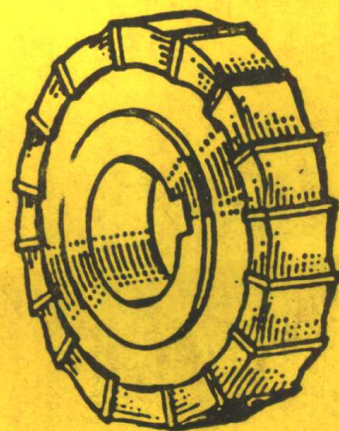
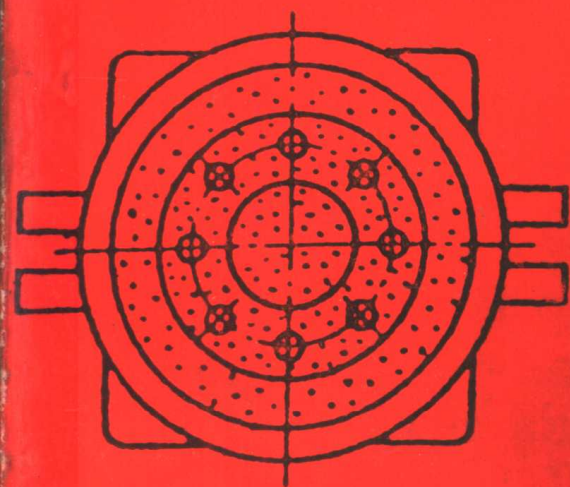


918939

结构材料工艺学

(金属工艺学)

[苏] A. M. 达利斯基 主编 张学仁 陈洪勋 等译



高等教育出版社

结构材料工艺学

(金属工艺学)

[苏] A. M. 达利斯基 主编

张学仁 陈洪勋 等译

高等教育出版社

主 编: A. M. 达利斯基 (Дальский) (莫斯科鲍曼高等技术学校, 金属工艺学教研室)。

审阅者: B. B. 马特维耶夫 (Матвеев) (切利亚宾斯克工业大学, 金属工艺学教研室)。

中译版简介

本书系根据苏联莫斯科鲍曼高等技术学校 (МВТУ) 金属工艺学教研室的教师集体编写的《结构材料工艺学》(Технология конструкционных материалов) 1985 年版 (第二版) 翻译。

原书经苏联高等和中等专业教育部审定作为机器制造专业大学生用教材。

内容包括: 机器制造业用金属及合金的性能; 黑色金属和有色金属的生产; 金属压力加工; 铸造生产; 焊接生产; 机器零件的切削加工工艺; 电物理和电化学加工; 复合材料零件的制造。

本书对我国高等工业院校和中等专业学校的有关专业师生及机器制造业的工程技术人员都是一本比较好的参考书。

责任编辑 李肇荣

结构材料工艺学

(金属工艺学)

[苏] A. M. 达利斯基 主编

张学仁 陈洪勋 等译

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 21.75 字数 490 000

1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷

印数 0001—1 530

ISBN 7-04-002281-8/TH·206

定价 5.80 元

译 序

本书书名按原文“Технология конструкционных материалов”应译为“结构材料工艺学”，但就其主要内容而言，与“金属工艺学”相类似。为方便读者购买和查找，因此在“结构材料工艺学”之下注出“金属工艺学”字样。

由杜比宁(Н. П. Дубинин)教授主编，苏联莫斯科鲍曼高等技术学校(МВТУ)金属工艺学教研室教师集体编写的《金属工艺学》(Технология металлов)的第一版版本，曾在五十年代译为中文大量发行过，它对我国金工课程的内容和体系曾有过重要的影响。该书在苏联于1956、1959和1964年又分别修订出版了第二、三、四版。以后就没有看到新的版本。

这本《结构材料工艺学》也是莫斯科鲍曼高等技术学校金属工艺学教研室的教师集体编写的，其中有五位编者也是原杜比宁教授所主编的《金属工艺学》1964年版的编者，在1977年已出过第一版本，本书是1985年出的第二版。该书由苏联高等和中等专业教育部审定作为机械制造专业大学生用的教材，已发行了13万册。可见它是最有代表性的苏联金工教材。把它译为中文，将对我国金工同行了解苏联金工教学的变化和研究今日苏联金工教材特点，提供一些方便。

本书除了讲金属工艺之外，还增加了复合材料工艺。它的突出特点是，内容精炼，篇幅减少，但知识面拓宽，并及时反映新材料、新工艺及机械化自动化生产方面的成就。

书中的各种符号和单位，凡是能用英文或国际标准代号表示的，在译文中均予以改写。但对于材料的牌号、设备型号以及某些不便改写的代号，在译文中仍采用原来的俄文表示。许多俄文注脚未用汉字而仍保留俄文字母的目的，是为了避免因改成汉字注脚后字型过小降低印刷质量和影响阅读效果。为了帮助不熟悉俄文的读者了解注脚含意，特于书后附有符号表供查阅。

