

高等学校“十一五”规划教材 / 机械类



金属切削原理实验指导书

韩荣第 陈朔冬 主编

哈尔滨工业大学出版社

高等学校“十一五”规划教材/机械类

金属切削原理实验指导书

韩荣第 陈朔冬 主编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书内容包括:车刀角度测量、切削层变形的动态观察与测量、车削力测量及经验公式的建立、车削温度测量及经验公式的建立、刀具磨损及 $v_c - T$ 关系式的建立 5 个实验。各高校可根据具体情况确定必做和选做实验。另外,本书附录中给出与实验有关的必备知识,还给出了实验报告内容,以便于学生使用。

本书既可作为高等学校机械类本专科学生的实验课教材,又可供从事相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理实验指导书/韩荣第,陈朔冬主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2008.7
ISBN 978 - 7 - 5603 - 2721 - 1

I. 金… II. ①韩…②陈… III. 金属切削 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. TG501 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 089171 号

责任编辑 黄菊英
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451 - 86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16 印张 4.75 字数 110 千字
版 次 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 2721 - 1
印 数 1 ~ 3 000 册
定 价 16.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

实验教学是课程教学重要的实践性教学环节,它不仅可使学生加深理解和掌握课堂教学的基本理论,还可以使学生初步掌握实验的基本方法和技能、学会有关仪器的使用方法和实验数据的处理方法。

本实验指导书是根据教育部教学指导委员会“金属切削原理”课程教学的基本要求,结合作者 40 多年的教学经验,并参考哈尔滨工业大学历年的实验指导书以及前南京工学院赵芝眉与哈尔滨工业大学丁儒林主编的“金属切削原理实验指导书”编写的。

本书分为“金属切削原理实验指导书”和“金属切削原理实验报告”两部分。内容包括:车刀角度测量、切削层变形的动态观察与测量、车削力测量及经验公式的建立、车削温度测量及经验公式的建立、刀具磨损及 $v_c - T$ 关系式的建立 5 个实验。各院校可根据具体情况确定必做和选做实验。

为了使学生了解计算机在切削实验数据采集处理中的应用,作者开发了“车削力测量及经验公式的建立”实验中的计算机应用软件,并对模数(A/D)转换原理及微机数据采集处理方法在书中附录部分作了介绍;为了使学生了解掌握实验数据的处理方法,书中分别对双对数坐标法(图解法)和一元线性回归法作了较详细说明。另外,在车刀角度测量仪中采用了数显与传感技术,在“切削层变形的动态观察与测量”以及“刀具磨损 $v_c - T$ 关系式的建立”的实验中应用了交流变频调速技术和 CCD - 计算机成像技术等现代先进技术,这些也在附录部分作了简明介绍。

本指导书由哈尔滨工业大学韩荣第教授和陈朔冬高级工程师主编,刘俊岩讲师(博士)及博士研究生张悦、王辉参加了部分编写工作。

由于水平所限,书中的不当和疏漏在所难免,恳望读者批评指正。

作 者

2008 年 6 月

目 录

实验一	车刀角度测量.....	1
实验二	切削层变形的动态观察与测量.....	7
实验三	车削力测量及经验公式的建立	14
实验四	车削温度测量及经验公式的建立	21
实验五	刀具磨损及 $v_c - T$ 关系式的建立	28
附录		33
实验报告		47

实验一 车刀角度测量

一、实验目的与要求

(1) 加深课堂讲授的有关车刀切削部分基本定义的理解,从而掌握车刀切削部分的构造要素、车刀标注角度参考系及车刀标注角度的基本概念。

(2) 了解车刀角度测量仪的构造和使用方法,学会用它测量车刀的标注角度,并绘制车刀标注角度图。

二、实验原理与方法

车刀标注角度可以用角度样板、万能量角器、重力量角器及车刀角度测量仪等仪器来测量。用车刀角度测量仪测量方便、迅速、准确。现简介如下。

(一) 车刀角度测量仪的构造

车刀角度测量仪是测量车刀标注角度的专用角度测量仪器。它的结构型式有多种。图 1.1 所示的车刀角度测量仪既能测量车刀正交(主剖)平面参考系的基本角度,又能测量法平(剖)面参考系的基本角度。

车刀角度测量仪有机械指针式和数显指针式(见附录 4)两种。均由底盘、工作台、大小指针、大小刻度盘、立柱、滑体等零件组成。圆形底盘 2 的周边上刻有从 0° 起向顺、逆时针两个方向各 100° 的刻度,其上的工作台 5 可绕转轴 7 转动,转动角度的数值由固连于工作台 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,可在工作台 5 的滑槽内平行滑动。

