

高等学校试用教材

# 金属切削原理实验

南京工学院 赵芝眉 主编  
哈尔滨工业大学 丁儒林

机械工业出版社

911057

## 高等学校试用教材

为适应全国高等工科院校机械制造工艺与设备专业的教学需要，高等工业学校机械制  
(冷加工)类专业教材编审委员会刀具教材编审组，于1982年10月制訂了刀具组1982~1985  
年教材编审规划。《金属切削原理实验》

# 金属切削原理实验

在《金属切削原理》的基础上，使学生进一步掌握和巩固课堂上所学的基本理论，初步掌握金属切削实验的基本方法和技能，学会使用有关测量仪器以及实验数据的处理方法。

本实验指导书是按照《金属切削原理》课程的教学大纲，内容包括车刀角度的测量、切削层变形的观察与测量、车削速度的测定及经验公式的建立、刀具磨损及“ $\eta$ ”值的测定等。在附录中介绍了金属切削原理中常用的试验设计及数据处理方法，并附有计算例题。

南京工学院 赵芝眉 主编  
哈尔滨工业大学 丁儒林

为了加强学生的独立工作能力，启发学生自己组织实验工作，在指导书中重点介绍每个实验的测量原理与实验方法，要求学生在实验时根据具体条件自拟实验参数，并在实验报告中写出主要实验步骤和仪器的调试方法，从而使学生掌握实验的主动权，充分发挥独立工作能力。

在编写本指导书时，注意到了内容的更新，以及科学性、先进性和实用性的问题，力求



机械工业出版社

编者  
一九八四年八月

# 前 言

为适应全国高等工科院校机械制造工艺与设备专业的教学需要，高等工业学校机械制造（冷加工）类专业教材编审委员会刀具教材编审组，于1982年10月制订了刀具组1982~1985年教材编审规划。《金属切削原理实验指导书》为规划内容之一。

在《金属切削原理》课程中，实验环节是教学的重要组成部分，它的目的是使学生进一步掌握和巩固课堂上所学的基本理论、初步掌握金属切削实验的基本方法和技能，学会使用有关测量仪器以及实验数据的处理方法。

本实验指导书是按照《金属切削原理》课程教学大纲编写的，内容包括车刀角度的测量、切削层变形的观察与测量、车削力的测定及经验公式的建立、车削温度的测定及经验公式的建立、刀具磨损及“ $v-T$ ”关系的确定等五个主要实验。为了使学生进一步学会实验数据的处理方法，在附录中介绍了金属切削原理中常用的试验设计及数据处理方法，并附有计算例题。

为了加强学生的独立工作能力，启发学生自己组织实验工作，在指导书中重点介绍每个实验的测量原理与实验方法，要求学生在实验时根据具体条件自拟实验参数，并在实验报告中写出主要实验步骤和仪器的调试方法，从而使学生掌握实验的主动权，充分发挥独立工作能力。

在编写本指导书时，注意到了内容的更新、以及科学性、先进性和实用性的问题，力求作到将国内外一些较成熟的实验方法编写到指导书中。各院校根据不同的教学要求和具体的设备条件，可选作本指导书中的部分实验，或某些实验的部分内容。

本实验指导书为高等院校机械制造工艺与设备专业《金属切削原理》课程的配套辅助教材，也可作为中等专业学校相应专业的配套教材。

本指导书各实验的编者是：实验一哈尔滨工业大学丁儒林，实验二东北工学院石展儒，实验三南京工学院谢锡俊，实验四南京航空学院童宪超，实验五西北工业大学蔡伟，附录南京工学院万迪慧。由南京工学院赵芝眉、哈尔滨工业大学丁儒林主编，重庆大学肖诗纲、北京航空学院陈鼎昌主审，并经高等工业学校机械制造（冷加工）类专业教材编审委员会刀具教材编审组审查通过。

在本实验指导书的编写过程中，得到了全国各兄弟院校的大力支持，特此致以衷心的感谢。

由于我们的水平有限，书中内容难免存在一些缺点和错误，诚恳地希望读者提出批评指正。

编者

一九八四年八月

# 目 录

实验一 车刀角度的测量.....	1
实验二 切削层变形的观察与测量.....	10
实验三 车削力的测定及经验公式的建立.....	17
实验四 车削温度的测定及经验公式的建立.....	27
实验五 刀具磨损及“ $v-T$ ”关系的确定.....	35
附 录 金属切削原理中常用的试验设计及数据处理方法.....	41

本书是根据《金属切削原理》课程的教学大纲编写的。在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为机械类、近机类各专业的教材，也可供从事金属切削工作的工程技术人员参考。

本书共分五章。第一章介绍车削加工的特点、应用及刀具、切削液、切削参数的选择。第二章介绍切削层变形的产生原因、影响因素及测量方法。第三章介绍切削力的产生原因、影响因素及测量方法。第四章介绍切削温度的产生原因、影响因素及测量方法。第五章介绍刀具磨损的原因、影响因素及刀具寿命的测定方法。

本书由机械工业出版社出版。在编写过程中，得到了有关领导和同志的大力支持，在此表示衷心的感谢。

# 实验一 车刀角度的测量

## 一、目的与要求

1. 熟悉车刀切削部分的构造要素，掌握车刀标注角度的参考平面、参考系及车刀标注角度的定义；
2. 了解量角器和量角台的结构，学会使用量角器和量角台测量车刀标注角度；
3. 绘制车刀标注角度图，并标注出测量得到的各标注角度数值。

## 二、测量原理与实验方法

车刀标注角度可以用角度样板、万能量角器、重力量角器以及各种车刀量角台等进行测量。其测量的基本原理是：按照车刀标注角度的定义，在刀刃的选定点，用量角器的尺面或量角台的指针平面（或侧面、或底面），与构成被测角度的面或线紧密贴合（或相平行、或相垂直），把要测量的角度测量出来。由于量角器和量角台的结构不同，其测量方法也不同。

### （一）量角器和量角台的结构

#### 1. 万能量角器

万能量角器是一种通用的角度测量工具，如图1-1所示。直角尺8或直尺12根据需要，用定位螺钉5或11、卡块6或9、制动螺钉7或10装在尺座4上，松开制动螺钉7或10，直角尺8或直尺12可以在卡块6或9内平行移动，当将直角尺8或直尺12调整到适当的位置时，再用制动螺钉7或10将其锁紧。测量角度时，松开制动头3，尺体1连同基尺13可以沿尺座4上的半圆形滑轨转动，把基尺13与构成被测角度的面或线紧密贴合（或相平行、或相垂直），然后将制动头3锁紧，从游标尺2的刻度线上，便可以读出所要测量的角度数值。

