

高 职 高 专 规 划 教 材

JINSHUXUE

金属学

艾星辉 宋海武 王 燕 甄维静 王 伟 编著



冶金工业出版社
<http://www.cnmp.com.cn>

高职高专规划教材

金 属 学

艾星辉 宋海武 王 燕 甄维静 王 伟 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2009

内 容 提 要

本书内容包括金属的性能、金属学基础知识、钢的热处理及钢铁材料等部分。书中阐述了金属的力学性能、物理性能、化学性能、工艺性能及有关测试方法;着重讨论了金属及其合金结晶的一般规律和相图;简要说明了金属塑性变形理论;分析了钢的热处理及合金元素在钢中的作用;比较详细地介绍了钢与铸铁的分类、牌号、性能与用途。本书适合作为高校冶金工程、轧钢、铸造、焊接等专业的教学用书,也适用于与钢铁专业有关的各技术工种的岗位培训,对科技人员有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

金属学/艾星辉等编著. —北京:冶金工业出版社,2009. 2
高职高专规划教材
ISBN 978-7-5024-4821-9

I. 金… II. 艾… III. 金属学—高等学校:技术学校—教材 IV. TG11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 014344 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 王雪涛 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4821-9

北京兴顺印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009 年 2 月第 1 版,2009 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;24 印张;575 千字;368 页;1-3000 册

49.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是按照2008年有关力学性能和钢铁材料的国家新标准以及冶金行业高等职业教育、冶金工程教学计划中的《金属学》教学大纲编写的,结合了钢铁生产企业的钢种及其检验手段。内容包括金属的性能、金属学基础知识、钢的热处理及钢铁材料等四部分共9章。书中阐述了金属的性能及有关测试方法;着重讨论了金属及其合金结晶的一般规律和相图;简要说明了金属塑性变形理论;分析了钢的热处理及合金元素在钢中的作用;比较详细地介绍了钢与铸铁的分类、牌号、性能与用途。附录中收录了钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备、国内外常用钢钢号对照表、产品名称、用途、特性和工艺方法表示符号、钢板的命名方法等资料。

《金属学》对高等职业教育冶金、轧钢、铸造、焊接等专业来说,是一门专业基础课。本书适合作为高职院校冶金工程、轧钢、铸造、焊接等专业的教学用书,还适用于与钢铁有关的各技术工种的岗位培训,对科技人员有一定的参考价值。

本书由唐山科技职业技术学院艾星辉主编。绪论、第3章、第4章、第5章、第8章、第9章由艾星辉编写;第1章由唐山钢铁公司技术中心宋海武高级工程师编写;第2章由唐山科技职业技术学院王燕编写;第6章由唐山科技职业技术学院王伟编写;第7章由唐山科技职业技术学院甄维静编写;全书由唐山钢铁公司技术中心宋海武和河北理工大学冯运丽教授审稿。

本书在编写过程中,参考和引用了专家学者的论著、国家标准、图书及网站资料,在此对其作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限,疏漏与不足在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2008年11月

目 录

绪论	1
1 金属的性能	4
1.1 金属的力学性能	4
1.1.1 强度	5
1.1.2 塑性	11
1.1.3 硬度	12
1.1.4 韧性	21
1.1.5 疲劳强度	24
1.1.6 弯曲性能	26
1.1.7 力学性能	29
1.2 金属的物理性能和化学性能	30
1.2.1 物理性能	30
1.2.2 金属的化学性能	32
1.3 金属的工艺性能	32
1.3.1 铸造性能	33
1.3.2 锻造性能	33
1.3.3 焊接性能	33
1.3.4 切削加工性能	33
思考题	34
2 金属的晶体结构及结晶	36
2.1 金属的晶体结构	36
2.1.1 金属特性与金属键	36
2.1.2 晶体的基本概念	37
2.1.3 金属中常见的晶格类型	37
2.1.4 晶面与晶向	40
2.2 实际金属的晶体结构及其对性能的影响	42
2.2.1 多晶体的几个基本概念	42
2.2.2 晶体缺陷及其对性能的影响	43
2.3 纯金属的结晶及其基本规律	45
2.3.1 热分析实验与冷却曲线	46
2.3.2 金属结晶的过冷现象	46
2.3.3 金属的结晶过程	47