译文中印有“*”号的地方，表示该处的原书文字或插图印刷有误，或文字与图有差异，现已改正过来，不再单独逐一加以注释。

本书对我国高等工业院校、专科学校、职业大学、职工大学、电大和中等专业学校的有关专业师生，以及机器制造业的工程技术人员，都是一本比较好的参考书。

本书由哈尔滨工业大学的陈洪勋(第一、二和四篇)、韩亚东(第三篇)、邵德春(第五篇)、张学仁(第六篇的第一至第十章)和张术(第六篇的第十一至第十三章和第七、八篇)翻译。滕芳师负责全书的校订。张学仁对全书进行了审阅。译稿在最后定稿时，下列老师曾提出过宝贵的意见：陈溥泉(第一、二篇)、裴兴华(第三篇)、孟爽芬(第四篇)和刘晋春(第六、七、八篇)。特在此鸣谢。

由于译者水平有限，错误之处渴望广大金工同行指正。

译 者

1988年10月

前 言

在当今的社会发展条件下,在机器制造业中实现技术进步最重要的因素之一就是完善生产工艺。只有创造出更加完善的劳动工具,只有研究出原理崭新的工艺方法,才有可能从根本上改造整个生产。

现在,任何一种生产的发展与完善都离不开生产的自动化,离不开成套机器人技术的建立,离不开计算技术的广泛应用,离不开数控机床的使用。这些就是建立自动化控制系统、优化加工规范和工艺过程、制造柔性自动化生产设备的基础。

创制和广泛使用新的结构材料,同样也是科学技术进步的一个重要方向。在现代生产中,正在越来越广泛地使用超纯材料、超硬材料、耐热材料、复合材料、粉末材料、聚合材料以及能够急剧提高生产设备技术水平和可靠性的各种其它材料。但是,要加工这些材料,就必须解决一系列重大的工艺问题。

为了制造出各种结构的机器和仪器,为了保证它们在满足各项经济指标的情况下在实际使用中达到规定的工作性能和工作可靠性,现代工程师必须牢固地掌握机器零件的制造方法和装配方法。为此,他必须具备渊博的工艺知识。

本书的研究对象,是当今各种合理的、在工业部门普遍采用着的、先进的毛坯和机器零件的成形方法。本书内容包罗了结构材料的几种主要加工方法(铸造、压力加工、焊接、切削加工)。在结构材料的现代工艺中所使用着的这些加工方法既包括各种传统工艺方法,也包括由传统工艺方法相互渗透、融合而产生的各种新的工艺方法。

书中对各种工艺方法的叙述,主要着眼于这些工艺方法的物理学本质。同时在本书中也介绍了关于结构材料的组织和性能方面的知识。有了这两方面的知识就能够保证学生全面地掌握结构材料工艺学。根据教学大纲,在本书中按照逻辑顺序和逻辑联系叙述了用矿石冶炼金属和把金属加工成为具有要求形状、性能的成品零件的各种知识,叙述了用复合材料、粉末材料和非金属材料制造机器零件的各种工艺知识。在讲述现在使用着的各种工艺时,还阐明了实现这些工艺的机械化和自动化的基本方向。

在编写本书的这一版,即第二版时(第一版出版于1977年),作者考虑了各方面专家提出的意见,同时也力求把本书第一版问世后在结构材料工艺学方面出现的各种新成就反映出来。

本书由莫斯科鲍曼高等技术学校的教师集体编写而成。各篇的作者是:

第一篇 科学技术副博士 И. А. 阿鲁秋诺娃,科学技术博士 Ю. А. 斯捷潘诺夫,科学技术博士 Н. П. 杜比宁;

第二篇 科学技术博士、教授 Ю. А. 斯捷潘诺夫;

第三篇 科学技术博士、教授 Е. А. 波波夫,科学技术副博士 И. Г. 克列缅斯基;

• 1 •

第四篇 科学技术博士、教授 Н. П. 杜比宁, 科学技术副博士 Е. А. 索科洛夫;

第五篇 科学技术博士、教授 Э. Л. 马卡罗夫, 科学技术副博士 И. А. 阿鲁秋诺娃;

第六篇 科学技术博士、教授 А. М. 达利斯基, 科学技术副博士 Л. Н. 布哈尔金, 科学技术副博士 Т. М. 巴尔苏科娃;

第七篇 科学技术副博士 Л. Н. 布哈尔金;

第八篇 科学技术副博士 В. П. 卡希尔采夫。

目 录

前言	1
----------	---

第一篇 机器制造业用金属及合金的性能

1. 金属的晶体结构	1
2. 合金的晶体结构	1
3. 合金的结晶	2
4. 金属及合金的性能	3
5. 状态图	5
6. 杂质对铁碳合金性能的影响	8
7. 钢的分类原则和钢的牌号	9
8. 有色金属及其合金	10

