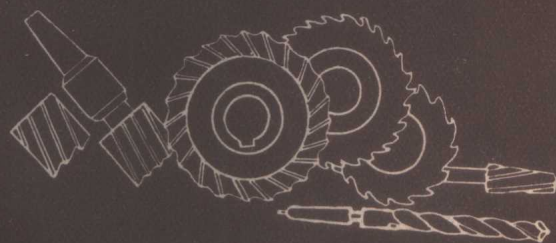


148255
A.И. 舍普辛伏尔 著

仪器制造切削工具



0
国防工业出版社

仪器制造切削工具

A. И. 舍普辛伏尔 著

关廷栋、艾兴、王熾鴻 译



国防工业出版社

本書經苏联高等教育部审定为高等工业学校仪器制造专业的教学参考書。

本書內容系叙述仪器制造中所采用的各种切削工具。全書共分十二章，分別講解金屬切削加工的概念、制造切削工具用的材料、各种切削工具的结构及其在仪器制造中的应用等問題。

本書可作为工程技术人員、科学研究人員及实际生产人員的参考指南。

А. И. Шепсенов

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Государственное

Издательство Оборонной Промышленности

Москва 1951

本書系根据苏联国防工业出版社

一九五四年俄文版譯出

仪器制造切削工具

[苏]舍普辛伏尔 著

关廷栋 等譯

*

国防工业出版社出版

北京市書刊出版业营业許可証出字第074号

北京新中印刷厂印刷 新华書店发行

*

850×1168 1/32 • 13³/₈ 印張 • 362,000字

一九五八年三月第一版

一九五八年三月北京第一次印刷

印数：1—1,560冊 定价：(10)2.20元

目 錄

原作者的話

第一章 金屬切削加工中的基本概念和定义.....	1
1. 一般概念.....	1
2. 切刀的要素.....	1
3. 确定切刀角度的表面和原始平面.....	3
4. 切刀在靜止时的角度.....	5
5. 切刀加工时的切削要素.....	6
6. 切刀在切削时的角度.....	12
7. 切削刀安装在高于或低于工件中心綫时切刀角度的变化.....	21
8. 刀具切削部分几何参数的合理选择.....	26
第二章 制造刀具用的材料.....	51
1. 对刀具材料的要求.....	51
2. 刀具材料.....	57
3. 刀具材料牌号的合理选择.....	73
第三章 切 刀.....	75
1. 一般概念.....	75
2. 車刀.....	75
3. 鉋刀和插刀.....	80
4. 杆状切刀的强度計算.....	81
5. 杆状切刀的结构.....	89
6. 六角-自动机床用的杆状切刀.....	98
7. 高速車削用的切刀.....	113
8. 車床和自动-六角車床用的成形切刀.....	121
9. 圓形和棱形成形切刀輪廓畸变的計算.....	132
10. 圓形成形切刀的结构和外形尺寸.....	153
11. 計算和設計圓形成形切刀的例題.....	158
12. 檢驗切刀成形輪廓用的样板的設計.....	164

第四章 钻 头	165
1. 一般概念	165
2. 麻花钻	167
3. 麻花钻几何形状的特点	172
4. 加工小直径孔用的钻头	181
5. 扁钻 (平钻)	182
6. 深孔钻	188
7. 镶硬质合金刀片的双面切削钻头	196
第五章 铰 钻	198
1. 一般概念	198
2. 柱形铰钻	198
3. 扁铰钻	207
4. 埋头锥孔用的铰钻(埋头钻)和中心钻	209
5. 加工端面槽和端面用的铰钻	211
第六章 铰 刀	221
1. 一般概念	221
2. 柱形铰刀	222
3. 锥形铰刀	233
第七章 拉刀和推刀	238
1. 一般概念	238
2. 圆柱拉刀	241
3. 多面拉刀	258
4. 键槽拉刀	260
5. 特种拉刀	265
6. 拉刀强度的计算	273
第八章 铣 刀	276
1. 一般概念	276
2. 铣刀几何形状的特点	281
3. 滚铣刀	285
4. 端铣刀	289
5. 圆盘铣刀	297

