

# 前 言

伟大领袖毛主席指出：“农业的根本出路在于机械化”。为了适应我国农业机械化事业迅猛发展的需要，我们于一九七四年九月在湖南长沙交流了教育革命经验，并在深入实际、学习调查的基础上拟订了本书的编写提纲，由湖南省农业机械化学校、安徽省合肥农业机械学校、河北省廊坊地区农业机械化学校、广西壮族自治区农业机械化学校和四川省农业机械化学校依据提纲，分工写出初稿。

一九七五年三月，在四川省农业机械局的关怀和支持下，我们在四川组织了对本书初稿的“三结合”会审工作，邀请了有关工厂、学校的工人、干部、技术人员和教员，参加会审。参加审稿的同志认真学习了毛主席关于理论问题的重要指示，在提高认识的基础上，对本书初稿进行了反复的讨论修改，汲取了工人师傅、技术人员和教员特别是工人师傅的宝贵实践经验。通过“三结合”会审，使本书在初稿基础上内容得到充实，质量有所提高。我们谨借本书出版的机会，向他们表示深切的谢意。

本书系中等农业机械学校农机修理专业使用的教材，也可供专、县农机修造厂青年工人自学使用。

参加本书会审的厂、校，除原编写学校外，还有四川手扶拖拉机厂、四川省彭县第二农业机械修造厂、四川省南充地区农机修理厂、四川省乐山地区汽车运输公司大修厂、四川省乐至县农机修造厂、四川省绵阳地区第二机械厂、四川省遂宁县农机修造

厂、四川省绵阳地区遂宁轴瓦厂、西南农学院、湖北省荆州地区农业机械学校、广东省佛山地区农业机械化学学校、山东省农业机械化学学校、江苏省南京农业机械化学学校、四川省涪陵地区农业机械学校、四川省南充地区水利电力学校、四川省凉山五·七共产主义大学、四川省绵阳地区水利电力学校。

毛主席教导我们：“教材要彻底改革”。《金属工艺基础》是一门综合性的工艺课程，包括内容较多，涉及面较宽。由于我们思想和业务水平不高，实践经验不足，加之编写时间匆促，缺点错误一定不少，恳切希望读者提出宝贵意见。

《金属工艺基础》协作编写组

1975年4月

# 目 录

## 第一篇 金属材料及热处理

<b>第一章 金属的机械性能</b> .....	( 1 )
第一节 强度 .....	( 1 )
第二节 塑性 .....	( 3 )
第三节 硬度 .....	( 4 )
第四节 疲劳强度 .....	( 6 )
第五节 冲击韧性 .....	( 7 )
<b>第二章 铁碳合金</b> .....	( 8 )
第一节 碳素钢 .....	( 8 )
第二节 碳素钢的组织 .....	( 15 )
第三节 铁碳合金状态图 (Fe—Fe <sub>3</sub> C状态图) .....	( 25 )
<b>第三章 钢的热处理</b> .....	( 35 )
第一节 钢的退火与正火 .....	( 37 )
第二节 钢的淬火与回火 .....	( 45 )
第三节 钢的表面热处理 .....	( 63 )
第四节 合金钢 .....	( 72 )
第五节 热处理缺陷及其防止 .....	( 90 )
第六节 热处理常用的加热设备 .....	( 93 )
<b>第四章 机器零件的选材及农机修理工艺中的热处理</b> .....	( 98 )
第一节 机器零件材料的选用 .....	( 98 )
第二节 农机修理工艺中的热处理 .....	( 103 )

## 第二篇 热加工基础

<b>第五章 铸铁、有色金属及其铸造</b> .....	( 106 )
第一节 造型材料 .....	( 107 )

第二节	手工造型 .....	( 112 )
第三节	浇注系统 .....	( 122 )
第四节	铸铁及其熔炼 .....	( 125 )
第五节	有色金属及其熔炼特点 .....	( 143 )
第六节	铸件的缺陷分析及防止 .....	( 159 )
<b>第 六 章</b>	<b>金属的焊接与气割 .....</b>	<b>( 164 )</b>
第一节	手工电弧焊 .....	( 165 )
第二节	接触焊 .....	( 183 )
第三节	金属的气焊与切割 .....	( 185 )
第四节	常用金属材料的焊接 .....	( 200 )
第五节	焊接缺陷及焊缝质量的分析与检查 .....	( 210 )
第六节	钎焊 .....	( 218 )
<b>第 七 章</b>	<b>锻造 .....</b>	<b>( 221 )</b>
第一节	锻造的基本原理 .....	( 221 )
第二节	金属的加热及加热设备 .....	( 225 )
第三节	锻造工作 .....	( 230 )

