



全国技工院校“十二五”系列规划教材

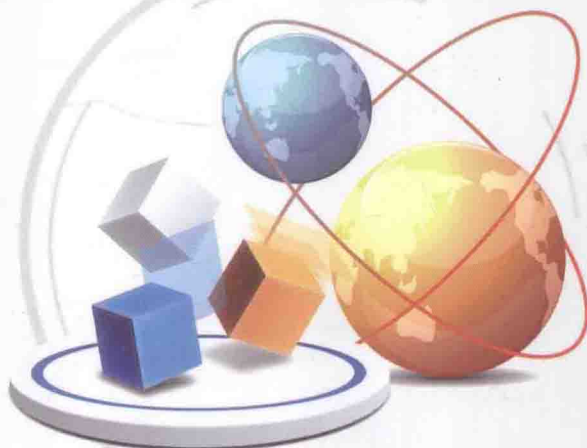
中国机械工业教育协会推荐教材

金属切削 加工技能

(任务驱动模式)

◎ 刘新子 主编

Jinshu Qiexiao Jiagong Jineng



免费下载

www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国技工院校“十二五”系列规划教材

中国机械工业教育协会推荐教材

金属切削加工技能

(任务驱动模式)

主 编 刘新子

副主编 徐卫红 王成领 郑国栋

参 编 孙 玉 闫文祥 刘 智

李小平 殷玉彩

主 审 王公安



机械工业出版社

本书在教学改革实践的基础上,采用“任务驱动”模式编写。全书共分为八个教学单元,主要介绍了金属切削加工基础、车削技能、铣削技能、刨削技能、钻削技能、镗削技能、磨削技能以及金属切削加工综合训练等内容。

本书可作为技工学校、职业技术学院金属切削专业和数控加工专业的一体化专业教材,也可供有关技术人员学习、参考和培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工技能/刘新子主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 3

全国技工院校“十二五”系列规划教材

ISBN 978-7-111-40860-4

I. ①金… II. ①刘… III. ①金属切削—加工工艺—技工学校—教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 063730 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王晓洁 王华庆 责任编辑:王晓洁 王华庆 张振勇

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18 印张·445 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-40860-4

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

全国技工院校“十二五”系列规划教材 编审委员会

顾问：郝广发

主任：陈晓明 李 奇 季连海

副主任：（按姓氏笔画排序）

王 成	王 臣	冯跃虹	刘启中	刘亚琴	刘治伟
李长江	李京平	李俊玲	李晓庆	李晓毅	佟 伟
沈炳生	陈建文	黄 志	章振周	董 宁	景平利
曾 剑	魏 葳				

委员：（按姓氏笔画排序）

于新秋	王 军	王 珂	王小波	王占林	王良优
王志珍	王栋玉	王洪章	王惠民	方 斌	孔令刚
白 鹏	乔本新	朱 泉	许红平	汤建江	刘 军
刘大力	刘永祥	刘志怀	毕晓峰	李 华	李成飞
李成延	李志刚	李国诚	吴 岭	何丽辉	汪哲能
宋燕琴	陈光华	陈志军	张 迎	张卫军	张廷彩
张敬柱	林仕发	孟广斌	孟利华	荆宏智	姜方辉
贾维亮	袁 红	阎新波	展同军	黄 樱	黄锋章
董旭梅	谢蔚明	雷自南	鲍 伟	潘有崇	薛 军

总策划：李俊玲 张敬柱 荆宏智

序

“十二五”期间,加速转变生产方式,调整产业结构,将是我国国民经济和社会发展的重中之重。而要完成这种转变和调整,就必须有一大批高素质的技能型人才作为后盾。根据《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的要求,至2020年,我国高技能人才占技能劳动者的比例将由2008年的24.4%上升到28%(目前一些经济发达国家的这个比例已达到40%)。可以预见,作为高技能人才培养重要组成部分的高级技工教育,在未来的10年必将会迎来一个高速发展的黄金期。近几年来,各职业院校都在积极开展高级工培养的试点工作,并取得了较好的效果。但由于起步较晚,课程体系、教学模式都还有待完善与提高,教材建设也相对滞后,至今还没有一套适合高级技工教育快速发展需要的成体系、高质量的教材。即使一些专业(工种)有高级工教材也不是很完善,或是内容陈旧、实用性不强,或是形式单一、无法突出高技能人才培养的特色,更没有形成合理的体系。因此,开发一套体系完整、特色鲜明、适合理论实践一体化教学、反映企业最新技术与工艺的高级工教材,就成为高级技工教育亟待解决的课题。