6. 立铣刀	303
7. 角铣刀	309
8. 成形铣刀	310
9. 铣刀刀齿形状的选择	314
10. 刀齿成阶梯位置的铣刀	318
第九章 齿轮刀具	321
1. 一般概念	321
2. 切削小模数齿轮的方法	322
3. 用仿形法切削齿轮的刀具	323
4. 用展成法切削齿轮的刀具	324
第十章 用展成法加工非渐开线轮廓的刀具	350
1. 一般概念	350
2. 滚刀	353
3. 插齿刀	355
第十一章 螺纹刀具	358
1. 螺纹车刀	358
2. 螺纹梳刀	363
3. 丝锥	372
4. 板牙	384
5. 螺纹铣刀	394
6. 高速切割螺纹用的刀头	402
7. 滚丝工具	405
第十二章 磨削工具	412
1. 磨料的分类	412
2. 磨料的粒度	415
3. 磨料的粘结剂	416
4. 磨削工具的硬度	418
5. 磨削工具的结构	419
6. 磨削工具的形状和尺寸	420
7. 研磨工具	424
8. 研磨和刃磨刀具用的砂轮的選擇	426
参考文献	430

原 作 者 的 話

劳动生产率对于进一步提高工业水平和整个国民經济起着决定性的作用。按照苏联共产党十九次代表大会关于发展苏联第五个五年計劃（1951~1955年）的指示：工业中的劳动生产率，在五年后必須增长約50%。这样高的劳动生产率的增长速度，对于任何一个資本主义国家來說都是不可能达到的。

然而在我们社会主义企业里，由于社会主义的劳动方法、社会主义竞赛、生产中使用新的与日益完善的生产技术、生产过程机械化的发展、以及工人文化水平和生产技能的提高，所以不断的提高劳动生产率是完全可能的。

切削工具对于机械加工的生产率有很大的影响。它能促进高速切削的发展、降低基本（工艺的）工时、提高加工精度和表面光洁度。在仪器制造和精密机器制造中，由于被加工零件的外形尺寸不大、工具尺寸和机工場设备的規格較小，因此，所采用的刀具比普通机器制造中所用的刀具有着許多特点，所以对于仪器制造和精密机器制造中所用的刀具的合理設計和使用問題就具有特別的意义，并須进行专门的研究。

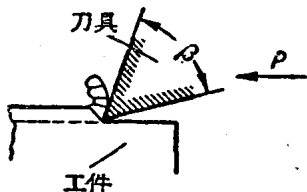
本書专门討論仪器制造和精密机器制造中所用的刀具。它是高等学校仪器制造专业的教学参考書，同时对工程技术人员在社会主义企业的极重要領域內，如在仪器制造和精密机器制造中推广先进的金屬切削加工方法时有所裨益。

本書在著作和評閱过程中，得到列宁格勒航空仪器制造学院与列宁格勒精密机器和光学仪器学院“仪器制造工艺学”教研室的同志們、以及技术科学博士Г.И. 格蘭諾夫斯基教授、Н.П. 沙波列夫教授、技术科学碩士К.П. 斯大耶夫講師、“銑刀”工厂总工程师Г.А. 阿列克賽耶夫、技术科学碩士С.Б. 伏多良和В.В. 西达罗夫斯基工程师的帮助与宝貴的指示，作者表示衷心的感谢。

第一章 金属切削加工中的 基本概念和定义

1. 一般概念

为使零件具有一定的形状和给定的尺寸，可用刀具以切下切屑的方法来加工毛坯。根据刀具的形状和构造、工件与刀具的运动性质以及切下切屑的尺寸，可采用不同的切削加工方式。



由于不论是单刃或多刃刀具的各种切削加工方式基本上切下材料的过图 1 切削简图(工件—刀具)程是相同的，因而所规定的定义必须适合于所有的加工方式。各种加工方法可以认为是金属切削加工的共同过程中的个别情况。

