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、応用に関する包括的な探究

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

CTIA GROUP
の紹介

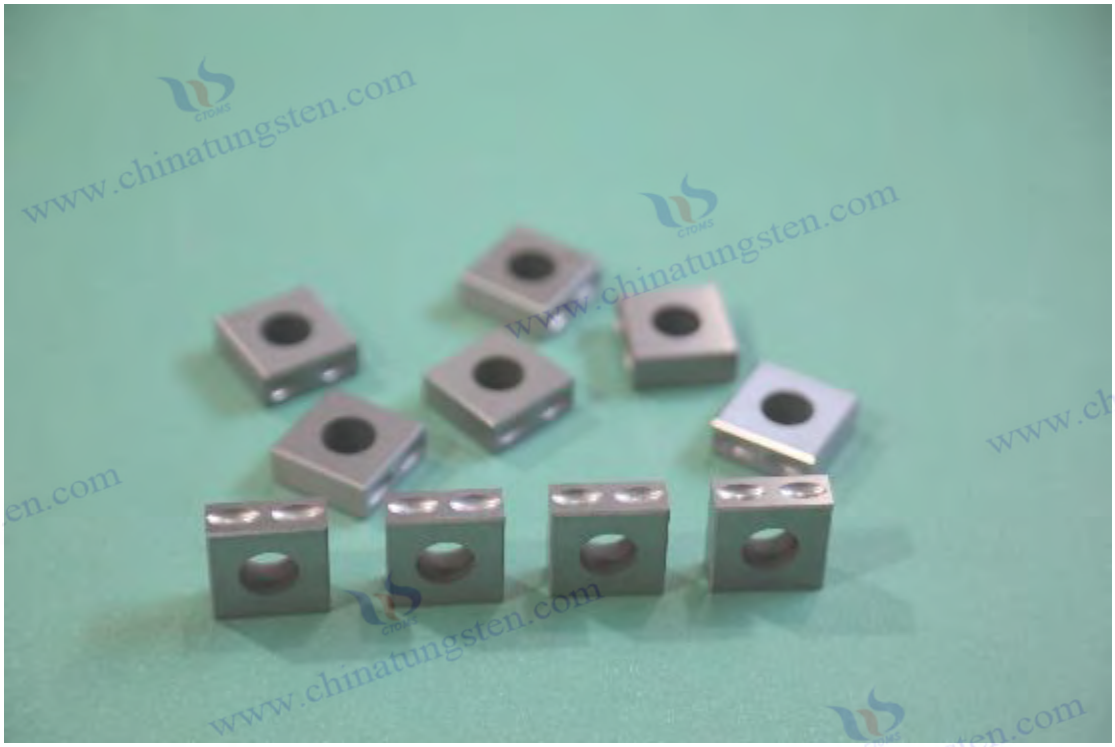
CHINATUNGSTEN ONLINE が設立した、独立した法人格を持つ完全子会社である CTIA GROUP LTD は、インダストリアル・インターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントで統合された柔軟な設計と製造の推進に尽力しています。CHINATUNGSTEN ONLINE は、1997 年に www.chinatungsten.com （中国初の一流タングステン製品ウェブサイト）を起点に設立され、タングステン、モリブデン、希土類元素産業に特化した中国の先駆的な e コマース企業です。 CTIA GROUP は、タングステンおよびモリブデン分野での約 30 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



順序

AI 駆動型超硬合金の高エントロピー
そして、超硬合金グレードバッチ番号の進化の傾向
AI 駆動の進化のトレンド
高エントロピーセメントカーバイド（HECC）&
バッチ固有のセメント炭化グレード（BSCCG）

1. はじめに

超硬合金は、主に炭化タングステン（WC）を主成分とし、コバルト（Cobalt）、ニッケル（Ni）などの結合相と複合して作られています。優れた機械的特性（硬度 1500～2200HV、耐摩耗性<0.05mm³/h）と化学的安定性（耐腐食性<0.02mm/y、pH2～12）により、航空宇宙、精密製造、新エネルギー、最先端技術の分野で広く使用されています。人工知能（AI）、産業用インターネット、5G/6G 高速データ伝送、ビッグデータ/クラウドコンピューティング技術の急速な発展は、超硬合金グレードの設計と分類に新たな勢いをもたらし、特に「高エントロピー超硬合金（HE CC）」と「バッチ特化型超硬合金グレード（BS CC G）」の開発を促進しました。これらのコンセプトは CTIA GROUP LTD によって初めて提案されたもので、高エントロピーは多成分合金設計によって性能限界を突破し、バッチングは動的最適化によって個別カスタマイズを実現します。この記事は、30 年間タングステン系材料業界に深く関わり、カスタマイズ設計と生産に注力してきた China Tungsten Online の専門家チームによって執筆されました。AI によって推進される超硬合金の高エントロピーとバッチングの開発動向に焦点を当て、その技術的メカニズムと特性を分析し、航空宇宙用電気コネクタ、精密金型微細穴加工、燃料電池バイポーラプレート、そして将来の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

最先端の科学技術事例を調査し、パフォーマンスの適応性と応用の見通しを探り、関連する課題とイノベーションの道筋を評価します。

現在、超硬合金業界は複雑なグレード体系という課題に直面しています。各超硬合金企業はそれぞれ独自のグレード体系を有し、同時に国際的に認められたグレード規格（ISO 513 規格など）も存在します。欧米、日本、韓国の各国も、米国 ANSI、日本 JIS、ドイツ DIN など、独自のグレード規格を策定しています。こうした多様性は技術機密性と個別ニーズに起因するものですが、市場と顧客に問題をもたらしています。グレードの違いは需要のマッチングを困難にし、性能と生産能力の最適な調整を困難にし、カスタマイズ超硬合金の開発動向を制限しています。超硬合金の高いエントロピーは、性能限界を向上させることでグレードバッチングの技術的基礎を築きます。バッチングは、AI 技術エコシステムにおけるリアルタイムに変化するニーズとアプリケーションデータのフィードバックに適応するために、配合を動的に調整し、生産端における原料、プロセスパラメータ、包装・輸送のフルリンクカスタマイズを導きます。両者は密接に関係しており、共同で超硬合金業界の知能化とカスタマイズ化を推進しています。

2. 技術的背景

2.1 材料設計における人工知能の応用

）を通じて、超硬合金の高エントロピー設計とバッチ設計をサポートします。AI は多次元データセット（粒径 0.1〜10μm、結合相比 6〜20%、作業パラメータなど）を処理し、性能指標（硬度誤差<5%、靭性 1020MPa ・m¹ ／ ²、耐食性<0.02mm/y など）を予測します。たとえば、WC-Co 配合は畳み込みニューラルネットワークに基づいて最適化され、研究開発サイクルは 60%短縮されます。生成 AI は、履歴データ（WCCo および WCNi ライブラリなど）から高エントロピー合金配合を生成し、高温耐摩耗性を 15%最適化します。ナレッジグラフは、産業チェーンデータ（タングステン粉末の純度 99.9%〜99.95%、プロセスパラメータなど）を統合して、閉ループ最適化を実現し、効率を向上させ、高エントロピーおよびバッチ設計の基礎を築きます。

2.2 産業用インターネットとリアルタイムデータインタラクション

は、モノのインターネット（IoT）センサー、エッジコンピューティング、クラウドコンピューティングを通じて、データ駆動型のエコシステムを構築しています。センサーはパラメータ（焼結温度 1350° C±2° C、圧力 100〜150 MPa など）を収集し、エッジコンピューティングは高周波データ（粒径 0.1〜0.5μm、1 Hz）を処理し、クラウドコンピューティングは大規模な分析をサポートします。このリアルタイムの相互作用により、生産が

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

透明化され、動的調整（H_2雰囲気 5〜10 %、露点など）がサポートされます。産業チェーンの連携では、サプライヤーがタングステン粉末の粒径（ D50 0.1〜0.3μm など）を提供し、メーカーがプロセスを最適化し、ユーザーが作業条件（切断速度 200 m / min など）をフィードバックすることで、サプライチェーンの対応時間を 20%短縮し、バッチ生産にデータサポートを提供します。

2.3 5G/6G ネットワークの協調的エンパワーメント

5G ネットワーク（遅延< 1ms 、帯域幅>10Gbps）と 6G ネットワーク（遅延<0.1ms 、帯域幅>100Gbps）は、効率的な通信を提供します。5G / 6G は、サプライヤーによるバッチデータのアップロード、メーカーによる焼結曲線（1400℃、10^{-3} Pa 、焼結時間など）のフィードバック、ユーザーによる作業条件（50℃〜800℃、100MPa）の提供など、産業チェーンにおけるデータ交換をサポートします。この低遅延通信により、AI は高エントロピー合金配合（WC-10%Co+0.2%TaC など）やバッチ調整を迅速に最適化し、地域間の共同設計により納品サイクルを 25〜30%短縮し、高エントロピーおよびバッチ実装の効率を高めます。

ビッグデータとクラウドコンピューティングの計算サポート

ビッグデータは、内部データ（生産ログ、テスト結果）と外部データ（市場動向、ISO 45001 規格）を統合し、AI トレーニングの教材を提供します。クラウドコンピューティングは、レシピのハイスループットスクリーニング（1 日あたり 10^3 の組み合わせ以上）や多目的最適化（硬度、耐摩耗性、コスト）などの高並行コンピューティングをサポートします。2025 年には、中国のビッグデータ市場規模は 5,400 億元に達すると予想されており、材料の研究開発を支援します。クラウドコンピューティングは、WC 合金の耐酸化性（<0.02 mg/cm² 、 800° C、誤差<5%）の予測などのシミュレーションを可能にし、高エントロピー合金設計と高精度バッチ処理の理論的基礎を提供します。

3. 超硬合金の開発動向と特徴

AI、インダストリアルインターネット、5G/6G、ビッグデータ/クラウドコンピューティングの相乗効果は、超硬合金の高エントロピー・バッチ生産の発展軌道を大きく形作ってきました。30 年にわたりタングステン系材料のカスタマイズ生産に注力してきた専門家チームとして、私たちは従来の配合設計から AI 主導のイノベーションへの変革を目の当たりにしてきました。これらのトレンドは、材料性能を向上させるだけでなく、ハイエンド製造のためのカスタマイズソリューションも提供しています。以下は詳細な分析です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.1 インテリジェントデザイン：データによって推進される革命的な進歩

これは、マルチソースデータ分析により、高エントロピー合金とバッチ配合を最適化します。ランダムフォレストやサポートベクターマシンなどの AI モデルは、結晶相構造、熱処理パラメータ、および作業条件データを統合して、パフォーマンス指標を予測します。たとえば、履歴データに基づいてトレーニングされたモデルは、WC-Co 合金の硬度の予測誤差を±50 HV 以内に制御でき、設計サイクルは従来の方法と比較して約 50%短縮されます。生成 AI はさらにルーチンを打破し、生成的敵対ネットワーク（GAN）を介して何千もの配合から高エントロピー合金配合を選択します。たとえば、WCNi ベースの合金に 0.1〜0.3 重量%の NbC を追加すると、耐食性が 10%向上し、酸性環境の新エネルギー機器に特に適しています。さらに、ナレッジグラフテクノロジーは、ユーザーのニーズ（航空コネクタの高導電性> 90%IACS など）と材料特性を一致させ、最適な配合を推奨し、応答時間を 40%短縮します。このインテリジェント設計は、研究開発を加速させるだけでなく、高エントロピーとバッチ生産のメリットを理論的に裏付け、標準化からパーソナライゼーションへのシームレスな移行を実現します。インテリジェント設計の核心は、従来のブランドシステムの限界を打ち破り、AI 技術を通じて性能と需要の正確なマッチングを実現し、高エントロピーとバッチ生産の実現のためのデータベースを提供することです。

3.2 柔軟な製造：多様なニーズに応えるプロセス革新

フレキシブル製造は、インダストリアルインターネットと 5G/6G 技術を活用して、小ロット・高度カスタマイズ生産を実現し、ハイエンド市場における超硬合金の多様なニーズに応えています。フレキシブル製造の鍵となるのは、リアルタイムのプロセス監視です。IoT センサーは、焼結温度（1350℃±1℃）、圧力（100〜150MPa）、雰囲気パラメータ（水素含有量 5〜10%など）を正確に収集します。AI アルゴリズムはプロセスパラメータを動的に調整し、粒径（0.1〜0.5μm）の一貫性を維持し、不良率を 15%削減します。ラピッドプロトタイピング技術は、従来の限界をさらに打ち破ります。例えば、燃料電池バイポーラプレート流路の複雑な幾何学的構造（許容差<±0.004mm）を数日以内に完成させることができ、納期を 30%短縮し、緊急プロジェクトを強力にサポートします。同時に、5G/6G ネットワークは、産業チェーンの上流と下流の連携を実現します。サプライヤーは、下流工程のニーズに合わせてタングステン粉末（D50 0.1μm ）の粒径を最適化します。メーカーはユーザーからのフィードバック（例えば、切断速度 200m/分）に基づいて配合を調整することで、サプライチェーンの効率を 20%向上させます。フレキシブルな製造は、高エントロピー合金の小ロット試作とバッチ製品の迅速な反復生産のための強固な基盤を提供します。特にグレードの多様性において、異なる国や企業のグレード体系によって生じる市場マッチングの困難に効果的に対応できます。

3.3 超硬合金の高エントロピー：性能限界の突破

「高エントロピー超硬合金」（HE CC）は、CTIA GROUP LTD が初めて提案した革新的なコ

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

ンセプトであり、多成分高エントロピー合金設計を通じて従来の超硬合金の性能ボトルネックを打破することを目指しています。

高エントロピー合金（HEA）は、複数の主要元素（通常 5 種類以上）から構成され、各元素の割合が等原子比（通常 5%～35%）に近く、高い混合エントロピー（エントロピー値＞1.5R ）によって格子歪みと安定性が向上した合金です。従来の合金と比較して、高エントロピー合金は高硬度、高靭性、耐高温性、耐腐食性などの優れた特性を備えており、航空宇宙、深海設備、エネルギー分野などの極限環境でよく使用されます。その設計では、AI や密度汎関数理論を用いて、従来の材料の性能限界を突破することがよくあります。

ハイエントロピーは、密度汎関数理論（DFT）などの AI のハイスループットコンピューティングパワーを使用して、 WCTiCNbCCo （エントロピー値＞ 1.5R）などの複雑な処方を設計します。硬度は最大 1800～2200 HV、靭性は最大 15～20 MPa・m ¹ ／ ²です。この多成分設計は、エントロピー増加効果を通じて格子歪みを強化し、高温安定性（＞ 1000° C）と耐食性（pH 2～3、＜ 0.005 mm ／ y）を大幅に向上させます。TiN や NiP などの AI 最適化機能コーティングは、耐摩耗性を＜ 0.015 mm ³ ／ h、耐食性を＜ 0.005 mm ／ y に低減し、表面性能を 20%向上させます。実際の用途では、ハイエントロピー合金は優れた適応性を示します。例えば、深海開発用のドリルビットは、300MPa の圧力と海水腐食（pH8）に耐える必要があります。高エントロピー配合は、硬度が 2200HV を超え、摩耗寿命が 3 倍以上延長されます。高エントロピー技術は、材料科学における最先端研究を推進するだけでなく、航空宇宙、エネルギーなどの過酷な作業条件に対して信頼性の高いソリューションを提供します。高エントロピーの核心は、性能の飛躍的向上を通じて従来のグレードシステムの限界を解決し、バッチ生産に技術的な推進力を提供し、超硬合金をより幅広い作業条件に適応させることです。

「高エントロピー超硬合金」は「高エントロピー超硬合金」とも捉えられ、多層的な含意とダイナミックな発展過程を内包する概念です。一方では、超硬合金がニッケルタングステン（WC-Ni）とコバルトタングステン（WC-Co）をベースとした伝統的な配合体系を突破し、市場の多様な性能要求（高硬度、耐摩耗性、耐腐食性、高温安定性など）に応じて、タンタル（Ta）、ニオブ（Nb）、チタン（Ti）、クロム（Cr）などの元素を徐々に導入し、その組成を従来の 2 元系または 3 元系から 5 元素以上の複雑な配合へと拡大してきたことを示しています。これらの新たに添加された元素の含有量は、高エントロピー合金の厳密に定義された等原子比（通常 5%～35%）または高い混合エントロピー（エントロピー値＞1.5R）に達していない可能性があり、したがって実際の意味での高エントロピー合金と完全に同等ではありませんが、この元素多様化の傾向は間違いなく性能向上の基礎を築き、超硬合金がより高いエントロピー状態に進化する可能性を示しています。

一方、 **「超硬合金の高エントロピー化」は**、超硬合金が徐々に高エントロピー合金へと移行していく漸進的な転換プロセスを指し示しています。このプロセスは、配合の最適化

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

だけでなく、製造プロセス、微細組織設計、そして応用シナリオの拡大にも関わっています。この転換において、AI 技術（機械学習やハイスループットコンピューティングなど）は重要な役割を果たし、多元素相互作用のシミュレーションと予測を通じて合金配合の調整を導きます。例えば、微量元素（例えば 0.2%～0.4%の TaC や ZrC など）を添加することで、格子ひずみを大幅に改善し、超硬合金の加工特性と経済性を維持しながら、高温性能や耐酸化性を向上させることができます。この段階的な高エントロピーにより、超硬合金は、本来の利点（1500～2000 HV の範囲での高い硬度安定性など）を維持しながら、より高い靭性（> 15 MPa・m ¹ ／ ²）やより広い適用範囲（深海や宇宙環境など）などの高エントロピー合金の特性を徐々に吸収することができます。

さらに、この変革は市場の需要と技術によっても推進されています。例えば、航空宇宙分野の電気コネクタは、高い導電性（> 90% IACS）と耐腐食性（< 0.01 mm/y）を考慮する必要があり、燃料電池セパレータは高精度（公差<±0.004 mm）と耐酸性（pH 3 環境）が求められます。これらの要求に応えるため、超硬合金は過酷な使用条件に対応するため、高エントロピー技術を通じて新元素を導入してきました。今後、このプロセスはさらに加速する可能性があります。6G ネットワークと量子コンピューティングの成熟に伴い、AI は多元素比をより正確に最適化し、「高エントロピー超硬合金」から真の高エントロピー合金への包括的な移行を徐々に実現し、性能と応用範囲の質的飛躍を実現するでしょう。

3.4 超硬合金グレードのバッチ進化：カスタマイズ生産の未来

超硬合金グレードとは、超硬合金材料の種類と性能を識別するために使用される標準化された番号体系であり、通常は企業または国際規格（ISO 513 など）によって策定されます。合金の組成（WC-Co 比など）、性能（硬度、耐摩耗性など）、用途（切削、金型など）を反映しています。例えば、ISO K10 は鋳鉄の加工に適したグレードを示します。米国の ANSI や日本の JIS など、国や企業によって独自のシステムがあります。グレードの多様性は材料の正確な選択を容易にしますが、異なる規格のために市場マッチングが複雑になることもあります。

「バッチ固有の超硬合金**グレード（BS CC G）」は、超硬合金グレードのバッチング**とも呼ばれ、 CTIA GROUP LTD が長年の実践経験と深い観察に基づいて初めて提案した最先端の概念です。異なるバッチの原材料の特性とユーザーのニーズに応じて配合を動的に調整し、高精度のカスタマイズ生産を実現することに重点を置いています。原材料のバッチの違い（タングステン粉末の純度 99.9%～99.95%、Co 含有量 6～20%）は、パフォーマンスに大きな影響を与えます。AI テクノロジーは、ビッグデータ分析を通じてこの課題を効果的に解決します。たとえば、航空宇宙分野では硬度に対する要件が高くなります（> 2000 HV）。AI は特定のバッチの WC-Co 比を最適化できる一方で、金型アプリケーションでは靭性（> 15 MPa・m¹ ／ ²）の向上を優先し、パフォーマンスの差別化は 10～15%に達する可能性があります。小ロット生産の最適化は、バッチングの利点をさらに反映しています。例えば、深海掘削ビット（硬度＞2200HV）の生産量は、従来の月産 1,000 個から月産 100～200 個に調整され、コストは ±5%以内に抑えられ、ハイエンド市場のニーズを

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

満たしています。インダストリアルインターネットと 5G/6G ネットワークにより、バッチデータ（焼結温度や粒径など）のライフサイクル全体にわたる追跡が可能になり、クラウドコンピューティング分析を通じてプロセスを最適化し、不良率を 10%削減し、品質の一貫性を確保しています。さらに、AI は新エネルギー電池の需要が年間 20%増加するなどの市場動向を予測し、処方を迅速に調整し（耐腐食性を向上させるために 0.2～0.4 重量%の TaC を追加するなど）、対応サイクルを 15～20 日短縮します。バッチ生産には、深海機器用の防錆包装の使用や、輸送中の温度と湿度の監視（10℃～30℃、湿度<60%）による製品性能の安定化など、包装と輸送の個別設計も含まれます。バッチ生産は、フルリンクカスタマイズを通じて、従来のグレード体系の多様化に伴う市場問題を解決し、AI 技術エコシステムにおけるアプリケーションデータのリアルタイムで変化するニーズとフィードバックガイダンスに超硬合金が適応できるようにします。高エントロピーとバッチ生産の密接な関係は、前者が性能の飛躍的向上を通じて技術サポートを提供し、後者が動的な調整を通じて市場需要との正確なマッチングを実現することです。この 2 つは共同で超硬合金業界の知能化とカスタマイズ化を推進します。

4. 企業にとっての超硬合金の高エントロピーとグレードバッチングの課題

4.1 従来のセメント炭化物産業チェーンへの課題

超硬合金の性能の高エントロピー化とグレードのバッチ処理は、応用分野の多様化とハイエンド化の必然的な流れであり、AI 時代の革命的な変化は超硬合金産業チェーン全体に前例のない課題をもたらしています。この変化は超硬合金の生産・販売企業の中核部分に影響を与えるだけでなく、上流の設備サプライヤーや原材料サプライヤーを含むサプライチェーンの前端にも深刻な影響を及ぼしています。 従来の産業チェーンは主に静的で標準化された生産モデルに基づいており、高エントロピーがもたらす性能の複雑さやバッチ処理に必要な動的調整機能に適応することは困難です。 AI 駆動型インテリジェンスは、サプライヤーにより高い精度と一貫性を備えた原材料を提供することを要求しています（例えば、タングステン粉末の粒子サイズは D50 0.1～0.3μm の精度でなければなりません） 。また、設備は柔軟な生産能力を備えていなければなりません（例えば、焼結温度 1350℃±2℃、雰囲気パラメータ H_2含有量 5～10%のリアルタイム調整をサポートするなど）。さらに、業界チェーンは、AI エコシステムにおけるリアルタイムの対応と効率的な連携という新たなニーズを満たすために、原材料調達から製品の納品までの全プロセスの透明性と調整を実現するデータ相互接続システムを構築する必要があります。

4.2 超硬合金企業とその経営の課題

従来の超硬合金企業の経営は、人的、財務的、物的資源の配分とプロセス管理に重点を置いてきました。特に大企業は、煩雑な会議や報告業務に陥りやすく、技術革新と市場ニーズの急速な変化を無視しています。しかし、AI エコシステムの下では、企業経営陣は思

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

考を転換し、AI 技術の応用ポテンシャルを深く学び理解し、超硬合金企業が本当に必要とする AI 基盤アーキテクチャ技術を明確にし、単発的で非効率的な AI ツールやフレームワークへの盲目的な投資を避けなければなりません。経営陣は、結果指向型 AI の実際の応用価値を深く理解し、最適化ではなく記録のみに使用されるソフトウェアおよびハードウェア設備に多額の資金を投資することを避け、超硬合金生産のフロントエンドとバックエンドの技術データインターフェース、ヒューマンコンピュータインタラクションの切り込み、産業チェーンの上流と下流の効率的なコラボレーションパスと安全な操作メカニズムに重点を置く必要があります。さらに、経営陣は AI 技術エコシステムに適応する人材を特定・育成し、企業が求める人材のタイプ、AI 管理プロセス、コンプライアンス要件、AI エージェントの適用シナリオを明確にする必要があります。例えば、AI マーケティングエージェント（人工知能技術を用いてマーケティング業務を自律的に実行し、顧客データの分析、コンテンツのパーソナライズ、広告キャンペーンの最適化、リリーススケジュールの設定、潜在顧客とのインタラクション、マーケティング効果の測定などを行うソフトウェアプログラム）を導入することで、市場需要をリアルタイムで分析し、製品プロモーション戦略を最適化することができます。こうした経営改革は、超硬合金企業の今後の競争における分水嶺となり、ひいては生き残りを左右する鍵となると言えるでしょう。

4.3 従来のセメント炭化物産業チェーンにおける実務者の課題

従来の超硬合金生産・販売企業の従業員、特に現場の従業員は、AI 技術がもたらす新たな業務モデルに適応する必要があります。AI の技術的思考を理解し、AI とパワーデュアルドライブの設備操作プロセスを習得・体得し、インテリジェント管理ツールを使いこなし、AI ヒューマンコンピュータインタラクションインターフェースに精通する必要があります。例えば、オペレーターは AI インターフェースを通じて作業パラメータ（例えば、切削速度 200m/分）を迅速に入力し、最適化の提案を受ける必要があります。さらに、実務者は AI の生産・応用ツールを習得し、様々な専門 AI エージェントの出力結果を分析・評価し、長所と短所を判断し、改善のための提案を行う能力を習得する必要があります。そのためには、実務者はより強力な最適化思考と多次元分析能力を備え、交差するデータから重要な改善点を見つけ出す能力を身につけ、高エントロピー合金の性能向上やバッチ生産の精度向上を実現する必要があります。継続的な学習と能力向上を通じてのみ、現場の従業員は従来のオペレーターから AI エコシステムにおけるインテリジェント生産参加者へと役割転換を実現することができます。

4.4 中小セメント炭化企業の課題と機会

AI エージェント（人工知能エージェント、人工知能本体）とは、人工知能技術によって駆動され、環境を認識し、自律的に判断し、タスクを実行できる知能エンティティを指しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

す。センサーやデータ入力を介して情報を取得し、アルゴリズムを用いて分析・行動戦略を策定し、設定された目標を達成するための行動を実行します。AI エージェントは一定の自律性を備えており、スマートアシスタント、自動運転、チャットボットなどの分野で広く使用されています。その機能は、設計と学習データに依存します。

近い将来、超硬合金業界では、さまざまな企業が自らトレーニングした AI エージェントが誕生すると考えています。

AI エコシステムにおいて、超硬合金メーカーの中小企業は厳しい生存競争に直面するでしょう。高エントロピーからグレードの一括処理への思考の転換に迅速に適応できるかどうかは、技術革新のスピード、資金投入能力、そして学習能力の強さにかかっています。この変革圧力は、業界における「大木の下には草は生えない」というダーウィン現象を引き起こし、AI 技術の進化のスピードについていけず淘汰される中小企業も出てくるでしょう。しかし、AI 時代は中小企業にとって反撃の機会も提供しています。中国の超硬合金産業チェーンは、専門の AI エージェントを基盤としたワンマン・ユニコーン企業を生み出す可能性があります。これらの企業は、人的資源が極めて少ない中で、AI エージェントを活用し、効率的な生産・販売センターを構築します。このセンターは 24 時間 365 日稼働し、会議室を必要とせず、エラーが発生しにくく、エコシステム内の様々なデータをリアルタイムで把握し、反復的な最適化を通じて継続的にアップグレードすることができます。このような企業は、AI エコシステムのデータファンネルとなり、設計図の作成、契約確認、生産タスクの割り当て、人材の配置、技術要件の策定、資材の準備、購入リストの作成、アウトソーシング指示の発行、特記事項の処理、オンラインでのデータ共有、検査とテスト、パッケージマークの設計、バッチ番号の生成、物流の手配といったプロセス全体を自動的に処理することができます。

