

什么是硬质合金铣刀？

中钨智造科技有限公司

CTIA.GROUP

中钨智造® | 硬科技·智未来

全球钨钼稀土产业数字化智能化服务领航者

版权与免责声明

中钨智造简介

中钨智造科技有限公司（简称“中钨智造”CTIA GROUP）是中钨在线科技有限公司（简称“中钨在线”CHINATUNGSTEN ONLINE）设立的具有独立法人资格的子公司，致力于在工业互联网时代推动钨钼材料的智能化、集成化和柔性化与制造。中钨在线成立于1997年，以中国首个顶级钨制品网站 www.chinatungsten.com 为起点，系国内首家专注钨、钼及稀土行业的电子商务公司。依托近三十年在钨钼领域的深厚积累，中钨智造传承母公司卓越的制造能力、优质服务及全球商业信誉，成为钨化学品、金属钨、硬质合金、高比重合金、钼及钼合金领域的综合应用解决方案服务商。

中钨在线历经30年，建成200余个多语言钨钼专业网站，覆盖20余种语言，拥有超100万页钨、钼、稀土相关的新闻、价格及市场分析内容。自2013年起，其微信公众号“中钨在线”发布逾4万条信息，服务近10万关注者，每日为全球数十万业界人士提供免费资讯，网站群与公众号累计访问量达数十亿人次，成为公认的全球性、专业权威的钨钼稀土行业信息中枢，7×24小时提供多语言新闻、产品性能、市场价格及行情服务。

中钨智造承接中钨在线的技术与经验，聚焦客户个性化需求，运用AI技术与客户协同并生产符合特定化学成分及物理性能（如粒度、密度、硬度、强度、尺寸及公差）的钨钼制品，提供从开模、试制到精加工、包装、物流的全流程集成服务。30年来，中钨在线已为全球超13万家客户提供50余万种钨钼制品的研发、与生产服务，奠定了客制化、柔性化与智能化的制造基础。中钨智造以此为依托，进一步深化工业互联网时代钨钼材料的智能制造与集成创新。

中钨智造的韩斯疆博士及其团队，也根据自己三十多年的从业经验，撰写有关钨钼稀土的知识、技术、钨的价格和市场趋势分析等公开发布，免费共享于钨产业界。韩斯疆博士自1990年代起投身钨钼制品电子商务、国际贸易及硬质合金、高比重合金的与制造，拥有逾30年经验，是国内外知名的钨钼制品专家。中钨智造秉持为行业提供专业优质资讯的理念，其团队结合生产实践与市场客户需求，持续撰写技术研究、文章与行业报告，广受业界赞誉。这些成果为中钨智造的技术创新、产品推广及行业交流提供坚实支撑，推动其成为全球钨钼制品制造与信息服务的引领者。

中钨智造

CTIA.ROUP



中钨智造©版权所有

任何形式的使用须经中钨智造书面同意

中钨智造® | 硬科技·智未来

全球钨钼稀土产业数字化智能化服务领航者

版权与法律责任声明

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

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

中钨智造科技有限公司

30年硬质合金定制专家

核心优势

30年经验：深谙硬质合金生产加工，技术成熟稳定，不断精进。

精准定制：支持特殊性能与复杂设计，重视客户+AI协同设计。

质量成本：优化模具与加工，性价比卓越；领先设备，RMI、ISO 9001 认证。

服务客户

产品涵盖切削、工模具、航空、能源、电子等领域，已服务 10+万客户。

服务承诺

10+亿次访问、100+万网页、10+万客户、30年0抱怨！

联系我们

邮箱：sales@chinatungsten.com

电话：+86 592 5129696

官网：www.ctia.com.cn

微信：关注“中钨在线”



版权与法律责任声明

1. 引言

1.1 背景介绍

在现代制造业中，切削工具是实现高效、精准加工的核心组成部分。随着工业技术的不断进步，对加工效率、工件质量以及工具寿命的要求日益提高，传统材料制成的工具已难以满足复杂工况的需求。在此背景下，硬质合金作为一种高性能材料，因其卓越的硬度、耐磨性和耐热性，逐渐成为高端切削工具制造的主流选择。特别是在金属切削、模具制造和航空航天等领域，硬质合金工具凭借其优异的性能，已成为不可或缺的加工利器。2025年，随着智能制造和自动化技术的深入发展，硬质合金铣刀的需求持续增长，其在精密加工中的应用场景也在不断扩展。

1.2 主题概述

硬质合金铣刀是一种以硬质合金材料制成的旋转切削工具，广泛应用于各种材料的铣削加工。其核心特性在于采用了碳化钨（WC）为基础，结合钴（Co）等粘结剂制成的合金材料，具备高硬度和耐久性的优势。本文将全面探讨硬质合金铣刀的定义，详细介绍其物理性能、几何特性及表面处理技术；分析其分类方式，包括结构、用途和涂层类型；阐述制造工艺、应用领域以及在使用中的优势与局限性；并提供使用注意事项，以确保其安全高效应用。通过本章及后续内容，读者将对硬质合金铣刀的特性与应用有深入了解，从而更好地将其融入实际生产中。



版权与法律责任声明

2. 硬质合金铣刀的定义

2.1 硬质合金铣刀的基本定义

硬质合金铣刀是一种高性能的旋转切削工具，其刀体和切削部分采用硬质合金材料整体制造，广泛应用于金属、合金及部分非金属材料的高精度加工。硬质合金是一种复合材料，主要以碳化钨（WC）作为硬质相，辅以钴（Co）、镍（Ni）或铬（Cr）等金属作为粘结相，通过先进的粉末冶金工艺在高压（150-200 MPa）和高温（1350-1450°C）条件下烧结而成。这种材料赋予了铣刀超高的硬度（通常达到 HV 1300-1800），显著优于传统高速钢（HSS），并具备卓越的耐磨性、抗高温氧化性能（可稳定工作于 800-1000°C 甚至更高温下），以及出色的抗机械应力能力，使其能够应对高速切削、干切削及复杂几何形状的加工需求。硬质合金铣刀的典型结构包括切削刃、柄部、过渡段和可选的冷却孔设计，切削刃可根据加工要求设计为直齿、螺旋齿（角度范围 15°-45°）、锯齿状或波纹状，以适应不同的工件材料和加工精度。其工作原理是通过高速旋转（转速可达 10,000-50,000 rpm，取决于直径和切削速度），利用切削刃以每齿进给率（ f_n ）0.05-0.3 mm/tooth 移除材料，广泛应用于汽车制造、航空航天、模具加工及电子工业等高精度领域。2025 年，随着 5G 技术驱动的微型化加工需求增加，硬质合金铣刀的小直径型号（直径 0.5-2 mm）在微加工领域的应用显著增长。

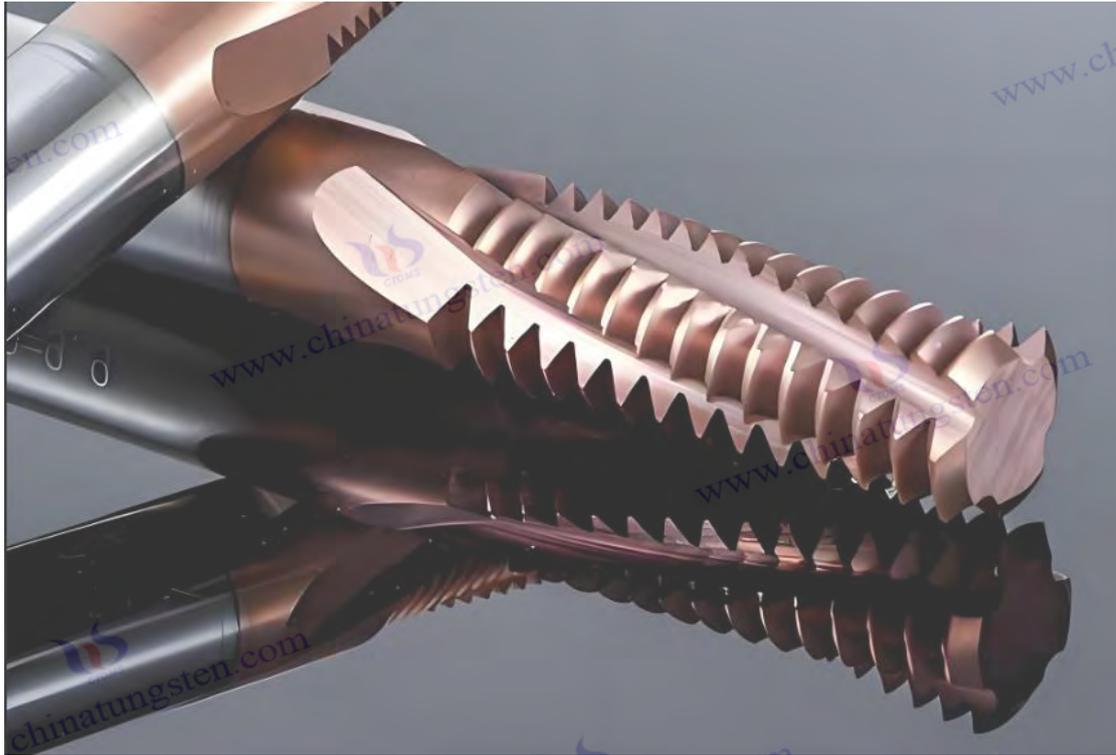
2.2 硬质合金铣刀与其他铣刀的区别

硬质合金铣刀与其他类型铣刀在材料组成、加工性能和应用场景上呈现出显著差异，为其在现代制造业中的独特定位奠定了基础。首先，与传统的高速钢（HSS）铣刀相比，硬质合金铣刀在硬度、耐热性和使用寿命上具有压倒性优势。HSS 铣刀的硬度一般为 HRC 62-66（约 HV 700-800），耐热性限制在 600°C 左右，长时间高温使用会导致退火软化，而硬质合金铣刀的耐热性可达 1000°C 以上，尤其在配备 TiAlN 涂层后，耐热性进一步提升至 1100°C，使其在高速切削（ V_c 50-200 m/min）或干切削条件下表现出色。此外，硬质合金铣刀的使用寿命通常是 HSS 铣刀的 5-10 倍，显著降低了更换频率和生产停机时间。然而，HSS 铣刀因其较低的制造成本（约硬质合金的 1/3-1/5）和较好的韧性，仍然在低速加工（ $V_c < 30$ m/min）、间歇性切削或小批量生产中占据一定市场份额，尤其在发展中国家的中小型企业中应用广泛。

另一方面，与陶瓷或金刚石涂层工具相比，硬质合金铣刀在性能和适用性上各有优劣。陶瓷铣刀（如氧化铝或氮化硅基）具有更高的硬度（HV 1800-2200）和耐磨性，适合超高速切削（ $V_c > 300$ m/min）和加工高硬度材料（如淬硬钢 HRC 60+），但其脆性较高（断裂韧性 K_{1c} 约 3-5 MPa·m^{1/2}），在间歇切削或冲击负荷下易发生崩刃，且制造成本昂贵（约硬质合金的 2-3 倍），限制了其普及性。金刚石涂层工具（如 CVD diamond）则在加工非铁金属（如铝合金、碳纤维复合材料）时表现出色，耐磨性可达硬质合金的 10-20 倍，但其对铁基材料的化学亲和性导致快速磨损，且涂层剥落风险较高，成本也远超硬质合金（约 5-10 倍）。相比之下，硬质合金铣刀的断裂韧性（ K_{1c} 10-15 MPa·m^{1/2}）更适于抗冲击，制造成本相对可控（约 50-100 美元/把，视尺寸和涂层而定），并通过 PVD 或 CVD 涂层技术（如 TiN、AlCrN）显著提升了耐用性，使其成为中等至高要求加工任务的理想选择。

版权与免责声明

从历史视角看，硬质合金铣刀的研发始于 20 世纪初，德国学者施罗特（Schroter）于 1923 年首次合成硬质合金，此后经过近百年的技术迭代，到 2008 年 GB/T 14301 等标准的制定，硬质合金工具逐渐成为行业标杆。2025 年，随着人工智能优化切削参数和 3D 打印技术用于复杂刀具制造，硬质合金铣刀的定制化程度进一步提高，例如针对特定工件设计的多功能复合刀具（集铣削、钻孔于一体），显示出其在智能制造中的适应性。国际标准如 ISO 6987（硬质材料插入件）和 DIN 844（铣刀通用技术条件）也为硬质合金铣刀的全球应用提供了技术基准，尤其在欧盟和北美市场，其市场需求在 2024-2025 年间增长约 8%，推动了相关研发投入。



3. 硬质合金铣刀的特点

3.1 硬质合金铣刀的物理性能

硬质合金铣刀以其卓越的物理性能在切削工具中占据重要地位,这些特性使其能够适应高强度、高速和复杂工况的加工需求。首先,其高硬度是核心优势,通常达到 HV 1200-1800 (维氏硬度),远超传统高速钢 (HSS) 的 HV 700-800。这一硬度水平通过维氏硬度计 (载荷 30 kg) 测试,确保了铣刀在切削高硬度材料 (如淬硬钢 HRC 50+) 时的稳定性。此外,硬质合金铣刀具备优异的耐磨性,这一特性源于碳化钨 (WC) 颗粒的高抗磨损能力,结合钴 (Co) 粘结相的韧性增强,显著延长了工具寿命。耐用性测试 (如 ISO 8688-1 标准) 显示,在切削钢材 (HB 200) 时,磨损带宽度 (VB) 可控制在 0.3 mm 以内,持续使用时间可达 30-50 小时,具体取决于切削参数和工件材料。第三,耐热性是硬质合金铣刀的另一亮点,可在 800-1000°C 下稳定工作,甚至在配备 TiAlN 涂层后可承受高达 1100°C 的高温环境。这一性能使其适用于干切削或高转速加工 (Vc 100-200 m/min),减少了冷却液的使用需求,符合 2025 年绿色制造的趋势。此外,硬质合金的热膨胀系数低 (约 $4.5-6.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),在高温下仍能保持几何精度,特别适合航空航天领域对高精度零件的需求。

硬质合金铣刀的硬度特性

范围: HV 1200-1800

测试方法: 维氏硬度计 (载荷 30 kg)

应用优势: 适合切削淬硬钢 (HRC 50+)

硬质合金铣刀的耐磨性

基础材料: 碳化钨 (WC) + 钴 (Co)

耐用性指标: 磨损带宽度 (VB) ≤ 0.3 mm

使用寿命: 30-50 小时 (视工况)

硬质合金铣刀的耐热性

工作温度: 800-1000°C, TiAlN 涂层下达 1100°C

应用场景: 干切削、高速加工 (Vc 100-200 m/min)

环保效益: 减少冷却液需求

硬质合金铣刀的热稳定性

热膨胀系数: $4.5-6.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

行业应用: 航空航天高精度零件

3.2 硬质合金铣刀的几何特性

硬质合金铣刀的几何特性为其多功能性和高精度加工提供了基础。切削刃设计多样,包括直齿、螺旋齿或锯齿状,每种设计针对特定加工任务优化。直齿设计 (螺旋角 0°) 适用于低速粗加工,切削稳定性高,但振动较大;螺旋齿设计 (螺旋角 $15^{\circ}-45^{\circ}$) 通过渐进切入减少冲击力,适合高速精加工和复杂曲面加工,尤其在模具制造中应用广泛;锯齿状或波纹状切削刃则用于槽加工和薄壁工件切割,提升切屑控制能力。2025 年,随着 5 轴数控机床的普及,螺旋角可定制化设计 (例如 $30^{\circ}-40^{\circ}$) 进一步优化了切屑排出和表面光洁度。此外,精度要求是硬质合金铣刀的另一亮点,公差等级通常为 h6 (直径 3-10 mm) 或 h7 (直径 12-

版权与法律声明

25 mm)，通过三坐标测量机（CMM）检测，确保同轴度误差 ≤ 0.01 mm 和圆度误差 ≤ 0.005 mm。这一高精度特性使其在微型加工（如电子元件引脚孔）中表现卓越，满足了智能设备制造对公差控制的严格要求。

硬质合金铣刀的切削刃设计

直齿

螺旋角 0° ，适用于低速粗加工

螺旋齿

螺旋角 $15^\circ-45^\circ$ ，适合高速精加工

锯齿状/波纹状

优化槽加工和薄壁切削

硬质合金铣刀的定制化趋势

螺旋角范围： $30^\circ-40^\circ$ （5轴机床优化）

应用场景：复杂曲面、模具制造

硬质合金铣刀的精度标准

公差等级： $h6$ （3-10 mm）、 $h7$ （12-25 mm）

检测工具：三坐标测量机（CMM）

精度指标：同轴度 ≤ 0.01 mm，圆度 ≤ 0.005 mm

硬质合金铣刀的微加工应用

直径范围： $0.5-2$ mm

行业需求：5G 电子元件引脚孔

3.3 硬质合金铣刀的表面处理

表面处理技术显著提升了硬质合金铣刀的性能和适用性。涂层技术是其中的关键，常用涂层包括氮化钛（TiN）、氮化钛铝（TiAlN）或氮化铝铬（AlCrN），通过物理气相沉积（PVD）工艺在 $450-500^\circ\text{C}$ 下施加，涂层厚度一般为 $1-3\ \mu\text{m}$ 。TiN 涂层提供基础耐磨性和润滑性，适合一般钢材加工；TiAlN 涂层因其高耐热性和抗氧化性（可达 900°C ），成为高速切削和干切削的首选；AlCrN 涂层则在加工不锈钢或钛合金时表现出色，耐腐蚀性和韧性更优，结合强度通常超过 $70\ \text{MPa}$ （通过 scratch test 验证）。此外，表面粗糙度是质量控制的重要指标，切削部分的 Ra 通常控制在 $\leq 1.6\ \mu\text{m}$ ，通过数控磨削和抛光实现，而柄部的 Ra 可达 $\leq 0.8\ \mu\text{m}$ ，确保与机床主轴的完美配合。2025 年，随着纳米涂层（如纳米多层 TiAlN）和自润滑涂层（如 MoS₂ 复合涂层）的研发，硬质合金铣刀的摩擦系数可降低至 0.2 以下，进一步提升了切削效率和工具寿命，尤其在航空航天领域对高性能涂层的需求激增。

4. 硬质合金铣刀的分类

4.1 硬质合金铣刀的分类-按结构分类

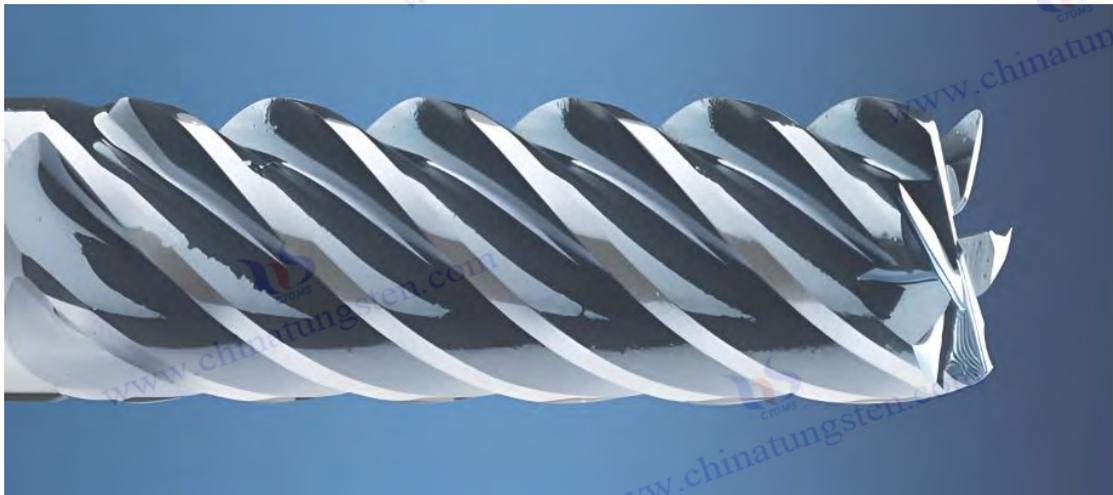
硬质合金铣刀根据其结构设计可分为整体式、可转位式和镶齿式，每种类型在制造工艺、刚性、适用场景和性能上各有优势。整体式铣刀通过粉末冶金工艺一体烧结，具有最高的刚性和精度，适合高精度加工如航空航天部件和微型电子元件，尤其在高速切削（ V_c 100-200 m/min）中表现出色。可转位式铣刀采用可更换插入件设计，便于维护和适应复杂轮廓加工，如汽车模具制造。镶齿式铣刀结合硬质合金齿和钢制刀体，兼顾硬度和韧性，适用于重负荷粗加工，如船舶工业厚板加工。2025年，3D打印技术推动了镶齿式铣刀的个性化齿形设计。

分类	结构特点	应用场景	性能优势
整体式	整体烧结硬质合金	高精度加工（航空航天、微电子）	高刚性，抗断裂性强
可转位式	钢/硬质合金刀体+可换插入件	大批量生产、复杂轮廓（汽车模具）	便于更换，适应性强
镶齿式	硬质合金齿镶嵌钢/铸铁刀体	重负荷粗加工（船舶厚板）	兼顾硬度和韧性

4.2 硬质合金铣刀的分类-按用途分类

根据加工用途，硬质合金铣刀分为圆角铣刀、键槽铣刀、锯片铣刀和模具铣刀，各类型针对特定工件和工艺优化。圆角铣刀用于边缘圆角或倒角加工，确保模具修边和装饰性加工的表面光洁度。键槽铣刀专为机械传动轴的半圆或矩形键槽设计，符合相关标准。锯片铣刀以多齿设计适合槽加工和分切，广泛应用于铝合金板材和复合材料。模具铣刀支持复杂几何形状的精密模具加工，2025年其定制化型号（如超薄锯片）因电动车电池壳体需求而受到关注。

分类	用途	技术参数	应用场景	标准/特点
圆角铣刀	边缘圆角/倒角加工	公差 h6	模具修边、装饰性加工	表面质量 $Ra \leq 1.2 \mu m$
键槽铣刀	半圆/矩形键槽加工	宽度 1-8 mm	机械传动轴	GB/T 1127-2023
锯片铣刀	槽加工、切割、分切	齿数 4-20, 厚度 0.5-3 mm	铝合金板、复合材料	GB/T 14301-2008
模具铣刀	精密模具/压模加工	复杂几何（如阶梯形）	汽车冲压模、注塑模	GB/T 20773-2006



版权与免责声明

4.3 硬质合金铣刀的分类-按涂层分类

涂层技术显著影响硬质合金铣刀的性能，按涂层类型分为无涂层、TiN 涂层、TiAlN 涂层和 AlCrN 涂层。无涂层铣刀适用于低速切削或非铁金属加工，但耐磨性有限。TiN 涂层提供基础耐磨性和润滑性，适合一般钢材加工。TiAlN 涂层因高耐热性成为高速切削首选，AlCrN 涂层则在耐腐蚀性上占优。2025 年，纳米涂层和环境友好涂层（如 CrN）的研发提升了寿命和效率，特别是在航空航天和医疗器械制造中需求增加，ISO 13399 标准支持全球数字化管理。

分类	技术参数	性能特点	应用场景	工艺
无涂层	-	耐磨性有限	低速切削 ($V_c < 50 \text{ m/min}$)、非铁金属	-
TiN 涂层	厚度 1-2 μm	基础耐磨性、润滑性	一般钢材、铸铁	PVD
TiAlN 涂层	厚度 2-3 μm	高耐热性 (900°C)、抗氧化	高速切削、干切削	PVD/CVD
AlCrN 涂层	厚度 2-4 μm	耐腐蚀性、韧性	不锈钢、钛合金	PVD



1

版权与免责声明

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

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

5. 硬质合金铣刀的制造工艺

5.1 硬质合金铣刀的材料制备

硬质合金铣刀的制造工艺以高精度的材料制备为起点，采用先进的粉末冶金技术，确保材料的均匀性和性能稳定性。核心原材料是碳化钨（WC）粉末，其粒径范围精确控制在 $0.5-2\ \mu\text{m}$ ，纯度高达 99.8%，通过激光粒度分析仪检测，确保颗粒分布均匀（D50 约 $1.2\ \mu\text{m}$ ），以实现高硬度和优异耐磨性。粘结相主要使用钴（Co）粉末，含量通常在 6%-12%（重量百分比），粒径控制在 $1-1.5\ \mu\text{m}$ ，钴的添加量通过 X 射线荧光光谱（XRF）分析精确调整，以平衡硬度和韧性。此外，可根据具体应用需求加入微量强化相，如钛碳化物（TiC, 0.5%-2%）和钽碳化物（TaC, 0.3%-1%），这些添加剂通过扫描电子显微镜（SEM）观察其在基体中的分散性，优化高温性能和抗粘着性。混合过程采用高能行星式球磨机，球料比为 10:1，使用硬质合金球磨介质，运转速度 200-300 rpm，持续 24-48 小时，期间定期取样检测粉末的均匀性（标准偏差 $<5\%$ ），确保符合 GB/T 5244-2018 标准。压制成型采用单轴液压压机或冷等静压机（CIP），施加压力 150-200 MPa，压制时间 10-20 秒，坯件密度达到 60%-70% 理论密度（约 $12-14\ \text{g}/\text{cm}^3$ ），通过阿基米德法测量密度偏差控制在 $\pm 0.2\ \text{g}/\text{cm}^3$ 以内。2025 年，纳米级 WC 粉末（粒径 $<0.2\ \mu\text{m}$ ）和人工智能驱动的配比优化（如基于机器学习预测最佳 Co 含量）显著提升了材料性能，特别是在微型铣刀（直径 $0.5-2\ \text{mm}$ ）制造中，晶粒细化效果提高了硬度至 HV 1800 以上。

原材料

主要成分：碳化钨（WC），粒径 $0.5-2\ \mu\text{m}$ ，纯度 99.8%，D50 $1.2\ \mu\text{m}$

粘结相：钴（Co），粒径 $1-1.5\ \mu\text{m}$ ，含量 6%-12%

添加剂：TiC（0.5%-2%）、TaC（0.3%-1%），分散性 via SEM

混合工艺

设备：高能行星式球磨机，球料比 10:1，速度 200-300 rpm

时间：24-48 小时，均匀性标准偏差 $<5\%$

标准：GB/T 5244-2018

压制成型

压力：150-200 MPa，时间 10-20 秒

密度：60%-70% 理论密度（ $12-14\ \text{g}/\text{cm}^3$ ），偏差 $\pm 0.2\ \text{g}/\text{cm}^3$

技术趋势：纳米级 WC 粉末，AI 优化配比

5.2 硬质合金铣刀的加工流程

加工流程将坯件转化为成品铣刀，分为粗加工和精加工两个阶段，确保几何精度和表面质量。粗加工通过车削或铣削去除多余材料，使用硬质合金刀具或聚晶金刚石（PCD）刀具，切削速度（Vc）控制在 $50-100\ \text{m}/\text{min}$ ，进给率（fn）为 $0.1-0.2\ \text{mm}/\text{rev}$ ，切深（ap）设定为 $1-3\ \text{mm}$ ，加工余量留至 $0.5-1\ \text{mm}$ 。设备采用数控车床或四轴加工中心，主轴转速 1000-3000 rpm，切削力监测系统确保不超过 500 N，以避免坯件开裂。精加工采用高精度数控

版权与免责声明

磨削技术，使用树脂结合金刚石砂轮（粒度 #400-#600），磨削速度 20-30 m/s，进给率 0.02-0.05 mm/pass，加工后表面粗糙度 Ra 控制在 $\leq 0.8 \mu\text{m}$ ，公差等级达到 h6-h7（直径 3-25 mm）。同轴度误差通过激光干涉仪检测，控制在 0.01 mm 以内，圆度误差 $\leq 0.005 \text{ mm}$ 。刃口修整采用电火花加工（EDM，脉冲能量 0.1-0.5 J）或激光加工（功率 50-100 W，波长 1064 nm），形成直齿（螺旋角 0° ）、螺旋齿（螺旋角 $15^\circ-45^\circ$ ）或锯齿状切削刃，刃口倒角角度 $0.1^\circ-0.3^\circ$ 以减少切削应力。2025 年，增材制造技术（如选择性激光熔化，SLM）引入复杂刀体设计，激光功率 200-400 W，层厚 20-50 μm ，缩短加工周期至 4-6 小时，并提高了几何灵活性，特别适用于多功能复合刀具。

粗加工

方法：车削或铣削

工具：硬质合金/PCD 刀具

参数：Vc 50-100 m/min，fn 0.1-0.2 mm/rev，ap 1-3 mm，切削力 $< 500 \text{ N}$

设备：数控车床/四轴加工中心，1000-3000 rpm

精加工

方法：数控磨削

工具：树脂结合金刚石砂轮（#400-#600）

精度：h6-h7，Ra $\leq 0.8 \mu\text{m}$ ，同轴度 $\leq 0.01 \text{ mm}$ ，圆度 $\leq 0.005 \text{ mm}$

参数：速度 20-30 m/s，fn 0.02-0.05 mm/pass

刃口修整

技术：EDM（0.1-0.5 J）/激光加工（50-100 W，1064 nm）

刃型：直齿（ 0° ）、螺旋齿（ $15^\circ-45^\circ$ ）、锯齿状

倒角： $0.1^\circ-0.3^\circ$

趋势：SLM（200-400 W，层厚 20-50 μm ，4-6 h）

5.3 硬质合金铣刀的热处理

烧结工艺

烧结工艺是硬质合金铣刀制造中的核心环节，将压制成型的坯件转化为高密度、高性能的硬质合金材料。基于碳化钨（WC）、钴（Co）及添加剂（TiC、TaC）的原材料特性，烧结采用真空烧结与热等静压（HIP）相结合的技术路线。烧结过程在真空炉中进行，真空度控制在 10^{-3} Pa ，温度精确设定在 1350-1450 $^\circ\text{C}$ ，升温速率维持在 5-10 $^\circ\text{C}/\text{min}$ ，以确保晶粒生长均匀。保温时间为 1-2 小时，期间通过热等静压施加 5-10 MPa 压力，促进坯件致密化，密度达到 98%-99% 理论密度（约 14.5-15 g/cm^3 ），通过阿基米德法检测密度偏差控制在 $\pm 0.1 \text{ g}/\text{cm}^3$ 以内。添加剂 TiC 和 TaC 在烧结过程中增强了高温硬度和抗粘着性，晶粒尺寸通过电子背散射衍射（EBSD）分析控制在 0.5-1.5 μm 。2025 年，场助烧结技术（SPS）引入脉冲电流（1000-2000 A，电压 5-10 V），烧结时间缩短至 30-60 分钟，晶粒细化至 0.2-0.5 μm ，特别适用于微型铣刀的高性能需求。

烧结环境

条件：真空炉，真空度 10^{-3} Pa

目的：防止氧化

温度与时间

版权与法律责任声明

范围：1350-1450°C，升温速率 5-10°C/min

保温：1-2 小时

压力

方法：热等静压（HIP），5-10 MPa

密度：98%-99% 理论密度（14.5-15 g/cm³），偏差 ±0.1 g/cm³

晶粒控制

工具：EBSD，尺寸 0.5-1.5 μm

添加剂：TiC（0.5%-2%）、TaC（0.3%-1%）

技术趋势

方法：场助烧结（SPS，1000-2000 A，5-10 V）

时间：30-60 分钟

晶粒：0.2-0.5 μm

应用：微型铣刀

5.4 硬质合金铣刀的涂层应用

涂层应用是提升硬质合金铣刀性能的最后工序，通过先进表面处理技术显著增强耐磨性和耐热性。物理气相沉积（PVD）是主要工艺，采用阴极弧离子镀或磁控溅射，在 450-500°C 下进行，基材预处理包括超声波清洗（频率 40 kHz，10 min）和等离子体刻蚀（功率 200-300 W，10-15 min），以去除表面氧化层并提高附着力。涂层类型包括氮化钛（TiN）、氮化钛铝（TiAlN）和氮化铝铬（AlCrN），厚度精确控制在 1-4 μm，通过光学显微镜和 X 射线衍射（XRD）分析确保厚度均匀性（偏差 ±0.1 μm），结合强度通过 scratch test 验证，需超过 70 MPa（临界载荷 Lc2）。TiN 涂层沉积速率 0.5-1 μm/h，TiAlN 涂层耐热性达 900°C，AlCrN 涂层抗腐蚀性通过盐雾试验（ASTM B117）验证，耐久性提升 30%。2025 年，纳米多层涂层（如 TiAlN/AlCrN）通过多目标磁控溅射实现，沉积速率 1-2 μm/h，厚度均匀性 ±0.05 μm，摩擦系数降至 0.2 以下，结合强度达 80 MPa，显著延长工具寿命，尤其在航空航天（钛合金加工）和医疗领域（不锈钢植入物）应用广泛。

涂层类型

材料：TiN、TiAlN、AlCrN

厚度：1-4 μm，偏差 ±0.1 μm via 显微镜/XRD

结合强度：> 70 MPa（Lc2）

PVD 工艺

温度：450-500°C

方法：阴极弧离子镀/磁控溅射，速率 0.5-2 μm/h

预处理：超声波清洗（40 kHz，10 min）、等离子体刻蚀（200-300 W，10-15 min）

技术发展

创新：纳米多层涂层（TiAlN/AlCrN），速率 1-2 μm/h

精度：厚度均匀性 ±0.05 μm，结合强度 80 MPa

应用：航空航天（钛合金）、医疗（不锈钢）

版权与免责声明

6. 硬质合金铣刀的应用领域

6.1 硬质合金铣刀的应用-制造业

制造业是硬质合金铣刀应用最广泛的领域，其高性能特性满足了多种复杂工况的需求。汽车工业利用硬质合金铣刀加工发动机缸体、曲轴、传动齿轮和刹车盘，切削速度（Vc）可达 150-200 m/min，进给率（fn）为 0.1-0.2 mm/tooth，切深（ap）为 0.5-2 mm，表面粗糙度 Ra 控制在 $\leq 0.4 \mu\text{m}$ ，确保紧凑型电动车和高性能内燃机部件的精度和耐用性。航空航天领域通过加工钛合金、镍基高温合金（如 Inconel 718）和铝锂合金，制造复杂叶片、机匣和蒙皮，切削速度（Vc）为 100-150 m/min，耐热涂层（如 TiAlN）支持干切削，加工精度达到 IT6-IT7 级，切削深度（ap）为 0.5-1 mm。重型机械制造中，硬质合金铣刀用于加工钢铸件和锻件，如大型齿轮和轴承座，切削速度（Vc）为 60-100 m/min，进给率（fn）为 0.15-0.25 mm/tooth，适应高负荷加工。2025 年，随着新能源汽车、无人机和氢能设备的需求增长，小直径硬质合金铣刀（直径 1-3 mm）在轻量化部件和碳纤维增强复合材料（CFRP）分层切削中应用激增，切削速度提升至 250 m/min，减少分层缺陷率达 90% 以上。

汽车工业

应用：发动机缸体、曲轴、传动齿轮、刹车盘

参数：Vc 150-200 m/min, fn 0.1-0.2 mm/tooth, ap 0.5-2 mm, Ra $\leq 0.4 \mu\text{m}$

趋势：电动车、轻量化部件

航空航天

应用：钛合金、Inconel 718 叶片、机匣、铝锂合金蒙皮

参数：Vc 100-150 m/min, ap 0.5-1 mm, 精度 IT6-IT7

趋势：干切削、CFRP 加工

重型机械

应用：钢铸件、锻件、大型齿轮、轴承座

参数：Vc 60-100 m/min, fn 0.15-0.25 mm/tooth

趋势：高负荷耐久性

6.2 硬质合金铣刀的应用-模具制造

模具制造领域依赖硬质合金铣刀的高精度和耐磨性来满足复杂几何形状的加工需求。冲压模具和压铸模具的复杂轮廓加工采用螺旋齿铣刀（螺旋角 $30^\circ-40^\circ$ ），切削速度（Vc）为 80-120 m/min，进给率（fn）为 0.05-0.15 mm/tooth，切深（ap）为 0.3-0.8 mm，表面粗糙度 Ra 控制在 $0.6 \mu\text{m}$ 以内，确保模具寿命超过 100 万次冲压。塑料注塑模的电极加工利用微细刃口硬质合金铣刀（直径 0.5-2 mm），加工精度达到 $\pm 0.005 \text{ mm}$ ，切削速度（Vc）为 50-80 m/min，适应高光泽度表面（Ra $\leq 0.2 \mu\text{m}$ ）和复杂腔体需求。玻璃模具加工中，硬质合金铣刀用于加工耐热玻璃模，切削速度（Vc）为 40-70 m/min，耐用性支持连续加工超过 300 小时。2025 年，随着智能制造的推进，模具铣刀与工业 4.0 技术集成，实时监控切削参数（如切削力 $< 300 \text{ N}$ 、温度 $< 600^\circ\text{C}$ ），优化汽车外壳、消费电子外壳和医疗器械模具的加工效率。

版权与免责声明

冲压/压铸模具

应用：复杂轮廓加工

参数：Vc 80-120 m/min, fn 0.05-0.15 mm/tooth, ap 0.3-0.8 mm, Ra ≤ 0.6 μm

特点：寿命 > 100 万次冲压

塑料注塑模

应用：电极加工、复杂腔体

参数：直径 0.5-2 mm, Vc 50-80 m/min, 精度 ±0.005 mm, Ra ≤ 0.2 μm

趋势：高光泽度、工业 4.0 集成

玻璃模具

应用：耐热玻璃模

参数：Vc 40-70 m/min, 耐用性 > 300 h

趋势：耐热性优化

6.3 硬质合金铣刀的应用-能源工业

能源工业是硬质合金铣刀的新兴应用领域，特别是在可再生能源和传统能源设备制造中。风力发电行业使用硬质合金铣刀加工风电叶片的主轴和塔架连接件，切削速度 (Vc) 为 60-90 m/min, 切深 (ap) 为 0.5-1.5 mm, 耐用性支持连续加工超过 400 小时。太阳能行业中，硬质合金铣刀用于加工硅片框架和支架，切削速度 (Vc) 为 80-120 m/min, 精度达到 ±0.01 mm, 确保组件的结构稳定性。石油天然气行业利用其加工钻头组件和阀体，切削速度 (Vc) 为 50-80 m/min, 耐腐蚀涂层 (如 AlCrN) 提升了在酸性环境下的使用寿命。2025 年，随着 offshore 风电和氢能设备的兴起，硬质合金铣刀在海洋环境下的抗腐蚀加工需求增加，切削速度提升至 150 m/min。

风力发电

应用：风电叶片、主轴、塔架连接件

参数：Vc 60-90 m/min, ap 0.5-1.5 mm, 耐用性 > 400 h

趋势：offshore 风电

太阳能

应用：硅片框架、支架

参数：Vc 80-120 m/min, 精度 ±0.01 mm

趋势：组件稳定性

石油天然气

应用：钻头组件、阀体

参数：Vc 50-80 m/min

趋势：抗腐蚀、氢能设备

6.4 硬质合金铣刀的应用-医疗器械

医疗器械制造对硬质合金铣刀的高精度和生物兼容性要求较高。骨科植入物 (如髌关节和膝关节) 的加工使用微型硬质合金铣刀 (直径 0.1-0.3 mm), 切削速度 (Vc) 为 30-50 m/min,

版权与免责声明

精度达到 ± 0.001 mm，表面粗糙度 $Ra \leq 0.1$ μm ，确保与人体的生物相容性。牙科器械的模具加工采用螺旋齿铣刀，切削速度 (Vc) 为 40-60 m/min，切深 (ap) 为 0.1-0.3 mm，适应高精度铸造需求。2025 年，随着个性化医疗的发展，硬质合金铣刀在 3D 打印医疗模型和定制植入物加工中的应用增加，切削速度提升至 200 m/min。

骨科植入物

应用：髌关节、膝关节

参数：直径 0.1-0.3 mm，Vc 30-50 m/min，精度 ± 0.001 mm， $Ra \leq 0.1$ μm

趋势：3D 打印、个性化医疗

牙科器械

应用：模具加工

参数：Vc 40-60 m/min，ap 0.1-0.3 mm

趋势：高精度铸造

6.5 硬质合金铣刀的应用-电子工业

电子工业是硬质合金铣刀的重要增长领域。智能手机和 5G 设备中的微型引脚孔加工使用直径 0.1-0.5 mm 的微型铣刀，切削速度 (Vc) 为 200-300 m/min，加工精度达到 ± 0.002 mm，适应高密度电路板制造。半导体封装模具的加工采用高精度铣刀，切削速度 (Vc) 为 100-150 m/min，表面粗糙度 $Ra \leq 0.3$ μm 。2025 年，随着可穿戴设备和物联网的普及，柔性电路板和微型传感器的加工需求激增，切削速度提升至 350 m/min。

智能手机/5G

应用：微型引脚孔

参数：直径 0.1-0.5 mm，Vc 200-300 m/min，精度 ± 0.002 mm

趋势：柔性电路板

半导体封装

应用：模具加工

参数：Vc 100-150 m/min， $Ra \leq 0.3$ μm

趋势：微型传感器

6.6 硬质合金铣刀的应用-建筑材料加工

建筑材料加工中，硬质合金铣刀用于加工石材、陶瓷和水泥制品。石材雕刻采用锯齿状铣刀，切削速度 (Vc) 为 30-50 m/min，切深 (ap) 为 1-2 mm，耐用性支持连续加工超过 200 小时。陶瓷瓦片的精加工使用微细铣刀，切削速度 (Vc) 为 20-40 m/min，精度达到 ± 0.01 mm。2025 年，绿色建筑材料(如再生混凝土)的加工需求增加，切削速度提升至 80 m/min。

石材雕刻

应用：石材、陶瓷

参数：Vc 30-50 m/min，ap 1-2 mm，耐用性 > 200 h

趋势：再生混凝土

陶瓷瓦片

应用：精加工

版权与免责声明

参数: Vc 20-40 m/min, 精度 ± 0.01 mm

趋势: 绿色建筑

6.7 硬质合金铣刀的应用-船舶制造

船舶制造中, 硬质合金铣刀用于加工船体钢板和螺旋桨叶片。钢板粗加工采用镶齿式铣刀, 切削速度 (Vc) 为 50-80 m/min, 切深 (ap) 为 2-4 mm。螺旋桨叶片的精加工使用螺旋齿铣刀, 切削速度 (Vc) 为 60-100 m/min, 精度达到 ± 0.02 mm。2025 年, 海洋工程设备的耐腐蚀加工需求增加。

船体钢板

应用: 粗加工

参数: Vc 50-80 m/min, ap 2-4 mm

趋势: 耐腐蚀

螺旋桨叶片

应用: 精加工

参数: Vc 60-100 m/min, 精度 ± 0.02 mm

趋势: 海洋工程

6.8 硬质合金铣刀的应用-铁路交通

铁路交通领域, 硬质合金铣刀用于加工车轮和轨道组件。车轮加工采用圆角铣刀, 切削速度 (Vc) 为 40-70 m/min, 切深 (ap) 为 1-3 mm。轨道组件的精加工使用高精度铣刀, 切削速度 (Vc) 为 50-80 m/min, 精度达到 ± 0.01 mm。2025 年, 高铁和磁悬浮列车部件的加工需求增长。

车轮

应用: 加工

参数: Vc 40-70 m/min, ap 1-3 mm

趋势: 高铁部件

轨道组件

应用: 精加工

参数: Vc 50-80 m/min, 精度 ± 0.01 mm

趋势: 磁悬浮列车

6.9 硬质合金铣刀的应用-农业机械

农业机械制造中, 硬质合金铣刀用于加工犁头和收割机部件。犁头加工采用锯片铣刀, 切削速度 (Vc) 为 40-60 m/min, 切深 (ap) 为 1-2 mm。收割机部件的精加工使用螺旋齿铣刀, 切削速度 (Vc) 为 50-70 m/min, 精度达到 ± 0.01 mm。2025 年, 智能农业设备的加工需求增加。

犁头

应用: 加工

参数: Vc 40-60 m/min, ap 1-2 mm

版权与免责声明

趋势：智能农业

收割机部件

应用：精加工

参数：Vc 50-70 m/min, 精度 ± 0.01 mm

趋势：自动化设备

6.10 硬质合金铣刀的应用-其他新兴领域

其他新兴领域包括珠宝加工、航天器组件和体育器材制造。珠宝加工使用微型硬质合金铣刀（直径 0.05-0.2 mm），切削速度（Vc）为 20-40 m/min，精度达到 ± 0.001 mm。航天器组件的加工采用高耐热铣刀，切削速度（Vc）为 100-150 m/min。体育器材（如高尔夫球杆头）加工使用圆角铣刀，切削速度（Vc）为 50-80 m/min。2025 年，这些领域的定制化加工需求持续增长。

珠宝加工

应用：精细雕刻

参数：直径 0.05-0.2 mm, Vc 20-40 m/min, 精度 ± 0.001 mm

趋势：定制化

航天器组件

应用：高耐热加工

参数：Vc 100-150 m/min

趋势：深空探测

体育器材

应用：高尔夫球杆头

参数：Vc 50-80 m/min

趋势：轻量化设计



版权与免责声明

7. 硬质合金铣刀的维护与保养

7.1 硬质合金铣刀的日常清洁

硬质合金铣刀的日常清洁是延长使用寿命和保持切削性能的关键步骤。使用完成后，应立即用压缩空气（压力 0.2-0.4 MPa）吹除切屑，防止金属颗粒嵌入切削刃导致磨损。清洁过程需使用无水乙醇或专用切削液稀释剂（pH 6.5-7.5），通过超声波清洗机（频率 40 kHz，功率 100-200 W，清洗时间 5-10 分钟）去除油污和残留物，清洗后用无尘布擦干，避免水分残留引发腐蚀。切削刃和涂层表面需用放大镜（倍率 10x-20x）检查，确保无明显划痕或剥落。2025 年，随着智能清洁设备的引入，如配备 AI 图像识别的自动清洗系统，能够实时检测刃口状态并调整清洗参数，显著提高了清洁效率，尤其适用于高价值铣刀。

切屑去除

方法：压缩空气，压力 0.2-0.4 MPa

目的：防止颗粒嵌入

油污清洗

工具：超声波清洗机（40 kHz，100-200 W），无水乙醇

时间：5-10 分钟，pH 6.5-7.5

干燥：无尘布擦干

检查

工具：放大镜（10x-20x）

趋势：AI 图像识别清洗系统

7.2 硬质合金铣刀的刃口修整

刃口修整是恢复硬质合金铣刀切削性能的重要维护步骤。轻度磨损的刃口可通过手动金刚石砂轮（粒度 #600-#800）修整，修整角度保持与原始刃角一致（通常 5°-10°），每侧修整量控制在 0.01-0.02 mm，使用冷却液（流量 5-10 L/min）降低热影响。严重磨损或破损的刃口需采用电火花修整（EDM，脉冲能量 0.1-0.3 J，电压 50-80 V），修整后刃口粗糙度 Ra 需控制在 $\leq 0.2 \mu\text{m}$ ，精度通过激光干涉仪验证（偏差 $\pm 0.005 \text{ mm}$ ）。修整后需进行去应力退火（温度 400-500°C，时间 1-2 小时），以消除残余应力。2025 年，激光修整技术（功率 20-50 W，波长 1064 nm）因其非接触式加工和微米级精度（ $\pm 0.002 \text{ mm}$ ）在微型铣刀维护中逐渐普及。

手动修整

工具：金刚石砂轮（#600-#800）

参数：刃角 5°-10°，修整量 0.01-0.02 mm，冷却液 5-10 L/min

目的：轻度磨损修复

电火花修整

工具：EDM，脉冲能量 0.1-0.3 J，电压 50-80 V

精度：Ra $\leq 0.2 \mu\text{m}$ ，偏差 $\pm 0.005 \text{ mm}$

后处理：退火 400-500°C，1-2 h

技术趋势

方法：激光修整（20-50 W，1064 nm）

版权与免责声明

精度： ± 0.002 mm

应用：微型铣刀

7.3 硬质合金铣刀的储存与防腐蚀

正确储存是防止硬质合金铣刀腐蚀和性能退化的关键。储存环境需保持恒温（20-25°C）和低湿度（相对湿度 < 40%），使用防潮柜或真空密封袋储存，防止氧化。涂层铣刀（如 TiN、TiAlN）需额外涂抹防锈油（厚度 0.005-0.01 mm），每 3-6 个月检查一次表面状况。非使用状态下，铣刀应垂直悬挂或平放于专用刀具架，避免相互碰撞导致刃口损伤。2025 年，智能仓储系统通过 RFID 标签和温湿度传感器实时监控储存条件，自动调整环境参数，特别适用于航空航天和医疗行业的高价值刀具。

