



ZHIYE JISHU XUEXIAO JIXIELEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

职业技术学校机械类专业规划教材

# 车工工艺 与技能训练

CHEGONG GONGYI YU JINENG XUNLIAN

唐 茂 邓嫒媛 主编



电子科技大学出版社

# 车工工艺

## 与技能训练

机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社



ZHIYE JISHU XUEXIAO JIXIELEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI  
职业技术学校机械类专业规划教材

# 车工工艺 与技能训练

CHEGONG GONGYI YU JINENG XUNLIAN

唐 茂 邓嫒媛 主编



电子科技大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

车工工艺与技能训练/唐茂, 邓媛媛主编.—成都: 电子

科技大学出版社, 2007.7

ISBN 978-7-81114-579-3

I. 车… II. ①唐…②邓… III. 车削 - 专业学校 - 教材

IV. TG510.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 106478 号

## 内 容 提 要

本书根据国家职业技能鉴定标准, 结合职业教育的实际情况并按照《车工工艺与技能训练教学大纲》(2000)编写, 供全国中等职业技术学校机械类专业使用。

本书遵循实用、实效的原则, 采用模块式、项目化的教学方法, 突出技能训练, 使学生在技能训练中掌握并达到本专业(工种)知识和技能要求。

本书共分 9 个模块, 详尽地介绍了车削加工所涉及的理论知识和操作方法, 其主要内容有: 车削的基本知识、工艺系统(车床、刀具、夹具、量具等)、外圆柱面、内圆柱面、外圆锥面、螺纹等型面的车削加工和表面修饰以及较复杂零件的车削方法。

本书可作为高中等职业技术学校车工专业技术培训的教材, 同时也可作为在职技术工人和工程技术人员的专业培训教材。

职业技术学校机械类专业规划教材

## 车工工艺与技能训练

唐 茂 邓 媛 媛 主 编

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

责任编辑: 谢应成

主 页: [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

电子邮件: [uestcp@uestcp.com.cn](mailto:uestcp@uestcp.com.cn)

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川南方印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 13 字数 316 千字

版 次: 2007 年 7 月第一版

印 次: 2007 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-579-3

定 价: 18.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

# 前 言

目前,随着我国制造业的迅猛发展,对具备熟练技能的专业技术工人的需求日益迫切。企业一线操作技术工基本理论和技能水平的要求进一步提高。着眼于车工专业理论知识与实际操作技能的综合培养,特编写《车工工艺与技能培训》一书,以更好的满足当前工业企业对车工专业技术人才的需求。

本书共分九个模块,详细介绍了包括车削加工基础(金属切削原理及工艺系统)、各种零件型面的车削加工原理及方法、车削加工工艺等知识。在内容上,尽量做到详略适当、深浅结合,以实际的零件加工技能培训为主线,辅以对理论知识深入浅出的解说,使读者能够灵活运用相关知识解决实际问题;在结构上,注重知识间的关联性和继承性,注重知识连贯性,避免知识跨度过大,遵循循序渐进、由浅入深的原则,合理地组织本书结构。

本书由唐茂(成都大学工业制造学院)、邓嫒媛(成都大学工业制造学院)、卢炜、肖晓兰、吴高永编写,唐茂、邓嫒媛任主编。

本书可作为中高等技术职业学校车工专业技术培训的教材,也可作为在职技术工人和工程技术人员的专业培训教材。本书由于编写时间仓促,加之编者水平有限,难免存在疏漏甚至错误之处,望广大读者批评指正。

