

JINSHU GONGYIXUE SHIYAN JI XITI

职业技术教育规划教材

金属工艺学 实验及习题

铁路金工课程编写组 编

中国铁道出版社

职业技术教育规划教材

金属工艺学实验及习题

铁路金工课程编写组 编
郑州铁路机械学校 李凤翔 主审

中 国 铁 道 出 版 社

2001年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是《金属工艺学》的配套教材,内容由实验和习题两部分组成。实验部分有力学性能、热处理、显微金相观察、车刀几何角度的测量和钢铁火花鉴别等实验。习题部分有每章一组复习题,供课外作业使用。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学实验及习题/铁路金工课程编写组编. —北京:中国铁道出版社, 2001.2
职业技术教育教材
ISBN 7-113-04025-X

I. 金… II. 铁… III. ①金属加工-工艺-实验-技术教育-教材②金属加工-工艺-技术教育-习题
IV. TG-43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 02359 号

书 名: 金属工艺学实验及习题

作 者: 铁路金工课程编写组编

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑: 吴桂萍

封面设计: 陈东山

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 7.25 字数: 175 千

版 本: 2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000 册

书 号: ISBN 7-113-04025-X/TH·89

定 价: 10.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

《金属工艺学实验及习题》是《金属工艺学》的配套教材，实验内容力求精练，便于操作。每个实验之后都有实验报告供实验者填写。习题每章都有一组，其习题形式多样，供布置课外作业时选用。

全书由铁路金工课程编写组根据铁道部科教司新教学大纲要求编写，由郑州铁路机械学校李凤翔主审。

参加本书编写的有：广州铁路机械学校李英（实验及习题的第一、七、八、九章）；郑州铁路机械学校夏国贤、兰州铁路机械学校张芙丽（习题的第二、三、四、五、六、十五章）；济南铁路机械学校单洪标（习题的第十、十一、十二章）；株洲铁路机械学校余新萍（习题的第十三、十四章）。教材编写组成员还有：王英杰、金升、涂嘉、丁克强、丁建平、王守晶、朱安莉、王青、龙雄辉、张锋、庄学功、鲁媛、金燕、左阳春。

由于编写者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2000年10月

目 录

实 验 部 分

实验一	金属力学性能实验	1
I	拉伸实验	1
II	硬度实验	4
III	冲击实验	12
实验二	铁碳合金室温下平衡组织金相观察	15
实验三	非合金钢的热处理实验	20
实验四	合金钢、铸铁及非铁金属显微组织观察	24
实验五	车刀几何角度的测量	29
实验六	钢铁火花鉴别	32
附录一	金属布氏硬度数值	36
附录二	黑色金属硬度及强度换算表	49
附录三	金相标准试样的制备	52
附录四	非合金钢、低合金钢和合金钢合金元素规定含量界限值	54
附录五	合金钢的分类	55
附录六	钢铁产品名称、用途、特性和工艺方法表示符号	56

习 题 部 分

第一章	金属材料的力学性能	58
第二章	金属的晶体结构与结晶	61
第三章	铁碳合金状态图	64
第四章	钢的热处理工艺基础	67
第五章	工业用钢	72
第六章	铸 铁	77
第七章	非铁金属及粉末冶金	79
第八章	金属腐蚀与防护概述	83
第九章	非金属材料简介	84
第十章	铸 造	86
第十一章	金属压力加工	90
第十二章	焊 接	93
第十三章	金属切削加工	97
第十四章	零件材料和毛坯的选择及零件切削加工工艺的制订	104
第十五章	产品质量检验及失效分析	108

实验一 金属力学性能实验

I 拉伸实验

【实验目的】

1. 测定金属的强度指标（屈服强度 σ_s 及抗拉强度 σ_b ）和塑性指标（断后伸长率 δ 及断面收缩率 ψ ）。
2. 观察低碳钢、铸铁试样在拉伸过程中的各种现象（如弹性变形、屈服、强化、缩颈、断裂），加深对塑性材料（如低碳钢）、脆性材料（如铸铁）拉伸曲线的理解。
3. 了解万能试验机的主要结构和使用方法。

