

金屬切削与刀具 課程的实驗指導

C. B. 叶哥洛夫 著
A. Г. 契尔凡科夫



机械工业出版社

金屬切削与刀具 課程的實驗指導

C.B. 萊哥洛夫 著
A.T. 契爾凡科夫
新 柏 譯



机械工业出版社

出版者的話

本書可作为机械制造专业学校的学生在学习刀具和金屬切削課程时的参考書，也可供工厂中願意学习这方面知識的工人学习之用。

本書中講解了关于刀具材料、刀具的几何形狀和构造等基本知识，叙述了刀具各主要参数的測定法。

本書着重于用实验方法研究金屬切削过程方面的問題。

苏联 С.В.Егоров и А.Г.Червяков 著: «РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ «РЕЗАНИЕ МЕТАЛЛОВ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»» (Оборонгиз—1957年出版)

* * *

№ 1936

1958 年 8 月第一版 1958 年 8 月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数72千字 印張2 $\frac{15}{16}$ 0,001—5,100 冊

机械工业出版社 (北京东交民巷 27 号) 出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

北京市書刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价 (10) 0.53元

目 录

原 序	4
-----	---

第一部分金屬切削工具

I. 刀具材料	5
II. 切刀	7
III. 麻花钻	20
IV. 銑刀	32
V. 齿輪滾刀和插齿刀	41

第二部分金屬切削

VI. 切削层变形的研究	52
VII. 車削金屬时各切削因素对各切削分力的影响	58
VIII. 金屬的物理机械性質对切削力 P_z 及切屑收縮 系数 ζ_1 的影响	65
IX. 各切削因素对切削过程温度的影响	68
X. 車削时切削速度与切刀耐用度的关系	74
XI. 钻孔时钻头直径和走刀量对軸向力和扭矩的影响	80
XII. 各切削因素对已加工表面的光洁度的影响	87

原 序

这本“金属切削与刀具”课程的实验指导可供莫斯科航空学院所有专业的学生作参考之用，并可帮助学生掌握和熟悉在实验室内作实验的方法和內容。

本書講解了关于以下各方面的基本概念：刀具材料、刀具的几何形状和构造、这些刀具的主要参数的测量方法，以及在研究金属切削过程的基本规律性时进行实验的方法。

本書的第一部分“金属切削工具”，为技术科学碩士、副教授契尔凡科夫（А. Г. Червяков）所写；第二部分“金属切削”，为技术科学碩士、副教授叶哥洛夫（С. В. Егоров）所写；第Ⅻ章“各切削因素对已加工表面的光洁度的影响”，为技术科学碩士馬尔科夫（А. И. Марков）所写。

第一部分

金屬切削工具

I. 刀 具 材 料

現時刀具的切削部分用下列几种材料制造:

- 1) 工具鋼 (碳素鋼、合金鋼、高速鋼);
- 2) 金屬陶瓷硬質合金 (单碳化物的及双碳化物的);
- 3) 矿物陶瓷合金;
- 4) 磨料。

表 1 和 2 所列, 为除磨料以外的所有各类刀具材料。

刀具材料的性能, 根据硬度、耐磨性、耐热性和强度来鉴定。

工具鋼的硬度, 是在受有 150 公斤载荷的金鋼石冲錐的作用下, 依照洛氏度标 C 来确定的, 而硬質合金的硬度, 則是在受有 60 公斤载荷时依照度标 A 来确定的。

各种刀具材料可經受下列温度 ($^{\circ}C$) 而不喪失其机械性能:

碳素工具鋼.....	$\theta = 250^{\circ}$
合金工具鋼.....	$\theta = 350 \sim 400^{\circ}$
高速工具鋼.....	$\theta = 550 \sim 600^{\circ}$
硬質合金 (金屬陶瓷的) ...	$\theta = 800 \sim 1000^{\circ}$
矿物陶瓷合金.....	$\theta = 1100 \sim 1200^{\circ}$

