

金属切削原理及刀具

张幼桢 主编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书由两部分内容组成。第一部分为金属切削原理，共七章：刀具几何角度及切削参数，金属切削过程，切削力，切削热和切削温度，刀具的磨损和耐用度，切削条件的合理选择和磨削。第二部分为刀具设计，共三章：成形刀具，拉刀和齿轮刀具。

本书是航空高等院校统编教材，也可供其他高等工科院校机械制造工艺与设备专业使用。

金属切削原理及刀具

张幼楨 主编

责任编辑 周润芬

*

国防工业出版社出版

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码100044)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张20³/₄ 480千字

1990年9月第一版 1990年9月北京第一次印刷 印数：0001—1,700册

ISBN 7-118-00686-8/TH·47 定价：4.10元

前 言

本书是由西北工业大学、沈阳航空工业学院和南京航空学院等三所航空高等院校共同进行编写的。主编单位为南京航空学院。

本书根据航空高等院校机械制造工艺与设备专业制订的教学大纲进行编写。学时数为60至80。各校使用时,可根据教学要求作适当增减。教材中标有“*”号的内容可以少讲,标有“**”号的内容可以不讲。

本书的特点:

1. 注重航空航天工业技术的要求,在探讨加工过程的问题中以难加工材料为主,刀(磨)具材料以切(磨)削难加工材料为重点,零件加工质量的研究着重表面的完整性;
2. 加强理论性,如切屑形成机理,切削力理论分析,切削温度的理论计算以及刀具磨损机理等,均重点地进行阐述;
3. 加强实验技术,如切屑变形、切(磨)削力,切(磨)削温度以及刀具(砂轮)耐用度等实验技术,均有较详尽的介绍。

本书共分十章,由南京航空学院张幼桢主编,潘良贤协助。其中绪论和第四章由南京航空学院张幼桢编写,第一章和第十章由南京航空学院孙如冈编写,第二章由南京航空学院潘良贤编写,第三章由南京航空学院迟肇娟编写,第五章和第六章由西北工业大学张春江编写,第七章由南京航空学院浦学锋编写,第八章和第九章由沈阳航空工业学院孙静民编写。

本书由东南大学赵芝眉同志审稿,提出了很多宝贵的意见。我们在此谨致衷心的感谢。

为了提高教材质量,敬请读者批评指正。

编 者

1989年2月

目 录

本书常用的单位、词头、名词、术语和符号	1
绪论	8
(1) 切削加工——制造技术的一个组成部分	8
(2) 切削加工在制造技术中的地位	10
(3) 金属切削加工科学研究的发展方向	10
(4) 切削加工的理论基础	11
第一章 刀具几何角度及切削层参数	13
§ 1 切削运动与加工中的工件表面	13
§ 2 刀具切削部分的基本定义	15
§ 3 刀具角度的换算	21
§ 4 刀具工作角度的计算	24
§ 5 切削层参数与切削方式	26
* * § 6 刀具几何参数的向量表示	30
第二章 金属切削过程	34
§ 1 切屑的形成	34
§ 2 剪切角的理论公式	40
§ 3 切削过程中前刀面的摩擦	44
§ 4 积屑瘤	46
§ 5 切屑变形程度的变化规律	49
* § 6 切屑的控制	51
§ 7 已加工表面的形成	57
§ 8 鳞刺	58
§ 9 已加工表面完整性	60
§ 10 难加工材料切削变形的特点	64
* * § 11 研究金属切削过程的实验方法	68
* * § 12 位错理论在金属切削中的应用	69
第三章 切削力	72
§ 1 切削力的作用及其影响	72
§ 2 切削合力、分力和切削功率	73
§ 3 刃口合力和尺寸效应	75
§ 4 切削力的理论公式	76
§ 5 切削力的测量与经验公式的建立	78
§ 6 影响切削力的因素	85
第四章 切削热和切削温度	90
§ 1 切削热的产生和传出	90
§ 2 金属切削中的热传导和面热源温度场	93
§ 3 金属切削时切削温度的分析	95