在进行金属切削加工过程中使用各种各样不同的刀具，其中切刀占有最重要的地位，同时它也是最简单的刀具之一。所以研究刀具时一般以切刀切削部分几何参数的合理数值作为基础开始研究。

因为外圆车削是最普通的切削过程，所以对车削及其所用的外圆车刀规定出基本概念和定义。

由图 1 看出：具有楔角 β 的刀具受到力 P 的作用向前移动，用其前面对位于前边的金属层施以压力。

切削刃与工件的相对位置和这个切削刃对于待加工表面移动的方向对切削过程有很大的影响，因此以后除确定刀具在静止状态下的几何参数外，还要分析和确定刀具在运动状态下的几何参数。

2. 切刀的因素

切刀是由刀头和刀身（刀杆）组成的。刀头是切刀的工作部

分；刀身是切刀挟在刀架或刀座上的部分。

切刀的工作部分（图2）分为下列各因素：

前面是切削过程中用以排出切屑的表面。前面有的没有棱边（图2,a），有的有棱边（图2,b）。

后面是正对着工件的表面。

切削刃（图2,b）是由前面和后面的

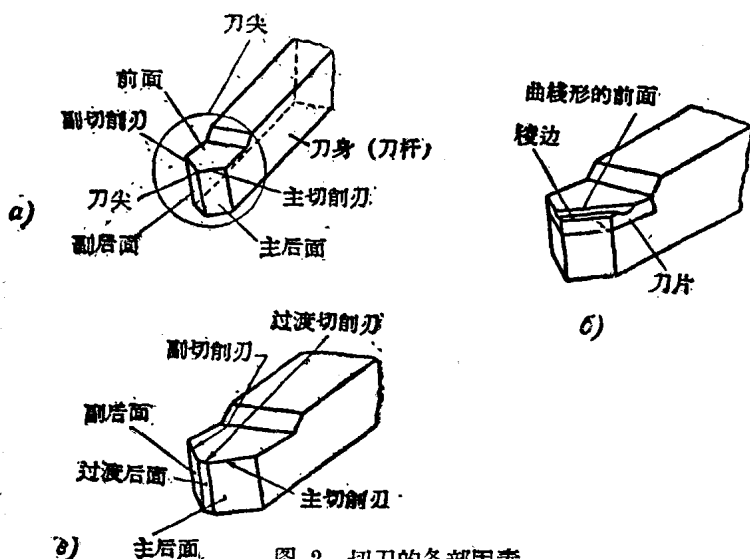


图2 切刀的各部因素

a—在前面无棱边的切刀；b—在前面有棱边的切刀；

b—有过渡切削刃的切刀。

交线所形成，并分为主切削刃（完成主要的切削工作）、过渡切削刃和副切削刃（一个或二个）。按切削刃的不同，后面分为主后面（紧接主切削刃的表面）、过渡后面（紧接过渡切削刃的表面）和副后面（紧接副切削刃的表面）。

