

材 料 学 教 材

(军械专业用)

中国人民解放军总后勤部军械部

*

中国人民解放军战士出版社出版发行

中国人民解放军第一二〇二工厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 $\frac{1}{32}$ ·印张 $7\frac{1}{8}$ ·插页 2·字数 153,000

1973年9月第一版(北京)

1980年4月第二次印刷

PDF

绪 言

武器装备的制造、维修都离不开材料。材料所包含的范围是极其广泛的。从性能上讲，一般可分为金属材料与非金属材料两大类。

凡有如下通性：良好的导电、传热性能，富有光泽和具有一定塑性的物质统称为金属。如钢、铁、铜、铝等。凡不具备以上通性的物质称为非金属。如塑料、木材、砂石、油料等。

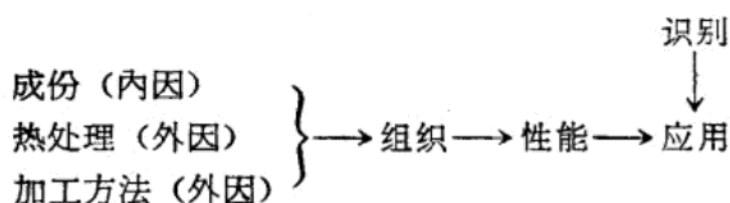
金属按其成份可分为纯金属与合金两类。纯金属是指由单一元素组成的金属。如纯铜、纯铝、纯铁等。合金是由两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素熔合而成，仍具有金属通性的物质。如黄铜是铜与锌的合金；钢是铁与炭的合金等。

金属按其性能、习惯上还分为黑色金属（钢、铁等）和有色金属（铜、铝、金、银、锡、锌等）。

在军械的维修中要用到各种材料，本教材将介绍最常用的钢材及部分有色金属材料的性能、识别与应用；很多零件做好后，还要用热处理来提高其性能，教材中将用很大篇幅来介绍钢热处理的基本原理与方法；零件在使用中还会生锈，教材将用一定的篇幅介绍防锈蚀的手段与所用材料。总之，钢的性能、识别、选用、热处理和防锈蚀，是本教材的主要内容。

大量的科研与生产实践证明，钢的性能决定于钢的内

部组织，而内部组织又取决于钢的成份、热处理状态和加工方法等。因此，只有掌握了钢的成份、热处理及加工方法对组织和性能的影响，才能根据零件的性能要求选用成份合适的材料和加工工艺。由此可见：



这是贯穿于“材料学”的一条主线，学习中抓住了这条主线，很多问题就较容易理解，内容也就较有条理了。



目 录

绪 言

第一章 金属材料的性能..... (1)

第一节 金属材料的机械性能..... (1)

一、强度..... (1)

二、塑性..... (4)

三、韧性..... (5)

四、硬度..... (5)

第二节 金属材料的工艺性能..... (9)

一、可延展性..... (10)

二、可锻造性..... (10)

三、可切削性..... (10)

四、可焊接性..... (11)

五、可铸造性..... (11)

第二章 钢..... (12)

第一节 金属的内部结构..... (12)

一、纯金属的晶格类型..... (12)

二、晶粒粗细及其对性能的影响..... (14)

三、合金结构..... (15)

第二节 炭素钢..... (17)

一、钢的组织 and 性能..... (17)

二、钢的分类及炭素钢的牌号、应用..... (23)

第三节 合金钢..... (30)

一、合金元素对钢性能的影响	(30)
二、合金钢的牌号	(33)
三、常用的合金钢	(35)
第四节 部队条件下钢材的选用和代用	(38)
第五节 钢的识别	(41)
一、按印记和涂色识别	(41)
二、按火花识别	(41)
第三章 钢的热处理	(55)
第一节 铁碳状态图(钢的固态部分)	(56)
第二节 钢在加热和冷却时的转变	(59)
一、钢在加热时的转变	(59)
二、钢在冷却时的转变	(62)
第三节 钢的加热	(72)
一、加热炉的种类	(72)
二、加热温度的测定	(75)
三、加热时间	(77)
四、加热方法	(77)
第四节 钢的退火与正火	(81)
一、钢的退火	(81)
二、钢的正火	(87)
三、正火和退火在修械所的应用	(88)
第五节 钢的淬火与回火	(89)
一、淬火	(89)
二、回火	(98)
第六节 钢的表面淬火和化学热处理	(107)
一、表面淬火	(107)
二、化学热处理	(108)