第二篇 黑色金属和有色金属的生产

第一章 现代冶金生产

1. 冶金生产的组织及冶金产品	13
2. 生产金属和合金用的材料	13

第二章 炼铁

1. 高炉生产使用的材料及其在冶炼前的准备	15
2. 炼铁	16

第三章 炼钢

1. 炼钢过程的实质	20
2. 平炉炼钢	23
3. 吹氧转炉炼钢	25
4. 电炉炼钢	27
5. 钢的浇注	29
6. 钢锭的结晶和结构	31
7. 提高钢液质量的方法	33

第四章 有色金属的冶炼

1. 炼铜	35
2. 炼铝	36
3. 炼镁	36
4. 炼钛	37

第三篇 金属压力加工

第一章 金属压力加工的物理-力学

基础

1. 金属压力加工的实质	38
2. 金属压力加工的种类	39
3. 压力加工对金属组织及性能的影响	40

第二章 压力加工前金属的加热

1. 加热规范	42
2. 加热设备	43

第三章 轧制生产

1. 轧制过程的实质	44
2. 轧制生产的产品	46
3. 轧制设备及轧辊	47
4. 几种主要轧材的生产工艺	48

第四章 自由锻

1. 自由锻的实质	50
2. 自由锻的主要工序和使用的工具	51
3. 自由锻设备	53
4. 自由锻工艺规程的制定	54

第五章 热模锻

1. 热模锻的实质	57
2. 模锻方法	58
3. 锻件设计	59
4. 毛坯的生产方法	61
5. 模锻设备	63
6. 特种模锻	66
7. 模锻件的精整加工	68
8. 高合金钢和难变形合金模锻的工艺特点	70
9. 模锻的机械化和自动化	71

第六章 冷模锻

1. 冷挤压	71
2. 冷锻	73
3. 开式锻模中冷模锻	74

4. 板料冲压	74
---------------	----

第七章 机器制造业用各种型材的生产方法

1. 挤压	84
2. 拉拔	85
3. 冷弯	86

第四篇 铸造生产

第一章 铸造生产概述

1. 铸造生产的实质	88
2. 铸型的组成	88
3. 铸造合金	89

第二章 铸造生产的理论基础

1. 铸造合金的流动性	90
2. 铸造合金的收缩	90
3. 铸件中的裂纹	92
4. 铸件中的气孔和针孔	93

第三章 砂型铸造

1. 模样组	94
2. 造型和造芯混合料	96
3. 浇注系统	98
4. 造型	98
5. 造芯	103
6. 造型的机械化与自动化	104
7. 铸型的装配与浇注, 铸件的冷却、落砂、清理与清砂	106

第四章 特种铸造

1. 壳型铸造	108
2. 熔模铸造	109
3. 金属型铸造	111
4. 压力铸造	113
5. 调压铸造	114
6. 离心铸造	115
7. 连续铸造	116

第五章 合金铸件的制造

1. 灰口铸铁件的制造	116
2. 球墨铸铁件的制造	119
3. 可锻铸铁件的制造	120
4. 铸钢件的制造	122
5. 铝合金铸件的制造	124

6. 镁合金铸件的制造	125
-------------------	-----

7. 铜合金铸件的制造	127
-------------------	-----

8. 难熔合金铸件的制造	128
--------------------	-----

9. 铸造生产中的生态学问题	128
----------------------	-----

第六章 铸件结构工艺性

1. 合金的铸造性能与铸件设计	129
2. 铸件外形的设计	131
3. 铸件内腔的设计	133

第七章 铸造生产中的技术检验

1. 技术检验的任务	134
2. 铸件缺陷及其产生的原因	134
3. 铸件探伤方法	134
4. 铸件缺陷的修补方法	135

第五篇 焊接生产

第一章 焊接的物理基础

第二章 热焊

1. 电弧焊及电弧焊的实质	137
2. 电弧的概念及其特性	138
3. 焊接电源	139
4. 手弧焊	142
5. 焊剂层下自动电弧焊	144
6. 气体保护电弧焊	145
7. 等离子焊	148
8. 电渣焊	149
9. 电子束焊	150
10. 气焊	152
11. 金属的热切割	155

第三章 热机械焊和机械焊

1. 接触焊	157
2. 对焊	158
3. 点焊	160
4. 缝焊	161
5. 贮能焊	162
6. 接触焊设备	163
7. 冷焊	164
8. 摩擦焊	165
9. 超声波焊	166
10. 爆炸焊	167
11. 扩散焊	168

第四章 耐磨层和耐热层的堆焊与喷涂

1. 堆焊.....	169
2. 金属喷涂.....	170

第五章 各种金属和合金的焊接工艺.....170

1. 金属及合金的焊接性.....	170
2. 碳钢和合金钢的焊接.....	172
3. 高合金耐蚀钢的焊接.....	173
4. 铸铁的焊接.....	173
5. 铜及铜合金的焊接.....	174
6. 铝及铝合金的焊接.....	175
7. 难熔金属及其合金的焊接.....	176

