

中等职业技术教育规划教材

沈志雄 主编

金属切削 原理与刀具

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机 电 专 业 委 员 会

501

44



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业技术教育规划教材

金属切削原理与刀具

机械工业出版社

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会

主编 沈志雄



机械工业出版社

中等职业教育基础课程系列教材

本书是为适应中等职业技术教育教学改革需要而编写的。主要内容有：金属切削刀具的材料，刀具的几何形状和切削要素，金属的切削过程，刀具的磨损与刃磨，提高金属切削效率的途径，常用刀具。

本书可作为中等职业技术学校机械类专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属切削原理与刀具/沈志雄主编. —北京：机械工业出版社，2004.2

中等职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-13845-7

I. 金... II. 沈... III. ①金属切削—专业学校—教材②刀具 (金属切削)—专业学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 002974 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：王英杰 版式设计：张世琴 责任校对：樊钟英

封面设计：姚毅 责任印制：闫焱

北京中加印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·3.875 印张·99 千字

定价：9.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

“中等职业教育规划教材” 编审委员会名单

主任 郝广发

副主任 周学奎 刘亚琴 李超群 何阳春 林爱平 李长江
付捷 单渭水 王兆山 张仲民

委员 (按姓氏笔画排序)

于平 王柯 王军 王洪琳 付元胜 付志达
刘大力 (常务) 刘家保 许炳鑫 孙国庆 李木杰
李稳贤 李鸿仁 李涛 何月秋 杨柳青 (常务)
杨耀双 杨君伟 张跃英 林青 周建惠
赵杰士 (常务) 郝晶卉 荆宏智 (常务) 贾恒旦
黄国雄 董桂桥 (常务) 曾立星 甄国令

本书主编 沈志雄

参编 刘燕霄 陈天水

本书主审 王洪琳

参审 赵源益

“林楚原”前 卷 本 言

单 位 会 员 委 员 会 编

为贯彻落实全国职业教育工作会议精神，克服原有的教材专业设置落后，缺乏新的专业和复合专业，技术内容比较陈旧，理论课内容偏深、偏难的弊端，更好地满足中等职业技术教育教学改革的需要，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织编写了这套适合新形势的中等职业技术教育规划教材。首批所选五个专业为机床切削加工、数控机床加工、机械设备维修、模具制造与维修、电气维修。本套教材的编写指导思想是：贯彻党的教育方针，依据《劳动法》、《职业教育法》的规定和《国家职业标准》的要求，更新教学内容，突出技能训练，强化创新能力的培养，以培养具备较宽理论基础和复合型技能的人才，使培养的人才适应科技进步、经济发展和市场的需要。其宗旨是：**促职业教育改革，助技能人才培养。**

为实现这一宗旨，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织了 30 多所高、中级技工学校参加了首批五个专业教学计划、教学大纲的制定和教材的编审工作。各学校对新教材的专业选择、课程设置、学时安排、教学计划和教学大纲的制定、教材定位、编写方式等，参照《国家职业标准》相关工种中级工的要求和各校实际，经过三次会议进行了广泛的讨论和充分论证，首先完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作。在教材的编写过程中，贯彻了“简明、实用、够用”的原则，反映了新知识、新技术、新工艺和新方法，体现了科学性、实用性、代表性和先进性，正确处理了理论知识与技能的关系。同时通过对原有教材进行评价，针对其不足并在编写过程中进行了改进，以充分反映学校的实际需要。新教

材的价值在于兼顾了学生学习真本事与达到职业技能鉴定考试两种要求。综上所述,本套教材具有以下特色:

1) **职业性** 专业设置参照有关专业目录,并根据职业变化和社会实际需求确定。

2) **科学性** 教学内容与现代科学技术发展和先进技术装备、技术水平相适应,体现了科学性和先进性。

3) **实践性** 重视实践性教学环节,加强了技能训练和生产实习教学,努力实现产教结合。

4) **衔接性** 与企业培训和其他类型教育相沟通,与国家职业资格证书体系相衔接。

5) **实用性** 教学内容符合职业标准及企业生产实际需要,有利于培养实用型人才。

与本教材配套的还有相应教材的习题集。

本套教材的编写工作得到了各学校领导的重视和支持,参加教材编审的人员均为各校的教学骨干,保证了本套教材能够按计划有序地进行,并为编好教材提供了良好的技术保证,在此对各个学校的支持表示感谢。