#### 2. 摆针式重力量角器

摆针式重力量角器也是一种通用的角度测量工具，如图1-2的上半部分所示。测量角度时，尺板1的侧面（或底面）紧密地与构成被测角度的面或线贴合，使尺板1倾斜（因尺板

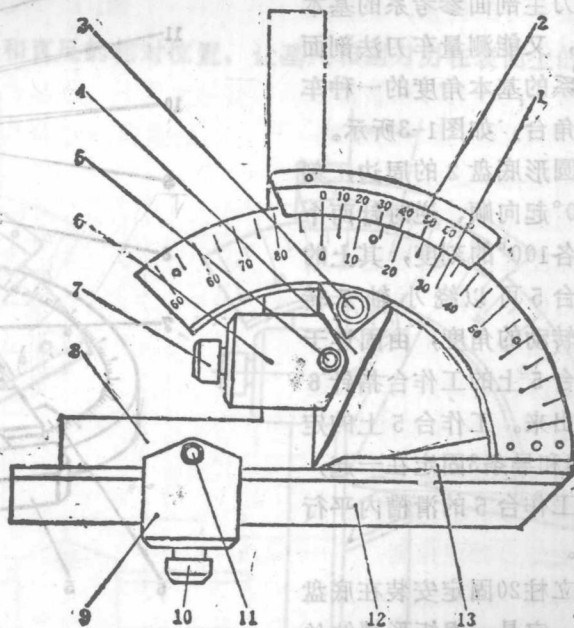


图1-1 万能量角器

- 1-尺体 2-游标尺 3-制动头 4-尺座 5、11-定位螺钉  
6、9-卡块 7、10-制动螺钉 8-直角尺 12-直尺 13-基尺

1和刻度盘2固定在一起,所以刻度盘2也随之一起倾斜),而摆针3靠重力的作用,始终保持与地面垂直,于是摆针3便把尺板1倾斜角度(即被测角度)的数值在刻度盘2上指示出来。

为了使测量车刀标注角度时有较好的定位基准,利用一个辅助测量台(见图1-2的下半部分)和摆针式重力量角器配合使用。水平放置的平台7、底座9和垫块10是给车刀定位用的,横梁11和磁块8(圆形磁铁)是为放置和固定(通过磁铁吸引)刻度盘2及尺板1用的。

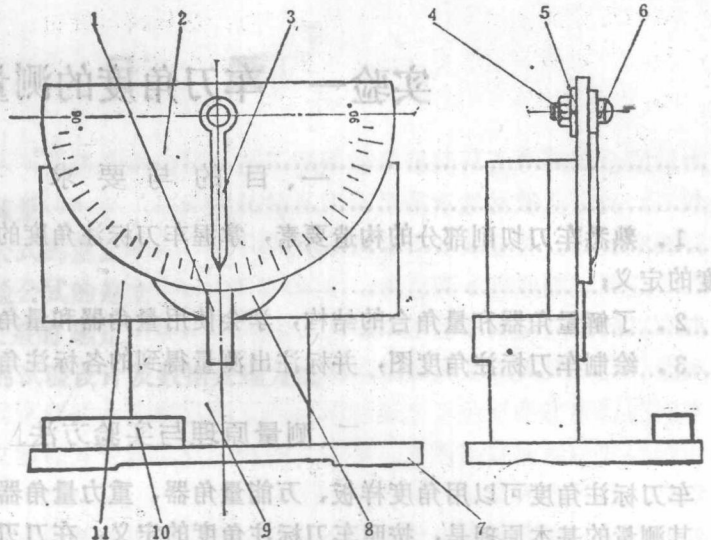


图1-2 摆针式重力量角器及测量台

- 1-尺板 2-刻度盘 3-摆针 4-螺帽 5-垫片 6-螺钉轴  
7-平台 8-磁块 9-底座 10-垫块 11-横梁

### 3. 车刀量角台

车刀量角台是测量车刀标注角度的专用量角仪,它有很多种型式,其中即能测量车刀主剖面参考系的基本角度,又能测量车刀法剖面参考系的基本角度的一种车刀量角台,如图1-3所示。

圆形底盘2的周边,刻有从0°起向顺、逆时针两个方向各100°的刻度,其上的工作台5可以绕小轴7转动,转动的角度,由固连于工作台5上的工作台指针6指示出来。工作台5上的定位块4和导条3固定在一起,能在工作台5的滑槽内平行滑动。

立柱20固定安装在底盘2上,它是一根矩形螺纹丝杠,旋转丝杠上的大螺帽19,可以使滑体13沿立柱(丝杠)20的键槽上、下滑动。滑体

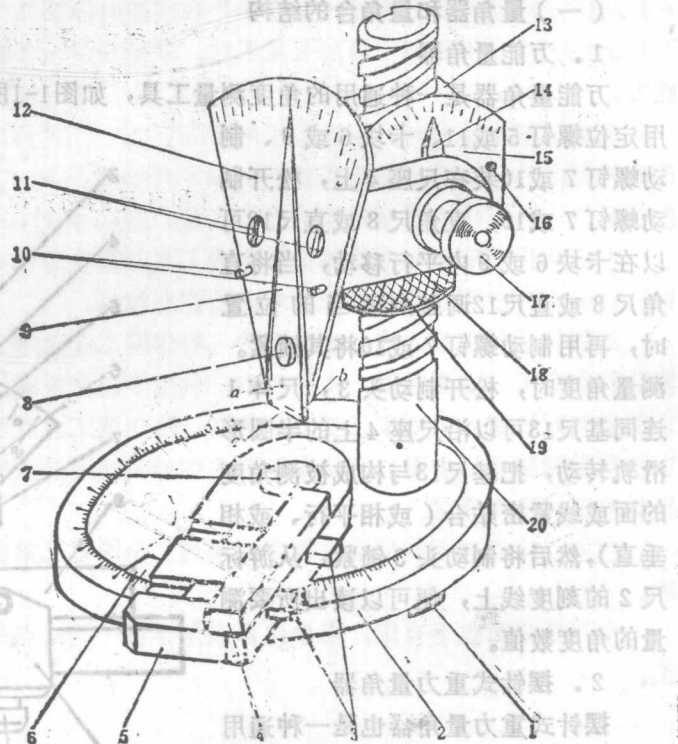


图1-3 车刀量角台

- 1-支脚 2-底盘 3-导条 4-定位块 5-工作台 6-工作台指针 7-小轴  
8-螺钉轴 9-大指针 10-销轴 11-螺钉 12-大刻度盘 13-滑体 14-小  
指针 15-小刻度盘 16-小螺钉 17-旋钮 18-弯板 19-大螺帽 20-立柱

13上用小螺钉16固定装一个小刻度盘15,在小刻度盘15的外面,用旋钮17将弯板18的一端锁紧在滑体13上。当松开旋钮17时,弯板18以旋钮17为轴,可以向顺、逆时针两个方向转动,其转动的角度用固连于弯板18上的小指针14在小刻度盘15上指示出来。在弯板18的另一端,用两个螺钉11固定装上一个扇形大刻度盘12,其上用特制的螺钉轴8装上一个大指针9。大指针9可以绕螺钉轴8向顺、逆时针两个方向转动,并在大刻度盘12上指示出转动的角度。两个销轴10可以限制大指针9的极限位置。