第六章 金属及合金的钎焊.....176

1. 钎焊的实质及钎焊材料.....	176
2. 钎焊方法.....	178

第七章 焊接接头和钎焊接头的质量

检验.....180

1. 焊接接头和钎焊接头中的缺陷.....	180
2. 检验的种类.....	180

第八章 焊接工艺性.....182

1. 工艺性的概念.....	182
2. 金属的选择.....	182
3. 焊接接头型式的选择.....	183
4. 被焊件形状的选择.....	185
5. 焊接方法的选择.....	185
6. 减小焊接变形和应力的措施.....	185

第六篇 金属切削加工

第一章 金属切削加工的物理-机械基础.....188

1. 金属切削机床的运动分类及切削加工简图.....	188
2. 机器零件表面的成形方法.....	190
3. 切削用量和切削层的几何形状.....	191
4. 外圆车刀的要素和车刀角度的确定.....	192
5. 刀具的几何形状及其对切削过程和已加工表面质量的影响.....	193
6. 切削过程的物理本质.....	194
7. 切削力.....	195
8. 切削金属时积屑瘤的形成.....	197
9. 切削加工时的加工硬化.....	198
10. 切削过程的热现象.....	199
11. 摩擦、磨损及刀具耐用度.....	201

12. 振动对加工质量的影响.....	203
13. 加工精度、加工质量和生产率.....	203

第二章 刀具材料.....205

1. 刀具材料的性能.....	205
2. 工具钢.....	205
3. 硬质合金.....	206
4. 陶瓷.....	206
5. 磨料.....	207
6. 金刚石刀具.....	207

第三章 金属切削机床.....208

1. 金属切削机床的分类.....	208
2. 机床运动学.....	209
3. 金属切削机床传动图.....	214
4. 自动机床和半自动机床.....	216

第四章 车削加工.....218

1. 车削加工概述.....	218
2. 车刀.....	219
3. 车床夹具.....	219
4. 普通车床可做的工作.....	220
5. 六角车床可做的工作.....	225
6. 立式车床可做的工作.....	227
7. 多刀半自动车床可做的工作.....	227
8. 自动车床可做的工作.....	228
9. 对车削加工零件结构的工艺要求.....	230

第五章 钻削加工.....232

1. 钻削加工概述.....	232
2. 钻削用量和钻削力.....	233
3. 钻床用刀具.....	234
4. 钻床夹具.....	235
5. 立式钻床可做的工作.....	236
6. 摇臂钻床可做的工作.....	238
7. 组合机床可做的工作.....	238
8. 对钻削加工零件结构的工艺要求.....	239

第六章 镗削加工.....239

1. 镗削加工概述.....	239
2. 镗削用量.....	240
3. 镗床用刀具.....	240
4. 镗床夹具.....	241
5. 卧式镗床可做的工作.....	242
6. 坐标镗床可做的工作.....	244
7. 金刚石镗床可做的工作.....	245

8. 对镗削加工零件结构的工艺要求	245
第七章 铣削加工	246
1. 铣削加工概述	246
2. 铣削要素和铣削力	247
3. 铣刀种类	248
4. 铣床夹具	249
5. 铣床及铣床可做的工作	252
6. 龙门铣床可做的工作	254
7. 连续作用式铣床可做的工作	255
8. 仿形铣床可做的工作	255
9. 对铣削加工零件结构的工艺要求	256
第八章 拉削加工	257
1. 拉削加工概述	257
2. 拉削用量	257
3. 拉刀	258
4. 拉削力和功率	259
5. 拉床可做的工作	259
6. 对拉削加工零件结构的工艺要求	261
第九章 齿轮加工	262
1. 齿轮齿形加工概述	262
2. 用展成法加工齿轮时使用的刀具	264
3. 滚齿机床可做的工作	264
4. 插齿机床可做的工作	266
5. 刨齿机床可做的工作	268
6. 对齿轮结构的工艺要求	270
第十章 磨削加工	270
1. 磨削加工概述	270
2. 磨削用量及磨削力	271
3. 磨削的基本方式	272
4. 磨具	273
5. 砂轮的磨损和修整	273
6. 砂轮的试验和平衡	274
7. 外圆磨床可做的工作	274
8. 内圆磨床可做的工作	276
9. 无心磨床可做的工作	276
10. 平面磨床可做的工作	278
11. 专用磨床和工具磨床可做的工作	279
12. 对磨削加工零件结构的工艺要求	279
第十一章 零件表面的光整加工	280
1. 有屑光整加工概述	280
2. 使用精加工刀具和砂轮进行的表面光	

整加工	280
3. 抛光	280
4. 磨料液抛光加工	281
5. 表面的配研	282
6. 珩磨	283
7. 超精研	284
8. 零件的修整-清理加工	286
9. 齿轮精加工	288
第十二章 无屑加工	289
1. 塑性变形精加工概述	289
2. 表面滚压和辗压	290
3. 金刚石压光	291
4. 孔的胀光	291
5. 振动压花	292
6. 齿轮的滚压	292
7. 螺纹、花键轴和齿轮的滚轧加工	293
8. 滚花(网纹和标记的滚压)	294
9. 零件表面的强化处理	294
第十三章 切削加工车间的生产自动化	295
1. 切削加工机床的自动化	295
2. 通用自动机床	296
3. 以程控机床为基础的自动化	296
4. 自动线	299
5. 柔性自动化生产	300