本书的具体编写分工如下:绪论、第三章~第五章由沈志雄编写,第一章和第二章由刘燕霄编写,第六章由陈天水编写。全书由王洪琳主审,赵源益参审。

由于时间和编者水平有限,书中难免存在某些缺点或错误,敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前 言

| | |
|--------------------|----|
| 绪 论 | 1 |
| 第一章 金属切削刀具的材料 | 3 |
| 第一节 刀具材料应具备的性能和种类 | 3 |
| 第二节 工具钢 | 5 |
| 第三节 硬质合金 | 8 |
| 第四节 其他刀具材料 | 12 |
| 思考与练习题 | 15 |
| 第二章 刀具的几何形状和切削要素 | 16 |
| 第一节 切削过程中的运动和形成的表面 | 16 |
| 第二节 刀具切削部分的基本定义 | 17 |
| 第三节 切削要素 | 23 |
| 思考与练习题 | 25 |
| 第三章 金属的切削过程 | 26 |
| 第一节 切屑的形成 | 26 |
| 第二节 积屑瘤与加工硬化 | 30 |
| 第三节 切削力 | 33 |
| 第四节 切削热与切削温度 | 37 |
| 思考与练习题 | 40 |
| 第四章 刀具的磨损与刃磨 | 41 |
| 第一节 刀具的磨损及其原因 | 41 |
| 第二节 刀具的磨钝标准 | 44 |
| 第三节 刀具的寿命 | 45 |

| | |
|------------------------------|------------|
| 第四节 刀具的刃磨 | 48 |
| 思考与练习题 | 52 |
| 第五章 提高金属切削效率的途径 | 54 |
| 第一节 改善工件材料的切削加工性 | 54 |
| 第二节 刀具几何参数的合理选择 | 57 |
| 第三节 切削液的合理选择 | 65 |
| 第四节 切削用量的合理选择 | 68 |
| 思考与练习题 | 72 |
| 第六章 常用刀具 | 74 |
| 第一节 麻花钻 | 74 |
| 第二节 镗刀 | 84 |
| 第三节 铰刀 | 89 |
| 第四节 铣刀 | 93 |
| 第五节 丝锥与板牙 | 97 |
| 第六节 磨削原理及砂轮的选择 | 102 |
| 思考与练习题 | 111 |
| 参考文献 | 112 |

绪 论

普通金属切削加工是利用高于工件硬度的切削工具，在工件上切除多余金属的加工方法，是机械制造业基本的加工方法之一。在机械制造工艺过程中，凡是精度和表面质量要求较高的零件，一般都需要经过切削加工。

我国的金属切削加工技术有着悠久的历史，它是从古代加工石质、木质、骨质和其他非金属器物发展演变而来的。公元前二千多年青铜器时代就已经出现了金属切削的萌芽，当时的青铜刀、锯、锉等已经类似于现代的刀具。根据大量出土文物与文献推测，最迟在唐代（8世纪）我国已有了原始的车床。到了明代（17世纪），各种切削加工如车、铣、钻、刨、磨等分工逐渐明确。当时为了精加工天文仪器上的直径达2m多的大铜环，用畜力带动铣刀、磨石进行铣削和磨削，这种加工方法与现代的加工方法已经十分相似了。所有这些都说明了我国古代劳动人民，在金属切削加工方面有着悠久的历史，并取得了辉煌的成就。

但是在解放以前很长一段时间，由于封建制度的束缚、外国的侵略和统治阶级的无能，使我国的科学技术长期得不到发展。与国外发达国家相比，我国的金属切削加工技术十分落后，当时除了少数几个修配厂外，根本谈不上自己的机床和工具制造业。

新中国成立后，在中国共产党的领导下，我国的机械制造业有了很大的发展，金属切削加工技术也有了突飞猛进的发展。尤其是改革开放以来，我国引进、消化和吸收国外先进的切削技术和新的工艺，各有关科研院所也对切削理论进行深入研究，取得了丰硕的成果。现在，我国在刀具材料、刀具品种和质量方面，有些已跃入世界先进行列，许多产品已能出口创汇，但与世界上工业发达国家相比，还有一定的差距。