立柱 20 固装在底盘 2 上,其上制有矩形螺纹,旋转大螺帽 19 可使滑体 13 沿立柱 20 上的键槽上下滑动。小螺钉 16 将小刻度盘 15 固定于滑体 13,旋钮 17 将弯板 18 也锁紧在滑体 13 上。如松开旋钮 17,弯板 18 可作顺、逆两个方向转动,转角大小由固连于弯板 18 的小指针 14 在小刻度盘 15 上指示出来。用两个紧固螺钉 11 将扇形大刻度盘 12 固定于弯板另一端,其上用螺钉轴 8 安装大指针 9。大指针 9 可绕螺钉轴 8 作顺、逆两个方向的转动,并由大刻度盘 12 显示出转动角度。两个止动销 10 用以限制大指针 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”位时,大指针 9 的前表面 a 和侧表面 b 处于与工作台 5 的上表面垂直的位置,大指针 9 的底平面 c 则平行于工作台 5 的上表面。测量车刀角度时,就是根据被测角度的需要,转动工作台 5,调整工作台上车刀的前后位置,同时旋转大螺帽 19,使滑体 13 带动大指针 9 作上下移动,使之处于适当位置。然后用大指针的前表面 a (或侧表面 b 、或底平面 c)与车刀上构成被测角度的刀面或刀刃紧密贴合。此时在底盘 2(或大刻度盘 12)上则由指针 6(或大指针 9)指示出相应的被测角度数值。

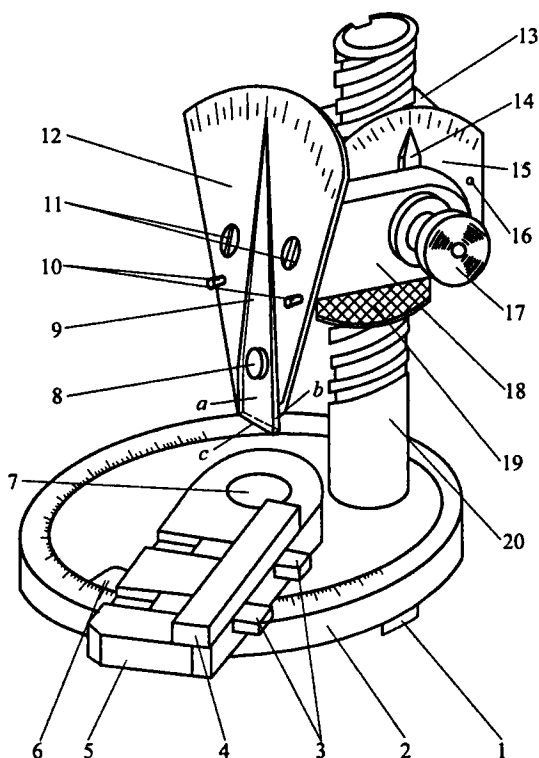


图 1.1 车刀角度测量仪

1—支脚;2—底盘;3—导条;4—定位块;5—工作台;6—工作台指针;7—转轴;8—螺钉轴;9—大指针;
10—止动销;11—紧固螺钉;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

(二) 车刀角度测量仪的使用

用车刀角度测量仪测量车刀标注角度时,必须预先将角度测量仪的大指针、小指针和工作台指针全部调到“0”位,即原始位置。然后把待测车刀按图 1.2 所示位置平放在工作台上,即可进行测量。

1. 主偏角 κ_r 的测量

从图 1.2 所示的原始位置起,顺时针转动工作台,让主切削刃与大指针 9 的前表面 a 紧密贴合(图 1.3)。在此,工作台平面相当于基面 P_r ,大指针前表面 a 相当于进给方向(或进给平面)。此时工作台指针在底盘上所指示的刻度值,即为主偏角 κ_r 之值。

2. 刃倾角 λ_s 的测量

主偏角 κ_r 测完后,使大指针底平面 c 与主切削刃紧密贴合(图 1.4)。在此,大指针前表面 a 相当于切削平面 P_s ,则大指针在大刻度盘上指示的刻度值,即为车刀刃倾角 λ_s 之值。如指针在 0° 的左边为 $+\lambda_s$,反之为 $-\lambda_s$ 。

3. 前角 γ_o 的测量

主偏角 κ_r 测完后才可测量前角。此时,可在主偏角测完的位置上,逆时针转动工作台 90°(或从原始位置起,逆时针转动工作台 $\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$)。这样做是为了使主切削刃在基面

上的投影与大指针前表面 α 垂直(即相当于正交平面或主剖面 P_0)。再使大指针的底平面与主切削刃上选定点的前刀面紧密贴合(图 1.5)。此时,大指针在大刻度盘上的刻度值,就相当于主剖面 P_0 内前角 γ_0 的数值,如指针在 0° 的右边为 $+\gamma_0$,反之为 $-\gamma_0$ 。