**编 者**

2007-6

## 目 录

## 模块一 车削加工基础..... 1

## 认识项目..... 1

## 项目一 学习目的..... 1

## 项目二 车削及车削运动..... 2

## 一、车削的基本概念..... 2

## 二、车削运动..... 2

## 项目三 金属切削基本知识..... 2

## 一、金属切削过程..... 3

## 二、切削力..... 8

## 三、切削热和切削温度..... 10

## 项目四 车刀..... 11

## 一、常用车刀的种类和用途..... 11

## 二、车刀切削部分的材料..... 12

## 三、车刀切削部分的常用材料... 12

## 四、车刀的几何形状..... 12

## 项目五 切削液..... 15

## 一、切削液的作用..... 15

## 二、切削液的种类及其选用..... 15

## 三、使用切削液的注意事项..... 16

## 训练项目..... 17

## 项目一 安全文明生产..... 17

## 一、安全文明生产的重要性..... 17

## 二、安全生产的注意事项..... 17

## 三、文明生产的要求..... 17

## 习 题..... 18

## 模块二 车 床..... 19

## 认识项目..... 19

## 项目一 车床型号..... 19

## 一、机床类代号..... 20

## 二、机床特性代号..... 20

## 三、机床组、系代号..... 21

## 四、车床主参数、第二主参数... 22

## 五、车床重大改进顺序号..... 23

## 六、CA6140型卧式车床简介..... 23

## 项目二 车床分类..... 25

## 一、卧式车床 (Universal lathe)

## ..... 25

## 二、立式车床 (Vertical lathe)

## ..... 25

## 三、转塔车床..... 25

## 四、自动车床和半自动车床..... 26

## 五、仿形车床..... 26

## 六、专门化车床..... 26

## 七、数控车床..... 31

## 项目三 车床夹具简介..... 33

## 一、车床夹具的作用..... 33

## 二、车床夹具的组成..... 33

## 三、车床夹具的分类..... 34

## 四、组合夹具概述..... 34

## 五、常用车床夹具..... 35

## 训练项目..... 36

## 项目一 车床基本操作..... 36

## 项目二 车床日常维护保养..... 39

## 一、车床润滑的作用..... 39

## 二、常用车床的润滑方式..... 39

## 三、车床日常保养的要求..... 39

## 四、车床一级保养的要求..... 40

## 项目三 三爪自定心卡盘的装配

## 与安装..... 41

## 一、三爪自定心卡盘卡爪的装配 41

## 二、三爪自定心卡盘的安装..... 41

## 三、三爪自定心卡盘的拆卸..... 42

## 习 题..... 42

**模块三 车削外圆柱面 ..... 43****认识项目 ..... 43****项目一 车削外圆柱面 ..... 43**

一、外圆表面车削加工 ..... 43

二、外圆车刀 ..... 45

三、工件的安装 ..... 46

四、车外圆常用量具 ..... 49

**项目二 车削端面 and 台阶 ..... 53**

一、车端面及台阶 ..... 53

二、质量分析 ..... 55

**项目三 车槽和切断 ..... 56**

一、切断刀 ..... 57

二、车外沟槽 ..... 59

三、切断 ..... 61

四、减少振动和防止刀体折断 ... 62

**训练项目 ..... 63****项目一 实例训练 ..... 63**

一、车外圆、端面和倒角 ..... 63

二、综合训练 ..... 66

**习 题 ..... 67****模块四 车削内圆柱面 ..... 68****认识项目 ..... 68****项目一 钻孔和扩孔 ..... 68**

一、麻花钻的几何形状 ..... 68

二、麻花钻的刃磨和修磨 ..... 70

三、钻孔方法 ..... 73

四、扩孔 ..... 75

五、钻孔废品分析 ..... 76

**项目二 车削内孔 ..... 77**

一、内孔车刀 ..... 77

二、工件装夹方法 ..... 78

三、车孔的关键技术 ..... 78

四、车孔方法 ..... 80

五、车孔废品分析 ..... 82

**项目三 铰孔 ..... 83**

一、铰刀 ..... 83

二、铰孔方法 ..... 85

三、废品分析 ..... 86

**项目四 车削内沟槽 ..... 87**

一、内沟槽的种类和作用 ..... 87

二、车削内沟槽 ..... 87

**训练项目 ..... 90****项目一 车内孔实训 ..... 90**

一、车直孔练习 ..... 90

二、车台阶孔练习 ..... 91

**习 题 ..... 91****模块五 车削圆锥面 ..... 92****认识项目 ..... 92****项目一 圆锥基础知识 ..... 92****项目二 车削外圆锥面 ..... 96**

一、车外圆锥面的方法 ..... 96

二、外圆锥面的检测 ..... 104

**项目三 车内圆锥面 ..... 108**

一、车内圆锥面的方法及

技能训练 ..... 108

二、内圆锥面的检测 ..... 111

三、废品分析 ..... 112

**训练项目 ..... 114****项目一 车圆锥面 ..... 114**

一、运用偏移尾座法车 ..... 114

二、试用较内圆锥面法加工 ..... 115

**习 题 ..... 115**

## 模块六 车削成形面与表面修饰 ..... 116

### 认识项目 ..... 116

#### 项目一 车削成形面 ..... 116

一、双手控制法 ..... 117

二、成形法 ..... 121

三、靠模仿形法 ..... 122

