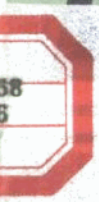
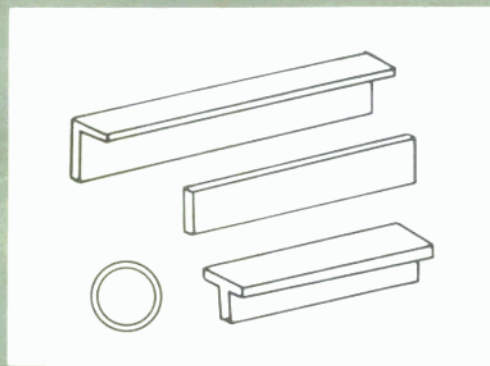


造船厂技校教材

# 造船材料



哈尔滨工程大学出版社

PDG

U668  
T36

426101

# 造船材料

船舶技校教材编委会

主任：段志树  
副主任：李树本 徐全忠  
委员：段志树 李树本 徐全忠 葛新辉  
胡建忠 任生 张铜 倪绍灵  
何亚利 林柱传 金仲达 朱春元  
王卫明 潘新民

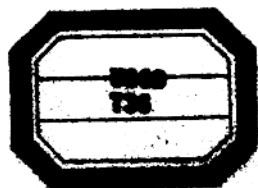
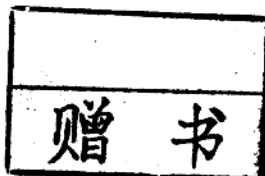


00426101

船舶技校教材编写组

基础课专业组：主编 胡建忠 副主编 汪建  
船体装配专业组：主编 葛新辉 副主编 魏东海  
船舶电焊专业组：主编 任生 副主编 周雅莺  
船舶电工专业组：主编 倪绍灵 副主编 卢建明  
船舶钳工专业组：主编 张铜 副主编 竺维伦  
船舶管系专业组：主编 何亚利 副主编 叶平

本书编写：马幼良  
本书主编：马幼良



哈尔滨工程大学出版社

(黑) 新登字第 9 号

### 内 容 简 介

本书按 1990 年中船总公司技工学校《造船材料教学大纲》编写。

此书系统地介绍了船用金属材料,包括金属材料的分类及其性能,碳钢、合金钢、铸铁、有色金属及其合金,常用型材、板材及管材,提高金属材料性能的方法。还介绍了船用非金属材料,包括涂料、内衬装材料、防火材料、绝热材料等。另外,还介绍了材料手册及其使用方法。

本书可作船舶技工学校各工种的教材,也可供在职各工种的培训使用。

DU27/20



哈尔滨工程大学出版社出版发行  
新华书店经销  
哈尔滨毕升电脑排版有限公司排版  
大庆市第一印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 7.75 字数 171 千字  
1994 年 8 月 第 1 版 1995 年 8 月第 2 次印刷

印数: 7001—12000 册

ISBN 7-81007-423-7  
U·34 定价: 6.60 元

## 前 言

技工学校担负着为企业培养中级技术工人的重任,其教学质量的高低影响到企业工人队伍素质和经济效益的提高。

中国船舶工业总公司所属技工学校大多数建立或恢复于“七五”期间。当时主要工种的教学内容,基本上停留在传统的造船工艺水平上,与80年代迅猛发展起来的新的造船工艺存在着明显的差距。在教学安排上,忽视技能训练,技校毕业生走上生产岗位后表现出独立工作能力不强。为解决这一问题,总公司于1987年在首届船舶总公司技工学校校际协作会上明确提出技工学校教学改革方向,一是培养目标为中级技术工人,二是将原来的理论和实习教学的课时从1:1变为3:7,突出技能培训,增强学生的动手能力。并于1989年重新颁发了船舶类五大工种的教学计划及大纲,1992年成立了船舶总公司技工学校教材编写委员会。在编委会的领导下,由于各专业组主编、副主编和编审者努力工作,哈船院出版社及有关学校给予了大力支持,我们船舶工业系统技工学校第一批系统教材正式面世了,它必将对船舶工业技工学校的发展起到积极的推动作用。

这套教材包括船体装配工、船舶电焊工、船舶钳工、船舶电工、船舶管系五大工种进行中级工培训的基础课、专业课和技能训练的教材。教材编写以工人技术等级标准为依据,以企业的生产技术现状为基础,突出对技校学生操作技能的培养,力求做到学用结合,改变以往技工培训教材内容偏多、偏难,学用脱离的情况。船舶行业特有工种有80多个,不可能每个工种都统一编写教材,这套教材的出版,无疑只是起个样板的作用,各技工学校可以参照这套教材编写其它工种的教材或讲义。同时由于各企业的生产技术不一,这套教材也很难做到所有内容都适合各企业的培训要求,各企业的学校、教育部门可以根据技术等级标准和企业的生产技术要求,对教材内容进行删减和补充。这套教材同样适合在职工人的中级工培训。