2.3.4 金属结晶的热力学条件	47
2.3.5 金属结晶的结构条件	48
2.3.6 晶核的形成	50
2.3.7 晶核长大	57
思考题	65
3 合金的结构及相图	67
3.1 合金的基本知识	67
3.1.1 合金的基本概念	67
3.1.2 合金的相结构	67
3.2 二元合金相图的建立	69
3.2.1 二元合金相图的表示方法	70
3.2.2 二元合金相图的测绘方法	70
3.3 二元匀晶相图	71
3.3.1 相图分析	71
3.3.2 杠杆定律	72
3.3.3 合金的结晶过程分析	73
3.3.4 固溶体的不平衡结晶	73
3.3.5 成分过冷及其对晶体成长形状的影响	76
3.4 二元共晶相图	78
3.4.1 相图分析	78
3.4.2 合金的结晶过程分析	79
3.4.3 密度偏析(区域偏析)	82
3.4.4 不平衡结晶及组织	82
3.5 其他相图	84
3.5.1 包晶相图	84
3.5.2 形成稳定化合物的相图	85
3.6 二元相图的分析和使用	86
3.6.1 相图分析步骤	86
3.6.2 应用相图时要注意的问题	86
3.6.3 根据相图判断合金的性能	87
3.7 铸锭的组织	89
3.7.1 铸锭三晶区的形成	89
3.7.2 铸锭组织的控制	91
思考题	93
4 铁碳合金	96
4.1 铁碳合金的组元及基本相	96
4.1.1 纯铁	96

4.1.2 渗碳体	98
4.2 Fe-Fe ₃ C 相图分析	99
4.2.1 相图中的点、线、区及其意义	99
4.3 铁碳合金的平衡结晶过程及组织	102
4.3.1 工业纯铁	103
4.3.2 共析钢	103
4.3.3 亚共析钢	104
4.3.4 过共析钢	106
4.3.5 共晶白口铁	107
4.3.6 亚共晶白口铁	107
4.3.7 过共晶白口铁	109
4.4 碳含量对铁碳合金平衡组织和性能的影响及铁碳相图的应用	109
4.4.1 碳含量对平衡组织的影响	109
4.4.2 碳含量对力学性能的影响	111
4.4.3 碳含量对工艺性能的影响	112
4.4.4 铁碳合金相图的应用	114
4.5 连铸钢坯组织与缺陷	115
4.5.1 铸坯低倍结构特征	115
4.5.2 铸坯结构的控制	115
4.5.3 铸坯及钢材的缺陷	117
思考题	123
5 金属塑性变形与再结晶	125
5.1 金属的塑性变形	125
5.1.1 单晶体的塑性变形	126
5.1.2 多晶体的塑性变形	129
5.2 合金的塑性变形	130
5.2.1 固溶体合金的塑性变形特点	131
5.2.2 复相合金的塑性变形特点	131
5.3 冷塑性变形对金属性能与组织的影响	132
5.3.1 冷塑性变形对金属性能的影响	132
5.3.2 冷塑性变形对金属组织结构的影响	133
5.3.3 产生内应力	135
5.4 冷变形金属在加热时的变化	135
5.4.1 回复	135
5.4.2 再结晶	136
5.4.3 晶粒长大	137
5.5 金属的热塑性变形(热变形加工)	137
5.5.1 热变形加工与冷变形加工的区别	137