§ 4	剪切面的平均温度	95
§ 5	由刀-屑之间摩擦产生的温升	97
§ 6	切削温度理论公式的分析	98
§ 7	影响切削温度的主要因素	100
§ 8	切削温度的测量	104
第五章	刀具的磨损和耐用度	110
§ 1	刀具的磨损方式和磨损过程	110
§ 2	刀具的磨损机理	114
§ 3	刀具的磨钝标准	120
§ 4	刀具耐用度、耐用度与切削速度的关系	123
§ 5	切削路程与切削速度的关系	129
§ 6	刀具耐用度的试验方法	131
§ 7	刀具的破损	132
第六章	切削条件的合理选择	136
§ 1	工件材料的切削加工性	136
§ 2	刀具的切削性能	142
* § 3	切削液	153
§ 4	刀具耐用度和切削用量的合理选择	157
第七章	磨削	163
§ 1	砂轮的特性与选择	163
§ 2	磨削运动和磨削要素	170
§ 3	磨削原理	174
§ 4	磨削难加工材料时砂轮和磨削用量的选择	190
§ 5	几种高效和低粗糙度的磨削方法	191
第八章	成形刀具	193
§ 1	成形车刀	193
* § 2	成形铣刀	212
第九章	拉刀	222
§ 1	概述	222
§ 2	拉削方式	224
§ 3	圆孔拉刀的设计	226
§ 4	花键拉刀的设计特点	235
* § 5	涡轮盘榫槽拉刀的设计特点	237
§ 6	拉削高温合金和钛合金的特点	242
第十章	齿轮刀具	245
§ 1	齿轮刀具的理论基础	245
§ 2	成形齿轮刀具	260
§ 3	插齿刀	262
§ 4	齿轮滚刀和蜗轮滚刀	277
附录一	切削力和切削温度数学模型的建立	297
§ 1	实验数据处理方法	297
§ 2	切削力数学模型的建立	301

VI

§ 3 切削温度数学模型的建立	303
附录二 刀具材料的成分、性能和选用以及切削用量参考数值	305
附录三 拉刀参数表格和矩形花键拉刀设计举例	309
§ 1 拉刀参数表格	309
§ 2 矩形花键拉刀设计举例	318
参考文献	323

本书常用的单位、词头、名词、术语和符号

表 I 本书常用的部分SI基本单位

量	名 称	符 号
长 度	米	m
质 量	千克 (公斤)	kg
时 间	秒	s

表 II 本书常用的部分SI导出单位

量	名 称	SI 单 位		
		符 号	用 SI 单位表示的关系式	用 SI 基本单位表示的关系式
面 积	平 方 米	m^2		
体 积	立 方 米	m^3		
速 度	米 每 秒	m/s		
加 速 度	米每秒平方	m/s^2		
密 度	千克每立方米	kg/m^3		
频 率	赫 (兹)	Hz		s^{-1}
力	牛 (顿)	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
压力 (压强)、应力	帕 (斯卡)	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
能、功、热量	焦 (耳)	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
功 率	瓦 (特)	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
力 矩	牛 (顿) 米	$N \cdot m$		$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
温 度	摄 氏 度	$^{\circ}C$		K
比 热	焦耳每千克开尔文	$J/(kg \cdot K)$		$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
导热系数	瓦特每米开尔文	$W/(m \cdot K)$		$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$

表 III 本书常用的与SI并用单位

名 称	符 号	相当于 SI 单位的值
分	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
度	$(^{\circ})$	$1^{\circ} = (\pi/180) \text{ rad}$
速 度	m/min	$1 \text{ m/min} = (1/60) \text{ m/s}$

表IV 国际制部分词头

因 数	词 头 名 称		符 号
	原文 (法)	中 文	
10^9	giga	吉	G
10^6	méga	兆	M
10^3	kilo	千	k
10^2	hecto	百	h
10^1	déca	十	da
10^{-1}	déci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-9}	nano	纳	n