由于整个成书过程比较仓促,与以前教材相比,内容变化较大,加上组织工作经验不够,编写水平有限,缺点和错误在所难免,敬请专家和教育工作者批评指正,以利再版时改正。

编委会

1993. 9

## 编者的话

本书全面、系统地介绍船舶生产中常用的金属材料和非金属材料的基本知识，并为尔后学习专业工艺课程打下材料知识的基础。

中国船舶工业总公司所属的造船企业技工学校有关造船材料的教学，过去没有一本适合于船舶类主体工种（船体装配、船体焊接、船舶钳工、船舶铜工等）的教材，一直沿用《金属材料与热处理》这本全国技工学校机械类通用的教材。但该教材主要适用于机械类冷热加工工种，而船舶类主体工种同机械类冷热加工工种的性质有所不同，必须掌握的操作技能和解决实际问题的对象也有所不同，且教学内容和技工学校的培养目标不相吻合，因此，对金属材料与热处理的知识面和深度要求也不尽相同。经多年教学实践，在内容上增减变动较多，因而给教学带来诸多困难和不便。

现在编写的《造船材料》是基本上适合于船舶类主体工种的教材。此教材与原来的教材比较，作了较大的调整。不仅在编写体系上作了变动，而且在内容上作了更新。首先，内容围绕造船为主体来叙述；第二，结合造船特点，增编了船用型材、板材及管材的内容，对船舶行业更具实用性；第三，根据造船特点，又增编了船用非金属材料的内容，这部分内容在原教材中是没有的。因为船用非金属材料同样是船舶工业的重要基础材料，应用也十分广泛，故增编这部分内容，使这本新教材独具特色；第四，增编了常用金属材料与非金属材料的船用手册内容，旨在便于学生学会正确查阅手册的方法，而不仅仅局限于书本上的知识；第五，其它如金属材料的分类及性能和金属材料常用热处理方法等方面的内容，结合造船材料的特点也作了适当的调整。在内容上突出造船材料为主；深度上以适合技校学生水平为宜，着重理论联系实际，强调常用和实用。另外，为兼顾船舶行业非船舶类主体工种教学上的需要，本书对船舶行业用的造机材料也作了适当的介绍。

本书共分3大篇12章。编写工作分别由下列同志承担：导论、第六章、第十二章由沪东造船厂汤维余编写；第一至五章、第七章由东海船舶修造厂季翰林编写；第八至十一章由沪东造船厂江才莲编写。

本书由沪东造船厂高级工程师马幼良审阅。全书由汤维余同志统稿。

对在编写过程中提供有关资料和关心本书编辑工作的所有单位和同志，谨在此一并表示诚挚的谢意。

鉴于编写时间仓促和编者水平所限，书中难免有不当之处，恳请有关专家、教师和读者批评指正。

编者

# 目 录

|          |   |
|----------|---|
| 导 论..... | 1 |
|----------|---|

## 第一篇 船用金属材料

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 金属材料的分类及其性能.....  | 3  |
| 第一节 金属材料的分类.....      | 3  |
| 第二节 金属材料的性能.....      | 4  |
| 第二章 碳素钢 .....         | 13 |
| 第一节 概 述 .....         | 13 |
| 第二节 常用碳素结构钢 .....     | 14 |
| 第三节 常用碳素工具钢 .....     | 21 |
| 第四节 常用铸造碳钢 .....      | 22 |
| 第三章 合金钢 .....         | 24 |
| 第一节 概 述 .....         | 24 |
| 第二节 常用合金结构钢 .....     | 26 |
| 第三节 常用合金工具钢 .....     | 33 |
| 第四节 常用特殊性能钢 .....     | 34 |
| 第四章 铸 铁 .....         | 37 |
| 第一节 概 述 .....         | 37 |
| 第二节 常用灰口铸铁 .....      | 38 |
| 第三节 常用球墨铸铁 .....      | 39 |
| 第五章 有色金属及其合金 .....    | 41 |
| 第一节 常用铜及铜合金 .....     | 41 |
| 第二节 常用铝及铝合金 .....     | 46 |
| 第六章 船用型材、板材及管材 .....  | 51 |
| 第一节 常用型材 .....        | 51 |
| 第二节 常用板材 .....        | 61 |
| 第三节 常用管材 .....        | 65 |
| 第七章 提高金属材料性能的方法 ..... | 69 |
| 第一节 概 述 .....         | 69 |
| 第二节 常用的热处理方法 .....    | 70 |