【实验设备及试样】

1. 万能试验机一台（万能试验机简图如图 1 所示）。

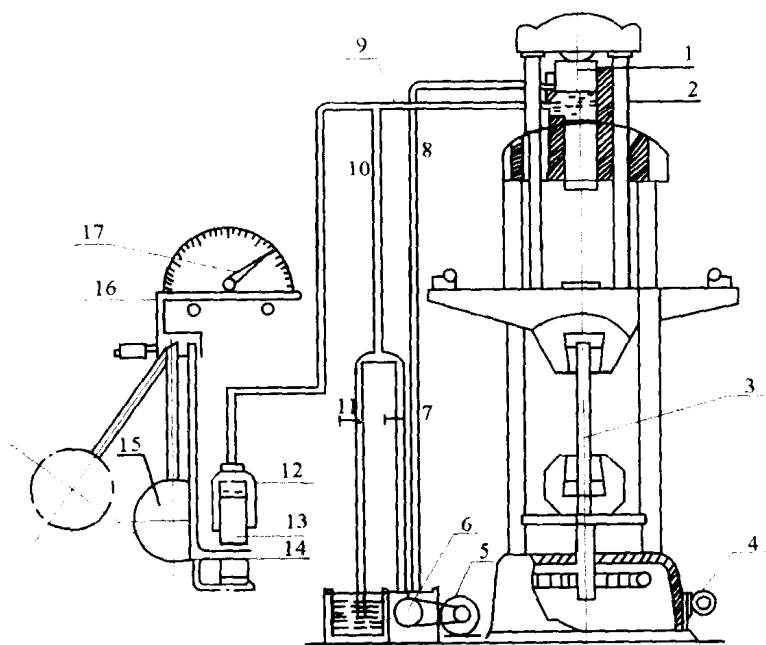


图 1 万能试验机简图

- 1—大活塞；2—工作油缸；3—试样；4—下夹头电动机；5—油泵电动机；6—油泵；7—送油阀；
8—渗油回油管；9—测力油管；10—送油管；11—回油阀；12—测力油缸；13—测力活塞；
14—测力拉杆；15—摆锤；16—推杆；17—测力盘指针。

2. 千分尺（螺旋测微计）和游标卡尺。
3. 低碳钢及铸铁拉伸试样各若干根。

【实验原理】

根据 GB 228—87，拉伸试验是用拉力将试样拉伸，一般拉至断裂，以测定力学性能。

拉伸试样是按 GB 6397—86《金属拉伸试验试样》确定。对低碳钢和铸铁来说，一般采用圆形试样，且试样标距（拉伸试验中用以测量试样伸长的两标记间的长度）中的原始标距（试验前的标距） $L_0 = 10d_0$ （长试样）或 $L_0 = 5d_0$ （短试样）。

将试样安装在万能材料试验机上，开动机器后，缓慢加载。随着载荷增大，则试样逐渐伸长，测力盘的指针便指出载荷（ F ）的大小，直至拉断。利用万能材料试验机上面的自动绘图装置，给出载荷（ F ）与试样伸长量（ ΔL ）之间关系曲线为该材料拉伸曲线图。如图 2 所示，图 2（a）表示低碳钢的力—拉伸曲线；图 2（b）表示铸铁的力—拉伸曲线。

