

机械制造工艺及材料

〔美〕E. 保罗 迪加莫 著

曹正铨 等 译

林 丞 等 校



机械工业出版社

内 容 简 介

本书是美国加利福尼亚大学E. 保罗·迪加莫教授所著《机械制造工艺及材料》教材第五版的中译本。全书共分两部分，第一部分为有关材料及材料选择；第二部分为各种基本制造工艺，包括铸造和机械成形工艺，机械加工工艺、焊接工艺以及有关制造方面的工艺过程及工艺方法等。

本书所涉及的知识面广，内容随版本不断更新，在每章后面都附有复习题，而且在大多数章节后面都附有一个实例，这些实例只有深入学习本书各章节后才能作出正确的回答，因此，对读者甚有裨益。

本书适于大专院校机械工程专业师生以及从事机械工程方面的技术人员使用。

MATERIALS AND PROCESSES IN MANUFACTURING (fifth edition)

E. Paul DeGarmo, P.E.
Darvic Associates Inc 1979 USA

* * *

机械制造工艺及材料
〔美〕E. 保罗·迪加莫 著
曹正铨 等译
林 丞 等校

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第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 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $36 \frac{3}{4}$ · 字数 903 千字

1985 年 10 月北京第一版 · 1985 年 10 月北京第一次印刷

印数 00,001—10500 · 定价 7.50 元

*

统一书号：15033·6052

目 录

第一篇 材 料

第一章 绪论	1
§ 1-1 工程师在制造过程中的作用	1
§ 1-2 基本生产类型及基本制造工艺	3
§ 1-3 制造工艺的发展史	5
§ 1-4 生产计划及生产组织	7
复习题	9
第二章 材料的性质	10
§ 2-1 概述	10
§ 2-2 静态特性	11
§ 2-3 动态特性	20
§ 2-4 温度效应	24
§ 2-5 可切削性	27
§ 2-6 断裂力学的研究	27
复习题	28
实例 1 不同的钢混在一起的实例	29
第三章 金属和合金的性质	30
§ 3-1 材料的结构	30
§ 3-2 金属的晶体结构	33
§ 3-3 单晶体的弹性变形及塑性变形	37
§ 3-4 多晶金属的塑性变形	40
§ 3-5 合金	43
§ 3-6 原子结构和导电性	43
复习题	44
实例 2 误用实验数据	45
第四章 普通工程合金及其生产	46
§ 4-1 铁	46
§ 4-2 钢	49
§ 4-3 铜	55
§ 4-4 铝	56
§ 4-5 钛	57
§ 4-6 镁	58
§ 4-7 锌及其他	58
复习题	59
实例 3 自行车修理	60
第五章 平衡相图	61

§ 5-1 平衡相图的概念	61
§ 5-2 平衡相图的应用	64
§ 5-3 铁-碳平衡图	67
复习题	74
实例 4 相图的不合理使用	75
第六章 热处理	76
§ 6-1 热处理的理论和工艺	76
§ 6-2 提高强度的热处理	78
§ 6-3 钢的强化热处理	80
§ 6-4 钢的表面淬火	88
§ 6-5 热处理设备	90
复习题	91
实例 5 船用发动机轴承的破裂	92
第七章 合金铸铁与合金钢	93
§ 7-1 普通碳钢和合金钢	93
§ 7-2 一些常用的合金钢	98
§ 7-3 合金铸钢和合金铸铁	103
复习题	104
实例 6 短命的齿轮	105
第八章 有色合金	106
§ 8-1 铜基合金	106
§ 8-2 铝合金	109
§ 8-3 镁基合金	114
§ 8-4 锌基合金	115
§ 8-5 镍基合金	116
§ 8-6 高温用有色合金	116
§ 8-7 铅-锡合金	117
复习题	118
实例 7 代用铝连杆	119
第九章 非金属材料——塑料, 橡胶, 陶瓷	120
§ 9-1 塑料	120
§ 9-2 塑料的设计和选材要点	131
§ 9-3 橡胶和合成橡胶	134
§ 9-4 陶瓷	137
复习题	138
第十章 材料选择	140