## 第二篇 船用非金属材料

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第八章 船用涂料 .....           | 75  |
| 第一节 船用涂料的分类、性能和用途 .....  | 75  |
| 第二节 船用木器家具涂料的种类和特性 ..... | 78  |
| 第三节 常用溶剂的性能、用途及防火 .....  | 80  |
| 第九章 船用内舾装材料 .....        | 83  |
| 第一节 木材的性能和造船用主要树种 .....  | 83  |
| 第二节 木材及木质人造板的分类和用途 ..... | 84  |
| 第三节 低播焰饰面材料 .....        | 86  |
| 第四节 船用胶粘剂 .....          | 87  |
| 第十章 船用防火绝热材料 .....       | 90  |
| 第一节 船舶防火规范 .....         | 90  |
| 第二节 不燃材料 .....           | 91  |
| 第三节 甲板敷料 .....           | 94  |
| 第十一章 其它材料 .....          | 99  |
| 第一节 船用柴油机燃料油和润滑油 .....   | 99  |
| 第二节 密封胶和修补胶 .....        | 101 |
| 第三节 渗透探伤剂在船舶工业中的应用 ..... | 103 |

## 第三篇 船用手册

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第十二章 手 册 .....                | 106 |
| 第一节 常用金属材料与非金属材料手册 .....      | 106 |
| 第二节 常用金属材料与非金属材料手册的使用方法 ..... | 108 |
| 附录 .....                      | 110 |
| 附表 1 黑色金属硬度及强度换算表 .....       | 110 |
| 附表 2 热处理工艺代号及技术条件的表示方法 .....  | 112 |
| 附表 3 碳素结构钢新旧标准牌号对照表 .....     | 113 |
| 附表 4 船体用结构钢新旧牌号对照表 .....      | 113 |
| 附表 5 铸钢新旧牌号对照表 .....          | 113 |
| 附表 6 灰口铸铁新旧牌号对照表 .....        | 113 |
| 附表 7 球墨铸铁新旧牌号对照表 .....        | 114 |
| 附表 8 铸造铜合金新旧牌号对照表 .....       | 114 |
| 附表 9 铸造铝合金新旧牌号对照表 .....       | 115 |
| 参考文献 .....                    | 116 |

## 导 论

我国的造船事业在解放以前是十分落后的，主要以修船为主。解放以后，在中国共产党领导下，我国的造船事业才开始走上振兴发展的道路。逐步由修船发展到造船，并能建造各种类型的出口船舶。被誉为“90年代未来型”船舶的2700箱大型冷风集装箱船的问世，标志着我国的造船事业已能跻身于当今世界先进的造船国家行列。在船用主机方面，从开始制造船用蒸汽机发展到已能制造当代世界上最先进的大功率中低速船用柴油机。现在我国的船、机产品的性能和建造质量均已达到80年代国际先进水平，并先后打入各大港口洲际市场。

我国的造船事业能发展到现在的水平，这与我国劳动人民运用自己的智慧和自然界进行长期斗争的结果。

远在太古时代，随着生产的发展和生活的需要，出现了水上运输工具——由树干制成的舟和用木头、竹子、芦苇和牛羊皮等材料编排捆扎而成的筏；直至近代出现了水上和水下开发工程，这些都是各种船舶的发展过程。

随着生产力不断发展，产品有了积累，要求独木舟和筏的载重量和用途不断扩大。为了适应这种需要，人们在独木舟的四周和上方加设一些木板，以提高利用率，独木舟变成了多木舟。多木舟是独木舟向木结构船过渡的产物。

木结构船是在独木舟、筏、皮船的基础上发展起来的。它是将原木加工成板材和方木，然后通过榫接和楔接的方式，将其连结成船体，并用草杆、麻丝等材料与桐油、石灰拌合后，进行捻缝，用以防漏。这种木结构船和独木舟比较，是开拓造船材料的一次飞跃。公元8世纪，我国曾建造过作战用的大型木结构船。

古代的船舶，靠人力推进。到汉代发明了用纵帆推进船舶。最初的风帆是由野草、树叶编制而成。随着船舶用途愈来愈广，航程愈来愈长，用野草、树叶编制的风帆已不能适应需要，逐步出现了牛羊皮、帆布等制成的风帆。这是蓬索材料的改进。

18世纪末，随着冶铸技术的发展，出现了船体内部骨架为铸铁，而船壳板和甲板仍采用木材的铁木混合结构船。但铁木结合处容易发生腐蚀，而且贝壳等水生物易附船体，影响航速。

