

69.11

中等专业学校教学用书

金属切削原理与 切削工具

上册

齐恕安等编

机械工业出版社

中等专业学校教学用书



金属切削原理与切削工具

上册

齐恕安等编



机械工业出版社

出版者的話

本書系第一机械工业部教育局組織北京机器制造学校編写的中技教材。作者根据四年制中等技术学校〔金属切削加工专业〕教学大纲，参考苏联与我国有关资料及生产經驗編成此書。其內容簡單而实际，避免采用复杂的数学計算，以适合中等技术学校学生的水平。切削原理部分着重叙述基本原理及切削用量的选择；而刀具部分的重点則放在刀具的选择与使用上。对某些經常須要設計的刀具，書中也适当地加重了它的設計原理及方法的講解。

本書是中等专业学校的教材，可作为〔金属切削加工〕、〔机械制造〕等专业的教科書，亦可供中等技术人员参考。

NO. 2166

1953年10月第一版 1959年6月第一版第三次印刷

787×1092¹/₂₅ 字数186千字 印張10¹/₂₅ 23,001—33,100册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业許可証出字第008号 定价(10)1.20元

目 次

前言	6
緒言	7
1 課程的任务	7
2 金屬切削原理与刀具科学的發展簡史	8
3 課程的內容	10
4 學習本課程的方法	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	18
5 硬質合金	20
6 陶瓷材料	22
第二章 車刀几何形状与車削时的切削要素	24
1 切削过程的运动和产生的表面	24
2 車刀各部分的基本定义	25
3 切削用量要素	27
4 切削橫截面	30
5 車刀工作时的角度	35
6 車刀角度的測量	39
7 机动時間	40
第三章 金屬切削过程的物理基础	42
1 切屑形成过程和切屑种类	42
2 切屑变形和切屑收縮	45
3 刀瘤	47
4 已加工表面的变形	50
5 影响切削时塑性变形的因素	51
6 潤滑冷却液在切削过程中所起之作用及其种类	54

7 切削时的振动现象	56
8 已加工表面光洁度	58
第四章 車削时的作用力	60
1 作用在切刀上的力	60
2 切削阻力的合力及其分解	60
3 力 P_z 、 P_y 、 P_x 对刀具、工件与机床的作用	61
4 切削时消耗的功率	63
5 测量切削力的方法	64
6 車削时影响力 P_z 、 P_y 、 P_x 的因素	65
7 計算切削力的一般公式	74
实验 机械式車削测力計的校准	79
实验 車削时切削深度和走刀量对力 P_z 的影响	81
第五章 切削时热的發生和切刀的磨損	83
1 切削金屬时热的来源与傳出	83
2 切削时刀具、切屑、工件中溫度的分布情况	84
3 測定切削溫度的方法	86
4 切削时影响溫度的因素	87
5 切刀的磨損	90
6 影响刀具磨損的因素	92
7 刀具的磨鈍标准	93
第六章 車削的切削速度	95
1 切削速度与刀具耐用度的关系	95
2 切削工具耐用度的选择	97
3 切刀所容許的切削速度，影响切削速度的因素	99
4 計算車削时切削速度的公式	112
5 高生产率的金屬切削	114
第七章 刀具几何参数的合理数值	122
1 前角的选择	122
2 后角 α 与副后角 α_1 的选择	125
3 主偏角 φ 与副偏角 φ_1 的选择	126
4 主刀刃斜角 λ 的选择	127
5 刀尖半径 r 的选择	128
第八章 切刀的計算和設計	129
1 切刀的分类	129
2 車刀要素的設計	131