表V 本书常用名词、术语和符号

符 号	单 位	英 文 名 称	中 文 名 称
A	mm	broaching allowance	拉削余量
A_a		major flank	后刀面
A'_a		minor flank	副后刀面
A_o	mm ²	cross-sectional area of undeformed chip	切削面积
A_s	mm ²	area of the shear plane	剪切面面积
A_r		rake face	前刀面
a_e	mm	chip thickness	切屑厚度
a_{eq}	mm	equivalent cut thickness in grinding	当量磨削厚度
a_f	mm/z	feed engagement(feed per tooth)	每齿进给量
a_g	mm	thickness of the undeformed chip cut by a single grain of the grinding wheel	单个磨粒的切削厚度
a_o	mm	undeformed chip thickness	切削厚度
a_p	mm	back engagement	切深接触量(车削时称为切削深度)
a_w	mm	width of the uncut chip	切削宽度
b_{r1}	mm	land width of the first face	倒棱或第一前刀面的宽度
		chip-breaker land width	断屑器棱带宽度
b_c	mm	chamfered corner length	过渡刃长度
C		unit cost of the operation	单件工序成本
C_t		cost related to tool within the tool life	耐用度期间内与刀具有关的费用 (包括刀具刃磨的费用)
C_θ		coefficients of the cutting temperature	切削温度方程系数

(续)

符 号	单 位	英 文 名 称	中 文 名 称
c	J/(kg·K)	specific heat	比热容
d_m	mm	diameter of the machined surface	已加工表面直径
d_w	mm	diameter of the work surface	待加工表面直径
d_o	mm	diameter of the cutting tool or abrasive wheel	刀具(砂轮)直径
E_a	GN/m ²	modulus of elasticity	弹性模量
E_θ	V	thermal electromotive force	热电势
F_f	N	frictional force on the tool face	前刀面上摩擦力
F_n	N	normal force on the tool face	前刀面上的法向力
F_{ns}	N	normal force on the shear plane	剪切面上的法向力
F_p	N	plowing force	刃口合力
F_r	N	resultant tool force	切削合力
F_s	N	force required to shear the work material on the shear plane	剪切面上剪切力
F_x	N	axial thrust force	进给抗力(磨削时称轴向分力)
F_y	N	radial thrust force	吃刀抗力(磨削时称径向分力)
F_z	N	cutting component of the resultant tool force F_r	主切削力(磨削时称切向分力)
f	mm/r	feed per revolution	每转进给量
G		grinding ratio	磨削比
h	mm	chip-breaker height	断屑台高度
h_y	mm	depth of the hardened layer	硬化层深度
K	mm	relieving value	铲齿量
		chip space filling coefficient	容屑系数
KB	mm	crater width	月牙洼磨损宽度
KT	mm	crater depth	月牙洼磨损深度
k	W/m·°C	thermal conductivity	导热系数
l_c	mm	length of chip	切屑长度
l_f	mm	contact length between the tool and chip	刀-屑接触长度
l_m	mm	length of cutting path	切削路程长度
l_o	m	length of uncut chip	被切削层长度
l_{se}	mm	working length of cutting edge	切削刃工作长度
MR		machinability index	切削加工性指数
m_o		unit normal vector of tool cutting edge plane	切削平面的单位法向量

(续)

