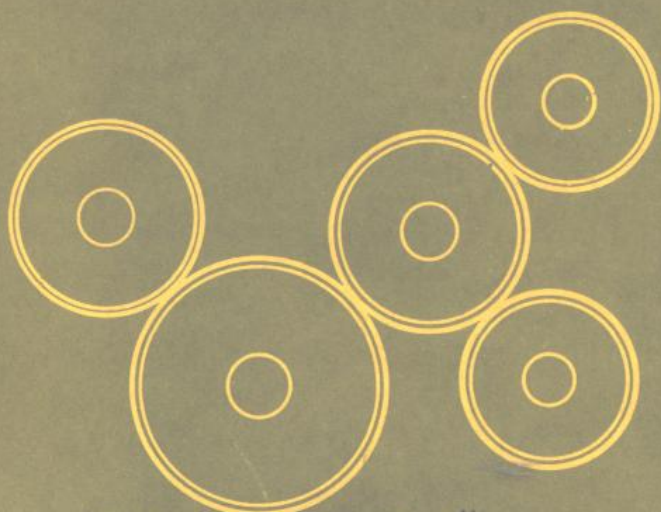
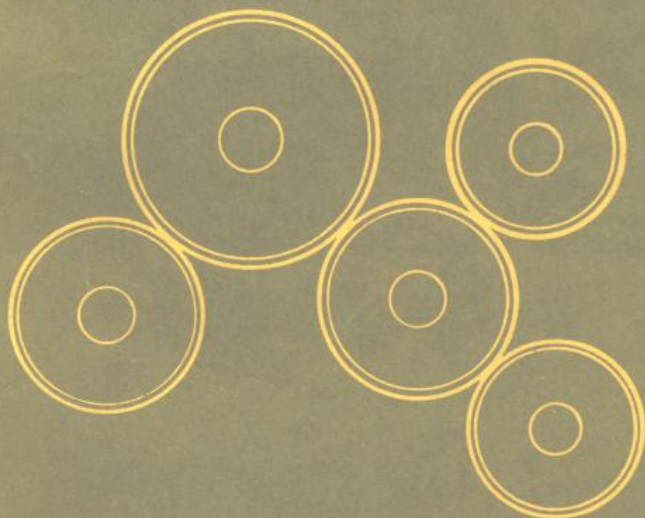




[美] G.E.迪特尔 著

力学冶金学

机械工业出版社



力学冶金学

〔美〕 G.E. 迪特尔 著

李铁生 梅 敦 汤德馨 李振声 译

机械工业出版社

Mechanical Metallurgy

SECOND EDITION

GEORGE E. DIETER

McGraw-Hill

1976

* * *

力学冶金学

〔美〕 G.E.迪特尔 著

李铁生 梅敦 译
汤德馨 李振声

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $24 \frac{1}{4}$ · 字数 638 千字

1986年10月北京第一版·1986年10月北京第一次印刷

印数 0,001—1,370 · 定价 6.90 元

*

统一书号: 15033 · 6137

译 者 的 话

力学冶金学是现代冶金科学的一个分支，是一门正在发展的新兴学科。国内一些高等院校迫切希望将它介绍给有关专业的师生，有的院校已开设或即将开设这门课程。为此，我们选择了乔治·E·迪特尔所著《力学冶金学》一书，以适应这方面的需要。

乔治·E·迪特尔，1928年12月5日生于美国费城。1953年获博士学位。1962年至1973年任德克赛尔（Drexel）理工学院教授，冶金工程系主任、院长。1973年至1977年任卡内基-梅隆大学加工研究院主任。1977年以后任马里兰州大学工学院院长。1961年他所著的《力学冶金学》问世，现在我们所译的是1976年的第二版版本。该书特点是：内容丰富、搜集与综合的资料比较全面；理论阐述有一定深度；与生产实际联系密切；书末附有习题便于读者加深理解各章内容。该著作在国外有一定影响，是一本比较畅销的书。

本书以弹塑性力学和物理冶金学为基础，研究材料的力学性能及其试验方法、材料的基本加工工艺。主要内容有：（1）力学基础，扼要介绍弹塑性力学的基本知识；（2）冶金学基础，主要介绍与力学冶金学有密切关系的物理冶金学知识；（3）金属常用试验技术及其在工程上的意义；（4）金属塑性成型过程中的力学和冶金学因素。

