



高职高专“十一五”规划教材

机械电子类

机械制造技术

陈勇 主编



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn

高职高专“十一五”规划教材·机电类

机械制造技术

主 编 陈 勇

副主编 肖春芳 孙 涛 金红基

北 京
冶金工业出版社
2008

内 容 简 介

本书根据高职高专教育人才培养目标及规格要求进行编写。针对高职高专教育的特点,以培养技能型人才为目的,在本书内容结构上进行了较大的改革,将原来的《金属切削机床概论》、《金属切削原理与刀具》整合成《机械制造技术》。整体编写模块化,以项目、案例为主线进行编写,其内容包括刀具、机床两大部分。全书共分12个模块,主要内容包括:刀具材料与切削加工基本知识、金属切削加工中的主要现象及规律、金属切削加工质量及刀具几何参数的选择、车刀、孔加工刀具、铣刀、螺纹刀具与砂轮、车削加工、铣削加工、磨削加工、刨削加工、钻削加工、镗削加工、圆柱齿轮加工。本书注重实际应用,突出基本概念,内容精练,实例简明,可供高等职业教育和高等专科学校机械制造类专业、机电专业使用,也可供普通高等院校师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/陈勇主编. —北京:冶金工业出版社, 2008.7
ISBN 978-7-5024-4687-1

I. 机… II. 陈… III. 机械制造工艺—高等学校:技术学校—教材 IV.TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 103515 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢

ISBN 978-7-5024-4687-1

北京天正元印务有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 7 月第 1 版, 2008 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 12 印张; 267 千字; 185 页; 1-3000 册

25.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

为了切实解决目前机械设计制造类专业（包括数控技术、机电一体化、模具设计与制造）教材不能满足高等职业技术学院教学改革和培养高等技术应用型人才需要的问题，冶金工业出版社组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师在充分调研的基础上共同研究、编写了本课程的教材。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

(1) 充分汲取高等职业技术学院在培养高等技术应用型人才方面取得的成功经验和教学成果，从职业（岗位）分析入手，构建培养计划，确定本课程的教学目标。

(2) 以国家职业标准为依据，使内容涵盖国家职业标准的相关要求。

(3) 贯彻先进的教学理念，以技能训练为主线、相关知识为基础，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

(4) 突出教材的先进性，较多地编入新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需要。

(5) 以实际案例为切入点，并尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

编者针对高职高专教育的特点，以培养技能型人才为目的，在本书内容结构上进行了较大的改革，将原来的《金属切削机床概论》、《金属切削原理与刀具》整合成《机械制造技术》。整体编写模块化，以项目、案例为主线进行编写，其内容包括刀具、机床两大部分。全书共分12模块，主要内容包括：刀具材料与切削加工基本知识、金属切削加工中的主要现象及规律、金属切削加工质量及刀具几何参数的选择、车刀、孔加工刀具、铣刀、螺纹刀具与砂轮、车削加工、铣削加工、磨削加工、刨削加工、钻削加工、镗削加工、圆柱齿轮加工。

本书由陈勇任主编，肖春芳、孙涛、金红基任副主编，王红军参加编写。

本教材在编写过程中得到了有关院校的领导和同行们的大力支持，书中引用了兄弟院校有关编著的珍贵资料，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

模块1 刀具材料与切削加工基本知识.....1

课题1 刀具材料的选用.....1	
一、课题引入.....1	
二、课题分析.....1	
三、相关知识.....2	
课题2 切削运动和切削用量.....6	
一、课题引入.....6	
二、课题分析.....6	
课题3 刀具的组成及其主要角度.....10	
一、课题引入.....10	
二、课题分析.....11	
三、相关知识.....11	
课题4 常用车刀的绘制及刃磨.....14	
一、课题引入.....15	
二、课题分析.....15	
三、相关知识.....15	
课题5 车刀的工作角度.....18	
一、课题引入.....18	
二、课题分析.....18	
三、相关知识.....18	

模块2 金属切削加工中的主要现象及规律.....22

课题1 切削中的变形.....22	
一、课题引入.....22	
二、课题分析.....22	
三、相关知识.....22	
课题2 切屑的种类及断屑.....26	
一、课题引入.....26	
二、课题分析.....26	
三、相关知识.....26	
课题3 积屑瘤、加工硬化.....29	
一、课题引入.....29	
二、课题分析.....29	
三、相关知识.....30	
课题4 切削力与切削热.....32	
一、课题引入.....32	
二、课题分析.....33	
三、相关知识.....33	
课题5 刀具磨损与刀具耐用度.....40	

一、课题引入.....40	
二、课题分析.....41	
三、相关知识.....41	

模块3 金属切削加工质量及刀具几何参数的选择.....45

课题1 工件材料的切削加工性.....45	
一、课题引入.....45	
二、课题分析.....45	
三、相关知识.....46	
课题2 已加工表面质量.....48	
一、课题引入.....48	
二、课题分析.....48	
三、相关知识.....48	
课题3 刀具几何参数的合理选择.....53	
一、课题引入.....53	
二、课题分析.....53	
三、相关知识.....53	