§ 10-1 概述	140
§ 10-2 材料选择	142
复习题	145
实例 8 锤子碎裂事件	145

第二篇 铸造及成形工艺

第十一章 铸造工艺	147
§ 11-1 砂型铸造	148
§ 11-2 永久型铸造法	162
§ 11-3 石膏型铸造	167
§ 11-4 熔化和浇注	170
§ 11-5 铸件清理, 打磨及热处理	174
§ 11-6 铸件设计要点	175
复习题	179
实例 9 不合格的螺旋桨	180
第十二章 粉末冶金	181
§ 12-1 粉末冶金制品的生产	181
§ 12-2 粉末冶金制品的性能	185
§ 12-3 粉末冶金制品的设计和应用	186
复习题	188
第十三章 金属成形的理论基础	190
§ 13-1 成形加工时的应力状态	190
§ 13-2 一般应力状态下的屈服条件	193
复习题	198
实例10 耐腐蚀工作容器的材料	198
第十四章 热加工工艺	199
§ 14-1 概述	199
§ 14-2 轧制	202
§ 14-3 锻造	204
§ 14-4 挤压	210
§ 14-5 板材的热拉延	213
§ 14-6 热旋压	213
§ 14-7 管子锻焊	214
§ 14-8 穿孔	214
复习题	215

第十五章 冷加工工艺	217
§ 15-1 概述	217
§ 15-2 挤压工艺	219
§ 15-3 弯曲	225
§ 15-4 冲裁	229
§ 15-5 拉延	235

§ 15-6 压力机	245
复习题	247
实例11 带螺纹的球头短轴	249

第三篇 机械加工工艺

第十六章 测量、检验和质量控制	251
§ 16-1 公差与配合	251
§ 16-2 测量器具	258
§ 16-3 检验器具	266
§ 16-4 检验和质量控制	272
复习题	275
实例12 地下蒸汽管道	276
第十七章 金属切削加工	278
§ 17-1 切屑的形成及影响切屑形成的因素	278
§ 17-2 刀具材料	283
§ 17-3 切削过程中刀具与工件的关系	284
§ 17-4 切削液	288
§ 17-5 切削力及切削功率	289
§ 17-6 金属切削机床的现代化趋势	294
复习题	295
第十八章 刨削加工	297
§ 18-1 牛头刨削加工及牛头刨床	297
§ 18-2 龙门刨削加工及龙门刨床	301
复习题	303
实例13 铝卡环	304
第十九章 钻削和铰削	305
§ 19-1 钻削	305
§ 19-2 铰削	312
§ 19-3 钻床	314
复习题	319
实例14 铸件上的螺栓支脚	320
第二十章 车削加工	321
§ 20-1 概述	321
§ 20-2 普通车床、车刀及车床附件	321
§ 20-3 车床加工	332
§ 20-4 转塔车床	336
§ 20-5 自动车床	341
§ 20-6 多刀车床	345
复习题	346
第二十一章 镗削	348