- 3 标准車刀的結構.....135
- 4 装配車刀.....137
- 5 鏗孔刀具.....143
- 第九章 成形車刀147
 - 1 成形車刀的种类及应用范围.....148
 - 2 成形車刀的几何参数.....149
 - 3 成形車刀的安装.....152
 - 4 成形車刀刀刃截形的确定.....153
 - 5 成形車刀的刃磨和檢驗.....159
- 第十章 車刀和車床的合理使用163
 - 1 确定切削用量的必需資料.....163
 - 2 合理使用車刀和車床的原理.....163
 - 3 切削用量各主要原素的决定.....164
 - 4 切削用量的計算圖.....175
 - 5 生产革新者使用机床和刀具的方法.....178
- 第十一章 金屬刨削加工185
 - 1 刨削的切削用量各原素.....185
 - 2 刨削时切削过程的特点.....187
 - 3 刨削和插削的切削力，刀具容許的切削速度.....188
 - 4 切削用量的选择.....189
 - 5 刨刀和插刀的結構.....190
- 第十二章 鑽孔、鉗孔和鉸孔196
 - 1 麻花鑽头、鉗鑽及鉸刀的主要結構部分和各角度.....199
 - 2 鑽孔、鉗孔与鉸孔时的切削要素.....204
 - 3 切削过程的特点.....204
 - 4 用鑽头、鉗鑽和鉸刀工作时所产生的力.....206
 - 5 影响鑽孔时軸向力与扭矩的主要因素.....208
 - 6 鑽头、鉗鑽与鉸刀的磨損与耐用度.....212
 - 7 鑽头的合理几何形状.....214
 - 8 鉗鑽、鉸刀的合理几何形状.....216
 - 9 影响容許切削速度的主要因素及計算速度的公式.....217
 - 10 鑽头工作时切削用量各主要原素的决定223
 - 11 鉗鑽工作时切削用量各主要原素的决定224
 - 12 鉸孔时切削用量各主要原素的决定226

前 言

目前切削原理与刀具方面的書籍，多为高等学校教本或一般的参考書，而且翻譯本居多，对我国中等技术学校不适用。由于教学需要，第一机械工业部教育局組織我校同志編写 [金屬切削原理与切削工具] 一書，自1955年編写成講义初稿，根据我校及各兄弟学校使用后提出的意見，先后修改三次定稿，但缺点甚至錯誤还很多，希望使用同志，多提出宝貴意見，以便进一步修改。

本書根据四年制中等技术学校 [金屬切削加工專業] 教学大綱，参考苏联与我国有关参考書及搜集国内一些生产經驗編成，供 [金屬切削加工] [机床制造] 等冷加工各專業教学之用；亦可供工程技术人員参考使用。結合中等技术学校学生水平，內容力求簡要，避免复杂数学計算。切削原理部分着重于基本原理的叙述及切削用量的选择，刀具部分着重于选择与使用。一部分常須設計的刀具，也适当的加重了設計原理及方法的叙述。

本書由北京机器制造学校齐恕安、裘惠孚、李云芳、廖上光及南京机器制造学校薄宵等同志編写，并有北京机器制造学校同学协助描圖，并此說明。

緒 言

1 課程的任務

金屬切削原理與切削工具是研究金屬切削過程基本規律及切削所用工具的科學，以便進一步提高生產率。

1958年5月召開的中國共產黨第八次全國代表大會第二次會議，制定了鼓足幹勁、力爭上游、多快好省的建設社會主義的總路綫。對工業提出了在重工業優先發展的條件下，工業和農業同時並舉；在集中領導、全面規劃、分工協作的條件下，中央工業和地方工業同時並舉，大型企業和中小企業同時並舉的方針。機械製造業是重工業的主要環節，在糧食、鋼鐵、機械三個「元帥」中，機械製造業佔着重要的地位。沒有機械製造業，就不可能給工農業提供裝備，就不能使生產躍進再躍進。因此機械製造業，必須走在其他國民經濟各部門發展的前面。

機械製造業中加工零件的方法很多，如鑄造、鍛造、焊接、軋延、電加工、粉末冶金、化學加工等，但是要得到高精度與高的表面光潔度的零件，大多需要經過切削加工。因此金屬切削加工，在機械製造工業中佔有重要地位，做為切削加工的工具，也就在各種工具中佔有很大比重。所以充分了解並掌握切削過程的基本規律與切削工具的技術知識，從而運用它們以提高生產率，就有着重大的意義。

因此掌握切削過程的基本規律，根據設備情況正確選擇刀具，合理制定切削用量，就是我們學習本門課的基本任務。只有正確地掌握了這些知識，才能在一定加工條件下，充分發揮設備的潛力，在保證高質量的前提下，使切削加工生產率更高、更經濟，達到多、快、好、省的效果，這就是我們學習本課程的目的。

2 金屬切削原理与刀具科学的發展簡史

我們偉大祖國的勞動人民，自古以來就是勤勞、勇敢、聰明的。很多科學發明如鑄造、造紙、火藥、指南針等，都比西歐發明得早。切削加工方面早在1668年我國就已有用了畜力拉動的銑削加工（圖1）。這時用的刀很像現在的鑲片銑刀。在銑削後還用磨石作進一步的磨削加工（圖2）。在磨石上還放有水筒漏水以幫助磨光。刀片用鈍後還用磨石磨銳（圖3）。當時製造的天文儀器，至今還保存在北京建國門的天文儀器館內。