第七篇 电物理和电化学加工

1. 电蚀加工	301
2. 电化学加工	305
3. 阳极机械加工	307
4. 化学加工	308
5. 超声波加工	309
6. 射线束加工	310
7. 等离子加工	312

第八篇 复合材料零件的制造

第一章 粉末复合材料零件的制造	315
1. 粉末的制取方法及其工艺性能	315
2. 粉末复合材料概述	316
3. 粉末混合料的制备和坯料成形	317
4. 工件的烧结和终加工	319

第二章 塑料零件的制造.....321

1. 塑料的分类及其工艺性能321
2. 粘流态时的零件成形方法323
3. 复合塑料零件的制造326

第三章 工业用橡胶零件的制造.....327

1. 橡胶零件的成分、性能和使用范围327
2. 橡胶零件的成形方法328

第四章 复合材料零件设计和制造的

工艺特点.....329

1. 对零件结构的工艺要求329
2. 零件附加机械加工的工艺特点331

附 录

主要符号表.....333

第一篇 机器制造业用金属及合金的性能

纯金属的强度很低，故在机器制造业中主要使用它们的合金。以铁为基础的合金称为黑色金属，如：钢和生铁；以密度小的铝、镁、钛^①、钽等为基础的合金称为轻有色金属；以铜、铅、锡等为基础的合金称为重有色金属；以锌、钾、锡、铅、铋等为基础的合金称为低熔点有色金属；以钼、铌、锆、钨、钒等为基础的合金称为难熔有色金属。

1. 金属的晶体结构

所有金属在固态下均具有晶体结构。在固态金属中原子的分布是有规律的，于是就形成了晶格(图 1.1)。原子间的距离称为晶格常数，其大小以纳米(nm)来度量。晶格常数随温度和压力的提高而变化。某些金属在固态时会因所处温度的不同而具有不同的晶格，从而导致其物理-化学性能的变化。

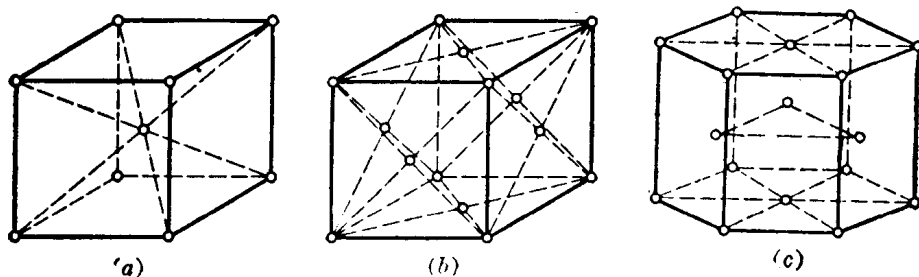


图 1.1 晶格

(a) 体心立方晶格；(b) 面心立方晶格；(c)*密排六方晶格

同一种金属能够以几种晶格形式存在，这种性质称为多晶性或同素异晶性。晶格形式在临界温度时的转变称为同素异晶转变。同素异晶体用附加有希腊字母 α 、 β 、 γ 等脚标的元素符号来表示。最低温度时的同素异晶体以字母 α 表示，较高温度下的同素异晶体以字母 β 表示，等等。

2. 合金的晶体结构

合金是两种或多种元素经熔合而形成的一种物质。合金元素可以是金属也可以是非金属。它们都称为合金的组元。合金中除基本组元外尚含有杂质。能够改善合金性能的称为有益杂质，使合金性能降低的称为有害杂质。在制备合金过程中进入合金的杂质称为偶然杂质。为使合金具有所需性能而加入的杂质称为添入杂质。

^① 钛应为难熔金属——译者注。

合金的晶体结构取决于合金各组元在结晶过程中的相互作用，合金的晶体结构比纯金属的晶体结构复杂。固态合金中的各组元可以形成固溶体、化合物和机械混合物。

固溶体是合金组元彼此相互溶解而形成的结构。在固溶体中合金的一个组元保持其固有的晶格，第二个组元以单个原子的形式分布在第一个组元的晶格内部。

化合物是合金组元发生化学作用而形成的新晶格。在化合物中合金各组元具有固定的质量比。

机械混合物是合金组元相互不溶解，并仍保持各自原有的晶格。此时合金是由各组元形成的混合物。机械混合物具有固定的熔点。从熔融金属液中同时结晶出的机械混合物称为共晶体（例如 $\text{Fe}_3\text{C} + \text{Fe}_2\text{C}$ ——莱氏体）；由固态析出的机械混合物称为共析体（例如 $\text{Fe}_3\text{C} + \text{Fe}_2\text{C}$ ——珠光体）。

