

金属材料

与

热处理

常识

中国农业机械出版社

岳鸿恩 编

金属材料与热处理常识

岳鸿恩 编

中国农业机械出版社

本书是在总结工厂职工教育教学经验的基础上编写的,主要介绍金属材料的机械性能、用途和热处理等方面的一般知识,适合机械制造、修理行业的工人自学,或作为工厂职工教育的教材,其他行业的工人也可学习参考。

金属材料与热处理常识

岳鸿恩 编

中国农业机械出版社出版

凉水湾印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

787×1092 32开 $2^{10}/1$ 。印张54千字

1981年9月北京第一版·1981年9月北京第一次印刷

印数: 00,001—23,000 定价0.23元

统一书号: 15216·077

前 言

这本《金属材料与热处理常识》小册子是在总结工厂职工教育教学经验的基础上编写的。主要内容有：金属机械性能的一般知识；碳素钢、合金钢、铸铁及常用有色金属的牌号表示方法及其性能和用途；热处理的一般知识。

本书在语言表达方面力求通俗易懂，适合于一般机械工人自学，也可以作为工厂对机械工人进行基础理论教育的教材。

由于编者的业务水平所限，书中如有缺点、错误，希望读者批评指正。

编 者

1980.10

目 录

第一章 金属的机械性能	1
一、强度	1
二、硬度	3
三、塑性	6
四、韧性	7
五、抗疲劳性	8
第二章 碳素钢	10
一、碳及磷硫硅锰等杂质对钢的性能的影响	10
二、碳素钢的分类	11
三、碳素钢的牌号、性能及用途	12
第三章 合金钢	21
一、合金元素对钢的机械性能的影响	21
二、合金钢的分类	22
三、合金钢的牌号、性能及用途	23
第四章 铸铁	37
一、白口铸铁	37
二、灰口铸铁	38
三、球墨铸铁	40
四、可锻铸铁	41
五、合金铸铁简介	42
第五章 常用有色金属	44
一、铜及铜合金	44
二、铝及铝合金	47
三、滑动轴承合金	50

第六章 钢的热处理	53
一、铁碳合金状态图	53
二、钢的退火	57
三、钢的正火	60
四、钢的淬火	61
五、钢的回火	65
六、钢的调质	66
七、时效处理	67
八、钢的化学热处理	68
九、发黑处理	71
附表 1 常用钢种的临界温度	73
附表 2 主要化学元素的元素符号	77

第一章 金属的机械性能

什么叫做金属呢？我们知道，世界上的任何物质都是由元素组成的。自然界里的元素总的可以分为金属元素和非金属元素两大类。一般来说，凡是具有良好的导电性、导热性及可锻性的元素称为金属元素，如铁(Fe)、铝(Al)、铜(Cu)、锌(Zn)等；不具有导电性、导热性及可锻性的元素称为非金属元素，如碳(C)、硫(S)、硼(B)、氢(H)、氧(O)等。所谓金属是指凡是由一种金属元素组成的物质（纯金属），或者由一种金属元素和另外的一种或几种元素熔合而成的具有金属特性的新的物质（合金），我们就把它们统称为金属。

在工业生产中，我们用大量的金属材料制成各种机械零件和工程构件。但是，为了改进生产工艺，提高产品质量，还必须正确选用金属材料，充分发挥金属材料的作用。因此，我们首先必须了解金属的机械性能。

那么，什么是金属的机械性能呢？所谓金属的机械性能是指金属在受拉伸、压缩、弯曲、冲击等外力作用时，所表现出来的抵抗变形或破坏的能力。

常用的金属的机械性能一般包括强度、硬度、塑性、韧性及抗疲劳性等。

一、强度

金属在外力（静载荷）作用下，所表现出来的抵抗变形或破坏的能力叫强度。金属抵抗外力的能力越大强度越高。

金属强度的大小可用它的强度极限来衡量。单位是公斤/毫米²。

常用的强度根据所受外力状况的不同分为以下三种：

1. 抗拉强度 (σ_b)

当所受外力是拉力时，材料所表现出来的抵抗变形或破坏的能力叫抗拉强度。

2. 抗弯强度 (σ_{bb})

当所受外力与材料的轴线相垂直，并在作用后使材料弯曲，这时材料表现出来的抵抗能力叫抗弯强度。

3. 抗压强度 (σ_{bc})