### 第三篇 金属切削加工

<b>第 八 章</b>	<b>金属切削的基本知识 .....</b>	<b>( 245 )</b>
第一节	金属切削机床概述 .....	( 245 )
第二节	刀具材料 .....	( 251 )
第三节	金属切削的基本概念 .....	( 254 )
第四节	车刀几何参数的选择及刃磨 .....	( 264 )
<b>第 九 章</b>	<b>钳工工作 .....</b>	<b>( 278 )</b>
第一节	常用量具的结构和使用 .....	( 278 )
第二节	钳工工作 .....	( 291 )
<b>第 十 章</b>	<b>车削加工 .....</b>	<b>( 328 )</b>
第一节	C620 型普通车床 .....	( 328 )
第二节	车床的主要工作 .....	( 340 )
<b>第 十 一 章</b>	<b>刨削加工 .....</b>	<b>( 371 )</b>
第一节	刨削及刨刀 .....	( 371 )

第二节	刨床工作 .....	( 379 )
<b>第十二章</b>	<b>铣削加工</b> .....	( 388 )
第一节	铣床 .....	( 388 )
第二节	铣削与铣刀 .....	( 395 )
第三节	万能分度头及其工作 .....	( 405 )
第四节	齿轮的铣削加工 .....	( 415 )
<b>附:</b>	<b>展成法加工齿轮简介</b> .....	( 424 )
<b>第十三章</b>	<b>磨削加工</b> .....	( 428 )
第一节	磨床工作 .....	( 429 )
第二节	砂轮 .....	( 434 )
<b>第十四章</b>	<b>机械加工工艺基本知识</b> .....	( 443 )
第一节	基本概念 .....	( 443 )
第二节	工艺路线的制定 .....	( 452 )
<b>附表 I</b>	<b>汉语拼音字母读音</b> .....	( 462 )
<b>附表 II</b>	<b>外文字母读音</b> .....	( 463 )
<b>附表 III</b>	<b>元素周期表</b> .....	( 464 )
<b>附表 IV</b>	<b>洛氏硬度 HRC 与其它硬度及强度换算表</b> ( 试行 ) .....	( 465 )
<b>附表 V</b>	<b>农机修理常用磨具参考表</b> .....	( 467 )

# 第一篇 金属材料及热处理

## 第一章 金属的机械性能

在拖拉机和它农业机械的制造和修理中，大量地使用各种金属材料。为了正确合理地使用材料，对其性能的了解是十分必要的。金属材料的性能包括机械性能和物理、化学性能。一般结构零件，常以机械性能作为选材的依据。所谓机械性能是指金属材料受到外力作用时所表现出来的特性，如强度、塑性、硬度等。

### 第一节 强度

强度是指材料在外力作用下，抵抗变形和破坏的能力。常用来衡量金属强度的指标有屈服强度 ( $\sigma_s$ ) 和抗拉强度 ( $\sigma_b$ )。

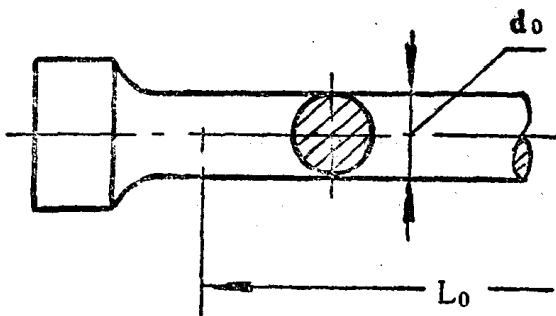


图 1—1 拉伸试样

金属的屈服强度和抗拉强度是通过把材料做成标准试样，在材料试验机上进行拉伸试验测得的。常用的拉伸试样如图 1—1 所示。图中  $d_0$  为原

始直径， $L_0$  为计算长度。试样长度是标准化了的：长试样  $L_0 = 10d_0$ ，短试样  $L_0 = 5d_0$ 。

试验时，随着载荷的缓慢增加，试样的长度也逐渐增长，即产生变形。在整个试验中，把外加载荷与试样的相应变形，画在以变形量  $\Delta L$  为横坐标、载荷  $P$  为纵坐标的图上，所连成的曲线即为拉伸曲线。该图叫拉伸图（图 1—2）。