当工作台指针6、大指针9和小指针14都处在 $0^\circ$ 时,大指针9的前面 $a$ 和侧面 $b$ 垂直于工作台5的平面,而大指针9的底面 $c$ 平行于工作台5的平面。测量车刀角度时,就是根据被测角度的需要,转动工作台5,同时调整放在工作台5上的车刀位置,再旋转大螺帽19,使滑体13带动大指针9上升或下降而处于适当的位置,然后用大指针9的前面 $a$ (或侧面 $b$ 、或底面 $c$ ),与构成被测角度的面或线紧密贴合,从大刻度盘12上读出大指针9指示的被测角度数值。

## (二) 测量车刀标注角度的方法

以外圆车刀为例,说明用万能量角器、摆针式重力量角器及测量台和车刀量角台测量车刀标注角度的方法。

### 1. 用万能量角器测量车刀标注角度

#### (1) 主偏角 $\kappa_r$ 的测量

(2) 将万能量角器装成如图1-4所示的样子,使车刀的左侧面(主刀刃一侧)紧密地贴合在直尺(或换成直角尺)的尺面上,让基尺和主刀刃在基面上的投影相平行,则游标尺零线所指示的角度数值,就是主偏角 $\kappa_r$ 的数值。

#### (2) 副偏角 $\kappa'_r$ 的测量

(3) 测完主偏角 $\kappa_r$ 之后,保持车刀和直尺的相对位置,让基尺和副刀刃在表面上的投影相平

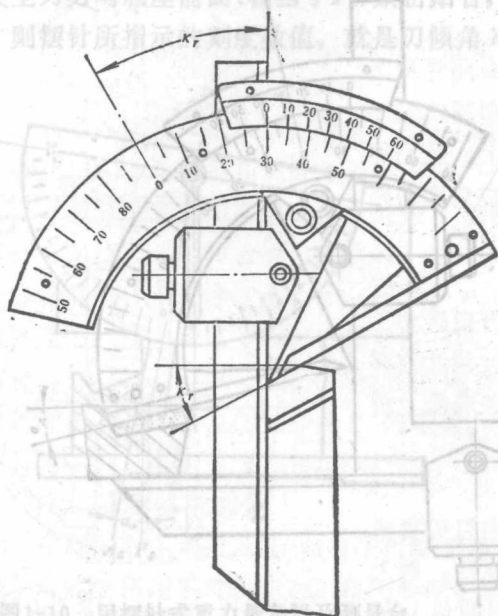


图1-4 用万能量角器测量车刀主偏角

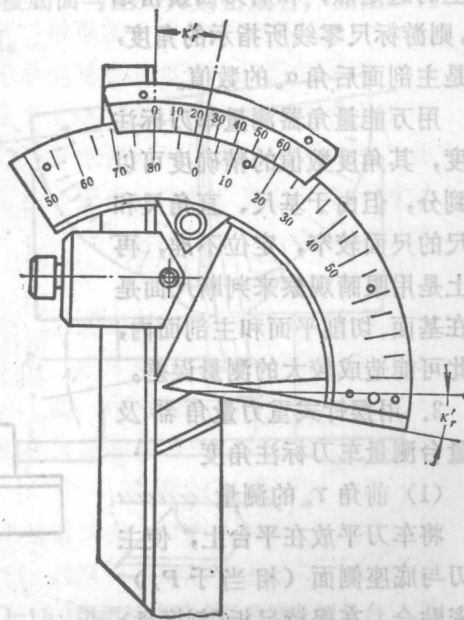


图1-5 用万能量角器测量车刀副偏角

行, 则游标尺零线所指示的角度数值, 就是副偏角 $\kappa'$ 的数值 (见图1-5)。

### (3) 刃倾角 $\lambda$ 的测量

将万能量角器装成如图1-6所示的样子, 把车刀底面紧密地贴合在直尺尺面上, 调整车刀的位置, 使基尺处在切削平面( $P_c$ )内, 并和主刀刃紧密贴合, 则游标尺零线所指示的角度数值, 就是刃倾角 $\lambda$ 的数值。

### (4) 前角 $\gamma$ 的测量

将万能量角器装成如图1-7所示的样子, 把车刀底面紧密地贴合在直尺尺面上, 调整车刀的位置, 使基尺处在主剖面( $P_r$ )内, 并通过主刀刃上的选定点, 和后刀面紧密贴合, 则游标尺零线所指示的角度数值, 就是主剖面前角 $\gamma$ 的数值。

### (5) 后角 $\alpha$ 的测量

将万能量角器装成如图1-8所示的样子, 把车刀底面紧密地贴合在直角尺(或换成直尺)的尺面上, 调整车刀的位置, 使基尺处在主剖面( $P_r$ )内, 并通过主刀刃上的选定点, 和后刀面紧密贴合, 则游标尺零线所指示的角度, 就是主剖面后角 $\alpha$ 的数值。

用万能量角器测量车刀标注角度, 其角度数值的精确度可以达到分, 但由于基尺、直角尺和直尺的尺面较窄, 定位不准, 再加上是用眼睛观察来判断尺面是否在基面、切削平面和主剖面内, 因此可能造成较大的测量误差。