当所受外力是压力时，材料所表现出来的抵抗变形或破坏的能力叫抗压强度。

在以上三种强度中应用最广的是抗拉强度，下面我们对抗拉强度进行一下简单的分析：

金属材料的抗拉强度是通过把材料做拉伸试验得到的。它是把金属材料做成标准试样，放在拉伸试验机上进行拉伸试验，随着载荷的不断增加，试样将会发生弹性变形（在载荷的作用下试样产生变形，当去掉载荷后试样仍可恢复原状），塑性变形（试样在载荷作用下开始屈服，产生永久性变形），直至断裂。那么，在试样断裂时材料内部所产生的最大应力值，我们就称它为抗拉强度极限，以 σ_b 表示。计算公式如下：

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F} \quad \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-1)$$

式中 P_b ——试样断裂时的极限载荷，公斤；

F ——试样原横截面积，毫米²。

例：有一碳钢试样，直径为10毫米，进行拉伸试验，拉

断试样的最大拉力是3925公斤，求该试样的抗拉强度极限是多少？

解：已知 $P_b = 3925$ 公斤； $F = \pi r^2 = 3.14 \times 5^2 = 78.5$ 毫米²
由公式(1-1)

$$\sigma_b = \frac{3925}{78.5} = 50 \text{ 公斤/毫米}^2$$

上面我们分析的是抗拉强度极限，它是表明材料强度大小的重要数据，但是在设计机械零件时往往以屈服极限为依据。屈服极限也叫屈服点，它也是把试样做拉伸试验时得到的。当把试样做拉伸试验时，试样在载荷的作用下要发生变形，当载荷不再增加时试样继续发生塑性变形，这种现象叫“屈服”。开始发生屈服现象时的应力叫做“屈服极限”或“屈服点”，以 σ_s 表示。计算公式为

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

式中 P_s ——屈服极限载荷，公斤；

F ——试样原横截面积，毫米²。

有些金属（如高碳钢）没有明显的屈服点，在这种情况下规定取试样产生塑性变形 0.2% 时的应力作为屈服极限，以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

一般的机械零件在使用过程中是不允许产生塑性变形的，有些零件往往因为产生了过量的变形而报废。因此，材料的屈服极限就成了我们在进行零件设计时的重要依据了，同时它也是评定金属材料质量的重要指标。

二、硬 度

金属抵抗比它更硬的物体压入的能力叫硬度。硬度根据

测定方法的不同，可分为布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度及肖氏硬度等。其中比较常用的是布氏硬度和洛氏硬度两种。

1. 布氏硬度 (HB)

布氏硬度是用一定的负荷（一般为3000公斤），把一定直径的淬硬钢球（一般为10毫米、5毫米或2.5毫米）压入材料表面，然后用所加的负荷除以材料上球印的表面积，所得结果就是布氏硬度值。单位是公斤/毫米²，但习惯上省略不写。其计算公式如下：

$$HB = \frac{P}{F} \quad \text{公斤/毫米}^2$$

式中 P ——所加的负荷，公斤；

F ——压坑的球面积，毫米²。

压坑球面积 F 的计算公式为

$$F = \frac{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

式中 π ——圆周率；

D ——钢球直径，毫米；

d ——压坑直径，毫米。

在实际使用中并不用我们去进行计算，只要用带有刻度的放大镜量出压印的直径，然后根据压印直径查表就可以得到布氏硬度值。

布氏硬度有一定的优点，但是也有它不足的方面。

优点：（1）由于被测金属压坑面积较大，所以测得的结果比较准确。（2）通过实践证明 HB 与 σ_b 之间有一定的近似关系，对于不淬火的钢材它们有如下的近似关系：低碳钢 $\sigma_b \approx 0.36HB$ ；中碳钢 $\sigma_b \approx 0.35HB$ ；高碳钢 $\sigma_b \approx 0.34HB$ 。因此，根据材料的布氏硬度值，可以近似确定金属材料的抗拉

强度。

缺点：(1)不适合测定 $HB > 450$ 的材料，因为材料的硬度太高容易引起钢球变形，使测定结果不准确。(2)因压印较大，不适合测定成品及薄板材料。

2. 洛氏硬度 (HR)

洛氏硬度是用 120° 圆锥形金刚石压入器或直径 $D = 1.59$ 毫米的淬硬钢球做为压头，在一定负荷的作用下，压入材料的表面上，用压印的深度来计算材料硬度的大小，这种方法测得的硬度值称为洛氏硬度。洛氏硬度没有单位。

根据所采用的负荷的不同，洛氏硬度又分为三种：

(1) HRA——采用 60 公斤负荷及圆锥形金刚石压入器求得的硬度。一般用来测定硬度 $HB > 700$ 的高硬材料及一些硬而薄的金属等。

(2) HRB——采用 100 公斤负荷及直径 $D = 1.59$ 毫米的淬硬钢球求得的硬度。一般用于测定硬度 $HB = 60 \sim 230$ 之间比较软的金属及低碳钢等。

