

# 一 开头的話

## (一) 金属和合金<sup>①</sup>

### 1. 金属

金属是世界上千万种物质之一。它具有特殊的光彩，可以锻造，还具有高的导电性和传热性。例如铜就是一种金属，颜色为紫红色；它可通过锻造、轧制和拉丝，制造成铜板、铜管、铜棒和铜丝；它的导电性很好，所以用它做成电线；它的传热性也很好。我们在冷天接触到门上的铜握手时，就会感到很冷，而碰到木板上就不会感到那么冷，这就说明金属的传热性好，它能很快地将手上的热传走，使人有较冷的感觉。

目前世界上已发现有102<sup>②</sup>种元素，其中除掉硅、硼、硒、碲、砷等16种非金属元素和氦、氖、氩、氙等6种稀有气体外，余下的80种都是组成各种各样金属材料的金属元素。金属元素中，铁、锰、铬3种属于黑色金属，钨、钨等13种属于人造放射性金属，其余64种均属有色金属。

### 2. 合金

合金是由两种以上的金属元素或者一种与一种以上的金属

---

① 合金有金属的与非金属的两类，本书中所述的合金均为金属合金。

② 最近科学家们又发现了一种新元素，因此，已发现的元素总数已达103种。

和非金屬元素所熔合而成的物質。例如，鋼就是一種合金，它主要是由鐵、碳等元素組成；黃銅也是一種合金，它是由銅和鋅所組成。工業上所用金属材料，絕大部分都是成份複雜的合金，這一方面是因為合金的性能往往比純金屬更加適合於工業上的使用要求，另一方面是因為合金比純金屬容易獲得和價格低廉。

## (二) 金属材料在国家社会主义 建設中的重要性

金属材料就是現代工業上用到的金屬和合金。許多工業產品，例如火車、輪船、汽車、飛機、拖拉機、重型機床以及日常用的鐘表、儀表、針、鋼筆尖等等，沒有一樣不是用金属材料製造的。今天，我國的社會主義建設事業，正在飛躍地發展。金属材料的用途也就更加廣泛，不論是發展工業、交通運輸，或是農業生產，都需要大量的金属材料。為什麼金属材料在工業等部門中這樣重要而用途又這樣廣泛呢？這是因為金属材料有一系列重要的特性。

金属材料最可貴的特性是能夠受得起較大的負荷，不彎不斷；也就是說，它的強度比較大，它受到突然的沖擊時，只不過彎一彎，但不會破裂；它受到強大的外力時，可以改變形狀而不破裂；它可以鑄造和焊接；它能夠抵抗空氣的侵蝕，而不容易發生腐爛。此外，有些金属材料更具有其他特殊的特性，有的金属材料硬而脆，有的則很軟，有的磁性很好，有的却幾乎沒有磁性；有的耐酸、鹼和空氣的腐蝕，有的很容易腐蝕；

有的熔点很高，有的却很低；有的电阻很大，有的則很小；有的耐高溫，有的耐低溫等。

現代的工业技术愈来愈发达，不同的工业、不同的技术，就要求用不同性質的材料，例如制造火箭，就要求材料体質輕、耐高溫、强度大；做机器的材料，就要耐磨、强度大；做化学工业设备的就要求能耐腐蝕；做电綫的就要求强度好、电阻小等等。只有金属材料才能适应这些特殊的要求。所以金属材料在社会主义建設中有着特別重要的作用和地位。

为了使金属材料在社会主义建設中發揮更好的作用，我們必須要懂得金属材料的知識，必須要掌握哪些金属材料具有哪些特性，只有这样才能帮助我們更合理、更有效、更經濟地运用它。例如：用硬度很高而又很耐磨的金属材料制作刀具，就可延长刀具的寿命，減少磨刀次数，既節約了刀具材料的消耗，又可縮短生产的輔助時間，提高生产率，降低成本。如果不懂得金属材料的知識，选錯了材料，那就会造成相反的效果。因此，掌握金属材料的知識，对我們提高生产，高速度地进行社会主义建設，有很重要的意义。