一方、大手超硬合金企業は資本、技術、人材など絶対的な優位性を有しているものの、社内の既得権益と硬直化した組織構造がイノベーションの最大の障害となる可能性がある。例えば、経営陣が AI 会議エージェントの導入を決定した場合、真っ先に交代させられる可能性がある。一方、中小企業は規模が小さく意思決定チェーンが短いため、AI 技術をより柔軟に導入し、人材不足の経営陣を解放し、不利な状況を逆手に取って反撃に出る可能性がある。例えば、AI マイクロエコシステムを導入することで、中小企業は産業チェーンの重要ノードを占め、市場の需要に迅速に対応し、業界の変化をリードすることさえできる。このような機会と課題が共存する状況は、AI 時代における超硬合金企業の発展モデルの根本的な変革を浮き彫りにしている。

4.5 セメントカーバイドエンタープライズ AI エージェントのトレーニング、アプリケーション、反復最適化

超硬合金業界では、産業用 IoT （ IIoT ）、5G/6G 通信技術を活用し、顧客がリアルタイ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ムデータを用いてAIエージェントを学習、トレーニング、アップグレード、適用し、バックトラッキングと自動調整を通じて生産プロセスを最適化することで、生産端とアプリケーション端の間の同期調整と機械対話を実現できます。具体的な実装方法は次のとおりです。

カーバイドAIエージェントトレーニングでは、

IIoTセンサーネットワークを展開し、生産データ（GB/T 26048-2010 焼結温度・圧力、GB/T 34505-2017 粉末粒度分布など）をリアルタイムで収集し、 5G/6G高速伝送を介してクラウドに送信します。初期データセット（GB/T 18376-2014 微細構造、GB/T 5314-2011 化学組成）と組み合わせ、分散型機械学習トレーニングモデルを用いて性能指標（YG6硬度 91.5 HRA、気孔率 <0.05%など）を予測します。

IIoT （GB/T 12444-2006 耐摩耗性、GB/T 4334-2020 耐腐食性など）と5G/6Gリアルタイムデータ伝送を通じて、**お客様の使用シナリオを継続的に監視し、**
アップグレードを行います。オンライン学習またはフェデレーションラーニングを適用することで、モデルを動的に更新し、新しいプロセス（GB/T 5243-2008 新グレードなど）や顧客ニーズの変化に適応し、予測精度（偏差<±0.5 HRA）を向上させます。

超硬合金AIエージェントのリアルタイム顧客データバックトラッキングと最適化
顧客の使用データ（切削工具の寿命や摩耗率など）は、5G / 6Gを介してリアルタイムで生産側にフィードバックされます。AI エージェントはデータを分析し、生産プロセスをバックトラッキングします（焼結温度が高いため、気孔率> 0.1%）。AIエージェントは、プロセスパラメータを自動的に調整し（温度を1450° Cから1440° Cに下げるなど）、リアルタイムの技術データを最適化し、製品のパフォーマンスを確保します（硬度が91.5±0.5 HRAで安定するなど）。このプロセスにより、生産側とアプリケーション側の同期調整が実現され、機械間の対話（生産設備と顧客設備間のデータ相互作用など）が形成されます。

カーバイドAIエージェントの応用
AIエージェントはIIoTを通じて生産設備を統合し、リアルタイムでパラメータを調整し（圧力50MPa、保持時間60分など）、欠陥を予測して修正します。5G/6Gは効率的な通信を保証し、アプリケーションデータ（切削寿命＞5時間など）を収集し、リモート診断とパーソナライズされたカスタマイズをサポートし、生産効率と製品の一貫性を向上させます。

IIoTと5G/6Gのサポートに加え、顧客データのリアルタイムバックトラッキングと自動最適化を組み合わせることで、生産とアプリケーション間の閉ループ連携を実現し、超硬合金製品の最適なパフォーマンスを確保するとともに、効率と顧客満足度を向上させます。超硬合金業界が開発した専用のAIエージェントアプリケーションは、超硬合金の高エントロピーとブランドバッチ設計の最適化、反復的なアップグレードの継続的な進化を促進し、業界のインテリジェント化、カスタマイズ、高性能化の方向への発展を促進しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

す。

5. AI 駆動型超硬合金の高エントロピー・グレードバッチ設計と応用事例分析

30 年にわたりタングステン系材料のカスタマイズ生産に注力してきた専門家チームである China Tungsten Online は、AI 駆動型超硬合金の高エントロピーおよびグレードバッチングの実用化を、以下の事例を通して様々な分野において詳細に分析しました。これらの事例は、技術的な優位性を示すだけでなく、業界の発展に及ぼす広範な影響を反映しています。

5.1 航空宇宙用電気コネクタ：高導電性と耐腐食性の完璧な組み合わせ

航空宇宙用電気コネクタには、高い導電性（> 90% IACS）、耐腐食性（< 0.01 mm/y、1000 時間の塩水噴霧試験）、および耐振動性（10 g、10^6サイクル）が必要です。AI は、高エントロピー合金グレード WCTiCNi（各成分の 20～25 at%、エントロピー値> 1.5R）を設計し、0.2 wt %の TaC を追加することで、耐摩耗性を 5%向上させ、硬度を 1900 HV に、導電性を 90% IACS 以上に、接触抵抗を 10 μΩ 以下にし、 1000 時間の塩水噴霧試験で耐腐食性を< 0.01 mm/y に維持しました。この配合は、高エントロピー技術を使用して格子安定性を高め、高速信号伝送（50 A/cm ²）をサポートし、50° C～200° C、10 g の振動環境で良好な性能を発揮します。 AI は、塩水噴霧濃度や電流密度などの作業条件データを分析することで配合を最適化し、誤差は 3%以内に抑えています。5G ネットワークはリアルタイムのデータインタラクションを可能にし、産業用インターネットはユーザーからのフィードバックを統合します。歩留まりは 98%に達し、耐用年数は 2×10^6倍に達し、従来の銅系材料の 3 倍に相当します。バッチ生産では、航空宇宙分野の顧客のニーズに合わせて配合を調整し、各バッチが特定の導電性および耐腐食性基準を満たすようにします。

5.2 精密金型微細穴加工：超高硬度・耐摩耗性の技術的具体化

精密金型微細穴加工には、高硬度（>1800 HV）、耐摩耗性（<0.02 mm^3 /h）、高精度（公差<±0.003 mm）が求められます。AI は WCTiCCo 高エントロピー合金（各成分 20～25 at%、エントロピー値>1.5R）を設計し、0.3 wt %の ZrC を添加することで、耐凝着性能を 10%向上させました。その結果、硬度は 2000 HV、靭性は 15 MPa・m^1 / ²に達し、耐摩耗性は <0.015 mm^3/h に低減しました。この配合は、高周波放電加工（パルス幅 30～ 50μs 、電流 10A）において低損失（<0.3%）を示し、付着防止性により加工残渣が低減するため、特にチタン合金などの難加工材料の微細穴加工（穴径 Ø0.5mm）に適しています。AI は作業条件データ（電極摩耗率や加工温度など）を組み合わせて配合を最適化し、産業インターネットは加工パラメータに関するリアルタイムフィードバックを提供し、5G ネットワークは産業チェーンデータを伝送します。歩留まりは 97%に達し、耐摩耗寿命は従来の銅電極の 4 倍です。バッチ生産では、異なる金型用途に応じて ZrC の添加量を調整し、各バッチが特定の精度と耐摩耗要件を満たすようにします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5.3 燃料電池バイポーラプレート：導電性と耐酸性の二重最適化

燃料電池バイポーラプレートには、高い導電性（> 85% IACS）、耐酸性（< 0.01 mm/y、pH 3）、高精度（許容差 <±0.004 mm）が求められます。AI は WCTiCNbCCo 高エントロピー合金（各成分 15～20 at%、エントロピー値> 1.5R）を設計し、0.2 wt %の TaC を追加することで耐食性を 10%向上させました。硬度は 1900 HV、導電性> 85% IACS、pH 3 環境での耐食性< 0.005 mm/y を実現しました。高い導電性は効率的な電流伝送（100 A/cm² ）をサポートし、耐酸性は 80° C の酸性電解液中での長期安定性を保証し、高い硬度は流路形状の精度（幅 0.5 mm）を維持します。 AI が電解質組成（pH 3、温度 80℃）を分析して配合を最適化し、クラウドコンピューティングによる性能検証（誤差<4%）と 5G ネットワークによる産業チェーン連携を実現。歩留まり率は 98%、耐用年数はステンレス鋼の 4 倍となる 1.2×10⁷倍を実現しました。バッチ生産では、異なる燃料電池の仕様に合わせて配合を調整し、各バッチが特定の導電性と耐酸性の要件に適合するようにしています。

5.4 防護装甲：超高硬度と軽量化の戦略的応用

防護装甲には、超高硬度（> 2000 HV）、耐衝撃性（> 15 MPa・m ¹ ／ ² ） 、軽量（密度 < 15 g / cm ³ ）が必要です。AI は WCTiCTaCCo 高エントロピー合金（各成分 20∽25 at%、エントロピー値> 1.6R）を設計し、0.3 wt %の NbC を追加して耐衝撃性を 8%向上させました。硬度 2100 HV、靭性 16 MPa・m ¹ ／ ²、密度 14.5 g / cm ³。この配合は、高エントロピー技術を使用して高速衝撃（> 1000 m / s）に耐え、軽量設計は戦車や装甲車両などの移動プラットフォームに適しており、高温耐性（600° C）は爆発的な衝撃環境に対応します。 AI は戦場の作業条件データ（衝撃速度、温度 40℃～600℃など）に基づいて配合を最適化し、誤差は 3%未満です。5G/6G ネットワークはリアルタイムインタラクションをサポートし、産業用インターネットはフィードバックを統合します。歩留まり率は 96%、衝撃寿命は従来の装甲鋼の 2.5 倍の 10⁵倍です。バッチ生産では、装甲の用途に応じて NbC の添加量を調整し、各バッチが特定の耐衝撃性と軽量化要件を満たすようにします。

5.5 UAV ローター部品：高強度と耐摩耗性の相乗最適化

UAV のローター部品には、高強度（> 2 GPa ） 、耐摩耗性（< 0.015 mm³ / h）、軽量（密度< 14 g / cm³ ）が求められます。AI は WCTiCNi 高エントロピー合金（各成分 20∽25 at%、エントロピー値> 1.5R）を設計し、0.2 wt %の ZrC を追加して耐摩耗性を 7%向上させ、硬度 1950 HV、曲げ強度 2.2 GPa 、密度 13.8 g / cm³ を実現しました。高強度と耐摩耗性により、高速（> 10 ⁴ rpm）での構造安定性を確保し、軽量化により耐久性が向上し、耐環境性（20° C∽200° C）により多様な飛行ミッションに適応します。AI は飛行条件データ（速度や温度など）を使用して配合を最適化し、インダストリアルインターネットは性能フィードバックを分析し、5G ネットワークは産業チェーンデータを送信し

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ます。歩留まりは 97%、摩耗寿命は 5×10^{5}時間で、チタン合金の 3 倍です。バッチ生産では、さまざまなミッションシナリオに応じて ZrC の添加量を調整し、各バッチが特定の強度と耐摩耗性要件を満たすようにします。
深海環境における究極の挑戦

無人潜水艇の耐圧船体には、高い耐圧性（> 500 MPa）、耐海水腐食性（< 0.005 mm / y、pH 8）、および高い靭性（> 12 MPa・m $^{1/2}$）が求められます。AI は、 WCTiCNbCCo 高エントロピー合金（各成分 15〜20 at%、エントロピー値> 1.5R）を設計し、0.3 wt %の TaC を追加することで耐腐食性を 12%向上させ、硬度 1900 HV、圧縮強度 550 MPa、耐腐食性<0.004 mm / y を実現しました。高い耐圧性と靭性により深海の高圧（> 500 MPa）に耐えることができ、優れた耐海水腐食性により 0〜10° C の海洋環境での長期安定性が保証され、高い硬度により船体の幾何学的完全性が維持されます。 AI は深海での使用条件データ（圧力や温度など）に基づいて配合を最適化し、クラウドコンピューティングは性能を検証（誤差<3%）、5G/6G ネットワークは産業チェーンの連携をサポートし、歩留まりは 98%、寿命は 10^{7}時間でステンレス鋼の 4 倍です。バッチ生産では、潜水深度に応じて TaC の添加量を調整することで、各バッチが特定の耐圧性と耐腐食性要件に適合するようにしています。

5.7 深海開発用ドリルビット：極限の耐摩耗性と耐腐食性の完璧なバランス

深海開発用ドリルビットには、超高硬度（> 2200 HV）、耐摩耗性（< 0.01 mm ^{3} /h）、耐腐食性（< 0.005 mm / y、pH 8）が求められます。AI は WCTiCTaCNi 高エントロピー合金（各成分 20〜25 at%、エントロピー値> 1.6R）を設計し、0.4 wt %の Cr_3C_2を添加することで耐摩耗性を 10%向上させ、硬度 2250 HV、耐摩耗性<0.008 mm ^{3} /h、耐腐食性<0.004 mm / y を実現しました。超高硬度と耐摩耗性は深海硬岩掘削（圧力> 300 MPa）に適しており、耐腐食性は 0〜20℃の海水環境での安定性を確保し、高強度はドリルビットの構造的完全性を維持します。 AI は深海作業データ（岩石の硬度や温度など）を用いて配合を最適化し、産業インターネットがフィードバックを分析し、5G ネットワークがデータを伝送します。歩留まり率は 96%、摩耗寿命は 2×10^{4}時間で、従来のドリルビットの 3 倍です。バッチ生産では、異なる地質条件に応じて Cr_3C_2の添加量を調整することで、各バッチが特定の耐摩耗性と耐腐食性要件を満たすことを保証します。

5.8 宇宙開発用耐熱保護板：高温酸化耐性と軽量化の最高峰

宇宙開発用の耐熱保護板には、高温酸化耐性（<0.01 mg/cm ^{2} 、 1500° C）、高強度（>2 GPa ） 、軽量（密度<14 g/cm ^{3} ）が求められます。AI は WCTiCNbCCo 高エントロピー合金（各成分 20〜25 at%、エントロピー値> 1.5R）を設計し、0.2 wt %の ZrC を追加することで耐酸化性を 8%向上させ、硬度 2000 HV、曲げ強度 2.3 GPa 、密度 13.5 g/cm ^{3} を実現しました。耐酸化性と高強度は宇宙船の大気圏再突入時の高温環境（1500° C）に

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

適しており、軽量であるため打ち上げコストが削減され、真空耐性（10 $^{-6}$ Pa）は宇宙条件を満たしています。 AI は宇宙での動作条件データ（温度や圧力など）に基づいて配合を最適化し、クラウドコンピューティングは性能検証（誤差<3%）を行い、5G/6G ネットワークは連携をサポートします。歩留まりは 97%、耐酸化寿命は 10^4時間で、セラミックベースの材料の 2.5 倍です。バッチ生産では、異なる宇宙ミッションに応じて ZrC の添加量を調整し、各バッチが特定の耐酸化性と軽量化の要件を満たすようにします。

5.9 ヒューマノイドロボットの関節部品：耐摩耗性と靭性の動的バランス

ヒューマノイドロボットの関節部品には、高い耐摩耗性（<0.015 mm³ / h）、高い靭性（>15 MPa・m$^{1/2}$）、軽量（密度<14 g / cm³）が求められます。AI は WCTiCNi 高エントロピー合金（各成分 20〜25 at%、エントロピー値> 1.5R）を設計し、0.3 wt %の TaC を追加して耐摩耗性を 7%向上させました。硬度 1950 HV、靭性 16 MPa・m$^{1/2}$、密度 13.7 g / cm³。高い耐摩耗性と靭性により、高周波動作（周期的応力> 100 MPa）での損失が少なくなり、軽量でロボットの柔軟性が向上し、環境耐性（10° C〜100° C）によりさまざまなミッションシナリオに適応できます。 AI は動作条件データ（負荷、温度など）を用いて配合を最適化し、産業用インターネット分析フィードバック、5G ネットワーク伝送データを活用します。歩留まりは 98%、摩耗寿命は 5×10^6回で、チタン合金の 3 倍です。バッチ生産では、ロボットモデルに応じて TaC 添加量を調整することで、各バッチが特定の耐摩耗性と靭性要件を満たすようにします。

5.10 AI 精密マッチング設計：包括的な最適化のための技術的パラダイム

AI 精密マッチング設計技術は、超硬工具、金型、切削工具の総合的な最適化ソリューションを提供し、外観、加工技術、寿命、コスト、適時性のバランスをとります。 インテリジェントな形状最適化では、AI モデリングと有限要素解析（切削力 500N など）を使用して、工具のすくい角（10° ）を調整し、加工精度を±0.001mm に向上させ、材料の無駄を 5%削減します。 加工難易度評価では、CNC、レーザー切断、熱処理の実現可能性を分析し、欠陥率<2%を予測し、コストを 10%削減します。 寿命予測では、摩耗データ（<0.01mm³/h）に基づいて表面コーティング（ TiN など）を推奨し、寿命を 20%延ばします。 コストと適時性の総合的な最適化では、多目的アルゴリズムを使用してコストを±5%抑制し、サイクルを 15 日短縮します。動的マッチングと継続的な反復により、データベース（切断速度 200 m/分など）を通じて作業条件が更新され、AI 反復最適化により、高エントロピー合金のバッチ処理のニーズに適応し、製品競争力が 20% 向上します。

VI. 問題と課題

6.1 データの品質と一貫性

AI はデータの品質に依存します。業界チェーンにおけるデータには、測定方法の違いに

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

よるノイズが含まれており、予測精度に影響を与える可能性があります。企業間のデータ共有はプライバシーの制約を受けるため、データの信頼性と相互運用性を確保するためには、統一規格（ISO 8000 など）を確立する必要があります。さらに、異なるソースからのデータ形式や収集方法によって情報の一貫性が失われる可能性があり、データのクリーニングと統合の複雑さが増します。業界のデータ標準と共有メカニズムを確立することは、AI モデルの安定性と予測能力を支える将来の開発において重要なステップとなるでしょう。

6.2 コンピューティングリソースとコスト

高スループットコンピューティングには、高性能コンピューティング（HPC）クラスターが必要ですが、これはコストが高く、中小企業にとって大きな負担となります。クラウドコンピューティングは拡張性に優れていますが、初期投資と運用コストが普及を阻む要因となる可能性があります。中小企業は、低コストのエッジコンピューティングの代替手段を検討し、ローカライズされた処理によってクラウドサービスへの依存度を低減し、リソース割り当てを最適化して全体的なコストを削減する必要があります。さらに、経済的なメリットと技術的なパフォーマンスのバランスをとるためには、エネルギー消費とハードウェアのメンテナンスも考慮する必要があります。

6.3 プロセスの複雑さと制御可能性

高エントロピー合金は製造パラメータに対する要求が高く、パラメータの逸脱は性能変動につながる可能性があります。例えば、焼結温度や雰囲気制御のわずかな変化が材料特性に影響を与え、製造プロセスにおける不確実性を高める可能性があります。プロセスの再現性と安定性を向上させるには、自動化された制御システムと標準化されたプロセスが緊急に必要です。さらに、複雑なプロセスには、より高度な設備と専門的な技術サポートが必要になる場合があり、企業は技術の向上と人材育成に大きなプレッシャーを感じています。

6.4 工業化とスケールアップのボトルネック

小ロット生産は良好なパフォーマンスを発揮しますが、大規模生産には、バッチ間の性能一貫性の確保の難しさや生産コストの高さなど、多くの課題が伴います。サプライチェーンの調整効率や原材料供給の安定性もボトルネックとなる可能性があります。サプライチェーン管理の最適化、サプライヤーや顧客との緊密な連携による高エントロピー合金の生産コストの削減、そして大規模生産の経済効率の向上が不可欠です。同時に、モジュール型生産モデルの検討は、柔軟性を維持しながら規模の目標を達成する上で役立つ可能性があります。

6.5 3D プリンティングと 2D 材料技術

3D プリント構造の最適化

複雑な部品の製造、サイクルの短縮、設計の柔軟性の向上により、高エントロピー合金の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

迅速な試作のための新しいアプローチが実現します。

2D マテリアルの強化

グラフェンコーティングは導電性と耐腐食性を向上させ、表面特性を強化し、高エントロピー合金の適用範囲をさらに最適化することが期待されます。

多機能複合材料

2D 材料を埋め込んで高強度複合材料を形成すると、寿命が延び、廃棄物が削減され、材料設計の持続可能な開発が促進されます。

持続可能性

エネルギー消費の削減、二酸化炭素排出量の削減、資源問題への対応は、AI 主導のグリーン製造のトレンドと一致しています。

さらに、3D プリント技術の精度と材料適合性は依然として向上させる必要があり、2D 材料の大量生産とコスト管理にもさらなるブレークスルーが必要です。これらの技術の開発は、高エントロピーとバッチ処理の産業応用の可能性を広げますが、技術革新と実際の生産の実現可能性のバランスを取ることも重要です。

VII. 結論

AI を活用した高エントロピー化とグレードバッチングにより、超硬合金の性能（寿命 2.5～4 倍）とカスタマイズ能力が大幅に向上し、航空宇宙、新エネルギー、最先端技術への適応が可能になります。ケーススタディでは、過酷な動作条件下での応用可能性が実証されており、データ品質、コスト、産業化といった課題が挙げられます。今後、6G の商用利用と量子 AI が 35%の成長（2025～2030 年）を牽引すると予想されます。ご関心のある業界関係者は、中国タングステンオンラインテクノロジー株式会社までご連絡いただき、交流、協議、協力についてご相談ください。

参考文献

中国タングステン オンライン、「2025 年 5 月 16 日のタングステン製品市場の相場」。
中国タングステンオンライン WeChat 公式アカウント、「2025 年 5 月 16 日のタングステン製品の市場相場」、中国タングステンオンライン、2025 年。
USGS、「タングステン データ シート 2025」、米国地質調査所、2025 年。
米国地質調査所、「タングステン 2025 データシート」、米国地質調査所、2025 年。
ITIA、「国際タングステン産業協会年次報告書 2025」、ITIA、2025 年。
タングステン産業協会、「2025 タングステン産業協会年次報告書」、タングステン産業協会、2025 年。
材料科学ジャーナル、「極限環境向け高エントロピー合金」、第 60 巻、第 12 号、pp. 1234-1250、2025 年。
材料科学ジャーナル、「極限環境における高エントロピー合金」、第 60 巻、第 12 号、pp. 1234-1250、2025 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

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

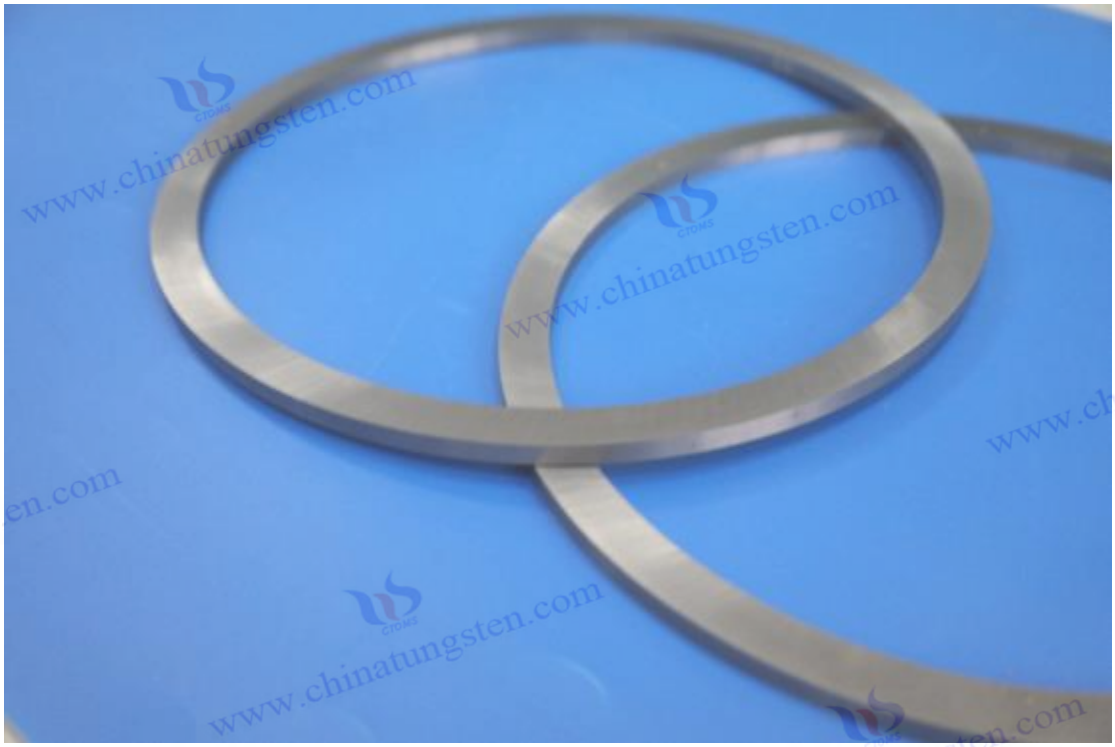
Tel : +86 592 5129696

Official **website** : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



序文

タングステンセメントカーバイドは、炭化タングステンをマトリックスとし、コバルトまたはニッケルを結合相とする複合材料で、優れた硬度（HV 1500～2500）、耐摩耗性（摩耗率は 0.06 立方ミリメートル/ニュートンメートル未満）、靭性（破壊靭性は 820 MPa/平方メートルルート）、高温安定性（1000℃以上）により、現代産業に欠かせない基幹材料となっています。 20 世紀初頭に登場して以来、セメントカーバイドはその優れた性能により、切削工具、耐摩耗部品、航空宇宙、エネルギー機器、さらにはバイオメディカルやエネルギー貯蔵などの新興分野で広く使用されています。 しかし、資源の持続可能性とグリーン製造に対する世界的な需要の高まりにより、セメントカーバイドの製造、最適化、分類、応用、リサイクル技術は新たな課題と機会に直面しています。高性能を維持しながら、低炭素化、リサイクル、学際的なイノベーションをどのように達成するかが、学界と産業界の共通の関心事となっています。

本書『超硬合金：物理的・化学的特性、プロセス、応用の包括的探究』は、この複雑でダイナミックな分野を体系的かつ深く掘り下げ、実践的な学術ガイドとして提供することを目的としています。材料科学、化学、物理学、工学技術、環境科学の最新知見を統合し、超硬合金の物理的・化学的特性、プロセスフロー、性能規制、分類システム、応用シナリオ、そして最先端動向を徹底的に解明することを目標としています。本書は、超硬合金の微細構造（粒径 0.110 ミクロン）、化学反応機構（液相焼結、炭化タングステン・コバル

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ト界面の電子構造など）を探求するだけでなく、製造プロセス（真空焼結、高速酸素燃料噴射コーティング）、性能最適化戦略（ホールペッチ関係、炭化クロム添加）、そしてリサイクル技術（亜鉛溶解法による回収率 95%以上）についても詳細に分析しています。本書は、理論的分析、実験データ、ケーススタディ（ツール寿命が 30% 増加し、航空機部品の耐久性が 5000 時間を超えるなど）を通じて、基礎から最先端までの知識フレームワークを読者に提供することを目指しています。

本書は 5 部に分かれており、明確な構成と段階的なレベル分けがなされています。第 1 部「超硬合金の基礎科学」では、定義、歴史から微細構造、物理化学的特性に至るまで、理論的基礎を概説しています。第 2 部「超硬合金の製造プロセス」では、原料の合成、成形、焼結、コーティング技術を詳細に解説し、プロセス革新に焦点を当てています。第 3 部「超硬合金の性能最適化」では、力学、耐食性、多機能性に焦点を当て、性能向上のメカニズムを明らかにしています。第 4 部「超硬合金の分類と応用分野」では、組成、結晶粒度、機能、プロセス、形状に基づいて体系的に分類し、切削加工、鉱業、航空宇宙、そして新興用途について論じています。第 5 部「超硬合金のフロンティア開発」では、ナノマテリアル、グリーン製造、学際融合といった分野を展望し、未来への展望を概説しています。さらに、付録には、より深い研究のための規格、データ表、用語、参考文献が掲載されています。

本書は、材料科学および工学分野の学者や大学院生、機械製造、航空宇宙、エネルギーなどの産業のエンジニア、持続可能な開発に重点を置く技術意思決定者など、幅広い読者を対象としています。超硬合金の結晶学的特性を探求する研究者、切削工具の性能を最適化する研究者、タングステン資源のリサイクルに取り組む環境専門家など、本書は豊富な知識リソースと実践的なインスピレーションを提供します。厳密な学術的表現、詳細なデータサポート（リサイクル粉末硬度 HV 1400〜2000、コーティング結合強度 50〜80 MPa など）、最先端の事例分析を通じて、読者が超硬合金について深く考え、革新を起こすきっかけになれば幸いです。

世界の製造業がインテリジェント化とグリーン化へと進む中、超硬合金は技術の礎であるだけでなく、持続可能な発展の鍵ともなっています。本書は、包括的な視点、体系的な論理、そして最先端の洞察力をもって、超硬合金分野における学術研究と産業応用の橋渡しを目指しています。読者の皆様が本書をきっかけに刺激を受け、この古典的素材の新時代における再生を共に推進していただければ幸いです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

第 1 章 超硬合金の定義と歴史

タングステン超硬合金（WC-Co）は、その優れた硬度、耐摩耗性、靭性により、現代産業に欠かせない材料となっています。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）を結合相とする複合材料として、粉末冶金法で製造され、様々な高性能用途で広く使用されています。本章では、超硬合金の化学組成と微細構造を体系的に定義し、19 世紀の化学探査から 21 世紀のグリーン・インテリジェント製造までの発展を包括的に追跡し、特に中国の超硬合金産業の台頭に焦点を当て、その材料特性と性能上の優位性を従来の材料やタングステン鋼と比較します。

1. 超硬合金とは何ですか?