模块4 车刀.....57

课题1 焊接车刀、机夹车刀.....57	
一、课题引入.....58	
二、课题分析.....58	
三、相关知识.....58	
课题2 径向成形车刀.....62	
一、课题引入.....62	
二、课题分析.....62	
三、相关知识.....62	

模块5 孔加工刀具.....68

课题1 标准麻花钻.....68	
一、课题引入.....68	
二、课题分析.....68	
三、相关知识.....68	
课题2 标准麻花钻的修磨与群钻.....73	
一、课题引入.....73	
二、课题分析.....73	
三、相关知识.....73	
课题3 铰刀.....76	
一、课题引入.....76	

二、课题分析	76	二、课题分析	117
三、相关知识	76	三、相关知识	118
模块 6 铣刀	79	课题 2 铣床附件	122
课题 1 铣刀的种类和用途	79	一、课题引入	122
一、课题引入	79	二、课题分析	122
二、课题分析	79	三、相关知识	123
三、相关知识	79	课题 3 铣削加工	128
课题 2 铣刀的几何参数和铣削用量	83	一、课题引入	128
一、课题引入	83	二、课题分析	129
二、课题分析	83	三、相关知识	129
三、相关知识	83	模块 10 磨削加工	138
模块 7 螺纹刀具和砂轮	89	课题 1 磨床	138
课题 1 螺纹刀具	89	一、课题引入	138
一、课题引入	89	二、课题分析	138
二、课题分析	89	三、相关知识	139
三、相关知识	89	课题 2 磨削加工	147
课题 2 砂轮的合理选择	96	一、课题引入	147
一、课题引入	96	二、课题分析	147
二、课题分析	97	三、相关知识	147
三、相关知识	97	模块 11 刨削、钻削、镗削加工	153
模块 8 车削加工	104	课题 1 刨削加工	153
课题 1 金属切削机床的分类与编号	104	一、课题引入	153
一、课题引入	104	二、课题分析	153
二、课题分析	104	三、相关知识	153
三、相关知识	104	课题 2 钻床及钻削加工	159
课题 2 车床	107	一、课题引入	159
一、课题引入	107	二、课题分析	159
二、课题分析	107	三、相关知识	160
三、相关知识	107	课题 3 镗床及镗削加工	164
课题 3 车削加工	112	一、课题引入	164
一、课题引入	112	二、课题分析	164
二、课题分析	112	三、相关知识	165
三、相关知识	113	模块 12 圆柱齿轮加工	172
模块 9 铣削加工	117	一、课题引入	172
课题 1 铣床	117	二、课题分析	172
一、课题引入	117	三、相关知识	173
		参考文献	185

模块 1 刀具材料与切削加工基本知识

金属切削加工就是利用金属切削机床，使用金属切削刀具对金属材料进行切削加工，从工件上切除多余金属，使之成为具有一定几何形状、尺寸精度和表面质量的工件。在切削加工过程中，除了要有一定切削性能的切削刀具外，还要有机床提供工件与切削刀具间所必需的相对运动，而且这种相对运动还要与工件各种表面的形成规律和几何特征相适应。本模块就来学习金属切削刀具材料的选用、切削运动和切削用量、刀具的组成及其几何参数、常用车削刀具的绘制、车刀的工作角度及其计算等内容。

课题 1 刀具材料的选用

知识点

- 常用刀具材料的选用。
- 刀具材料应具备的性能。
- 刀具材料类型。

技能点

- 能够根据加工条件为某一工作任务选择刀具。

性能优良的刀具材料是保证刀具高效工作的基本条件。刀具材料选择不当，则无论刀具结构如何先进、几何参数如何合理，都是无法正常工作的。新型刀具材料的出现和采用，常常使刀具耐用度成几倍、几十倍地提高，而且使一些难加工材料的切削加工成为可能。

一、课题引入

现要求在车床上以 70m/min 的切削速度精加工如图 1-1 所示的零件，已知零件材料为 45 钢，试选用合理的刀具材料。

二、课题分析

在切削加工中，刀具直接承担着切除加工余量，形成零件表面的任务。刀具切削部分的材料不仅对加工表面质量，而且对刀具寿命、切削效率和加工成本均有直接影响。在选择刀具材料时，需要考虑的因素主要包括：被加工零件的材料、切削加工速度和切削加工阶段。对于不同的被加工材料，如钢和铸铁，由于它们具有不同的切削特点，故需要选择不同的刀具材料；对于不同的加工阶段，如粗加工、半精加工和精加工等，由于加工要求不同，在选用具体刀具牌号时，也应有所不同。另外，需要指出的是，切削速度在很大程度上决定着刀具材料的选用。总之，我们应当重视刀具材料的合理选用。