目前金属切削加工有两项引人瞩目的成就：一是精密加工技术，30多年前只能加工 $10\mu\text{m}$ 级精度零件，而现在已能加工 $10^{-1}\mu\text{m}$ 级至 $10^{-2}\mu\text{m}$ 级精度的零件；二是计算机辅助制造 (CAM) 技术和柔性制造系统 (FMS) 进入实用阶段，使加工制造向自动化、智能化方向发展。

刀具是金属切削加工中不可缺少的重要工具之一，无论是普通机床，还是数控机床以至柔性制造系统，都必须依靠刀具才能完成切削工作。一方面，由于刀具的改进与发展，往往可以成倍、成十倍地提高工效，促进了生产率的提高、机床结构及加工工艺的改革；另一方面，随着科学技术与生产的发展，又对刀具的材料及结构提出了更高的要求，以适应加工的需要。

通过本课程的理论教学、实验、实习等教学环节，应达到下面基本的要求：

了解常用金属切削加工基本理论知识，掌握金属切削过程的基本规律；掌握常用刀具的类型、结构特点与应用范围，能根据加工条件正确选择与使用各种常用刀具；掌握正确选择刀具几何角度和切削用量的基本知识。

第一章 金属切削刀具的材料

在金属切削加工过程中，刀具直接完成切削工作。刀具切削性能的优劣，直接影响到工件被加工表面的质量、切削效率、刀具的使用寿命和加工成本的高低。合理选择刀具切削部分的材料以及刀具几何形状和结构是十分重要的。

第一节 刀具材料应具备的性能和种类

一、刀具材料应具备的性能

刀具在切削过程中，要承受切削力、高温、冲击和振动，并被磨损。因此，刀具材料必须具备以下几方面的性能：

1. 足够的硬度和耐磨性 硬度是刀具材料应具备的基本性能。刀具材料的硬度应高于工件材料的硬度，一般刀具材料的常温硬度须在 60HRC 以上。耐磨性是指材料抵抗磨损的能力，它与材料硬度、强度和组织结构有关。材料硬度越高，则耐磨性越好。材料组织中碳化物、氮化物等硬质点的硬度越高、颗粒越小、数量越多且分布均匀，则耐磨性越高。

2. 足够的强度与韧性 切削时刀具要承受很大的切削力、冲击和振动。为避免崩刃和折断，刀具材料应具有足够的强度和韧性。材料的强度和韧性通常用抗弯强度 σ_{bb} 和冲击韧度 a_k 表示。

3. 高的耐热性 耐热性是刀具材料在高温下仍能维持刀具切削性能的一种特性。通常把材料在高温下仍保持高硬度的能力称为热硬性。刀具材料的高温硬度越高，耐热性越好，允许的切削速度越高。它是影响刀具材料切削性能的重要指标。

4. 良好的导热性 刀具材料的导热系数越大，刀具传导热量的能力就越大，有利于将切削区的热量传出，降低切削温度，提高刀具寿命。

5. 良好的工艺性能和经济性 为便于刀具本身的加工制造, 刀具材料要有良好的工艺性能, 如热轧、锻造、焊接、热处理、切削和磨削加工等性能。

二、刀具材料的分类

刀具切削部分的材料主要有: 工具钢(包括碳素工具钢、合金工具钢、高速钢)、硬质合金、陶瓷材料和超硬刀具材料等四类。一般切削加工使用最多的是高速钢和硬质合金。各类刀具材料的主要物理性能和力学性能见表 1-1。