随着欧洲产业革命迅猛发展，炼铁业的空前发达，1818年建成了世界上第一艘铁制船，船舶铁板之间是用铆钉连接的。由于铁船的容积比木结构船大得多，而且航行又安全，故能够获取比较大的经济效益。正因为铁船比木船有更多的优点，所以铁船的建造和出现相对木船来说是一次质的飞跃。

1858年英国人卑斯麦冶炼出了钢。由于钢比铁具有强度高（因而使船体厚度减薄20%），塑性、韧性好，富有延展性，可以轧成板材和型材，因此于1866年开始用于造



船。钢材的出现与大量运用，更是开拓造船材料的一次质的重大飞跃。此后，一百多年来，钢材已成为发展造船工业的重要基础材料。

由于船体结构从铆接发展到焊接，这就要求船体钢具有良好的焊接性能。此外，还要求有一定的强度、韧性和一定的耐腐蚀、耐低温性能。船体钢也就由船用碳素钢发展到船用低合金高强度钢。这些钢种具有强度高、韧性好、容易加工和焊接性能好、耐海水腐蚀、耐低温等综合特性，是建造现代化船舶被广泛采用的钢材。

随着造船工业的发展，不论是建造海洋船舶，还是内河船舶，建造的吨位愈来愈大，航速亦逐步提高。因此，对船用钢材和有色金属材料，在机械性能、物理性能、化学性能和工艺性能诸方面提出了更高的要求。船用非金属材料，如涂料、溶剂、甲板敷料、胶粘剂、贴面材料、木材、塑料、橡胶等，除提高各种材料的适应性能外，正在向无毒、阻燃、隔热、防火、防爆、耐腐蚀及装饰美观等方向发展。

造船材料是造船工业使用最广泛的材料，品种多，性能各不相同。随着科技事业的发展，新材料、新工艺、新技术的不断出现，船舶与柴油机产品的不断更新换代，它们的综合性能也要求不断提高。因此，《造船材料》是一种集资料性、知识性和多门类联系的边缘学科于一体的教材。

作为造船工业的技术工人，在工作中都会遇到材料问题，如果缺乏必要的船用材料知识，就会造成用料不当或者工序安排不合理，以致带来很大的经济损失甚至造成严重事故。为此，我们必须掌握常用的材料知识，解决生产中的具体问题。另外，了解造船材料发展知识和通过对船质变化的不同阶段，就能看到造船工业发展的远大前程，鼓舞我们献身造船事业的决心，这就是我们学习本课程的主要目的。

《造船材料》是门技术基础课，它的内容主要由以下几部分组成：

——船用金属材料。介绍金属材料的分类及其机械、工艺等性能；金属和合金的牌号、性能及用途；常用的型材、板材及管材的规格、标记方法及用途；提高金属材料性能的常用热处理方法。

——船用非金属材料。介绍船用涂料、常用内舾装材料、船用防火、绝热材料及其它材料的分类、性能及用途。

——船用手册。介绍常用金属材料与非金属材料手册及其使用方法。

《造船材料》是一门与生产实践联系比较密切的课程，也是学习各门专业课程的基础。因此，在学习时，不仅要努力学好基础理论知识，学会在有关手册中查找需要的资料，而且要重视理论联系实际，重视生产实践，培养、解决有关生产实际问题的能力。

# 第一篇 船用金属材料

## 第一章 金属材料的分类及其性能

### 第一节 金属材料的分类

#### 一、金属材料

凡具有特殊的光泽、良好的导电、导热性并具有一定的强度和塑性的物质称为金属。如铜、铁、铬、锰等。

具有金属特性的元素，称为金属元素。

由金属元素或以金属元素为主形成的、具有金属特性的材料，称为金属材料。如钢、铜和铜合金、铝和铝合金等。

金属材料，尤其是钢铁，具有较好的综合性能。如物理性能、化学性能、机械性能和工艺性能。将它们加工成不同规格的板、管、型、丝产品，适应和满足了科学技术和工业生产的日益发展的需要，在国民经济中发挥了极其重要的作用。

