高すぎると寿命が短くなります。

超硬耐摩耗性ベアリングブッシングの種類

標準ブッシング

は内径10~50 $\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ で、低速ベアリングに適しています。

中型ブッシング

は内径50~100 $\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ で、中荷重ベアリングに適しています。

大型ブッシング

は内径100~200 $\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ で、高荷重ベアリングに適しています。

特殊ブッシング

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

には、耐高温タイプと耐腐食タイプがあります。

超硬耐摩耗性ベアリングブッシングの用途

鉱山機械は

、長寿命で ISO 10825 規格に準拠した破碎機ベアリングに使用されます。

石油掘削は

、耐腐食性が強く、API 7K 規格に準拠した掘削ポンプブッシングに使用されます。

化学ポンプは

、耐薬品性があり、ISO 13709 規格に準拠した腐食性媒体ポンプに使用されます。

自動車産業は

、低騒音で ISO 14635 規格に準拠したエンジンベアリングに適しています。

エネルギー機器は

、耐疲労性が強く、IEC 61400 規格に準拠した風力発電ベアリングに使用されます。

造船業は

、海水耐腐食性があり、ABS 規格に準拠した推進システムブッシングに使用されます。

農業機械は

、表面粗さが低く、ISO 4254 規格に準拠したトラクターベアリングに使用されます。

医療機器は、

高精度で ISO 13485 規格に準拠した高精度ポンプ ブッシングに適しています。

超硬合金耐摩耗性軸受ブッシングの

技術進歩と今後の展開。新材料として

ナノ WC を導入し硬度を向上させ、TaC と Ni を添加することで高温安定性を強化しました。

インテリジェントモニタリング

統合センサーは、内面の摩耗と温度をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化します。3D

プリント技術は

、SLM（構造材料積層造形）を用いて複雑なブッシングを製造し、材料の無駄を削減します。

環境適応性により、

超高温・超耐食性ブッシングを開発しました。WC 粉末の

持続可能な

リサイクルにより、二酸化炭素排出量を削減し、ISO 14040 規格に適合しています。

超硬耐摩耗軸受ブッシングに関する国内および国際規格

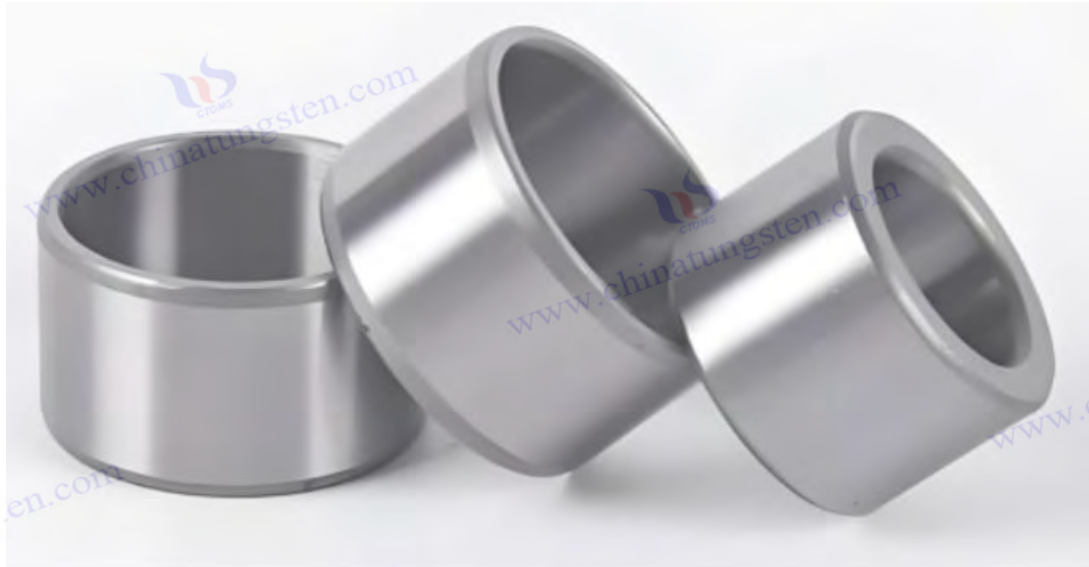
ISO 10825API

7KISO 13709ISO 14635IEC 61400ISO 4254ISO 13485GB/T 5760JB/T 7947

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

超硬合金医療機器と装置とは何ですか？

超硬合金製医療機器・設備は、高精度、生体適合性、耐久性を重視して設計された高性能医療ツールであり、外科、歯科、整形外科、診断など幅広い分野で使用されています。その核心的な利点は、超硬合金材料（タングステン鋼、WC-Co 系など）を使用し、精密機械加工と表面処理を組み合わせることで、優れた硬度、耐摩耗性、耐腐食性、抗菌性を実現し、複雑な外科手術環境や長期使用条件においても工具の精度と安全性を維持できることにあります。医療分野における重要な部品として、超硬合金製医療機器は手術効率、患者の回復、機器の寿命に直接影響を及ぼします。

超硬合金医療機器の物理的および化学的性質