§ 21-1 概述	348	§ 27-2 螺纹的切削加工	419
§ 21-2 镗床及镗刀	348	§ 27-3 螺纹滚压	425
复习题	352	复习题	427
第二十二章 铣削	353	实例20 转向轴接头	428
§ 22-1 概述	353	第二十八章 齿轮制造	429
§ 22-2 铣刀的类型	354	§ 28-1 概述	429
§ 22-3 铣床结构及种类	357	§ 28-2 齿轮制造	433
§ 22-4 铣削工时的估算	362	复习题	444
复习题	363	实例21 排气螺钉	445
实例15 钛构件	364		
第二十三章 锯削和锉削	365	第四篇 焊接及类似的工艺	
§ 23-1 锯削及其刀具和设备	365	第二十九章 锻焊、气焊和电弧焊	447
§ 23-2 锉削及其刀具和设备	371	§ 29-1 概述	447
复习题	373	§ 29-2 锻焊	448
实例16 汽油箱固定器	373	§ 29-3 气焊	449
第二十四章 拉削	374	§ 29-4 电弧焊	451
§ 24-1 概述	374	§ 29-5 熔焊焊缝种类和接头形式	459
§ 24-2 拉刀	375	复习题	460
§ 24-3 拉床	378	第三十章 电阻焊	462
复习题	380	§ 30-1 电阻焊原理	462
实例17 某公司的轴套	381	§ 30-2 电阻焊接工艺及设备	464
第二十五章 磨削加工工艺	382	§ 30-3 其他电阻焊接方法	468
§ 25-1 概述	382	复习题	469
§ 25-2 磨料	382	实例22 螺栓法兰的争端	469
§ 25-3 磨削及砂轮	384		
§ 25-4 磨床	390	第三十一章 其他焊接和与焊接相	
§ 25-5 珩磨	400	近的方法	470
§ 25-6 研磨	401	§ 31-1 其他焊接方法	470
§ 25-7 超声波加工	402	§ 31-2 堆焊	475
复习题	403	§ 31-3 金属喷镀	476
实例18 高速钢与碳化钨比较实例	404	§ 31-4 火焰矫正	478
第二十六章 无屑加工——化学加工，电		§ 31-5 塑料的焊接	478
化学加工，放电加工	405	复习题	479
§ 26-1 概述	405	实例23 开裂的机翼板	479
§ 26-2 化学加工	405		
§ 26-3 电化学加工	409	第三十二章 气割和电弧切割	480
§ 26-4 放电加工	411	§ 32-1 概述	480
复习题	413	§ 32-2 氧焰切割	480
实例19 怎样使管子成为喇叭形?	413	§ 32-3 电弧切割	484
第二十七章 螺纹的切削和成形	415	§ 32-4 激光束切割	485
§ 27-1 螺纹的类型和精度等级	415	复习题	486
		第三十三章 硬钎焊，软钎焊和胶接	487
		§ 33-1 硬钎焊	487

§ 33-2 软钎焊	493	§ 37-2 化学清洗	525
§ 33-3 胶接	494	§ 37-3 终饰	526
复习题	496	§ 37-4 电镀处理	530
实例24 集装箱支架	497	§ 37-5 无电涂镀	532
第三十四章 焊接热效应和焊接设 计要点	498	§ 37-6 气相沉积涂层	533
§ 34-1 热效应	498	复习题	534
§ 34-2 设计要点	501	实例27 脏的黄铜垫片	535
复习题	502	第三十八章 大量生产的机床和 技术	536
第五篇 与机械制造有关的工 艺过程和工艺方法		§ 38-1 动力部件和输送部件	536
第三十五章 定位、划线和放样	503	§ 38-2 自动化	542
§ 35-1 概述	503	复习题	544
§ 35-2 手工定位法	504	实例28 加工小轴套	544
§ 35-3 机床定位法	506	第三十九章 数控、带控和计算机 控制	545
复习题	509	§ 39-1 概述	545
实例25 青铜螺栓的奥秘	509	§ 39-2 带控、直接数字控制 (DNC) 和 计算机数字控制 (CNC)	549
第三十六章 夹具	510	§ 39-3 数控系统的经济性	562
§ 36-1 概述	510	复习题	563
§ 36-2 夹具设计的要点	511	实例29 轴和圆偏心凸轮	564
§ 36-3 位置尺寸夹具	515	第四十章 制造工艺的安排	565
§ 36-4 夹具的经济性	518	§ 40-1 设计与生产的相互关系	565
复习题	519	§ 40-2 零件结构工艺性	566
实例26 立柱上的孔	520	§ 40-3 工艺规程的拟定	570
第三十七章 装饰性和保护性表面 处理	521	复习题	574
§ 37-1 清理和抛光	521	实例30 带有三角形孔的零件	575
		附录 参考文献	576