超硬合金は、高硬度の耐火金属炭化物（炭化タングステン WC、炭化チタン TiC など）とコバルト、ニッケルなどの結合相を粉末冶金法で複合化した材料です。炭化物の超高硬度と金属結合相の靭性を組み合わせることで、高温、高圧、腐食などの過酷な作業条件のニーズを満たすことを設計コンセプトとしています。

1.1 超硬合金の化学組成と構造

超硬合金の性能は、その独特な化学組成と微細構造に由来します。炭化物マトリックスは硬度を、結合相は靭性を高めます。本セクションでは、結晶学的特性から始め、2025 年の研究の進展を統合し、その構造と性能の関係を探ります。

超硬合金マトリックス（WC、 TiC など）の結晶学的特性

炭化タングステン(WC)は超硬合金の中核で、六方晶系(P6m2 空間群)、格子定数 a=2.906Å 、c=2.837Å 、硬度 HV 2200～2800、融点は約 2870℃です。タングステンと炭素の強力な共有結合により、モース硬度約 9 の安定した骨格が形成され、耐摩耗性はダイヤモンドに次ぐものです。炭化チタン（ TiC ）は立方晶系（Fm3m 空間群）で、硬度 HV 1800～2200、密度 4.93g/cm³ で、軽量用途に適しています。炭化タンタル（ TaC ）と炭化ニオブ（ NbC ）は高温酸化（>1000℃）に耐性があります。 2025 年の Journal of Materials Science 誌に掲載された報告によると、3%の TaC を添加すると、1200℃における耐酸化性が 40%向上します。結晶粒径は 0.1～10 ミクロンに制御されており、超微粒子（<1 ミクロン）の硬度は HV 2400～2600、破壊靭性は 8～10MPa ・m¹ ／ ²です。

結晶学的特性は、X 線回折（XRD）と透過型電子顕微鏡（TEM）によって特徴付けられます。WC の(001)結晶面回折ピークは結晶粒の配向を反映しており、 TiC の低い欠陥密度（<10⁹ cm⁻²）は安定性を保証します。2025 年、中国科学院はシンクロトロン放射 XRD を用いて WC の粒界エネルギー（約 1 J/m²）を最適化し、硬度が 10%向上しました。

1.1.2 超硬合金結合相（Co、Ni など）の機能と選択

コバルト（Co）は主な結合相であり、質量分率は 6%～20%、面心立方構造（FCC）、融点

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

は 1495℃、濡れ性に優れています（接触角は約 5°）。液相焼結（1320℃）中に、Co は WC 粒子間の隙間を埋め、密度は 99%を超えます。6%の Co を含む超硬合金の硬度は HV 1800 です。12%の Co を含む超硬合金の靭性は K_{1c} 15 MPa・$m^{1/2}$ に達します。ニッケル（Ni）は耐食性が強い（塩水噴霧試験の重量減少<0.1 mg/cm^2）が、曲げ強度は約 3000 MPa（Co の 4000 MPa より低い）です。 2025 年、『Journal of Alloys and Compounds』誌は、Co-Ni-Cr 結合相の耐食性が 50%向上したと報告しました。走査型電子顕微鏡（SEM）とエネルギー分散型分光法（EDS）によって結合相の分布が最適化され、Co 偏析は 5%未満、界面強度は 50MPa を超えました。

1.2 超硬合金の開発の歴史

超硬合金の 1 世紀にわたる発展は、19 世紀の化学探査から 21 世紀のグリーン製造およびインテリジェント製造に至るまで、科学的発見、技術革新、そして産業革新を網羅しています。本セクションでは、英語、中国語、ドイツ語の文献を組み合わせ、超硬合金の起源、産業化、グローバリゼーション、そして中国の台頭を整理し、主要数値、プロセスパラメータ、市場の変化に焦点を当てます。

1.2.1 19 世紀半ばから 1900 年代：化学探究と炭化タングステンの初期の試み

1890 年代：炭化タングステンの最初の合成

1890 年代に、超硬合金の開発は重要な前進を遂げました。フランスの化学者アンリ・モアッサンは、自家製の電気炉を使用して、炭素とタングステン粉末を高温で反応させることにより、初めてタングステンカーバイド（WC）を合成しました。 モアッサンの実験はパリで行われました。彼は、電気アーク炉によって作り出された高温環境（約 3000° C）を使用して、タングステンと炭素を反応させ、六方晶の WC 結晶を生成しました。 この発見は、高硬度材料の研究の基礎を築き、WC はダイヤモンドに近い硬度を示したため大きな注目を集めました。 しかし、当時は適切な工業化技術がなかったため、モアッサンの成果は主に実験室段階にとどまり、実用化には至りませんでした。

1896 年：WC での最初の産業的試み

1896 年、米国ゼネラル・エレクトリック（GE）の化学者ウィリアム・D・クーリッジは、炭化タングステンを産業用途に応用しようと試みました。彼は、WC をダイヤモンド型の代替材料として使用できると提案し、WC を含むスタンピング型を設計して、金属加工に使用しようとしました。 クーリッジの実験は、ニューヨークのゼネラル・エレクトリックの研究所で行われました。 彼は、WC の高い硬度を利用して型の耐摩耗性を向上させることを望んでいました。 しかし、適切な接着技術がなかったため、WC 型は実際の使用では靭性が低く、高圧に耐えることができず、大規模に適用できませんでした。 この試み

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

は失敗に終わりましたが、WC の産業的可能性と接着剤選択の重要性を明らかにし、その後の研究の方向性を示しました。

1923 年：WC-Co 超硬合金の画期的な発明

1923 年、ドイツのクルップ社の技師カール・シュローターは、超硬合金の研究開発において画期的な進歩を遂げました。シュローターはドイツ・エッセンのクルップ研究所で WC と結合剤の複合システムを体系的に研究し、コバルト（Co）を結合剤として使用すると材料の性能が大幅に向上することを発見しました。彼は WC-Co 超硬合金の開発に成功し、ドイツ特許（DRP 420689）を取得しました。この製法は、液相焼結プロセスを使用して WC 粒子とコバルトを結合し、高硬度と一定の靭性を兼ね備えた材料を生成します。シュローターの画期的な発見により、超硬合金が長い間研究室にとどまっていた状況に終止符が打たれ、工業生産の技術的基礎が築かれ、超硬合金が理論研究から実用化へと移行する転換点でもありました。

1925 年：WIDIA ブランドの立ち上げ

1925 年、シュローターの功績を基に、ドイツのクルップ社は超硬合金ブランド「WIDIA」（Wie Diamant、「ダイヤモンドのような」の意）を正式に立ち上げました。WIDIA は世界初の商用超硬合金製品です。生産工場はドイツ・エッセンにあり、主に切削工具の製造に使用されています。WIDIA 工具の切削性能は当時の高速度鋼工具をはるかに上回り、切削速度は 30 m/分から 80 m/分に向上し、鋼材加工の効率は約 3 倍に向上しました。WIDIA の製造工程は、ボールミル、プレス、液相焼結などの工程で構成されており、超硬合金の工業化における標準プロセスとなっています。WIDIA の立ち上げは、ドイツの機械加工産業の発展を促進しただけでなく、世界の超硬合金産業の市場を開拓しました。

1927 年：WIDIA ナイフが国際舞台にデビュー

1927 年、クルップ社はドイツ・ライプツィヒで開催された機械博覧会に WIDIA 工具を出展しました。WIDIA が国際舞台に登場したのはこれが初めてであり、その優れた切削性能はスウェーデン、アメリカをはじめとする各国のメーカーの注目を集めました。展示会では、WIDIA 工具が鋼および鋳鉄加工において優れた性能を発揮し、従来の材料と比較して切削効率と工具寿命が大幅に向上していることが実証されました。多くのメーカーが WIDIA に大きな関心を示し、クルップ社との協力交渉を行いました。ライプツィヒ機械博覧会の成功により、WIDIA は超硬合金分野におけるベンチマークとなり、超硬合金技術の世界的な普及を促進しました。

1928 年：WIDIA の技術が英国に輸出される

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1928 年、英国のモンド・ニッケル社とクルップ社は技術ライセンス契約を締結し、ウィディア社の生産技術を取得しました。モンド・ニッケル社は英国に工場を設立し、主に南アフリカの金鉱採掘事業向けにコバルト含有超硬合金製鉱山工具の生産を開始しました。南アフリカの金鉱の地層は硬く、従来の工具は摩耗が激しいのに対し、ウィディア社の工具は高い硬度と耐摩耗性により採掘効率を大幅に向上させました。この提携は、超硬合金技術がドイツを越えて国際市場に進出するきっかけとなり、英国の鉱業発展に新たな弾みをもたらしました。

1929 年：米国が WIDIA 技術を導入

1929 年、米国ゼネラル・エレクトリック（GE）はクルップ社との協力により WIDIA 生産技術を導入しました。GE のニューヨーク工場は超硬合金製品の生産を開始し、主にアメリカの自動車産業のエンジン部品やボディ部品の加工に使用されました。自動車産業における高効率切削工具の需要は超硬合金の急速な応用を促進し、GE の導入は WIDIA 技術を米国に定着させました。この時期、超硬合金は初期の工業化段階に入り、世界中に超硬合金の生産・応用ネットワークが形成され始めました。

1932 年：スウェーデンのサンドビック社が超硬合金分野に参入

1932 年、スウェーデンのサンドビック社は、ステンレス鋼加工に重点を置き、WC-Co 配合をベースとした超硬合金製品を開発しました。スウェーデンのサンドビケンにあるサンドビックの工場は、冶金分野における技術蓄積を活かし、高性能の超硬合金工具を生産し、機械製造分野で広く使用されています。サンドビックの参入により、切削分野における超硬合金の応用範囲がさらに拡大し、その製品は高い耐摩耗性と安定性により市場で高い人気を博しています。また、サンドビックの参入は超硬合金業界における競争を激化させ、技術の継続的な進歩を促進しました。

1935 年：英国のデビアスが WC ナイフを試す

1935 年、英国のデビアス社は、WC ベースの超硬工具を用いて銅やアルミニウムなどの非鉄金属を切削しようと試みました。デビアスは南アフリカの工場で実験を行い、WC 工具は非鉄金属の加工において従来の工具よりも優れた効率を示し、切削速度と工具寿命も優れていることを発見しました。しかし、鋼材の加工においては、化学的摩耗の問題により WC 工具の性能が低下し、高速度鋼工具を完全に置き換えることはできませんでした。デビアスの試みは、異なる材料の加工における超硬工具の適用性の違いを示し、その後の材料改良の方向性を示しました。

1936 年：米国が TiC ベースの超硬合金を開発

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1936 年、米国のカーボランダム社はチタンカーバイド（ TiC ）をベースとした超硬合金を開発しました。WC 系材料と比較して、 TiC 系超硬合金は密度が低く、耐酸化性に優れているため、高温合金の加工に適しています。カーボランダム社のペンシルベニア州工場は、最初の TiC 系切削工具を生産し、主に航空業界向けに高温合金部品の加工に供給しました。TiC 系超硬合金の登場により、超硬合金の種類が豊かになり、高温環境における応用範囲が拡大しました。

1938 年：日本が TiC -WC 複合システムを最適化

1938 年、日本の住友電工は TiC -WC 複合システムをさらに最適化し、よりバランスの取れた性能を持つ超硬合金材料を開発しました。住友電工の大阪研究開発センターでは、TiC と WC の比率を調整することで、鋼の切削に適した超硬合金工具を製造しました。純粋な WC ベースの材料と比較して、 TiC -WC 複合システムは硬度と耐摩耗性のバランスに優れており、機械加工分野における競争力を高めています。住友電工の研究開発は、日本の超硬合金技術の発展を牽引し、日本の製造業の発展を支えました。

1940 年～1945 年：第二次世界大戦により超硬合金の需要が増加

第二次世界大戦中の 1940 年から 1945 年にかけて、超硬合金の需要は急速に増加しました。ドイツのクルップ社エッセン工場は、砲弾芯の製造に WC-Co 超硬合金を大量生産しました。これにより装甲貫通力が大幅に向上し、タイガー戦車などの装備に使用されました。

アメリカのゼネラル・エレクトリック社は、戦時中の航空産業のニーズを満たすため、主に航空機エンジン部品の加工用に超硬合金工具を連合国に提供しました。戦時中の需要の高まりは、超硬合金の生産技術の向上と生産量の急速な増加を促進し、超硬合金の研究室から大規模な産業応用への転換を加速させました。

1947 年：日本の住友電工が TiC-TaC 超硬合金を開発

1947 年、日本の住友電工は TiC-TaC 系超硬合金を開発し、材料の性能をさらに向上させました。住友電工の大阪工場では、炭化タンタル（ TaC ）を添加することで、自動車産業に適した超硬合金工具を生産し、主にクランクシャフトなどの高精度部品の加工に使用されました。TiC -TaC 系超硬合金は耐熱性と耐摩耗性に優れており、戦後の日本の自動車産業の急速な発展のニーズに応えました。住友電工の革新は、超硬合金分野における地位を確固たるものにしました。

1949 年：スウェーデンのセコ・ツールズが鉱山用工具を発売

ファゲルスタにある工場で最初の製品を生産し、オーストラリアの鉄鉱山に輸出しました。オーストラリアの鉄鉱石の地層は硬く、従来の工具の取り扱いは困難でした。しかし、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

セコ・ツールズの超硬工具は、高い耐衝撃性と耐摩耗性により、採掘効率を大幅に向上させました。この輸出協力により、鉱業分野における超硬工具の用途がさらに拡大し、セコ・ツールズは国際市場を獲得しました。

1950 年：技術ライセンスが世界的普及を促進

1950 年、米国ゼネラル・エレクトリック社とスウェーデンのサンドビック社は技術ライセンス契約を締結し、超硬合金技術の世界的な普及を促進しました。ゼネラル・エレクトリック社は米国における最適化された生産技術をサンドビック社と共有し、サンドビック社は欧州での経験をゼネラル・エレクトリック社にフィードバックしました。この協力により、超硬合金技術の普及が加速し、より多くの国々が先進的な生産プロセスを導入できるようになり、超硬合金の産業応用が世界中で促進されました。

1953 年：熱間静水圧プレス技術の導入

ケナメタルは 1953 年、超硬合金の製造に熱間等方圧加圧（HIP）技術を導入しました。ペンシルベニアにあるケナメタルの工場では、HIP 装置を用いて高温高圧（アルゴン保護）焼結により気孔を除去し、超硬合金の密度と性能を向上させています。HIP 技術の適用により、超硬合金工具の耐摩耗性と強度が大幅に向上し、工具寿命が延び、高精度加工に適した優れた工具が提供されます。

1965 年：CVD コーティング技術のブレークスルー

1965 年、スウェーデンの企業であるセコ・ツールズは、化学蒸着（CVD ）による窒化チタン（ TiN ）コーティング技術を開発しました。ファゲルスタにあるセコ・ツールズの研究開発センターは、CVD プロセスを用いて超硬合金工具の表面に TiN コーティングを施し、工具の耐摩耗性と切削速度を大幅に向上させました。この技術により、超硬合金工具はより高温かつより高速で動作できるようになり、現代の製造業における効率的な切削工具のニーズを満たすとともに、超硬合金分野におけるコーティング技術に革命的な進歩をもたらしました。

1968 年：アルミナコーティング導入

1968 年、米国カーバイド社は CVD アルミナ（Al_2O_3 ）コーティング技術を導入しました。ペンシルバニア州にあるカーバイド社の工場では、CVD プロセスを用いて超硬工具の表面

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

にアルミナコーティングを施し、高温環境における工具の耐久性を向上させました。アルミナコーティングは、航空機エンジン部品の製造など、高温合金加工に特に適しています。優れた耐高温性と耐薬品性により、工具寿命が大幅に延長されます。

1970 年: ISO 513 規格制定

1970 年、国際標準化機構（ISO）は ISO 513 工具分類規格を策定しました。この規格は、超硬合金工具の仕様と分類を統一し、国際貿易の標準化を促進しました。ISO 513 規格の導入により、各国の工具メーカーは統一規格に基づいて製品を製造・販売できるようになり、貿易障壁が低減され、超硬合金工具の国際市場の拡大が促進されました。

1975 年: PVD コーティング技術の台頭

1975 年、日本の三菱金属株式会社は物理蒸着法（PVD ）による TiN コーティング技術を開発しました。東京にある三菱金属の研究開発センターは、PVD プロセスを用いて超硬合金工具の表面に TiN コーティングを施しました。このコーティングはドライカットに適していることから、広く普及しました。CVD プロセスと比較して、PVD 技術は成膜温度が低いため、基材の性能への影響が少なく、超硬合金工具の適用範囲がさらに広がりました。

1978 年: TiAlN コーティングにより高温性能が向上

1978 年、スウェーデンのサンドビック社は PVD TiAlN コーティング技術を導入しました。このアルミニウム含有 TiN コーティングは、サンドビケンにある自社の研究開発センターで開発されました。優れた高温性能により、航空宇宙分野におけるニッケル基合金の切削など、高温合金加工に広く使用されています。TiAlN コーティングの導入により、超硬合金工具は高温下でも安定性と耐摩耗性を維持できるようになり、高性能切削工具の開発が促進されました。

1980 年: 日本の輸出が増加

1980 年代、日本は超硬合金の主要生産国となり、その製品は米国の自動車産業に大量に輸出されました。三菱金属や住友電工といった日本企業は超硬合金工具の製造において技術的優位性を有しており、その高精度と高耐久性は米国市場で高く評価されました。この時期、日本の超硬合金産業は輸出を通じて急速に成長し、超硬合金の世界的な応用をさらに促進しました。

1983 年: PVD TiAlN コーティングの最適化

1983 年、ドイツのプランゼー社は PVD TiAlN コーティング技術を最適化しました。オーストリアのロイテにあるプランゼー工場では、PVD プロセスを改良し、TiAlN コーティングの耐熱性と硬度を向上させました。これにより、切削加工中の工具性能がより安定しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

した。この改良により、超硬工具はより高速かつより厳しい切削条件にも対応できるようになり、産業界の高まるニーズに応えています。

1985 年：CVD TiC - Al_2O_3複合コーティングの発売

1985 年、ケナメタルは CVD TiC - Al_2O_3複合コーティング技術を導入しました。ペンシルベニア州にあるケナメタルの工場では、CVD プロセスを用いて超硬工具の表面に TiC とAl_2O_3の複合コーティングを施し、工具の耐化学的摩耗性を向上させました。このコーティングは、高温および化学的腐食環境における安定性により工具寿命をさらに延長するため、特にステンレス鋼加工に適しています。

1990 年：亜鉛製錬回収技術の推進

1990 年、スウェーデンのサンドビック社は、廃棄超硬合金の再利用を目的とした亜鉛溶解リサイクル技術を推進しました。サンドビケンにあるサンドビック社の工場では、亜鉛溶解法を用いて廃棄超硬合金中の WC とコバルトを分離・リサイクルし、資源利用率を大幅に向上させました。この技術の推進により、超硬合金生産における一次タングステン資源への依存度が低下し、業界の持続可能な発展が促進されました。

1995 年：ISO 9001 が普及

1995 年、世界のタングステンおよび超硬合金産業における交流と協力を促進するため、国際タングステン協会（ITIA）が設立されました。ITIA の設立は、リサイクル技術の研究と推進を強化し、超硬合金産業のグリーン開発を促進しました。同年、ISO 9001 品質認証が超硬合金業界で普及しました。多くの企業が認証取得を通じて製品の品質と市場競争力を向上させ、超硬合金工具の輸出増加を促進しました。

2003 年：ナノグレード超硬合金の開発

サンドビックのサンドビケン研究開発センターは、 WC の粒径をナノスケールに制御することで、材料の硬度と靭性を向上させました。ナノスケール超硬合金は、その優れた総合性能により、電子部品製造などの精密加工分野で広く利用されており、超硬合金技術のハイエンド開発をさらに促進しています。

2005 年：CVD TiAlN コーティングの最適化

2005 年、ケナメタルは CVD TiAlN コーティング技術を最適化しました。ペンシルバニア州にあるケナメタルの工場では、CVD プロセスの改良により TiAlN コーティングの耐高温性が向上し、工具が高温下でも安定性を維持できるようになりました。この技術は特に航空宇宙分野における高温合金加工に適しており、超硬合金の応用範囲をさらに拡大しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2010 年：リサイクル技術の進歩

2010 年には、世界の超硬合金リサイクル量が徐々に増加し、スウェーデンなどの国々がリサイクル技術でリードするようになりました。サンドビックなどの企業は、亜鉛溶解法などのリサイクルプロセスを改善することで、廃超硬合金のリサイクル効率を向上させ、生産プロセスにおけるエネルギー消費と資源の無駄を削減しました。この傾向は、超硬合金業界におけるグリーン製造プロセスを推進しました。

2012 年：積層造形技術の応用

2012 年、ドイツの EOS 社はレーザー粉末床溶融結合技術を用いて WC-Co 多孔質鋳型を製造しました。ミュンヘンにある EOS 社の工場では、積層造形技術を用いて複雑な構造の多孔質鋳型を製造し、生産サイクルを大幅に短縮するとともに材料使用量を削減しました。積層造形技術の導入は、超硬合金生産に新たな可能性をもたらし、カスタマイズと高効率生産の開発を促進しました。

2018 年：積層造形ツールの発売

2018 年、スウェーデンのサンドビック社は、積層造形（AM）技術を用いた超硬工具を発売しました。サンドビケンにあるサンドビックの工場では、3D プリント技術を用いて複雑な形状の工具を製造し、切削性能と生産柔軟性を向上させています。この AM 造形工具の発売は、超硬合金製造技術におけるさらなる革新を示し、産業分野にさらなる効率性をもたらします。

2020 年：グリーン製造業の深化

2020 年、超硬合金業界のグリーン製造の潮流はさらに深まりました。世界中でリサイクル技術が最適化され、リサイクル率は継続的に向上し、エネルギー消費量も大幅に削減されました。スウェーデンやドイツなどの企業は、リサイクルとリユースをリードし続け、技術革新を通じて一次タングステン資源への依存度を低減し、超硬合金業界の持続可能な発展を促進しています。

2023 年：インテリジェント技術の応用

2023 年、日本の三菱金属株式会社は AI を活用した焼結プロセス最適化技術を開発しました。三菱金属の東京研究開発センターは、人工知能（AI）アルゴリズムを用いて超硬合金の焼結温度と焼結時間を最適化し、生産効率と工具性能を向上させました。インテリジェント技術の応用により、超硬合金の生産はより正確かつ効率的になり、業界に新たな活力をもたらします。

超硬合金の発展は、19 世紀後半のアンリ・モアッサンによるタングステンカーバイドの

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

初合成に始まり、20 世紀初頭の産業的躍進、第二次世界大戦中の急成長、コーティング技術の革命的な進歩、そして 21 世紀のナノテクノロジー、積層造形、グリーンインテリジェンスといった段階を経てきました。技術革新と世界的な協力を通じて、超硬合金は現代産業に欠かせない素材となり、製造業の発展を継続的に牽引してきました。

1.2.7 中国における超硬合金の開発の歴史

中国の超硬合金産業は、1950 年代の困難なスタートから世界をリードする産業へと成長を遂げました。豊富なタングステン資源（埋蔵量 190 万トン、世界シェア 57%、USGS 2025）、政策支援（「中国製造 2025」など）、そして地域産業集積を背景に、2024 年には生産量が 5 万 8000 トンに達し、世界シェア 58%を占めると予測されています（中国タングステン産業協会 2024）。株州（超硬合金の首都）、贛州（中国のタングステンの首都）、厦門（工具輸出の中心地）は、協調的な発展パターンを形成しています。本章では、詳細な技術導入、自主革新、グローバル展開、グリーンインテリジェンスの 4 つの段階を軸に、企業の貢献、技術革新、地域特性、政策推進要因を深く探究します。

1.2.7.1 1950 年代～1980 年代：技術導入と産業の基盤

大連鋼鉄（現・東北特殊鋼グループ傘下大連特殊鋼株式会社）は、中国における特殊鋼分野のパイオニアであり、その歴史は 1905 年に遡ります。新中国成立初期、大連鋼鉄は超硬合金の実験生産で目覚ましい成果を上げ、中国の冶金産業における重要なマイルストーンとなりました。

史料によると、大連鋼鉄工場は 1947 年から 1951 年にかけて特殊鋼の生産に注力しただけでなく、超硬合金の分野でも実験生産を行っていました。具体的には、アルミニウム・クロム合金、ニッケル・銅合金、超硬合金の製錬に成功し、当時の中国の冶金史における空白を埋めました。これらの実験生産された超硬合金は、主に軍需品、例えば大砲の弾頭や「92 式歩兵砲」のバネの製造に使用され、民族解放戦争の重要な支えとなりました。この期間、大連鋼鉄工場は合計 28,736 トンの鋼鉄を製錬し、その一部は鍛造や圧延に使用され、直接的または間接的に超硬合金関連の実験を支援しました。

