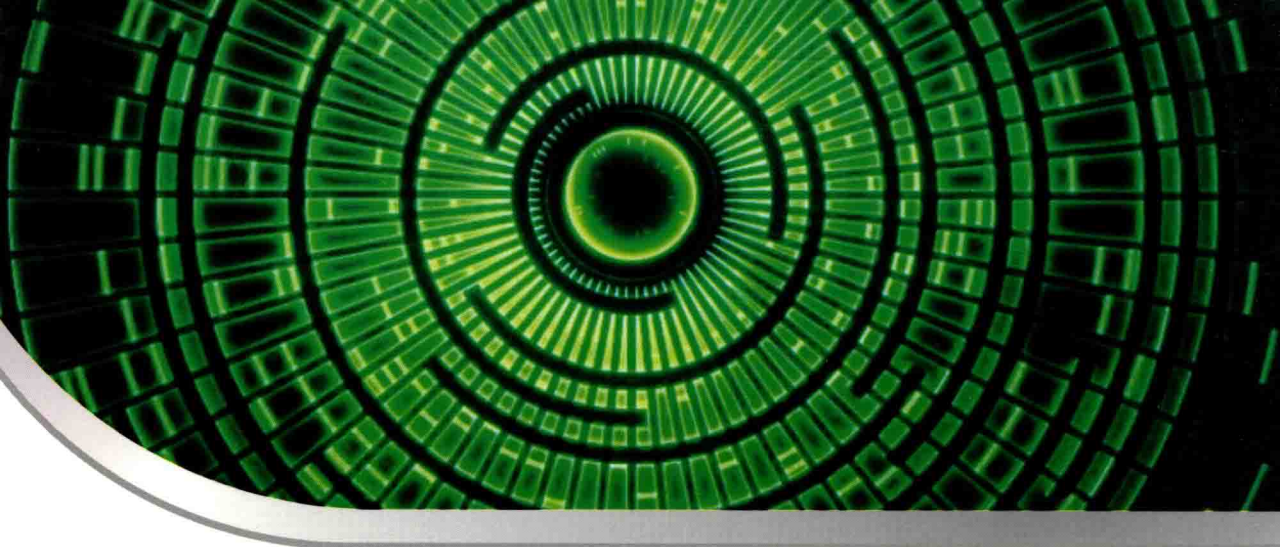




Jinshu Cailiao
Yu Rechuli



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

金属材料 与热处理

主 编 ▲ 周登攀 唐红春 王海叶

 华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

金属材料 与热处理

Jinshu Cailiao Yu Rechuli

▲主 编 周登攀 唐红春 王海叶

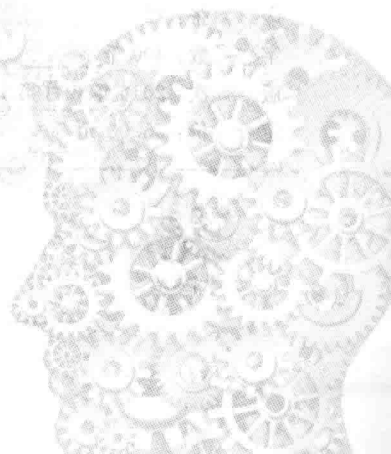
▲副主编 陈 琳 言 帆



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉



图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理/周登攀,唐红春,王海叶主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.6
ISBN 978-7-5680-1912-5

I. ①金… II. ①周… ②唐… ③王… III. ①金属材料-高等职业教育-教材 ②热处理-高等职业教育-教材 IV. ①TG14 ②TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 130217 号

金属材料与热处理

Jinshu Cailiao yu Rechuli

周登攀 唐红春 王海叶 主编

策划编辑:张毅

责任编辑:徐桂芹

封面设计:原色设计

责任监印:朱玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录排:武汉楚海文化传播有限公司

印刷:武汉科源印刷设计有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:12

字数:300千字

版次:2016年6月第1版第1次印刷

定价:35.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

随着现代工业的发展,金属材料在工业、农业和日常生活等领域的应用越来越广泛,质量要求越来越高。在生产中,需要对材料的成分、性能、组织结构、热处理工艺之间的关系和变化规律,以及零件选材与材料应用等专业知识进行了解和掌握。为此,编者参考了大量国内外有关方面的专著和最新技术资料,整理编写了此书。