本书可供冶金及机械工程学院校有关专业高年级学生和研究生作教学参考书，也可供这些专业的现场工程技术人员参考。

本书由内蒙古工学院李铁生、汤德馨、李振声、梅敦翻译。李铁生译第一、二、三、十五、十六、十七、十八、十九章。汤德馨译第七、八、十三、十四章。李振声译第九、十、十一、

十二、二十、二十一章。梅敦译第四、五、六章。

本书由浙江大学毛志远、蒋文浩主审，他们对译文提出了许多宝贵中肯的意见，对于译文质量的提高无疑是起了很好的作用。译者在此深表感谢。

因译者水平所限，译文中肯定会有译意不确切甚至错误之处，恳切希望读者给予批评指正。

第二版序言

自从《力学冶金学》初版问世以来的十二年间，至少已出版了廿五本论及本书主要内容的教材。例如，在此期间至少出版了十本有关金属塑性加工力学的著作。然而全面论述力学冶金学各个领域——从描述连续体应力应变关系到流动和断裂的晶体和缺陷机理，进而讨论主要力学性能试验和基本金属塑性变形过程——的书还没有第二本。

本书初版问世以来，对于固体力学性能的认识已得到重大进展。塑性变形的位错理论业已完善，其中大部分已为实验圆满证实。以上进展导致了对固体强化机理的进一步理解。断裂力学的发展已臻成熟，在技术技巧和工程应用上达到了高度水平。在此期间的一个重要进展就是所谓“材料科学运动”，将晶态固体、金属、陶瓷和聚合物视为同类材料，其性能由各类晶态固体共有的基本结构缺陷所制约。

此次对初版进行修订时重点一如既往。本书主要供高年级本科生和一年级研究生使用。修订中，在更新内容、引进重要领域的新课题和进一步阐明学生难以理解的内容方面，进行了大量工作。某些章节中，主要供研究生学习的较深内容用小号字排印。书末习题进行了大量修订和补充，并另行编印了习题解答。本版中新增了两章内容，一章讨论聚合物的力学性能，另一章讨论金属切削加工，同时将统计方法和残余应力内容删除。总之，本书一半以上内容经过了全面改写。

乔治·E·迪特尔

第一版序言

力学冶金学是研究金属在外力作用下的性能和反应的知识领域。迄今为止，这门学科仍无明确的范围，因此其意将因人而异。有人认为力学冶金学指的是金属力学性能或力学性能试验，有人认为此学科仅限于金属塑性加工和成形，而另一些人则将其兴趣集中于本学科中理论性较强的方面，即与金属物理和物理冶金学相联系的内容。还有一些人则认为力学冶金学和应用数学及应用力学密切相关。在撰写本书时，作者力图在某种程度上满足各不相同的要求，目的在于提供一本综合性更强的著作以求概括力学冶金学的全部内容。

本书共分四篇。第一篇是力学基础，它为以后各章提供数学基础。在此，复习了复合应力和应变概念，并将其扩展至三维空间，还对屈服理论进行了详尽讨论，介绍了塑性理论的概念。本书无意对第一篇中有关章节叙述到能够独立解题的深度；相反，只是便于受过冶金学高等教育的读者熟悉力学冶金学领域中出现的数学语言。第二篇是冶金学基础，讨论塑性变形和断裂结构方面的问题，重点在于流动和断裂的原子理论以及冶金组织如何影响流动和断裂过程。第二篇一开始便介绍了位错概念，并始终运用位错对诸如应变硬化、屈服点、弥散相硬化和断裂等现象进行定性地说。有关位错性质的数学处理则另辟一章。第二篇章节主要取自物理冶金学，但对大多数章节进行了更为详尽的论述，而且重点不同于一般大学本科物理冶金学课程所初步介绍的内容。为了叙述的连贯性和为尚未学过现代物理冶金学的读者提供必要的基础知识，本篇还包括了某些与其说是属于力学冶金学不如说是属于物理冶金学的内容。

第三篇是材料试验中的应用，叙及一般金属机械失效试验技

术的工程应用。分章讨论了拉伸、扭转、硬度、疲劳、蠕变及冲击试验。另有数章论述残余应力和力学性能试验数据的统计分析等重要内容。第三篇的重点在于对试验结果的理解和冶金因素对机械性能的影响³，而不在于试验操作过程。在此假定试验操作要在同时开设的实验课程或单独开设的课程中讲解。第四篇为金属塑性成形，叙述生产金属制品的通用机械加工过程。重点也不在于过程的描叙——因为现场参观和图解讲座最利于上述问题的解决，而在于控制诸如锻造、轧制、挤压、拉拔以及板材成形过程的力学和冶金学因素。