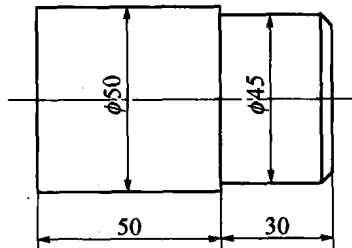


图 1-1 加工轴零件图

下面就来学习刀具材料的选用方法。

三、相关知识

(一) 常用刀具材料的选用

一般来说,选择刀具材料时主要考虑的因素是工件材料和切削速度。目前,我国常用的刀具材料有工具钢(碳素工具钢、合金工具钢和高速钢)、硬质合金、陶瓷和超硬刀具材料(金刚石、立方氮化硼)等 4 大类。目前使用量最大的刀具材料是高速钢和硬质合金;碳素工具钢和合金工具钢由于耐热性差已很少使用,主要用于手工刀具或低速切削刀具;陶瓷、金刚石、立方氮化硼或因强度低、脆性大,或因成本高,仅应用于某些有限场合。

(1) 低速切削时的刀具材料。低速切削时,选择工具钢作为刀具材料较为适宜,部分刀具常用工具钢见表 1-1。

表 1-1 部分刀具常用工具钢

刀具种类	碳素工具钢	合金工具钢	高速钢
车刀、铣刀			W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
成形车刀			W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
麻花钻			W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
机用铰刀			W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
手用铰刀	T12A	9SiCr	
拉刀		CrWMn	W18Cr4V
圆板牙	T12A, T10A	9SiCr	

由表 1-1 不难看出,碳素工具钢和合金工具钢仅适合于制作诸如手用铰刀和圆板牙等手用刀具,而手用刀具工作时的切削速度一般不会高于 10m/min。所以,在工具钢中高速钢才是机加工刀具的主要材料。高速钢刀具能加工碳素结构钢、合金结构钢和铸铁等常用金属。不过,由于受材料耐热温度(普通高速钢为 600~700℃)的制约,对于像 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 这样的普通高速钢,在使用时仍然必须注意切削速度的限制。切削中碳钢时,切削速度一般不能大于 30m/min。需要强调的是,由于高速钢具有良好的综合性能,目前在形状复杂刀具的制造中仍占有主要地位,如标准麻花钻、丝锥、铰刀、拉刀、成形车刀、成形铣刀和齿轮刀具等。

课题引入中的例子由于要求切削速度为 70m/min,所以不适宜采用工具钢(包括普通高速钢)作为刀具材料。当然,若采用高性能高速钢等则应另当别论。

【知识链接】高速钢(HSS)是一种加入了较多的钨、铬、钒、钼等合金元素的高合金工具钢;根据化学成分可分为钨系、钨钼系及钼系高速钢;根据制造方法可分为熔炼高速钢和粉末冶金高速钢。因其强度和韧性在现有刀具材料中最高,并且制造工艺简单,容易刃磨出锋利的切削刃,锻造、热处理变形小,所以有着良好的综合性能。高速钢按其用途和切削性能可分为普通高速钢和高性能高速钢。高性能高速钢是在普通高速钢成分中添加碳、钒、钴、铝等合金元素后而形成的,由于进一步提高了材料的耐热性,其使用寿命约为普通高速钢的 1.5~3 倍,并能用于切削加工不锈钢、耐热钢、钛合金及高强度钢等难加工材料。我国推广使用的高性能高速钢牌号是 W6Mo5Cr4V2A1。随着粉末冶金高速钢的出现,

清除了碳化物的偏析现象,大大改善了高速钢的物理、力学性能和工艺性能,特别适用于制造切削难加工材料的形状复杂的刀具。另外,高速钢的表面处理与涂层技术的采用,大大提高了刀具的耐磨性和使用寿命。

(2) 高速切削时的刀具材料。高速度、高精度一直是切削加工追求的目标。硬质合金刀具材料因其具有较高的耐热性(耐热温度达 $800\sim 1\,000^{\circ}\text{C}$)、较高的切削速度(为高速钢的4~10倍,切削中碳钢时可达 100m/min 以上),在生产实际中得到了普遍的应用,已成为主要的刀具材料。根据 GB/T18376.1—2001,常用的硬质合金分为3类,其牌号及用途见表1-2。

表1-2 常用硬质合金的牌号及用途

种类	牌号	相近旧牌号	主要用途
P类 (钨钛钴类)	P30	YT5	碳素钢、合金钢的粗加工,可用于断续切削
	P10	YT15	碳素钢、合金钢在连续切削时的粗加工、半精加工,亦可用于断续切削时精加工
	P01	YT30	碳素钢、合金钢的精加工
K类 (钨钴类)	K30	YG8	铸铁、有色金属及其合金、非金属材料的粗加工,也可用于断续切削
	K20	YG6	铸铁、有色金属及其合金的半精加工和粗加工
	K10	YG3	铸铁、有色金属及其合金的精加工、半精加工,不能承受冲击载荷
M类 [钨钽钼(铌)钴类]	M10	YW1	高温合金、高锰钢和不锈钢等难加工材料及普通钢料、铸铁、有色金属及其合金的半精加工、精加工
	M20	YW2	高温合金、高锰钢和不锈钢等难加工材料及普通钢料、铸铁、有色金属及其合金的粗加工和半精加工