### (三) 金属和合金的分类

工业上的一切金属材料，主要分为黑色金属材料和有色金属材料两大类。属于黑色金属材料的为鉄和鉄的合金、錳、鉻，其余的各种金属和它們的合金，统称为有色金属材料。最常用的金属材料可分类如下。

#### 1. 黑色金属材料

##### (1) 生鉄

(2) 鋼

a. 碳鋼

b. 合金鋼

(3) 錳

(4) 鉻

2. 有色金屬材料

(1) 銅及銅合金

(2) 鋁及鋁合金

(3) 鎂及鎂合金

(4) 軸承合金

## 二 金属材料的性质

金属的性质可归纳而分为物理性质、化学性质、力学性能(或机械性能)和工艺性能等几大类。

### (一) 金属材料的物理性质

金属材料受到自然界中的光、重力、温度变化、电场和磁场等的作用而反映出的性质称为物理性质。属于物理性质的有颜色、密度、比重、可熔性、导电性、导热性、磁性、热容量和受热膨胀性能等。

1. 颜色：是金属受光的作用而反映出来的性能。对于普通光线，金属是不透明体，光线不能穿透金属的本体，金属具有强烈反射光线的的能力。普通的白色光线是由不同颜色的光线所组成的，由于每种金属只能反射白色光中某些颜色的光线，而不能全部反射，因此各种不同的金属就表现为各种不同的特殊颜色。金属中除紫红色的铜和黄色的金子与其他金属的颜色有显著不同外，其余金属的颜色均介于钢灰色和银白色之间。大多数金属长期暴露在空气中，会被氧化而使颜色变暗，少数不受氧化的金属，例如银、金、及白金等的颜色和光泽，可以长久保持不变。

2. 比重：是金属受重力作用所反映出的性质。每单位体积

物質的重量(以克為單位表示), 稱為該物質的比重。按比重大小可將金屬分為輕金屬(比重小於3)和重金屬(比重大於3)。例如鎂、鋁等屬於輕金屬, 銅、鉛、鋅、錫、鎢和鉑等屬於重金屬。在工業上最常用的金屬中, 最輕的是鎂, 它的比重為1.74克/立方厘米, 最重的是鎢, 它的比重為21.45克/立方厘米。在用熔合法製造合金時, 如果組合的金屬元素的比重相差過大, 在熔合時, 較輕的金屬會浮在上面, 而不易得到均勻的合金。這種現象在工程上稱為比重偏析。

3. 可熔性: 是物質受熱的作用而反映出來的性能。固體金屬被加熱而轉變為液體的性質, 稱為可熔性。可熔性是金屬最主要的特性之一。物體受熱的作用由固體狀態開始變為液體狀態的溫度稱為熔點。各種金屬和合金的熔點各不相同, 工業上常用的金屬中, 錫的熔點最低, 為 $+232^{\circ}\text{C}$ ; 鎢的熔點最高, 為 $+3370^{\circ}\text{C}$ 。熔點低的金屬材料可做成電工上的保險絲; 熔點高的, 可用在需要耐熱的地方, 例如電燈泡中的燈絲, 由於使用時溫度極高, 所以用具有高熔點的鎢絲做成。

4. 導電性: 是金屬受電場的作用而表現出來的性能。物體能夠傳導電的性能, 稱為導電性。金屬的導電性比非金屬大很多倍。一般說來, 金屬的導電性隨着金屬本身的溫度增高而降低, 溫度降低時, 導電性就增大。金屬的導電能力也各不相同, 有的大, 有的小, 工業上常用金屬中導電性最大的是銅和銀, 其次是金、鉻、鋁、錳、鎢等, 導電性較低的是鐵和水銀。純金屬的導電性比合金的好, 所以工業上用的導線是由純銅和純鋁做成的, 而電阻材料則由合金(例如, 康銅、錳銅和鎳、鉻合金等)做成。

5. 磁性: 是金屬受磁場作用而反映出來的性質。金屬中僅

鐵、鎳、鈷三種金屬元素和他們的合金為具有顯著磁性的物質，叫做鐵磁體。但是這些金屬在加熱到一定的高溫時，也會突然失去磁性。失去磁性的溫度稱為居里溫度，鐵的居里溫度為 $769^{\circ}\text{C}$ ，鎳為 $350^{\circ}\text{C}$ ，鈷為 $1100^{\circ}\text{C}$ 。其他金屬均不呈磁性。