四、专用工具法 ..... 123

#### 项目二 表面修饰 ..... 124

一、研磨 ..... 125

二、抛光 ..... 127

三、滚花 ..... 128

### 训练项目 ..... 131

#### 项目一 成形法车削 ..... 131

#### 项目二 网纹滚花训练 ..... 132

### 习 题 ..... 133

## 模块七 车削螺纹 ..... 134

### 认识项目 ..... 135

#### 项目一 螺纹基础知识 ..... 135

一、三角形螺纹各部分的名称  
和定义 ..... 135

二、普通螺纹基本尺寸的计算 ..... 137

三、梯形螺纹各部分的尺寸  
及其计算 ..... 139

#### 项目二 螺纹车刀 ..... 143

一、螺纹车刀角度对车螺纹  
的影响 ..... 143

二、三角螺纹车刀的刃磨和  
角度测量 ..... 145

三、梯形螺纹车刀 ..... 146

#### 项目三 车削三角形螺纹 ..... 147

一、车削三角形螺纹 ..... 147

二、车削三角形外螺纹 ..... 148

三、车削三角形内螺纹 ..... 149

四、废品分析及预防方法 ..... 150

### 项目四 车削梯形螺纹 ..... 152

一、梯形螺纹车刀的选择和装夹  
..... 152

二、梯形螺纹车削方法 ..... 153

### 项目五 车多线螺纹 ..... 156

一、多线螺纹 ..... 156

二、多线螺纹和多线蜗杆的  
车削方法 ..... 156

### 训练项目 ..... 157

#### 项目一 车削螺纹 ..... 157

车削三角形外螺纹的操作练习  
..... 157

### 习 题 ..... 158

## 模块八 较复杂零件的车削 .... 159

### 认识项目 ..... 159

#### 项目一 车削偏心工件 ..... 159

一、偏心工件的划线方法与  
技能训练 ..... 160

二、车偏心工件和简单曲轴的方法  
..... 161

三、测量和检查偏心距的方法 ..... 166

#### 项目二 车削薄壁工件 ..... 168

一、薄壁工件的加工特点 ..... 168

二、防止和减少薄壁工件变形  
的方法 ..... 168

#### 项目三 车削细长轴 ..... 169

一、中心架及其使用方法 ..... 170

二、跟刀架及其使用方法 ..... 173

三、细长轴的车削方法 ..... 174

|                   |     |                      |     |
|-------------------|-----|----------------------|-----|
| 项目四 深孔加工 .....    | 176 | 二、表面加工方法的选择.....     | 185 |
| 一、枪孔钻的外排屑.....    | 176 | 三、划分加工阶段.....        | 186 |
| 二、喷吸钻和内排屑.....    | 177 | 四、确定加工顺序.....        | 187 |
| 三、高压内排屑钻 .....    | 178 | 五、热处理工序的安排 .....     | 189 |
| 训练项目.....         | 179 | 六、其他工序的安排 .....      | 190 |
| 项目一 车削复杂零件 .....  | 179 | 七、典型零件工艺路线简介 .....   | 191 |
| 习 题 .....         | 180 | 八、机床设备与工艺装备.....     | 192 |
| 模块九 零件工艺分析.....   | 181 | 项目四 切削用量选择 .....     | 192 |
| 认识项目.....         | 181 | 一、合理选择切削用量 .....     | 192 |
| 项目一 基准与基准选择 ..... | 181 | 二、选择切削用量的一般原则 .....  | 193 |
| 一、基准.....         | 181 | 项目五 工艺文件制定 .....     | 194 |
| 二、基准的选择 .....     | 182 | 一、工艺文件.....          | 194 |
| 项目二 工艺规程知识.....   | 183 | 二、工艺卡的制定.....        | 195 |
| 项目三 工艺路线拟定 .....  | 184 | 训练项目 .....           | 196 |
| 一、生产类型.....       | 184 | 项目一 典型零件车削工艺分析 ..... | 196 |
|                   |     | 一、轴类零件车削工艺分析 .....   | 196 |
|                   |     | 二、套类零件车削工艺分析 .....   | 197 |
|                   |     | 习 题 .....            | 200 |

## 模块一 车削加工基础

### 本章要求:

1. 了解本课程的学习目的;
2. 掌握车削加工和金属切削加工的基本知识;
3. 了解安全文明生产的重要性并掌握安全文明生产的基本要求。

### 本章难点:

1. 金属切削原理;
2. 车刀切削部分的构成。

## 认识项目

### 项目一 学习目的

车削加工是指导车削操作的实践性很强的专业课程。通过学习,我们应该达到以下要求:

- (1) 掌握车床工作原理。
- (2) 合理选用常用刀具、刃具和切削液。
- (3) 了解常用的工、夹、量具的用途、使用和保养方法。
- (4) 解决实际生产中的计算问题,并能正确查阅有关的技术手册和资料。
- (5) 合理选择工件的定位基准,掌握工件的定位、夹紧的基本原理和方法。
- (6) 制定零件的车削工艺,并能根据实际情况尽可能地采用先进工艺。
- (7) 了解车削加工新工艺、新技术,以及提高产品质量和劳动生产率的途径。
- (8) 熟练掌握安全、文明生产的有关知识,并做到安全、文明生产。