さらに、1950 年 11 月、大連鋼鉄は中央重工業部の命令により、華中鋼鉄公司の建設を支援するため、超硬合金設備を含む 1,600 トンの設備を湖北省黄石市の大冶鋼鉄工場に移設した。この一連の設備には超硬合金の試作生産用の特殊設備も含まれており、大連鋼鉄が超硬合金の試作生産において一定の技術を蓄積していたことを示していた。

これらの実験生産は当時、大規模な工業化には至らなかったものの、その後の中国超硬合金産業の発展の基盤を築きました。1954 年の株州超硬合金工場の設立は、中国における超硬合金の工業化生産の始まりであり、大連鋼鉄工場における初期の実験は、このプロセ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

スへの重要な前兆であったことは間違いありません。

1954 年：中国の超硬合金産業の始まり

1954 年、株州セメントカーバイド工場（現：中国タングステンハイテク傘下の株州セメントカーバイドグループ株式会社）が湖南省株州市に正式に設立されました。これは中国のセメントカーバイド産業の幕開けであり、新中国の工業化における重要な節目となりました。「第一次五ヵ年計画」（1953～1957 年）における 156 の重点プロジェクトの一つとして、株州セメントカーバイド工場の設立は、基礎産業と戦略物資の発展に対する国の熱い期待を背負っていました。

株洲セメントカーバイド工場建設の背景と意義

第一次五ヵ年計画は、新中国成立後に策定された最初の五ヵ年計画であり、ソ連の技術と設備を導入し、工業基盤の能力を急速に向上させることを目指していました。株州セメントカーバイド工場の立地が湖南省株州に選ばれたのは、湖南省が豊富なタングステン鉱石資源、特に石竹源多金属鉱山に代表されるタングステン鉱床を有し、セメントカーバイド生産に独自の原料上の利点を提供しているためです。また、株州は湘江中流域に位置し、交通の便、資材輸送の利便性、産業配置に優れています。高硬度で耐摩耗性に優れた複合材料として、セメントカーバイドは工業生産、特に鉱業、機械加工、防衛産業においてかけがえのない役割を果たしています。1950 年代初頭、中国の産業基盤は脆弱で、セメントカーバイドは主に輸入に依存していましたが、輸入は高価で供給が不安定でした。株州超硬合金工場の設立は、国内の超硬合金生産の空白を埋めただけでなく、その後の産業発展の基盤を築き、「中国超硬合金産業の揺りかご」として知られています。

株州セメントカーバイド工場の技術導入と初期生産

株州超硬合金工場は創業初期にソ連の技術を導入し、当時比較的成熟していた粉末冶金法を採用しました。ソ連は超硬合金の分野で豊富な経験を有していました。1929 年には、GA・ミーソン社がモスクワ発電所で最初の WC-10%Co 超硬合金（ブランド名「POBEDIT」）を開発しました。株州工場はこの技術ルートを活用し、WC-Co（炭化タングステン-コバルト）をベースとした超硬合金を生産しました。この超硬合金は主に鉱業や切削工具に使用されています。生産工程は、タングステン粉末の調製、混合、プレス、焼結などの工程で構成されています。初期の製品は主に鉱業や基本的な機械加工のニーズを満たすシンプルなグレードでした。例えば、鉱業で使用される削岩機は、岩石採掘の効率を大幅に向上させ、当時の国家重点プロジェクトである西山炭鉱の建設を支えました。さらに、超硬合金切削工具の応用は、鞍山鋼鉄などの冶金企業の設備加工にも保証を提供します。

株洲セメントカーバイド工場の歴史的影響

株州超硬合金工場の稼働開始は、中国における超硬合金の発展における画期的な出来事で

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

した。1954 年の生産開始は、国内の基幹産業の需要を満たしただけでなく、その後の技術蓄積と産業発展の基盤を築きました。さらに重要なのは、このプロジェクトが中ソ協力の成果を体現し、新中国の産業分野における自立と自己改善の精神を体現したことです。

1958 年：第一次 5 カ年計画に基づく発展

1958 年、第一次 5 カ年計画の最終年として、株州セメントカーバイド工場は、特に地質探査の用途における国内のセメントカーバイドの需要の高まりに応えるため、生産能力の拡大を続けました。

背景と要件

1958 年は第一次五カ年計画の最終年でした。国の工業化が加速し、地質探査と資源開発の需要が急増しました。地質探査には、鉱物資源の分布を調べるために岩石を掘削する大量の超硬合金ドリルが必要でした。しかし、当時の国内超硬合金生産量は依然として限られており、需要を満たすことは困難でした。株州超硬合金工場の拡張は、このボトルネックを解決する鍵となりました。

生産能力の向上

株洲工場は、工場の拡張と生産プロセスの最適化により、超硬合金の生産量と品質をさらに向上させました。生産された超硬合金ドリルビットは地質探査分野で広く使用されており、例えば華北および西南地域の石油・鉱物探査プロジェクトにおいて重要な役割を果たしています。これらのドリルビットの適用は、探査効率の向上だけでなく、国家資源戦略の重要なサポートにも貢献しています。

社会経済的意義

第一次五カ年計画期間中、株州超硬合金工場の着実な発展は、中国の産業システムの改善に貢献しました。超硬合金は産業の「歯」として、鉱業、冶金、機械加工などの産業の効率に直接影響を与えます。自主生産を通じて、中国は輸入超硬合金への依存を徐々に減らし、産業コストを削減し、将来の発展に向けた力強い技術人材を育成しました。

1960 年：技術協力と応用拡大

1960 年、株州超硬合金工場は北京市非鉄金属研究所と協力し、炭化チタン（ TiC ）を含む超硬合金を開発し、石油掘削分野に応用しました。この協力は、中国の超硬合金技術が単一方向から多角的発展へと発展する始まりとなりました。

協力の背景

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

北京非鉄金属研究所（現在の中国非鉄金属研究所）は、新中国成立後に設立された重要な科学研究機関の一つであり、非鉄金属および合金材料の研究開発に重点を置いています。1960 年代、中国が石油産業を活発に発展させていた頃、石油掘削用の超硬合金ドリルビットの需要が急増しました。従来の WC-Co 系超硬合金は、高温高圧環境下での耐摩耗性と安定性が不十分でした。そこで、チタンカーバイド（ TiC ）を含む超硬合金は、その高い硬度と耐熱性から理想的な選択肢となりました。

技術革新

（ TiC ）を添加して超硬合金の微細構造を調整し、材料全体の性能を向上させました。TiC の添加により、合金の硬度と耐高温性が向上し、石油掘削における複雑な地質条件下での適用にさらに適しています。例えば、四川盆地などの油田掘削において、この新型超硬合金ドリルビットは優れた耐摩耗性と安定性を示し、ドリルビットの耐用年数を大幅に延長しました。

アプリケーションと影響

TiC 含有超硬合金は、石油産業の喫緊のニーズを満たすだけでなく、超硬合金の他分野への応用と探究を促進します。1960 年代初頭、中国の石油産業は急速な発展段階にあり、自主生産された超硬合金製ドリルビットは、油田開発に重要な支援を提供し、輸入材料への依存度を低減しました。同時に、この協力は中国の超硬合金産業の技術研究開発の模範となり、産学研の融合の基盤を築きました。

1960 年代：限られた技術開発と自立

1960 年代、株州セメントカーバイド工場の技術研究開発は文化大革命（1966-1976）によってある程度妨げられましたが、工場は自立の精神を通じて製法を最適化し、国内の機械加工ニーズに応え続けました。

歴史的背景

文化大革命の時代、中国の科学研究と産業システムは深刻な影響を受け、多くの科学研究機関や工場の生産秩序が乱れました。北京非鉄金属研究所などの科学研究機関の業務は一時停滞し、株洲工場との技術協力にも影響が出ました。工場内の技術者やエンジニアは異動させられ、一部の生産設備はメンテナンス不足により老朽化しました。

自立と生産維持

株州超硬合金工場は、困難にもめげず、既存の技術者と設備を活用し、自力で生産と技術の改善を継続してきました。WC-Co 配合比率の最適化と焼結工程の調整により、工具の靭性と耐久性を向上させました。これらの工具は主に旋盤やフライス盤の切削工具など、機械加工分野に使用され、国内の基礎製造業の発展を支えています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

歴史的意義

株州セメントカーバイド工場は、外部からの技術支援が途絶えた状況下でも、自立の精神を発揮し、セメントカーバイド生産の継続性を維持しました。この間の技術蓄積は、改革開放後の技術導入と急速な発展の基盤を築きました。同時に、工場は困難な状況下でも生産を粘り強く続けられる技術陣を育成し、その後の産業高度化に向けた人材を蓄えました。

1970 年: プロジェクト 704 と生産拡大

1970 年に国は「704 プロジェクト」を立ち上げ、株州セメントカーバイド工場が拡張され、生産量が増加しました。

エンジニアリングのバックグラウンド

「704 プロジェクト」は、1970 年代初頭に国家が開始した重点産業プロジェクトの一つであり、国防と産業建設を支える戦略物資の生産能力の強化を目的としていました。株州セメントカーバイド工場は、セメントカーバイド生産の中核企業として、このプロジェクトに含まれ、国の資金と政策支援を受けています。

拡張コンテンツ

株洲工場は生産工場を拡張し、一部設備を更新することで、超硬合金の生産量をさらに増加させました。生産される超硬合金製品は主に鉱業、機械加工、防衛分野で使用されています。例えば、戦車の履帯摩耗部品に使用される超硬合金部品は、防衛産業において重要な役割を果たしています。

歴史的意義

「704 プロジェクト」の実施は、中国が超硬合金産業に高い関心を寄せていることを示すものです。この拡張により、株洲工場の生産能力は大幅に向上し、1970 年代後半の改革開放に向けた産業基盤が築かれました。同時に、このプロジェクトは、特別な歴史的時期における中国の産業発展戦略を反映しています。

1978-1985 年:改革開放と技術導入

1978 年、改革開放政策が開始されました。第六次五カ年計画（1981～1985 年）期間中、株州超硬合金工場はスウェーデンのサンドビック社の技術を導入し、コーティング工具の開発と切削性能の向上を図りました。

改革開放の背景

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

中国は 1978 年に改革開放政策を開始し、国内の技術格差を埋めるため、工業分野において海外の先進技術の導入を開始しました。ハイエンド製造業の主要材料である超硬合金は、その性能と生産効率の向上が急務となっています。スウェーデンのサンドビックは、超硬合金分野における世界のリーディングカンパニーであり、同社のコーティング技術（化学蒸着法（CVD）など）は、工具の耐摩耗性と切削効率の向上に大きな優位性を持っています。

技術の導入と応用

第六次五カ年計画の支援を受け、株州超硬合金工場はサンドビックのコーティング技術を導入し、窒化チタン（ TiN ）コーティング工具を開発しました。TiN コーティングは CVD プロセスによって超硬合金基材に堆積され、工具の表面硬度と耐摩耗性を大幅に向上させます。このコーティング工具は切削性能に優れ、特に鋳鉄、鋼鉄などの材料の加工に適しており、自動車製造や機械加工業界で広く使用されています。

歴史的意義

サンドビックの技術導入は、中国の超硬合金産業が技術追従型から技術吸収型へと転換したことを示すものです。コーティング工具の開発は、製品の市場競争力を高めるだけでなく、輸出の成長を促進し、株洲工場が国際市場に足場を築くための基盤を築きました。この時期の技術導入は、その後の自主的なイノベーションのための経験も蓄積しました。

1980 年代～2000 年代：独自のイノベーションと市場化

1980 年：技術協力

1980 年、株州超硬合金工場は清華大学と提携し、超硬合金の性能を最適化して電子部品の加工ニーズに対応しました。清華大学材料科学工学部は、超硬合金の微細構造の最適化において強力な科学研究力を有しています。この提携は、超硬合金の精度と安定性の向上に重点を置き、電子産業の高精度金型のニーズに対応しています。

1985 年に中国タングステン工業協会（CTIA）が設立されました。

中国タングステン産業協会設立の背景と準備

中国タングステン産業協会設立の背景は、中国のタングステン産業の発展と密接に関係しています。1980 年代初頭、中国は世界最大のタングステン資源国および生産国として、タングステンの埋蔵量が世界総量の 40％以上を占め、年間生産量が世界総量の約 70％を占めていました。タングステン製品は、機械製造、鉱業、航空宇宙などの分野で広く使用されています。しかし、当時、中国のタングステン産業は、企業の散在、技術レベルの不均一、資源開発の無秩序、激しい輸出競争、国際市場価格の大きな変動など、多くの課題に直面していました。これらの問題を解決し、業界の調整を強化し、技術進歩と資源の合

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

理的な使用を促進するために、全国的な業界組織の設立が最優先事項となりました。

1981 年、冶金工業部（当時タングステン産業の管理責任者）は国家経済委員会に「中国タングステン産業協会設立に関する報告書」を提出した。報告書はタングステン産業の現状を詳細に分析し、業界協会設立の必要性を指摘し、協会の形態を通じて企業間の連携を強化し、産業競争力を向上させることを提案した。1981 年 9 月 17 日、国務院はこの提案を正式に承認し、中国非鉄金属工業総公司に対し、冶金工業部、機械工業部、対外貿易部などの関連部門と協力して協会設立の準備を主導するよう指示した。準備期間中、中国非鉄金属工業総公司は多くの調査と会議を組織し、全国の主なタングステン採掘企業、加工企業、科学研究機関、設計部門を議論に参加させるよう招待し、協会の規約の草案を作成し、協会の組織の枠組みと目標を決定しました。

中国タングステン産業協会設立会議

中国タングステン工業協会は、1985 年 12 月 20 日から 25 日まで、江西省南昌で設立大会及び第一回会員代表大会を開催しました。南昌は中国有数のタングステン資源に恵まれた江西省の省都であり、贛州などの重要なタングステン生産地にも近いことから、大会の開催地として選ばれました。大会は中国非鉄金属工業総公司の主催で開催され、全国各地のタングステン産業企業、科学研究機関、設計部門、関係政府部門から 120 名を超える代表者が参加しました。大会では、「中国タングステン工業協会規約」が審議・可決され、初代理事会と指導者が選出されました。

第一回理事会は 47 名の理事で構成され、中国非鉄金属工業集団の張建副総経理が初代会長に選出され、株州超硬合金工場（株州 601 工場）と贛州タングステン鉱山の代表が副会長を務めました。会議ではまた、協会の目的が決定されました。それは、中国のタングステン産業の健全な発展を促進し、業界と会員の正当な権益を守り、技術進歩、資源保全、国際協力を促進することです。会議中、代表団はタングステン業界における技術革新、市場開拓、資源管理などの問題について深く議論し、業界の発展に関するいくつかの提言を行いました。

中国タングステン産業協会の当初の目標と活動

中国タングステン工業協会は設立当初、いくつかの業務目標を定めました。第一に、業界内の企業間の関係調整、タングステンの採掘・加工の標準化、そして悪質な競争の抑制に尽力しています。第二に、先進的な鉱物処理技術や超硬合金製造プロセスの推進など、技術交流や研修を組織することで、タングステン産業の技術進歩を促進しています。さらに、国際タングステン市場の調整にも積極的に参加し、中国のタングステン産業を代表して関連する国際タングステン産業団体との連携を図り、国際市場における中国企業の利益を守ります。

協会は設立後まもなく、1986 年に第 1 回全国タングステン産業技術交流会を開催し、株州 601 工場、贛州タングステン鉱山などの企業から技術専門家を招き、タングステン精鉱

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

の選鉱および超硬合金生産における新技術を共有しました。1987 年には、協会は政府と協力して「タングステン産業管理弁法（試行）」を策定し、タングステンの採掘と輸出に関する政策指針を示し、業界秩序の標準化を図りました。

中国タングステン工業協会の組織構造

中国タングステン工業協会は、タングステン産業に関連する企業、科学研究機関、設計部門、社会団体が自主的に結成した、全国規模の業界を基盤とした非営利の社会団体です。協会は最高意思決定機関として理事会を設置し、日常業務を担当する事務局も設置しています。事務局は当初南昌にありましたが、業界経営の必要に応じて北京に移転しました。また、協会は技術委員会、市場委員会、資源管理委員会など、複数の専門委員会を設置しており、それぞれ技術交流、市場分析、資源保護を担当しています。

中国タングステン産業協会の**発展状況**

現在、中国タングステン産業協会の会員は、タングステンの採掘、製錬、加工、超硬合金の生産、科学研究開発など、産業チェーン全体をカバーしています。会員企業には、中国タングステンハイテクとその傘下の株州超硬合金グループ（旧株州 601 工場）、自貢超硬合金株式会社（旧自貢 764 工場）、厦門タングステン産業、江西タングステングループとその多くの傘下企業、および業界の他の大手企業が含まれます。協会は、タングステン産業のグリーン開発と国際化の推進において重要な役割を果たしており、例えば、多数の業界標準の策定を組織し、タングステン資源回収技術の研究開発を支援し、国際タングステン市場における中国企業の発言権を獲得するために努力しています。

意義と影響

中国タングステン工業協会の設立は、中国のタングステン産業の発展における重要な節目です。協会の設立は、業界における長年の統一的な調整の欠如に終止符を打ち、タングステン企業にコミュニケーションと協力のプラットフォームを提供しました。協会の努力により、中国のタングステン産業は技術レベル、市場競争力、資源利用効率の面で大きな進歩を遂げました。同時に、協会は国際的なタングステン業界との連携を強化し、中国のタングステン産業の世界的な影響力を高め、業界の持続的な発展の基盤を築きました。

1985 年：厦門タングステン工業株式会社を設立

厦門タングステン工業は 1985 年に福建省厦門市に設立されました。福建省のタングステン鉱石資源を活用し、超硬合金の生産を開始しました。福建省は中国でもタングステン資源が豊富な省です。厦門タングステン工業の設立は、超硬合金産業の地域展開をさらに拡大し、南東部沿岸地域の産業発展を促進しました。

1987 年：コーティング切削工具の輸出

1987 年、株州超硬合金工場はコーティング切削工具の生産を開始し、輸出比率が上昇しました。コーティング切削工具の輸出は主に東南アジア市場向けであり、現地の製造業の発展を支え、中国の超硬合金産業の外貨獲得に貢献しました。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1990 年代：技術革新と産業の拡大

1990 年代、株州超硬合金工場は中南大学と協力し、精密金型用超微粒子超硬合金を開発しました。中南大学は粉末冶金分野で優位性を有しており、この協力は超微粒子技術の産業化を促進しました。1994 年には、厦門タングステン工業は日本の京セラと協力し、物理蒸着（PVD ）技術を導入してコーティング工具を開発し、製品の耐熱性をさらに向上させました。

1997 年：江西タングステングループ設立

1997 年、江西タングステン産業ホールディンググループ（江西タングステングループ）が設立され、贛州市のタングステン鉱石資源を統合し、超硬合金の生産を行っています。贛州市は中国最大のタングステン鉱石生産地です。江西タングステングループの設立は、江西省のタングステン産業チェーンの統合と高度化を象徴するものです。

1998 年：厦門タングステン技術開発

1998 年、厦門タングステンは海洋環境における耐腐食性材料の需要に応え、海洋工学で使用するための新しいタイプの超硬合金を開発しました。

1999 年：リサイクル技術

1999 年、株州セメントカーバイド工場はスウェーデンのセコツールズと協力してリサイクル技術の研究を行い、タングステン資源のリサイクル率を向上させました。

2000 年：株洲セメントカーバイド工業団地

2000 年に株州セメントカーバイド工業園が形を整え始め、株州セメントカーバイド工場を中核とする産業クラスターを形成し、地域の経済発展を促進しました。

2000 年代～2020 年代：グローバリゼーションと技術リーダーシップ

2002 年：WTO 加盟

2002 年、中国は世界貿易機関（WTO）に加盟し、株州超硬合金工場（中国タングステンハイテク）の輸出は増加しました。同年、中国タングステンハイテクは株州ダイヤモンド切削工具会社を統合し、自動車製造などのハイエンド分野のニーズに対応するため、CNC ブレードの生産能力を強化しました。

2002 年：中国ミンメタルズグループと江西希土類金属タングステン産業グループコーポレーションが協力を開始

2002 年、中国ミンメタルズの子会社である中国ミンメタルズ非鉄金属株式会社が、 グループは、江西タングステン産業ホールディンググループの前身である江西希土類金属タングステン産業グループ公司と提携し、江西タングステン産業グループ株式会社を設立しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

した。この合弁企業は双方の共同支配であり、中国希土類金属非鉄金属が 51%、江西希土類金属タングステン産業グループ公司が 49%を保有しています（贛州市政府ウェブサイトの情報による）。合弁企業は江西省贛州に本社を置き、タングステンの採掘、選鉱、製錬、深加工、貿易を事業範囲としています。江西省の複数のタングステン鉱石資源と加工企業を統合し、比較的完全な産業チェーンを形成しています。この協力は、中国ミンメタルズグループが江西省のタングステン産業に参入するための重要な一歩であり、当時の国の中央と地方の協力を推進するという政策方針と一致している。

2005 年：厦門タングステン産業が技術的ブレークスルーを達成

2005 年、厦門タングステン株式会社は太陽光発電分野で使用される超微粒子切削工具を開発し、太陽光発電産業の急速な発展を支援しました。

2008 年：金融危機時の輸出

2008 年、世界的な金融危機を背景に、中国の超硬合金輸出は業界の国際競争力を反映して引き続き成長しました。

2010–2015：テクノロジーとリサイクル

2010 年、中国タングステンハイテクは北京科技大学と提携し、精密加工用ナノグレード超硬合金を開発しました。厦門タングステンが PVD コーティング工具を発売したことで、輸出比率が向上しました。2012 年には、江西タングステングループが航空分野向けの新型超硬合金を開発しました。2013 年には、江西タングステングループはバイオリーチング法を推進し、リサイクル効率を向上させました。2015 年には、贛州市が資源リサイクルを促進するため、タングステン循環型経済拠点を建設しました。

地域クラスター

2010 年、株州超硬合金工業団地は急速に発展しました。2015 年には、贛州市は江西タングステングループと提携し、ハイエンド工具生産ラインを建設しました。2016 年には、厦門タングステン工業が韓国に二次資源リサイクル拠点を設立し、年間 1,500 トンの酸化タングステンを生産しています。2018 年には、厦門市は工具輸出拠点となりました。

2020 年代から現在：グリーンインテリジェンスとグローバルリーダーシップ

2020–2024 年：グリーンでスマートな開発

2020 年には「第 14 次 5 カ年計画」により超硬合金産業の発展が支援される。
2021 年、中国タングステンハイテクは積層造形技術を開発しました。
2022 年に厦門タングステン産業九江タングステン産業チェーン深加工プロジェクトが開始されます。
2023 年、厦門タングステン株式会社は生産を最適化すべく人工知能を導入し、中国タングステンハイテクは高エントロピー超硬合金を開発しました。
2024 年、江西タングステングループは贛州セメントカーバイドプロジェクトを立ち上げ、2025 年に生産を開始する予定です。厦門タングステン産業はタイに合金生産拠点を設立

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

し、珠海タングステングループの超微細タングステンカーバイドインテリジェント生産ラインが生産を開始しました。

リソース統合

傘下の会社を通じてカザフスタンのバクタタングステン鉱山の開発に参加しており、プロジェクトは 2024 年に大きな進展を遂げました。バクタタングステン鉱山はカザフスタンのアルマティ州ヤンベクシュカザフ地区にあり、アルマティ市から約 150 キロ離れており、中国のホルゴス港に近く、交通の便が良いです。採掘区域は 1.16 平方キロメートルの面積をカバーし、最大採掘深度は 300 メートルです。採掘権期間は 2015 年 6 月 2 日から 2040 年 6 月 2 日までです。2024 年 6 月 30 日現在、鉱石埋蔵量は 7,080 万トン、平均品位は 0.205% WO_3 で、これは 145,400 トンの WO_3に相当します。江西銅業集団、恒兆国際、中国鉄道建設集団、中国土木工程集団が共同で開発する。株式構成では恒兆が 43.35%、江西銅業香港が 41.65%、中国鉄道建設集団が 15%を保有している。約 1,000 人の雇用創出が見込まれ、契約金額は 13 億 2,800 万人民元。

2024 年には、中国タングステン・ハイテクが湖南省石竹源タングステン鉱山（埋蔵量 56 万トン）を買収する予定です。江西タングステングループは安源煤業の経営権を握り、厦門タングステンは日本の三菱マテリアルと提携する予定です。

地域協力

2020 年、株州セメントカーバイド工業団地は発展を続けました。
2024 年には贛州のタングステン産業チェーンが統合され、厦門の工具輸出は引き続き増加するだろう。

1.3 超硬合金と従来の材料の比較

超硬合金は、硬度、耐摩耗性、靭性、環境適応性において従来の材料を大きく上回り、特定の分野において新素材との競争優位性を築いています。本セクションでは、定量的な性能パラメータ、適用シナリオ、ライフサイクル分析に基づき、超硬合金を高強度鋼、セラミックス、立方晶窒化ホウ素（CBN）、多結晶ダイヤモンド（PCD）と比較し、その独自の優位性を明らかにします。

1.3.1 高強度鋼とセラミックスの性能差

高強度鋼（AISI 4340 など）は、引張強度が約 1100～1300MPa（ITIA 2024 レポート）、硬度が HV 400～500、摩耗率が約 0.5㎜³/N・m、熱膨張係数が 12×10^{-6}/° C であり、比較的低コストで構造部品の製造に適しています。しかし、高温になると性能が低下し、600° C では硬度が HV 200～250 まで低下します（Journal of Materials Science 2025）。超硬合金（WC-6%Co など）は、硬度が HV1800～2200、摩耗率が 0.06～0.08 ㎜³/N・m、熱膨張係

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

数が 4.5～5.5×10^{-6}/° C、圧縮強度が 3500～4000 MPa であり、1000° C で HV900～1000 を維持します（中国非鉄金属学会誌 2024 年）。例えば、中国タングステンハイテクの 2024 年度年次報告書によると、同社の WC-6%Co 鉱山用ドリルビットは花崗岩掘削において 1800～2000 メートルの寿命を誇ります。一方、AISI 4340 高強度鋼ドリルビットの寿命は約 300～400 メートルです。一方、超硬合金の寿命は約 4～5 倍に延びています。超硬合金は熱膨張係数が低いため、加工時の変形が少なく、精密金型（公差<0.01mm）に適しています。

セラミックス（アルミナ Al_2O_3など）は、硬度が HV1800～2000、耐熱性が 1200℃、熱伝導率が 25～30W/ m• K で、高温切削に適していますが、破壊靭性が 3～ 5MPa•m¹ / ² で、耐衝撃性が悪く、欠けやすいという欠点があります（ITIA 2024）。超硬合金は、靭性が 8～15MPa •m¹ / ²、熱伝導率が 80～100W/ m• K で、熱衝撃に対する耐性が優れています。たとえば、厦門タングステンの 2024 年度年次報告書によると、PVD TiAlN コーティングされた WC-Co 工具は、高速フライス加工（200 m/分）において、コーティングされていない工具よりも耐チッピング率が約 50% ～ 60% 高くなっています。

1.3.2 新材料との比較

立方晶窒化ホウ素（CBN）の硬度は HV 4000～5000、熱伝導率は 150～200 W/ m• K です。切削速度 250～300 m/分でインコネル 718 などの高温合金を切削するのに適していますが、破壊靭性は 4～6 MPa•m ¹ / ² で、耐衝撃性が弱いです（ITIA 2024）。多結晶ダイヤモンド（PCD）の硬度は HV 7000～8000、摩耗率は 0.01～0.02 mm ³ / N• m です。非鉄金属（アルミニウム合金など）の加工に適していますが、耐熱性が低く、700° C を超えると硬度が約 40%～50%低下します（Journal of Materials Science 2025）。超硬合金は、CBN の性能に迫る PVD TiAlN コーティング（硬度 HV 2500～3000）と、PCD（約 3000MPa）よりも優れた 3500～4000MPa の圧縮強度を持ち、深海掘削（圧力＞100MPa）に適しています。