3. 合金的结晶

合金由液态转变成为晶体型固态的过程称为一次结晶。

合金性能取决于结晶过程中所形成的组织。所谓组织即为能观察到的晶体结构。结晶是从形成晶核，即形成结晶中心开始的。结晶速度取决于形核速度和晶体生长速度：晶核越多、晶体生长速度越快，则结晶过程进行得越快。合金的组织是由晶格类型、晶格的空间取向和结晶速度所决定的。

单个晶团、非金属夹杂物和难熔杂质都可以成为结晶中心。合金的结晶通常是从锭模（铸模）的模壁开始的。在与散热相反的方向上，即在垂直模壁的方向上晶体的生长速度最大。

如果结晶时晶格的生长没有受到限制，那就会生成很大的枝形晶体——树枝晶（图 1.2）。

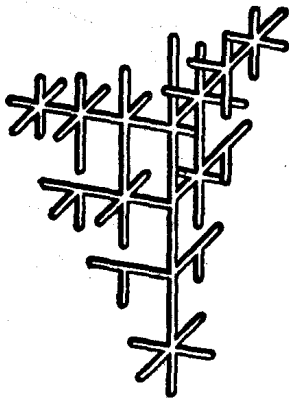


图 1.2 树枝晶

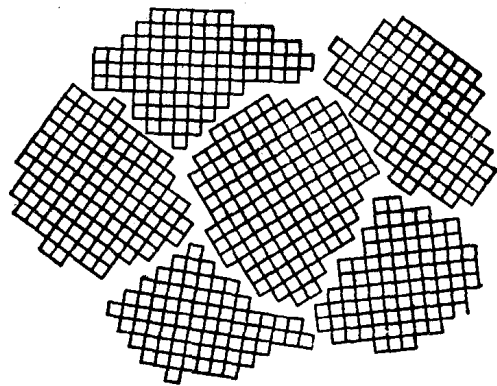


图 1.3 多晶体结构示意图

结晶是从许多结晶中心同时开始的，因而晶体在生长过程中会相互限制，致使树枝晶变形。不规则形状的晶体称为晶粒或单晶体。晶粒的组合就是多晶体（图 1.3）。

晶粒之间以晶格位向不同来区别；晶粒尺寸约在 $1 - 10^4 \mu\text{m}$ 范围。晶粒间的位向夹角可达几十度。晶界处存在约为几个原子厚的过渡层，其性能和成分与晶粒本身的性能和组成不同。

晶粒内的晶格可能会有各种组织缺陷：点缺陷、线缺陷和面缺陷，这些缺陷可能由下列某种原因或几种原因所引起：形成空位，即形成无原子占据的部位；形成偏离结点的错位原子；晶体中出现不完整的原子面而形成的位错；杂质原子侵入晶格。

具有上述缺陷的晶粒被分成几个部分，并形成一种称为显微嵌块的组织。嵌块间的夹角很小(约 1°)。相邻各个部分的晶格取向不一致，这就破坏了晶格的规则性。晶体成长中原子连接顺序的规则性遭到破坏，或在塑性变形中晶格发生严重扭曲，这就是产生空位和位错的原因。

晶格扭曲和晶界状态影响着晶粒的性能。例如，晶界附近的晶格扭曲能提高金属的强度，而在熔融金属中的常存杂质分布于晶界上时则会降低金属的强度。

液体金属中的杂质能够细化晶粒并改变晶粒的形状。凝固时杂质呈薄片状沉积在生长着的晶体表面，阻碍晶体长大。冷却速度和形核速度越大，则结晶速度越快，合金组织越细。因而使合金的机械性能得到提高。

合金从液态转变成固态时会因晶粒的比容减小而导致收缩。由于收缩，在生长着的各树枝晶的交接处，在各晶轴间的空间会出现微观孔隙，这些孔隙可能会被非金属夹杂物（如：硫化物、磷化物等）所充满，也可能成为显微缩松和微气孔。这些夹杂物和微气孔会降低合金的机械性能，因为合金在加热或受载荷作用时这些微观孔隙将成为裂纹、裂口等缺陷进一步扩展的中心。

4. 金属及合金的性能

机械性能、物理性能、化学性能、工艺性能和使用性能等都属于金属及合金的基本性能。

机械性能

机械性能主要是指强度、塑性、硬度和冲击韧性。外加载荷使物体产生应力和变形。应力是单位横截面积上所承受的载荷(力)，MPa：

$$\sigma = P/F$$

式中 P ——载荷，MN；

F ——横截面积， m^2 。

金属中产生的应力引起变形。变形就是物体在外力作用下或在物体内部发生的物理-机械变化过程中(如相变、收缩等)出现的尺寸和形状变化。变形有两种：即弹性变形(去掉载荷后变形消失)和塑性变形(去掉载荷后变形保留)。载荷增加到一定程度时弹性变形将转变成塑性变形；继续增加载荷时物体将会破坏。