鉴于高级技工教材短缺的现状,机械工业出版社与中国机械工业教育协会从2010年10月开始,组织相关人员,采用走访、问卷调查、座谈等方式,对全国有代表性的机电行业企业、部分省市的职业院校进行了历时6个月的深入调研。对目前企业对高级工的知识、技能要求,各学校高级工教育教学现状、教学和课程改革情况以及对教材的需求等有了比较清晰的认识。在此基础上,他们紧紧依托行业优势,以为企业输送满足其岗位需求的合格人才为最终目标,组织了行业和技能教育方面的专家精心规划了教材书目,对编写内容、编写模式等进行了深入探讨,形成了本系列教材的基本编写框架。为保证教材的编写质量、编写队伍的专业性和权威性,2011年5月,他们面向全国技工院校公开征稿,共收到来自全国22个省(直辖市)的110多所学校的600多份申报材料。在组织专家对作者及教材编写大纲进行了严格的评审后,决定首批启动编写机械加工制造类专业、电工电子类专业、汽车检测与维修专业、计算机技术相关专业教材以及部分公共基础课教材等,共计80余种。

本系列教材的编写指导思想明确,坚持以达到国家职业技能鉴定标准和就业能力为目标,以各专业的工作内容为主线,以工作任务为引领,由浅入深,循序渐进,精简理论,突出核心技能与实操能力,使理论与实践融为一体,充分体现“教、学、做合一”的教学思想,致力于构建符合当前教学改革方向的,以培养应用型、技术型、创新型人才为目标的教材体系。

本系列教材重点突出了如下三个特色:一是“新”字当头,即体系新、模式新、内容

新。体系新是把教材以学科体系为主转变为以专业技术体系为主；模式新是把教材传统章节模式转变为以工作过程的项目为主；内容新是教材充分反映了新材料、新工艺、新技术、新方法。二是注重科学性。教材从体系、模式到内容符合教学规律，符合国内外制造技术水平实际情况。在具体任务和实例的选取上，突出先进性、实用性和典型性，便于组织教学，以提高学生的学习效率。三是体现普适性。由于当前高级工生源既有中职毕业生，又有高中生，各自学制也不同，还要考虑到在职人群，教材内容安排上尽量照顾到了不同的求学者，适用面比较广泛。

此外，本系列教材还配备了电子教学课件，以及相应的习题集，实验、实习教程，现场操作视频等，初步实现教材的立体化。

我相信，本系列教材的出版，对深化职业技术教育改革，提高高级工培养的质量，都会起到积极的作用。在此，我谨向各位作者和所在单位及为这套教材出力的学者表示衷心的感谢。

原机械工业部教育司副司长
中国机械工业教育协会高级顾问

郝广发

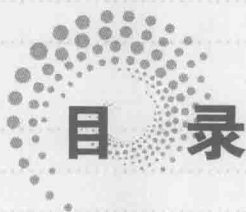
前言

本书是在多年教学改革与实践的基础上,将原课程体系中的金属切削原理与刀具、金属切削机床、机械制造工艺等相关知识整合而成。本书专业性、综合性和实践性强,能够满足目前“工学结合”的教学要求。

本书具有以下特点:

1. 坚持以应用为目的,本着“够用、适用”的原则,精选教学内容。
 2. 以工作任务为引领,采用“任务驱动”的教学模式,使学生在 学习过程中做到“学中做、做中学”。
 3. 以技能操作为重点,将理论知识贯穿于技能操作全过程;通过理论知识和技能训练的有机融合,使学生在提高动手能力的同时,系统掌握相关理论知识。
 4. 教学评价贯穿于整个学习过程,强调对学生学习过程的评价,打破以往一考定成绩的传统评价模式。
 5. 采用实物图、线条图、表格等形式直观展示知识点,降低学习难度,提高学生学习兴趣。
 6. 配套有多媒体课件以及职业资格考试练习题,便于教师教学和学生自查自测。
- 本书由刘新子任主编,徐卫红、王成领、郑国栋任副主编,孙玉、闫文祥、刘智、李小平、殷玉彩参加编写。单元1由孙玉、刘新子编写,单元2由郑国栋编写,单元3由闫文祥、刘智编写,单元4由王成领编写,单元5和单元6由徐卫红编写,单元7由李小平编写,单元8由殷玉彩、刘新子编写。刘新子提供单元5的部分课题,并负责全书的统稿。郑国栋负责全书的校对工作。本书由王公安主审。
- 由于编者水平有限,书中若有错漏和不妥之处,恳请广大读者批评、指正。