第一篇 材 料

第一章 绪 论

§ 1-1 工程师在制造过程中的作用

材料、人和设备是制造过程中相互影响的因素，为了能够经济地进行生产，这三者必须恰当地组合。这个重要的概念用图 1-1 来加以说明。

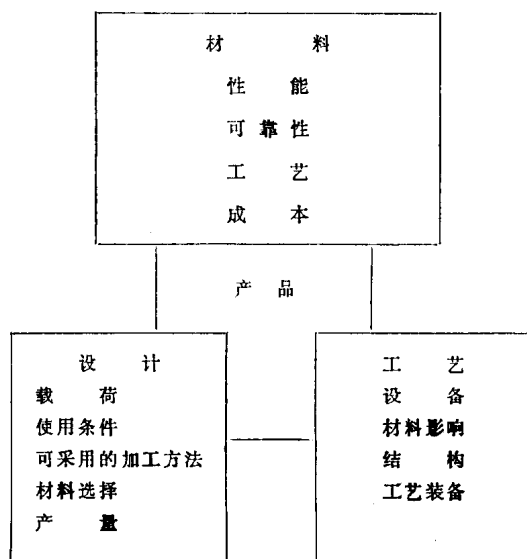


图1-1 制造一种产品时，材料、设计与工艺之间的关系

大多数工程师的职责是进行产品设计，而产品则通过对材料的加工制作而付诸实现。在关于材料选择、材料的制造方法等方面，设计工程师是一个关键的因素，一个优秀的设计工程师应该知道他的设计需要达到什么目的，了解对使用载荷及要求有些什么样的假定，产品必须经得起什么样的使用环境，产品需要有什么样的外观。为了满足这些要求，他必须选择和规定所使用的材料。通常，为了利用材料并使产品能够具有所需的形状，设计工程师要熟悉应该采用哪种制造方法。在许多实例中，选择了一种特定的材料很可能就意味着必须要使用哪一种加工方法。同时，为了有效而经济地使用某种工艺，可能不得不修改设计。一定的尺寸公差可能就决定了加工方法，而某些加工方法则需要一定的公差。通常，在将设计付诸实施时，必须作出这些决定。很多例子说明，如果设计师具有关于材料及制造工艺方面的较丰富的知识，则在设计阶段作这些决定会更好些，不然的话，所作出的决定也许会降低产品的可行性，也可能会增加产品成本。显然，设计工程师是制造过程中最重要的因素。

一些工程师直接从事产品制造、选择和调整所采用的工艺及设备，监督和管理这些工艺及设备的使用。一些工程师从事专用工装的设计，从而使通用机床能够用来生产专门产品。这些工程师必须有广泛的有关机床、工艺能力和材料方面的知识，以便在没有过载或损坏机床并对被加工材料无不良影响的情况下更为有效地完成所需要的加工操作。一些刀具工程师或制造工程师在制造过程中起着同样重要的作用。

少数工程师设计生产中所需使用的机床及设备。显然，他们是设计工程师，而且，对于他们的产品来说，他们也同样关心设计、材料和制造工艺的相互关系。然而，他们更多地关心他们所设计的机床将要加工的材料特性以及机床和材料的相互作用。

还有另外一些工程师——材料工程师致力于发展新的更好的材料。他们也必然会关心他们的材料如何加工以及加工过程对材料性质产生的影响。

虽然工程师的作用可能有很大的差别，但是，大部分工程师本身都必定关心材料和制造工艺之间的关系。

图 1-2 所示的仪表插头，可以作为一个设计、材料选择和制造方法的选择和使用之间密切关系的例子。这种插头在零售商店购买得花 40 美分，而制造厂家可能只愿意花约 25 美分的成本。从图 1-2 可以看出，这种插头由 10 个零件组成。因而，制造厂家为了获利，必须以低于 25 美分的成本来制造、装配并销售这 10 个零件——平均每个零件 $2\frac{1}{2}$ 美分。只有对设计、材料选择、加工方法选择、加工所使用的设备的选择以及人员的利用更多地加以注意才能达到这个目标。