表 1-1 各类刀具材料的主要物理性能和力学性能

| 材料种类 | | 相对密度 | 硬度 HRC (HRA) [HV] | 抗弯强度 σ_{bb} /GPa | 冲击韧度 α_k (MJ/m ²) | 热导率 λ [W/ (m·K)] | 耐热性 /°C |
|------|------------|---------------|-------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| 工具钢 | 碳素工具钢 | 7.6~7.8 | 60~65 (81.2~84) | 2.16 | — | ≈41.87 | 200~250 |
| | 合金工具钢 | 7.7~7.9 | 60~65 (81.2~84) | 2.35 | — | ≈41.87 | 300~400 |
| | 高速钢 | 8.0~8.8 | 63~70 (83~86.6) | 1.96~4.41 | 0.098~ 0.588 | 16.75~ 25.1 | 600~700 |
| 硬质合金 | 钨钴类 | 14.3~ 15.3 | (89~91.5) | 1.08~2.16 | 0.019~ 0.059 | 75.4~ 87.9 | 800 |
| | 钨钛钴类 | 9.35~ 13.2 | (89~92.5) | 0.882~ 1.37 | 0.0029~ 0.0068 | 20.9~ 62.8 | 900 |
| | 含有碳化钽、铌类 | — | (90~92) | 1.18~1.47 | — | — | 1000~1100 |
| | 碳化钛基类 | 5.56~6.3 | (92~93.3) | 0.78~1.08 | — | — | 1100 |
| 陶瓷 | 氧化铝陶瓷 | 3.6~4.7 | (91~95) | 0.44~ 0.686 | 0.0049~ 0.0117 | 41.9~ 20.93 | 1200 |
| | 氧化铝碳化物混合陶瓷 | | | 0.71~ 0.88 | | | 1100 |
| | 氮化硅陶瓷 | 3.26 | [5000] | 0.735~ 0.83 | — | 37.68 | 1300 |
| 超硬材料 | 立方氮化硼 | 8.44~ 3.49 | [8000~ 9000] | ≈0.294 | — | 75.55 | 1400~ 1500 |
| | 人造金刚石 | 3.47~ 3.56 | [10000] | 0.21~0.48 | — | 146.54 | 700~ 800 |

第二节 工 具 钢

一、碳素工具钢

碳素工具钢是含碳量(质量分数)为0.65%~1.3%的优质碳素钢,常用钢号有T7A、T8A、T10A及T12A等。这类钢工艺性能良好,经适当热处理,硬度可达60~64HRC,有较高的耐磨性,价格低廉。最大缺点是热硬性差(约200~250℃),故允许的切削速度较低($v < 8\text{m}/\text{min}$),且淬透性差,水冷时,心部能淬透的最大直径只有 $\phi 10 \sim \phi 12\text{mm}$ 。因此,只能用于制造手动刀具、低速及小进给量的机用刀具。

二、合金工具钢

合金工具钢是在碳素工具钢中加入适当的合金元素Cr、Mo、Si、W、Mn、V等炼制而成的,它提高了刀具材料的淬透性、韧性、耐磨性和耐热性。其耐热性达250~350℃,所以切削速度比碳素工具钢高。合金工具钢主要用于制造细长刀具或截面积大、刃形复杂的刀具,如拉刀、丝锥、板牙等。常用的合金工具钢有9SiCr、CrWMn等。

三、高速工具钢

高速工具钢简称高速钢,是含有较多的合金元素如W、Cr、Mo及V等的合金工具钢。它与碳素工具钢或合金工具钢相比,突出的性能特点是热硬性很高,在切削温度高达500~600℃时,仍能保持60HRC的高硬度,切削速度可提高1~3倍。高速钢具有良好的淬透性,小型刀具在空气中冷却即可淬透。同时,高速钢还具有较高的硬度和耐磨性以及较高的强度和韧性。高速钢的使用约占刀具材料总量的60%~70%,特别是用于制造结构复杂的成形刀具、孔加工刀具,例如各类铣刀、拉刀、螺纹刀具及齿轮刀具等。

常用高速钢牌号及其物理力学性能见表1-2。

1. 普通性能高速钢 普通性能高速钢应用最为广泛,约占高速钢总量的75%。其性能特点是工艺性能好,具有较高的硬

表 1-2 常用高速钢牌号及其物理力学性能

| 类型 | 牌 号 | | 国内有 美厂代号 | 硬度 HRC | | | 冲击韧性 a_k (MJ/m ²) |
|--------|------------------------------------|---------------|-------------|---------|-------|-------|------------------------------------|
| | GB/T9941—9943—1988 (YB/T2—1980) | 美国 AISI 代号 | | 室 温 | 500℃ | 600℃ | |
| 通用型高速钢 | W18Cr4V | (T1) | | 63~66 | 56 | 48.5 | 0.176~0.314 |
| | W6Mo5Cr4V2 | (M2) | | 63~66 | 55~56 | 47~48 | 0.294~0.392 |
| | W9Mo3Cr4V | | | 65~66.5 | | | 0.343~0.392 |
| | (W12Cr4VMo) | (EV4) | | 65~67 | | 51.7 | ≈0.245 |
| 高钒 | W6Mo5Cr4V3 | (M3) | | 65~67 | | 51.7 | ≈0.245 |
| | W6Mo5Cr4V2Co5 | (M36) | | 66~68 | | 54 | ≈0.294 |
| 含钴 | W2Mo9Cr4VCo8 | (M42) | | 67~70 | 60 | 55 | 0.225~0.294 |
| | W6Mo5Cr4V2Al | (M2Al) | (501) | 67~69 | 60 | 55 | 0.225~0.294 |
| 超硬型 | (W10Mo4Cr4V3Al) | (5F—6) | | 67~69 | 60 | 54 | 0.196~0.274 |
| | (W6Mo5Cr4V5SiNbAl) | (B201) | | 66~68 | 57.7 | 50.9 | 0.255~0.265 |