## 项目二 车削及车削运动

### 一、车削的基本概念

要完成某一零件的切削加工，通常需要铸、锻、车、铣、刨、磨、钳、热处理等诸多工种的协同配合，而其中最基本、应用最为广泛的工种是车工。

车削是指操作工人（即车工）在车床上根据图样的要求，利用工件的旋转运动和刀具的相对切割运动来改变毛坯的尺寸和形状，使之成为合格工件的金属切削方法。车削主要用于各种回转体零件加工，如车外圆、车端面。车削在机械行业中占有非常重要的地位和作用，车床在金属切削机床的配置几乎要占到 30%~50%。

车床上可加工带有回转表面的各种不同形状的工件，如内、外圆锥面，特形面和各种螺纹面等。因此，车削在机械行业中占有非常重要的地位和作用。

### 二、车削运动

切削加工是靠刀具和工件之间做一定的相对运动来实现的，这种相对运动称为切削运动。它包括主运动和进给运动。

#### 1. 车削运动

车床的切削运动主要指工件的旋转运动和车刀的直线运动。车刀的直线运动又叫进给运动，分为纵向进给运动和横向进给运动。

（1）主运动：是使刀具和工件之间产生相对运动的最主要运动。工件的旋转运动就是主运动。

（2）进给运动：是与主运动配合，使工件多余材料不断被去除的运动叫进给运动。车外圆是纵向进给运动，车端面、车槽、切断是横向进给运动。

#### 2. 车削时工件上形成的表面

车削时工件上有三个不断变化的表面，它们分别是：

待加工表面——工件上有待切除多余金属层的表面。它可能是毛坯表面或加工过表面。

过渡表面——车刀切削刃在工件上形成的表面。它将在工件的下一转里被切除。

已加工表面——经刀具切削后在工件上形成的新表面。

## 项目三 金属切削基本知识

金属切削是指用刀具从工件表面切除多余材料，从而使工件的形状、尺寸、位置和表面质量均符合技术要求的加工方法。

在金属切削过程中会发生很多的物理现象，如切屑变形、切削力、切削热、刀具磨

损等物理现象。生产过程中出现的许多问题，如鳞刺、积屑瘤、振动、卷屑与断屑等，都同切削过程有关。

## 一、金属切削过程

### 1. 切屑的形成过程

变形区的划分：切削层金属形成切屑的过程就是在刀具的作用下发生变形的过程。图 1-1 是在直角自由切削工件条件下观察绘制得到的金属切削滑移线和流线示意图。流线表明被切削金属中的某一点在切削过程中流动的轨迹。切削过程中，切削层金属的变形大致可划分为三个区域：

第一变形区 从  $OA$  线开始发生塑性变形，到  $OM$  线金属晶粒的剪切滑移基本完成。 $OA$  线和  $OM$  线之间的区域（图中 I 区）称为第一变形区。