(3) HRC——采用 150 公斤负荷及圆锥形金刚石压入器求得的硬度。一般用于测定硬度 $HB = 230 \sim 700$ 的调质钢及淬火钢。

洛氏硬度值，是用被测材料上压坑的深度除以 0.002 毫米，然后用一个常数 (HRA 和 HRC 常数取 100，HRB 常数取 130) 减去除得的结果，所得的数值即为洛氏硬度值。计算公式为

$$HRA = 100 - \frac{bd}{0.002}$$

$$HRB = 130 - \frac{bd}{0.002}$$

$$\text{HRC} = 100 - \frac{bd}{0.002}$$

式中 bd ——压坑的深度，毫米。

使用洛氏硬度有一定的优点，但也有缺点。

优点：1)使用方法简便，能直接从刻度盘上读出硬度值；2)可以测定高硬度材料；3)压痕小，可以用来测定成品及薄板材料。

缺点：由于压痕小，表示性不足，结果不够准确。通常应多测几点取其平均值。

三、塑 性

金属在外力作用下，产生永久性变形而不会被破坏的能力，称为金属的塑性。金属材料塑性的好坏可用延伸率及断面收缩率表示。其值越大，塑性越好。

延伸率是试样断裂后，伸长的长度与试样原长度的百分比值，用 δ 表示。计算公式为

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 L_1 ——试样断裂后的长度，毫米；

L_0 ——试样原长度，毫米。

断面收缩率是试样断裂后，断口处横断面积的收缩量与原横截面积的百分比值，用 ψ 表示。计算公式为

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 F_0 ——试样原横截面积，毫米²；

F_1 ——试样断裂后的横断面积，毫米²。

例：有一碳素钢试样，直径10毫米，长50毫米，在拉伸

试验机上进行拉伸试验，断裂后的长度为60毫米，断面直径为7.42毫米，求延伸率及断面收缩率各是多少？

解：试样原横截面积 $F_0 = \pi r^2 = 3.14 \times 5^2 = 78.5$ 毫米²

试样断裂后的横断面积 $F_1 = \pi r^2 = 3.14 \times 3.71^2 = 43.2$ 毫米²

由公式(1-2)延伸率

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% = \frac{60 - 50}{50} \times 100\% = 20\%$$

由公式(1-3)断面收缩率

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\% = \frac{78.5 - 43.2}{78.5} \times 100\% = 45\%$$

在实际生产中，我们会遇到一些零件是通过冲压成型的。那么，制造这些冲压零件的材料必须具备良好的塑性。一般说来低碳钢的塑性比较好，高碳钢的塑性则比较差。具体的每一种钢的延伸率及断面收缩率的数值是多少，通过查材料手册就可以得到。

四、韧性

金属在冲击载荷作用下，抵抗破坏的能力叫韧性。有些材料在静力作用下表现出了很高的强度，但是在冲击力的作用下就表现得很脆弱，高碳钢就是如此。相反，有些材料的强度并不高，但是在冲击力的作用下表现出很高的坚韧性，低碳钢就是这样。通过实践证明，冲击力要比静力具有更大的破坏性。因此，设计制造在冲击载荷作用下工作的零件时，必须要考虑材料的韧性。如各种机床的主轴、齿轮等。

金属材料韧性的好坏可用冲击韧性值来衡量，材料的冲

击韧性值越大，则韧性越好。冲击韧性值用 α_k 表示，单位是公斤·米/厘米²。

冲击韧性值 α_k 是通过把材料做冲击试验后得到的，它是用冲断试样时所消耗的冲击功（公斤·米），除以试样断口处的横截面积（厘米²），所得结果即为冲击韧性值。计算公式为

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F} \quad \text{公斤·米/厘米}^2$$

式中 A_k ——冲断试样时所消耗的功，公斤·米；

F ——试样断口处的横截面积，厘米²。

五、抗疲劳性

机器在工作过程中，有很多零件是在重复交变应力作用下工作的，比如发动机的曲轴、机床的主轴、齿轮等。这些零件在工作时所受的力随时发生或大或小，时拉时压的周期性的变化，尽管所受的力还低于材料的抗拉强度，也会因疲劳而发生断裂。