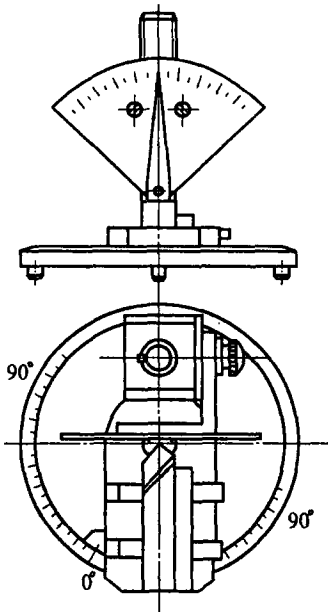


图 1.2 车刀标注角度测量前的原始位置

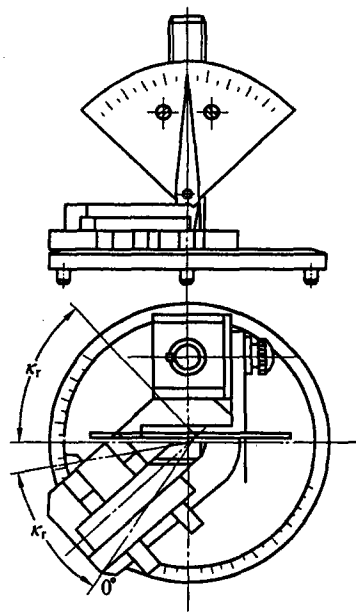


图 1.3 车刀主偏角 κ_r 的测量

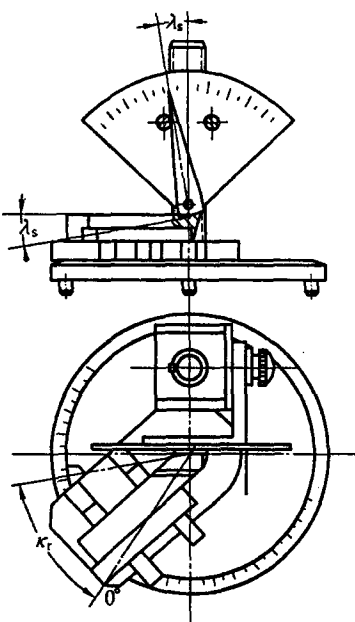


图 1.4 车刀刃倾角 λ_s 的测量

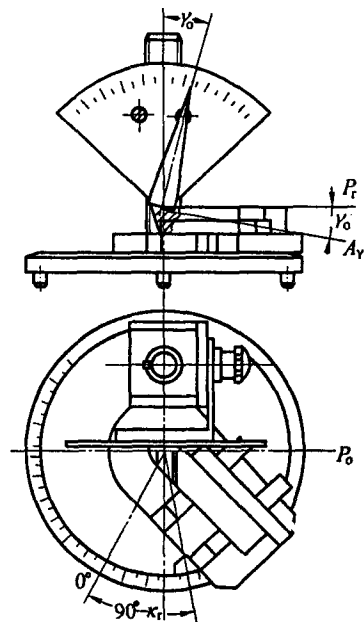


图 1.5 车刀前角 γ_0 的测量

4. 后角 α_o 的测量

前角 γ_o 测完后, 向右平行移动待测车刀(有时车刀要放到定位块的左侧, 并相互靠紧), 使大指针的侧表面 b 与主切削刃上选定点的后刀面紧密贴合(图 1.6), 此时大指针在大刻度盘上的指示刻度就是该选定点在正交平(主剖)面内的后角 α_o 值。如指针在 0° 的左边为 $+\alpha_o$, 反之则为 $-\alpha_o$ 。

5. 副偏角 κ'_r 的测量

可参照主偏角 κ_r 的测量方法, 从原始位置按逆时针转动工作台到副切削刃与大指针的前表面 a 紧密贴合(图 1.7), 此时工作台指针在底盘上的指示值, 即为副偏角 κ'_r 值。