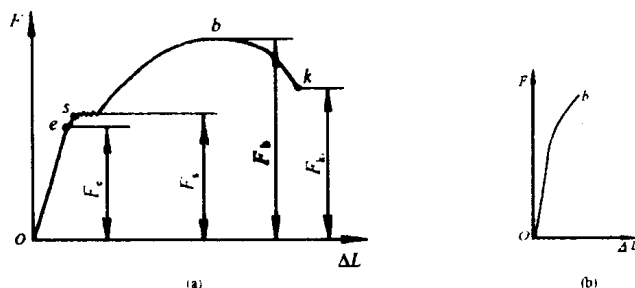


图 2 低碳钢、铸铁的拉伸曲线

(a) 低碳钢的力—拉伸曲线；(b) 铸铁的力—拉伸曲线。

【实验步骤】

1. 检验万能试验机工作是否正常，试样是否达到 GB 6397—86 技术要求。
2. 在标距中央和两端分别沿互相垂直的两个方向各量一次直径，并分别计算这三处直径的平均值，取其中最小者作为试样原始直径 d_0 ，同时测量标距尺寸 L_0 （ $L_0 = 10d_0$ 或 $L_0 = 5d_0$ ）。在试样上标原始标距。
3. 估计拉伸试验所需的最大力 F_b 。 F_b 在测力度盘 40% ~ 85% 范围内较宜（或由实验室人员选定，但试验前要弄清所选用的测力度盘，以免读错）。调整测力指针对准零点，并检查好自动描图装置。安装试件，开动机器使之缓慢匀速加载。
4. 在试验过程中，要注意观察试件变形、拉伸图各阶段的变化和测力指针的走动情况和相应的实验现象，并及时记录有关数据。对于低碳钢，测力指针停止转动或倒退说明材料开始屈服，测力针倒退到最低位置所对应的载荷为屈服载荷，并记录屈服载荷 F_s ，试件断裂后立即停车，由随动指针读出此时最大载荷 F_b ，并记录下来。
5. 取下试样。将断裂试样的两段对齐并尽量靠紧，用游标卡尺测量断后标距 L_1 ，并在缩颈段的最小截面处沿互相垂直的两个方向各量一次直径，取其平均值作为 d_1 ，并分析实验数据。

【试验结果处理】

1. 试验出现下列情况之一者，试验结果无效。
 - (1) 试样断在机械刻划的标记上或标距外，造成性能不合格。
 - (2) 操作不当。
 - (3) 试验记录有误或设备发生故障影响试验结果。
2. 遇有试验结果作废时，应补做同样数量试样的试验。
3. 试验后试样出现两个或两个以上的缩颈以及显示出肉眼可见的冶金缺陷，应在试验记录中注明。

【实验报告】

拉伸实验报告

实验名称		班级		姓名		评	
实验日期		组别		学号		分	

一、实验目的

二、实验设备及试样

三、实验简单原理

四、实验记录及结果

1. 填表计算。

拉伸实验记录及结果

试样 编号	材料 名称	试样标距长度 (mm)		试样截面直径 (mm)		拉伸试验力 (N)		屈服点 σ_s (MPa)	抗拉 强度 σ_b (MPa)	伸长 率 δ (%)	断面 收缩率 ψ (%)
		L_0	L_1	d_0	d_1	F_s	F_b				