强度是物体受静载荷或动载荷作用时抵抗变形或破坏的能力。强度是通过对被试验材料制成的试件进行专门的机械试验来确定的。

在静载荷作用下可对试件进行拉伸、压缩、弯曲或扭转等各项试验，以确定其相应的各种强度。其中最重要的是抗拉强度。静载强度主要用强度极限 σ_b 和屈服极限 σ_s 来评定。 σ_b 是对应于试件破坏前最大载荷的公称应力， σ_s 是金属开始塑性流动时的应力。拉伸试验用的矩形截面

标准试件如图 1.4 所示。

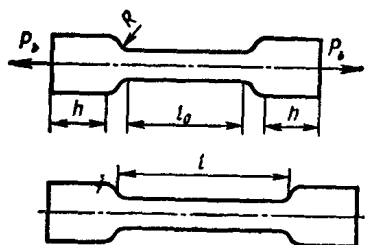


图 1.4 强度和塑性试验用的扁平试件

h ——被夹部分的长度； l_0 ——试验前试件的原始长度；
 l ——试验后试件的长度； R ——圆角半径

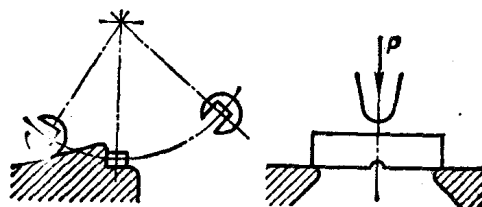


图 1.5 冲击韧性试验示意图

动载强度用冲击韧性 (J/m^2) 来评定 (图 1.5):

$$a_K = A/F$$

式中 A ——破坏试件消耗的功, J ;

F ——试件断裂处的面积, m^2 。

塑性是在未引起破坏的情况下, 材料的尺寸和形状获得残余变形的能力。塑性用试件断裂时的延伸率 δ 来评定:

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l ——试件断裂后的长度, mm ;

l_0 ——试件的原始长度, mm 。

硬度是材料抵抗不发生残余变形的物体压入的能力。同一种材料可以有不同的硬度值和硬度量纲, 这取决于测试方法。用不同方法测得的硬度值可按表和经验公式来换算。例如, 布氏硬度 (HB , MPa) 用作用在钢球上的载荷 $P(N)$ 与钢球压痕面积 $F_{\text{отн}}$ (mm^2) 的比值来度量:

$$HB = 0.102 \frac{P}{F_{\text{отн}}}$$

硬度测量示意图如图 1.6 所示。

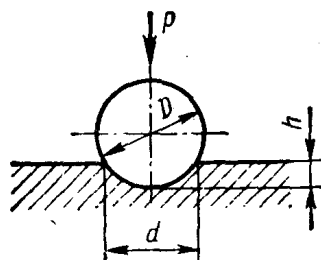


图 1.6 硬度测量示意图

D ——球的直径, mm ; d ——球痕直径, mm ; h ——球痕深度, mm

物理性能

物理性能是金属及合金的熔点、密度、膨胀系数、电阻率和热导率等。合金的物理性能决定于它们的成分和组织。

化学性能

化学性能是材料抵抗腐蚀性介质化学作用的能力。

工艺性能

工艺性能是材料承受各种冷、热加工的能力。金属及合金的工艺性能包括铸造性、锻造性、焊接性和切削性。由于金属及合金具有这些性能，因此才可能对它们进行改变形状和尺寸的加工，制造出各种毛坯和机器零件。

铸造性是指流动性、收缩和偏析的倾向性。

锻造性是金属受外力作用时在既不被破坏同时抗力又最小的情况下，获得所要求形状的能力。

焊接性是金属及合金形成所需质量的永久连接的能力。

使用性能(或工作性能)

使用性能包括材料的耐蚀性、耐寒性、热强性、热稳定性、耐磨性等。它们是根据机器或结构的工作条件来确定的。

耐蚀性是合金抵抗酸、碱等腐蚀性介质作用的能力。

耐寒性是合金在 0°C 以下保持塑性的能力。

热强性是合金在高温时保持其机械性能的能力。

热稳定性是合金在高温气体介质中抵抗氧化作用的能力。

耐磨性是合金磨合另一种合金的能力。

上述各种使用性能均应根据机器或结构的不同使用条件通过专门的试验来测定。

5. 状态图

在冷却和加热过程中合金内部会发生变化，并形成新相和新的组织。这些变化可用状态图来说明。状态图是一种平衡条件下的曲线图，它能够根据温度、组元化学浓度说明合金各相的成分和组织。

相是金属和合金系统中被界面分隔开的各个匀质部分，由一个相过渡到另一个相，合金的性能会发生跃变。在所有状态图中实用价值最大的是铁碳合金状态图(图 1.7)。

铁碳合金的基本组织

根据温度和含碳量不同铁碳合金有下列组织：

奥氏体是碳溶解在 γ -铁中形成的固溶体。在 1147°C^* 时其碳的浓度最大，为 2.14%。温度降低至 727°C 时碳的浓度减少至 0.8%。具有奥氏体组织的钢没有磁性，而塑性和韧性都好。