6. 導熱性：是金屬受熱的作用而反映出來的性質。物體能夠把熱從溫度高處傳至溫度低處的能力，叫做導熱性。導熱性好的金屬可以很快而均勻地被加熱。導熱性差的金属材料，必須慢加熱，如果快加熱就容易產生變形，甚至開裂。

所有金屬都具有良好的導熱性，不同金屬的導熱性也各不相同，銅和銀的導熱性最大，鐵的導熱性較差。金屬愈純它的導熱性愈好。金屬的導熱性隨溫度升高而降低，溫度降低時增大。

金屬導熱性的大小，以導熱率表示，即物質在1秒鐘內傳過長為一厘米、截面積為1平方厘米，兩端溫度差為 $1^{\circ}\text{C}$ 的熱量（以卡表示）。

7. 熱容量：是金屬受熱的作用而反映出來的性質。物體溫度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 時所需要的熱量（以卡或大卡表示，1大卡=1000卡），叫做熱容量。使1公斤重的物質，溫度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 時所需要的熱量（以大卡表示），叫做該物質的比熱。金屬的比熱比別的物质比熱小，即使1公斤金屬的溫度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需的熱量，比使1公斤別的物质溫度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需的熱量小，因之，金屬很容易被加熱。

8. 熱膨脹性：也是物體受熱的作用而反映出的性質。物體受熱則膨脹，冷卻則收縮。受熱而引起物體膨脹的性質，叫做熱膨脹性。物體的熱膨脹性常用膨脹係數表示。物體在溫度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 時所伸長的長度和它原來長度的比，叫做綫膨脹係數。可以用下面的式子來表示綫膨脹係數：

$$\text{綫膨胀系数} = \frac{\text{物体在溫度升高}1^{\circ}\text{C 时所伸长的长度}}{\text{物体原来的长度}}$$

各种金属的綫膨胀系数相差很大，如錫为0.000004，而鉛的为0.00002924。

物体的面膨胀系数为綫膨胀系数的二倍，体膨胀系数为綫膨胀系数的三倍。

测量工具如千分尺、块規等，要求用膨胀系数小的金属材料制造。膨胀系数大的材料制成的测量工具，测量会不准确。需焊接的两种材料，它們的膨胀系数必須相近，如金属和玻璃相焊接时，只有用和玻璃膨胀系数相同的金属材料，才能順利地实现焊接。

由于金属冷却就收縮，因此鑄造工作上，往往将鑄型的尺寸做得比鑄件要求的尺寸略大，当液体金属鑄入后，經過冷却收縮，就可以正好符合鑄件尺寸的要求，如果鑄型的尺寸不放大，将会由于收縮，而使得鑄件的尺寸小于所要求的尺寸，造成废品，这一点在鑄造作业上很重要。

## (二) 金属材料的化学性質

金属材料受到其他物質的化学作用而反映出来的性質，叫做化学性質。金属材料最重要的化学性質为耐蝕性。金属和所接触的介質，如空气、水、酸、碱、酸碱溶液以及汽油、潤滑油等发生化学作用而引起金属的損失，叫做腐蝕。物質抵抗这种腐蝕的能力，叫做該物質的耐蝕性。有些貴重金属，如鉑金、金和銀的耐蝕性很强。鎳和其他金属的耐蝕性也很好。普通鋼鉄的耐蝕性較差。

### (三) 金属材料的力学性能

固体物质受到外力作用而反映出来的性能，叫做力学性能。属于力学性能的有强度、硬度、弹性、韧性、脆性、延展性、可塑性和耐磨性等。

1. 强度：任何物体，在很大的外力作用下，都要受到破坏，例如细的铜丝，被我们用力一拉，就会拉断，即被外力所破坏。物体不是在一受到外力后就立即破坏的，而是在外力大到一定程度时才破坏的，物体的这种抵抗外力破坏作用的能力，叫做强度。强度的大小以单位面积上承受力的大小来表示，单位为公斤/平方毫米或公斤/平方厘米。强度是决定金属材料是否适合制造各种机件的最重要的性质。任何机器、工作机、工具和结构物的零件都是根据所用材料的强度来设计的。用来制造机件的材料的强度愈低，那么破坏它所需要的外力也就愈小。所以，用来制造机件的任何一种材料都应该尽可能地具有高的强度。