【知识链接】 硬质合金是将高硬度、高熔点的金属碳化物粉末,用钴等金属作为粘结剂在高温下压制、烧结而成的粉末冶金制品。硬质合金的质量分数为85%~95%的碳化钨,其余的为用来粘结碳化钨粉末的钴黏合剂。硬质合金的性能取决于碳化物(也称硬质相)和粘结剂(也称粘结相)的比例。碳化物的多少决定了硬质合金的硬度和耐磨性;粘结剂的多少决定了硬质合金的强度。含碳化物多,适用于精加工,含粘结剂多,适用于粗加工。

1. P类硬质合金

相当于我国原钨钛钴类(YT)硬质合金,主要成分为 $\text{WC}+\text{TiC}+\text{Co}$ 。常用牌号有 P01、P10、P20、P30、P40。YT 代号后的数字为该牌号合金含 TiC 的百分数。P类硬质合金具有很高的硬度、较高的耐热性、较好的耐磨性,主要用于加工长切屑的黑色金属;用蓝色作标志。其中,P01 适合精加工,P10、P20 适合半精加工,P30、P40 适合粗加工。特别需要指出的是,P类硬质合金不适宜切削含 Ti 元素的不锈钢和钛合金。这是因为刀具和工件中的 Ti 元素之间的亲和作用会加剧刀具的磨损。

【知识链接】 各类硬质合金牌号中的数字越大,Co 的含量越多,韧性越好,适用于粗加工;如果碳化物的含量越多,则热硬性越高,韧性越差,适用于精加工。

课题引入中的例子要求精加工一个45钢零件,且切削速度为 70m/min 。因为其要求高速车削,所以选择硬质合金作刀具材料较为适宜。又由于工件材料为45钢,所以最好选择P类硬质合金作为刀具材料。考虑到精加工对刀具材料的耐磨性要求较高,所以最终刀具

牌号选择耐磨性较好的 P01。

如果要求车削的零件材料为 Cr18Ni9Ti 的不锈钢, 又该如何选择刀具材料呢? 我们知道, Cr18Ni9Ti 不锈钢为塑性材料, 从表面上看可以选择 P 类硬质合金作为刀具材料, 但稍加思考就会发现, 该零件材料是含有 Ti 元素的不锈钢, 若采用 P 类硬质合金材料刀具进行加工, 会因粘结而加剧刀具磨损, 使工件表面变得粗糙。所以, 选用 K 类硬质合金作为刀具材料比较合理。

2. K 类硬质合金

相当于我国原钨钴类(YG)硬质合金, 主要成分为 WC+Co。常用牌号有 K01、K10、K20、K30、K40。YG 代号后的数字为该牌号合金含钴量的百分数。K 类硬质合金主要用于加工短切屑(崩碎状)的黑色金属、有色金属和非金属材料, 以及含 Ti 元素的不锈钢, 用红色作标志。

【例 1-1】 现要求以 50m/min 的切削速度粗加工一铸铁件, 试选择恰当的刀具牌号。

解: 一般情况下, 加工铸铁零件可以选用普通高速钢或硬质合金中的 K 类作为刀具材料。但是, 由于切削速度高于 30m/min, 故不适宜采用普通高速钢作为刀具材料, 选择硬质合金刀具材料较为合适。又因为是粗加工, 考虑到粗加工对刀具强度要求较高, 所以最终选择牌号为 K30 的硬质合金作为刀具材料。

3. M 类硬质合金

相当于我国原钨钛钽(铌)钴类(YW)硬质合金, 主要成分为 WC+TiC+TaC(NbC)+Co。常用牌号有 M10、M20、M30、M40。M 类硬质合金主要用于加工黑色金属和有色金属, 用黄色作标志。其中, 精加工可用 M10, 半精加工可用 M20, 粗加工可用 M30。

该类硬质合金具有高的耐热性和高温硬度, 能用来切削钢或铸铁, 所以又称通用硬质合金。

(二) 刀具材料应具备的性能

一般来说, 金属切削刀具常用于极其恶劣的工作条件, 刀具在切削过程中通常要承受较大的切削力、较高的切削温度、剧烈的摩擦及冲击振动, 所以很容易造成磨损或损坏。要胜任切削加工, 刀具材料必须具备相应的性能。

1. 足够的硬度和耐磨性

刀具材料的硬度必须高于被加工材料的硬度才能切下金属, 这是刀具材料必须具备的基本性能, 通常要求常温下刀具材料硬度在 60HRC 以上。刀具材料越硬, 其耐磨性越好, 但由于切削条件较复杂, 材料的耐磨性还取决于它的化学成分和金相组织的稳定性。

2. 足够的强度和冲击韧性

强度是指刀具抵抗切削力的作用而不至于刀刃崩碎或刀杆折断所应具备的性能, 一般用抗弯强度来表示。冲击韧性是指刀具材料在间断切削或有冲击的工作条件下保证不崩刃的能力。一般来说, 硬度越高, 冲击韧性越低, 材料越脆。硬度和韧性是一对矛盾, 也是刀具材料所应克服的一个关键问题。

3. 高的耐热性

耐热性又称红硬性, 是指刀具材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度、抗氧化、抗粘结和抗扩散的能力。耐热性是衡量刀具材料切削性能的主要指标。刀具材料的耐热性越好, 高温硬度越高, 允许的切削速度就越高。