符 号	单 位	英 文 名 称	中 文 名 称
NB	mm	wear on tool flank measured in the radial direction	径向磨损量
n	m/min	number of rotations of the workpiece per unit time	工件转速
n_o		unit vector of the intersection of the tangential plane and the normal plane	切削平面与法剖面交线的单位向量
n_o	m/min (砂轮为 m/s)	number of rotations of the cutting tool or abrasive wheel per unit time	刀具(砂轮)转速
P_e	kW	power required to perform the machining operation	切削功率
P_f		assumed working plane	(假定)进给平面
P_{fe}		working plane	工作进给平面
P_m	kW	power of the machine tool motor	机床电机功率
P_n		normal plane	法剖面
P_{ne}		working cutting edge normal plane	工作法剖面
P_o		tool orthogonal plane	主剖面
P_{oe}		working tool orthogonal plane	工作主剖面
P_p		tool back plane	(假定)切深平面
P_{pe}		working back plane	工作切深平面
P_r		tool reference plane	基面
P_{re}		working reference plane	工作基面
P_s		tool cutting edge plane	切削平面
	N/m ²	specific cutting energy	单位切削功
P_{se}		working cutting edge plane	工作切削平面
Q	J/s	the amount of heat generated in cutting per unit time	单位时间内产生的切削热
q_o		unit normal vector of tool orthogonal plane	主剖面单位法向量
R_a	μm	arithmetical mean deviation from the mean line	轮廓的平均算术偏差
r_n	μm	rounded cutting edge radius	刃口圆弧半径
r_s	mm	corner radius	刀尖圆弧半径
S		tool major cutting edge	主切削刃
S'		tool minor cutting edge	副切削刃
S_o		unit cutting edge vector	单位切削刃向量
T	min	tool life	刀具耐用度

(续)

符 号	单 位	英 文 名 称	中 文 名 称
T_c	min	tool life for the minimum production cost	经济耐用度
T_p	min	tool life for maximum production	最大生产率耐用度
t_o	min	operation time	工序工时
VB	mm	average width of the flank wear land in the central portion of the active cutting edge	后刀面磨损带中部平均宽变
VC	mm	width of the flank wear land at the tool corner	副磨损沟尺寸
VN	mm	width of the flank wear land at the wear notch	主磨损沟尺寸
v	m/min(磨削 时用m/s)	cutting speed	切削速度
v_c	m/min	velocity of chip flow	切屑流出速度
v_s	m/min	resultant cutting speed	合成切削速度
v_f	mm/min	feed speed	进给速度
v_o	m/min	optimum cutting speed	最佳切削速度
v_s	m/min	shear velocity	剪切速度
v_w	m/min	speed of the workpiece in grinding	磨削时工件速度
v_o		unit speed vector	单位速度向量
Z		number of teeth of cutting tool	刀齿数(齿轮刀具除外)
Z_w	mm ³ /s	metal-removal rate	单位时间内金属的切除量
α_o		unit orthogonal clearance vector	主后角单位向量
α	m ² /s	thermal diffusivity	导热系数
α_f	(°), deg	tool side clearance	横向后角
α_n	(°), deg	normal clearance angle	法后角
α_o	(°), deg	tool orthogonal clearance	后角
α_p	(°), deg	tool back clearance	纵向后角
β	(°), deg	mean angle of friction on tool face	前刀面上摩擦角
β'	(°), deg	assumed mean angle of friction on tool face	前刀面上假想摩擦角
β_o	(°), deg	tool orthogonal wedge angle	楔角
γ_o		unit orthogonal rake vector	主前角单位向量
γ_f	(°), deg	tool side rake	横向前角
γ_n	(°), deg	tool normal rake	法前角
γ_o	(°), deg	tool orthogonal rake	前角
γ_{o1}	(°), deg	rake on the first face land measured in plane P_o	倒棱前角

(续)

符 号	单 位	英 文 名 称	中 文 名 称
ϵ		shear strain	相对滑移(剪应变)
ϵ_r	(°), deg	tool included angle	刀尖角
η_c	(°), deg	angle of chip flow	切屑流出角
η_m		overall efficiency of the machine tool motor and drive system	机床传动效率
θ	°C	cutting temperature	切削温度
θ_o	°C	optimum cutting temperature	最佳切削温度
κ_r	(°), deg	tool cutting edge angle	主偏角
κ'_r	(°), deg	tool minor cutting edge angle	副偏角
λ_r	(°), deg	tool cutting edge inclination	刃倾角
μ		coefficient of friction	摩擦系数
ν		poisson's ratio	泊桑比
ξ		shortening coefficient	变形系数
ρ	kg/m ³	density	密度
ρ_o	mm	radius of chip curling	切屑卷曲半径
σ	Pa(N/m ²)	normal stress on the shear plane	剪切面上(平均)正应力
σ_b	Pa(Nm ²)	tensile strength	抗拉强度
σ_r	Pa(Nm ²)	normal stress on the rake face	前刀面上(平均)正应力
σ_y	Pa(Nm ²)	yield strength of tensile test	屈服强度
τ	Pa(Nm ²)	shear stress in the shear surface	剪切面上(平均)剪应力
τ_r	Pa(Nm ²)	shear stress in the rake face	前刀面上(平均)剪应力
τ_s	Pa(Nm ²)	yield strength of shear	剪切屈服强度
ϕ	(°), deg	angle of shear plane	剪切角
ϕ_r		specific grinding wheel wear	磨损比
ψ_r	(°), deg	tool approach angle	余偏角
ω	(°), deg	angle between the direction of resultant tool force and the direction of the cutting speed (angle of action)	作用角

