

机械基础

第二册

華東紡織工學院

一九六〇年八月印

第二篇 金屬材料

概 論

本篇是研究机械制造上常用的各种金属材料(如鋼、生鉄、銅等)和非金属材料(如木材, 塑料等)的性能, 成份和它們的选用。

其中金屬是现代工业的主要結構材料, 是工业的基础。近代机器的重要另件, 几乎全是用金屬制成的。例如各种机床, 仪表刀具, 矿山机械, 紡織机械, 化工机械, 农业机械, 交通运输工具以及各种輕重工业的机械和设备等, 沒有一样是能离开金屬的, 金屬在国民經济建設中的重大意义, 是人所共知的, 本篇中主要的研究对象亦是金屬材料。

金屬材料为什么对现代工业如此重要呢? 这主要是由于金屬具有某些方面的可贵的特性。例如有些金屬硬度很高, 有些塑性很好, 有些导电性优良, 有些耐热性好等。了解金屬材料的这些性能, 以及这些性能与化学成份, 組織結構之間的关系和变化規律是很重要的。在設計各种机械另件时, 除了需正确地繪出另件的图形外, 还需在另件工作图上注上制造該另件所用的材料。因此必須要善于正确地选择金屬材料和合理地使用金屬材料。

金屬通常分成黑色金屬和有色金屬兩类。鉄及其合金是属于第一类。所有其余的金屬都属于第二类, 其中尤以黑色金屬的应用最广泛。

我国在很早以前对于金屬及合金的性能和成份的关系就有所了解。

如在“周礼考工記”中記載了三千年前的銅合金的成分, 当时已經用不同成分的合金来制造不同用途的物品, 例如制造鐘及鼎用的合金, 其含錫量較少, 制造刀、斧用的合金, 含錫量較多, 因为这些工具需要具有較高的硬度。

在明朝洪武21年(1388年)曹昭所著的“格古要論”一書中的金鉄論一篇里总結了我国人民利用粗型分析方法的成就。曹昭在該篇中提供了檢查金、銀、銅、鉄及其合金的綜合方法, 而以粗型分析方法为主。書中講到利用粗型分析檢查金、銀質量, 同时还为了不同的目的利用了不同的浸蝕剂。根据这些資料, 說明金屬粗型分析方法是我国古代劳动人民首先应用的。

中国古代劳动人民在金屬热处理方面, 同样也有許多光輝的成就, 在东汉班固所著“汉書”中王褒傳一篇里, 記有如下的一段“清水淬其鋒”对“淬字”的解釋是“淬謂燒刀令熱, 漬于水中也”这就是說在东汉时代, 我国人民就知道淬火的方法了。

1637年宋朝的宋应星所著的“天工开物”一書中总結了我国在热处理方面的成就, 他首先將热处理的作用加以說明, 他說鋼和鉄只有經過热处理才能提高它們的强度和硬度, 并对各种工具和农具(如銼、鉋、鋸、鑿、斧、針及鋤等)的热处理操作方法及效果加以說明。

但是由于我国長期处于封建制度的統治之下, 因此我国人民所取得的科学成就, 未能得到系統的整理和充分的发展。

由于俄国学者的努力, 使金屬学成了一門独立的科学, 其中 A. E. 契尔諾夫是金屬学的奠基人, 近五十年来, 金屬学有很大的发展苏联的一些科学家們在这方面作出了卓越的貢獻

如 H. C. 庫爾納闊夫, C. C. 史坦因別爾克, A. A. 包契互爾, Г. B. 庫爾久莫夫等人。

我国解放后,在中国共产党和毛主席的领导下,对金属学和热处理的研究方面,亦作出了很多成绩,各高等工业学校相继设立了金属学和热处理专业,建立了现代化的实验室,在科学研究单位,成立了专门的金属研究所,同时亦在全国范围内建立起许多研究中心。1959年4月13日国家统计局发表的“关于发展国民经济的第一个五年计划执行结果的公报”中指出第一个五年计划期间,生产了许多种我国从来所没有的新的工业产品,钢铁方面有高级合金结构钢,特殊仪表用钢,矽钢片,造船钢板,锅炉用无缝钢管,50公斤的重轨等重要钢材。1957年钢材品种已达4000种,钢材自给率在1957年已经达到86%,这些成就与金属学和热处理是不可分割的。

1958年大跃进以来更获得了辉煌成就,试制成功了許多新产品。其中有多种低合金高强度结构钢,复合不锈钢板,高度550毫米的大型工字钢,容积1513立方米的高炉,2300毫米中板轧机,容量25,000千瓦的火力发电设备,载重5000吨的海轮,2500吨的锻造水压机等。这些新产品的制造过程中,金属学和热处理工艺,起了极大的作用。此外在球墨铸铁的生产中,不论在生产效率,机械性能及应用方面,都大大超过了资本主义国家的记录。

目前我国在研究金属的内耗奥氏体的中温转变等方面正在向世界先进水平迈进,并且开始利用电子显微镜和示踪原子来研究金属学的各种问题。热处理方面已经能制造机械化及自动化的设备和高频率淬火设备,采用了许多先进工艺,如等温淬火,快速加热,快速回火,蒸气处理,气体渗碳,中频渗碳、氰化、硫化和磷化等。这些方法都能有效地提高产品质量和生产率,为发展金属学提供了实际基础。