2. 绘制低碳钢和灰铸铁的拉伸曲线。

II 硬度实验

布氏硬度试验

【实验目的】

1. 了解布氏硬度测定的基本原理、应用范围及布氏硬度计的主要结构。
2. 掌握布氏硬度实验操作方法步骤。
3. 学会正确使用读数显微镜测量压痕直径。

【实验设备及试样】

1. 布氏硬度试验计（布氏硬度试验计简图如图 3 所示）。

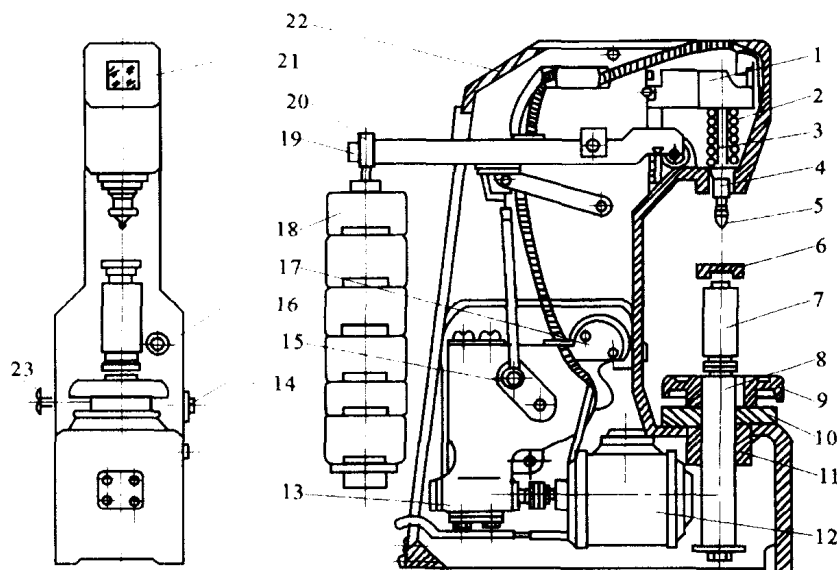


图 3 HB-3000 型布氏硬度试验计简图

- 1—小杠杆；2—弹簧；3—压轴；4—主轴衬套；5—压头；6—工作台；7—工作台立柱；8—螺杆；9—升降手轮；
10—螺母；11—套筒；12—电机；13—减速器；14—压紧螺钉；15—轴柄；16—按钮开关；17—换向开关；
18—砝码；19—大杠杆；20—吊环；21—加荷指示灯；22—机体；23—电源开关。

2. 读数显微镜（读数显微镜简图如图 5 所示）。

3. 淬火钢、退火钢、铸铁、非铁金属等试样。

【实验原理】

用一定直径的钢球或硬质合金球，以相应的试验力压入试样表面，经规定保持时间后，卸除试验力，测量试样表面的压痕直径。如图 4 所示。

根据压痕直径的大小，再从专用的金属布氏硬度数值表（见附录一）查出相应的布氏硬度值。

【读数显微镜构造及使用】

1. 读数显微镜构造如图 5 所示。

2. 使用步骤

- (1) 将仪器放置于被测试件上，使被测试件的被测部

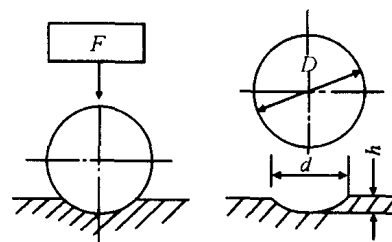


图 4 布氏硬度试验原理示意图

分用自然光或灯光照明，使压痕清晰呈现。移动显微镜使上分划线的一根刻度线（或零线）与回转圆形压痕一边相切。

(2) 转动读数指示套，带动下分划板上的刻度线移动，使之与圆压痕的另一边相切，如图 6 所示。

(3) 上分划线上一格为 1 mm，读数指示套上一格为 0.01 mm。两种读出数相加之和即是该压痕的直径。

(4) 在压痕的垂直方向上测两次，分别为 d_1 、 d_2 ，取 $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ 。

【实验步骤】

1. 检验布氏硬度试验机工作是否正常。

2. 按照表 1 布氏硬度试验规范确定压头类型、试验力、试验力保持时间。

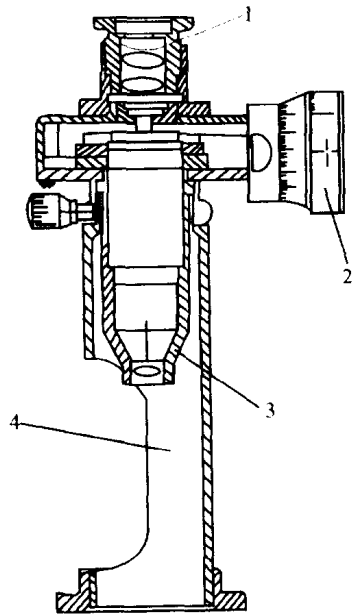


图 5 JC10 型读数显微镜简图

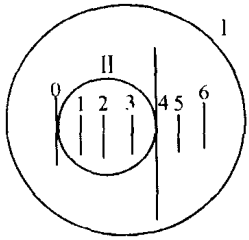


图 6 测量示例

1—目镜；2—读数指示套；3—物镜；4—镜筒。

I—镜筒；II—压痕。

表 1 布氏硬度试验规范（GB 231—84）

材料	硬度范围 (HBS)	F/D^2 ($0.102 F/D^2$)	钢球直径 D (mm)	试验力 F^* (kgf)	试验力保持 时间 (s)
钢、铸铁	140 ~ 450	30	10	3000 (29.42 kN)	10 ~ 15
			5	750 (7.355 kN)	
			2.5	187.5 (1.839 kN)	
	< 140	10	10	1000 (9.807 kN)	10 ~ 15
			5	250 (2.452 kN)	
			2.5	62.5 (612.9 N)	
铜及 铜合金	≥ 130	30	10	3000 (29.420 kN)	30
			5	750 (7.355 kN)	
			2.5	187.5 (1.839 N)	
	36 ~ 130	10	10	1000 (9.807 kN)	30
			5	250 (2.452 kN)	
			2.5	62.5 (612.9 N)	
铝及 铝合金	8 ~ 35	2.5	10	250 (2.452 kN)	60
			5	62.5 (612.9 N)	
			2.5	15.6 (153.2 N)	