5.5.2 热变形加工对金属组织与性能的影响	138
思考题	140
6 三元合金相图	142
6.1 三元合金相图的表示方法	142
6.1.1 成分三角形	142
6.1.2 成分三角形中具有特定意义的直线	142
6.2 三元系平衡相的定量法则	143
6.2.1 直线法则和杠杆定律	144
6.2.2 重心法则	144
6.3 三元匀晶相图	145
6.3.1 相图的空间模型	145
6.3.2 固溶体合金的结晶过程	145
6.3.3 等温截面(水平截面)	146
6.3.4 变温截面(垂直截面)	147
6.3.5 投影图	149
6.4 组元在固态下完全不溶的三元共晶相图	149
6.4.1 相图的空间模型	149
6.4.2 等温截面	152
6.4.3 变温截面	153
6.4.4 投影图	154
6.4.5 合金的结晶过程及组织	155
6.5 三元合金相图实例分析	156
6.5.1 Fe-C-Si 三元系的变温截面	156
6.5.2 Fe-C-Cr 三元系的等温截面	158
6.5.3 Fe-C-Cr 三元系的变温截面图	159
6.5.4 Fe-Cr-Ni 投影图	160
6.5.5 CaO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ 三元系投影图	160
思考题	161
7 钢的热处理	163
7.1 钢在加热时的转变	163
7.1.1 相变点	163
7.1.2 钢的奥氏体化	164
7.1.3 奥氏体化的影响因素	164
7.1.4 奥氏体晶粒长大	165
7.2 钢在冷却时的转变	166
7.2.1 过冷奥氏体的等温转变	167
7.2.2 等温转变图的应用	172

7.3 钢的退火与正火	172
7.3.1 退火	173
7.3.2 正火	175
7.4 钢的淬火	176
7.4.1 淬火加热温度	176
7.4.2 冷却介质	176
7.4.3 淬火方法	177
7.4.4 钢的淬透性与淬硬性	178
7.4.5 淬火缺陷及防止措施	179
7.5 钢的回火	184
7.5.1 淬火钢在回火时组织与性能的变化	184
7.5.2 回火的分类及应用	185
7.6 钢的表面热处理	185
7.6.1 表面淬火	185
7.6.2 钢的化学热处理	186
7.7 钢的形变热处理及其他方法	187
7.7.1 形变热处理	187
7.7.2 时效处理	188
7.7.3 强韧化处理	189
7.7.4 控制轧制、控制冷却技术	189
思考题	195
8 钢	197
8.1 钢及其分类	197
8.1.1 按化学成分分类	197
8.1.2 按主要质量等级和主要性能及使用特性分类	198
8.2 钢号表示方法	202
8.2.1 非合金钢	203
8.2.2 合金钢	204
8.2.3 低合金钢	205
8.2.4 普通及机械结构用钢板中常见的日本牌号	205
8.2.5 我国及日本硅钢片牌号表示方法	206
8.3 常存及残余元素对钢性能的影响	207
8.3.1 锰和硅的影响	207
8.3.2 硫的影响	207
8.3.3 磷的影响	209
8.3.4 氮的影响	210
8.3.5 氢的影响	210
8.3.6 氧及其他非金属夹杂物的影响	211

8.4 合金元素在钢中的作用	212
8.4.1 合金元素在钢中存在形式	212
8.4.2 合金元素对铁-渗碳体相图的影响	213
8.4.3 合金元素对钢热处理的影响	215
8.4.4 合金元素对钢力学性能的影响	217
8.5 非合金钢	219
8.5.1 以规定最低强度为主要特性的非合金钢	219
8.5.2 以限制碳的质量分数为主要特性的非合金钢	220
8.5.3 非合金工具钢	224
8.5.4 以规定最高强度(或硬度)为主要特性的非合金钢	225
8.6 合金钢	226
8.6.1 机械结构用合金钢	226
8.6.2 不锈钢、耐蚀钢	230
8.6.3 耐热钢和高温合金	242
8.6.4 高温合金	246
8.6.5 耐磨钢	249
8.6.6 工具钢	251
8.6.7 轴承钢	257
8.7 工程结构用合金钢与低合金钢	259
8.7.1 低合金高强度结构钢	259
8.7.2 低合金耐候钢	263
8.7.3 汽车用低合金钢	263
8.7.4 管线钢	268
8.7.5 低温和中温压力容器用钢	272
8.7.6 锅炉用耐热钢	272
8.7.7 铁道用低合金钢	273
8.7.8 混凝土钢筋钢	273
8.7.9 电工硅钢	273
8.7.10 中厚钢板	275
思考题	280
9 铸铁	283
9.1 铸铁的石墨化过程	283
9.1.1 铁碳合金双重相图及石墨化过程	283
9.1.2 铸铁的分类	285
9.2 灰铸铁	286
9.2.1 灰铸铁的化学成分、组织和性能	286
9.2.2 影响灰铸铁组织与性能的因素	287
9.2.3 金相组织的分类与评级	289