本书以材料的成分、加工工艺、组织结构与性能之间的关系为主线,重点介绍材料的本质,提出有关的理论,并说明材料结构是如何与其成分、加工工艺、性能及应用相联系的。目前,钢铁材料是工业生产中用量最大、应用最广的金属材料。故该课程工程材料部分的重点内容主要是钢铁材料,如钢的热处理、工业用钢、铸铁等。本课程的主要目的是培养学生分析材料成分、性能、组织结构、热处理工艺之间的关系和变化规律的能力,使学生会根据零件进行选材,并掌握相关材料的应用范围。把提高学生能力放在突出位置,符合高职高专人才培养目标的要求。

《金属材料与热处理》具有很强的实践性,因此,在教学过程中可以采用理论结合实际、带领学生到车间参观等教学方法,通过学生在车间的生产实习、对生活中机械产品的认识,以及对机械行业的大体了解,让《金属材料与热处理》的内容与之对接,从而提高学生的学习动力。

本书以“必需、够用”为度,着重解决实际问题,力求做到理论联系实际。本书内容遵循循序渐进的规律,并力求使复杂的问题简单化,使抽象的内容形象化,以激发学生的学习兴趣,提高教学效果。

本课程采用课堂讲授与学生实训相结合的教学方式,以教师的课堂讲授与学生的课后复习、练习及实践作为一个完整的教学过程。学生课后学习的时间不能少于课堂时间的两倍。本书参考学时为40学时,学时分配建议如下。

章节内容	课堂讲授、实训(学时)
第1章 钢铁生产	2
第2章 材料的力学性能	4
第3章 金属的结构与结晶	6
第4章 铁碳合金	6
第5章 钢的热处理	6
第6章 工业用钢	4
第7章 铸铁	4
第8章 有色金属	4
第9章 非金属材料	4
合计	40

本书由周登攀(长江工程职业技术学院)、唐红春(武汉工程职业技术学院)、王海叶(武汉工程职业技术学院)担任主编,由陈琳(长江工程职业技术学院)、言帆(长江工程职业技术学院)担任副主编。具体分工如下:第1章由言帆编写;第2章由陈琳编写;第3章、第8章和第9章由周登攀编写;第4章和第5章由唐红春编写;第6章和第7章由王海叶编写;全书由周登攀负责统稿和修改。

武汉工程职业技术学院汪超教授对本书进行了审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校金属材料与热处理课程的教材,也可供从事金属材料与热处理的工程技术人员参考。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有不当和错误之处,恳请使用本书的教师和广大读者批评指正。

编者

2016年5月

第 1 章 钢铁生产	1
1.1 炼铁	2
1.2 炼钢	3
1.3 钢的浇铸和钢材	4
【知识拓展】	6
【思考与练习】	6
第 2 章 材料的力学性能	7
2.1 基本术语	8
2.2 强度和塑性	8
2.3 硬度	12
2.4 冲击韧性	15
2.5 疲劳强度	16
【知识拓展】	17
【思考与练习】	18
第 3 章 金属的结构与结晶	21
3.1 金属的晶体结构与结晶	22
3.2 合金的晶体结构与二元合金状态图	28
3.3 匀晶相图与共晶相图	32
3.4 包晶相图与共析相图	33
【知识拓展】	34
【思考与练习】	35
第 4 章 铁碳合金	39
4.1 铁碳合金的基本组织与类型	40
4.2 铁碳合金状态图分析	41
4.3 碳含量对铁碳合金平衡组织和性能的影响	45
4.4 Fe-Fe ₃ C 相图在工业生产中的应用	46
【知识拓展】	47
【思考与练习】	48
第 5 章 钢的热处理	53
5.1 钢在加热时的转变	54
5.2 钢在冷却时的转变	57

5.3 钢的普通热处理	62
5.4 钢的表面热处理	68
5.5 热处理新技术及先进工艺简介	72
【知识拓展】.....	74
【思考与练习】.....	74
第6章 工业用钢	81
6.1 碳钢	82
6.2 合金钢	87
6.3 特殊性能钢	100
【知识拓展】	104
【思考与练习】	105
第7章 铸铁	109
7.1 铸铁的分类与石墨化	110
7.2 常用铸铁	112
【知识拓展】	118
【思考与练习】	118
第8章 有色金属	121
8.1 铝及铝合金	122
8.2 铜及铜合金	126
8.3 镁及镁合金	131
8.4 钛及钛合金	132
8.5 轴承合金	135
8.6 粉末冶金与硬质合金	136
【知识拓展】	140
【思考与练习】	141
第9章 非金属材料	145
9.1 工程塑料的特性、分类与应用	146
9.2 复合材料的特性、分类与应用	148
9.3 其他非金属材料	150
【知识拓展】	152
【思考与练习】	153
附录A 金属材料与热处理相关换算表及规范	155
附录B 金属材料与热处理试题	161
参考文献	186