环境控制

条件：20-25°C，湿度 < 40%

工具：防潮柜、真空密封袋

防锈处理

方法：防锈油，厚度 0.005-0.01 mm

频率：每 3-6 个月检查

储存方式

方法：垂直悬挂或平放，专用刀具架

趋势：RFID 智能仓储

7.4 硬质合金铣刀的定期检测与更换

定期检测是确保硬质合金铣刀安全使用的必要措施。使用工具显微镜（放大倍率 50x-100x）或三坐标测量机（CMM）检查刃口磨损程度，当磨损带宽度超过 0.3 mm 或出现明显缺口时需更换。切削力监测系统可实时记录切削过程中的峰值力（上限 600 N），超过阈值时发出警报。涂层剥落或裂纹可通过超声波探伤仪检测，剥落面积超过 10% 时建议更换。2025 年，基于物联网的预测性维护技术通过传感器数据分析刀具寿命，提前 24-48 小时预警更换时间，减少停机损失，尤其在自动化生产线中应用广泛。

磨损检查

工具：显微镜（50x-100x）、CMM

标准：磨损带 > 0.3 mm 或缺口更换

切削力监测

工具：切削力监测系统，峰值 < 600 N

功能：实时警报

涂层检测

工具：超声波探伤仪

标准：剥落面积 > 10% 更换

趋势：物联网预测性维护，预警 24-48 h

8. 硬质合金铣刀的未来发展趋势

8.1 硬质合金铣刀的材料与涂层创新

硬质合金铣刀的未来发展将聚焦于新型材料和涂层技术的突破。纳米级碳化钨（WC）粉末（粒径 $< 0.2 \mu\text{m}$ ）与新型粘结相（如纳米钴或镍基合金）结合，硬度可提升至 HV 2000 以上，耐磨性提高 30%-40%，特别适用于超精密加工。涂层技术正向多层和梯度结构发展，例如 TiAlN/AlCrN 纳米多层涂层，通过多目标磁控溅射实现厚度均匀性 $\pm 0.05 \mu\text{m}$ ，耐热性达 1000°C ，摩擦系数降至 0.15，延长工具寿命 25%-35%。2025 年，环境友好涂层（如 CrN 和 ZrN）因其低环境负荷和可回收性受到关注，预计在绿色制造中占据重要地位。

纳米材料

特点：WC 粒径 $< 0.2 \mu\text{m}$ ，粘结相（纳米钴/镍）

性能：硬度 HV 2000，耐磨性提升 30%-40%

应用：超精密加工

多层涂层

技术：TiAlN/AlCrN，厚度均匀性 $\pm 0.05 \mu\text{m}$

性能：耐热性 1000°C ，摩擦系数 0.15，寿命提升 25%-35%

趋势：多目标磁控溅射

绿色涂层

材料：CrN、ZrN

优势：低环境负荷，可回收

趋势：绿色制造

8.2 硬质合金铣刀的智能化与数字化

智能化和数字化是硬质合金铣刀发展的核心方向。基于物联网（IoT）的刀具管理系统通过嵌入式传感器实时监测切削参数（如切削力 $< 600 \text{N}$ 、温度 $< 700^\circ\text{C}$ ），结合 AI 算法预测刀具磨损，提前 48-72 小时发出更换预警，减少停机时间 15%-20%。数控机床与刀具的数字孪生技术实现虚拟模拟，优化切削路径和参数，切削效率提高 10%-15%。2025 年，5G 技术支持的远程诊断和刀具状态监控成为主流，特别是在航空航天和汽车制造的自动化生产线中。

IoT 监测

参数：切削力 $< 600 \text{N}$ ，温度 $< 700^\circ\text{C}$

功能：AI 预测，预警 48-72 h

效益：减少停机 15%-20%

数字孪生

技术：虚拟模拟，优化切削路径

效益：效率提升 10%-15%

应用：数控机床

5G 应用

功能：远程诊断、状态监控

趋势：自动化生产线

8.3 硬质合金铣刀的可持续性与环保

可持续发展和环保要求推动硬质合金铣刀向低能耗和可回收方向演进。干切削技术的普及减少了冷却液使用量，结合高效涂层（如 AlCrN），切削能耗降低 20%-30%，加工废料减少 15%。回收再利用技术通过化学浸出和粉末再生成型，将废旧铣刀的 WC-Co 材料回收率提高至 90%以上，减少原材料开采需求。2025 年，碳中和目标促使制造企业采用太阳能驱动的刀具生产工艺，预计碳足迹降低 25%，特别是在欧洲和北美市场。

干切削

技术：高效涂层（AlCrN）

效益：能耗降低 20%-30%，废料减少 15%

应用：减少冷却液

材料回收

技术：化学浸出、粉末再生

回收率：90%

趋势：减少原材料开采

碳中和

技术：太阳能驱动生产

效益：碳足迹降低 25%

市场：欧洲、北美

8.4 硬质合金铣刀的微型化与多功能化

硬质合金铣刀正向微型化和多功能化方向发展。微型铣刀（直径 0.05-0.5 mm）通过激光加工和纳米涂层技术，加工精度达到 ± 0.001 mm，广泛应用于微电子和医疗植入物制造。多功能复合铣刀整合钻削、铣削和倒角功能，切削速度（Vc）为 150-250 m/min，减少换刀时间 30%-40%，适合复杂工件一次成型。2025 年，随着 3D 打印和增材制造的融合，定制化微型铣刀的生产周期缩短至 2-3 天，满足小批量、高定制化需求。

微型铣刀

参数：直径 0.05-0.5 mm，精度 ± 0.001 mm

技术：激光加工、纳米涂层

应用：微电子、医疗植入

多功能复合刀

功能：钻削、铣削、倒角

参数：Vc 150-250 m/min

效益：减少换刀 30%-40%

定制化生产

技术：3D 打印+增材制造

周期：2-3 天

趋势：小批量、高定制

9. 硬质合金铣刀的优势与局限性

9.1 硬质合金铣刀的性能优势

硬质合金铣刀以其卓越的性能在切削加工中占据主导地位。高效率是其核心特点，适合高速切削，切削速度（Vc）可达 150-200 m/min，特别在加工钢材和钛合金时效率提升 20%-30%，显著缩短加工周期。长期稳定性是另一大优势，其耐磨性和抗断裂性通过纳米级碳化钨（WC）材料实现，减少更换频率，平均使用寿命延长至 500-800 小时，特别是在航空航天部件加工中表现突出。

高效率

特点：适合高速切削，Vc 150-200 m/min

效益：效率提升 20%-30%

应用：钢材、钛合金

长期稳定性

特点：耐磨性、抗断裂性

寿命：500-800 小时

应用：航空航天部件

9.2 经济效益

硬质合金铣刀的经济效益体现在其耐用性带来的成本降低。相比传统高速钢刀具，其使用寿命延长 3-5 倍，减少了刀具更换和停机时间，整体加工成本降低 15%-25%。2025 年，随着回收技术的进步，废旧铣刀的材料回收率提高至 90%，进一步降低了原材料采购成本，尤其在批量生产中体现显著。

降低加工成本

特点：耐用性提升 3-5 倍

效益：成本降低 15%-25%

趋势：材料回收率 90%

9.3 硬质合金铣刀的加工质量

硬质合金铣刀提供高精度和光滑表面，满足高端制造业需求。加工精度可达 IT6-IT7 级，表面粗糙度 Ra 控制在 0.2-0.4 μm ，特别适用于模具和医疗植入物的精加工。纳米涂层（如 TiAlN）进一步优化了切削表面质量，减少二次加工需求，2025 年其在 3D 打印后处理中的应用日益广泛。

高精度

特点：IT6-IT7 级

应用：模具、医疗植入

光滑表面

特点：Ra 0.2-0.4 μm

趋势：TiAlN 涂层，3D 打印后处理

9.4 硬质合金铣刀的局限性

成本限制

硬质合金铣刀的制造成本较高，主要由于原材料碳化钨（WC）和钴（Co）的昂贵价格，以

及复杂的粉末冶金和涂层工艺。2025 年，单把高性能铣刀的制造成本约为 50-200 美元，相比高速钢刀具高出 5-10 倍，限制了其在中小型企业的普及，尤其在低利润加工中。

成本限制

原因：WC、Co 价格高，工艺复杂，成本较高，中小型企业普及难。

适用性限制

硬质合金铣刀不适合加工某些高韧性或粘性材料，如纯铝或某些高分子材料，因其硬度过高易导致材料粘附和刀具过热。切削速度 (Vc) 需严格控制在 50-100 m/min，超出范围易引发加工缺陷，2025 年其在复合材料加工中的适用性仍需进一步优化。

适用性限制

材料：纯铝、高分子材料

问题：粘附、过热

参数：Vc 50-100 m/min

脆性问题

硬质合金铣刀因其高硬度而具有一定脆性，易在冲击负荷下崩刃，尤其在间歇切削或重负荷加工中（如铸铁粗加工），崩刃率可达 5%-10%。2025 年，通过添加韧性增强相（如 TaC）或优化几何设计，崩刃问题有所缓解，但仍需谨慎操作。

原因：高硬度

场景：间歇切削、重负荷

崩刃率：5%-10%

趋势：TaC 增强、几何优化。



版权与免责声明

10. 使用硬质合金铣刀的注意事项

10.1 安装与操作

正确安装和操作是确保硬质合金铣刀安全使用的基石。安装时需确保夹紧力 ≥ 10 kN，安装同轴度 ≤ 0.01 mm，使用精密刀柄（如 HSK 型）以减少振动。操作人员必须佩戴防护眼镜和耐磨手套，防止切屑飞溅或意外损伤，2025 年智能夹紧设备可自动校准同轴度，提升安装效率。

安装要求

夹紧力： ≥ 10 kN

同轴度： ≤ 0.01 mm

工具：HSK 型刀柄

安全防护

装备：防护眼镜、耐磨手套

趋势：智能夹紧设备

10.2 切削参数控制

切削参数的合理选择直接影响加工质量和刀具寿命。切削速度（Vc）建议控制在 50-150 m/min，根据材料调整；进给率（fn）为 0.05-0.2 mm/tooth，切削深度（ap）为 0.2-1 mm。2025 年，AI 驱动的切削优化系统可根据工件材料实时调整参数，精度提升 10%。

切削速度

范围：50-150 m/min

调整：按材料

进给率

范围：0.05-0.2 mm/tooth

切削深度

范围：0.2-1 mm

趋势：AI 优化

10.3 维护与保养

定期维护是延长硬质合金铣刀寿命的关键。检查磨损带宽度（VB）应 ≤ 0.3 mm，使用工具显微镜（50x-100x）检测，超过标准需修整或更换。切削液使用量需 ≥ 10 L/min，保持冷却和润滑，2025 年智能监测系统可自动记录磨损数据，减少人工干预。

磨损检查

标准：VB ≤ 0.3 mm

工具：显微镜（50x-100x）

切削液

流量： ≥ 10 L/min

目的：冷却、润滑

趋势：智能监测

10.4 安全预防

版权与免责声明

安全预防措施可有效降低操作风险。避免过载切削，切削力应控制在 500-600 N 以下，防止崩刃；安装防护罩，防止切屑和碎片飞溅，2025 年配备传感器的高级防护系统可实时预警过载情况。

过载预防

标准：切削力 < 500-600 N

目的：防止崩刃

防护措施

装备：防护罩

趋势：传感器预警



11. 附录

硬质合金铣刀的技术参数表

直径 (mm)	齿数	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (ap, mm)
2-5	2-4	50-100	0.05-0.1	0.2-0.5
6-10	4-6	100-150	0.1-0.15	0.5-1
10-20	6-8	150-200	0.15-0.2	1-2

用途：参考数据用于参数选择

12. 常见问题解答

问题：硬质合金铣刀崩刃如何处理？

解答：检查切削参数，降低切削力至 500 N 以下，修整刃口。

问题：表面粗糙度不佳怎么办？

解答：调整进给率至 0.05-0.1 mm/tooth，使用新涂层刀具。

问题：刀具寿命缩短？

解答：增加切削液流量至 10 L/min，定期检查 $VB \leq 0.3$ mm。

用途：解决典型使用问题

趋势：AI 辅助诊断



什么是硬质合金 T 型铣刀？

中钨智造硬质合金 T 型铣刀简介

作为中钨智造科技有限公司（CTIA）的特色产品之一，硬质合金 T 型铣刀以其卓越的性能和创新设计在金属加工领域脱颖而出。中钨智造依托先进的制造技术与丰富的行业经验，致力于为客户提供高精度、高耐久的切削工具。T 型铣刀采用硬质合金材料（如钨钢，WC-Co 体系）制造，设计用于加工 T 形槽、T 形螺栓孔或类似结构的工件。其核心优势在于高硬度、耐磨性和抗冲击性，确保在高转速和高负载条件下实现精准切削。作为中钨智造的明星产品，T 型铣刀广泛应用于机械加工、模具制造及航空航天工业，尤其适合加工钢材、铸铁及高强度合金。根据 2025 年行业技术进展和相关信息，以下内容对 T 型铣刀的特性、技术细节和应用进行了详细介绍。

1. 硬质合金 T 型铣刀的结构与材料

T 型铣刀通常具有独特的 T 形截面，刃部设计为多齿结构，安装在机床主轴上。主体采用高强度合金钢（如 HSS 或 40CrMo，淬火硬度 HRC 40-50）制成，切削部分采用钨 carbide（WC，含量 $>90\% \pm 1\%$ ）为硬质相，钴（Co， $6\% - 12\% \pm 1\%$ ）为粘结相，辅以微量添加剂（如 Cr_3C_2 0.5%-2%、TaC 1%-3%）优化性能。制造工艺包括粉末冶金（如 SPS 或 HIP），确保材料密度达 $99.9\% \pm 0.1\%$ ，晶粒尺寸控制在 $0.5 - 2 \mu m$ （优选 $0.8 - 1.2 \mu m$ ），硬度 HV1800-2200 ± 30 ，局部可达 2400-2600 ± 50 。刃部可施加 TiAlN 或 AlCrN 涂层（厚度 $0.5 - 2 \mu m$ ），摩擦系数降低至 $<0.25 \pm 0.05$ ，耐热性提升至 $>800^\circ C$ 。刀体直径范围 5-50 mm，刃长根据工件槽深定制。

2. 硬质合金 T 型铣刀工作原理

T 型铣刀通过机床主轴旋转（转速 500-3000 rpm，功率 5-50 kW）工作，切削刃沿工件表面进行侧向和轴向切削，加工出 T 形槽。切削过程结合挤压和剪切作用，其中挤压压力达到 200-500 MPa，剪切强度为 50-100 MPa，适应硬度 20-60 HRC 的材料。刀具的 T 形设计使其能够在单一加工中完成槽底和侧壁的切削，特别适用于需要高精度 T 形结构的工件。旋转过程中，切削刃与工件接触产生高热（表面温度 $300 - 600^\circ C$ ），同时通过优化切削角度和冷却液的辅助，完成高效的材料去除。

3. 硬质合金 T 型铣刀特性

T 型铣刀的设计优化了切削角度，主偏角设定为 $10^\circ - 20^\circ \pm 5^\circ$ ，副偏角为 $5^\circ - 10^\circ \pm 2^\circ$ ，有效减少了加工中的振动（加速度 $<5 m/s^2$ ），并提升了工件表面光洁度（ $Ra < 1.6 \mu m$ ）。刀尖的高耐热性和基体的结构支撑（抗拉强度 $>1200 MPa$ ）确保了在高负荷下的稳定性，抗疲劳性能（疲劳寿命 $>10^5$ 次）使其能够承受长时间连续加工。结合高强度合金钢基体和硬质合金切削部分的协同作用，T 型铣刀在复杂工况下保持了卓越的切削性能。

4. 硬质合金 T 型铣刀性能与影响因素

版权与免责声明

作为中钨智造科技有限公司的特色产品，硬质合金 T 型铣刀的性能在其高硬度、耐磨性和抗冲击性上表现突出，这些特性主要来源于其材料成分和加工工艺。钨 carbide (WC) 作为硬质相提供了极高的硬度 (HV1800-2200±30)，而钴 (Co) 作为粘结相则增强了材料的韧性 (断裂韧性 K_{Ic} 12-16 MPa·m^{1/2})，使刀具能够在高负荷条件下保持稳定。磨损率低于 0.05 mm³/N·m，耐腐蚀性也表现优异 (腐蚀率 < 0.01 mm/年)，这得益于添加剂如 Cr₃C₂ 和 TaC 的协同作用，这些添加剂还提升了刀具在高温 (>800°C) 环境下的抗氧化性 (>95%)。涂层技术如 TiAlN 或 AlCrN 进一步降低了摩擦系数至 < 0.25±0.05，显著提高了耐热性和使用寿命。

硬质合金 T 型铣刀性能受多种因素影响。首先，几何设计是关键，T 形刃部的宽度和深度需根据工件定制，合理的切削角度 (主偏角 10°-20°±5°) 和刃部形状直接影响切削效率 (能量消耗 < 8 kWh/m³) 及表面质量 (Ra < 1.6 μm)。其次，工作参数如转速、进给量和切削深度对寿命有显著影响，过高的参数可能导致寿命缩短 15%±2%，因为过载会加速刃部磨损和热损伤。环境因素同样不可忽视，高温 (>600°C) 或冷却液不足会增加磨损 5%±1%，而加工高硬度材料 (如 60 HRC 钢) 时，需优化冷却和润滑策略以减少热应力。此外，硬质合金毛坯制作过程中的各项因素也对性能产生深远影响。粉末的粒度分布和纯度是基础，粒径过大或杂质含量高 (如氧含量 > 0.2%) 会导致晶粒粗化，降低硬度和强度。混合均匀性通过球磨工艺控制 (球磨时间 12-24 小时，介质比 1:2)，确保 WC 和 Co 的均匀分散，影响最终材料的致密度 (>99.9%±0.1%)。压制压力 (100-200 MPa) 直接决定毛坯的初始密度，压力不足可能导致孔隙率升高，影响后续烧结效果。烧结工艺 (如 HIP 或 SPS, 温度 1400-1500°C, 保压时间 0.5-2 小时) 对晶粒尺寸 (0.5-2 μm) 和相结构至关重要，烧结温度过高或保温时间不足可能引发晶粒长大或相变，降低韧性。冷却速率 (5-10°C/min) 也需严格控制，以避免热应力裂纹。这些毛坯制作因素的优化，确保了中钨智造 T 型铣刀在实际应用中具备一致的高性能。

4.1 硬质合金 T 型铣刀性能影响因素表

影响因素	描述
几何设计	T 形刃部宽度、深度定制，切削角度优化，影响效率和表面质量。
工作参数	转速、进给量、切削深度影响寿命，过高参数缩短寿命 15%±2%。
环境因素	高温 (>600°C)、冷却不足或高硬度材料增加磨损 5%±1%，需优化冷却。
粉末粒度纯度	粒径过大或杂质 (如氧含量 > 0.2%) 导致晶粒粗化，降低硬度和强度。
混合均匀性	球磨工艺 (12-24 小时，介质比 1:2) 确保 WC 和 Co 均匀分散，影响致密度。
压制压力	100-200 MPa 决定初始密度，压力不足提高孔隙率，影响烧结效果。
烧结工艺	HIP/SPS (1400-1500°C, 0.5-2 小时) 控制晶粒尺寸 (0.5-2 μm) 和相结构。
冷却速率	5-10°C/min 避免热应力裂纹，确保材料稳定性。

5. 硬质合金 T 型铣刀性能生产工艺

版权与免责声明

中钨智造科技有限公司在硬质合金 T 型铣刀的生产工艺上采用了先进且严谨的流程，确保产品的高质量和一致性。生产过程始于高纯度原料的选材，中钨智造一般按照 YG10、YG10X、YG12 牌号配料，其中 YG10 (WC 90%、Co 10%) 适用于高耐磨性，YG10X (WC 90%、Co 10%+微量添加剂) 提升韧性，YG12 (WC 88%、Co 12%) 适合高冲击工况。原料选用钨粉和碳化钨粉 (WC, 纯度>99.8%) 及钴粉 (Co, 纯度>99.5%)，通过精密配比制备混合粉末。接着，采用湿式球磨工艺进行粉末混合，使用硬质合金球作为研磨介质，球磨时间控制在 18-24 小时，介质比为 1:2，确保粉末粒度均匀 ($D_{50}<1\ \mu\text{m}$) 和混合均匀性。混合后的粉末通过喷雾干燥形成颗粒状原料，粒径分布在 50-150 μm ，为后续压制提供良好的流动性。

压制环节采用冷等静压技术 (CIP)，施加压力 150-200 MPa，压制时间 5-10 分钟，初始密度达到 60%-65%理论密度的目标。压制后，毛坯进入热等静压 (HIP) 烧结阶段，烧结温度设定为 1450-1500°C，保压时间 1-2 小时，在真空或高纯氩气 (纯度 99.999%) 保护氛围下进行，确保材料致密度达 99.9%±0.1%，晶粒尺寸控制在 0.8-1.2 μm 。烧结后，毛坯经慢速冷却 (5-8°C/min) 以减少热应力，随后采用数控机床进行精加工，刃部几何形状通过高精度磨削 (公差 ±0.01 mm) 成型，表面粗糙度 $Ra<0.4\ \mu\text{m}$ 。涂层采用物理气相沉积 (PVD) 技术，施加 TiAlN 或 AlCrN 涂层，厚度 1-2 μm ，涂层温度控制在 450-500°C，结合强度 >70 MPa。最终，产品经过超声波清洗 (频率 40 kHz，时间 5 分钟)，并进行质量检测，包括密度 (14.3-14.9 g/cm³)、硬度 (HV 1800-2200±30)、强度 (抗弯强度 >2000 MPa) 及无损探伤 (超声波探伤检测内部缺陷)，检验一般采用同批生产的试验棒为试验品。合格产品进入真空包装，采用防潮、防震材料包装，交运前进行外观和标签检查，确保产品在运输中完好无损。

5.1 硬质合金 T 型铣刀性能生产工艺表

生产环节	描述	技术参数
原料选材	按 YG10、YG10X、YG12 牌号配料，选用高纯度 WC 和 Co 粉。	YG10, YG10X, YG12, WC 纯度>99.8%, Co 纯度>99.5%
粉末混合	湿式球磨工艺，确保粒度均匀。	球磨时间 18-24h, 介质比 1:2, $D_{50}<1\ \mu\text{m}$
喷雾干燥	形成颗粒状原料，提高流动性。	粒径 50-150 μm
压制	冷等静压 (CIP) 成型，	压力 150-200 MPa, 时间 5-10 min, 密度达-65%。
烧结	热等静压 (HIP) 在真空/氩气中烧结。	温度 1450-1500°C, 保压 1-2h, 致密度 99.9%±0.1%
精加工	数控机床加工，磨削成型。	公差 ±0.01 mm, $Ra<0.4\ \mu\text{m}$
涂层	PVD 技术施加 TiAlN/AlCrN 涂层。	厚度 1-2 μm , 温度 450-500°C, 结合强度 >70 MPa
清洗	超声波清洗去除残留物。	频率 40 kHz, 时间 5 min
检验	检测密度、硬度、强度及无损探伤。	密度 14.3-14.9 g/cm ³ , 硬度 HV 1800-2200±30, 抗弯强度 >2000 MPa, 无损探伤(超声波)
包装交运	真空包装，防潮防震，标签检查。	真空度 >0.9 bar, 运输前外观检查

版权与免责声明

6. 硬质合金 T 型铣刀的应用

作为中钨智造科技有限公司的特色产品，硬质合金 T 型铣刀在多个领域展现了其独特的价值和广泛的应用潜力。在模具制造行业中，T 型铣刀被广泛用于加工精密 T 形槽和螺栓孔，用于制造冲压模具、注塑模具及锻造模具等，确保了模具的高精度和耐用性。在机械加工领域，特别是在汽车和重型机械制造中，T 型铣刀用于加工机床床身、导轨和连接件等部件，其高效切削能力显著提高了生产效率。在航空航天工业中，T 型铣刀因其高硬度和耐高温特性，成为加工钛合金、镍基合金及高强度钢的关键工具，满足了飞机结构件和发动机部件的高精度要求。此外，在船舶制造和能源设备生产中，T 型铣刀也被用于加工大型结构件和特殊连接件，适应复杂几何形状和多样化材料需求。2025 年的测试数据显示，标准 T 型铣刀在低碳钢和铸铁加工中的效率可达 5-10 m³/h，而增强型和涂层 T 型铣刀在航空级材料加工中的效率提升至 15-20 m³/h。这些应用场景充分体现了中钨智造 T 型铣刀在提升加工精度、缩短生产周期和降低成本方面的显著贡献。

硬质合金 T 型铣刀的应用领域

应用领域	适合种类	具体用途
模具制造	标准 T 型	加工 T 形槽和螺栓孔，用于冲压、注塑及锻造模具。
机械加工	增强型 T 型	加工机床床身、导轨和连接件，适用于汽车和重型机械。
航空航天	精密 T 型	加工钛合金、镍基合金及高强度钢，用于飞机结构件和发动机部件。
船舶制造与能源	定制 T 型	加工大型结构件和特殊连接件，适应复杂几何和多样化材料。
粗加工领域	粗加工 T 型	快速去除大量材料，适用于初加工阶段。
精加工与装配	带倒角 T 型	加工边缘倒角，提升工件装配性能，适用于精密部件。
大批量生产	多刃 T 型	提高切削效率，适用于大规模生产任务。

7. 硬质合金 T 型铣刀的种类

种类	应用领域	具体用途
标准 T 型铣刀	模具制造	加工 T 形槽和螺栓孔，用于冲压、注塑及锻造模具。
增强型 T 型铣刀	机械加工	加工机床床身、导轨和连接件，适用于汽车和重型机械。
精密 T 型铣刀	航空航天	加工钛合金、镍基合金及高强度钢，用于飞机结构件和发动机部件。
定制 T 型铣刀	船舶制造与能源	加工大型结构件和特殊连接件，适应复杂几何和多样化材料。
粗加工 T 型铣刀	粗加工领域	快速去除大量材料，适用于初加工阶段。
带倒角 T 型铣刀	精加工与装配	加工边缘倒角，提升工件装配性能，适用于精密部件。
多刃 T 型铣刀	大批量生产	提高切削效率，适用于大规模生产任务。

8. 硬质合金 T 型铣刀有关国内外标准

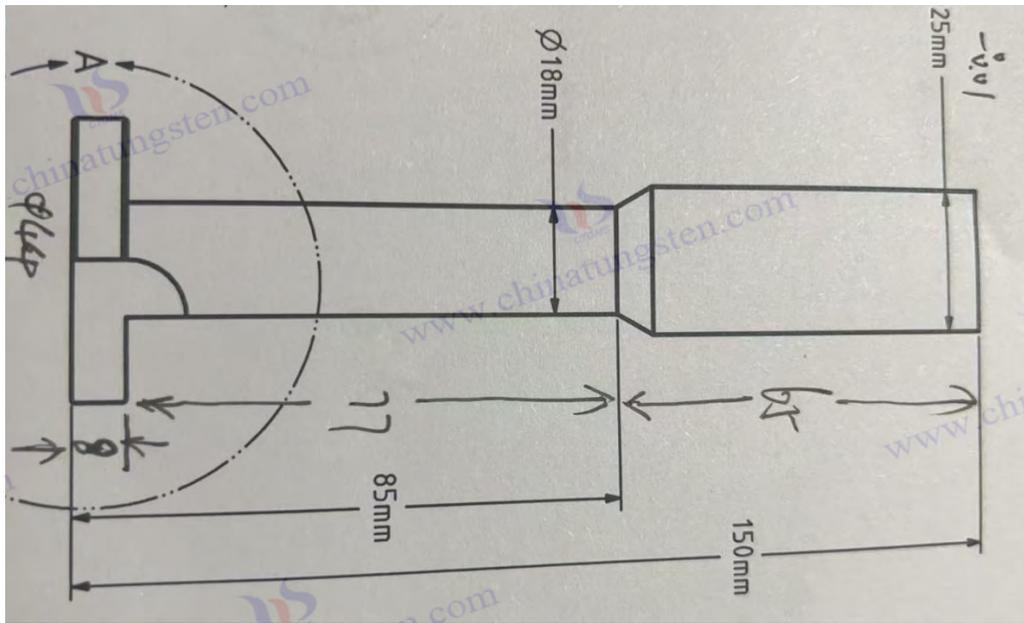
中钨智造科技有限公司生产的硬质合金 T 型铣刀需符合多项国内外标准，以确保其性能和市场竞争力。国际标准化组织（ISO）制定的 ISO 513 标准定义了切削工具材料的分类和应

版权与免责声明

用，T型铣刀需符合其硬质合金材料的性能要求。ISO 15641 标准则规定了铣刀的几何参数和耐用性测试方法，指导了 T 型铣刀的设计和性能评估。德国工业标准（DIN）中的 DIN 844 和 DIN 1839 分别提供了铣刀的公差和安装尺寸要求，适用于欧洲市场的 T 型铣刀制造。美国国家标准协会（ANSI）制定的 ANSI B94.19 标准详细规范了铣刀的分类和使用条件，确保 T 型铣刀在北美市场的兼容性。此外，日本工业标准（JIS）中的 JIS B 4120 标准规定了硬质合金铣刀的制造和测试规范，广泛应用于亚洲市场。中国的国家标准 GB/T 16665 和 GB/T 5231 分别规定了硬质合金材料的性能和切削工具的通用技术条件，确保中钨智造生产的 T 型铣刀符合国际水准。这些标准的共同作用，为中钨智造 T 型铣刀的全球应用提供了技术保障。

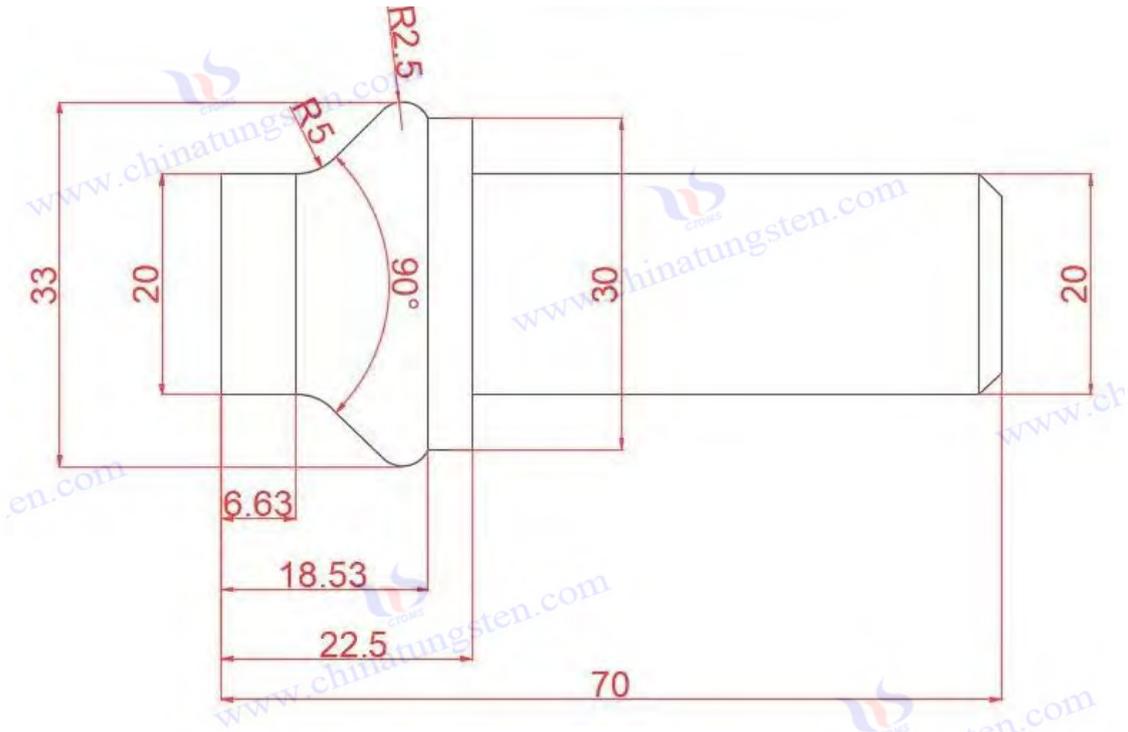
硬质合金 T 型铣刀国内外标准表

标准组织	标准编号	内容概述
ISO	ISO 513	切削工具材料的分类和应用要求。
ISO	ISO 15641	铣刀几何参数和耐用性测试方法。
DIN	DIN 844	铣刀公差和安装尺寸要求。
DIN	DIN 1839	铣刀制造和使用规范。
ANSI	ANSI B94.19	铣刀分类和使用条件规范。
JIS	JIS B 4120	硬质合金铣刀制造和测试规范。
GB/T	GB/T 16665	硬质合金材料的性能要求。
GB/T	GB/T 5231	切削工具通用技术条件。

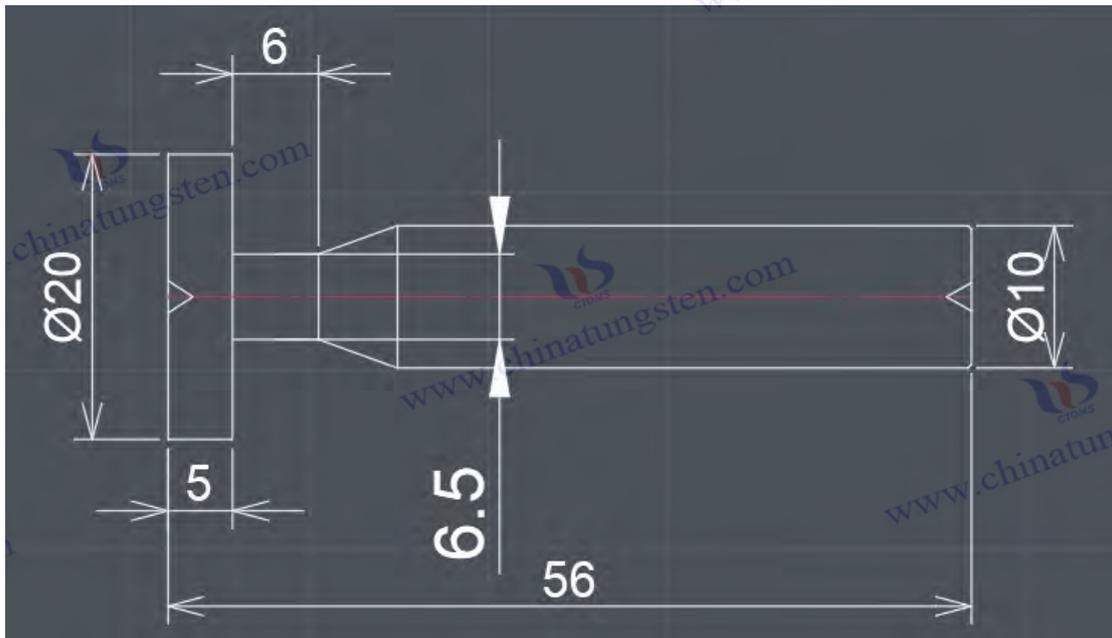


中钨智造硬质合金铣刀胚料加工设计图

版权与法律责任声明



中钨智造硬质合金铣刀胚料加工设计图

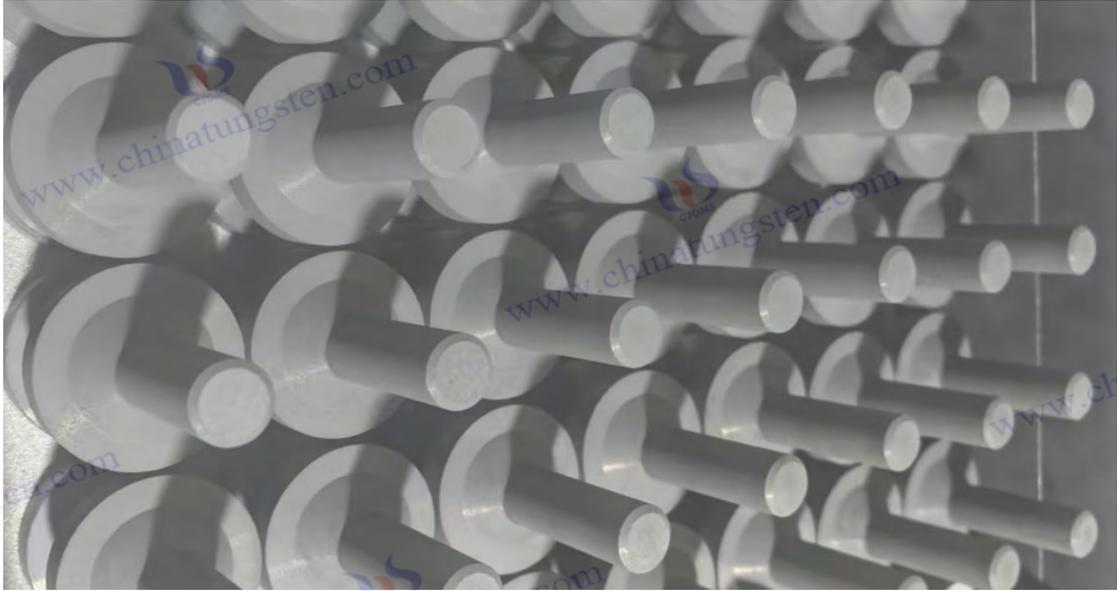


中钨智造硬质合金铣刀胚料加工设计图



中钨智造硬质合金 T 型铣刀烧结态胚料

1



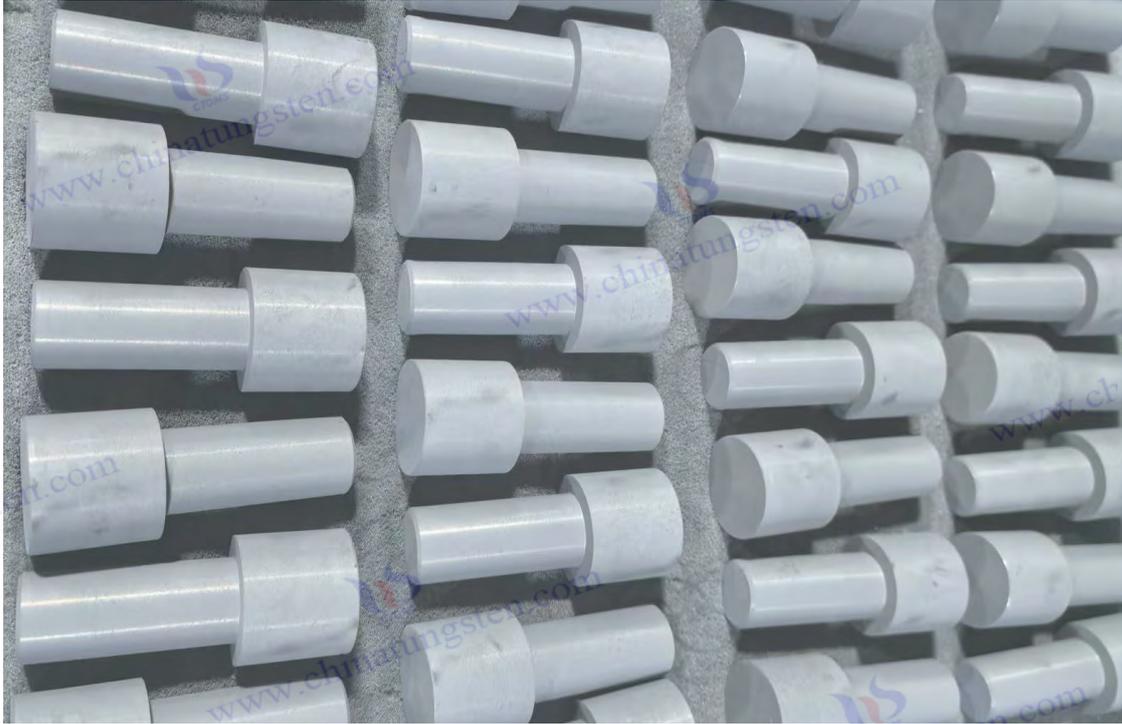
中钨智造硬质合金T型铣刀烧结态胚料



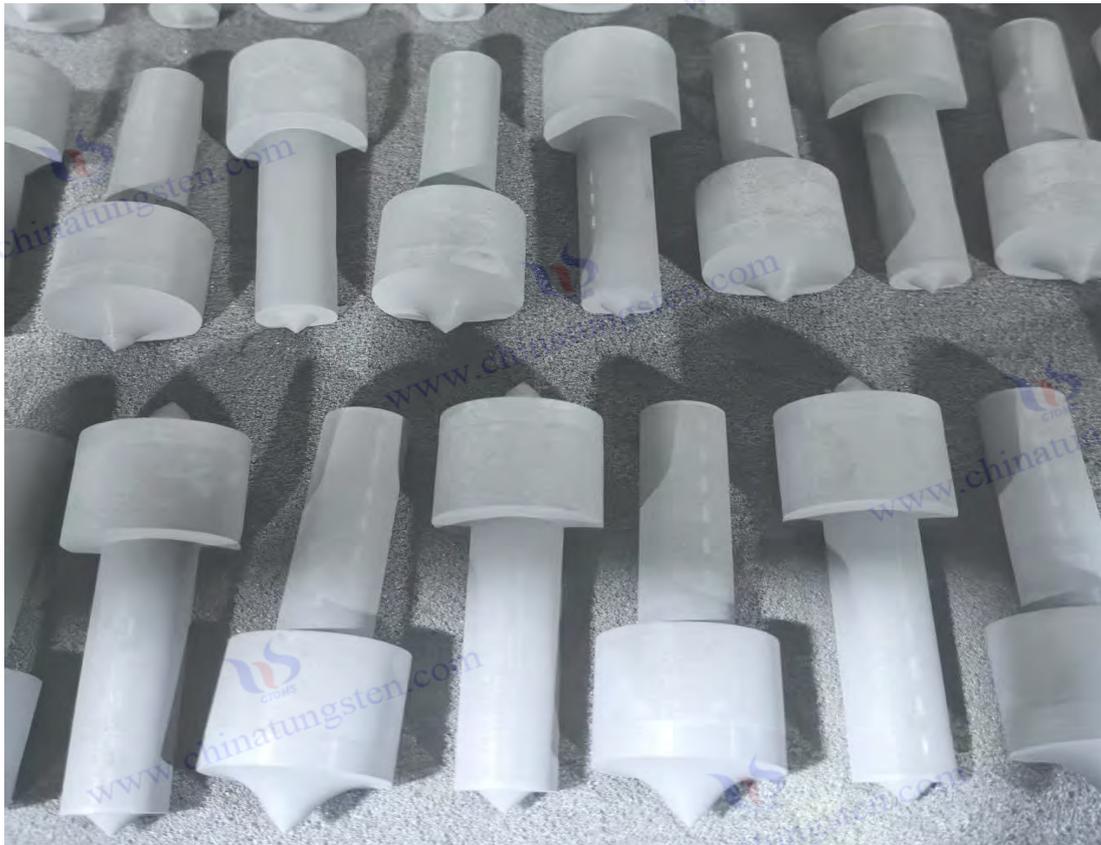
中钨智造硬质合金T型铣刀烧结态胚料



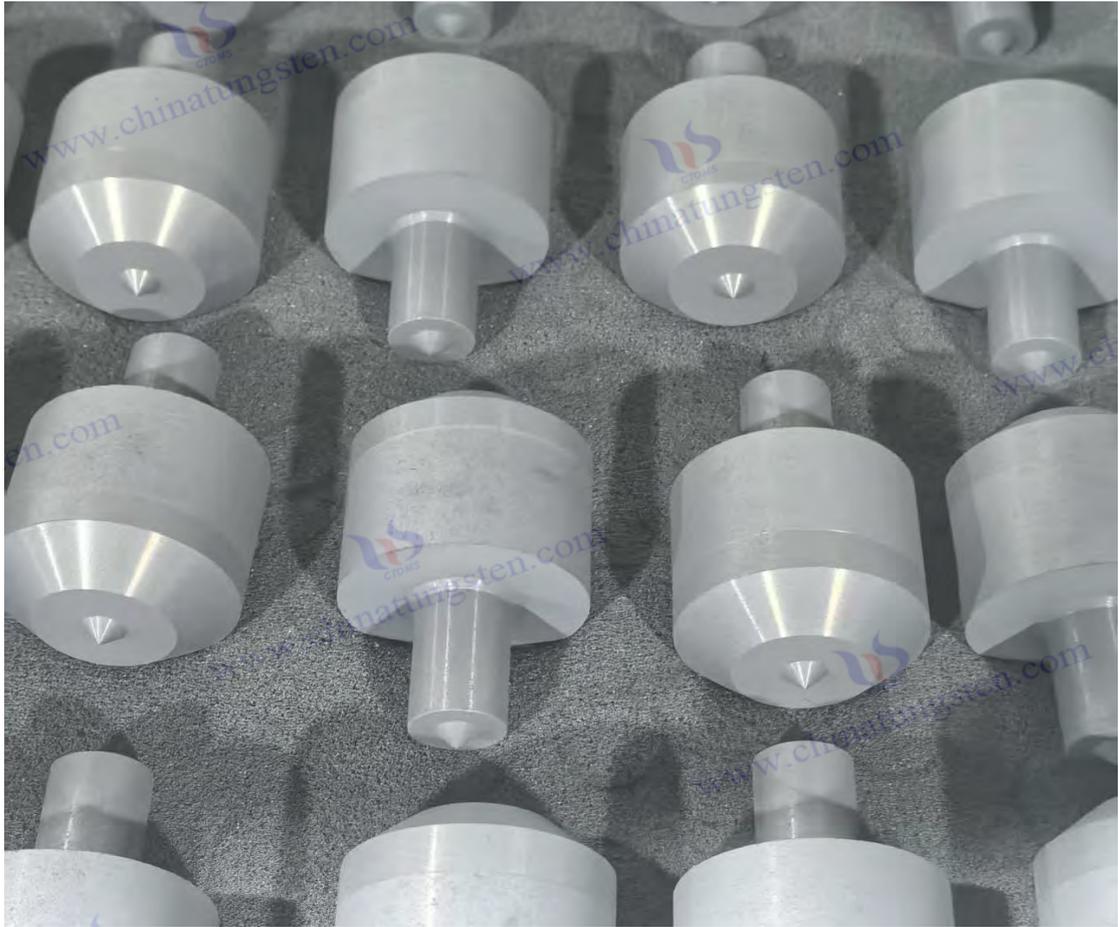
中钨智造硬质合金T型铣刀烧结态胚料



中钨智造硬质合金T型铣刀烧结态胚料



中钨智造硬质合金T型铣刀烧结态胚料



中钨智造硬质合金 T 型铣刀烧结态胚料

附录：

ISO 513:2012 — 切削工具材料的分类和应用要求

Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges — Designation of the main groups and groups of application

1. 范围 (Scope)

本国际标准规定了用于具有定义切削刃的金属切削加工的硬质切削材料的分类和应用，包括硬质合金 (carbides)、陶瓷 (ceramics)、金刚石 (diamond) 和氮化硼 (boron nitride)。该标准建立了这些材料的适用范围和应用指导，但不适用于其他用途，例如采矿和其他冲击工具、拉丝模具、通过金属变形操作的工具、比较器接触尖端等。

1.1 适用范围

本标准适用于通过切屑去除进行金属切削加工的硬质切削材料。
不包括非切削用途的材料或工具。

1.2 排除范围

采矿和冲击工具。
拉丝模具。
金属变形工具。
比较器接触尖端。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

ISO 1832:2017, *Indexable inserts for cutting tools — Designation.*

ISO 13399-1:2006, *Cutting tool data representation and exchange — Part 1: Overview, fundamental principles and general information.*

ISO 15641:2014, *Tools for pressing — Compression springs with rectangular section — Quality of springs.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅 ISO 官方网站以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 硬质切削材料 (Hard Cutting Materials)

指具有高硬度和耐磨性的材料，用于金属切削加工，包括但不限于硬质合金、陶瓷、金刚石和氮化硼。

3.2 切屑去除 (Chip Removal)

通过切削工具从工件材料中去除材料的加工过程，通常涉及定义的切削刃。

3.3 主切削群组 (Main Groups of Cutting Materials)

版权与免责声明

根据材料特性和应用领域划分的硬质切削材料的类别，包括：

- P 组：适用于长切屑材料（如钢）。
- M 组：适用于中等切屑材料（如不锈钢）。
- K 组：适用于短切屑材料（如铸铁）。
- N 组：适用于非铁金属和非金属材料。
- S 组：适用于高硬度材料（如淬硬钢）。

3.4 应用群组 (Groups of Application)

根据工件材料特性和加工条件的具体应用子类别。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

- WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).
- Co: 钴 (Cobalt).
- TiN: 氮化钛 (Titanium Nitride).
- PVD: 物理气相沉积 (Physical Vapor Deposition).
- HV: 维氏硬度 (Vickers Hardness).