注：1. 当试验条件允许时，应尽量选用 $\phi 10$ mm 球；

2. 当有关标准中没有明确规定时，应使用无括号的 F/D^2 。

* 原有设备及试验规范力的单位仍使用 kgf。

3. 将选择好的压头装入硬度计的主轴衬套内并紧固, 调好时间定位和试验力砝码。将试样平稳地放在工作台上, 顺时针方向转动手轮, 使试样测试表面垂直于压头加力方向, 直至试样与球体紧密接触手轮空转时为止, 即加预载荷 10 kgf (9.8 N) 完毕。

4. 打开电源开关, 待电源指示灯亮后, 再起动按钮开关, 当加荷指示灯明亮时, 表示试验力开始加上, 此时立即拧紧定时压紧螺钉 (若为半自动布氏硬度试验机加载指示灯亮), 即自动开始记时, 达到预定加载时间后, 加荷指示灯熄灭, 试验力自动卸除。

5. 关闭电源, 反时针方向转手轮, 使工作台下降, 取下试样。用读数显微镜测量试样表面压痕直径 d 并记录实验数据。检查数据符合要求后, 将砝码取下, 以免影响硬度计的测量精度。

6. 根据所测得的压痕直径 d 和试验力大小根据附录一《金属布氏硬度数值》查出相应的布氏硬度值。

【注意事项】

1. 试样的试验面应是光滑平面, 不应有氧化皮及外来污物。试样支撑面、压头表面及试台面应清洁。试样应稳固地放置于试台上, 保证在试验过程中不发生位移和挠曲。

2. 试验一般应在 10 ~ 35 °C 温度范围内进行。布氏硬度试样厚度至少应为压痕深度的 10 倍。试验后, 试样支撑面应无可见变形痕迹。

3. 在每次更换压头、试台或支座后及大批试样试验前, 均应按照 JJG 150—83《布氏硬度计检定规程》对硬度计进行日常检查。

4. 压痕中心距试样边缘距离不应小于压痕平均直径的 2.5 倍, 两相邻压痕中心距离不应小于压痕平均直径的 4 倍。布氏硬度小于 35 时, 上述距离应分别为压痕平均直径的 3 倍和 6 倍。试验后, 压痕直径应在 $(0.24 \sim 0.26) D$ 之间, 否则无效, 应换用其他载荷作试验。

5. 注意安全用电。

【试验结果处理】

1. 计算的布氏硬度值大于等于 100 时, 修约至整数; 硬度值大于等于 10 至 100 时, 修约至一位小数; 硬度值小于 10 时, 修约至两位小数。(修约方法按 GB1.1—81《标准化工作导则编写标准的一般规定》执行)

2. 应尽量避免将布氏硬度换算成其他硬度或抗拉强度。当必须进行换算时, 应按照 GB 1172—74《黑色金属硬度及强度换算值》(见附录二)、GB 3771—83《铜合金硬度与强度换算值》及 GBn 166—82《铝合金硬度与强度换算值》换算。

【实验报告】

布氏硬度实验报告

实验名称		班级		姓名		评分	
实验日期		组别		学号			

一、实验目的

二、实验设备及试样

三、实验简单原理

四、实验记录及结果

布氏硬度实验记录表

试样 编号	试样 材料	热处理 状 态	压 头		试验力 F (N 或 kgf)	保持时间 (s)	压痕直径 (mm)			HBS 或 HBW
			直径 D (mm)	材料			d_1	d_2	$d_{\text{平均}}$	