物体被破坏前所能承受的最大外力在材料内部单位面积上所产生的抵抗力，叫做强度极限。

按照外力的性质，强度可分为三种：

- (1) 静力强度。
- (2) 冲击强度(或动力强度)。
- (3) 周期性强度(或疲劳强度)。

以固定的外力或者是均匀而缓慢地改变的外力，作用于物体时，物体所表现的所有强度，叫做静力强度。在一次突然增加的外力作用下，物体所表现的所有强度，叫做冲击或动力强

度。在多次忽大忽小变化的外力作用下，物体所表现的所有强度，叫做周期性的或疲劳强度。

(1) 静力强度：静力强度是由静力试验来测定的。静力试验包括拉伸试验、压缩试验、弯曲试验和扭转试验。

**拉伸试验：**拉伸试验主要是确定金属的拉伸强度（或抗拉强度），弹性极限、屈服点（或屈服极限），断面收缩率和延伸率等性能。

将需要进行试验的金属做成一定尺寸的圆形截面或扁形截面的试样，如图1所示。将试样

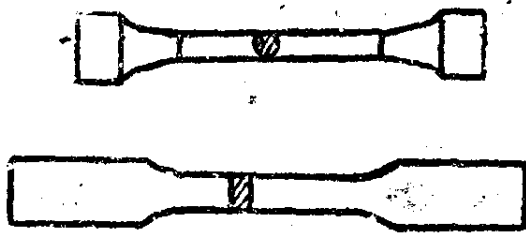


图1 拉伸试样

夹紧在拉力试验机(图2)的夹子4内进行试验。试验时，开动油泵，将油打入2内，油即将1上顶，1推3上行，使夹子4产生拉力，油不断打入即可不断增加拉力。这个拉力使试样内部产生应力（物体受外力作用时，内部单位面积上所产生的抵抗外力作用的力），并使试样逐渐拉长，截面逐渐缩小。当应力超过极限强度时，试样即断裂。

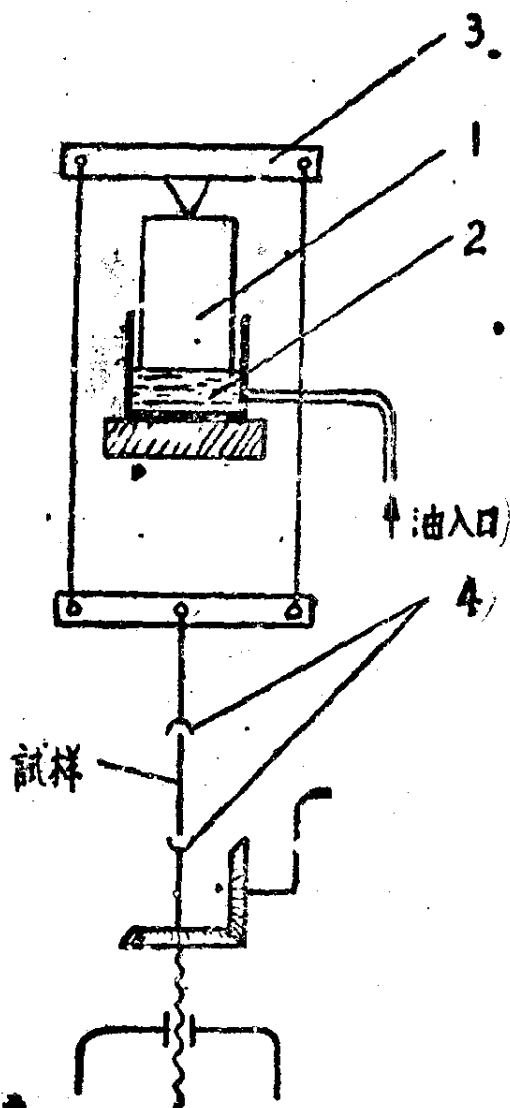


图2 拉伸试验机示意图

图3是以软钢做成的试样，通过试验所得的数据做出的拉伸曲线图。这个图是在逐渐增加拉力一直到试样拉断为止的情况下做出来的。图中的纵坐标表示拉力的大小，横坐标表示试样受拉力后所伸长的长度（即变形的大小）。