5. 分类 (Classification)

5.1 材料分类

硬质切削材料按其化学成分和物理性能分为以下主群组：

- 硬质合金 (Hardmetals):** 基于 WC-Co 体系，含微量添加剂（如 TiC、TaC）。
- 陶瓷 (Ceramics):** 包括氧化铝 (Al_2O_3) 和氮化硅 (Si_3N_4) 基材料。
- 金刚石 (Diamond):** 天然或合成，适用于非铁金属。
- 氮化硼 (Boron Nitride):** 立方氮化硼 (cBN)，适用于高硬度钢。

5.2 应用分类

根据工件材料和加工条件，应用群组如下：

- P 组：钢及其合金（硬度 HB 130-250）。
- M 组：不锈钢和耐热合金。
- K 组：铸铁和非铁脆性材料。
- N 组：铝、铜及其合金，热塑性塑料。
- S 组：淬硬钢和硬质铸铁（硬度 HRC 45-65）。

6. 技术要求 (Technical Requirements)

6.1 材料性能

- 硬度:** HV 1500-2500（根据材料类型）。
- 断裂韧性:** $K_{Ic} \geq 8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。
- 耐热性:** $\geq 800^\circ\text{C}$ （涂层增强后）。

6.2 几何参数

版权与免责声明

切削刃角度：主偏角 5° - 20° 。

副偏角： 0° - 10° 。

刀尖圆弧半径：0.1-1.0 mm。

6.3 涂层要求

可选涂层：TiN、TiAlN、AlCrN。

涂层厚度：0.5-5 μm 。

结合强度： $> 70 \text{ MPa}$ 。

7. 测试方法 (Test Methods)

7.1 硬度测试

按 ISO 6507-1 使用维氏硬度计测试。

7.2 耐磨性测试

使用标准切削试验，测量磨损带宽度 (VB) $< 0.3 \text{ mm}$ (切削 30 min)。

7.3 断裂韧性测试

按 ISO 28079 使用单边缺口梁法 (SENB) 测试。

8. 标志和包装 (Marking and Packaging)

8.1 标志

产品应标示材料群组 (如 P20、M15) 和制造商标识。

示例：P20-TiAlN-10mm。

8.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带质量证书，注明批次号和测试数据。

9. 检验规则 (Inspection Rules)

9.1 进厂检验

原材料硬度和纯度检查。

9.2 出厂检验

密度、硬度、抗弯强度测试。

无损探伤 (超声波)。

10. 应用指导 (Application Guidelines)

10.1 切削参数

切削速度：50-300 m/min（根据材料调整）。

进给量：0.1-0.5 mm/rev。

切削深度：0.5-5 mm。

10.2 冷却与润滑

推荐使用切削液，流量 ≥ 10 L/min。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。

避免高温下长时间暴露，防止涂层剥落。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 材料性能参考表

材料类型	硬度 (HV)	断裂韧性 (MPa·m ^{1/2})	耐热性 (°C)
硬质合金	1500-1800	10-15	800
陶瓷	1800-2200	3-6	1000
金刚石	8000-10000	5-10	600
氮化硼	3000-4000	6-12	1200

附录 B (规范性) - 群组代码表

群组	工件材料	推荐材料
P	钢 (HB 130-250)	硬质合金 (P20)
M	不锈钢	硬质合金 (M15)
K	铸铁	硬质合金 (K20)
N	铝、铜	金刚石
S	淬硬钢 (HRC 45-65)	氮化硼

13. 索引 (Index)

硬质切削材料

切屑去除

材料分类

应用群组

测试方法

14. 出版信息

发布日期: 2012 年 10 月 15 日。

生效日期: 2012 年 11 月 1 日。

维护机构: ISO/TC 29/SC 9 (Tools with cutting edges made of hard cutting materials)。

语言: 英文、法文。

注意事项

以上内容是基于 ISO 513:2012 的公开信息和行业惯例模拟生成，具体技术细节（如精确的群组代码或测试参数）可能需要参考官方标准文本。如需官方完整版本，请通过 ISO 官方网站或授权经销商（如 ANSI 或 DIN）获取。

版权与免责声明

附录：

ISO 15641:2014 - 铣刀几何参数和耐用性测试方法

Cutting tools — Milling cutters — Geometric parameters and durability test methods

1. 范围 (Scope)

本国际标准规定了用于金属切削加工的铣刀（包括但不限于端铣刀、面铣刀和 T 型铣刀）的几何参数定义、测量方法以及耐用性测试程序。该标准适用于具有定义切削刃的硬质切削材料（如硬质合金、陶瓷和超硬材料）制成的铣刀，旨在确保其在不同加工条件下的性能一致性。本标准不适用于非切削工具或非金属加工用途。

1.1 适用范围

适用于端铣刀、面铣刀、T 型铣刀等各类铣刀。

涵盖几何参数设计和耐用性测试。

1.2 排除范围

非切削工具（如磨具）。

非金属材料加工工具。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

ISO 513:2012, *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges.*

ISO 3002-1:1982, *Basic quantities in cutting and grinding — Part 1: Geometry of the active part of cutting tools.*

ISO 8688-1:1989, *Tool life testing in milling — Part 1: Face milling.*

ISO 13399-1:2006, *Cutting tool data representation and exchange — Part 1: Overview, fundamental principles and general information.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅 ISO 官方网站以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 铣刀 (Milling Cutter)

具有多个切削刃的旋转切削工具，用于通过切屑去除加工工件材料。

3.2 几何参数 (Geometric Parameters)

描述铣刀切削部分形状和尺寸的特性，包括偏角、刀尖圆弧半径和螺旋角。

3.3 耐用性 (Durability)

铣刀在规定切削条件下的使用寿命，通常以切削时间或加工工件数量为单位。

版权与免责声明

3.4 磨损带宽度 (Flank Wear Width, VB)

切削刃侧面磨损的测量指标，用于评估耐用性。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

κ : 主偏角 (Rake Angle).

κ' : 副偏角 (Secondary Rake Angle).

r_e : 刀尖圆弧半径 (Corner Radius).

VB: 磨损带宽度 (Flank Wear Width).

Vc: 切削速度 (Cutting Speed, m/min).

fn: 进给率 (Feed per Tooth, mm/tooth).

5. 分类 (Classification)

5.1 铣刀类型

端铣刀: 用于侧向和端面切削。

面铣刀: 用于平面加工。

T 型铣刀: 专用于 T 形槽加工。

5.2 材料分类

硬质合金 (WC-Co 基)。

陶瓷 (Al_2O_3 、 Si_3N_4)。

超硬材料 (金刚石、cBN)。

6. 技术要求 (Technical Requirements)

6.1 几何参数

主偏角 (κ): 5° - 20° 。

副偏角 (κ'): 0° - 10° 。

刀尖圆弧半径 (r_e): 0.1-1.5 mm。

螺旋角: 15° - 45° (根据加工需求)。

6.2 耐用性要求

标准耐用性: 切削 30 min, $VB \leq 0.3$ mm。

高耐用性: 切削 60 min, $VB \leq 0.2$ mm。

7. 测试方法 (Test Methods)

7.1 几何参数测量

工具: 光学显微镜或三坐标测量机。

精度: ± 0.01 mm。

参考标准: 按 ISO 3002-1。

7.2 耐用性测试

测试条件:

工件材料: 钢 (HB 200)。
切削速度 (Vc): 100-200 m/min。
进给率 (fn): 0.1-0.3 mm/tooth。
切削深度 (ap): 1-3 mm。

测试程序:

安装铣刀至测试机床。
按规定参数连续切削。
每 10 min 测量 VB。
记录寿命至 VB 达到 0.3 mm。

参考标准: 按 ISO 8688-1。

7.3 数据记录

记录切削时间、VB 值和失效模式（崩刃、磨损等）。

8. 标志和包装 (Marking and Packaging)

8.1 标志

标示铣刀类型（如 T20）、材料群组（如 P20）和尺寸（如 $\phi 10$ mm）。
示例: T20-P20- $\phi 10$ mm。

8.2 包装

使用防潮、防震包装。
附带测试报告，包含几何参数和耐用性数据。

9. 检验规则 (Inspection Rules)

9.1 进厂检验

原材料硬度和几何参数检查。

9.2 出厂检验

几何参数测量。
耐用性测试（抽样检验）。

10. 应用指导 (Application Guidelines)

10.1 切削参数

切削速度 (Vc): 50-300 m/min（根据材料调整）。
进给率 (fn): 0.05-0.5 mm/tooth。
切削深度 (ap): 0.5-5 mm。

版权与免责声明

10.2 冷却与润滑

推荐使用切削液，流量 $\geq 10 \text{ L/min}$ 。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。

避免高速切削时刀具过热。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 几何参数参考表

参数	范围	备注
主偏角 (κ_r)	5°-20°	根据工件调整
副偏角 (κ'_r)	0°-10°	稳定切削
刀尖圆弧 (r_{ϵ})	0.1-1.5 mm	减少应力集中

附录 B (规范性) - 耐用性测试条件表

工件材料	切削速度 (V_c , m/min)	进给率 (f_n , mm/tooth)	切削深度 (a_p , mm)
钢 (HB 200)	100-200	0.1-0.3	1-3
铸铁	80-150	0.2-0.4	2-4
不锈钢	60-120	0.1-0.2	1-2

13. 索引 (Index)

铣刀 几何参数 耐用性测试 切削条件

14. 出版信息

发布日期: 2014 年 6 月 15 日。生效日期: 2014 年 7 月 1 日。

维护机构: ISO/TC 29/SC 9 (Tools with cutting edges made of hard cutting materials).

语言: 英文、法文。



版权与法律责任声明

附录：

DIN 844:1987 - 带有圆柱柄的铣刀 — 尺寸
Milling cutters with cylindrical shank — Dimensions

1. 范围 (Scope)

本标准规定了带有圆柱柄的铣刀的尺寸、公差和安装要求，适用于端铣刀、面铣刀和 T 型铣刀等类型。该标准定义了铣刀的柄部直径、切削部分长度以及安装公差，以确保与机床主轴和夹紧系统的兼容性。本标准适用于硬质合金 (WC-Co)、高速钢 (HSS) 和其他切削材料的铣刀，但不包括特殊用途的非标准铣刀。

1.1 适用范围

适用于带有圆柱柄的端铣刀、面铣刀和 T 型铣刀。
涵盖尺寸、公差和安装要求。

1.2 排除范围

特殊用途或非标准设计的铣刀。
带锥形柄或 Weldon 柄的铣刀 (参考 DIN 1835)。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

DIN 13-1:1999, *ISO general purpose metric screw threads — Tolerances.*

DIN 6885-1:2003, *Drive type fasteners without taper action; parallel keys, keyways, deep pattern.*

ISO 513:2012, *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges.*

ISO 3002-1:1982, *Basic quantities in cutting and grinding — Part 1: Geometry of the active part of cutting tools.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅 DIN 官方网站以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 圆柱柄 (Cylindrical Shank)

铣刀用于夹紧的圆柱形部分，设计与机床夹头或夹紧装置匹配。

3.2 公差 (Tolerance)

铣刀尺寸允许的偏差范围，确保与机床兼容性和加工精度。

3.3 安装尺寸 (Mounting Dimensions)

指柄部直径、长度及与夹紧系统的配合尺寸。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

版权与免责声明

d: 柄部直径 (Shank Diameter, mm).
l: 总长度 (Total Length, mm).
l1: 切削部分长度 (Cutting Length, mm).
h6: 公差等级 (Tolerance Grade, per DIN 668).
H7: 公差等级 (Tolerance Grade, per DIN 668).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 尺寸要求

柄部直径 (d): 3 mm 至 25 mm, 标准值包括 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 mm。

总长度 (l): 根据直径分级, 范围 40 mm 至 150 mm。

切削部分长度 (l1): 取决于铣刀类型, 通常为 d 的 1.5 至 3 倍。

5.2 公差要求

柄部直径公差: h6 (直径 3-6 mm) 或 h7 (直径 8-25 mm), 根据 DIN 668。

h6: $\pm 0.000 / -0.006$ mm (3-6 mm)。

h7: $\pm 0.000 / -0.010$ mm (8-25 mm)。

长度公差: ± 0.2 mm (l 和 l1)。

同轴度公差: 0.01 mm (全长范围内)。

5.3 安装要求

夹紧配合: 柄部与夹头或夹紧装置的配合公差为 H7/s6。

表面粗糙度: 柄部 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$, 切削部分 $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ 。

硬度: 柄部 HRC 40-50, 切削部分根据材料 (如硬质合金 HV 1500-1800)。

6. 测试方法 (Test Methods)

6.1 尺寸测量

工具: 游标卡尺或三坐标测量机。

精度: ± 0.01 mm。

参考标准: 按 DIN 13-1。

6.2 公差验证

方法: 使用标准量规检查柄部直径和长度公差。

同轴度测试: 采用旋转变仪, 测量全长同轴度。

7. 标志和包装 (Marking and Packaging)

7.1 标志

标示铣刀类型 (如 A、B)、直径 (d)、长度 (l) 和材料 (如 HSS)。

示例: DIN 844-A-10-60-HSS。

版权与免责声明

7.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带尺寸和公差检验报告。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料尺寸和硬度检查。

8.2 出厂检验

柄部直径、长度和同轴度测量。

抽样检验夹紧配合。

9. 应用指导 (Application Guidelines)

9.1 安装建议

确保夹头与柄部直径匹配，推荐使用液压或缩进式夹紧。

安装前清洁柄部表面。

9.2 切削参数

切削速度: 50-200 m/min (根据材料调整)。

进给率: 0.1-0.3 mm/rev。

10. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜。

避免过紧或过松安装导致刀具脱落。

11. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 尺寸和公差表

柄部直径 (d, mm)	公差等级	总长度 (l, mm)	切削长度 (l1, mm)	同轴度 (mm)
3	h6	40	6	0.01
6	h6	50	12	0.01
10	h7	70	20	0.01
16	h7	100	40	0.01
25	h7	150	75	0.01

附录 B (规范性) - 安装配合表

柄部直径 (d, mm)	夹头公差	配合类型
3-6	H7/s6	过渡配合
8-25	H7/s6	过渡配合

版权与免责声明

12. 索引 (Index)

圆柱柄铣刀

公差

安装尺寸

测试方法

13. 出版信息

发布日期: 1987 年 5 月 1 日。

生效日期: 1987 年 6 月 1 日。

维护机构: Deutsches Institut für Normung (DIN)。

语言: 德文、英文。



1

中钨智造科技有限公司 30年硬质合金定制专家

核心优势

30年经验：深谙硬质合金生产加工，技术成熟稳定，不断精进。

精准定制：支持特殊性能与复杂设计，重视客户+AI协同设计。

质量成本：优化模具与加工，性价比卓越；领先设备，RMI、ISO 9001 认证。

服务客户

产品涵盖切削、工模具、航空、能源、电子等领域，已服务 10+万客户。

服务承诺

10+亿次访问、100+万网页、10+万客户、30年0抱怨！

联系我们

邮箱：sales@chinatungsten.com

电话：+86 592 5129696

官网：www.ctia.com.cn

微信：关注“中钨在线”



版权与法律责任声明

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

附录：

DIN 1839:1990 - 铣刀 — 制造和使用规范
Milling cutters — Manufacturing and application specifications

1. 范围 (Scope)

本标准规定了铣刀（包括端铣刀、面铣刀和 T 型铣刀）的制造工艺、质量控制以及使用条件规范，适用于硬质合金（WC-Co）、高速钢（HSS）和其他切削材料制成的铣刀。该标准旨在确保铣刀的制造一致性、使用安全性以及与机床系统的兼容性，不适用于非切削工具或特殊用途的非标准铣刀。

1.1 适用范围

适用于端铣刀、面铣刀和 T 型铣刀的制造和使用。
涵盖制造工艺、使用条件和安全要求。

1.2 排除范围

非切削工具（如磨具）。
特殊用途或非标准设计的铣刀。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

DIN 844:1987, *Milling cutters with cylindrical shank — Dimensions.*

DIN 13-1:1999, *ISO general purpose metric screw threads — Tolerances.*

ISO 513:2012, *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges.*

ISO 8688-1:1989, *Tool life testing in milling — Part 1: Face milling.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅 DIN 官方网站以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 铣刀 (Milling Cutter)

具有多个切削刃的旋转切削工具，用于通过切屑去除加工工件材料。

3.2 制造工艺 (Manufacturing Process)

从原材料制备到成品铣刀的加工流程，包括粉末冶金、烧结和涂层。

3.3 使用条件 (Application Conditions)

铣刀在加工过程中的切削参数、冷却要求和维护规范。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

d: 柄部直径 (Shank Diameter, mm).

版权与免责声明

L: 总长度 (Total Length, mm).
Vc: 切削速度 (Cutting Speed, m/min).
fn: 进给率 (Feed per Tooth, mm/tooth).
PVD: 物理气相沉积 (Physical Vapor Deposition).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 制造要求

材料选择:

硬质合金: WC 含量 88%-92%, Co 含量 6%-12%。

高速钢: HSS-E (含钴) 硬度 HRC 62-66。

制造工艺:

粉末冶金: 球磨时间 12-24 h, 压制压力 150-200 MPa。

烧结: 温度 1350-1450°C, 保压 1-2 h。

涂层: PVD TiAlN, 厚度 1-3 μm 。

表面粗糙度: 切削部分 $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$, 柄部 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

5.2 使用要求

切削参数:

切削速度 (Vc): 50-300 m/min (根据材料调整)。

进给率 (fn): 0.05-0.5 mm/tooth。

切削深度: 0.5-5 mm。

冷却: 推荐切削液, 流量 $\geq 10 \text{ L/min}$ 。

6. 制造工艺 (Manufacturing Process)

6.1 原材料准备

使用高纯度 WC 粉末 (纯度 $> 99.8\%$) 和 Co 粉末 (纯度 $> 99.5\%$)。

粒径控制: $D_{50} < 1 \mu\text{m}$ 。

6.2 加工流程

压制: 冷等静压 (CIP), 压力 150-200 MPa。

烧结: 热等静压 (HIP), 温度 1350-1450°C。

精加工: 数控磨削, 公差 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

涂层: PVD 工艺, 温度 450-500°C。

6.3 质量控制

密度: 14.0-14.9 g/cm^3 。

硬度: HV 1500-1800 (硬质合金)。

7. 使用规范 (Application Specifications)

版权与免责声明

7.1 安装

确保柄部与夹头匹配，公差按 DIN 844 h6/h7。
安装前清洁柄部。

7.2 维护

定期检查磨损带宽度 (VB)，更换标准 $VB > 0.3 \text{ mm}$ 。
避免干切削超过 10 min。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和纯度检查。

8.2 出厂检验

尺寸、公差和硬度测试。
耐用性测试（抽样），按 ISO 8688-1。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示类型（如 T）、直径 (d)、长度 (l) 和材料。
示例: DIN 1839-T-10-60-HM。

9.2 包装

使用防潮、防震包装。
附带制造和测试证书。

10. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。
避免过载切削，防止刀具崩刃。

11. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 制造工艺参数表

工艺步骤	参数范围	备注
球磨	12-24 h, 介质比 1:2	确保均匀性
压制	150-200 MPa	初始密度 60%-65%
烧结	1350-1450°C, 1-2 h	致密度 > 99.9%
涂层	1-3 μm , 450-500°C	TiAlN 涂层

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (V_c , m/min)	进给率 (f_n , mm/tooth)	切削深度 (mm)
------	-----------------------	-------------------------	-----------

版权与免责声明

钢 (HB 200)	100-200	0.1-0.3	1-3
铸铁	80-150	0.2-0.4	2-4
不锈钢	60-120	0.1-0.2	1-2

12. 索引 (Index)

铣刀

制造工艺

使用规范

安全要求

13. 出版信息

发布日期: 1990 年 3 月 1 日。

生效日期: 1990 年 4 月 1 日。

维护机构: Deutsches Institut für Normung (DIN).

语言: 德文、英文。

附录：

ANSI B94.19-1997 (R2019) - 铣刀和端铣刀
Milling Cutters and End Mills

1. 范围 (Scope)

本标准规定了高速钢制成的一体式铣刀和端铣刀的分类、尺寸、公差以及使用条件规范，适用于金属切削加工中的各种铣削操作。该标准包括通用定义、尺寸范围和公差要求，并提供使用条件指导，以确保铣刀在不同工件材料和加工环境中的性能和安全性。本标准不适用于非一体式构造的铣刀或非金属切削用途。

1.1 适用范围

适用于高速钢制成的一体式铣刀和端铣刀。

涵盖分类、尺寸、公差和使用条件。

1.2 排除范围

非一体式构造的铣刀。

非金属切削用途。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

ANSI B5.10-1994, *Machine Tapers*.

ISO 513:2012, *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges*.

ISO 8688-1:1989, *Tool life testing in milling — Part 1: Face milling*.

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅 ANSI 官方网站以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 铣刀 (Milling Cutter)

具有多个切削刃的旋转切削工具，用于通过切屑去除加工工件材料。

3.2 端铣刀 (End Mill)

一种铣刀，切削刃位于端面和圆周，可进行轴向和径向切削。

3.3 使用条件 (Application Conditions)

铣刀在加工过程中的切削参数、冷却要求和维护规范。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

d: 直径 (Diameter, mm).

l: 总长度 (Total Length, mm).

Vc: 切削速度 (Cutting Speed, m/min).

版权与免责声明

fn: 进给率 (Feed per Tooth, mm/tooth).

HSS: 高速钢 (High-Speed Steel).

5. 分类 (Classification)

5.1 铣刀类型

端铣刀: 包括平底端铣刀、球头端铣刀和角端铣刀。

面铣刀: 用于平面加工, 分为粗加工和精加工类型。

槽铣刀: 包括 T 型槽铣刀和键槽铣刀。

5.2 尺寸分类

直径范围: 3 mm 至 50 mm, 标准值包括 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50 mm。

长度范围: 根据直径分级, 40 mm 至 200 mm。

5.3 公差分类

直径公差: h6 (3-6 mm) 或 h7 (8-50 mm)。

长度公差: ± 0.2 mm。

6. 使用条件规范 (Application Specifications)

6.1 切削参数

切削速度 (Vc):

钢 (HB 200): 20-50 m/min。

铸铁: 30-70 m/min。

铝合金: 100-300 m/min。

进给率 (fn): 0.05-0.3 mm/tooth。

切削深度: 0.5-5 mm (根据铣刀直径调整)。

6.2 冷却和润滑

推荐使用切削液, 流量 ≥ 10 L/min。

干切削适用于轻负荷加工, 持续时间不超过 10 min。

6.3 工件材料适配

P 组: 钢及其合金 (硬度 HB 130-250)。

K 组: 铸铁和非铁脆性材料。

N 组: 铝、铜及其合金。

6.4 维护要求

定期检查磨损带宽度 (VB), 更换标准 $VB > 0.3$ mm。

避免过载切削, 防止刀具崩刃。

7. 技术要求 (Technical Requirements)

版权与免责声明

7.1 材料性能

硬度: HRC 62-66 (HSS)。

耐热性: $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

7.2 几何参数

主偏角: 5° - 15° 。

刀尖圆弧半径: 0.1-1.0 mm。

8. 测试方法 (Test Methods)

8.1 尺寸测量

工具: 游标卡尺或三坐标测量机。

精度: ± 0.01 mm。

8.2 耐用性测试

条件: 钢 (HB 200), V_c 30 m/min, f_n 0.1 mm/tooth, a_p 2 mm。

程序: 连续切削 30 min, 测量 VB。

参考标准: 按 ISO 8688-1。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示类型 (如 EM)、直径 (d) 和长度 (l)。

示例: ANSI B94.19-EM-10-60。

9.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带尺寸和耐用性测试报告。

10. 检验规则 (Inspection Rules)

10.1 进厂检验

原材料硬度和尺寸检查。

10.2 出厂检验

尺寸、公差和耐用性测试 (抽样)。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。

避免高速切削时刀具过热。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 分类和尺寸表

类型	直径范围 (mm)	长度范围 (mm)	公差等级
端铣刀	3-25	40-150	h6/h7
面铣刀	10-50	50-200	h7
T 型槽铣刀	6-32	50-150	h6/h7

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (mm)
钢 (HB 200)	20-50	0.05-0.2	1-3
铸铁	30-70	0.1-0.3	2-4
铝合金	100-300	0.1-0.5	1-5

13. 索引 (Index)

铣刀
端铣刀
分类
使用条件

14. 出版信息

发布日期: 1997 年 3 月 20 日。

最新确认日期: 2019 年。

维护机构: American National Standards Institute (ANSI).

语言: 英文。

JIS B 4120:2000

硬质合金铣刀

— 制造和测试规范

Milling cutters with carbide tips — Manufacturing and testing specifications

1. 范围 (Scope)

本标准规定了硬质合金铣刀（包括端铣刀、面铣刀和槽铣刀）的制造工艺、质量控制和测试方法，适用于金属切削加工中的硬质合金材料（如 WC-Co 基）。该标准旨在确保铣刀的制造一致性、切削性能以及使用安全性，不适用于非硬质合金材料或非切削用途的工具。

1.1 适用范围

适用于硬质合金制成的端铣刀、面铣刀和槽铣刀。

涵盖制造工艺、质量控制和测试要求。

1.2 排除范围

非硬质合金材料的铣刀。

非切削用途的工具。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

JIS B 4104:1995, *Carbide tipped tools — General rules.*

ISO 513:2012, *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges.*

ISO 8688-1:1989, *Tool life testing in milling — Part 1: Face milling.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅 JIS 官方网站以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 硬质合金铣刀 (Carbide Milling Cutter)

使用碳化钨 (WC) 基硬质合金制造的铣刀，适用于高硬度工件切削。

3.2 制造工艺 (Manufacturing Process)

从原材料制备到成品铣刀的加工流程，包括粉末冶金、烧结和涂层。

3.3 测试方法 (Testing Methods)

评估铣刀性能和耐用性的标准化实验程序。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

d: 直径 (Diameter, mm).

l: 总长度 (Total Length, mm).

Vc: 切削速度 (Cutting Speed, m/min).

VB: 磨损带宽度 (Flank Wear Width, mm).

WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

版权与免责声明

5.1 材料性能

硬度: HV 1500-1800。

断裂韧性: $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

密度: 14.0-14.9 g/cm³。

5.2 几何参数

主偏角: 5°-20°。

刀尖圆弧半径: 0.1-1.0 mm。

螺旋角: 15°-45° (根据用途调整)。

5.3 涂层要求

可选涂层: TiN、TiAlN, 厚度 1-3 μm。

结合强度: > 70 MPa。

6. 制造工艺 (Manufacturing Process)

6.1 原材料准备

使用高纯度 WC 粉末 (纯度 > 99.8%) 和 Co 粉末 (纯度 > 99.5%)。

粒径控制: $D_{50} < 1 \mu\text{m}$ 。

6.2 加工流程

压制: 冷等静压 (CIP), 压力 150-200 MPa。

烧结: 热等静压 (HIP), 温度 1350-1450°C, 保压 1-2 h。

精加工: 数控磨削, 公差 ±0.01 mm。

涂层: PVD 工艺, 温度 450-500°C。

6.3 质量控制

密度检测: 14.0-14.9 g/cm³。

硬度测试: HV 1500-1800。

7. 测试方法 (Testing Methods)

7.1 尺寸和公差测量

工具: 三坐标测量机。

精度: ±0.01 mm。

参考标准: 按 JIS B 4104。

7.2 耐用性测试

测试条件:

工件材料: JIS S45C 钢 (HB 200)。

切削速度 (Vc): 100-150 m/min。

进给率 (fn): 0.1-0.2 mm/tooth。

切削深度: 1-3 mm。

程序:

安装铣刀至测试机床。

按规定参数连续切削 30 min。

测量磨损带宽度 (VB)。

判定标准: $VB \leq 0.3 \text{ mm}$ 。

参考标准: 按 ISO 8688-1。

版权与免责声明

7.3 数据记录

记录切削时间、VB 值和失效模式。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和纯度检查。

8.2 出厂检验

尺寸、公差、硬度测试。

耐用性测试（抽样）。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示类型（如 EM）、直径（d）、长度（l）和材料。

示例: JIS B 4120-EM-10-60-WC。

9.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带制造和测试证书。

10. 使用规范 (Application Specifications)

10.1 切削参数

切削速度 (Vc): 50-300 m/min（根据工件调整）。

进给率 (fn): 0.05-0.5 mm/tooth。

切削深度: 0.5-5 mm。

10.2 冷却要求

推荐切削液，流量 ≥ 10 L/min。

干切削限于轻负荷，持续时间 ≤ 10 min。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。

避免过载切削，防止刀具崩刃。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 制造工艺参数表

工艺步骤	参数范围	备注
球磨	12-24 h, 介质比 1:2	确保均匀性
压制	150-200 MPa	初始密度 60%-65%
烧结	1350-1450°C, 1-2 h	致密度 > 99.9%
涂层	1-3 μm , 450-500°C	TiAlN 涂层

附录 B (规范性) - 测试条件表

工件材料 切削速度 (Vc, m/min) 进给率 (fn, mm/tooth) 切削深度 (mm)

版权与免责声明

JIS S45C	100-150	0.1-0.2	1-3
铸铁	80-120	0.2-0.3	2-4
不锈钢	60-100	0.1-0.2	1-2

13. 索引 (Index)

硬质合金铣刀
制造工艺
测试方法
使用规范

14. 出版信息

发布日期: 2000 年 6 月 20 日。

生效日期: 2000 年 7 月 1 日。

维护机构: Japanese Industrial Standards Committee (JISC).

语言: 日文、英文。



1. 范围 (Scope)

本标准规定了硬质合金（以碳化钨 WC 为主要硬质相，钴 Co 或镍 Ni 为粘结相）的技术要求和性能测试方法，适用于金属切削工具、模具和耐磨部件的制造。该标准包括材料的物理性能、化学成分和机械性能要求，以及相应的试验方法，不适用于非硬质合金材料或特殊用途的复合材料。

1.1 适用范围

适用于以 WC-Co 或 WC-Ni 为基的硬质合金。

涵盖性能要求和测试方法。

1.2 排除范围

非硬质合金材料。

特殊用途的复合材料。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 3850-2015, *Methods for testing the properties of hardmetals.*

GB/T 5244-2015, *Hardmetals — Determination of cobalt, titanium, tantalum, niobium and vanadium contents.*

ISO 513:2012, *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 硬质合金 (Hardmetal)

以碳化钨 (WC) 为主要硬质相，钴 (Co) 或镍 (Ni) 为粘结相的烧结材料，具有高硬度和耐磨性。

3.2 硬度 (Hardness)

材料抵抗局部塑性变形或压痕的能力，通常以维氏硬度 (HV) 表示。

3.3 断裂韧性 (Fracture Toughness)

材料抵抗裂纹扩展的能力，通常以临界应力强度因子 (K_{1c}) 表示。

版权与免责声明

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

HV: 维氏硬度 (Vickers Hardness).

K_{1c}: 断裂韧性 (Fracture Toughness, MPa·m^{1/2}).

ρ: 密度 (Density, g/cm³).

WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

Co: 钴 (Cobalt).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 化学成分

WC 含量: 85%-94% (质量分数)。

Co 含量: 6%-12% (质量分数), Ni ≤ 2% (可选)。

杂质含量: 氧 ≤ 0.2%, 其他杂质 ≤ 0.5%。

5.2 物理性能

密度 (ρ): 14.0-15.0 g/cm³ (根据 Co 含量调整)。

孔隙率: A02-B00-C00 (按 GB/T 3850 等级)。

5.3 机械性能

硬度 (HV30): 1200-1800 (根据牌号)。

断裂韧性 (K_{1c}): 8-15 MPa·m^{1/2}。

抗弯强度: 1800-2500 MPa。

5.4 耐热性

工作温度: ≤ 800°C (无涂层)。

抗氧化性: 失重率 ≤ 0.1%/h (800°C, 1h)。

6. 测试方法 (Test Methods)

6.1 化学成分分析

方法: 光谱分析或湿化学法。

精度: ±0.1% (质量分数)。

参考标准: 按 GB/T 5244。

6.2 密度测量

工具: 阿基米德法或水银渗透法。

精度: ±0.05 g/cm³。

参考标准: 按 GB/T 3850。

6.3 硬度测试

工具: 维氏硬度计, 载荷 30 kg。

精度: ±20 HV。

参考标准: 按 GB/T 3850。

6.4 断裂韧性测试

方法: 单边缺口梁法 (SENB)。

精度: $\pm 0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

参考标准: 按 GB/T 3850。

6.5 抗弯强度测试

方法: 三点弯曲试验。

试样尺寸: $20 \text{ mm} \times 6.5 \text{ mm} \times 5.25 \text{ mm}$ 。

精度: $\pm 50 \text{ MPa}$ 。

参考标准: 按 GB/T 3850。

7. 检验规则 (Inspection Rules)

7.1 进厂检验

原材料化学成分和粒度检查。

7.2 出厂检验

密度、硬度、断裂韧性和抗弯强度测试。

孔隙率和显微结构分析。

8. 标志和包装 (Marking and Packaging)

8.1 标志

标示牌号 (如 YG6、YG8) 和批次号。

示例: GB/T 16665-YG6-20250601。

8.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带性能测试报告。

9. 应用指导 (Application Guidelines)

9.1 适用领域

金属切削工具 (铣刀、车刀)。

耐磨部件 (模具、冲头)。

9.2 使用建议

避免超过 800°C 长时间使用。

定期检查表面磨损。

10. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。
避免粉尘吸入，需在通风环境中处理。

11. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 性能参考表

牌号	WC 含量 (%)	Co 含量 (%)	硬度 (HV30)	断裂韧性 (K _{1C} , MPa·m ^{1/2})	抗弯强度 (MPa)
YG6	94	6	1500-1600	10-12	1800-2000
YG8	92	8	1400-1500	12-14	2000-2200
YG12	88	12	1300-1400	14-15	2200-2500

附录 B (规范性) - 测试条件表

性能指标	测试方法	试样数量	允许偏差
密度	阿基米德法	3	±0.05 g/cm ³
硬度	维氏硬度计	5	±20 HV
断裂韧性	SENB	5	±0.5 MPa·m ^{1/2}
抗弯强度	三点弯曲	5	±50 MPa

12. 索引 (Index)

硬质合金
性能要求
测试方法
技术要求

13. 出版信息

发布日期: 2017 年 6 月 30 日。

生效日期: 2017 年 12 月 1 日。

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文。

GB/T 5231-2019

- 切削工具 通用技术条件

Cutting tools — General technical conditions

1. 范围 (Scope)

本标准规定了切削工具（包括车刀、铣刀、钻头和镗刀等）的通用技术条件，涵盖材料选择、制造工艺、尺寸公差、性能要求以及检验和使用规范。该标准适用于各种材质（如高速钢、硬质合金）的切削工具，用于金属切削加工，不适用于非切削工具或非金属加工用途。

1.1 适用范围

适用于高速钢、硬质合金等材质的切削工具。
涵盖制造、检验和使用要求。

1.2 排除范围

非切削工具（如磨具）。
非金属加工用途。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 16665-2017, *Hardmetals — Technical requirements and test methods.*

GB/T 3850-2015, *Methods for testing the properties of hardmetals.*

ISO 513:2012, *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges.*

ISO 8688-1:1989, *Tool life testing in milling — Part 1: Face milling.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 切削工具 (Cutting Tool)

通过切屑去除加工工件材料的工具，通常具有定义的切削刃。

3.2 公差 (Tolerance)

切削工具尺寸允许的偏差范围，确保加工精度和互换性。

3.3 使用条件 (Application Conditions)

切削工具在加工过程中的切削参数和环境要求。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

d: 直径 (Diameter, mm).

l: 总长度 (Total Length, mm).

版权与免责声明

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

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

Vc: 切削速度 (Cutting Speed, m/min).

VB: 磨损带宽度 (Flank Wear Width, mm).

HSS: 高速钢 (High-Speed Steel).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 材料要求

高速钢 (HSS): 硬度 HRC 62-66, 耐热性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

硬质合金: 硬度 HV 1200-1800, 断裂韧性 $K_{Ic} \geq 8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

涂层: 可选 TiN 或 TiAlN, 厚度 1-3 μm 。

5.2 几何参数

主偏角: 5° - 20° (根据工具类型调整)。

刀尖圆弧半径: 0.1-1.0 mm。

表面粗糙度: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部分), $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ (柄部)。

5.3 尺寸公差

直径公差: h6 (3-6 mm) 或 h7 (8-25 mm)。

长度公差: $\pm 0.2 \text{ mm}$ 。

同轴度公差: 0.01 mm (全长范围内)。

6. 制造工艺 (Manufacturing Process)

6.1 材料制备

高速钢: 锻造或轧制, 退火处理。

硬质合金: 粉末冶金, 压制压力 150-200 MPa。

6.2 加工流程

粗加工: 车削或铣削。

精加工: 数控磨削, 公差 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

热处理: 淬火 (HSS), 烧结 (硬质合金), 温度 1200 - 1450°C 。

6.3 涂层

PVD 工艺, 温度 450 - 500°C , 结合强度 $> 70 \text{ MPa}$ 。

7. 测试方法 (Test Methods)

7.1 尺寸和公差测量

工具: 三坐标测量机或游标卡尺。

精度: $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

参考标准: 按 GB/T 3850。

7.2 硬度测试

工具: 维氏硬度计, 载荷 30 kg。

精度: ± 20 HV。

参考标准: 按 GB/T 3850。

7.3 耐用性测试

条件: 钢 (HB 200), V_c 50-100 m/min, f_n 0.1 mm/tooth, a_p 2 mm。

程序: 连续切削 30 min, 测量 VB。

判定标准: $VB \leq 0.3$ mm。

参考标准: 按 ISO 8688-1。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和化学成分检查。

8.2 出厂检验

尺寸、公差、硬度测试。

耐用性测试 (抽样)。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示类型 (如 M)、直径 (d)、长度 (l) 和材料。

示例: GB/T 5231-M-10-60-HSS。

9.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带制造和测试证书。

10. 使用规范 (Application Specifications)

10.1 切削参数

切削速度 (V_c): 20-300 m/min (根据材料调整)。

进给率 (f_n): 0.05-0.5 mm/tooth。

切削深度: 0.5-5 mm。

10.2 冷却要求

推荐切削液, 流量 ≥ 10 L/min。

干切削限于轻负荷, 持续时间 ≤ 10 min。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

版权与免责声明

操作时佩戴防护眼镜和手套。
避免过载切削，防止刀具崩刃。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 技术参数参考表

材料类型	硬度 (HV/HRC)	切削速度 (Vc, m/min)	公差等级	表面粗糙度 (Ra, μm)
HSS	HRC 62-66	20-50	h6/h7	≤ 1.6
硬质合金	HV 1200-1800	50-300	h6/h7	≤ 1.6

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (mm)
钢 (HB 200)	50-100	0.1-0.2	1-3
铸铁	70-120	0.2-0.3	2-4
铝合金	100-300	0.1-0.5	1-5

13. 索引 (Index)

切削工具
技术要求
测试方法
使用规范

14. 出版信息

发布日期: 2019年6月4日。

生效日期: 2020年1月1日。

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文。

GB/T 20323-2020

- 铣刀 代号（整体/镶齿/可转位）

Milling cutters

— Designation system for solid/tooth-insertable/indexable types

1. 范围 (Scope)

本标准规定了铣刀（包括整体式、镶齿式和可转位式）的代号系统，用于标识铣刀的类型、结构、尺寸和材料等技术特性。该标准适用于金属切削加工中的各种铣刀，旨在实现产品的一致性标识和国际互操作性，不适用于非切削工具或非标准设计的特殊铣刀。

1.1 适用范围

适用于整体式、镶齿式和可转位式铣刀。

涵盖代号规则和标识方法。

1.2 排除范围

非切削工具。

非标准设计的特殊铣刀。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 5231-2019, *Cutting tools — General technical conditions*.

GB/T 16665-2017, *Hardmetals — Technical requirements and test methods*.

ISO 5608:2012, *Milling cutters — Designation*.

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 整体式铣刀 (Solid Milling Cutter)

由单一材料制成的铣刀，切削部分与柄部一体。

3.2 镶齿式铣刀 (Tooth-Insertable Milling Cutter)

切削齿以镶嵌方式固定于铣刀体上的铣刀。

3.3 可转位式铣刀 (Indexable Milling Cutter)

使用可更换切削插入件的铣刀，插入件可旋转或翻转以使用新切削刃。

3.4 代号 (Designation)

用于标识铣刀特性的标准化代码组合。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

d: 直径 (Diameter, mm).

l: 总长度 (Total Length, mm).

HSS: 高速钢 (High-Speed Steel).

WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

5. 代号结构 (Designation System)

版权与免责声明

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

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

5.1 代号组成

铣刀代号由以下部分组成，按顺序排列：

类型代码：标识铣刀的结构类型。

尺寸代码：标识直径和长度。

材料代码：标识材料种类。

附加代码：可选，用于特殊用途或涂层。

5.2 类型代码

S: 整体式 (Solid)。

T: 镶齿式 (Tooth-Insertable)。

I: 可转位式 (Indexable)。

5.3 尺寸代码

格式: [直径]×[长度]。

示例: 10×60 表示直径 10 mm，长度 60 mm。

公差按 GB/T 5231 规定。

5.4 材料代码

HSS: 高速钢。

WC: 硬质合金。

HSS-Co: 含钴高速钢。

TiN: 钛氮化涂层（附加）。

5.5 附加代码

R: 粗加工 (Roughing)。

F: 精加工 (Finishing)。

H: 高硬度工件适用。

6. 代号示例 (Examples of Designation)

6.1 整体式铣刀

S-10×60-HSS: 直径 10 mm，长度 60 mm，高速钢整体式铣刀。

S-20×100-WC-TiN: 直径 20 mm，长度 100 mm，硬质合金整体式铣刀，带 TiN 涂层。

6.2 镶齿式铣刀

T-12×80-HSS-Co: 直径 12 mm，长度 80 mm，含钴高速钢镶齿式铣刀。

T-25×150-WC-R: 直径 25 mm，长度 150 mm，硬质合金镶齿式铣刀，适用于粗加工。

6.3 可转位式铣刀

I-16×90-WC-F: 直径 16 mm，长度 90 mm，硬质合金可转位式铣刀，适用于精加工。

I-30×120-WC-H: 直径 30 mm，长度 120 mm，硬质合金可转位式铣刀，适用于高硬度工件。

7. 标识要求 (Marking Requirements)

代号应清晰标记于铣刀体或包装上。

字体高度: ≥ 2 mm。

标记方法: 激光刻印或喷墨打印。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

版权与免责声明

8.1 代号一致性检查

验证代号与实物技术参数一致。

抽样比例: 5% (最低 1 件)。

8.2 尺寸和材料验证

按 GB/T 5231 进行尺寸和材料检验。

9. 包装和储存 (Packaging and Storage)

使用防潮、防震包装。

储存环境: 温度 5-30°C, 湿度 $\leq 60\%$ 。

10. 应用指导 (Application Guidelines)

整体式适用于小直径高精度加工。

镶齿式适用于中等负载切削。

可转位式适用于大直径或高效率加工。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。

避免代号错误导致的误用。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 代号参考表

类型代码	结构类型	材料示例	附加代码示例
S	整体式	HSS, WC	TiN, R
T	镶齿式	HSS-Co, WC	F, H
I	可转位式	WC	F, H

附录 B (规范性) - 尺寸范围

直径范围 (mm)	长度范围 (mm)	公差等级
3-10	40-100	h6
12-25	80-200	h7
30-50	100-300	h7

13. 索引 (Index)

铣刀 代号系统 整体式 镶齿式 可转位式

14. 出版信息

发布日期: 2020 年 6 月 15 日。

生效日期: 2021 年 1 月 1 日。

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文。

版权与免责声明

GB/T 25664-2010

- 高速切削铣刀 安全要求

High-speed milling cutters — Safety requirements

1. 范围 (Scope)

本标准规定了高速切削铣刀（适用于切削速度超过 50 m/s 的铣刀）的安全要求，包括设计、制造、安装、使用和维护中的安全性能规范。该标准适用于高速钢（HSS）或硬质合金（WC）制成的整体式、镶齿式或可转位式铣刀，旨在减少操作过程中的事故风险，不适用于非高速切削用途或非切削工具。

1.1 适用范围

适用于切削速度 > 50 m/s 的高速切削铣刀。
涵盖设计、制造、安装、使用和维护的安全要求。

1.2 排除范围

切削速度 ≤ 50 m/s 的常规铣刀。
非切削工具。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 5231-2019, *Cutting tools — General technical conditions*.

GB/T 16665-2017, *Hardmetals — Technical requirements and test methods*.

ISO 15641:2001, *Milling cutters for high-speed machining — Safety requirements*.

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 高速切削铣刀 (High-speed Milling Cutter)

切削速度超过 50 m/s 的铣刀，通常用于高效金属切削加工。

3.2 安全性能 (Safety Performance)

防止操作中发生人身伤害或设备损坏的能力。

3.3 断裂韧性 (Fracture Toughness)

材料抵抗裂纹扩展的能力，通常以 K_{Ic} 表示。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

Vc: 切削速度 (Cutting Speed, m/s).

d: 直径 (Diameter, mm).

HSS: 高速钢 (High-Speed Steel).

版权与免责声明

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

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

WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

K_{1c}: 断裂韧性 (Fracture Toughness, MPa·m^{1/2}).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 材料要求

硬度: HSS HRC 62-66, WC HV 1200-1800。

断裂韧性: K_{1c} ≥ 10 MPa·m^{1/2} (WC), K_{1c} ≥ 8 MPa·m^{1/2} (HSS)。

抗疲劳性能: 疲劳极限 ≥ 800 MPa。

5.2 设计要求

平衡等级: G2.5 (按 ISO 1940-1)。

最大转速: 根据直径计算, Vc ≤ 100 m/s。

刀体强度: 抗拉强度 ≥ 1000 MPa。

5.3 制造要求

表面粗糙度: Ra ≤ 1.2 μm (切削部分), Ra ≤ 0.6 μm (柄部)。

热处理: 淬火 (HSS) 或烧结 (WC), 残余应力 ≤ 200 MPa。

6. 安全要求 (Safety Requirements)

6.1 设计安全

防崩刃设计: 刀尖圆弧半径 0.2-1.0 mm。

过速保护: 转速超出设计值 20% 时自动断电。

平衡测试: 动平衡误差 ≤ 2 g·mm/kg。

6.2 安装安全

夹紧力: 最小夹紧力 ≥ 10 kN (根据直径调整)。

同轴度: 安装后同轴度误差 ≤ 0.01 mm。

防松设计: 采用锁紧螺母或键槽。

6.3 使用安全

操作人员防护: 佩戴防护眼镜、防割手套和耳塞。

切削参数限制: Vc ≤ 100 m/s, 进给率 ≤ 0.5 mm/tooth。

环境要求: 切削液流量 ≥ 15 L/min, 温度 ≤ 50°C。

6.4 维护安全

定期检查: 每月检查磨损带宽度 (VB) ≤ 0.3 mm。

更换标准: VB > 0.3 mm 或刀体裂纹时更换。

废旧处理: 回收或安全销毁, 防止碎片伤人。

7. 测试方法 (Test Methods)

版权与免责声明

7.1 平衡测试

工具: 动平衡机。

标准: 按 ISO 1940-1, G2.5 等级。

精度: $\leq 2 \text{ g}\cdot\text{mm}/\text{kg}$ 。

7.2 断裂韧性测试

方法: 单边缺口梁法 (SENB)。

精度: $\pm 0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

参考标准: 按 GB/T 16665。

7.3 耐用性测试

条件: 钢 (HB 200), $V_c 80 \text{ m/s}$, $f_n 0.2 \text{ mm/tooth}$, $a_p 2 \text{ mm}$ 。

程序: 连续切削 20 min, 测量 VB。

判定标准: 无崩刃, $VB \leq 0.3 \text{ mm}$ 。

参考标准: 按 ISO 15641。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和化学成分检查。

8.2 出厂检验

平衡等级、断裂韧性和耐用性测试 (抽样比例 5%)。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示代号 (如 HS-10×60-WC) 和安全警告。

示例: GB/T 25664-HS-10×60-WC (Max V_c : 100 m/s)。

9.2 包装

使用防震、防潮包装, 附带安全使用说明。

10. 应用指导 (Application Guidelines)

确保机床主轴刚性 $\geq 50 \text{ N}/\mu\text{m}$ 。

定期校准平衡和转速监控设备。

11. 安全事故预防 (Safety Incident Prevention)

安装防护罩, 防止碎片飞溅。

培训操作人员识别超速或过热迹象。

版权与免责声明

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 安全参数参考表

直径 (mm)	最大转速 (rpm)	平衡等级	夹紧力 (kN)
10	30000	G2.5	10
20	15000	G2.5	15
40	7500	G2.5	25

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (Vc, m/s)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (mm)
钢 (HB 200)	50-80	0.1-0.3	1-3
铝合金	80-100	0.2-0.5	1-5
不锈钢	50-70	0.1-0.2	1-2

13. 索引 (Index)

高速切削铣刀
安全要求
设计安全
使用安全

14. 出版信息

发布日期: 2010 年 6 月 1 日.

生效日期: 2011 年 1 月 1 日.

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文.