第二变形区 切削沿前刀面排出时进一步受到前刀面的挤压和摩擦，使靠近前刀面处的金属纤维化，基本上和前刀面平行。这一区域（图中 II 区）称为第二变形区。

第三变形区 已加工表面受到切削刃钝圆部分和后刀面的挤压和摩擦，造成表层金属纤维化与加工硬化。这一区（图中 III 区）称为第三变形区。

在第一变形区内，变形的主要特征就是沿滑移线的剪切变形，以及随之产生的加工硬化。 $OA$  称为始滑移线， $OM$  称为终滑移线，如图 1-2 所示。

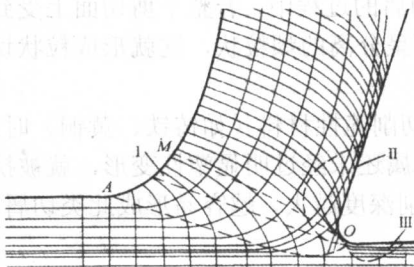


图 1-1 金属切削过程中的滑移线和流线示意图

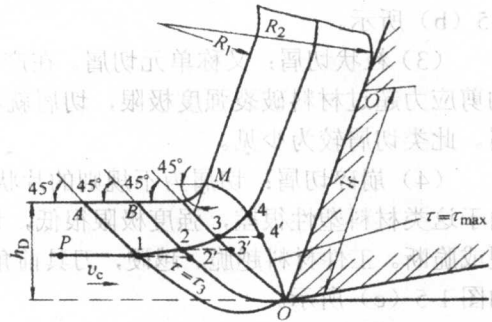


图 1-2 第一变形区金属的剪切滑移

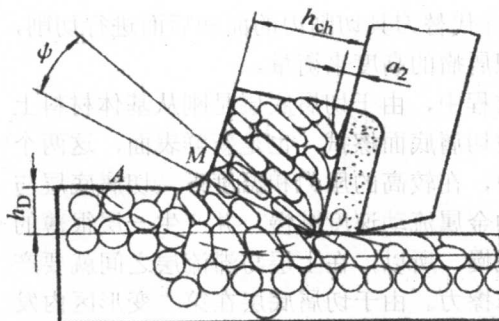


图 1-3 滑移与晶粒的伸长

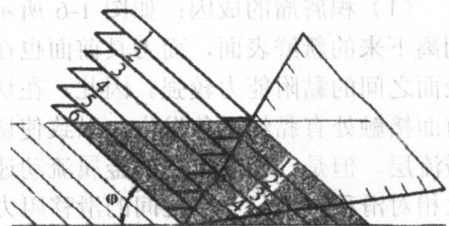


图 1-4 切屑形成过程示意图

当金属沿滑移线发生剪切变形时,晶粒会伸长。晶粒伸长的方向与滑移方向(即剪切面方向)是不重合的,它们成一夹角 $\psi$ ,如图1-3所示。在一般切削速度范围内,第一变形区的宽度仅为0.02~0.2mm,所以可以用一剪切面来表示,如图1-4所示。剪切面与切削速度方向的夹角称为剪切角,以 $\phi$ 表示。

## 2. 切屑类型

金属切削时,由于工件材料、刀具几何形状和切削用量等加工条件的不同,切屑的变形程度也会随之改变,所形成的切屑形状也各异,一般有以下四种基本状态:

(1) 带状切屑:切屑呈连绵不断的带状或螺旋状,与前刀面接触的内表面光滑,外表面呈毛茸状。一般在加工塑性材料(软钢铝),采用较大的前角 $\gamma_0$ ,较小的切屑深度 $a_p$ ,较高的切削速度 $v_c$ 时,会形成此类切屑,如图1-5(a)所示。

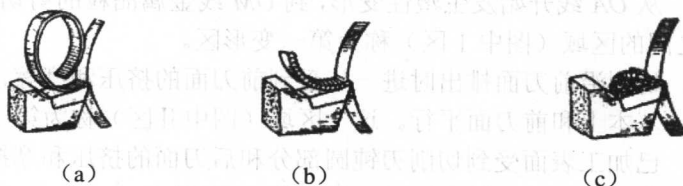


图 1-5 切屑类型

(2) 节状切屑:又称挤裂切屑。其外表呈锯齿形,内表面有裂纹。当采用较小的前角 $\gamma_0$ 、较大的切削深度 $a_p$ 和较低的切削速度 $v_c$ 加工塑性材料时,会形成此类切屑,如图1-5(b)所示。

(3) 粒状切屑:又称单元切屑。在产生挤裂状切屑的过程中,若整个剪切面上受到的剪应力超过材料破裂强度极限,切屑就不能连续而呈分离的颗粒状,这就形成粒状切屑。此类切屑较为少见。

(4) 崩碎切屑:切屑为不规则的片状或粒状。切削脆性材料(如铸铁、黄铜)时,由于这类材料塑性很差,强度极限很低,切削层的金属还未经过明显塑性变形,就被挤裂或脆断。工件材料越脆、越硬,刀具前角越小,切削深度越大,越容易形成此类切屑,如图1-5(c)所示。

## 3. 积屑瘤

切削钢、球墨铸铁、铝合金等塑性合金材料时,在切削速度不高,而又能形成带状切屑的情况下,常有一些金属冷焊(黏结)并层积在刀具表面上,形成硬度高于工件基体材料的楔块(其硬度通常为工件材料的2~3倍),并代替刀具切削刃的面和后面进行切削,这种小硬块称为积屑瘤。积屑瘤的大小通常用积屑瘤的高度来衡量。

(1) 积屑瘤的成因:如图1-6所示,切削过程中,由于切屑底层是刚从基体材料上剥离下来的新鲜表面,而刀具前面也在不断地被切屑底面擦拭,也是新鲜表面,这两个表面之间的黏附能力较强。因此,在切削过程中,在较高的压力和温度下,切屑底层与前面接触处有黏结现象发生,以致使切屑底层的金属流动速度减慢,并产生一层很薄的滞流层。但是,切屑上层的金属流动速度并未减慢,所以,在上层与滞流层之间就要产生相对滑移,上、下层之间的滑移阻力称为内摩擦力。由于切屑底层在第二变形区内发生了十分强烈的塑性变形,因而它有比切屑基体更高的强度和硬度,当黏结面积足够大时,滞流层的抗剪力便足以抵挡内摩擦力,从而与切屑分离,黏结在刀具前面上。新形