表 VI-1 齿轮常用几何参数基本符号

符 号	英 文 名 称	中 文 名 称
a	centre distance	中心距
c	bottom clearance	径向间隙
d	diameter	直径
h	tooth depth either addendum or dedendum	齿顶高或齿根高

(续)

符 号	英 文 名 称	中 文 名 称
i	transmission ratio	传动比
$\text{inv } \alpha$	involute α	α 的渐开线函数
m	module	模数
p	pitch	齿距
r	radius	半径
P_k	lead of the helical groove	螺旋槽导程
s	tooth thickness	齿厚
x	modification coefficient	变位系数
z	number of teeth	齿数
z_v	equivalent number of teeth	当量齿数
z_k	number of flutes	容屑槽数
α	pressure angle	压力角
β	helix angle	螺旋角
λ	lead angle	螺旋升角

表 VI-2 齿轮常用几何参数下标符号

符 号	英 文 名 称	中 文 名 称
a	tip	齿顶的
b	base	基础的
f	root	齿根的
n	normal	法向的
t	transverse, tangential	端面的, 切向的
L	left hand, left	左旋的, 左边的
R	right hand, right	右旋的, 右边的

表 VI-3 齿轮常用几何参数其它符号

符 号	英 文 名 称	中 文 名 称
*	coefficient	系数
—	relating to the chord (e.g. $\bar{s}$)	弦的 (例如 $\bar{s}$)
0	relating to the tool	工具的
1	relating to the pinion	小齿轮的
2	relating to the wheel	大齿轮的

绪 论

(1) 切削加工——制造技术的一个组成部分

工业生产 (Industrial Production) 是以建设工业为目的, 其结果是获得产品。因此产品的种类决定着工业的性质, 如钢铁生产、石油生产、制造生产 (Manufacturing Production) 等。就制造生产而言, 它具有一系列功能, 通过各种材料的加工和联结制成零件, 并进一步装配获得最终的产品。

制造业 (Manufacturing Industry) 包括金属加工工业, 机械工业, 电气和电子工业, 化学工业和食品工业等。

制造工程 (Manufacturing Engineering) 是指一种工程活动, 其核心是它的生产功能, 并与制造系统的设计与运转紧密联系。由于生产功能是制造系统的核心, 它决定了制造系统是否具有满足市场需要的能力, 因此制造工程对于制造系统的设计与运转是十分重要的。制造工程包括生产设计, 生产过程和生产方法的设计、操作和控制; 生产计划、进度和控制; 材料控制和质量保证等。因此制造工程包括工业工程 (Industrial Engineering) 和生产工程 (Production Engineering) 两个方面。此外, 在它与机械工程、电气工程、化学工程、材料工程、系统工程以及管理工程之间存在着非常密切的关系。

生产工程是指一种工程活动, 和制造工程相比, 它的范围较窄, 主要包括生产过程和方法的设计与运用。

技术 (Technology) 是建立在一系列科学基础上的综合体, 其目的是通过对生产过程和方法的研究, 发现其规律, 建立模型, 探讨其原理, 为优化生产过程打下基础。