第七节 常用零件与工具的热处理工艺分析	··· (113)
一、弹簧	····· (113)
二、结构零件	····· (116)
三、工具和刀具	····· (119)
第八节 金属的加工硬化与再结晶	····· (124)
第四章 有色金属	····· (126)
第一节 铜及铜合金	····· (126)
一、铜	····· (126)
二、黄铜	····· (127)
三、青铜	····· (131)
四、白铜	····· (133)
第二节 铝及铝合金	····· (135)
一、铝	····· (135)
二、压力加工铝合金	····· (136)
三、铸造铝合金	····· (139)
第三节 轴承合金	····· (140)
一、锡基、铅基轴承合金	····· (140)
二、铜基轴承合金	····· (141)
第四节 硬质合金	····· (142)
一、硬质合金的牌号、性能与应用	····· (142)
二、硬质合金刀片的型号	····· (143)
三、硬质合金的识别	····· (144)
第五章 金属的防锈	····· 145)
第一节 金属腐蚀的原因及防腐蚀的方法	····· (145)
一、金属腐蚀的基本原因	····· (145)
二、防腐蚀的基本方法	····· (146)
第二节 金属的除锈	····· (147)

一、机械除锈法	(147)
二、化学除锈法	(147)
第三节 发兰、磷化	(150)
一、发兰	(150)
二、烧兰	(152)
三、补兰	(153)
四、磷化	(154)
五、补磷化膜	(156)
第六章 润滑油料与涂料	(158)
第一节 润滑油料	(158)
一、润滑油料的主要性能	(159)
二、军械常用油料的性能与用途	(162)
三、军械油料的使用注意事项	(174)
第二节 火炮反后座装置用液体	(174)
一、火炮驻退液	(174)
二、炮用锭子油	(176)
三、驻退液的质量检查	(177)
第三节 涂料(油漆)	(178)
一、涂料的组成	(178)
二、涂料的分类、命名和编号	(179)
三、涂料的原料	(181)
四、常用涂料	(185)
五、涂料的施工	(191)
六、施工缺陷及产生原因	(194)
七、涂料使用和保管注意事项	(195)
附 录	(197)
一、汉语拼音字母	(197)

二、希腊字母	(197)
三、硬度及硬度与强度对照	(198)
四、炭素弹簧钢丝机械性能及 尺寸精度(摘录)	(200)
五、弹簧钢带规格	(202)
六、合金弹簧钢丝规格	(203)
七、钢的涂色标记	(204)
八、热处理方法代号	(206)
九、硬质合金涂色标记	(206)
十、优质炭素结构钢的常用热处理规范	(207)
十一、合金结构钢的常用热处 理规范及性能	(209)
十二、弹簧钢的常用热处理规范及性能	(215)
十三、炭素工具钢的常用热处理规范	(217)
十四、合金工具钢的常用热处理规范	(217)

第一章 金属材料的性能

金属材料具有多方面的性能。如机械性能、工艺性能、化学性能、物理性能等。就军械维修工作来说，在金属材料的很多性能中，最重要的而且通常作为选择和使用材料的依据是机械性能和工艺性能。

第一节 金属材料的机械性能

零件在使用过程中，要受外力的作用，外力作用将使零件产生变形甚至破断。所谓机械性能就是材料对变形和破坏的抵抗能力或变形能力。机械性能越好的材料，受到外力作用时，越不容易产生超过允许范围的变形和破断。零件受的外力可分为静力（缓慢加上的力）、动力（突然加上的力）两种。材料对不同外力作用的抵抗能力，用强度、韧性、硬度来表示；材料在外力作用下的变形能力，用塑性来表示。只有了解了材料的强度、韧性、硬度、塑性等机械性能，才能根据零件的要求，合理地选用材料，正确地进行热处理。

一、强度

强度是材料在静力作用下对变形和破坏的抵抗能力。代号用“ σ ”（读音见附录二）表示。

材料受外力作用，必然产生变形。如材料被拉长、被压缩、被弯曲等。材料的变形可分为弹性变形与塑性变形两种。弹性变形在外力消除后能恢复原状；塑性变形又称

永久变形，在外力消除后不能恢复原状。材料在外力作用下的变形情况，可将材料按国家标准制成试样，用拉力试验机测量。图 1-1 就是在拉力试验机上自动绘制下来的拉力——变形图。图的纵坐标“ P ”表示加于试样的拉力，横坐标“ ΔL ”表示在外力作用下试样的变形量。图中的曲线表示材料在不同的拉力作用下的变形规律。