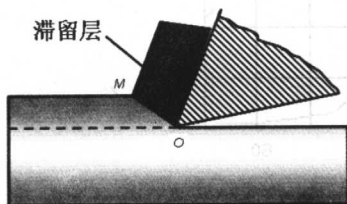
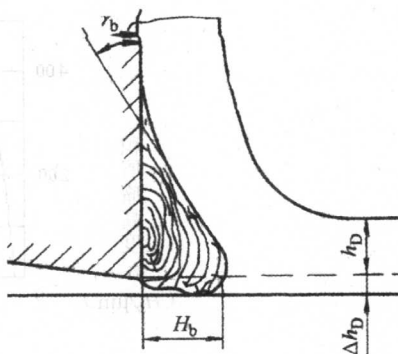


图 1-6 积屑瘤的形成

图 1-7 积屑瘤前角  $r_b$  和高度  $H_b$ 

成的切屑底层沿此黏结层流动, 又出现新的滞流层, 在适当的条件下, 新的滞流层又会产生黏结。在第三变形区内的情况也与此相同, 这样一层层的滞流、黏结, 逐渐形成一个楔形的或鼻形的积屑瘤。

积屑瘤的高度与切削条件有直接的关系。另外, 由于切削过程中的冲击、振动, 切削力负荷不均等原因, 还会出现整个积屑瘤或部分积屑瘤的剥离、脱落以及再生。

积屑瘤的顶部不稳定, 容易破裂, 破裂后的积屑瘤颗粒随切屑排出或留在已加工表面上。积屑瘤沿切削刃方向各点的伸出量不规则, 积屑瘤所形成的实际工作切削刃也不规则, 会使已加工表面粗糙度数值增大, 因而, 积屑瘤直接影响工件加工表面的形状精度和表面粗糙度。积屑瘤的大小通常用积屑瘤的高度  $H_b$  来衡量, 如图 1-7 所示。

由于积屑瘤的不稳定性和不规则性, 对加工精度和表面质量的影响较显著, 所以, 在粗加工时可以利用积屑瘤来保护切削刃; 在精加工和使用指定尺寸刀具加工时, 应尽量避免产生积屑瘤。

(2) 影响积屑瘤的主要因素: 影响积屑瘤生成的主要因素有工件材料的加工性能、切屑速度、刀具前角和冷却润滑条件等。在工件材料性能中, 塑性对积屑瘤的生成影响最大, 工件材料的塑性越大, 切屑变形越大, 切屑底层与刀具前面的摩擦较大, 第二变形区的接触长度较长, 容易产生积屑瘤。在切削塑性较小的脆硬材料时, 积屑瘤不容易生成。因此, 在加工硬度较低而塑性较大的工件时, 若要避免生成积屑瘤, 应采用正火、调质等热处理方法提高其强度和硬度, 或者采用冷拔加工进行预处理, 也可以起到提高强度、硬度, 降低其塑性的作用。

当工件材料一定时, 切削速度是影响积屑瘤生成的主要因素。

如图 1-8 所示, 在切削速度很低或很高的切削条件下, 不会产生或产生很小的积屑瘤, 而在某一速度范围内(加工一般钢料, 约为  $v_c=5\sim 50\text{m/min}$ )最容易产生积屑瘤。

切削速度主要通过切削温度来影响积屑瘤的产生, 当切削速度很低时, 切削温度不高, 切屑底层与刀具前面的黏结不易发生, 因而不易产生积屑瘤; 当切削速度很高时, 切削温度很高, 切屑底层金属变软, 滞流层易被切屑带走, 积屑瘤随之消失。因此, 在精加工时, 采用低速或高速切削, 可以避免积屑瘤的产生。

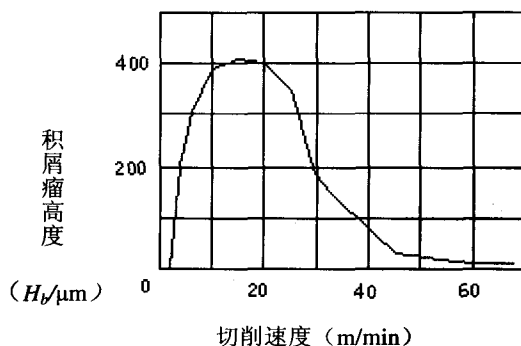


图 1-8 切削速度对积屑瘤的影响

适当增大刀具前角，可减小切屑变形和切削力，降低切削速度。因此，适当增大前角能抑制积屑瘤的产生。精加工时，采用大前角(实践表明  $\gamma_o=35^\circ$ )刀具，可有效地减小或抑制积屑瘤的生成。此外，使用切削液、减小刀具表面的粗糙度、减小切削层厚度等措施，都有助于抑制积屑瘤的产生。