## 2. 用摆针式重力量角器及测量台测量车刀标注角度

### (1) 前角 $\gamma$ 的测量

将车刀平放在平台上, 使主刀刃与底座侧面(相当于 $P_c$ )紧密贴合, 在保持尺板(刻度盘)平面与横梁前面(相当于 $P_r$ )紧

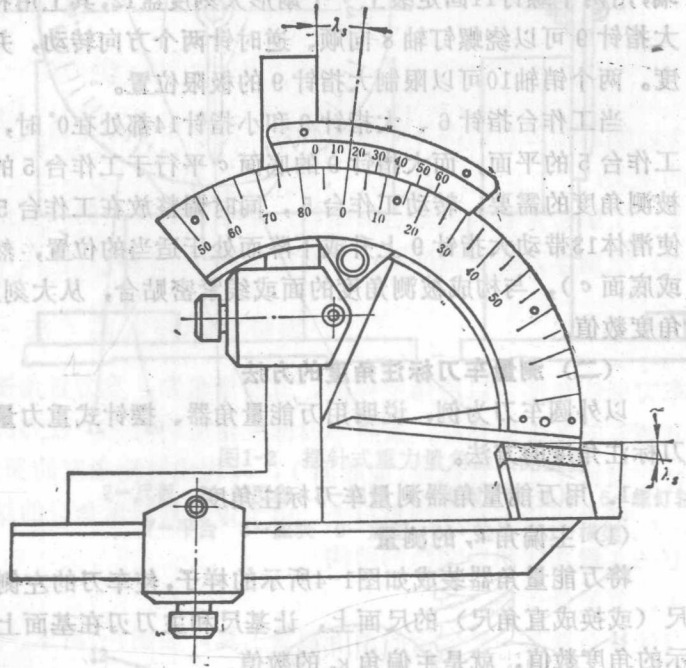


图1-6 用万能量角器测量车刀刃倾角

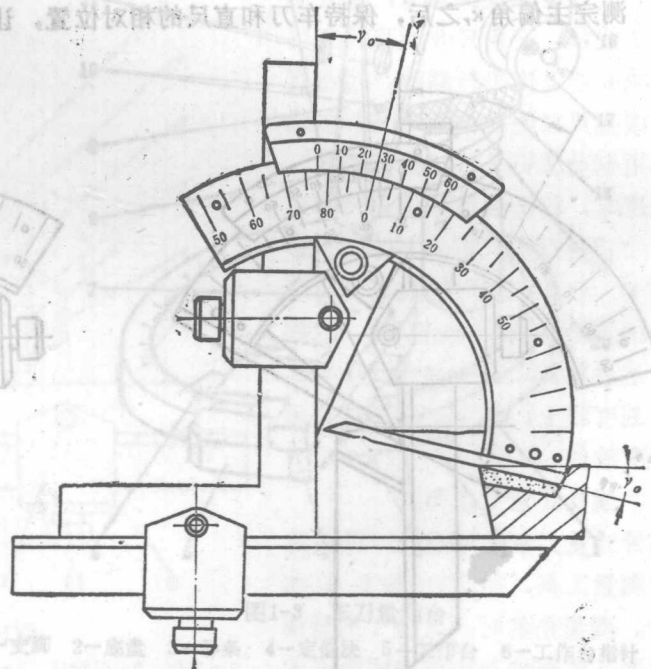


图1-7 用万能量角器测量车刀前角



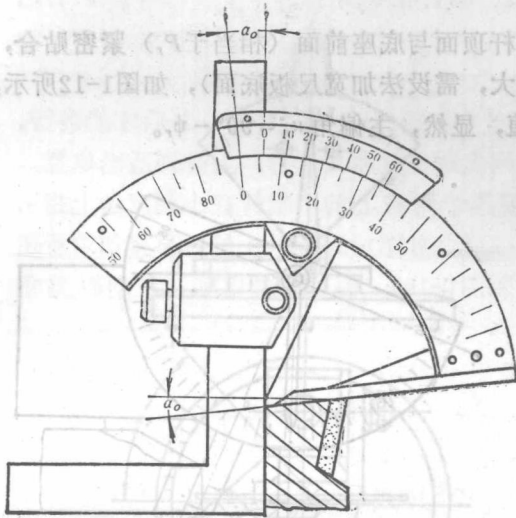


图1-8 用万能量角器测量车刀后角

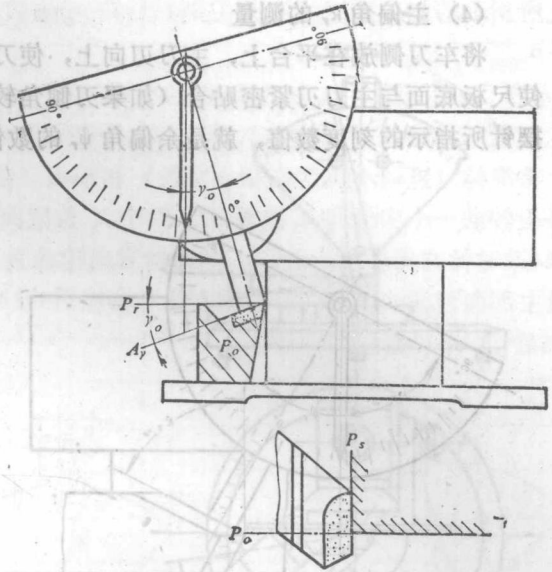


图1-9 用摆针式重力量角器及测量台测量车刀前角

密贴合的同时，使尺板底面与通过主刀刃上选定点的前刀面紧密贴合，如图1-9所示，则摆针所指示的刻度数值，就是主剖面前角 $\gamma_o$ 的数值。

(2) 后角 $\alpha_o$ 的测量

测完前角 $\gamma_o$ 之后，保持车刀与测量台的相对位置不变，使尺板左侧面与通过主刀刃上选定点的后刀面紧密贴合，如图1-10所示，则摆针所指示的刻度数值，就是主剖面后角 $\alpha_o$ 的数值。

(3) 刃倾角 $\lambda_s$ 的测量

使主刀刃与底座前面(相当于 $P_s$ )紧密贴合，并使尺板底面与主刀刃紧密贴合，如图1-11所示，则摆针所指示的刻度数值，就是刃倾角 $\lambda_s$ 的数值。

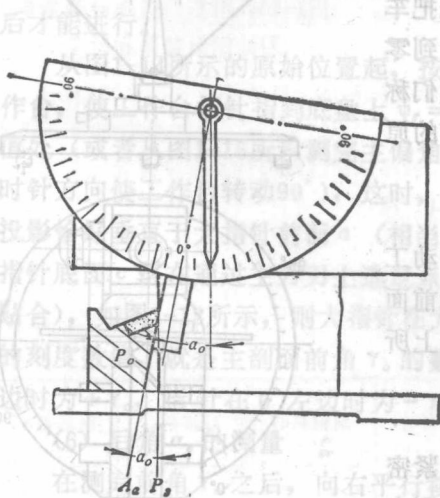


图1-10 用摆针式重力量角器及测量台测量车刀后角

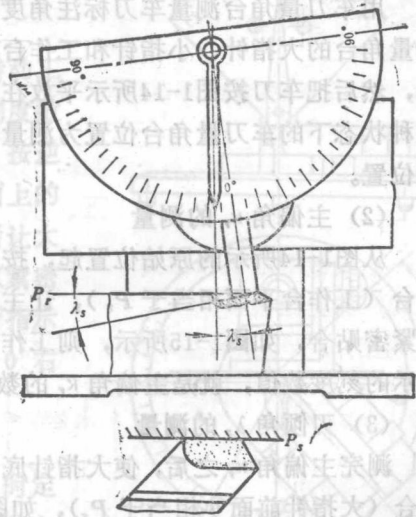


图1-11 用摆针式重力量角器及测量台测量车刀刃倾角

(4) 主偏角  $\kappa_r$  的测量

将车刀侧放在平台上，主刀刃向上，使刀杆顶面与底座前面（相当于  $P_r$ ）紧密贴合，并使尺板底面与主刀刃紧密贴合（如果刃倾角较大，需设法加宽尺板底面），如图1-12所示，则摆针所指示的刻度数值，就是余偏角  $\psi_r$  的数值，显然，主偏角  $\kappa_r = 90^\circ - \psi_r$ 。