4. 良好的导热性

能降低切削温度,减轻刀具磨损。

【知识链接】常用刀具材料的耐热温度如下:碳素工具钢 200~250℃,合金工具钢 300~400℃,普通高速钢 600~700℃,硬质合金 800~1 000℃。

5. 工艺性和经济性

为了便于刀具的制造,刀具材料还应具有良好的工艺性,如锻造、热处理及磨削加工性能等。当然在选用刀具材料时还应综合考虑经济性。目前,超硬材料及涂层刀具材料费用较高,不过其使用寿命很长,在成批生产中,分摊到每个零件中的费用反而有所降低。因此,在选用时一定要综合考虑。

(三) 其他刀具材料

随着科学技术的发展,新的刀具材料层出不穷,应充分重视新型刀具材料的应用。这些材料包括陶瓷、人造金刚石和立方氮化硼等。

1. 陶瓷

陶瓷是一种快速发展的刀具材料,陶瓷刀具主要成分是氧化铝,一些制造厂商还加入了10%或更少的钛、镁或者铬的氧化物,刀具材料在超过 $2.8 \times 10^7 \text{ Pa}$ 的压强下成型,在温度高达1 649℃时烧结,因此具有较高的硬度和密度。它比硬质合金刀具具有更高的硬度、耐磨性、耐热性、化学稳定性和抗粘结性能。由于陶瓷材料刀具的抗弯强度和冲击韧性差,对冲击非常敏感,故不适用于断续切削和重切削加工。主要应用于高硬度材料工件的半精车、精车,或用于低硬度、高韧性材料工件的加工。我国研制的牌号有AM、AMF复合陶瓷刀片。

2. 人造金刚石

人造金刚石又称为聚晶金刚石,聚晶金刚石刀具是由一层随机取向的人造金刚石晶体涂层通过硬钎焊与碳化钨刀头粘结而成。它具有极高的硬度和耐磨性,非常高的导热性和很低的热膨胀系数,切削刃非常锋利,刃面粗糙度很小,摩擦系数低等优点,因此金刚石刀具是目前高速切削(2 500~5 000 m/min)铝合金较理想的刀具材料。但由于碳对铁的亲和作用,特别是在高温下,金刚石能与铁发生化学反应,因此它不适宜于切削铁及其合金工件。金刚石刀具主要适合于非铁合金的高精度加工,现已广泛应用于制造加工高硬度、高耐磨的机械密封件的精密磨削用砂轮。近来研制成的复合人造金刚石刀片,则是在硬质合金基体上烧结上一层约0.5 mm的金刚石制作而成的,是金刚石刀具的一种发展方向。

3. 立方氮化硼(CBN)

立方氮化硼有很高的硬度(仅次于金刚石)和耐热性(1 300~1 500℃),优良的化学稳定性(远优于金刚石)和导热性,低的摩擦系数。立方氮化硼与铁族元素亲和性很低,所以它是高速切削黑色金属、加工淬硬钢及高温合金等难加工材料较理想的刀具材料。

(四) 新技术

近来表面加工技术的革新能够使普通刀具材料获得更高的硬度和更强的表面耐磨性。碳氮钛涂层可以使硬质合金切削刀具获得很高的强度。通过离子喷涂过程,可以在高速钻头上喷涂一层氮化钛涂层,这样可以极大地提高钻头的耐磨性能。金刚石和立方氮化硼(CBN)都可以附着在刀具上,立方氮化硼涂层性能不亚于多晶金刚石。

在硬质合金刀具上添加多个涂层可以获得良好的耐磨性和韧性。在富钴表面上可添加的涂层包括氧化铝、碳化钛、碳氮化物。这些添加涂层后的刀具特别适合用于加工不锈钢、铸钢、锻钢。

制造陶瓷刀头的一个新方法是使用二硼化钛(TiB_2)。这类刀头专门用于铣削或者车削铁质和非铁质金属、高硬度钢铁和高温合金,通常它们的使用寿命是碳化钨刀头的 5~6 倍。

练习与思考

1. 精加工铸铁工件采用什么牌号的刀具材料比较合适?
2. 为什么加工含钛不锈钢工件采用 K 类硬质合金刀具更合理?
3. 为什么不可忽视刀具材料必须具备的性能?

课题 2 切削运动和切削用量

知识点

- 切削运动、切削用量的概念。
- 切削用量三要素及其计算。
- 切削用量的选择。

技能点

- 掌握切削加工的基本概念以及切削用量的计算。

一、课题引入

在上一个课题中,我们学习了如何选择刀具材料,如果下一步着手车削外圆,准备以 40m/min 的速度,将外圆尺寸由 $\phi 50\text{mm}$ 车削到 $\phi 45\text{mm}$ 。那么,车削时需要哪些运动?加工表面能否一次走刀加工完成呢?刀具移动的速度和主轴转动的速度又该怎样选择和计算呢?