9.2.4 灰铸铁的孕育处理	289
9.3 球墨铸铁	289
9.3.1 球墨铸铁金相组织的评级	289
9.3.2 球铁的成分、组织、性能及用途	290
9.4 蠕墨铸铁	291
9.4.1 蠕墨铸铁的组织特点	291
9.4.2 蠕墨铸铁的性能特点	292
9.5 可锻铸铁	293
9.6 合金铸铁	294
9.6.1 耐磨铸铁	294
9.6.2 耐热铸铁	295
9.6.3 耐蚀铸铁	295
思考题	296
附录	298
附录1 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备(GB/T 2975—1998)	298
附录2 数值修约规则(GB8170—87)	307
附录3 平均布氏硬度值计算表	310
附录4 黑色金属硬度及强度换算表(GB/T 1172—1999)	315
附录5 国内外常用钢钢号对照表	321
附录6 钢铁及合金牌号统一数字代号体系(GB/T 17616—1998)	325
附录7 钢的牌号总结	329
附录8 周期表中各元素的晶体结构	333
附录9 产品名称、用途、特性和工艺方法表示符号(GB/T 221—2000)	334
附录10 钢板的命名方法	336
附录11 实验	342
参考文献	368

绪 论

金属材料及金属学的发展概况

在所有应用材料中,凡由金属元素或以金属元素为主形成的,并具有一般金属特性的材料通称为金属材料,它是材料的一大类,是人类社会发展极为重要的物质基础之一。金属学是关于金属材料方面的一门学科,它与金属材料的制造和发展密切相关,两者是相互促进相辅相成的,都是千百年来,广大劳动人民和科学工作者密切合作,经过生产实践和科学实验,反复总结提高而逐步发展和完善起来的,都是人类生产活动的产物,是劳动的结晶。

人类和自然斗争的历史大致可分为两大时代:石器时代和金属时代,而金属时代又分为铜器时代和铁器时代。它标志着人类生产大发展的三个飞跃阶段,也是记载人类文化进展的三个里程碑。

人类由石器时代进入金属时代是以青铜的制造和应用作为重要标志的;由铜器时代进入铁器时代是以铸铁(或生铁)的熔炼和应用而开始的;而由铸铁到炼钢,则又是一个较大的飞跃。青铜曾对古代文明起过非常重要的作用,而钢铁又在近代文明中占据着特殊重要的位置。历史事实表明,自从钢铁的冶炼和应用兴起以后,人类社会生产和科学技术的发展便日益紧密地和钢铁联系在一起,并以前所未有的增长速度迅猛向前发展。进入 20 世纪以后,这种关系表现得更为突出。钢铁的发展促进了科学技术的发展,反过来又促进了钢铁和有色金属材料的发展。50 年代以后,尽管有人认为已开始进入原子或电子时代,各种尖端技术相继涌现,各个生产领域不断革新,但是金属材料的发展不是慢了,而是更迅速地又进入了一个大发展的新阶段,各种新型金属材料也随之大量出现。到目前为止,我国已成为世界上年产钢最多的国家,并且质量和品种的发展也相当快。由此可见,一个国家或一个历史时期,金属材料产量的多少,发展速度的快慢以及质量的高低已经成为衡量其生产水平和科学技术发达程度的重要标志之一。

我国金属材料的发展,据考证早在商朝(公元前 1652 ~ 前 1066 年)初期即已出现高度的青铜文化,可见铜器时代至少应在夏朝就已开始了,如重达 875kg 的司母戊大鼎,不仅体积庞大,而且花纹精巧,造型美观,说明当时人类已具有很高的铸造技术。我国还是生产铸铁最早的国家,公元前 5 世纪 ~ 公元前 4 世纪春秋时期,已出现了铸铁的铸造。特别是战国后期,铸铁件的生产得到了迅速发展。与国外相比,我国铸铁生产比欧洲约早 1000 年。

