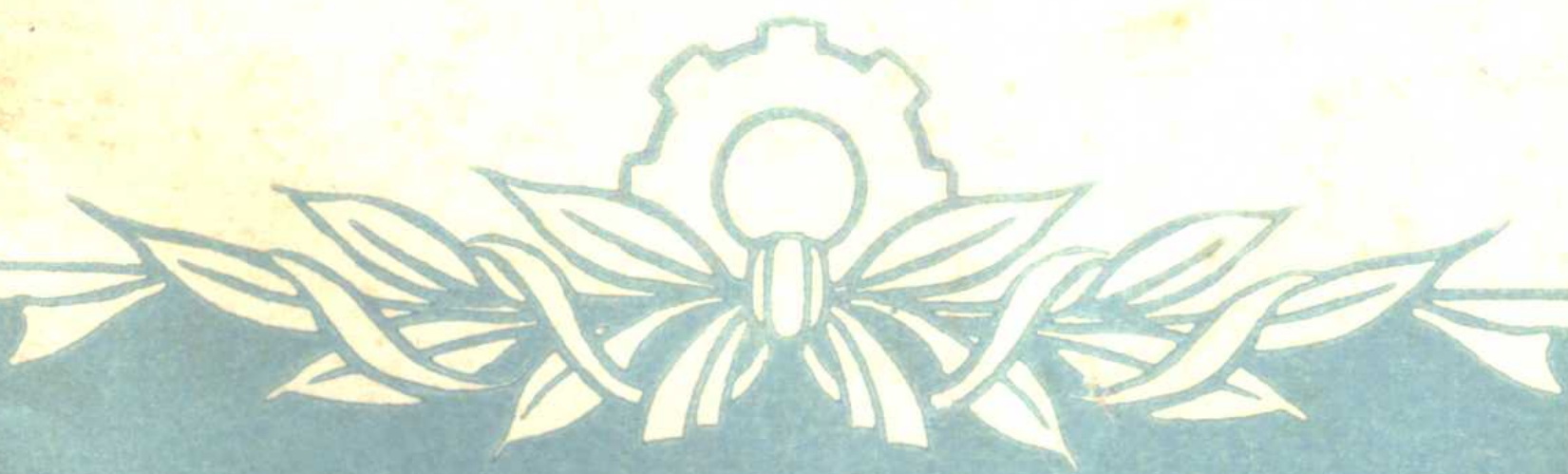


中等专业学校試用教科书

# 金屬切削原理与切削工具

上册

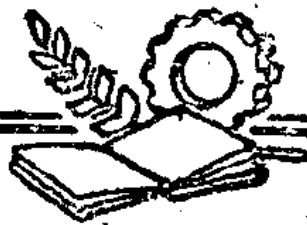
齐恕安等合編



中国工业出版社



中等专业学校試用教科书



# 金屬切削原理与切削工具

上册

齐恕安 裘惠孚 李云芳

廖上光 薄 宵合編

中国工业出版社

本书是以齐恕安等同志编写的《金属切削原理与切削工具》一书为基础，并根据1959年的工具制造专业教学大纲修订而成。内容简单而实际，适合我国中等技术学校学生的水平。

本书是上册。内容包括有制造切削工具的材料，车刀的几何形状与车削要素，金属切削过程的物理基础，刀具几何参数的合理数值，刨削、钻孔、铰孔及铰孔、车刀的計算和設計、钻头的設計等十四章。

参加这次修订工作的有齐恕安、裘惠孚、李云芳和廖上光四位同志。

## 金属切削原理与切削工具

上册

齐恕安 裘惠孚 李云芳 廖上光 薄 宵合編

\*

中国工业出版社出版（北京左辅路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

\*

开本 850×1168  $1/32$ ·印張 9·插頁 1·字数 219,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 0001—22033·定价(9-4)1.10元

統一书号：15165·832(-机-172)