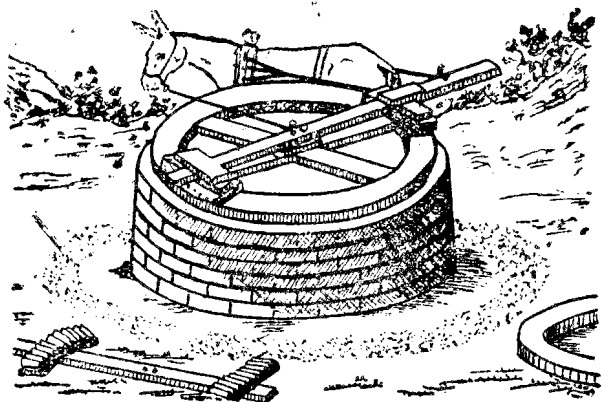


圖1 1668年中國的銑削。

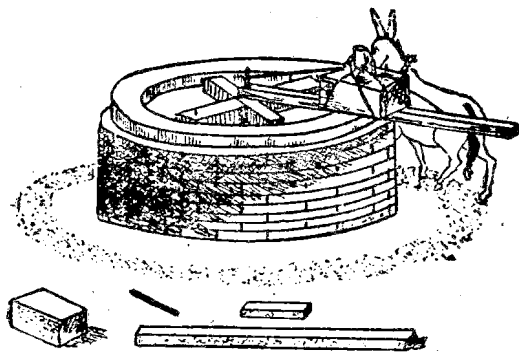


圖2 1668年中國的磨削。

虽然人类很早就应用了金屬切削加工的方法，但是切削理論的研究还只是从1870年俄国的基麦(Тиме)开始的，真正成为一門独立的科学，仅是近三十年来的事。在这方面俄国科学家基麦、慈伏雷金(Зворыкин)、烏薩契夫(Усачев)等都有卓越的貢獻。1936年苏联成立了金屬切削委员会，使切削原理与刀具的研究工作，进入了新的阶段，并开始利用硬質合金刀作高速切削，完成了很多重大問題的

研究工作，并制定了切削用量手册。



圖3 1668年中国的刀具磨床。

我国劳动人民，長期受着封建地主階級及帝国主义者的殘酷剝削与压迫，使我国社会發展陷于極端的迟緩，工业也无法独立，工具制造工业当然也沒有，因此更談不到金屬切削原理与刀具方面的研究工作。解放后，在党的领导下，使我国的建設事业得到了飞跃的前进。党極其重視机械工业的發展，而苏联对我国也給予了偉大无私的援助，派来优秀的專家并提供了各种技术資料及設備，使我国工业有了根本的改变。我国的金屬切削及刀具科学，也在这个基础上發展起来的。自1951年以后，我国就先后在高等学校及中等技术学校中開設了这門課程。

1950年以顧林为首的苏联專家工作组来我国作高速切削表演。在党的支持与組織下，我国工人同志創造性地学习并發展了这种先进切削方法，使高速切削在我国机械制造业中，迅速而全面地开花結果。使用高速切削的結果，使加工的生产率大大提高，如天津汽車修配厂，在廿种工件上普遍推行高速切削的結果，提高效率2~20倍；沈阳高光珍采用了多刀多刃切削，在三个月內为国家增产了約相当于610吨粮食的財富；1952年11月，鷄西矿山机械制造厂，周松林創造了1705公尺/分的切鋼高速切削紀

录；1952年沈阳龙成文首先采用了石头刀进行切削；以后陶瓷刀也相继在各地使用成功。上海机床厂車工盛利熟練掌握高速切削，不断改进操作方法，以两年零十一个月完成了第一个五年计划的工作量。强力切削也在我国广泛推广着。先进切削法能在我国普遍迅速推广，这与党的领导是分不开的。

目前我国已成立了工具科学研究所，各工厂内成立了自己的切削实验室。我国已拥有最先进的工具厂如哈尔滨量具刀具厂、成都刀具厂等以及有相当高生产水平的为数众多的工具車間，各种复杂与精密刀具也都能自己制造了，而且很多品种已达到或超过国际水平。在党的全民办工业的号召下，工具工业也如雨后春笋，各地都在大力发展工具制造工业。