工具鋼在淬火和回火后, 硬度达到 $R_C = 60 \sim 65$ 。

金屬陶瓷合金在熔結后, 硬度达到 $R_A = 87 \sim 92$; 矿物陶瓷合金的硬度为 $R_A = 88 \sim 92$ 。

刀具材料的牌号只有通过复杂的化学分析才能确定。

工 具 鋼

类 别	牌 号	化 学 成 分 %										硬 度	
		V	Mn	Si	Cr	W	Ni	Mo	S	V	P	Co	RC
碳素工具鋼	Y10A	0.95—1.09	0.15—0.25	0.3	0.2	—	0.25	—	0.02	—	0.03	—	60—62
	Y12A	1.10—1.25	0.15—0.25	0.3	0.2	—	0.25	—	0.02	—	0.03	—	62—64
合金工具鋼	XBΓ	0.9—1.10	0.8—1.1	0.15—0.35	0.9—1.2	1.2—1.6	—	—	—	—	—	—	32—65
	XΓ	1.3—1.5	0.45—0.47	0.35	1.3—1.6	—	—	—	—	—	—	—	32—64
	9XC	0.85—0.95	0.3—0.6	1.2—1.6	0.95—1.25	—	0.3	—	—	—	—	—	32—65
高 速 鋼	P18	0.7—0.8	0.4	0.4	3.8—4.4	17.5—19.0	0.4	0.3	0.03	1.0—1.4	0.03	—	62—65
	P9	0.85—0.95	0.4	0.4	3.8—4.4	8.5—10.0	0.4	0.3	0.03	2.0—2.6	0.01	0.03	62—64

表 2

硬 質 合 金

类 别		牌 号	化 学 成 分 %			机 械 性 能	
			WC	TiC	Co	硬度RA	极限抗弯强度公斤/公厘 ²
金属陶瓷 硬质合金	单碳化 物 的	BK2	93	—	2	90.0	100
		BK3	97	—	3	89.0	100
		BK6	94	—	6	88.0	120
		BK8	92	—	8	87.5	130
	双碳化 物 的	T5K10	85	5	10	88.5	115
		T14K8	78	14	8	89.5	115
		T15K6	79	15	6	89.5	110
		T30K4	66	30	4	92.0	90
		T60K6	34	60	6	90.0	75
		矿物陶瓷合金	TB18	Al ₂ O ₃			88—91
LIM332	Al ₂ O ₃			90—92	—		

II. 切 刀

1. 切刀各元素和几何形状的基本概念

切刀由两个基本部分组成：刀头 A 及刀体或刀杆 B (图 1)。刀头是切刀的工作部分；刀体或刀杆用作将切刀固紧在刀架里。

刀头分下列各元素 (图 1, a 和 b)：前面 1，切下的切屑沿此面排出；后面 (主后面 2 和副后面 3)，它对着待加工零件；切削刃，它由前面和后面的交线形成。