本篇所要研究的内容包括下列部分

一、金属及合金的基本性能

二、金相学基础——研究金属及合金的内部构造,以及研究其成分,温度和构造之间的关系。

三、热处理——是改变金属和合金的构造及其性能的方法。

四、金属材料——研究各种成份的合金的性能牌号及它们的用途

五、非金属材料——研究各种非金属材料的性能,以及它们的用途。

目 录

第二篇 金属材料

概論	1
第九章 金屬及合金的基本性能	
§ 9-1 金屬及合金的物理和化学性能	1
(一)金屬及合金的物理性能	1
(二)金屬及合金的化学性能	2
§ 9-2 金屬及合金的机械性能及其試驗方法	2
(一)拉力試驗	3
(二)金屬的冲击試驗	7
(三)金屬的硬度及其試驗方法	8
(四)关于金屬疲劳的概念	12
§ 9-3 金屬及合金的工艺性能	13
(一)金屬及合金的鑄造性	13
(二)金屬及合金的可鍛性	14
(三)金屬及合金的可焊性	14
(四)金屬及合金的切削加工性	14
第十章 金相学基础	
§10-1 金屬的結晶構造及其分析方法	20
(一)金屬的構造	20
(二)金屬的結晶过程	21
(三)金屬的同素异形轉变	24
(四)金屬或合金構造的分析方法	24
§10-2 合金	26
(一)合金的構造	26
(二)平衡图的繪制方法	26
§10-3 二元合金平衡图的基本类型	27
(一)第一类平衡图	27
(二)第二类平衡图	29
(三)第三类平衡图	30
(四)第四类平衡图	33
§10-4 鉄-碳平衡图	33
(一)鉄-碳平衡图中組元的性能	34
(二)鉄-碳平衡图	35
(三)鉄碳合金的特性和应用	39

第十一章 鋼的热处理及化学热处理

§11-1 鋼加热时的轉变	41
(一)珠光体向奥氏体的轉变	41
(二)奥氏体晶粒在加热时的長大	41
§11-2 奥氏体冷却时的轉变	42
(一)奥氏体的等温轉变	42
(二)奥氏体連續冷却时的轉变	44
§11-3 鋼的淬火	44
(一)淬火温度的选择	45
(二)加热速度和保温时间的确定	45
(三)淬火剂	46
(四)淬火的方法	47
(五)可硬性	47
(六)淬火时产生的缺陷	47
§11-4 鋼的表面淬火	49
(一)火焰表面淬火法	49
(二)高周波表面淬火	49
§11-5 鋼的回火	50
(一)回火时組織的轉变	50
(二)回火对鋼性能的影响	50
(三)回火的方法	51
(四)回火脆性	51
(五)鋼的冰冷处理	51
(六)鋼的时效	51
§11-6 鋼的退火和正火	51
(一)退火	51
(二)正火	53
§11-7 鋼的渗碳法	53
(一)鋼的固体渗碳法	53
(二)鋼的气体渗碳法	55
§11-8 鋼的渗氮	56
(一)渗氮用鋼	56
(二)渗氮剂	56
(三)渗氮工艺	56
§11-9 鋼的氰化	57
(一)液体氰化	57
(二)气体氰化	58
§11-10 鋼的渗入金屬法	58
(一)渗鉛法	58

(二)滲銘法	58
(三)滲硫法	58

第十二章 鋼

§12-1 鋼的分类及牌号	59
(一)鋼的分类	59
(二)鋼的牌号及用途	60
§12-2 碳素鋼	60
(一)碳素鋼的分类	60
(二)杂质对鋼的性能的影响	60
(三)普通碳素結構鋼	61
(四)優質碳素結構鋼	62
(五)碳素工具鋼	62
§12-3 合金鋼	64
(一)合金元素对鋼的性能的影响	64
(二)合金鋼的分类	65
(三)合金結構鋼	65
(四)合金工具鋼	67
(五)特殊鋼	69

第十三章 生 鐵

§13-1 灰口鉄	72
(一)灰口鉄石墨化及影响石墨化的因素	72
(二)灰口鉄的組織和性能	73
(三)灰口鉄的牌号及用途	74
(四)提高灰口鉄机械性能的方法	76
(五)变质生鉄的性能和用途	76
§13-2 可鍛鑄鉄	77
(一)可鍛鑄鉄的成分	77
(二)可鍛鑄鉄的制造	77
(三)可鍛鑄鉄的性能及用途	78

第十四章 有色金屬及其合金

§14-1 銅及其合金	79
(一)銅	79
(二)黃銅	79
(三)青銅	80
§14-2 鋁及其合金	83
(一)鋁	83
(二)压力加工鋁合金	83
(三)鑄造鋁合金	84

第十五章 非金属材料

§15-1 木材	86
(一)树木材料的物理——机械性质	86
(二)各种木材的特点及其用途	88
§15-2 涂料	88
(一)油漆	88
(二)清漆	89
§15-3 塑料	89
(一)以人造树脂为基的塑料	89
(二)以纤维素酯为基的塑料	90
(三)五梧子塑料	90