#### 二、金属材料的分类

金属材料分为黑色金属材料和有色金属材料两大类。

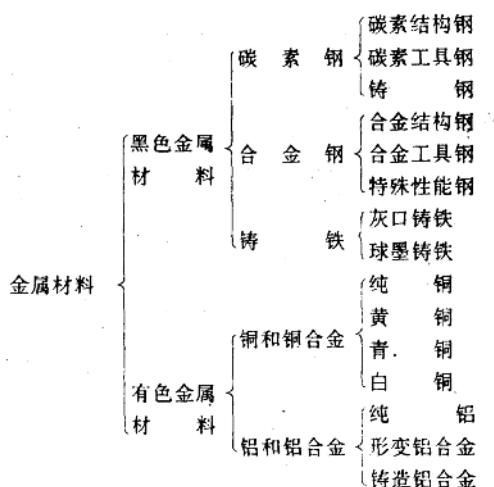
##### 1. 黑色金属材料

以铁、锰、铬为主形成的，具有金属特性的物质，称为黑色金属材料。如碳钢、合金钢、铸铁等。

##### 2. 有色金属材料

除黑色金属材料以外的其它金属材料，称为有色金属材料。如黄铜、铝合金等。

船舶工业常用的金属材料分类如下：



## 第二节 金属材料的性能

船舶工业中，使用的金属材料很多。为了正确、合理地使用各种金属材料，必须了解和掌握金属材料的各种性能。

金属材料的性能，特别是机械性能和工艺性能，它们是船舶工业设计和选材的主要依据。

### 一、机械性能

机械性能又称力学性能，是金属材料在外力作用下所表现的抵抗能力。它包括强度（主要是抗拉强度，屈服强度）、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度。

金属材料在加工和使用过程中，承受的外力，称为载荷，有时也称负载或负荷。

根据载荷作用的性质不同，载荷又分为：

静载荷：大小不变或变动缓慢的载荷。

冲击载荷：突然增加的载荷。

交变载荷：又称动载荷。指大小、方向或大小和方向随时间变化而发生周期性变化的载荷。

金属材料在载荷作用下，发生尺寸和形状的变化，称为变形。由于载荷作用方式的不同，变形可分为拉伸、压缩、剪切、扭转和弯曲5种形式。如图1-1所示。

金属材料产生变形的同时，内部原子之间产生阻止变形的抗力，称为内力。其数值的大小与外加载荷相等，方向相反。

单位面积上的内力，称为应力。

$$\sigma = P/F \quad (1-1)$$

式中  $P$  ——外加载荷, 单位牛顿, 以 N 表示;

$F$  ——横截面积, 单位平方米, 以  $m^2$  表示;

$\sigma$  ——应力, 单位帕斯卡, 以 Pa 表示。

## 1. 强度

### (1) 强度的定义

金属材料在静载荷作用下, 抵抗变形和破坏的能力, 称为金属材料的强度。

金属材料抵抗变形和破坏的能力越大, 则强度越高。强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗剪强度、抗扭和抗弯强度 5 种。

为了测试金属材料的强度性能, 需要把材料制成国家规定的试样。如图 1-2 所示。

图中  $d_0$  为试样的直径,  $L_0$  为标距长度, 即计算时的有效长度。根据标距和直径的关系, 试样可分为长试样 ( $L_0 = 10d_0$ ) 和短试样 ( $L_0 = 5d_0$ )。

将制成的试样装在拉伸试验机上。然后缓慢加载, 并随时记录外加载荷与试样变形量 ( $\Delta L = L_1 - L_0$ ) 的数值, 直至试样拉断。将记录的数值绘在以  $P$  为纵坐标、 $\Delta L$  为横坐标的图上。连接各点所得曲线即为该金属的拉伸曲线。图 1-3 为低碳钢的拉伸曲线。