本书为冶金或机械工程专业高年级本科生或一年级研究生而写，也可供工业中现场工程师使用。虽然大多数大学里均已开设力学冶金学或金属力学性能课程，但课程内容和学生水平回异。因此目前还不可能有一本标准的力学冶金学教材。作者希望本书的深度和广度能为参差不齐的需要提供资料，更希望力学冶金学领域中这本综合性著作的出现能促进囊括本学科全部内容的课程的开设。

由于本书对象是高年级本科生、研究生和现场工程师，作者期望本书能成为他们专业藏书中的一册。虽然作者无意将本书编写成为手册，却力图提供有关力学冶金学的丰富参考文献。因此，本书提供的参考文献比一般教材为多，用以指明超出本书范围的推导或分析，进一步介绍有争议之点或细节，并着重指出值得进一步研究的重要论文。此外，在各章之末还有一般参考书目。全书之后附有习题，主要供从事现场工作并希望检验本人对书中内容理解程度的读者使用。

写本书的任务主要是对文献和大量优秀专著中的论据和资料进行筛选与分类。本书内容的广度涉及十五本以上的标准教材、大量的综合评述和文献。作者在书中力求尊重原始资料，倘若在“浓缩过程”中出现疏漏之处，作者在此谨致歉意。作者在此感谢许多作者和出版商允许复制插图。出处均在插图标题中加以注明。

最后，作者愿向对本书提供意见的许多朋友表示感谢，特别是德克赛尔理工学院 (Drexel Institute of Technology) 的格罗夫纳教授 (A. W. Grosvenor)、卡内基理工学院 (Carnegie Institute of Technology) 的荷恩博士 (G. T. Horne)，杜邦公司 (de Pont Company) 的契尔顿博士 (T. C. Chilton)，福贝尔博士 (J. H. Faupel)，菲利普斯博士 (W. L. Phillips)，波洛克博士 (W. I. Pollock) 和兰胜姆博士 (J. T. Ranson) 以及汤姆逊-拉默-伍德里奇公司 (Thompson-Ramo-Wooldridge Corp.) 的尼米博士 (A. S. Nemy)。

乔治·E·迪特尔

目 录

译者的话

第二版序言

第一版序言

第一篇 力学基础

第一章 绪论	1
§ 1-1 本书范围	1
§ 1-2 材料力学中的基本假设	3
§ 1-3 弹性与塑性性能	4
§ 1-4 平均应力与平均应变	4
§ 1-5 延性金属的拉伸变形	6
§ 1-6 延性和脆性性能的比较	7
§ 1-7 失效的构成	8
§ 1-8 应力的概念和应力的种类	10
§ 1-9 应变的概念和应变的种类	12
第二章 弹性状态下的应力应变关系	14
§ 2-1 引言	14
§ 2-2 一点上应力的描述	14
§ 2-3 二向应力状态 (平面应力)	16
§ 2-4 平面应力莫尔圆	21
§ 2-5 三向应力状态	23
§ 2-6 应力张量	27
§ 2-7 三向应力状态莫尔圆	32
§ 2-8 一点上应变的描述	34
§ 2-9 应变莫尔圆	40
§ 2-10 应力的静水分量和偏量	42
§ 2-11 弹性应力-应变关系	44
§ 2-12 根据弹性应变计算应力	47
§ 2-13 应变能	49
§ 2-14 弹性性能的各向异性	50

§ 2-15 弹性理论·····	60
§ 2-16 应力集中·····	62
第三章 塑性理论基础·····	68
§ 3-1 引言·····	68
§ 3-2 流动曲线·····	69
§ 3-3 真实应力和真实应变·····	71
§ 3-4 延性金属的屈服准则·····	74
§ 3-5 复合应力试验·····	78
§ 3-6 八面体剪应力和剪应变·····	84
§ 3-7 应力和应变不变量·····	85
§ 3-8 塑性应力-应变关系·····	86
§ 3-9 两向塑性流动——滑移线场理论·····	90
第二篇 冶金学基础	
第四章 单晶体塑性变形·····	98
§ 4-1 引言·····	98
§ 4-2 晶体几何学的概念·····	99
§ 4-3 点阵缺陷·····	102
§ 4-4 滑移变形·····	108
§ 4-5 理想点阵中的滑移·····	113
§ 4-6 位错运动引起的滑移·····	115
§ 4-7 滑移所需临界分剪应力·····	120
§ 4-8 单晶体的变形·····	123
§ 4-9 面心立方晶体的变形·····	125
§ 4-10 孪生变形·····	127
§ 4-11 堆垛层错·····	130
§ 4-12 形变带和扭折带·····	133
§ 4-13 微应变·····	134
§ 4-14 单晶体应变硬化·····	135
第五章 位错理论·····	141
§ 5-1 引言·····	141
§ 5-2 位错的观测·····	141
§ 5-3 柏氏矢量和位错环·····	146