从试验过程和图中的曲线上可以看出几个特征。

a. OP段是直线，说明试样的伸长(或变形)与拉力的

增加成比例，拉力超过P点后即不按比例增加，所以在P点时的应力称为比例极限。

b. 在P点以后，变形和拉力即依曲线变化，但在E点以下，如将拉力除去，试样的伸长也就消失而恢复原状，好象弹簧一样，受力后伸长，除去力后即恢复原状，超过E点后，即不能恢复原状，所以E点的应力称为弹性极限。试样在E点以前的变形叫做弹性变形。

c. 从S点开始，试样几乎在不增加外力时，也能继续伸长一定的长度，好象材料屈服了一样，所以相当于S点的应力称为屈服点，或屈服极限。

d. 到达B点时，试样上即开始有某处很快变细，形成缩颈，见图4，同时作用在试样上的拉力便很快下降，到达Z点

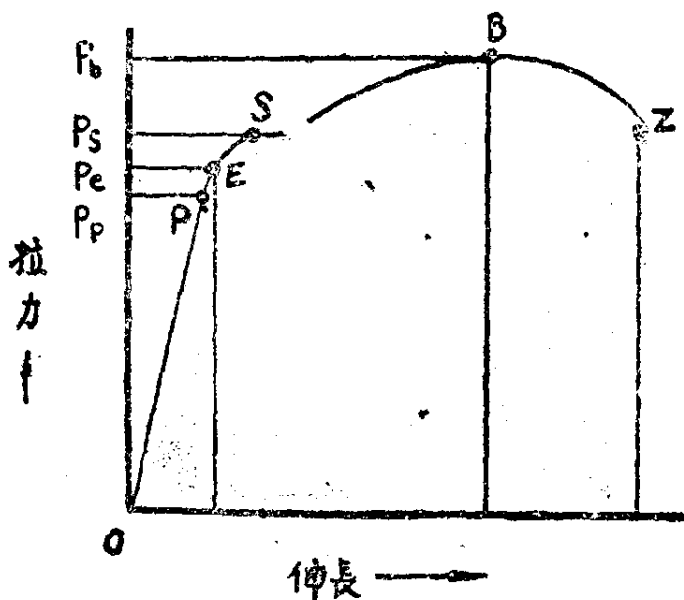


图3 软钢拉伸曲线图



图 4 軟鋼拉伸后的試样

时試样即断裂。B 点是試样断裂前所能承受的最大拉力，因此，相当于 B 点的应力称为抗拉强度极限。

断裂后試样断面积的减小数值与原来断面积之比以

百分数計，叫做断面收縮率。即：

$$\text{断面收縮率} = \frac{\text{試样原来的断面积} - \text{断裂后断裂处的断面积}}{\text{試样原来的断面积}} \times 100\%$$

試样拉断后，所增加的长度与原来长度之比以百分数計，叫做延伸率，即：

$$\text{延伸率} = \frac{\text{試样拉断后长度} - \text{試样原来长度}}{\text{試样原来长度}} \times 100\%$$

脆性金属材料如硬質合金、鑄鉄等的延伸率和断面收縮率接近于零，塑性大的金属材料如軟鋼等的延伸率和断面收縮率則可达百分之几十。

机器零件在工作时，所受的載荷必須保持在强度极限以下，否則就会断裂。如果用来做弹簧，則載荷不能超过 E 点的弹性极限，否則就要发生永久变形，而使弹簧不能恢复原状而失去作用。

**压缩試驗：**压缩試驗是用来测定金属材料受压缩时的强度极限、比例极限、弹性极限等。只有脆性金属材料，如鑄鉄才进行压缩試驗。鑄鉄的特点是它的压力极限强度比拉伸极限强度大 3~4 倍。試驗时，将拉伸試驗机上的夹头相对而行，即可产生压力作用于試样上，直到試样被压坏为止。根据試驗所得数据亦可得出压力試驗曲綫图。