第1章

钢铁生产

1

钢铁工业是指以黑色金属(铁、铬、锰三种金属元素)作为主要开采、冶炼及压延加工对象的工业产业。现代钢铁工业是一个庞大的工业生产系统,主要包括采矿、选矿、烧结球团、焦化、炼铁、炼钢连铸、轧钢等,另外还包括机修、动力、运输、制氧等。目前,钢铁工业已是相当成熟的传统制造业。

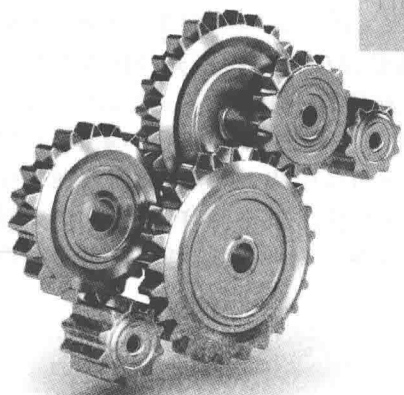
自然界中的铁都以氧化物形式存在,当含铁氧化物中的铁含量达到一定量时,该含铁氧化物便具有冶炼价值,称为铁矿石。炼铁的主要任务就是要把铁矿石中的铁从氧化物中还原出来。炼铁的人炉原料是铁矿石、焦炭和熔剂。炼钢的主要任务就是按照所炼钢种的质量要求将炼钢原料(生铁、废钢)熔化,通过氧化作用及加入铁合金将其中的碳、锰、硫、磷及其他元素的含量调整到规定的范围并达到一定的出钢温度准备浇铸。

知识要点

- (1) 生铁中含有的元素,其中哪些是有害元素?
- (2) 炼铁原料和炼铁过程。
- (3) 炼钢原料和炼钢过程。
- (4) 炼钢的几种方法。
- (5) 镇静钢和沸腾钢的特点。
- (6) 钢的浇铸方法及其特点。

学习目标

- (1) 掌握生铁中含有的元素,并掌握其中哪些是有害元素。
- (2) 了解炼钢生铁和铸造生铁的区别和应用。
- (3) 了解炼钢的实质及炼钢的方法。
- (4) 了解镇静钢和沸腾钢的特点。
- (5) 掌握钢的浇铸方法及其特点。
- (6) 了解常用的钢材品种。



1.1 炼 铁

炼铁是从铁矿石中提取铁及其他有用元素的过程。

一、炼铁原料

炼铁的主要原料是铁矿石、焦炭和熔剂。铁矿石的主要成分是 Fe_2O_3 (赤铁矿) 或 Fe_3O_4 (磁铁矿), 常用的熔剂是石灰石 (CaCO_3)。

二、炼铁过程

炼铁的实质是还原过程。炼铁的基本过程: 将铁矿石、焦炭和熔剂按一定比例由装料机构装入炉内, 同时从环形风管通过风口向炉缸吹入热风, 焦炭燃烧, 产生高温和大量的 CO 气体, CO 气体上升与铁矿石接触, 使含铁的氧化物被还原成纯铁。在高温下, 纯铁逐渐吸收碳和少量硅、锰、磷、硫等杂质元素, 成为熔点较低的铁液 (即生铁), 铁液从出铁口流出, 熔渣浮在铁液上面, 从出渣口排出。

