



高职高专“十一五”规划·机械设计专业标准化教材

数控机床加工实训

李 刚 杨轶峰 主 编
赵海军 马永青 邱国梁 副主编
王 涛 唐 磊 李 兵 编 著



北京航空航天大学出版社



高职高专“十一五”规划·机械设计专业标准化教材

数控机床加工实训

李 刚	杨轶峰	主 编
赵海军	马永青	副主编
王 涛	唐 磊	编 著

2007.10.11
北京航空航天大学出版社

内 容 简 介



以国家中级数控操作职业标准为基点,介绍采用国内外主流数控系统(如 FANUC)的数控机床的各种加工方式,包括基础知识、加工工艺、编程方法和对刀操作方法。全书共分四篇 13 章。第一篇为数控车床实训,第二篇为数控铣床实训,第三篇为加工中心实训,第四篇为数控线切割机床实训。各章后均附有思考题和实训题,可供学生练习或作为实训课题。

本书可作为高等职业技术学院机电技术应用和机械制造等专业的实践教学教材,也可作为中级数控机床职业技能培训和职业技能鉴定的辅导教材,还可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工实训/李刚,杨轶峰主编. —北京:北京
航空航天大学出版社,2007.11

ISBN 978-7-81124-163-1

I. 数… II. ①李…②杨… III. 数控机床—加工—专业
学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 156200 号

数控机床加工实训

李 刚 杨轶峰 主 编
赵海军 马永青 邱国梁 副主编
王 涛 唐 磊 李 兵 编 著
责任编辑:王 实

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京市媛明印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:14 字数:358 千字

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-163-1 定价:21.00 元

前言

随着信息技术在全球的迅猛发展,社会各行各业都发生了很大变化,尤其在加工制造业出现了喜人的局面,新的机械产品层出不穷,加工技术不断更新。这就要求即将成为生产战线技术骨干的高等职业院校学生全面了解和掌握机械加工的新技术。

数控加工作为一种新技术,在机械制造业得到广泛应用。社会需要大批既掌握数控编程知识,又具有数控机床操作能力的人才。为了适应现代化生产的需要,作者在教学实践的基础上,以培养和提高学生在数控加工过程中的工艺分析能力及实际加工的操作技能为目标编写了此书。全书内容丰富,实用性强,共分四篇 13 章。第一篇为数控车床实训,第二篇为数控铣床实训,第三篇为加工中心实训,第四篇为数控线切割机床实训。本书以国家中级数控操作职业标准为基点,较详实地介绍了国内外采用主流数控系统(如 FANUC)的数控机床的加工方式,其中包括基础知识、加工工艺、编程方式和对刀操作方法等。各章后均附有思考题和实训题,可供学生练习或作为实训课题。

本书以突出操作技能为主导,在分析加工工艺的基础上应用多种实例,重点讲述对生产过程中常见的产品类型进行数控加工的操作方法和编程思路,并给出参考程序。本书的编写力求理论表述简洁易懂,步骤清晰明了,便于初学者学习使用;主要适用于高等职业院校机电技术应用和机械制造等专业的实践教学,也可作为中级数控机床职业技能培训和职业技能鉴定的辅导教材,还可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

本书由北京现代职业技术学院李刚和北京工业技师学院杨轶峰主编,北京现代职业技术学院赵海军、潍坊教育学院马永青、合肥通用职业技术学院邱国梁任副主编,宁波工程学院王涛、浙江纺织服装学院唐磊、北京工业技师学院李兵参与编写。其中,第一篇由王涛、马永青编写;第二篇由杨轶峰、唐磊编写;第三篇由李刚、赵海军编写;第四篇由李兵、邱国梁编写。全书由李刚负责统稿和定稿。

本书的编写得到了各方面的支持,特别是北京航空航天大学出版社在编写过程中给予了很多技术和资源上的大力支持,在此表示衷心的感谢!

限于编者的水平和经验所限,对于书中存在的欠妥和错漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2007 年 6 月于北京

目 录

第一篇 数控车床实训

第 1 章 轮廓加工

1.1 基础知识	3
1.1.1 刀 具	3
1.1.2 切削液	9
1.1.3 切削用量(三要素)	11
1.1.4 编 程	13
1.2 典型零件加工范例	28
1.2.1 图 纸	28
1.2.2 评分标准	30
1.2.3 加工流程	30
实训作业	33

第 2 章 螺纹加工

2.1 基础知识	36
2.1.1 车外螺纹	36
2.1.2 编 程	40
2.2 典型零件加工范例	43
2.2.1 图 纸	43
2.2.2 评分标准	45
2.2.3 加工流程	45
实训作业	48

第 3 章 复合循环指令编程及加工

3.1 基础知识	51
3.1.1 复合循环	51
3.1.2 编 程	51
3.2 典型零件加工范例	55
3.2.1 图 纸	55
3.2.2 评分标准	57
3.2.3 加工流程	57
实训作业	60

第 4 章 子程序编程及加工

4.1 基础知识	64
4.2 子程序零件加工范例	65
4.2.1 图 纸	65
4.2.2 评分标准	65
4.2.3 加工流程	65
实训作业	70
4.3 零件加工范例	71
4.3.1 图 纸	71
4.3.2 评分标准	75
4.3.3 加工流程	76
实训作业	84