二、课题分析

要完成相应零件表面的加工,首先,离不开机床和刀具之间的相对运动,如车削外圆时需要车床主轴(工件)的旋转运动和刀具的纵向(轴向)移动;其次,在切削加工前,必须根据加工阶段的不同,合理确定和计算切削运动参数(切削用量)的大小。其原因是:一方面,切削运动参数是切削加工前操作者调整机床的依据,例如,在车削加工前通常需要调整主轴的转速等;另一方面,切削运动参数的合理与否还影响着切削加工效率、零件加工精度和加工成本,例如,粗加工时如果切削运动速度过高,加工材料切除量过大等都会给加工带来极为不利的影响,轻则加快刀具磨损,重则引起加工振动甚至崩刃、断刀,总之,加工效率低下,加工成本提高。

下面就来学习切削运动和切削用量三要素的有关内容。

(一) 切削运动

切削运动分为主运动和进给运动。如图 1-2 所示,车削外圆时,工件的旋转运动为主运动,刀具的轴向移动为进给运动。

1. 主运动 v_c

主运动是指直接切除工件上多余材料(切削层),使之转变为切屑,以形成工件新表面的运动。金属切削过程中,无论哪种切削运动,主运动只有一种,且它的速度通常较高,功率消耗也较大,约占功率总消耗的90%。主运动可以由工件完成,如车削加工时工件的旋转运动;也可以由刀具完成,如铣削、钻削加工中的铣刀、钻头的旋转运动。

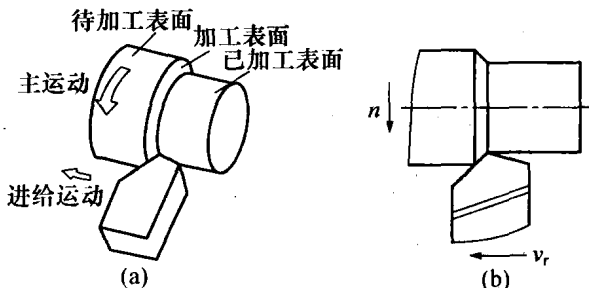


图 1-2 外圆切削

2. 进给运动 v_f

使新的切削层不断投入切削的运动称为进给运动。切削运动中,进给运动可以是一个(如钻削加工时)或多个(如磨削加工时),进给运动通常速度较低、功率消耗较小,可以是连续的,也可以是间断的。例如,车削外圆时,纵向进给运动是连续的,横向进给运动是间断的,刀具进给运动仅消耗切削总功率的10%左右。

3. 合成切削运动 v_s

合成切削运动是由主运动和进给运动合成的运动。刀具切削刃上选定点相对于工件的瞬时合成运动方向称为合成切削运动方向,其速度称为合成切削速度。

【知识链接】 切削过程中,随着切削运动的进行,在工件上形成了3个不断变化着的表面(如图1-2(a)所示)。它们是已加工表面、待加工表面和加工表面(也称过渡表面)。工件上即将被切去金属层的表面称为待加工表面;工件上经刀具切除多余金属后形成的新表面称为已加工表面;工件上由切削刃正在切削的表面称为加工表面。在以后定义和判别刀具上的刀面时要用到这些概念,务必弄清。

(二) 切削用量三要素

我们已经知道,切削加工中必须考虑切削运动的大小,以满足切削加工生产率、工件的加工质量和切削加工的经济性等方面的要求。用来表征切削运动大小的参数称为切削用量,它也是金属切削加工之前操作者调整机床的依据。一般来说,切削用量包括切削速度、背吃刀量和进给量3个要素。

1. 切削速度

主运动的线速度称为切削速度,它是用来表示主运动大小的参数。车削时的切削速度如下所示。

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 v_c ——切削速度, m/min;

n ——主轴(工件)每分钟转速, r/min;

d ——工件或刀具的最大直径, mm;

提示: 计算时,应以最大的切削速度为准。如车削时以待加工表面直径的数值进行计算,因为在转速一定时,切削刃上各点的切削速度不同,此处速度最大,刀具磨损最快。

【知识链接】 对于主运动为旋转运动的切削加工方式均按公式(1-1)计算 v_c ,例如磨削、

钻削、铣削和镗削等。它们的区别在于 d_w 的意义不同。其中,磨削、钻削、铣削时 d_w 为刀具直径;镗削时 d_w 工件直径。 $(d_w$:待加工工件直径)

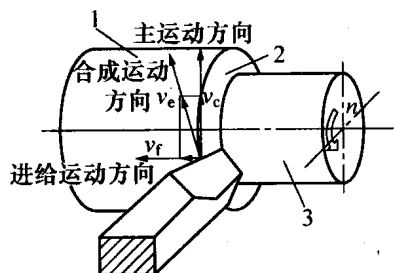


图 1-3 切削运动

【例 1-2】如图 1-3 所示,在车床上车削工件,已知主轴转速为 450r/min , $d_w=60\text{mm}$,已加工表面直径 $d_m=50\text{mm}$,切削速度为多少?