第九章 金屬及合金的基本性能

在現代的机械制造工业中所采用的金屬及合金，必須具有合乎机械制造所需要的物理，化学，机械和工艺性能才能滿足另件的功用要求，才能用簡單的工艺方法將另件制造出来。

在机械制造工业中所用的金屬材料是以合金为主，很少用純金屬。合金是以一种金屬为基础，与其他的金屬或非金屬一同熔煉而制成的复杂物質，它在液态时能互相溶解在固态下具有金屬的特性。合金常比純金屬具有更好的机械和工艺性能，并且由于化学成份的改变，可以在很大的範圍內改变其性能。很多合金还可以用热处理的方法使性能改变。因此在現代工业中，合金被广泛地用来制造各种另件。最常用的合金是以鉄为基础的鉄碳合金。如碳鋼合金鋼，各种鑄鉄等以及銅鋁等为基础的有色合金。

設計和制造另件时，应根据另件的技术要求和經濟条件选择具有合乎所需性能的合金。

§9-1 金属及合金的物理和化学性能

(一)金屬及合金的物理性能

属于金屬物理性能的有比重、导电性、热膨脹性、可熔性、导热性和磁性等。

1. 比重 單位体积金屬的重量叫做比重。

几种常用金屬的比重

鎂——1.738	鉄——7.8
鋁——2.7	銅——8.93
錫——5.36	鉛——11.34
鋅——7.14	

每个技术員或工程师都應該知道金屬和合金的比重，因为这样可以使他在設計一个零件时估計它的重量，这种工作在現代飞机制造业中是非常重要的。

例如一种鋁鎂合金的比重是1.8克/公分³，而它的强度是30公斤/公厘²，而鉄的比重为7.8克/公分³，它的强度为32公斤/公厘²。

由这些数据可以看出这两种金屬的强度差不多一样，但比重却相差很多，因此若用鋁鎂合金代替鉄来制造同样大小的机器零件，則在零件的重量上可減輕三倍多。

2. 热膨脹性 金屬和合金受热时它的体积会增大，这种性能叫做膨脹性。不同的金屬加热时体积膨脹的大小也不相同，它也同其他的物理性能一样决定于合金的化学成分。

热膨脹性用热膨脹系数来表示。

在仪器制造及灯泡制造业中对金屬的膨脹提出了不同要求，在制造仪器方面要求金屬的热膨脹系数尽可能减小或等于零。例如测量仪器可能在不同的温度条件下应用，若制造这种仪器上的零件所用的金屬膨脹系数較大，那么在不同的温度下测量时就会得到不同的結果，因此膨脹系数較大的金屬就不适于用来制造这些零件。为了制造仪器上所用的零件常采用一些特殊的合金。

制造电灯泡时需要將金屬綫由玻璃中引出，这就必須使金屬綫与玻璃的膨脹系数相等，

否則当通电时金屬綫的温度升高会因膨胀系数不等而使灯泡发生裂紋以致破坏。

3. 导热性 金屬能够傳导热能的性質叫做导热性，这是金屬与合金非常重要的性質。因为金屬当加热或冷却时，由于其內外的温差所发生不等的膨胀或收縮，在金屬内部就会产生內应力，当內应力大于金屬强度时就会使金屬发生裂紋。金屬的导热性越差在加热或冷却时内外温度差就越大，因而所产生的內应力也就越大，金屬零件就很容易因急剧加热或冷却而破坏。金屬的导热性越好，在加热时温度升高愈快，而且內外的温度也愈均匀。

导热最好的金屬是銀，其次是銅、鋁、鎢、鎂、鋅等。导热最不好的金屬是鉛和水銀。

4. 导电性 金屬和合金傳导电流的能力叫做导电性。金屬的导电性与导热性有关，在一般情况下金屬的导热性越好則其导电性也就越好。

銀的导电性最好，但因为它是貴金屬，所以在工业中用来导电的金屬是銅和鋁。导电性最小的是鈹。

5. 可熔性 金屬被加热到一定的温度时，它便由固体变成液体，这种性質叫做可熔性。这种性質对机器制造业是非常重要的，因为制造各种零件最便宜的和最方便的方法是鑄造与焊接，用这两种方法，尤其是鑄造方法来制造金屬零件时，必須在金屬具有很好的流动性的情况下才能应用，液体金屬流动性的好坏决定于金屬的熔点，熔点越低金屬的流动性越好。

几种常用金屬及合金的熔点：

錫——231°C	鉄——1535°C
鉛——327°C	鎢——3400°C
鋅——419°C	生鉄——1350~1130°C（决定于生鉄中含碳量）
鎂——650°C	鋼——1400~1500°C（决定于鋼中含碳量）
鋁——658°C	
銅——1083°C	