# 目 次

前言 .....	7
1 課程的任务 .....	7
2 金屬切削原理与刀具科学的发展簡史 .....	8
3 学习本課程时应注意的几个問題 .....	11
第一章 制造切削工具的材料 .....	13
1 对工具切削部分材料的基本要求 .....	13
2 工具切削部分材料的种类 .....	13
3 工具鋼 .....	14
4 刀具制造中常用的几种机器結構鋼 .....	19
5 硬质合金 .....	20
6 陶瓷材料 .....	23
第二章 車刀几何形状与車削时的切削要素 .....	25
1 切削过程的运动和产生的表面 .....	25
2 車刀各部分的基本定义 .....	26
3 切削用量要素 .....	29
4 切削横截面 .....	34
5 車刀工作时的角度 .....	37
6 車刀角度的測量 .....	41
7 机动時間 .....	43
第三章 金屬切削过程的物理基础 .....	45
1 金屬的变形和破裂 .....	45
2 切屑形成过程和切屑种类 .....	47
3 切屑变形和切屑收縮 .....	50
4 积屑瘤 .....	54
5 已加工表面的变形 .....	57
6 影响切削时塑性变形的因素 .....	59
7 潤滑冷却液在切削过程中所起的作用及其种类 .....	62
8 切削时的振动現象 .....	64

9 已加工表面光洁度 .....	65
第四章 車削时的作用力 .....	68
1 作用在車刀上的力 .....	68
2 切削阻力的合力及其分解 .....	68
3 力 $P_z$ 、 $P_y$ 、 $P_x$ 对刀具、工件与机床的作用 .....	69
4 切削时消耗的功率 .....	71
5 測量切削力的方法 .....	72
6 車削时影响力 $P_z$ 、 $P_y$ 、 $P_x$ 的因素 .....	74
7 計算切削力的一般公式 .....	84
第五章 切削热和車刀的磨損 .....	92
1 切削金屬时热的来源与傳出 .....	92
2 切削时刀具、切屑及工件中溫度的分布情况 .....	93
3 測定切削溫度的方法 .....	95
4 切削时影响溫度的因素 .....	96
5 車刀的磨損 .....	100
6 影响刀具磨損的因素 .....	102
7 刀具的磨鈍标准 .....	103
第六章 車削的切削速度 .....	105
1 切削速度与刀具耐用度的关系 .....	105
2 刀具耐用度的选择 .....	106
3 車刀所允許的切削速度，影响切削速度的因素 .....	108
4 計算車削时切削速度的公式 .....	121
5 高生产率的金屬切削 .....	124
第七章 刀具几何参数的合理数值 .....	136
1 前角的选择 .....	136
2 后角 $\alpha$ 与副后角 $\alpha_1$ 的选择 .....	139
3 主偏角 $\varphi$ 与副偏角 $\varphi_1$ 的选择 .....	140
4 主刀刃斜角 $\lambda$ 的选择 .....	141
5 刀尖半徑 $r$ 的选择 .....	142
6 大走刀切削时，車刀的合理几何参数 .....	142
第八章 車刀的計算和設計 .....	146
1 車刀的分类 .....	146
2 車刀要素的設計 .....	148

3 标准車刀的結構	155
4 装配車刀	157
5 镗孔刀具	165
第九章 成形車刀	168
1 成形車刀的种类及应用范围	169
2 成形車刀的几何参数	170
3 成形車刀的安装	173
4 成形車刀刀刃截形的确定	174
5 成形車刀的刃磨和檢驗	180
第十章 車刀和車床的合理使用	184
第十一章 金屬刨削加工	218
1 刨削的切削用量各元素	218
2 刨削过程的特点	220
3 刨削和插削的切削力, 刀具允許的切削速度	221
4 切削用量的选择	222
5 刨刀和插刀的結構	223
第十二章 钻孔、鉸孔和鉸孔	229
1 麻花钻头的主要結構及其角度	229
2 钻孔的切削要素	234
3 钻削过程的特点	235
4 钻削力及力矩	236
5 影响钻孔时軸向力与扭矩的主要因素	238
6 钻头的磨損与耐用度	242
7 钻头的合理几何形状	243
8 影响允許切削速度的主要因素及計算切削速度的公式	246
9 钻头切削用量的决定	251
10 鉸孔、鉸孔的刀具与切削要素	254
11 鉸孔与鉸孔时的切削力与力矩	257
12 鉸钻、鉸刀的合理几何形状	257
13 鉸钻与鉸刀的磨損、耐用度与切削速度	258
14 用鉸钻鉸刀工作时切削用量的选择	261
第十三章 钻头	277
1 麻花钻	277