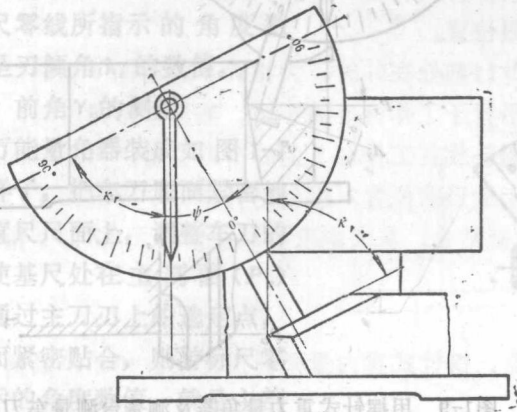


图1-12 用摆针式重力量角器及测量台测量车刀主偏角

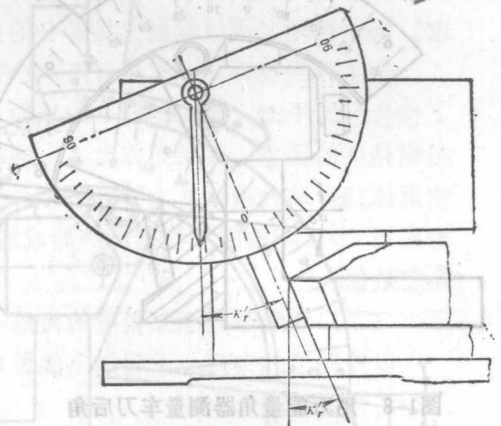


图1-13 用摆针式重力量角器及测量台测量车刀副偏角

(5) 副偏角  $\kappa'_r$  的测量

测完主偏角  $\kappa_r$  之后，在保持车刀与测量台的相对位置关系的同时，将车刀用垫块垫起，如图1-13所示，使尺板的右侧面与副刀刃紧密贴合，则摆针所指示的刻度数值，就是副偏角  $\kappa'_r$  的数值。

3. 用车刀量角台测量车刀标注角度

(1) 校准车刀量角台的原始位置

用车刀量角台测量车刀标注角度之前，必须先把车刀量角台的大指针、小指针和工作台指针全部调整到零位，然后把车刀按图1-14所示平放在工作台上，我们称这种状态下的车刀量角台位置为测量车刀标注角度的原始位置。

(2) 主偏角  $\kappa_r$  的测量

从图1-14所示的原始位置起，按顺时针方向转动工作台（工作台平面相当于  $P_r$ ），让主刀刃和大指针前面  $\alpha$  紧密贴合，如图1-15所示，则工作台指针在底盘上所指示的刻度数值，就是主偏角  $\kappa_r$  的数值。

(3) 刃倾角  $\lambda_r$  的测量

测完主偏角  $\kappa_r$  之后，使大指针底面  $c$  和主刀刃紧密贴合（大指针前面  $\alpha$  相当于  $P_r$ ），如图1-16所示，则大指针在大刻度盘上所指示的刻度数值，就是刃倾角  $\lambda_r$  的数值。指针在  $0^\circ$  左边为  $+\lambda_r$ ，指针在  $0^\circ$  右边为  $-\lambda_r$ 。

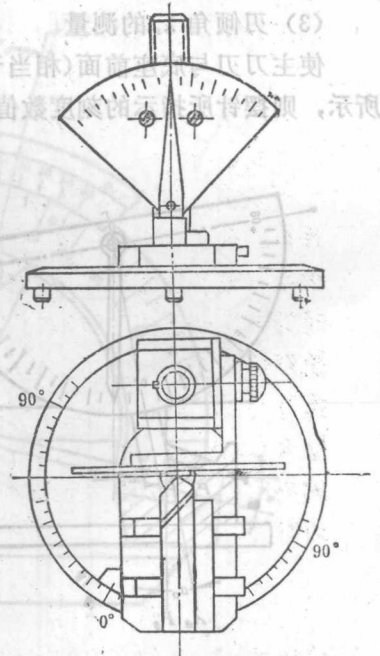


图1-14 用车刀量角台测量车刀标注角度的原始位置

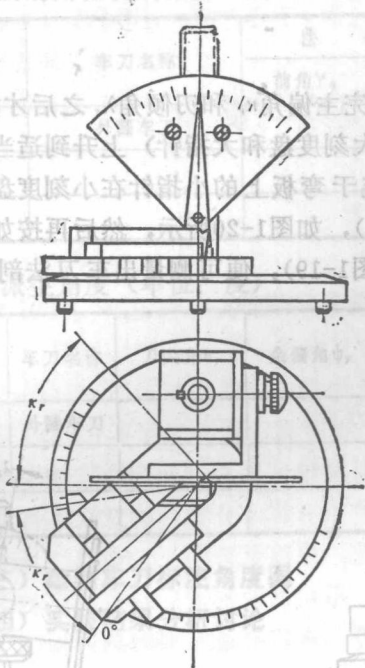


图1-15 用车刀量角台测量车刀主偏角

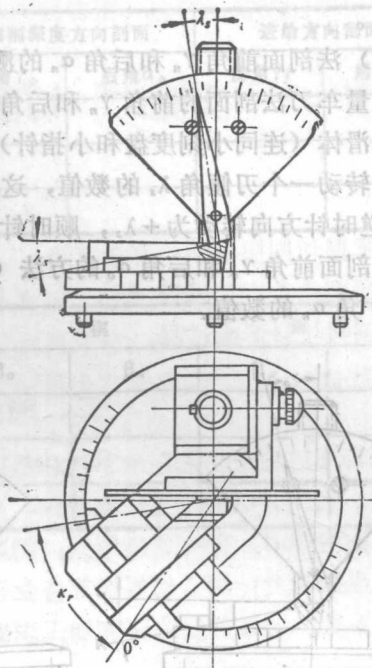


图1-16 用车刀量角台测量车刀刀倾角

(4) 副偏角  $\kappa_s$  的测量

参照测量主偏角  $\kappa_r$  的方法，按逆时针方向转动工作台，使副刀刃和大指针前面  $a$  紧密贴合，如图1-17所示，则工作台指针在底盘上所指示的刻度数值，就是副偏角  $\kappa_s$  的数值。

(5) 前角  $\gamma$  的测量

前角  $\gamma$  的测量，必须在测量完主偏角  $\kappa_r$  的数值之后才能进行。

从图1-14所示的原始位置起，按逆时针方向转动工作台，使工作台指针指到底盘上  $\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$  的刻度数值处（或者从图1-15所示测完主偏角  $\kappa_r$  的位置起，按逆时针方向使工作台转动  $90^\circ$ ），这时，主刀刃在基面上的投影恰好垂直于大指针前面  $a$ （相当于  $P_0$ ），然后让大指针底面  $c$  落在通过主刀刃上选定点的前刀面上（紧密贴合），如图1-18所示，则大指针在大刻度盘上所指示的刻度数值，就是主剖面前角  $\gamma$  的数值。指针在  $0^\circ$  右边时为  $+\gamma$ ，指针在  $0^\circ$  左边时为  $-\gamma$ 。

