

声 明

本电子书由中国轻工业出版社出版,相关权利归中国轻工业出版社所有。读者、著作权人和(或)依法可以行使著作权的权利人如有疑问,请与中国轻工业出版社联系:

地址:北京市东长安街6号

邮编:100740

电话:85119838

Email: xnxltm@yahoo.com.cn

中国轻工业出版社

高等学校轻工专业试用教材

家用电器制造工艺学

郑州轻工业学院主编

中国轻工业出版社

内 容 提 要

本书通过对家用电器制造工艺学的基本理论的阐述及家用电器在制造过程中所涉及的材料,涂装、机加工、装配及一些典型产品的工艺分析实例,使读者能正确认识合理的先进加工工艺对提高产品质量的重要性。

本书按篇、章、节划分,文字简明,插图丰富,可供大专家用电器专业教材,也可作为从事家用电器设计、制造、维修的工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

家用电器制造工艺学/郑州轻工业学院主编. —北京:
中国轻工业出版社, 1996.5
轻工高等学校试用教材
ISBN 7-5019-1850-3

I. 家… II. 郑… III. 日用电气器具—生产工艺—高等
学校—教材 IV. TM925.05

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第23438号

高等学校轻工专业试用教材

家用电器制造工艺学

郑州轻工业学院主编

责任编辑 王 淳

*

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街6号)

三河市宏达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092 毫米 1/16 印张: 21.75 字数: 516 千字

1996年5月 第1版第1次印刷

印数: 1-3100 定价: 26.50 元

ISBN7-5019-1850-3/TN·007

前 言

受轻工自动化类教材委员会委托,我们编写了这本专业课教材。本书可作为高等院校家用电器专业的教材,也可作为职工大学有关专业的师生和家用电器设计、制造和维修的工程技术人员参考。

本书的任务是使学生获得家用电器制造工艺的基本理论知识,使学生对零件和产品的结构工艺性有正确的认识,力求使学生认识到先进和合理的工艺对产品制造的重要性。

本书由郑州轻工业学院胡祖铭副教授主编。全书共三篇分为十五章,参加各章编写的有:郑州轻工业学院苏惠欣副教授编写第二章、第三章的第2节、第七章、第八章,郑州轻工业学院丁嘉志副教授编写第一章、第三章的第1节、第四章、第五章、第六章,郑州轻工业学院王新金副教授编写第十五章,其余各章均由胡祖铭副教授编写。

本书由郑州高炮学院吴清俊教授和新飞电器集团高级工程师千炳午主审。编者对他们在审阅过程中提供的宝贵意见表示深切的谢意。

书中不当和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1995年7月

目 录

第一篇 家用电器常用材料

第一章 金属材料	(1)
§ 1-1 金属材料的基本性能	(1)
§ 1-2 钢及其分类	(8)
§ 1-3 有色金属材料	(24)
第二章 高分子聚合物材料	(33)
§ 2-1 高分子聚合物的概念、结构与性能	(33)
§ 2-2 常用塑料材料	(40)
§ 2-3 常用涂料	(58)
第三章 陶瓷材料及复合材料	(63)
§ 3-1 陶瓷材料	(63)
§ 3-2 复合材料	(67)
第四章 金属材料的热处理	(74)
§ 4-1 热处理基础知识	(74)
§ 4-2 钢的普通热处理工艺	(78)
§ 4-3 钢的表面热处理	(86)

第二篇 家用电器主要零部件制造工艺

第五章 机械加工工艺规程	(90)
§ 5-1 工艺过程的基础知识	(90)
§ 5-2 工艺规程的制订	(92)
§ 5-3 计算机辅助工艺规程设计	(104)
§ 5-4 成组技术	(107)
§ 5-5 典型零件加工工艺	(109)
第六章 冷冲压工艺	(117)
§ 6-1 冲裁工艺	(117)
§ 6-2 冲压工艺的制订	(137)
第七章 塑料成型工艺	(148)
§ 7-1 塑料成型的理论基础	(148)
§ 7-2 挤出成型	(157)
§ 7-3 注射成型工艺	(165)
§ 7-4 真空成型及冰箱内胆成型工艺	(178)

§ 7-5 冰箱保温层用硬质聚氨酯泡沫塑料及其灌注工艺	(184)
第八章 表面涂装工艺	(195)
§ 8-1 概述	(195)
§ 8-2 涂装工序和涂料成膜机理	(195)
§ 8-3 涂装方法及工艺	(199)
§ 8-4 涂装车间的三废处理	(207)
§ 8-5 涂装车间的安全卫生技术	(208)