中级工实训操作试卷(一)	85
--------------------	----



第二篇 数控铣床实训

第5章 平面加工

5.1 典型零件加工	101
5.1.1 图 纸	101
5.1.2 评分标准	102
5.2 典型零件加工范例	102
5.2.1 工件装夹	102
5.2.2 编 程	106
实训作业	109

第6章 轮廓加工

6.1 典型零件加工	111
6.1.1 图 纸	111
6.1.2 评分标准	112
6.2 典型零件加工范例	112
6.2.1 工件装夹	112
6.2.2 编 程	116
实训作业	119

第7章 槽与内腔加工

7.1 典型零件加工	121
7.1.1 图 纸	121
7.1.2 评分标准	121
7.2 典型零件加工范例	123
7.2.1 工件装夹	123
7.2.2 编 程	126
实训作业	128

第8章 曲面加工

8.1 典型零件加工	131
8.1.1 图 纸	131
8.1.2 评分标准	132
8.2 典型零件加工范例	132
8.2.1 工件装夹	132
8.2.2 编 程	133
实训作业	134

中级工实训操作试卷(二)

第三篇 加工中心实训

第9章 孔系加工

9.1 典型加工零件	149
9.1.1 图 纸	149
9.1.2 评分标准	149
9.2 典型零件加工范例	151
9.2.1 工件装夹	151
9.2.2 编 程	154
实训作业	159

第10章 盘类加工

10.1 典型加工零件	162
10.1.1 图 纸	162
10.1.2 评分标准	162
10.2 典型零件加工流程	164
10.2.1 工件装夹	164
10.2.2 编 程	167
实训作业	169



第四篇 数控线切割机床实训

第 11 章 轮廓加工

11.1 基础知识	173
11.1.1 数控高速电火花 线切割机	173
11.1.2 高速走丝线切割 加工原理	178
11.1.3 编程基础	182
11.2 典型零件加工范例	188
11.2.1 图 纸	188
11.2.2 评分标准	188
11.2.3 工 艺	190
11.2.4 编 程	191
实训作业	194

第 12 章 内轮廓加工

12.1 编程基础	196
12.1.1 指令格式	196
12.1.2 程序举例	196

12.2 典型零件加工范例	197
12.2.1 图 纸	197
12.2.2 评分标准	199
12.2.3 工 艺	199
12.2.4 编 程	200
实训作业	201

第 13 章 复合轮廓加工

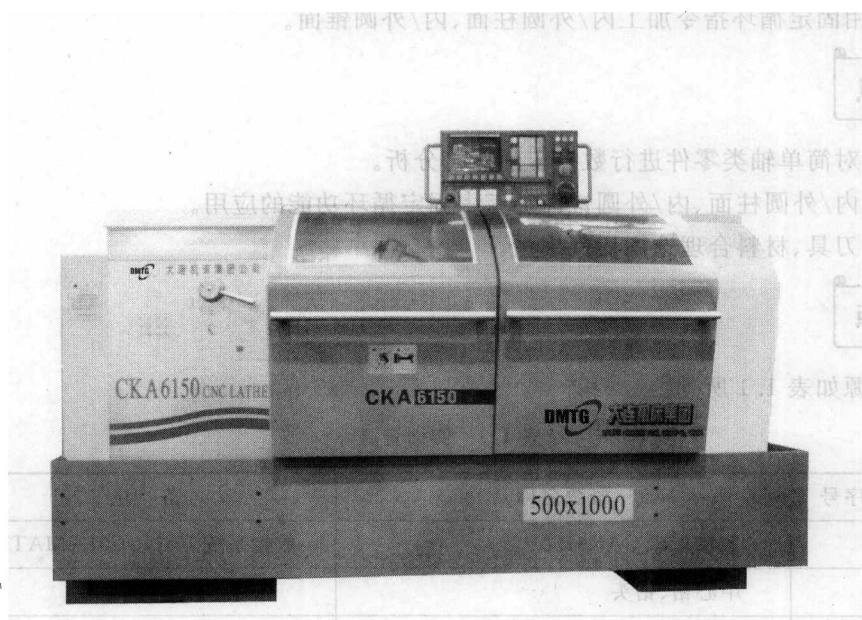
13.1 典型零件	203
13.1.1 图 纸	203
13.1.2 评分标准	203
13.2 典型零件加工范例	204
13.2.1 工 艺	204
13.2.2 编 程	205
实训作业	207

中级工实训操作试卷(三)	209
--------------------	-----

参考文献	214
------------	-----

第一篇

数控车床实训



(本章所有程序试切用机床均为数控系统 FANUC)

第 1 章 轮廓加工

课题名称 外轮廓车削

课题目标

掌握运用固定循环指令加工内/外圆柱面、内/外圆锥面。

课题重点

- ☆ 能够对简单轴类零件进行数控车削工艺分析。
- ☆ 掌握内/外圆柱面、内/外圆锥面加工中固定循环功能的应用。
- ☆ 根据刀具、材料合理选用切削用量。

实训资源

实训资源如表 1.1 所列。

表 1.1 实训资源

资源序号	资源名称	备 注
1	数控车床 CAK6150	数控系统 FANUC0I-MATE
2	中心钻、钻头	$\phi 3, \phi 18$
3	外圆刀	93°
4	镗孔刀	
5	切断刀	
6	百分表	
7	图纸(含评分标准)	
8	游标卡尺	
9	千分尺	
10	材料(45#钢)	$\phi 50$
11	机床参考书和系统使用手册	