编 者



目 录

序 前言

单元 1 金属切削加工基础	1
任务 1 掌握切削加工原理	1
任务 2 选择刀具	13
任务 3 选择切削用量	25
任务 4 选用切削液	28
任务 5 编制加工工艺规程	31
单元 2 车削技能	45
任务 1 掌握车削基础知识	46
任务 2 刃磨常用硬质合金车刀	57
任务 3 车削台阶轴	62
任务 4 车削外圆沟槽和切断	72
任务 5 车削外圆锥	82
任务 6 车削内孔	90
任务 7 车削内圆锥孔工件	97
单元 3 铣削技能	104
任务 1 掌握铣削基础知识	104
任务 2 铣削平面	113
任务 3 铣削垂直面和平行面	131
任务 4 铣削台阶	139
单元 4 刨削技能	152
任务 1 掌握刨削基础知识	152

任务2 刨削平面	156
任务3 刨削平行面	161
任务4 刨削沟槽	166
单元5 钻削技能	175
任务1 掌握钻削基础知识	175
任务2 在盖板零件上钻孔	183
任务3 在魔力球底板上钻孔	190
单元6 镗削技能	200
任务1 掌握镗削基础知识	200
任务2 镗削轴承孔	209
单元7 磨削技能	219
任务1 掌握磨削基础知识	219
任务2 磨削外圆柱面	230
任务3 磨削内圆柱面(磨削通孔)	242
单元8 金属切削加工综合训练	253
任务1 加工齿轮	253
任务2 加工尾座套筒	260
任务3 自主加工课题——斯特林单缸发动机	269
参考文献	278

单元1 金属切削加工基础

知识目标:

1. 掌握切削加工的基本概念, 为学习后续各单元奠定基础。
2. 了解切削加工的实质及切屑的形成、掌握切削力、切削热、积屑瘤的形成及对金属切削过程的影响。
3. 熟悉刀具材料的性能, 刀具切削部分的组成、几何角度及刀具的选择。
4. 掌握切削用量各要素及合理选择切削用量。
5. 掌握刀具的磨损规律与延长刀具寿命的方法。
6. 了解切削液的作用, 能够根据加工条件合理选用切削液。
7. 了解编制加工工艺规程的原则、步骤。

技能目标:

1. 具备分析和解决生产过程中一般问题的能力。
2. 合理选择刀具材料并能正确刃磨刀具。
3. 能合理选择切削用量。
4. 能在实际生产中正确选择、使用刀具并根据加工条件合理选用切削液。
5. 能分析和制订简单工件的加工工艺。

任务1 掌握切削加工原理



任务描述

金属切削加工原理主要研究金属切削过程的基本规律。本任务主要了解切削加工的实质及切屑的形成, 掌握切削力、切削热、积屑瘤的形成及对金属切削过程的影响; 掌握刀具的磨损规律与延长刀具寿命的方法; 能运用所学的理论知识解决实际生产中出现的有关问题。



任务分析

- 1) 本任务概念较多, 要理论联系实际, 用基本理论来指导、解释金属切削中出现的各种现象, 并结合机械加工中的各种现象, 说明金属切削原理的应用。
- 2) 重点掌握切削过程中金属的变形对切削过程的影响, 了解影响切削力、切削热、刀具磨损、刀具寿命的主要因素。

相关知识

金属切削加工是指在机床上,利用刀具与工件之间的相对运动,从工件上切下多余的材料,从而形成已加工表面的加工方法。

切削加工的工艺特征取决于切削工具的结构以及切削工具与工件的相对运动形式。按工艺特征,切削加工一般可分为:车削、铣削、钻削、镗削、铰削、刨削、插削、拉削、锯削、磨削、研磨、珩磨、超精加工、抛光、齿轮加工、蜗轮加工、螺纹加工、超精密加工等。

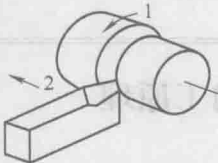
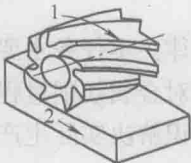
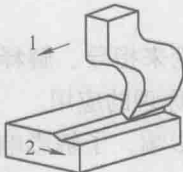
1. 切削运动

为了切除工件上多余的金属,以获得形状精度、尺寸精度和表面质量都符合要求的工件,刀具与工件之间必须作相对运动——切削运动。根据这些运动对切削加工过程所起作用的不同,可分为主运动和进给运动。典型的切削运动见表 1-1。