刀尖（图2,a）是主切削刃与副切削刃连接的地方，刀尖（在平面投影中）可以是尖的、圆的、或棱边的形状。

刀头高度是从刀尖至支承面间的垂直距离。刀头高度 h 可以是正的（图3,a），也可以是负的（图3,b）。

刀头长度是从刀尖至刃磨表面的出口线之间，平行于切刀轴

綫量出的最大距离 (图3, B)。

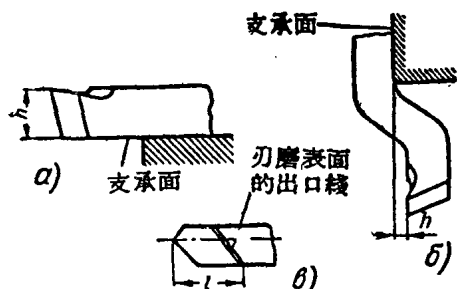


图 3 切刀的刀头高度和刀头长度

a—正的刀头高度；b—负的刀头高度；

c—刀头长度。

3. 确定切刀角度的表面和原始平面

用切刀从工件上切下切屑的过程中，在工件上可分为下列各表面 (图 4)：

待加工表面是从上面切下切屑的表面。

已加工表面是切下切屑后所得到的表面。

切削表面是在工件上直接与切削刀接触的表面。

为了确定车刀、刨刀和插刀的各个角度，OCT 6898规定下列两个原始平面^① (图 4)。

切削平面——通过切削刀并与切削表面相切的平面。

这个定义仅适用于直线切削刀的切刀；对于曲线切削刀来说，切削平面是由切削刀上每点与切削表面的切线来决定，并且是由切于切削表面的直线沿着切削刀运动所形成的直线面。

作直线运动的刨刀和插刀，其切削平面即与切削表面相重合 (图 5 和 6)。

基面是平行于纵走刀和横走刀方向的平面。在棱形刀身的车刀和刨刀上，可以取切刀的下支承面作为基面 (见图 4, 5)；而插刀的基面则为垂直于支承面的平面 (见图 6)。

对于支承面为平面 (基面的位置与此平面有关系) 的切刀，上述定义是完全正确而且是很清楚的，在实际应用中不会有任何误解。但对于其它类型的较复杂刀具，由于其基面相对于刀身的位置不是固定的，所以上述定义不能适用。当研究较为复杂的各种

^① 在OCT 6898中确定切刀角度的原始平面是根据切刀切削刀在静止状态下相对于工件的位置而定出的，并未考虑到刀具的相对运动。因此这些定义是把刀具作为静止状态的空間几何体来确定的。在这种情况下切刀的几何角度亦即为它的刃磨角度。

刀具时，主要的应该确定垂直于切削速度方向的平面。

垂直于切削速度方向的平面是与切削平面垂直并通过主切削

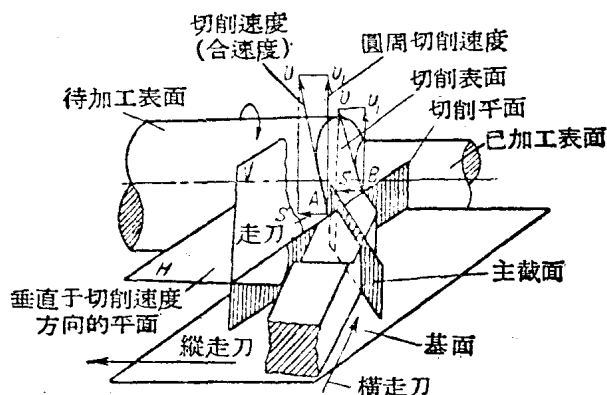


图 4 决定刀具角度的表面和原始平面

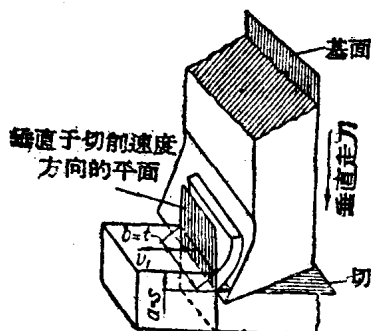


图 5 决定刨刀角度的原始平面

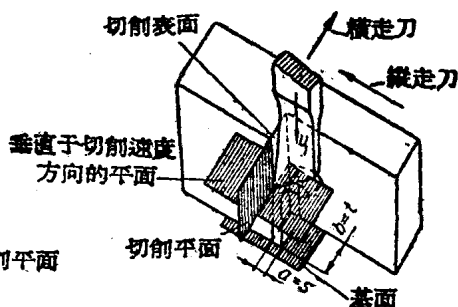


图 6 决定插刀角度的原始平面

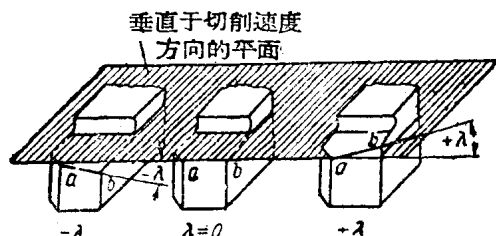


图 7 垂直于切削速度方向的平面所决定的 λ 角

刃的平面。但主切削刃成一倾角 λ 时，则为通过刀尖而与切削平面垂直的平面（图 4 和 7）。

考虑切削刀对于工件的位置和該切削刀的相对运动的定义是与加工方式无关的，所以应该在垂直于切削速度方向的平面中来規定它（見图4,5,6）。切削速度向量 v 或 v_1 的方向都考虑到任何刀具的切削刀相对于工件的位置，因为它是根据切削刀的位置和切削刀在切削过程中的相对运动所决定的要素。