炼铁是在高炉中进行的, 高炉的结构示意图如图 1-1 所示。

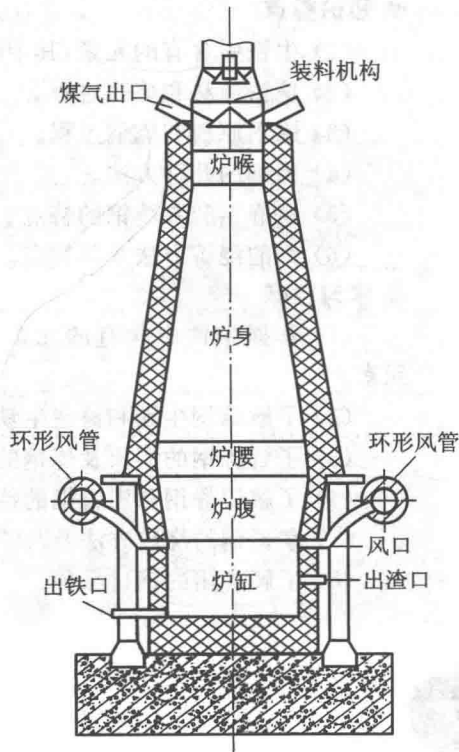


图 1-1 高炉的结构示意图

三、高炉产品

高炉产品主要有铸造生铁与炼钢生铁。

铸造生铁含硅量较高,硬度较低,断口呈灰色,主要作为铸造生产的原料,又称灰口生铁。

炼钢生铁含硅量较低,硬度高,断口呈白色,主要作为炼钢原料,又称白口生铁。

1.2 炼 钢

炼钢是通过氧化、造渣等方法,将生铁中的碳和各种杂质元素的含量减小到规定的成分要求的过程。炼钢的实质是氧化过程。图 1-2 所示为钢厂,图 1-3 所示为炼钢车间。

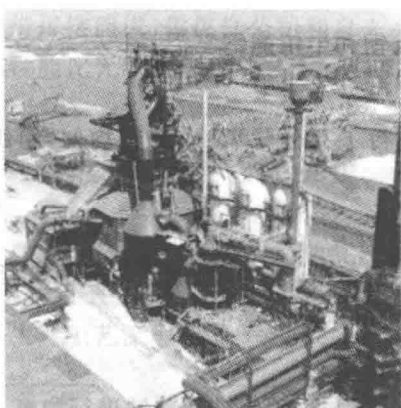


图 1-2 钢厂

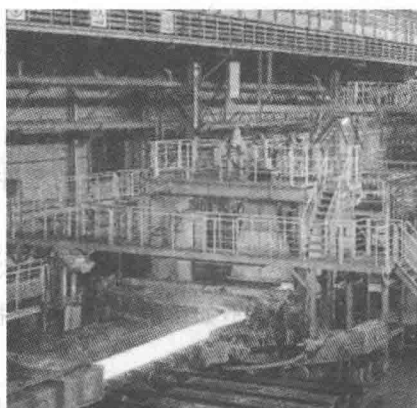


图 1-3 炼钢车间

一、炼钢原料

炼钢的主要原料有生铁和废钢,此外还有熔剂(石灰石、萤石)、氧化剂(铁矿石)、脱氧剂(铝、硅铁、锰铁)等。

二、炼钢方法

炼钢方法主要有氧气转炉炼钢法、电炉炼钢法和平炉炼钢法三种。

目前,应用最广泛的炼钢方法是氧气转炉炼钢法。氧气转炉的结构示意图如图 1-4 所示。采用该方法炼钢时,按合理比例向装于炉内的铁液中加入一定量的废钢和熔剂(CaO 等),由吹氧管吹入氧气,将铁液中的部分碳、锰、硅、磷等元素氧化成氧化物,以气体(CO)和炉渣的形式排出。加入的熔剂使磷和混入铁液中的硫形成磷酸钙,以炉渣的形式排出。 CO 气体逸出时,使钢液搅拌剧烈,有利于排出其他有害气体和夹杂物。钢液中杂质被氧化的同时,大量的铁也被氧化,生成 FeO 。 FeO 会降低钢

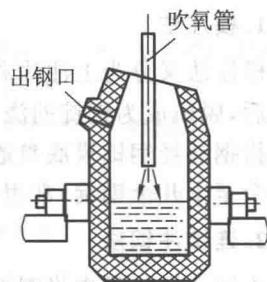


图 1-4 氧气转炉的结构示意图

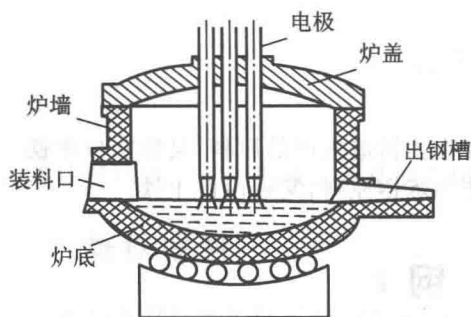


图 1-5 电弧炉的结构示意图

的力学性能,因此,在炼钢后期要进行脱氧,即向钢液中加入硅铁、锰铁、铝等脱氧剂,以除去 FeO 中的氧。

电炉炼钢法采用的电炉主要有两种:电弧炉和感应电炉,其中电弧炉应用较广。电弧炉的结构示意图如图 1-5 所示。通电后,电极与炉料间产生电弧热,使炉料熔化,向炉内吹入氧气或加入铁矿石,使金属液中的碳和杂质被氧化。当碳和杂质的含量,以及温度都达到脱氧、去磷的要求时,再向炉内加入适量的熔剂,以达到脱氧、去磷等目的。