第三篇 家用电器装配工艺

第九章 家用电器装配工艺基础	(210)
§ 9-1 装配工艺特性和装配尺寸链	(210)
§ 9-2 装配尺寸链与家用电器装配方式	(216)
§ 9-3 装配工艺规程的编制	(219)
§ 9-4 装配的组织形式	(222)
§ 9-5 装配自动化和自动检验	(223)
第十章 家用电冰箱装配工艺	(227)
§ 10-1 家用电冰箱的制造工艺流程和生产工艺布局	(227)
§ 10-2 家用电冰箱装配主要工序和技术要求	(230)
§ 10-3 家用电冰箱主要装配设备	(236)
第十一章 家用空调器装配工艺	(241)
§ 11-1 翅片式热交换器装配流水线	(241)
§ 11-2 家用空调器总装流水线的布局	(250)
§ 11-3 家用空调器主要装配工序及技术要求	(251)
§ 11-4 家用空调器出厂试验项目及技术要求	(259)
第十二章 家用电风扇装配工艺	(263)
§ 12-1 概述	(263)
§ 12-2 支承结构和风叶的制造工艺	(264)
§ 12-3 扇头及其装配工艺	(268)
§ 12-4 家用电风扇总装流水线工艺流程及类型	(272)
§ 12-5 家用电风扇的主要装配工序及技术要求	(274)
第十三章 家用洗衣机装配工艺	(278)
§ 13-1 洗衣机的部件装配及总装准备工艺	(278)
§ 13-2 洗衣机总装流水线和总装工艺	(287)
第十四章 家用吸尘器的装配工艺	(300)
§ 14-1 吸尘器电机的制造工艺	(300)
§ 14-2 转子和叶轮的平衡	(306)
§ 14-3 定子和转子绕组的绝缘处理	(310)
§ 14-4 家用吸尘器装配工艺	(314)

第十五章 彩色电视机装配工艺·····	(317)
§ 15-1 概述·····	(317)
§ 15-2 装配前的准备·····	(318)
§ 15-3 焊接技术·····	(326)
§ 15-4 彩色电视机的组装及调试工艺·····	(330)
全书参考文献·····	(337)

第一篇 家用电器常用材料

第一章 金属材料

现代工业生产中,不论是机械制造、冶金矿山、交通运输、化工轻纺、电子仪表和家用电器,金属材料都是不可缺少的。因而,研究金属材料是非常重要的,尤其对于家用电器制造业的工程技术人员更有其特殊重要的意义,因为这类产品无论外壳,还是心脏零部件,多数仍然是使用金属材料制造的。

本章介绍金属材料的性能、组织和用途。

§ 1-1 金属材料的基本性能

金属和合金统称为金属材料,工业用的金属材料可以分为黑色金属和有色金属两大类,金属材料是现代工业生产及科学技术发展的重要基础。在机器制造业中,大多数的零件都是用各种金属材料制造的。随着零件的工作条件及加工方法的不同,必然会对金属材料提出各种不同的性能要求。例如,弹簧需要弹性,刀具要求硬而耐磨,风扇的扇叶要求强度高、重量轻,箱体或壳体的材料要求有良好的焊接性能和拉深性能等。因此,为了合理使用和加工金属材料以及发挥其性能的潜力,必须首先了解金属材料的基本性能。

金属材料的基本性能包括使用性能和工艺性能两个方面。所谓使用性能是指材料在工作条件下所必须具备的性能,具体包括机械性能,如强度、硬度、弹性、塑性、韧性等;物理性能,如导电性、导热性、热膨胀性、磁性等;化学性能,如抗氧化性、耐腐蚀性等。所谓工艺性能是指金属材料对各种加工过程的接受能力和加工的难易程度,它包括金属的铸造性能、压力加工性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

一、金属的理、化性能

金属的物理性能包括密度、熔点、导电性、热膨胀和磁性等。金属的化学性能是指金属在化学作用下表现的性能,如耐腐蚀性、热安定性等。

1. 密度

密度是物体质量和其体积的比值;金属的密度也就是单位体积金属的质量,用符号 ρ 表示,计算公式如下:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

式中 m ——物体的质量(g)

V ——物体的体积(cm^3)

ρ ——物体的密度(g/cm^3)

金属材料的密度是一个很重要的性能,不仅在计算零件的质量时要用到它,更重要的是在达到同样强度的前提下,密度愈小的材料能够制成的零件就越轻。在家用电器的设计制造中,零件的质量是个关键问题。一般将密度小于 $5\text{g}/\text{cm}^3$ 的金属称为轻金属,密度大于 $5\text{g}/\text{cm}^3$ 的金属称为重金属。

2. 熔点

在缓慢加热的条件下,金属或合金由固态转变为液态时的温度称做熔点。纯金属都有固定的熔点,也就是在恒定温度下开始和结束熔化过程的。合金则是在一个温度范围内实现其熔化过程。熔点对某些热处理温度的选择,铸造时熔化金属,压力加工时锻造温度范围的选择以及焊接都是很重要的。

按照熔点的高低,常将金属分为难熔的和易熔的金属。属于难熔的金属有钨、钼、铬、钒;属于易熔的金属有锡、铅、铋等。

3. 导热性

金属在加热或冷却时能够传导热能的性质称为导热性。为比较金属的导热性设导热性最好的银的导热率为1,则铜的导热率为0.9,铝为0.5,铁为0.18,汞为0.02等。

金属导热性的具体数值用金属的导热系数 λ 表示,导热系数的单位 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 或 $\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ 。

金属材料的导热系数越大说明导热性越好。一般说来金属越纯,其导热性能也越好,在金属中即使含有少量杂质时,也会显著地影响它的导热能力。因此,合金钢的导热性一般都比碳钢低;而且当钢中含有合金元素越多时,导热性能也就越差。导热性对热处理很重要,因为金属材料在加热或冷却过程中,表面和中心的温度差别就是取决于其导热性能的好坏。

导热性好的金属散热性也好,在制造制冷设备的冷凝器、蒸发器等零部件时,就要注意选用导热性好的金属。

4. 导电性

金属材料传导电流的能力称为导电性。导热性好的金属材料其导电性也必然好。一般说来金属材料都具有较好的导电性能,尤以银为最佳,其次是铜和铝。如果以银的导电性能作为100,则铜的导电性能为94,铝为55,铁只是2,钛只有0.3。

导电性能的好坏,用电阻率表示,电阻率越小,导电性就越好。工业上常用铜、铝或其他的合金做导电结构材料,用导电性较差(即电阻很高)的合金材料做电热元件。

电阻率系电阻 R 乘以横截面积 A 与该导体长度 l 之比。用符号 ρ 表示。单位是 $\Omega\cdot\text{m}$ 。

5. 热膨胀

金属和合金受热时,它的体积会增大,冷却时则收缩。金属的这种性能称为热膨胀性。热膨胀的大小,用线[膨]胀系数或体[膨]胀系数表示。线[膨]胀系数的计算公式如下:

$$\alpha_l = \frac{l_2 - l_1}{l_1 t}$$

式中 l_1 ——膨胀前长度(cm)
 l_2 ——膨胀后长度(cm)
 t ——升高的温度(°C)
 α_l ——线[膨]胀系数(1/°C)

各种金属材料的线胀系数是不一样的,线胀系数越大时,热胀冷缩也就越大,所以线胀系数大的材料在加热冷却过程中会引起较大的变形。

体胀系数是线胀系数的3倍。在实际工作中,应考虑热膨胀的影响,例如铸件冷却时体积收缩,在电器过程控制中也利用热膨胀性作热敏元件等。

6. 磁性

金属能导磁的性能,称为磁性。具有导磁能力的金属都能被磁铁吸引。如铁、镍、钴等都具有较高的磁性,也称为磁性金属。但对于某些金属来说,磁性也不是固定不变的,当温度升高时,磁性金属或合金有的会消失磁性,如纯铁在770°C以上就无磁性。

7. 耐腐蚀性

多数金属材料会与它周围的介质发生化学作用而使其表面破坏,如钢铁材料的生锈,铜会产生铜绿等,这种现象称做锈蚀或腐蚀。其原因是由于这些金属材料与空气中的氧、水分、二氧化碳等发生化学作用的结果。此外,一些有害气体如二氧化硫等,也能和金属材料起化学作用,而产生破坏金属材料起腐蚀作用。至于金属材料和酸、碱直接接触时,将会产生更加剧烈的化学作用。因而引起严重的腐蚀。金属材料抵抗上述各种介质腐蚀的能力称做耐腐蚀性或耐酸性。

此外,金属材料在高温加热时,由于高温以及周围介质中氧的作用,会使表面强烈氧化而形成氧化皮,从而造成金属材料的损失。金属材料在高温下抵抗产生氧化皮的能力称做抗氧化性。

8. 热安定性

金属在高温下对氧化的抵抗能力称为热安定性。如工业用的锅炉、加热设备以及家用电器中电热器,有许多零件在高温下工作,制造这类零件的材料,就要求有良好的热安定性。

二、金属的机械性能

机械零件在使用过程中,受到不同形式外力的作用,如拉伸力、压缩力、剪切力等。金属的机械性能,是指金属抵抗外力的能力。

机械性能的基本指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

(一) 强度

强度是指金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。材料的强度越高,所能承受的外力也越大。当金属材料受外力作用时,这种外力称为载荷(或称负荷、负载),受外力后形状改变,称为变形。载荷因其作用性质不同,可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷。

按照外力作用的性质不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度和抗弯强度。工程上常用

来表示金属强度的是抗拉强度。

由拉伸试验绘制的拉伸曲线得知,低碳钢拉伸时可分为三个阶段:弹性变形阶段、弹性-塑性变形阶段,断裂阶段。

根据拉伸曲线图可以求得材料的强度指标。而为了进行比较,强度指标通常以应力的形式来表示。当材料受外力作用时,其内部也产生了抵抗力。单位横截面积上的抵抗力称为应力,以 σ (MPa)表示,其计算公式为:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{MPa})$$

式中 F ——外力(N)

A ——横截面积(mm^2)

常用的强度指标有弹性极限、屈服极限和强度极限。

1. 弹性极限

材料能保持弹性变形的最大应力,以 σ_e 表示,即:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_e ——弹性极限载荷(N)

A_0 ——试验原始截面积(mm^2)

2. 屈服极限(屈服强度)

材料开始产生屈服时的应力,以 σ_s 表示,即:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_s ——屈服极限载荷(N)

除低碳钢和中碳钢等少数合金有屈服现象外,大多数金属材料没有明显的屈服点,因此对这些材料,规定以产生0.2%塑性变形时的应力作为屈服强度,以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服强度是最重要的机械性能指标之一,是绝大多数零件设计时的依据。脆性材料(如灰口铸铁)拉伸时几乎不发生塑性变形,它不仅没有屈服现象,也不产生缩颈,断裂是突然发生的,最大载荷就是断裂载荷。

3. 强度极限(抗拉强度)

材料能承受最大载荷时的应力,以 σ_b 表示,即:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_b ——最大载荷(N)

抗拉强度也是材料的主要机械性能指标,是设计和选材的主要依据之一。

(二) 塑性

塑性是指材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。塑性指标用延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 来表示。

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

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——试样的原始长度(mm)

L_1 ——试样拉断后的长度(mm)

δ ——延伸率(%)

A_0 ——拉伸前试样的截面积(mm²)

A_1 ——试样断后细颈处最小截面积(mm²)

ψ ——断面收缩率(%)

δ 、 ψ 越大,表示材料的塑性越好,良好的塑性是顺利进行压力加工的重要条件,机器零件也必须具有一定的塑性。

(三) 刚度与弹性模数

材料抵抗弹性变形的能力叫做刚度,刚度的大小由弹性变形范围内应力与应变(应变是指单位长度的变形量)的比值——弹性模数,用 E 来表示。它相当于引起单位变形时所需的应力。在拉伸曲线图上表现为斜率。 E 越大,就表明在一定应力作用下产生的弹性变形越小,也就是刚度越大。

一般零件在使用过程中均处于弹性变形状态。对于要求弹性变形小的零件,如压缩机曲轴、精密机床的主轴等,应选用刚度大的材料,也就是弹性模数 E 大的材料。室温下的 E 在190~220(GPa)之间,并随温度升高而降低。

(四) 冲击韧性

材料抵抗冲击载荷的能力称为冲击韧性,简称韧性。

不少机器零件在工作时要承受冲击载荷,如锻锤的锤头和锤杆,冲床的连杆和曲轴,锻模和冲模等。对于这些零件,如果仍用强度极限这样静载荷作用下的指标来进行设计计算,就不能保证零件工作时的安全性,必须根据材料的韧性来设计。

由于冲击载荷是一个能量,所以韧性指标是以材料受冲击破坏时单位面积上所消耗的能量来表示。目前工程上通常用摆锤冲击试验来测定金属材料的韧性。将被测材料按标准尺寸做成试样,安放在冲击试验机上,把具有一定重量的摆锤带到高度 h_1 (此时摆锤位能为 Gh_1),然后使其下落,冲断试样,摆锤冲断试样后剩余的能量为 Gh_2 ,摆锤对试样所做的功 $E_k = G(h_1 - h_2)$, E_k 除以试样缺口处的截面积 $A(\text{cm}^2)$,即得冲击韧性 a_k 。

$$a_k = \frac{E_k}{A} \quad (\text{J/cm}^2)$$

(五) 硬度

材料抵抗硬物压入其表面的能力称为硬度。常用的硬度试验方法有布氏和洛氏硬度试验两种。

1. 布氏硬度试验

布氏硬度试验是以一定的载荷 f ,把直径为 D 的淬火钢球压入被测金属表面,然后用压痕的面积除以 f 所得的商作为硬度的指标,以符号HB表示。由于 $f(=30\ 000\text{N})$ 和 $D(=10\text{mm})$ 都是定值,所以一般是先测得压痕的直径 d ,根据 d 查表确定HB值。

据GB231-84《金属布氏硬度试验方法》规定,压头为钢球时。用HBS,适用于布氏

硬度值在450以下的材料;压头为硬质合金球时用HBW,适用于布氏硬度值在650以下的材料。

布氏硬度试验比较准确,但不能测太薄的试样。

2. 洛氏硬度试验

洛氏硬度试验是用一定的载荷将顶角为 120° 的金刚钻锥体或 $\phi 1.588\text{mm}$ 的钢球压入试样,然后根据压痕的深度确定硬度值。实际上洛氏硬度值可以从硬度计刻度盘上的指针指示出来,而无需测量压痕的深度。

为了用一种硬度计来测量从软到硬的金属材料的硬度,采用了不同的洛氏硬度标度,分别以HRA(用金刚钻锥体作压头,载荷为600N),HRB(用钢球作压头,载荷为1000N),HRC(用金刚钻锥体作压头,载荷为1500N)来表示。

洛氏硬度试验测量简单、迅速,可测薄试样和硬材料,但没有布氏硬度试验准确。

硬度也是重要的机械性能指标,它影响材料的耐磨性。一般说来,硬度高,耐磨性也好。硬度和强度一样,都反映了材料的塑性变形的抗力。因此,强度越高,硬度也越高。

由于生产的需要,通过实验找出了一些材料的布氏硬度HB和强度极限 σ_b 之间的近似关系。例如,对于普通碳素钢、普通低合金钢和调质结构钢,其近似关系为: $\sigma_b \approx 0.36\text{HB}$ 。这就可以根据HB粗略地估计出材料的 σ_b 。

由于硬度测定简单易行,而且不破坏零件。因此,根据上述估算就可用硬度来检查某处零件的机械性能。

(六) 疲劳断裂与疲劳强度

有些零件在工作过程中受到方向、大小反复变化的交变应力的作用,如洗衣机波轮轴、电动机转子轴、弹簧等,其表面反复经受拉和压。在这种交变应力的长期作用下,零件会在远小于强度极限 σ_b ,甚至在小于屈服极限 σ_s 的应力下断裂,这种断裂叫做疲劳断裂。疲劳断裂与静载下的断裂不同,无论是塑性材料还是脆性材料,断裂时都不产生明显的塑性变形,而是突然发生的,因此具有很大的危险性。根据统计,在承受交变应力作用的零件中,大部分是由于疲劳而损坏,必须引起足够的重视。

疲劳强度是指材料经受N次应力循环而不断裂时的最大应力。也就是材料承受的应力低于疲劳强度时,则可能经受无限次应力循环而不断裂。实践证明,对钢铁材料来说,如果N达到 10^7 次,零件还不断裂,就可认为经受无限次应力循环而不再断裂。对于有色金属, $N=10^8$ 次。当应力循环对称时,疲劳强度以 σ_{-1} 表示。

金属材料的疲劳强度,与其化学成分、表面状态、组织结构、夹杂物多少、分布情况以及应力分布等有一定关系。如果零件表面进行热处理、强化处理,或零件表面精加工和避免断面的急剧改变,都能提高零件的抗疲劳强度。一般钢铁对称弯曲交变应力下的疲劳强度值只有抗拉强度的一半左右。

(七) 蠕变强度

蠕变就是慢慢变形的意思,在工程上是指材料在不变的载荷下,变形量随时间而缓慢增加的现象。

不少机器零件,如汽轮机、锅炉中的某些零件等是在高温下工作的。金属在高温下工作时,虽然所受的应力远比屈服极限 σ_s 为低,但也能产生连续的塑性变形,即蠕变后,零件

的形状和尺寸都发生变化,使其在破坏之前就不能使用了。所以在高温下工作的零件必须考虑其蠕变强度。

蠕变强度是指在给定的温度下,在规定的时间内(如100 000h)内,使试样产生的蠕变变形量不超过规定值(如1%)时的最大应力。升高温度将大大降低材料的蠕变强度。

普通钢在350°C以上就能观察到蠕变现象。在400°C时蠕变强度为800MPa,在500°C时,则为200MPa。温度、时间和变形量的数值根据零件的工作条件来规定。

三、金属的工艺性能

金属材料的工艺性能一般包括可铸性、可锻性、可焊性、可切削性及热处理性能。这些性能是在进行零件的设计和制造时所必须考虑的,因为它将直接影响到机械设备的制造和加工方法。

1. 可铸性

可铸性是指液体金属材料是否易于铸造成优质铸件的性能。可铸性的好坏主要取决于它的流动性和收缩性。

液体金属充填铸型的能力叫做流动性。如果流动性太差,就不能使液体金属填满铸型型腔,得不到所要求形状的铸件。流动性的好坏除了与液体金属温度有关外(温度越高、流动性越好),主要取决于金属材料的化学成分,如铁的流动性就比钢好,含磷量高的,其流动性更好。

金属材料在由液体凝固为固体时,它的体积必然要进行收缩。当收缩比较大时,铸件就易于受到较大内应力的作用,以致形成裂纹,并且还会在铸件比较厚的地方造成缩孔等缺陷,降低其机械性能,因此希望铸件的收缩越小越好。

收缩性主要取决于材料的成分,如铸铁的收缩率为1%,铸钢的收缩率为2%。一般地讲,灰口铸铁的铸造性能较好,易于获得形状复杂、壁薄的铸件,而铸钢的铸造性能则相对的较差。

2. 可锻性

可锻性是指金属材料接受压力加工(如锻造、轧制、冲压、辗压等)改变其本身原来形状,而不产生破裂的性能。它与金属材料的塑性有直接关系。塑性好的金属不但可锻性好,而且加工时所需的外力也比较小。

可锻性的好坏与材料的成分、加工条件有很大关系。例如钢的可锻性较好,而生铁则根本不能锻造。另外,钢的可锻性还与其成分、加热温度有很大关系。一般温度越高,则可锻性越好。含碳量高的钢,其可锻性就不如含碳量低的钢好。合金钢的可锻性比碳钢差,至于硫、磷含量较高的钢,它的可锻性就更差了。

3. 可焊性

可焊性是指金属材料是否容易接受焊接的性能。导热性高、收缩性小的金属可焊性都比较好,可焊性好的金属在焊接接头处不易产生裂纹、气孔、夹渣等缺陷,而且具有良好的机械性能。

低碳钢具有良好的可焊性,铸铁、铜合金、铝合金的可焊性就比较差。

4. 切削加工性能

切削加工性能是指金属材料是否易于进行切削加工的性能。切削性能好的金属在切削加工时,消耗动力少,刀具寿命长,易于得到比较低的表面粗糙度。

切削加工性的好坏与金属材料的硬度,导热性、金属内部结构等有关,而尤以硬度影响较大。太硬了固然加工有困难,太软了也会使切削发生困难。通常硬度为HB160~230的材料最易于切削加工,而且加工出来的零件表面粗糙度较低。当HB大于300时,切削加工就比较困难,而当HRC大于45(相当于HB450)时,则多数只能采用磨削加工的方法。

从材料种类而言,铸铁、铜合金、铝合金及一般碳钢都具有较好的切削加工性能,而合金钢,特别是高合金钢的切削加工性能就比较差。常用衡量工件材料切削加工性的指标主要有5种:①一定刀具耐用度下的切削速度 V_t ;②相对加工性 K_r ;③已加工表面质量;④切屑控制或断屑的难易;⑤切削力。

(1) 一定刀具耐用度下的切削速度 V_t : 这是指当刀具耐用度为 t 时,切削某种材料所允许的切削速度。 V_t 越高,材料的切削性能越好。常取 $t=60\text{min}$,写作 V_{60} 。

(2) 相对加工性 K_r : 这是指各种材料的 V_{60} 与正火状态的45号钢的 V_{60} 之比值,由于把后者的 V_{60} 作为比较的基准,所以写作 $(V_{60})_r$,这样

$$K_r = V_{60}/(V_{60})_r$$

相对加工性 K_r 越大,表示切削这种材料时刀具磨损越慢,耐用度也越高。

常用材料的相对加工性,凡 $K_r > 1$ 的材料,切削性能比正火后的45号钢好;若 $K_r < 1$ 时,则切削性能差。

(3) 已加工表面质量: 凡是容易获得好的表面质量的材料,其切削加工性较好;反之,则较差。精加工时,常用这个指标来衡量。

(4) 切屑控制或断屑的难易: 凡切屑比较容易控制或断屑容易的材料,切削性能较好;反之较差。在自动机床或自动线上加工时,用这项指标来衡量切削性能。

(5) 切削力: 在相同的切削条件下,凡切削力较小的材料,其切削加工性较好,反之,则较差。在粗加工阶段中,当机床刚性或动力不足时,以这项指标衡量材料的切削性。

材料加工的难易,也不是一成不变的,在实际生产中,常采用一些工艺措施来改善切削加工性。改善材料切削加工性的主要途径:

① 通过适当的热处理,可以改变材料的机械性能,从而达到改善切削性能的目的。例如高碳钢进行退火,低碳钢进行正火等。

② 通过适当调整材料的化学成分来改善切削性能。例如在碳钢中添加硫、铅等化学元素,这类钢称做“易切削钢”。

§ 1-2 钢及其分类

钢是机器制造中应用最多的金属材料,为了在生产上合理选择,正确使用各种钢材,必须了解我国钢的分类、编号和用途。

一、碳 素 钢

碳素钢简称碳钢,是含碳量低于2.06%的铁碳合金。碳钢中除了含有碳元素之外,还

含有少量的锰、硅、硫、磷等元素。这些元素是在冶炼时由原料带入钢中的，通称为杂质。

在钢铁材料中，碳素钢占有很大的比重。与合金钢相比，碳素钢冶炼简便、价格低廉，而其性能已可满足工业上的一般要求。因此，机器制造中应用非常广泛。

(一) 常存杂质对钢性能的影响

碳钢中常见的杂质有硫、锰、磷、硅以及少量的气体元素如氧、氢等。

1. 硫

硫是在冶炼时由矿石和燃料带到钢中的杂质，炼钢时难以除尽。硫在铁中溶解度极小，而与铁形成化合物 FeS （熔点 1190°C ）。 FeS 与 Fe 能形成低熔点的共晶体（熔点 985°C ），分布在晶界上。当钢在 $1000\sim 1200^\circ\text{C}$ 进行热加工时，由于 $\text{FeS}-\text{Fe}$ 共晶体已熔化，从而导致加工时开裂。晶界处存在低熔点组成相，在热加工过程中所表现的脆裂现象，称为热脆。

为了消除硫的有害影响，应使钢中具有一定的锰含量。因为锰和硫具有更大的亲和力，可以夺走硫而形成硫化锰。 MnS 的熔点为 1620°C ，比钢的热加工温度还高，不会造成热脆性。

硫对钢的焊接性能也有不良的影响，也就是容易导致焊缝热裂。在焊接过程中，硫易于氧化生成 SO_2 ，以致造成焊缝中产生气孔和疏松。

因此，一般将硫看作是钢中的有害杂质，要限制硫的含量。普通钢含硫量 $\leq 0.055\%$ ，优质钢含硫量应 $\leq 0.040\%$ ，高级优质钢含硫量应 $\leq 0.030\%$ 。但硫能改善钢的切削加工性能，所以在制造要求表面粗糙度较低的，而强度要求不十分严格的零件时，可选用含硫量较高的易切削钢。

2. 磷

磷也是从矿石中带入钢中的杂质，在冶炼时难以除尽。钢中磷的含量即使只有千分之几，也会因析出脆性化合物 Fe_3P ，而使钢的脆性增加，特别在低温时更为显著。合金在温度下降时所表现的韧性剧烈下降的现象，称为冷脆。

为此，在一般钢中都要限制磷的含量，普通钢含磷量应 $\leq 0.045\%$ ，优质钢含磷量应 $\leq 0.040\%$ ，高级优质钢含磷量应 $\leq 0.035\%$ 。

磷降低钢的可焊性，含量过高焊接时，易产生裂缝。磷能提高切削加工性能和抗蚀性能，故在易切削钢中，可适当增加磷的含量。

3. 锰

锰是炼钢时由于使用锰脱氧而残留在钢中的杂质。锰具有一定的脱氧能力，能清除钢中的 FeO 显著改善钢的质量。锰能与硫化合生成 MnS ，减轻硫的有害作用。锰还能溶解于铁中，形成含锰铁素体，提高钢的强度和硬度。总之，锰对碳钢的性能有良好的影响，是一个有益的元素。

锰在碳钢中的含量一般为 $0.25\%\sim 0.80\%$ ，最高可达 1.2% 。

4. 硅

硅也是作为脱氧剂加入钢中的。硅的脱氧作用比锰还要强，能消除 FeO 对钢的不良影响。硅也能溶入铁素体，提高钢的强度。硅在碳钢中的含量一般小于 0.50% 。

5. 氧

炼钢实际上是一个氧化过程。在炼钢时，为了促进碳和杂质的氧化，必须加入氧化

剂(或吹氧)。因此钢液中常有过剩的氧存在。虽然在冶炼末期进行脱氧,但不可能把氧除尽。

钢中的氧,部分溶入铁素体,部分形成了 FeO 、 Al_2O_3 等氧化物,成为钢内的非金属夹杂物。这些对钢的机械性能起恶劣影响。随着含氧量的增高,钢的强度,塑性和韧性降低,特别是以夹杂物形式存在时,使钢的疲劳强度显著下降,而且使钢的冷、热加工性能变坏。凡脱氧不完全的钢,其可焊性能很差,容易形成气孔和裂纹。此外,氧化铝等夹杂物具有高的硬度。因此,对钢的切削加工不利。

6. 氢

钢中的氢一般是由锈蚀含水的炉料和浇注系统带入的。钢中含氢,会引起钢的氢脆、白点等缺陷。氢脆是指氢能扩散到钢的应力集中区,并间隙溶解到承受张应力的晶格中去,使其塑性下降到几乎等于零。白点是指热轧钢坯中一种特殊的小裂纹(也称发纹),其形成主要是由氢脆和内应力共同作用的结果。降低钢液的含氢量,能有效防止氢脆和白点的产生。

(二) 碳素钢的分类

碳素钢有多种分类方法,现将几种主要的分类法简述如下:

1. 按钢的含碳量分类

低碳钢——含碳量小于0.25%;

中碳钢——含碳量在0.25%~0.60%;

高碳钢——含碳量大于0.60%。

2. 按脱氧方法分类

沸腾钢——在熔炼末期,钢液仅用弱脱氧剂锰铁不完全脱氧,在钢液中保留相当数量的 FeO ,在浇注凝固时,由于碳和 FeO 发生反应,钢液中不断析出 CO 而沸腾,故称沸腾钢。

这种钢的内部分布着许多气孔,轧成钢坯后,头部切除量很小,成材率较高,成本较低。在钢锭的表层有一定厚度的致密细晶带,若轧成钢板,表面质量较好。因此,宜于轧制薄钢板,用于制造冲压件,如08F钢。但是,沸腾钢的成分偏析大,组织不致密,性能不均匀,冲击韧性较差,所以机械性能要求高的零件,不宜采用沸腾钢。

镇静钢——钢液在浇注前经过完全脱氧,凝固时不沸腾,称镇静钢。这种钢的钢锭结构致密,质量较高,但成材率较低。

半镇静钢——脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间的钢。

3. 按钢的质量分类

碳钢质量的高低,主要根据钢中的杂质硫、磷的含量来划分,可分为普通碳素钢、优质碳素钢和高级优质碳素钢三类。

普通碳素钢——钢中S、P含量较高, $S \leq 0.055\%$, $P \leq 0.045\%$;

优质碳素钢——钢中S、P含量较低, $S, P \leq 0.040\%$;

高级优质碳素钢——钢中含有S、P杂质很低, $S \leq 0.030\%$, $P \leq 0.035\%$ 。

普通碳素钢一般是用转炉和大型平炉冶炼的,产量大,成本低。在普通碳素钢中低碳钢所占比重很大,主要作为各类工程用钢(也称建筑用钢),用于各种金属结构、桥梁、车辆等。