**扭轉試驗：**扭轉試驗的目的是測定金屬受扭轉時的強度極限、比例極限、彈性極限等。製造各種軸的鋼，一般需要進行這種試驗。

扭轉試驗是在扭轉試驗機(見圖5)上進行的。試驗時，將試樣牢固地固定在夾頭2和3上，夾頭2裝在一轉軸上，夾頭3和擺錘5固定在同一轉軸上。當向順時針方向轉動手柄時，夾頭2、試樣1和夾頭3一起轉動，擺錘5則向上傾斜，而擺錘5則由於自身重量而有向反時針方向轉動的趨勢，這樣就在試樣上產生了扭力。擺錘的傾斜愈大，試樣所受的扭力亦愈大，試驗直到試樣破裂為止。根據試驗所得數據亦可畫出一個扭轉試驗曲線圖來。

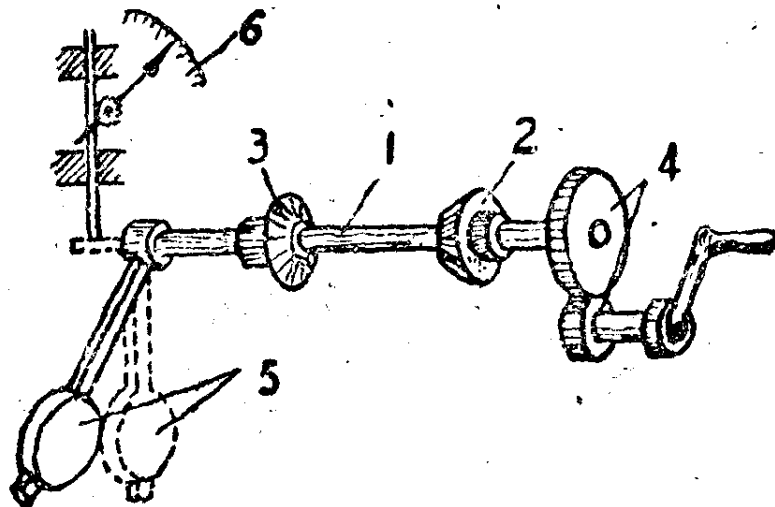


圖5 扭轉試驗機示意圖

**彎曲試驗：**彎曲試驗的目的是測定脆性材料如鑄鐵和淬火鋼的彎曲強度極限，試驗時，將圓形或方形截面試樣兩端支承，然後在兩支承點中央部分加上載荷 $P$ (見圖6)，載荷由小到大，直至試樣破壞為止。彎曲強度極限可用下式求得：

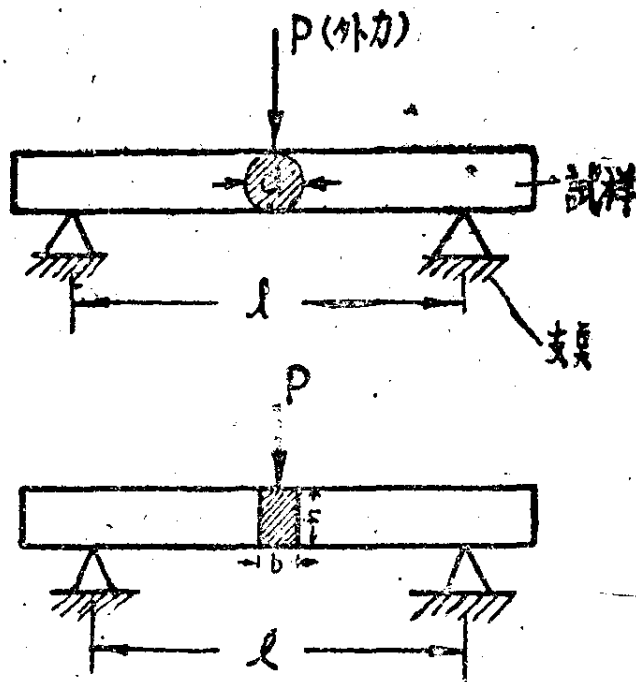


图6 弯曲试验示意图形

方形截面试样的弯曲强度极限 (6弯)

$$= \frac{3 \times \text{外力 } P \times \text{两支点间距离 } L}{2 \times \text{试样的宽度 } b \times (\text{试样高度 } h)^2} \quad (\text{公斤/平方毫米})。$$