切削刃分为：

- 1) 主切削刃，它担负主要的切削工作；
- 2) 副切削刃 (一个或两个)。

此外，切刀还可以有过渡切削刃 (见图 1, b)。

根据切刀的切削刃，我们把后面分为：主后面 2，它与主切削刃连接；副后面 3 和过渡后面 4，它们分别与副切削刃和过渡切

削刀連接。

刀尖(見圖1)是主切削刀與副切削刀相交的地方。刀尖(從平面上看)可以是尖角的、圓角的或倒棱形式的。

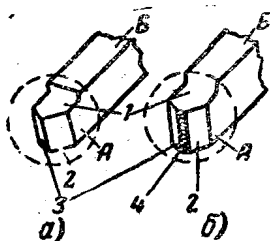


圖 1 切刀的各元素

切刀切削部分的形狀取決於其前面、主後面、副後面和各切削刀的外形及位置。上述各表面和切削刀在空間的相互位置借許多角度來確定，這些角度叫做切刀角度。

2. 決定切刀角度用的各表面和座標平面

根據 OCT 6897—6898 的規定，用切刀切除切屑時，在待加工毛坯上分下列各表面(圖2)：

待加工面——要從其上切除切屑的毛坯表面；

已加工面——已切除切屑後所得到的毛坯表面；

切削表面——待加工毛坯上直接被切刀切削刀所形成的表面。

為了確定切刀的角度，取用下列各座標平面：1) 切削平面；2) 基面；3) 主截面；4) 副截面。

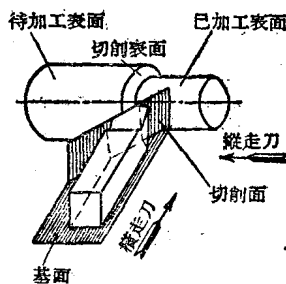


圖 2 車刀工作時的各表面和座標平面

與切削表面相切並通過切刀主切削刀的平面叫做**切削面**(圖2)。

平行於縱向及橫向走刀的平面叫做**基面**。棱形刀體的車刀，可取下支承面作為它的基面(圖2和3)。

垂直於主切削刀在基面上的投影的平面 NN 叫做**主截面**(圖3)。

垂直於副切削刀在基面上的投影的平面 N_1N_1 叫做**副截面**。

切刀的角度都具有兩重性：作為幾何體研究的切刀角度(這

些角度叫做切刀的靜止角度)和在切削过程中所取得的角度(工作角度)。

下面我们研究的是切刀在静止状态下的角度。

任何切刀均应分主要角度和辅助角度。

主要角度在主截面 NN (图 3) 内度量。属于主要角度的有: 后角、楔角、前角和切削角。

主后面与切削面间的夹角叫做主后角 α 。

切刀前面与主后面间的夹角叫做楔角 β 。

切刀前面与通过主切削刃且垂直于切削面的平面间的夹角叫做前角 γ 。

前面与切削面间的夹角叫做切削角 δ 。

从图 3 可以看出, 当 γ 为正值时, 这些角度之间具有下列关系:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ, \quad (1)$$

$$\delta + \gamma = 90^\circ, \quad (2)$$

$$\delta = 90^\circ - \gamma, \quad (3)$$

$$\alpha + \beta = \delta. \quad (4)$$

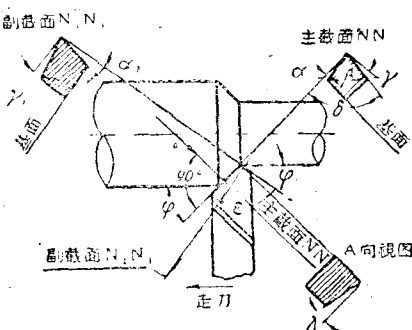


图 3 切刀在非工作状态下的角度

辅助角度在垂直于副切削刃在基面上的投影的副截面 N_1N_1 (图 3) 内度量。

副后面与经过副切削刃并垂直于基面的平面间的夹角叫做副后角 α_1 。

副前角 γ_1 也在副截面内度量。

在切刀上还应分偏角和主切削刃斜角 (见图 3)。

偏角在基面内度量。

主切削刃在基面上的投影与走刀方向間的夹角叫做主偏角 φ 。

副切削刃在基面上的投影与走刀方向間的夹角叫做副偏角 φ_1 。

主、副切削刃在基面上的投影間的夹角叫做刀尖角 ε 。从图3可以看出，偏角与刀尖角的总和等于 180° ，即

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ. \quad (5)$$

主切削刃斜角 λ ，为切削刃与经过刀尖并平行于基面的平面間所夹的角（图3和4）。这角度在切削面內度量。

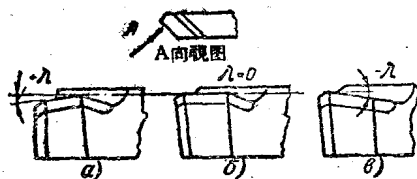


图4 切刀的主切削刃斜角

则 λ 角等于零（图4,b）。

当刀尖是切削刃上最低的一点时，主切削刃斜角便算作正的（图4,a）；当刀尖是切削刃上最高的一点时，便算作负的（图4,c）；当主切削刃平行于基面时，

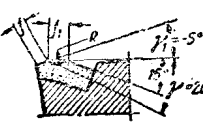
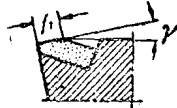
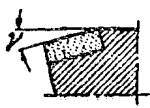
3. 切刀前面的形状