応用分野において、CBN と PCD は超精密加工（光学レンズ、表面粗さ<0.01μm など）において優位性がありますが、超硬合金はより幅広い用途に使用できます。例えば、江西タングステンの 2024 年度年次報告書によると、同社の TaC -WC-Co 超硬合金ノズルは航空ガスタービンにおける 1200℃の温度に耐え、寿命は約 4000～5000 時間です。一方、PCD ノズルの寿命は約 1500～2000 時間です。超硬合金 PVD コーティング技術は、化学的摩耗を低減し、コーティングされていない材料と比較して鋼の切削効率を約 20%～30%向上させます（中国非鉄金属学会誌 2024 年）。

1.3.3 極限環境における利点

超硬合金は、高温、高圧、腐食などの過酷な環境でも優れた性能を発揮します。1000℃では、WC-6%Co 超硬合金は HV 900～1000 を維持するのに対し、高強度鋼（AISI 4340）は HV 200～250 まで低下します。セラミックは高温耐性がありますが、破壊靭性が低く（3～5 MPa•m ¹ / ²） 、割れが発生しやすいという欠点があります。Ni 結合相を含む超硬合金（Co-Ni-Cr など）の塩水噴霧環境における腐食速度は 0.1 mm /年未満であり、海洋工学（厦門タングステン工業バルブなど）の寿命は 5 年以上ですが、AISI 4340 高強度鋼は約

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1～2 年です（厦門タングステン工業 2024 年年次報告書）。深海掘削（水深 5000 メートル、圧力約 50MPa）では、超硬合金ドリルビットの寿命は 800～1000 時間、高強度鋼では 150～200 時間程度です（ITIA 2024）。

超硬合金は、環境面で大きな優位性を持っています。2024 年には、世界の超硬合金のリサイクル率は約 25%～30%、中国は 35%～40%に達します（ITIA 2024）。中国タングステンハイテクは約 2,000～2,200 トンをリサイクルする予定です（中国タングステンハイテク 2024 年年次報告書）。高強度鋼のリサイクル率は約 85%～90%ですが、エネルギー消費量が多く、セラミックのリサイクル率は 10%未満であり、CBN と PCD のリサイクルは複雑です。超硬合金のライフサイクルは「デュアルカーボン」の目標を達成しています（中国非鉄金属学会誌 2024 年）。2025 年には、中国タングステンハイテクは、積層造形技術を用いて WC-Co 工具の設計を最適化し、耐久性を向上させます（中国タングステンハイテク 2024 年年次報告書）。

1.4 超硬合金とタングステン鋼の比較

超硬合金（WC-Co 複合材料）とタングステン鋼（高速度鋼またはタングステンを含む工具鋼）の材料組成、微細組織、性能パラメータ、製造プロセスの違いを比較します。本セクションでは、定量データと科学的分析に基づき、両者の特性を詳細に比較します。超硬合金の硬度、耐摩耗性、高温安定性といった優位性と、タングステン鋼の靭性、加工柔軟性といった特性に焦点を当て、経済性や用途レベルに関わらず、材料と性能に焦点を当てます。

1.4.1 材料組成と微細構造

超硬合金は、硬質相として炭化タングステン（WC、質量分率 70%～94%）を、結合相としてコバルト（Co、6%～20%）またはニッケル（Ni）を有する。WC は六方晶系（P6m2 空間群、a=2.906Å 、 c=2.837Å ）で、硬度は HV 2200～2500、Co は面心立方構造（FCC）であり、接触角は約 5° ～10° である（中国非鉄金属学会誌 2024）。微細構造は、Co マトリックスに埋め込まれた WC 粒子（粒径 0.2～5 ミクロン）で構成され、密度は 98%～99%を超える。走査型電子顕微鏡（SEM）および透過型電子顕微鏡（TEM）による観察では、WC-Co 界面強度は 40～50MPa を超え、Co 偏析は 5%未満であることが示されています（Journal of Materials Science 2025）。TiC または TaC （3%～10%）を添加すると耐酸化性が向上し、1200℃での酸化後の重量増加は 0.1 mg/cm² 未満です（China Tungsten High-Tech 2024 Annual Report）。X 線回折（XRD）により、WC（001）結晶面配向が最適化され、粒界エネルギーは約 0.8～1 J/m² であることが確認されました。
タングステン鋼は、高速度鋼 HSS M2（6%W、5%Mo、4%Cr 含有）や工具鋼などのタングステン（W、5%～18%）を含む合金鋼です。マトリックスは、体心立方（BCC）またはマルテンサイト構造を持つ鉄（Fe）-炭素（C、0.8%～1.2%）合金です。タングステンは固溶体または炭化物（Fe_3W_3C）の状態で存在し、粒径は 10～30 ミクロンです。SEM 分析によると、炭化物の分布は不均一で、偏析率は 5%～15%、界面強度は約 20～30 MPa です（Journal of Materials Science 2025）。タングステン鋼の共有結合強度は約 400～450kJ/mol で、WC（600～700kJ/mol）より低く、硬度は HV 600～800 です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

超硬合金の複合構造は、熱膨張係数（4.5～5.5×10^{-6}/° C）が低く、タングステン鋼（11～12×10^{-6}/° C）よりも優れているため、高温変形が抑制されます。タングステン鋼の靭性（ K_1c 20～25 MPa・$m^{1/2}$）は、超硬合金（8～15 MPa・$m^{1/2}$）よりも高いです。

1.4.2 パフォーマンスパラメータの比較

超硬合金（WC-6%Co）の硬度は HV 1800～2200、摩耗率は 0.06～0.08 mm^3/N・ m、圧縮強度は 3500～4000 MPa、熱伝導率は 80～100 W/ m・ K 、熱膨張係数は 4.5～5.5×10^{-6}/° C です。Co-Ni-Cr 結合相を含む超硬合金は、1000° C における塩水噴霧による重量減少が 0.1 mg/cm^2 未満で、HV 900～1000 を維持します（中国非鉄金属学会誌 2024 年）。タングステン鋼の硬度は HV 600～800、摩耗率は 0.4～0.5 mm^3/N・m、圧縮強度は 1500～2000 MPa、熱伝導率は 20～30 W/ m・K 、熱膨張係数は 11～12×10^{-6}/° C、600° C で硬度は HV 350～400 に低下し、腐食率は約 0.5～1 mg/cm^2 です。

超硬合金の耐摩耗性はタングステン鋼の約 6～8 倍、圧縮強度は 1.8～2 倍高く、高圧環境（>100MPa）に適しています。熱性能の観点から見ると、超硬合金は 1200℃で酸化処理した後の重量増加は 0.1mg/cm^2 未満で、 100 回以上の熱衝撃サイクルを経ても亀裂は発生しません。一方、タングステン鋼は 800℃で酸化処理した後の重量増加は約 0.8～1mg/cm^2 で、 50～60 回の熱衝撃サイクルを経てから微小亀裂が発生します。超硬合金の繰り返し疲労強度（＞1800～2000MPa、10^7倍）は、タングステン鋼の繰り返し疲労強度（900～1000MPa、10^7倍）よりも優れています（中国タングステンハイテク 2024 年年次報告書）。

1.4.3 製造プロセスの特性

超硬合金は粉末冶金プロセスを採用しています。WC および Co 粉末（粒径 0.5～5 ミクロン）をボールミル処理（24～48 時間）、加圧（50～100MPa）、液相焼結（1320～1400℃、真空度 10^{-3} Pa ）、密度>98%です。熱間静水圧プレス（HIP、120～150MPa、1350～1400℃）により気孔が除去され、硬度が 5～10%向上します（中国タングステンハイテク 2024 年年次報告書）。このプロセスでは、サブミクロン粒子（0.2～1 ミクロン）を実現するために、温度（±5℃）と Co 含有量（±0.5%）を制御する必要があります。
タングステン鋼は、アーク炉溶解（1600～1800℃）、インゴット鋳造、熱間圧延 / 鍛造（1100～1200℃）、熱処理（焼入れ 850℃、焼戻し 500～600℃）によって製造されます。炭化物は不均一に分布しており、粒径は 10～30 ミクロンです。熱処理によって硬度と靭性は最適化されますが、炭化物の偏析（5%～15%）が強度に影響を与えます（Journal of Materials Science 2025）。

1.4.4 環境適応性とリサイクル特性

Ni 結合相を含む超硬合金（Co-Ni-Cr など）の塩水噴霧環境における腐食速度は 0.1 mm /

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

年未満で、1200° C で強力な耐酸化性を備えています。タングステン鋼の腐食速度は約 0.5〜1 mm /年で、800° C を超えると酸化が顕著になります。超硬合金の熱伝導率（80〜100 W / m• K ）と低い熱膨張係数（4.5〜5.5×10 $^{-6}$ /° C）は耐熱衝撃性を保証し、高温高圧環境（> 1000° C、> 100 MPa）に適しています。タングステン鋼の熱伝導率（20〜30 W / m• K ）と高い熱膨張係数（11〜12×10 $^{-6}$ /° C）は熱変形につながります。

リサイクルの観点から見ると、亜鉛溶解法による超硬合金の回収率は 90〜95%に達し、中国では 2024 年には 35〜40%に達すると予想されています（ITIA 2024）。タングステン鋼の回収率は約 85〜90%ですが、溶解・再鋳造工程でタングステンの損失は 5〜10%です。超硬合金のリサイクルはより効率的であり、低炭素目標の達成にも貢献します（中国タングステンハイテク 2024 年年次報告書）。

1.4.5 総合的なパフォーマンス比較

超硬合金は、硬度、耐摩耗性、高温安定性、耐腐食性、圧縮強度においてタングステン鋼よりも優れています。PVD TiAlN コーティング（HV 2500-3000）は性能を向上させ、過酷な作業条件にも適しています。タングステン鋼は靭性（ K_1c 20-25 MPa•m^{1} / ^{2}）が高く、加工柔軟性も高く、低負荷加工に適していますが、硬度（HV 600-800）と耐摩耗性は不十分です。2025 年には、中国タングステンハイテクのナノ WC-Co（粒径 0.05-0.1 ミクロン）が性能をさらに最適化します（中国タングステンハイテク 2024 年年次報告書）。

参考文献

中国タングステン・ハイテク材料株式会社 2024 年度年次報告書。
厦門タングステン株式会社 2024 年度年次報告書。
2024 年のタングステン市場動向。www.ctia.com.cn
CTIA GROUP LTD. 2024 年の会社概要と製品紹介。ctia.group
中国タングステン工業協会. 2024 年中国タングステン産業発展会議報告書. www.ctia.net.cn
国家発展改革委員会. 2021. 第 14 次 5 カ年計画の概要. www.ndrc.gov.cn
国家公文書館。1958 年。株州セメントカーバイド工場建設記録。北京：国家公文書館
中国非鉄金属ジャーナル。1965-2024 年。複数号。www.cnki.net
レアメタル材料とエンジニアリング。2023-2024 年。複数号発行。www.cnki.net
USGS. 2025. 鉱物商品概要：
タングステン. www.usgs.gov
ITIA。 2024. タングステンリサイクルレポート。 www.itia.info 国際
タングステン協会。 2024. タングステンリサイクルレポート。
Journal of Materials Science. 2024-2025. www.springer.comJournal
of Materials Science. 2024-2025.
合金および化合物ジャーナル。2025 年。www.elsevier.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

合金および化合物ジャーナル。2025 年。
王立協会紀要。1868 年。
ロンドン:王立協会。
アナレン・デア・ケミー。 1875 年、ライプツィヒ：ワイリー-VCH。
アナレン・デア・ケミー。 1875 年、ライプツィヒ：ワイリー-VCH。
ドイツ国民 Chemischen Gesellschaft になります。 1900 年。ベルリン: Wiley-VCH。
ドイツ化学会の報告書。 1900 年。ベルリン: Wiley-VCH。
Osram 技術レポート。1908 年。
ベルリン:Osram GmbH。
クルップアーカイブ。 1912 ～ 1943 年。エッセン: ティッセンクルップ社。
クルップアーカイブ。 1912 ～ 1943 年。エッセン: ティッセンクルップ社。
クルップ技術速報。 1925 年。エッセン: クルップ AG。
ファーベンのテクニカルレポート。 1931 年。フランクフルト：IG ファルベン。
ファーベンのテクニカルレポート。 1931 年。フランクフルト：IG ファルベン。
サンドビック・コロマント 歴史 。 1932 年から 2003 年まで。サンドビック:サンドビック AB。
米国特許。1896-1936 年。
ワシントン D.C.:USPTO。
Kennametal 技術レポート。1953 年。ラトローブ: Kennametal Inc.
Kennametal 技術レポート。1953 年。ラトローブ: Kennametal Inc.
Seco Tools の特許。1965 年。発行元: Seco Tools AB。
三菱マテリアルレポート. 1975.
東京: 三菱マテリアル株式会社.
Plansee 技術速報。1983 年。発行元: Plansee グループ。Plansee
技術速報。1983 年。発行元: Plansee グループ。
Sandvik Sustainability Report. 1990. Sandviken : Sandvik AB.
バイオメディカル材料研究. 1985. Hoboken : Wiley.
Additive Manufacturing Journal. 2012 年.
アムステルダム: Elsevier.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

付録：

超硬合金の英訳方法とその応用

硬質相（タングステンカーバイドなど）と結合相（コバルトなど）からなる複合材料である超硬合金は、文脈、業界標準、あるいは技術分野の慣習などに応じて、様々な英語の翻訳や名称で呼ばれています。以下は、超硬合金の英語名称とその翻訳について、一般的な用語、適用シナリオ、そして微妙な違いを網羅した詳細な概要です。

超硬合金の英語名を翻訳する方法

1. 超硬合金の英語名 - Hardmetal

定義：国際規格（ISO 513、ASTM B886 など）や学術文献で広く使用されている最も標準的な英語名称で、硬質炭化物（WC、 TiC など）と金属結合剤（コバルト、ニッケルなど）で構成される材料を指します。使用シナリオ：
工業規格：ISO 3326 （超硬合金- コバルトの磁気飽和度の測定）、GB/T 3849。
学術研究: ScienceDirect の記事では、切削工具や金型に使用される「超硬合金」についてよく言及されています。
特徴: 材料の複合特性（硬質相+金属結合相）を重視し、汎用性が強く、世界中の超硬合金業界に適しています。
例:超硬合金は、硬度と耐摩耗性が高いため、切削工具に広く使用されています。

2. 超硬合金

定義: 北米やヨーロッパの技術文献でよく使用される、硬質炭化物（WC など）が金属結合剤（コバルトなど）によって「セメント化」される特性を強調した一般的な翻訳。
ASTM 規格: ASTM B886（セメント炭化物の磁気飽和度の測定のための標準試験方法）。
業界用語: 北米の工具メーカー（Kennametal や Sandvik など）でよく使用されます。
特徴: 「セメンテーション」プロセスに重点を置いています。つまり、焼結プロセス中に金属バインダーが炭化物粒子を結合します。
Hardmetal として知られていますが、アメリカの規格や企業広告でよく見られます。
例: 超硬合金は、その強靭性と耐久性から機械加工に適しています。

3. 炭化タングステン

定義：炭化タングステン（WC）を主硬相とする超硬合金を指します。非技術的な説明や簡略化された説明によく使用されますが、厳密には包括的な用語ではありません（他の炭化物やバインダーは含まれません）。使用シナリオ：
ビジネスと市場: ナイフ、ドリルビット、ジュエリー（タングステン鋼のリング）のプロモーションでよく見られます。
ポピュラーサイエンス記事: Wikipedia では、セメント炭化物は「タングステンカーバイド」として紹介されることが多いです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

特徴: WC ベースの超硬合金のみを指し、 TiC や TaC などの他の超硬合金を含む合金は対象としません。
非専門的な場面（消費者市場など）では、セメントカーバイドの同義語として使用されます。
制限: 超硬合金にはタングステン以外の炭化物 （ TiC など)やさまざまな結合剤が含まれている可能性があるため、あまり正確ではありません。
例: タングステンカーバイド工具は極めて硬いことで知られています。

4. 炭化物

定義：業界用語や口頭でよく使われる「セメント」や「タングステン」を省略し、セメントカーバイド全般を指す簡略化された名称。使用シナリオ：
工具業界: 作業員やエンジニアは、これを「超硬工具」または「超硬インサート」と呼ぶことがよくあります。
技術文書: たとえば、Sandvik の製品パンフレットには「超硬合金グレード」について記載されています。
CaC など）も指すため、曖昧になる可能性があります。 2 ） 。
の中で明らかに超硬合金を指す。
例: 超硬インサートは鋼材加工における加工効率を向上させます。

5. ウィディアメタル（あまり一般的ではない）

定義: 初期のヨーロッパ(特にドイツ)で使用されていた用語で、セメント炭化物の商標である「Widia」(Wie Diamant、「ダイヤモンドのような」という意味)に由来します。
歴史的文書: ドイツのクルップ社は 1920 年代に初めて超硬合金を商品化し、Widia と名付けました。
ヨーロッパの一部: 古い技術文書や伝統的な企業では今でも時折見られます。
特徴: ダイヤモンドに近い高硬度の超硬合金を採用していますが、現在ではあまり使用されなくなり、ハードメタルや超硬合金に置き換えられています。
特定の歴史的またはブランドのコンテキストでのみ。
例: Widiametal は、初期の切削工具技術における画期的な発明でした。

6. 焼結炭化物（あまり一般的ではない）

定義：超硬合金が粉末冶金焼結プロセスによって製造されることを強調し、製造プロセスに焦点を当てます。適用シナリオ：
学術研究: 超硬合金の製造プロセスを説明するときに使用されます。
技術マニュアル: 焼結プロセス手順書に記載されているとおり。
特徴:超硬合金に似ていますが、焼結プロセスに重点が置かれています。
ハードメタルや超硬合金に比べて使用頻度は低いです。
例: 焼結炭化物部品は優れた耐摩耗性を示します。

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

7. その他の非標準的な翻訳

タングステン鋼
誤った翻訳です。非専門的な場面（e コマースプラットフォームなど）でよく見られます。
超硬合金は鋼ではなく、炭化金属複合材料です。
例：宝飾業界では誤って「タングステン鋼リング」と呼んでいますが、これは実際にはタングステンベースのセメントカーバイドです。
硬質合金
中国語の「hard aluminum（硬質合金）」を直訳したもので、英語ではほとんど使われず、中国語の英語文献に登場することもありますが、標準的ではありません。
例：Hard alloy は英語の技術文献では標準用語ではありません。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

超硬合金の英語翻訳方法の比較と選択の提案

英語名	適用可能なシナリオ	アドバンテージ	制限
ハードメタル	国際基準、学術研究、グローバル産業	優れた汎用性、標準的な用語	明らかな制限はない
超硬合金	北米規格、切削工具業界、技術文書	広く認められている接合技術に重点を置く	少し長い
炭化タングステン	商業促進、科学の普及、消費者市場	簡潔で、専門家以外の人にも理解しやすい	他の炭化物やバインダーを無視しているため、十分に包括的ではない
炭化物	業界用語、工具製造	業界でシンプルかつ普遍的	曖昧さが生じる可能性がある（他の炭化物と混同する）
ウィディアメタル	歴史文書、ヨーロッパの伝統的な企業	歴史的意義、ブランド特有の	時代遅れで、現在ではほとんど使用されていない
焼結炭化物	学術研究、プロセスの説明	焼結プロセスのハイライト	使用頻度が低い
タングステン鋼	非専門市場（宝石など）	なし（誤った用語）	不正確で誤解を招く
硬質合金	中国語と英語の文学	なし（非標準）	標準化されておらず、国際的に認められていない

選択の提案:

正式な行事（規格、論文、国際交流）: ISO、ASTM、GB/T 規格に準拠しており、汎用性が高いため、ハードメタルまたはセメントカーバイドを使用します。

業界内（ナイフ、金型製造）:「Carbide」は簡潔で、口語や製品の命名に適していますが、文脈が明確であることを確認してください。

商業的宣伝(消費者向け)： 炭化タングステンは専門家以外の人にも理解しやすいですが、硬い合金であることに注意する必要があります。

避けるべきもの: 不正確さや不適合のため、タングステン鋼および硬質合金。

データとサポート

標準規格: ISO 3326:2013 および ASTM B88624 では、「 Hardenmetal 」および「Cemented Carbide」が使用されています（ISO 公式 Web サイト、ASTM 公式 Web サイト）。

GB/T 38492015 では「hard aluminum」が使用されており、英語では「 hardmetal 」と翻訳されています（中国国家標準照会ネットワーク）。

業界の慣例: 世界的なツール会社（Sandvik や Kennametal など）は、製品カタログで「セメントカーバイド」または「カーバイド」という用語をよく使用します。

Wikipedia の「タングステン カーバイド」の項目には、それが超硬合金のサブセットであると記載されています（Wikipedia、2005）。

学術文献: ScienceDirect の記事では、 WCCo 合金を説明する際に「 Hardenmetals 」または「Cemented Carbides」という用語がよく使用されています(ScienceDirect、2020)。

歴史的背景:「Widia」は 1920 年代にドイツの Krupp 社で誕生し、現代ではほとんど使用されていません。

超硬合金の英語名称は主に Hardmetal 、 Cemented Carbide、Tungsten Carbide、Carbide などがあり、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

その中で Hardmetal と Cemented Carbide は最も標準的な用語であり、国際標準や業界交流で広く使用されています。Tungsten Carbide は商業的なプロモーションに適していますが、網羅性に欠けます。Carbide は簡潔ですが、曖昧さに注意する必要があります。Widiametal と Sintered Carbide はあまり一般的ではなく、特定の歴史的またはプロセスシナリオに限定されています。Tungsten Steel と Hard Alloy は不正確なため使用を避けてください。英語名を選択するときは、文脈（学術、産業、商業）に応じて最も適切な用語を選択する必要があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

付録：
我が国の主な超硬合金企業の初期と現在の状況についての簡単な紹介

1. 株洲 601 工場（株洲セメントカーバイド工場）

起源と建設の歴史
株州 601 工場、すなわち株州超硬合金工場（現：株州超硬合金グループ株式会社、中国タングステンハイテク傘下）は、1954 年に湖南省株州市に設立され、中国の超硬合金産業の起点となっています。同工場は、国の「第一次五ヵ年計画」（1953～1957 年）における 156 の重点プロジェクトの一つであり、「中国超硬合金産業の揺籃」として知られています。設立の背景は、新中国建国当初、産業基盤が脆弱で、戦略物資としての超硬合金を主に輸入に依存していたことです。この状況を変えるために、中国は地元の豊富なタングステン鉱石資源（石竹源多金属鉱山など）と便利な輸送条件（株洲は湘江の中流域に位置し、鉄道輸送が発達している）を頼りに、湖南省株洲に工場を建設することを選択した。

名前番号の意味と由来
「601」という数字は、新中国建国初期における工業企業の機密命名規則に由来しています。当時、国防産業や重要プロジェクトの機密性を確保するため、国家は多くの工場に直接的な名称ではなく番号を用いていました。「601」は冶金工業部（後に機械工業部と統合）管轄の通し番号に属し、具体的には「冶金工業部第六第一工場」を表しています。「6」は冶金産業を、「01」はシステムにおける最初の重点プロジェクトであることを示しており、中国の超硬合金産業の源流としての株州超硬合金工場の特別な地位を反映しています。

建設と開発

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

株州 601 工場は設立初期にソ連の技術を導入し、粉末冶金法を用いて炭化タングステン・コバルト（WC-Co）を主成分とする超硬合金を生産し、主に鉱業や切削工具に使用しました。1958 年に「第一次五カ年計画」が終了すると、株州工場は工場を拡張し、生産工程を最適化しました。生産された超硬合金ドリルは、地質探査のニーズを満たすようになりました。1960 年には、北京非鉄金属研究所と協力し、石油掘削分野で使用される炭化チタン（ TiC ）を含む超硬合金を開発しました。1960 年代には、文化大革命の影響を受けながらも、株州工場は自主的に配合を最適化することで、機械加工分野への供給を維持しました。1970 年には、国が「704 プロジェクト」を開始し、株州工場はさらに拡張され、生産量が増加しました。 1978 年の改革開放後、「第六次五カ年計画」（1981～1985 年）期間中、株洲工場はスウェーデンのサンドビックコーティング技術を導入し、窒化チタン（ TiN ）コーティング工具を開発し、切削性能を大幅に向上させました。

主な特徴

株洲 601 工場は、中国の超硬合金産業の発祥地であり、その基礎を築きました。その特徴は以下のとおりです。

技術導入と革新: ソ連の技術を出発点として、清華大学、中南大学などと協力し、精密加工に応用する超微粒子およびナノグレードの超硬合金を開発しました。

産業クラスター効果: 2000 年に株州セメントカーバイド工業団地が形を整え始め、株州工場を中核とする産業クラスターを形成し、地域経済の発展を促進しました。

幅広い用途: 製品は鉱業、機械加工、国防、電子産業などの分野に広く適用されています。1980 年代から東南アジアへの輸出が始まり、2002 年の WTO 加盟以降、輸出はさらに増加しました。

現状

株州超硬合金工場は現在、中国タングステンハイテク材料有限公司の中核企業であり、中国最大級の超硬合金生産拠点の一つです。2024 年には湖南省石竹源タングステン鉱山（埋蔵量 56 万トン）を買収し、原材料の自給率を向上させました。同社は引き続き、高エントロピー超硬合金と積層造形技術の研究開発に注力しており、その製品は航空宇宙、自動車製造などの分野で広く利用されているほか、グリーン製造とインテリジェント生産を積極的に推進しています。

2. 自貢 764 工場（自貢セメントカーバイド工場）

起源と建設の歴史

自貢 764 工場、すなわち自貢セメントカーバイド工場（現：自貢セメントカーバイド株式会社）は 1965 年に四川省自貢市に設立されました。中国有数の塩の町である自貢市は、塩井掘削技術をはじめとする長い産業の歴史を有しており、これがセメントカーバイド産業の発展の基盤となっています。自貢 764 工場の設立は、冷戦期の潜在的な脅威に対処するため、西南地域における戦略的な後方産業拠点を確立することを目指した「第三線建設」の時期と重なりました。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

名前番号の意味と由来

「764」という番号は、「第三線建設」期における典型的な秘密命名方法である。「7」は通常、機械工業部管轄の企業を表し、「6」は西南地域の地域コードを表す場合があり、「4」はその地域にある工場のシリアル番号である。この番号付け方法は、工場の真の目的と地理的位置を隠し、戦時中の安全を確保することを目的としている。自貢工場の 764 という番号は、機械工業部が西南地域に建設した重要な超硬合金生産拠点としての地位を反映している。

株洲 601 工場との関係

自貢 764 工場は、超硬合金の生産技術において株州 601 工場と間接的な連携関係にあります。業界のパイオニアとして、株州 601 工場は 1960 年代に国家技術普及プロジェクトを通じて、自貢 764 工場を含む「第三線」企業に工程標準と生産経験を輸出しました。自貢 764 工場が設立当初に採用した粉末冶金プロセスは、株州 601 工場の技術体系と合致しています。さらに、両工場は国家タングステン資源の配分と産業連携において相互補完的な役割を果たしています。株州 601 工場の技術革新は自貢 764 工場の発展基盤を提供し、同時に自貢 764 工場は地域の資源優位性を活かして、株州 601 工場の西南地域における産業配置を補完しています。