为了使鑄造过程进行的順利，必須把金屬加热到比它的熔点高出150~200°C的温度，以提高金屬的流动性。合金的熔点一般均較純金屬低，因此合金比純金屬容易鑄造。

6. 磁性 金屬能导磁的性能叫磁性。鉄、鈷和鎳的磁性都表現得很显著，称之为磁性金屬，它們的主要用途是在电器工业中制造磁鋼。

(二)金屬及合金的化学性能

金屬和合金抵抗氧化或其他物質侵蝕的能力是金屬在应用中一种非常重要的化学性能。

根据与金屬作用的介質的不同，这种性能可分为以下几种：

1. 耐蝕性 在室温下金屬抵抗大气中的氧和水蒸汽侵蝕的能力叫做耐蝕性。
2. 耐酸性 金屬抵抗酸侵蝕的能力叫做耐酸性。
3. 耐热性 金屬在高温下保持足够的强度并能抵抗氧或水蒸汽侵蝕的能力叫做耐热性。

在机器制造业中采用了特种鋼以滿足这些不同的要求，如不銹鋼、耐酸鋼、耐热鋼等。

§ 9-2 金屬及合金的机械性能及其試驗方法

所有零件在其使用过程中，都要承受外力的作用，而使其产生变形；所謂变形，就是金屬的尺寸和形狀的改变。变形可以分为两种：即彈性变形和塑性变形。彈性变形就是在外力去掉以后就会消失的变形；塑性变形是在外力去掉后不会消失的变形。

假如在零件所受的外力和变形超过一定限度时，則零件必將引起破裂。因此作为机器零件的金屬及合金必須具有在外力作用下抵抗破裂的性能。

为了使金屬在外力的作用下，不致破坏，必須选择适当的金屬和合金来制造。为此，每一个机器制造工艺員或設計师就必须了解金屬的机械性能。

金屬和合金的机械性能包括强度、彈性、塑性、冲击韌性、硬度和疲劳等。

强度是金屬在外力作用下抵抗破裂的性能。

彈性是金屬在外力作用去掉后能恢复原有形狀的性能。

塑性是金屬产生塑性变形而未引起破裂的性能。

冲击韌性是金屬抵抗冲击載荷作用而不会断裂的性能。

硬度是金屬抵抗其他更硬物件压入的性能。

疲劳强度是金屬經受无限多次交变載荷的作用而不致破坏的性能。

在特种机器上用机械試驗的方法可測定金屬和合金的机械性能。

金屬和合金的机械試驗可以在不同的加载条件下进行。試驗可分为：

- 1. 靜力試驗是緩慢而均匀地增加載荷的試驗。
- 2. 动力試驗是高速增加載荷的試驗。
- 3. 反复变向載荷試驗是在試驗过程中載荷的数值，或数值与方向都发生变化。

(一)拉力試驗

拉力試驗是靜力試驗的一种，即在試驗过程中加到試样上的載荷由零慢慢增至某一最后数值。

由于拉力的作用而引起金屬的变形叫做拉伸变形。

如果加力方式改变，則变形也随之改变，譬如將軸放在两个支柱上，在这两个支柱中間加力，这軸將被压弯，这种变形叫做弯曲变形。变形的种类很多，除了以上几种之外，尚有压缩、剪切、扭轉等变形。但金屬抵抗拉力、压缩、剪切、扭轉等的性能之間存在着一定的关系，都可以根据拉力試驗的結果确定，因此只作拉力試驗就足以判断金屬的强度性能。

1. 金屬拉力試驗用的試样

为了在不同試驗室中試驗相同的材料得到同样的結果，并为了比較不同金屬的机械性能，就必须規定拉力試驗用的具有一定尺寸的試样。按冶金工业部部頒标准（冶标(YB)18-59）的規定，拉力試驗用的标准或比例試样（任何形狀的截面）須符合表 9-1 規定。

試 样		标距長度 l_0 毫米	截 面 积 F_0 毫米 ²	圓形試样直徑 d_0 毫米	試样倍数的 表示記号
标 准 的	長	200	314	20	σ_{10}
	短	100			σ_s
比 例 的	長	$11.3\sqrt{F_0}$	任意的	任意的	σ_{10}
	短	$5.65\sqrt{F_0}$			σ_s

表9-1

常用的試样种类很多，且每种試样都分有長試样及短試样，現举常用的14号試样为例，其形狀及尺寸如图9-1所示。

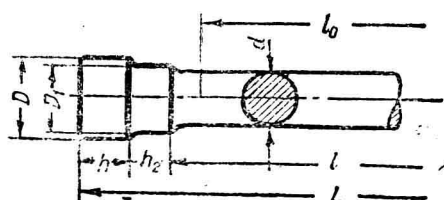


图9-1 拉力试样。

$$\begin{aligned} d &= 10 \text{ 公厘;} \\ D &= 1.8d; \\ D_1 &= 1.3d; \\ h &= d; \\ l_0 &= 10d; \text{ (或 } l_0 = 5d \text{)} \\ l &= 11d; \text{ (或 } l = 6d \text{)} \\ h_2 &= \frac{1}{2}d; \end{aligned}$$