在热处理技术方面,远在西汉时期就有“水与火合为粹(同淬)”之说,东汉时期则有“清水淬其锋”等有关热处理技术记载。出土的文物如西汉的钢剑、书刀等,经金相检验,发现其内部组织接近于淬火马氏体和渗碳体组织,这说明我国在西汉时期就已相继采用各种热处理方法,并具有相当高的水平。

总之,在金属材料与热处理工艺的发展过程中,我国古代劳动人民表现出了极大的创造力,他们用自己的智慧为这门学科的发展和应用做出了巨大贡献。

金属材料的冶金生产与质量控制

在金属材料由冶炼、铸造、加工、热处理到制作成工件并使用直至报废的整个过程中,每个环

节的各种外界条件,大多都在或大或小、或多或少地影响着那些决定其性能的内在基本因素。

化学成分(包括所谓杂质和夹杂物等)主要是由冶炼和铸造,特别是由冶炼来保证的,冶炼和铸造条件的任何变化都会影响到成分的改变。现代一些新的冶炼和浇注技术,如真空熔炼、真空浇注、氩气保护、电渣重熔以及各种自动化装置和设备的应用,其目的都在于(或主要在于)首先保证材料的规定成分和纯净度,而后再在这个前提下提高产量和生产率。成分的保证还不只限于此,除冶炼和浇注外,在某些情况下,后步工序如各种加工条件和处理条件,有时也会或多或少地改变表层成分。成分是影响金属材料性能的基本因素,对某一具体应用材料来说,成分保证时,它的一些对结构组织不敏感的性能也就保证了。但是成分给定时,组织结构仍然可以随条件而变化,所以成分并不能确保材料的实际结构和实际组织,因而也就不能确定它的那些对结构组织敏感的性能。

组织结构除了受成分制约外,还要由铸造条件、压力加工条件,特别是热处理条件来确定,其他条件,如机械加工、焊接等对其也有影响,有时影响也不小,但只限于工件的表层或局部。此外,在使用过程中,结构组织也会变化,机械零件或其他构件的破坏有不少是由此引发的。由此可见,上述各个环节的工艺参数变量或条件,对结构敏感性能来说是非常重要的。在这里质量控制问题在于,在完成各工艺直接目的的同时,如何确保材料内部所预期的结构组织。这必须首先掌握结构组织的形成和变化规律,才能合理地制定工艺。现代化的各种铸造、加工和热处理等新工艺,以及为适应这些新工艺的各种现代化的设备和装置,已经有可能把保证或改善结构组织、提高质量推到一个崭新的水平上。例如:连续轧制新技术的应用,由于温度、时间、压下量和轧制方向等工艺参数能够按要求进行严格地自动化控制,结构组织也就可以得到充分的保证,尺寸规格的精确度也提高了,这便是将高质量与高速度紧密地结合起来了;连续浇注技术产量大、工作条件好,并有可能改善铸锭组织和提高钢的洁净度;合精炼与浇注于一体的电渣重熔新技术,使成分和组织同时都大为改善;其他如离心浇注、悬浮浇注等也都对组织结构的改进取得了较好的效果。

总之,现代化的冶金生产技术必须是高速度与高质量相结合,忽视高质量的高速度造成损失将更大,这是不能允许的;当然,也不能走到另一极端,而不顾产量。多、快、好、省才是正确方向,控制或提高质量,必须从内在因素去着眼,它是决定材料性能和使用寿命的根本。

金属学的研究对象、方法和目的

金属学是关于金属材料——金属和合金的科学,它的中心内容是研究金属和合金的成分、结构、组织和性能,以及它们之间的相互关系和变化规律,目的在于利用这些关系和规律来指导科学研究和生产实践,以便更充分有效地发挥现有金属材料的潜力,并进而创制新的金属材料。金属学基本上是一门应用科学,也是一门偏重于实验的科学。

金属学的研究方法可分为实验和理论两个方面。

分析成分、测定结构、观察和鉴别组织、测试性能以及从动力学方面分析结构和组织的形成和变化,应是金属学的基本实验内容。X射线分析法、光学显微镜(以下简称光镜)分析法、电子显微镜和电子探针等技术以及各种测试力学、电磁学、热学和化学性能的实验技术等,则是进行金属学试验的重要方法和手段。