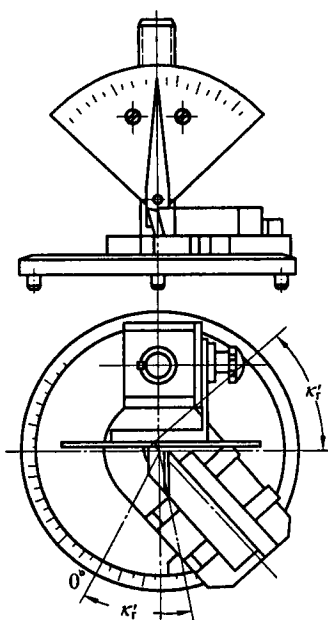


图 1.6 车刀后角 α_o 的测量

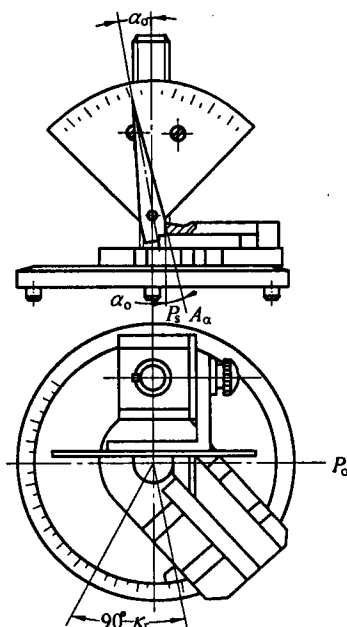


图 1.7 车刀副偏角 κ'_r 的测量

6. 副刃后角 α'_o 的测量

副偏角 κ'_r 测完后, 可将工作台顺时针转动 90° (或从原始位置起, 让工作台顺时针转动 $\psi_r = 90^\circ - \kappa'_r$), 使副切削刃在基面上的投影恰好与大指针的前表面 a 垂直(即相当于副刃主剖面 P'_o), 让大指针底面 c 与副刃前刀面贴合, 大指针在大刻度盘上的指示值, 即为 γ'_o ; 再使大指针的侧表面 b 与副切削刃上选定点的副后刀面紧密贴合, 此时大指针在大刻度盘上的指示值, 即为副切削刃上选定点在副刃主剖面 P'_o 内的副刃后角 α'_o 值。

7. 法平(剖)面前角 γ_n 和后角 α_n 的测量

车刀法平(剖)面内的前角 γ_n 与后角 α_n 的测量必须待主偏角 κ_r 及刃倾角 λ_o 测完后才能进行。

将滑体(连同小刻度盘和小指针)和弯板(连同大刻度盘和大指针)上升到适当位置, 使弯板转动一个刃倾角 λ_o 的数值, 这个 λ_o 的数值可从固连于弯板上的小指针在小刻度盘

上指示出来(逆时针转动为 $+\lambda_s$, 顺时针转动为 $-\lambda_s$) (图 1.8)。再按如前所述测量正交(主剖)面内前角 γ_o 和后角 α_o 的方法(参照图 1.5 和图 1.6), 便可测量出法平(剖)面前角 γ_n 和后角 α_n 值。

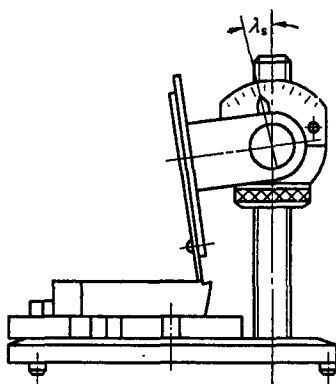


图 1.8 法平(剖)面前角 γ_n 和后角 α_n 的测量

三、实验仪器和用具

- (1) 车刀角度测量仪。
- (2) 待测外圆车刀(或端面车刀)、切断车刀。

四、实验步骤

- (1) 使用车刀角度测量仪测量外圆车刀的 κ_r 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 、 κ'_r 、 α'_o 等数值, 并填入表 1.1 中。
- (2) 使用车刀角度测量仪测量切断车刀的上述角度数值, 并填入表 1.2 中。
- (3) 使用车刀角度测量仪测量外圆车刀的 γ_n 、 α_n , 并填入表 1.1 中(选作)。

五、思考题

- * (1) 用测得的角度值计算出派生角度 β_o 、 ψ_r 、 ϵ_r 值, 并填入表中。
- * (2) 用下列公式计算出 γ_n 、 α_n 及 γ'_o 、 γ'_s 的角度值, 并比较与测得角度值是否相同?

$$\tan \gamma_n = \tan \gamma_o \cdot \cos \lambda_s \quad \tan \alpha_n = \tan \alpha_o / \cos \lambda_s$$

$$\tan \gamma'_o = \tan \gamma_o \cdot \cos(\kappa_r + \kappa'_r) + \tan \lambda_s \cdot \sin(\kappa_r + \kappa'_r)$$

$$\tan \gamma'_s = \tan \gamma_o \cdot \sin(\kappa_r + \kappa'_r) - \tan \lambda_s \cdot \cos(\kappa_r + \kappa'_r)$$

- * (3) 用车刀角度测量仪测量 γ_o 、 α_o 时, 是让角度测量仪的大指针(或大刻度盘)表面相当于切削刃上选定点的正交平(主剖)面 P_o , 此时如何调整角度测量仪的工作台才行? 为什么?

- * (4) 何时才需测量 γ_n 与 α_n ? 为什么用车刀角度测量仪测量车刀的 γ_n 与 α_n 时, 小指

针(即弯板)要旋转一个 λ_s 数值?

* (5) 为什么车刀角度标注图上不标 γ'_o 与 γ'_s ?

(6) 用车刀角度测量仪可否测量 γ_f 、 α_f 及 γ_p 、 α_p ?如何测量?

(7) 切断车刀的 γ'_o 为什么是负值?试画图说明之。

(8) 如何用车刀角度测量仪测量端面车刀各角度?