解: 由于 $d_w=60\text{mm}$, $n=450\text{r/min}$

$$\text{所以, } v_c = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 60 \times 450}{1000} = 84.78 \text{ m/min}$$

【知识链接】对于上例,若工件直径为 $\phi 80\text{mm}$,车床主轴转速仍选择为 450r/min ,则此时的切削速度为 113.04m/min 。不难看出,在相同转速下,加工表面直径越大,切削速度越大,若要保证相同的切削速度,加工

大直径工件时,应选用比较低的主轴转速。

在实际工作中,往往是已知工件直径(或刀具直径)和由加工条件确定的切削速度计算车床(或铣床等)主轴的转速,本课题引入的实例就属于这种情况,具体公式如下。

$$n = \frac{1000 v_c}{\pi d}$$

总之,应用切削速度公式(1-1)可完成以下工作:确定切削速度和确定主轴转速,前者可用于检验所选刀具材料是否符合加工的要求,后者则可作为调整机床主轴转速的依据。

2. 进给速度

进给速度是指在单位时间内,刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量,其计算公式如下所示。

$$v_f = f n \quad (1-2)$$

式中 v_f ——进给速度, mm/min ;

n ——主轴每分钟转速, r/min ;

f ——进给量, mm/r 。

进给量 f 是指工件或刀具每转一周时,刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量。

【知识链接】进给量的完整概念是指工件或刀具每转一转(或往复一次)或刀具每转过一齿时,工件与刀具在进给方向的相对位移,这里涵盖了各种切削加工方法,以上仅给出了车削加工时进给量的含义。另外,在数控加工中,进给运动的单位通常有转进给和分进给两种表示方式,其实就是以上所说的进给量和进给速度。

3. 背吃刀量

已加工表面和待加工表面间的垂直距离称为背吃刀量,单位为 mm 。车削时的计算公式如下所示。

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-3)$$

式中 a_p ——背吃刀量, mm ;

d_w ——待加工表面直径, mm;

d_m ——已加工表面直径, mm。

【知识链接】 以上仅给出了外圆车削时的计算公式, 内孔车削时的背吃刀量为已加工表面直径与待加工表面直径之差的一半。

(三) 切削用量的选择

切削用量总的选择原则是: 粗加工时, 由于工件的尺寸精度要求不高, 工件的表面粗糙度允许较大, 所以选择时着重考虑如何发挥机床和刀具的能力、减少机动时间、提高生产率、提高刀具耐用度, 选择时应选择尽量大的背吃刀量、较大的进给量、合适的切削速度。精加工以精度为主, 首先选择较小的背吃刀量, 再选择较小的进给量, 最后选择较高(对于硬质合金刀具)或较低(对于高速钢刀具)的切削速度。

一般选择顺序为: 先选择背吃刀量, 再选择进给量, 最后选择切削速度。

1. 背吃刀量的选择

背吃刀量应根据机床、工件和刀具的刚度来确定, 在刚度允许的条件下, 除留给下道工序的余量外, 其余的材料尽可能一刀切除, 这样可以减少走刀次数、提高生产效率。在中等功率机床上粗加工的背吃刀量可达 8~10mm; 半精加工时背吃刀量可取 0.5~2mm; 精加工时背吃刀量可取 0.1~0.4mm。粗加工时, 当余量太大或工艺系统刚度较差时, 所有余量(A)可分两次(或多次)切除。具体安排如下所示:

第一次进给的背吃刀量 a_{p1} 为 $a_{p1} = (\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}) A$;

第二次进给的背吃刀量 a_{p2} 为 $a_{p2} = (\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}) A$;

2. 进给量的选择

当工件的质量要求能够得到保证时, 为提高生产效率, 可选择较高的进给速度。一般在 100~200mm/min 范围内选取; 在切断、加工深孔或用高速钢刀具加工时, 宜选择较低的进给速度, 一般在 20~50mm/min 范围内选取; 当加工精度、表面粗糙度要求高时, 进给速度应选小些, 一般在 20~50mm/min 范围内选取。

3. 切削速度的选择

切削速度应根据加工性质和刀具材料进行选择, 普通高速钢刀具一般不超过 30m/min, 在精加工时硬质合金刀具则可达到 100m/min 以上。

总之, 切削用量的具体数值应根据加工要求、机床性能、相关的手册并结合实际经验用类比方法确定。同时, 使切削速度、背吃刀量及进给量三者能相互配合, 以形成最佳切削用量。

表 1-3 中列出了一些常用材料的切削速度参考值, 在没有获得足够的机械加工经验之前, 应选择表中相对较低的速度值。表中也列出了材料的硬度值, 通常硬度值与切削速度之间有一定的比例关系。

但是, 虽然在某些特殊情况下一些不锈钢相对较软, 却需要选择较低的切削速度进行加工。一般来说, 硬质合金刀具的切削速度是高速钢刀具切削速度的 3~4 倍。

表 1-3 常用材料的切削速度参考值

(m/min)

工件材料	硬度(HBS)	工具材料	
		高速钢	硬质合金钢
铝	60~100	91~244	36~610
黄铜	120~220	61~122	152~244
青铜(冷轧)	220	20~40	61~122
灰铸铁	110	15~24	76~107
低碳钢	220	18~30	91~183
中碳铝合金钢	229	15~24	69~122
高碳钢	240	12~21	46~76
渗碳合金钢	220~250	12~21	46~107