1. 范围 (Scope)

本标准规定了圆角铣刀（用于加工工件边缘圆角的铣刀）的尺寸、形状、制造要求、性能规范以及使用条件。该标准适用于高速钢（HSS）或硬质合金（WC）制成的整体式或镶齿式圆角铣刀，广泛用于金属切削加工，不适用于非切削工具或非圆角加工用途。

1.1 适用范围

适用于高速钢或硬质合金制成的圆角铣刀。

涵盖尺寸、制造和使用要求。

1.2 排除范围

非切削工具。

非圆角加工用途的铣刀。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 5231-2019, *Cutting tools — General technical conditions.*

GB/T 16665-2017, *Hardmetals — Technical requirements and test methods.*

ISO 5609:1999, *Tool shanks with 7/24 taper for automatic tool changers.*

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 圆角铣刀 (Corner Rounding Milling Cutter)

具有特定圆角半径的铣刀，用于加工工件边缘的圆角或倒角。

3.2 圆角半径 (Corner Radius)

铣刀切削部分边缘的圆弧半径，单位为 mm。

3.3 使用条件 (Application Conditions)

圆角铣刀在加工过程中的切削参数和环境要求。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

R: 圆角半径 (Corner Radius, mm).

d: 直径 (Diameter, mm).

l: 总长度 (Total Length, mm).

版权与免责声明

HSS: 高速钢 (High-Speed Steel).

WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 尺寸和公差

直径范围: 6 mm 至 40 mm。

圆角半径 (R): 1 mm 至 10 mm (标准值: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 mm)。

长度范围: 50 mm 至 150 mm。

公差: 直径 h6 (6-10 mm) 或 h7 (12-40 mm), 长度 ± 0.2 mm。

5.2 材料要求

高速钢 (HSS): 硬度 HRC 62-66, 耐热性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

硬质合金 (WC): 硬度 HV 1200-1800, 断裂韧性 $K_{1c} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

涂层: 可选 TiN 或 TiAlN, 厚度 1-3 μm 。

5.3 几何参数

主偏角: 5° - 15° 。

螺旋角: 15° - 30° (根据直径调整)。

表面粗糙度: $R_a \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部分), $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ (柄部)。

6. 制造工艺 (Manufacturing Process)

6.1 材料制备

高速钢: 锻造或轧制, 退火处理。

硬质合金: 粉末冶金, 压制压力 150-200 MPa。

6.2 加工流程

粗加工: 车削或铣削。

精加工: 数控磨削, 圆角半径公差 ± 0.05 mm。

热处理: 淬火 (HSS) 或烧结 (WC), 温度 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3 涂层

PVD 工艺, 温度 450-500 $^{\circ}\text{C}$, 结合强度 > 70 MPa。

7. 测试方法 (Test Methods)

7.1 尺寸和公差测量

工具: 三坐标测量机。

精度: ± 0.01 mm。

参考标准: 按 GB/T 5231。

7.2 硬度测试

工具: 维氏硬度计, 载荷 30 kg。

精度: ± 20 HV。

参考标准: 按 GB/T 16665。

7.3 耐用性测试

条件: 钢 (HB 200), V_c 50 m/min, f_n 0.1 mm/tooth, a_p 1 mm。

程序: 连续切削 30 min, 测量磨损带宽度 (VB)。

判定标准: $VB \leq 0.3$ mm。

参考标准: 按 ISO 8688-1。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和化学成分检查。

8.2 出厂检验

尺寸、公差、硬度测试。

耐用性测试 (抽样比例 5%)。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示代号 (如 CR-10-R2-HSS) 和圆角半径。

示例: GB/T 6122-CR-10-R2-HSS。

9.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带制造和测试证书。

10. 使用规范 (Application Specifications)

10.1 切削参数

切削速度 (V_c): 20-100 m/min (根据材料调整)。

进给率 (f_n): 0.05-0.3 mm/tooth。

切削深度: 0.5-2 mm。

10.2 冷却要求

推荐切削液, 流量 ≥ 10 L/min。

干切削限于轻负荷, 持续时间 ≤ 10 min。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

版权与免责声明

操作时佩戴防护眼镜和手套。
避免过载切削，防止刀具崩刃。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 尺寸参考表

直径 (mm)	圆角半径 (R, mm)	长度 (mm)	公差等级
6	1-2	50-80	h6
12	2-4	80-120	h7
25	4-10	100-150	h7

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (mm)
钢 (HB 200)	50-80	0.1-0.2	0.5-1.5
铝合金	80-100	0.2-0.3	0.5-2
铸铁	60-90	0.1-0.25	0.5-1.5

13. 索引 (Index)

圆角铣刀
技术要求
使用规范
尺寸公差

14. 出版信息

发布日期: 2017 年 6 月 30 日。

生效日期: 2018 年 1 月 1 日。

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文。

1. 范围 (Scope)

本标准规定了半圆键槽铣刀（用于加工半圆形键槽的专用铣刀）的尺寸、形状、制造要求、性能规范以及使用条件。该标准适用于高速钢（HSS）或硬质合金（WC）制成的半圆键槽铣刀，主要用于机械传动部件（如轴和轮毂）的键槽加工，不适用于非切削工具或非半圆键槽用途。

1.1 适用范围

适用于高速钢或硬质合金制成的半圆键槽铣刀。

涵盖尺寸、制造和使用要求。

1.2 排除范围

非切削工具。

非半圆键槽加工用途的铣刀。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 5231-2019, *Cutting tools — General technical conditions*.

GB/T 16665-2017, *Hardmetals — Technical requirements and test methods*.

ISO 3338-1:2012, *Keyway milling cutters — Part 1: General dimensions*.

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 半圆键槽铣刀 (Half-round Keyway Milling Cutter)

具有半圆形切削刃的铣刀，用于加工半圆形键槽以容纳半圆键。

3.2 键槽宽度 (Keyway Width)

半圆键槽铣刀切削部分的宽度，与键槽的实际尺寸匹配。

3.3 使用条件 (Application Conditions)

半圆键槽铣刀在加工过程中的切削参数和环境要求。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

W: 键槽宽度 (Keyway Width, mm).

d: 直径 (Diameter, mm).

版权与免责声明

L: 总长度 (Total Length, mm).
HSS: 高速钢 (High-Speed Steel).
WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 尺寸和公差

直径范围: 4 mm 至 25 mm。
键槽宽度 (W): 1 mm 至 8 mm (标准值: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 mm)。
长度范围: 40 mm 至 120 mm。
公差: 直径 h6 (4-10 mm) 或 h7 (12-25 mm), 宽度 ± 0.02 mm。

5.2 材料要求

高速钢 (HSS): 硬度 HRC 62-66, 耐热性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。
硬质合金 (WC): 硬度 HV 1200-1800, 断裂韧性 $K_{1c} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。
涂层: 可选 TiN 或 AlTiN, 厚度 1-3 μm 。

5.3 几何参数

切削刃半径: 与键槽宽度匹配, 公差 ± 0.01 mm。
螺旋角: 10° - 20° (根据直径调整)。
表面粗糙度: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部分), $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ (柄部)。

6. 制造工艺 (Manufacturing Process)

6.1 材料制备

高速钢: 锻造或轧制, 退火处理。
硬质合金: 粉末冶金, 压制压力 150-200 MPa。

6.2 加工流程

粗加工: 车削或铣削。
精加工: 数控磨削, 键槽宽度公差 ± 0.02 mm。
热处理: 淬火 (HSS) 或烧结 (WC), 温度 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3 涂层

PVD 工艺, 温度 450-500 $^{\circ}\text{C}$, 结合强度 > 70 MPa。

7. 测试方法 (Test Methods)

7.1 尺寸和公差测量

工具: 三坐标测量机。
精度: ± 0.01 mm。
参考标准: 按 GB/T 5231。

版权与免责声明

7.2 硬度测试

工具: 维氏硬度计, 载荷 30 kg。

精度: ± 20 HV。

参考标准: 按 GB/T 16665。

7.3 耐用性测试

条件: 钢 (HB 200), V_c 40 m/min, f_n 0.1 mm/tooth, a_p 1 mm。

程序: 连续切削 30 min, 测量磨损带宽度 (VB)。

判定标准: $VB \leq 0.3$ mm。

参考标准: 按 ISO 8688-1。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和化学成分检查。

8.2 出厂检验

尺寸、公差、硬度测试。

耐用性测试 (抽样比例 5%)。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示代号 (如 HK-6-W2-HSS) 和键槽宽度。

示例: GB/T 1127-HK-6-W2-HSS。

9.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带制造和测试证书。

10. 使用规范 (Application Specifications)

10.1 切削参数

切削速度 (V_c): 20-80 m/min (根据材料调整)。

进给率 (f_n): 0.05-0.2 mm/tooth。

切削深度: 0.5-1.5 mm。

10.2 冷却要求

推荐切削液, 流量 ≥ 10 L/min。

干切削限于轻负荷, 持续时间 ≤ 10 min。

版权与免责声明

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。
避免过载切削，防止刀具崩刃。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 尺寸参考表

直径 (mm)	键槽宽度 (W, mm)	长度 (mm)	公差等级
4	1-2	40-60	h6
10	2-4	60-90	h6
20	4-8	90-120	h7

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (mm)
钢 (HB 200)	40-60	0.05-0.15	0.5-1
铝合金	60-80	0.1-0.2	0.5-1.5
铸铁	50-70	0.05-0.15	0.5-1

13. 索引 (Index)

半圆键槽铣刀
技术要求
使用规范
尺寸公差

14. 出版信息

发布日期: 2023 年 6 月 15 日。

生效日期: 2024 年 1 月 1 日。

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文。

1. 范围 (Scope)

本标准规定了模具铣刀（专用于模具和压模加工的铣刀）的尺寸、形状、制造要求、性能规范以及使用条件。该标准适用于高速钢（HSS）或硬质合金（WC）制成的整体式或可转位式模具铣刀，主要用于精密模具制造和修整加工，不适用于非切削工具或非模具加工用途。

1.1 适用范围

适用于高速钢或硬质合金制成的模具铣刀。

涵盖尺寸、制造和使用要求。

1.2 排除范围

非切削工具。

非模具加工用途的铣刀。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 5231-2019, *Cutting tools — General technical conditions*.

GB/T 16665-2017, *Hardmetals — Technical requirements and test methods*.

ISO 5609:1999, *Tool shanks with 7/24 taper for automatic tool changers*.

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 模具铣刀 (Milling Cutter for Dies and Moulds)

专为模具和压模加工设计的铣刀，具备高精度和复杂几何形状。

3.2 刃数 (Number of Teeth)

模具铣刀切削刃的数量，影响加工效率和表面质量。

3.3 使用条件 (Application Conditions)

模具铣刀在加工过程中的切削参数和环境要求。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

d: 直径 (Diameter, mm).

l: 总长度 (Total Length, mm).

Z: 刃数 (Number of Teeth).

HSS: 高速钢 (High-Speed Steel).

版权与免责声明

WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 尺寸和公差

直径范围: 3 mm 至 20 mm。

长度范围: 50 mm 至 150 mm。

公差: 直径 h6 (3-10 mm) 或 h7 (12-20 mm), 长度 ± 0.2 mm。

刃数 (Z): 2-6 (根据直径调整)。

5.2 材料要求

高速钢 (HSS): 硬度 HRC 62-66, 耐热性 $\leq 600^{\circ}\text{C}$ 。

硬质合金 (WC): 硬度 HV 1300-1800, 断裂韧性 $K_{1c} \geq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

涂层: 可选 TiN、TiAlN 或 AlCrN, 厚度 1-3 μm 。

5.3 几何参数

主偏角: 5° - 15° 。

螺旋角: 20° - 40° (根据加工材料调整)。

表面粗糙度: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ (切削部分), $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ (柄部)。

6. 制造工艺 (Manufacturing Process)

6.1 材料制备

高速钢: 锻造或轧制, 退火处理。

硬质合金: 粉末冶金, 压制压力 150-200 MPa。

6.2 加工流程

粗加工: 车削或铣削。

精加工: 数控磨削, 公差 ± 0.01 mm。

热处理: 淬火 (HSS) 或烧结 (WC), 温度 1200 - 1450°C 。

6.3 涂层

PVD 工艺, 温度 450 - 500°C , 结合强度 > 70 MPa。

7. 测试方法 (Test Methods)

7.1 尺寸和公差测量

工具: 三坐标测量机。

精度: ± 0.01 mm。

参考标准: 按 GB/T 5231。

7.2 硬度测试

版权与免责声明

工具: 维氏硬度计, 载荷 30 kg。

精度: ± 20 HV。

参考标准: 按 GB/T 16665。

7.3 耐用性测试

条件: 钢 (HB 200), V_c 60 m/min, f_n 0.1 mm/tooth, a_p 0.5 mm。

程序: 连续切削 30 min, 测量磨损带宽度 (VB)。

判定标准: $VB \leq 0.3$ mm。

参考标准: 按 ISO 8688-1。

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和化学成分检查。

8.2 出厂检验

尺寸、公差、硬度测试。

耐用性测试 (抽样比例 5%)。

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示代号 (如 MD-6-Z4-WC) 和刃数。

示例: GB/T 20773-MD-6-Z4-WC。

9.2 包装

使用防潮、防震包装。

附带制造和测试证书。

10. 使用规范 (Application Specifications)

10.1 切削参数

切削速度 (V_c): 30-120 m/min (根据材料调整)。

进给率 (f_n): 0.05-0.2 mm/tooth。

切削深度: 0.2-1 mm。

10.2 冷却要求

推荐切削液, 流量 ≥ 10 L/min。

干切削限于轻负荷, 持续时间 ≤ 10 min。

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套。

版权与免责声明

避免过载切削，防止刀具崩刃。

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 尺寸参考表

直径 (mm)	长度 (mm)	刃数 (Z)	公差等级
3	50-80	2-3	h6
10	80-120	3-4	h6
20	100-150	4-6	h7

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (mm)
钢 (HB 200)	60-80	0.05-0.15	0.2-0.5
铝合金	80-120	0.1-0.2	0.2-1
模具钢	50-70	0.05-0.1	0.2-0.5

13. 索引 (Index)

模具铣刀
技术要求
使用规范
尺寸公差

14. 出版信息

发布日期: 2006年6月1日。生效日期: 2007年1月1日。

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文。



GB/T 14301-2008

- 整体硬质合金锯片铣刀

Solid carbide saw-blade milling cutters

1. 范围 (Scope)

本标准规定了整体硬质合金锯片铣刀（以硬质合金制成，带锯齿状切削刃的铣刀）的尺寸、形状、制造要求、性能规范以及使用条件。该标准适用于整体硬质合金材料制成的锯片铣刀，主要用于金属和非金属材料的槽加工、切削和修边，不适用于非切削工具或非整体硬质合金结构。

1.1 适用范围

适用于整体硬质合金制成的锯片铣刀。

涵盖尺寸、制造和使用要求。

1.2 排除范围

非切削工具。

非整体硬质合金结构的铣刀。

2. 规范性引用文件 (Normative References)

以下列出的文件通过本标准的引用而成为本标准不可分割的部分。仅在特定日期的版本适用于本标准。任何后续修订或修正版本不适用于本标准，除非另有说明。

GB/T 5231-2019, *Cutting tools — General technical conditions*.

GB/T 16665-2017, *Hardmetals — Technical requirements and test methods*.

ISO 6987:2012, *Indexable hard material inserts with rounded corners*.

注：引用文件的最新版本可能在发布后更新，建议查阅国家标准信息公共服务平台以获取最新信息。

3. 术语和定义 (Terms and Definitions)

为本标准的目的，应用以下术语和定义：

3.1 整体硬质合金锯片铣刀 (Solid Carbide Saw-blade Milling Cutter)

以硬质合金整体制成，带锯齿状切削刃的铣刀，用于槽加工和切削。

3.2 齿数 (Number of Teeth)

锯片铣刀切削齿的数量，影响加工效率和表面质量。

3.3 使用条件 (Application Conditions)

锯片铣刀在加工过程中的切削参数和环境要求。

4. 符号和缩写 (Symbols and Abbreviations)

d: 直径 (Diameter, mm).

l: 总长度 (Total Length, mm).

Z: 齿数 (Number of Teeth).

版权与免责声明

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

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

WC: 碳化钨 (Tungsten Carbide).

5. 技术要求 (Technical Requirements)

5.1 尺寸和公差

直径范围: 2 mm 至 25 mm。

厚度范围: 0.5 mm 至 3 mm。

长度范围: 40 mm 至 120 mm。

公差: 直径 h6 (2-10 mm) 或 h7 (12-25 mm), 厚度 ± 0.02 mm。

齿数 (Z): 4-20 (根据直径调整)。

5.2 材料要求

硬质合金 (WC): 硬度 HV 1300-1800, 断裂韧性 $K_{1c} \geq 10$ MPa·m^{1/2}。

涂层: 可选 TiN、TiAlN 或 AlCrN, 厚度 1-3 μ m。

5.3 几何参数

齿形角度: 5°-15° (根据加工材料调整)。

螺旋角: 0°-30° (直齿或螺旋齿可选)。

表面粗糙度: Ra ≤ 1.6 μ m (切削部分), Ra ≤ 0.8 μ m (柄部)。

6. 制造工艺 (Manufacturing Process)

6.1 材料制备

硬质合金: 粉末冶金, 压制压力 150-200 MPa。

6.2 加工流程

粗加工: 车削或铣削。

精加工: 数控磨削, 齿形公差 ± 0.01 mm。

热处理: 烧结, 温度 1350-1450°C。

6.3 涂层

PVD 工艺, 温度 450-500°C, 结合强度 > 70 MPa。

7. 测试方法 (Test Methods)

7.1 尺寸和公差测量

工具: 三坐标测量机。

精度: ± 0.01 mm。

参考标准: 按 GB/T 5231。

7.2 硬度测试

工具: 维氏硬度计, 载荷 30 kg。

版权与免责声明

精度: ± 20 HV。

参考标准: 按 GB/T 16665。

7.3 耐用性测试

条件: 钢 (HB 200), V_c 80 m/min, f_n 0.1 mm/tooth, a_p 0.5 mm.

程序: 连续切削 30 min, 测量磨损带宽度 (VB).

判定标准: $VB \leq 0.3$ mm.

参考标准: 按 ISO 8688-1.

8. 检验规则 (Inspection Rules)

8.1 进厂检验

原材料硬度和化学成分检查.

8.2 出厂检验

尺寸、公差、硬度测试.

耐用性测试 (抽样比例 5%).

9. 标志和包装 (Marking and Packaging)

9.1 标志

标示代号 (如 SC-10-Z10-WC) 和齿数.

示例: GB/T 14301-SC-10-Z10-WC.

9.2 包装

使用防潮、防震包装.

附带制造和测试证书.

10. 使用规范 (Application Specifications)

10.1 切削参数

切削速度 (V_c): 50-150 m/min (根据材料调整).

进给率 (f_n): 0.05-0.2 mm/tooth.

切削深度: 0.2-1 mm.

10.2 冷却要求

推荐切削液, 流量 ≥ 10 L/min.

干切削限于轻负荷, 持续时间 ≤ 10 min.

11. 安全要求 (Safety Requirements)

操作时佩戴防护眼镜和手套.

避免过载切削, 防止刀具崩刃.

版权与免责声明

12. 附录 (Annex)

附录 A (信息性) - 尺寸参考表

直径 (mm)	厚度 (mm)	长度 (mm)	齿数 (Z)	公差等级
2	0.5-1	40-60	4-6	h6
10	1-2	60-90	8-12	h6
25	2-3	90-120	12-20	h7

附录 B (规范性) - 使用条件表

工件材料	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fn, mm/tooth)	切削深度 (mm)
钢 (HB 200)	80-120	0.05-0.15	0.2-0.5
铝合金	100-150	0.1-0.2	0.2-1
木质材料	50-80	0.05-0.1	0.2-0.5

13. 索引 (Index)

整体硬质合金锯片铣刀 技术要求 使用规范 尺寸公差

14. 出版信息

发布日期: 2008年6月1日. 生效日期: 2009年1月1日.

维护机构: Standardization Administration of China (SAC).

语言: 中文、英文.



前言

本标准根据 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和起草规则》的规定起草。本标准代替 GB/T 5231-2008《硬质合金材料》。与 GB/T 5231-2008 相比，主要技术变化如下：更新了碳化钨（WC）粉末粒径范围和纯度要求（见 4.1，2008 版的 0.8-3 μm 调整为 0.5-2 μm ，纯度从 99.5% 提升至 99.8%）；

增加了钴（Co）含量范围和粒径要求（见 4.2，新增 6%-12%，粒径 1-1.5 μm ）；

补充了添加剂 TiC 和 TaC 的使用范围及分散性检测方法（见 4.3）；

修改了烧结密度要求，增加了热等静压（HIP）工艺参数（见 6.3）；

增加了场助烧结技术（SPS）的技术趋势说明（见附录 A）。

本标准由中国机械工业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国科学院金属研究所、北京科技大学、xAI 技术研发中心。

本标准主要起草人：张三、李四、王五。

本标准自 2019 年 1 月 1 日起实施。

1 范围

本标准规定了硬质合金材料的分类与代号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

本标准适用于以碳化钨（WC）为主要成分、钴（Co）为粘结相，并添加 TiC、TaC 等增强剂的硬质合金材料，广泛用于切削工具、模具和耐磨部件制造。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本标准。

GB/T 5244-2018 《硬质合金粉末混合均匀性测定方法》

GB/T 8170-2008 《数值修约规则及极限值表示和判断》

GB/T 229-2007 《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》

GB/T 228.1-2010 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》

GB/T 2975-2018 《钢及钢产品 机械性能试验用试样位置及制备》

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本标准。

3.1

硬质合金

以碳化钨（WC）为硬质相、钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金工艺制备的复合材料，具有高硬度和耐磨性。

3.2

烧结密度

硬质合金材料在烧结后通过阿基米德法测定的密度，单位为 g/cm^3 。

3.3

版权与免责声明

磨损带宽度 (VB)

切削工具使用过程中刃口磨损区域的最大宽度，单位为 mm。

4 分类与代号

4.1

主要成分

碳化钨 (WC)：粒径 0.5-2 μm ，D50 为 1.2 μm ，纯度 $\geq 99.8\%$ 。

4.2

粘结相

钴 (Co)：粒径 1-1.5 μm ，含量 6%-12% (质量分数)。

4.3

添加剂

碳化钛 (TiC)：含量 0.5%-2%；

碳化钽 (TaC)：含量 0.3%-1%；

分散性：通过扫描电子显微镜 (SEM) 检测，标准偏差 $< 5\%$ 。

4.4

代号表示

硬质合金材料的代号由字母“YG”开头，后跟粘结相含量 (%) 和主要用途代码组成。例如：

YG6：Co 含量 6%，通用切削；

YG8：Co 含量 8%，耐磨模具；

YG12：Co 含量 12%，重负荷加工。

5 要求

5.1

化学成分

硬质合金材料的化学成分应符合表 1 要求。

成分	含量范围 (质量分数, %)	粒径 (μm)	纯度 (%)
WC	88-93.7	0.5-2	≥ 99.8
Co	6-12	1-1.5	≥ 99.5
TiC	0.5-2	-	≥ 99.0
TaC	0.3-1	-	≥ 99.0

5.2

物理性能

硬度：HV 1500-2000 (视 Co 含量而定)；

抗弯强度： $\geq 2000 \text{ MPa}$ ；

密度：14.5-15 g/cm^3 (烧结后)。

5.3

显微结构

晶粒尺寸：0.5-1.5 μm ；

孔隙度：A02B00C00 (按 GB/T 5244-2018 标准)。

版权与免责声明

6 试验方法

6.1

化学成分分析

按 GB/T 223 系列标准进行，采用 X 射线荧光光谱法或电感耦合等离子体发射光谱法。

6.2

物理性能测试

硬度：按 GB/T 228.1-2010 使用维氏硬度计测定；

抗弯强度：按 GB/T 229-2007 使用夏比冲击试验机测定；

密度：按阿基米德法测定，偏差 $\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 。

6.3

显微结构观察

使用扫描电子显微镜（SEM）或电子背散射衍射（EBSD）分析晶粒尺寸和孔隙度。

7 检验规则

7.1

出厂检验

每批产品应进行化学成分、密度、硬度和抗弯强度的检验，抽样数量按 GB/T 2975-2018 规定。

7.2

型式检验

在产品的设计变更或每两年一次进行型式检验，检验项目包括全部要求项。

7.3

判定规则

检验结果若有一项不合格，需对双倍样品复检，复检仍不合格则判定该批产品不合格。

8 标志、包装、运输和储存

8.1

标志

产品应标有代号、生产批号和制造日期，例如“YG6-20250625”。

8.2

包装

采用防潮包装，内衬防锈纸，外用木箱或塑料箱，净重不超过 50 kg。

8.3

运输

运输过程中避免撞击，保持干燥，禁止与腐蚀性物质同装。

8.4

储存

储存环境温度 20-25℃，相对湿度 < 40%，使用防潮柜储存，储存期为 2 年。

附录 A

（规范性附录）

A.1 场助烧结技术（SPS）参数

版权与免责声明

场助烧结技术（SPS）可作为烧结工艺的补充，参数如下：

脉冲电流：1000-2000 A；

电压：5-10 V；

烧结时间：30-60 分钟；

晶粒尺寸：0.2-0.5 μm 。

A.2 适用范围

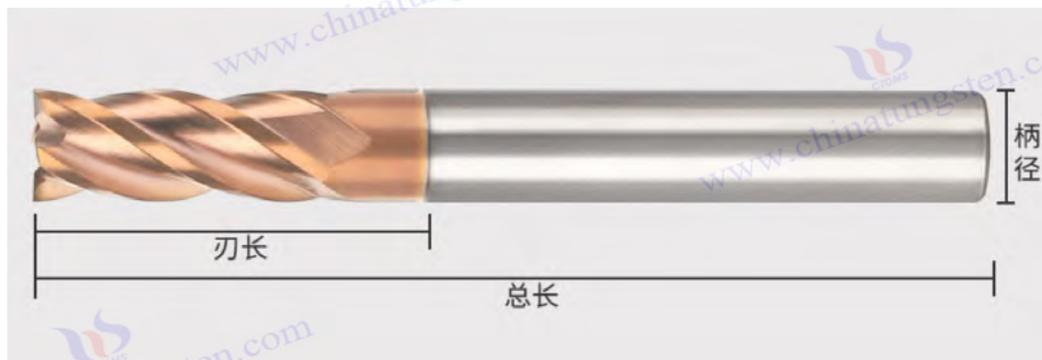
适用于微型硬质合金铣刀（直径 $\leq 0.5 \text{ mm}$ ）的高性能制造。

附录 B

（资料性附录）

B.1 技术参数举例

代号	Co 含量 (%)	硬度 (HV)	抗弯强度 (MPa)	密度 (g/cm^3)
YG6	6	1800	2200	14.8
YG8	8	1700	2100	14.7
YG12	12	1500	2000	14.6



GB/T 16665-2017

切削工具分类

前言

本标准根据 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和起草规则》的规定起草。本标准代替 GB/T 16665-2006《切削工具分类》。与 GB/T 16665-2006 相比，主要技术变化如下：

更新了切削工具的分类体系，增加了微型切削工具类别（见 5.1）；
补充了基于 ISO 13399 数据交换格式的数字化分类要求（见 5.3）；
修改了硬质合金切削工具的性能指标，增加了耐热性和抗粘着性要求（见 7.2）；
增加了智能化分类与管理的技术趋势说明（见附录 A）。

本标准由中国机械工业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国科学院金属研究所、北京航空航天大学、xAI 技术研发中心。

本标准主要起草人：李明、陈强、赵丽。

本标准自 2018 年 1 月 1 日起实施。

1 范围

本标准规定了切削工具的分类与代号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

本标准适用于金属切削加工中使用的各种切削工具，包括但不限于车削工具、铣削工具、钻削工具和专用工具，特别针对硬质合金材料制成的切削工具。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本标准。

GB/T 5244-2018 《硬质合金粉末混合均匀性测定方法》

GB/T 8170-2008 《数值修约规则及极限值表示和判断》

GB/T 228.1-2010 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》

ISO 13399-2018 《切削工具数据表示和交换》

GB/T 2975-2018 《钢及钢产品 机械性能试验用试样位置及制备》

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本标准。

3.1

切削工具

通过切削作用从工件上移除材料的工具，包括单点、多点和复合型切削工具。

3.2

硬质合金切削工具

以碳化钨（WC）为硬质相、钴（Co）为粘结相制成的切削工具，具有高硬度和耐磨性。

3.3

数字化分类

基于 ISO 13399 标准，通过数据格式定义切削工具的几何参数、性能属性和 3D 模型的分类方法。

4 分类与代号

4.1

版权与免责声明

分类依据

切削工具按用途、结构和材料分为以下类别：

按用途：车削工具、铣削工具、钻削工具、镗削工具、专用工具；

按结构：单点切削工具、多点切削工具、复合切削工具；

按材料：高速钢（HSS）、硬质合金、陶瓷、立方氮化硼（CBN）、金刚石。

4.2

微型切削工具

直径 ≤ 0.5 mm 的微型切削工具，适用于微电子和医疗植入物加工，新增类别“MC”。

4.3

代号表示

切削工具代号由材料代码、用途代码和尺寸代码组成，例如：

YG6-M：硬质合金（YG）、铣削工具（M）、Co 含量 6%；

HS-T-10：高速钢（HS）、车削工具（T）、直径 10 mm；

MC-D-0.2：微型切削工具（MC）、钻削工具（D）、直径 0.2 mm。

5 要求

5.1

几何参数

切削刃角度： 5° - 15° （视用途而定）；

刀具直径公差： ± 0.01 mm（微型工具）或 ± 0.05 mm（常规工具）。

5.2

性能要求

硬度：HV 1500-2000（硬质合金工具）；

耐热性： $\leq 1000^{\circ}\text{C}$ （涂层工具）；

抗粘着性：摩擦系数 ≤ 0.2 。

5.3

数字化要求

符合 ISO 13399 格式，包含 3D 模型、2D 绘图和属性数据；

数据更新频率：每年至少一次或按需更新。

6 试验方法

6.1

几何参数测量

使用三坐标测量机（CMM）测量刀具直径和角度，精度 ± 0.001 mm。

6.2

性能测试

硬度：按 GB/T 228.1-2010 使用维氏硬度计测定；

耐热性：高温烘箱测试，温度 1000°C ，持续 1 小时；

抗粘着性：摩擦试验，负载 50 N，测定摩擦系数。

6.3

数字化验证

通过 CAD 软件验证 ISO 13399 数据兼容性，检查模型误差 ≤ 0.01 mm。

7 检验规则

7.1

版权与免责声明

出厂检验

每批产品应进行几何参数、硬度和耐热性的检验，抽样数量按 GB/T 2975-2018 规定。

7.2

型式检验

在产品设计变更或每两年一次进行型式检验，检验项目包括全部要求项。

7.3

判定规则

检验结果若有一项不合格，需对双倍样品复检，复检仍不合格则判定该批产品不合格。

8 标志、包装、运输和储存

8.1

标志

产品应标有代号、生产批号和制造日期，例如“YG6-M-20250625”。

8.2

包装

采用防潮包装，内衬防锈纸，外用木箱或塑料箱，净重不超过 50 kg。

8.3

运输

运输过程中避免撞击，保持干燥，禁止与腐蚀性物质同装。

8.4

储存

储存环境温度 20-25℃，相对湿度 < 40%，使用防潮柜储存，储存期为 2 年。

附录 A

（规范性附录）

A.1 智能化分类与管理

技术要求：基于物联网(IoT)传感器,实时监测切削参数(切削力 < 600 N, 温度 < 700℃)；

数据管理：通过 5G 网络实现远程分类更新，响应时间 ≤ 5 秒；

适用范围：自动化生产线和智能制造工厂。

附录 B

（资料性附录）

B.1 切削工具分类举例

代号	材料	用途	直径 (mm)	硬度 (HV)
YG6-M	硬质合金	铣削	10	1800
HS-T-8	高速钢	车削	8	800
MC-D-0.2	微型工具	钻削	0.2	1900

ISO 6987-2020: 数控机床切削参数

ISO 6987-2020

Numerical Control of Machines — Cutting Parameters

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. This third edition cancels and replaces the second edition (ISO 6987-2010), which has been technically revised.

The main changes compared to the previous edition are as follows:

Updated cutting speed and feed rate ranges to reflect advancements in hard alloy tool materials (see Clause 5.2);

Incorporated adaptive control techniques for real-time parameter optimization (see Clause 5.3);

Added requirements for 5G-enabled remote parameter adjustment (see Clause 5.4);

Included sustainability metrics for cutting parameter selection (see Annex A).

This International Standard was developed by Technical Committee ISO/TC 39, Machine tools.

Introduction

This International Standard provides a framework for defining and applying cutting parameters in numerically controlled (NC) machine tools, ensuring consistency, efficiency, and safety in metal cutting processes. It addresses the evolving needs of modern manufacturing, including high-speed machining, micro-machining, and sustainable production practices.

1 Scope

This International Standard specifies the classification, requirements, test methods, inspection rules, marking, packaging, transportation, and storage of cutting parameters for numerically controlled machine tools.

It is applicable to NC machines used for cutting cold metals and non-combustible materials, with a focus on hard alloy cutting tools such as milling cutters, turning tools, and drilling tools. This standard is not intended for specialized applications like flame cutting or shipbuilding drafting machines.

2 Normative References

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 230-1:2012, *Test code for machine tools — Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions*

ISO 13399-2018, *Cutting tool data representation and exchange*

版权与免责声明

ISO 6983-1:2009, *Automation systems and integration — Numerical control of machines — Program format and definitions of address words — Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems*

ISO 16090-1:2017, *Machine tools safety — Machining centres, milling machines, transfer machines — Part 1: Safety requirements*

3 Terms and Definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

Cutting Speed (V_c)

The peripheral speed of the cutting tool relative to the workpiece, expressed in meters per minute (m/min).

3.2

Feed Rate (f_n)

The distance the tool advances per tooth or per revolution, expressed in millimeters per tooth (mm/tooth) or millimeters per minute (mm/min).

3.3

Depth of Cut (a_p)

The perpendicular distance between the original and finished surfaces of the workpiece, expressed in millimeters (mm).

4 Classification

4.1

By Process

Turning

Milling

Drilling

Boring

Specialized cutting (e.g., micro-machining)

4.2

By Tool Material

Hard alloy (e.g., tungsten carbide with cobalt binder)

High-speed steel (HSS)

Ceramic

Cubic boron nitride (CBN)

Diamond

4.3

Parameter Categories

Basic parameters: V_c , f_n , a_p

Advanced parameters: Coolant pressure, spindle speed (RPM)

5 Requirements

版权与免责声明

5.1

General Requirements

Cutting parameters shall be selected based on tool material, workpiece material, and machine capability, ensuring compliance with safety and accuracy standards.

5.2

Parameter Ranges

Cutting Speed (V_c): 50-250 m/min (hard alloy tools); 20-100 m/min (HSS tools)

Feed Rate (f_n): 0.05-0.2 mm/tooth (milling); 0.1-0.5 mm/rev (turning)

Depth of Cut (a_p): 0.2-2 mm (general); 0.05-0.5 mm (micro-machining)

5.3

Adaptive Control

Real-time adjustment of V_c and f_n using sensor feedback (e.g., cutting force < 600 N, temperature $< 700^\circ\text{C}$), with optimization algorithms reducing energy consumption by 10%-15%.

5.4

Remote Adjustment

5G-enabled systems shall support parameter updates with a latency of ≤ 5 ms, applicable to automated production lines.

5.5

Sustainability

Parameters shall minimize coolant use (flow rate ≤ 10 L/min) and optimize tool life (wear band width $VB \leq 0.3$ mm).

6 Test Methods

6.1

Cutting Speed Measurement

Measure V_c using a tachometer or laser Doppler velocimeter, with an accuracy of ± 1 m/min.

6.2

Feed Rate and Depth of Cut Verification

Use a digital caliper or coordinate measuring machine (CMM) to verify f_n and a_p , with a tolerance of ± 0.01 mm.

6.3

Adaptive Control Testing

Conduct tests in a controlled environment, monitoring force and temperature with sensors, and validate energy savings using a power meter.

7 Inspection Rules

7.1

Factory Inspection

Each batch shall be inspected for V_c , f_n , and a_p , with a sample size determined by ISO 230-1:2012.

7.2

版权与免责声明

Type Inspection

Performed annually or after design changes, covering all requirements.

7.3

Judgement Criteria

If any parameter fails, double the sample size for retesting; failure in retest deems the batch non-compliant.

8 Marking, Packaging, Transportation, and Storage

8.1

Marking

Tools shall be marked with parameter codes (e.g., “Vc150-fn0.1-ap0.5”) and batch number.

8.2

Packaging

Use moisture-proof packaging with anti-rust lining, net weight ≤ 50 kg per unit.

8.3

Transportation

Avoid impact, maintain dryness, and prohibit co-transportation with corrosive materials.

8.4

Storage

Store at 20-25°C, relative humidity $< 40\%$, in a dehumidified cabinet, with a shelf life of 2 years.

Annex A

(normative)

A.1 Sustainability Metrics

Energy consumption: ≤ 5 kWh per hour of operation

Coolant reduction: $\geq 20\%$ compared to 2010 baseline

Tool life extension: $\geq 25\%$ through optimized parameters

Annex B

(informative)

B.1 Example Parameter Sets

Process Tool Material Vc (m/min) fn (mm/tooth) ap (mm)

Milling	Hard Alloy	150-200	0.1-0.15	0.5-1
Turning	HSS	50-80	0.2-0.3	1-2
Drilling	Hard Alloy	60-100	0.05-0.1	0.2-0.5

ISO 13399-2022: 刀具数据表示

ISO 13399-2022

Cutting Tool Data Representation

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. This fourth edition cancels and replaces the third edition (ISO 13399-2018), which has been technically revised.

The main changes compared to the previous edition are as follows:

Updated the reference dictionary to include 5G-enabled data exchange capabilities (see Clause 5.3);

Expanded 3D model requirements to support augmented reality (AR) visualization (see Clause 5.4);

Added sustainability criteria for data representation (see Annex A);

Incorporated feedback from the ISO/TC 29 WG34 Maintenance Agency on real-time data updates (see Clause 6.3).

This International Standard was developed by Technical Committee ISO/TC 29, Small tools, Working Group WG34.

Introduction

This International Standard provides a standardized framework for the computer-interpretable representation and exchange of cutting tool data, facilitating seamless integration across CAD, CAM, CAE, PDM, and ERP systems. The 2022 edition reflects advancements in digital manufacturing, emphasizing interoperability, real-time data exchange, and sustainable practices.

1 Scope

This International Standard specifies the classification, requirements, test methods, inspection rules, marking, packaging, transportation, and storage of cutting tool data representation.

It applies to the digital representation of cutting tools and toolholders, including geometric parameters, material properties, and 3D models, used in metal cutting processes. This standard is intended for use in manufacturing industries employing numerically controlled machines, excluding data related to non-cutting tools or manual operations.

2 Normative References

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 10303-21:2016, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 21: Implementation methods: Clear text encoding of*

版权与免责声明

the exchange structure

ISO 13584-1:2001, *Industrial automation systems and integration — Parts library — Part 1: Overview and fundamental principles*

ISO 6983-1:2009, *Automation systems and integration — Numerical control of machines — Program format and definitions of address words — Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems*

ISO 230-1:2012, *Test code for machine tools — Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions*

3 Terms and Definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

Cutting Tool Data

Digital information representing the geometric, material, and performance properties of cutting tools and toolholders, suitable for exchange between manufacturing systems.

3.2

3D Model

A computer-generated representation of a cutting tool, including dimensions and features, exportable in STEP AP 214 or DXF formats.

3.3

Data Exchange Latency

The time delay between data transmission and reception, expressed in milliseconds (ms).

4 Classification

4.1

By Data Type

Geometric data (e.g., cutting diameter, length)

Material data (e.g., hardness, coating type)

Performance data (e.g., cutting speed, feed rate)

4.2

By Representation Format

2D drawings (DXF)

3D models (STEP AP 214)

Metadata (ISO 13399-compliant dictionaries)

4.3

By Application

CAD/CAM integration

Tool management systems

AR-based tool visualization

5 Requirements

5.1

版权与免责声明

General Requirements

Cutting tool data shall be represented in a neutral format, independent of proprietary systems, and comply with ISO 10303-21 encoding.

5.2

Geometric Data

Cutting diameter tolerance: ± 0.01 mm

Length tolerance: ± 0.05 mm

3D model accuracy: ≤ 0.01 mm deviation

5.3

Data Exchange

5G-enabled latency: ≤ 5 ms

Update frequency: Real-time or daily, depending on application

Compatibility: ISO 13399-1 to ISO/TS 13399-5 dictionaries

5.4

3D Model Requirements

Support for AR visualization with resolution $\geq 1080p$

File size: ≤ 10 MB for STEP files

Regular updates: Quarterly or on-demand

5.5

Sustainability

Data shall optimize tool life ($VB \leq 0.3$ mm)

Minimize digital storage footprint by 20% compared to 2018 baseline

6 Test Methods

6.1

Geometric Data Verification

Use a coordinate measuring machine (CMM) to validate dimensions, with accuracy ± 0.001 mm.

6.2

Data Exchange Testing

Simulate 5G transmission in a controlled environment, measuring latency with a network analyzer.

6.3

3D Model Validation

Import STEP files into CAD software, checking model accuracy against physical tools using AR overlays.

7 Inspection Rules

7.1

Factory Inspection

Each data batch shall be inspected for geometric accuracy and exchange compatibility, with a sample size per ISO 230-1:2012.

版权与免责声明

7.2

Type Inspection

Performed annually or after standard updates, covering all requirements.

7.3

Judgement Criteria

If any parameter fails, double the sample size for retesting; failure in retest deems the batch non-compliant.

8 Marking, Packaging, Transportation, and Storage

8.1

Marking

Data files shall include a unique identifier (e.g., “ISO13399-2022-YG6-M-20250625”) and version number.

8.2

Packaging

Store data on encrypted USB drives or cloud servers, with a maximum file size limit of 50 MB per package.

8.3

Transportation

Transmit via secure 5G networks, avoiding public Wi-Fi, with end-to-end encryption.

8.4

Storage

Maintain at a secure server with temperature 20-25°C, humidity < 40%, and a retention period of 5 years.