(6) 后角  $\alpha$  的测量

在测完前角  $\gamma$  之后，向右平行移动车刀（这时定位块可能要移到车刀的左边，但仍要保证车刀侧面与定位块侧面靠紧），使大指针侧面  $b$  和通过主刀刃上选定点的后刀面紧密贴合，如图1-19所示，则大指针在大刻度

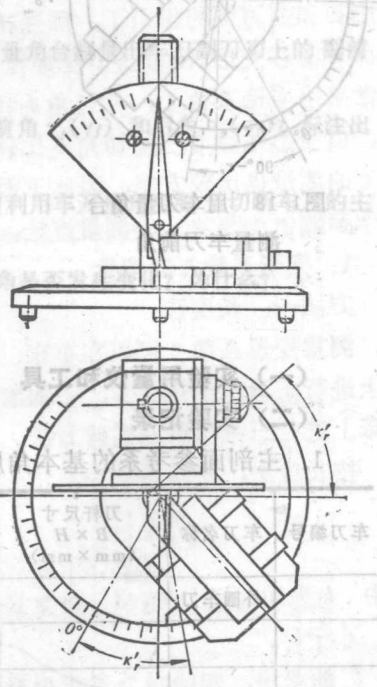


图1-17 用车刀量角台测量车刀副偏角



2. 法剖面 and 切削深度(进给)方向剖面的前角 and 后角 (单位: 度)

车刀编号	车刀名称	法 剖 面		切削深度方向剖面		进给方向剖面	
		前角 $\gamma_n$	后角 $\alpha_n$	前角 $\gamma_p$	后角 $\alpha_p$	前角 $\gamma_f$	后角 $\alpha_f$
	外圆车刀						

3. 派生角度 (单位: 度)

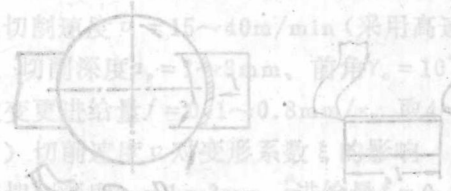
车刀编号	车刀名称	刀尖角 $\epsilon_r$	余偏角 $\psi_r$	副前角 $\gamma'_o$	楔 角			
					$\beta_o$	$\beta_n$	$\beta_p$	$\beta_f$
	外圆车刀							

(三) 绘制车刀标注角度图

(四) 实验结果分析讨论

思 考 题

1. 用车刀量角台测量车刀主剖面前角  $\gamma_o$  和后角  $\alpha_o$  时, 为什么要让工作台从原始位置起, 逆时针方向旋转  $\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$  的角度?
2. 在什么情况下需要测量车刀法剖面前角  $\gamma_n$  和后角  $\alpha_n$ ? 为什么用车刀量角台测量车刀法剖面前角  $\gamma_n$  和后角  $\alpha_n$  时, 小指针 (即弯板) 要旋转一个刃倾角  $\lambda_s$  的数值?
3. 参照测量车刀主剖面前角  $\gamma_o$  和后角  $\alpha_o$  的方法, 怎样利用车刀量角台测量出车刀副刀刃上的副前角  $\gamma'_o$  和副后角  $\alpha'_o$ ? 为什么车刀工作图上不标注副前角  $\gamma'_o$ ?
4. 怎样利用车刀量角台测量出车刀切削深度(进给)方向剖面的前角  $\gamma_p(\gamma_f)$  和后角  $\alpha_p(\alpha_f)$ ? 标注出  $\gamma_p(\gamma_f)$  和  $\alpha_p(\alpha_f)$  有什么用处?
5. 切断车刀有几条刀刃? 哪条是主刀刃? 哪条是副刀刃? 应如何利用车刀量角台测量切断车刀的主偏角  $\kappa_r$  和副偏角  $\kappa'_r$ ?
6.  $45^\circ$  弯头车刀在车外圆和车端面时, 其主、副刀刃和主、副偏角是否发生变化? 为什么?



(2) 进给量/对变形系数  $\epsilon$  的影响  
 固定切削速度  $v = 25 \sim 40 \text{ m/min}$  (采用高速钢刀具) 沿整个进给范围  $f = 0.1 \sim 0.5 \text{ mm/r}$  取 5 个进给量, 依次变更进给量  $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 \text{ mm/r}$ , 取 5 个进给量值。  
 (3) 切削速度  $v$  对变形系数  $\epsilon$  的影响  
 固定切削深度  $a_p = 3 \text{ mm}$ , 进给量  $f = 0.2 \sim 0.4 \text{ mm/r}$ , 前角  $\gamma = 10^\circ \sim 15^\circ$ , 依次变更切削速度  $v = 20 \sim 120 \text{ m/min}$ , 取 5~10 个速度值进行测量。  
 只观察切屑的形态, 用显微镜观察切屑, 更详细地观察切屑, 中左  
 把各种条件下测得的变形系数  $\epsilon$  列表如下, 分析进给量、切削速度、前角对切屑变形的影响。

## 实验二 切削层变形的观察与测量

### 一、目的与要求

1. 掌握切削层变形的测量方法；
2. 研究几个主要因素 ( $v$ 、 $f$ 、 $\gamma_0$ ) 对切削层变形的影响规律；
3. 观察切屑形成过程。

### 二、测量原理与实验方法

切屑形成过程及切削层变形规律是研究切削加工中各种物理现象（切削力、切削温度、刀具磨损、加工表面质量等）的基础，因而研究切削层变形有着十分重要的意义。目前所用的研究方法有很多。如高速摄影法；侧面方格变形观察法；快速落刀法；光弹性、光塑性试验法；用显微硬度计测量切屑根部各变形区的显微硬度、用切屑变形前后长度或厚度的变化测量变形系数、用X射线法研究加工表面层的塑性变形等，这些都是常用的测试切削层变形的方

法。本实验所采用的试验方法是这些方法中的一部分。下面将进一步说明。

#### (一) 变形系数 $\xi$ 和剪切角 $\phi$ 的测量

切削层变形就是指被切金属层在刀具的切削刃和前刀面的作用下，经受挤压而产生的剪切滑移变形。衡量这个变形程度的大小，通常采用变形系数  $\xi$ 、剪切角  $\phi$  和相对滑移  $e$ ，但变形系数  $\xi$  和剪切角  $\phi$  比较直观，尤其  $\xi$  的测量也比较方便。因此下面就介绍这两个参数 ( $\xi$  和  $\phi$ ) 的测量方法。