2 扁钻	278
3 中心钻	280
4 装有硬质合金刀片的钻头	280
5 深孔钻	282
6 钻头的刃磨	284
第十四章 铰钻	286
1 铰钻的分类及其应用范围	286
2 整体式铰钻、套装式铰钻和镶齿式铰钻	287
3 镶有硬质合金刀片的铰钻	288
4 铰钻的刃磨	289

# 前 言

## 1. 課程的任务

金屬切削原理与切削工具是研究金屬切削过程基本規律及切削所用刀具的科学。所謂切削过程就是在机床上用刀具从工件上切去一层金屬，使工件的形状尺寸合乎所需要的精度和光洁度，而被切的金屬层則变为切屑。

机械制造业中加工工件的方法很多，如鑄造、鍛造、焊接、軋延、电加工、粉末冶金、化学加工等，但是要得到高精度与高的表面光洁度的工件，大多需要經過切削加工。因此金屬切削加工，在机械制造业中占有重要的地位。[工欲善其事，必先利其器]，欲提高切削加工的生产率与产品质量，必須具备优良的刀具。因此掌握切削过程的基本規律，根据設備情况正确選擇刀具，合理制定切削用量，就是我們学习本課程的基本任务。只有正确地掌握了这些知識，才能在一定加工条件下，充分发挥設備的潜力，在保証高质量的前提下，使切削加工生产率更高，更經濟，达到多、快、好、省的效果，这就是我們学习本課程的目的。

金屬切削原理与切削工具主要研究：

- 1) 制造切削工具的材料。
- 2) 各种切削运动及刀具的几何参数。
- 3) 切削要素。
- 4) 切削过程中发生的物理現象和它的本质。
- 5) 切削时作用在刀具上的力。
- 6) 切削时发生的热，刀具的磨損及耐用度。
- 7) 刀具切削性能所允許的切削速度。
- 8) 刀具合理几何参数的选择。



9) 合理使用机床与刀具的方法。

10) 各种刀具的类型、结构、选择与应用，部分刀具的设计方法。

11) 提高刀具切削性能的方法。

12) 刀具的修复与翻新的方法。

学习本课程将涉及相当广泛的知识。除数学、物理、化学基础以外，还要关系到切削加工的生产实践，因为切削原理与刀具是一门综合生产实践的科学，是一门实验科学。此外须知道其他一些课程的知识，如金属学、材料力学以及机械制图等。

切削原理与刀具是学习金属切削机床、夹具、机器制造工艺学等课程的基础。掌握切削原理后才能正确选择和设计刀具、机床、夹具。

## 2 金属切削原理与刀具科学的发展简史

我们伟大祖国的劳动人民，自古以来就是勤劳、勇敢、聪明的。很多科学发明如铸造、造纸、火药、指南针等，都比西欧发明得早。礼记考工记上已有关于车的制造工序，到了汉代就用了金属轴与轴承。随着金属器械的大量使用，不可避免地要经过金属切削加工。到十四世纪，我国在力学和机械学上的成就就远远超过西方。在1668年我国就用畜力拉动的铣削加工（图1），这时用的刀很像现在的镶片铣刀。在铣削后还用磨石作进一步的磨削加工（图2），在磨石上还放有水筒漏水以帮助磨光。刀片用钝后还用磨石磨锐（图3）。当时制造的天文仪器，至今还保存在北京建国门的古代天文仪器陈列馆内。但是，在解放前由于历代剥削阶级的统治和帝国主义的迫害，我国的机械制造业，仅有一些修配厂，普通的机床、刀具大多依靠外国进口；所用的刀具大都是碳钢，自己不能生产高速钢，更谈不上硬质合金了，切削速度仅在十几米/分左右，因此更谈不上金属切削原理与刀具方面的研究工作。