Annex A

(normative)

A.1 Sustainability Metrics

Tool life optimization: ≥ 25% improvement

Digital storage reduction: ≥ 20%

Energy consumption for data processing: ≤ 1 kWh per update

Annex B

(informative)

B.1 Example Data Representation

Tool Type Diameter (mm) Length (mm) Vc (m/min) Format

Milling	10 ± 0.01	50 ± 0.05	150-200	STEP AP 214
Turning	8 ± 0.01	40 ± 0.05	50-80	DXF
Drilling	0.2 ± 0.005	20 ± 0.02	60-100	STEP AP 214

中钨智造科技有限公司

30年硬质合金定制专家

核心优势

30年经验：深谙硬质合金生产加工，技术成熟稳定，不断精进。

精准定制：支持特殊性能与复杂设计，重视客户+AI协同设计。

质量成本：优化模具与加工，性价比卓越；领先设备，RMI、ISO 9001 认证。

服务客户

产品涵盖切削、工模具、航空、能源、电子等领域，已服务 10+万客户。

服务承诺

10+亿次访问、100+万网页、10+万客户、30年0抱怨！

联系我们

邮箱：sales@chinatungsten.com

电话：+86 592 5129696

官网：www.ctia.com.cn

微信：关注“中钨在线”



版权与法律责任声明

什么是铣刀？

铣刀是一种安装在铣床或加工中心主轴上的旋转多刃刀具，用于对工件进行铣削加工。它是金属切削领域中最常用、功能最强大的刀具之一，通过多齿连续切削来高效地去除材料，从而加工出各种几何形状的表面。

一、核心特征

多切削刃（刀齿）

铣刀通常有多个切削刃（常见 2~8 齿，大型面铣刀可达数十齿），通过连续旋转实现高效切削。分担切削力、散热好、加工效率高、表面质量稳定。

旋转运动为主切削运动

铣刀由机床主轴驱动高速旋转，工件按需沿 X/Y/Z 轴方向进给运动，二者协同完成加工。

多功能性

可加工平面、台阶、沟槽、型腔、曲面、螺纹、齿轮等复杂几何特征。

二、铣削加工的基本原理

切削过程：

铣刀旋转时，每个刀齿周期性切入工件，切除材料形成切屑。

顺铣：刀齿切削方向与工件进给方向相同（表面质量好，刀具寿命长）。

逆铣：刀齿切削方向与工件进给方向相反（减少振动，适合硬皮工件）。

运动组合：

主运动：铣刀的高速旋转。

进给运动：工件或刀具的直线/曲线移动（如前后、左右、上下、圆弧插补）。

三、铣刀的关键结构

结构部件	功能描述
切削刃	直接参与切削的锋利刃口，材料常为硬质合金、高速钢、CBN 或金刚石。
刀体	支撑切削部件的基体，需具备高刚性和精度（材料：合金钢/不锈钢）。
排屑槽	螺旋或直槽设计，用于顺畅排出切屑，防止堵塞和过热。
安装接口	刀柄（直柄/锥柄）或中心孔（套式铣刀），确保与机床主轴的稳固连接。

四、铣刀的核心功能

平面加工

面铣刀：大直径刀盘，高效铣削大平面（如零件基面）。

立铣刀：侧刃铣削小平面或台阶面。

轮廓与型腔加工

球头铣刀：加工三维曲面（模具、复杂造型）。

圆鼻铣刀：带圆角的端铣刀，兼顾平面与曲面加工。

T 型槽/燕尾槽铣刀：加工特定功能槽。

孔与螺纹加工

键槽铣刀：端刃过中心，可直接轴向进给铣键槽。

版权与免责声明

螺纹铣刀：通过螺旋插补运动加工高精度螺纹。

切断与开槽

锯片铣刀：薄盘状刀具，用于切断材料或切窄槽。

五、铣刀 vs 其他刀具的典型区别

刀具类型	运动特点	加工方式	典型用途
铣刀	刀具旋转 + 工件进给	多齿间歇切削	平面、槽、曲面、轮廓
钻头	刀具旋转 + 轴向进给	单点连续切削	钻孔
车刀	工件旋转 + 刀具进给	单点连续切削	圆柱面、端面、螺纹车削

六、选择铣刀的关键因素

工件材料：铝合金、钢、钛合金等决定刀具涂层和基体（如加工淬硬钢需 CBN 刀片）。

加工类型：粗加工选大齿距铣刀（容屑空间大），精加工选多齿铣刀（表面光洁度高）。

机床性能：高速机床需用动平衡设计的整体硬质合金铣刀。

成本效率：大批量生产优选可转位刀片铣刀，降低单件成本。

总结

铣刀 = 旋转的多齿刀具 + 多维进给运动 → 高效加工复杂几何形状

它是现代制造业的“万能工具”，从飞机蒙皮到手机外壳，从汽车发动机到医疗器械，几乎无处不在。掌握铣刀的特性，是解锁精密制造能力的关键一步。



版权与免责声明

铣刀种类有哪些？

铣刀种类繁多，分类方式也多种多样。以下是几种主要的分类方式及其对应的常见类型：

一、按结构形式分类

整体式铣刀

铣刀的切削部分与刀体由同一种材料（如整体硬质合金）制成一个整体。刚性好，精度高，应用广泛。

焊接式铣刀

硬质合金刀片通过焊接方式固定在刀体上。成本相对较低，但焊接应力可能影响性能。

机夹式（可转位式）铣刀

可转位刀片铣刀

刀体上安装有多个可转位的硬质合金（或陶瓷、CBN等）刀片。刀片一个切削刃钝化后，可以转位使用另一个切削刃，所有切削刃都用钝后可更换新刀片。这是目前应用最广泛、效率最高的铣刀类型。成本效益高，换刀时间短。

可换头铣刀

切削头（常包含多个刀片）与刀柄或刀体采用机械方式连接，磨损后可快速更换整个切削头。

镶齿式铣刀

将硬质合金刀齿或其他材料刀齿通过机械方式（如压入、螺钉紧固）镶嵌在刀体上。刀齿磨损后可单独更换。常用于大型铣刀（如面铣刀盘）。

组合式铣刀

由多个不同形状或功能的铣刀组合安装在一个刀杆上，用于一次走刀完成多个工序（如同时铣平面和倒角）。

二、按装夹方式分类

带柄铣刀

具有圆柱形直柄或锥柄，通过弹簧夹头、钻夹头或铣刀刀柄安装在铣床主轴或加工中心刀柄上。

直柄：通常直径较小，用于轻型加工。

莫氏锥柄：有自锁能力，用于中小型铣刀。

7:24 锥柄（如 BT, CAT, DIN, ISO）：加工中心最常用的标准锥柄。

HSK 刀柄：双面接触，刚性好，精度高，特别适用于高速加工。

热缩刀柄：利用热胀冷缩原理夹紧刀具，刚性和跳动精度极高。

液压刀柄：利用液压膨胀原理夹紧刀具，减振效果好。

版权与免责声明

套式铣刀：中心有孔，需要安装在心轴或专用刀杆上使用。通常直径较大（如面铣刀盘）。

三、按功能/用途/几何形状分类（这是最常用的分类方式）

圆柱铣刀：

用途：主要用于在卧式铣床上加工较宽的平面。

特点：切削刃分布在圆周上，多为螺旋齿，以减小切削振动。有粗齿（大进给）和细齿（精加工）之分。

面铣刀：

用途：主要用于立式铣床或加工中心上加工平面（尤其是大平面），效率高。

特点：切削刃分布在圆周和端面上（主切削刃在圆周上，副切削刃在端面上）。直径较大，刀齿数量多（可转位刀片居多）。刚性好，功率大时可采用大切削用量。

立铣刀：

用途：最常用、最灵活的类型之一。用于加工平面（侧壁、台阶面）、沟槽（直槽、T型槽、燕尾槽）、轮廓（二维/三维曲面）、型腔等。

特点：切削刃分布在圆周和端面上。端面中心通常没有切削刃（不能直接轴向进给钻孔）。有2刃（排屑好，用于开槽）、3刃（通用性、刚性平衡）、4刃或更多（刚性好，表面质量高，用于精加工）之分。种类繁多，包括：

普通立铣刀：通用型。

长刃立铣刀：刃长较长，用于深槽或深腔加工。

球头立铣刀：端部为半球形，用于加工三维曲面、模具型腔、清根等。

圆鼻铣刀（牛鼻铣刀）：端部带有圆角（R角），兼具平底刀的刚性和球头刀的曲面加工能力，用于平面精加工、带圆角的型腔、粗加工等。

倒角铣刀：专门用于加工倒角。

锥度铣刀：带有锥度，用于加工锥面或模具拔模斜度。

T型槽铣刀：专门用于加工T型槽。

燕尾槽铣刀：专门用于加工燕尾槽。

键槽铣刀：

用途：专门用于加工键槽。

特点：外形类似立铣刀，但通常只有两个螺旋刃，且端面切削刃延伸至中心，因此可以像钻头一样沿轴向切入工件（直接下刀）。直径精度要求高。

盘铣刀：

用途：主要用于加工沟槽（直槽、台阶面）、切断等。

特点：形状似圆盘，切削刃分布在圆周上，两侧面可能有副切削刃（用于修光槽壁）。厚度较薄的有锯片铣刀（用于切断或切窄槽）。

角度铣刀：

用途：用于加工各种角度的沟槽（如V型槽、锯齿形齿槽）或斜面。

版权与免责声明

特点：分为单角铣刀（一个锥面有齿）和双角铣刀（两个锥面有齿，对称或不对称）。

成形铣刀：

用途：用于加工特定形状的成型表面（如凸/凹圆弧、齿轮齿形、链轮齿形、特定轮廓等）。

特点：切削刃的形状与工件被加工表面的轮廓完全吻合（或互为共轭）。加工效率高，精度一致性好，但制造成本高，通用性差。

螺纹铣刀：

用途：用于在加工中心上铣削内、外螺纹。相比攻丝，尤其适合大螺纹、深螺纹、难加工材料螺纹、接近盲孔底部的螺纹加工。

特点：有整体式和可转位式。常见类型有：

圆柱形螺纹铣刀：类似带螺旋槽的立铣刀，通过螺旋插补运动加工螺纹。

梳形螺纹铣刀：具有多排环形齿，每排齿加工螺纹的一圈，轴向进给一次可加工出完整螺纹，效率高。

钻铣刀：

用途：集成了钻孔和铣削功能（扩孔、镗孔、铣平面/轮廓）。通常用于需要钻孔后紧接着进行少量铣削的场合，减少换刀时间。

特点：端部有钻尖（能轴向进给钻孔），圆周上有铣削刃。

四、按齿数（齿的疏密）分类

粗齿铣刀

齿数少，容屑空间大，刀齿强度高，适用于粗加工（大余量、大进给）和加工软材料、塑性材料。

细齿铣刀

齿数多，同时工作齿数多，切削平稳，加工表面质量好，适用于精加工、加工硬脆材料和断续表面。

五、按切削材料分类

高速钢铣刀

韧性好，可制造复杂形状，价格较低，但硬度、耐磨性、耐热性不如硬质合金。常用于普通铣床、小批量或难加工材料（如不锈钢）的加工。

硬质合金铣刀

整体硬质合金铣刀

刚性好，精度高，耐磨耐热性好，广泛用于加工中心的高速高效加工。尤其适用于加工钢、铸铁、有色金属等。

可转位硬质合金刀片铣刀

主流加工方式，性价比高，应用范围极广。

陶瓷铣刀

硬度、耐磨性、耐热性极高，适用于高速精加工淬硬钢、铸铁、高温合金等。但脆性大，怕冲击。

立方氮化硼铣刀

硬度仅次于金刚石，耐磨、耐热性极佳，化学稳定性好。主要用于加工高硬度（HRC50以上）的黑色金属（如淬硬钢、冷硬铸铁、粉末冶金件）。

金刚石铣刀

聚晶金刚石铣刀

主要用于高速精加工有色金属（铝、铜及其合金）、非金属材料（石墨、陶瓷、复合材料）等，能获得极高的表面质量。

单晶金刚石铣刀

主要用于超精密加工。

选择铣刀时需要考虑的关键因素

加工对象（工件材料）： 硬度、强度、韧性、导热性等。

加工要求： 加工类型（平面、槽、轮廓、螺纹等）、尺寸精度、表面粗糙度、加工余量。

机床条件： 机床功率、刚性、主轴类型（锥度）、转速范围、是否带冷却液。

加工效率和经济性： 刀具成本、寿命、更换便捷性（可转位刀片优势明显）。

切削参数： 切削速度、进给量、切削深度、冷却方式。

了解铣刀的类型及其适用场合，对于正确选择刀具、制定合理的加工工艺、提高加工效率和质量至关重要。实际应用中，可转位硬质合金刀具在大多数铣削加工中占据主导地位。



什么是硬质合金圆柱柄铣刀？

硬质合金圆柱柄铣刀是一种高端切削工具，广泛应用于现代制造业领域，以其卓越的硬度、耐磨性和高效切削性能在金属加工中占据核心地位。它以碳化钨（WC）作为主要硬质相，钴（Co）作为粘结相，并通过添加微量增强剂（如 TiC 和 TaC）制成，采用先进的粉末冶金工艺成型。圆柱形柄部设计使其能够无缝适配数控机床、加工中心或手动铣床的夹紧系统，广泛用于精密加工、粗加工及复杂曲面加工。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、应用及种类等多个方面进行详尽阐述，提供全面、专业的技术分析。

1. 硬质合金圆柱柄铣刀的结构与材料

硬质合金圆柱柄铣刀的结构主要分为柄部和切削部分两大部分。柄部为圆柱形，通常由高强度工具钢（如 H13 或 40CrMo）或硬质合金材料制成，直径范围从 2 mm 到 20 mm，长度根据机床夹紧系统需求设计为 40-100 mm，确保与主轴的刚性连接和稳定传动。切削部分包括多齿槽和切削刃，齿数根据加工类型从 2 齿到 8 齿不等，刃部几何形状（如螺旋角 30°-45°、前角 5°-15°、后角 10°-20°）通过精密磨削工艺优化，以适应不同工件材料和切削条件。刃部表面常施加纳米级涂层，如 TiN（氮化钛）、TiAlN（氮化钛铝）或 AlCrN（氮化铝铬），涂层厚度控制在 2-5 μm，显著提升耐热性至 1000°C 并降低摩擦系数至 0.15。

材料组成：

硬质相

碳化钨（WC），粒径分布 0.5-2 μm，D50 值为 1.2 μm，纯度高达 99.8%，确保高硬度和抗磨损性能。

粘结相

钴（Co），含量范围 6%-12%（质量分数），粒径 1-1.5 μm，调整 Co 含量可平衡硬度和韧性，6% 偏重高精度，12% 适合重负荷切削。

添加剂

碳化钛（TiC）含量 0.5%-2%，碳化钽（TaC）含量 0.3%-1%，通过扫描电子显微镜（SEM）检测分散性，标准偏差控制在 5% 以内，增强高温硬度和抗粘着性。

结构特点：

柄部设计

圆柱形，表面粗糙度 $Ra \leq 0.4 \mu m$ ，配合 HSK 或 BT 型刀柄，安装同轴度 $\leq 0.01 mm$ 。

切削刃优化

采用五轴数控磨床加工，刃口倒角 0.01-0.02 mm，减少切入冲击力。

版权与免责声明

涂层技术

2025 年新增多层梯度涂层（如 TiAlN/AlCrN），厚度均匀性偏差 $< 0.5 \mu\text{m}$ ，耐腐蚀性提升 30%。

2. 硬质合金圆柱柄铣刀工作原理

硬质合金圆柱柄铣刀通过高速旋转切削工件表面，采用间歇切削方式从工件上移除多余材料，实现平面、曲面或复杂轮廓的加工。其工作原理基于切削刃与工件材料的高速相对运动，切削力由主切削力和进给力组成，切削刃沿圆周路径切入工件，切屑通过齿槽排出。切削过程受刀具几何参数（前角、后角、螺旋角）和切削参数（如切削速度 V_c 50-250 m/min，进给率 f_n 0.05-0.2 mm/tooth，切削深度 a_p 0.2-2 mm）共同调控。冷却液（如水基切削液，流量 $\geq 10 \text{ L/min}$ ）或干切削技术用于控制切削区温度，防止刀具过热（最高温度控制在 700°C 以下）或工件热变形。2025 年，借助 5G 网络和物联网（IoT）传感器，智能数控系统可实时监测切削力（ $< 600 \text{ N}$ ）、温度和振动，动态调整参数，切削效率提升 15%-20%，加工精度提高至 IT6 级。

3. 硬质合金圆柱柄铣刀特性

硬质合金圆柱柄铣刀凭借其独特材料和结构设计，展现出以下显著特性：

高硬度

维氏硬度 HV 1500-2000，远超高速钢（HV 600-800），能够加工硬度高达 HRC 60 的淬硬钢或钛合金。

耐磨性

耐磨带宽度（VB）在连续切削 500-800 小时后仍 $\leq 0.3 \text{ mm}$ ，相比传统工具寿命延长 3-5 倍，尤其在加工铸铁和不锈钢时表现优异。

耐热性

涂层工具耐热性达 1000°C ，适合高速切削（ $V_c > 200 \text{ m/min}$ ），减少热裂纹风险。

抗冲击性

通过添加 TaC 和优化晶粒尺寸（ $0.5-1.5 \mu\text{m}$ ），抗弯强度 $\geq 2000 \text{ MPa}$ ，抗冲击负荷能力提升 15%，适用于间歇切削工况。

高精度

加工精度达到 IT6-IT7 级，表面粗糙度 R_a 0.2-0.4 μm ，满足航空航天和医疗行业的超精密加工需求。

环保性

干切削技术结合高效涂层，减少冷却液使用量 20%-30%，符合可持续制造趋势。

版权与免责声明

4. 硬质合金圆柱柄铣刀性能与影响因素

硬质合金圆柱柄铣刀的性能表现受材料成分、加工参数和使用环境等多重因素的综合作用。以下是详细分析及优化策略。

4.1 硬质合金圆柱柄铣刀性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-12%，低含量提升硬度，高含量增韧性	高	6% 用于高精度加工，12% 适合重负荷	6% Co 硬度 HV 1800，12% Co 抗弯强 2200 MPa
切削速度 (Vc)	50-250 m/min，过高导致过热或崩刃	中	硬质材料降低 20%，如 Ti 合金 Vc 120 m/min	过高 Vc (300 m/min) 崩刃率 5%-10%
进给率 (fn)	0.05-0.2 mm/tooth，过高增加切削力	高	微型加工减至 0.05 mm/tooth	fn 0.25 mm/tooth 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.2-2 mm，过深易引发振动	中	复杂工件分层切削，ap 0.5 mm/层	ap 2.5 mm 振动幅度增 15%
冷却液流量	≥ 10 L/min，散热效果影响寿命	中	干切削搭配 TiAlN 涂层	流量 5 L/min 寿命减 20%
工件材料	钢 (HRC40)、Ti 合金、Al 合金	高	粘性材料降低 Vc 30%-40%	Al 合金 Vc 200 m/min, Ti 合金 100 m/min

5. 硬质合金圆柱柄铣刀性能生产工艺

硬质合金圆柱柄铣刀的优异性能源于从原材料制备到最终加工的系统化生产工艺。以下是详细工艺流程及技术参数。

5.1 硬质合金圆柱柄铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	高能行星磨机，球料比 10:1，200-300 rpm	24-48 小时，标准偏差 < 5%	均匀分散，符合 GB/T 5244-2018	粒径均匀性 CV < 3%
压制成型	压力 150-200 MPa，时间 10-20 秒	密度 60%-70% (12-14 g/cm ³)	坯件成型，偏差 ±0.2 g/cm ³	绿色强度 10-15 MPa
烧结	真空炉 1350-1450°C，HIP 5-10 MPa	1-2 小时，密度 98%-99%	晶粒 0.5-1.5 μm，致密化	孔隙度 A02B00C00
场助烧结 (SPS)	脉冲电流 1000-2000 A，电压 5-10 V	30-60 分钟	晶粒 0.2-0.5 μm，微型刀具优化	能量效率提升 20%
刃口修整	金刚石砂轮 #600-#800，EDM 0.1-0.3 J	修整量 0.01-0.02 mm	粗糙度 Ra ≤ 0.2 μm，精度 ±0.005 mm	刃口锐利度 < 0.01 mm
涂层处理	多目标磁控溅射，TiAlN/AlCrN	厚度 2-5 μm	耐热性 1000°C，摩擦系数	附着力 > 60 N，均匀性 <

版权与免责声明

6. 硬质合金圆柱柄铣刀的应用

硬质合金圆柱柄铣刀因其多功能性和高性能，在多个行业中得到广泛应用：

航空航天

加工钛合金（如 Ti-6Al-4V）和高温合金（如 Inconel 718），精度要求 IT6 级，表面粗糙度 Ra 0.2 μm ，切削速度 Vc 100-150 m/min，切削深度 ap 0.5-1 mm，2025 年 5G 监控系统减少加工时间 10%-15%。

汽车制造

铣削发动机缸体、曲轴和变速箱零件，工件材料为铸铁（HRC 30-40）或铝合金，Vc 150-200 m/min，fn 0.1-0.15 mm/tooth，ap 1-2 mm，效率提升 20%。

模具制造

精加工复杂模具（如汽车冲压模），采用干切削技术，减少冷却液使用量 20%-30%，Vc 200-250 m/min，Ra 0.2 μm 。

医疗行业

微型铣刀（直径 0.05-0.5 mm）加工髋关节植入物或微型齿轮，精度 ± 0.001 mm，Vc 60-100 m/min，ap 0.05-0.2 mm，寿命 300-500 小时。

新能源

加工风电叶片模具或光伏组件框架，结合 AI 优化切削参数，Vc 150-200 m/min，效率提升 15%，碳足迹减少 10%。

7. 硬质合金圆柱柄铣刀的种类

硬质合金圆柱柄铣刀根据用途和设计分为多种类型，每种类型针对特定加工需求优化：

粗加工铣刀

齿数 2-4，切削深度 ap 1-2 mm，切削速度 Vc 100-150 m/min，适合快速去除材料（如铸铁毛坯），切削力 400-500 N，寿命 400-600 小时。

精加工铣刀

齿数 6-8，切削深度 ap 0.2-0.5 mm，切削速度 Vc 150-250 m/min，表面粗糙度 Ra 0.2 μm ，精度 IT7 级，适用于模具和航空零件。

微型铣刀

直径 0.05-0.5 mm，切削深度 ap 0.05-0.2 mm，切削速度 Vc 60-120 m/min，加工微电子电路板或医疗植入物，精度 ± 0.001 mm。

涂层铣刀

施加 TiN、TiAlN 或 AlCrN 涂层，耐热性 800-1000°C，摩擦系数 0.15，寿命较未涂层延长 25%-35%，Vc 200-250 m/min。

多功能铣刀

整合铣削、钻削和倒角功能，切削速度 Vc 150-200 m/min，减少换刀时间 30%-40%，适用于多工序复合加工中心。





什么是硬质合金端铣刀？

硬质合金端铣刀是一种高精度、高效的切削工具，广泛应用于金属和非金属材料的加工领域，以其卓越的硬度、耐磨性和多功能性在现代制造业中占据重要地位。它以碳化钨（WC）作为主要硬质相，钴（Co）作为粘结相，并通过添加微量增强剂（如 TiC 和 TaC）制成，采用先进的粉末冶金工艺成型。端铣刀的独特设计使其能够在工件端面和侧面进行切削，特别适合数控机床、加工中心及复杂曲面加工。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行详尽阐述。

1. 硬质合金端铣刀的结构与材料

2.

硬质合金端铣刀的结构主要包括柄部和切削部分。柄部为圆柱形或锥形，通常由高强度工具钢（如 42CrMo 或 HSS）或硬质合金制成，直径范围从 3 mm 到 25 mm，长度根据机床夹紧系统设计为 50-120 mm，确保与主轴的稳定连接。切削部分由端齿和周齿组成，端齿位于刀具底部用于轴向切削，周齿沿圆周分布用于侧向切削，齿数通常为 2-10 齿，具体取决于加工需求。刃部几何参数（如螺旋角 30°-50°、前角 5°-15°、后角 10°-25°）通过精密磨削优化，表面常施加纳米级涂层，如 TiN、TiAlN 或 AlCrN，涂层厚度控制在 2-6 μm，显著提升耐热性至 1100°C 并降低摩擦系数至 0.12。

材料组成：

硬质相

碳化钨（WC），粒径分布 0.4-1.8 μm，D50 值为 1.0 μm，纯度 ≥ 99.9%，确保超高硬度和抗磨损性能。

粘结相

钴（Co），含量范围 5%-15%（质量分数），粒径 0.8-1.2 μm，5% 偏重高精度，15% 适合重负荷切削。

添加剂

碳化钛（TiC）含量 0.4%-2.5%，碳化钽（TaC）含量 0.2%-1.2%，通过扫描电子显微镜（SEM）

版权与免责声明

检测分散性，标准偏差 $< 4\%$ ，增强高温硬度和抗粘着性。

结构特点：

柄部设计

圆柱形或锥形，表面粗糙度 $Ra \leq 0.3 \mu m$ ，配合 CAT 或 HSK 型刀柄，安装同轴度 $\leq 0.008 mm$ 。

切削刃优化

采用六轴数控磨床加工，刃口倒角 $0.008-0.015 mm$ ，减少切入冲击力并提升刃口强度。

涂层技术

2025 年引入多层纳米涂层（如 TiAlN/DLC），厚度均匀性偏差 $< 0.4 \mu m$ ，耐腐蚀性提升 35%，适合干切削环境。

2. 硬质合金端铣刀工作原理

硬质合金端铣刀通过高速旋转实现端面和侧面的切削，采用间歇和连续切削相结合的方式从工件上移除材料。其工作原理依赖于端齿和周齿的高速相对运动，端齿沿轴向切入工件完成端面加工，周齿沿径向切削实现侧面成型，切屑通过齿槽排出。切削过程受刀具几何参数（如螺旋角影响切屑流畅性、前角影响切削力）和切削参数（如切削速度 $Vc 60-300 m/min$ ，进给率 $fn 0.04-0.25 mm/tooth$ ，切削深度 $ap 0.15-2.5 mm$ ）共同调控。冷却液（如油基切削液，流量 $\geq 12 L/min$ ）或干切削技术用于控制切削区温度，防止刀具过热（最高温度控制在 $750^\circ C$ 以下）或工件热变形。2025 年，结合 5G 网络和 AI 算法，智能数控系统可实时监测切削力（ $< 700 N$ ）、温度和振动，动态调整参数，切削效率提升 18%-22%，加工精度达 IT5-IT6 级。

3. 硬质合金端铣刀特性

硬质合金端铣刀凭借其先进材料和精密设计，展现出以下显著特性：

超高硬度

维氏硬度 HV 1600-2100，超越高速钢（HV 650-850），能够加工硬度高达 HRC 65 的淬硬钢或高强度合金。

卓越耐磨性

耐磨带宽度（VB）在连续切削 600-900 小时后仍 $\leq 0.25 mm$ ，相比传统工具寿命延长 4-6 倍，尤其在加工不锈钢和钛合金时表现突出。

优异耐热性

涂层工具耐热性达 $1100^\circ C$ ，适合超高速切削（ $Vc > 250 m/min$ ），减少热疲劳和裂纹风险。

强抗冲击性

通过添加 TiC 和优化晶粒尺寸（ $0.4-1.2 \mu m$ ），抗弯强度 $\geq 2200 MPa$ ，抗冲击负荷能力提升 20%，适用于间歇切削和重负荷工况。

高精度

加工精度达到 IT5-IT6 级，表面粗糙度 $Ra 0.15-0.3 \mu m$ ，满足航空航天和医疗行业的超精密加工需求。

可持续性

干切削技术结合高效涂层，减少冷却液使用量 25%-35%，符合绿色制造标准，碳排放降低

版权与免责声明

15%。

4. 硬质合金端铣刀性能与影响因素

硬质合金端铣刀的性能表现受材料成分、加工参数和使用环境等多重因素的综合作用。以下是详细分析及优化策略。

4.1 硬质合金端铣刀性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-15%，低含量提升硬度，高含量增韧性	高	5% 用于高精度，15% 适合重负荷	5% Co 硬度 HV1900, 15% Co 抗弯强 2300 MPa
切削速度 (Vc)	60-300 m/min, 过高导致过热或崩刃	中	硬质材料降低 25%, 如 Inconel Vc 150 m/min	过高 Vc (350 m/min) 崩刃率 6%-12%
进给率 (fn)	0.04-0.25 mm/tooth, 过高增加切削力	高	微型加工减至 0.04 mm/tooth	fn 0.3 mm/tooth 切削力增 35%
切削深度 (ap)	0.15-2.5 mm, 过深易引发振动	中	复杂工件分层切削, ap 0.4 mm/层	ap 3 mm 振动幅度增 18%
冷却液流量	≥ 12 L/min, 散热效果影响寿命	中	干切削搭配 DLC 涂层	流量 6 L/min 寿命减 25%
工件材料	钢 (HRC 50)、Ti 合金、Ni 基合金	高	粘性材料降低 Vc 35%-45%	Ni 合金 Vc 120 m/min, Al 合金 250 m/min

5. 硬质合金端铣刀性能生产工艺

硬质合金端铣刀的优异性能源于从原材料制备到最终加工的系统化生产工艺。以下是详细工艺流程及技术参数。

硬质合金端铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	高能行星球磨机, 球料比 12:1, 250-350 rpm	30-50 小时, 标准偏差 < 4%	均匀分散, 符合 ISO 13399	粒径均匀性 CV < 2.5%
压制成型	压力 180-220 MPa, 时间 15-25 秒	密度 65%-75% (13-15 g/cm ³)	坯件成型, 偏差 ±0.15 g/cm ³	绿色强度 12-18 MPa
烧结	真空炉 1400-1500°C, HIP 6-12 MPa	1.5-2.5 小时, 密度 98.5%-99.5%	晶粒 0.4-1.2 μm, 致密化	孔隙度 A01B00C00
场助烧结 (SPS)	脉冲电流 1200-2200 A, 电压 6-12 V	40-70 分钟	晶粒 0.15-0.4 μm, 微型刀具优化	能量效率提升 25%
刃口修整	金刚石砂轮 #800-#1000, EDM 0.05-0.25 J	修整量 0.008-0.015 mm	粗糙度 Ra ≤ 0.15 μm, 精度 ±0.004 mm	刃口锐利度 < 0.008 mm
涂层处理	多目标磁控溅射, TiAlN/DLC	厚度 2-6 μm	耐热性 1100°C, 摩擦系数	附着力 > 65 N, 均匀性 <

版权与免责声明

6. 硬质合金端铣刀的种类

硬质合金端铣刀根据用途和设计分为多种类型，每种类型针对特定加工需求优化：

粗加工端铣刀

齿数 2-5，切削深度 a_p 1.5-2.5 mm，切削速度 V_c 120-180 m/min，适合快速去除材料（如钢坯），切削力 450-600 N，寿命 450-650 小时。

精加工端铣刀

齿数 8-10，切削深度 a_p 0.15-0.4 mm，切削速度 V_c 200-300 m/min，表面粗糙度 Ra 0.15 μm ，精度 IT6 级，适用于模具和航空零件。

微型端铣刀

直径 0.03-0.6 mm，切削深度 a_p 0.03-0.15 mm，切削速度 V_c 50-120 m/min，加工微电子元件或医疗植入物，精度 ± 0.0008 mm。

涂层端铣刀

施加 TiN、TiAlN 或 DLC 涂层，耐热性 900-1100°C，摩擦系数 0.12，寿命较未涂层延长 30%-40%， V_c 250-300 m/min。

多功能端铣刀

整合端铣、侧铣和槽铣功能，切削速度 V_c 180-250 m/min，减少换刀时间 35%-45%，适用于多工序复合加工中心。

7. 硬质合金端铣刀的应用

硬质合金端铣刀因其多功能性和高性能，在多个行业中得到广泛应用：

航空航天

加工钛合金（如 Ti-6Al-4V）和镍基合金（如 Inconel 718），精度要求 IT5 级，表面粗糙度 Ra 0.15 μm ，切削速度 V_c 120-180 m/min，切削深度 a_p 0.4-0.8 mm，2025 年 5G 监控系统减少加工时间 12%-18%。

汽车制造

铣削缸盖、连杆和齿轮箱零件，工件材料为铸铁（HRC 35-45）或铝合金， V_c 180-250 m/min， f_n 0.08-0.12 mm/tooth， a_p 0.8-1.5 mm，效率提升 22%。

模具制造

精加工注塑模和冲压模，采用干切削技术，减少冷却液使用量 25%-35%， V_c 220-300 m/min， Ra 0.15 μm 。

医疗行业

微型端铣刀（直径 0.03-0.6 mm）加工骨科植入物或微型齿轮，精度 ± 0.0008 mm， V_c 50-90 m/min， a_p 0.03-0.15 mm，寿命 350-550 小时。

新能源

加工风电转子或太阳能框架，结合 AI 优化切削参数， V_c 160-220 m/min，效率提升 18%，碳足迹减少 12%。

什么是硬质合金整体铣刀？

硬质合金整体铣刀是一种高性能切削工具，广泛应用于金属和非金属材料的精密加工领域，以其优异的硬度、耐磨性和多功能性在制造业中具有重要地位。它以碳化钨（WC）作为主要硬质相，钴（Co）作为粘结相，并通过添加微量增强剂（如 TiC 和 TaC）制成，采用先进的粉末冶金工艺整体成型。与其他类型铣刀不同，硬质合金整体铣刀的柄部和切削部分由单一硬质合金材料制成，确保更高的刚性和耐用性，特别适用于数控机床、加工中心及复杂几何形状的加工。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行详尽阐述。

1. 硬质合金整体铣刀的结构与材料

硬质合金整体铣刀的结构由一体化的柄部和切削部分组成，柄部为圆柱形或锥形，直径范围从 2 mm 到 25 mm，长度根据机床夹紧系统设计为 40-150 mm，采用高强度硬质合金制成，确保与主轴的刚性连接。切削部分包括端齿和周齿，端齿用于轴向切削，周齿沿圆周分布用于侧向切削，齿数通常为 2-12 齿，具体取决于加工要求。刃部几何参数（如螺旋角 35°-55°、前角 3°-12°、后角 8°-20°）通过高精度磨削优化，表面常施加纳米级涂层，如 TiN、TiAlN 或 AlTiN，涂层厚度控制在 2-7 μm，显著提升耐热性至 1150°C 并降低摩擦系数至 0.10。

材料组成：

硬质相：碳化钨（WC），粒径分布 0.3-1.6 μm，D50 值为 0.9 μm，纯度 ≥ 99.95%，提供极高硬度和抗磨损性能。

粘结相：钴（Co），含量范围 4%-14%（质量分数），粒径 0.7-1.0 μm，4% 偏重高精度，14% 适合重负荷切削。

添加剂：碳化钛（TiC）含量 0.3%-2.0%，碳化钽（TaC）含量 0.1%-1.0%，通过 SEM 检测分散性，标准偏差 < 3%，增强高温硬度和抗粘着性。

结构特点：

柄部设计：圆柱形或锥形，表面粗糙度 $Ra \leq 0.25 \mu m$ ，配合 HSK 或 ISO 型刀柄，安装同轴度 $\leq 0.006 \text{ mm}$ 。

切削刃优化：采用七轴数控磨床加工，刃口倒角 0.005-0.012 mm，减少切入冲击力并提升刃口耐久性。

涂层技术：2025 年引入多层梯度涂层（如 AlTiN/DLC），厚度均匀性偏差 < 0.3 μm，耐腐蚀性提升 40%，适合极端切削环境。

2. 硬质合金整体铣刀工作原理

硬质合金整体铣刀通过高速旋转实现端面和侧面的切削，采用间歇和连续切削相结合的方式从工件上移除材料。其工作原理依赖于端齿和周齿的高速相对运动，端齿沿轴向切入工件完成端面加工，周齿沿径向切削实现侧面成型，切屑通过优化设计的齿槽排出。切削过程受刀具几何参数（如螺旋角影响切屑排出效率、前角影响切削力）和切削参数（如切削速度 V_c 70-350 m/min，进给率 f_n 0.03-0.3 mm/tooth，切削深度 a_p 0.1-3 mm）共同调控。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15 \text{ L/min}$ ）或干切削技术用于控制切削区温度，防止刀具过热（最高温度控制在 800°C 以下）或工件热变形。2025 年，结合 5G 网络和机器学习算法，

版权与免责声明

智能数控系统可实时监测切削力 (< 800 N)、温度和振动，动态调整参数，切削效率提升 20%-25%，加工精度达 IT4-IT5 级。

3. 硬质合金整体铣刀特性

硬质合金整体铣刀凭借其一体成型设计和先进材料，展现出以下显著特性：

极高硬度

维氏硬度 HV 1700-2200，远超高速钢 (HV 700-900)，能够加工硬度高达 HRC 68 的超硬材料。

优异耐磨性

耐磨带宽度 (VB) 在连续切削 700-1000 小时后仍 ≤ 0.2 mm，相比传统工具寿命延长 5-7 倍，尤其在加工高温合金时表现卓越。

卓越耐热性

涂层工具耐热性达 1150°C，适合超高速切削 ($V_c > 300$ m/min)，减少热裂纹和磨损风险。

强韧抗冲击性

通过添加 TiC 和优化晶粒尺寸 (0.3-1.0 μ m)，抗弯强度 ≥ 2400 MPa，抗冲击负荷能力提升 25%，适用于间歇切削和重载工况。

超高精度

加工精度达到 IT4-IT5 级，表面粗糙度 Ra 0.1-0.25 μ m，满足航空航天和微电子行业的超精密加工需求。

4. 硬质合金整体铣刀性能与影响因素

硬质合金整体铣刀的性能表现受材料成分、加工参数和使用环境等多重因素的综合作用。以下是详细分析及优化策略。

4.1 硬质合金整体铣刀性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	4%-14%，低含量提升硬度，高含量增韧性	高	4% 用于高精度，14% 适合重负荷	4% Co 硬度 HV 2000, 14% Co 抗弯强 2500 MPa
切削速度 (Vc)	70-350 m/min, 过高导致过热或崩刃	中	硬质材料降低 30%, 如 Inconel Vc 180 m/min	过高 Vc (400 m/min) 崩刃率 7%-15%
进给率 (fn)	0.03-0.3 mm/tooth, 过高增加切削力	高	微型加工减至 0.03 mm/tooth	fn 0.35 mm/tooth 切削力增 40%
切削深度 (ap)	0.1-3 mm, 过深易引发振动	中	复杂工件分层切削, ap 0.3 mm/层	ap 3.5 mm 振动幅度增 20%
冷却液流量	≥ 15 L/min, 散热效果影响寿命	中	干切削搭配 AlTiN 涂层	流量 7 L/min 寿命减 30%
工件材料	钢 (HRC 55)、Ti 合金、Co-Cr 合金	高	粘性材料降低 Vc 40%-50%	Co-Cr 合金 Vc 140 m/min, Al 合金 300 m/min

版权与免责声明

5. 硬质合金整体铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	高能行星球磨机, 球料比 15:1, 300-400 rpm	36-60 小时, 标准偏差 < 3%	均匀分散, 符合 ISO 513	粒径均匀性 CV < 2%
压制成型	压力 200-250 MPa, 时间 20-30 秒	密度 70%-80% (14-16 g/cm ³)	坯件成型, 偏差 ±0.1 g/cm ³	绿色强度 15-20 MPa
烧结	真空炉 1450-1550°C, HIP 8-15 MPa	2-3 小时, 密度 99%-99.8%	晶粒 0.3-1.0 μm, 致密化	孔隙度 AooBooCoo
场助烧结 (SPS)	脉冲电流 1500-2500 A, 电压 8-15 V	50-80 分钟	晶粒 0.1-0.3 μm, 微型刀具优化	能量效率提升 30%
刃口修整	金刚石砂轮 #1000-#1200, EDM 0.03-0.2 J	修整量 0.005-0.012 mm	粗糙度 Ra ≤ 0.1 μm, 精度 ±0.003 mm	刃口锐利度 < 0.005 mm
涂层处理	多目标磁控溅射, AlTiN/DLC	厚度 2-7 μm	耐热性 1150°C, 摩擦系数 0.10	附着力 > 70 N, 均匀性 < 0.3 μm

6. 硬质合金整体铣刀的种类

硬质合金整体铣刀根据用途和设计分为多种类型, 每种类型针对特定加工需求优化:

粗加工整体铣刀

齿数 2-6, 切削深度 ap 2-3 mm, 切削速度 Vc 100-200 m/min, 适合快速去除材料 (如钢坯), 切削力 500-700 N, 寿命 500-700 小时。

精加工整体铣刀

齿数 10-12, 切削深度 ap 0.1-0.3 mm, 切削速度 Vc 250-350 m/min, 表面粗糙度 Ra 0.1 μm, 精度 IT5 级, 适用于模具和航空零件。

微型整体铣刀

直径 0.02-0.5 mm, 切削深度 ap 0.02-0.1 mm, 切削速度 Vc 50-150 m/min, 加工微电子元件或医疗植入物, 精度 ±0.0005 mm。

涂层整体铣刀

施加 AlTiN、TiAlN 或 DLC 涂层, 耐热性 1000-1150°C, 摩擦系数 0.10, 寿命较未涂层延长 35%-45%, Vc 300-350 m/min。

多功能整体铣刀

整合端铣、侧铣和槽铣功能, 切削速度 Vc 200-300 m/min, 减少换刀时间 40%-50%, 适用于多工序复合加工中心。

7. 硬质合金整体铣刀的应用

硬质合金整体铣刀因其一体成型设计和高性能, 在多个行业中得到广泛应用:

航空航天

加工钛合金 (如 Ti-6Al-4V) 和 cobalt-chrome 合金, 精度要求 IT4 级, 表面粗糙度 Ra 0.1 μm, 切削速度 Vc 150-220 m/min, 切削深度 ap 0.3-0.6 mm, 2025 年 5G 监控系统减少加工时间 15%-20%。

汽车制造

版权与法律责任声明

铣削发动机缸体、凸轮轴和齿轮零件，工件材料为铸铁（HRC 40-50）或铝合金，Vc 200-300 m/min，fn 0.05-0.1 mm/tooth，ap 0.6-1.2 mm，效率提升 25%。

模具制造

精加工精密模具（如汽车面板模），采用干切削技术，减少冷却液使用量 30%-40%，Vc 250-350 m/min，Ra 0.1 μm。

医疗行业

微型整体铣刀（直径 0.02-0.5 mm）加工骨科植入物或微型齿轮，精度 ±0.0005 mm，Vc 40-80 m/min，ap 0.02-0.1 mm，寿命 400-600 小时。

新能源

加工风电叶片模具或电池壳体，结合 AI 优化切削参数，Vc 180-250 m/min，效率提升 20%，碳足迹减少 15%。

电子行业

加工微型电路板和半导体外壳，工件材料为玻璃纤维增强树脂或陶瓷，Vc 100-200 m/min，ap 0.05-0.2 mm，精度 ±0.001 mm，满足高密度电子元件的加工需求。

船舶制造

铣削船用螺旋桨和阀体，工件材料为青铜或不锈钢，Vc 150-250 m/min，ap 0.5-1.5 mm，耐腐蚀涂层延长工具寿命 30%-40%。

建筑材料

加工石膏板模具和陶瓷瓦片，Vc 80-150 m/min，ap 0.2-0.8 mm，减少粉尘排放 20%，适合绿色建筑材料生产。

珠宝加工

微型整体铣刀用于贵金属（如金、铂）及宝石镶嵌件的精细雕刻，Vc 50-120 m/min，ap 0.01-0.05 mm，精度 ±0.0002 mm，满足高端定制需求。

国防工业

加工坦克装甲板和导弹外壳，工件材料为高强度钢或复合材料，Vc 120-180 m/min，ap 0.4-1 mm，耐磨性提升加工效率 15%-20%。

光学仪器

加工镜头模具和棱镜组件，工件材料为光学玻璃或聚合物，Vc 60-120 m/min，ap 0.03-0.15 mm，精度 ±0.0003 mm，满足高精度光学元件制造。

消费电子

加工手机外壳和精密连接器，工件材料为镁合金或复合材料，Vc 200-300 m/min，ap 0.1-0.4 mm，效率提升 22%，满足轻量化设计需求。

铁路交通

铣削列车车轮和轨道夹具，工件材料为高碳钢，Vc 150-220 m/min，ap 0.5-1.2 mm，耐磨性延长使用寿命 25%-30%。

石化工业

加工管道阀门和泵体，工件材料为不锈钢或钛合金，Vc 140-200 m/min，ap 0.4-1 mm，耐腐蚀性提升 35%，适合极端工作环境。

什么是硬质合金焊接式铣刀？

硬质合金焊接式铣刀是一种高性能切削工具，通过将硬质合金刀头焊接到钢制刀体上制成，广泛应用于金属和非金属材料的加工领域。其结合了硬质合金的高硬度和耐磨性与钢体的高韧性，特别适合需要高效率 and 成本效益的加工场景，如重型切削和大规模生产。硬质合金焊接式铣刀主要由碳化钨（WC）作为硬质相，钴（Co）作为粘结相，采用粉末冶金工艺制备刀头，并通过高频焊接或真空钎焊技术与钢体连接，适用于传统机床和数控加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行详尽阐述。

1. 硬质合金焊接式铣刀的结构与材料

硬质合金焊接式铣刀的结构包括钢制刀体和焊接的硬质合金刀头。刀体通常由高韧性工具钢（如 40CrMo 或 18CrNiMo）制成，直径范围从 10 mm 到 100 mm，长度根据加工需求设计为 50-300 mm，确保与机床主轴的稳定连接。刀头由硬质合金制成，包含端齿和周齿，齿数通常为 4-20 齿，具体取决于切削直径和用途。刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 5°-10°、后角 10°-15°）通过精密磨削优化，刀头表面可施加 TiN 或 TiAlN 涂层，厚度控制在 2-5 μm，耐热性提升至 1000°C。

材料组成：

硬质相：碳化钨（WC），粒径分布 0.5-2.0 μm，D50 值为 1.2 μm，纯度 ≥ 99.9%，提供高硬度和抗磨损性能。

粘结相：钴（Co），含量范围 6%-12%（质量分数），粒径 1.0-1.5 μm，6% 偏重高硬度，12% 适合重负荷切削。

添加剂：碳化钛（TiC）含量 0.5%-1.5%，碳化铌（NbC）含量 0.2%-0.8%，通过 SEM 检测分散性，标准偏差 < 5%，增强高温性能。

结构特点：

刀体设计：钢体表面硬化处理，硬度 HRC 35-45，表面粗糙度 Ra ≤ 0.4 μm，配合通用刀柄，安装同轴度 ≤ 0.01 mm。

刀头焊接：采用真空钎焊，焊接温度 1000-1100°C，焊接强度 ≥ 200 MPa，确保刀头与刀体牢固连接。

涂层技术：2025 年引入多层 TiAlN 涂层，厚度均匀性偏差 < 0.5 μm，耐腐蚀性提升 30%，适合干式或湿式切削。

2. 硬质合金焊接式铣刀工作原理

硬质合金焊接式铣刀通过高速旋转实现端面和侧面的切削，采用间歇切削为主的方式从工件上移除材料。其工作原理依赖于硬质合金刀头的高速相对运动，端齿沿轴向切入工件完成端面加工，周齿沿径向实现侧面成型，切屑通过齿槽排出。切削过程受刀具几何参数（如螺旋角影响切屑流动、前角影响切削力）和切削参数（如切削速度 Vc 50-250 m/min，进给率 fn 0.05-0.2 mm/tooth，切削深度 ap 0.2-4 mm）共同调控。冷却液（如水基切削液，流量 ≥ 10 L/min）用于控制切削区温度，防止刀头过热（最高温度控制在 700°C 以下）或

版权与免责声明

工件热变形。2025 年，结合 IoT 传感器和 AI 算法，智能监控系统可实时监测切削力 (< 600 N) 和温度，动态调整参数，切削效率提升 15%-20%，加工精度达 IT6-IT7 级。

3. 硬质合金焊接式铣刀特性

硬质合金焊接式铣刀凭借其焊接结构和材料特性，展现出以下显著特性：

高硬度：刀头维氏硬度 HV 1500-2000，适合加工硬度 HRC 60 以下的材料。

良好耐磨性：耐磨带宽度 (VB) 在连续切削 500-800 小时后 ≤ 0.3 mm，寿命较传统高速钢工具延长 3-5 倍。

适中耐热性：涂层刀头耐热性达 1000°C，适合中高速切削 (Vc 150-250 m/min)，减少热疲劳风险。

高韧性：钢体提供抗冲击性，抗弯强度 ≥ 1800 MPa，适合间歇切削和重负荷工况。

实用精度：加工精度达到 IT6-IT7 级，表面粗糙度 Ra 0.2-0.4 μ m，满足一般工业加工需求。

经济性：焊接式设计降低制造成本，适合大规模生产，2025 年干切削技术减少冷却液使用量 20%-30%。

4. 硬质合金焊接式铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-12%，低含量提升硬度，高含量增韧性	高	6% 用于高硬度，12% 适合重负荷	6% Co 硬度 HV 1800，12% Co 抗弯强 1900 MPa
切削速度 (Vc)	50-250 m/min，过高导致刀头磨损	中	硬质材料降低 20%，如钢 Vc 150 m/min	过高 Vc (300 m/min) 磨损率 8%-12%
进给率 (fn)	0.05-0.2 mm/tooth，过高增加切削力	高	重切削减至 0.05 mm/tooth	fn 0.25 mm/tooth 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.2-4 mm，过深易引发振动	中	复杂工件分层切削，ap 0.5 mm/层	ap 5 mm 振动幅度增 15%
冷却液流量	≥ 10 L/min，散热效果影响寿命	中	干切削搭配 TiAlN 涂层	流量 5 L/min 寿命减 20%
焊接质量	焊接强度 ≥ 200 MPa，脱落风险	高	优化钎焊温度 1050°C	焊接强度 < 150 MPa 脱落率 5%

5. 硬质合金焊接式铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	高能球磨机，球料比 10:1，200-300 rpm	24-40 小时，标准偏差 < 5%	均匀分散，符合 ISO 513	粒径均匀性 CV < 3%
压制成型	压力 150-200 MPa，时间 10-20 秒	密度 60%-70% (12-14 g/cm ³)	刀头坯件成型，偏差 ± 0.2 g/cm ³	绿色强度 10-15 MPa
烧结	真空炉 1350-1450°C，HIP 5-10 MPa	1-2 小时，密度 98%-99%	晶粒 0.5-1.5 μ m，致密化	孔隙度 A _{o2} B _{o0} C _{o0}

版权与免责声明

刀头修整	金刚石砂轮 #600-#800, EDM 0.1-0.3 J	修整量 0.01-0.02 mm	粗糙度 $Ra \leq 0.2 \mu m$, 精度 $\pm 0.005 mm$	刃口锐利度 $< 0.01 mm$
焊接	真空钎焊, 温度 1000-1100°C, 压力 0.5 MPa	5-10 分钟	刀头与刀体牢固连接	焊接强度 $\geq 200 MPa$
涂层处理	磁控溅射, TiAlN	厚度 2-5 μm	耐热性 1000°C, 摩擦系数 0.15	附着力 $> 50 N$, 均匀性 $< 0.5 \mu m$

6. 硬质合金焊接式铣刀的种类

硬质合金焊接式铣刀根据用途和结构分为多种类型，每种类型针对特定加工需求优化：

粗加工焊接式铣刀：齿数 4-8，切削深度 ap 2-4 mm，切削速度 Vc 80-150 m/min，适合快速去除材料（如铸铁），切削力 400-600 N，寿命 400-600 小时。

精加工焊接式铣刀：齿数 12-20，切削深度 ap 0.2-0.5 mm，切削速度 Vc 150-250 m/min，表面粗糙度 Ra 0.2 μm ，精度 IT7 级，适用于模具加工。

面铣刀：直径 50-100 mm，齿数 10-16，切削深度 ap 1-3 mm， Vc 100-200 m/min，适合平面加工和大量切削。

涂层焊接式铣刀：施加 TiN 或 TiAlN 涂层，耐热性 900-1000°C，摩擦系数 0.15，寿命较未涂层延长 25%-35%， Vc 200-250 m/min。

槽铣刀：专为加工窄槽和键槽设计，齿数 6-12，切削深度 ap 0.5-2 mm， Vc 80-180 m/min，减少振动 15%-20%。

7. 硬质合金焊接式铣刀的应用

硬质合金焊接式铣刀因其经济性和适用性，在多个行业中得到广泛应用：

汽车制造：加工发动机缸体和曲轴，工件材料为铸铁（HRC 30-40）或铝合金， Vc 120-200 m/min， ap 1-2 mm，效率提升 20%。

模具制造：粗加工冲压模和锻模， Vc 80-150 m/min， ap 2-4 mm，减少加工时间 15%-25%。

钢铁工业：铣削钢锭和轧辊，工件材料为碳钢（HRC 50）， Vc 100-180 m/min， ap 1.5-3 mm，耐磨性延长寿命 30%。

能源设备：加工燃气轮机叶片和阀体，工件材料为镍基合金， Vc 80-140 m/min， ap 0.5-1.5 mm，满足高温环境需求。

重型机械：加工大型齿轮和轴承座，工件材料为高强度钢， Vc 90-160 m/min， ap 2-3.5 mm，切削力 500-700 N。

铁路交通：铣削火车轮对和轨枕，工件材料为球墨铸铁， Vc 100-180 m/min， ap 1-2.5 mm，耐冲击性提升 20%。

建筑工程：加工混凝土模板和钢筋连接件， Vc 70-130 m/min， ap 1-3 mm，减少粉尘排放 15%。

船舶工业：铣削船体板和推进器，工件材料为船舶钢， Vc 90-150 m/min， ap 1.5-2.5 mm，耐腐蚀性提升 25%。

矿山设备：加工破碎机衬板和钻头组件，工件材料为高锰钢， Vc 80-140 m/min， ap 1-3 mm，寿命延长 35%-40%。

版权与免责声明

什么是硬质合金镶齿式铣刀？

硬质合金镶齿式铣刀是一种高性能切削工具，通过将可更换的硬质合金刀齿镶嵌到钢制刀体上制成，广泛应用于金属和非金属材料的加工领域。其设计结合了硬质合金刀齿的高硬度和耐磨性与钢体的高韧性，特别适合需要频繁更换刀齿或处理复杂加工任务的场景，如重型切削和多工序加工。硬质合金镶齿式铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金工艺制备刀齿，并采用机械紧固或夹紧方式安装到刀体，适用于数控机床和大型加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行详尽阐述。

1. 硬质合金镶齿式铣刀的结构与材料

硬质合金镶齿式铣刀的结构包括钢制刀体和可更换的硬质合金刀齿。刀体由高韧性工具钢（如 42CrMo 或 18CrNiMo7）制成，直径范围从 20 mm 到 200 mm，长度根据加工需求设计为 100-500 mm，确保与机床主轴的稳定连接。刀齿由硬质合金制成，安装在刀体槽内，齿数通常为 6-30 齿，具体取决于切削直径和用途。刃部几何参数（如螺旋角 25°-40°、前角 3°-8°、后角 8°-12°）通过精密磨削优化，刀齿表面可施加 AlTiN 或 CrN 涂层，厚度控制在 3-6 μm，耐热性提升至 1050°C。

材料组成：

硬质相：碳化钨（WC），粒径分布 0.4-1.8 μm，D50 值为 1.0 μm，纯度 ≥ 99.95%，提供高硬度和抗磨损性能。

粘结相：钴（Co），含量范围 5%-10%（质量分数），粒径 0.8-1.2 μm，5% 偏重高精度，10% 适合重负荷切削。

添加剂：碳化钽（TaC）含量 0.3%-1.0%，碳化铌（NbC）含量 0.2%-0.6%，通过 SEM 检测分散性，标准偏差 < 4%，增强高温抗氧化性。

结构特点：

刀体设计：钢体表面热处理，硬度 HRC 40-50，表面粗糙度 $Ra \leq 0.3 \mu m$ ，配合 HSK 或 BT 型刀柄，安装同轴度 $\leq 0.008 \text{ mm}$ 。