$$L = 14d_0 \text{ (或 } L = 9d \text{)}$$

其中 $l_0 = 10d$ 的试样叫长试样， $l_0 = 5d$ 的叫短试样。

2. 拉力试验机

所有拉力试验机均由下列各部分组成：

- (1) 在试样上加力的机构；
- (2) 测力机构；
- (3) 自动记录试验结果的机构；
- (4) 联结上述机构成一整体的机身。

拉力试验机的种类很多，但根据加力的方法，拉力试验机可分为两大类，即油压式试验机和机械传动式试验机。

图9-2表示常用的一种油压式试验机的构造。

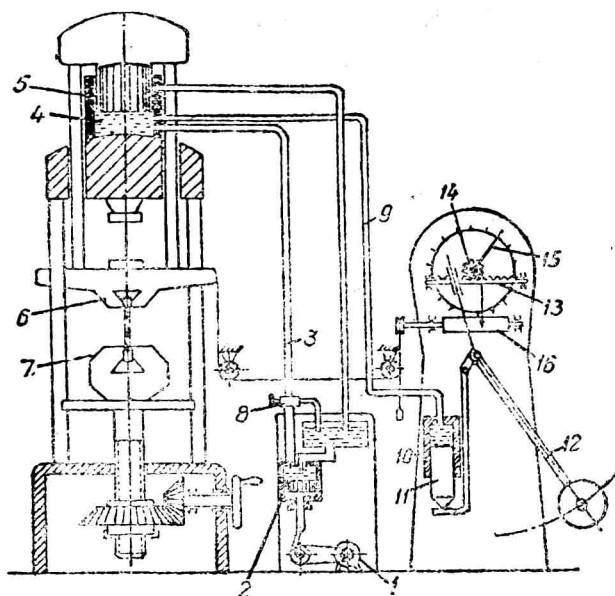


图9-2 油压式万能材料试验机示意图。

由电动机1，带动油泵2，将高压油经输油管3送入高压油缸4中，高压油则推动活塞5并带动用来夹紧试样的上夹头6，下夹头7固定不动。这样一来，夹持在两夹头间的试样将被拉长。拉伸变形速度的大小是由调节阀8来控制的，测定试样上所加力的大小，是使高

压油經測力油管9引到压油缸10中，由于油的压力推动活塞11下行，此时，使摆錘12发生偏轉，摆錘偏轉经过撥杆帶动齿条13及齿輪14，从而使刻度盤15上的指針轉动，即可將力測出。材料变形时由上夾头通过絲綫使記錄器圓筒16轉动。在記錄圓筒上裝有記錄紙，在齿条13上裝一記錄笔。圓筒的轉动表示材料的变形，記錄笔的移动表示試样受力的大小，这样，进行試驗的同时，在記錄紙上將自动繪出試样上所受的外力与其变形的关系曲綫图，此图称为拉伸图。

3. 拉力試驗的拉伸图

將低碳鋼試样放在拉力試驗机上进行試驗，直至拉断时为止，然后將变形与外力关系，以变形作横坐标，外力作縱坐标繪成的拉伸图，如图9-3所示。

当載荷不超出 P_p 的时候，拉伸曲綫成一直綫，即外力与变形成正比，此时 P_p 称为比例极限載荷。在載荷大于 P_p 的时候，拉伸曲綫稍稍偏离了直綫。載荷 P_e 在习惯上一般叫做彈性极限載荷，在这一載荷下試样产生的塑性变形等于它自己的原有長度的0.005%。載荷 P_e 一般与 P_p 非常接近。当載荷繼續增加超出 P_e 时，則拉伸曲綫大大的离开了直綫，在达 P_s 的載荷时，曲綫轉变为水平綫段，也就是說当外力增加至 P_s 时，虽然外力維持不变，但試样的变形仍然繼續增加，我們把这种现象叫做屈服。引起試样屈服的載荷 P_s 叫做屈服載荷，S点叫做屈服点。繼續增加載荷試样將繼續变形，当达到某一最大值 P_b 时，試样局部的断面縮小产生縮頸，由于断面逐漸縮小，因此載荷下降，而在Z点时試样断裂。

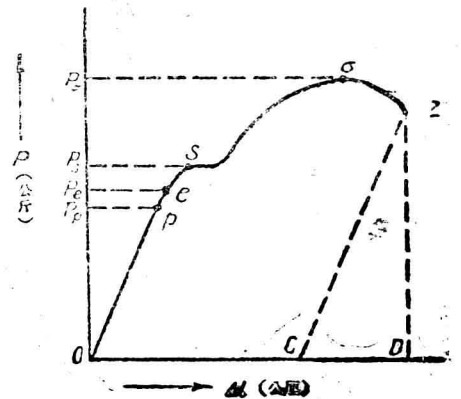


图9-3 低碳鋼位伸图。

在拉伸图上从Z点引一直綫平行于拉伸图上的直綫部分，与横坐标相交于C点，綫段OC代表塑性变形部分，另从Z点引一直綫与横坐标垂直交于D点，綫段CD代表彈性变形部分。

当材料受到外力作用时，在其内部也产生了抵抗力。單位面积上的材料抵抗力叫做应力。其表示方法是：

$$\sigma = \frac{P}{A},$$

式中 σ 表示应力，單位为公斤/公厘²。

P 表示外力，單位为公斤。

A 表示横截面积，單位为公厘²。

为了正确地表示在拉力作用下材料的机械性能，均以应力表示：

(1) 比例极限——載荷和变形成正比时的最大应力。其值用下式表示：

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} \text{ 公斤/公厘}^2.$$

(2) 彈性极限——單位長度内所产生的塑性变形量等于0.005%时的应力：

$$\sigma_e = \frac{P_s}{F_0} \text{ 公斤/公厘}^2。$$

(3) 屈服强度——外力达到屈服点时的应力:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ 公斤/公厘}^2。$$