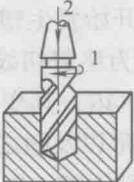
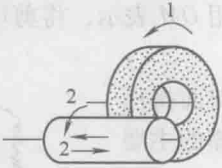
(1) 主运动 主运动是使工件与刀具产生相对运动以进行切削的最基本运动,主运动的速度最高,所消耗的功率最大。任何切削过程必须有一个且只有一个主运动,它可由工件完成,也可由刀具完成,可以是旋转运动,也可以是直线运动。例如车床上工件的旋转运动;龙门刨床刨削时,工件的直线往复运动;牛头刨床刨刀的直线往复运动;铣床上的铣刀、钻床上的麻花钻和磨床上砂轮的旋转等都是切削加工时的主运动。

(2) 进给运动 进给运动是使金属层不断投入切削,从而加工出完整表面所需要的运动。进给运动可能有一个或多个。运动形式有平移的、旋转的,有连续的、间歇的。进给运动是不断地把被切削层投入切削,以逐渐切削出整个表面的运动。也就是说,没有这个运动,就不能连续切削。进给运动一般速度较低,消耗的功率较少,可由一个或多个运动组成,可以是连续的,也可以是间断的。

表 1-1 典型的切削运动

切削方式	图 例	主运动	进给运动
车外圆		工件旋转	车刀纵向移动
铣平面		铣刀旋转	工件纵向移动
刨平面		刨刀往复直线运动	工件横向间歇运动

(续)

切削方式	图 例	主运动	进给运动
钻孔		麻花钻旋转	麻花钻轴向移动
磨外圆		砂轮旋转	工件的轴向移动和旋转

注：图中1表示主运动，2表示进给运动。

2. 金属切削加工中的主要现象及规律

金属切削过程是指刀具将工件上一层多余的金属切除并形成已加工表面的过程。在这个过程中始终存在着刀具与工件(金属材料)之间切削和抗切削的矛盾，并产生一系列重要现象。如产生切屑、切削力、切削热与切削温度及刀具的磨损等。研究金属切削过程中这些现象的基本理论、基本规律对提高金属切削加工的生产率和工件表面的加工质量，减少刀具的损耗关系极大。

(1) 金属切削过程的实质 塑性金属的切削过程是一个挤压变形切离的过程，经历了弹性变形、塑性变形、挤裂和切离四个阶段。实验研究表明，金属切削与非金属切削不同，金属切削的特点是被切金属层在刀具的挤压、摩擦作用下产生变形以后转变为切屑和形成已加工表面。图1-1是根据金属切削实验绘制的金属切削过程中的变形滑移线、流线及三个变形区。可见，工件上的被切削层在刀具的挤压作用下，沿切削刃附近的金属首先产生弹性变形，接着由切应力引起的应力达到金属材料的屈服强度以后，切削层金属便沿倾斜的剪切面变形区滑移，产生塑性变形，然后在沿前面流出去的过程中，受摩擦力作用再次发生滑移变形，最后形成切屑。为了进一步分析切削层变形的规律，通常把被切削刃作用的金属层划分为三个变形区。第Ⅰ变形区位于切削刃和前方的前方，面积是三个变形区中最大的，为主变形区；第Ⅱ变形区是与前面相接触的附近区域，切屑沿前面流出时，受到前面的挤压和摩擦，靠近前面的切屑底层会进一步发生变形；第Ⅲ变形区是已加工表面靠近切削刃处的区域，这一区域金属受到切削刃钝圆部分和后面的挤压、摩擦与回弹，发生变形造成加工硬化。

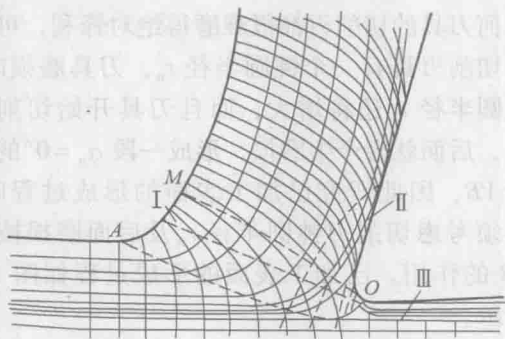


图1-1 金属切削过程中的变形滑移线、流线及三个变形区

这三个变形区各有特点，又存在着相互联系、相互影响。同时，这三个变形区都在切削

刃的直接作用下,是应力集中、变形比较复杂的区域,下面分别讨论。

1) 第Ⅰ变形区,即剪切变形区,金属剪切滑移,成为切屑。金属切削过程的塑性变形主要集中于此区域。这一区域是由靠近切削刃的 OA 线处开始发生塑性变形,到 OM 线处剪切滑移变形基本完成,是形成切屑的主要变形区。 OM 称为终剪切线或终滑移线,而 OA 称为始剪切线或始滑移线,在 OA 到 OM 之间整个第一变形区内,其变形的主要特征就是被切金属层在刀具前面和切削刃的作用下,沿滑移线的剪切变形以及随之产生的加工硬化。