实验二 切削层变形的动态观察与测量

一、实验目的与要求

- (1) 通过对切削层金属变形过程的动态观察,了解不同金属材料切屑的形成过程及变形本质。
- (2) 通过改变切削速度 v_c 、进给量 f 及刀具前角 γ_0 ,研究它们对切削层变形的影响规律。
- (3) 了解和掌握切削层变形系数 Δ_h 和剪切角 ϕ 的测量方法。

二、实验原理与方法

(一) 用 CCD - 计算机系统观察金属二维切削变形

图 2.1 给出了 CCD - 计算机观察金属切削变形的实验系统。实验是在 X62W 万能铣床上模拟切削过程。在铣床横梁 4 的挂架 5 上固定一把刨刀 3, 试件 2 装夹在固定于铣床工作台的平口钳 1 上, 利用铣床工作台的纵向运动实现切削主运动。可从刨刀的侧面(刀具参考系的正交平面) 观察切削层的变形。因此, CCD 摄像系统的摄像部分也应固定在铣床横梁挂架上, 并用微调装置调整摄像镜头与切削区(刨刀刀尖区域) 的位置和距离, 使显示器上的图像清晰完整。切削时刨刀与摄像部分无相对运动。

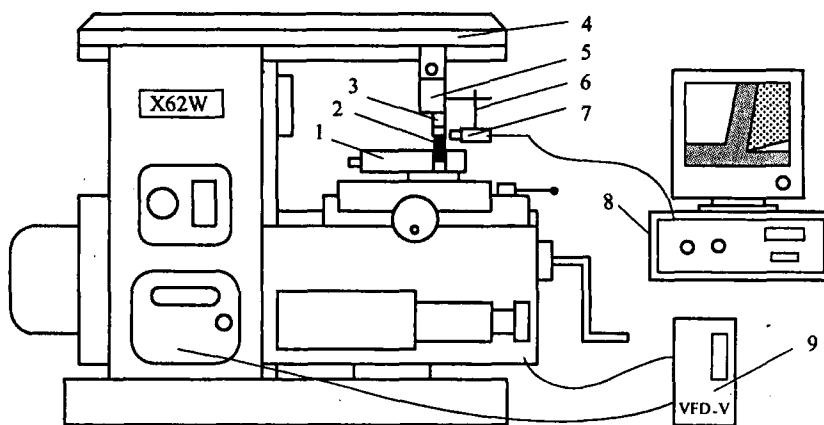


图 2.1 CCD - 计算机系统示意图

- 1—平口钳; 2—试件; 3—刨刀; 4—横梁; 5—挂架; 6—CCD 微调机构; 7—CCD 摄像机;
8—计算机(含图像采集卡); 9—变频器

CCD - 计算机系统的工作原理如下: 由显微镜物镜放大的图像经 CCD 摄像机转化为模拟信号输入到图像采集卡(捕捉卡), 该卡把模拟信号转化为数字信号输出, 计算机对数字信号进行处理后显示在显示器上。从 CCD 到显示器对图像又进行了二次放大(约放大

了 70 倍)(见附录 5)。

工作台的移动速度(即切削主速度 v_c)直接影响观察效果,当 $v_c = 3 \sim 10 \text{ mm/min}$ 时,图像清晰,便于观察。为了获得如此低速切削,铣床工作台纵向运动可采用变频调速器(见附录 6)或减速器。

(二) 切削层变形系数 Δ_h 和剪切角 ϕ 的测量

切削层的变形是研究切削过程中的切削力、切削温度、刀具磨损、加工表面质量等各种物理现象的基础,研究它有十分重要的意义。常用变形系数 Δ_h 、相对滑移 ϵ 和剪切角 ϕ 来衡量切削层变形的大小。

变形系数 Δ_h 可通过间接方法测量计算出来。有质量法、长度法与显微镜测厚法。在此只介绍质量法和显微镜测厚法。

1. 质量法

$$\Delta_h = \frac{l_D}{l_{ch}}$$

式中 l_D ——切削层长度(mm);

l_{ch} ——切屑长度(mm)。

选取不同 v_c 、 f 、 γ_0 情况下的数段较容易测出长度的切屑,然后在天平上称其质量 $M_{ch}(g)$ 。根据质量不变原理知

$$\frac{A_D \cdot l_D}{1\ 000} \cdot \rho = M_{ch} \quad (2.1)$$

式中 A_D ——切削层面积, $A_D = a_p \cdot f \text{ mm}^2$;

ρ ——试件材料密度(g/cm^3)。

因为 $l_D = \Delta_h \cdot l_{ch}$,代入式(2.1),得

$$\frac{(a_p \cdot f) \cdot (\Delta_h \cdot l_{ch})}{1\ 000} \cdot \rho = M_{ch}$$

所以

$$\Delta_h = \frac{1\ 000 M_{ch}}{a_p \cdot f \cdot l_{ch} \cdot \rho} = \Delta_1 \quad (2.2)$$

用式(2.2)即可计算出各种 v_c 、 f 、 γ_0 情况下的变形系数 Δ_h ,并可绘出 $\Delta_h - v_c$ 、 $\Delta_h - f$ 、 $\Delta_h - \gamma_0$ 关系曲线。为了与用测厚法得出的 Δ_h 进行比较,选用直角自由切削方式为宜。