### (2) 强度的衡量指标

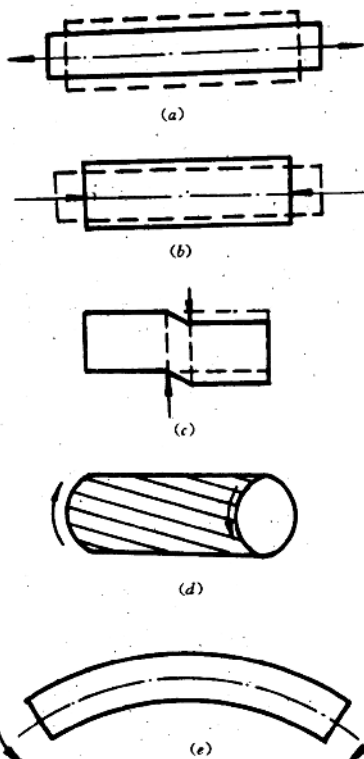


图 1-1 变形形式

(a) 拉伸; (b) 压缩; (c) 剪切; (d) 扭转; (e) 弯曲

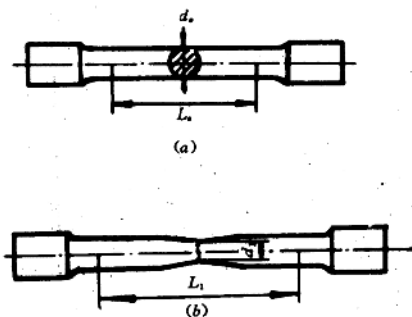


图 1-2 圆形拉伸试样

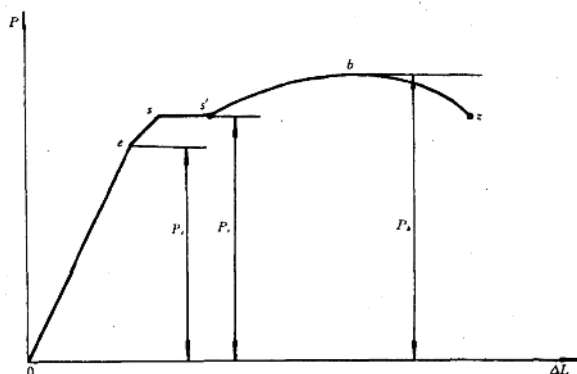


图 1-3 低碳钢的拉伸曲线

金属材料的强度衡量指标有以下几个：

① 弹性极限

金属材料在外加载荷作用下，产生弹性变形时承受的最大应力，称为弹性极限。以符号  $\sigma_e$  表示。如图 1-3 中  $oe$  段。

② 屈服强度

金属材料在外加载荷不增加，而变形继续增加的现象，称为屈服现象。如图 1-3 中  $ss'$  段。 $s$  点是开始产生屈服现象的点，称为屈服点。产生屈服现象时的最小应力，称为屈服强度，又称屈服极限，以符号  $\sigma_s$  表示。

③ 条件屈服强度

当金属材料在拉伸曲线上无明显屈服现象时（即不出现锯齿形或平行线段），如铸铁、高碳钢、有色金属等，根据国家规定，以试样产生  $0.2\%L_0$  变形时的应力，称为条件屈服强度，以符号  $\sigma_{0.2}$  表示，如图 1-4 所示。

材料的屈服点越高，允许的工作应力也越大。实际生产中，大多数机械零件常因过量的塑性变形而失效。

④ 抗拉强度

金属材料在断裂前承受的最大应力，称为抗拉强度，以符号  $\sigma_b$  表示。金属材料工作时承受的最大应力超过  $\sigma_b$  时就会断裂。

2. 塑性

金属材料在外加载荷作用下产生变形但不被破坏的能力称为塑性。不能恢复原状的变形称为塑性

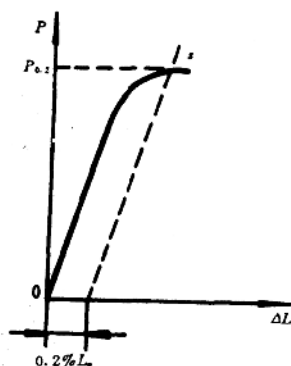


图 1-4 条件屈服强度示意图

变形。衡量金属材料塑性大小的指标有延伸率和断面收缩率。

#### (1) 延伸率

试样拉断后, 标距长度的伸长量 ( $\Delta L = L_1 - L_0$ ) 和原始的标距长度之比的百分率, 称为金属材料的延伸率, 以符号  $\delta$  表示。

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

长试样的延伸率常以  $\delta_{10}$  表示, 短试样的延伸率以  $\delta_5$  表示。

#### (2) 断面收缩率

试样拉断后, 断裂处的横截面积的缩减量和原始横截面积之比的百分率, 称为金属材料的断面收缩率, 以符号  $\psi$  表示。

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

金属材料的  $\delta$ 、 $\psi$  越大, 则材料的塑性越好, 可以产生大量的塑性变形而不被破坏。这样的材料便于通过塑性变形加工成形状复杂的零件。如工业纯铁的延伸率达 50%, 断面收缩率达 80%, 可以抽成细丝, 打成薄片。

塑性好的金属材料, 在受力过高时, 由于能产生大量的塑性变形, 不致发生突然的断裂, 因而也比较安全, 但这不等于说材料的塑性越大越好。实际生产中, 对不同零件的塑性都有不同的要求。因为这里还有一个综合性能的要求。

由下例可说明强度、塑性的计算方法。

例: 有一个直径为 10mm 的碳钢短试样, 在静拉伸载荷增加到 21980N 时, 出现屈服现象; 载荷达到 36110N 时产生颈缩, 随后被拉断。断裂后测量出它的标距长度为 61.5mm, 断裂处的直径是 7.071mm。试求此钢的屈服强度、抗拉强度、延伸率和断面收缩率。

解: ① 求屈服强度

因为  $F_0 = \pi d_0^2/4 = 3.14 \times 10^2/4 = 78.5\text{mm}^2$

所以  $\sigma_s = P_s/F_0 = 21980/78.5 = 280\text{MPa}$

② 求抗拉强度

$$\sigma_b = P_b/F_0 = 36110/78.5 = 460\text{MPa}$$

③ 求延伸率

因为  $L_0 = 5d_0 = 5 \times 10 = 50\text{mm}$

所以  $\delta_s = (L_1 - L_0)/L_0 \times 100\% = (61.5 - 50)/50 \times 100\% = 23\%$