在一般的切削速度范围内,第一变形区的宽度大约为 $0.02 \sim 0.2\text{mm}$,速度越高,宽度越小,所以可以把第一变形区近似看做一个剪切面,用 OM 表示,将剪切面与切削速度之间的夹角定义为剪切角,用 φ 表示,如图 1-2 所示。

2) 第Ⅱ变形区。在靠近前面处,切屑排出时受前面挤压与摩擦,此变形区的变形是造成前面磨损和产生积屑瘤的主要原因。

被切削层金属经过终滑移线 OM 形成切屑沿前面流出时,切屑底层仍受到刀具的挤压和接触面之间强烈的摩擦,继续以剪切滑移为主的方式变形,其切屑底层的变形程度比切屑上层剧烈,从而使切屑底层晶粒弯曲拉长,在摩擦阻力的作用下,这部分切屑流动速度减慢,称为滞流层。

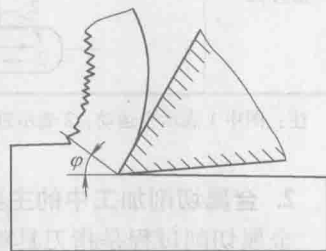


图 1-2 剪切角

3) 第Ⅲ变形区为刀具后面和已加工表面接触的区域。已加工面受到后面挤压与摩擦,产生变形,此区变形是造成已加工面加工硬化和残余应力的主要原因。在分析第Ⅰ、第Ⅱ两个变形区的情况时,假设刀具的切削刃是绝对锋利的,实际上任何刀具的切削刃都很难磨得绝对锋利,可认为切削刃具有一个钝圆半径 r_n ,刀具磨损时,钝圆半径 r_n 还将增大,而且刀具开始切削不久,后面就会产生磨损,形成一段 $\alpha_0 = 0^\circ$ 的棱带 VB ,因此研究已加工表面的形成过程时,必须考虑切削刃钝圆半径 r_n 及后面磨损棱带 VB 的作用。已加工表面的形成过程如图 1-3 所示。

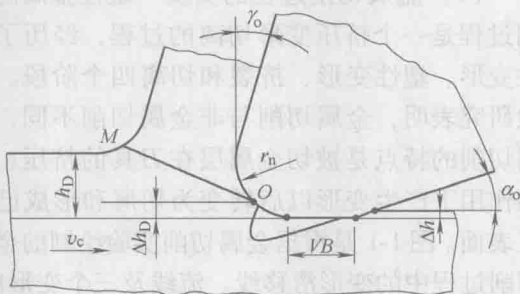


图 1-3 已加工表面的形成过程

当切削层金属以速度 v_c 逐渐接近切削刃时,便发生压缩与剪切变形,切削刃附近的切削层晶粒被拉长,成为包围在切削刃周围的纤维层,最后在 O 点断裂, O 点以上部分金属变成切屑沿前面流出, O 点以下部分金属经过切削刃留在已加工表面上,该部分金属经过切削刃钝圆部分的作用,又受到后面磨损棱带 VB 的挤压和摩擦后沿刀具后面流出,这样已加工表面会产生变形,金属晶粒被拉伸得更长更细,其纤维方向平行于已加工表面,使表层的金属具有和基本组织不同的性质,所以称为加工变质层,其表面粗糙度及内部应力、金相组织决定了已加工表面质量。

(2) 切屑的形成 被切削的金属经历剪切滑移变形而形成切屑。切削弹塑性材料时,工件受到刀具挤压,在接触处产生弹性变形。

随着刀具继续切入,应力逐渐增大。达到材料的屈服强度时,开始产生滑移即塑性变

形。随着刀具连续切入，若切应力超过材料的屈服强度时，材料被挤裂。越过 OM 面后切削层脱离工件，沿着前面流出而形成切屑。

由于工件材料和切削条件不同，切屑过程中的变形情况也不同，因而产生的切屑形状也不同，从变形的角度来看，可将切屑的形状分为四种类型，见表 1-2。

1) 带状切屑：外形连绵不断，与前面接触的面很光滑，背面呈毛茸状。用较大前角、较高的切削速度和较小的进给量切削弹塑性材料时，容易得到带状切屑。

形成带状切屑时，切削过程较平稳，切削力波动较小，加工表面较光洁。但切屑连续不断，易缠绕在刀具和工件上，且不利于切屑的清除和运输。生产中常采用在车刀上磨断屑槽等方法断屑。