(4) 拉力强度——最大载荷 P_b 所引起的应力:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ 公斤/公厘}^2。$$

试样被拉断后将其两段对合, 会发现试样由于拉伸的结果长度增加了, 而横断面积缩小了。如果在试验前在试样上作两个记号, 两记号之间的长度为 l_0 , 试样的横断面积为 F_0 , 则拉断后长度为 l_1 , 而最小的横断面积为 F_1 , 那么

$$\Delta l = l_1 - l_0 \quad \text{为试样的绝对伸长。}$$

$$\Delta F = F_0 - F_1 \quad \text{为试样的断面收缩。}$$

此时相对伸长为:

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0},$$

这数值叫伸长率, 通常以百分数表示之, 即 $\delta = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\%$ 。

长试样和短试样的伸长率分别用 δ_{10} 和 δ_5 表示。

而单位面积内的收缩则为:

$$\psi = \frac{\Delta F}{F_0},$$

这数值叫做断面收缩率, 以百分数表示之, 即 $\psi = \frac{\Delta F}{F_0} \times 100\%$ 。

材料的比例极限 σ_p 、弹性极限 σ_e 、屈服强度 σ_s 、拉力强度 σ_b 、伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 均可由拉力试验的结果求得, 这些数值具有不同的实际意义。

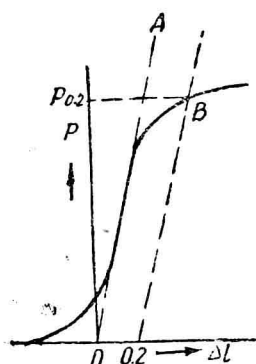


图9-4 按拉伸图求屈服强度

如 σ_s 是金属开始发生塑性变形的标志, σ_b 表明了金属在不破坏时可以承受的最大的应力, 而 δ 与 ψ 则指明了金属的塑性的好坏。所有这些特性对于工艺员或设计师来说都是非常重要的。因为它可以帮助工艺员或设计师来正确地选择金属材料及其加工的工艺过程。

例如某一种金属的 $\delta_{10} = 25\%$, $\psi = 65\%$; 而另一种金属的 $\delta_{10} = 12\%$, $\psi = 30\%$, 很明显看出前者在冷态下塑性很好, 可以进行冷加工。而后一种金属因其塑性较差, 加工时易产生裂纹, 故不能进行冷加工。

一般金属和合金如生铁、铜、铝、黄铜及青铜等在拉伸图上都没有明显的屈服点, 只是低碳钢具有比较明显的屈服点。

但金屬的屈服强度却是零件設計和压力加工时最重要的实际特性之一，因此必須确定这些金屬的屈服强度。确定的方法是以金屬的相对伸長为 0.2% 时的应力，作为屈服强度，如图 9-4 所示。