#### 4. 影响切屑变形的主要因素

(1) 工件材料：工件材料的强度越低，塑性越大，加工时的切屑变形就越大。因为强度越低，屈服强度也越低，在较小的应力作用下就会产生塑性变形。同时，塑性大的材料，连续进行塑性变形的能力强，或者说在破坏之前的塑性变形量大，因此切屑变形也就越大。工件材料强度与切屑厚度压缩比的关系如图 1-9 所示。黑圆代表软钢，如 15 钢；空心圆代表中硬钢，如 30 钢；三角代表硬钢，如 T12 钢。

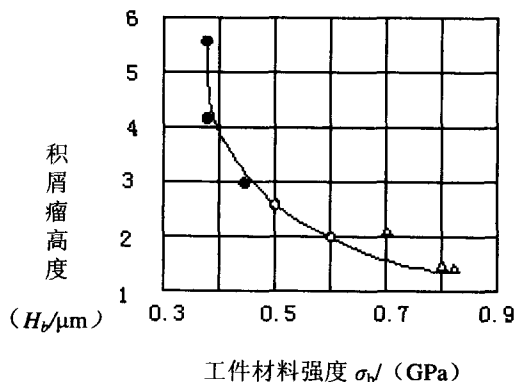


图 1-9 工件材料对切屑变形的影响

(2) 刀具前角：刀具的前角越大，切屑刃钝圆半径越小，切屑刃就越锋利，对切屑层金属的挤压也就会减小，所以，切屑变形也就相应减小。

(3) 切削速度：切削速度对切屑变形的影响如图 1-10 所示，在切削碳钢等塑性金属时，切屑厚度压缩比随切削速度增大呈波形变化，这是因为在较宽的切削速度范围内，中间有部分区域会生成积屑瘤，而高速端和低速端却没有积屑瘤。在有积屑瘤生成的切削速度范围内(图中为  $v_c < 55 \text{ m/min}$ )，切削速度主要通过积屑瘤来影响切屑变形。

当切削速度增加使积屑瘤增大时  $v_c$  大约在  $8 \sim 22 \text{ m/min}$  范围)，刀具实际工作前角增大，切屑变形减小；当切削速度再增加( $v_c$  大约在  $22 \sim 55 \text{ m/min}$  范围)，积屑瘤减小，刀具实际工作前角减小，切屑变形增大。在无积屑瘤的切削速度区域，切屑变形程度只

与切削速度有关。在图示  $v_c > 55 \text{ m/min}$  条件下, 当切削速度增大时, 切屑通过变形区的时间极短, 来不及充分地剪切滑移即被排除切屑区外, 故切屑变形随切屑速度的增加而减小。

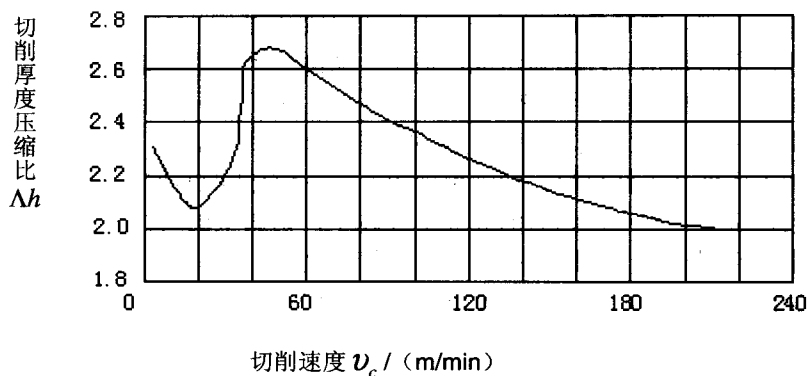


图 1-10 切削速度对切削变形的影响

(4) 进给量: 切屑底层的金属, 经过第一、第二变形区的两次塑性变形, 其变形程度比切屑上层要剧烈得多。进给量越大, 切屑层公称厚度也越大, 第二变形区的影响相对小一些。所以, 进给量越大, 切屑平均变形程度  $\Delta h$  越小, 其影响反映在图 1-11 中。