2. 显微镜测厚法

把二维切削获得的切屑根部金相磨片(金相磨片的制作后面介绍)放在测量显微镜下,测量其切屑厚度 h_{ch} 及切削层厚度 h_D ,用式 $\Delta_h = \frac{h_{ch}}{h_D}$ 即可计算出 Δ_h 。

(1) h_{ch} 的测量。事先用快速落刀法取切屑根,并制出一套切屑根部磨片(分别改变 v_c 、 f 、 γ_0 时得到)。实验时利用测量显微镜目镜中的十字刻线中的一条与磨片中切屑底层(即刀具的前刀面)相切读出读数,然后移动测量台再让此刻线与切屑顶层相切读出读数,测量台的二次读数之差即为切屑厚度 h_{ch} (图 2.2)。为了提高测量的准确性,可重复上述过程,取其平均值即可。

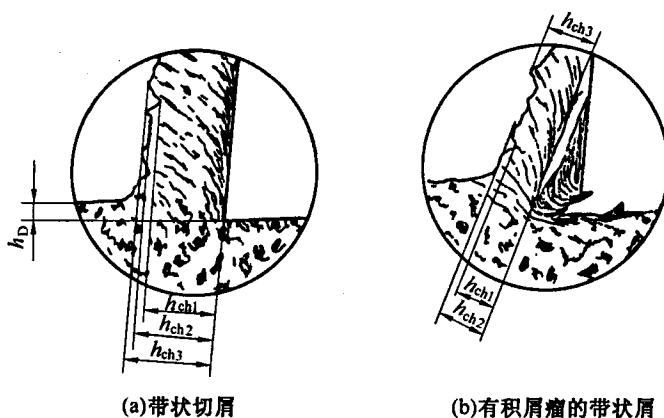


图 2.2 显微镜下切屑厚度 h_{ch} 测量示意图

(2) h_D 的测量。 h_D 的测量法如图 2.2 所示,即让十字刻线中的一条切于试件待加工表面层,读出测量台读数,再移动测量台让加工表面与同一条刻线相切(即过刀尖点且与待加工表面层平行)读出读数,二次读数之差即为 h_D 。

h_{ch} 、 h_D 值均已测出, Δh 便可计算出来。

3. ϕ 的测量

ϕ 也可表示切削层变形的大小。测量 ϕ 之前,必须事先制好一整套根部磨片或放大磨片的照片,在显微镜或照片上直接测量出 ϕ 即可。本实验为直接在放大的照片上测量 ϕ 。

(1) 在较高切削速度时的切屑根部照片(图 2.3(a))中,切屑顶部与待加工表面层的交点即为点 M ,连接点 O 与点 M , $\overline{OM}$ 即为简化的剪切滑移面,它与切削速度间的夹角即为剪切角 ϕ 。

(2) 切削速度较低时,切屑根部照片如图 2.3(b) 所示。此时第 I 变形区加宽,需把切屑顶部与待加工表面顺势延长交于点 M ,再连点 O 与点 M ,即得 ϕ 角。

(3) 有积屑瘤时,切屑根部照片如图 2.4 所示。

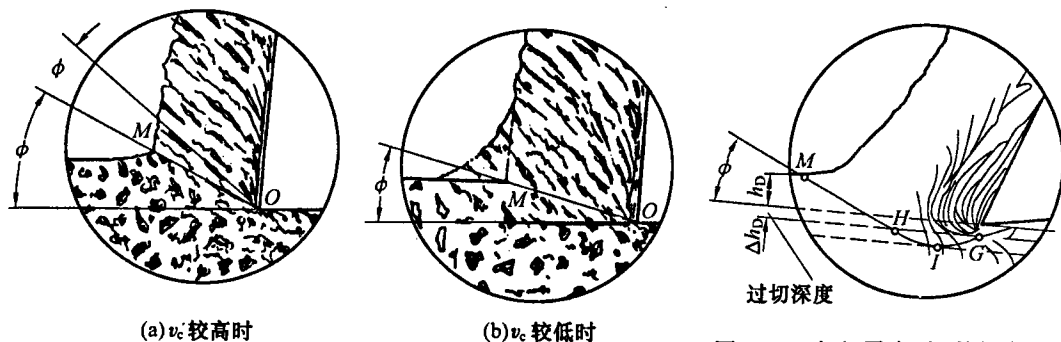


图 2.3 剪切角 ϕ 测量示意图

图 2.4 有积屑瘤时,剪切角 ϕ 的测量方法示意图

(三) 切屑根部金相磨片与照片的制作

可参照下列条件制作切屑根部金相磨片。

试件材料:中碳钢;

刀具材料:YT类硬质合金;

切削方式:直角自由切削;

试件形状:壁厚3 mm的筒状;

