

工程材料及 加工选择

[埃及] M. M. 法拉格 著



机械工业出版社

确立的各种原理应用于各种实际场合。

本书的论述是在研究生和工学院毕业生的专业水平基础上撰写的，不过从事实际工作的工程师也能从中吸取有趣和有用的知识。全书都采用国际单位制，但是，根据书末的七个附录可以很容易换算成英制单位。本书尽可能多地包括了关于不同材料的特性方面的资料，一般都列成表格，以便查阅。书中提到的材料成本，都是相对成本，而不是单位重量或单位体积的实际美元数或英镑数。而且，所有成本都标明了是那一年的成本。但是，读者还需要有如第十二章第十二节所论述的获得其它数据来源的途径。

撰写本书的任务主要是搜集有关事实和文献资料。因此，每章的末尾列有主要参考文献。

我非常感谢我的妻子在本书手稿完成过程中对我的全力支持。

M. M. 法拉格

译者的话

开罗美国大学材料工程教授MAHMOUD. M. FARAG所著的“工程材料及加工选择”一书，系统论述了与金属材料，聚合材料，陶瓷，建筑材料和复合材料等主要工程材料及加工选择有关的技术问题；建立了工程材料和加工选择的经济学原理及选择最佳材料和最佳加工工艺的方法。详细讨论了切削刀具，轴承、电绝缘、燃气轮机叶片，外科手术植入，低温设备，涂层几个典型工程材料的要求，介绍了材料的具体选择过程。本书在工程技术领域内是一本很有实用价值的专著，内容全面、丰富。本着洋为中用的原则，我们把它翻译出版，介绍给广大读者。我们深信，读者掌握了本书的内容，应用所介绍的原理，可以为各种工程设计合理地、经济地选择材料和加工工艺，为国家和人民创造出更多价廉物美的产品。

本书读者对象是从事工程材料研究和工程设计的科技工作者，工厂的工程技术人员，企业的领导干部。本书也可作为高等院校师生及中等技术学校教师的教学参考书。

本书前言，一至十三章，十五章，由徐克玷翻译；十四、十六章由许茂桃翻译；十七、十八、十九、二十章，附录由王勤翻译，全书由徐克玷校改，整理。由于译者的学识浅薄，译文的错误在所难免，欢迎广大读者批评指正。

在翻译过程中得到了研究室领导的支持和关怀，不少同志对译稿的某些内容给予指正，特此致谢。

前 言

为了发展一种好的产品，并使其成本具有竞争能力，最重要的条件之一是从多种可用的工程材料中，选择一种最佳材料。这个任务并不是轻而易举的，因为大部分产品在工作中的破坏，是由于材料应用不当造成的。制造产品所采用的方法，对材料的性质及其构件在工作中的状况有很大的影响，从而使选择材料的任务变得更复杂。因此，选择材料不应当同制造方法相脱离，也不应当同产品设计和研制过程相脱离。

选择材料及其加工活动，不仅应包括技术概念，而且也应当包括经济概念。这是因为一件成功产品的最重要的先决条件是经济上的可行性。

本书的目的在于既提供基础技术知识，又提供经济基础知识，以便让工程师能为一个给定的用途选定最佳材料，以及与材料相配合的最佳加工方法。因此，确定本书材料的出发点是要满足材料选择者的需要。全书介绍着重于具有实用性的知识，给出有助于读者进行选择的定量方法，而省略了纯学术性的某些细节。前五章讨论金属合金、聚合材料、陶瓷、建筑材料和复合材料的各种特性和它们的加工制造方法。第六章和第七章阐述了工作条件对这些材料的影响，并详细论述了这些材料在工作中的可靠性。第八章到第十章讨论了影响材料和加工成本的经济参数。第十一章到第十三章把技术和经济原理结合起来，确立了选择实用工程材料及其加工的通用原理和程序。第十四章到第二十章把前十三章所

目 录

译者的话

前言

第一章 金属材料.....	1
1.1 引言	1
1.2 金属材料的变形	2
1.3 金属材料的强化	3
1.4 黑色金属合金	8
1.5 有色金属合金	18
1.6 铸造生产	31
1.7 压力加工	35
1.8 连接方法	38
1.9 机加工制造	41
1.10 选择金属材料的一般原则.....	43
参考文献.....	45
第二章 聚合材料.....	46
2.1 引言	46
2.2 聚合机理	47
2.3 聚合物的结构	48
2.4 聚合材料的机械性能	49
2.5 聚合材料的物理性能	51
2.6 热塑性塑料	52
2.7 热固性塑料	59
2.8 橡胶	60
2.9 聚合材料的加工	64
2.10 聚合材料构件设计的考虑.....	68

2.11 选择聚合材料的一般原则.....	68
参考文献.....	69
第三章 陶瓷材料.....	71
3.1 引言	71
3.2 陶瓷材料的结构	71
3.3 陶瓷材料的机械性能	72
3.4 陶瓷材料的物理性质和化学性质	73
3.5 卫生陶瓷	74
3.6 耐火材料	76
3.7 玻璃	80
3.8 陶瓷材料的加工	83
3.9 设计中需要考虑的问题	85
参考文献.....	86
第四章 建筑材料.....	87
4.1 引言	87
4.2 建筑石料	87
4.3 粘土制品	90
4.4 胶凝材料	90
4.5 混凝土	92
4.6 土壤	93
4.7 木材	94
参考文献.....	96
第五章 多相材料.....	97
5.1 引言	97
5.2 弥散复合材料	98
5.3 颗粒复合材料	100
5.4 纤维复合材料	102
5.5 层压复合材料	108
5.6 纤维复合材料设计中需要考虑的问题	109

5.7 复合材料的应用	111
参考文献	112
第六章 工作稳定性	113
6.1 引言	113
6.2 金属材料的腐蚀	113
6.3 陶瓷材料的化学稳定性	117
6.4 聚合材料的化学稳定性	118
6.5 表面防腐蚀处理	119
6.6 用阴极保护法和添加缓蚀剂防止腐蚀	121
6.7 材料在工作过程中的氧化	122
6.8 金属材料的高温稳定性	124
6.9 非金属材料的高温稳定性	126
6.10 辐射作用	126
参考文献	128
第七章 材料在工作中的破坏	129
7.1 引言	129
7.2 机械破坏的类型	130
7.3 安全系数	131
7.4 疲劳破坏	133
7.5 抗疲劳材料及其加工处理方法的选择	137
7.6 脆性断裂	138
7.7 有缺口韧性材料及其加工的选择	141
7.8 产品的可靠性	143
7.9 质量控制	144
参考文献	145
第八章 选择的经济基础	146
8.1 引言	146
8.2 成本的种类	147
8.3 无盈亏分析	148

8.4 增益成本	149
8.5 影响利润的各种因素	150
8.6 多种可供选择对象的等价点分析	151
8.7 最低成本分析	152
8.8 利益-成本分析.....	156
8.9 成本-效果分析.....	157
8.10 价值分析.....	160
参考文献.....	161
第九章 材料的经济性	162
9.1 引言	162
9.2 按材料成本进行分类	162
9.3 构成材料成本的基本要素	169
9.4 材料性能的价值评定	171
9.5 材料的有效利用	173
9.6 材料领域中的竞争	173
参考文献.....	176
第十章 制造方法的经济性.....	178
10.1 引言.....	178
10.2 生产设计和加工计划.....	179
10.3 制造或购买的决定.....	180
10.4 加工方法选择的经济观点.....	181
10.5 成本估算.....	183
10.6 加工成本的比较.....	184
10.7 选择的技术观点.....	186
10.8 制造方法之间的竞争.....	187
参考文献.....	189
第十一章 选择的技术-经济概念.....	190
11.1 引言.....	190
11.2 产品发展的几个阶段.....	190

11.3 选择参数之间的关系.....	192
11.4 设计的选择.....	193
11.5 材料的选择.....	195
11.6 制造方法的选择.....	197
参考文献.....	198
第十二章 材料的选择过程.....	199
12.1 引言.....	199
12.2 材料要求的分析.....	200
12.3 功能要求.....	200
12.4 可加工性的要求.....	200
12.5 材料的成本.....	201
12.6 可靠性的要求.....	201
12.7 工作条件对材料的要求.....	202
12.8 对材料要求的分类.....	202
12.9 对各种可供选择对象的筛选研究.....	203
12.10 对可供选择的材料进行评价.....	204
12.11 最佳材料的选择.....	204
12.12 选择材料的工具.....	205
12.13 选择材料的组织.....	205
参考文献.....	207
第十三章 选择材料的定量方法.....	208
13.1 引言.....	208
13.2 单位性质成本法.....	208
13.3 加权性质法.....	210
13.4 增益回转法.....	212
13.5 性质极限法.....	213
参考文献.....	215
第十四章 切削刀具材料的选择.....	216
14.1 引言.....	216

14.2	影响刀具性能的因素·····	216
14.3	对刀具材料要求的分析·····	219
14.4	刀具材料的分类·····	220
14.5	加权因子的分配·····	224
14.6	对切削刀具材料的评定·····	227
	参考文献·····	229
第十五章 有润滑剂的滑动轴承材料的选择·····		230
15.1	引言·····	230
15.2	影响轴承材料性质的因素·····	230
15.3	对轴承材料要求的分析·····	232
15.4	轴承材料的分类·····	233
15.5	加权因子的分配·····	240
15.6	对轴承材料的评价·····	243
	参考文献·····	243
第十六章 电绝缘材料的选择·····		244
16.1	引言·····	244
16.2	绝缘体的功能·····	244
16.3	对绝缘材料要求的分析·····	245
16.4	绝缘材料的分类·····	248
16.5	加权因子的分配·····	251
16.6	对绝缘材料的评定·····	253
	参考文献·····	254
第十七章 手术植入材料的选择·····		256
17.1	引言·····	256
17.2	设计依据·····	257
17.3	对植入材料要求的分析·····	259
17.4	金属植入材料的分类·····	260
17.5	加权因子的分配·····	262
17.6	对植入材料的评定·····	264

参考文献	265
第十八章 燃气涡轮叶片材料的选择	266
18.1 引言	266
18.2 设计依据	267
18.3 对材料的要求	267
18.4 叶片材料的分类	269
18.5 加权因子的分配	273
18.6 对燃气涡轮叶片材料的评定	274
参考文献	275
第十九章 低温用途材料的选择	276
19.1 引言	276
19.2 低温装置设计注意事项	276
19.3 对材料的要求	279
19.4 低温材料的分类	281
19.5 加权因子的分配	287
19.6 最佳材料的选定	287
参考文献	289
第二十章 保护涂层材料的选择	290
20.1 引言	290
20.2 涂层的用途和功能	290
20.3 有机涂层	292
20.4 有机涂层的性能	293
20.5 加权因子的分配	294
20.6 最佳材料的选定	297
参考文献	298
附录	
A.1 换算成SI单位	299
A.2 温度换算	301
A.3 英制 SI 应力单位换算系数	305

A.4	淬硬钢和硬质合金的硬度换算	308
A.5	软钢、灰口铸铁、可锻铸铁和有色金属的硬度 换算.....	309
A.6	英制SI冲击强度换算	310
A.7	用分数表示英寸的公制当量值	312

第一章 金属材料

1.1 引言

纯金属元素具有各种特性。其合金的用途更为广泛，因此工程材料大部分都是金属合金。金属材料的主要特性是其晶体学特性，导热性和导电性，以及相对较高的强度和良好的韧性。

金属材料可以分为黑色金属合金和有色金属合金。黑色金属合金是铁基金属材料，它们包括从含铁量大于98%的普通碳钢到各种合金元素含量约达50%的多种高合金钢。其余金属材料都属于有色金属范畴，有色金属可以再细分为轻金属合金，例如铝、镁、钛和铍；重金属合金，例如铜、锌、铅和锡；难熔金属，例如钨、钽、钼和铌[⊖]；贵金属，如金、银和铂。

根据生产方法的不同，金属材料可分为铸造合金和变形合金。铸造合金约占所有工业金属材料的20%，它们都直接铸造成型。变形合金通常都是通过热加工或冷加工形成象板、带、棒、丝、管等各种半成品。这些半成品为进一步通过压力加工或切削加工制造成品零件提供了坯料。第三类粉末金属和合金，它们在最近几年已获得工业界欢迎。粉末经过压型、烧结就生产出了即刻可用的零件，这些零件几乎不需要再进一步切削加工。

⊖ 原文没有铌，此为译者所加。——译者注

在大多数工程应用中，选择最佳金属材料，通常以下列条件中一个以上的条件为依据：

(1) 机械性能，常常通过拉伸、疲劳、硬度和冲击试验测定出来；

(2) 物理性能和化学性能，诸如比重、导热率和导电率、热膨胀系数和抗腐蚀性；

(3) 冶金学条件，诸如性能的各向异性，钢的淬透性，晶粒度，性能的连续均匀性、即没有偏析和夹杂；

(4) 加工条件，诸如可锻性、可切削性和可焊性；

(5) 成本和使用价值；

(6) 销售的吸引力，如色彩和光泽。

本章将要讨论前四个条件，第五、第六个条件将在第八、第九、第十章讨论。

1.2 金属材料的变形

外力所引起的在弹性范围内的应变是材料单位晶胞尺寸变化的结果。弹性模量为应力和应变大小之比值，是材料的一种特征，合金化对它没有明显的影响。所有材料的弹性模量都随温度的升高而下降。多相材料或复合材料的弹性模量，正如第五章将要讨论的那样，是各组元弹性模量、组元数量及其分布状态的函数。

到达弹性极限以后，金属材料通常以滑移方式继续产生塑性变形，滑移过程包含有位错运动。运动位错所需要的力决定了材料在塑性范围内的强度。因此阻碍位错运动的任何障碍都会提高材料的强度。固溶体中外来原子引起的晶格畸变、应变硬化、晶界、第二相沉淀都能起位错障碍的作用，所以它们常常用来提高金属材料的机械性能，正如1.3节将

要讨论的那样。

1.3 金属材料的强化

塑性材料的有效强度通常受屈服强度的限制,脆性材料的有效强度受断裂强度的限制。对许多工程合金来说,强度的增加都伴随有塑性的下降,因而应当选择塑性和强度的最佳配合来满足工作要求。大多数工业上所用的强化方法都以1.2

节所概述的阻碍材料中的位错运动为依据。

固溶强化在实践中应用很普遍,特别是铝合金和铜合金(例如Al-Mg合金和Cu-Zn合金系,应用的机会更多。)图1.1说明了固溶合金化对Al-Mg合金机械性能的影响。合金元素的固溶硬化效果是基体金属和溶质之间原子尺寸

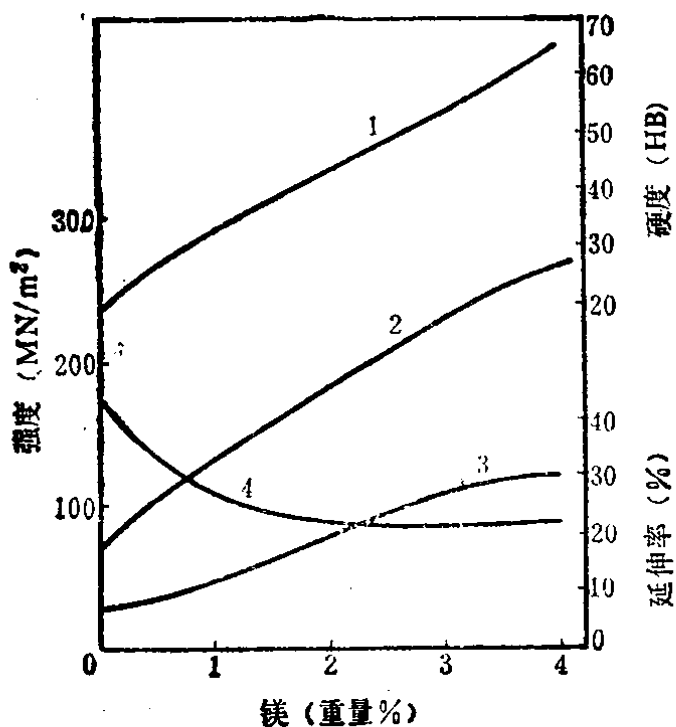


图 1.1 镁添加剂对铝机械性能的影响
(固溶硬化)

1—布氏硬度 2—拉伸强度极限
3—屈服强度 4—延伸率

差异引起的晶格畸变的函数。

变形合金冷加工产生的应变硬化是强化工程合金的另一种重要方法。冷加工增加了位错密度,又使它们互相牵制,从而使位错变得更难运动。图1.2给出了冷加工对 AISI (美

处理、再淬火，以便产生过饱和固溶体，随后时效，在控制条件下析出硬化相。沉淀硬化和应变硬化相结合比单独使用这两种方法中的任一种能产生更大的强化效果。

上述分析表明，只给出一个合金的化学成分，不足以确定它的机械性能，还应当规定合金的处理规范。表1.1是铝合金的处理符号。

表1.1 铝合金的处理符号

处理符号	状 态
F	加工的，例如轧制
O	退火、再结晶、软化处理
H	应变硬化
H1	冷加工应变硬化。第二位数字表明硬化程度，例如H12,1/4硬;H14, 半硬; H18,全硬; H19,极硬
H2	应变硬化再加不完全退火。H24,半硬; H28,全硬
H3	应变硬化再加低温稳定化处理
T	热处理
T2	退火的铸件
T3	固溶处理随后应变硬化再加自然时效
T4	固溶处理随后自然时效
T5	无固溶处理的人工时效
T6	固溶处理随后人工时效
T8	固溶处理随后应变硬化，然后人工时效
T9	固溶处理随后人工时效，然后应变硬化

多相材料的全面性能取决于各个相的物理相互作用。当这种材料被加载时，每个相内的应力既取决于该相的分布和形状，也取决于与该相有关的周围相的机械性能。第五章将更详细地讨论多相材料的特性。很多钢种都可划归为多相材料，就退过火的普通碳钢的简单情况而论，硬的碳化铁强化了较软的铁素体基体，如图1.3所示。随着碳化物含量的增加，硬度、屈服强度、拉伸强度极限均提高，塑性和韧性却