度、强度、耐磨性和韧性，可用于制造各种刃形复杂的刀具。切削普通钢料时的切削速度通常不高于 $40\sim 60\text{m/min}$ 。高速钢碳的质量分数为 $0.7\%\sim 0.9\%$ ，主要牌号有以下三种：

(1) W18Cr4V (18-4-1) 其优点是综合性能较好，热处理工艺性能和可磨削性都较好，可制造各种形状复杂的刀具。其缺点是碳化物分布不均匀性严重，抗弯强度和冲击韧度差。此外由于钨的价格较高，国外已较少采用。我国在 20 世纪 60~70 年代曾应用较普遍，现在也逐渐减少使用。

(2) W6Mo5Cr4V2 (6-5-4-2) 这是以 Mo 代 W 发展起来的一种高速钢，国外使用较多，其切削性能大致与 W18Cr4V 相同。由于钢中合金元素含量较少，碳化物数量相应减少，而且颗粒细小分布均匀，因而与 W18Cr4V 相比，抗弯强度、塑性、韧性和耐磨性略有提高，特别是热塑性非常好。其主要缺点是淬火温度范围狭窄、脱碳、过热敏感性较大，可磨削性也略低于 W18Cr4V 。主要用于热轧刀具，如扭制麻花钻等。

(3) 9Mo3Cr4V (9-3-4-1) 此高速钢是根据我国资源研制的牌号，其抗弯性能与韧性均比 W6Mo5Cr4V2 好。高温热塑性好，而且淬火过热、脱碳敏感性小，有良好的切削性能。

2. 高生产率高速钢 高生产率高速钢是在普通高速钢成分中再添加一些 C、V、Co、Al 等合金元素，进一步提高了钢的耐热性和耐磨性。这类高速钢刀具的寿命约为普通高速钢的 $1.5\sim 3$ 倍。适用于加工不锈钢、耐热钢、钛合金及高强度钢等难加工的材料。

(1) W6Mo5Cr4V3 高钒高速钢 V 的质量分数提高到 $3\%\sim 5\%$ 的高速钢称为高钒高速钢，V 在钢中形成大量的碳化钒，使其硬度与耐磨性大大提高，但钒的增加也使其可磨削性相应地下降。用于制造加工高强度钢的车刀、铣刀、钻头等刀具。

(2) W2Mo9Cr4VCo8 钴高速钢 这是一种含 Co 超硬高速钢，常温硬度达 $67\sim 69\text{HRC}$ ，具有良好的综合性能。Co 能提高高温硬度，相应地提高了切削速度。因 V 的含量不高，故其可

磨削性良好。钴高速钢刀具适于切削加工不锈钢、高温合金。钴高速钢在国外应用较多，我国由于钴储量少，故使用不多。

(3) W12Mo3Cr4V3Co5Si (这是已经废止的冶标牌号，但目前企业中仍有采用) 低钴高速钢 这是用减少 Co 增加 Si 的办法从而获得了较好性能的一种刀具材料，但其成分中仍含 Co (仍然不经济)。由于 V 含量增加，使可磨削性降低。

(4) W6Mo5Cr4V2Al (501) 铝高速钢 铝高速钢是我国研制的无钴高速钢，是在普通高速钢的基础上加少量铝，以提高钢的耐热性和耐磨性，并使其强度和韧性不降低。国产 501 钢的性能已接近国外的 W2Mo9Cr4VCo8。因不含钴，生产成本较低，已在我国推广使用。