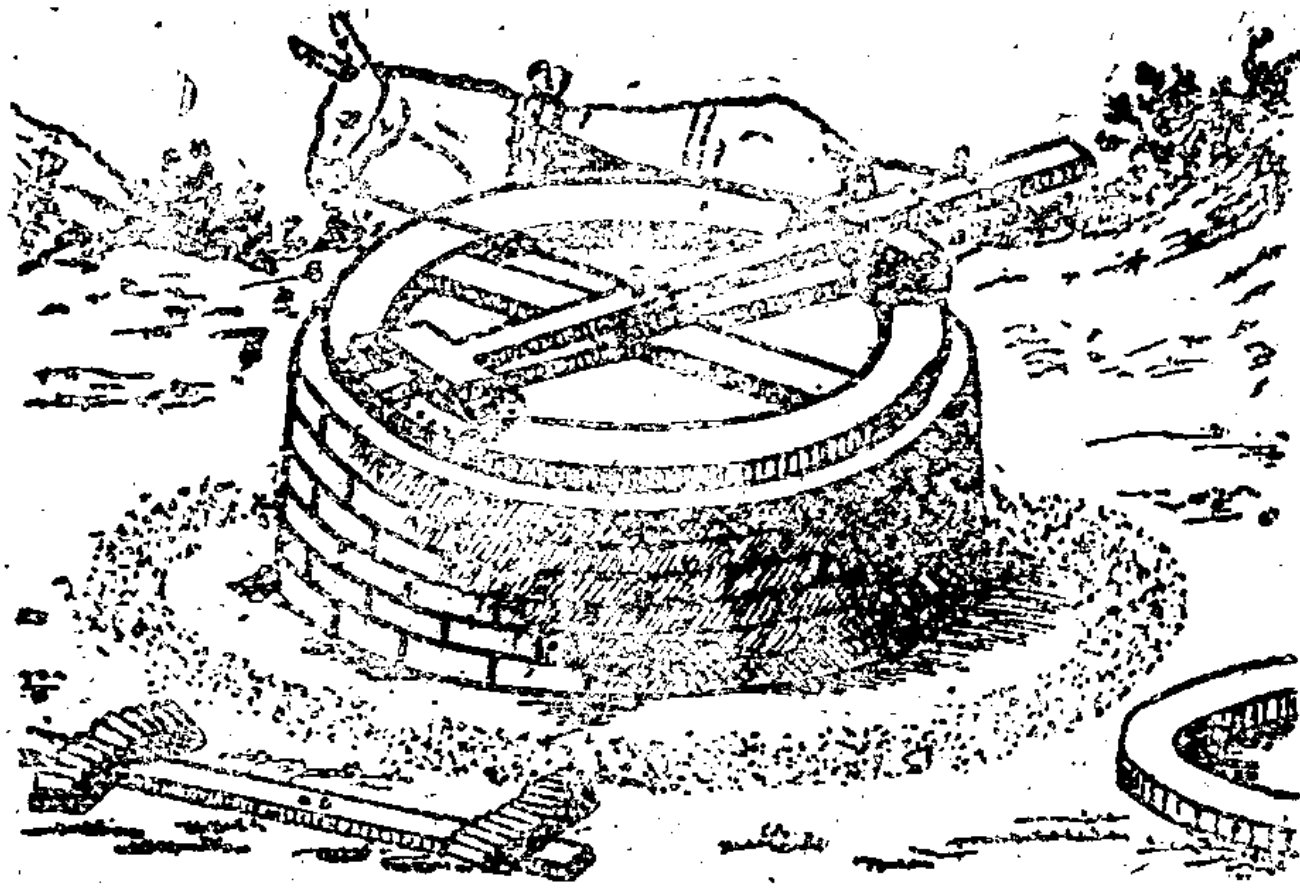


图1 1663年中国的銑削。

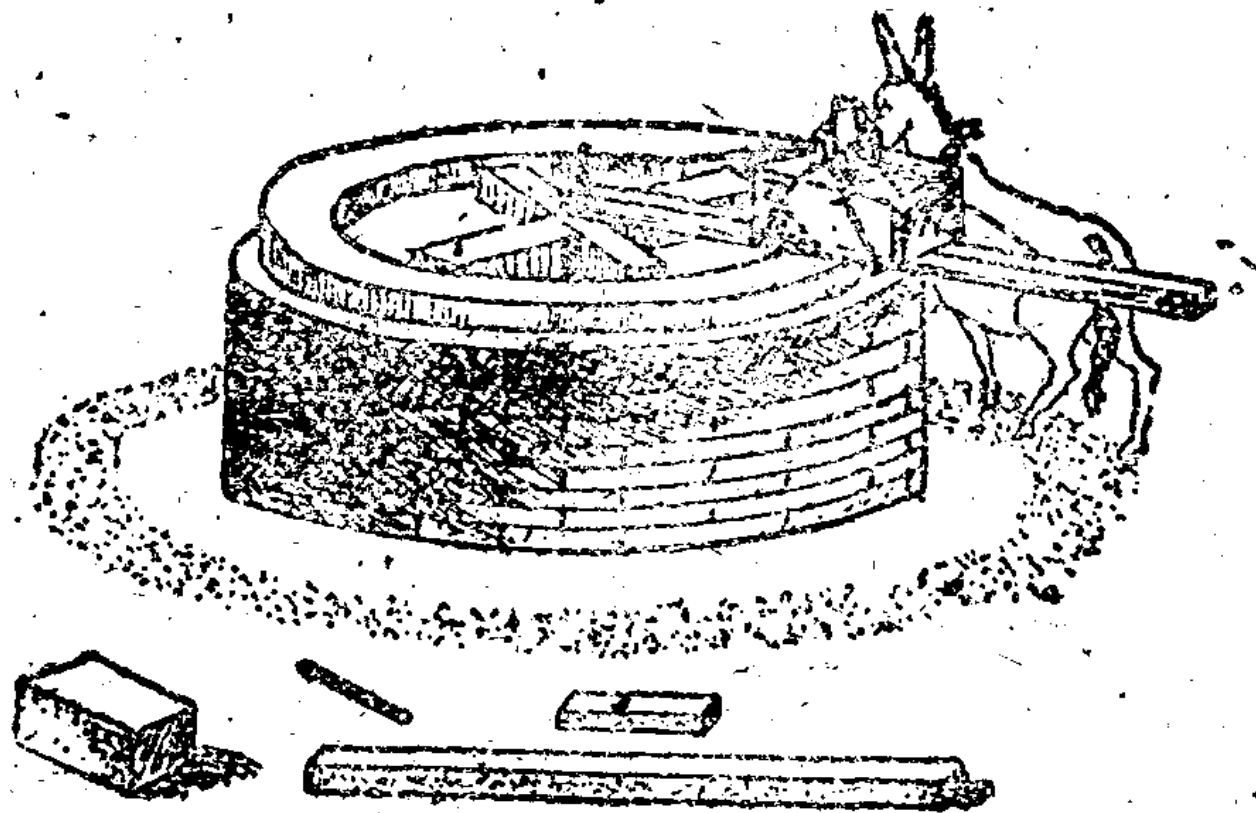


图2 1663年中国的磨削。

十几年来，在党的领导下，由于我国建设事业得到了飞跃的发展，也使我国工业有了根本的改变，金属切削的科学研究与刀具制造业，也就同时发展起来。

在1950年在切削加工技术方面，我国工人创造性地学习并发展了苏联的高速切削方法，因而使高速切削在我国机械制造业中，迅速而全面的开花结果，切削加工的生产率大大提高了。上海机床厂车工盛利熟练地掌握高速切削，不断改进操作方法，以



图3 1668年中国的刀具磨床。

两年零十一个月完成了第一个五年计划的工作量。在第一个五年计划期间，我国生产的高速钢品种和质量均迅速提高，硬质合金也已正常生产，陶瓷刀片试制成功，人造氧化铝（钢玉）和碳化硅磨料已在陆续生产。在这同时，先后建立了一批规模巨大的工具厂和量具刀具厂；金属切削与刀具的科学研究工作开始进行，研究机构开始设立，既推动了这门科学的发展，又为促进生产的发展创造了有利条件。

1958年以来我国机械工业坚决地贯彻执行了党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线和一整套两条腿走路的方针，实现了前所未有的大跃进，把机械工业推向了一个更高的发展阶段。刀具的制造和科学研究工作也正蓬勃发展，取得了很大成绩。

在切削理论方面，用最新测力仪研究了切削力的实验公式。研究了切削过程中主要物理现象，如刀瘤的形成规律、切削热的理论计算。使我国积累了一些切削理论的基本资料。

在刀具方面，我国生产的陶瓷刀片质量已大大提高，已试制了强度很大的刀片，很多工厂自制陶瓷刀并在大力推广使用。某些厂陶瓷刀车削钢料，切削速度都曾达到2016和5117米/分的最高记录。先进工人创造了很多先进刀具结构，例如倪志福钻头，大螺旋角铣刀等，机械加工生产率大大提高。