超硬合金医療機器は、硬質相として炭化タングステン（WC、含有量 $>90\%\pm 1\%$ ）、結合相としてコバルト（Co、 $4\%-8\%\pm 1\%$ ）を使用し、微量添加剤（ Cr_3C_2 $0.5\%-2\%\pm 0.1\%$ 、 TaC $0.5\%-1.5\%\pm 0.1\%$ 、 NiO $0.3\%\pm 0.5\%$ など）を使用することで、粒径、耐摩耗性、生体適合性を最適化します。粉末冶金プロセスによって製造されます。一般的な方法としては、熱間静水圧プレス（HIP、温度 $1400\sim 1500^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $150\sim 200\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$ 、保持時間 $30\sim 60$ 分 ± 5 分）または放電プラズマ焼結（SPS、温度 $1350\sim 1450^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 、圧力 $45\sim 55\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$ 、保持時間 $5\sim 10$ 分 ± 1 分）が挙げられ、材料の理論密度の $99.9\%\pm 0.1\%$ に達し、気孔率が $0.1\%\pm 0.05\%$ 未満となることが保証されます。粒径は $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ （好ましくは $0.8\sim 1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ ）に精密に制御され、Hall-Petch 方程式（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$ ）によって硬度と靱性の最適なバランスが実現されます。微細構造の均一性は $96\%\pm 2\%$ （金属組織分析）に達し、局所粒界強化率は $98\%\pm 1\%$ 以上です。

手術用メス、はさみ、ドリル、ピンセットなど、用途に合わせて形状設計をカスタマイズし、サイズ範囲は $0.5\sim 50\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$ 、公差は $\pm 0.01\text{mm}\pm 0.005\text{mm}$ 、表面仕上げは $\text{Ra} < 0.05\mu\text{m}\pm 0.02\mu\text{m}$ です。表面には生体適合性コーティング（TiN、ZrN、DLC など、厚さ $0.5\sim 1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$ ）を施すことができ、摩擦係数を $< 0.1\pm 0.05$ に低減することで耐摩耗性と抗菌性を向上させています。人間工学と熱管理の最適化を融合した設計で、動作温度範囲は $-20^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ と、人との接触に対する安全基準を満たしています。

超硬合金医療機器の特性

WC は高い硬度を有し、その六方結晶構造は優れた耐摩耗性と耐腐食性を備えています。Co は固溶強化と塑性変形によって靱性を高め、衝撃エネルギーを吸収します。微粒子が微細構造を最適化し、摩耗率は $< 0.02\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 、密度は $14.8\sim 15.2\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、熱膨張係数（CTE）は $6\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ です。 Cr_3C_2 と TaC を添加することで耐腐食性が向上し、Ni は生体適合性を最適化し、ISO 10993 規格に準拠しています。

超硬合金製医療機器の動作原理

手術や診断において、機器は鋭利な刃先やドリルを用いて組織や材料を精密に加工します。作業面は高い接触圧力とわずかな熱負荷を受けますが、コーティングは組織への付着を低減し、抗菌性を向上させます。精密設計により、刃先公差は $\pm 0.005\text{mm}\pm 0.002\text{mm}$ 、表