练习与思考

1. 试分析车削端面时的主运动和进给运动。
2. 在车床上车削 $\phi 55\text{mm}$ 的铸铁件外圆, 转速为 400r/min , 若再用同样的切削速度精车 $\phi 20\text{mm}$ 的外圆, 试完成以下任务:
 - (1) 计算车削 $\phi 55$ 外圆的切削速度;
 - (2) 计算车削 $\phi 20$ 外圆的主轴转速;
 - (3) 选择车削时的刀具牌号。

课题 3 刀具的组成及其主要角度**知识点**

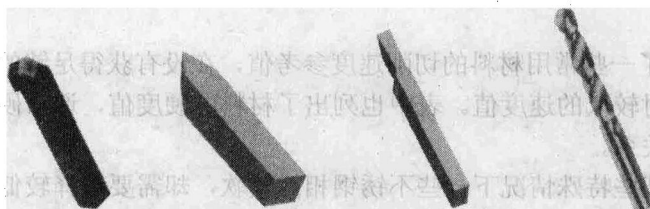
- 刀面、刀刃、参考平面、刀具几何角度的概念。
- 刀具的图示方法。

技能点

- 刀具几何角度的识别。

一、课题引入

刀具是切削加工中不可缺少的切削工具, 如图 1-4 所示为切削加工中的常用刀具。作为刀具它们是如何具备切削能力的呢? 刀具的几何形状和切削能力又是如何来描述的呢?



(a) 外圆车刀 (b) 螺纹车刀 (c) 切断刀 (d) 标准麻花钻

图 1-4 常用刀具

二、课题分析

各种刀具形状迥异,使用场合不一,但都能用来切除毛坯上多余的材料,完成零件的切削加工,这显然与它们的结构组成有关。此外,为了满足不同的切削要求,如外圆车削、切断和螺纹车削等,刀具的切削部分往往做成不同的几何形状;即使是同种类型的刀具(如外圆车刀),在不同的加工条件下,如车削细长轴和车削粗短轴等,也要做成不同的几何形状,而不同几何形状的刀具有着不同的切削性能。要描述刀具的几何形状和切削性能,就离不开刀具的几何参数。所以,我们有必要掌握刀具的结构、组成以及几何角度。

普通外圆车刀是最典型的简单刀具,其他种类的刀具都可以视为它的变形或组合。下面就以普通外圆车刀为例来介绍刀具切削部分的结构、组成及刀具的几何角度。

三、相关知识

(一) 刀具切削部分的组成

一般来讲,作为刀具的切削部分,在结构上具有一个共同的特征,即它们由若干个基本切削单元(两面一线组成的楔性结构)所组成。对于普通外圆车刀,它由两个基本切削单元组成,即前刀面、主后刀面(后刀面)、主切削刃组成的基本切削单元和前刀面、副后刀面、副切削刃组成的基本切削单元。其构造可用三面、二刃、一尖来概括,如图1-5所示。

三面,即前刀面(A_f)、主后刀面(A_o)、副后刀面(A'_o)。前刀面是指切削加工时切屑所流经的刀具表面;主后刀面是指切削加工时与工件上加工表面相对的刀具表面;副后刀面是指切削加工时与工件上已加工表面相对的刀具表面。但也有其他情况,如切断刀切削部分的组成是“四面、三刃、两尖”,即前刀面、后刀面、两个副后刀面,主切削刃、两个副切削刃,两个刀尖,如图1-6所示。

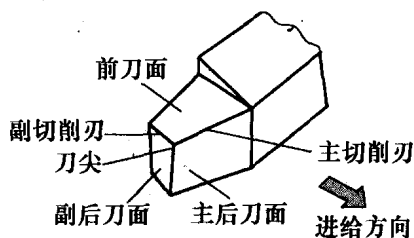


图 1-5 车刀的组成部分

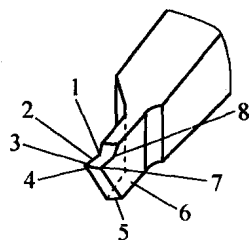


图 1-6 切断刀的组成部分

1—前刀面; 2—右副切削刃; 3—右刀尖;
4—主切削刃; 5—主后刀面; 6—左副后刀面(其对面为右副后刀面); 7—左刀尖; 8—左副切削刃

【知识链接】 前刀面的形状有平面型、曲面型、带倒棱型(如图1-7(a)所示)3种。平面型是一种最基本的形状,它刃磨简单、刃口锋利。主后刀面通常为平面,必要时可磨出倒棱或制造出刃带(如图1-7(b)所示),以起到阻尼消振或支撑定位、保持尺寸的作用。与主后刀面一样,副后刀面通常为平面。

3个刀面的方位确定后,刀具的结构就确定了。刀面相交形成了两条具有切削能力的刀刃,即主切削刃(S)和副切削刃(S')。前刀面、主后刀面相交形成主切削刃,它担当主要的切削工作。前刀面、副后刀面相交形成副切削刃,它配合主切削刃完成切削工作。两条刀