研究组织的最简单的方法是肉眼观察,这种方法称为宏观分析法,它能分辨出金属和合金的低倍组织——材料在宏观范围内的化学和物理的不均匀性,如铸件的偏析、气孔、疏松、裂纹、晶带、压力加工所造成的流线,经化学热处理后的渗碳层、断口的形式(韧断或脆断)等。宏观分析作为一种检查产品或半成品质量的方法,广泛应用于生产上。观察细微组织可借助于光学显微

镜。在光学显微镜下观察到的组织,一般称为显微组织。光学显微镜由于受光波长的限制,分辨率约为 $1.5 \times 10^{-7} \text{cm}$,有效放大倍数小于 1500 倍。观察更细微组织,必须借助电子显微镜。电子显微镜的分辨能力可达 $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{cm}$ 。在电子显微镜下观察到的组织称为电镜组织。此外,场离子显微镜的应用,可将分辨率进一步提高,而达到近于原子大小的尺寸。

利用 X 射线衍射方法可测定金属和合金内部各种相的晶体结构,电子探针(微区 X 线谱分析)则可用于分析组织中显微区域内的化学成分。

热模拟机可以模拟连铸、轧制工艺,高温流变,高温热塑性,应力松弛试验,热处理工艺,低速和高速拉伸与压缩情况下的强度塑性指标,测定金属的相变温度、相变时间,以及与之相对应的力学性能与组织等。

借助于机械、电学、热学、热力学、磁学和化学的实验方法可以测定金属和合金的各种有关性能。同时,由于性能的变化是结构组织变化的反映,所以也可以利用这些方法来间接地研究组织结构的变化过程。

金属学理论方面的研究主要包括热力学、分子动力学以及电子理论在金属学中的应用。热力学分析法用于研究合金系中相的形成和相平衡的条件以及条件变化时相变的方向、限度和驱动力。分子动力学分析法则用于研究金属和合金中各种转变过程中的速度和机理方面的问题。电子理论可使有关结构和性能方面的研究更深化一步。

金属学已有的基本原理是在实验的基础上获得的,我们以后更要理论与实验结合,使金属学理论进一步完善。

金属学的主要内容包括:金属的各种性能、金属与合金的组织结构及其影响因素、金属的塑性变形及对组织性能的影响、钢的热处理及钢和铸铁的分类、编号、成分、处理状态、组织结构、性能及应用。金属学是冶炼、轧钢、金属制品等专业的技术基础课,是钢铁技术工人必须学习和掌握的一门重要课程。

1 金属的性能

金属在现代化建设等各方面起着非常重要的作用。它之所以获得广泛的应用,是由于它有很多优良的性能。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是金属材料在使用过程中表现出的性能,包括物理性能、化学性能、力学性能。工艺性能是金属材料在加工过程中表现出来的性能,也就是其加工制造的难易程度,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能及切削加工性能。使用性能及工艺性能都是从不同的角度来考察金属材料的性能,有时使用性能好但其工艺性能不一定好,反之亦然。任何两种金属材料的性能总会有差异。优良的使用性能可满足生产和生活上的需要;优良的工艺性能可使金属材料易于适合进行各种加工,从而得到各种不同尺寸、不同形状的零件和工具。

1.1 金属的力学性能

金属材料,尤其是钢铁材料是现代工业中的重要材料。由于绝大多数机械设备及工具的设计、制造在选用金属材料时,大多以力学性能为主要依据,因此必须熟悉和掌握金属材料的力学性能以及它所包括的内容。

所谓力学性能是指金属在受到不同性质载荷(外力)作用时表现出来的抵抗能力。例如起重机起吊重物时,钢丝绳在工作中不允许断裂,因此钢丝绳必须具有足够的抗拉强度。刀具在车削零件时,必须要有足够的硬度。捆扎货物的钢丝必须要有足够的塑性变形能力,才能把货物绑紧。汽车上的变速齿轮在启动和刹车时要承受很大的冲击力的作用,必须要有足够的韧性。综合以上内容,我们可以总结出:力学性能包括强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。考察力学性能中所承受的载荷是指在使用过程中施加上的。根据载荷作用性质的不同,它可以分为静载荷、冲击载荷及交变载荷3种:

- (1) 静载荷是指大小不变或变动很慢的载荷;
- (2) 冲击载荷是指突然增加的载荷;
- (3) 交变载荷是指大小、方向随时间作周期性变动的载荷(也称循环载荷)。

根据载荷作用方式不同,它可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等,如图1-1所示。

金属材料在载荷作用下发生的形状和尺寸的变化称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形。弹性变形能随载荷的去除而消失;塑性变形即永久变形,不能随载荷的去除而消失。大多数情况下,设备、零件、各种工具是不允许发生塑性变形的。

金属受外力作用后,为保持其不变形,在材料内部作用着与外力相对抗的力称为内力。单位截面积上的内力称为应力。金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力(R)按下式计算:

$$R = F/S$$

式中 F ——外力, N;
 S ——横截面积, mm^2 ;
 R ——应力, MPa。

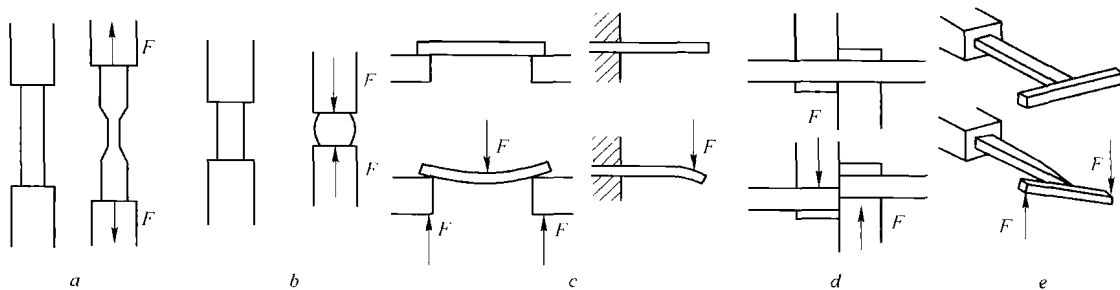


图 1-1 载荷的形式

a—拉伸载荷;*b*—压缩载荷;*c*—弯曲载荷;*d*—剪切载荷;*e*—扭转载荷

测定金属力学性能所进行的试验,一般有拉伸试验、硬度试验、疲劳试验、冲击试验等。

为了制备一个或几个试样,从抽样产品中切取足够量的材料,称为试料;经过机械处理或所需热处理后的试料,称为样坯。经机加工后或未经机加工,具有合格尺寸且满足试验要求状态的样坯,称为试样;在某些状态下试样可以是试料,也可以是样坯。

在产品不同位置取样时力学性能会有差异,应在外观及尺寸合格的钢产品上取样,取样位置见附录 1。

试样的制备:制备试样时应避免由于机加工使钢表面产生硬化及过热而改变其力学性能。机加工最终工序应使试样的表面质量、形状和尺寸满足相应试验方法标准的要求。

1.1.1 强度

金属材料在载荷作用下,抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度,强度大小通常用应力来表示。载荷作用方式不同,金属的强度指标也不同。测定金属拉伸强度最普遍、最简单的方法是拉伸试验。

试验标准以《金属材料室温拉伸试验方法》(GB/T 228—2002)为准。

除非另有规定,试验一般在室温 $10 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 范围内进行。对温度要求严格的试验,试验温度应为 $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

1.1.1.1 拉伸试验的方法

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的。拉伸试验机如图 1-2 所示。将一事先制备好的试样,放在拉伸试验机上,在常温下加一个缓慢、均匀、连续增加的轴向载荷,对标准试样进行轴向拉伸,直至断裂。根据测得的数据,即可求出有关的力学性能。

拉伸试样的形状与尺寸取决于要被试验的金属产品的形状与尺寸。通常由产品、压制坯或铸锭切取样坯经机加工制成试样,但具有恒定横截面的产品(型材、棒材、线材等)和铸造试样(铸铁和铸造非铁合金)可以不经机加工而进行试验。