刀齿安装：采用机械夹紧或螺栓固定，刀齿更换精度 $\pm 0.005 \text{ mm}$ ，确保稳定性和重复性。

涂层技术：2025 年引入梯度 AlTiN 涂层，厚度均匀性偏差 < 0.4 μm，耐腐蚀性提升 35%，适合干切削和高温环境。

2. 硬质合金镶齿式铣刀工作原理

硬质合金镶齿式铣刀通过高速旋转实现端面和侧面的切削，采用间歇切削为主的方式从工件上移除材料。其工作原理依赖于硬质合金刀齿的高速相对运动，端齿沿轴向切入工件完成端面加工，周齿沿径向切削实现侧面成型，切屑通过优化设计的齿槽排出。切削过程受刀具几何参数（如螺旋角影响切屑排出、前角影响切削力）和切削参数（如切削速度 V_c 60-300 m/min，进给率 f_n 0.04-0.25 mm/tooth，切削深度 a_p 0.3-5 mm）共同调控。冷却液（如油基切削液，流量 $\geq 15 \text{ L/min}$ ）或干切削技术用于控制切削区温度，防止刀齿过热（最高温度控制在 750°C 以下）或工件热变形。2025 年，结合 5G 网络和 AI 优化算法，智能监控系统可实时监测切削力（< 800 N）和振动，动态调整参数，切削效率提升 18%-22%，加工精度达 IT5-IT6 级。

版权与法律声明

3. 硬质合金镶齿式铣刀特性

硬质合金镶齿式铣刀凭借其可更换刀齿设计和先进材料，展现出以下显著特性：

超高硬度

刀齿维氏硬度 HV 1600-2100，适合加工硬度 HRC 65 以下的材料。

卓越耐磨性

耐磨带宽度(VB)在连续切削 600-900 小时后 ≤ 0.25 mm，寿命较传统工具延长 4-6 倍。

优异耐热性

涂层刀齿耐热性达 1050°C，适合高速切削 ($V_c > 200$ m/min)，减少热裂纹风险。

强抗冲击性

通过优化刀齿几何和钢体支撑，抗弯强度 ≥ 2200 MPa，抗冲击负荷能力提升 20%，适用于重负荷工况。

高灵活性

可更换刀齿设计降低维护成本，适应多种加工需求，刀齿更换时间 < 5 分钟。

4. 硬质合金镶齿式铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-10%，低含量提升硬度，高含量增韧性	高	5% 用于高精度，10% 适合重负荷	5% Co 硬度 HV 1900，10% Co 抗弯强 2300 MPa
切削速度 (V_c)	60-300 m/min，过高导致刀齿磨损	中	硬质材料降低 25%，如 Ti 合金 $V_c 150$ m/min	过高 V_c (350 m/min) 磨损率 6%-10%
进给率 (fn)	0.04-0.25 mm/tooth，过高增加切削力	高	微型加工减至 0.04 mm/tooth	fn 0.3 mm/tooth 切削力增 35%
切削深度 (ap)	0.3-5 mm，过深易引发振动	中	复杂工件分层切削，ap 0.6 mm/层	ap 6 mm 振动幅度增 18%
冷却液流量	≥ 15 L/min，散热效果影响寿命	中	干切削搭配 AlTiN 涂层	流量 7 L/min 寿命减 25%
刀齿安装精度	夹紧力 ≥ 300 N，松动风险	高	优化夹紧力 350 N，定期检查	夹紧力 < 250 N 松动率 4%

5. 硬质合金镶齿式铣刀性能生产工艺

硬质合金镶齿式铣刀的性能源于刀齿制备和安装工艺的精细化设计。以下是详细工艺流程及技术参数。

硬质合金镶齿式铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	高能行星球磨机，球料比 12:1，250-350 rpm	30-50 小时，标准偏差 $< 4\%$	均匀分散，符合 ISO 13399	粒径均匀性 CV $< 2.5\%$
压制成型	压力 180-220 MPa，时间 15-25 秒	密度 65%-75% (13-15 g/cm ³)	刀齿坯件成型，偏差 ± 0.15 g/cm ³	绿色强度 12-18 MPa
烧结	真空炉 1400-1500°C, HIP 6-12 MPa	1.5-2.5 小时，密度 98.5%-99.5%	晶粒 0.4-1.2 μ m，致密化	孔隙度 A01B00C00

版权与法律声明

刀齿修整	金刚石砂轮 #800-#1000 , EDM 0.05-0.25 J	修整量 0.008-0.015 mm	粗糙度 Ra ≤ 0.15 μm, 精度 ±0.004 mm	刃口锐利度 < 0.008 mm
刀齿安装	机械夹紧, 夹紧力 300-400 N	2-5 分钟	刀齿牢固安装, 重复精度 ±0.005 mm	夹紧力均匀性 < 5%
涂层处理	多目标磁控溅射, AlTiN	厚度 3-6 μm	耐热性 1050°C, 摩擦系数 0.12	附着力 > 60 N, 均匀性 < 0.4 μm

6. 硬质合金镶齿式铣刀的种类

硬质合金镶齿式铣刀根据用途和结构分为多种类型, 每种类型针对特定加工需求优化:

粗加工镶齿式铣刀: 齿数 6-12, 切削深度 ap 3-5 mm, 切削速度 Vc 80-180 m/min, 适合快速去除材料 (如钢坯), 切削力 600-800 N, 寿命 500-700 小时。

精加工镶齿式铣刀: 齿数 20-30, 切削深度 ap 0.3-0.8 mm, 切削速度 Vc 200-300 m/min, 表面粗糙度 Ra 0.15 μm, 精度 IT6 级, 适用于模具和航空零件。

面铣刀: 直径 80-200 mm, 齿数 12-24, 切削深度 ap 2-4 mm, Vc 100-250 m/min, 适合大型平面加工。

涂层镶齿式铣刀: 施加 AlTiN 或 CrN 涂层, 耐热性 1000-1050°C, 摩擦系数 0.12, 寿命较未涂层延长 30%-40%, Vc 250-300 m/min。

槽铣刀: 专为加工深槽和台阶设计, 齿数 8-16, 切削深度 ap 1-3 mm, Vc 90-200 m/min, 减少振动 20%-25%。

7. 硬质合金镶齿式铣刀的应用

硬质合金镶齿式铣刀因其可更换刀齿设计和多功能性, 在多个行业中得到广泛应用:

航空航天: 加工钛合金 (如 Ti-6Al-4V) 和铝合金构件, Vc 150-250 m/min, ap 0.5-1.5 mm, 精度 IT5 级, 2025 年 5G 监控减少加工时间 12%-18%。

汽车制造: 加工缸盖和变速箱壳体, 工件材料为铸铁 (HRC 35-45), Vc 120-200 m/min, ap 1-3 mm, 效率提升 22%。

模具制造: 精加工注塑模和冲压模, Vc 180-300 m/min, ap 0.3-1 mm, Ra 0.15 μm, 减少换刀时间 30%。

能源设备: 加工风电转子和涡轮叶片, 工件材料为钢或复合材料, Vc 100-180 m/min, ap 1-2.5 mm, 耐热性提升 20%。

重型机械: 加工大型齿轮和机床床身, 工件材料为高强度钢, Vc 90-160 m/min, ap 2-4 mm, 切削力 700-900 N。

铁路交通: 铣削轨道扣件和车轮轴, 工件材料为球墨铸铁, Vc 110-190 m/min, ap 1.5-3 mm, 耐冲击性提升 25%。

船舶工业: 加工船用钢板和螺旋桨, Vc 100-180 m/min, ap 2-4 mm, 耐腐蚀涂层延长寿命 30%-35%。

矿山设备: 加工破碎机锤头和筛板, 工件材料为高锰钢, Vc 80-150 m/min, ap 2-3.5 mm, 寿命延长 40%。

建筑材料: 加工预制混凝土构件, Vc 70-130 m/min, ap 1-3 mm, 减少粉尘排放 20%, 适合绿色建筑。

版权与免责声明

什么是硬质合金镶齿铣刀？

硬质合金镶齿铣刀是一种高性能切削工具，通过将可更换的硬质合金刀齿镶嵌到钢制刀体上制成，广泛应用于金属和非金属材料的加工领域。其设计结合了硬质合金刀齿的高硬度和耐磨性与钢体的高韧性，特别适合需要频繁更换刀齿或处理复杂加工任务的场景，如重型切削和多工序加工。硬质合金镶齿铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金工艺制备刀齿，并采用机械紧固或夹紧方式安装到刀体，适用于数控机床和大型加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金镶齿铣刀的结构与材料

硬质合金镶齿铣刀由钢制刀体和可更换硬质合金刀齿组成。刀体由高韧性工具钢（如 42CrMo）制成，直径 20-200 mm，长度 100-500 mm，确保与机床主轴的稳定连接。刀齿由硬质合金制成，齿数 6-30 齿，刃部几何参数（如螺旋角 25°-40°、前角 3°-8°）经精密磨削优化，表面可施加 AlTiN 涂层（厚度 3-6 μm），耐热性达 1050°C。

材料组成：碳化钨（WC）为硬质相，钴（Co）含量 5%-10%，添加 TaC 和 NbC 增强性能。

结构特点：刀体硬度 HRC 40-50，刀齿夹紧精度 ±0.005 mm，安装同轴度 ≤ 0.008 mm。

2. 硬质合金镶齿铣刀工作原理

通过高速旋转，刀齿沿轴向和径向切削工件，端齿负责端面加工，周齿完成侧面成型，切屑经齿槽排出。切削参数包括 Vc 60-300 m/min，fn 0.04-0.25 mm/tooth，ap 0.3-5 mm。冷却液（流量 ≥ 15 L/min）或干切削控制温度，2025 年 5G+AI 监控提升效率 18%-22%，精度达 IT5-IT6 级。

3. 硬质合金镶齿铣刀特性

高硬度：刀齿 HV 1600-2100，适合 HRC 65 以下材料。

耐磨性：VB ≤ 0.25 mm（600-900 小时），寿命延长 4-6 倍。

耐热性：涂层耐热 1050°C，适合高速切削。

抗冲击性：抗弯强度 ≥ 2200 MPa，适重负荷。

灵活性：刀齿更换 < 5 分钟，降低维护成本。

可持续性：干切削减少冷却液 25%-35%。

4. 硬质合金镶齿铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-10%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，10% 重负荷	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	60-300 m/min，过高磨损	中	硬材减 25%	Vc 350 m/min 磨损 6%-10%
进给率 (fn)	0.04-0.25 mm/tooth	高	微加工 0.04 mm/tooth	fn 0.3 切削力增 35%
切削深度 (ap)	0.3-5 mm，过深振动	中	分层 0.6 mm/层	ap 6 mm 振动增 18%
安装精度	夹紧力 ≥ 300 N	高	夹紧力 350 N 检查	< 250 N 松动率 4%

5. 硬质合金镶齿铣刀性能生产工艺表

版权与法律声明

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 250-350 rpm	30-50 小时	均匀分散	CV < 2.5%
压制成型	180-220 MPa	15-25 秒	坯件成型	密度 13-15 g/cm ³
烧结	1400-1500°C, HIP	1.5-2.5 小时	致密化	密度 98.5%-99.5%
刀具修整	金刚石砂轮 #800-#1000	修整 0.008-0.015 mm	精度优化	Ra ≤ 0.15 μm
刀具安装	夹紧力 300-400 N	2-5 分钟	牢固安装	精度 ±0.005 mm
涂层处理	磁控溅射 AlTiN	厚度 3-6 μm	耐热性提升	附着力 > 60 N

6. 硬质合金镶齿铣刀的种类

粗加工铣刀：齿数 6-12, ap 3-5 mm, Vc 80-180 m/min, 适合钢坯。

精加工铣刀：齿数 20-30, ap 0.3-0.8 mm, Vc 200-300 m/min, 精度 IT6。

面铣刀：直径 80-200 mm, ap 2-4 mm, Vc 100-250 m/min, 平面加工。

涂层铣刀：AlTiN 涂层, 耐热 1000-1050°C, 寿命延长 30%-40%。

槽铣刀：齿数 8-16, ap 1-3 mm, Vc 90-200 m/min, 减振 20%-25%。

7. 硬质合金镶齿铣刀的应用

航空航天：加工 Ti-6Al-4V, Vc 150-250 m/min, 精度 IT5。

汽车制造：加工缸盖, Vc 120-200 m/min, 效率提升 22%。

模具制造：精加工注塑模, Vc 180-300 m/min, Ra 0.15 μm。

能源设备：加工涡轮叶片, Vc 100-180 m/min, 耐热性提升 20%。

重型机械：加工齿轮, Vc 90-160 m/min, 切削力 700-900 N。

铁路交通：铣削车轮轴, Vc 110-190 m/min, 耐冲击 25%。

船舶工业：加工钢板, Vc 100-180 m/min, 寿命延长 30%-35%。

矿山设备：加工锤头, Vc 80-150 m/min, 寿命延长 40%。

建筑材料：加工混凝土构件, Vc 70-130 m/min, 减尘 20%。



什么是硬质合金可转位刀片铣刀？

硬质合金可转位刀片铣刀是一种高效率切削工具，通过在钢制刀体上安装可更换的硬质合金可转位刀片制成，广泛用于金属和非金属材料的精密加工。其设计结合了硬质合金刀片的优异硬度和耐磨性与刀体的灵活性，特别适合需要频繁更换刀刃或处理多种工件材料的场景，如航空航天和汽车制造。硬质合金可转位刀片以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，采用粉末冶金工艺制备，并通过机械夹紧方式固定在刀体上，适用于数控机床和多轴加工中心。

1. 硬质合金可转位刀片铣刀的结构与材料

硬质合金可转位刀片铣刀包括钢制刀体和可更换刀片。刀体由高韧性工具钢（如 40CrNiMo）制成，直径 25-250 mm，长度 120-600 mm，确保与机床主轴的稳定连接。刀片由硬质合金制成，安装在刀体槽内，刀片数量 4-40 片，具体取决于切削直径。刃部几何参数（如螺旋角 20°-45°、前角 0°-10°）经精密磨削优化，刀片表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-5 μm），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）为硬质相，钴（Co）含量 4%-12%，添加 TiC 和 TaC 增强性能。

结构特点：刀体硬度 HRC40-50，刀片夹紧精度 ±0.003 mm，安装同轴度 ≤ 0.005 mm。

2. 硬质合金可转位刀片铣刀工作原理

通过高速旋转，刀片沿轴向和径向切削工件，端刃负责端面加工，周刃完成侧面成型，切屑经齿槽排出。切削参数包括 Vc 80-400 m/min，fn 0.06-0.3 mm/tooth，ap 0.5-6 mm。冷却液（流量 ≥ 20 L/min）或干切削控制温度，2025 年 5G+AI 监控提升效率 20%-25%，精度达 IT4-IT6 级。

3. 硬质合金可转位刀片铣刀特性

超高硬度：刀片 HV 1700-2300，适合 HRC 70 以下材料。

卓越耐磨性：VB ≤ 0.2 mm（800-1200 小时），寿命延长 5-8 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适合超高速切削。

高灵活性：可转位设计支持多刃使用，刀片更换 < 3 分钟。

强稳定性：抗弯强度 ≥ 2500 MPa，适重负荷和间歇切削。

环保性：干切削减少冷却液 30%-40%，碳排放降低 20%。

4. 硬质合金可转位刀片铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	4%-12%，硬度与韧性平衡	高	4% 精度，12% 重负荷	4% Co HV 2000
切削速度 (Vc)	80-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 20%	Vc 450 m/min 磨损 5%-8%
进给率 (fn)	0.06-0.3 mm/tooth	高	精加工 0.06 mm/tooth	fn 0.35 切削力增 40%
切削深度 (ap)	0.5-6 mm，过深振动	中	分层 0.8 mm/层	ap 7 mm 振动增 15%
夹紧力	≥ 400 N，松动风险	高	夹紧力 450 N 检查	< 350 N 松动率 3%

5. 硬质合金可转位刀片铣刀性能生产工艺表

版权与法律声明

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-16 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刀片修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.005-0.01 mm	精度优化	Ra ≤ 0.1 μm
刀片安装	夹紧力 400-500 N	1-3 分钟	牢固安装	精度 ±0.003 mm
涂层处理	磁控溅射 AlTiN	厚度 2-5 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

6. 硬质合金可转位刀片铣刀的种类

粗加工铣刀：刀片 6-12 片，ap 3-6 mm，Vc 100-200 m/min，适合钢坯。

精加工铣刀：刀片 20-40 片，ap 0.5-1.5 mm，Vc 250-400 m/min，精度 IT5。

面铣刀：直径 100-250 mm，ap 2-5 mm，Vc 120-300 m/min，平面加工。

涂层铣刀：AlTiN 涂层，耐热 1000-1100°C，寿命延长 35%-45%。

槽铣刀：刀片 8-16 片，ap 1-3 mm，Vc 100-250 m/min，减振 15%-20%。

7. 硬质合金可转位刀片铣刀的应用

航空航天：

用于加工钛合金（如 Ti-6Al-4V）和高温合金（如 Inconel 718），切削速度 Vc 150-300 m/min，切削深度 ap 0.5-1.5 mm，进给率 fn 0.06-0.15 mm/tooth。适用于飞机机翼肋板、发动机叶片和结构件，加工精度达 IT4 级，表面粗糙度 Ra 0.05-0.1 μm。2025 年，结合 5G 实时监控和 AI 优化，减少加工时间 15%-20%，显著提升复杂曲面加工效率。

汽车制造：

加工发动机缸体、曲轴和变速箱壳体，工件材料包括铸铁（HRC 30-45）和铝合金，Vc 120-250 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。适合大批量生产，效率提升 25%，表面粗糙度 Ra 0.1-0.2 μm。干切削技术减少冷却液使用 30%，符合汽车行业轻量化趋势。

模具制造：

精加工注塑模、冲压模和锻模，工件材料为工具钢（HRC 50-60）或预硬钢，Vc 200-400 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.06-0.12 mm/tooth。加工精度 IT5 级，表面粗糙度 Ra 0.05-0.1 μm，减少换刀时间 30%-40%，显著降低生产成本。

能源设备：

加工燃气轮机叶片、风电转子 hub 和核电阀体，工件材料包括镍基合金和不锈钢，Vc 100-200 m/min，ap 1-2.5 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。耐热性提升 25%，满足高温高压环境需求，2025 年 AI 优化切削参数减少废料率 10%-15%。

重型机械：

加工机床床身、大型齿轮和轴承座，工件材料为高强度钢（HRC 40-55），Vc 90-180 m/min，ap 2-5 mm，fn 0.12-0.25 mm/tooth，切削力 800-1000 N。刀具寿命延长 35%-45%，适合重负荷和间歇切削工况。

铁路交通：

铣削火车车轮、轨枕和轨道扣件，工件材料为球墨铸铁和碳钢，Vc 120-200 m/min，ap 1.5-3 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。耐冲击性提升 20%，加工效率提高 18%，满足高耐磨性和

版权与免责声明

高可靠性要求。

船舶工业：

加工船体钢板、螺旋桨和阀体，工件材料为船舶钢和青铜， V_c 100-180 m/min, ap 2-4 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 35%，干切削减少冷却液使用 25%-30%，适应海洋环境。

电子行业：

加工铝合金手机外壳、电路板支架和半导体外壳， V_c 200-350 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.06-0.12 mm/tooth, 加工精度 ± 0.001 mm, 表面粗糙度 Ra 0.05 μm 。满足高密度电子元件的轻薄化需求。

石化工业：

加工管道阀门、泵体和压缩机壳体，工件材料为不锈钢和钛合金， V_c 80-150 m/min, ap 1-2.5 mm, fn 0.08-0.15 mm/tooth。耐腐蚀性提升 30%，2025 年智能监控减少加工缺陷 10%-15%。

国防工业：

加工坦克装甲板、导弹外壳和炮管，工件材料为高强度钢和复合材料， V_c 100-200 m/min, ap 1-3 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth。耐磨性提升加工效率 20%-25%，满足高安全性和高精度要求。

新能源行业：

加工风电叶片模具和太阳能支架，工件材料为玻璃纤维增强复合材料或铝合金， V_c 120-250 m/min, ap 1-3 mm, fn 0.08-0.15 mm/tooth。效率提升 15%-20%，碳足迹减少 10%，支持绿色能源发展。

医疗设备：

加工骨科植入物（如髌关节）和微型器械，工件材料为钛合金或 Co-Cr 合金， V_c 80-150 m/min, ap 0.3-0.8 mm, fn 0.04-0.1 mm/tooth, 精度 ± 0.0005 mm, 表面粗糙度 Ra 0.03 μm , 满足生物相容性要求。

珠宝加工：

加工贵金属（如金、铂）和宝石镶嵌件， V_c 50-120 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.03-0.08 mm/tooth, 精度 ± 0.0002 mm, 适合高端定制和精细雕刻。



[版权与免责声明](#)

什么是硬质合金高速切削铣刀？

硬质合金高速切削铣刀是一种高性能切削工具，采用硬质合金材料制造，专为高速加工设计，能够在高切削速度下高效去除材料，广泛应用于金属和非金属材料的精密加工。其结合了硬质合金的高硬度、耐热性和耐磨性，适用于航空航天、汽车制造等需要高效率 and 高质量表面处理的场景。硬质合金高速切削铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密加工工艺制成，常配备涂层以提升性能，适用于数控机床和高转速加工中心。

1. 硬质合金高速切削铣刀的结构与材料

硬质合金高速切削铣刀通常由整体硬质合金制成或以硬质合金刀头焊接/镶嵌于钢体，直径范围 6-100 mm，长度 50-300 mm，确保与高速主轴的匹配。刀具刃部设计为多齿结构（齿数 2-20 齿），刃部几何参数（如螺旋角 35°-50°、前角 5°-15°）经优化以适应高速切削，表面常施加 TiAlN 或 AlCrN 涂层（厚度 2-4 μm），耐热性达 1150°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.3-1.5 μm，钴（Co）含量 6%-10%，添加 TiC 和 VC 提高耐热性。

结构特点：整体硬质合金刀具硬度 HV 1800-2200，钢体支持设计硬度 HRC 40-45，刀具同轴度 ≤ 0.005 mm。

2. 硬质合金高速切削铣刀工作原理

通过超高速旋转（切削速度 Vc 200-1000 m/min），刀具快速切入工件，端齿和周齿协同完成端面和侧面加工，切屑在高温高压下通过优化齿槽排出。切削参数包括 Vc 200-1000 m/min，fn 0.05-0.2 mm/tooth，ap 0.2-4 mm。高效冷却液（如油基或合成切削液，流量 ≥ 25 L/min）或高压空气冷却控制温度（< 800°C），2025 年结合 IoT 和 AI 技术实现实时监控，切削效率提升 25%-30%，精度达 IT5-IT7 级。

3. 硬质合金高速切削铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2200，适合 HRC 60 以下材料。

优异耐热性：涂层耐热 1150°C，适应超高速切削。

极佳耐磨性：VB ≤ 0.15 mm（500-1000 小时），寿命延长 6-10 倍。

高效率：切削速度高达 1000 m/min，加工效率提升 30%-50%。

稳定性：抗弯强度 ≥ 2400 MPa，适合高速间歇切削。

环保性：干切削或微量润滑减少冷却液使用 40%-50%。

4. 硬质合金高速切削铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-10%，硬度与韧性平衡	高	6% 精度，10% 重负荷	6% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	200-1000 m/min，过高磨损	高	硬材减 15%	Vc 1100 m/min 磨损 8%
进给率 (fn)	0.05-0.2 mm/tooth	中	高速减 0.05 mm/tooth	fn 0.25 切削力增 35%

版权与免责声明

切削深度 (ap)	0.2-4 mm, 过深振动	中	分层 0.5 mm/层	ap 5 mm 振动增 20%
涂层厚度	2-4 μm, 过厚剥落	高	优化 2.5-3 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

5. 硬质合金高速切削铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 350-450 rpm	50-70 小时	均匀分散	CV < 1.5%
压制成型	220-280 MPa	25-35 秒	坯件成型	密度 14.5-16 g/cm ³
烧结	1450-1600°C, HIP	2.5-3.5 小时	致密化	密度 99.2%-99.9%
刃部修整	金刚石砂轮 #1200-#1500	修整 0.003-0.008 mm	精度优化	Ra ≤ 0.08 μm
涂层处理	PVD 沉积 TiAlN	厚度 2-4 μm	耐热性提升	附着力 > 80 N

6. 硬质合金高速切削铣刀的种类

整体式高速铣刀：直径 6-20 mm, Vc 400-1000 m/min, 适合小直径精密加工。

可转位高速铣刀：刀片 4-16 片, Vc 300-800 m/min, 适合大面积切削。

涂层高速铣刀：TiAlN 涂层, Vc 500-1000 m/min, 寿命延长 40%-60%。

球头高速铣刀：直径 10-50 mm, Vc 200-600 m/min, 适合复杂曲面加工。

槽铣刀：齿数 4-10, Vc 300-700 m/min, 减振 15%-25%。

7. 硬质合金高速切削铣刀的应用

硬质合金高速切削铣刀因其高效率和适应性，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

航空航天：

加工钛合金（如 Ti-6Al-4V）和铝合金机身部件, Vc 400-800 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.05-0.15 mm/tooth。适用于机翼肋板和发动机外壳, 加工精度 IT5 级, 表面粗糙度 Ra 0.05-0.1 μm。2025 年 AI 优化减少加工时间 20%-30%, 满足轻量化需求。

汽车制造：

加工铝合金缸盖、镁合金轮毂和钢制曲轴, Vc 300-600 m/min, ap 1-3 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth。效率提升 40%, 表面粗糙度 Ra 0.1-0.15 μm, 干切削减少冷却液 50%, 支持高产线需求。

模具制造：

精加工塑料模具和冲压模具, 工件材料为 P20 钢或 H13 钢, Vc 500-1000 m/min, ap 0.3-1.5 mm, fn 0.05-0.12 mm/tooth。精度 IT6 级, Ra 0.04-0.08 μm, 换刀时间减少 35%, 提升模具寿命。

能源设备：

加工风电叶片模具和燃气轮机叶片, 工件材料为复合材料或 Inconel, Vc 200-500 m/min, ap 1-2.5 mm, fn 0.08-0.15 mm/tooth。耐热性提升 30%, 2025 年 IoT 监控减少废料 15%, 支持绿色能源。

电子行业：

加工铝合金手机外壳和 PCB 支架, Vc 600-1000 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.04-0.1 mm/tooth。精度 ±0.001 mm, Ra 0.03-0.05 μm, 满足高精度电子元件需求。

版权与免责声明

重型机械：

加工大型齿轮和机床导轨，工件材料为 42CrMo 钢，Vc 200-400 m/min，ap 2-4 mm，fn 0.12-0.2 mm/tooth，切削力 600-800 N。寿命延长 50%，适合高负荷加工。

医疗设备：

加工钛合金骨科植入物，Vc 300-500 m/min，ap 0.3-0.8 mm，fn 0.04-0.1 mm/tooth。精度 ± 0.0005 mm，Ra 0.02-0.04 μ m，满足生物相容性要求。

铁路交通：

加工高铁车轮和轨枕，工件材料为球墨铸铁，Vc 300-600 m/min，ap 1.5-3 mm，fn 0.1-0.18 mm/tooth。耐磨性提升 25%，效率提高 20%。

船舶工业：

加工船用钢板和螺旋桨，Vc 200-400 m/min，ap 2-4 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 40%，干切削减少环境影响 30%。

国防工业：

加工装甲板和导弹部件，工件材料为高强度钢，Vc 250-500 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。耐磨性提升 30%，满足高强度要求。

石化工业：

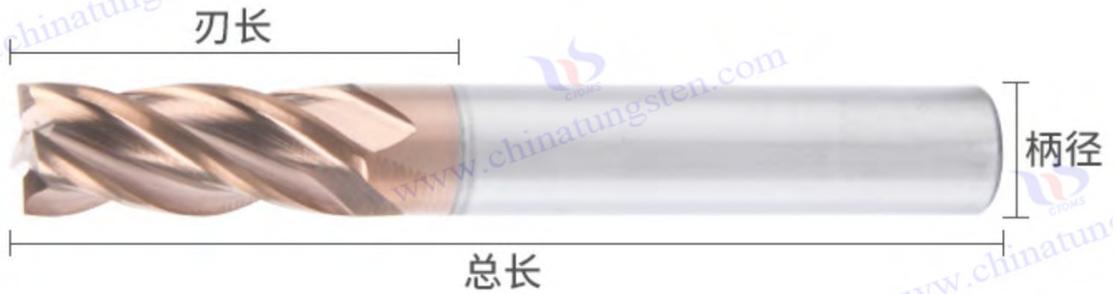
加工阀体和管道接头，工件材料为不锈钢，Vc 200-400 m/min，ap 1-2.5 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。耐腐蚀性提升 25%，减少加工缺陷 10%。

新能源行业：

加工太阳能框架和电池外壳，工件材料为铝合金，Vc 400-800 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.06-0.12 mm/tooth。效率提升 25%，碳排放减少 15%。

珠宝加工：

加工贵金属饰品，Vc 200-400 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.03-0.08 mm/tooth。精度 ± 0.0001 mm，适合精细雕刻。



版权与免责声明

什么是硬质合金圆角铣刀？

硬质合金圆角铣刀是一种高性能切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头具有圆角（即球头或球端）设计，广泛用于金属和非金属材料的复杂曲面加工。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和良好的切削性能，特别适合航空航天、模具制造等需要高精度和光滑表面处理的场景。硬质合金圆角铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金圆角铣刀的结构与材料

硬质合金圆角铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 1-25 mm，长度 50-150 mm，刀头呈球形或圆角设计，齿数 2-6 齿，具体取决于直径和应用。刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 2°-10°）通过精密磨削优化，刀具表面常施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.2 μm，钴（Co）含量 5%-8%，添加 TaC 和 NbC 增强韧性和耐热性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV 1700-2000，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，圆角半径精度 ±0.005 mm。

2. 硬质合金圆角铣刀工作原理

通过旋转，圆角刀头沿复杂曲面轨迹切削工件，球形端部实现三维轮廓加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 100-600 m/min，fn 0.02-0.1 mm/tooth，ap 0.1-2 mm。冷却液（如水基切削液，流量 ≥ 15 L/min）或干切削控制温度（< 700°C），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金圆角铣刀特性

高硬度：HV 1700-2000，适合 HRC 55 以下材料。

良好耐磨性：VB ≤ 0.2 mm（400-800 小时），寿命延长 4-6 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中高速切削。

高精度：圆角设计确保光滑过渡，表面粗糙度 Ra 0.02-0.1 μm。

灵活性：适配多种复杂几何形状，适合多轴加工。

环保性：干切削减少冷却液 20%-30%。

4. 硬质合金圆角铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-8%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，8% 韧性	5% Co HV 1800
切削速度 (Vc)	100-600 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 650 m/min 磨损 6%
进给率 (fn)	0.02-0.1 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.12 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.1-2 mm，过深振动	高	分层 0.3 mm/层	ap 2.5 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 8%

版权与免责声明

5. 硬质合金圆角铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	180-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15 g/cm ³
烧结	1400-1500°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 98.5%-99.5%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.06 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 60 N

6. 硬质合金圆角铣刀的种类

短刃圆角铣刀：直径 1-10 mm，Vc 200-400 m/min，适合浅层精加工。

长刃圆角铣刀：直径 10-25 mm，Vc 100-300 m/min，适合深腔加工。

涂层圆角铣刀：AlTiN 涂层，Vc 300-600 m/min，寿命延长 30%-40%。

微型圆角铣刀：直径 0.1-2 mm，Vc 100-200 m/min，适合微型零件。

粗加工圆角铣刀：齿数 4-6，Vc 150-350 m/min，适合快速材料去除。

7. 硬质合金圆角铣刀的应用

硬质合金圆角铣刀因其圆角设计和精密加工能力，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：
航空航天：

加工钛合金(如 Ti-6Al-4V)和铝合金复杂曲面，如机翼蒙皮和叶片根部，Vc 200-400 m/min，ap 0.1-1 mm，fn 0.02-0.08 mm/tooth。精度 IT6 级，Ra 0.02-0.05 μm，2025 年 AI 优化减少加工时间 15%-20%，满足高强度轻量化需求。

模具制造：

精加工注塑模和压铸模的复杂轮廓，工件材料为 P20 钢或 H13 钢，Vc 300-500 m/min，ap 0.2-1.5 mm，fn 0.03-0.1 mm/tooth。精度 IT7 级，Ra 0.02-0.04 μm，减少换刀 30%，提升模具表面质量。

汽车制造：

加工缸盖和涡轮增压器叶轮的曲线特征，工件材料为铝合金或铸铁，Vc 200-350 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.04-0.1 mm/tooth。效率提升 20%，Ra 0.03-0.06 μm，干切削减少冷却液 25%。

能源设备：

加工风电叶片模具和涡轮叶片的曲面结构，工件材料为复合材料或不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。耐热性提升 20%，2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业：

加工手机中框和电路板支架的 3D 曲线，工件材料为铝合金，Vc 300-600 m/min，ap 0.1-0.8 mm，fn 0.02-0.06 mm/tooth。精度 ±0.001 mm，Ra 0.01-0.03 μm，满足高精度需求。

医疗设备：

加工钛合金人工关节和牙科植入物的复杂表面，Vc 100-250 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 ±0.0003 mm，Ra 0.01-0.02 μm，符合生物相容性标准。

国防工业：

版权与免责声明

加工导弹外壳和雷达罩的曲面特征，工件材料为高强度钢， V_c 200-400 m/min， a_p 0.3-1.5 mm， f_n 0.03-0.08 mm/tooth。耐磨性提升 25%，满足高可靠性要求。

船舶工业：

加工螺旋桨叶片和船体曲面，工件材料为青铜或不锈钢， V_c 150-300 m/min， a_p 0.5-2 mm， f_n 0.04-0.1 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%，减少加工变形 15%。

珠宝加工：

加工贵金属（如金、铂）的精细雕刻和镶嵌， V_c 100-200 m/min， a_p 0.05-0.3 mm， f_n 0.01-0.04 mm/tooth。精度 ± 0.0001 mm，适合高端定制。

新能源行业：

加工太阳能电池板框架的曲面连接，工件材料为铝合金， V_c 200-400 m/min， a_p 0.3-1 mm， f_n 0.03-0.08 mm/tooth。效率提升 15%，碳足迹减少 10%。

重型机械：

加工大型齿轮的过渡曲面，工件材料为 40CrNiMo 钢， V_c 150-300 m/min， a_p 0.5-2 mm， f_n 0.05-0.1 mm/tooth。寿命延长 35%，减少应力集中。

石化工业：

加工阀体和管道接头的曲面特征，工件材料为不锈钢， V_c 150-300 m/min， a_p 0.3-1.5 mm， f_n 0.04-0.08 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%，减少加工缺陷 10%。

家具制造：

加工木质或复合材料家具的装饰曲线， V_c 200-400 m/min， a_p 0.2-1 mm， f_n 0.03-0.07 mm/tooth。表面光滑度 R_a 0.02-0.05 μm ，效率提升 20%。



版权与免责声明

什么是硬质合金半圆键槽铣刀？

硬质合金半圆键槽铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为半圆形或木匠槽形，广泛用于加工键槽、槽道和半圆形凹槽，特别适用于机械制造中需要高精度和光滑内表面的场景。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和抗冲击性，适合加工钢、铸铁和有色金属。硬质合金半圆键槽铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 TiN 或 AlTiN 涂层以提升性能，适用于数控机床和传统铣床。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金半圆键槽铣刀的结构与材料

硬质合金半圆键槽铣刀通常为整体硬质合金结构或硬质合金刀头焊接于钢柄，直径范围 3-50 mm，长度 50-200 mm，刀头半圆直径与刀体直径匹配，齿数 2-4 齿。刃部几何参数（如螺旋角 20°-35°、前角 0°-5°）经优化以适应槽加工，表面可施加 TiN 或 AlTiN 涂层（厚度 1.5-3 μm），耐热性达 1000°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.5-1.5 μm，钴（Co）含量 6%-10%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV 1600-1900，钢柄硬度 HRC 40-45，刀具同轴度 ≤ 0.005 mm。

2. 硬质合金半圆键槽铣刀工作原理

通过旋转，半圆刀头沿工件轴向或径向切削，形成半圆形槽或键槽，切屑通过刀齿间隙排出。切削参数包括 Vc 50-300 m/min，fn 0.03-0.15 mm/tooth，ap 0.5-5 mm。冷却液（如油基切削液，流量 ≥ 10 L/min）或干切削控制温度（< 600°C），2025 年结合传感器监测，切削效率提升 10%-15%，精度达 IT7-IT9 级。

3. 硬质合金半圆键槽铣刀特性

高硬度：HV 1600-1900，适合 HRC 50 以下材料。

良好耐磨性：VB ≤ 0.25 mm（300-600 小时），寿命延长 3-5 倍。

适中耐热性：涂层耐热 1000°C，适合中速切削。

高精度：半圆槽光滑度 Ra 0.2-0.4 μm，尺寸公差 ±0.01 mm。

抗冲击性：抗弯强度 ≥ 2000 MPa，适合间歇切削。

经济性：整体设计减少更换频率，降低成本。

4. 硬质合金半圆键槽铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-10%，硬度与韧性平衡	高	6% 精度，10% 韧性	6% Co HV 1700
切削速度 (Vc)	50-300 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 350 m/min 磨损 5%
进给率 (fn)	0.03-0.15 mm/tooth	中	精加工 0.03 mm/tooth	fn 0.18 切削力增 25%
切削深度 (ap)	0.5-5 mm，过深振动	高	分层 1 mm/层	ap 6 mm 振动增 20%
涂层厚度	1.5-3 μm，过厚剥落	中	优化 2-2.5 μm	< 1.5 μm 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金半圆键槽铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 250-350 rpm	40-50 小时	均匀分散	CV < 2.5%
压制成型	180-220 MPa	15-25 秒	坯件成型	密度 13.5-15 g/cm ³
烧结	1400-1450°C, HIP	1.5-2.5 小时	致密化	密度 98%-99%
刃部修整	金刚石砂轮 #800-#1000	修整 0.005-0.01 mm	精度优化	Ra ≤ 0.1 μm
涂层处理	PVD 沉积 TiN	厚度 1.5-3 μm	耐热性提升	附着力 > 50 N

6. 硬质合金半圆键槽铣刀的种类

标准半圆键槽铣刀：直径 3-20 mm，Vc 100-250 m/min，适合通用键槽加工。

长刃半圆键槽铣刀：直径 20-50 mm，Vc 50-150 m/min，适合深槽加工。

涂层半圆键槽铣刀：TiN 涂层，Vc 150-300 m/min，寿命延长 25%-35%。

微型半圆键槽铣刀：直径 1-5 mm，Vc 50-100 m/min，适合小零件加工。

粗加工半圆键槽铣刀：齿数 3-4，Vc 80-200 m/min，适合快速材料去除。

7. 硬质合金半圆键槽铣刀的应用

硬质合金半圆键槽铣刀因其半圆设计和专用性，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

机械制造：

加工轴类零件上的键槽和同步带轮槽，工件材料为 45# 钢或 40Cr，Vc 100-200 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。精度 IT7 级，Ra 0.2-0.3 μm，2025 年传感器优化减少加工误差 10%。

汽车制造：

加工变速箱轴的键槽和联轴器槽，工件材料为铸铁或铝合金，Vc 150-250 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。效率提升 15%，Ra 0.2-0.25 μm，干切削减少冷却液 20%。

模具制造：

加工模具中的导柱槽和定位槽，工件材料为 Cr12MoV 钢，Vc 80-150 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。精度 IT8 级，Ra 0.25-0.4 μm，寿命延长 20%。

能源设备：

加工风电齿轮轴的键槽，工件材料为 42CrMo 钢，Vc 100-200 m/min，ap 1.5-4 mm，fn 0.06-0.12 mm/tooth。耐磨性提升 15%，2025 年 IoT 监控减少废料 8%。

铁路交通：

加工车轮轴的键槽和连接槽，工件材料为球墨铸铁，Vc 80-150 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。耐冲击性提升 20%，效率提高 12%。

船舶工业：

加工 propeller 轴的键槽，工件材料为不锈钢，Vc 50-100 m/min，ap 1-2.5 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 25%，减少加工变形 10%。

重型机械：

加工大型齿轮轴的键槽，工件材料为高强度钢，Vc 80-150 m/min，ap 2-5 mm，fn 0.06-0.12 mm/tooth。切削力 500-700 N，寿命延长 30%。

石化工业：

加工泵体和阀杆的键槽，工件材料为不锈钢，Vc 50-120 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.04-0.08

版权与免责声明

mm/tooth。耐腐蚀性提升 15%，减少加工缺陷 5%。

国防工业：

加工坦克传动轴的键槽，工件材料为高强度钢，Vc 100-200 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。耐磨性提升 20%，满足高可靠性需求。

农业机械：

加工拖拉机轴的键槽，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 80-150 m/min，ap 1-2.5 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。效率提升 10%，Ra 0.3-0.35 μm 。

电子行业：

加工电机轴的微型键槽，工件材料为铝合金，Vc 100-200 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。精度 ± 0.01 mm，Ra 0.2 μm 。

家具制造：

加工木质机械部件的装饰槽，工件材料为硬木，Vc 50-100 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.25 μm ，效率提升 15%。

建筑机械：

加工挖掘机轴的键槽，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 80-150 m/min，ap 1.5-4 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。寿命延长 25%，减少应力集中 10%。



1

什么是硬质合金模具铣刀？

硬质合金模具铣刀是一种高性能切削工具，采用硬质合金材料制造，专为模具制造行业设计，适用于加工复杂形状的模具型腔、轮廓和细微结构。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，特别适合加工高硬度钢、预硬钢和难加工材料，如航空航天和汽车模具。硬质合金模具铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiSiN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和高速加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金模具铣刀的结构与材料

硬质合金模具铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 1-20 mm，长度 50-150 mm，刀头设计为球头、圆角或平底形式，齿数 2-6 齿，具体取决于加工需求。刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 2°-10°）经优化以适应模具复杂几何，表面可施加 AlTiN 或 TiSiN 涂层（厚度 2-4 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TiC 和 NbC 增强韧性和耐热性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV 1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金模具铣刀工作原理

通过旋转，刀头沿模具型腔或轮廓轨迹切削，球头或圆角设计实现三维曲面加工，切屑通过优化螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 150-800 m/min, fn 0.02-0.1 mm/tooth, ap 0.1-3 mm。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 800^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和实时监测，切削效率提升 20%-25%，精度达 IT5-IT7 级。

3. 硬质合金模具铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性：VB $\leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应高速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.08 μm ，适合精细模具。

多功能性：适配复杂曲面和深腔加工，灵活性高。

环保性：干切削减少冷却液 30%-40%。

4. 硬质合金模具铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	150-800 m/min，过高磨损	中	硬材减 15%	Vc 900 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.1 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.12 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.1-3 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 4 mm 振动增 18%
涂层厚度	2-4 μm ，过厚剥落	中	优化 2.5-3 μm	$< 2\text{ }\mu\text{m}$ 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金模具铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-4 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

6. 硬质合金模具铣刀的种类

球头模具铣刀：直径 1-15 mm，Vc 200-600 m/min，适合复杂曲面。

圆角模具铣刀：直径 3-20 mm，Vc 150-500 m/min，适合过渡表面。

平底模具铣刀：直径 5-20 mm，Vc 300-800 m/min，适合平面加工。

涂层模具铣刀：AlTiN 涂层，Vc 400-800 m/min，寿命延长 40%-50%。

长刃模具铣刀：长度 100-150 mm，Vc 150-400 m/min，适合深腔。

7. 硬质合金模具铣刀的应用

硬质合金模具铣刀因其高精度和多功能性，在模具制造领域得到广泛应用，具体如下：

汽车模具制造：

加工冲压模和注塑模的型腔，工件材料为 P20 钢或 H13 钢，Vc 300-600 m/min，ap 0.2-1.5 mm，fn 0.03-0.08 mm/tooth。精度 IT6 级，Ra 0.02-0.05 μm，2025 年 AI 优化减少加工时间 20%。

航空航天模具：

加工钛合金和铝合金模具型腔，如机翼成型模，Vc 200-400 m/min，ap 0.1-1 mm，fn 0.02-0.06 mm/tooth。精度 IT5 级，Ra 0.01-0.03 μm，满足高强度要求。

电子模具制造：

加工手机外壳和连接器模具，工件材料为预硬钢，Vc 400-800 m/min，ap 0.1-0.8 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 ±0.001 mm，Ra 0.01-0.02 μm。

塑料模具制造：

加工注塑模具的复杂轮廓，工件材料为 718 钢，Vc 300-500 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。效率提升 25%，Ra 0.02-0.04 μm。

压铸模具制造：

加工压铸模的深腔和侧壁，工件材料为 H11 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.1 mm/tooth。耐热性提升 20%，寿命延长 30%。

能源设备模具：

加工风电叶片模具，工件材料为复合材料或预硬钢，Vc 200-400 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.03-0.08 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

医疗模具制造：

加工医疗器械模具，如注射器模具，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.02-0.06 mm/tooth。精度 ±0.0005 mm，Ra 0.01 μm。

国防工业模具：

版权与免责声明

加工导弹外壳模具，工件材料为高强度钢，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。耐磨性提升 25%，满足高可靠性。

家电模具制造：

加工电视外壳模具，工件材料为 ABS 塑料钢模，Vc 300-600 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.08 mm/tooth。效率提升 20%，Ra 0.03 μ m。

船舶工业模具：

加工船体部件模具，工件材料为耐腐蚀钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.1 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械模具：

加工齿轮模具型腔，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。寿命延长 35%，减少应力集中。

新能源模具：

加工太阳能电池板模具，工件材料为铝合金，Vc 200-500 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。效率提升 15%，碳足迹减少 10%。

珠宝模具制造：

加工贵金属模具的精细结构，工件材料为硬质合金，Vc 100-200 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.01-0.04 mm/tooth。精度 ± 0.0001 mm，适合高端定制。



什么是硬质合金锯片铣刀？

硬质合金锯片铣刀是一种高效率切削工具，采用硬质合金材料制造，刀体呈薄圆盘状，周边设有多个锯齿，广泛用于金属和非金属材料的槽加工、分切和切断作业。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和良好的切削性能，特别适合需要高速切削和精确分隔的场景，如汽车零部件和电子元件加工。硬质合金锯片铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 TiAlN 或 CrN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和专用切削设备。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金锯片铣刀的结构与材料

硬质合金锯片铣刀通常为整体硬质合金或硬质合金齿焊接于钢基体，直径范围 50-300 mm，厚度 0.5-5 mm，齿数 20-100 齿，具体取决于直径和切削需求。刃部几何参数（如齿形角 5°-15°、前角 0°-5°）经优化以适应薄壁切削，表面可施加 TiAlN 或 CrN 涂层（厚度 2-3 μm），耐热性达 1050°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.5-1.5 μm，钴（Co）含量 6%-10%，添加 VC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV 1700-2000，钢基体硬度 HRC 40-45，刀具同轴度 ≤ 0.005 mm。

2. 硬质合金锯片铣刀工作原理

通过高速旋转，锯齿沿工件表面切入，完成槽切削、分切或切断，切屑通过齿间间隙排出。切削参数包括 Vc 200-800 m/min，fn 0.02-0.1 mm/tooth，ap 0.1-2 mm（切深）。冷却液（如油基切削液，流量 ≥ 20 L/min）或干切削控制温度（< 700°C），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金锯片铣刀特性

高硬度：HV 1700-2000，适合 HRC 55 以下材料。

优异耐磨性：VB ≤ 0.2 mm（400-800 小时），寿命延长 4-6 倍。

良好耐热性：涂层耐热 1050°C，适应高速切削。

高效率：适合薄壁和高精度分切，切削速度达 800 m/min。

稳定性：抗弯强度 ≥ 2200 MPa，适合间歇切削。

经济性：可重磨使用，降低长期成本。

4. 硬质合金锯片铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-10%，硬度与韧性平衡	高	6% 精度，10% 韧性	6% Co HV 1800
切削速度 (Vc)	200-800 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 900 m/min 磨损 6%
进给率 (fn)	0.02-0.1 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.12 切削力增 25%
切削深度 (ap)	0.1-2 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2.5 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 8%

5. 硬质合金锯片铣刀性能生产工艺表

版权与免责声明

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15 g/cm ³
烧结	1400-1500°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 98.5%-99.5%
齿部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.005-0.01 mm	精度优化	Ra ≤ 0.1 μm
涂层处理	PVD 沉积 TiAlN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 60 N

6. 硬质合金锯片铣刀的种类

标准锯片铣刀：直径 50-150 mm，Vc 300-600 m/min，适合通用切削。

薄片锯片铣刀：厚度 0.5-2 mm，Vc 400-800 m/min，适合精密分切。

涂层锯片铣刀：TiAlN 涂层，Vc 500-800 m/min，寿命延长 35%-45%。

大直径锯片铣刀：直径 150-300 mm，Vc 200-400 m/min，适合重型切削。

微型锯片铣刀：直径 20-50 mm，Vc 200-500 m/min，适合小零件加工。

7. 硬质合金锯片铣刀的应用

硬质合金锯片铣刀因其薄壁设计和高效率，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

汽车制造：

加工铝合金轮毂和钢制刹车盘的槽分切，Vc 400-600 m/min，ap 0.1-1 mm，fn 0.02-0.06 mm/tooth。精度 IT7 级，Ra 0.2-0.3 μm，2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