三、镇静钢、沸腾钢与半镇静钢

按钢液脱氧程度的不同,钢可分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢三类。

1. 镇静钢

镇静钢是指钢液在浇铸前用锰铁、硅铁和铝进行了充分脱氧,成分较均匀,组织较致密的钢。镇静钢一般用于机械性能要求较高的零件。

2. 沸腾钢

沸腾钢是指钢液在浇铸前仅用锰铁进行不完全脱氧的钢。沸腾钢的组织不致密,机械性能不均匀,冲击韧性差,质量不如镇静钢,常用于机械性能要求不高的零件。

3. 半镇静钢

半镇静钢是脱氧过程介于镇静钢和沸腾钢之间的钢,采用锰铁和硅铁进行脱氧。其质量也介于二者之间,可代替部分镇静钢,一般不适于做重要零件。

1.3 钢的浇铸和钢材

一、钢的浇铸

钢的浇铸方法有模注法和连续注钢法两种。

1. 模注法

模注法又分为上注法和下注法两种。上注法是指将钢液从钢锭模顶端直接浇入模内,钢液冷凝后,脱模成为钢锭的浇铸方法。采用此法,一次浇铸成一个钢锭,常用作锻造用钢锭。下注法是指钢液经钢锭模底盘通道,从模底流入模内的浇铸方法。下注法的生产率高,一次可浇铸成一个至十几个钢锭,常用作轧制用钢锭。

2. 连续注钢法

连续注钢法是指将钢液经中间罐注入结晶器,钢液迅速冷却凝固,再从结晶器下端将其拉出,经再次冷却和进行矫直后,切割成一定长度的钢坯供轧制用的浇铸方法。此法的生产率高,

改善了劳动条件,钢坯质量好,成本低,是一种先进的浇铸方法,应用广泛。

二、钢材

冶炼后的钢液,除少数直接浇铸成铸钢件外,大部分要浇铸成钢锭。钢液浇铸成钢锭后,还不便使用,通常要经过轧制、冷拉等压力加工方法将其制成各种规格的钢材。常用的钢材有板材、管材、型材和线材四个品种。

1. 板材

板材一般分为厚板和薄板。厚度 4~60 mm 的为厚板,常用于船、锅炉和压力容器的制造;厚度 4 mm 以下的为薄板,它又分为冷轧板和热轧板两种。

2. 管材

管材分为无缝钢管和有缝钢管(如焊接钢管等)两种。无缝钢管用于石油、化工等行业;有缝钢管用钢带焊接而成,供煤气公司和自来水公司等使用。有缝钢管的生产率高,成本低,但其质量和机械性能比无缝钢管稍差。