技术为创造和发展生产工程的理论基础提供了条件, 其任务是充分利用科学基础和生产原理以解除经验主义的束缚, 正如理论和实践之间那样, 技术和生产工程之间存在着十分密切的关系。

制造技术 (Manufacturing Technology) 在目前的发展阶段, 包括各种学科, 形成很多分支, 为实际工程创造了理论基础, 下面是它的若干主要分支:

切削加工和磨削加工, 物理和化学加工, 塑性成形加工, 铸造, 粉末冶金, 热处理, 涂层和镀层, 测量和检验, 永久性联结 (熔焊、电焊、钎焊、胶接等), 装配。

图0-1表示各种制造技术的能量消耗水平和表面形成速度的水平⁽¹⁾。

可以看出, 切削加工所需的比能比其他加工的为少。而其表面形成速度除激光和电子束加工外, 和其余各种加工方法均比较接近。

金属切削加工 (Metal Cutting) 是指用刀具或磨具从工件表面切除多余的材料, 从而获得在几何形状、尺寸精度、表面粗糙度以及表面层质量等方面均符合要求的加工方法。

为了进行切削加工, 刀具相对于工件要有一定的切削深度, 并沿工件表面作相对运动, 这种运动通常由机床实现。

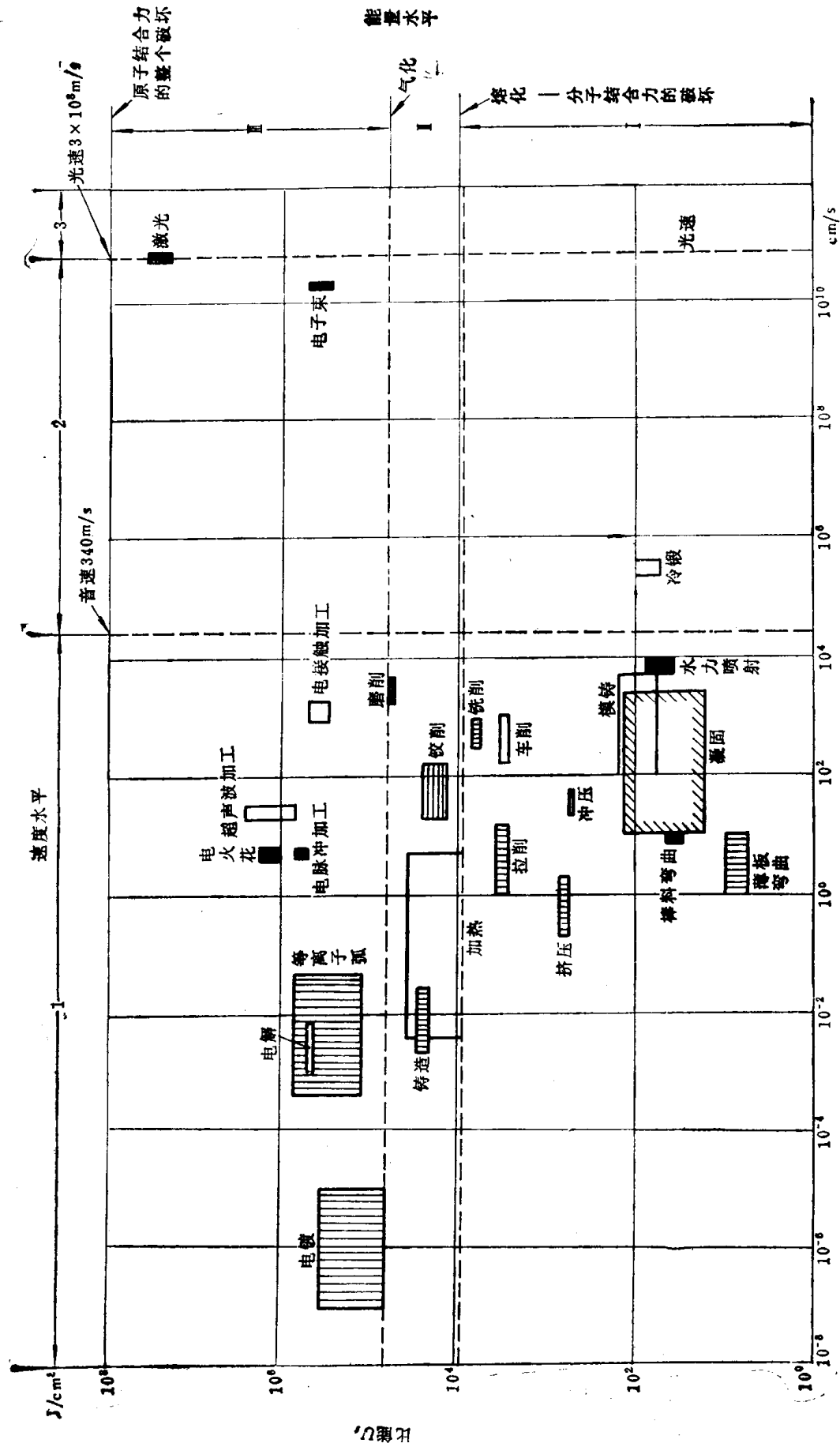


图0-1 各种制造技术的能量和速度水平

切削加工根据所使用的工具 (Tool) 的种类, 大致可分为: (1) 用刀具 (Cutting Tool) 进行加工, 刀具的刃口部分具有确定性的几何形状。刀具又可分为单刃刀具 (指只有一个主切削刃的刀具, 如车刀、镗刀等) 和多刃刀具 (如钻头、铣刀等); (2) 用磨料 (Abrasive) 进行加工, 磨粒非常硬而且脆, 破碎后形成锋利的刃口, 它们的几何形状是随机性的, 游离状的磨粒用于研磨 (Lapping), 或用结合剂将磨粒结合, 烧结成砂轮用于磨削 (Grinding)。研磨与磨削能用来加工淬硬的工件, 获得很高的加工精度和很小的表面粗糙度。