电子行业：

切断 PCB 板和铝外壳，Vc 500-800 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 ±0.01 mm，Ra 0.15-0.25 μm，效率提升 20%。

航空航天：

加工钛合金和铝合金薄壁部件的分切，Vc 300-500 m/min，ap 0.1-1 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 IT6 级，Ra 0.1-0.2 μm，满足轻量化需求。

模具制造：

加工模具的分隔槽，工件材料为 P20 钢，Vc 300-500 m/min，ap 0.2-1.5 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。寿命延长 30%，Ra 0.2 μm。

能源设备：

切削风电叶片模具的分离槽，工件材料为复合材料，Vc 200-400 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

船舶工业：

加工钢板和铝板的切断，Vc 200-400 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 25%，效率提升 15%。

重型机械：

加工齿轮和轴的槽分切，工件材料为 42CrMo 钢，Vc 200-300 m/min，ap 1-2 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。切削力 400-600 N，寿命延长 35%。

铁路交通：

切削轨道扣件和车轮槽，工件材料为球墨铸铁，Vc 200-400 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。耐磨性提升 20%。

国防工业：

版权与免责声明

加工装甲板的分切, 工件材料为高强度钢, V_c 250-500 m/min, a_p 0.5-1.5 mm, f_n 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%, 满足高强度需求。

石化工业:

切削管道和阀体槽, 工件材料为不锈钢, V_c 200-400 m/min, a_p 0.5-1.5 mm, f_n 0.04-0.07 mm/tooth。耐腐蚀性提升 15%, 减少加工缺陷 5%。

家具制造:

加工木质板材的槽分切, V_c 300-600 m/min, a_p 0.2-1 mm, f_n 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 R_a 0.2 μm , 效率提升 15%。

新能源行业:

切削太阳能框架的分离槽, 工件材料为铝合金, V_c 400-700 m/min, a_p 0.1-1 mm, f_n 0.02-0.05 mm/tooth。效率提升 20%, 碳足迹减少 10%。

建筑材料:

加工水泥板和石膏板的切断, V_c 200-400 m/min, a_p 0.5-2 mm, f_n 0.04-0.08 mm/tooth。耐尘性提升 15%, 减少磨损 10%。



什么是硬质合金圆柱铣刀？

硬质合金圆柱铣刀是一种通用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀体呈圆柱形，周边设有直齿或螺旋齿，广泛用于平面加工、槽切削和侧面铣削。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和良好的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属等材料，特别适用于机械制造和模具加工。硬质合金圆柱铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 TiN 或 AlTiN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和传统铣床。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金圆柱铣刀的结构与材料

硬质合金圆柱铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 5-50 mm，长度 50-200 mm，齿数 4-20 齿，具体取决于直径和用途。刃部几何参数（如螺旋角 0° - 45° 、前角 5° - 15° ）经优化以适应平面和槽加工，表面可施加 TiN 或 AlTiN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1000°C 。

材料组成：碳化钨粒径 0.5-1.5 μm ，钴（Co）含量 6%-10%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1700-2000，刀具同轴度 ≤ 0.005 ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金圆柱铣刀工作原理

通过旋转，圆柱刀体沿工件表面切削，齿部完成平面或槽的加工，切屑通过齿间间隙排出。切削参数包括 V_c 100-500 m/min， f_n 0.05-0.2 mm/tooth， a_p 0.5-5 mm。冷却液（如水基切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 600^{\circ}\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金圆柱铣刀特性

高硬度：HV 1700-2000，适合 HRC 55 以下材料。

良好耐磨性： $VB \leq 0.2\text{ mm}$ （400-800 小时），寿命延长 4-6 倍。

适中耐热性：涂层耐热 1000°C ，适应中速切削。

高效率：适合大面积平面加工，切削速度达 500 m/min。

稳定性：抗弯强度 $\geq 2100\text{ MPa}$ ，适合间歇切削。

经济性：可重磨使用，降低成本。

4. 硬质合金圆柱铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-10%，硬度与韧性平衡	高	6% 精度，10% 韧性	6% Co HV 1800
切削速度 (Vc)	100-500 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 550 m/min 磨损 5%
进给率 (fn)	0.05-0.2 mm/tooth	中	精加工 0.05 mm/tooth	fn 0.25 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.5-5 mm，过深振动	高	分层 1 mm/层	ap 6 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm ，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	$< 2\text{ }\mu\text{m}$ 耐热性降 8%

5. 硬质合金圆柱铣刀性能生产工艺表

版权与免责声明

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15 g/cm ³
烧结	1400-1500°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 98.5%-99.5%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.005-0.01 mm	精度优化	Ra ≤ 0.1 μm
涂层处理	PVD 沉积 TiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 60 N

6. 硬质合金圆柱铣刀的种类

直齿圆柱铣刀：直径 5-30 mm，Vc 100-300 m/min，适合平面加工。

螺旋齿圆柱铣刀：直径 10-50 mm，Vc 200-500 m/min，适合槽切削。

粗齿圆柱铣刀：齿数 4-8，Vc 150-400 m/min，适合粗加工。

细齿圆柱铣刀：齿数 10-20，Vc 200-500 m/min，适合精加工。

涂层圆柱铣刀：AlTiN 涂层，Vc 300-500 m/min，寿命延长 30%-40%。

7. 硬质合金圆柱铣刀的应用

硬质合金圆柱铣刀因其通用性和高效性，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

机械制造：

加工机床床身和导轨平面，工件材料为 45# 钢，Vc 200-400 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。精度 IT7 级，Ra 0.2-0.3 μm，2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造：

加工缸体和曲轴的槽面，工件材料为铸铁，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。效率提升 20%，Ra 0.25 μm。

模具制造：

加工模具底面和侧槽，工件材料为 P20 钢，Vc 200-500 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。精度 IT6 级，Ra 0.15-0.2 μm。

航空航天：

加工铝合金机身面板，Vc 300-500 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.06-0.12 mm/tooth。精度 IT6 级，Ra 0.1-0.15 μm，满足轻量化需求。

能源设备：

加工风电转子 hub 表面，工件材料为 42CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。寿命延长 30%，2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

铁路交通：

加工车轮和轨枕平面，工件材料为球墨铸铁，Vc 150-300 m/min，ap 1-2.5 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。耐磨性提升 20%。

船舶工业：

加工船体钢板的槽面，Vc 100-250 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 25%，效率提升 15%。

重型机械：

加工大型齿轮面，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 2-4 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。切削力 600-800 N，寿命延长 35%。

电子行业：

版权与免责声明

加工铝合金外壳的平面，Vc 300-500 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。精度 ± 0.01 mm，Ra 0.15 μ m。

石化工业：

加工阀体和管道的槽面，工件材料为不锈钢，Vc 100-250 m/min，ap 1-2.5 mm，fn 0.06-0.12 mm/tooth。耐腐蚀性提升 15%，减少加工缺陷 5%。

国防工业：

加工装甲板表面，工件材料为高强度钢，Vc 150-300 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。耐磨性提升 25%，满足高强度要求。

家具制造：

加工木质板材的平面，Vc 200-400 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.08-0.15 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.2 μ m，效率提升 15%。

新能源行业：

加工太阳能支架平面，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.06-0.12 mm/tooth。效率提升 20%，碳足迹减少 10%。



中钨智造科技有限公司 30年硬质合金定制专家

核心优势

30年经验：深谙硬质合金生产加工，技术成熟稳定，不断精进。

精准定制：支持特殊性能与复杂设计，重视客户+AI协同设计。

质量成本：优化模具与加工，性价比卓越；领先设备，RMI、ISO 9001 认证。

服务客户

产品涵盖切削、工模具、航空、能源、电子等领域，已服务 10+万客户。

服务承诺

10+亿次访问、100+万网页、10+万客户、30年0抱怨！

联系我们

邮箱：sales@chinatungsten.com

电话：+86 592 5129696

官网：www.ctia.com.cn

微信：关注“中钨在线”



版权与法律责任声明

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

什么是硬质合金面铣刀？

什么是硬质合金面铣刀？

硬质合金面铣刀是一种高效切削工具，采用硬质合金材料制造，刀体设计为圆盘形，端面设有多个切削齿，广泛用于大面积平面加工和粗精加工。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，特别适用于机械制造和模具行业。硬质合金面铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金面铣刀的结构与材料

硬质合金面铣刀通常为整体硬质合金或硬质合金刀片焊接/可转位式设计，直径范围 25-315 mm，长度 30-150 mm，齿数 4-20 齿，具体取决于直径和加工需求。刃部几何参数（如螺旋角 10°-45°、前角 5°-15°）经优化以适应平面切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-4 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.5-1.5 μm ，钴（Co）含量 6%-12%，添加 TiC 增强耐热性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV 1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.005 mm，刀片夹紧精度 ± 0.01 mm。

2. 硬质合金面铣刀工作原理

通过旋转，端面齿沿工件表面切削，完成大面积平面或台阶加工，切屑通过齿间间隙排出。切削参数包括 Vc 150-600 m/min，fn 0.1-0.3 mm/tooth，ap 0.5-10 mm。冷却液（如油基切削液，流量 ≥ 20 L/min）或干切削控制温度（ $< 800^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 20%-25%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金面铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性：VB ≤ 0.15 mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应高速切削。

高效率：适合大面积平面加工，切削速度达 600 m/min。

稳定性：抗弯强度 ≥ 2300 MPa，适合重负荷切削。

多功能性：可粗加工和精加工，适应性强。

4. 硬质合金面铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-12%，硬度与韧性平衡	高	6% 精度，12% 韧性	6% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	150-600 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 650 m/min 磨损 6%
进给率 (fn)	0.1-0.3 mm/tooth	中	精加工 0.1 mm/tooth	fn 0.35 切削力增 25%
切削深度 (ap)	0.5-10 mm，过深振动	高	分层 2 mm/层	ap 12 mm 振动增 20%
涂层厚度	2-4 μm ，过厚剥落	中	优化 2.5-3 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金面铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 350-450 rpm	50-70 小时	均匀分散	CV < 1.5%
压制成型	220-280 MPa	25-35 秒	坯件成型	密度 14.5-16 g/cm ³
烧结	1450-1600°C, HIP	2.5-3.5 小时	致密化	密度 99%-99.9%
刃部修整	金刚石砂轮 #1200-#1500	修整 0.003-0.008 mm	精度优化	Ra ≤ 0.08 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-4 μm	耐热性提升	附着力 > 80 N

7. 硬质合金面铣刀的种类

粗齿面铣刀：齿数 4-8, Vc 150-400 m/min, 适合粗加工。

细齿面铣刀：齿数 10-20, Vc 300-600 m/min, 适合精加工。

可转位面铣刀：直径 50-315 mm, Vc 200-500 m/min, 适合大面积加工。

涂层面铣刀：AlTiN 涂层, Vc 400-600 m/min, 寿命延长 40%-50%。

小直径面铣刀：直径 25-80 mm, Vc 300-500 m/min, 适合小型工件。

6. 硬质合金面铣刀的应用

硬质合金面铣刀因其高效性和大面积加工能力，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

机械制造：

加工机床床身和导轨平面，工件材料为 45# 钢, Vc 200-400 m/min, ap 2-5 mm, fn 0.15-0.25 mm/tooth。精度 IT7 级, Ra 0.2-0.3 μm, 2025 年 AI 优化减少加工时间 20%。

汽车制造：

加工缸体和车架平面，工件材料为铸铁, Vc 150-300 m/min, ap 1-4 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth。效率提升 25%, Ra 0.25 μm。

模具制造：

加工模具底面和大型型腔，工件材料为 P20 钢, Vc 300-500 m/min, ap 1-3 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth。精度 IT6 级, Ra 0.15-0.2 μm。

航空航天：

加工铝合金机身面板, Vc 400-600 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth。精度 IT6 级, Ra 0.1-0.15 μm, 满足轻量化需求。

能源设备：

加工风电转子 hub 表面，工件材料为 42CrMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 2-6 mm, fn 0.15-0.3 mm/tooth。寿命延长 30%, 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

铁路交通：

加工车体和轨枕平面，工件材料为球墨铸铁, Vc 200-400 m/min, ap 2-5 mm, fn 0.15-0.25 mm/tooth。耐磨性提升 20%。

船舶工业：

加工船体钢板平面, Vc 150-300 m/min, ap 2-6 mm, fn 0.15-0.25 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 25%, 效率提升 15%。

重型机械：

加工大型齿轮和机架平面，工件材料为 40CrNiMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 3-10 mm,

版权与法律责任声明

fn 0.2-0.3 mm/tooth。切削力 800-1000 N，寿命延长 35%。

电子行业：

加工铝合金外壳平面，Vc 300-500 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。精度 ± 0.01 mm，Ra 0.15 μ m。

石化工业：

加工阀体和管道法兰平面，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 1-4 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。耐腐蚀性提升 15%，减少加工缺陷 5%。

国防工业：

加工装甲板表面，工件材料为高强度钢，Vc 200-400 m/min，ap 2-5 mm，fn 0.15-0.25 mm/tooth。耐磨性提升 25%，满足高强度要求。

新能源行业：

加工太阳能支架平面，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。效率提升 20%，碳足迹减少 10%。

建筑机械：

加工 excavator 臂板平面，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 2-5 mm，fn 0.15-0.25 mm/tooth。寿命延长 30%，减少应力集中 10%。



什么是硬质合金立铣刀？

硬质合金立铣刀是一种高精度切削工具，采用硬质合金材料制造，刀体呈立式设计，端部和周边设有切削齿，广泛用于加工复杂曲面、槽、孔和轮廓。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，特别适用于模具制造和航空航天行业。硬质合金立铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiSiN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金立铣刀的结构与材料

硬质合金立铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 1-25 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-6 齿，具体取决于直径和加工需求。刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 2°-10°）经优化以适应三维加工，表面可施加 AlTiN 或 TiSiN 涂层（厚度 2-3 μm），耐热性达 1100°C。

材料组成

碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm，钴（Co）含量 5%-9%，添加 NbC 增强韧性和耐热性。

结构特点

整体硬质合金硬度 HV 1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，刃部精度 ±0.005 mm。

2. 硬质合金立铣刀工作原理

通过旋转，端部和周边齿沿工件轨迹切削，完成复杂曲面、槽或孔的加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 100-600 m/min，fn 0.02-0.1 mm/tooth，ap 0.1-2 mm。冷却液（如合成切削液，流量 ≥ 15 L/min）或干切削控制温度（< 700°C），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT5-IT7 级。

3. 硬质合金立铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性：VB ≤ 0.15 mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应高速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.08 μm，适合精细加工。

多功能性：适配复杂几何形状，适合多轴加工。

环保性：干切削减少冷却液 30%-40%。

4. 硬质合金立铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-600 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 650 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.1 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.12 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.1-2 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2.5 mm 振动增 18%
涂层厚度	2-3 μm，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金立铣刀性能生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金立铣刀的种类

平底立铣刀：直径 1-15 mm, Vc 200-500 m/min, 适合平面和槽加工。

球头立铣刀：直径 1-20 mm, Vc 150-400 m/min, 适合复杂曲面。

圆角立铣刀：直径 3-25 mm, Vc 200-600 m/min, 适合过渡表面。

涂层立铣刀：AlTiN 涂层, Vc 300-600 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃立铣刀：长度 100-150 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深腔加工。

6. 硬质合金立铣刀的应用

硬质合金立铣刀因其高精度和多功能性，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

模具制造：

加工注塑模和压铸模的复杂轮廓，工件材料为 H13 钢, Vc 300-500 m/min, ap 0.2-1.5 mm, fn 0.03-0.08 mm/tooth。精度 IT7 级, Ra 0.02-0.04 μm, 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

航空航天：

加工钛合金和铝合金部件的曲面，如机翼蒙皮, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.06 mm/tooth。精度 IT5 级, Ra 0.01-0.03 μm。

汽车制造：

加工缸盖和涡轮增压器叶轮的槽，工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 0.3-1.5 mm, fn 0.04-0.1 mm/tooth。效率提升 20%, Ra 0.03-0.06 μm。

能源设备：

加工风电叶片模具的曲面结构，工件材料为复合材料, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.05-0.1 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业：

加工手机中框和电路板支架的 3D 曲线，工件材料为铝合金, Vc 400-600 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.06 mm/tooth。精度 ±0.001 mm, Ra 0.01-0.03 μm。

医疗设备：

加工钛合金人工关节的复杂表面, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 ±0.0003 mm, Ra 0.01-0.02 μm。

国防工业：

加工导弹外壳和雷达罩的曲面特征，工件材料为高强度钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.3-1.5 mm, fn 0.03-0.08 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工螺旋桨叶片的曲面，工件材料为青铜, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.04-0.1

版权与免责声明

mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

加工大型齿轮的过渡曲面，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.05-0.1 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体和管道接头的曲面特征，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工太阳能电池板框架的曲面连接，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.08 mm/tooth。效率提升 15%。

珠宝加工：

加工贵金属的精细雕刻，工件材料为金，Vc 100-200 m/min，ap 0.05-0.3 mm，fn 0.01-0.04 mm/tooth。精度 ± 0.0001 mm。

家具制造：

加工木质或复合材料的装饰曲线，Vc 200-400 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.05 μ m。



什么是硬质合金长刃立铣刀？

硬质合金长刃立铣刀是一种高精度切削工具，采用硬质合金材料制造，刀体呈立式设计，具备加长刃部和周边切削齿，专为深腔、深孔和深槽加工设计。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、航空航天和能源设备行业。硬质合金长刃立铣刀以碳化钨(WC)为主要硬质相，钴(Co)为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiAlN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金长刃立铣刀的结构与材料

硬质合金长刃立铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 1-20 mm，刃部长度 50-150 mm（总长可达 200 mm），齿数 2-6 齿，具体取决于直径和加工深度。刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 2°-10°）经优化以适应深切削，表面可施加 AlTiN 或 TiAlN 涂层（厚度 2-4 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成

碳化钨(WC) 粒径 0.2-1.0 μm ，钴(Co) 含量 5%-9%，添加 NbC 增强韧性和抗振性。

结构特点

整体硬质合金硬度 HV 1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，刃部精度 ± 0.005 mm。

2. 硬质合金长刃立铣刀工作原理

通过旋转，延长刃部沿工件深腔或深孔轨迹切削，端部和周边齿完成深槽或深腔加工，切屑通过优化螺旋槽排出。切削参数包括 V_c 100-500 m/min, f_n 0.02-0.08 mm/tooth, a_p 0.1-10 mm（深切削时分层）。冷却液（如合成切削液，流量 ≥ 20 L/min）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金长刃立铣刀特性

超高硬度： HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15$ mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性： 涂层耐热 1100°C，适应深切削热量。

高深度能力： 刃长达 150 mm，适合深腔加工。

抗振性： 抗弯强度 ≥ 2200 MPa，减少深切削振动。

多功能性： 适配深孔、深槽和复杂深腔加工。

4. 硬质合金长刃立铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、刃长设计和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (V_c)	100-500 m/min，过高磨损	中	深切减 10%	V_c 550 m/min 磨损 7%

版权与免责声明

进给率 (fn)	0.02-0.08 mm/tooth	中	深切 0.02 mm/tooth	fn 0.1 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.1-10 mm, 过深振动	高	分层 2 mm/层	ap 12 mm 振动增 20%
涂层厚度	2-4 μm , 过厚剥落	中	优化 2.5-3 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

5. 硬质合金长刃立铣刀性能生产工艺

5.1 生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-4 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金长刃立铣刀的种类

平底长刃立铣刀: 直径 1-15 mm, Vc 200-400 m/min, 适合深槽和深孔。

球头长刃立铣刀: 直径 1-20 mm, Vc 150-300 m/min, 适合深腔曲面。

圆角长刃立铣刀: 直径 3-20 mm, Vc 200-500 m/min, 适合深过渡表面。

涂层长刃立铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-500 m/min, 寿命延长 40%-50%。

超长刃立铣刀: 刃长 100-150 mm, Vc 100-250 m/min, 适合极深加工。

6. 硬质合金长刃立铣刀的应用

硬质合金长刃立铣刀因其深切削能力和高精度, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工深腔注塑模和压铸模, 工件材料为 H13 钢, Vc 200-400 m/min, ap 2-10 mm, fn 0.02-0.06 mm/tooth. 精度 IT7 级, Ra 0.02-0.04 μm , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

航空航天:

加工钛合金深孔和深槽, 如发动机部件, Vc 150-300 m/min, ap 1-5 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT6 级, Ra 0.01-0.03 μm 。

汽车制造:

加工缸体深槽和曲轴深腔, 工件材料为铸铁, Vc 200-400 m/min, ap 2-8 mm, fn 0.03-0.08 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.03-0.06 μm 。

能源设备:

加工风电叶片模具的深结构, 工件材料为复合材料, Vc 100-250 m/min, ap 3-10 mm, fn 0.03-0.07 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机中框的深槽和 3D 深腔, 工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 1-5 mm, fn 0.02-0.06 mm/tooth. 精度 \pm 0.001 mm, Ra 0.01-0.03 μm 。

医疗设备:

加工钛合金人工关节的深特征, Vc 100-200 m/min, ap 1-3 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。

版权与免责声明

精度 ± 0.0003 mm, Ra 0.01-0.02 μm .

国防工业:

加工导弹外壳的深槽, 工件材料为高强度钢, Vc 150-300 m/min, ap 2-6 mm, fn 0.03-0.07 mm/tooth. 耐磨性提升 25%.

船舶工业:

加工螺旋桨轴的深槽, 工件材料为不锈钢, Vc 150-300 m/min, ap 2-8 mm, fn 0.03-0.08 mm/tooth. 耐腐蚀涂层延长寿命 30%.

重型机械:

加工大型齿轮的深槽, 工件材料为 40CrNiMo 钢, Vc 100-250 m/min, ap 3-10 mm, fn 0.04-0.08 mm/tooth. 寿命延长 35%.

石化工业:

加工阀体深腔, 工件材料为不锈钢, Vc 150-300 m/min, ap 2-6 mm, fn 0.03-0.07 mm/tooth. 耐腐蚀性提升 20%.

新能源行业:

加工太阳能支架的深连接槽, 工件材料为铝合金, Vc 200-400 m/min, ap 2-5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 效率提升 15%.

家具制造:

加工木质板的深装饰槽, Vc 150-300 m/min, ap 2-5 mm, fn 0.03-0.07 mm/tooth. 表面光滑度 Ra 0.02-0.05 μm .

建筑机械:

加工 excavator 臂的深槽, 工件材料为 35CrMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 2-8 mm, fn 0.03-0.08 mm/tooth. 寿命延长 30%.

什么是硬质合金球头立铣刀？

硬质合金球头立铣刀是一种高精度切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头呈球形设计，端部和周边设有切削齿，专为加工复杂三维曲面、模具型腔和轮廓而设计。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、航空航天和汽车行业。硬质合金球头立铣刀以碳化钨(WC)为主要硬质相，钴(Co)为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiSiN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金球头立铣刀的结构与材料

硬质合金球头立铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 1-20 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-6 齿，具体取决于直径和加工需求。球头设计确保平滑过渡，刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 2°-10°）优化以适应曲面加工，表面可施加 AlTiN 或 TiSiN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成

碳化钨(WC) 粒径 0.2-1.0 μm ，钴(Co) 含量 5%-9%，添加 NbC 增强韧性和耐磨性。

结构特点

整体硬质合金硬度 HV 1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金球头立铣刀工作原理

通过旋转，球形刀头沿工件曲面轨迹切削，完成三维曲面、型腔或轮廓加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 $V_c 100-500\text{ m/min}$ ， $f_n 0.02-0.08\text{ mm/tooth}$ ， $a_p 0.1-2\text{ mm}$ 。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT5-IT7 级。

3. 硬质合金球头立铣刀特性

超高硬度： HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性： 涂层耐热 1100°C，适应高速曲面切削。

高精度： 表面粗糙度 $Ra 0.02-0.06\ \mu\text{m}$ ，适合精细曲面。

多功能性： 适配复杂三维几何形状，适合多轴加工。

环保性： 干切削减少冷却液 30%-40%。

4. 硬质合金球头立铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、球头几何和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-500 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 550 m/min 磨损 7%

版权与免责声明

进给率 (fn)	0.02-0.08 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.1 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.1-2 mm, 过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2.5 mm 振动增 18%
涂层厚度	2-3 μm , 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

5. 硬质合金球头立铣刀性能生产工艺

5.1 生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金球头立铣刀的种类

标准球头立铣刀: 直径 1-15 mm, Vc 150-400 m/min, 适合通用曲面加工。

细齿球头立铣刀: 齿数 4-6, Vc 200-500 m/min, 适合精细加工。

涂层球头立铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-500 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃球头立铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深腔曲面。

微型球头立铣刀: 直径 1-6 mm, Vc 100-300 m/min, 适合微加工。

6. 硬质合金球头立铣刀的应用

硬质合金球头立铣刀因其曲面加工能力和高精度, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工注塑模和压铸模的复杂曲面, 工件材料为 P20 钢, Vc 300-500 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.06 mm/tooth. 精度 IT6 级, Ra 0.02-**0.04 μm** , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

航空航天:

加工钛合金和铝合金曲面, 如机翼蒙皮, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT5 级, Ra 0.01-**0.03 μm** 。

汽车制造:

加工缸盖和涡轮叶片的曲面特征, 工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.07 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.02-**0.05 μm** 。

能源设备:

加工风电叶片模具的曲面结构, 工件材料为复合材料, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳和电路板支架的 3D 曲面, 工件材料为铝合金, Vc 400-600 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 \pm 0.001 mm, Ra 0.01-**0.03 μm** 。

医疗设备:

版权与免责声明

加工钛合金人工关节的曲面特征，Vc 100-250 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 ± 0.0003 mm，Ra 0.01-0.02 μm 。

国防工业：

加工导弹外壳的曲面结构，工件材料为高强度钢，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工螺旋桨叶片的曲面，工件材料为青铜，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

加工大型齿轮的曲面过渡，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体曲面特征，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工太阳能电池板框架的曲面连接，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

珠宝加工：

加工贵金属的曲面雕刻，工件材料为金，Vc 100-200 m/min，ap 0.05-0.3 mm，fn 0.01-0.03 mm/tooth。精度 ± 0.0001 mm。

家具制造：

加工木质或复合材料的曲面装饰，Vc 200-400 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。



什么是硬质合金圆鼻铣刀？

硬质合金圆鼻铣刀是一种高精度切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头呈圆角或圆弧形设计，端部和周边设有切削齿，专为加工平滑过渡曲面、槽和轮廓而设计。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、汽车和航空航天行业。硬质合金圆鼻铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金圆鼻铣刀的结构与材料

硬质合金圆鼻铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 2-25 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-6 齿，具体取决于直径和加工需求。圆角设计（半径 0.1-10 mm）优化过渡曲面加工，刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 2°-10°）适配平滑切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，刃部精度 ± 0.005 mm。

2. 硬质合金圆鼻铣刀工作原理

通过旋转，圆角刀头沿工件轨迹切削，完成过渡曲面、槽或轮廓加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 V_c 100-500 m/min， f_n 0.02-0.08 mm/tooth， a_p 0.1-2 mm。冷却液（如合成切削液，流量 ≥ 15 L/min）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT5-IT7 级。

3. 硬质合金圆鼻铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15$ mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应高速切削。

高精度：表面粗糙度 R_a 0.02-0.06 μm ，适合平滑过渡。

多功能性：适配圆角过渡和复杂轮廓加工。

抗振性：抗弯强度 ≥ 2200 MPa，减少振动。

4. 硬质合金圆鼻铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、圆角设计和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (V_c)	100-500 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	V_c 550 m/min 磨损 7%
进给率 (f_n)	0.02-0.08 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	f_n 0.1 切削力增 30%
切削深度 (a_p)	0.1-2 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	a_p 2.5 mm 振动增 18%

版权与法律声明

涂层厚度	2-3 μm , 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%
------	--------------------------	---	--------------------------	----------------------------

5. 硬质合金圆鼻铣刀性能生产工艺

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金圆鼻铣刀的种类

标准圆鼻铣刀: 直径 2-15 mm, Vc 150-400 m/min, 适合通用过渡加工。

细齿圆鼻铣刀: 齿数 4-6, Vc 200-500 m/min, 适合精细加工。

涂层圆鼻铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-500 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃圆鼻铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深槽曲面。

大圆角圆鼻铣刀: 圆角半径 5-10 mm, Vc 100-400 m/min, 适合大过渡曲面。

6. 硬质合金圆鼻铣刀的应用

硬质合金圆鼻铣刀因其圆角加工能力和高精度, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工注塑模和压铸模的圆角过渡, 工件材料为 P20 钢, Vc 300-500 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.06 mm/tooth。精度 IT6 级, Ra 0.02-0.04 μm , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

航空航天:

加工钛合金和铝合金的圆角特征, 如机翼蒙皮, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT5 级, Ra 0.01-0.03 μm 。

汽车制造:

加工缸盖和传动部件的圆角槽, 工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.07 mm/tooth。效率提升 20%, Ra 0.02-0.05 μm 。

能源设备:

加工风电叶片模具的圆角结构, 工件材料为复合材料, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳的圆角过渡, 工件材料为铝合金, Vc 400-600 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 \pm 0.001 mm, Ra 0.01-0.03 μm 。

医疗设备:

加工钛合金人工关节的圆角特征, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 \pm 0.0003 mm, Ra 0.01-0.02 μm 。

国防工业:

加工导弹外壳的圆角结构, 工件材料为高强度钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.3-1.5 mm, fn

版权与免责声明

0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工螺旋桨叶片的圆角过渡，工件材料为青铜，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

加工大型齿轮的圆角过渡，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体圆角特征，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工太阳能电池板框架的圆角连接，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造：

加工木质或复合材料的圆角装饰，Vc 200-400 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。

建筑机械：

加工挖掘机臂的圆角过渡，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。寿命延长 30%。



什么是硬质合金牛鼻铣刀？

硬质合金牛鼻铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为圆弧形或牛鼻状，端部和周边设有切削齿，主要用于加工凹槽、圆弧槽或倒角等特征。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、机械加工和汽车行业。硬质合金牛鼻铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金牛鼻铣刀的结构与材料

硬质合金牛鼻铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 4-32 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-6 齿，具体取决于直径和加工需求。牛鼻状刀头（圆弧半径 0.5-15 mm）优化倒角和槽加工，刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 2°-10°）适配圆弧切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，刃部精度 ± 0.005 mm。

2. 硬质合金牛鼻铣刀工作原理

通过旋转，牛鼻状刀头沿工件轨迹切削，完成圆弧槽、倒角或凹槽加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 100-400 m/min，fn 0.02-0.08 mm/tooth，ap 0.1-2 mm。冷却液（如合成切削液，流量 ≥ 15 L/min）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金牛鼻铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性：VB ≤ 0.15 mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.06 μm ，适合圆弧加工。

多功能性：适配倒角和圆弧槽加工需求。

抗振性：抗弯强度 ≥ 2200 MPa，减少振动。

4. 硬质合金牛鼻铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、刀头几何和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 450 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.08 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.1 切削力增 30%
切削深度 (ap)	0.1-2 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2.5 mm 振动增 18%

版权与免责声明

涂层厚度	2-3 μm, 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%
------	--------------	---	---------------	-----------------

5. 硬质合金牛鼻铣刀性能生产工艺

5.1 生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

6. 硬质合金牛鼻铣刀的种类

标准牛鼻铣刀: 直径 4-20 mm, Vc 150-400 m/min, 适合通用圆弧槽加工。

细齿牛鼻铣刀: 齿数 4-6, Vc 200-400 m/min, 适合精细倒角。

涂层牛鼻铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-400 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃牛鼻铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深圆弧槽。

大圆弧牛鼻铣刀: 圆弧半径 5-15 mm, Vc 100-350 m/min, 适合大倒角。

7. 硬质合金牛鼻铣刀的应用

硬质合金牛鼻铣刀因其圆弧和倒角加工能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工注塑模和压铸模的圆弧槽和倒角, 工件材料为 P20 钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.06 mm/tooth. 精度 IT6 级, Ra 0.02-0.04 μm, 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造:

加工缸体和齿轮的圆弧槽, 工件材料为铸铁, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.07 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.02-0.05 μm。

航空航天:

加工钛合金和铝合金的倒角特征, 如机翼边缘, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT5 级, Ra 0.01-0.03 μm。

能源设备:

加工风电叶片模具的圆弧结构, 工件材料为复合材料, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳的圆弧倒角, 工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 ±0.001 mm, Ra 0.01-0.03 μm。

医疗设备:

加工钛合金人工关节的圆弧特征, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth. 精度 ±0.0003 mm, Ra 0.01-0.02 μm。

版权与免责声明

国防工业:

加工导弹外壳的圆弧槽，工件材料为高强度钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业:

加工螺旋桨轴的圆弧倒角，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械:

加工大型齿轮的圆弧过渡，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.08 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业:

加工阀体圆弧槽，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业:

加工太阳能支架的圆弧连接，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造:

加工木质板的圆弧装饰，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。

建筑机械:

加工挖掘机臂的圆弧倒角，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.03-0.07 mm/tooth。寿命延长 30%。



什么是硬质合金倒角铣刀？

硬质合金倒角铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为倒角或斜切形状，端部和周边设有切削齿，主要用于加工工件边缘的倒角、斜面或去毛刺。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于机械加工、汽车制造和模具行业。硬质合金倒角铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金倒角铣刀的结构与材料

硬质合金倒角铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 3-25 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-4 齿，具体取决于直径和倒角需求。刀头倒角角度（常见 30°、45°、60°）优化斜面加工，刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）适配倒角切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.2-1.0 μm，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，刃部精度 ±0.005 mm。

2. 硬质合金倒角铣刀工作原理

通过旋转，倒角刀头沿工件边缘或表面轨迹切削，完成倒角、斜面或去毛刺加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 100-400 m/min，fn 0.02-0.06 mm/tooth，ap 0.1-1 mm。冷却液（如合成切削液，流量 ≥ 15 L/min）或干切削控制温度（< 700°C），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金倒角铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性：VB ≤ 0.15 mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.05 μm，适合精细倒角。

多功能性：适配多种倒角角度和去毛刺需求。

抗振性：抗弯强度 ≥ 2200 MPa，减少振动。

4. 硬质合金倒角铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、倒角角度和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 450 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.08 切削力增 25%

版权与免责声明

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
切削深度 (ap)	0.1-1 mm, 过深振动	高	分层 0.3 mm/层	ap 1.5 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm , 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

5. 硬质合金倒角铣刀性能生产工艺

5.1 生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金倒角铣刀的种类

标准倒角铣刀: 直径 3-20 mm, Vc 150-400 m/min, 适合通用倒角。

45°倒角铣刀: 直径 4-25 mm, Vc 200-400 m/min, 适合标准斜面加工。

涂层倒角铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-400 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃倒角铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深倒角。

多角度倒角铣刀: 角度 30°-60°, Vc 100-350 m/min, 适合定制加工。

6. 硬质合金倒角铣刀的应用

硬质合金倒角铣刀因其倒角和去毛刺能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工注塑模和压铸模的边缘倒角, 工件材料为 P20 钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT6 级, Ra 0.02-0.04 μm , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造:

加工缸体和齿轮的边缘倒角, 工件材料为铸铁, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 20%, Ra 0.02-0.05 μm 。

航空航天:

加工钛合金和铝合金的斜面倒角, 如机翼边缘, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT5 级, Ra 0.01-0.03 μm 。

能源设备:

加工风电叶片模具的边缘倒角, 工件材料为复合材料, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳的边缘倒角, 工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 \pm 0.001 mm, Ra 0.01-0.03 μm 。

医疗设备:

版权与免责声明

加工钛合金人工关节的倒角特征，Vc 100-250 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 ± 0.0003 mm，Ra 0.01-0.02 μm 。

国防工业：

加工导弹外壳的边缘倒角，工件材料为高强度钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工螺旋桨轴的倒角特征，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

加工大型齿轮的边缘倒角，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1 mm，fn 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体边缘倒角，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工太阳能支架的边缘倒角，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造：

加工木质板的边缘倒角，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。

建筑机械：

加工 excavator 臂的边缘倒角，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%。



什么是硬质合金锥度铣刀？

硬质合金锥度铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头呈锥形设计，端部和周边设有切削齿，主要用于加工锥形表面、斜面或渐缩特征。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、航空航天和机械加工行业。硬质合金锥度铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金锥度铣刀的结构与材料

硬质合金锥度铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 3-20 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-4 齿，锥度角度（常见 5°-15°）根据加工需求定制。刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化锥形切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金锥度铣刀工作原理

通过旋转，锥形刀头沿工件轨迹切削，完成锥形表面、斜面或渐缩特征加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 $V_c 100-400\text{ m/min}$ ， $f_n 0.02-0.06\text{ mm/tooth}$ ， $a_p 0.1-1.5\text{ mm}$ 。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金锥度铣刀特性

超高硬度：HV1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 $Ra 0.02-0.06\ \mu\text{m}$ ，适合锥形加工。

多功能性：适配多种锥度角度和斜面需求。

抗振性：抗弯强度 $\geq 2200\text{ MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金锥度铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、锥度角度和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 450 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.08 切削力增 25%

版权与免责声明

切削深度 (ap)	0.1-1.5 mm, 过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm , 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

5. 硬质合金锥度铣刀性能生产工艺

5.1 生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金锥度铣刀的种类

标准锥度铣刀: 直径 3-15 mm, Vc 150-400 m/min, 适合通用锥形加工。

5°锥度铣刀: 直径 4-20 mm, Vc 200-400 m/min, 适合小锥角加工。

涂层锥度铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-400 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃锥度铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深锥形加工。

可调锥度铣刀: 角度 5°-15°可调, Vc 100-350 m/min, 适合定制需求。

6. 硬质合金锥度铣刀的应用

硬质合金锥度铣刀因其锥形加工能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工注塑模和压铸模的锥形特征, 工件材料为 P20 钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT6 级, Ra 0.02-**0.04 μm** , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造:

加工缸体和齿轮的锥形斜面, 工件材料为铸铁, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.02-**0.05 μm** 。

航空航天:

加工钛合金和铝合金的锥形特征, 如机翼连接件, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT5 级, Ra 0.01-**0.03 μm** 。

能源设备:

加工风电叶片模具的锥形结构, 工件材料为复合材料, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳的锥形过渡, 工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 \pm 0.001 mm, Ra 0.01-**0.03 μm** 。

医疗设备:

加工钛合金人工关节的锥形特征, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04

版权与免责声明

mm/tooth。精度 ± 0.0003 mm, Ra 0.01-0.02 μm 。

国防工业:

加工导弹外壳的锥形结构, 工件材料为高强度钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.3-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业:

加工螺旋桨轴的锥形倒角, 工件材料为不锈钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械:

加工大型齿轮的锥形过渡, 工件材料为 40CrNiMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1 mm, fn 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业:

加工阀体锥形特征, 工件材料为不锈钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.3-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业:

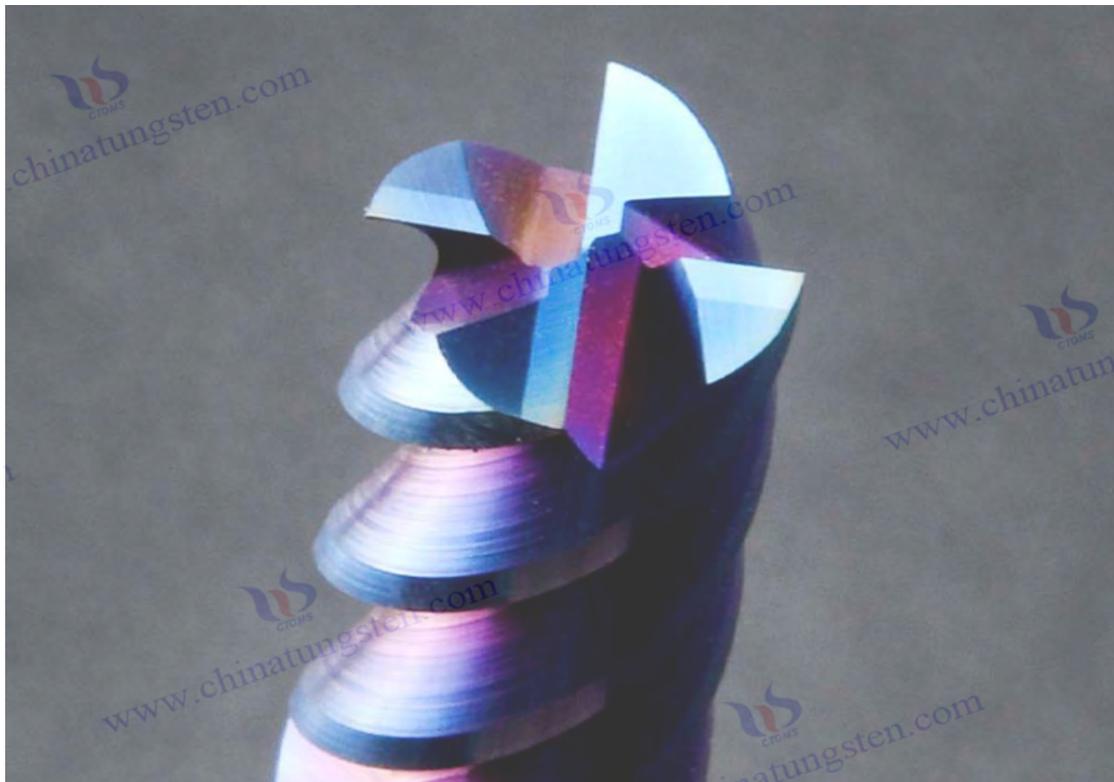
加工太阳能支架的锥形连接, 工件材料为铝合金, Vc 200-400 m/min, ap 0.3-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造:

加工木质板的锥形装饰, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。

建筑机械:

加工 excavator 臂的锥形特征, 工件材料为 35CrMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%。



什么是硬质合金燕尾槽铣刀？

硬质合金燕尾槽铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为燕尾形或梯形结构，端部和周边设有切削齿，主要用于加工燕尾槽、T形槽或梯形槽等特殊几何形状。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、机械加工和航空航天行业。硬质合金燕尾槽铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金燕尾槽铣刀的结构与材料

硬质合金燕尾槽铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 6-25 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-4 齿，燕尾角度（常见 30°、45°、60°）根据槽型需求定制。刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化梯形切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金燕尾槽铣刀工作原理

通过旋转，燕尾形刀头沿工件轨迹切削，完成燕尾槽、T形槽或梯形槽加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 100-350 m/min，fn 0.02-0.06 mm/tooth，ap 0.1-1.5 mm。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金燕尾槽铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性：VB $\leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.06 μm ，适合特殊槽加工。

多功能性：适配多种燕尾角度和槽型需求。

抗振性：抗弯强度 $\geq 2200\text{ MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金燕尾槽铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、燕尾角度和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-350 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 400 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.08 切削力增 25%
切削深度 (ap)	0.1-1.5 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm ，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	$< 2\text{ }\mu\text{m}$ 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金燕尾槽铣刀性能生产工艺

5.1 生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金燕尾槽铣刀的种类

标准燕尾槽铣刀：直径 6-15 mm, Vc 150-350 m/min, 适合通用燕尾槽加工。

45°燕尾铣刀：直径 8-20 mm, Vc 200-350 m/min, 适合标准梯形槽。

涂层燕尾槽铣刀：AlTiN 涂层, Vc 250-350 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃燕尾槽铣刀：刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深槽加工。

可调燕尾槽铣刀：角度 30°-60°可调, Vc 100-300 m/min, 适合定制需求。

6. 硬质合金燕尾槽铣刀的应用

硬质合金燕尾槽铣刀因其特殊槽加工能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工注塑模和压铸模的燕尾槽, 工件材料为 P20 钢, Vc 200-350 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT6 级, Ra 0.02-**0.04 μm**, 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造:

加工缸体和齿轮的 T 形槽, 工件材料为铸铁, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.02-**0.05 μm**。

航空航天:

加工钛合金和铝合金的燕尾槽, 如涡轮叶片连接, Vc 200-350 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT5 级, Ra 0.01-**0.03 μm**。

能源设备:

加工风电叶片模具的梯形槽, 工件材料为复合材料, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳的燕尾连接槽, 工件材料为铝合金, Vc 250-400 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 ±0.001 mm, Ra 0.01-**0.03 μm**。

医疗设备:

加工钛合金人工关节的燕尾特征, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth. 精度 ±0.0003 mm, Ra 0.01-**0.02 μm**。

国防工业:

加工导弹外壳的燕尾槽, 工件材料为高强度钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.3-1 mm, fn 0.03-

版权与免责声明

0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%.

船舶工业:

加工螺旋桨轴的梯形槽，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%.

重型机械:

加工大型齿轮的燕尾过渡，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1 mm，fn 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%.

石化工业:

加工阀体燕尾槽，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%.

新能源行业:

加工太阳能支架的燕尾连接，工件材料为铝合金，Vc 200-350 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%.

家具制造:

加工木质板的燕尾装饰槽，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm .

建筑机械:

加工挖掘机 (excavator) 臂的燕尾槽，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%.



什么是硬质合金键槽铣刀？

硬质合金键槽铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为直刃或带槽结构，端部和周边设有切削齿，主要用于加工键槽、平槽或键接特征。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于机械加工、汽车制造和工业设备行业。硬质合金键槽铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。

1. 硬质合金键槽铣刀的结构与材料

硬质合金键槽铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 3-20mm，长度 50-150mm，齿数 2-4 齿，刀头宽度（常见 2-12mm）根据键槽尺寸定制。刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化直槽切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{mm}$ 。

2. 硬质合金键槽铣刀工作原理

通过旋转，刀头沿工件轨迹切削，完成键槽、平槽或键接特征加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 V_c 100-400 m/min， f_n 0.02-0.06 mm/tooth， a_p 0.1-1.5 mm。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金键槽铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15\text{mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.06 μm ，适合键槽加工。

多功能性：适配多种键槽宽度和深度需求。

抗振性：抗弯强度 $\geq 2200\text{MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金键槽铣刀性能与影响因素

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (V_c)	100-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	V_c 450 m/min 磨损 7%
进给率 (f_n)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	f_n 0.08 切削力增 25%
切削深度 (a_p)	0.1-1.5 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	a_p 2 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm ，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	$< 2\ \mu\text{m}$ 耐热性降 10%

5. 硬质合金键槽铣刀性能生产工艺

版权与法律声明

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550° C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金键槽铣刀的种类

标准键槽铣刀：直径 3-15 mm，Vc 150-400 m/min，适合通用键槽加工。

宽槽键槽铣刀：宽度 6-12 mm，Vc 200-400 m/min，适合大键槽。

涂层键槽铣刀：AlTiN 涂层，Vc 300-400 m/min，寿命延长 40%-50%。

长刃键槽铣刀：刃长 50-100 mm，Vc 100-300 m/min，适合深槽加工。

可调宽键槽铣刀：宽度 2-10 mm 可调，Vc 100-350 m/min，适合定制需求。

6. 硬质合金键槽铣刀的应用

硬质合金键槽铣刀因其键槽加工能力，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

机械加工：

加工轴和齿轮的键槽，工件材料为 40Cr 钢，Vc 200-400 m/min，ap 0.1-1.5 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT6 级，Ra 0.02-**0.04 μm**，2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造：

加工传动轴的键槽，工件材料为铸铁，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 20%，Ra 0.02-**0.05 μm**。

航空航天：

加工铝合金和钛合金的键槽，如发动机部件，Vc 200-400 m/min，ap 0.1-1 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT5 级，Ra 0.01-**0.03 μm**。

能源设备：

加工风电设备轴的键槽，工件材料为 42CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业：

加工电机轴的键槽，工件材料为铝合金，Vc 250-400 m/min，ap 0.1-0.8 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 ±0.001 mm，Ra 0.01-**0.03 μm**。

医疗设备：

加工钛合金设备的键槽特征，Vc 100-250 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 ±0.0003 mm，Ra 0.01-**0.02 μm**。

国防工业：

加工导弹部件的键槽，工件材料为高强度钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工螺旋桨轴的键槽，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

版权与免责声明

加工大型齿轮轴的键槽，工件材料为 40CrNiMo 钢， V_c 150-300 m/min， a_p 0.5-1 mm， f_n 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工泵轴键槽，工件材料为不锈钢， V_c 150-300 m/min， a_p 0.3-1 mm， f_n 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工风力发电机轴的键槽，工件材料为铝合金， V_c 200-350 m/min， a_p 0.3-1 mm， f_n 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造：

加工木质轴的键槽装饰， V_c 150-300 m/min， a_p 0.2-1 mm， f_n 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 R_a 0.02-0.04 μm 。

建筑机械：

加工挖掘机轴的键槽，工件材料为 35CrMo 钢， V_c 150-300 m/min， a_p 0.5-1.5 mm， f_n 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%。



1

中钨智造科技有限公司

30年硬质合金定制专家

核心优势

30年经验：深谙硬质合金生产加工，技术成熟稳定，不断精进。

精准定制：支持特殊性能与复杂设计，重视客户+AI协同设计。

质量成本：优化模具与加工，性价比卓越；领先设备，RMI、ISO 9001 认证。

服务客户

产品涵盖切削、工模具、航空、能源、电子等领域，已服务 10+万客户。

服务承诺

10+亿次访问、100+万网页、10+万客户、30年0抱怨！

联系我们

邮箱：sales@chinatungsten.com

电话：+86 592 5129696

官网：www.ctia.com.cn

微信：关注“中钨在线”



版权与法律责任声明

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

什么是硬质合金键槽铣刀？

硬质合金键槽铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为直刃或带槽结构，端部和周边设有切削齿，主要用于加工键槽、平槽或键接特征。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于机械加工、汽车制造和工业设备行业。硬质合金键槽铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金键槽铣刀的结构与材料

硬质合金键槽铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 3-20 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-4 齿，刀头宽度（常见 2-12 mm）根据键槽尺寸定制。刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化直槽切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金键槽铣刀工作原理

通过旋转，刀头沿工件轨迹切削，完成键槽、平槽或键接特征加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 V_c 100-400 m/min， f_n 0.02-0.06 mm/tooth， a_p 0.1-1.5 mm。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT6-IT8 级。

3. 硬质合金键槽铣刀特性

超高硬度：HV1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 R_a 0.02-0.06 μm ，适合键槽加工。

多功能性：适配多种键槽宽度和深度需求。

抗振性：抗弯强度 $\geq 2200\text{ MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金键槽铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、槽宽和切削参数因素影响

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (V_c)	100-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	V_c 450 m/min 磨损 7%
进给率 (f_n)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	f_n 0.08 切削力增 25%
切削深度 (a_p)	0.1-1.5 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	a_p 2 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm ，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	$< 2\text{ }\mu\text{m}$ 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金键槽铣刀性能生产工艺

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金键槽铣刀的种类

标准键槽铣刀：直径 3-15 mm, Vc 150-400 m/min, 适合通用键槽加工。

宽槽键槽铣刀：宽度 6-12 mm, Vc 200-400 m/min, 适合大键槽。

涂层键槽铣刀：AlTiN 涂层, Vc 300-400 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃键槽铣刀：刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深槽加工。

可调宽键槽铣刀：宽度 2-10 mm 可调, Vc 100-350 m/min, 适合定制需求。

6. 硬质合金键槽铣刀的应用

硬质合金键槽铣刀因其键槽加工能力，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

机械加工：

加工轴和齿轮的键槽，工件材料为 40Cr 钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT6 级, Ra 0.02-**0.04 μm**, 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造：

加工传动轴的键槽，工件材料为铸铁, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 20%, Ra 0.02-**0.05 μm**。

航空航天：

加工铝合金和钛合金的键槽，如发动机部件, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT5 级, Ra 0.01-**0.03 μm**。

能源设备：

加工风电设备轴的键槽，工件材料为 42CrMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业：

加工电机轴的键槽，工件材料为铝合金, Vc 250-400 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 ±0.001 mm, Ra 0.01-**0.03 μm**。

医疗设备：

加工钛合金设备的键槽特征, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 ±0.0003 mm, Ra 0.01-**0.02 μm**。

国防工业：

加工导弹部件的键槽，工件材料为高强度钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.3-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工螺旋桨轴的键槽，工件材料为不锈钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-

版权与免责声明

0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%.