(二) 金屬的冲击試驗

进行金屬的拉力試驗时，某些金屬在拉断前有显著的变形（銅、黃銅、低碳鋼及其他金屬），另一些金屬没有什么变形，或变形不大即被拉断。（生鉄、淬火鋼等）

在显著变形之后被拉断的金屬叫做韧性金屬。这种破裂叫做韧性破裂。

不变形或变形不大即被拉断的金屬叫做脆性金屬。这种破裂叫做脆性破裂。

許多試驗指出：由于外力的作用而引起金屬的变形和破裂，不仅与加力大小有关，并且与加力的速度有关。

某些韧性金屬在加力度速很大时，也可能发出脆性破裂。这就說明加力的速度增大时，可能使金屬变脆。

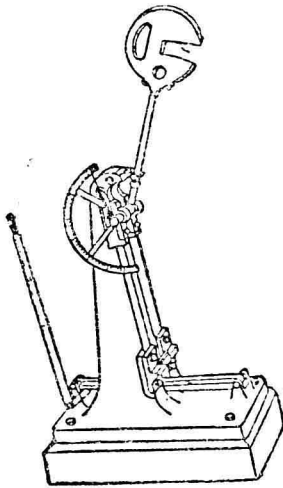


图9-5摆錘冲击試驗机簡图。

在实际生产中許多机器零件及工具是在冲击力作用的情况下工作的，例如蒸汽錘的錘杆和錘头、冷冲压力机的零件、冷冲模、热冲模以及风动工具等。

对于承受冲击載荷作用的零件，很显明它們仅具有很大的拉力强度是不够的，还必須具有足够的冲击韧性。

为了确定金屬的韧性，要在專用的摆錘冲击

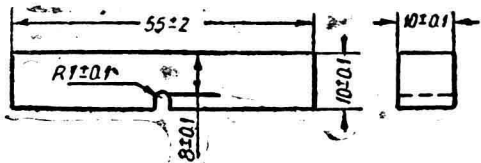


图9-6冲击試驗用标准試样。

試驗机上进行冲击試驗。冲击試驗机的構造很簡單，如图 9-5。

按冶金工业部部頒标准 (YB19-59) 規定，在进行冲击試驗时所用的标准試样，如图 9-6 所示。

冲击韧性試驗是將試样放在試驗机的两个支承上，使其缺口背向摆錘的冲击方向，如图 9-7 所示。

然后将重量为 G 的摆錘抬起到 h_1 的高度，如图 9-8 所示。摆錘由此高度下落时将試样冲断，并升起 h_2 的高度。因而，冲断試样所消耗的功等于：

$$A_K = G(h_1 - h_2) \text{ 公斤} \cdot \text{公尺。}$$

若摆錘在冲击前后所升起的高度用其相应的揚角 α_1 与 α_2 表示，則冲断試样所消耗的功等于：

$$A_K = Gl(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \text{ 公斤} \cdot \text{公尺，}$$

(式中 G ——摆錘錘头重量。)

l ——从摆錘軸到其重心的距离，

α_1 ——冲击前摆錘的揚角，

α_2 ——冲击后摆錘的揚角。

其中 G, l, α_1 均为常数。而 α_2 可由摆錘冲击試驗机上的刻度盤上得知，試驗后即可算出 A_K 值。

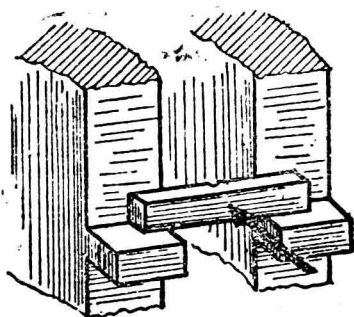


图9-7 試样的安放位置。

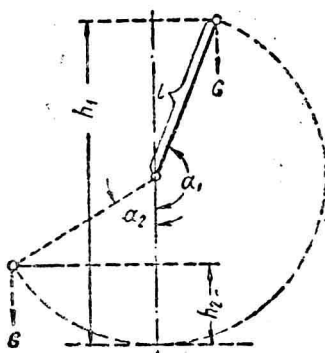


图9-3 冲击試驗簡图

应当指出：有些試驗机上的刻度盤并不是表示 α_2 角的，而是直接表示出 A_K 值。因此，若在这种試驗机上进行試驗时， A_K 值不需要計算，就可直接从刻度盤上讀出。

知道了 A_K 值就能决定金屬的冲击韧性：

$$\alpha_K = \frac{A_K}{F} \text{ 公斤} \cdot \text{公尺} / \text{公分}^2。$$

式中 A_K ——冲击試样所消耗的功，

F ——試样缺口处的截面积（公分²）。

（三）金屬的硬度及其試驗方法

金屬抵抗其他更硬物体侵入的性能叫做硬度。金屬的硬度对机件的耐磨性和工具的鋒銳性有很大影响，且与金屬的其他机械性能和强度等有一定的关系。

硬度試驗是实际生产中最普遍用来测定金屬机械性能的一种試驗方法。这是因为它試驗迅速、簡便，不一定需要試样，可直接在机器零件上进行而不破坏零件，并且还可根据测得的金屬硬度值，估計出金屬的近似拉力强度。硬度的测定方法很多，实际生产上最常用的是布氏硬度試驗法和洛氏硬度試驗法。其他如威氏、肖氏或显微硬度試驗法等也有时应用，本書中不予介紹。

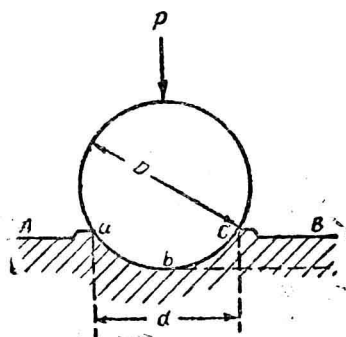


图9-9 布氏硬度試驗簡图。

1. 布氏硬度試驗法 是利用一直徑为 10 公厘的淬火鋼球，在一定的力 P 的作用下压入所試金屬的表面內（看 9-9 图）。結果，在金屬的表面上留下一个印痕，按印痕的每單位面积上所受的平均压力，来表示布氏硬度值 H_B

$$H_B = \frac{P}{F} \text{ 公斤} / \text{公厘}^2，$$

式中 P 表示载荷，單位为公斤；

F 表示印痕球面积，單位为公厘²。

如果印痕面积 F 用鋼球直徑 D 和印痕直徑 d 来表示，則布氏硬度值可由如下公式求得：

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

布氏硬度的單位为公斤/公厘²，但在实际上并不表明其單位，只說明硬度的数值而已。

例如， $H_B = 320$ 公斤/公厘²，就簡單說 $H_B = 320$ 。在实际工作中，硬度数值并不需要用公式計算，大多根据已經制好的表格查出。如果所加载荷和鋼球直徑的值不变，則得到的硬度数值与印痕直徑有关，即印痕直徑越大，金屬的硬度就越小，反之亦然。