圆形截面试样的弯曲强度极限 (6弯)

$$= \frac{8 \times \text{外力 } P \times \text{两支点间距离 } L}{3.1416 \times (\text{试样直径 } d)^3} \quad (\text{公斤/平方毫米})。$$

(2) 冲击强度：现代有些机件在工作过程中经常受到冲击性的载荷(外力)，因此，用来制造这种零件的金属材料，除了做静力试验以测定其静力强度外，还必须要测定动力(冲击)强度。因为有些金属虽然具有足够的静力强度，但在很小的冲击载荷下，即会被破坏。

物体受冲击力而不破坏的性能，叫做冲击韧性。物体受到外力作用时，不待改变形状就立即破坏的性能，叫做脆性，它

是和冲击韧性相反的一种性能。脆性大，则韧性小。韧性大，则脆性小。用来制造结构物件的材料应当具有大的冲击韧性和小的脆性。

各种材料的韧性和脆性的大小，可用材料的冲击韧性的大小来表示。冲击韧性大的材料，脆性小，反之，脆性就大。因此冲击韧性是表示材料动力强度的最重要的性能。

材料的冲击韧性，可在冲击试验机上(见图7)测定，冲击韧性的大小是以材料破坏前单位面积上所能承受的最大冲击能来表示，单位为公斤·米/平方厘米<sup>2</sup>。冲击试验时，将试样先做成一定的标准形状(见图8)，然后将试样装置在冲击试验机的支架上(见图9)，并使试样

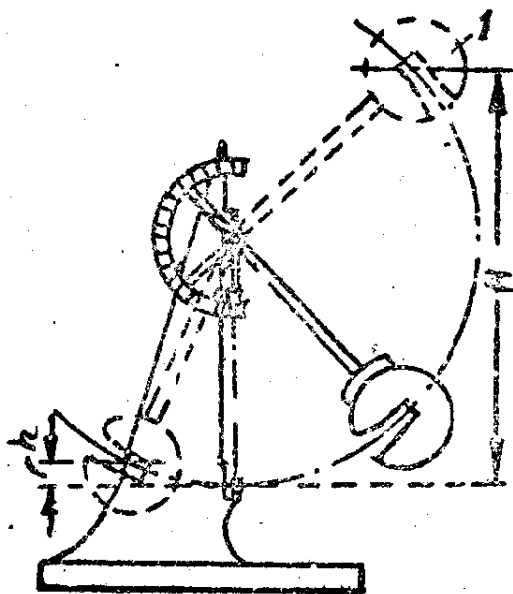


图7 摆锤冲击试验机

中间一面的缺口，放在摆锤行程之内，再将一定重量的摆锤1升高到一定的高度H，让摆锤自由落下冲击试样，将试样折断，摆锤将试样击断后，凭其余力继续前进而升高到高度h的地方(试样愈难折断，则摆锤打断试样以后又升起的高度愈小；如果无试样存在，则摆锤自由落下后，经过支架间，仍会升高到高度为H的地方)，依摆锤减少的高度大小(H-h)就可以按下式算出冲击韧性的大小来。

$$\text{冲击韧性} = \frac{\text{摆锤减少的高度} \times \text{摆锤的重量}}{\text{试样缺口处的横截面积}} \quad (\text{公斤} \cdot \text{米} / \text{平方厘米})$$