4. 切刀在靜止时的角度

靜止状态的切刀角度是把切刀作为几何体来研究时的角度。全苏标准 OCT 6898 是按照直头切刀来确定靜止状态各角度的定义。它規定切刀的軸綫要垂直于縱走刀方向（适用于外圓車刀、鉋刀和插刀）或平行于走刀方向（适用于切斷車刀和成形切刀），且在車床上工作时刀尖应置于机床中心綫上（图8）。

切刀各角度应分为主要角度和輔助角度两种。

切刀的主要角度是在与主切削刀在基面上的投影相垂直的主截面內度量的（見图4和8）。

主后角 α 是切刀主后面与切削平面間的夹角。

楔角 β 是切刀前面与主后面間的夹角。

前面 γ 是切刀前面与垂直于切削平面且通过主切削刀的平面間的夹角。

切削角 δ 是切刀前面与切削平面間的夹角。

主偏角 φ 是主切削刀在基面上的投影与走刀方向間的夹角。

副偏角 φ_1 是副切削刀在基面上的投影与走刀方向間的夹角。

副后角 α_1 是副后面与垂直于基面且通过副切削刀的平面間的夹角。

副后角是在与副切削刀在基面上的投影相垂直的副截面內度量的。

刀尖角 ϵ 是主切削刀和副切削刀在基面上的投影間的夹角。

显然，

$$\varphi + \epsilon + \varphi_1 = 180^\circ.$$

主切削刀傾角 λ 是主切削刀与經過刀尖且平行于基面的平面

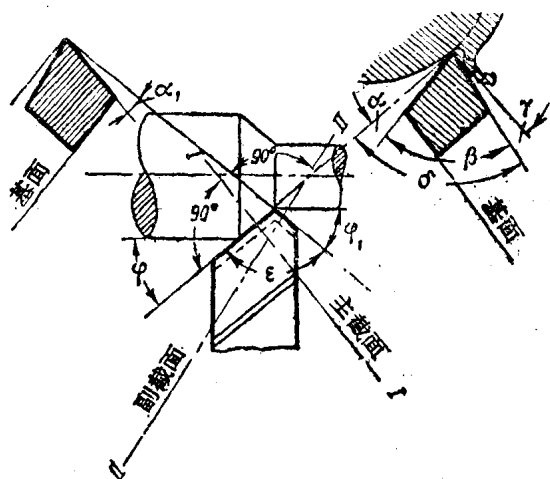


图 8 在静止状态的切刀角度

間的夹角（见图 7）。它是在切削平面内度量的（图 9）。

当刀尖为切削刃的最低点时，主切削刃倾角 λ 是正的；当刀

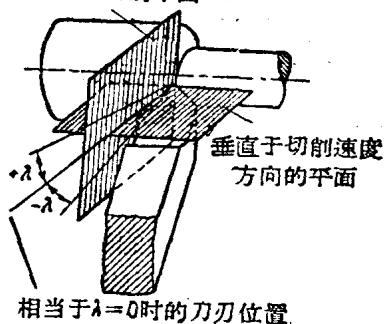


图 9 形成 λ 角时切削刃相对于切削平面的位置

尖为切削刃的最高点时， λ 角是负的；当主切削刃平行于基面时， λ 角等于零。

5. 切刀加工时的切削要素

切刀加工时的运动分为：

主运动是切下切屑时完成最大切削工作的运动，車床上的主

运动是工件的旋轉运动,而鉋床和插床上的主运动则为直綫运动;