机加工的试样如试样的夹持端与平行长度的尺寸不相同,它们之间应以过渡弧连接。试样夹持端的形状应适合试验机的夹头,试样轴线应与力的作用线重合。试样平行长度(L)或试样不具有过渡弧时夹头间的自由长度应大于原始标距(L_0)。

标距是测量伸长用的试样圆柱或棱柱部分的长度;

原始标距是施力前的试样标距 L_0 ,单位为毫米(mm);

断后标距是试样断裂后的标距 L_u ,单位为毫米(mm)。

不经机加工的试样两夹头间的距离应足够长,以使原始标距的标记与夹头有合理的距离。

试样横截面可以为圆形、矩形、多边形、环形,特殊情况下可以为某些其他形状。常用的为圆形和矩形试样。

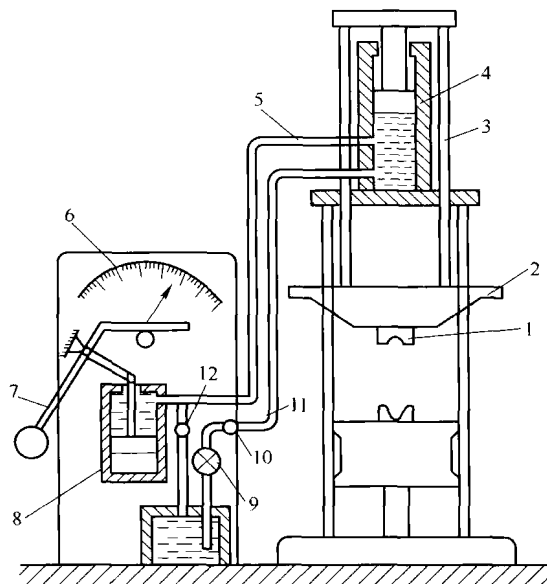


图 1-2 50t 油压万能试验机原理图

1—夹头;2—活动试验台;3—拉杆架;4—油缸;5—测力油管;6—刻度盘;7—重锤与测力机构;

8—测力油缸;9—油泵;10—进油阀;11—进油管;12—回油阀

图 1-3 所示为圆形拉伸试样, d_0 是试样的直径(圆形标准拉伸试样的直径 $d_0 = 10\text{mm}$), L_0 为原始标距。

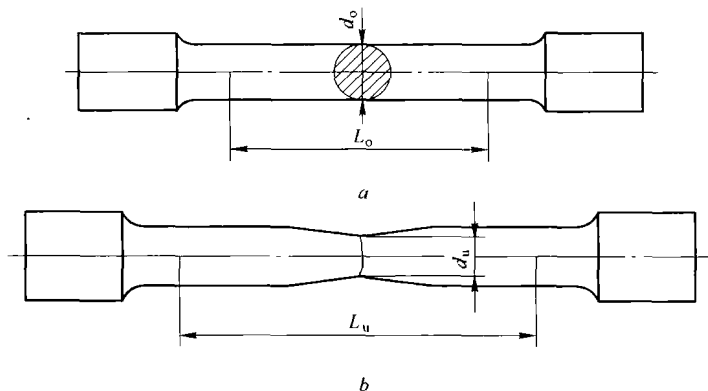


图 1-3 圆形拉伸试样

a—拉伸前; b—拉断后

图 1-4 为矩形拉伸试样, a 为矩形横截面试样厚度, b 为矩形横截面试样平行长度的宽度, L_0 为原始标距长度, S_0 原始横截面积, $S_0 = ab$ 。

试样分为比例试样和非比例标距试样。对于比例试样, 试样可分为短试样和长试样。短试样的原始标距 $L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$; 长试样原始标距 $L_0 = 11.3 \sqrt{S_0}$ 。

(根据测量的试样原始尺寸计算原始横截面积 S_0 , 并至少保留 4 位有效数字)。

对于圆形拉伸试样可以将试样标距公式简化为:

长试样 $L_0 = 10d_0$ 。

短试样 $L_0 = 5d_0$ 。