在刀具制造业中我们已能制造出一些精度很高的齿轮滚刀、零级蜗轮滚刀、插齿刀盘、直径为2000毫米的圆锯等的尖端产品，有些已达到国际水平。

总的說来，解放后十一年，我国的切削原理科学与刀具制造业是从无到有，从粗到精，从一般到尖端，从仿造刀具到自行設計，技术力量迅速增长和壮大。这些成就，說明了党和毛主席的偉大英明，并証实了社会主义制度的优越性。

今后我們应当努力提高产品质量，增加产品品种，加强生产中的薄弱环节，繼續开展群众性的技术革新运动，节约原材料，降低成本，提高劳动生产率。因此提高产品质量，增加产品品种，进一步掌握和推广現代机械加工新技术，創造新的加工方法，提高生产率，是摆在金屬切削加工工作者面前的光荣任务。

### 3 学习本課程时应注意的几个問題

在本門課程的教学与学习过程中，必須坚决贯彻党的教育方針。

切削原理与刀具这門科学是結合实践經驗、实验数据加以分析，找出切削过程中的一些規律，从而为生产服务。我們反对那种不问具体条件、不顾目前需要、不问生产情况的教条主义脱离实际的学习方法。任何規律与刀具的运用，都与它当时所具备的条件有关，例如利用一定几何参数的刀具，在某种切削条件下，就可以断屑而在另外的条件下就不能断屑；后角大了，减少摩擦，延长了刀具寿命，但大过一定程度就会因刀尖减弱而使刀具寿命降低。我們必須用辯証唯物主义的观点去观察与理解这些問題。理論脱离了生产实践，就不可能得到进一步的发展，理論研究也就成了毫无用途的东西。根据党的教育方針所制定的教育制度，已給我們創造了理論与实践相結合的优越条件。因此学习理論必須与生产实践密切結合。

学习当中还应善于从錯綜复杂的現象中，找出它固有的規律，并运用这些規律为社会主义的生产服务。現象虽然錯綜复杂，但却被許多共同的規律联系着。現在切削加工中加工方式好多(車、銑、刨、磨、拉削等加工方法)，但是切屑形成的物理本质，刀具



磨損的基本原因等都是相同的。但也要注意，由于切削过程的复杂性，切削原理中一些规律都有它一定的局限性和近似性，我们只能在一定加工条件下运用这些规律。

系统地学习前人的经验是重要的，但是事物在发展，我们不能停留在前人的经验上，不能只是复述前人已经达到的成绩，而更重要的是要在接受前人经验的基础上，经过独立的工作，解决前人所没有解决或者没有完全解决的问题。因为我们的目的不仅在于认识世界而且要改造世界。科学并不是神秘的东西，只要我们解放思想，破除迷信，用毛主席的思想去联系具体实际，我们一定能找出一些新的切削规律与高生产率的刀具，在生产实践中，我国工人有很多的创造发明，就充分说明了这一点。我们应该迅速的掌握现代切削加工中的新成就，并创造性地把它运用到生产中去。为使我们的祖国早日建成社会主义而奋斗！

# 第一章 制造切削工具的材料

## 1 对工具切削部分材料的基本要求

金属切削时会产生很大的切削力和大量的热,而使刀具磨损。因此用以直接担负切削工作的刀具切削部分,其材料应该具备下列基本性能:

1. 高的硬度(至少应该大于工件的硬度);
2. 高的耐磨性;
3. 足够的强度和韧性;
4. 高的耐热性(或称红热硬度),在高温下保持以上三种性能。

这些性能由工具切削部分材料的物理机械性质来确定(而工具材料的物理机械性质又随着它的化学成分、组织状态、高温下组织状态的稳定性以及在摩擦和磨损过程中工具和工件互相作用的条件来变化)。如果工具切削部分材料具备了这些性能,那么在刀具几何形状选择合理时,在正常的切削条件下就会达到高的生产率。

## 2 工具切削部分材料的种类

基本上具备上列性能,被用来制造工具切削部分的材料有:

1. 碳工具钢;
2. 合金工具钢;
3. 高速钢;
4. 硬质合金;
5. 陶瓷材料;
6. 磨料。

其中碳工具鋼、合金工具鋼、高速鋼等，統稱工具鋼。

此外，還有用以製造刀具連接部分用（非工作部分，如刀杆）的結構鋼。

### 3 工具鋼

下面首先來研究一下工具鋼的化學成分和物理機械性質。

一、**碳工具鋼** 碳工具鋼是含碳 0.75~1.5% 的鋼。它在淬火後的硬度和物理機械性質主要是由含碳量來決定。含碳量愈多，淬火後的硬度也就愈高（如圖 1-1），但同時卻降低了韌性。

含碳量不同以不同牌號來表示，碳工具鋼各種牌號的化學成分如表 1-1。

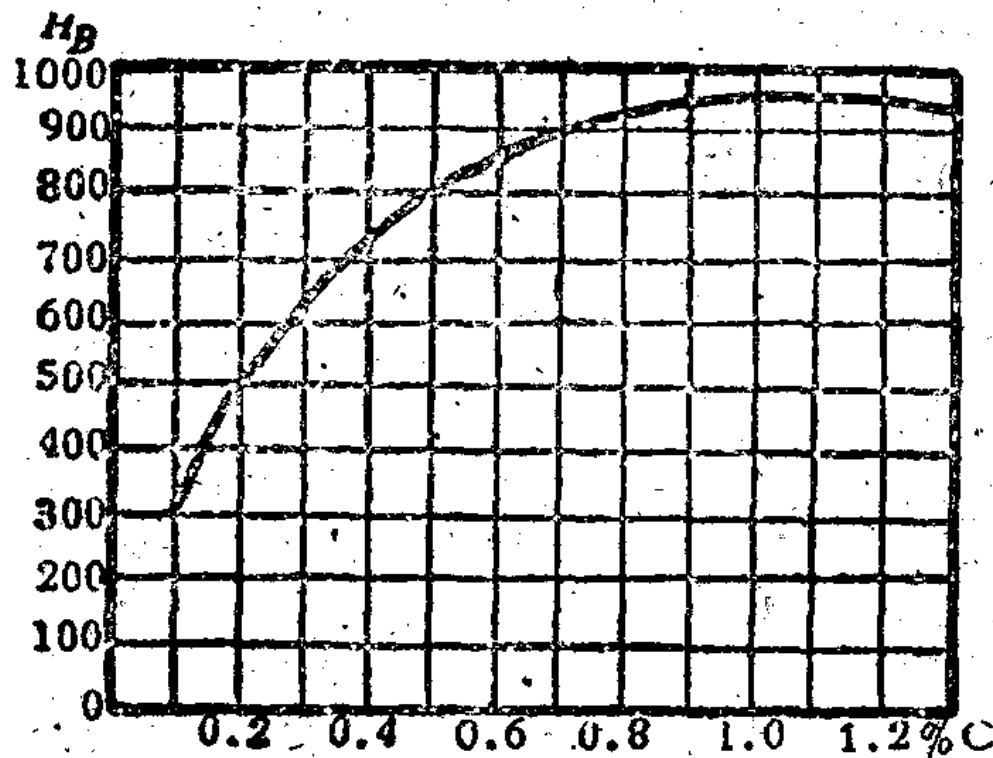


圖 1-1 碳工具鋼的硬度和含碳量的關係。

表中高級優質鋼和優質鋼的主要區別，在於前者比後者含硫和磷都少。碳工具鋼內的含硫和磷量少，在淬火時產生裂紋的可能性就要小一些。

碳工具鋼在淬火後，硬度為  $HR_c 61 \sim 65$ 。這硬度在切削過程中，溫度達到  $200^\circ \sim 250^\circ C$  時，就開始降低，所以用碳工具鋼製造的刀具只能在較低的切削速度下工作，例如絲錐、鉸刀、銼刀等。碳工具鋼刀具的優點在於價格低廉，且能磨得尖銳。

Y11A 是蘇聯新增的鋼號，其機械性能較好，較其他碳工具鋼更宜於作承受高應力的金屬切削刀具。

表1-1 我国及苏联碳工具钢的牌号和化学成分

我国规定符号	优 质 钢	T7	T8	T9	T10	—	T12	T13
苏联规定符号		Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13
平均含碳量(%)		0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
硫、磷含量		S < 0.030%; P < 0.035%						
我国规定符号	高 级 优 质 钢	T7A	T8A	T9A	T10A	—	T12A	T13A
苏联规定符号		Y7A	Y8A	Y9A	Y10A	Y11A	Y12A	Y13A
平均含碳量(%)		0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
硫、磷含量		— S < 0.020%; P < 0.030%						