其他参数: v_c 、 f 、 γ 与变形系数 Δ_b 测量时相同。

制作切屑根部金相磨片与照片时,首先必须对切屑根部取样,取样一般要采用“快速落刀装置”。

1. 快速落刀装置

快速落刀装置的作用是:使正在切削的刀具在某一瞬间以很大的加速度脱离试件,以保留这一瞬间真实的切削层变形情况,从而获得在一定切削条件下的切屑根部标本。

快速落刀装置的结构主要有爆炸式和机械式两大类。爆炸式可分为单销式和双销式;机械式可分为弹簧冲击式、弹簧压紧式和撞块式。爆炸式是利用火药爆炸的能量使销子瞬时剪断实现快速落刀;而机械式则是利用弹簧或锤击的能量使销子剪断实现快速落刀。

图2.5是最简单的一种锤击式快速落刀装置示意图。车刀2借助螺栓3和铸铁销5固定在刀夹1上。铸铁销5装在刀夹和车刀2的销套6中,在刀夹和车刀配合面处制出V形槽,以使销子受冲击时脆断面较为平整。用锤子锤打刀夹里的车刀,使销子剪断,车刀迅速脱离试件,从而把某一切削条件下切屑层的变形情况“冻结”下来,再切下,制成切屑根部金相标本,即为切屑根部金相磨片。在一般切削速度范围内,利用本装置可以得到较满意的结果。

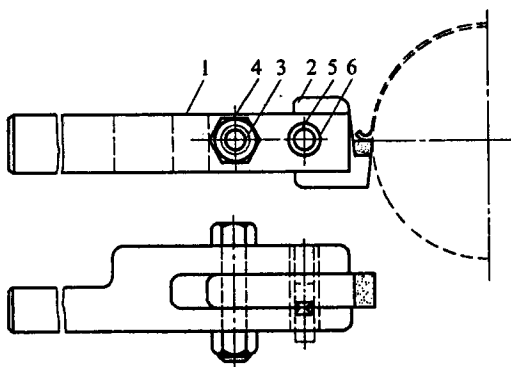


图 2.5 锤击式快速落刀装置示意图

1—刀夹;2—车刀;3—螺栓;4—螺母;5—铸铁销;6—销套

图2.6(a)给出了改进前爆炸式快速落刀装置结构示意图,改进后的拉栓射钉弹爆炸式快速落刀装置如图2.6(b)所示。

切削过程中需要落刀时,只需拉动拉栓9,撞针锤13就会迅速落下撞击撞针17,使得

射钉弹 18 的底火被击发,弹壳内火药产生爆炸,在高压气体的作用下,子弹在飞行中撞击冲击块 19,具有了很大加速度的冲击块经夹刀块 22 使铸铁销 26 剪断,车刀 23 落到盛有缓冲砂 29 装有保护层 28 的落刀盒 27 内。向上拉动压紧螺塞 14,便可使上述落刀过程重复。

经改进后的装置操作方便,重调迅速,所需辅助时间短,取切屑根成功率高,噪声小且不污染环境,是较理想的快速落刀装置。可在 $v_c = 300 \text{ m/min}$ 时获得满意结果,落刀加速度可达 $10^4 \sim 10^5 \text{ m/s}^2$ 。