注意事项

1. 学生实训时必须在教师的指导下,严格按照数控车床的安全操作规程,有步骤地进行。
2. 工件和刀具装夹的可靠性。
3. 机床在试运行前必须进行图形模拟加工,避免程序错误、刀具碰撞工件或卡盘。
4. 程序中的刀具起始位置要考虑到毛坯尺寸的大小,换刀位置应考虑刀架与工件及机床尾座之间的距离足够大,否则将发生严重事故。
5. 加工内孔时应先使刀具向直径缩小的方向退刀,再 Z 向退出工件,然后才能退回换刀点。
6. 车锥面时刀尖一定要与工件轴线等高,否则车出工件圆锥母线不直,呈双曲线形。
7. 加工零件过程中一定要提高警惕,将手放在“急停按钮”上,如遇紧急情况,迅速按下“急停按钮”,防止意外事故发生。

1.1 基础知识

1.1.1 刀 具

1. 刀具材料

目前,数控加工中常用的刀具材料有高速钢(HSS)、硬质合金、陶瓷、立方氮化硼和金刚石等。各种刀具材料对硬度的使用如下:

HSS、涂层 HSS、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷、立方氮化硼、金刚石等刀具

低 ←————— 被加工材料硬度 —————→ 高

(1) 高速钢

高速钢又称为锋钢、白钢,是一种除含碳较高外,还含有钨、铬、钒、钼和钴等强碳化物形成元素的高合金工具钢。高速钢刀具制造简单,刃磨方便,成本低,坚韧性好,能承受较大的冲击力。但它的红硬性差,不宜于高速切削,经常用于精加工或成型工件的加工。

1) 分 类

按用途可分为通用型高速钢、高性能高速钢和粉末冶金高速钢。

① 通用型高速钢:具有一定硬度(63~68HRC)、耐磨性、高的强度和韧性以及一定的切削速度,加工钢料时切削速度一般不高于 50~60 m/min,不适合高速切削和硬质材料切削。

常用代号为:W18Cr4V、W6Mo5CrV2 等。其中,W18Cr4V 具有较高的综合性能,W6Mo5CrV2 的强度和韧性高于 W18Cr4V,并具有热塑性和磨削性能好等优点,但热稳定性低于 W18Cr4V。

② 高性能高速钢:是在通用型高速钢的基础上通过增加碳和钒的含量或添加钴和铝等合金而得到的一种耐热性和耐磨性更高的新钢种;耐热性在 630~650 °C 时仍可保持 60HRC 的硬度。其耐磨性为普通高速钢的 1.5~3 倍。这种材料的刀具适用于加工奥氏体不锈钢、高温合金、钛合金和高强度钢等难加工材料。

常用代号为:9W18Cr4V2、W6Mo5Cr4V3 等。

③ 粉末冶金高速钢:采用粉末冶金方法(雾化粉末在热态下进行等静压处理)制得致密的钢坯,再经锻、轧等热变形而得到的高速钢型材,简称粉末高速钢。粉末高速钢组织均匀,晶粒细小,消除了熔铸高速钢难以避免的偏析,因而比相同成分的熔铸高速钢具有更高的韧性和耐



磨性,同时还具有热处理变形小、锻轧性能和磨削性能良好等优点。粉末高速钢中的碳化物含量大大超过熔铸高速钢的允许范围,使硬度提高到 67HRC 以上,从而使耐磨性能得到进一步提高。如果采用烧结致密或粉末锻造等方法直接制成外形尺寸接近成品的刀具、模具或零件的坯件,更可获得省工、省料和降低生产成本的效果。粉末高速钢的价格虽然高于相同成分的熔铸高速钢,但由于性能优越、使用寿命长,用来制造昂贵的多刃刀具如拉刀、齿轮滚刀、铣刀等,仍具有显著的经济效益。