輔助运动是完成刀具的走刀和使切刀切入新的材料层所必須的运动。

上述两种运动可以同时进行,例如外圓車削(图10),也可以交替进行,例如鉋削和插削(图5和6)。

主运动和輔助运动的区别不应该按照某种运动的方向,而是根据完成切削工作的大小来划分。例如車削时工件的圓周速度为最大值,因而它是主运动,而刀具的走刀速度为最小值,所以它是輔助运动。

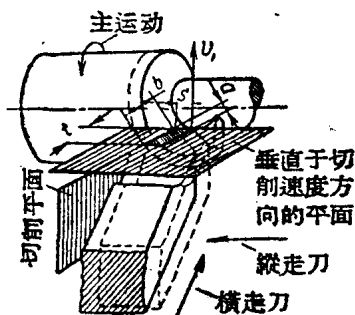


图 10 車削时切削要素和切屑的名义横截面积

切削速度 v 是在单位時間內切削刃对待加工表面相对移动所经过的路程。

因而在車削时的切削速度 v 是工件旋轉的圓周速度 v_1 和走刀量 s 的函数,即这两种运动的合成速度(见图4)。

实际上,因为走刀量 s 对切削速度 v 大小的影响很小,所以切削速度 v 可認為仅是工件旋轉的圓周速度 v_1 的函数。

此时切削速度可用下式表示:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ 公尺/分}, \quad (1)$$

式中 D ——工件的(最大)直徑(公厘);

n ——工件每分鐘轉数。

当走刀量对切削速度大小的影响不可略去时,例如切削升角大的螺紋,即用大的走刀量时,按公式(1)所决定的切削速度,其結果是不够准确的。因此,在这种情况下,切削速度必須認為是圓周切削速度和走刀量两种运动的函数的合成速度。

走刀量 s 。——在車床上它是工件每旋轉一轉时切刀在輔助运动时移动的距离,对于鉋床和插床來說,它是每一个工作行程后

工件或切刀移动的距离（公厘）（见图6, 10和11）。

在車床上走刀分为：**縱走刀**——沿着机床中心綫的走刀；**橫走刀**——垂直于机床中心綫的走刀和**斜走刀**——与机床中心綫成一傾斜角的走刀。

在鉋床上分为：**水平走刀**、**垂直走刀**和**斜走刀**。而在插床上則分为**縱走刀**、**橫走刀**和**圓周走刀**。

对于車床工作，走刀量是以工件旋轉一轉車刀所走的距离（公厘）来度量，而鉋床和插床工作則以切刀每一工作行程所走的距离（公厘）来度量。

显然，每分鐘的走刀量 s_{MH} 可用下式表示：

$$s_{\text{MH}} = s_0 n, \quad (2)$$

式中 s_0 ——切刀的走刀量，以公厘/轉(工件)或公厘/工作行程(切刀)計；

n ——每分鐘內工件的轉數或工作行程數。

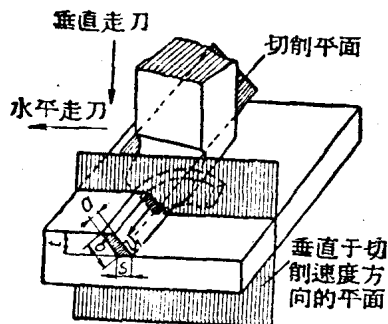


图 11 鉋削时的切削要素

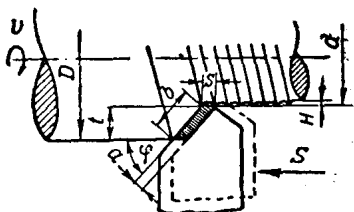


图 12 外圓車削时的切削要素

切削深度 t 是待加工表面和已加工表面之間沿垂直于已加工表面的方向量出的距离（公厘）。

車削时（图12）切削深度决定于加工前后工件直徑之差的一半，即

$$t = \frac{D-d}{2}, \quad (3)$$

式中 D ——加工前的工件直徑（公厘）；

d ——加工后的工件直徑（公厘）。

切屑寬度 b 是沿切削表面量出的待加工表面和已加工表面之間的距離（公厘）。

根据OCT 6893的規定：切屑寬度取为切刀切削刃的工作长度。

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \quad (4)$$

对于直綫切削刃的切刀，倘其切削刃有傾角 λ ，則切屑寬度等于切削刃工作长度在基面上的投影，即

$$b_1 = \frac{b}{\cos \lambda} = \frac{t}{\sin \varphi \cos \lambda}; \quad (5)$$