2) 节状切屑：切屑的背面呈锯齿形，底面有时出现裂纹。用较低的切削速度和较大的进给量切削中等硬度的钢件时，容易得到节状切屑。

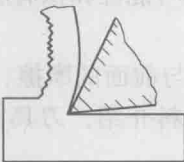
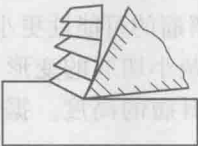
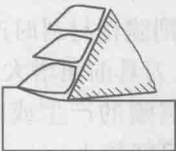
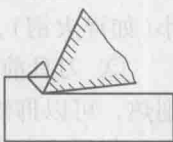
形成节状切屑是典型的金属切削过程，切削力波动较大，切削过程不平稳，工件表面较粗糙。

3) 粒状切屑（又称单元切屑）：在切屑形成过程中，如其整个剪切面上所受到的切应力均超过材料的屈服强度时，则切屑就成为粒状切屑，形状似梯形。

4) 崩碎切屑：切屑呈不规则的碎块状屑片。切削铸铁、黄铜等脆性材料时，切削层产生弹性变形后，一般不经过塑性变形就突然崩碎，形成崩碎切屑。

产生崩碎切屑过程中，切削热和切削力都集中在主切削刃和刀尖附近，刀尖易磨损，切削过程不平稳，影响表面质量。

表 1-2 切屑类型及形成条件

名称	带状切屑	节状切屑	粒状切屑	崩碎切屑
简图				
形态	带状，底面光滑，背面呈毛茸状	节状，底面光滑有裂纹，背面呈锯齿状	粒状	不规则块状颗粒
变形	剪切滑移尚未达到断裂程度	局部切应力达到断裂强度	切应力完全达到断裂强度	未经塑性变形即被挤裂
形成条件	加工弹塑性材料，切削速度较高，进给量较小，刀具前角较大	加工中等硬度材料，切削速度较低，进给量较大，刀具前角较小	工件材料硬度较高，韧性较低，切削速度较低	加工硬脆材料，刀具前角较小

前三种切屑是切削塑性金属时得到的，形成带状切屑时切削过程最平稳，切削力波动较小，已加工表面的表面粗糙度值较小，但带状切屑不易折断，常缠在工件上，损坏已加工表面，影响生产，甚至伤人。因此要采取断屑措施，例如在前面上磨出卷屑槽等。形成粒状切屑时，切削力波动最大。在生产中一般常见的是带状切屑，当进给量增大，切削速度降低，则可由带状切屑转化为节状切屑。在形成节状切屑的情况下，如果进一步减小前角，加大进

给量,降低切削速度,就可以得到粒状切屑。反之,如果加大前角,减小进给量,提高切削速度,变形较小则可得到带状切屑。这说明切屑的形态是可以随切削条件而变化的,加大前角、提高切削速度或减小进给量可将节状切屑转变成带状切屑。生产上常根据具体情况采取不同措施,以得到所需形状的切屑,保证切削顺利进行。

(3) 积屑瘤

1) 积屑瘤的形成。切削弹塑性材料时,由于切屑底面与前面的挤压和剧烈摩擦,使切屑底层的流动速度低于上层的流动速度,形成滞流层。当滞流层金属与前面之间的摩擦力超过切屑本身分子间结合力时,滞流层的部分新鲜金属就会粘附在切削刃附近,形成楔形的积屑瘤,如图 1-4 所示。

2) 积屑瘤对切削过程的影响。积屑瘤经过强烈的塑性变形而被强化,其硬度远高于被切削金属的硬度,能代替切削刃进行切削,起到保护切削刃和减少刀具磨损的作用。

积屑瘤的产生增大了刀具的工作前角,易使切屑变形和减小切削力,所以粗加工时产生积屑瘤有一定好处。但是积屑瘤是不稳定的,它时大时小,时有时无,影响尺寸精度,引起振动。积屑瘤还会在已加工表面刻划出不均匀的沟痕,有一些积屑瘤碎片粘附在已加工表面上,影响表面粗糙度,所以精加工时应避免产生积屑瘤。