3. 型材

常用的型材有方钢、圆钢、扁钢、角钢。复杂截面的型材有工字钢、槽钢、T 字钢等。

4. 线材

线材一般用直径为 6~9 mm 的热轧线材再经拉拔而制成。高碳钢丝用于制作小弹簧或钢丝绳,低碳钢丝用于捆绑或编织等。

钢铁的生产工艺流程如图 1-6 所示。

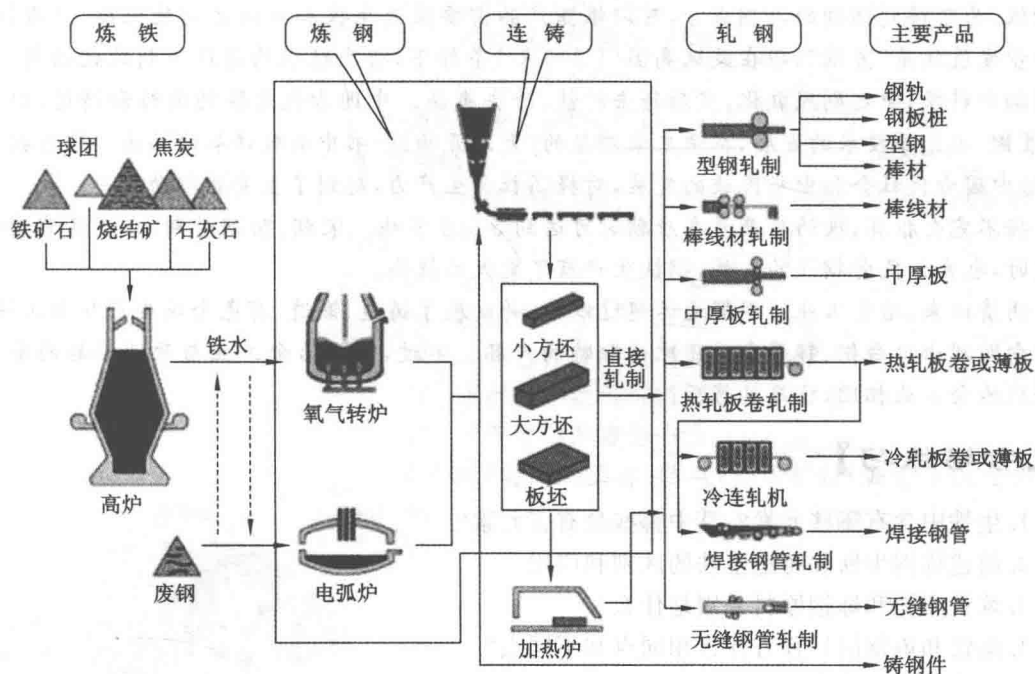


图 1-6 钢铁的生产工艺流程

【知识拓展】

中国古代冶金史

中国很早就掌握了冶金制钢的技术,是首先使用铸铁和用生铁炼钢的文明古国,在钢铁冶炼技术上有着悠久而灿烂的历史。

中国早在春秋战国时期就有冶炼、铸造并使用生铁的历史,这已为大量出土的文物所证明,如河南辉县固围村的战国墓中,就出土过铁锄、铁斧等农具、工具 90 余件。而且从古籍中,也可找到当时已进入铁器时代的记载,如司马迁在《史记·货殖列传》中记载了战国晚期中国炼铁工业的盛况和几个有名的“炼铁巨子”,可见战国晚期中国冶炼业的盛况。

到了汉代,中国炼铁业实行官营,冶炼技术和炼铁点的分布,都有了很大的进展。汉代在炼铁、铸铁的同时,还发展了制钢技术和锻钢技术。百炼钢技术是中国古代的一种锻钢工艺,其主要特点是将生铁熔化脱碳成钢,再经过反复加热锻打成钢刀。反复折叠锻打,可以去除夹杂,细化晶粒,使组织变得致密,提高韧性。

到了三国和晋朝时期,百炼钢技术已经比较成熟了。百炼钢的原料主要是“炒钢”,“炒钢”技术发展于西汉末年。“炒钢”的原料是生铁,把生铁加热到液态并不断地搅拌,靠鼓风或加入精矿粉,使铁中的碳被氧化,将碳含量降到钢的成分范围。炒钢的工艺过程是先炼生铁后炼钢,这是近代两步炼钢的开始,在炼钢技术上有划时代的意义。

南北朝以后,中国推广了“灌钢”和“苏钢”的技术。“灌钢”是将生铁和熟铁混在一起冶炼而成的,可以用作刀剑的锋刃,是一种碳含量较高、质量较好的钢。生铁中碳含量高,而熟铁中碳含量低,为了得到预期的灌钢成分,可以根据产品需要改变生铁和熟铁之间的配比。“灌钢”的进一步发展就是“苏钢”,即在鼓风高温(1300°C)条件下,将生铁水均匀地滴到软化的料铁上,不断翻动料铁,使之剧烈氧化,然后锤击料铁,除去夹杂。中国古代生铁的冶炼和铸造,以及炒钢、灌钢、苏钢等技术的发展,在明末宋应星的《天工开物》一书中有较详尽的描述。这些技术成就,对中国古代社会和中华民族的发展,对提高社会生产力,起到了重要的推动作用。

据不完全推算,铁的年产量在唐朝时可达 5 000 多吨。宋朝、明朝时期,在发展官营钢铁的同时,也允许民营钢铁的发展,钢铁生产有了更大的提高。

明清以来,冶金工业的规模远远超过以前,并发展了铸造、锻造、有色金属生产和加工技术,开始向欧洲出口白铜、锌等当时还比较独特的产品。不过,清代冶金工业与欧洲崛起的资本主义近代冶金工业相比,已日见落后。

【思考与练习】

1. 生铁中含有哪些元素? 其中哪些是有害元素?
2. 简述炼钢生铁和铸造生铁的区别和应用。
3. 炼铁原料和炼钢原料分别是什么?
4. 炼铁和炼钢的过程有什么相同点和不同点?
5. 钢的浇铸方法有哪几种? 分别有什么特点?
6. 什么是镇静钢? 什么是沸腾钢? 它们有什么特点?