虽然我们已取得了辉煌成就，但是我国科学技术水平还是比较落后的，这就要求我们迅速提高科学技术水平，把美、英抛到后面去。我们的任务是艰巨而伟大的。我们的任务是在社会主义总路线光辉照耀下，加紧学习掌握創造先进技术，并迅速应用到生产中，积极發展新产品，提高技术经济效果。

3 課程的內容

根据金属切削原理与工具已經研究出的規律，并根据教学大綱的規定，本課程內容有：

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. 切削过程物理基础。
5. 切削力。
6. 切削热、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. 合理使用机床与刀具的方法。
9. 刀具合理几何参数的选择。

10. 切削工具的类型、结构、选择与应用，部分工具的设计方法。

11. 提高刀具切削性能的方法。

12. 刀具的修复与翻新方法。

金属切削原理与切削工具是学习金属切削机床、夹具、机器制造工艺学、生产组织、技术测定等课程的基础。而学习金属切削原理与工具，又一定要用到数学、力学、化学、金属学、物理学、电工学、机械零件、公差等方面的知识。

4 学习本课程的方法

在本门课程的教学与学习过程中，必须坚决贯彻党所提出的「理论与实际联系，学习与独创结合」的学习方针。

切削原理与切削工具，是一门理论与实际紧密结合着的科学。我们反对那种不问具体条件，不问目前我国需要不问生产的教条主义脱离实际的学习方式。任何规律或工具的运用，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，但大到一定程度就会因刀尖减弱而使寿命降低。所以，我们必须用辩证唯物的观点去观察与理解这些问题。理论脱离了生产实践，就不可能得到进一步的发展，理论研究也就成了毫无用途的东西。当前半工半读的教育制度，已给我们创造了理论与实际相结合的优越条件。我们重视理论学习，但还必须注意实验及生产实践。

系統地學習前人的經驗是重要的，但是事物在發展，我們不能停步在前人的經驗上，我們要學習前人，更要趕過前人。科學並不是神祕的東西，破除迷信，學習白蟻專家李始美結合實際的研究方法與獨創精神，學習我國千千萬萬的勞動者獨創的精神。黨要求我們獨創，我們也一定能夠獨創，勤工儉學的活動中，我們有很多產品達到或超過了國際水平，我國工人在金屬切削加工方面也有很多創造發明。這說明了我們不但能很好地學習，而且能獨立創造。讓我們迅速的掌握現代切削加工中的新成就，並創造性的把它運用到生產中去，為使我們的祖國早日建成社會主義而奮鬥！

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

金屬切削时会产生很大的切削力和大量的热,而使刀具磨損。因此用以直接担負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(或称紅热硬度)在高温下保持以上三种性能。

这些性能由工具材料的物理机械性質来确定(而工具材料的物理机械性質又随着它的化学成分,組織状态,高温下組織状态的稳定性以及在摩擦和磨損过程中工具和工件互相作用的条件来变化)。如果工具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生产率。

2 工具材料的种类

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. 碳素工具鋼;
2. 合金工具鋼;
3. 高速鋼;
4. 硬質合金;
5. 陶瓷材料;

6. 磨料。

其中碳素工具鋼、合金工具鋼、高速鋼等，統稱工具鋼。此外，用以制造刀具的連接部分用（非工作部分，如刀杆）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、碳素工具鋼 碳素工具鋼是含碳 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，各種牌號工具鋼的化學成分如表 1-1。

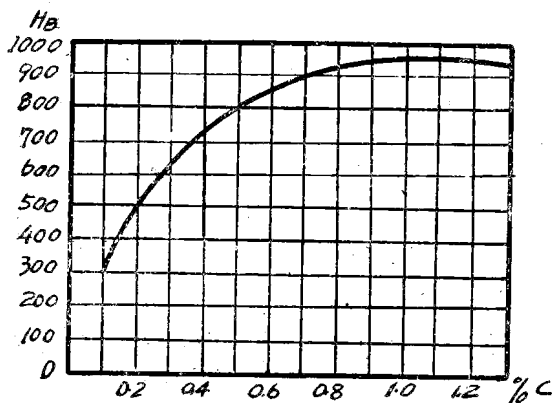


圖 1-1 碳素工具鋼的硬度和含碳量的關係。

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 HR_C 61~65。這硬度在切削過程中，溫度達到 200~250°C 時，就開始降低。所以用碳素工具鋼制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