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

面粗さは $Ra < 0.05\mu m \pm 0.02\mu m$ 、切削精度は $< 0.01mm \pm 0.005mm$ に抑えられています。
最適化されたツールは優れた寿命を持ち、SEM 分析では刃先に明らかな損傷が見られず、X 線回折では WC 相の結晶度が高いことが検証され、抗菌テストでは高い抑制率が示されています。

超硬合金医療機器の性能に影響を与える要因

Co 含有量は

$4\% \sim 8\% \pm 1\%$ で、硬度、靱性、生体適合性の間で最適なバランスが実現され、 $< 4\% \pm 1\%$ では亀裂率の増加につながり、 $> 8\% \pm 1\%$ では硬度が低下して細胞毒性のリスクが高まり、 $5\% \sim 7\% \pm 0.5\%$ が好ましいです。

粒径

$0.5 \sim 1\mu m \pm 0.01\mu m$ は摩耗を効果的に低減し、 $1 \sim 1.5\mu m \pm 0.01\mu m$ は中程度の負荷に適しており、 $> 1.5\mu m \pm 0.01\mu m$ では摩耗率が高くなります。刃先

角度

$15^\circ \sim 25^\circ \pm 2^\circ$ は切削効率を最適化し、 $> 25^\circ \pm 2^\circ$ では効率が低下し、 $< 15^\circ \pm 2^\circ$ では刃先に亀裂が生じやすくなります。

表面処理コーティングの厚さ $0.5 \sim 1\mu m \pm 0.1\mu m$

熱処理

工具の焼入れは表面特性を向上させ、焼戻しは残留応力を低減します。

作業環境

温度が $200^\circ C \pm 10^\circ C$ を超えると硬度が低下し、水分や血液の汚れは摩耗を増加させ、塩素雰囲気は腐食速度を増大させます。

機器パラメータ:

切削速度、負荷、電力は機器の寿命に影響を与え、パラメータが高すぎると寿命が短くなります。

超硬医療器具

超硬外科用刀

は刃長が $5 \sim 20mm \pm 0.05mm$ で、軟組織の切開に適しています。

超硬歯科用ドリルは

刃径が $1 \sim 5mm \pm 0.01mm$ で、エナメル質の穿孔に適しています。

超硬整形外科用器具

には、鋸刃やドライバーなどがあり、刃長は $20 \sim 50mm \pm 0.1mm$ です。

超硬特殊器具

には、耐腐食性ピンセットや高温滅菌器具などがあります。

セメントカーバイド医療機器の用途

一般外科:

組織切断、長寿命、ISO 7153 規格準拠。

歯科

: 歯冠形成、強力な耐摩耗性、ISO 1797 規格準拠。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

整形外科

：骨折固定、強力な耐衝撃性、ASTM F136 規格準拠。

脳神経外科

：低侵襲手術、低表面粗さ、ISO 13485 規格準拠。

形成外科：

インプラント処理、優れた生体適合性、ISO 10993 規格準拠。

眼科：

角膜手術、高い切断精度、ISO 10939 規格準拠。

獣医

：動物手術、強力な耐腐食性、AVMA 規格準拠。

診断機器

：生検針、強力な抗菌性、ISO 11607 規格準拠。

技術の進歩と将来の発展：

新素材

では、硬度を向上させるナノ WC の導入に加え、生体適合性を高めるために TaC と Ni を添加。

インテリジェントモニタリング：

統合センサーが刃先の摩耗と温度をリアルタイムで監視し、交換サイクルを最適化。3D プリンティング技術

では、SLM（構造材料積層法）を用いて複雑な器具を製造し、材料の無駄を削減。

環境適応性により、

超耐腐食性と抗菌性を備えた器具を開発。WC 粉末の

持続可能な

リサイクルにより、二酸化炭素排出量を削減し、ISO 14040 規格に適合。

関連する国内および国際規格 ISO

7153ISO

1797ASTM F136ISO 13485ISO 10993ISO 10939ISO 11607GB/T 5760YY/T 0290

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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