第三节 硬质合金

一、硬质合金的组成与性能

硬质合金是将一些难熔的、高硬度的合金碳化物微米数量级粉末与金属粘结剂混合，经加压成形，烧结而成的粉末冶金材料。常用的合金碳化物有 WC、TiC、TaC、NbC 等。常用的粘结剂有 Co 以及 Mo、Ni 等。

合金碳化物是硬质合金的主要成分，具有高硬度、高熔点和化学稳定性好等特点。因此，硬质合金的硬度、耐磨性、耐热性均超过高速钢，硬质合金的常温硬度为 89~93HRA，切削温度达 800~1000℃时，仍能进行切削。切削性能比高速钢好，切削速度可提高 4~10 倍。其缺点是抗弯强度低，约为 W18Cr4V 的 1/2~1/4，且冲击韧性差，约为 W18Cr4V 的 1/3~1/4。硬质合金的性能取决于化学成分、碳化物粉末粗细及其烧结工艺。碳化物含量增加时，硬度随之增高，抗弯强度反而降低。粘结剂含量增加时，抗弯强度随之增高，硬度反而下降。

硬质合金的切削性能良好，现已成为主要的刀具材料之一。绝大多数车刀和面铣刀的切削部分都采用硬质合金。深孔钻、铰刀以及某些复杂刀具也广泛采用硬质合金。

二、常用硬质合金的分类、牌号及性能

硬质合金按化学成分可分为以下几类：钨钴类硬质合金、钨钛钴类硬质合金、钨钛钽（铌）类硬质合金及碳化钛基类硬质合金。其中前面三类的主要成分为 WC，可统称为 WC 基硬质合金。常用硬质合金的成分与性能见表 1-3。

表 1-3 常用硬质合金的成分与性能

| 类别 | 牌号 | 化学成分(质量分数) $w(\%)$ | | | | 密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$ | 热导率 $\lambda/(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$ | 硬度 HRA (HRC) | 抗弯强度 $\sigma_{\text{bb}}/(\text{GPa})$ |
|-------------------------|---------------|--------------------|-----|--------------|--------------|-------------------------------------|---|--------------------|---|
| | | WC | TiC | TaC (NbC) | Co | | | | |
| 钨 钴 类 | YG3 | 97 | — | — | 3 | 14.9~15.3 | 87.92 | 91 (78) | 1.08 |
| | YG6X | 93.5 | — | <0.5 | 6 | 14.6~15.0 | 75.55 | 91 (78) | 1.37 |
| | YG6 | 94 | — | — | 6 | 14.6~15.0 | 75.55 | 89.5 (75) | 1.42 |
| | YG8 | 92 | — | — | 8 | 14.5~14.9 | 75.36 | 89 (74) | 1.47 |
| | YG8C | 90 | — | — | 10 | 14.3~14.9 | 75.36 | 88 (72) | 1.72 |
| 钨 钛 钴 类 | YT30 | 66 | 30 | — | 4 | 9.3~9.7 | 20.93 | 92.5 (80.5) | 0.88 |
| | YT15 | 79 | 15 | — | 6 | 11.0~11.7 | 33.49 | 91 (78) | 1.13 |
| | YT14 | 78 | 14 | — | 8 | 11.2~12.0 | 33.49 | 90.5 (77) | 1.77 |
| | YT5 | 85 | 5 | — | 10 | 12.5~13.2 | 62.80 | 89 (74) | 1.37 |
| 钨 钛 钽 (铌) 类 | YG6A (YA6) | 91 | — | 3 | 6 | 14.6~15.0 | — | 91.5 (79) | 1.37 |
| | YG8A | 91 | — | <1 | 8 | 14.5~14.9 | — | 89.5 (75) | 1.47 |
| | YW1 | 84 | 6 | 4 | 6 | 12.8~13.3 | — | 91.5 (79) | 1.18 |
| | YW2 | 82 | 6 | 4 | 8 | 12.6~13.0 | — | 90.5 (77) | 1.32 |
| 碳 化 钛 基 类 | YN05 | 8 | 71 | — | Ni7 Mo14 | 5.9 | — | 93.3 (82) | 0.78 ~0.93 |
| | YN10 | 15 | 62 | 1 | Ni12 Mo10 | 6.3 | — | 92 (80) | 1.08 |

1. 钨钴类 (YG 类) 硬质合金 (GB/T2075—1998 标准中 K