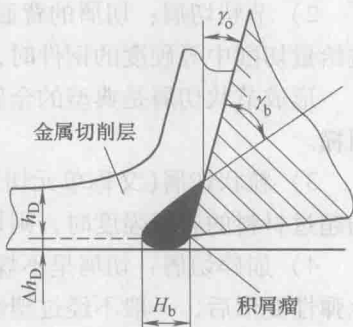


图 1-4 积屑瘤

3) 影响积屑瘤的主要因素。

① 工件材料。当工件材料的硬度低、塑性大时,切削过程中的金属变形大,切屑与前面间的摩擦因数(大于 1)和接触区长度比较大。在这种条件下,易产生积屑瘤。当工件塑性小、硬度较高时,积屑瘤产生的可能性和积屑瘤的高度也减小(如淬火钢),切削脆性材料时产生积屑瘤的可能性更小。

② 刀具前角。刀具前角增大,可以减小切屑的变形、切屑与前面的摩擦、切削力和切削热,可以抑制积屑瘤的产生或减小积屑瘤的高度。据有关资料介绍,刀具前角 $\gamma_0 \geq 40^\circ$ 时,积屑瘤产生的可能较小。

③ 切削速度。切削速度主要是通过切削温度和摩擦因数来影响积屑瘤的。当刀具没有负倒棱时,在极低的切削速度条件下,不产生积屑瘤。以中碳钢为例,切削速度 $v_c < 2\text{m/min}$ 时,不产生积屑瘤。当 v_c 在 $2 \sim 30\text{m/min}$ 时,积屑瘤从产生到生长到最大。也就是说,切削温度为 300°C 左右时,切屑与刀具间的摩擦因数最大,积屑瘤达到最高高度。随着切削速度增大,相应的切削温度提高,积屑瘤的高度逐渐减小。切削速度 v_c 与积屑瘤高度 H_b 的关系如图 1-5 所示。高速切削时($v_c > 120\text{m/min}$),

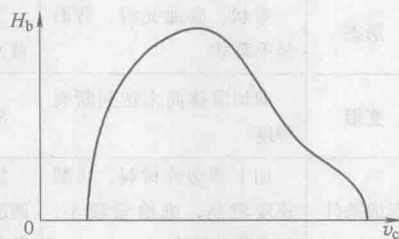


图 1-5 切削速度 v_c 与积屑瘤高度 H_b 的关系

由于切削温度很高(800°C 以上),切屑底层的滑移抗力和摩擦因数显著降低,积屑瘤也将消失。所以在日常精加工时,为了使已加工表面获得较低的表面粗糙度值,应在刀具耐热性允许的范围内高速切削,或采用低速($v_c < 5\text{m/min}$)切削,以防止积屑瘤的产生,提高已加工表面的质量。

④ 切削厚度。切削弹塑性材料时,切削力、切屑与前面接触区长度都将随切削厚度的增加而增大,将增加生成积屑瘤的可能性。所以,在精加工时除选取较大的刀具前角,在避免产生积屑瘤的切削速度范围内切削外,应采用减小进给量或刀具主偏角的方法来减小切削厚度。



小知识

粗加工:可利用积屑瘤保护刀尖,常采用中速切削。精加工:应避免产生积屑瘤,以保证加工质量,常采用高速($v_c > 80\text{m/min}$)或低速($v_c < 5\text{m/min}$)切削。

(4) 切削力 切削力 F 是切削刀具对工件的作用力,如图 1-6a 所示。切削加工时,工件材料抵抗刀具切削所产生的阻力称为切削抗力 F' 。切削力 F 和切削抗力 F' 是一对大小相等方向相反的作用力与反作用力,如图 1-6b 所示。