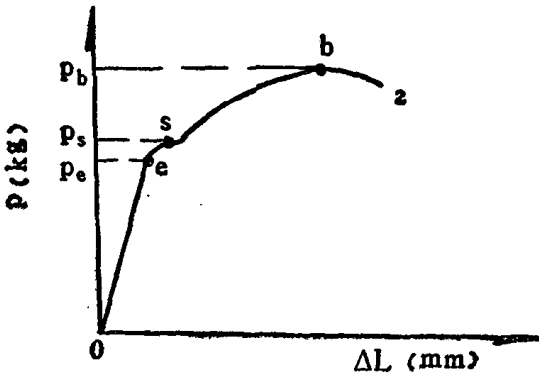


图 1—2 拉伸曲线图(低碳钢)

从拉伸图中可以看出，当载荷超过  $P_e$  时，试样开始产生塑性变形，即外力取消后也不能恢复原状的变形。载荷继续增加至  $P_s$  时，图上出现水平线段，即载荷不变而变形仍在继续，此

种现象称为屈服。这时的应力（单位面积上的内力）即称为屈服强度。

$$\text{屈服强度 } \sigma_s = \frac{P_s}{F} \text{ 公斤/毫米}^2$$

式中： $P_s$ —屈服时的载荷（公斤）；

$F$ —试样的原始横截面积（毫米<sup>2</sup>）。

有些金属的拉伸曲线，没有显著的水平线段。这些材料的屈服强度，通常是以其产生塑性变形为试样计算长度 0.2% 时的应力计算，用  $\sigma_{0.2}$  表示。

载荷继续增加，试样继续变形，直至  $b$  点。这时试样出现局

部变细的缩颈现象（如图 1—3）。由于试样横截面逐渐缩小，故载荷逐渐下降，至 Z 点试样被拉断。所以  $P_b$  是试样拉断前所能承受的最大载荷，与之相应的应力称抗拉强度。

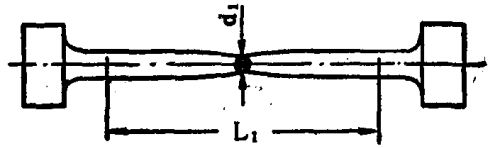


图 1—3 缩颈示意图

$$\text{抗拉强度 } \sigma_b = \frac{P_b}{F} \text{ 公斤/毫米}^2$$

式中：  $P_b$ —试样所能承受的最大载荷（公斤）；

$F$ —试样原始横截面积（毫米<sup>2</sup>）。

屈服强度和抗拉强度是金属材料机械性能的重要指标，是一般零件设计、选材时的重要依据。

## 第二节 塑 性

塑性是指金属材料受力后产生永久变形但仍不破坏的能力。衡量金属材料塑性的指标为延伸率（ $\delta$ ）和断面收缩率（ $\psi$ ）。

### 一、延 伸 率

延伸率是指试样拉断后的伸长量与原始长度的比值，用百分率表示。

$$\text{延伸率 } \delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中：  $L_1$ —试样拉断后的长度；

$L_0$ —试样原始长度。



长试样的延伸率用 $\delta_{10}$ 表示；短试样的延伸率用 $\delta_5$ 表示。

## 二、断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后的断口面积的缩减量与原截面积之比值。用百分率表示。

$$\text{断面收缩率 } \psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中： $F_0$ —试样原始横截面积；

$F_1$ —试样断口处的断面积。

塑性也是金属材料机械性能的一个重要指标，它会影响零件的加工方法。如塑性良好的低碳钢材料，可进行压力加工；而铸铁塑性差，就不能采用这种方法。

## 第三节 硬 度

硬度就是金属材料抵抗硬的物体压入表面的能力。

常用的硬度指标有：布氏硬度（HB）、洛氏硬度（HRC、HRB、HRA）和维氏硬度（HV）等。下面介绍在生产中最常用的布氏和洛氏硬度。

### 一、布氏硬度

用载荷为 $P$ 的压力，把直径为 $D$ 的淬火钢球压入被测金属材料的表面（图1—4），并保持一定时间后除去载荷。根据所用载荷大小及测得凹痕直径 $d$ 来计算压痕球面积 $F$ 上的平均压力，