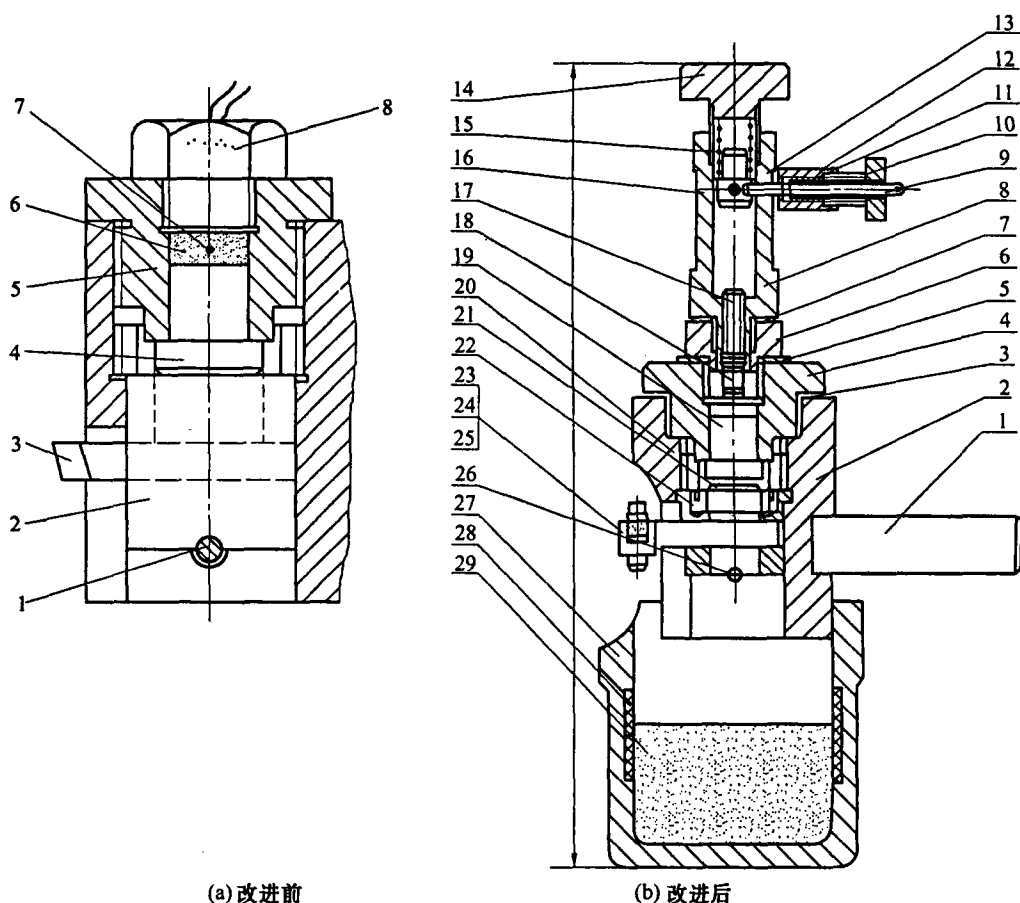


图 2.6 爆炸式快速落刀装置结构示意图

- (a): 1—铸铁销; 2—本体; 3—车刀; 4—撞锤; 5—大螺塞; 6—装药腔; 7—引火索; 8—小螺塞
- (b): 1—把手; 2—本体; 3—垫圈; 4—燃烧室体; 5、7—密封垫; 6—螺母(其中开有一能使射钉弹装入的孔); 8—撞针套; 9—拉栓; 10、14—压紧螺塞; 11、15—弹簧; 12—拉销套; 13—撞针锤; 16—立套; 17—撞针; 18—射钉弹; 19—冲击块; 20—环形螺塞; 21—压紧螺钉; 22—夹刀块; 23—25—机床小车刀; 26—铸铁销; 27—落刀盒; 28—保护层; 29—缓冲砂

2. 金相磨片与照片的制作过程

把获得的切屑根从试件上切下,把它与电木粉一起放入镶嵌机内压模成圆柱状(图

2.7)。经粗磨至切屑中心剖面处(因切屑两侧有侧向变形,而中心剖面处,可认为是平面变形状态),再经研磨—抛光—酸腐蚀制成磨片,放在带摄影装置的金相显微镜下拍照,经冲洗—放大成切屑根部照片。

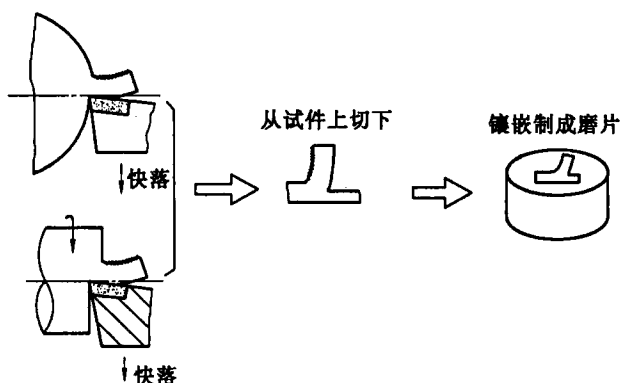


图 2.7 切屑根部金相磨片制作过程示意图

三、实验设备仪器与用具

1. 切屑层变形过程的动态观察

- (1) X62W 铣床 1 台及辅助刀架 1 套。
- (2) CCD - 计算机系统及调整装置。
- (3) 高速钢刨刀 3 把, 铝(或铜)、中碳钢及铸铁试件各 1 块。

2. 变形系数 Δ_h 与剪切角 ϕ 的测量

- (1) 质量法: CA6140(或 CW6140 或 C620) 车床 1 台、YT15 硬质合金刀片数片、45 钢管料;天平(量程 1 000 g)、铜丝、直尺。

- (2) 显微镜测厚法: 测量显微镜、切屑根部金相磨片数个。

3. 切屑根部金相磨片与照片的制作

- (1) 机床、刨刀、试件与 Δ_h 与 ϕ 测量中所用仪器相同。
- (2) 爆炸式落刀装置 1 套。
- (3) 镶嵌机、电木粉、砂纸、抛光机、腐蚀剂。
- (4) 金相显微镜(带摄影装置)或扫描电子显微镜。
- (5) 暗室及洗相用品。

四、实验步骤

1. 切削层变形过程的动态观察

- (1) 观察第 I 变形区的剪切滑移变形及滑移线的形成。
- (2) 观察第 II 变形区切屑底部晶粒进一步被拉长几乎与前刀面平行、产生挤压摩擦变形过程
- (3) 观察崩碎切屑形成过程: 铸铁在刀具前刀面作用下挤压变形 → 产生裂纹 → 沿曲面脆断。