(2) 切削加工在制造技术中的地位

我国的金属切削加工工艺, 从青铜器时代开始出现萌芽, 并逐步形成和发展。由于长期受封建制度的束缚, 我国的科学技术发展停滞不前, 金属切削加工技术也长期处于落后状态。1750年开始的产业革命, 使金属切削加工技术在资本主义国家得到飞速的发展。我国在解放后, 机械加工技术发展迅速, 以航空工业为例, 经历了由修配到仿制的变化, 1956年试制成功了第一架飞机, 随后又进一步实现由仿制到自行设计制造的新阶段。目前在航空航天工业中已拥有相当数量的切削机床, 其中包括机械加工自动线和数控机床。可见切削加工在航空航天工业中占有重要的地位。据估计我国每年在切削和磨削加工方面的费用约为人民币三百亿元。有人认为一直到2000年或更长一些时间里, 机械产品的基本结构材料仍将是金属, 它将占全部材料消耗量的90%以上。因此, 在今后几十年内, 传统的金属切削加工方法仍将占优势。1951年国际生产工程研究学会(CIRP)在建立时就提出在制造技术中, 必须突破经验主义的严重束缚, 用科学研究工作来促进改善固体材料的机械加工过程, 以提高生产效率和零件质量。1971年国际生产工程研究学会用征询预测法(Delphi法)对“未来的制造工程”进行了预测^[40]。其中关于切削加工部分, 可以举出一些例子来说明: (1) 尽管工件材料的平均强度将会不断提高, 切削加工仍将是制造成品的一种广泛应用的方法; (2) 到1990年, 人们能够用精确的科学和系统的方法, 按照预定的性能发展新刀具材料, 用于加工高强度钢的新刀具材料, 其许用的切削速度将5倍于目前的陶瓷刀具。将能用科学方法实现对各种刀具、工件材料和机床的组的加工性能进行预测 (包括刀具耐用度、加工精度、表面粗糙度和生产率); (3) 到2000年对95%的各种切削加工工序, 其加工精度和表面粗糙度将显得比获得高的金属切除率更为重要。