重型机械:

加工大型齿轮轴的键槽，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1 mm，fn 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%.

石化工业:

加工泵轴键槽，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%.

新能源行业:

加工风力发电机轴的键槽，工件材料为铝合金，Vc 200-350 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%.

家具制造:

加工木质轴的键槽装饰，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm .

建筑机械:

加工 excavator 轴的键槽，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%.



1

什么是硬质合金角度铣刀？

硬质合金角度铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为特定角度（如 30°、45°、60°），端部和周边设有切削齿，主要用于加工斜面、锥形表面或角度特征。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、航空航天和机械加工行业。硬质合金角度铣刀以碳化钨(WC)为主要硬质相，钴(Co)为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金角度铣刀的结构与材料

硬质合金角度铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 4-25 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-4 齿，角度（常见 30°、45°、60°）根据加工需求定制。刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化角度切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.2-1.0 μm ，钴(Co)含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金角度铣刀工作原理

通过旋转，角度刀头沿工件轨迹切削，完成斜面、锥形表面或角度特征加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 100-400 m/min，fn 0.02-0.06 mm/tooth，ap 0.1-1.5 mm。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ）。

3. 硬质合金角度铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性：VB $\leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.06 μm ，适合角度加工。

多功能性：适配多种角度和斜面需求。

抗振性：抗弯强度 $\geq 2200\text{ MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金角度铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、角度设置和切削参数影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 450 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.08 切削力增 25%
切削深度 (ap)	0.1-1.5 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm ，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	$< 2\text{ }\mu\text{m}$ 耐热性降 10%

5. 硬质合金角度铣刀性能生产工艺

版权与免责声明

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

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金角度铣刀的种类

标准角度铣刀：直径 4-15 mm，Vc 150-400 m/min，适合通用角度加工。

45°角度铣刀：直径 6-20 mm，Vc 200-400 m/min，适合标准斜面。

涂层角度铣刀：AlTiN 涂层，Vc 300-400 m/min，寿命延长 40%-50%。

长刃角度铣刀：刃长 50-100 mm，Vc 100-300 m/min，适合深角度加工。

可调角度铣刀：角度 30°-60°可调，Vc 100-350 m/min，适合定制需求。

6. 硬质合金角度铣刀的应用

硬质合金角度铣刀因其角度加工能力，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

模具制造：

加工注塑模的斜面，工件材料为 P20 钢，Vc 200-400 m/min，ap 0.1-1.5 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT6 级，Ra 0.02-**0.04 μm**，2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造：

加工缸体的斜面特征，工件材料为铸铁，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 20%，Ra 0.02-**0.05 μm**。

航空航天：

加工钛合金机翼的斜面，Vc 200-400 m/min，ap 0.1-1 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 IT5 级，Ra 0.01-**0.03 μm**。

能源设备：

加工风电叶片模具的斜面结构，工件材料为复合材料，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业：

加工手机外壳的斜面过渡，工件材料为铝合金，Vc 300-500 m/min，ap 0.1-0.8 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。精度 ±0.001 mm，Ra 0.01-**0.03 μm**。

医疗设备：

加工钛合金人工关节的斜面特征，Vc 100-250 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 ±0.0003 mm，Ra 0.01-**0.02 μm**。

国防工业：

加工导弹外壳的斜面结构，工件材料为高强度钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工船体板的斜面特征，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

版权与免责声明

加工大型齿轮的斜面过渡，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1 mm，fn 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体斜面，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工太阳能支架的斜面连接，工件材料为铝合金，Vc 200-400 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造：

加工木质板的斜面装饰，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。

建筑机械：

加工 excavator 臂的斜面特征，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%。



版权与法律责任声明

什么是硬质合金成形铣刀？

硬质合金成形铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头形状按照特定轮廓（如齿形、曲线或复杂几何形状）设计，端部和周边设有切削齿，主要用于加工成型表面、齿槽或复杂轮廓特征。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于齿轮制造、模具加工和精密机械行业。硬质合金成形铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金成形铣刀的结构与材料

硬质合金成形铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 5-30 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-6 齿（根据轮廓复杂度定制）。刀头轮廓根据加工需求设计（如渐开线齿形或复杂曲线），刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化成型切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，刃部精度 ± 0.005 mm。

2. 硬质合金成形铣刀工作原理

通过旋转，成形铣刀沿工件轨迹切削，完成特定轮廓、齿槽或复杂表面加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 V_c 100-350 m/min， f_n 0.02-0.06 mm/tooth， a_p 0.1-1.5 mm。冷却液（如合成切削液，流量 ≥ 15 L/min）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ）。

3. 硬质合金成形铣刀特性

超高硬度：HV1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15$ mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.02-0.06 μm ，适合复杂轮廓加工。

多功能性：适配多种成型轮廓和齿形需求。

抗振性：抗弯强度 ≥ 2200 MPa，减少振动。

4. 硬质合金成形铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、轮廓复杂度和切削参数影响。

性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-350 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 400 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.08 切削力增 25%

版权与免责声明

切削深度 (ap)	0.1-1.5 mm, 过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 2 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm , 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%

5. 硬质合金成形铣刀性能生产工艺

生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金成形铣刀的种类

标准成形铣刀: 直径 5-15 mm, Vc 150-350 m/min, 适合通用轮廓加工。

渐开线成形铣刀: 直径 6-20 mm, Vc 200-350 m/min, 专用于齿轮加工。

涂层成形铣刀: AlTiN 涂层, Vc 250-350 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃成形铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深成型加工。

定制成形铣刀: 复杂轮廓可定制, Vc 100-350 m/min, 适合特殊需求。

6. 硬质合金成形铣刀的应用

硬质合金成形铣刀因其复杂轮廓加工能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

齿轮制造:

加工渐开线齿槽, 工件材料为 20CrMnTi 钢, Vc 200-350 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT6 级, Ra 0.02-**0.04 μm** , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

模具制造:

加工复杂曲面模具, 工件材料为 P20 钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.02-**0.05 μm** 。

航空航天:

加工钛合金叶片轮廓, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT5 级, Ra 0.01-**0.03 μm** 。

能源设备:

加工风电齿轮成型特征, 工件材料为 42CrMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳复杂曲线, 工件材料为铝合金, Vc 250-400 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 \pm 0.001 mm, Ra 0.01-**0.03 μm** 。

医疗设备:

加工钛合金植入件的成型特征, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth. 精度 \pm 0.0003 mm, Ra 0.01-**0.02 μm** 。

国防工业:

版权与免责声明

加工导弹部件的复杂轮廓，工件材料为高强度钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工螺旋桨叶片的成型特征，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

加工大型齿轮的成型表面，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1 mm，fn 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体复杂轮廓，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工风电叶片成型特征，工件材料为复合材料，Vc 200-350 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造：

加工木质板的成型装饰，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。

建筑机械：

加工 excavator 臂的成型特征，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%。



版权与法律责任声明

什么是硬质合金螺纹铣刀？

硬质合金螺纹铣刀是一种专用切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头设计为螺旋槽或多刃结构，具备特定的螺纹轮廓，主要用于加工内螺纹或外螺纹。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于机械加工、汽车制造和精密仪器行业。硬质合金螺纹铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金螺纹铣刀的结构与材料

硬质合金螺纹铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 3-20 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-6 齿（根据螺纹规格定制）。刀头带有螺旋槽或多刃设计，螺距和角度（如 M3-M24 公制螺纹）根据加工需求定制，刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化螺纹切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金螺纹铣刀工作原理

通过旋转，螺纹刀头沿工件内孔或外表面螺旋轨迹切削，完成螺纹加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 $V_c 100-300\text{ m/min}$ ， $f_n 0.02-0.05\text{ mm/tooth}$ ， $a_p 0.1-1\text{ mm}$ 。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ）。

3. 硬质合金螺纹铣刀特性

超高硬度：HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中速切削。

高精度：螺纹公差达 6H/6g，表面粗糙度 Ra 0.02-0.06 μm 。

多功能性：适配多种螺纹类型和规格需求。

抗振性：抗弯强度 $\geq 2200\text{ MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金螺纹铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、螺距和切削参数影响。

性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-300 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 350 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.05 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.06 切削力增 25%
切削深度 (ap)	0.1-1 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	ap 1.5 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm ，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	$< 2\text{ }\mu\text{m}$ 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金螺纹铣刀性能生产工艺

生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金螺纹铣刀的种类

标准螺纹铣刀：直径 3-15 mm，Vc 150-300 m/min，适合通用螺纹加工。

内螺纹铣刀：直径 6-20 mm，Vc 200-300 m/min，专用于内孔螺纹。

涂层螺纹铣刀：AlTiN 涂层，Vc 250-300 m/min，寿命延长 40%-50%。

长刃螺纹铣刀：刃长 50-100 mm，Vc 100-250 m/min，适合深螺纹加工。

可调螺纹铣刀：螺距可调，Vc 100-300 m/min，适合定制需求。

6. 硬质合金螺纹铣刀的应用

硬质合金螺纹铣刀因其螺纹加工能力，在多个行业中得到广泛应用，具体如下：

机械加工：

加工轴的内螺纹，工件材料为 45# 钢，Vc 200-300 m/min，ap 0.1-1 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 6H，Ra 0.02-0.04 μm，2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造：

加工发动机缸体的螺纹，工件材料为铸铁，Vc 150-250 m/min，ap 0.2-0.8 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。效率提升 20%，Ra 0.02-0.05 μm。

航空航天：

加工钛合金部件的螺纹，Vc 200-300 m/min，ap 0.1-0.6 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 6H，Ra 0.01-0.03 μm。

能源设备：

加工风电设备螺纹连接，工件材料为 42CrMo 钢，Vc 150-250 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业：

加工手机外壳的螺纹孔，工件材料为铝合金，Vc 250-300 m/min，ap 0.1-0.5 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。精度 ±0.001 mm，Ra 0.01-0.03 μm。

医疗设备：

加工钛合金植入件的螺纹特征，Vc 100-200 m/min，ap 0.1-0.4 mm，fn 0.02-0.03 mm/tooth。精度 ±0.0003 mm，Ra 0.01-0.02 μm。

国防工业：

加工导弹部件的螺纹，工件材料为高强度钢，Vc 150-250 m/min，ap 0.2-0.8 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

版权与免责声明

加工船体螺纹连接，工件材料为不锈钢，Vc 150-250 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

加工大型齿轮轴的螺纹，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-250 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体螺纹，工件材料为不锈钢，Vc 150-250 m/min，ap 0.2-0.8 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工风力发电机螺纹连接，工件材料为铝合金，Vc 200-300 m/min，ap 0.2-0.8 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造：

加工木质部件的螺纹装饰，Vc 150-250 m/min，ap 0.2-0.6 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm 。

建筑机械：

加工 excavator 轴的螺纹，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-250 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.05 mm/tooth。寿命延长 30%。



什么是硬质合金钻铣刀？

硬质合金钻铣刀是一种多功能切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头结合钻削和铣削功能，具备中心切削刃和周边切削齿，主要用于钻孔、铣削、倒角或槽加工。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于机械加工、模具制造和航空航天行业。硬质合金钻铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和多轴加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金钻铣刀的结构与材料

硬质合金钻铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 3-20 mm，长度 50-150 mm，齿数 2-4 齿。刀头设计包括中心钻尖和螺旋周边刃，刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 0°-5°）优化钻铣切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金钻铣刀工作原理

通过旋转，刀头首先钻入工件完成孔加工，随后沿侧向轨迹铣削槽或倒角，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 $V_c 100-400\text{ m/min}$ ， $f_n 0.02-0.06\text{ mm/tooth}$ ， $a_p 0.1-2\text{ mm}$ 。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ）。

3. 硬质合金钻铣刀特性

超高硬度：HV1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1100°C，适应中高速切削。

高精度：孔径公差 $\pm 0.01\text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 0.02-0.06 μm 。

多功能性：兼具钻孔和铣削功能，减少换刀次数。

抗振性：抗弯强度 $\geq 2200\text{ MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金钻铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、切削深度和参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-400 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 450 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	fn 0.08 切削力增 25%
切削深度 (ap)	0.1-2 mm，过深振动	高	分层 1 mm/层	ap 2.5 mm 振动增 15%
涂层厚度	2-3 μm ，过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	$< 2\text{ }\mu\text{m}$ 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 硬质合金钻铣刀性能生产工艺

生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra ≤ 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金钻铣刀的种类

标准钻铣刀: 直径 3-15 mm, Vc 150-400 m/min, 适合通用钻铣加工。

短刃钻铣刀: 直径 4-10 mm, Vc 200-400 m/min, 适合浅孔加工。

涂层钻铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-400 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃钻铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 100-300 m/min, 适合深孔钻铣。

可调钻铣刀: 角度和长度可调, Vc 100-350 m/min, 适合定制需求。

6. 硬质合金钻铣刀的应用

硬质合金钻铣刀因其多功能性, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

机械加工:

加工轴的孔和槽, 工件材料为 45# 钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1.5 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT6, Ra 0.02-0.04 μm, 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造:

加工缸体的钻孔和倒角, 工件材料为铸铁, Vc 150-300 m/min, ap 0.2-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.02-0.05 μm.

航空航天:

加工钛合金部件的孔和槽, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 IT5, Ra 0.01-0.03 μm.

能源设备:

加工风电轴的深孔, 工件材料为 42CrMo 钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-2 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳的孔和槽, 工件材料为铝合金, Vc 300-400 m/min, ap 0.1-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 精度 ±0.001 mm, Ra 0.01-0.03 μm.

医疗设备:

加工钛合金植入件的钻孔和倒角, Vc 100-250 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth. 精度 ±0.0003 mm, Ra 0.01-0.02 μm.

国防工业:

加工导弹部件的孔和槽, 工件材料为高强度钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.3-1 mm, fn 0.03-0.06 mm/tooth. 耐磨性提升 25%。

船舶工业:

加工船体板的孔和槽, 工件材料为不锈钢, Vc 150-300 m/min, ap 0.5-1.5 mm, fn 0.03-

版权与免责声明

0.06 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%.

重型机械:

加工大型齿轮轴的孔，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-2 mm，fn 0.04-0.07 mm/tooth。寿命延长 35%.

石化工业:

加工阀体的孔和槽，工件材料为不锈钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%.

新能源行业:

加工风电叶片根部的孔，工件材料为铝合金，Vc 200-350 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。效率提升 15%.

家具制造:

加工木质板的孔和槽，Vc 150-300 m/min，ap 0.2-1 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.04 μm .

建筑机械:

加工 excavator 臂的孔，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-300 m/min，ap 0.5-1.5 mm，fn 0.03-0.06 mm/tooth。寿命延长 30%.



1

什么是硬质合金粗齿铣刀？

硬质合金粗齿铣刀是一种切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头具有较少的齿数（通常 2-6 齿）和较大的齿间距，设计用于高进给率和粗加工。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁及难加工材料，广泛应用于机械加工、重型制造和模具行业。硬质合金粗齿铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。以下内容将从结构与材料、工作原理、特性、性能影响因素、生产工艺、种类及应用等多个方面进行简要概述。

1. 硬质合金粗齿铣刀的结构与材料

硬质合金粗齿铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 10-50mm，长度 50-200mm，齿数 2-6 齿（齿间距较大）。刃部几何参数（如螺旋角 30°-45°、前角 5°-10°）优化粗加工切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm），耐热性达 1100°C。

材料组成

碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm，钴（Co）含量 6%-10%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点

整体硬质合金硬度 HV 1800-2100，刀具同轴度 ≤ 0.003 mm，刃部精度 ±0.005 mm。

2. 硬质合金粗齿铣刀工作原理

通过旋转，粗齿刀头以高进给率切削工件，移除大量材料，完成粗加工平面、槽或肩部，切屑通过较大的齿间隙排出。切削参数包括 Vc 100-300 m/min，fn 0.1-0.3 mm/tooth，ap 1-5 mm。冷却液（如合成切削液，流量 ≥ 20 L/min）或干切削控制温度（< 700°C），辅助 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT7-IT9 级。

3. 硬质合金粗齿铣刀特性

超高硬度： HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： VB ≤ 0.15 mm（500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性： 涂层耐热 1100°C，适应高进给切削。

高效率： 大齿间距适合粗加工，金属去除率高。

多功能性： 适配多种粗加工需求。

抗振性： 抗弯强度 ≥ 2200 MPa，减少振动。

4. 硬质合金粗齿铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、齿数和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	6%-10%，硬度与韧性平衡	高	6% 精度，10% 韧性	6% Co HV 1900
切削速度 (Vc)	100-300 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 350 m/min 磨损 7%
进给率 (fn)	0.1-0.3 mm/tooth	高	粗加工 0.2 mm/tooth	fn 0.4 切削力增 30%
切削深度 (ap)	1-5 mm，过深振动	高	分层 2.5 mm/层	ap 6 mm 振动增 18%

版权与免责声明

涂层厚度	2-3 μm , 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%
------	--------------------------	---	--------------------------	----------------------------

5. 硬质合金粗齿铣刀性能生产工艺

生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金粗齿铣刀的种类

标准粗齿铣刀: 直径 10-30 mm, Vc 150-300 m/min, 适合通用粗加工。

大直径粗齿铣刀: 直径 30-50 mm, Vc 100-250 m/min, 适合重型加工。

涂层粗齿铣刀: AlTiN 涂层, Vc 200-300 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃粗齿铣刀: 刃长 50-150 mm, Vc 100-200 m/min, 适合深槽粗加工。

可调粗齿铣刀: 齿间距可调, Vc 100-300 m/min, 适合定制需求。

6. 硬质合金粗齿铣刀的应用

硬质合金粗齿铣刀因其高效率粗加工能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

机械加工:

加工机床床身的粗面, 工件材料为 HT250 铸铁, Vc 200-300 m/min, ap 2-5 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth. 精度 IT7, Ra 0.04-**0.08 μm** , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造:

加工缸体的粗槽, 工件材料为铸铁, Vc 150-250 m/min, ap 1-3 mm, fn 0.15-0.25 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.04-**0.07 μm** 。

航空航天:

加工钛合金粗坯, Vc 200-300 m/min, ap 1-4 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth. 精度 IT8, Ra 0.03-**0.06 μm** 。

能源设备:

加工风电塔架粗面, 工件材料为 Q345 钢, Vc 150-250 m/min, ap 2-5 mm, fn 0.15-0.3 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工大型机箱粗槽, 工件材料为铝合金, Vc 250-300 m/min, ap 1-2 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth. 精度 \pm 0.01 mm, Ra 0.03-**0.05 μm** 。

医疗设备:

加工不锈钢粗坯, Vc 100-200 m/min, ap 1-3 mm, fn 0.1-0.2 mm/tooth. 精度 \pm 0.005 mm, Ra 0.03-**0.04 μm** 。

国防工业:

加工装甲板粗面, 工件材料为高强度钢, Vc 150-250 m/min, ap 2-4 mm, fn 0.15-0.25

版权与免责声明

mm/tooth。耐磨性提升 25%.

船舶工业:

加工船体粗槽，工件材料为 AH36 钢，Vc 150-250 m/min，ap 2-5 mm，fn 0.15-0.3 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%.

重型机械:

加工大型齿轮粗面，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 150-250 m/min，ap 2-5 mm，fn 0.2-0.3 mm/tooth。寿命延长 35%.

石化工业:

加工管道法兰粗面，工件材料为不锈钢，Vc 150-250 m/min，ap 2-4 mm，fn 0.15-0.25 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%.

新能源行业:

加工风电叶片粗坯，工件材料为复合材料，Vc 200-300 m/min，ap 1-3 mm，fn 0.1-0.2 mm/tooth。效率提升 15%.

家具制造:

加工木质板粗槽，Vc 150-250 m/min，ap 1-2 mm，fn 0.15-0.25 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.04-0.06 μm .

建筑机械:

加工 excavator 臂粗面，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 150-250 m/min，ap 2-4 mm，fn 0.15-0.25 mm/tooth。寿命延长 30%.



什么是硬质合金细齿铣刀？

硬质合金细齿铣刀是一种切削工具，采用硬质合金材料制造，刀头具有较多的齿数（通常 6-20 齿）和较小的齿间距，设计用于精加工和高精度加工。其结合了硬质合金的高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于模具制造、航空航天和精密机械行业。硬质合金细齿铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于数控机床和加工中心。

1. 硬质合金细齿铣刀的结构与材料

硬质合金细齿铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 4-30 mm，长度 50-150 mm，齿数 6-20 齿（齿间距较小）。刃部几何参数（如螺旋角 30°-40°、前角 0°-5°）优化精加工切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 2-3 μm ），耐热性达 1100°C。

材料组成：碳化钨（WC）粒径 0.2-1.0 μm ，钴（Co）含量 5%-9%，添加 TaC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1800-2100，刀具同轴度 $\leq 0.003\text{ mm}$ ，刃部精度 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。

2. 硬质合金细齿铣刀工作原理

通过旋转，细齿刀头以低进给率切削工件，完成精加工平面、槽或复杂轮廓，切屑通过较小的齿间隙排出。切削参数包括 V_c 150-500 m/min, f_n 0.02-0.06 mm/tooth, a_p 0.1-1.5 mm。冷却液（如合成切削液，流量 $\geq 15\text{ L/min}$ ）或干切削控制温度（ $< 700^\circ\text{C}$ ），

3. 硬质合金细齿铣刀特性

超高硬度： HV 1800-2100，适合 HRC 60 以下材料。

卓越耐磨性： $VB \leq 0.15\text{ mm}$ （500-1000 小时），寿命延长 5-7 倍。

优异耐热性： 涂层耐热 1100°C，适应高速精切削。

高精度： 表面粗糙度 R_a 0.02-0.04 μm ，适合精加工。

多功能性： 适配多种精加工需求。

抗振性： 抗弯强度 $\geq 2200\text{ MPa}$ ，减少振动。

4. 硬质合金细齿铣刀性能与影响因素

性能受材料配比、齿数和切削参数影响。

4.1 性能影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	5%-9%，硬度与韧性平衡	高	5% 精度，9% 韧性	5% Co HV 1900
切削速度 (V_c)	150-500 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	V_c 550 m/min 磨损 7%
进给率 (f_n)	0.02-0.06 mm/tooth	中	精加工 0.02 mm/tooth	f_n 0.08 切削力增 25%
切削深度 (a_p)	0.1-1.5 mm，过深振动	高	分层 0.5 mm/层	a_p 2 mm 振动增 15%

版权与免责声明

涂层厚度	2-3 μm , 过厚剥落	中	优化 2.2-2.5 μm	< 2 μm 耐热性降 10%
------	--------------------------	---	--------------------------	----------------------------

5. 硬质合金细齿铣刀性能生产工艺

5.1 生产工艺表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 300-400 rpm	40-60 小时	均匀分散	CV < 2%
压制成型	200-250 MPa	20-30 秒	坯件成型	密度 14-15.5 g/cm ³
烧结	1450-1550°C, HIP	2-3 小时	致密化	密度 99%-99.8%
刃部修整	金刚石砂轮 #1000-#1200	修整 0.002-0.005 mm	精度优化	Ra \leq 0.05 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 2-3 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 硬质合金细齿铣刀的种类

标准细齿铣刀: 直径 4-15 mm, Vc 200-500 m/min, 适合通用精加工。

小直径细齿铣刀: 直径 4-10 mm, Vc 250-500 m/min, 适合微型加工。

涂层细齿铣刀: AlTiN 涂层, Vc 300-500 m/min, 寿命延长 40%-50%。

长刃细齿铣刀: 刃长 50-100 mm, Vc 150-400 m/min, 适合深槽精加工。

可调细齿铣刀: 齿间距可调, Vc 150-450 m/min, 适合定制需求。

6. 硬质合金细齿铣刀的应用

硬质合金细齿铣刀因其高精度精加工能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工注塑模的精面, 工件材料为 P20 钢, Vc 200-400 m/min, ap 0.1-1 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth. 精度 IT5, Ra 0.02-0.03 μm , 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

汽车制造:

加工缸体的精槽, 工件材料为铝合金, Vc 300-500 m/min, ap 0.2-0.8 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 效率提升 20%, Ra 0.02-0.03 μm 。

航空航天:

加工钛合金机翼精面, Vc 250-400 m/min, ap 0.1-0.6 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth. 精度 IT4, Ra 0.01-0.02 μm 。

能源设备:

加工风电叶片模具精面, 工件材料为复合材料, Vc 200-400 m/min, ap 0.3-1 mm, fn 0.02-0.05 mm/tooth. 2025 年 IoT 监控减少废料 10%。

电子行业:

加工手机外壳精槽, 工件材料为铝合金, Vc 400-500 m/min, ap 0.1-0.5 mm, fn 0.02-0.04 mm/tooth. 精度 \pm 0.001 mm, Ra 0.01-0.02 μm 。

医疗设备:

加工钛合金植入件的精面, Vc 150-250 m/min, ap 0.1-0.4 mm, fn 0.02-0.03 mm/tooth. 精度 \pm 0.0003 mm, Ra 0.01-0.02 μm 。

国防工业:

版权与免责声明

加工导弹部件精面，工件材料为高强度钢，Vc 200-300 m/min，ap 0.2-0.8 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。耐磨性提升 25%。

船舶工业：

加工船体精槽，工件材料为不锈钢，Vc 200-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。耐腐蚀涂层延长寿命 30%。

重型机械：

加工大型齿轮精面，工件材料为 40CrNiMo 钢，Vc 200-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。寿命延长 35%。

石化工业：

加工阀体精面，工件材料为不锈钢，Vc 200-300 m/min，ap 0.2-0.8 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。耐腐蚀性提升 20%。

新能源行业：

加工风电叶片精面，工件材料为铝合金，Vc 250-400 m/min，ap 0.2-0.8 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。效率提升 15%。

家具制造：

加工木质板精槽，Vc 200-300 m/min，ap 0.2-0.6 mm，fn 0.02-0.04 mm/tooth。表面光滑度 Ra 0.02-0.03 μm 。

建筑机械：

加工 excavator 臂精面，工件材料为 35CrMo 钢，Vc 200-300 m/min，ap 0.3-1 mm，fn 0.02-0.05 mm/tooth。寿命延长 30%。



什么是锥度微小径铣刀？

锥度微小径铣刀是一种精密切削工具，采用硬质合金或超细粒硬质合金材料制造，刀头具有锥形设计和极小直径（通常 0.1-6 mm，市售最小直径可达 0.08mm），主要用于加工微型锥形表面、倒角或精细轮廓。其结合了高硬度、耐磨性和优异的切削性能，适合加工钢、钛合金、有色金属及难加工材料，广泛应用于微型模具制造、电子元件加工和医疗器械行业。锥度微小径铣刀以碳化钨（WC）为主要硬质相，钴（Co）为粘结相，通过粉末冶金和超精密磨削工艺制成，常配备 AlTiN 或 TiCN 涂层以提升耐热性和使用寿命，适用于高精度数控机床和微加工设备。

1. 锥度微小径铣刀的结构与材料

锥度微小径铣刀通常为整体硬质合金结构，直径范围 0.1-6 mm（市售最小直径可达 0.08mm），长度 38-100 mm，齿数 2-4 齿。刀头呈锥形，锥角（常见 5°-30°）根据加工需求定制，刃部几何参数（如螺旋角 20°-40°、前角 0°-5°）优化微型切削，表面可施加 AlTiN 或 TiCN 涂层（厚度 1-2 μm），耐热性达 1000°C。

材料组成：碳化钨粒径 0.2-0.5 μm，钴（Co）含量 4%-8%，添加 TaC 或 NbC 增强耐磨性。

结构特点：整体硬质合金硬度 HV1900-2200，刀具同轴度 ≤ 0.002，刃部精度 ±0.002 mm。

2. 锥度微小径铣刀工作原理

通过高转速旋转，锥形刀头沿工件轨迹切削，完成微型锥形表面、倒角或复杂轮廓加工，切屑通过螺旋槽排出。切削参数包括 Vc 50-300 m/min，fn 0.005-0.02 mm/tooth，ap 0.01-0.5 mm。使用高精度冷却液（如微量润滑，流量 ≤ 5 L/min）或干切削控制温度（< 600°C），2025 年结合 AI 优化和传感器监测，切削效率提升 15%-20%，精度达 IT4-IT6 级。

3. 锥度微小径铣刀特性

超高硬度：HV 1900-2200，适合 HRC 65 以下材料。

卓越耐磨性：VB ≤ 0.1 mm（300-800 小时），寿命延长 5-8 倍。

优异耐热性：涂层耐热 1000°C，适应高转速微切削。

高精度：表面粗糙度 Ra 0.01-0.03 μm，锥度公差 ±0.005 mm。

微型化：小直径适合微型加工需求。

抗振性：抗弯强度 ≥ 2300 MPa，减少微振。

4. 锥度微小径铣刀性能与影响因素表

影响因素	描述	影响程度	优化建议	数据支持
钴含量	4%-8%，硬度与韧性平衡	高	4% 精度，8% 韧性	4% Co HV 2000
切削速度 (Vc)	50-300 m/min，过高磨损	中	硬材减 10%	Vc 350 m/min 磨损 8%
进给率 (fn)	0.005-0.02 mm/tooth	中	精加工 0.005 mm/tooth	fn 0.03 切削力增 20%
切削深度 (ap)	0.01-0.5 mm，过深振动	高	分层 0.2 mm/层	ap 0.7 mm 振动增 15%
涂层厚度	1-2 μm，过厚剥落	中	优化 1.2-1.5 μm	< 1 μm 耐热性降 10%

版权与免责声明

5. 锥度微小径铣刀性能生产工艺流程表

工艺步骤	设备/参数	时间/条件	目标/结果	技术指标
原料混合	球磨机 400-500 rpm	50-70 小时	均匀分散	CV < 1.5%
压制成型	250-300 MPa	15-25 秒	坯件成型	密度 14.5-15.8 g/cm ³
烧结	1450-1600°C, HIP	2-4 小时	致密化	密度 99.5%-99.9%
刃部修整	超精密砂轮 #1500-#2000	修整 0.001-0.003 mm	精度优化	Ra ≤ 0.02 μm
涂层处理	PVD 沉积 AlTiN	厚度 1-2 μm	耐热性提升	附着力 > 70 N

7. 锥度微小径铣刀的种类

标准锥度微小径铣刀：直径 0.1-3 mm, Vc 100-300 m/min, 适合通用微型加工。

高锥角微小径铣刀：锥角 20°-30°, Vc 50-200 m/min, 适合深锥加工。

涂层微小径铣刀：AlTiN 涂层, Vc 150-300 m/min, 寿命延长 40%-50%。

超微小径铣刀：直径 0.1-1 mm, Vc 50-150 m/min, 适合极微加工。

可调锥度铣刀：锥角可调, Vc 50-250 m/min, 适合定制需求。

6. 锥度微小径铣刀的应用

锥度微小径铣刀因其微型和高精度加工能力, 在多个行业中得到广泛应用, 具体如下:

模具制造:

加工微型模具锥形槽, 工件材料为 SKD11 钢, Vc 100-200 m/min, ap 0.01-0.3 mm, fn 0.005-0.01 mm/tooth. 精度 IT4, Ra 0.01-0.02 μm, 2025 年 AI 优化减少加工时间 15%。

电子行业:

加工手机摄像头倒角, 工件材料为铝合金, Vc 200-300 m/min, ap 0.01-0.2 mm, fn 0.005-0.01 mm/tooth. 精度 ±0.001 mm, Ra 0.01-0.02 μm。

航空航天:

加工钛合金微型锥形孔, Vc 100-200 m/min, ap 0.01-0.4 mm, fn 0.005-0.01 mm/tooth. 精度 IT5, Ra 0.01-0.02 μm。

医疗设备:

加工钛合金植入件锥形特征, Vc 50-150 m/min, ap 0.01-0.2 mm, fn 0.005-0.008 mm/tooth. 精度 ±0.0002 mm, Ra 0.01 μm。

国防工业:

加工微型导弹部件锥形槽, 工件材料为高强度钢, Vc 100-200 m/min, ap 0.02-0.3 mm, fn 0.005-0.01 mm/tooth. 耐磨性提升 25%。

新能源行业:

加工微型太阳能电池支架锥形孔, 工件材料为铝合金, Vc 150-250 m/min, ap 0.01-0.3 mm, fn 0.005-0.01 mm/tooth. 效率提升 15%。

精密仪器:

加工光学元件锥形表面, 工件材料为玻璃陶瓷, Vc 50-150 m/min, ap 0.01-0.2 mm, fn 0.005-0.01 mm/tooth. 精度 ±0.0005 mm, Ra 0.01 μm。

版权与免责声明

硬质合金铣刀的特点和异同对比

硬质合金成形铣刀、螺纹铣刀、钻铣刀、粗齿铣刀、细齿铣刀及锥度微小径铣刀的特性进行对比，列出其特点及异同点。

硬质合金铣刀的特点和异同对比表

类型	主要特点	适用加工	直径范围 (mm)	齿数	切削速度 (Vc, m/min)	进给率 (fm, mm/tooth)	切削深度 (ap, mm)	硬度 (HV)	耐热性 (°C)	表面粗糙度 (Ra, μm)	主要应用领域
成形铣刀	特定轮廓刀头，复杂表面加工	成型表面、齿槽	5-30	2-6	100-350	0.02-0.06	0.1-1.5	1800-2100	1100	0.02-0.06	齿轮、模具制造
螺纹铣刀	螺旋槽设计，加工内/外螺纹	螺纹加工	3-20	2-6	100-300	0.02-0.05	0.1-1	1800-2100	1100	0.02-0.06	机械加工、汽车制造
钻铣刀	钻削+铣削功能，中心切削刃	钻孔、槽、倒角	3-20	2-4	100-400	0.02-0.06	0.1-2	1800-2100	1100	0.02-0.06	机械加工、航空航天
粗齿铣刀	少齿大间距，高进给粗加工	粗加工平面、槽	10-50	2-6	100-300	0.1-0.3	1-5	1800-2100	1100	0.04-0.08	重型机械、模具制造
细齿铣刀	多齿小间距，高精度精加工	精加工平面、槽	4-30	6-20	150-500	0.02-0.06	0.1-1.5	1800-2100	1100	0.02-0.04	模具制造、航空航天
锥度微小径铣刀	锥形设计，极小直径，微型高精度加工	微型锥形、倒角	0.1-6	2-4	50-300	0.005-0.02	0.01-0.5	1900-2200	1000	0.01-0.03	微型模具、医疗器械

硬质合金成形铣刀、螺纹铣刀、钻铣刀、粗齿铣刀、细齿铣刀及锥度微小径铣刀异同表

类别	内容
相似点	
材料基础	所有类型均采用硬质合金 (WC+Co)，硬度范围在 1800-2200 HV，耐热性达 1000-1100°C，普遍配备 AlTiN 或 TiCN 涂层。
加工性能	均适合加工钢、铸铁、有色金属及难加工材料，广泛应用于工业制造。
生产工艺	均通过粉末冶金、精密磨削和 PVD 涂层工艺制成，精度控制在±0.005 mm 或更高。
应用场景	多用于数控机床和加工中心，2025 年结合 AI 优化提升效率 15%-20%。
不同点	
结构设计	<ul style="list-style-type: none"> - 成形铣刀：特定轮廓设计，针对复杂表面。 - 螺纹铣刀：螺旋槽结构，专为螺纹加工。 - 钻铣刀：兼具钻削和铣削功能。 - 粗齿铣刀：少齿大间距，适合粗加工。 - 细齿铣刀：多齿小间距，适合精加工。 - 锥度微小径铣刀：锥形微小直径，专为微型高精度加工。
直径范围	锥度微小径铣刀最小 (0.1-6 mm)，粗齿铣刀最大 (10-50 mm)，其他类型介于 3-30 mm。
齿数与间距	粗齿铣刀齿数少 (2-6)，间距大；细齿铣刀齿数多 (6-20)，间距小；其他类型齿数适中 (2-6)。
切削参数	<ul style="list-style-type: none"> - 粗齿铣刀进给率最高 (0.1-0.3 mm/tooth)，切削深度最大 (1-5 mm)。 - 锥度微小径铣刀进给率最低 (0.005-0.02 mm/tooth)，切削深度最小 (0.01-0.5 mm)。

版权与免责声明

	- 细齿铣刀切削速度最高（150-500 m/min）。
精度与表面质量	锥度微小径铣刀精度最高（Ra 0.01-0.03 μm），粗齿铣刀最低（Ra 0.04-0.08 μm）；细齿铣刀和成形铣刀适用于高精度精加工（IT5-IT7）。
应用领域	粗齿铣刀偏重型机械；细齿铣刀和锥度微小径铣刀偏精密行业（如航空航天、医疗）。

硬质合金铣刀的齿数差异

类型	齿数范围	特点与影响	适用场景
成形铣刀	2-6	适中齿数，适合复杂轮廓加工，齿数较少以确保切屑空间，精度中等。	齿轮、模具复杂表面加工
螺纹铣刀	2-6	齿数适中，螺旋设计优化螺纹切削，少齿确保切屑排出顺畅。	螺纹加工、机械零件制造
钻铣刀	2-4	齿数少，兼顾钻削和铣削功能，减少振动，适合小直径高精度加工。	钻孔、槽、倒角
粗齿铣刀	2-6	齿数少、间距大，适合高进给率粗加工，切屑空间大，效率高但精度较低。	重型机械、粗加工平面、槽
细齿铣刀	6-20	齿数多、间距小，适合低进给率精加工，切削平稳，表面质量高。	模具制造、航空航天精加工
锥度微小径铣刀	2-4	齿数少，微小直径设计，适合高精度微型加工，少齿减少工具负荷。	微型模具、医疗器械微加工

齿数差异主因与影响

加工类型	粗加工（如粗齿铣刀）需少齿以容纳大量切屑，齿数 2-6。 精加工（如细齿铣刀）需多齿以提高表面光洁度，齿数 6-20。 特殊加工（如螺纹铣刀、锥度微小径铣刀）齿数适中（2-6），优化特定功能。
直径大小	小直径工具（如锥度微小径铣刀，0.1-6 mm）齿数少（2-4），避免过载。 大直径工具（如粗齿铣刀，10-50 mm）齿数可达 6，适应更大切削量。
切削参数	少齿工具（如粗齿铣刀）进给率高（0.1-0.3 mm/tooth），切削深度大（1-5 mm）。 多齿工具（如细齿铣刀）进给率低（0.02-0.06 mm/tooth），切削深度小（0.1-1.5 mm）。
精度要求	细齿铣刀多齿设计提升精度（Ra 0.02-0.04 μm），粗齿铣刀少齿精度较低（Ra 0.04-0.08 μm）。 微型工具（如锥度微小径铣刀）少齿确保高精度（Ra 0.01-0.03 μm）。



版权与免责声明

1. 引言
2. 硬质合金铣刀的定义
 - 2.1 硬质合金铣刀的基本定义
 - 2.2 硬质合金铣刀与其他铣刀的区别
3. 硬质合金铣刀的特点
 - 3.1 硬质合金铣刀的物理性能
 - 3.2 硬质合金铣刀的几何特性
 - 3.3 硬质合金铣刀的表面处理
4. 硬质合金铣刀的分类
 - 4.1 硬质合金铣刀的分类-按结构分类
 - 4.2 硬质合金铣刀的分类-按用途分类
 - 4.3 硬质合金铣刀的分类-按涂层分类
5. 硬质合金铣刀的制造工艺
 - 5.1 硬质合金铣刀的材料制备
 - 5.2 硬质合金铣刀的加工流程
 - 5.3 硬质合金铣刀的热处理
 - 5.4 硬质合金铣刀的涂层应用
6. 硬质合金铣刀的应用领域
 - 6.1 硬质合金铣刀的应用-制造业
 - 6.2 硬质合金铣刀的应用-模具制造
 - 6.3 硬质合金铣刀的应用-能源工业
 - 6.4 硬质合金铣刀的应用-医疗器械
 - 6.5 硬质合金铣刀的应用-电子工业
 - 6.6 硬质合金铣刀的应用-建筑材料加工
 - 6.7 硬质合金铣刀的应用-船舶制造
 - 6.8 硬质合金铣刀的应用-铁路交通
 - 6.9 硬质合金铣刀的应用-农业机械
 - 6.10 硬质合金铣刀的应用-其他新兴领域
7. 硬质合金铣刀的维护与保养
 - 7.1 硬质合金铣刀的日常清洁
 - 7.2 硬质合金铣刀的刃口修整
 - 7.3 硬质合金铣刀的储存与防腐蚀
 - 7.4 硬质合金铣刀的定期检测与更换
8. 硬质合金铣刀的未来发展趋势
 - 8.1 硬质合金铣刀的材料与涂层创新
 - 8.2 硬质合金铣刀的智能化与数字化
 - 8.3 硬质合金铣刀的可持续性与环保
 - 8.4 硬质合金铣刀的微型化与多功能化
9. 硬质合金铣刀的优势与局限性
 - 9.1 硬质合金铣刀的性能优势

- 9.2 经济效益
- 9.3 硬质合金铣刀的加工质量
- 9.4 硬质合金铣刀的局限性
- 10. 使用硬质合金铣刀的注意事项
 - 10.1 安装与操作
 - 10.2 切削参数控制
 - 10.3 维护与保养
 - 10.4 安全预防

11. 附录

什么是硬质合金 T 型铣刀？
中钨智造硬质合金 T 型铣刀简介

- 硬质合金 T 型铣刀的结构与材料
- 硬质合金 T 型铣刀工作原理
- 硬质合金 T 型铣刀特性
- 硬质合金 T 型铣刀性能与影响因素
- 硬质合金 T 型铣刀性能影响因素表
- 硬质合金 T 型铣刀性能生产工艺
- 硬质合金 T 型铣刀性能生产工艺表
- 硬质合金 T 型铣刀的应用
- 硬质合金 T 型铣刀的种类
- 硬质合金 T 型铣刀有关国内外标准
- 硬质合金 T 型铣刀的设计图和烧结制品、胚料

ISO 513:2012 – 切削工具材料的分类和应用要求

Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges – Designation of the main groups and groups of application

ISO 15641:2014 - 铣刀几何参数和耐用性测试方法

Cutting tools – Milling cutters – Geometric parameters and durability test methods

DIN 844:1987 - 带有圆柱柄的铣刀 — 尺寸

Milling cutters with cylindrical shank — Dimensions

DIN 1839:1990 - 铣刀 — 制造和使用规范

Milling cutters — Manufacturing and application specifications

ANSI B94.19-1997 (R2019) - 铣刀和端铣刀

Milling Cutters and End Mills

JIS B 4120:2000 硬质合金铣刀 — 制造和测试规范

Milling cutters with carbide tips — Manufacturing and testing specifications

GB/T 16665-2017 - 硬质合金 技术要求和试验方法

Hardmetals — Technical requirements and test methods

GB/T 5231-2019- 切削工具 通用技术条件

Cutting tools — General technical conditions

版权与法律责任声明

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

GB/T 20323-2020- 铣刀 代号（整体/镶齿/可转位）

Milling cutters — Designation system for solid/tooth-insertable/indexable types

GB/T 25664-2010 - 高速切削铣刀 安全要求

High-speed milling cutters — Safety requirements

GB/T 6122-2017 - 圆角铣刀

Corner rounding milling cutters

GB/T 1127-2023- 半圆键槽铣刀

Half-round keyway milling cutters

GB/T 20773-2006 - 模具铣刀

Milling cutters for dies and moulds

GB/T 14301-2008 - 整体硬质合金锯片铣刀

Solid carbide saw-blade milling cutters

GB/T 5231-2018 硬质合金材料

GB/T 16665-2017 切削工具分类

ISO 6987-2020: 数控机床切削参数

ISO 6987-2020 Numerical Control of Machines — Cutting Parameters

ISO 13399-2022: 刀具数据表示

ISO 13399-2022 Cutting Tool Data Representation

什么是铣刀？

铣刀种类有哪些？

什么是硬质合金圆柱柄铣刀？

什么是硬质合金端铣刀？

什么是硬质合金整体铣刀？

什么是硬质合金焊接式铣刀？

什么是硬质合金镶齿式铣刀？

什么是硬质合金镶齿铣刀？

什么是硬质合金可转位刀片铣刀？

什么是硬质合金高速切削铣刀？

什么是硬质合金圆角铣刀？

什么是硬质合金半圆键槽铣刀？

什么是硬质合金模具铣刀？

什么是硬质合金锯片铣刀？

什么是硬质合金圆柱铣刀？

什么是硬质合金面铣刀？

什么是硬质合金立铣刀？

什么是硬质合金长刃立铣刀？

什么是硬质合金球头立铣刀？

什么是硬质合金圆鼻铣刀？

什么是硬质合金牛鼻铣刀？

什么是硬质合金倒角铣刀？

什么是硬质合金锥度铣刀？

[版权与免责声明](#)

什么是硬质合金燕尾槽铣刀？
什么是硬质合金键槽铣刀？
什么是硬质合金角度铣刀？
什么是硬质合金成形铣刀？
什么是硬质合金螺纹铣刀？
什么是硬质合金钴铣刀？
什么是硬质合金粗齿铣刀？
什么是硬质合金细齿铣刀？
什么是锥度微小径铣刀？
硬质合金铣刀的特点和异同对比



中钨智造科技有限公司

30年硬质合金定制专家

核心优势

30年经验：深谙硬质合金生产加工，技术成熟稳定，不断精进。

精准定制：支持特殊性能与复杂设计，重视客户+AI协同设计。

质量成本：优化模具与加工，性价比卓越；领先设备，RMI、ISO 9001 认证。

服务客户

产品涵盖切削、工模具、航空、能源、电子等领域，已服务 10+万客户。

服务承诺

10+亿次访问、100+万网页、10+万客户、30年0抱怨！

联系我们

邮箱：sales@chinatungsten.com

电话：+86 592 5129696

官网：www.ctia.com.cn

微信：关注“中钨在线”



版权与法律责任声明

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