切刀的前面按表3所列的五种型式之一制成。

表3

前面的形状

前面的形状		应用范围
I. 平面形 带正前角的		加工灰鑄鉄用的切刀
II. 平面形 带1公厘以下的 负倒角的		加工鋼料和鑄鉄用的所有各类切刀。加工鋼料时用捲屑器

前 面 的 形 状	应 用 范 围
IIa. 圓弧 形帶負倒角的	 除切削刃外形复杂的成形刀以外在須要切屑捲曲和走刀量 $S > 0.25$ 公厘/轉的情況下加工鋼料用的所有各類切刀。當走刀量 $S = 0.25 \sim 0.8$ 公厘/轉時, $R = 5 \sim 6$ 公厘; 當走刀量 $S = 0.8 \sim 1.5$ 公厘/轉時, $R = 10 \sim 12$ 公厘
III. 平面形 帶 3 公厘以上的 負倒角的	 加工強度極限 $\sigma_b > 80$ 公斤/公厘² 的鋼料用的切刀
IIIa. 平面 形帶負前角的	 加工硬度 $H_B > 300$ 公斤/公厘² 的鑄鐵和 $\sigma_b > 80$ 公斤/公厘² 的鋼料用的切刀。對有沖擊和外皮余量不均勻的鑄鐵的加工

4. 切刀幾何形狀的測量

切刀刀體的截面 $B \times H$ 公厘² 用卡尺或量尺測量 (圖 5), 而切刀的幾何參數則用萬能量角器或台式量角器測量。

主偏角 φ 和副偏角 φ_1 用萬能量角器測量。

圖 6 所示, 為用萬能量角器

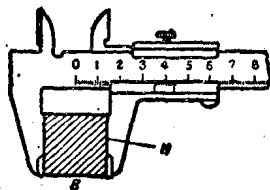


圖 5 用卡尺測量切刀截面

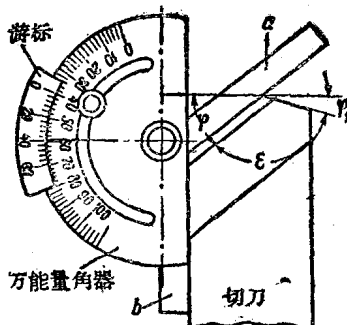


圖 6 用萬能量角器測量主偏角

(量角器的精度為 $2'$) 測量 φ 角的實例。

在測量主偏角 φ 時, 將量角器的平板 a 靠緊在主切削刃上,

而将平板 b 靠紧在切刀的侧边上。这时量角器分度盘上的读数就是 φ 角的值。副偏角 φ_1 也用相同的方法测量。

刀尖角可按下式求得：

$$\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)。$$
 (6)

主要角度和辅助角度以及主切削刃斜角用台式量角器测量。

图 7 所示，为测量主后角 α 的实例；图 8 为测量主前角 γ 的实例。

在测量主后角 α 时，测角板支臂 a 与切刀后面贴合（图 7）；在测量主前角 γ 时，测角板支臂 b 与切刀前面贴合。量角器分度盘 c 上的读数就是 α 和 γ 角的值。