洛氏硬度试验

【实验目的】

1. 了解洛氏硬度测定的基本原理及洛氏硬度计的主要结构。
2. 掌握常用的三种洛氏硬度标尺的应用范围及操作方法。

【实验设备及试样】

1. 洛氏硬度计（洛氏硬度计简图如图 7 所示）。
2. 淬火钢、退火钢、铸铁、非铁金属试样。

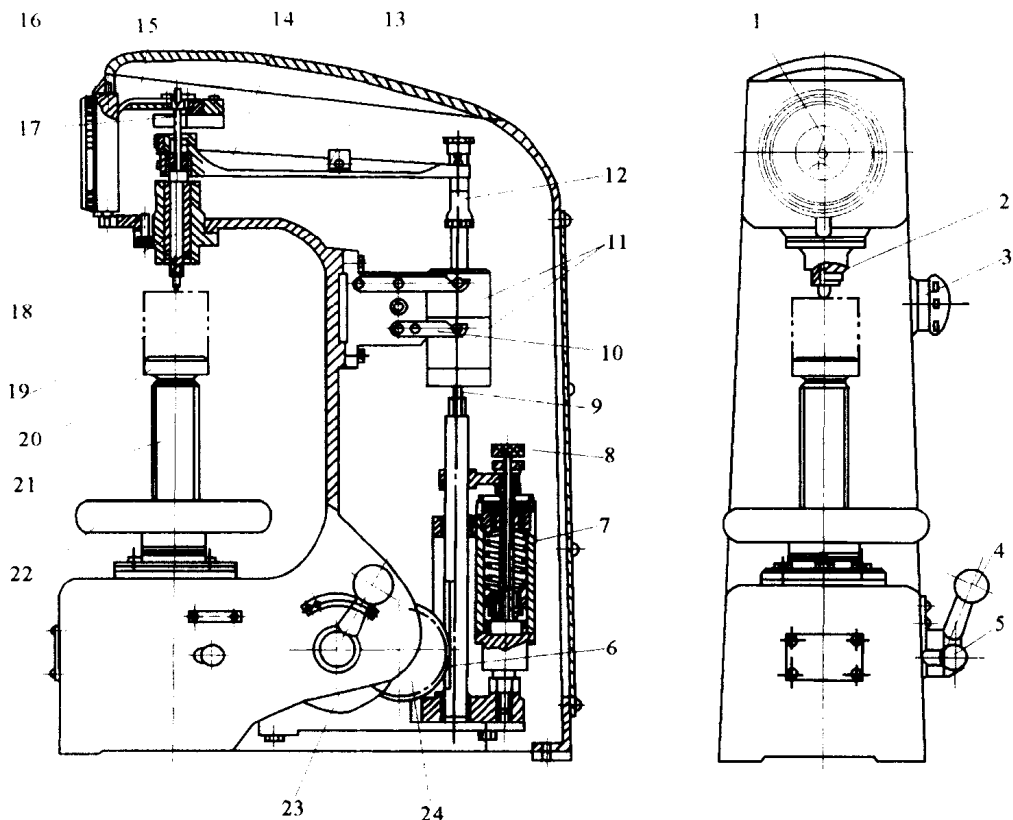


图 7 HR-150A 型洛氏硬度计简图

- 1—指示器；2—紧固螺钉；3—交换手柄；4—卸荷手柄；5—加荷手柄；6—齿条；7—缓冲器；8—油针；9—顶杆；10—砝码交换架；11—砝码；12—吊杆；13—调整块；14—加荷杠杆；15—小杠杆；16—接杆；17—顶杆；18—主轴；19—试样；20—工作台；21—工作台螺旋立柱；22—手轮；23—凸轮；24—大齿轮。

【实验原理】

在初始试验力 F_0 及主试验力 F_1 的先后作用下，将压头（金刚石圆锥体或淬火钢球）压入试样表面，经规定保持时间后，卸除主试验力，用测量的残余压痕深度增量计算硬度值。如图 8 及图 9 所示。

【试验步骤】

1. 检验洛氏硬度试验机工作是否正常。
2. 根据试样材料及预计硬度范围按表 1—3 选择压头类型、主试验力。将选择的压头插入硬度计的主轴的衬套内，旋转紧固螺钉，使其轻轻压于压头固定杆之扁平处。转动砝码交