用它来表示硬度值。

$$HB = \frac{P}{F} \text{ 公斤/毫米}^2$$

在实际应用中，布氏硬度是不标注单位的，也不经过计算，只须用带刻度的放大镜测出压痕直径，从有关资料中即可查出相应的布氏硬度值。

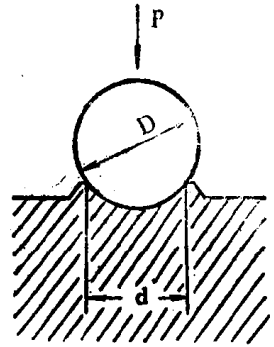


图1-4 布氏硬度试验原理示意图

由于布氏硬度测得的压痕面积较大，故准确度较高，但它是用淬火钢球做压头，只能测量硬度不高的材料。布氏硬度常用来测量退火、正火及高温回火后的零件或铸铁件。

根据实践，布氏硬度与抗拉强度之间有一定的近似关系：低碳钢  $\sigma_b = 0.36HB$ ，高碳钢  $\sigma_b = 0.34HB$ ，调质合金钢  $\sigma_b = 0.325HB$ 。

## 二、洛氏硬度

洛氏硬度试验的压头为顶角 $120^\circ$ 的金刚石圆锥体或直径为1.588毫米 $\left(\frac{1}{16}\right)$ 的淬火钢球。试验时，以一定的载荷把压头压入被测金属表面（图1-5），以压痕的深度来判定金属材料的硬度。压痕越深，硬度越低；反之，硬度越高。实际测定时，金属材料的硬度值可直接在刻度盘上读出。

根据所加载荷及试验材料本身硬度不同，洛氏硬度可分为A、B、C三级。淬硬钢多用C级，其硬度值用HRC表示，如

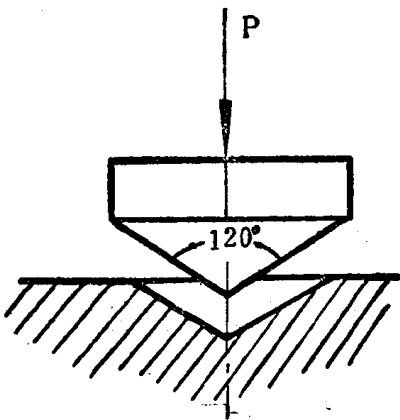


图 1—5 洛氏硬度试验原理示意图

HRC62；铜合金及中、低碳钢多采用 B 级，其硬度值用 HRB 表示，如 HRB85；硬度极高或硬而薄的材料、硬质合金等，多采用 A 级，其硬度值用 HRA 表示，如 HRA80。

由于硬度的测量方法简便、迅速、经济，同时又能反映与强度的关系，所以在零件的技术要求中常标注硬度要求。

各种硬度及强度换算和对照见附表 IV。

下面介绍一种在暂缺硬度计或零件某些部位（如螺纹和孔的内表面等）不使用硬度计测量的情况下，用锉刀检验硬度的经验：选用七、八成新的中齿平锉，用一定压力压在零件上，并慢慢地向前推动，若开始锉动时有明显的阻力，并有较多的铁屑锉下，说明材料硬度不高，约在 HRC 35~40 左右；若感不到有明显的阻力，锉刀有些打滑，继续向前推动时，只有少量铁屑被锉下，说明材料硬度较高，约在 HRC 40~50 左右；若锉刀在零件表面打滑，没有铁屑落下，说明硬度很高，约在 HRC 50 以上。

用锉刀测量硬度是凭手的感觉和经验来判断的，所得硬度值仅是大概的。但只要多实践，也能判断得比较准确。

## 第四节 疲劳强度

拖拉机中的许多零件，如曲轴、齿轮、弹簧等是在交变载荷

(载荷的大小或方向呈周期性的变化)作用下工作的。在这种受力状态下工作的零件,断裂时的应力远低于该材料的抗拉强度,甚至低于屈服强度,这种现象称为金属的疲劳。金属的疲劳现象是不允许存在的,因此,在交变载荷作用下工作的零件,必须保证在无数次交变载荷(钢常以 $10^7$ 为基数)作用下仍不会断裂,这时的最大应力值称为疲劳强度,用 $\sigma_{-1}$ 表示。