#### 1. 变形系数 $\xi$ 的测量

##### 方法一：长度法

测量变形系数  $\xi$  可以在车床、刨床或铣床上进行实验，见图 2-1。下面着重介绍在车床上进行三维切削的实验方法。

按长度法，变形系数为

$$\xi = \frac{l_0}{l_{ch}} \quad (2-1)$$

式中  $l_0$  为切削层长度； $l_{ch}$  为切屑长度。一般  $l_{ch}$  小于  $l_0$ 。

$l_0$  的求法：实验时为了获得形成切屑前

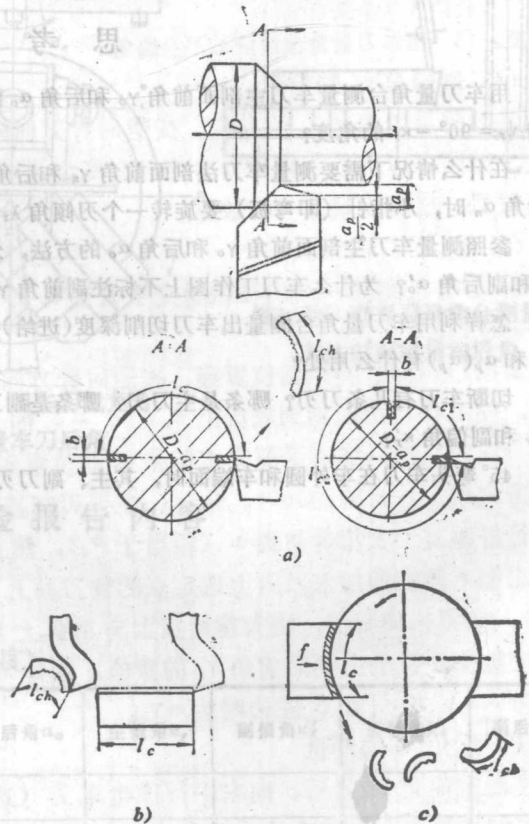


图2-1 变形系数  $\xi$  实验示意图

a) 在车床上 b) 在刨床上 c) 在铣床上

的原始长度 $l_0$ ，在试件上开有两个或一个窄槽（槽宽约为2~4mm），槽内浇锡（或紧紧嵌入铜片），见图2-1a。切削时，试件每转一转，就从试件上切下两段切屑。这样，切屑的原始长度可按下述方法求出。

设测得试件的外径为 $D$ ，切削深度为 $a_p$ ，若开两个对称槽时，则切削深度中点处的切削层长度 $l_0$ 为

$$l_0 = \frac{1}{2}\pi(D - a_p) - b \quad (2-2)$$

式中  $b$  ——窄槽宽度。

若开不对称槽，可根据槽的具体位置计算。 $l_0$ 也可不计算而从试件上直接测量出来。

$l_{oh}$ 的求法：切下的切屑长度 $l_{oh}$ 是通过实测得到的。选取数段完整、比较直的切屑，沿切屑背面（光面）在切屑宽度的中央处用细铅丝（或细铜丝）量出它的长度 $l_{oh}$ 。为提高测量准确性，同样切削条件至少要测三段切屑，取其平均值。

根据计算和测得的 $l_0$ 与 $l_{oh}$ ，可按公式（2-1）计算出变形系数 $\xi$ 。

方法二：重量法

在上述车床实验中，如果试件不开窄槽，切削层长度预先不知道，则变形系数 $\xi$ 可按重量法求出。

$l_0$ 的求法：选取数段较平直的切屑，在天平上称量其重量 $M_0$ ，则切削层长度 $l_0$ 为

$$l_0 = \frac{1000M_0}{fa_p\rho} \text{ mm} \quad (2-3)$$

式中  $M_0$ 是切屑重量，单位为g； $\rho$ 是工件材料密度，单位为 $\text{g}/\text{cm}^3$ ； $a_p$ 是切削深度，单位为mm； $f$ 是进给量，单位为 $\text{mm}/\text{r}$ 。

$l_{oh}$ 的求法同方法一的测量方法。

根据计算和测得的 $l_0$ 和 $l_{oh}$ ，按下式求出变形系数 $\xi$

$$\xi = \frac{l_0}{l_{oh}} = \frac{1000M_0}{l_{oh}fa_p\rho} \quad (2-4)$$

为了研究各因素对变形系数的影响，长度法或重量法的实验如下：

### （1）前角 $\gamma_0$ 对变形系数 $\xi$ 的影响

固定切削速度 $v = 15 \sim 40 \text{ m}/\text{min}$ （采用高速钢刀具）或 $v = 60 \sim 100 \text{ m}/\text{min}$ （采用硬质合金刀具）、切削深度 $a_p = 1 \sim 3 \text{ mm}$ 、进给量 $f = 0.2 \sim 0.4 \text{ mm}/\text{r}$ 。

依次变更前角 $\gamma_0 = 0^\circ \sim 25^\circ$ ，取4~6个角度值。

### （2）进给量 $f$ 对变形系数 $\xi$ 的影响

固定切削速度 $v = 15 \sim 40 \text{ m}/\text{min}$ （采用高速钢刀具）或 $v = 60 \sim 100 \text{ m}/\text{min}$ （采用硬质合金刀具）、切削深度 $a_p = 1 \sim 3 \text{ mm}$ 、前角 $\gamma_0 = 10^\circ \sim 15^\circ$ 。

依次变更进给量 $f = 0.1 \sim 0.8 \text{ mm}/\text{r}$ ，取4~6个进给量值。

### （3）切削速度 $v$ 对变形系数 $\xi$ 的影响

固定切削深度 $a_p = 1 \sim 3 \text{ mm}$ 、进给量 $f = 0.2 \sim 0.4 \text{ mm}/\text{r}$ 、前角 $\gamma_0 = 10^\circ \sim 15^\circ$ 。

依次变更切削速度 $v = 20 \sim 120 \text{ m}/\text{min}$ ，取5~10个速度值（可根据各校情况自定，也可只观察切屑的形态，而不测变形系数）。

把各种条件下所测得的变形系数 $\xi$ 分别画在 $\xi-\gamma_0$ 、 $\xi-f$ 、 $\xi-v$ 的坐标里，便得到了几个主

要因素对切削层变形的影响规律。

方法三：显微镜测厚法

这种方法是把二维切削所获得的切屑根部磨片，放在显微镜下，测量其切屑厚度，从而计算出各种条件下的变形系数  $\xi$ 。

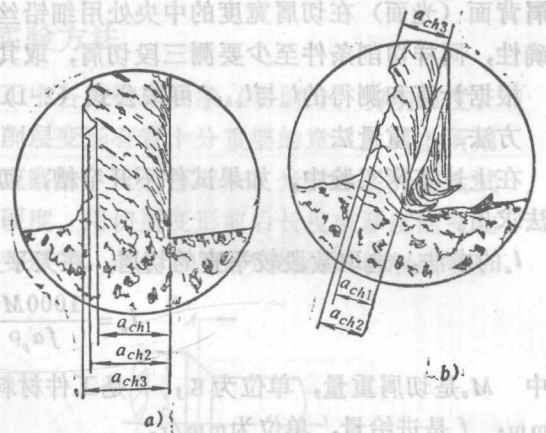
根据厚度法变形系数  $\xi$  为

$$\xi = \frac{a_{ch}}{a_o} \quad (2-5)$$

式中  $a_{ch}$ ——切屑厚度；

$a_o$ ——切屑层厚度，一般  $a_{ch}$  应大于  $a_o$ 。

$a_{ch}$  的测量：预先用快速落刀法制好一套切屑根部磨片。有变更前角  $\gamma$  的磨片；变更进给量  $f$  的磨片；变更切削速度  $v$  的磨片。实验时，利用显微镜目镜中的刻线尺测量各种条件下的切屑厚度  $a_{ch}$ ，见图2-2，其中 a 图为一般带状切屑的切屑厚度测量简图，b 图为带有积屑瘤的带状切屑切屑厚度的测量简图。为提高测量的准确性，每个切屑的切屑厚度要多测几点，取其平均值，尤其是锯齿状较严重的切屑更应注意。