根据試驗証明，对不同的金屬和試驗条件，若载荷 P 和鋼球直徑 D 的平方之比一定时，則所得的硬度值不变，这个比值在应用时有如下的規定：

$P = 30D^2$ 用于黑色金屬；

$P = 10D^2$ 用于有色合金（鋁合金、鎂合金、銅合金）；

$P = 2.5D^2$ 用于鋁及巴氏合金。

在进行硬度試驗时，在試样或零件的表面上，压出的印痕至少要离开試样邊緣二倍印痕直徑的距离，兩印痕之間的距离也应如此，如图 9-10 所示。

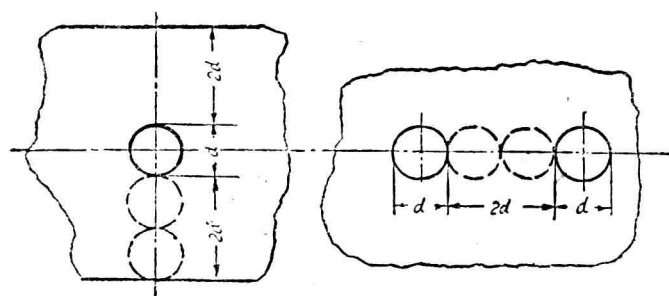


图9-10 測定硬度时印痕間的距离。

根据金屬的成分、硬度和試样的厚度不同，規定了下列布氏硬度試驗标准，按冶金工业部頒标准(YB20-59)規定如表 9-2。

布氏硬度試驗是在布氏硬度机上进行的，布氏硬度机有油压式和杠杆式两种，目前广泛应用的自动加力的杠杆式布氏硬度試驗机，如图 9-11 所示。

硬度試驗是按着下列步骤来进行的，首先將試样或零件放在試样台 1 上，用手按順时針方向轉动手輪 2 使試样台上升讓試样与鋼球 4 接触，然后开动电动机 5，它帶动蝸杆傳动机構(6-7)，在重錘 3 的作用下鋼球压入試样，载荷保持一定時間(10~60秒)之后，电动机自动反轉，將载荷去除，当载荷完全去掉后电动机自动停止。

电动机停止后，按反时針方向轉动手輪 2 使試样台下降，从台上取下試样或零件。

由于鋼球压入的結果，在試样上留下印痕，利用專門的放大鏡測出印痕直徑(按着兩個互相垂直的方向測出后取平均值)，根据印痕直徑在附表 1 上可查出布氏硬度值。

布氏硬度試驗法的优缺点

优点：

(1) 能最准确的測定硬度，因为在鋼球試驗时。被試驗金屬的印痕面积較大。

表9-2 布氏硬度試驗标准

材料种类	布氏硬度的范围	被試试样厚度 (公厘)	載荷 P 与鋼球直徑 D 之 間的关系	鋼球直徑 D (公厘)	載荷 P (公斤)	載荷保持 時間(秒)
黑色金屬	140~450	>6	$P=30D^2$	10	3,000	10
		6-3		5	750	
		<3		2.5	187.5	
黑色金屬	到140	>6	$P=30D^2$	10	3,000	30
		6-3		5	750	
		<3		2.5	187.5	
有色金屬及合金 (銅、青銅、黃銅 及鎂合金等)	31.8~130	>6	$P=10D^2$	10	1,000	30
		6-3		5	250	
		<3		2.5	62.5	
有色金屬及合金 (鋁及巴氏合金)	8~35	>6	$P=2.5D^2$	10	250	60
		6-3		5	62.5	
		<3		2.5	15.6	

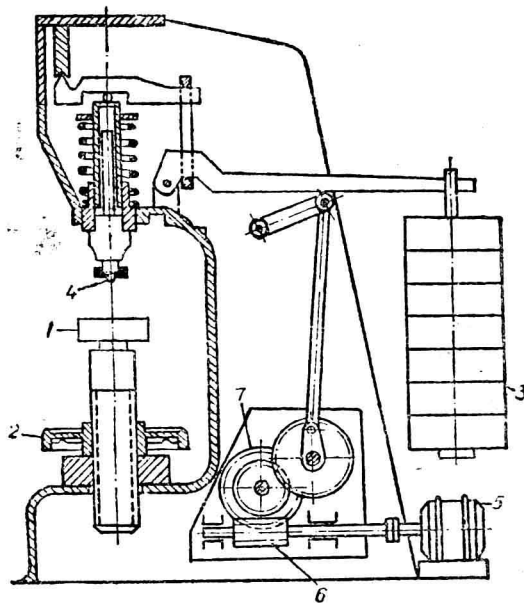


图9-11 布氏硬度試驗机构造示意图。

(2) 根据硬度值可以近似的确定金屬的拉力强度，因在 H_B 与 σ_b 之間有一定經驗的关系：

对未經淬火的碳鋼來說， $\sigma_b \approx 0.36 H_B$ 。

对灰口鉄（鑄鉄）來說， $\sigma_b \approx 0.1 H_B$ 。

缺点：