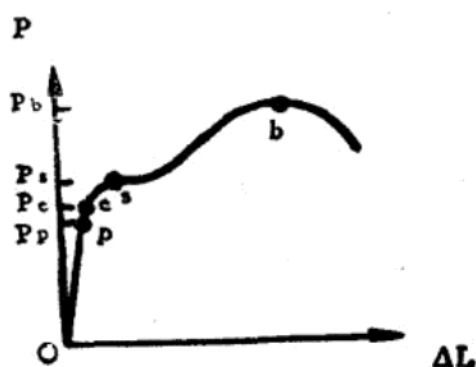


图 1-1 低碳钢拉力——变形图

试样在外力作用下产生变形，当外力在 P_e 以下时，材料保持弹性变形，其中当外力在 P_p 以下时，材料的变形随外力成比例变化。外力超过 P_e ，材料开始产生极微量的塑性变形。

当外力增至 P_s 时，即使外力不增加或稍有增加，试样都会出现明显的塑性变形，好象材料“屈服”了一样，所以常把这种现象称为屈服现象。

继续增加外力，试样塑性变形量进一步增大，当外力到 P_b 时，试样在局部薄弱部分出现“缩颈”，不久就被拉断。

从以上分析可以看出，材料受力大小不同，变形情况各不一样，材料在外力作用下可分为弹性变形（ $o-e$ 段变

形)、弹塑性变形(同时存在弹性变形与塑性变形的e点以后的变形)和破断三个阶段。

材料在外力作用下产生变形时,材料内部就要产生抵抗变形的力,这种力称为内力。当外力增大时内力也随着增大,以抵抗外力保持平衡。由此可见外力和内力在数值上是相等的。通常把材料单位面积上的内力叫做应力。因为内力和外力在数值上相等,所以应力可用单位面积上的外力来表示。

因为材料在不同的变形阶段具有不同的抵抗能力,所以强度也可以细分为弹性强度、屈服强度和破断强度等。

(一) 弹性强度(又称弹性极限):

弹性强度就是材料在外力作用下,保持弹性变形时的最大应力。用“ σ_e ”表示。即:

$$\sigma_e = \frac{\text{材料保持弹性变形时的最大外力}}{\text{试样原来的横截面积}} \quad (\text{公斤/毫米}^2)$$

如横截面积为10毫米²的某钢材,保持弹性变形时所能承受的最大外力(图1-1e点的外力)为270公斤。即:

$$\sigma_e = \frac{270}{10} = 27 \text{ 公斤/毫米}^2$$

(二) 屈服强度(又称屈服点):

屈服强度就是材料在外力作用下产生屈服时的应力,用“ σ_s ”表示。即:

$$\sigma_s = \frac{\text{材料屈服时的外力}}{\text{试样原来的横截面积}} \quad (\text{公斤/毫米}^2)$$

例如上述钢材承受294公斤时就出现较明显的塑性变形,则屈服强度 $\sigma_s = 29.4$ 公斤/毫米²。

有的材料 σ_s 不易测出,这时就以试样产生0.2%塑性

变形时的应力来代替， σ_s 亦改用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(三) 破断强度(亦称强度极限、抗拉强度)：

破断强度就是材料在外力作用下破断前所能承受的最大应力。用“ σ_b ”表示。即：

$$\sigma_b = \frac{\text{材料破断前所能承受的最大外力}}{\text{试样原来的横截面积}} \quad (\text{公斤/毫米}^2)$$

例如上述钢材，被拉断前所能承受的最大外力为550公斤。则破断强度 $\sigma_b = 55 \text{ 公斤/毫米}^2$ 。

材料受压力时的破断强度叫抗压强度，用“ σ_{bc} ”表示。

材料受弯曲时的破断强度叫抗弯强度，用“ σ_{bb} ”表示。

强度是选用材料的重要依据。制造一个零件，首先应当考虑到它的安全。如果选材或使用不当，受力超过了材料的弹性强度，零件就要产生塑性变形，如枪管就会产生枪膛膨胀。受力超过了材料的破断强度，零件就会破断，如枪管发生膛炸、钢丝绳被拉断等。