$a_o$  是切削层厚度，可由落刀时的切削条件给定（也可由显微镜内测出）。

根据测得的  $a_{ch}$  和已知的  $a_o$ ，按式 (2-5) 即可算出各种条件下的变形系数  $\xi$ 。

图2-2 在显微镜里测量切屑厚度示意图

除测量切屑厚度求变形系数外，还可利用带积屑瘤的根部磨片测出不同切削速度下的积屑瘤高度  $H_b$ ，其测量方法见图2-3。从而得出积屑瘤的变化规律。

a) 带状切屑的切屑厚度测量 b) 带有积屑瘤的带状切屑的切屑厚度测量

利用显微镜测厚法实验时，可参考下述条件制作切屑根部磨片。

工件材料：中碳钢；

刀具材料：YT类硬质合金；

切削方式：采用纵向直角自由车削。工件制成圆筒状，筒壁厚度(即切削深度)取3mm。

其它条件 ( $f$ 、 $v$ 、 $\gamma$ ) 参照前述长度法和重量法的实验。

把对各组磨片求得的变形系数  $\xi$ ，分别画在  $\xi-\gamma$ 、 $\xi-f$  和  $\xi-v$  坐标里，把积屑瘤高度画在  $H_b-v$  坐标里。于是得到了相应的关系曲线。



这种方法的优点是：在测量  $\xi$  的同时，还可观察切屑根部的三个变形区情况，测得的切削层变形规律较完整，如切削速度从低到高变化时，变形系数曲线将出现驼峰形，与积屑瘤的高度变化相对应。

2. 剪切角  $\phi$  的测量

切削层变形也可用剪切角  $\phi$  来表示。同显微镜测厚法

图2-3 积屑瘤高度测量简图



一样,实验前利用快速落刀法预先制好一整套切屑根部磨片,或用由这些磨片拍摄的照片。实验时,直接在显微镜或照片上测量剪切角 $\phi$ ,见图2-4。 $a$ 图是较高切削速度下的切屑根部图,切屑的顶面与待加工表面的交点为 $M$ 点,连接刀刃 $o$ 和 $M$ 点,即为简化计算的剪切面。它与切削速度方向的夹角即为剪切角 $\phi$ 。 $b$ 图是较低切削速度下切屑根部图,第一变形区加宽,需把待加工表面和切屑的顶面顺势延长(如图中双点划线所示方向),交于 $M$ 点,然后连接刀刃 $o$ 和 $M$ 点,便可确定 $\phi$ 角。

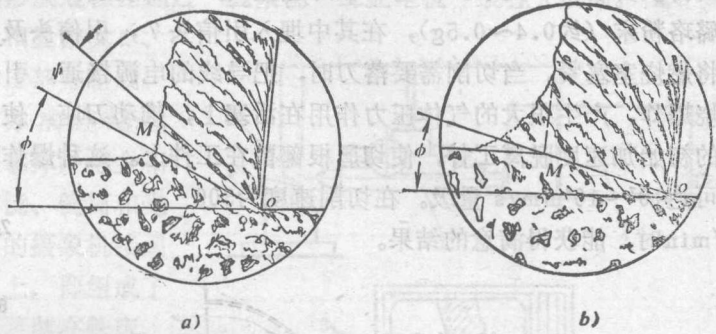
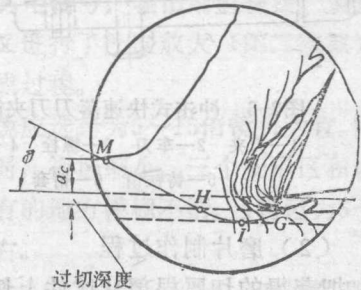


图2-4 剪切角 $\phi$ 测量示意图

- $a$ ) 较高切削速度时的切屑根部剪切角的测量方法  
 $b$ ) 较低切削速度时的切屑根部剪切角的测量方法

图2-5是具有积屑瘤的

切屑根部图。这种情况下剪切角 $\phi$ 的确定较为复杂些。根据星光一的理论观点,切削碳钢时产生的积屑瘤多为“鼻形”,具有这种积屑瘤时,切削层金属开始产生塑性变形的边界为 $MHIG$ ,见图2-5。这是一条近似的曲线。它可根据金相磨片或照片中开始变形的晶粒所处的位置判断出来。其中 $MH$ 段可近似为一条直线,它与切削速度方向的夹角可认为是 $\phi$ 角。 $H$ 点是这样确定的:它位于 $G$ 点切削方向线的前方,而 $G$ 点既为开始塑性变形边界上的起始点,也是积屑瘤轮廓上的一点,并位于过切的切削线上,与过切的已加工表面相连。



把各种条件下所测量出的剪切角 $\phi$ 分别画在 $\phi-\gamma_0$ 、 $\phi-f$ 、 $\phi-v$ 坐标里,便得出 $\phi$ 角随各因素变化的关系曲线,从而反应出切屑变形的规律。此外,从磨片上还可测出晶粒伸长方向与剪切面间的夹角 $\psi$ ,见图2-4。

## (二) 切屑根部磨片的制作及观察

### 1. 切屑根部磨片的制作

#### (1) 快速落刀装置

制作切屑根部磨片,第一步要对切屑根部取样。取样的主要手段是“快速落刀装置”。这种装置能使正在切削的刀具在某一瞬间以很大的加速度脱离工件,保留了某瞬间的真实切削层变形情况,获得了一定切削条件下的切屑根部标本。

快速落刀装置的结构有多种,有利用锤击或弹簧的能量使销子剪断,实现快速落刀的,也有利用炸药爆炸的能量使销子剪断,进行快速落刀的。

图2-6是最简单的一种冲击式快速落刀刀夹示意图。车刀2借螺栓3和销子5固定在刀夹1上。销子5是铸铁销,该销在刀夹和车刀的配合面处车出V形槽,使其受冲击时易于脆断。落刀时,用手锤打击刀夹里的车刀,使铸铁销5剪断,刀具迅速脱离工件,得到切屑根