提高材料的疲劳强度,可通过改善零件结构形状,避免应力集中,提高表面光洁度和进行表面热处理等来实现。

## 第五节 冲击韧性

许多机器零件,如柴油机的活塞连杆之间,是在冲击载荷条件下工作的。冲击载荷的破坏能力比静载荷大得多。因此,在这种载荷下工作的零件,要求材料具有抵抗冲击载荷而不被破坏的能力,这就是冲击韧性,用 $a_k$ 表示。

冲击韧性的单位是公斤·米/厘米<sup>2</sup>,它表示冲断试样时,在试样单位横截面积上所消耗的能量,其值的大小,表示材料冲击韧性的高低。

冲击韧性的测定是在冲击试验机上进行的。

## 第二章 铁 碳 合 金

铁碳合金是以铁和碳两种元素为主所构成的合金，即通常所见的钢和铸铁。由于钢铁的价格较低，工艺性能好，因而在农业机械制造和修理中得到广泛的应用。本章简要介绍碳素钢的分类、编号和用途，并研究铁碳合金中成分、组织结构与性能之间的关系。

### 第一节 碳 素 钢

碳素钢是含碳量小于2%的铁碳合金，其中还含有少量硅、锰、硫、磷等杂质。除了碳素钢外，为了改善钢的某些性能，常在冶炼时有目的地加入一定量的合金元素（如锰、硅、钼、钒、铬、镍、钨等），这类钢称合金钢。

#### 一、碳素钢的分类

碳素钢可按含碳量、质量和用途进行分类。

##### （一）按钢中含碳量分类

1. 低碳钢 含碳量在0.25%以下的钢，它的强度较低，塑性和可焊性好，在农机制造中多用来制造冲压件，受力不大的零件以及渗碳零件等。

2. 中碳钢 含碳量在0.25~0.6%之间的钢,这类钢具有较高的强度,而塑性和可焊性稍差,但热处理后机械性能可显著提高,常用于制造螺栓、齿轮、轴类等结构零件。

3. 高碳钢 含碳量大于0.6%的钢,这类钢的强度、硬度高,但塑性和可焊性差,热处理后有很高的硬度和耐磨性,经常用来制造各种工具、刀具、模具及一些易磨损零件等。

## (二) 按钢的质量分类

根据钢中有害杂质磷、硫<sup>(1)</sup>含量多少来区分,有普通碳素钢、优质碳素钢和高级优质碳素钢。

1. 普通碳素钢 钢中硫、磷含量分别不大于0.055%和0.045%。

2. 优质碳素钢 钢中硫、磷含量分别不大于0.045%和0.040%。

3. 高级优质碳素钢 钢中硫、磷含量分别不大于0.030%和0.035%。

## (三) 按钢的用途分类

1. 碳素结构钢 用于制造各种工程结构件(如桥梁、船舶、建筑等)和机器零件(如齿轮、曲轴、凸轮轴、连杆等)。

2. 碳素工具钢 主要用于制造各种工具、刀具、量具、模具等。

---

(1)磷在钢中能全部溶于铁素体内,因而提高了钢的强度和硬度,降低了塑性和韧性,尤其在室温下脆性急剧增大,这种现象称“冷脆性”。

硫在钢中以FeS形式存在,它又与Fe形成易熔共晶体,沿晶界处分布。当钢在高温时(800~1200℃),由于晶界处共晶体熔化,使钢的晶格间失去应有的强固联结,受到冲击时造成破坏,这种现象称“热脆性”。

所以称磷、硫为有害杂质,但在易切削钢中,为了提高切削加工性能,允许适量提高磷、硫含量。

表2-1

甲类及特类普通

钢 号		机 械 性 能						
甲类钢	特类钢	屈服强度 $\sigma_s \geq$ (公斤/毫米 <sup>2</sup> )			抗拉强度 $\sigma_b$ (公斤/毫米 <sup>2</sup> )	延伸率 %		
		按 尺 寸 分 组				$\geq$		
		1 组	2 组	3 组	$\delta_5$	$\delta_{10}$		
A1 A1F					32~40	33	28	
A2 A2F	C2 C2F	22	20	19	34~42	31	26	
A3	C3	24	23	22	38~40	27	23	
					41~43	26	22	
					44~47	25	21	
A3F	C3F	24	22	21	38~40	27	23	
					41~43	26	22	
					44~47	25	21	
A4 A4F	C4 C4F	26	25	24	42~44	25	21	
					45~48	24	20	
					49~52	23	19	
A5	C5	28	27	26	50~53	21	17	
					54~57	20	16	
					58~62	19	15	
A6	—	31	30	30	60~63	16	13	
					64~67	15	12	
					68~72	14	11	
A7	—	—	—	—	70~74	11	9	
					$\geq 75$	10	8	