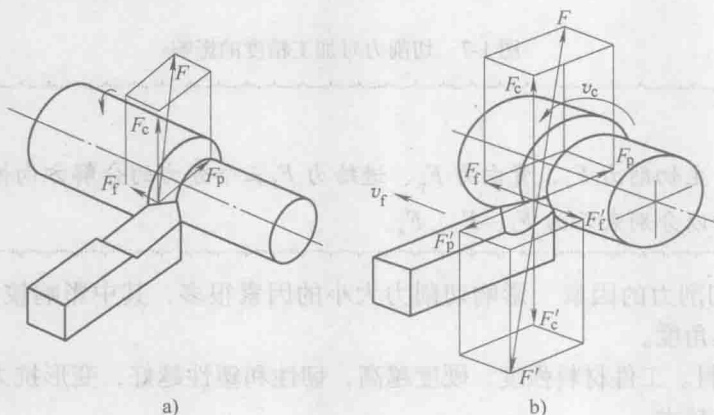


图 1-6 切削力

a) 切削力 b) 切削抗力

切削力来源于两个方面:一是三个变形区内产生的弹性变形抗力和塑性变形抗力;二是切屑、工件与刀具间的摩擦力,这两个方面的合力统称为总切削力。

在切削过程中,切削力能使工件、机床、刀具与夹具变形,进而影响工件加工精度。切削力还影响切削热的多少,进而影响刀具的磨损和寿命以及工件加工精度和表面质量。

为了便于分析切削力和测量、计算切削力的大小,通常将切削力分解成三个相互垂直的分力,如图 1-6a 所示。

1) 主切削力 F_c : 总切削力在主运动方向上的正投影。主切削力的大小约占总切削力的 90% 以上,它是校验和选择机床功率的重要依据,是校验和设计机床主运动机构、刀具以及夹具强度和刚度的重要依据,也是选择切削用量的依据。



小知识

切削用量是切削时刀具和工件运动参数的总称,切削用量表示主运动及进给运动的大小,它包括切削速度、进给量和背吃刀量三要素。

2) 背向力 F_p : 总切削力在垂直于工作平面上的分力。背向力对工件的加工精度影响最大, 对于刚度差的细长轴类工件, 采用两顶尖装夹时, 加工后工件易呈鼓形, 如图 1-7a 所示; 使用自定心卡盘装夹时, 加工后工件易呈喇叭形, 如图 1-7b 所示。

3) 进给力 F_f : 总切削力在进给运动方向上的分力(正投影)。进给力影响工件的几何精度, 例如车端面时, 端面呈现凹心或凸肚状态。

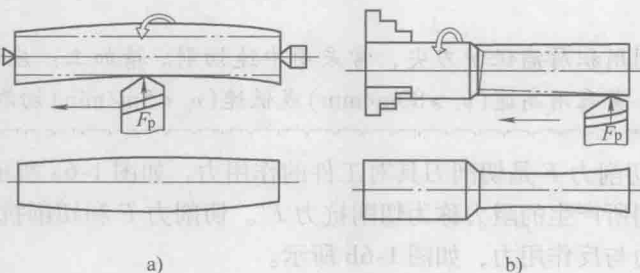


图 1-7 切削力对加工精度的影响

小知识

车削时, 主切削力 F_c 、背向力 F_p 、进给力 F_f 三个分力的分解方向恰好沿着空间三个坐标轴, 所以分别表示为 F_z 、 F_y 、 F_x 。

(5) 影响切削力的因素 影响切削力大小的因素很多, 其中影响较大的是工件材料、切削用量和刀具角度。

1) 工件材料。工件材料强度、硬度越高, 韧性和塑性越好, 变形抗力越大, 材料越难切削, 切削力也越大。

2) 切削用量。背吃刀量 a_p 和进给量 f 增大, 切削横截面积增大, 切屑粗壮, 切下的金属增多, 切削力增大。

3) 刀具角度。刀具角度对切削力的影响为: 前角增大, 则刃口锋利(图 1-8), 被切削层材料所受到的挤压变形和摩擦力减小, 排屑顺畅, 切削力减小; 后角增大, 刀具后面与工件过渡表面和已加工表面的挤压变形和摩擦力减小, 切削力减小。

4) 切削液。合理使用切削液可以减小切削力。

(6) 切削热 切削热和由此产生的切削温度是切削过程中的又一重要物理现象, 它们直接影响着刀具的磨损情况和刀具寿命, 并影响工件加工精度和表面质量。

1) 切削热的产生。在金属切削过程中所消耗的功, 绝大部分在切削刃附近转化为热, 称为切削热。它主要来自三个方面: 被切削金属的变形、切屑与前面的摩擦和工件与刀具后面的摩擦。

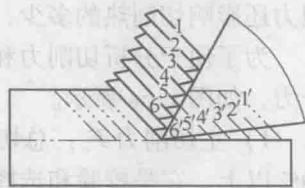


图 1-8 前角对切削力的影响

2) 切削热的传出。切削热通过切屑、工件、刀具以及周围介质传出。一般在干切削的条件下, 大部分切削热由切屑带走, 其次为工件和刀具, 介质传出热量最少。

3) 切削区域的平均温度。切削热对切削加工十分不利, 它使工件温度升高, 产生热变形, 影响加工精度; 切削热使刀具温度升高(图 1-9), 加剧刀具磨损。