建設と開発

創業当初、自貢 764 工場は、自貢の豊富な天然ガス資源（焼結燃料として使用）と四川省のタングステン資源に依存し、主に鉱業および地質探査用の超硬合金工具を生産していました。1970 年代、国内の超硬合金需要の増加に伴い、自貢工場は徐々に製品ラインを拡大し、切削工具や耐摩耗部品も取り扱うようになりました。改革開放後の 1980 年代には、自貢工場は外資企業との提携を開始し、先進的な設備と技術を導入し、製品品質を向上させました。

主な特徴

自貢 764 工場は、鉱業および地質探査の分野におけるセメントカーバイド製品で有名であり、次のような特徴があります。

資源の利点:自貢地域の天然ガス資源は、セメント炭化物の焼結に安価なエネルギーを提供し、生産コストを削減します。

地域的影響力: 西南地域の重要な超硬合金生産拠点として、自貢工場の製品は四川省、雲南省などの鉱山開発に広く利用されています。

技術の進歩: 1990 年代に自貢工場は、非標準切削工具のニーズを満たす高性能の超硬棒と超硬プレートを開発しました。

現状

自貢超硬合金有限公司は、中国の超硬合金産業における重要な企業の一つであり、中国金属集団公司の傘下にあります。同社は超硬合金の棒材、板材、切削工具の製造に特化し、その製品は鉱業、石油掘削、機械加工などに利用されています。自貢市は中国の超硬合金産業の重要な拠点の一つとなり、西南地域における産業の伝統を継承しています。

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

株洲 601 工場と自貢 764 工場の関係分析

歴史的背景と業界の位置付け

株州 601 工場（株州超硬合金工場）は 1954 年に設立され、中国の超硬合金産業の起点であり、「中国超硬合金産業の揺籃」として知られています。中国の「第一五カ年計画」の重点プロジェクトである株州 601 工場は、超硬合金技術分野で主導的な地位を占め、ソ連から導入された粉末冶金プロセスを習得し、国内の科学研究機関との協力を通じて継続的な革新を続けています。自貢 764 工場（自貢超硬合金工場）は、「第三線建設」期の 1965 年に設立され、西南地域における重要な超硬合金生産拠点となっています。四川省のタングステン鉱石資源と天然ガスエネルギーに依存し、鉱業や地質探査用の超硬合金工具の生産に注力しています。

テクノロジーおよびリソースに関するお問い合わせ

株州 601 工場は業界のパイオニアとして、超硬合金の生産技術、工程標準、設備研究開発において豊富な経験を積み重ねてきました。1960 年代、「第三線建設」の進展に伴い、国は重点企業に対し、内陸部への技術輸出を奨励し、新工場の発展を支援しました。設立当初、自貢 764 工場は株州 601 工場の技術普及から大きな恩恵を受けました。例えば、株州 601 工場が開発した炭化タングステン-コバルト（WC-Co）超硬合金の生産プロセスは業界標準となっており、自貢 764 工場は鉱山工具の製造に同様の粉末冶金プロセスを採用しています。これは、両工場が技術体系において歴史的に深い関係にあることを示しています。

3. 南昌 603 工場（南昌セメントカーバイド工場）

起源と建設の歴史

南昌 603 工場、すなわち南昌超硬合金工場（現南昌超硬合金有限公司）は 1966 年に江西省南昌市に設立され、「第三線建設」期に設立された重要な超硬合金生産拠点の一つです。江西省は中国で最も豊富なタングステン資源を有する省の一つであり、贛州などに良質のタングステン鉱石資源を有しています。南昌 603 工場の設立は、この資源優位性を活かし、国有産業と国防建設に超硬合金材料を供給することを目的としています。

名前番号の意味と由来

「603」という番号も、「第三線建設」期の機密命名規則に従っています。「6」は冶金工業部の番号順（株洲 601 工場の「6」がその意味）の継続である可能性があり、「03」はそれがシステムにおける 3 番目の重点プロジェクトであることを示しています。南昌 603 工場の番号は、冶金産業システムにおけるその重要な位置を反映しているだけでなく、「第三線建設」期における内陸省である江西省の戦略的な配置を反映しています。

建設と開発

創業当初、南昌第 603 工場は、江西省およびその周辺地域の鉱山開発を支えるため、削岩機ビットやトンネル掘削工具などの鉱業用超硬合金工具を主に生産していました。1970 年代には、機械加工業界のニーズに応えるため、切削工具の開発に着手しました。1980 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

代には、改革開放の進展に伴い、南昌工場は海外製の設備を導入し、高性能の超硬合金製品を開発しました。

主な特徴

南昌 603 工場は採掘と機械加工の分野で有名であり、その特徴は次のとおりです。

資源支援: 江西省のタングステン鉱石資源は南昌工場に原材料を安定的に供給し、生産コストを削減します。

製品の多様性:採掘ツールから切削ツールまで、南昌工場はさまざまな産業ニーズを満たすために製品ラインを徐々に拡大してきました。

技術協力: 1990 年代、南昌工場は国内の大学と協力し、化学機器分野で使用される耐腐食性超硬合金を開発しました。

現状

南昌超硬合金有限公司は現在、中国金属集団公司の傘下にあり、江西省における重要な超硬合金生産企業です。同社は引き続き鉱山工具および切削工具の製造に注力するとともに、航空宇宙産業および化学産業向けの新しい超硬合金材料の開発に取り組んでいます。南昌工場は江西省のタングステン産業チェーンにおいて重要な役割を果たしています。

4. 牡丹江 212 工場（牡丹江セメントカーバイド工場）

起源と建設の歴史

牡丹江第 212 工場（牡丹江セメントカーバイド工場）は 1969 年に黒龍江省牡丹江市に設立され、 「第三線建設」期に東北地方に展開されたセメントカーバイド生産拠点の一つです。牡丹江第 212 工場の設立は、東北地方の旧工業基盤の復興を支援するとともに、防衛産業にセメントカーバイド材料を供給することを目的としています。牡丹江は東北地方に位置し、中ソ国境（ウラジオストクから約 248 キロメートル）に近く、その戦略的な立地条件から「第三線建設」における重要な拠点となっています。1960 年代半ば、中ソ関係の悪化と冷戦の緊張が激化する中、中国は産業拠点を内陸部や遠隔地へ移転させる「第三線建設」を開始しました。牡丹江市は鉄道網と鉱業資源に恵まれているため、セメントカーバイド工場の建設地として選ばれた。

名前番号の意味と由来

「212」という数字は、「第三線建設」期の東北地区の典型的な命名方法である。「2」は東北地区の地域コードを表し、「12」は東北地区の工場のシリアル番号である可能性がある。この番号付け方法は、工場の真の目的を隠し、国防産業の安全を守ることを目的としている。牡丹江工場の 212 という数字は、東北地区の超硬合金生産の重要な一翼を担っていることを示し、国防産業を支えるという使命と一致している。

建設と開発

牡丹江第 212 工場は創業当初、主に鉱業および地質探査用の超硬合金工具を生産し、黒龍江省と吉林省の鉱山開発に貢献していました。1970 年代には、戦車の履帯摩耗部品や弾頭材料など、国防建設を支える軍事用超硬合金部品の開発に着手しました。1980 年代に

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

は、改革開放の進展に伴い、牡丹江工場は徐々に民生市場へと進出し、切削工具や耐摩耗部品の開発を進め、製品ラインをさらに拡大しました。

主な特徴

牡丹江 212 工場は防衛および採鉱分野での用途でよく知られており、次のような特徴があります。

国防への貢献: 1970 年代、牡丹江工場で生産された超硬合金部品は軍事製品に広く使用され、国防建設を支えました。

地理的利点:牡丹江はロシア国境に近い北東部に位置しており、ソ連、そして後にロシアとの技術交流が容易です。

製品の耐寒性: 中国東北部の寒冷な気候を考慮して、牡丹江工場で開発された超硬合金工具は低温靭性が強く、過酷な環境にも適応できます。

現状

牡丹江超硬合金工場は現在、中国北方工業集団公司に統合され、その子会社となっています。同社は引き続き鉱山用工具や軍事用超硬合金部品を生産するとともに、エネルギー分野や機械製造分野向けの耐摩耗性新素材の開発にも取り組んでいます。牡丹江工場は、中国東北部の超硬合金業界において依然として一定の影響力を有しています。

5. 北京セメントカーバイド工場

起源と建設の歴史

北京セメントカーバイド工場は 1970 年に北京に設立されました。首都の産業および科学研究のニーズに応えるために設立されたセメントカーバイド生産企業です。中国の政治と技術の中心地である北京には、多くの科学研究機関（北京非鉄金属研究所など）とハイエンド製造業が集積しています。北京セメントカーバイド工場の設立は、これらの分野に高性能のセメントカーバイド材料を提供することを目的としています。

建設と開発

創業当初、北京超硬合金工場は主に切削工具と精密金型を製造し、北京市およびその周辺地域の機械加工産業と電子産業に貢献していました。1970 年代には、北京市非鉄金属研究所と提携し、電子部品製造用の高精度超硬合金金型を開発しました。改革開放後の 1980 年代には、北京工場は海外の技術を導入し、コーティング超硬合金工具を開発しました。

主な特徴

北京セメントカーバイド工場は、次のような精密機械加工の用途で有名です。

技術研究開発: 北京非鉄金属研究所などの機関と協力して、高精度の超硬合金材料の開発に注力します。

応用分野: 製品は主に電子産業や航空宇宙などのハイエンド製造分野で使用され、北京のハイテクニーズを満たしています。

地理的利点: 首都に位置しているため、政策支援や技術的リソースの入手が容易です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

現状

北京セメントカーバイド工場は現在、中国非鉄金属研究所に統合され、ハイエンドセメントカーバイド材料の研究開発と生産に注力しています。同社の製品は主に航空宇宙、電子産業、精密製造の分野で利用されており、高エントロピー合金やナノ材料といった国家重点科学研究プロジェクトにも参加しています。

6. 湖北江蔵（湖北江漢石油ドリルビット有限公司）

起源と建設の歴史

湖北江津安（湖北江漢石油掘削ビット有限公司）は 1973 年に設立され、 湖北省荊州市。石油産業の発展を支えるため、「第三線建設」期に設立された重要な超硬合金生産企業です。荊州 江漢平原に位置し、中国の重要な油田である江漢油田に近接しており、地理的に恵まれているため、石油産業へのサービス提供に便利です。湖北江漢が設立された背景には、 1970 年代の中国の石油産業の急速な発展、特に大慶油田と江漢油田の開発があり、高性能の超硬合金ドリルビットの需要が急増しました。

建設と開発

湖北江津工場は当初、石油掘削用の超硬合金製ドリルビットと工具の製造に注力していました。江漢油田の実際のニーズに応え、耐摩耗性と高強度を兼ね備えた様々な超硬合金製品を開発しました。1970 年代後半には、国内の科学研究機関と協力し、複雑な地質条件に適した超硬合金製ドリルビットを開発しました。改革開放後の 1980 年代には、海外の先進技術を導入し、ダイヤモンド複合材（PDC）ドリルビットを開発し、掘削効率をさらに向上させました。

主な特徴

湖北省江津市は石油掘削の分野で専門的な生産を行っていることで知られており、次のような特徴があります。

業界の重点: 石油掘削用の超硬合金工具に重点を置き、製品は江漢油田や大慶油田などの国内の主要油田に直接供給されています。

技術革新: 1980 年代にダイヤモンド複合ピース技術が導入され、開発された PDC ドリルビットは深井戸や硬質層の掘削で優れた性能を発揮しました。

地理的利点: 江漢油田に近く、油田企業との協力や市場の需要への迅速な対応に便利です。

現状

湖北江塘は現在、中国石油化工集団（シノペック）傘下の重要企業であり、石油掘削ビットおよび超硬工具の国内有数のメーカーです。同社の製品は石油・ガス掘削分野を網羅し、中東、北米などの地域に輸出されています。湖北江塘は、深海掘削や非在来型石油・ガス資源開発のニーズに応えるため、インテリジェント製造を推進し、高性能ドリルビットの開発に取り組んでいます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7. 成都セメントカーバイド工場（成都工具研究所）

起源と建設の歴史

成都超硬合金工場は、成都工具研究所を母体として 1965 年に設立され、四川省成都市に位置しています。「第三線建設」期における西南地域におけるもう一つの重要な超硬合金生産拠点です。成都工具研究所は、高性能切削工具と超硬合金材料の開発を目的として機械工業部によって設立され、成都超硬合金工場はその生産拠点となっています。

建設と開発

成都超硬合金工場は創業当初、主に切削工具と金型を製造し、西南地域の機械製造および航空産業に貢献していました。1970 年代には、航空機エンジン加工用の高精度超硬合金工具を開発しました。改革開放後の 1980 年代には、成都工場は外資企業と提携し、コーティング技術を導入して高性能コーティング工具を開発しました。

主な特徴

成都セメントカーバイド工場は、切削工具の分野での技術研究開発でよく知られており、次のような特徴があります。

科学研究サポート：成都ツール研究所に依存しており、強力な技術研究開発能力を備えています。

航空用途:製品は、航空機エンジンブレードの加工など、航空業界で広く使用されています。

技術協力： 1980 年代より海外企業と協力し、切削効率を向上させるコーティング工具の開発に取り組んできました。

現状

成都工具研究所は現在、中国機械工業総公司の子会社であり、その超硬合金製造事業は成都工具有限公司に統合されました。同社は高性能切削工具と超硬合金金型の研究開発と製造に注力しており、その製品は航空宇宙、自動車製造などの分野に貢献しています。成都工具研究所は、依然として国内の工具業界の研究開発センターの 1 つです。

8. 上海セメントカーバイド工場

起源と建設の歴史

上海超硬合金工場は 1958 年に上海に設立されました。新中国成立後、最も早く設立された超硬合金生産企業の一つです。中国の工業中心地である上海は、機械製造業と電子産業が発展してきました。上海超硬合金工場の設立は、華東地域における超硬合金材料の需要に応えることを目的としています。

建設と開発

上海超硬合金工場は創業当初、主に切削工具と耐摩耗部品を生産し、上海とその周辺地域の機械加工産業に貢献していました。1960 年代には、上海交通大学と提携し、電子産業向けの高精度超硬合金金型を開発しました。1970 年代には、華東地域の鉱業発展を支えるため、鉱山工具の生産を開始しました。改革開放後の 1980 年代には、上海工場は海外

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

の技術を導入し、コーティング超硬合金工具を開発しました。

主な特徴

上海セメントカーバイド工場は、切削工具や電子産業での用途で有名であり、次のような特徴があります。

産業基盤: 上海の産業基盤を活用し、当社の製品は機械製造やエレクトロニクス産業で幅広く利用されています。

技術協力: 上海交通大学等と協力し、高精度超硬合金金型の開発に取り組みます。

輸出力: 1980 年代から上海工場の製品は東南アジアへ輸出され始め、国際競争力が高まっています。

現状

上海超硬合金工場は、上海電気グループ傘下の上海工具工場有限公司に統合されました。同社は切削工具と超硬合金金型の製造に特化し、自動車製造、電子産業などの分野に製品を供給しています。上海工具工場は、引き続き華東地域の超硬合金産業において重要な役割を担うとともに、スマート生産を推進していきます。

9. 西安セメントカーバイド工場

起源と建設の歴史

西安超硬合金工場は 1969 年に設立され、陝西省西安市に位置しています。「第三線建設」期に西北地域に築かれた超硬合金生産拠点です。西北地域の重要な工業都市である西安は、航空産業と機械製造業が発達しています。西安超硬合金工場の設立は、西北地域の産業発展を支援することを目的としています。

建設と開発

西安超硬合金工場は当初、陝西省および周辺地域の鉱業および機械製造業向けに鉱山工具と切削工具を製造していました。1970 年代には、航空業界向けの超硬合金工具を開発しました。

主な特徴

地域サービス:製品は主に北西部の鉱業および航空産業に供給されています。

技術蓄積: 西安交通大学など大学と協力して高性能超硬合金工具を開発する。

現状

西安セメントカーバイド工場は現在、中国航空工業集団の子会社に統合され、航空用セメントカーバイド工具の生産に注力しています。

10. 長沙セメントカーバイド工場

起源と建設の歴史

長沙超硬合金工場は 1960 年代に設立され、湖南省長沙市に位置しています。湖南省のタングステン鉱石資源を活用し、株洲 601 工場に続く湖南省における超硬合金生産拠点となっています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

建設と開発

長沙セメントカーバイド工場は、当初は湖南省および周辺地域の鉱業を支えるために、鉱山工具と耐摩耗部品を製造していました。1980 年代には、機械製造業界向けの切削工具を開発しました。

主な特徴

資源支援：株洲 601 工場と共同で湖南省のタングステン鉱石資源を活用します。
地域協力：株洲工場を補完し、湖南省の超硬合金産業の発展を支援します。

現状

長沙セメントカーバイド工場は現在、株洲セメントカーバイドグループに統合され、鉱山工具の生産に重点を置く同社の従属生産拠点の 1 つとなっています。

株洲 601 工場、自貢 764 工場、南昌 603 工場、牡丹江 212 工場、北京セメント工場、湖北省江津市、成都セメント工場、上海セメント工場、西安セメント工場、長沙セメント工場は、中国のセメント産業の発展における重要な代表であり、異なる歴史的時期と地域的背景において、業界の発展に貢献してきました。株洲 601 工場と自貢 764 工場は、技術継承と業界協力において間接的なつながりを持ち、中国のセメント産業の発展を共同で推進してきました。株洲 601 工場は産業の基盤を築き、自貢 764 工場、南昌 603 工場、湖北江津工場、成都セメント工場は資源と地域の優位性を活かして西南地域と石油産業にサービスを提供しています。北京セメント工場と上海セメント工場はハイエンドアプリケーションに注力し、牡丹江 212 工場は東北地域の産業と国防建設を支え、西安セメント工場と長沙セメント工場は西北地域と湖南地域にサービスを提供しています。これらの工場の建設と発展は、中国が技術導入から自主革新へと歩んできた道のりを反映しており、現在もグリーンインテリジェント製造とグローバル競争において重要な役割を果たし続けています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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

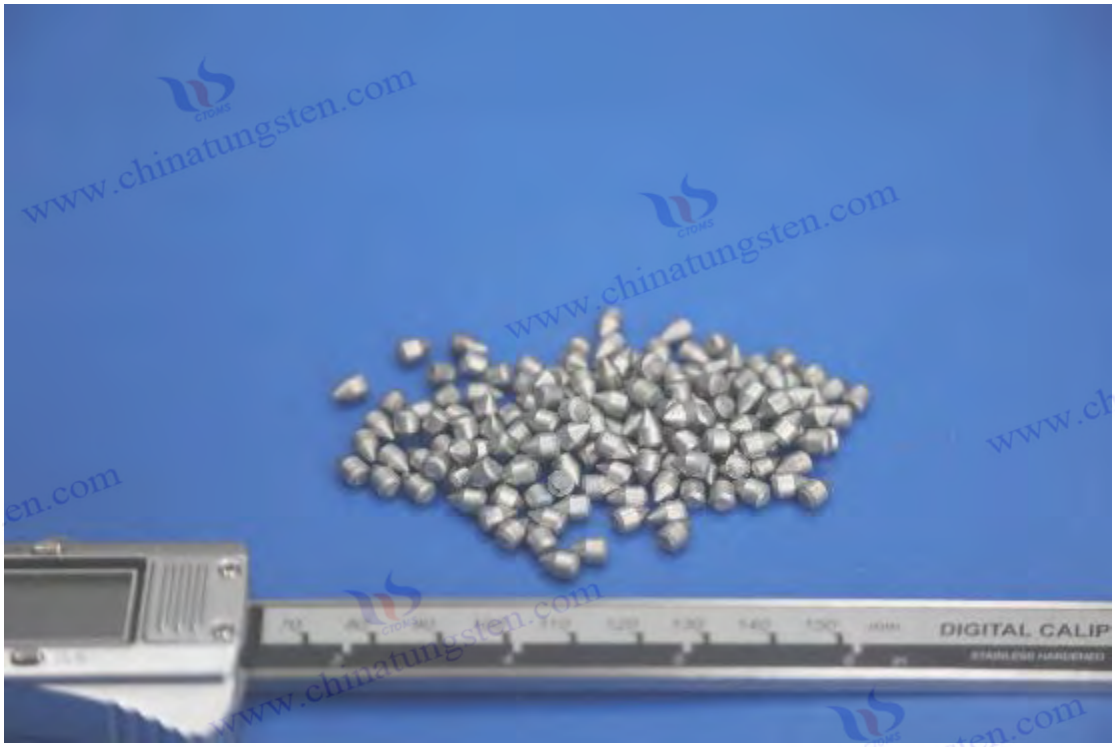
Tel : +86 592 5129696

Official **website** : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



付録：

中国におけるタングステンおよびセメントカーバイド産業の発展

1. 設立の背景と経緯

中国非鉄金属工業公司（以下「非鉄金属公司」）の設立は、中国の非鉄金属産業が計画経済から市場経済へと転換する上で重要な一歩となった。1949 年の中華人民共和国建国後、非鉄金属産業は国家による中央管理下に置かれ、タングステン資源は戦略鉱物として高く評価されていた。1978 年の改革開放後、国家は経済管理体制を徐々に調整し、計画経済から市場経済へと移行した。1981 年 10 月、国家経済委員会は国務院の指示に基づき、国家非鉄金属管理局を設立し、全国の非鉄金属産業の発展を統括する責任を負った（『中華人民共和国経済選集・1981』）。 1982 年 9 月 25 日、国務院は「非鉄金属管理体制の調整に関する決定」（国発[1982]169 号）を公布し、国家非鉄金属管理局を社団法人に改組し、中国非鉄金属工業公司を設立することを決定した。1983 年 4 月 15 日、国務院は「国家経済委員会による中国非鉄金属工業公司設立に関する報告」（国経[1983]45 号）を正式に承認し、非鉄金属公司が正式に設立され、国務院国有資産監督管理委員会（SASAC）の直轄管理下に入り、中心企業として非鉄金属の生産、貿易、国際協力などを担うようになった。

非鉄金属公司の設立は、中国のタングステン資源開発と超硬合金産業の国際化に密接に関係しています。1983 年 2 月、国務院は「対外経済技術交流の拡大に関する若干の規定」（国発[1983]第 28 号）を公布し、非鉄金属公司に対し、深圳、珠海、汕頭、厦門などの経済特区で試行事業を行うことを義務付け、輸出入における地域自治権と企業自治権を付与しました。この目的のため、非鉄金属公司は 1983 年 6 月に香港に初の海外支店を設立

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

し、その後、深圳、珠海、厦門に事務所を設立し、日本、米国、韓国、オーストラリアなどに代表事務所を設立し、タングステンおよび超硬合金製品の国際化を支える貿易ネットワークを構築しました。

2. 組織構造

非鉄金属会社の組織構造は、タングステンおよび超硬合金業界の経営ニーズに合わせて設計されており、本社と下部組織に分かれており、生産、貿易、技術研究開発を担っています（『1985 年中国非鉄金属産業年鑑』による）。

本社は

北京にあり、以下の組織で構成されています。

生産管理部門：タングステン採掘およびセメントカーバイドの生産計画を担当し、全国の主要なタングステン採掘プロジェクトを管理します。

輸出入貿易部：タングステン製品および超硬合金の輸出割当量配分および国際市場の開拓を担当します。

技術研究開発部門：タングステンおよびセメントカーバイド技術の導入と開発を調整します。

財務部門：資金とコストを管理します。

人事部：人事管理を担当します。

タングステンおよびセメントカーバイドに関係する**ユニットには以下が含まれます。**

株洲セメントカーバイド工場

当工場は 1954 年に設立され、非鉄金属カンパニー傘下の企業です。WC-Co 系切削工具や耐摩耗材料を生産する、我が国最大の超硬合金生産拠点です。

南昌セメントカーバイド工場

当工場は、炭化タングステン粉末および炭化セメント製品を生産するために 1965 年に設立されました。

中国非鉄金属輸出入総公司

1983 年に設立され、タングステンおよび超硬合金の輸出と原材料の輸入を担当しています。

タングステン産業技術研究開発センター

1988 年に中国科学院金属研究所と共同でタングステンベースの高温合金の開発を目的として設立されました。

海外支店

香港支店（1983 年 6 月設立）はタングステンおよび超硬合金の輸出の主要窓口であり、日本、アメリカ、韓国、オーストラリアに駐在員事務所を置き、国際貿易をサポートしています。

3. タングステン資源と超硬合金産業の発展

非鉄金属企業は、豊富なタングステンの埋蔵量と高度な技術に依存し、中国のタングステン資源開発とセメントカーバイド産業を支配しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

タングステン資源開発

中国のタングステンの埋蔵量は三酸化タングステン換算で約 200 万トンで、世界の 47%を占め（ITIA 2023 データ）、江西省が全国の 60%以上を占めています。 1980 年代には、非鉄金属会社は江西省の西花山タングステン鉱山（ 1907 年発見、埋蔵量 20 万トン）、贛州の大吉山タングステン鉱山（1958 年開発、埋蔵量 15 万トン）、湖南省の石竹源タングステン多金属鉱山（ 1980 年代開発）を統合しました。 1984 年の「非鉄金属工業第六次五ヵ年計画」（1981～1985 年）では、資源の持続可能性を守るため、タングステン鉱石の年間採掘量を 3 万 5000 トン以内に制限することが提案されました。1990 年には、非鉄金属会社の子会社によるタングステン精鉱の年間生産量は約 3 万トンで、全国の 70%を占めました（国家統計局『1990 年工業統計年鑑』）。

超硬合金の生産

非鉄金属企業は超硬合金産業の発展を推進しています。1985 年、株州超硬合金工場はソ連の粉末冶金技術を導入し、生産された WC-6%Co 超硬合金工具の切削寿命は高速度鋼の 3 倍でした（中国非鉄金属産業協会技術アーカイブ）。1987 年、南昌超硬合金工場は年間 500 トンの炭化タングステン粉末の生産ラインを構築し、年間生産額は約 8,000 万元でした（ 1987 年の国家統計局の工業統計）。1990 年、全国の超硬合金の生産量は約 15,000 トンで、そのうち非鉄金属公司の子会社が約 60%を占めました（1990 年の国家統計局のデータ）。 1988 年、技術研究開発センターは、打ち上げロケットエンジンに使用するためのタングステンベースの高温合金を開発しました。

輸出入業務管理

非鉄金属公司は、タングステンおよび超硬合金の輸出入の主なチャネルです。1983 年 6 月、国務院は「非鉄金属輸出管理規則の調整に関する通知」（国発[1983]第 87 号）を公布し、非鉄金属公司を割当管理の責任者に指定しました。1985 年には、約 1 万 5000 トンのタングステン製品（硬質合金およびタングステン線）が輸出され、全国の 85%を占めました（ 1985 年税関総署統計）。主な市場は日本（三井物産）、米国（ゼネラル・エレクトリック）、カナダ（ノーランダ）でした。1986 年、香港支店はロンドン金属取引所に登録し、タングステン製品の相場を公表し、国際タングステン協定の交渉に参加しました。1990 年代初頭には、高級超硬合金の生産を支えるため、年間約 500 トンの高純度タングステン原料が輸入されていました（1992 年の商務省のデータ）。

政策と技術支援:

1988 年、技術研究開発センターは航空宇宙産業向けのタングステン系高温合金を開発しました。1992 年には、「タングステン産業管理弁法」（国家経済貿易[1992]第 123 号）が制定され、採掘と輸出が規制され、小規模鉱山における無差別採掘が制限されました。

4. 解散と相続

1997 年 4 月 16 日、国務院は「国有企業改革の深化に関する決定」（国発[1997]第 5 号）を公布し、非鉄金属公司の再編を推進しました。優良資産は売却され、中国非鉄金属建設