当 λ 值很小时 b 与 b_1 的数值相差极少。

切屑厚度 a 是先后相邻两切削表面之間垂直于切屑寬度方向量出的距離，其大小为：

$$a = s \sin \varphi. \quad (6)$$

上述切屑寬度与切屑厚度的定义并未考虑到切削过程中切屑的变形。实际上在切削时切屑发生变形（特别是韌性金屬），所以它們的尺寸与上述寬度和厚度并不符合。因此更正确地說，上述切屑寬度和切屑厚度的定义應該是金屬切削层的寬度和厚度的定义。

按照 OCT 6898 規定的切屑厚度和切屑寬度的定义，对于直綫切削刃的切刀，可得出名义切屑橫截面积 $f_{\text{ном}}$ 为：

$$f_{\text{ном}} = ab = \frac{t}{\sin \varphi} s \sin \varphi = ts \text{ 公厘}^2. \quad (7)$$

上述橫截面积是在垂直于切削速度方向的平面內决定的（見图10），而且它是切刀所切下但未考虑到殘留梳状面积（切刀走刀后殘留在工件表面上的不平度 H ）的金屬层（見图12）。

因此，实际的切屑橫截面积 f_g 比名义的要小，即

$$f_g = f_{\text{ном}} - f_o,$$

式中 f_o ——未被切去的殘留梳状面积。

殘留在已加工表面上不平度的大小和形状决定于被加工材料

的性質、切削用量、刀具的幾何形狀和“機床——工具——工件”系統的剛度。

此外，被加工材料組織的不均勻性與冷硬程度，切削刃在磨鈍後形狀的改變等都影響不平度的形成。

要構成一個能夠包括所有影響形成不平度的各種因素的方程式是不可能的。因此一般僅考慮對於不平度的微觀幾何形狀有較大作用的主要因素。

這些因素有：走刀量、刀尖圓角半徑和偏角。不平度的高度（圖13,a 和 б）不但隨着走刀量和偏角的減少而降低，也隨着刀尖圓角半徑的增加而減少。

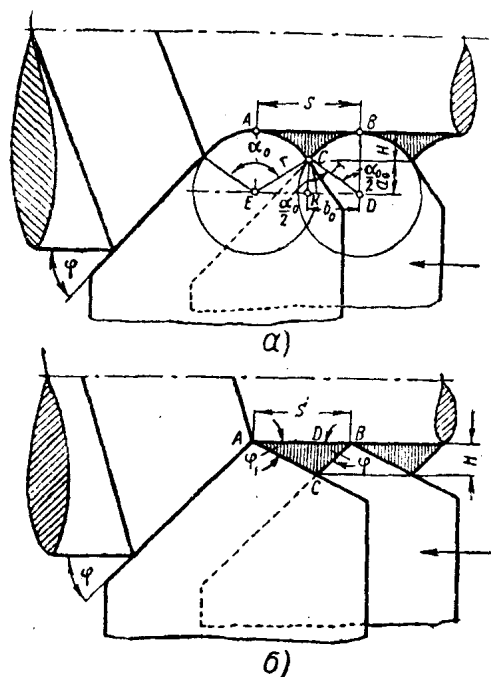


圖 13 切刀加工時的殘留梳狀面積
a—大的刀尖圓角半徑；б—小的刀尖圓角半徑。

根據不同走刀量和偏角所得到的 H 值和表面光潔度的等級（按ГОСТ 2789-51）列於表1中， H 值是按下式算出的