粉末冶金高速钢主要牌号及化学成分如表 1.2 所列。

表 1.2 粉末冶金高速钢主要牌号及化学成分

序号	牌 号	化学成分/%						
		C	Cr	W	Mo	V	Co	其 他
1	M2-PM	0.95~1.05	3.75~4.50	5.50~6.75	4.50~5.50	1.75~2.20	max0.50	
2	M3-PM	1.15~1.25	3.75~4.50	5.00~6.75	4.75~6.50	2.75~3.25	max0.50	
3	M4-PM	1.25~1.40	3.75~4.75	5.25~6.50	4.25~5.50	3.75~4.50	max0.50	
4	M7-PM	0.97~1.05	3.50~4.00	1.40~2.10	8.20~9.20	1.75~2.25	max0.50	
5	M35-PM	0.88~0.95	3.80~4.50	6.00~6.70	4.70~5.20	1.70~2.00	4.50~5.00	
6	M42-PM	1.05~1.15	3.50~4.25	1.15~1.85	9.00~10.0	0.95~1.35	7.75~8.75	
7	M48-PM	1.42~1.52	3.50~4.00	9.50~10.50	4.75~5.50	2.75~3.25	8.00~10.00	S≤0.07
8	M50-PM	0.78~0.88	3.75~4.50	max0.20	3.90~4.75	0.80~1.25	max0.50	
9	M61-PM	1.75~1.85	3.50~4.25	12.10~12.9	6.00~6.75	4.50~5.25	max1.00	P≤0.02
10	ASP2015	1.50~1.60	3.75~5.00	11.75~13.0	max1.00	4.50~5.25	4.75~5.25	
11	ASP2017	0.80~0.85	3.80~4.50	2.85~3.25	3.90~4.20	0.95~1.35	7.75~8.75	Nb:1.00
12	ASP2030	1.25~1.35	3.80~4.50	6.00~6.70	4.70~5.20	2.70~3.20	8.10~8.80	
13	ASP2053	2.30~2.60	3.80~4.50	4.00~4.50	2.80~3.50	7.75~8.20	max0.50	
14	ASP2060	2.15~2.45	3.80~4.50	6.00~6.80	6.70~7.30	6.20~6.80	10.10~10.8	
15	ASP2080	2.30~2.60	3.8~4.30	10.50~11.5	4.80~5.30	5.80~6.20	15.50~16.5	
16	S390-PM	1.55~1.65	4.50~5.00	9.50~11.00	2.00~2.40	4.60~5.20	7.60~8.30	
17	S390-PM-MOD	1.65~1.75	5.95~6.35	10.0~10.75	3.10~3.40	4.00~4.50	7.70~8.30	S≤0.02
18	HS10-4-3-10PM	1.21~1.34	3.80~4.50	9.00~10.00	3.20~3.90	3.00~3.50	9.50~10.5	
19	HS18-1-2-5-PM	0.75~0.83	3.80~4.50	17.5~18.50	0.50~0.80	1.40~1.70	4.50~5.00	
20	HS12-1-4-PM	1.20~1.35	3.80~4.50	11.5~12.50	0.70~1.00	3.50~4.50	max0.50	
21	CPM10V*	2.35~2.55	4.75~5.50	max0.50	1.10~1.45	9.3~10.25	max0.50	S≤0.09
22	CPM10V-MOD	2.80~3.00	7.75~8.25	max1.00	1.20~1.60	9.25~10.25	max0.50	

注:表中一般均要求 P≤0.03%,S≤0.03%,N≤0.08%,O≤0.015%,Ar≤0.05×10⁻⁶。

* 为合金工具钢。

按化学成分,高速钢可分为三大类,即钨系高速钢、钨-钼系高速钢和钼系高速钢。它们的代表牌号相应为 W18Cr4V,W6Mo5Cr4V2 和 Mo8Cr4VW,前两类是目前使用最普遍的钢种。在这三类钢的成分的基础上,为提高红硬性而加入 5%~12%的 Co,称为含钴高速钢;为了提高耐磨性发展了高碳、高钒等高硬度(65~70HRC)的超硬高速钢。钴高速钢、高钒高速钢主



要用来制造难加工材料所用的工具。国内常用的高速钢牌号及化学成分如表 1.3 所列。

表 1.3 国内常用高速钢牌号及化学成分

序号	牌 号	化学成分/%										其 他
		C	W	Mo	Cr	V	Co	Si	Mn	S	P	
										不大于		
1	W18Cr4V	0.70~ 0.80	17.50~ 19.00	≤0.30	3.80~ 4.40	1.00~ 1.40	—	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	Xt 加入量 0.07 Al0.07~ 1.20 Al0.80~ 1.20
2	9W18Cr4V	0.90~ 1.00	17.50~ 19.00	≤0.30	3.80~ 4.40	1.00~ 1.40	—	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	
3	W18Cr4V2Co5	0.70~ 0.80	17.50~ 19.00	0.40~ 1.00	3.75~ 4.50	0.80~ 1.20	4.25~ 5.75	≤0.40	0.10~ 0.40	0.030	0.030	
4	W18Cr4V2Co8	0.75~ 0.85	17.50~ 19.00	0.50~ 1.25	3.75~ 5.00	1.80~ 2.40	7.00~ 9.50	≤0.40	0.20~ 0.40	0.030	0.030	
5	W12Cr4V5Co5	1.50~ 1.60	11.75~ 13.00	≤1.00	3.75~ 5.00	4.50~ 5.25	4.75~ 5.25	≤0.40	0.15~ 0.40	0.030	0.030	
6	W14Cr4VMnXt	0.80~ 0.90	13.50~ 15.00	≤0.30	3.50~ 4.00	1.40~ 1.70	—	≤0.50	0.35~ 0.55	0.030	0.030	
7	W10Mo4Cr4 V3Al	1.30~ 1.45	9.00~ 10.50	3.50~ 4.50	3.80~ 4.50	2.70~ 3.20	—	≤0.50	≤0.50	0.030	0.030	
8	W6Mo5Cr4V2	0.80~ 0.90	5.50~ 6.75	4.50~ 5.50	3.80~ 4.40	1.75~ 2.20	—	≤0.40	0.40	0.030	0.030	
9	9W6Mo5Cr4V2	0.95~ 1.05	5.50~ 6.75	4.50~ 5.50	3.80~ 4.40	1.75~ 2.20	—	≤0.40	0.15~ 0.40	0.030	0.030	
10	W6Mo5Cr4V2Al	1.05~ 1.20	5.50~ 6.75	4.50~ 5.50	3.80~ 4.40	1.75~ 2.20	—	≤0.60	≤0.40	0.030	0.030	
11	W6Mo5Cr4V3	1.00~ 1.10	5.00~ 6.75	4.75~ 6.50	3.76~ 4.50	2.25~ 2.75	—	≤0.45	0.15~ 0.40	0.030	0.030	
12	W2Mo9Cr4V2	0.97~ 1.05	1.40~ 2.10	8.20~ 9.20	3.50~ 4.00	1.75~ 2.25	—	≤0.55	0.15~ 0.40	0.030	0.030	
13	W6Mo5Cr4 V2Co5	0.80~ 0.90	5.50~ 6.50	4.50~ 5.50	3.75~ 4.50	1.75~ 2.25	4.50~ 5.50	≤0.45	0.15~ 0.40	0.030	0.030	
14	W6Mo5Cr4 V2Co8	0.80~ 0.90	5.50~ 6.50	4.50~ 5.50	3.75~ 4.50	1.75~ 2.25	7.75~ 8.75	≤0.45	0.15~ 0.40	0.030	0.030	
15	W7Mo4Cr4 V2Co5	1.05~ 1.15	6.25~ 7.00	3.25~ 4.25	3.75~ 4.50	1.75~ 2.25	4.75~ 5.75	≤0.50	0.20~ 6.60	0.030	0.030	
16	W2Mo9Cr4 VCo8	1.05~ 1.15	1.15~ 1.85	9.00~ 10.00	3.50~ 4.25	0.95~ 1.35	7.75~ 8.75	≤0.65	0.15~ 0.40	0.030	0.030	