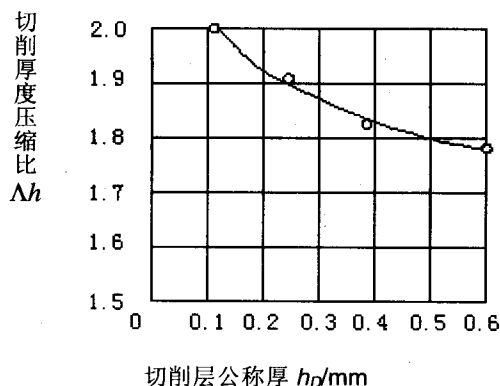


图 1-11 进给量对切削变形的影响

## 5. 断屑

(1) 断屑的形成: 金属切削加工时, 所产生的切屑在流动和卷曲的过程中, 如果碰到了障碍物, 将加速切屑的变形, 从而使其内应力达到或超过切屑材料的强度极限, 切屑自行折断, 形成断屑。

(2) 影响断屑的因素: 影响断屑的因素很多, 凡是对切屑的弯曲变形程度有影响的因素, 都会影响断屑。但对断屑影响最大的是切削用量及刀具的几何角度。

### ① 断屑槽的形状和尺寸

a. 断屑槽的形状: 常用的断屑槽有直线圆弧形、直线形和圆弧形三种。

直线圆弧形断屑槽由一段直线和一段圆弧连接而成, 其直线部分构成车刀的前刀面, 槽底圆弧半径  $R_n$  的大小影响切屑的变形和弯曲。 $R_n$  小时, 切屑卷曲半径小, 变形大, 易断屑, 反之则相反。在中等切削深度 ( $a_p = 2 \sim 6 \text{ mm}$ ) 时, 一般可选  $R_n = 0.4 \sim 0.7 W_n$ , 其

中  $W_n$  为槽宽。

直线形断屑槽由两段直线连接而成，两条直线的夹角称为槽底角。槽底角代替了槽底圆弧半径的作用，槽底角小，则切屑卷曲半径小，变形大，易断屑，反之亦相反。在中等切削深度时，槽底角在  $110^\circ \sim 120^\circ$  之间比较合适。

圆弧形断屑槽由一段圆弧组成，适用于切削紫铜、不锈钢等高塑性材料。圆弧断屑槽的宽度  $W_n$ 、槽底圆弧半径  $R_n$  及前角之间的关系可用下式计算： $W_n = 2R_n \sin \gamma_o$ 。

b. 断屑槽的宽度：断屑槽的宽度对断屑的影响很大。为了得到满意的断屑效果，应按具体加工条件（工件材料、切削用量等），选择合适的断屑槽宽度。

一般槽宽  $W_n$  越小，切屑的卷曲半径越小，切屑上的弯曲应力大，越易折断，所以采用较小的断屑槽宽度对断屑有利。断屑槽宽度必须与进给量和切削深度相适应。当进给量和切削深度大时，断屑槽的宽度也应大一些，否则切屑往往不流经槽底而直接形成了不断的带状切屑。通常在车削中碳钢时，断屑槽的宽度约为 10 倍的进给量；车削合金钢时，断屑槽的宽度约为 7 倍的进给量。

## ② 切削用量

切削用量中对断屑影响最大的是进给量，其次是切削深度，而切削速度影响较小。增大进给量，切屑厚度成正比例增大，则切屑上的弯曲应力也随之增大，容易断屑，所以适当增大进给量是达到断屑目的的有效措施之一。

## ③ 刀具几何角度

对断屑影响最大的车刀几何角度是前角和主偏角。减小前角，切屑变形大，容易断屑；增大主偏角，切屑厚度增大，使切屑卷曲时变形大，容易断屑。

总之，影响断屑的因素很多，各有其一定的规律性。但各个因素对断屑的影响不是孤立的，而是互相联系的。必须根据具体加工工件和条件，合理选择刀具的几何角度和切削用量，才能得到满意的断屑效果。

# 二、切削力

切削刀具对工件的作用力称为切削力，它作用在工件上，而工件材料抵抗刀具切削所产生的阻力称为切削阻力，它作用在刀具上。切削力与切削阻力是一对大小相等，方向相反，分别作用在两个不同物体上的作用力与反作用力。

切削阻力在切削过程中，对刀具的寿命、机床功率的消耗和工件的加工质量都有很大的影响。

## 1. 切削阻力的来源

切削时，刀具不仅要受到来自工件塑性变形和弹性变形所产生的变形抗力（ $F_{\text{弹}1}$ 、 $F_{\text{弹}2}$ 、 $F_{\text{塑}1}$ 、 $F_{\text{塑}2}$ ），而且还要受到前刀面与切屑及后刀面与工件表面间的摩擦阻力  $f_1$ 、 $f_2$ ，而切削阻力就是这些力的合力，如图 1-12 所示。

## 2. 切削阻力的分解

为了设计与测量方便，通常将切削阻力分解成主运动方向、进给运动方向和切深方向三个相互垂直的分力，如图 1-13 所示。