换手柄，对准总试验力值的标记。根据试样形状和大小，选择适宜工作台，将试样平稳地放在工作台上。顺时针方向转动工作台升降手轮，将试样与压头缓慢接触，试验力的方向应与试样的试验面垂直。先加初始试验力，待指示器的小指针对准红点（或红线）时，说明已加上初始试验力。若小指针过红点或长针相对垂直位置超过五格时，应卸除初始试验力，更换测试位置，重复试验。

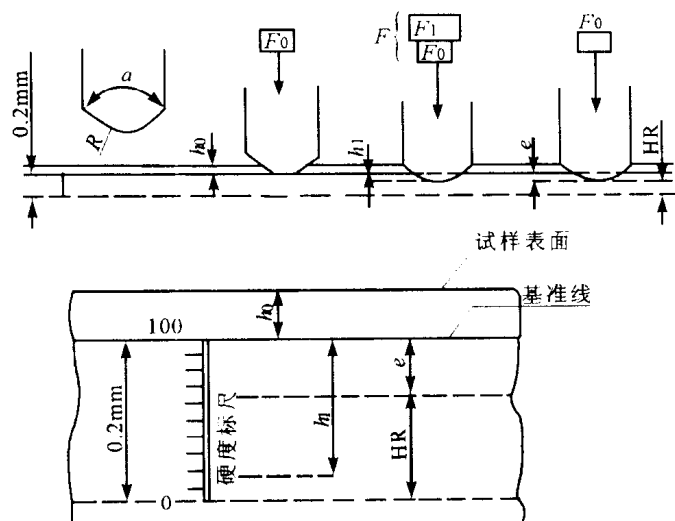


图 8 用金刚石圆锥压头试验示意图
(HRA、HRC)

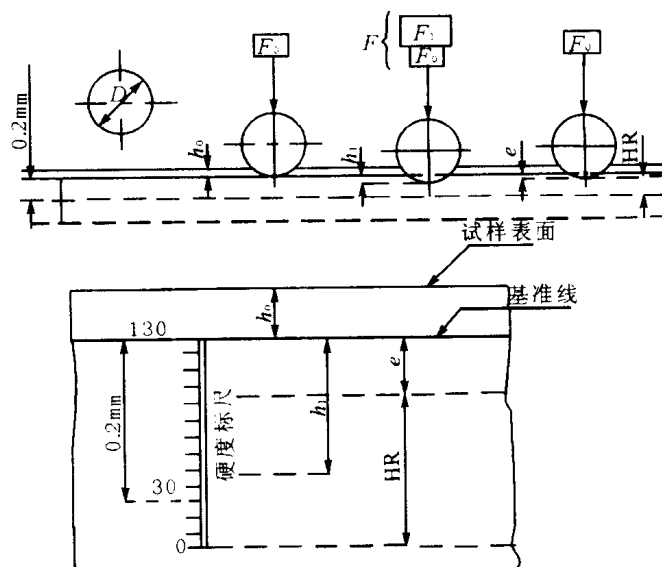


图 9 用钢球压头试验示意图

3. 调整指示器的刻度盘，使大指针对准“零位”（即 HRC、HRA 对准黑字的“C”点，HRB 对准红字的“B”点）。操纵加力手柄，通过缓冲器慢慢加上主试验力，压头继续压入试样，此时长针反时针方向转动，总试验力的保持时间应以示值指示器指针基本不动为准。达到规定的保持时间后，在 2 s 内平稳地卸除主试验力，从相应的标尺刻度上读出洛氏硬度