注:1 所有钢号的 Cu 含量不大于 0.25%,Ni 含量不大于 0.30%。

2 钢材成品化学分析应符合表中规定。

3 为改善加工性能,允许 S 含量为 0.06%~0.15%,并允许加入适量的稀土元素,但需在含量中注明。

4 在钨系高速钢中,钼含量允许到 1.0%。钨、钼二者中,当钼含量超过 0.3%时,钨含量应减少;在钼含量超过 0.3%的部分,每 1%的钼代替 2%的钨,在这种情况下,在钢号“W”的后面加上“Mo”。

(2) 硬质合金

硬质合金又名钨钢,指由难熔金属的碳化物(如碳化钨、碳化钛、碳化钽、碳化铌、碳化钒和碳



化铬等)以铁族金属钴或镍作粘结金属,用粉末冶金方法制造的合金制品。按其基本用途划分为:切削刀片、耐磨零件、矿用合金、型材和硬面材料。其号称“工业牙齿”,因其具有很高的硬度和耐磨性而用做切削工具、高压工具和采矿与筑路工程机械。目前,硬质合金产品主要是以碳化钨为骨料,以钴为粘结剂。常用的有钨钴类、钨钴钛类、钨钛钽(铌)类及超细晶粒硬质合金4种。

① 钨钴类硬质合金(YG):属K类,由碳化钨和钴组成。这类合金韧性较好,但硬度和耐磨性相对较差,适合于脆性材料的加工(如铸铁等)。主要成分为WC+Co。

常用代号为:YG8, YG6, YG3。其中, YG8 适用于粗加工; YG6 适用于半精加工; YG3 适用于精加工。

② 钨钛钴类硬质合金(YT):属P类,由碳化钨、碳化钛和钴组成。这类合金耐热性和耐磨性较好,但抗冲击性能较差,适合于加工韧性较好的钢料等塑性材料。主要成分为WC+TiC+Co。

常用代号为:YT5, YT15, YT30等。其中的数字表示碳化钛含量,碳化钛含量越高,则耐磨性越好,但韧性低。YT5适用于粗加工; YT15适用于半精加工; YT30适用于精加工。

③ 钨钛钽(铌)类硬质合金(YW):属M类,由在钨钛钴类合金中加入少量碳化钽(TaC)或碳化铌(NbC)组成,适用于加工钢、铸铁、有色金属及高温合金等难加工材料。主要成分为WC+TiC+TaC(NbC)+Co。

常用代号为:YW1, YW2, YW3。

④ 超细晶粒硬质合金:一种高硬度、高强度和高耐磨性兼备的硬质合金,其WC粒度一般为 $0.2\sim 1.0\mu\text{m}$,大部分在 $0.5\mu\text{m}$ 以下,是普通硬质合金WC粒度的几分之一到几十分之一,具有硬质合金的高硬度和高速钢的强度。其硬度一般为90~93HRA,抗弯强度为2000~3500MPa,比含钴量相同的WC-Co硬质合金要高,与加工材料的相互吸附-扩散作用较小,特别适用于耐热合金钢、高强度合金钢以及其他难加工材料。

常用代号为:YS2, YM051, YM052。

(3) 特种刀具材料

① 涂层刀具材料:在韧性较好的硬质合金基体上或高速钢基体上,采用化学气相沉积(CVD)法或物理气相沉积(PVD)法涂覆一薄层硬质和耐磨性极高的难熔金属化合物而得到的刀具材料。通过这种方法,使刀具既具有基体材料的强度和韧性,又具有很高的耐磨性。常用的涂层材料有TiN, TiC, Al_2O_3 等。其中, TiC(碳化钛)的硬度和耐磨性好; TiN(氮化钛)的抗氧化、抗粘结性好; Al_2O_3 (氧化铝)的耐热性好。使用时可根据不同的需要选择涂层材料。早期涂层为单一涂层,现在发展到多层涂层。多层涂层的优点是:可以增强粘结力,同时也可以防止涂层的细微裂纹向下延伸,增强了涂层的强度。