(3) 金属切削加工科学研究的发展方向

金属切削科学研究的目的和其他的技术科学一样, 应当为国民经济服务。例如在航空航天工业部门应当是为了提高零件的加工精度, 改善表面粗糙度和表面层质量以及提高生产率, 从而制造出高质量的飞行器。近十几年来, 在机械工业特别是航空航天工业中, 数控机床, 加工中心, 甚至计算机数控机床和适应性控制机床已经在生产中得到应用, 加上计算机技术的飞速发展, 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)也已受到工厂的重视。柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)等在一定条件下必将发挥其独特的高度自动化的优越性。与此相应, 需要从理论和实践两个方面开展关于金属切削加工的科学研究工作。

首先是对金属切削过程各种物理现象本质的研究,如摩擦、磨损、破损、变形、切削力和切削温度等。研究切屑形成的机理,刀具磨损和破损的机理等。刀具是切削加工技术中最活跃的因素之一,因此必须研制和发展高性能的刀具材料,包括高速钢、粉末冶金高速钢、涂层高速钢、未涂层和涂层的硬质合金、陶瓷、金属陶瓷、立方氮化硼和金刚石等。要研究合理的刀具几何形状,特别是可转位硬质合金刀片,使其具有良好的卷屑和断屑性能。对于零件材料的加工性和表面完整性的研究越来越受到人们的重视。用难加工材料制成的飞行器零件其加工性和表面完整性问题尤为突出。在自动化生产中,需要建立监控和适应性控制系统,因而刀具磨损与破损的在线检测,切削状态的识别,切削力,切削温度和振动等随机信号的自动采集和处理等问题都需要一一予以解决。要研制各种传感器,并建成系统。

在研究切削加工过程中,要根据各自的特点,分别对车削、钻削、铣削、拉削、齿轮切削和磨削等各种加工方法,研究其切屑形成和控制、切削力、切削温度、刀具磨损与耐用度以及加工表面完整性等问题。

随着新工件材料的不断出现,难切削的程度更为严重,应当研究新的加工方法。目前如加热切削、低温切削、超声切削以及电解磨削等复合切削加工技术在一定条件下,已经显示出独特的优越性。

此外,要对金属切削实验方法进行研究。数理统计已成为这方面的重要基础之一,如因子试验设计法和响应面法。数据处理需用回归分析和方差分析,这些均有助于提高试验结果的准确性和可靠性。为缩短实验时间,节约人力物力需要研究各种快速刀具耐用度试验方法。

还应当开展建立切削数据库的研究工作,要将工厂生产中的丰富经验,国内外文献资料以及研究实验室的试验数据统统收集起来,加以科学分析、处理,提出一整套在各种切削条件下刀具的合理几何参数,最佳的切削用量,帮助工厂提高生产率和产品质量。要采用电子计算机在切削数据的记录、处理、核对、评价、贮存、改正、成文和分发等方面完成大量的工作。

此外,要加强电子计算机在切削加工研究各方面的应用。例如计算机系统用于模拟各种切削和磨削过程和现象。这类系统能显示出模拟的结果。选择出最佳的切削和磨削条件,大大减轻实验的工作量。

为了进行切削加工研究工作,应当采用先进的仪器设备。例如扫描电子显微镜(SEM)、俄歇电子光谱学(AES)、电子探针显微分析仪(EPMA)、X射线衍射仪等用于研究切屑变形、刀具磨损和表面完整性等。每秒8000幅左右的高速摄影机用于切屑形成和控制的研究,红外测温系统用于切削温度场的分析,声发射系统用于刀具磨损和破损的检测,信号处理机用于动态信号数据的采集和处理,此外电子计算机在辅助切削试验研究中也能够发挥很大的作用。

(4) 切削加工的理论基础

切削加工这门技术科学涉及多方面的理论基础,兹分述如下:

1) 切削力学问题 当刀具切入工件,多余的金属被迫变形成为切屑时,工件上产生什么样的应力?切屑变形的机理是什么?刀具受到切屑的高压和摩擦所引起磨损或破