铁素体是碳溶解在 α -铁中形成的固溶体，在 727°C 时其碳的浓度最大，为 0.02%。铁素体的硬度低，塑性好。

渗碳体是铁与碳形成的化合物，即 Fe_3C (含碳量为 6.67%)，它具有很高的硬度和脆性。

珠光体(含碳量为 0.8%)是铁素体与渗碳体组成的机械混合物(共析体)。它是在奥氏体的共析分解中形成的。具有珠光体组织的钢，强度大且硬度高。

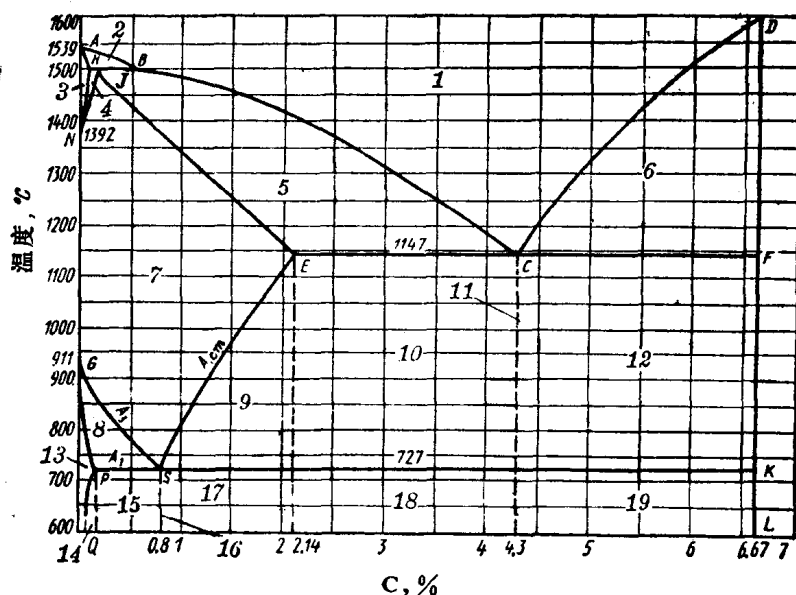


图 1.7* 铁碳合金状态图

1. 液相区; 2. 液+ δ -固; 3. δ -固; 4. δ -固+奥; 5. 液+奥; 6. 液+一次渗碳体; 7. 奥氏体区;
8. 奥+素; 9. 奥+二次渗碳体; 10. 奥+二次渗碳体+莱(奥+渗碳体); 11. 共晶体(莱氏体);
12. 一次渗碳体+莱(奥+渗碳体); 13. 铁素体区; 14. 素+三次渗碳体; 15. 素+珠; 16. 珠光体;
17. 珠+二次渗碳体; 18. 珠+二次渗碳体+莱(珠+渗碳体); 19. 一次渗碳体+莱(珠+渗碳体)

莱氏体(含碳量为 4.3%)是奥氏体或珠光体与渗碳体组成的机械混合物(共晶体)。温度低于 727°C 时奥氏体转变成成为珠光体,这时的莱氏体是由珠光体和渗碳体组成的机械混合物。

石墨是游离碳。呈粗大片状分布在金属基体上的石墨称为片状石墨。除片状石墨外还可以得到形体紧密的石墨,如:球状石墨或团絮状石墨。这两种石墨或者是在渗碳体分解时形成,或者从过饱和的铁碳固溶体中析出。含 $\text{Si} \geq 1.5\%$ 的铁碳合金在很缓慢冷却时会形成石墨。石墨很软,强度很低。

铁碳合金状态图

铁碳合金的基本性能决定于其主要杂质,即碳的含量。碳与 α -铁或 γ -铁相互作用可形成晶体结构和性能均不相同的各种铁碳合金。用铁碳(渗碳体)合金状态图可以说明各种铁碳合金存在的温度界限和浓度界限。

在铁碳合金状态图(图 1.7)上, ACD 线是液相线,合金的温度高于 ACD 线时合金呈液态; $AECF$ 线是固相线,合金的温度低于 $AECF$ 线时合金呈固态。合金冷却到 $AECF$ 线时,一次结晶结束。在 C 点(碳的浓度为 4.3%)形成共晶体,称为莱氏体。 PSK 线是共析线,合金冷却到 PSK 线时,二次结晶结束。 PS 线是下临界点 A_1 线。 GSE 线是固溶体二次结晶过程的开始线。 GS 线是上临界点 A_3 线,它给出了从奥氏体中析出铁素体的温度。 SE 线是上临界点 A_{cm} 线,它给出了开始析出二次渗碳体的温度,同时它又是碳在奥氏体中的最大溶解度曲线。含碳量在 2.14% 以下的铁碳合金称为钢,含碳量大于 2.14% 的铁碳合金称为生铁。含碳量为 0.8%