* 表1-1 我国及苏联碳素工具钢的牌号和化学成分

我国规定符号	优 質 鋼	Г7	Г8	Г9	Г10	—	Г12	Г13
苏联规定符号		У7	У8	У9	У10	У11	У12	У13
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	高級 優質 鋼	Г7М	Г8М	Г9М	Г10М	—	Г12М	Г13М
苏联规定符号		У7А	У8А	У9А	У10А	У11А	У12А	У13А
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%						

* 本表成分根据 ГОCT 1435-54 新标准。

工具钢工具的优点在于价格低廉，且能磨得尖锐。

У11А 是苏联新增的钢号，其机械性能较好，较其他碳素工具钢更宜于作承受高应力的金属切削刀具。

二、合金工具钢 合金工具钢和高碳工具钢的区别，在于碳素钢中加入了合金元素，如：锰、钒、铬、硅和钨等。制造刀具的合金工具钢可以分为下列几类：

1. 铬钢；
2. 铬硅钢；
3. 钨钢；
4. 铬钨钢；
5. 铬钨锰钢；
6. 铬镍钢。

这些合金工具钢的牌号和化学成分如表1-2。其中硫和磷的含量都小于0.03%。

一般说来，合金工具钢的淬火深度较深，变形较小，耐磨适于制造形状比较复杂的刀具。它的红热硬度达到350~400°C可以承受较高的切削速度，与碳工具钢比较，合金工具钢刀具允许的切削速度约为碳工具钢的1.2~1.5倍。

合金工具钢的硬度，淬火后可到HRC62~65，但铬钨钢为×5淬火后可到HRC70，为×5的红热硬度不高，所以只能在低的切削速度下加工硬的金屬（如白口铁），这时它的耐磨性很好。

铬钨锰钢的变形小，强度大，所以适宜制造比较细长，精确

表 1-2

鋼的种类	鋼的牌 号		化 学 成 分 (%)			
	我国规定	苏联规定	Mn	Si	Cr	W
鉻 鋼	为12	X12	≤0.35	≤0.40	11.5~13.0	—
	为∠	XΓ	0.45~0.70	≤0.35	1.30~1.60	—
	为	X	≤0.40	≤0.35	1.30~1.60	—
鉻 硅 鋼	9为T	9XC	0.30~0.60	1.20~1.60	0.95~1.25	—
鎢 鋼	—	B1	0.20~0.60	≤0.35	0.10~0.30	0.80~1.20
鉻 鎢 鋼	—	3XB8	0.20~0.40	≤0.35	2.20~2.70	7.50~9.00
	为×5	XB5	≤0.30	≤0.35	0.40~0.70	4.50~5.50
鉻 鎢 錳 鋼	为×∠	XBΓ	0.80~1.10	0.15~0.35	0.90~1.20	1.20~1.60
	9为×∠	9XBΓ	0.90~1.20	0.15~0.35	0.50~0.80	0.50~0.80
鉻 鎳 鋼	—	5XHM	0.50~0.80	≤0.35	0.50~0.60	鎳 1.40~1.80
	—	6XHM	0.50~0.80	≤0.35	0.50~0.80	1.40~1.80

注: 1. 在3XB8中还有钒0.20~0.50%;

2. 在XB5中还有钒0.15~0.30%;

3. 在鉻鎳鋼中还有鎳0.15~0.30%;

4. 符号規定如下:

合金 元素	鉻	鎢	錳	鎳	硅	鉬
我国	为	×	∠	世	T	—
苏联	X	B	Γ	H	C	

的刀具, 如拉刀等。在合金工具鋼中应用最多的是鉻硅鋼9为T和鉻鎢錳鋼为×∠。

三、高速鋼 高速鋼和碳素工具鋼, 合金工具鋼的区别, 是它的含鎢与鉻量較大 (含W約9~20%, Cr約3~5%), 耐磨, 紅热硬度可以达到600°C。由于这些特性, 高速鋼刀具的切削速度可以比合金工具鋼高2~3倍。

高速鋼淬火后的硬度是 HR_C 62~65, 它的导热率很低, 所以在热处理和鍛造加热时应慢慢加热, 磨削时也不能采用較大的切削用量, 否則就容易产生裂紋。