二、塑 性

塑性是材料受外力作用产生永久变形而不破断的性能。也就是材料保持不破裂的情况下产生永久变形的能力。它是材料能否进行压力加工的依据。例如钢的塑性比生铁好，因此钢材可进行锻打、轧制、冲压等压力加工，而生铁则不能。塑性的数值是将材料作拉伸试验时测出的，即用材料被拉断后所能产生的伸长率(代号“ δ ”)和断面收缩率(代号“ ψ ”)表示。

$$\text{伸长率}(\delta) = \frac{\text{拉断以后的长度} - \text{原来长度}}{\text{原来长度}} \times 100\%$$

$$\text{收缩率}(\psi) = \frac{\text{原截面积} - \text{破断处的截面积}}{\text{原截面积}} \times 100\%$$

材料的伸长率(δ)、断面收缩率(ψ)愈大,塑性愈好。

例如:

第一种钢 $\delta = 14\%$, $\psi = 40\%$

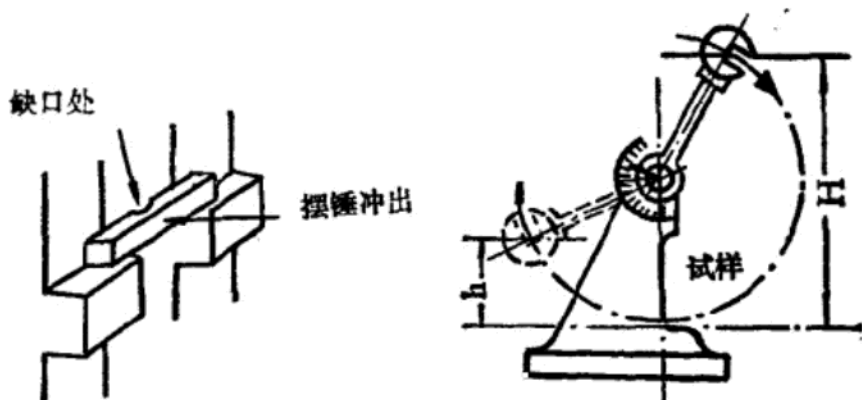
第二种钢 $\delta = 26\%$, $\psi = 55\%$

第二种钢的塑性比第一种钢好。

三、韧性 (又称冲击韧性或冲击强度)

韧性是材料保持不破裂时对冲击性外力的抵抗能力。

韧性代号为“ a_k ”,单位为公斤·米/厘米²,用冲击试验机测出,图 1-2 为冲击试验的示意图。武器上的零件射击时要承受很大的冲击力,因此必须选用韧性较好的材料。材料的 a_k 值愈大,韧性愈好。如 $a_k = 8.5$ 公斤·米/厘米² 的材料与 $a_k = 3.2$ 公斤·米/厘米² 的材料比较,前者韧性较好。



a. 试样放置示意图

b. 冲击试验示意图

图 1-2 冲击试验

四、硬 度

硬度是材料抵抗硬物体压入的能力。它的大小表示了材料的软硬程度。由于硬度试验比较简便,又不破坏零件,且硬度与强度有一定的关系,因此是用来最后检验零件热

处理质量的重要方法。

(一) 硬度的种类:

硬度是用硬度试验机测量出来的。由于测量方法的不同, 硬度可以分为许多种。常用的有布氏硬度和洛氏硬度两种。

1. 布氏硬度。

布氏硬度用“HB”表示。其测定方法是: 在布氏硬度试验机上, 用一定压力将一定大小的硬钢球压入工件表面, 然后根据压坑直径 d 的大小(如图 1-3) 在有关硬度表(见附录三) 上查出数值。压坑直径愈大, 硬度值愈小, 工件就愈软。