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

（NFC）が設立されました。1997 年 11 月 20 日、中国非鉄金属建設は上場（株式コード：000758）され、エンジニアリング事業を引き継ぎました（中国非鉄金属建設の公式サイト：www.nfc.com.cn）。2003 年 10 月、国務院の『国有企業再編に関する指導意見』（国発[2003]第 96 号）により非鉄金属公司の解散が承認され、タングステンおよび超硬合金事業は江西タングステン産業と中国ミンメタルズグループに移管され、輸出入管理権は商務部に返還された。

5. 意義と影響

非鉄金属企業は、中国のタングステンおよび超硬合金産業の計画経済から市場経済への移行を推進してきました。国際化戦略により、タングステン輸出量は世界総輸出量の 50%を占めています（ITIA 1990 年報告書）。2023 年には、タングステン精鉱の生産量は 11 万 4000 トンに達し、超硬合金の深加工比率は 40%に達すると予想されています（2023 年国家統計局データ）。これは、彼らが築き上げてきた産業基盤を反映しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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

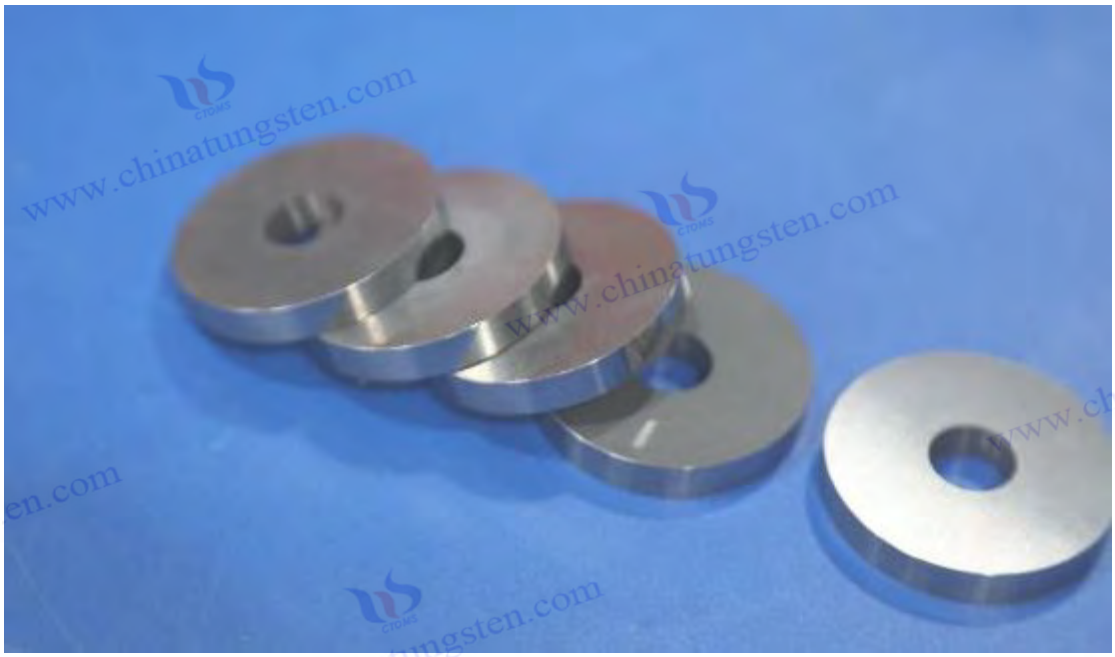
Tel : +86 592 5129696

Official **website** : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



付録：

ISO 513:2012 硬質切削材の分類と適用、
金属切削用刃物 – 主なカテゴリーと用途カテゴリーの指定

定義された切れ刃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

国際規格「ISO 513:2012」の中国語版

規格番号
ISO 513:2012

標準名（中国語）
金属切削用の硬質切削材、定義された切れ刃を有する材料の分類と適用 – 主要クラスと適用クラスの指定

標準名称（英語原文）
定義された切れ刃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

出版代理店
国際標準化機構（ISO）
技術委員会
ISO/TC 29/SC 9（小型工具技術委員会/難削材小委員会）

最初のリリース日

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2012 年 11 月 5 日

現在のバージョンのステータス
発売日: 2012 年 11 月 5 日

最終確認日：2018 年
現状：現在有効（2025 年 5 月 20 日現在）

言語
公用語：英語、フランス語
中国語翻訳：非公式言語版（この文書は中国語から翻訳されています）

適用範囲
この国際規格は、金属切削片除去作業における硬質切削材料（超硬合金、セラミック、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素など）の分類と適用について規定し、それらの主要カテゴリーと適用カテゴリーを特定しています。この規格は、金属材料の切削作業に使用される、定義された切れ刃を持つ工具に適用されます。

適用外の範囲:
採掘およびその他の衝撃ツール。
伸線ダイス;
金属の変形による加工用の工具。
コンパレータ接点等の用途。

分類システム
この規格では、硬質切削材料を次の主なカテゴリと用途カテゴリに分類しています。

材質別の主なカテゴリー:
超硬合金（硬質金属、コード：H）：炭化タングステン（WC）または炭化チタン（ TiC ）をベースに、コバルト（Co）やニッケル（Ni）などの結合剤を組み合わせたもの。
セラミックス（コード：C）：酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ） 、窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）などを含む。
ダイヤモンド（コード: D): 天然ダイヤモンドと合成多結晶ダイヤモンド（PCD）が含まれます。
立方晶窒化ホウ素（コード：B）：単結晶立方晶窒化ホウ素（CBN）と多結晶立方晶窒化ホウ素（PCBN）が含まれます。

アプリケーションカテゴリ（処理目的別）：
カテゴリーP（鋼材加工に適しています）：普通鋼、ステンレス鋼、合金鋼など。
クラスM（ステンレス鋼および耐熱合金の加工に適しています）：オーステナイト系ステンレス鋼、ニッケル基合金など。
K種（鋳鉄加工に適しています）：ねずみ鋳鉄、ダクタイル鋳鉄など。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

カテゴリー N（非鉄金属の加工に適しています）：アルミニウム、銅、およびそれらの合金など。
カテゴリーS（高温合金の加工に適しています）：チタン合金、ニッケル基高温合金など。
クラス H（硬質材料の加工に適しています）：硬化鋼（硬度 > 45 HRC）や硬質鋳鉄など。

アプリケーションカテゴリの指定方法
コード構造：各アプリケーション カテゴリは、文字と数字の組み合わせで表されます。
文字は処理される材料の種類を示します（P、M、K、N、S、H）。
数字は切削条件や材料特性のレベルを示します（通常は 01 ～ 50 で、数字が大きいほど切削条件が厳しくなり、材料が硬くなります）。
例：P10 は鋼材加工に適した軽負荷切断、K20 は鋳鉄加工に適した中負荷切断を意味します。
組み合わせ例：
コードネーム「HM P20」の超硬工具：鋼（P）加工の中負荷切削（20）に適した超硬（HM）材料を示します。
立方晶窒化ホウ素工具、コード名「BN H05」：立方晶窒化ホウ素（BN）材料を示し、硬質材料（H）加工の軽負荷切削（05）に適しています。

規格の目的
統一された分類： 硬質切削材料に対して世界的に統一された分類システムを提供することで、メーカーとユーザーが適切な切削材料を選択しやすくなります。
アプリケーションガイダンス：主なカテゴリとアプリケーションカテゴリを指定することにより、ユーザーは加工材料と切削条件に応じて最も適切なハード切削材料を選択できます。
貿易の促進： コードと分類を標準化して、硬質切削材料の国際貿易と技術交換を促進します。

関連規格
ISO 1832：工具の形状と材料を指定するために使用される切削工具の指定システム。
ISO 5608：旋削工具およびフライス加工工具の指定システム。
ISO 9001：品質管理システム規格（硬質切削材料の製造に関連）。

使用シナリオ
この規格は、機械加工業界で広く使用されていますが、以下に限定されるわけではありません。
自動車製造：エンジン部品、クランクシャフト、ギア等の加工
航空宇宙：高温合金およびチタン合金部品の加工。
金型製造：硬化鋼金型の機械加工。
一般機械：鋳鉄、非鉄金属部品の加工。

入手方法
公式ソース：PDF 版または紙版は、ISO 公式 Web サイト（www.iso.org）から英語または

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

フランス語で購入できます。
その他のチャネル: ANSI（米国規格協会）、BSI（英国規格協会）などの認定販売代理店を通じて入手します。
注: 一部の国や地域では翻訳版が提供される場合がありますが、翻訳版の正確性は保証される必要があります。

歴史
ISO 513:2004: 以前のバージョン。2004 年に公開され、2012 年に現在のバージョンに置き換えられました。
ISO 513:1991: 1991 年に公開され、2004 年に置き換えられた以前のバージョン。

追加情報
この規格は、硬質切削材の具体的な性能パラメータ（硬度、曲げ強度など）については規定していません。ユーザーは、材料供給業者が提供するデータに基づいて選択を行う必要があります。
最良の加工結果を確保するには、この規格のアプリケーション カテゴリ コードを切削条件（切削速度、送り速度、冷却方法など）と組み合わせて使用する必要があります。

結論は
ISO 513:2012 は、硬質切削材の分類と適用に関する世界的に統一された規格であり、超硬合金、セラミック、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素など、様々な材料を網羅し、様々な金属切削シーンに適しています。明確なコード体系により、ユーザーは適切な切削材を迅速に選択し、加工効率と工具寿命を向上させることができます。この規格は機械加工業界において非常に重要な意義を持ち、硬質切削材の標準化と国際応用を促進します。

追加情報
上記の内容は、正確性と信頼性を確保するために、ISO 公式 Web サイトおよびその他の標準データベースの情報に基づいています。
中国語の名前と一部の説明は翻訳および編集されており、ISO の公式中国語版ではなく、参考用です。
規格の原文やより詳細な情報を入手する必要がある場合は、ISO 公式 Web サイトにアクセスするか、認定販売店に問い合わせることをお勧めします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

定義された切れ刃を持つ金属除去のための硬質切削材料の分類と適用 － 主なグループと適用グループの指定
金属切削用の硬質切削材料、定義された刃先を有する材料の分類と適用
－ 主要カテゴリーと申請カテゴリーの指定

国際規格 *ISO 513:2012* （英語版）

標準番号
ISO 513:2012

標準タイトル（英語）
定義された切れ刃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
標準タイトル（参考のために中国語に翻訳）
金属切削用の硬質切削材、定義された切れ刃を有する材料の分類と適用 － 主要クラスと適用クラスの指定

出版組織
国際標準化機構（ISO）
技術委員会
ISO/TC 29/SC 9（小型工具技術委員会/難削材小委員会）

初版発行日

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2012 年 11 月 5 日

現在のバージョンのステータス
発行日: 2012 年 11 月 5 日

最終確認日：2018 年
現在のステータス: アクティブ（2025 年 5 月 20 日現在）

言語バージョン
公用語：英語、フランス語
その他の言語: 一部の地域では非公式の翻訳が利用できる場合があります（例：上記の中国語）

範囲
この国際規格は、超硬合金（炭化物）、セラミック、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素など、定義された切れ刃を有する金属切削用硬質切削材料の分類と適用について規定する。これらの材料の主なグループと適用範囲を示す。本規格は、金属材料の切削に使用される定義された切れ刃を有する工具に適用する。

除外事項:
採掘やその他の衝撃アプリケーション用のツール。
伸線ダイス;
変形による金属成形に使用される工具。
コンパレータの接触チップやその他の非切削用途などのアプリケーション。
分類システム
この規格では、硬質切削材料を次のように主なグループと用途のグループに分類しています。

主なグループ（材料の種類に基づく）:
ハードメタル（コード：H）：コバルト（Co）またはニッケル（Ni）を結合剤として使用した炭化タングステン（WC）または炭化チタン（ TiC ）をベースにしています。
セラミックス（コード：C）：アルミニウム（Al_2O_3） 、窒化ケイ素（Si_3N_4）などが含まれます。
ダイヤモンド（コード：D）：天然ダイヤモンドと多結晶ダイヤモンド（PCD）が含まれます。
立方晶窒化ホウ素（コード: B): 単結晶立方晶窒化ホウ素（CBN）と多結晶立方晶窒化ホウ素（PCBN）が含まれます。

アプリケーショングループ（加工用途に基づく）:
P グループ（鋼材加工用): 普通鋼、ステンレス鋼、合金鋼が含まれます。
M グループ（ステンレス鋼および耐熱合金の加工用): オーステナイト系ステンレス鋼、ニッケル基合金が含まれます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

K グループ（鋳鉄加工用）：ねずみ鋳鉄、ダクタイル鋳鉄を含みます。
N グループ（非鉄金属の加工用）：アルミニウム、銅、およびそれらの合金が含まれます。
S グループ（高温合金の加工用）：チタン合金、ニッケル基超合金が含まれます。
H グループ（硬質材料の加工用）：硬化鋼（>45 HRC）、硬質鋳鉄が含まれます。

申請グループの指定方法
コード構造：各アプリケーション グループは、文字と数字の組み合わせで表されます。
文字は加工する材料の種類を示します（P、M、K、N、S、H）。
数字は、切削条件または材料の性能レベルを示します（通常は 01 ～ 50。数字が大きいほど、条件が厳しくなり、材料が硬くなることを示します）。
例：P10 は鋼の軽負荷切断に適していることを示します。K20 は鋳鉄の中負荷切断に適していることを示します。

組み合わせ例：
超硬工具、コード「HM P20」：鋼（P）の中負荷切削（20）に適した超硬（HM）材料を示します。
立方晶窒化ホウ素工具、コード「BN H05」：硬質材料（H）の軽負荷切削（05）に適した立方晶窒化ホウ素（BN）材料を示します。

規格の目的
統一分類：ハードカッティング材料の世界的に認められた分類システムを提供し、メーカーとユーザーによる選択を容易にします。
アプリケーションガイダンス：加工する材料と切削条件に基づいて、最も適切な切削材料を選択することをユーザーに支援します。
貿易の円滑化：硬質切削材料の国際貿易と技術交換を促進するためにコードと分類を標準化します。

関連規格
ISO 1832：切削工具の形状と材質を指定するための指定システム。
ISO 5608：旋削工具およびフライス加工工具の指定システム。
ISO 9001：品質管理システム規格（硬質切削材料の製造に関連）。

使用シナリオ
この規格は、機械加工業界で広く適用されており、以下に限定されるわけではありません：
自動車製造：エンジン部品、クランクシャフト、ギアなどの機械加工。
航空宇宙：高温合金およびチタン合金の加工。
金型製作：硬化鋼金型の機械加工。
一般機械：鋳鉄および非鉄金属部品の機械加工。
可用性
公式ソース：ISO 公式 Web サイト（ www.iso.org ）から PDF または紙の形式で購入できます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

その他のチャネル: ANSI（米国規格協会)、BSI（英国規格協会）などの認定販売代理店を通じて入手可能です。
注: 一部の地域では翻訳版が提供される場合がありますが、正確性については公式の英語版またはフランス語版と照合する必要があります。

歴史的バージョン
ISO 513:2004: 以前のバージョンは 2004 年に公開され、2012 バージョンに置き換えられました。
ISO 513:1991: 1991 年に発行された以前のバージョンで、2004 バージョンに置き換えられました。

追加情報
硬度、曲げ強度など）を規定するものではありません。詳細な仕様については、材料供給業者のデータを参照してください。
最適な加工性能を確保するには、アプリケーション グループ コードを切削条件（切削速度、送り速度、冷却方法など)と組み合わせて使用する必要があります。

結論
ISO 513:2012 は、硬質金属、セラミック、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素を含む硬質切削材の分類と適用に関する国際標準化の枠組みを提供します。幅広い金属切削シナリオに適用可能です。明確な名称体系を提供することで、ユーザーは適切な切削材を効率的に選択し、加工効率と工具寿命を向上させることができます。この規格は機械加工業界において重要な役割を果たし、硬質切削材の標準化と国際適用を促進しています。

補足事項
コンテンツは ISO 公式サイトおよび標準データベースの情報に基づいて編集されており、正確性と信頼性が保証されています。
先ほど提供した中国語翻訳は参考用であり、公式の ISO バージョンではありません。
オリジナルの規格テキストや詳細については、ISO 公式 Web サイトを参照するか、認定販売店に問い合わせることをお勧めします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

付録：

超硬合金、高速度鋼、超硬合金の比較

1. 定義と構成

素材の種類	意味	主な成分
超硬合金 超硬合金	硬質炭化物粒子と金属バインダーを焼結した複合材料で、硬度が高く、耐摩耗性に優れています。	硬質相：炭化タングステン（WC、70～95％）、炭化チタン（ TiC ）、炭化タンタル（ TaC ）。< br >バインダー相：コバルト（Co、5～15％）、ニッケル（Ni）。
高速度鋼 高速度鋼、HSS	炭素と各種合金元素を含む高合金工具鋼で、高速切削に適しており、靭性も良好です。	鉄基合金：炭素（C、0.7～1.5%）、タングステン（W、6～18%）、モリブデン（Mo、5～10%）、クロム（Cr、4%）、バナジウム（V、15%）、コバルト（Co、0.8%）。
超硬材料 超硬材料	天然ダイヤモンドに近いかそれ以上の硬度を持つ材料は、高精度加工や極限加工に使用されます。	天然ダイヤモンド、合成ダイヤモンド（PCD）、立方晶窒化ホウ素（CBN）、セラミック（Si3N4、A1203 など）。

データサポート：

超硬合金：WC 硬度は約 1600～2200 HV、コバルト含有量は靭性に影響します（ScienceDirect、2020）。

高速度鋼：代表的なグレードには、M2（W6Mo5Cr4V2）、硬度 ~6065 HRC（ASTM A600）などがあります。

超硬質材料：ダイヤモンドの硬度は約 8000 ～ 10000 HV、CBN は約 4500 HV（Wikipedia、2024 年）。

2. パフォーマンス比較

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

パフォーマンス	超硬合金	高速度鋼	超硬材料
硬度	超硬質材料に次ぐ高硬度（1400～2200 HV）で、耐摩耗性に優れています。	中程度（60～65 HRC、約 700～850 HV）、セメント炭化物よりも低い。	非常に高い（4000～10000 HV）、最も耐摩耗性に優れ、過酷な条件に適しています。
強靭さ	中程度、高いコバルト含有量（1015%など）は靭性に優れていますが、欠けやすい傾向があります。	耐衝撃性が高く、複雑な切断に適しています。	低く、脆くなりやすく、マトリックスサポート（セメントカーバイドに取り付けられた PCD など）が必要です。
耐熱性	良好(800～1000℃)、高温切断に適しています。	中程度（500～600° C)、高温になると硬度が低下します。	優れています(ダイヤモンド 約 700° C、CBN 約 1400° C)。CBN は特に耐熱性に優れています。
耐食性	さらに、コバルト相は耐腐食性、耐酸性、耐アルカリ性があります。	一般的に酸化しやすいためコーティング保護が必要です。	ダイヤモンド/CBN の優れた高い化学的安定性。
切断速度	高速（100～500 m/分）で効率的な処理に適しています。	中程度（30100 m/分)、超硬合金より低い。	非常に高速（500～2000 m/分）で、超高速加工に適しています。

データサポート:

超硬合金：切削速度は高速度鋼の 35 倍です (Sandvik、2023)。

高速度鋼: 熱処理後、硬度は 65 HRC に達しますが、600° C を超えると軟化します (ScienceDirect、2020)。

超硬質材料: 高温合金の CBN 切削速度は 1000 m/分に達します (Wikipedia、2024)。

3. 製造工程

素材の種類	製造工程	特徴
超硬合金	粉末冶金：炭化物粉末（WC、 TiC ）とコバルト粉末を混合し、プレス成形し、高温焼結（1350～1450℃）します。	プロセスは成熟しており、粒径は制御可能（0.52 μm）であり、コバルト含有量によって性能を調整できます。
高速度鋼	溶解、鋳造、熱処理（焼入れ＋焼戻し）、鍛造、圧延により成形できます。	精密な熱処理（1200℃焼入れなど）が必要であり、繰り返し研磨が可能です。
超硬材料	高圧高温合成（HPHT、5000° C、5 GPa 、 PCD、CBN など)、化学蒸着（CVD、ダイヤモンドコーティング)。	プロセスは複雑で、コストが高く、基板（セメント炭化物など）からのサポートが必要です。

データサポート:

超硬合金: 焼結時間は 12 時間、粒径は保磁力に影響します (ISO 3326:2013)。

高速度鋼: 熱処理プロセスは再現可能であり、工具寿命が向上します (ASTM A600)。

超硬質材料：HPHT 合成には多くのエネルギーが消費され、CVD コーティングの厚さは 520μm です（ ScienceDirect、2020)。

4. 応用分野

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

素材の種類	主な用途	典型的なシナリオ
超硬合金	切削工具（旋削工具、フライスカッター）、金型、ドリルビット、採掘工具。	鋼、鋳鉄、ステンレス鋼の加工。YG8 工具などの荒加工用。
高速度鋼	ドリルビット、フライスカッター、タップ、鋸刃、複雑な形状用のツール。	低速切断、柔らかい材料（アルミニウム、銅など）の加工、M2 ドリル ビットなど。
超硬材料	精密加工工具、研磨工具、伸線ダイス、耐摩耗コーティング。	高温合金、セラミック、複合材料の加工。CBN ツールを使用して航空部品を加工するなど。

データサポート:

超硬合金: 世界の工具市場の約 50% を占めます。

高速度鋼: 低コストで、低価格工具市場の約 30% を占めます。

超硬質材料: ハイエンド市場、PCD/CBN ツールは航空宇宙分野で使用されています。

5. メリットとデメリットの比較

素材の種類	アドバンテージ	欠点
超硬合金	高硬度、強力な耐摩耗性。優れた耐熱性で高速切削に適しています。性能調整可能（コバルト含有量、粒度）。	靭性はハイス鋼より低く、刃先が折れやすい。コストはハイス鋼より高く、低速・高衝撃加工には適さない。
高速度鋼	高い靭性、強力な耐衝撃性。繰り返し研削が可能でコストも低い。複雑な形状の工具も容易に加工可能。	硬度と耐熱性が低く、切削速度が遅く、効率も低い。摩耗しやすいため、頻繁に交換する必要がある。
超硬材料	極めて高い硬度と長寿命。超高速・精密加工に適しています。高い化学的安定性と耐腐食性を備えています。	非常に脆く、欠けやすい。製造コストが非常に高い。鉄系金属（ダイヤモンド）の加工には適さない。

データサポート:

超硬合金: 工具寿命は高速度鋼の 510 倍です (Sandvik、2023)。

高速度鋼: コストは超硬合金の 20 ～ 30% にすぎません ()。

超硬材料: CBN 工具寿命は超硬合金の 1050 倍に達します (Wikipedia、2024)。

6. コストと経済性

素材の種類	料金	経済的
超硬合金	中（1kg あたり 50,100 ドル）。	コストパフォーマンスが高く、中高級処理に適しており、長寿命で交換頻度を低減します。
高速度鋼	低価格（1kg あたり 520 ドル）。	低コスト、小ロット処理に適していますが、メンテナンスコストが高くなります（研磨が必要）。
超硬材料	高価（1kg あたり 1,000～5,000 ドル）。	初期コストは高いが寿命が非常に長く、ハイエンドの精密加工に適しています。

7. 候補を選択

超硬合金: 中速・高速切削、一般加工(鋼、鋳鉄、ステンレス鋼)に適しており、硬度と靭性のバランスが取れており、工業生産に広く使用されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

高速度鋼：低速切削、軟質材料加工（アルミニウム、銅）、または複雑なツール（タップ、成形ツール）に適しており、予算が限られている場合に適しています。

超硬質材料： 高精度と長寿命が求められる航空宇宙部品や自動車部品などの超高速・精密加工に適しています（高温合金、セラミック、複合材料）。

例：

鋳鉄加工：超硬（YG6）工具、速度 150 m/分、寿命 23 時間。

アルミニウム合金の加工：高速度鋼（M2）ドリルビット、速度 50 m/分、低コスト。

チタン合金加工：CBN ブレード、速度 800m/分、寿命 10 時間。

結論は

超硬合金、高速度鋼、超硬合金にはそれぞれ独自の利点があり、さまざまな加工シナリオに適しています。

超硬合金/セメント炭化物：硬度、耐摩耗性が高く、中高速切削に適しており、コストパフォーマンスが高く、業界の主力です。

高速度鋼（HSS）：靭性が高く、コストが低く、低速加工や複雑な工具に適していますが、耐熱性が低いです。

超硬質材料（PCD/CBN）：硬度と寿命が非常に高く、精密・高速加工に適していますが、コストが高く、脆いという欠点があります。

切削材料（鋼、アルミニウム、セラミック）、切削速度、精度要件、予算に基づいて選択する必要があります。超硬合金は一般的な選択肢であり、高速度鋼は低コストのシナリオに適しており、超硬合金はハイエンドのニーズに適しています。

参考データ：

硬度： 超硬合金 1400～2200 HV、高速度鋼 700～850 HV、超硬材料 4000～10000 HV（ScienceDirect、2020）。

規格： ISO 3326、ASTM B886、GB/T 3849（硬質合金の磁気飽和試験）。

市場： 工具市場の約 50% を超硬合金が占め、約 10% を超硬材料が占めています（Sandvik、2023）。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

付録：

タングステンカーバイドとは何ですか？

1. タングステン鋼とは何ですか?