所谓金属的疲劳，是指金属长期在重复交变载荷作用下发生断裂的现象。

很明显，金属的抗疲劳性是指金属抵抗疲劳现象的能力，也就是说金属长期在重复交变载荷作用下仍不会被破坏的能力。金属抵抗疲劳现象能力的大小，可以用它的疲劳强度表示，疲劳强度越大，抗疲劳性越好。疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示，单位是公斤/毫米²。

疲劳强度的测得，是把金属材料的试样安装在疲劳试验机上，在弯曲载荷的作用下，使试样进行几百万次甚至几千万次的旋转测定出来的。如果某一种材料在某一最大载荷的

作用下，完成了规定的几百万次的旋转仍未断裂，这时材料单位面积（毫米²）所承受的力（公斤）就是此种材料的疲劳强度。

如果我们设计制造的零件是长期在重复交变载荷作用下工作的，那就必须要考虑材料的疲劳强度。为了提高零件的疲劳强度，我们可以采取一些必要的措施，如提高零件表面光洁度及强化表面等方法（表面冷轧、表面淬火以及化学热处理渗碳、氰化等）。

思 考 题

1. 什么叫做金属？
2. 什么是金属的机械性能？金属有哪些机械性能？
3. 什么叫强度？强度可分为哪几种？表示符号及单位各是什么？
4. 什么叫硬度？布氏硬度及洛氏硬度各用什么符号表示？它们各有哪些优缺点？
5. 什么叫塑性？金属材料的塑性用什么衡量？表示符号及单位是什么？
6. 什么叫韧性？金属材料的冲击韧性值表示符号及单位是什么？
7. 什么是金属的疲劳？
8. 什么是金属的抗疲劳性？疲劳强度的表示符号及单位是什么？

第二章 碳 素 钢

按化学成分的不同钢可分为两大类：碳素钢和合金钢。

什么是碳素钢？所谓碳素钢是指含碳量小于2.06%，并含有少量的磷、硫、硅、锰等杂质的铁碳合金。含碳量大于2.06%的铁碳合金称为生铁。

碳素钢的产量大，价格低廉，而且具有良好的锻压、焊接及切削加工性能，因此它在现代机械制造中得到了广泛的应用。为了合理地选用材料，充分发挥材料的潜力，我们了解一下碳素钢的分类、牌号表示方法、性能及用途是很有必要的。

一、碳及磷硫硅锰等杂质对钢的性能的影响

在碳素钢中，碳是决定钢的性能的主要元素，但是钢中还含有一些磷、硫、硅、锰等杂质，这些杂质在钢中的存在，对钢的机械性能产生一定的影响。现分别叙述如下：

1. 碳 (C)

碳在含碳量小于0.8%的钢中（亚共析钢），随着含碳量的增加，钢中珠光体增多，使钢的强度和硬度不断提高，而钢的塑性和韧性则不断降低。在含碳量大于0.8%的钢中（过共析钢），随着含碳量的增加钢中易出现网状渗碳体，它削弱了晶粒与晶粒之间的结合力，使钢的脆性增加，强度反而降低。

2. 磷 (P)

磷是钢中的有害杂质。它能固溶于铁素体内，随着含量的增加，使钢在常温下塑性和韧性降低，低温表现更为明显，这种现象称为钢的冷脆。因此，磷在钢中的含量应该严格控制，一般应小于0.045%。

3. 硫 (S)

硫在钢中的存在容易使钢产生热脆。硫在钢中与铁化合，形成硫化铁(FeS)，硫化铁又与铁形成低熔点(985°C)的共晶体，并且沿着晶界分布。当把钢加热到 1000°C 以上进行锻压时，由于低熔点的共晶体已经熔化，使钢极易破裂，这种现象称为钢的热脆。因此，硫在钢中的含量应严格控制，一般情况下含量应小于0.055%。

磷、硫对钢的机械性能的影响有有害的一面，但是也有有利的一面。适当地增加钢中磷、硫的含量，可以改变钢的切削性能。使钢容易切削，称为易切削钢。有些对机械性能要求不高的零件，为了提高生产效率，可以采用易切削钢。如Y12、Y30等。易切削钢含磷0.08~0.15%，含硫0.08~0.3%。

4. 硅 (Si) 和 锰 (Mn)

硅和锰在钢中都能溶于铁素体，可提高钢的强度和硬度。但是，当含硅量小于0.4%、含锰量小于0.8%仅以杂质存在时，对钢的机械性能影响不大。锰还能与钢中的硫化合形成高熔点(1600°C)的硫化锰(MnS)，可以减少钢的热脆性。

二、碳素钢的分类

碳素钢的分类方法较多，下面给大家介绍几种碳素钢的分类方法。