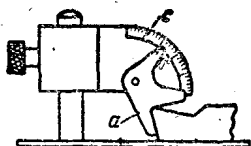


图 7 用台式量角器测量主后角



图 8 用台式量角器测量主前角

主切削刃斜角 λ 的测量，示于图 9。在测量 λ 角时，测角板支臂 b 与切刀切削刃贴合。

测得上述各角度后，其余各角的值可按下列公式计算：

$$\delta = 90^\circ - \gamma,$$

$$\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)。$$

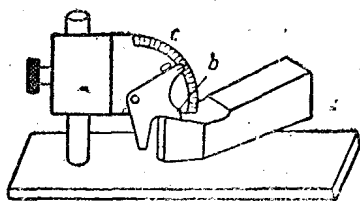


图 9 用台式量角器测量主切削刃斜角

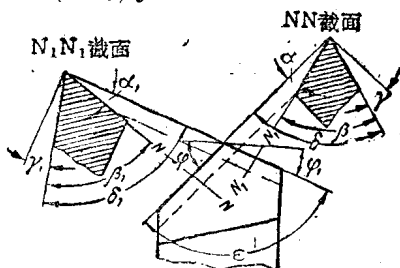


图 10 标明了角度的切刀简图

根据测量切刀角度所得到的数据，可以繪出标明了所有切刀角度的切刀簡图，（图 10）。

5. 切刀的刃磨

鑲有硬質合金的切刀，在工具磨床上用綠色碳化硅砂輪分兩道工序刃磨：

- 1) 用粗粒砂輪（粒度 24~36）預先粗磨；
- 2) 用細粒砂輪（粒度 46~60）最后刃磨。

鑲有硬質合金的切刀，除了刃磨以外，要用以碳化硼为主要成分的油膏研磨。在油膏的成分中加入石蜡和机油作为粘合剂。

高速鋼制成的切刀，用电爐氧化鋁砂輪刃磨。

6. 切刀的种类

下面研究在高速切削的實踐中应用最广的几种切刀的特性并加以說明。

克別克(КБЕК^①)切刀用于高速切削加工高合金鋼和淬硬鋼。这种切刀(图 11, a)鑲有 T 15 K6 硬質合金刀片，其特点是偏角小($\varphi = 10 \sim 20^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$)，且沒有刀尖圓角半徑($r = 0$)。

应用偏角小的切刀，可使硬質合金刀片强固、切削刃的散热改善，并使切刀耐用度提高。

由于这些特点，克別克切刀在加工高强度及难于加工的金屬时，例如加工淬火到硬度很高的 30 XFGA 号鋼($\sigma_b = 160$ 公斤/公厘²)时，其容許的切削速度，比其他高速切刀大 1~3 倍。

用克別克切刀工作时，徑向力 P_y 大为增高，因而可能引起工件振动和弯曲。所以克別克切刀只有在机床——工件——切刀系統的剛性良好时，才能成功地用作半精加工和精加工。

在具有小偏角时，便不可能以大的切削深度来工作。为了消

^① КБЕК 是切刀各創造者的姓：Кривоухов、Бруштейн、Егоров、Ковлов 的起始字母。

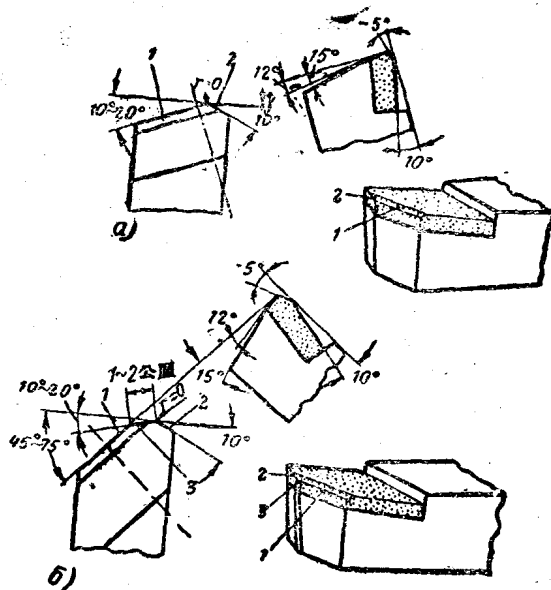


图 11 克别克切刀

a—有主切削刃 1 和副切削刃 2 的切刀；

b—有主切削刃 1 副切削刃 2 和过渡切削刃 3 的切刀

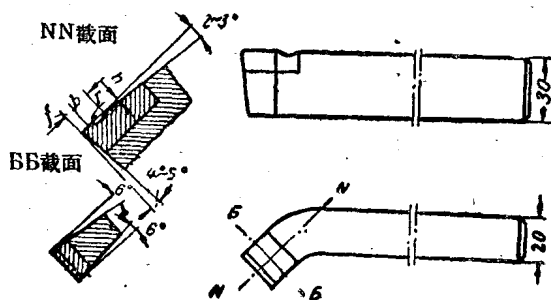


图 12 貝科夫切刀

除这个缺点。克别克切刀的构造，建議帶有主切削刃 1、副切削刃 2 及寬度为 1~2 公厘的过渡切削刃 3（图 11, b）。

貝科夫(П.Б. БЫКОВ)切刀(图 12)，用来高速切削加工中等强

度的結構鋼。切刀適用的幾何參數 $\gamma = 5^\circ$, $\alpha_1 = 6^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\varphi = 45^\circ$ 。