值，并做好记录。

4. 逆时针转动手轮，下降工作台，卸除初始试验力，取下试样。

5. 重复以上步骤，做到在每个试样上的试验点数不少于三点。其平均值即为该试样材料的洛氏硬度值。

【注意事项】

1. 试样的试验面、支承面、试台表面和压头表面应清洁。试样应稳固地放置在试台上，以保证在试验过程中不发生位移及变形。

2. 在任何情况下，不允许压头与试台及支座触碰。试样支承面、支座和试台工作面上均不得有压痕。

3. 在试验过程中，试验装置不应受到冲击和振动。

4. 调整示值指示器至零点后，应在 2~8 s 内施加全部主试验力。且应均匀平稳地施加试验力，不得有冲击及振动。

5. 试样两相邻压痕中心距离至少应为压痕直径的 4 倍，但不得小于 2 mm。任一压痕中心距试样边缘距离至少应为压痕直径的 2.5 倍，但不得小于 1 mm。

【试验结果处理】

1. 试验报告中给出的洛氏硬度值应精确至 0.5 个洛氏硬度单位。

2. 应尽量避免将洛氏硬度值换算成其他硬度值或抗拉强度，当必须进行换算时，应按 GBn 166、GB 1172、GB 3771 换算。

【实验报告】

洛氏硬度试验报告

实验名称		班级		姓名		评 分	
实验日期		组别		学号			

一、实验目的

二、实验设备及试样

三、实验简单原理

四、实验记录及结果

洛氏硬度实验记录表

试样 编号	试样 材料	热处理 状 态	硬度 标尺	硬度 符号	压头 类型	试验力 (N 或 kgf)			硬 度 值			
						F_0	F_1	F	一次	二次	三次	平均

III 冲击实验

【实验目的】

1. 了解冲击试验机的结构及试验原理。
2. 了解金属材料在常温下夏比缺口冲击试验方法。

【实验原理】

根据 GB 229—1994 规定, 金属夏比缺口冲击试验方法是用规定高度的摆锤对处于简支梁状态的缺口试样进行一次打击, 测量试样折断时的冲击吸收功。其试验原理示意图如图 10 所示。

【实验设备及试样】

1. 摆锤式冲击试验计。
2. 游标卡尺。
3. 冲击试样 (材料一般用中碳钢)。

【实验步骤】

1. 检验冲击试验机工作是否正常和试样是否符合标准, 即检查试样尺寸和表面质量是否符合国标要求; 检查摆锤空打时被动指针的回零差, 回零差不应超过最小分度值的四分之一。

2. 打开电源开关, 手拿操作屏站在设备正前方 1 m 远处。打开操作屏开关, 按下摆臂下降按钮, 这时摆臂下降, 回升时把摆锤带至 135° 夹角高度, 并将指针拨至该机最大刻度位置。

3. 用安放样板将试样紧贴支座放置, 并使试样缺口的背面向向摆锤刀刃。试样缺口对称面应位于两支座对称面上, 其偏差不应大于 0.5 mm。

4. 按下冲击按钮, 摆锤自由落下, 冲断试样并继续摆动一个高度, 同时被动指针向零位旋转一个角度。

5. 试样冲断后, 立即按下摆臂夹紧按钮, 使摆锤制动停止摆动后, 从刻度盘上读出指针指示数值, 即为该试样的冲击吸收功 A_{KU} (A_{KV})。

【注意事项】

1. 试样的制备应避免由于加工硬化或过热而影响金属的冲击性能。
2. 室温冲击试验应在 10 ~ 35 °C 进行。
3. 冲击试验机一般在摆锤最大能量的 10% ~ 90% 范围内使用。
4. 不得站在摆锤的前面和后面, 以免摆锤及试件碎块伤人。冲击试验机只允许一人操作。
5. 安全用电。

【实验结果处理】

1. 冲击吸收功至少应保留两位有效数字, 修约方法按 GB 8170 执行。
2. 由于试验机打击能量不足使试样未完全折断时, 应在试验数据之前加大于符号

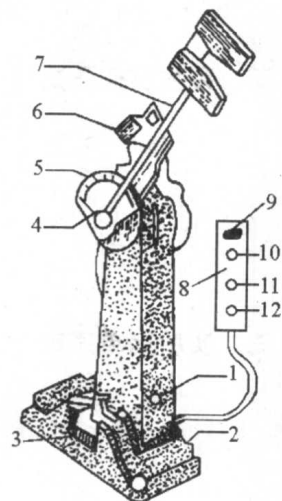


图 10 摆锤冲击试验机原理示意图

- 1—电源开头; 2—机座; 3—支座;
4—指针; 5—刻度盘; 6—电磁路;
7—摆锤; 8—操作屏; 9—开关;
10—摆臂下降按钮; 11—冲击按钮;
12—摆臂夹紧按钮。