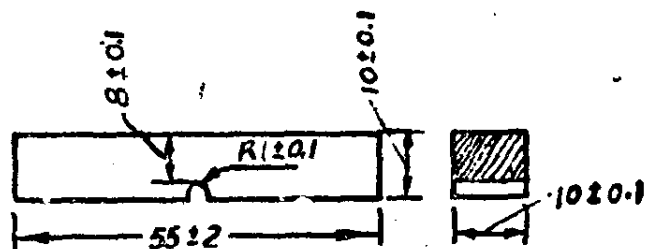


图8 冲击試驗用試样

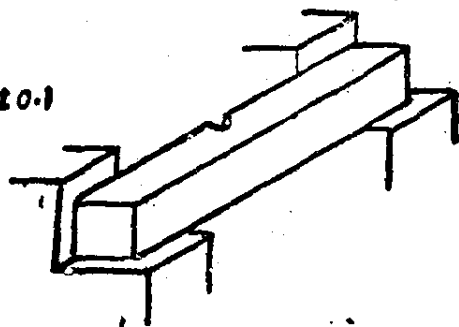


图9 試样在冲击試驗上的裝置

(3) 疲劳强度：很多零件，如各种轉动的軸、連杆、鋼板弹簧等，在工作过程中都

承受着大小和方向发生变化的应力，这种重复变化的应力，使金属发生疲劳，而产生裂紋，最后逐渐发展而突然断裂。承受这种重复变化载荷的零件，在断裂前所能抵抗的最大应力，要比靜力强度小得多。因此，当設計受重复变化载荷的零件时，不能依据材料的靜力强度，必須要根据疲劳强度来进行設計。疲劳强度用材料的持久极限来表示。持久极限就是材料能承受一定应力变化次数时的最大应力。对某一材料來說，其所承受的应力愈小，破裂前所能承受的应力变化次数就愈多；承受的应力愈大，則承受的应力变化次数就愈少。如果材料在某应力下，能經受无限次应力变化，該应力即称为疲劳极限。

2. 硬度：材料抵抗其他物体压入的性能，叫做硬度。材料的硬度愈高，就愈难使其他物体压入其表层。材料的硬度也是重要性能之一，知道它以后有很大的实用意义，比如在車削的时候，选做車刀的材料硬度，就应该比被車削工件的硬度大，因为只有这样，車刀才能从工件上切下多余的金属，車刀本身在切削过程中才能保持本身的完整而不受磨損，才能保持

原形而不变形。另一方面，从金属材料的硬度数值，还可以按照一定的比例判定它的其他机械性能，如强度极限等。此外，硬度试验简单迅速，而且不需要特殊的试样。因此，硬度试验在实际工作中采用很广。常用的硬度表示法有两种：

(1) 布氏硬度：

布氏硬度是由布氏硬度试验法求得的。布氏硬度试验法是把直径为 10 毫米或 2.5 毫米的淬过火的钢球放在试样的表面上，在球上用规定的压力  $P$  使球压入试样表层(见图10)，使材料表面压有球面凹痕。其凹痕愈小，则金属的硬度愈大。凹痕的直径可用带有刻度尺的放大镜测得，根据凹痕的直径即可算出凹痕的球面积。布氏硬度 ( $H_B$ ) 数值系以作用于钢球上的载荷  $P$  对于凹痕表面面积的比值表示的。计算布氏硬度的公式如下：

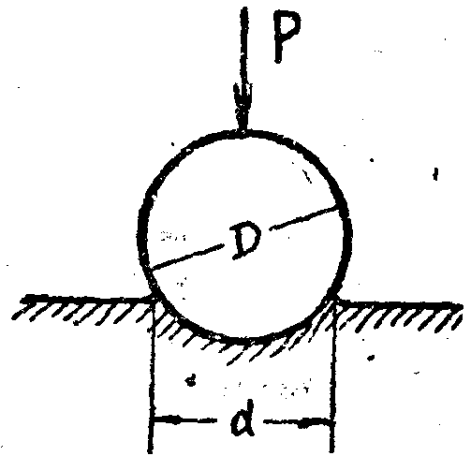


图 10 布氏硬度试验示意图

$$H_B = \frac{2 \times P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ 公斤/平方毫米}$$

$$= \frac{2 \times \text{压力载荷(公斤)}}{\text{压坑表面积(毫米}^2\text{)}}$$

$D$ —钢球直径(毫米)

$d$ —凹痕直径(毫米)

$P$ —压力(公斤)

随着试样的材料和厚薄不同，应当选用不同直径的钢球和不同大小的压力。