切刀前面具有倒棱 f 及卷屑用的斷屑坑，其尺寸列于表 4。

表 4

貝科夫切刀的倒棱及斷屑坑的尺寸

待加工材料	f 公厘	h 公厘	b 公厘
10 号和 15 号鋼	0.2~0.3	1.5	4.0
35 号和 20X 号鋼	0.3~0.5	1.0	3.5
45 号和 40X 号鋼	1.0~1.5	0.5	2.5

科列索夫 (B.A. Колесов) 切刀，用作高生產率的縱車削和車端面，它保証已加工表面的光潔度有 5~6 級（按 ГОСТ 2789—51 的 $\nabla\nabla 5 \sim \nabla\nabla 6$ ）。切刀鑲有 T15 K6 硬質合金刀片。

科列索夫外圓車刀（圖 13）的特點是具有三個切削刃，其中之一帶有偏角 $\varphi = 45^\circ$ ；其二長度為 1 公厘、帶有偏角 $\varphi_0 = 20^\circ$ ；其三是偏角 $\varphi_1 = 0^\circ$ 的修光刃。

切刀的角度為： $\gamma = 5^\circ$ ； $\alpha = 6^\circ$ ； $\alpha_1 = 3 \sim 5^\circ$ ； $\varphi = 45^\circ$ ； $\varphi_0 = 20^\circ$ ； $\varphi_1 = 0^\circ$ ； $\lambda = 0 \sim 4^\circ$ 。

修光刃的長度應等於 $(1.1 \sim 1.2)s$ ，其中 s 是主軸每轉的走刀量（公厘）。

科列索夫端面切刀（圖 14），也與外圓車刀一樣，具有寬度 $b = 1.1s$ 、偏角 $\varphi_1 = 0^\circ$ 的修光切削刃；修光刃切去在已加工表面上殘留下來的凸峰。

波爾特客羅維奇 (Г.С. Борткевич) 切刀（圖 15），用來在半精加工及精加工時車削圓柱表面及端面。切刀鑲有 T15 K6 硬質合金刀片。

切刀的角度如下： $\gamma = 8 \sim 10^\circ$ ； $\alpha = 6 \sim 8^\circ$ ； $\varphi = 90^\circ$ ； $\varphi_1 = 8^\circ$ ； $\lambda = 2^\circ$ ； $R = 0.5$ 公厘。

在切刀前面上磨有帶負前角 $\gamma_1 = -2^\circ$ 的倒棱 $f = (0.8 \sim 1.5)s$ 。

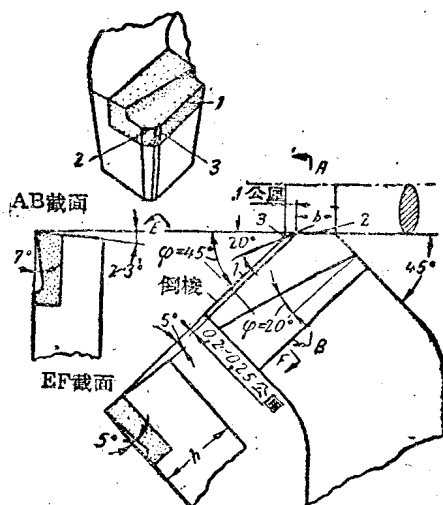


图 13 科列索夫外圆车刀

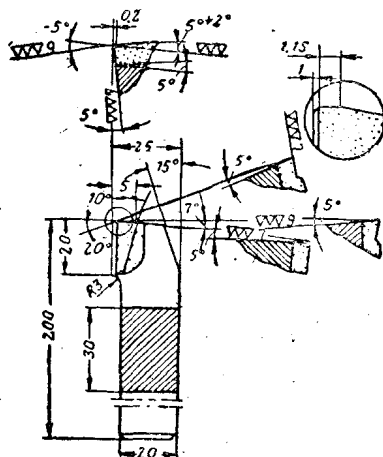


图 14 科列索夫端面切刀