② 陶瓷:主要成分是 Al_2O_3 。陶瓷具有很高的硬度(78HRC)、耐磨性能及良好的高温力学性能(能耐1200~1450℃高温),与金属的亲合力小,不易与金属产生粘结,并且化学性能稳定。因此,陶瓷刀具广泛用于钢、铸铁及合金和难加工材料的切削加工,可以用于超高速切削、高速干切削和硬材料切削。

③ 立方氮化硼(CNB):人工合成的一种高硬度材料,其硬度可达7300~9000HV,可耐1300~1500℃高温,与铁族元素亲合力小。但其强度低,焊接性差。目前主要用于加工淬硬钢、冷硬铸铁、高温合金和一些难加工的材料。

④ 金刚石:分为人造金刚石和天然金刚石两种。一般采用人造金刚石作为切削刀具材料。其硬度极高,可达10000HV(一般的硬质合金为1300~1800HV)。其耐磨性是硬质合金的80~120倍。但韧性较差,对铁族材料亲合力大,因此一般不适宜加工黑色金属,主要用于有色金属及非金



属材料的高速精加工。三种主要金刚石刀具材料——PCD、CVD 厚膜和人工合成单晶金刚石各自的性能特点为:PCD 焊接性、机械磨削性和断裂韧性最高,抗磨损性和刃口质量居中,抗腐蚀性最差;CVD 厚膜抗腐蚀性最好,机械磨削性、刃口质量和断裂韧性及抗磨损性居中,可焊接性差;人工合成单晶金刚石刃口质量、抗磨损性和抗腐蚀性最好,焊接性、机械磨削性和断裂韧性最差。

2. 常用刀具结构

常用刀具结构有整体式高速钢刀具、镶嵌式硬质合金刀具和机夹式刀具三种。整体式高速钢刀具刃磨成形的形式如图 1.1 所示。镶嵌式硬质合金刀具,即将硬质合金刀头焊接在刀柄上,如图 1.2 所示。机夹式刀具又可分为不转位和可转位两种,现在最常用的是机夹式可转位刀具。