注：本表成分来自ГОСТ 1435-54新标准。

碳工具钢中以T10A与T12A用得最广泛。

二、合金工具钢 合金工具钢是在高碳工具钢的基础上加入了合金元素，如：锰、铬、硅、钨、钼、钒等。制造刀具的合金工具钢有以下几类（见表1-2）：

表1-2 我国与苏联合金工具钢的牌号和化学成分

钢的种类	牌 号		化 学 成 分 (%)						
	我 国	苏 联	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo
铬 钢	GX15	X	0.95 ~1.10	≤0.40	≤0.35	1.30 ~1.60			
	Cr12	X12	2.0 ~2.30	≤0.35	≤0.40	11.5 ~13.0			
铬 硅 钢	90CrSi	9XC	0.85 ~0.95	0.30 ~0.60	1.20 ~1.60	0.95 ~1.25			
钨 钢	W	B1	1.05 ~1.25	0.20 ~0.40	≤0.35	0.10 ~0.30	0.80 ~1.20	0.15 ~0.30	
铬 钨 钢	CrW5	XB5	1.25 ~1.50	≤0.30	≤0.30	0.40 ~0.70	4.50 ~5.50	0.15 ~0.30	
铬 钨 锰 钢	CrWMn	XBΓ	0.90 ~1.05	0.80 ~1.10	0.15 ~0.35	0.90 ~1.20	1.20 ~1.60		
	9CrWMn	9XBΓ	0.85 ~0.95	0.90 ~1.20	0.15 ~0.35	0.50 ~0.80	0.50 ~0.80		



(續)

鋼的种类	牌 号		化 学 成 分 (%)						
	我 国	苏 联	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo
鉻鉻鉬鋼	5CrHiMo	5XHM	0.45 ~0.55	0.50 ~0.80	≤0.35	0.50 ~0.60	1.40 ~1.80		0.15 ~0.30
	6CrHiMo	6XHM	0.55 ~0.65	0.50 ~0.80	≤0.35	0.50 ~0.80	1.40 ~1.80		0.15 ~0.30

注：我国合金工具鋼牌号表示方法（1）一般合金鋼（兼用作工具鋼）含炭量以万分之几表示；（2）专用作工具鋼平均含炭量大于或等于1.00%时不予表示，低于1.00%时以千分之几表示；（3）合金元素一律以其平均含量百分之几表示，滾珠用鉻鋼以千分之几表示；（4）合金元素以国际化学元素符号表示。

一般說来，合金工具鋼的淬硬深度較深，变形較小，而且耐磨，适宜于制造形状比較复杂的刀具。它的紅热硬度达350~400°C。可較炭素工具鋼承受較高的切削速度，大約可提高至1.2~1.5倍。

合金工具鋼的硬度，淬火后可到 $HR_c62\sim65$ ，但CrW5淬火后可到 $HR_c70$ ，但它的紅热硬度不高，所以只宜在低速切削下加工硬的金屬（如白口鉄），这时它的耐磨性很好。Cr12有高的淬透性和耐磨性，有时用作滾压螺紋的滾輪。

90CrSi和CrWMn是淬火变形小的鋼种，最常用來作复杂形状的切削工具。90CrSi在苏联最廉用作板牙、鉸刀等刀具；CrWMn除变形小外，强度大，耐磨性亦好宜作細长的精确刀具如拉刀、同心鉸刀、长絲錐等。

鎢鋼W有时用来作钻头、絲錐和鉸刀等。

以上主要为苏联經驗，我国新建立的合金鋼系統中，尽量用无鎢、鉻或少鉻的鋼种，发展以錳、硅、鎢、釩等元素的工具鋼來合理代替含有鎢、鉻、等的鋼种，除大断面尺寸外尽量少用含鉬鋼种。

已經試驗的有錳鋼90Mn2、90Mn2V、95MnCrWV可以代替变形程度小的含鉻和高鉻工具鋼(90CrSi, Cr12)。曾有单位試驗以90Mn2与95Mn2MoV分別代替90CrSi和CrWMn。硅錳鋼，