④ 求断面收缩率

因为  $F_1 = \pi d_1^2/4 = 3.14 \times 7.071^2/4 = 39.25\text{mm}^2$

所以  $\psi = (F_0 - F_1)/F_0 \times 100\% = (78.5 - 39.25)/78.5 \times 100\% = 50\%$

### 3. 硬度

硬度是指金属材料抵抗更硬物体压入表面的能力。常用的硬度值有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度 3 种。

### (1) 布氏硬度

它是在布氏硬度机上测得的硬度值,以 HBS 或 HBW 表示。测量硬度的压头如是淬硬钢球,则以符号 HBS 表示。它往往用来测定硬度值小于 450 以下的金属材料,如软钢、退火钢、灰铸铁、有色金属等。如压头为硬质合金,则以符号 HBW 表示,适用于测定硬度值低于 650 以下的材料。工厂实际应用时,往往以符号 HB 表示。通常不标单位。

布氏硬度值测量准确,但压痕较大,硬度值与金属材料的抗拉强度有近似的比例关系,因而可根据布氏硬度值近似地确定材料的抗拉强度。如被测试的金属硬度过高,会引起压头的变形,则影响测得数值的准确性,因而布氏硬度只适用于测定硬度值小于 650 以下的金属材料和半成品。

### (2) 洛氏硬度

洛氏硬度是在洛氏硬度机上测得的硬度值,以符号 HR 表示。通常不标出单位。

洛氏硬度根据采用的压头和所加载荷的不同,组成多种洛氏硬度级别,每一种级别用一个字母在洛氏硬度符号后面加以说明。我国常用的是 HRC(C 级)、HRB(B 级)、HRA(A 级)3 种。其中以 HRC 应用最广。

常用的洛氏硬度标尺的试验条件及适用范围如下:

HRC:硬度值有效范围为 HRC20~67(相当于 HBS250 以上)。适用于一般淬火钢件。

HRB:硬度值有效范围为 HRB25~100(相当于 HBS60~230)。适用于软钢、退火钢、铜合金等。

HRA:硬度值有效范围为 HRA>70(相当于 HBS360 以上)。适用于硬质合金、表面淬火钢等。

洛氏硬度操作简单、迅速、压痕较小。可用来测定极软到极硬的金属材料。但如材料成分发生偏析时,则测得的硬度值波动较大。

### (3) 维氏硬度

维氏硬度是在维氏硬度机上测得的硬度值,以符号 HV 表示。通常不标出单位。

维氏硬度可以测量较薄的金属材料,也可以测定是表面渗碳、渗氮层的硬度。维氏硬度值具有连续性,可用来测是从极软到极硬的各种金属材料的硬度,但对测试的工件表面质量要求很高。

维氏硬度在实际生产现场中用的较少。但在试验室中用硬度法测定渗碳、渗氮层的深度时使用较广泛。

### 4. 冲击韧性

各种机械工作过程中,许多零件受到冲击载荷与交变载荷的作用,如冲床的冲头、活塞销、柴油机的曲轴等。其受到的破坏力比静载荷大得多。对这些零件,必须考虑它们抵抗冲击载荷与交变载荷的能力,即考虑金属材料的冲击韧性和疲劳强度的性能。

金属材料抵抗冲击载荷的作用而不被破坏的能力,称为冲击韧性。

测定金属材料的冲击韧性,必须先把待测定的金属,按国家标准,制成标准试样。如图 1-5 的梅氏试样和图 1-6 的夏氏 V 型缺口试样。然后用一次摆锤冲击弯曲试验来测定金属材料的冲击韧性,以符号  $\alpha_K$  表示,单位为  $J/cm^2$ 。