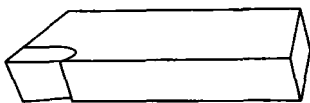


图 1.1 整体式高速钢刀具

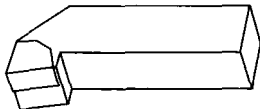


图 1.2 镶嵌式硬质合金刀具

3. 机夹式可转位刀具

(1) 刀杆特征

机夹式可转位刀杆特征如图 1.3 所示。

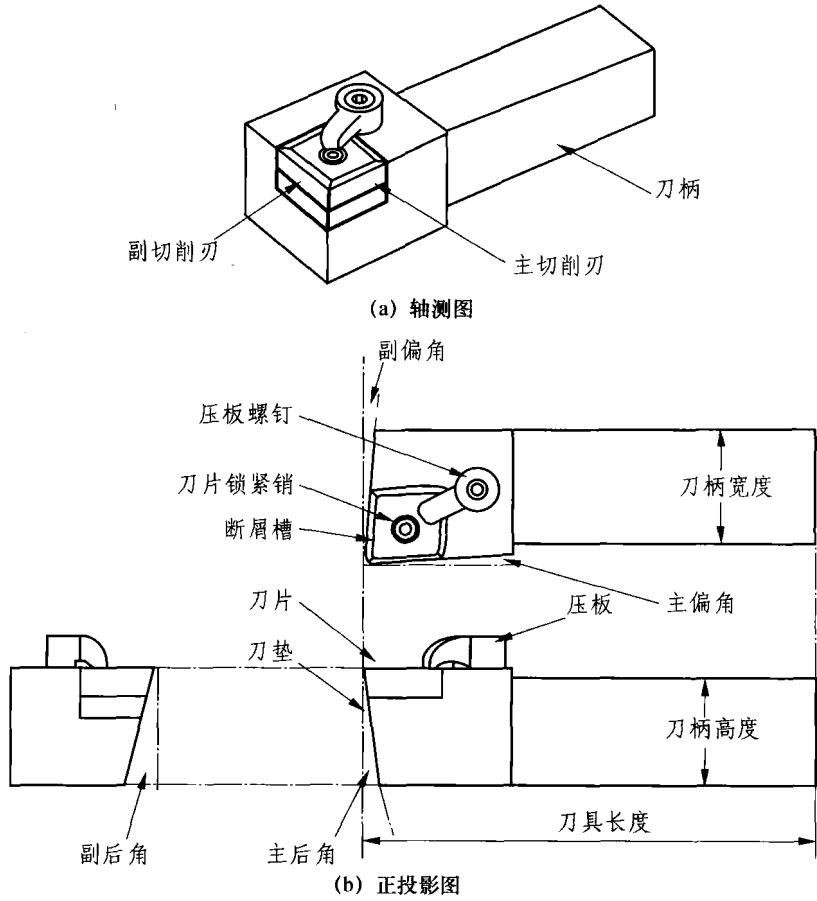


图 1.3 机夹式可转位刀杆特征



切削刃:刀片特征,用于切削工件,分为主切削刃和副切削刃。

刀柄:刀杆特征,用于安装到回转刀架上。

主后角:刀杆特征,用于在切削时防止刀杆与工件之间相接触。

主偏角:刀杆特征,可影响刀具耐用度、已加工表面粗糙度及切削力的大小。

副偏角:刀杆特征,用于减小副切削刃与已加工表面的摩擦。

(2) 数控车床机夹式可转位刀具的组成

数控车床机夹式可转位刀具的组成如图 1.4 所示。

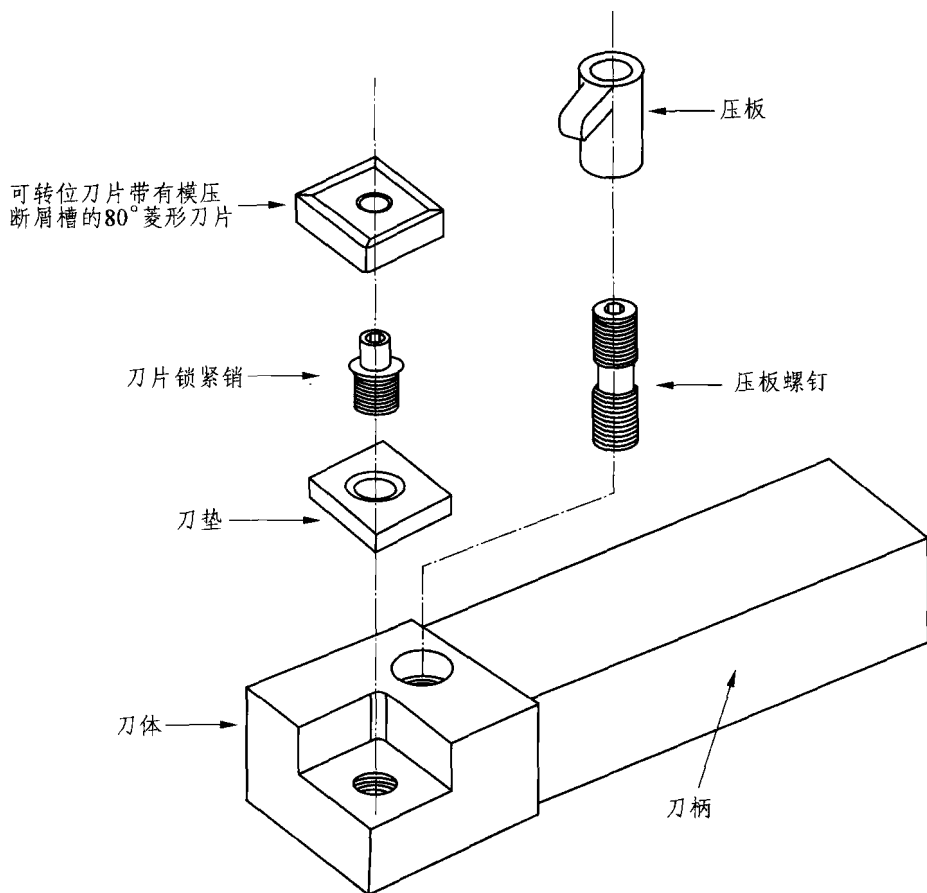


图 1.4 采用模压断屑槽刀片的刀具

刀体:一般安放可转位刀片及需要的所有部件。

刀垫:支撑可转位刀片。

刀片锁紧销:夹紧刀垫,并将可转位刀片锁定到对应的位置。

可转位刀片:切削金属,有多种样式和几何形状。

压板螺钉:将压板压紧到可转位刀片上。

压板:将可转位刀片夹紧在刀杆槽中。



(3) 刀片的几何形状

刀片的几何形状说明如图 1.5 所示。

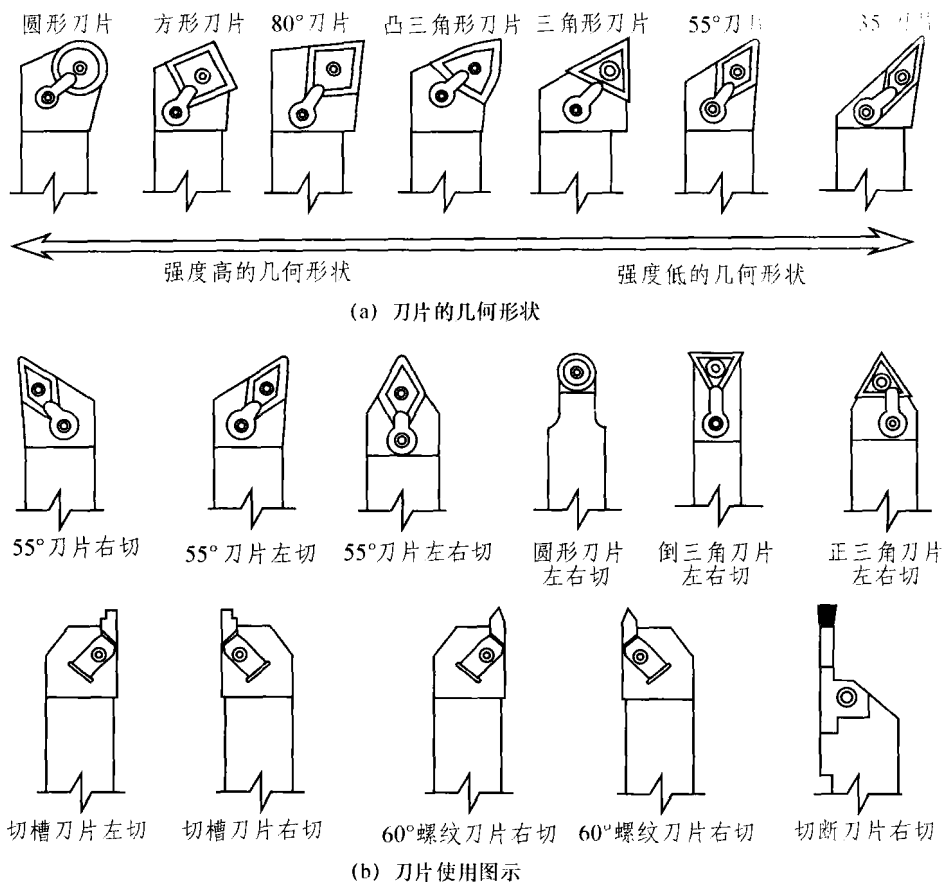


图 1.5 刀片的几何形状说明

1.1.2 切削液

1. 正确使用

车削时能否正确使用切削液,对刀具的寿命和工件的加工质量都有重大影响。正确选用切削液,可以降低切削力和切削温度,减缓刀具磨损,减小工件、刀具热变形和表面粗糙度,达到保证加工质量和提高生产率的目的。

2. 作用

(1) 润滑作用

金属切削加工液(简称切削液)在切削过程中的润滑作用,可以减小前刀面与切屑及后刀面与已加工表面间的摩擦,形成部分润滑膜,从而减小切削力、摩擦和功率消耗,降低刀具与工件坯料摩擦部位的表面温度和刀具磨损,改善工件材料的切削加工性能。

在磨削过程中,加入磨削液后,磨削液渗入砂轮磨粒与工件及磨粒与磨屑之间形成润滑膜,使界面间的摩擦减小,防止磨粒切削刃磨损和粘附切屑,从而减小磨削力和摩擦热,提高砂



轮耐用度以及工件表面质量。

(2) 冷却作用