注 1. 屈服强度 $\sigma_s$ 按钢材尺寸分组见下表:

$\sigma_s$ 组别	棒料直径或 厚度(毫米)	型钢和异形钢 厚度(毫米)	钢板厚度 (毫米)
1 组	$\leq 40$	$\leq 15$	4~20
2 组	$> 40 \sim 100$	$> 15 \sim 20$	$> 20 \sim 40$
3 组	$> 100 \sim 250$	$> 20$	$> 40 \sim 60$

## 碳 素 钢 的 机 械 性 能

<p>180°冷弯试验</p> <p>d=弯心直径</p> <p>a=试样厚度</p>	<p>应 用 举 例</p>
<p>d=0</p>	<p>塑性高及焊接性好的低碳钢。适宜于应力不大但需要很大韧性的零件。如拉杆、铆钉、螺栓、短轴、心轴、垫圈等，农业机械中的拉杆、轮子等冲压零件及焊接件</p>
<p>d=0.5a</p>	<p>具有良好的韧性与锻造性能，能很好地冲压与焊接。用于制造普通质量的零件，如拉杆、车钩、气缸、齿轮、螺栓、螺母、连杆、轮轴、农业机械中的支架、杠杆、拨拢的螺旋叶片、机架、曲轴等及焊接件</p>
<p>d=2a</p>	<p>金属结构件、转轴、心轴、拉杆、吊钩、摇杆、螺栓、键及其它强度要求不高的零件。焊接性尚可。在农业机械制造中一般不采用</p>
<p>d=3a</p>	<p>中碳钢，塑性良好焊接性尚可，切削加工性能良好。用于转轴、心轴、销轴、链轮、刹车杆、螺栓、螺母、垫圈、连杆、齿轮、键、农业机械中联合收割机及其它机器的机架、护刀器梁、耙齿、播种机的开沟器架等强度要求较高的零件</p>
<p>—</p>	<p>高强度钢，焊接性较差，切削加工性能良好。用于转轴、心轴、啮合和摩擦离合器、刹车钢带、键、农业机械的机架、犁轡、曲柄、定位销、前小犁柱、培土犁铧、脱粒凹板等强度要求高的零件</p>
<p>—</p>	<p>高强度钢，焊接性差。用于转轴、心轴、主轴、啮合和摩擦离合器、键、刹车钢带以及受强烈磨损的零件。农业机械制造中一般不采用</p>

### 2. 各钢号的涂色规定

0号钢—红色+绿色  
 1号钢—白色+黑色  
 2号钢—黄色  
 3号钢—红色

4号钢—黑色  
 5号钢—绿色  
 6号钢—蓝色  
 7号钢—红色+棕色



除此以外，还有按炼钢方法、脱氧程度来分类，由于在农机修理工作中应用不多，这里不作介绍。

## 二、碳素钢的编号和用途

碳素钢的种类很多，为了便于选择和使用，国家规定了统一的表示方法。我国钢的编号是根据 1963 年 12 月批准的国家标准“GB221—63”《钢铁产品牌号表示方法》来表示的。

### (一) 普通碳素结构钢

按照所保证的条件，可分为下述三类：

#### 1. 甲类钢（或A类钢） 按机械性能供应的钢。

甲类钢分为 0—7 级，钢号以“甲”字或“A”字加上顺序数字表示。例如甲0、甲1、甲2、……甲7或A0、A1、A2……A7。

甲类钢的机械性能及用途见表 2—1。

#### 2. 乙类钢（或B类钢） 按化学成分供应的钢。

乙类钢也分为 0—7 级，其钢号以“乙”字或“B”字加上顺序数字表示。例如乙0、乙1、乙2……乙7或B0、B1、B2……B7。

乙类钢的化学成分要求见表 2—2。

这类钢一般都要经过热加工后使用。为了正确制定热加工工艺，以保证零件的机械性能，就必须提供钢的化学成分。

乙类钢在农业机械上也有较广泛应用。如我国生产的犁壁，一般采用B2钢板冲压成形，表面经渗碳淬火处理后使用。B2F等冷轧薄板，经实践证明，可以大量代替优质碳素钢（08）板，用来制造一般要求的冲压件。