X

§ 5-4	面心立方点阵中的位错	151
§ 5-5	密排六方点阵中的位错	156
§ 5-6	体心立方点阵中的位错	156
§ 5-7	位错的应力场和位错的能量	158
§ 5-8	作用在位错上的力	161
§ 5-9	位错间的力	163
§ 5-10	位错攀移	165
§ 5-11	位错的交截	167
§ 5-12	割阶	169
§ 5-13	位错源	172
§ 5-14	位错的增殖	173
§ 5-15	位错和点缺陷的相互作用	176
§ 5-16	位错的塞积群	178
第六章	强化机制	182
§ 6-1	引言	182
§ 6-2	晶界和变形	183
§ 6-3	晶界强化	185
§ 6-4	小角度晶界	191
§ 6-5	屈服点现象	196
§ 6-6	应变时效	200
§ 6-7	固溶强化	202
§ 6-8	两相混合组织的变形	208
§ 6-9	微粒子强化	212
§ 6-10	纤维强化	219
§ 6-11	点缺陷引起的强化	224
§ 6-12	马氏体强化	225
§ 6-13	冷加工组织	227
§ 6-14	应变硬化	229
§ 6-15	冷加工金属的退火	231
§ 6-16	包辛格效应	234
§ 6-17	择优取向(织构)	236
第七章	断裂	240
§ 7-1	引言	240

§ 7-2	金属断裂的类型	240
§ 7-3	金属的理论内聚强度	242
§ 7-4	格里菲斯脆断理论	245
§ 7-5	断裂力学	248
§ 7-6	单晶断裂	252
§ 7-7	断裂的金相学	254
§ 7-8	脆断的位错理论	258
§ 7-9	裂纹扩展	263
§ 7-10	塑性断裂	269
§ 7-11	缺口效应	273
§ 7-12	断裂曲线的概念	277
§ 7-13	复合应力作用下的断裂	278
§ 7-14	高静水压力对断裂的影响	280
§ 7-15	脆断的统计学研究	281
第八章	聚合材料的机械性能	285
§ 8-1	引言	285
§ 8-2	与时间相关的机械性能	285
§ 8-3	聚合材料	290
§ 8-4	聚合物的结构	294
§ 8-5	聚合物的变形	298
§ 8-6	聚合物的屈服准则	302
§ 8-7	流变学	305
§ 8-8	粘弹性	307
§ 8-9	橡胶弹性	312
§ 8-10	断裂和韧性	317

第三篇 材料试验中的应用

第九章	拉伸试验	320
§ 9-1	工程应力-应变曲线	320
§ 9-2	真实应力-真实应变曲线	327
§ 9-3	拉伸中的失稳	332
§ 9-4	颈缩处的应力分布	334
§ 9-5	拉伸试验中塑性的测定	336
§ 9-6	应变速率对流动性能的影响	338

§ 9-7	温度对流动性能的影响	343
§ 9-8	温度和应变速率的联合效应	347
§ 9-9	试验机对流动特性的影响	348
§ 9-10	热激活变形	350
§ 9-11	缺口拉伸试验	354
§ 9-12	钢的拉伸性能	356
§ 9-13	拉伸性能的各向异性	367
第十章	扭转试验	365
§ 10-1	引言	365
§ 10-2	扭转时的机械性能	365
§ 10-3	大塑性应变的扭转应力	368
§ 10-4	扭转断裂的类型	369
§ 10-5	扭转试验与拉伸试验的比较	370
§ 10-6	热扭转试验	373
第十一章	硬度试验	376
§ 11-1	引言	376
§ 11-2	布氏硬度	377
§ 11-3	迈氏硬度	378
§ 11-4	压头压痕的分析	379
§ 11-5	硬度与流动曲线的关系	380
§ 11-6	维氏硬度	382
§ 11-7	洛氏硬度试验	383
§ 11-8	显微硬度试验	385
§ 11-9	硬度换算关系	386
§ 11-10	高温硬度	387
第十二章	金属的疲劳	390
§ 12-1	引言	390
§ 12-2	应力循环	391
§ 12-3	$S-N$ 曲线	393
§ 12-4	疲劳的统计学特性	394
§ 12-5	低周疲劳	398
§ 12-6	疲劳的组织特征	400
§ 12-7	疲劳裂纹的扩展	406

§ 12-8 疲劳设计	407
§ 12-9 应力集中对疲劳的影响	409
§ 12-10 尺寸效应	413
§ 12-11 表面效应与疲劳	415
§ 12-12 腐蚀疲劳	420
§ 12-13 平均应力对疲劳的影响	422
§ 12-14 疲劳强度的工程分析	426
§ 12-15 积累疲劳损伤	428
§ 12-16 冶金变量对疲劳的影响	430
§ 12-17 温度对疲劳的影响	435
第十三章 蠕变与应力断裂	439
§ 13-1 高温材料问题	439
§ 13-2 蠕变曲线	440
§ 13-3 应力-断裂试验	444
§ 13-4 蠕变期间的结构变化	445
§ 13-5 较低温度下的蠕变	450
§ 13-6 稳态蠕变的激活能	451
§ 13-7 高温蠕变	455
§ 13-8 热加工	459
§ 13-9 高温断裂	460
§ 13-10 高温合金	465
§ 13-11 若干冶金学变量的影响	467
§ 13-12 工程蠕变数据的表示法	469
§ 13-13 长期性质的预测	472
§ 13-14 复合应力作用下的蠕变	476
§ 13-15 应力弛豫	477
第十四章 脆性断裂与冲击试验	479
§ 14-1 脆性断裂问题	479
§ 14-2 缺口试样冲击试验	480
§ 14-3 转变温度曲线的意义	483
§ 14-4 影响转变温度的冶金学因素	485
§ 14-5 落锤冲击试验及其它大型试验	490
§ 14-6 断裂分析图	494

§ 14-7	K_{Ic} 平面应变韧性试验	497
§ 14-8	运用断裂力学进行设计	501
§ 14-9	低强度材料的断裂韧性	505
§ 14-10	回火脆化	506
§ 14-11	氢脆	507
§ 14-12	应力腐蚀断裂	509
§ 14-13	快速加载下的流动与断裂	511

第四篇 金属塑性成形

第十五章	金属加工基础	516
§ 15-1	成形过程的分类	516
§ 15-2	金属加工力学	518
§ 15-3	流动应力的确定	528
§ 15-4	金属加工中的温度	533
§ 15-5	应变速率效应	537
§ 15-6	冶金组织	539
§ 15-7	摩擦和润滑	544
§ 15-8	变形区的几何形状	555
§ 15-9	静液压力	557
§ 15-10	可加工性	560
§ 15-11	残余应力	563
§ 15-12	金属加工过程的实验技术	565
第十六章	锻造	568
§ 16-1	锻造方法的分类	568
§ 16-2	锻造设备	571
§ 16-3	平面应变条件下的锻造	575
§ 16-4	自由锻造	578
§ 16-5	模锻	580
§ 16-6	模锻时锻造力的计算	584
§ 16-7	锻件缺陷	586
§ 16-8	粉末冶金锻造	588
§ 16-9	锻件中的残余应力	589
第十七章	金属轧制	591

§ 17-1 轧制方法分类	591
§ 17-2 轧机	592
§ 17-3 热轧	595
§ 17-4 冷轧	596
§ 17-5 棒材和型材的轧制	597
§ 17-6 轧制中的力及几何关系	599
§ 17-7 轧制力的简化分析: 轧制变量	602
§ 17-8 轧制产品的问题和缺陷	606
§ 17-9 轧机控制	611
§ 17-10 冷轧理论	612
§ 17-11 热轧理论	616
§ 17-12 转矩和功率	618
第十八章 挤压	620
§ 18-1 挤压方法分类	620
§ 18-2 挤压设备	622
§ 18-3 热挤	623
§ 18-4 挤压时的变形、润滑和缺陷	626
§ 18-5 挤压过程分析	629
§ 18-6 冷挤和冷成形	634
§ 18-7 静液挤压	634
§ 18-8 管材挤压	635
§ 18-9 无缝管材的生产	637
第十九章 棒材、线材和管材的拉拔	639
§ 19-1 引言	639
§ 19-2 棒材和线材拉拔	639
§ 19-3 线材拉拔分析	641
§ 19-4 拔管过程	646
§ 19-5 拔管分析	648
§ 19-6 棒材、线材和管材中的残余应力	649
第二十章 金属板料成形	652
§ 20-1 引言	652
§ 20-2 成形方法	653