切削液的冷却作用是通过它与因切削而发热的刀具(或砂轮)、切屑与工件间的对流和汽化作用把切削热从刀具和工件处带走,从而有效地降低切削温度,减小工件和刀具的热变形,保持刀具硬度,提高加工精度和刀具耐用度。切削液的冷却性能与其导热系数、比热、汽化热以及粘度(或流动性)有关。水的导热系数和比热均高于油,因此水的冷却性能要优于油。

(3) 清洗作用

在金属切削过程中,切削液具有清洗作用。它能除去切屑、磨屑以及铁粉、油污和砂粒,防止机床和工件、刀具的沾污,使刀具或砂轮的切削刃口保持锋利,确保切削效果。对于油基切削液,粘度越低,清洗能力越强,尤其是含有煤油、柴油等轻组分的切削液,渗透性和清洗性能就越好。含有表面活性剂的水基切削液,清洗效果较好,因为它能在工件、刀具及砂轮的表面形成吸附膜,阻止粒子和油泥等粘附,同时它能渗入到粒子和油泥粘附的界面上,把它们从界面上分离,随切削液带走,从而保持切削面清洁。

(4) 防锈作用

加防锈添加剂的切削液,可在金属表面形成一层附着力很强的保护膜,或与金属化合形成钝化膜,对机床、刀具和工件都有良好的防锈作用。当工件加工后或在工序之间流转过程中暂时存放时,切削液可防止环境介质及残存于切削液中的油泥等腐蚀性物质对金属产生侵蚀。

(5) 其他作用

除了以上4种作用外,所使用的切削液还具备良好的稳定性,在储存和使用中不产生沉淀或分层、析油、析皂和老化等现象。对细菌和霉菌有一定抵抗能力,不易长霉及生物降解而导致发臭、变质。不损坏涂漆零件,对人体无危害,无刺激性气味。在使用过程中无烟、雾或少烟雾。便于回收,低污染,排放的废液处理简便,经处理后能达到国家规定的工业污水排放标准等。

3. 种 类

切削液主要有水基和油基两类。前者冷却能力强,后者润滑性能好。

(1) 水基切削液

水基切削液的主要成分是水、化学合成水和乳化液。通常都加入防锈剂,也有加入其他的添加剂,如极压添加剂等。

(2) 油基切削液

油基切削液的主要成分是矿物油、植物油、动物油,或由它们组成的混合油。有时视需要加入极压添加剂或油性添加剂等。

4. 选择和使用

选择切削液,除考虑切削液本身的性能外,还要考虑工件材料、刀具材料和加工方法等因素,进行合理选择。具体说明如下:

① 粗加工时产生的切削热大,应选用冷却为主的切削液;精加工时为获得良好的表面质量,切削液应以润滑为主。

② 难加工材料的切削加工,均处于高温、高压边界摩擦状态,因而宜选用极压切削油或极压乳化液。

③ 硬质合金刀具的耐热性好,一般可不用切削液;如果使用切削液,应连续、充分地浇注,