2

第2章 材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力或机械能的作用下,所表现出来的一系列力学特性,如强度、刚度、塑性、韧性、弹性、硬度等,及在高低温、腐蚀、表面介质吸附、冲刷、磨损、空蚀(氧蚀)、粒子照射等力或机械能不同程度结合作用下所表现出来的性能。力学性能反映了金属材料在各种形式的外力作用下抵抗变形或破坏的某些能力,是选用金属材料的重要依据。充分了解、掌握金属材料的力学性能,对于合理地选择、使用材料,充分发挥材料的作用,制定合理的加工工艺,保证产品质量有着极其重要的意义。

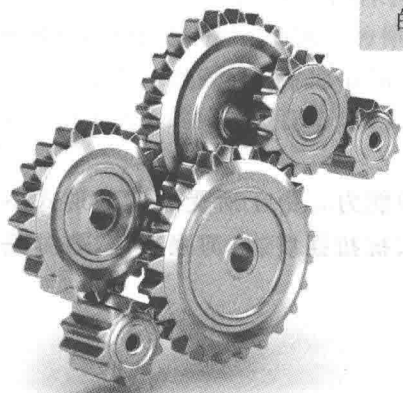
本章主要介绍了金属材料的力学性能指标的种类、含义、适用范围。在学习过程中,应善于对各种力学性能指标进行归纳总结,并准确理解有关金属力学性能的概念、衡量指标及适用范围。

知识要点

- (1) 材料的力学性能指标。
- (2) 各种力学性能指标的概念和意义。
- (3) 拉伸试验的过程。
- (4) 各种硬度的测试方法。
- (5) 冲击试验方法。
- (6) 各种力学性能指标的应用。

学习目标

- (1) 掌握强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度等指标的基本含义。
- (2) 了解拉伸试验的测定原理。
- (3) 理解力-伸长曲线的四个阶段。
- (4) 了解各种硬度之间的经验换算。
- (5) 了解测定金属材料韧性的试验原理。
- (6) 了解金属的疲劳曲线。
- (7) 掌握强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度等指标的应用。



◀ 2.1 基本术语 ▶

一、载荷

金属材料在加工和使用过程中都要承受不同形式的外力的作用,这种外力称为载荷。根据载荷的性质、零件受力情况的不同,可将载荷分为静载荷和动载荷两类。

1. 静载荷

静载荷是指大小不变或变化缓慢的载荷,如机床床头箱对床身的压力、钢索的拉力等。

2. 动载荷

动载荷包括冲击载荷和交变载荷,如空气锤锤杆所受的冲击力,齿轮、曲轴、弹簧等零件所承受的大小与方向随时间而变化的载荷等。

二、变形

金属材料受到载荷作用时会引起零部件形状和尺寸的变化,这种变化称为变形。变形包括弹性变形和塑性变形,当变形超过某一限度时,就会导致断裂。

1. 弹性变形

弹性变形是指金属材料随着载荷的作用而产生,随着载荷的去除而消失的变形。

2. 塑性变形

塑性变形是指金属材料随着载荷的作用而产生,随着载荷的去除不能完全消失的变形。

三、应力

无论何种金属材料,其内部原子之间都存在相互平衡的原子结合力。金属材料受外力作用时,原来的平衡状态受到破坏,金属材料中任何一个小单元与其邻近的各小单元之间会诱发新的力,这种力称为内力。金属材料单位截面上的内力,称为应力。

◀ 2.2 强度和塑性 ▶

一、强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。由于所受载荷的形式不同,金属材料的强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度、抗剪强度等,各种强

度之间有一定的联系。一般情况下,多以静载荷作用下的抗拉强度作为判别金属材料强度高低的指标。

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。拉伸试验的方法是用静拉伸力对标准试样进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长量,直至断裂为止。根据测得的数据,即可得出有关的力学性能。

1. 拉伸试样

为了使金属材料的力学性能指标在测试时能排除因试样形状、尺寸的不同而造成的影响,并便于分析比较,试验时应先将被测金属材料制成标准试样。图 2-1 所示为圆形拉伸试样。

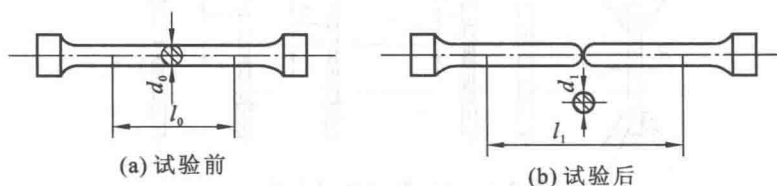


图 2-1 圆形拉伸试样

图 2-1 中, d_0 为试样的直径, l_0 为标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($l_0 = 10d_0$)和短试样($l_0 = 5d_0$)两种。