タングステン鋼は、タングステン（W）を主成分とする高合金鋼です。タングステン含有量は通常 3～18%（質量分率）で、炭素（C、0.5～1.5%）、クロム（Cr、1～5%）、モリブデン（Mo、0.5～5%）、バナジウム（V、0.5～2%）などの元素が添加されています。タングステン鋼は、製錬、鍛造、圧延、熱処理などの工程を経て製造される金属合金です。高硬度（HV600～1000）、優れた耐摩耗性、良好な赤外硬度（高温（≤700° C）でも硬度を維持）、高靭性（ K ₁c 20～50 MPa・m）で知られています。 ˆ(1/2)）、切削工具、金型、ナイフ、耐摩耗部品、軍事分野で広く使用されています。

タングステン鋼と超硬合金

超硬合金は、炭化タングステン（WC）などの炭化物をマトリックスとし、粉末冶金プロセスによってコバルト（Co）またはニッケル（Ni）と結合させた複合材料です。硬度は HV1000～1800 と高いですが、靭性は低くなります。タングステン鋼は均質な金属合金です。タングステンは鉄（Fe）マトリックス中に固溶体または炭化物（WC、W2C など）の形で存在します。靭性と切削性に優れ、コストは超硬合金の約 3 分の 1 です。タングステン鋼は高速度鋼（HSS）のサブカテゴリと見なされることも多いですが、タングステン含有量と性能はより広範囲にわたります。

2025 年の市場予測によると、タングステン鋼市場は約 220 億人民元に達し、合金鋼市場の 16%を占め、年平均成長率（CAGR）は約 5.2%で成長すると予想されています。主な牽引

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

要因としては、工業製造、自動車用金型、新エネルギー機器、医療用ナイフなどの需要増加が挙げられます。

2. タングステン鋼の種類と特徴

タングステン鋼は、タングステン含有量、合金元素、用途に応じて多くの種類に分けられ、それぞれが特定の性能に合わせて最適化されています。以下は主な種類とその特性を分かりやすく表にまとめたものです。

タングステン鋼タイプ	典型的な成績	主な成分	硬度（HV）	靭性（ K_{1c} 、MPa・m^（1/2））	赤硬度（°C）	耐摩耗性（ASTM G65、mm³ ）	代表的な用途
高速度タングステン鋼	T1、M2、M35	タングステン 6～12%、クロム 3～5%、バナジウム 1～2%、モリブデン 0.5～5%、炭素 0.7～1.2%	800～900	25～40 歳	≤650	20～40 歳	切削工具（フライスカッター、ドリルビットなど）
タングステン鋼の金型	D2、A2、H13	タングステン 5～10%、クロム 4～6%、モリブデン 1～3%、炭素 1～1.5%	700～850	30～50	≤600	30～50	冷間プレス金型、熱間鍛造金型
超硬タングステン鋼	PM-M4、ASP23	タングステン 9～18%、クロム 3～5%、バナジウム 1～3%、炭素 0.8～1.3%	900 ～ 1000	20～30	≤700	30 歳未満	高精度工具、複雑な金型
耐腐食性タングステン鋼	440C、医療用タングステン鋼	W 5 ～ 10%、Cr 10 ～ 15%、Ni 1 ～ 3%、C 0.5 ～ 1%	700～850	25～40 歳	≤600	30～50	医療用メス、化学機器
軍用タングステン鋼	徹甲コア合金	タングステン 10～18%、クロム 3～5%、モリブデン 1～5%、炭素 0.8～1.2%	800～950	20～35 歳	≤650	20～40 歳	徹甲弾コア、装甲パーツ
粉末冶金タングステン鋼	ASP60、ヴァナディス 4 エクストラ	タングステン 6～12%、クロム 3～5%、バナジウム 1～3%、炭素 0.7～1.2%	900 ～ 1000	25～35 歳	≤700	30 歳未満	高級切削工具、精密金型

例:
主成分: タングステン (W) とその他の主要な合金元素 (Cr、Mo、 V、C) の含有量の範囲をリストします。
性能パラメータ：硬度（ビッカース硬度 HV）、靭性（破壊靭性 K_{1c} ） 、赤硬度（高温硬度保持温度）、耐摩耗性（ASTM G65 摩耗体積）。
主な用途：切削工具、金型、ナイフ、耐摩耗部品、軍事産業。中国語の説明のみ残します。

3. タングステン鋼の化学組成と微細構造

3.1 化学組成

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

タングステン鋼の代表的な成分は次のとおりです。
タングステン（W）：3～18％、固溶体または炭化物（WC、W2C など）の形で存在し、硬度と赤硬度を向上させます。
炭素（C）：0.5～1.5％、炭化物（WC、Cr3C2）を形成し、耐摩耗性を高めます。
クロム（Cr）：1～15％、耐食性と耐酸化性を向上させます。
モリブデン（Mo）：0.5～5%、高温強度を高めます。
バナジウム（V）：0.5～2％、結晶粒を微細化（粒径 5～ 20μm ）し、靭性を向上させます。
鉄（Fe）：マトリックス、60～80%、靭性と加工性を提供します。
その他：Co、Ni（医療用タングステン鋼）は靭性と耐腐食性を向上させます。

3.2 微細構造

マトリックス：焼入れ後はマルテンサイト（硬度 HV400-600）、焼戻し後は焼戻しマルテンサイト+残留オーステナイトとなり、靭性が 10-20％向上します。
炭化物相：WC、W2C、Cr3C2 粒子（1～ 10μm ）、硬度 HV1500～2000、体積率 5～15％。
結晶構造：マルテンサイトは体心立方（BCC）、炭化物は六方晶（WC）または斜方晶（Cr3C2）の結晶系です。
特性評価：X 線回折（XRD）では WC の（111）および（200）結晶面が示され、走査型電子顕微鏡（SEM）では炭化物分布の均一性（偏析<5%）が観察されました。
微細構造は熱処理によって最適化されます。焼き入れ（850～950° C）により硬いマルテンサイトが形成され、焼き戻し（200～600° C）により応力が緩和され、炭化物の析出によりマトリックスが強化されます。

4. タングステン鋼の開発の歴史

タングステン鋼の発展は、産業革命と近代製造業と密接に関連しています。主なマイルストーンは以下の通りです。

19 世紀後半（1860 年代～1890 年代）

背景： 産業革命では耐摩耗性に優れた工具材料が必要でしたが、初期の工具鋼は硬度が十分ではありませんでした（HV200～300）。
画期的な進歩： 1868 年、英国の冶金学者ロバート マシェットは初めて鋼にタングステンを添加し、旋盤工具に使用するために、硬度が HV400 で耐摩耗性が 2 倍高い、2 ～ 3% のタングステンを含む「自己硬化鋼」（マシェット鋼）を開発しました。
制限事項：タングステン含有量が低い、赤色硬度が不十分（< 400° C）。

20 世紀初頭（1900 年代～1920 年代）

高速度鋼の誕生：1900 年にアメリカのテイラーとホワイトが、タングステン含有量 7%、硬度 HV600～ 700、赤硬度≤600° C、切削速度が 3 倍に向上した高速度鋼（T1）を開発し、タングステン鋼の基礎を築きました。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

産業用途: 1910 年代には、タングステン鋼の切削工具が自動車製造（フォード モデル T 生産ラインなど）で広く使用され、効率が 50% 向上しました。
主な出来事: 1914 年 - 1918 年、第一次世界大戦の需要によりタングステン採掘が促進され（中国、ポルトガル)、タングステンの価格が 10 ドル/kg に上昇。

20 世紀半ば（1930 年代～1960 年代）

合金の最適化: 1930 年代には、Cr、Mo、V が追加され、硬度が HV700 ～ 850、靭性が 20% 向上した M2（6% W）や D2（8% W）などのグレードが開発されました。
熱処理技術：1940 年代には、焼入れ+多段焼戻しプロセスが成熟し、内部応力が 30%減少し、金型寿命が 2 倍に延長されました。
軍事用途: 第二次世界大戦中、タングステン鋼は徹甲弾の弾芯（12% のタングステン含有）に使用され、貫通力が 30% 向上しました。
粉末冶金：1960 年代には、粉末冶金タングステン鋼（PM-M4 など）の粒径が 10μm 未満に微細化され、硬度は HV900 となり、耐摩耗性が 40%向上しました。

20 世紀後半（1970 年代～1990 年代）

コーティング技術: 1980 年代には、PVD/CVD による TiN および TiAlN コーティング（厚さ 2～5 μm）により摩擦係数が 0.4 未満に低下し、工具寿命が 3～5 倍延長されました。
超硬タングステン鋼: 1990 年代、ASP23、ASP60 などの硬度 HV950-1000 のグレードで、低価格帯の超硬合金市場に挑戦しました。

医療分野：6～8%のタングステンを含む医療用タングステン鋼は外科用メスに使用され、耐腐食性が 50%向上します。

21 世紀（2000 年代～2025 年）

ナノ強化：2010 年代には、ナノカーバイド（<0.5μm）強化タングステン鋼の硬度は HV1000 に近づき、耐摩耗性は 30% 向上しました。
グリーン製造：2020 年代には、タングステン鋼のリサイクル（リサイクル率 85% 以上）により、コストが 20% 削減され、二酸化炭素排出量が 30% 削減されます。
新たな用途：2025 年までに、新エネルギー車の金型（寿命が 40%延長）、風力発電ギア（耐摩耗性が 2 倍に向上）、地熱掘削（耐高温性＞600℃）におけるタングステン鋼の需要が急増するでしょう。
インテリジェンス: AI が熱処理パラメータを最適化（エラー <3%）し、生産効率が 25% 向上します。

5. タングステン鋼の用途

タングステン鋼は、その高い硬度、赤外硬度、そして靭性により、以下の分野で広く使用されています。具体的な用途と事例は表に示されています。

使用	代表的な製	ブランド	硬度（HV）	主要業績	代表的な用途	場合

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	品					
切削工具	フライスカッター、ドリルビット	M2	850	赤色硬度≤650° C、摩耗体積20～40 mm³	鋼およびアルミニウム合金の加工	サンドビック M2 フライスカッター、航空アルミニウム合金の加工、効率が25%向上、コストは超硬合金の 40%
金型製造	冷間プレス金型、熱間鍛造金型	D2	800	耐摩耗寿命 150 万回	自動車部品のプレス加工	株洲ダイヤモンド D2 パンチ、鋼板スタンピング、寿命 150 万回
ナイフと切削工具	メス、はさみ	440C	900	耐食性（重量損失 <0.2 mg/cm² ）	整形外科、工業用切断	愛知製鋼のメス、切断精度±0.005mm、耐食性 50%向上
耐摩耗部品	ポンプシャフト、ベアリングスリーブ	8%W を含む合金	750	摩耗 <50 mm³	海洋工学、化学機器	中国第一重工のポンプシャフト、耐摩耗寿命が 2 倍に
軍隊	徹甲コア	15%W を含む合金	900	貫通力: 600 mm 装甲	徹甲弾、装甲部品	アメリカの M829A4 コア、貫通力が 20%向上
新エネルギー	地熱ドリルビット、風力発電ギア	8%W を含む合金	850	耐高温性>600° C	地熱掘削、風力発電設備	エピロック地熱ドリルビット、効率 15%向上
医療および精密製造	歯科用ドリルビット、マイクロカッター	6%W 医療用タングステン鋼含有	850～900 年	精度±0.01 mm、耐腐食性	歯科手術、精密機械加工	株洲ダイヤモンド歯科用ドリルビット、耐摩耗性が 3 倍に向上、2024 年に EU への輸出が 25%増加

例:
用途: 切削工具、金型、切削工具、耐摩耗部品、軍事産業、新エネルギー、医療、定量データの抽出などをカバーします。
ケース: 各用途は特定のケースに対応し、パフォーマンスの改善やコストの比較などのデータをリストし、中国語の説明のみを保持します。

6. タングステン鋼と高速度鋼の類似点と相違点

タングステン鋼と高速度鋼は、組成や用途において共通点がありますが、大きな違いもあります。以下の表は、両者の類似点と相違点を比較したものです。

特性	タングステン鋼	高速度鋼（HSS）
意味	3～18%のタングステンを含む幅広い高合金鋼の幅広い用途に対応	タングステン鋼のサブカテゴリーで、6～12%のタングステンを含み、高速切削用に設計されています。
典型的な成績	D2、H13、440C、PM-M4	T1、M2、M35、M42
主な成分	タングステン 3～18%、クロム 1～15%、モリブデン 0.5～5%、バナジウム 0.5～2%、炭素 0.5	タングステン 6～12%、クロム 3～5%、モリブデン 0.5～5%、バナジウム 1～2%、炭素 0.7～

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	～1.5%	1.2%
硬度（HV）	600～1000	800～900
靭性（ K_1c 、 MPa ・m^（1/2））	20～50	25～40 歳
赤硬度(° C)	≤700	≤650
耐食性	いくつかのグレードは優れています（440C、塩水噴霧重量減少<0.2 mg/cm² など）	一般（低 Cr 含有量）
製造工程	溶解、鍛造、熱処理、粉末冶金	溶解、鍛造、熱処理
コスト（USD/kg）	10～50	15～30 歳
代表的な用途	切削工具、金型、耐摩耗部品、軍事産業、医療	切削工具（ドリル、フライスカッターなど）

例:

類似点: どちらもタングステン、Cr、Mo、V などを含む高合金鋼で、製錬と熱処理のプロセスを使用しており、切断や金型に適しています。

違い：タングステン鋼は、範囲が広く（高速度鋼、ダイス鋼などを含む）、用途も多様です。高速度鋼は高速切削に最適化されており、赤硬度と耐食性は若干劣ります。

ケース比較：

高速度鋼：M2 ドリルビット（6%W）、硬度 HV850、低炭素鋼の加工用、普通鋼の 5 倍の耐用年数。

タングステン鋼: D2 ダイス (8% W)、硬度 HV800、スタンピングステンレス鋼、寿命は最大 100 万回。

7. タングステン鋼と超硬合金の類似点と相違点

タングステン鋼と超硬合金はどちらもタングステンを主要元素として用いていますが、材料特性と用途は大きく異なります。以下の表は、両者の類似点と相違点を比較したものです。

特性	タングステン鋼	超硬合金
意味	3～18%のタングステンを含む高合金鋼、均質金属合金	炭化物系複合材料（WC 等 70～94%＋Co/Ni）
主な成分	W 3～18%、Cr 1～15%、Mo 0.5～5%、V 0.5～2%、C 0.5～1.5%、Fe ベース	WC、 TiC 、 TaC (70 ～ 94%)、Co/Ni (6 ～ 20%)
構造	マルテンサイト + 炭化物粒子（WC、Cr3C2）	炭化物粒子 + バインダー相
硬度（HV）	600～1000	1000～1800 年
靭性（ K_1c 、 MPa ・m^（1/2））	20～50	8～20
赤硬度(° C)	≤700	≤1000
耐食性	いくつかのグレードは優れています（440C、塩水噴霧重量減少<0.2 mg/cm² など）	Ni ベース（YN8 など、重量減少<0.1 mg/cm² ）
密度(g/cm³)	7.8～8.5	12～15.6

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

製造工程	溶解、鍛造、熱処理、粉末冶金	粉末冶金（混合、加圧、焼結）
コスト（USD/kg）	10～50	50～150
代表的な用途	切削工具、金型、軍事、医療、風力発電ギア	高精度工具、採掘用ビック、スプレー材

例:
類似点: どちらもタングステンを含有し、通常の鋼よりも硬度と耐摩耗性に優れているため、ナイフや耐摩耗部品に適しています。
違い: タングステン鋼は靭性が高くコストが低い金属合金であり、超硬合金は硬度は高いが脆さも高い複合材料です。
ケース比較:
タングステン鋼: M2 フライスカッター（6%W）、硬度 HV850、アルミニウム合金を加工、コストは超硬合金の 40%です。
超硬合金: YG6 ブレード（WC ベース、6%Co）、硬度 HV1500、ステンレス鋼加工、寿命はタングステン鋼の 3 倍。

8. タングステン鋼の製造工程

タングステン鋼は伝統的な冶金プロセスによって製造され、そのプロセスフローは次のとおりです。

原材料の準備:
（ FeW 、70～80%の W を含む）または純度 99.5%以上のタングステン粉末の形で添加されます。
その他の元素: Cr、Mo、V はフェロアロイの形で、C はグラファイトの形で添加されます。
混合: 真空溶解炉により組成の均一性を確保します（偏差 < 0.5%）。

製錬:
設備: 電気アーク炉または中周波誘導炉、溶融温度 1500～1600℃。
プロセス: 脱酸素および脱硫、酸素含有量を 50 ppm 未満、硫黄含有量を 0.02% 未満に制御します。

鋳造と成形:
連続鋳造: 寸法偏差が 1% 未満のインゴットを形成します。
熱間鍛造/圧延: 1000～1200℃、結晶粒度 5～20μm まで微細化、強度 15%増加。

熱処理:
焼入れ: 850～950℃、水冷/油冷、マルテンサイト形成、硬度 HV800～1000。
焼き戻し: 200～600℃、多段焼き戻し、靭性が 20%増加、内部応力が 30%減少。
焼鈍処理: 加工性を向上させるため、700～800℃（ダイス鋼の場合）

表面処理:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

浸炭・窒化処理：表面硬度が HV1000 に向上し、耐摩耗性が 30%向上します。

PVD/CVD コーティング： TiN 、 TiAlN 、 CrN （厚さ 2～5μm）、摩擦係数<0.4、寿命が 3 倍に延長。

粉末冶金タングステン鋼

プロセス：原料粉末（粒径 1～ 10μm ）→プレス→焼結（1400～1500℃）→熱間等方圧プレス（HIP）。

利点：均一な粒径（<10μm)、硬度 HV900～1000、耐摩耗性が 40% 向上します。

9. 中国、米国、国際および世界におけるタングステン鋼の規格

高合金鋼であるタングステン鋼の性能と用途は、各国および国際標準化機構によって定められた規格によって厳しく規制されています。これらの規格は、タングステン鋼の化学組成、機械的特性、熱処理工程、試験方法を規定し、製品の品質と越境貿易における一貫性を確保しています。以下では、中国、米国、国際規格（ISO）、そして世界のその他の国々（日本、欧州連合、オーストラリアなど）の観点から、タングステン鋼の関連規格を詳細に解説し、主要な規格を表で比較します。

9.1 中国規格

中国のタングステン鋼規格は、国家標準化管理局（SAC）と中国国家標準化システム（GB/T）によって策定されており、高速度鋼、ダイス鋼、特殊合金鋼を対象としています。中国は世界最大のタングステン生産国であり（2024 年には 67,000 トン、世界シェアの 83%を占める）、その規格は世界のタングステン鋼市場に大きな影響を与えています。

におけるタングステン鋼の主な規格：

GB/T 9943-2008：高速度工具鋼

T1（W18Cr4V）や M2（W6Mo5Cr4V2）などのグレードの化学組成（例：W 6～18%）、硬度（HV800～900）、熱処理プロセスが指定されています。

GB/T 1299-2014：合金工具鋼

）を備えた D2（Cr12Mo1V1、8% W 含有）などのダイス鋼をカバーします。

GB/T 20878-2007：ステンレス鋼および耐熱鋼

標準的な医療用タングステン鋼（440C、5～10%の W 含有など）には耐腐食性（塩水噴霧による重量減少<0.2 mg/cm²）が求められます。

特徴：高硬度と耐摩耗性を重視し、中国の製造業のニーズ（自動車金型、地熱掘削など）に適応しています。

輸出製品のコンプライアンスを確保するために ISO 規格（ISO 4957 など）を組み込みます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

タングステン採掘割当（2024 年に 13,582 トンの輸出割当）や輸出関税（2025 年 2 月に米国に 10%の関税）を通じてタングステン資源が制限され、世界のサプライチェーンに影響を及ぼしている。

9.2 アメリカ規格

米国のタングステン鋼規格は、主に ASTM International と AISI（米国鉄鋼協会）によって策定されており、北米および世界市場で広く使用されています。ASTM 規格は、その厳格さと国際性（140 か国以上で 12,575 件の規格が採用されている）で高く評価されています。

アメリカのタングステン鋼規格の主な基準:

ASTM A600-92a (2021): 高速度工具鋼

T1、M2 などのグレードを標準化し、W 含有量（6～18%）、硬度（HV800～900）、赤色硬度（≤650° C）を指定します。

ASTM A681-08 (2022): 合金工具鋼

D2 や H13 などの靭性($K_{1}c$ 30～ 50MPa・m)が求められる金型鋼をカバーします。ˆ(1/2))および耐摩耗性（摩耗減量<50 mm ³ ） 。

ASTM A276/A276M-23: ステンレス鋼棒および形鋼

耐食性と精度（±0.01mm）が求められる W を含んだ医療用タングステン鋼（440C など）の規格。

特徴: 製品の一貫性を確保するために、機械的性能テスト（ASTM E8 引張強度、ASTM G65 耐摩耗性など）に重点を置いています。

これは米国の連邦規制（1995 年の国家技術移転および促進法など）で頻繁に引用されており、必須規格となっています。

用途: ASTM 規格は、米国の軍事産業（M829A4 徹甲弾コアなど）や航空機製造（Sandvik M2 フライスカッターなど）で広く使用されています。

9.3 国際規格（ISO）

国際標準化機構（ISO）は、タングステン鋼の世界的な規格を策定し、国家規格を調整し、貿易と技術交流を促進しています。中国、米国、日本などは ISO の加盟国であり、中国は 1947 年から ISO の活動に参加しています。

主な基準:

ISO 4957:2018: 工具鋼、高速度鋼（T1、M2 など）およびダイス鋼（D2 など）の仕様

W 含有量（3～18％）、硬度（HV600～1000）、熱処理プロセスが指定されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ISO 683-17:2023: 熱処理鋼、合金鋼およびステンレス鋼
耐腐食性と生体適合性が求められる W を含む医療用タングステン鋼（例: 440C）をカバーします（ISO 10993 に準拠）。

ISO 513:2012: 超硬合金および高速度鋼切削工具の分類
タングステン鋼切削工具の特性（赤硬度≤700° C など）を定義します。

機能: 共通のフレームワークを提供し、各国が ISO の範囲内でローカル標準を開発できるようにします（ISO 4957 を参照する GB/T など）。
国境を越えた相互承認を重視し、2022 年に ISO と欧州標準化委員会（CEN）はタングステンカーバイド規格の適用を拡大するための技術協力協定を更新しました。
用途: ISO 規格は、切削工具（ケナメタル M2 切削工具）、金型、新エネルギー機器の世界的な製造に広く使用されています。

9.4 世界のその他の規格

他の国々（日本、欧州連合、オーストラリア、アフリカなど）のタングステン鋼規格には、地域のニーズや産業背景を反映した独自の特徴があります。

日本（JIS）
JIS G 4403:2021 :高速度工具鋼
SKH2(T1)、SKH51(M2)は、W6～18%、硬度 HV800～900 の規格が求められており、地震発生地域の切削工具に適しています。
特徴：耐衝撃性と高精度を重視。2025 年には JIS 規格 G4403 を更新し、医療用タングステン鋼規格を追加する予定です。
用途：愛知製鋼製手術用ナイフ、JIS G4404（ステンレス鋼）に適合。

欧州連合（EN）：
EN ISO 4957:2018: ISO と同期
仕様 1.2080 (D2)、1.2379 (W ダイス鋼を含む)、耐摩耗性要件（摩耗 <50 mm ³）、および CE 認証。
特徴：環境保護と耐腐食性を重視しています。EU は 2025 年に EN 10083 を改訂し、W を含む軍用鋼に関する新たな規格を追加する予定です。
アプリケーション: EN ISO 4957 に準拠した Bohler ASP60 ツール。

オーストラリア（AS/NZS）：
AS 1444:2007: 合金鋼
この規格では、鉱山機械に適した硬度 HV600～900 の W 含有工具鋼が指定されています。
特徴: ISO および ASTM を参考に、AS 1444 は 2025 年に更新され、新エネルギー ギア用のタングステン鋼規格が追加される予定です。

アフリカ：

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

SANS 50025（南アフリカ）および ISO 10721
鉱業および地熱掘削に使用する W 含有鋼を含む構造用鋼および工具鋼の仕様。
特徴：統一規格がないため、アフリカでは主に ISO が採用されています。2025 年には、アフリカ連合が地域的なタングステン鋼規格を導入する予定です。

9.5 標準比較

次の表は、中国、米国、ISO、主要国のタングステン鋼規格を比較し、グレード、構成、用途の違いを強調しています。

標準化団体	代表規格	典型的な成績	タングステン含有量（%）	硬度（HV）	主な要件	代表的な用途
中国 GB/T	GB/T 9943-2008	T1（W18Cr4V）、M2（W6Mo5Cr4V2）	6～18 歳	800～900	赤色硬度≤650° C、摩耗体積 <40 mm³	切削工具、金型
ASTM	ASTM A600-92a	T1、M2、D2	6～18 歳	800～900	靭性 K_{1c} 25－50 MPa・m^(1/2)、ASTM E8 引張強度	ナイフ、軍用
国際 ISO	ISO 4957:2018	T1、M2、D2	3～18	600～1000	熱処理プロセス、耐食性	世界の切削工具と金型
日本 JIS	JIS G4403:2021	SKH2（T1）、SKH51（M2）	6～18 歳	800～900	耐衝撃性、精度±0.01 mm	医療用ナイフおよび切断工具
EU EN	EN ISO 4957:2018	1.2080（D2）、1.2379	5～10	700～850	CE 認証、耐摩耗性<50 mm³	金型と切削工具
オーストラリア AS/NZS	AS 1444:2007	W 含有工具鋼	3～10	600～900	鉱業の耐摩耗性	鉱山機械、地熱掘削ビット

標準範囲：中国 GB/T および米国 ASTM は硬度と耐摩耗性を重視し、ISO は一般的な枠組みを提供し、日本 JIS は耐衝撃性と精度に焦点を当て、EU EN は環境認証を要求します。
相互承認：ISO 4957 は世界的なベンチマークです。GB/T 9943、ASTM A600、JIS G4403 はすべて ISO を参照しており、国境を越えた貿易における一貫性を確保しています。

9.6 標準アプリケーションと課題

応用：
中国：GB/T 9943 は Zhuzhou Diamond M2 切削工具を規制しており、EU への輸出は ISO 4957 に準拠する必要があります。
米国：ASTM A600 は Sandvik M2 フライスカッターの品質を保証し、軍事規格（MIL-STD など）ではより高い浸透性が求められます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

国際: ISO 4957 は、ケナメタルのグローバルなツール生産を調和させ、貿易障壁を削減します。
チャレンジ：
規格の違い: 各国の成分範囲（例: C 0.5～1.5%）と試験方法（ASTM E8 と ISO 6892）は完全には一致していないため、国境を越えた認証のコストが増加します。
更新の遅れ: 粉末冶金タングステン鋼（PM-M4）などの新材料の規格の開発が遅く、2025年の改訂を加速する必要があります。

10. 炭化タングステンの将来動向

超硬タングステン鋼：タングステン含有量 12～18%、硬度 HV950～1000 で、低価格帯の超硬合金に代わるものとして、市場シェアは 20%まで上昇すると予想されています。
TiSiN など）は摩擦係数が 0.3 未満で、工具寿命が 5 倍に延長されます。
グリーン製造：リサイクル率 90% 以上、カーボンフットプリントが 15 kg CO2/ kg に削減され、コストが 25% 削減されました。
インテリジェンス: AI が熱処理とコーティングのプロセスを最適化し、パラメータ誤差が 2% 未満になり、効率が 30% 向上します。
新しいアプリケーション：
新エネルギー：風力発電ギア（耐摩耗性が 2 倍に向上）、電気自動車金型（寿命が 40%延長）。
医療：マイクロタングステン鋼切削工具、精度±0.005 ㎜、需要成長率 15%/年。

地熱/深海：高温・耐腐食性タングステン鋼ドリルビット、効率が 20% 向上。

11. 炭化タングステンの限界と課題

硬度限界: HV600～1000、セメント炭化物(HV1000～1800)よりも低いため、超高負荷摩耗には適していません。
耐食性：Cr 含有量が制限されており、耐酸性（pH ‹4）は Ni 基超硬合金（YN8）ほど優れていません。
高温性能: 赤硬度≤700° C、セメント炭化物(≤1000° C)よりも低いため、高温切断が制限されます。
資源依存度: タングステン（世界の埋蔵量は 340 万トン、そのうち 70% が中国）の価格変動（1kg あたり 20～30 ドル）がコストに影響します。
加工難度：焼入れ後、硬度が高くダイヤモンド研磨が必要となり、加工コストが 20～30%を占めます。

12. 結論

タングステン鋼は高合金鋼として、高硬度、耐摩耗性、高硬度、靭性を備え、切削工具、金型、切削工具、耐摩耗部品、軍事産業、新エネルギー分野で重要な役割を果たしています。 さまざまな種類（高速タングステン鋼、金型タングステン鋼、超硬タングステン鋼など）があり、熱処理、コーティング、粉末冶金技術を通じて性能が継続的に最適化され

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ています。 高速鋼と比較して、タングステン鋼はより広く使用されています。超硬合金と比較して、タングステン鋼は靭性が高くコストが低いですが、硬度と耐高温性はわずかに劣ります。 中国、米国、ISO などの国家規格（GB / T、ASTM、ISO 4957 など）は、タングステン鋼の生産を規制し、品質と貿易の一貫性を確保しています。 将来的には、超硬タングステン鋼、グリーン製造、インテリジェントプロセスにより、高精度製造と持続可能な産業への応用が促進されるでしょう。資源依存、加工の難しさ、規格の違いなどの課題にもかかわらず、タングステン鋼は依然としてインダストリー4.0 と新エネルギーの時代の重要な材料であり続けるでしょう。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved