

适合培训 · 便于自学

就业技术速成丛书

一招鲜 热处理工

RECHULIGONG RUMEN

入门

张能武 编著



安徽科学技术出版社

一招鲜·就业技术速成丛书

热 处 理 工 入 门

张能武 编著



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

热处理工入门/张能武编著. —合肥:安徽科学技术出版社, 2006. 1

(一招鲜·就业技术速成丛书)

ISBN 7-5337-3369-X

I. 热… II. 张… III. 热处理-基本知识
IV. TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 126036 号

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路 1 号新闻出版大厦)

邮政编码: 230063

电话号码: (0551) 2833431

E-mail: yougoubu@sina.com

yougoubu@hotmail.com

网址: www.ahstp.com.cn

新华书店经销 合肥义兴印务有限责任公司印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.25 字数: 250 千

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数: 6 000

定价: 19.80 元

(本书如有倒装、缺页等问题, 请向本社发行科调换)

《一招鲜·就业技术速成丛书》

编写委员会

主 编 汪立亮

副主编 徐 森 张能武

委 员 (按姓氏笔画为序)

王新华	艾春平	卢小虎	刘春玲	汪立亮
张志刚	张 军	张能武	李春亮	苏本杰
季明善	杨昌明	杨奉涛	罗中华	夏红民
徐 森	黄 芸	程美玲	程国元	满维龙

前 言

随着中国国民经济和现代科学技术的迅猛发展,特别是中国加入 WTO 以后,机械制造业得到了前所未有的发展。

在机械制造工业中,热处理工艺在其中占有十分重要的地位,它对于提高产品的质量、延长其使用寿命、降低生产成本起着十分重要的作用。另外,热处理工艺的提高,还有降低能源消耗、减轻工人的劳动强度、减少污染、改善环境质量的作用。为适应我国热处理技术飞速发展的形势,加速培养热处理工艺急需的实用性人才,根据国家劳动部职业技术等级考核要求,我们组织编写了《热处理工入门》。

全书共 5 章,内容包括热处理专业基础知识、钢的热处理基本方法、结构钢及典型零部件的热处理、工具钢及其典型零件的热处理工艺、热处理设备及其维护。涵盖了初级及部分中级工的内容,突出实用性和针对性,便于阅读,使读者尽可能通过阅读此书来独立解决工作中所出现的各种问题。

该书由上海长三角国家高技能人才培养中心组织编写。由于水平有限,书中错误在所难免,热忱欢迎读者批评指正。

张能武

目 录

第一章 热处理专业基础知识	1
第一节 金属材料的性能简介	1
一、金属材料的力学性能及其试验	1
二、金属材料的物理和化学性能	15
三、金属材料的工艺性能	17
第二节 金属学基础知识	20
一、纯金属的晶体结构与结晶	20
二、合金的构造与结晶特点	31
三、铁碳合金相图	39
四、扩散现象及影响扩散的因素	53
五、金属的塑性变形和再结晶	54
第三节 钢的热处理技术	60
一、钢在加热时的转变	60
二、钢在冷却时的转变	65
第二章 钢的热处理基本方法	71
第一节 钢的退火与正火	71
一、退火与正火的目的	71
二、退火与正火工艺	71
三、退火与正火的选择	74
第二节 钢的淬火和回火	76
一、钢的淬火	76
二、钢的回火	89
第三节 钢的冷处理	92
第四节 钢的表面淬火	94

一、感应加热原理	94
二、感应加热表面淬火的工艺制定	102
三、感应加热淬火设备及其工艺调整	122
四、感应器	137
五、火焰加热表面淬火	144
第五节 热处理新工艺简介	156
一、形变热处理	156
二、强韧化处理	158
三、循环热处理	159
第六节 热处理常见缺陷及补救措施	160
一、氧化和脱碳	160
二、过热和过烧	161
三、软点	161
四、淬火裂纹	162
五、回火缺陷	163
六、减少变形及防止裂纹的措施	164
第三章 结构钢及典型零部件的热处理	179
第一节 合金调质钢及其热处理工艺	179
一、调质钢的特点	179
二、常用调质钢	180
三、调质钢的热处理工艺	183
四、调质钢热处理实例	186
第二节 弹簧钢及其热处理工艺	190
一、弹簧钢的特点	190
二、弹簧钢的热处理工艺	191
三、提高弹簧质量的措施及质量检验	194
四、典型工艺实例	198
第三节 轴承钢的热处理技术	200
一、滚动轴承钢	200

二、滚动轴承零件的热处理	201
三、渗碳轴承钢及其热处理	212
第四章 工具钢及其典型零件的热处理工艺	217
第一节 刀具钢及其热处理工艺	217
一、刀具钢的分类	217
二、刀具钢的热处理工艺	221
三、常见缺陷及防止措施	235
四、质量检验	238
五、典型工艺实例	240
第二节 合金模具钢及其热处理	247
一、冷作模具钢的热处理	247
二、热作模具的热处理	257
三、模具新材料和热处理发展	270
四、冷作模具热处理实例	272
五、热作模具热处理实例	274
第三节 量具钢及其热处理	277
一、量具的工作条件及性能要求	277
二、量具用钢	278
三、量具的热处理	279
四、典型量具的热处理实例	281
第五章 热处理设备及其维护	283
第一节 加热设备	283
一、电阻炉	283
二、盐浴炉	289
三、燃料炉	293
四、可控气氛炉	296
五、真空炉	300
第二节 冷却设备	301
一、水槽	301

二、油槽	302
三、淬水槽的使用要求	303
四、淬火机床	304
第三节 辅助设备	305
一、抛丸机	305
二、喷砂机	306
三、其他辅助设备	307
第四节 测温仪表	309
一、热电偶	309
二、指示毫伏计和调节式毫伏计	312
三、电子电位差计	312
四、光学高温计和辐射高温计	313
第五节 筑炉材料	314
一、耐火材料	314
二、保温材料	315

第一章 热处理专业基础知识

第一节 金属材料性能简介

迄今为止,金属材料仍然是现代工业、农业、国防以及科学技术各个领域应用最广泛的工程材料,这不仅是由于其材料来源丰富,生产工艺简单且成熟,而且还因为金属材料的某些性能大大优于一些非金属材料。

金属材料的性能,是指用来表征材料在给定外界条件下的行为参量。当外界条件发生变化,同一种材料的某些性能也会随之变化。通常所指金属材料的性能包括以下两个方面:

1. 使用性能

即为了保证零件、工程构件或工具等的正常工作,材料所应具备的性能,它包括力学、物理、化学等方面的性能。金属材料的使用性能决定了其使用范围、安全可靠性和使用寿命等。

2. 工艺性能

即反映金属材料在被制成各种零件、构件和工具的过程中,材料适应各种冷、热加工的性能,主要包括铸造、压力加工、焊接、切削加工、热处理等方面的性能。

一、金属材料的力学性能及其试验

金属材料在加工和使用过程中都要承受不同形式外力的作用,当外力达到或超过某一限度时,材料就会发生变形,以致断裂。材料在外力作用下所表现的一些性能(如强度、刚度、韧性等),称为材料的力学性能。无论何种固体材料,其内部原子之间都存在相互平衡

的原子结合力的相互作用。当金属材料受外力作用时,原来的平衡状态受到破坏,材料中任何一个单元与其邻近的各小单元之间就诱发了新的力,称为内力。在单位截面上的内力,称为应力,以 σ 表示。材料在外力作用下引起形状和尺寸改变,称为变形,包括弹性变形和塑性变形(卸载后不能完全恢复原来形状和尺寸)。

当载荷性质、环境温度与介质等外在因素改变时,对材料力学性能的要求也随之改变。金属材料的力学性能主要是指强度、刚度、硬度、塑性和韧性等。

1. 强度指标

金属的强度是指金属抵抗永久变形和断裂的能力。它是按GB228—87规定,把一定尺寸和形状的金属试样(如图1-1所示)装夹在试验机上,然后对试样逐渐施加拉伸载荷,直至把试样拉断为止。根据试样在拉伸过程中承受的载荷和产生的变形量之间的关系,可测出该金属的拉伸曲线(如图1-2所示)。在拉伸曲线上可以确定以下性能指标:

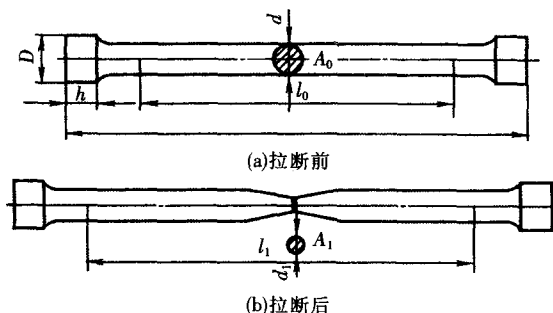


图 1-1 钢的标准拉伸试棒

(1)弹性极限:从图1-2可以看出,不同性质材料的拉伸曲线形状是不相同的。拉伸曲线的 oe 线段是直线,这一部分试棒变形量 Δl 与外力成正比。当除去外力后,试棒恢复到原来尺寸,称这一阶段的变形为弹性变形。外力 F_e 是使试棒只产生弹性变形的最大

载荷。

弹性极限用符号 σ_e 表示,单位为 MPa,即

$$\sigma_e = F_e / A_0$$

式中 A_0 ——试棒的原始截面积;

F_e ——试样 e 点所承受的外力。

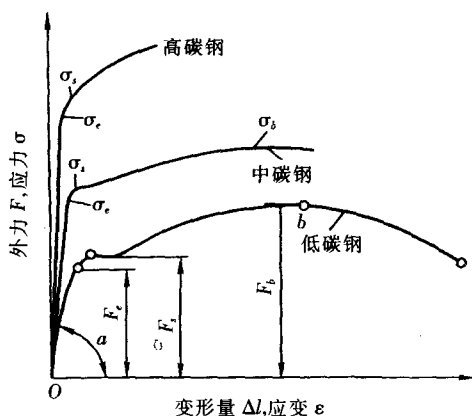


图 1-2 退火低碳、中碳和高碳钢的拉伸曲线

弹性极限 σ_e 是由试验得到的,其值受测量精度影响很大,故通常采取规定微量塑性伸长应力 $\sigma_{0.01}$ 为弹性极限。

(2)屈服点:从拉伸曲线上可以看到,当载荷增加到超过 F_e 后,试样必定保留部分不能恢复的残余变形,即塑性变形。在外力达到 F_s 时曲线出现一个小平台。此平台表明不增加载荷,试棒仍然继续变形,好像材料已经失去抵抗外力的能力而屈服了。试棒屈服时的应力称为材料的屈服点,以 σ_s 表示,单位为 MPa。

$$\sigma_s = F_s / A_0$$

很多金属材料,如大多数合金钢、铜合金以及铝合金的拉伸曲线不出现平台,脆性材料如普通铸铁、镁合金等,甚至断裂之前也不发生塑性变形,因此工程上规定试棒发生某一微量塑性变形(0.2%)时的应力作为该材料的屈服点,称为屈服强度或规定微量塑性伸长应

力,并以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(3)抗拉强度:试棒在屈服时,由于塑性变形而产生冷变形强化,所以只有载荷继续增大,变形才能继续增加,直到增到最大载荷 F_b 。拉伸曲线的这一阶段,试棒沿整个长度均匀伸长,当载荷达到 F_b 后,试棒就在某个薄弱部分形成“缩颈”,如图 1-1(b)那样。此时,即使不增加载荷试棒也会发生断裂。 F_b 是试棒承受的最大外力,缩颈对应的应力即为抗拉强度,以 σ_b 表示,单位为 MPa。抗拉强度代表金属材料抵抗量塑性变形的能力,即

$$\sigma_b = F_b / A_0$$

材料的 $\sigma_{0.2}$ (或 σ_s)、 σ_b 均可在材料手册或有关文献资料中查得。

一般机器构件都是在弹性状态下工作的,不允许微小的塑性变形,所以在机械设计时应采用 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 强度指标,并加上适当的安全系数。由于抗拉强度 σ_b 测定较方便,而且数据也较准确,所以设计零件时有时也可以直接采用强度指标 σ_b ,但需要使用较大的安全系数。

由上述可知,强度是表征金属材料抵抗过量塑性变形或断裂的物理性能。

σ_s/σ_b 的比值称为屈强比,是一个有意义的指标。比值越大,越能发挥材料的潜力,减小结构的自重。但为了使用安全,亦不宜过大,适合的比值为 0.65~0.75。

(4)疲劳强度 某些机械零件,如轴、弹簧、齿轮、叶片等在交变载荷长期作用下工作,很多情况是在工作应力峰值低于弹性极限的情况下突然破坏的。在多次交变载荷作用下的破坏现象,称为疲劳。交变载荷可以是大小交变、方向交变,或同时改变大小或方向。

测定材料的疲劳强度时,要用较多的试棒,在不同交变载荷下进行试验,作出疲劳曲线,如图 1-3 所示。

从图 1-3 中可以看出,循环次数增加,应力降低。当应力降到某一值后,曲线变成水平直线,这就意味着材料可以经受无限次循环载荷而不发生疲劳断裂。把试样承受无限次应力循环或达到规定的

循环次数才断裂的最大应力,作为材料的疲劳强度。对在弯曲循环载荷下测定的疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示,而在剪切循环载荷下测量的用 τ_{-1} 表示。

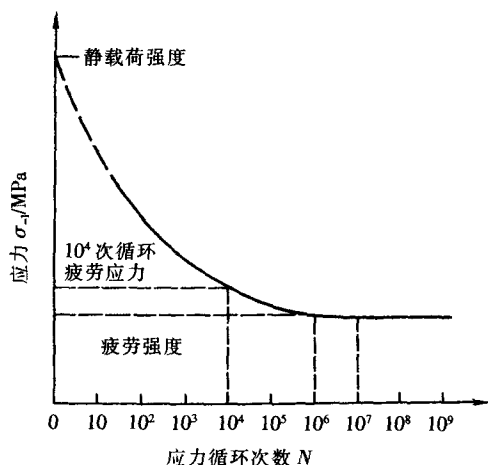


图 1-3 疲劳曲线

图 1-3 是钢铁材料的疲劳曲线,在试验循环次数达到 10^7 次时,出现水平直线。所以,对于钢铁材料,把循环次数达到 10^7 次时的最大应力作为疲劳强度。有色金属和合金的疲劳曲线不出现水平直线,因此工程上规定循环次数达到 10^8 次时的最大应力作为它们的疲劳强度。

材料的 σ_{-1} 与 σ_b 是密切相关的。对钢来说,其关系为 $\sigma_{-1} = 0.45 \sim 0.55 \sigma_b$,表明材料的疲劳强度随其抗拉强度增高而增高。

零件的疲劳强度除了决定于材料的成分及其内部组织外,与零件的表面形态及其形状也有很大的关系。表面应力集中(划伤、损伤、腐蚀斑点等)会使疲劳寿命大大降低。提高零件疲劳寿命的方法是:设计上减小应力集中,转接处避免锐角连接,使零件具有较小的表面粗糙度;强化表面,如渗碳、氮化、喷丸、表面滚压等,在零件表面造成残余压应力,抵消一部分拉应力,降低零件表面实际拉应力峰

值,从而提高零件的疲劳强度。

2. 刚度指标

材料在受力时抵抗弹性变形的能力称为刚度,它表示材料弹性变形的难易程度。材料刚度的大小,通常用弹性模量 E 来评价。

材料在弹性范围内,应力 σ 与应变 ϵ 的关系服从虎克定律: $\sigma = E\epsilon$ 或 $\tau = G\gamma$ 。式中 σ 和 τ 分别为正应力和切应力 ϵ 和 γ 分别为正应变和切应变,应变为单位长度的变形量,即 $\epsilon = \Delta l/l$ 。

因此 $E = \sigma/\epsilon$ 或 $G = \tau/\gamma$,相应为弹性模量和切变模量。由图 1—2 可以看出,弹性模量 E 是拉伸曲线上的斜率,即 $\tan\alpha = E$ 。斜率 $\tan\alpha$ 越大,弹性模量 E 也越大,即弹性变形越不容易进行。因此 E 、 G 是表示材料抵抗弹性变形能力和衡量材料“刚度”的指标,单位为 MPa。弹性模量越大,材料的刚度越大,即具有特定外形尺寸的零件或构件保持其原有形状与尺寸的能力越大。

弹性模量的大小主要决定于金属键,与显微组织的关系不大。合金化、热处理、冷变形等对它的影响很小。生产中一般不考虑也不检验它的大小,基体金属一经确定,其弹性模量值就基本上定了。在材料不变的情况下,只有改变零件的截面尺寸或结构,才能改变它的刚度。

在设计机械零件时,要求刚度大的零件,应选用具有高弹性模量的材料。钢铁材料的弹性模量较大,所以对要求刚度大的零件,通常选用钢铁材料,例如镗床的镗杆应有足够的刚度,如果刚度不足,当进刀量大时镗杆的弹性变形就会大,镗出的孔就会偏小,因而影响加工精度。

3. 塑性指标

塑性是指金属材料在载荷作用下断裂前发生不可逆永久变形的能力,评定材料塑性的指标通常是伸长率和断面收缩率。

(1) 伸长率 δ : 伸长率可用下式确定,即

$$\delta = (l_1 - l_0) / l_0 \times 100\%$$

式中 l_0 ——试棒原标距长度;

l_1 ——拉断后试棒的标距长度(见图 1-1)。

在材料手册中常常可以看到 δ_5 和 δ_{10} 两种符号,它分别表示用 $l_0=5d$ 和 $l_0=10d$ (d 为试棒直径)两种不同长度试棒测定的伸长率。 l_1 是试棒的均匀伸长和产生缩颈后伸长的总和。很明显,短试棒中缩颈的伸长量所占的比例大,故同一材料所测得的 δ_5 和 δ_{10} 值是不同的, δ_5 的值较大,而 δ_{10} 值较小,例如钢材的 δ_5 大约为 δ_{10} 的 1.2 倍。所以只有相同符号的伸长率才能进行相互比较。

(2) 断面收缩率 ψ : 断面收缩率用下式求得,即

$$\psi = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100\%$$

式中 A_0 ——试棒原来的截面;

A_1 ——试棒拉断后缩颈处的截面积(见图 1-1)。

断面收缩率不受试棒标距长度的影响,因此能更可靠地反映材料的塑性。

对必须承受强烈变形的材料,塑性指标具有重要的意义。塑性优良的材料冷压成形性好。此外,重要的受力零件也要求具有一定的塑性,以防止超载时发生断裂。

伸长率和收缩率也表明材料在静载或缓慢增加的拉伸应力下的韧性。不过在很多情况下,具有高收缩率的材料可承受高的冲击吸收功。必须指出,塑性指标不能直接用于零件的设计计算,只能根据经验来选定材料的塑性。一般说来,伸长率达到 5% 或断面收缩率达到 10% 的材料,即可满足绝大多数零件的要求。

但对各种具体形状、尺寸和应力系数集中的零件来说,对塑性的要求是有一定限度的,并不是越大越好,否则会限制材料强度使用寿命水平的提高,不能发挥材料强度的潜力,造成产品粗大笨重、浪费材料和使用寿命不长。

4. 硬度指标

硬度是衡量金属材料软硬程度的一种性能指标。硬度的试验方法很多,基本可以分为压入法和刻画法两大类。硬度值的物理意义随着试验方法的不同,其含义也不同。例如,压入法的硬度值是材料

表面抵抗另一物体压入时所引起的塑性变形能力；刻画法硬度值表示金属抵抗表面局部断裂的能力。因此，硬度值实际上不是一个单纯的物理量，它是表示材料的弹性、塑性、形变强化、强度和韧性等一系列不同物理量组合的一种综合性能指标，一般认为，硬度是金属表面抵抗局部压入变形或刻画破裂的能力。

生产上压入法应用最广，几乎能测量所有金属材料；同时这类试验方法简单，不损坏工件，适于成批检验；再者硬度值在一定条件下和 σ_b 等性能指标有一定联系，可以由硬度值大致直接推测出其他强度值。

下面我们将主要介绍静载压入法硬度，即布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等。

(1) 布氏硬度：布氏硬度试验方法是把规定直径的淬火钢球或硬质合金以一定的试验力压入所测材料表面（见图 1—4），保持规定时间后，测量表面压痕直径（见图 1—5），然后按下式计算硬度，即

$$HBS(HBW) = F/A = 0.102 \times 2F / \pi D(D - \sqrt{D^2 - d_2^2})$$

式中 $HBS(HBW)$ —— S 表示用钢球(W 表示硬质合金球)试验时的布氏硬度值；

F ——试验力, N ；

A ——压痕表面积, mm^2 ；

D_2 ——球体直径, mm ；

D ——压痕平均直径, mm 。

由于金属材料有软有硬，被测工件有厚有薄，尺寸有大有小，如果只采用一种标准的试验力 F 和压头直径 D ，就会出现对某些材料和工件不适应的现象。因此，在进行布氏硬度试验时要求使用不同的试验力和压头直径，建立 F 和 D 的某种选配关系，以保证布氏硬度的不变性。

根据金属材料种类、试样硬度范围和厚度的不同，按照表 1—1 的规范选择试验压头（钢球）直径 D 、试验力 F 及保持时间。