$\alpha_K$  值越大,材料的韧性越好;反之则越差。与韧性相反的性能,称为脆性。韧性好

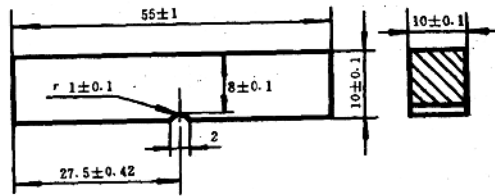


图 1-5 梅氏冲击试样

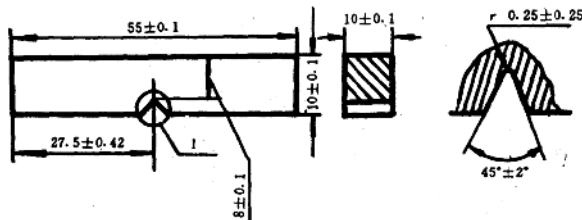


图 1-6 夏氏 V 型冲击试样

的材料脆性小。

目前生产中一般用冲击功 (J) 来替代冲韧性, 它表示材料承受冲击时所吸收的能量大小。

金属材料实际使用时, 很少受一次冲击而遭破坏, 绝大多数零件是在小能量、多次冲击后被破坏的。这是多次冲击损伤的积累, 导致裂纹的产生与发展的结果。

#### 5. 疲劳强度

金属材料在无限多次重复的交变载荷作用下, 不致断裂的最大应力, 称为材料的疲劳强度。

许多船用机械零件, 如轴、齿轮、弹簧等工作时, 都是在交变应力作用下工作的。即使工作时承受的最大应力低于材料的屈服强度, 经较长时间的工作, 也会发生突然断裂。这种现象称为疲劳。

发生疲劳断裂, 是由于材料的表面或内部有缺陷 (夹杂、划痕、尖角等), 使这些部位的应力大于材料的屈服强度, 从而产生局部的塑性变形而导致微裂。随着应力循环次数的增加而逐渐扩展, 使材料发生断裂。疲劳断裂危险性很大, 常造成严重事故。所以在设计和选材时, 必须考虑材料的抗疲劳断裂的性能。

材料的疲劳强度与材料工作时承受的交变应力  $\sigma$  的大小和在此交变应力作用下, 材料断裂前的应力循环周次 ( $n$ ) 有关。 $\sigma$  越大,  $n$  则越小;  $\sigma$  越小, 则  $n$  越大。当材料工作



时承受的交变应力低于某值时,可以经受无限多次循环而不发生疲劳断裂。通常规定,钢经受 $10^6 \sim 10^7$ 次,有色金属经受 $10^7 \sim 10^8$ 次交变载荷作用时,不产生断裂的最大应力,为该材料的疲劳强度。当施加的交变应力为对称循环应力时,疲劳强度用符号 $\sigma_1$ 表示。

机械性能指标及含义见表 1-1。

表 1-1 常用的机械性能及含义

| 机械性能 | 性能指标              |        |                   | 含 义                          |
|------|-------------------|--------|-------------------|------------------------------|
|      | 符号                | 名称     | 单位                |                              |
| 强度   | $\sigma_s$        | 屈服强度   | Pa                | 材料产生屈服现象时的最小应力               |
|      | $\sigma_{0.2}$    | 条件屈服强度 | Pa                | 试样产生 0.2% $L_{0.2}$ 塑性变形时的应力 |
|      | $\sigma_b$        | 抗拉强度   | Pa                | 材料在拉断前承受的最大应力                |
| 塑性   | $\delta$          | 延伸率    | %                 | 试样拉断后的标距长度的延伸量与原标准长度比值的百分率   |
|      | $\psi$            | 断面收缩率  | %                 | 试样拉断后,横截面积的缩减量与原横截面积比的百分率    |
| 硬度   | HBS(W)            | 布氏硬度   | —                 | 试验载荷除以压痕球形表面积所得的商            |
|      | HRC<br>HRB<br>HRA | 洛氏硬度   | —                 | 根据压痕深度确定的值                   |
|      | HV                | 维氏硬度   | —                 | 试验载荷除以压痕表面积所得的商              |
|      | $a_K$             | 冲击韧性   | J/cm <sup>2</sup> | 冲击功除以试样缺口处横截面积的商             |
| 抗疲劳性 | $\sigma_{-1}$     | 疲劳强度   | Pa                | 金属经受多次交变载荷作用而不被破坏的最大应力       |

## 二、工艺性能

金属的工艺性能是指金属材料在加工过程中,在指定的冷、热加工条件下的适应能力。包括铸造性、可锻性、可焊性和切削加工性。

### 1. 铸造性

铸造性指金属材料能否用铸造方法,生产优良铸件的性能。铸造性的好坏,主要看液态金属的流动性如何,凝固时会产生偏析和缩孔等几个方面。凡是液态金属的流动性好,凝固时收缩性小,偏析倾向小的金属则其铸造性好。铸铁的铸造性优于钢的铸造性。

### 2. 可锻性

可锻性是指金属材料在压力加工过程中,可以获得优良锻件的性能。金属的可锻性与它的塑性和变形抗力有关。变形抗力愈小,塑性愈高,则材料的可锻性愈好。金属的可锻性与含碳量有关。铸铁的可锻性很差,一般不能锻造。

### 3. 可焊性

可焊性指是否可用焊接方法焊成优良接头的性能。金属的可焊性好坏,与金属的化学成分、焊接方法、焊接工艺有关。

### 4. 切削加工性

切削加工性指金属是否可用各种切削方法获得优良工件的性能。切削加工性好的金