2. 力-伸长曲线

拉伸试验中记录的拉伸力与伸长量的关系曲线称为力-伸长曲线,也称为拉伸曲线。图 2-2 所示为低碳钢的力-伸长曲线,其中:纵坐标表示力 F ,单位为 N ;横坐标表示绝对伸长量 Δl ,单位为 mm 。由图 2-2 可知,低碳钢在拉伸过程中,其载荷与变形的关系可分为以下几个阶段。

1) 弹性变形阶段(op)

当载荷不超过 F_p 时,拉伸曲线为直线,即试样的伸长量与载荷成正比,试样产生弹性变形。 F_p 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大拉伸力。

2) 塑性变形阶段(pe)

当载荷超过 F_p 后,试样将进一步伸长,此时,若卸除载荷,试样的变形不能完全消失,而是保留一部分残余变形,试样开始产生塑性变形。

3) 屈服阶段(em)

当载荷达到 F_e 时,拉伸曲线出现了水平或锯齿形线段,这表明在载荷基本不变的情况下,试样却继续变形,这种现象称为屈服。引起试样屈服的载荷称为屈服载荷。

4) 缩颈阶段(mz)

当载荷超过 F_e 后,试样的伸长量与载荷以曲线关系上升,但曲线的斜率比 op 段的斜率小,即载荷的增加量不大,而试样的伸长量却很大,这表明在载荷超过 F_e 后,试样已开始产生大量的塑性变形。当载荷继续增加到某一最大值 F_m 时,试样的局部截面缩小,产生所谓的缩颈现象。由于试样的局部截面逐渐缩小,故载荷也逐渐降低,当达到拉伸曲线上 z 点时,试样随即断裂。

在试样产生缩颈以前,由载荷所引起的试样的伸长,基本上是在整个试样的标距长度内发生的,属于均匀变形;缩颈后,试样的伸长主要发生在颈部的一段长度内,属于集中变形。

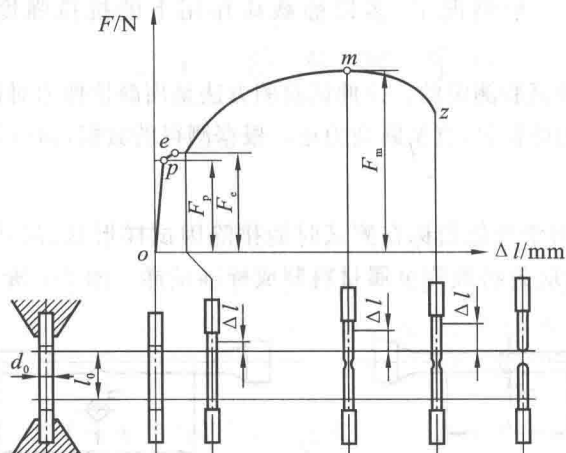


图 2-2 低碳钢的力-伸长曲线

许多金属材料没有明显的屈服现象,有些脆性材料不但没有屈服现象,而且也不产生缩颈现象,如铸铁等。

3. 强度指标

强度指标是用应力来表示的,主要有屈服强度和抗拉强度。

1) 屈服强度

屈服强度是使材料产生屈服现象时的最小应力,屈服强度分为上屈服强度和下屈服强度,分别用 R_{eH} 和 R_{eL} 表示。

上屈服强度的计算公式为

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} \quad (2-1)$$

式中: R_{eH} ——上屈服强度,使试样产生屈服而载荷首次下降前的最高应力,MPa;

F_{eH} ——上屈服载荷,使试样产生屈服而载荷首次下降前的最高载荷,N;

S_0 ——试样的原始横截面积,mm²。

下屈服强度的计算公式为

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \quad (2-2)$$

式中: R_{eL} ——下屈服强度,即在屈服期间的恒定应力或不计初始瞬间时效的最小应力,MPa;

F_{eL} ——下屈服载荷,即在屈服期间的恒定载荷或不计初始瞬间时效的最小载荷,N;

S_0 ——试样的原始横截面积,mm²。

一般常用的屈服强度指标与旧标准中的 σ_s 含义相同。

对于低塑性材料或脆性材料,按照国家标准《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》(GB/T 228.1—2010)的规定,下屈服强度可用规定残余延伸强度 $R_{r0.2}$ 表示。 $R_{r0.2}$ 表示卸载后,试样的规定残余伸长率达到0.2%时所对应的应力,其计算公式为

$$R_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{S_0} \quad (2-3)$$