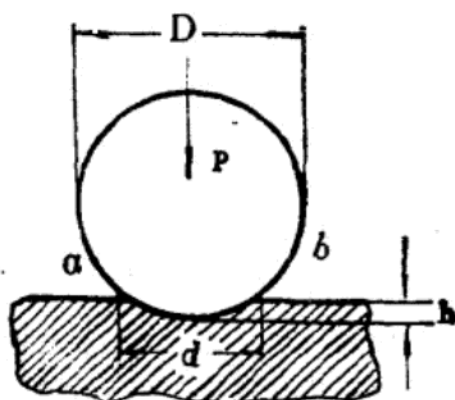


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

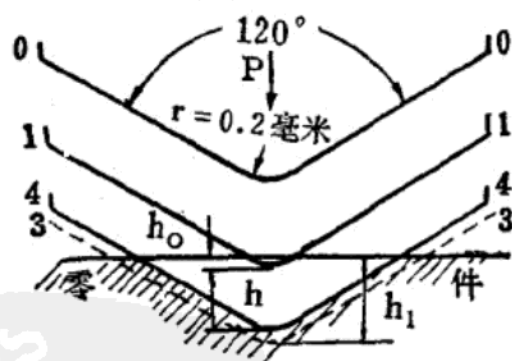
布氏硬度多用于测量 HB450 以下的各种制件的硬度。硬度举例见表 1-1。

2. 洛氏硬度。

洛氏硬度常见的有三种, 其代号分别为“HRA”、“HRB”、“HRC”, 常用的是“HRC”, 举例见表 1-1。

材 料		硬 度	
		布氏硬度 HB	洛氏硬度 HRC
软金属材料	铅	4	
	铝	20	
	铜	35	
	原 钢 材	130—255	
硬金属材料	淬火零件		37—50
	切削工具		60—65
	受冲击工具		50—58
	扳手等工具		42—48
	弹 簧		45—50

洛氏硬度的测定方法是用一定的压力将一定的试头（见表1-2）压入工件表面（如图1-4）根据压坑深度来计算硬度



0—0 试头未试验时的位置

1—1 试头在予压位置

3—3 试头在加载位置

4—4 试数时的试头位置

图 1-4 洛氏硬度试验原理示意图

洛氏硬度分类

表1-2

硬度种类	试头	压力	应用
HRA	120°金刚石圆锥	60公斤	硬而薄的工件
HRB	Φ1.5875毫米钢珠	100公斤	软金属
HRC	120°金刚石圆锥	150公斤	淬火钢等硬材料

的大小，压坑愈深硬度愈小。洛氏硬度可直接在试验机刻度盘上读出。

工厂用的硬度试验机较笨重，不大适合于部队使用，近年来我国有关单位生产的 HR1-10、HR7-10 等手提式洛氏硬度机，体积小（约 130×110×220 毫米），重量轻（约七公斤），可测范围广，比较适合于部队使用。

硬度试验迅速简便，不需特制的试样，不破坏被试零件，而且材料的硬度与强度有一定的关系，因此硬度试验应用很广，常用作产品质量检验的重要手段。

各种硬度值的换算及硬度与强度的换算关系见附录三。从附录三中可看出： $HRC1 \approx HB10$ ， $\sigma_s \approx \frac{1}{3}HB$ 。

（二）硬度的简易判别方法

1. 用锉刀判别硬度。

部队修械所在没有硬度试验机的情况下，常用锉刀来判断零件热处理后的硬度，方法是：

用长 150~200 毫米八成新的细平锉，锉削被检验零件。当手感觉有明显的阻力，且有较多的铁末被锉下来，硬度约为 HRC40；当感觉不到明显的阻力，或锉刀在零

件表面有些打滑，只有少量铁末被锉下来，硬度约为HRC 45；当锉刀在零件表面打滑，没有铁末被锉下来，硬度约为HRC50以上。工厂生产的零件，硬度值都比较标准，因此用新旧零件比较是保证判断准确的一种简便办法。

用锉刀判断硬度主要是靠感觉，为了判断准确，要注意以下几点：

- (1) 平时经常练习，认真总结经验。
- (2) 锉刀七八成新，最好专刀专用。
- (3) 零件擦拭干净，保持锉刀清洁。
- (4) 用力大小一致，不要锉削棱角。

2. 用钢片判别硬度。

制备一套硬度分别为HRC35、40、45、50、55、60，宽10~20毫米，厚3~5毫米，头部有刮刀刃口的钢片。用这种已知硬度的钢片去刮削新制零件，若能刮动，即零件较钢片硬度低；若刮不动，则零件较钢片硬度高或相近。按上述方法反复进行比较，即可确定零件的近似硬度值。钢片刃口用钝后应重新磨锐，才能判断准确。

3. 用钢珠硬度试验器进行比较试验：用一块3毫米厚左右的铁板，中间钻一通孔，固定一个5~6毫米的钢珠，这就成了一个钢珠硬度试验器。把试验器夹于硬度标准的零件与新制零件之间，用虎钳夹紧，取下零件比较两零件的压坑大小。若两压坑大小相同，则说明新件硬度与标准件硬度相同；若新件的压坑小，则说明新件硬度较标准件硬度高；反之则说明新件硬度较标准件硬度低。

第二节 金属材料的工艺性能

金属材料在加工过程中所表现出来的性能，叫工艺性