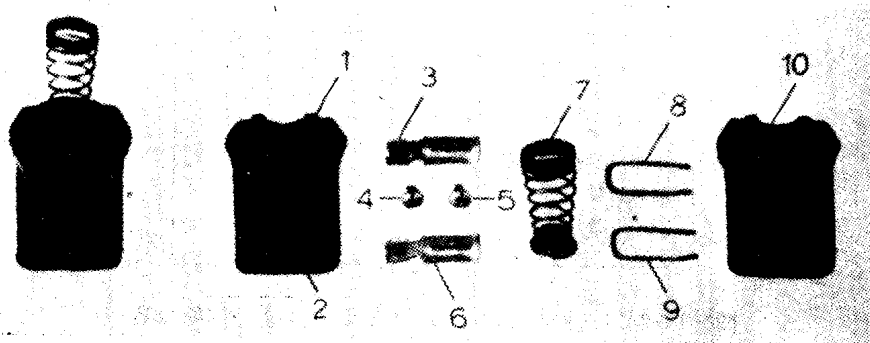


图1-2 装配好的和分解的仪表插头

仪表插头是一种比较简单的产品，然而，它在制造过程中所涉及的问题都是制造业中必须处理的有代表性的问题。已经提到的设计、材料和工艺的各个部分都是密切相关的，每一部分都与其他部分发生影响。例如：如果用两个 U 形卡子来代替把两个塑壳元件固定在一起的螺钉和螺帽，则将需要完全不同的机床、工艺和装配方法。同样，插头的成功则取决于给卡子选择恰当的材料。卡子材料应当有足够的韧性以便使它在弯曲时不会破裂，它还必须有足够的强度和刚度，以便起弹簧作用，使卡子能够牢固地把两个塑壳夹持在一起。很明显，为了保证有一个经济的令人满意的产品，在设计插头及卡子时，材料和工艺两个方面都必须加以考虑。

能够使插头花 25 美分生产出来所必须解决的问题表可能是相当长的。可以设想一下：一

辆汽车或一枚空间火箭的类似表格有多长。花费不到 4000 美元就可以买到一辆现代化汽车这一事实证明,工业已经学会有效地处理由于复杂的现代化产品的设计和生 产带来的许多问题。这些问题的解决要求工程师具有有关材料、制造工艺以及它们之间关系的基本的和综合的知识,而且在从方案设计阶段一直贯穿到生产设备及装置的管理的各个阶段运用这些知识。

§ 1-2 基本生产类型及基本制造工艺

通常把制造过程分为小批生产、大量生产^①、流程生产三种类型。一个小批生产的工厂由许多通用机器组成,当由高度熟练的工人操作这些机器时,可以生产许多种产品。但是这种工厂虽然提供了灵活性,却很少可能经济地生产大量的产品。需要进行加工的零件超出了它的加工范围则必须从其他厂家购买或转包。然而,在零件数量少时,这种生产方式可能比其他任何方式更为经济。

大量生产的工厂是由设计并选择来制造一种确定的产品或者一组相类似的产品的专用设备所组成的。作为一个整体来说,工人的技术水平较小批生产时为低,或者仅在一些有限的操作范围内是熟练的。设计这样一种工厂是要很经济地生产特定的产品,其条件是生产的数量足够多。但是,如果生产的数量较少,将会是很不经济的。

流程型工厂是围绕专门的流程设计的,一般来说,基本上是化学流程,例如精炼或者蒸馏。这些主要和化学工程师有关,因而本书不予讨论。

结构分析

在构件制造过程中,主要目标是为了生产具有所需要的结构、尺寸及光洁度的零件。每个零件都有由互相按一定联系排列或间隔的具有一定尺寸的各种不同类型的表面连接成的形状。因而,一个零件是通过产生构成其形状的表面而制造的。这些表面可能是:

1. 平面或端面;
2. 圆柱面:外圆或内圆表面;
3. 锥面:外锥面或内锥面;
4. 不规则表面:曲线或曲面。

制造零件所使用的方法或是切除材料的粗糙毛坯的一部分,从而产生并保留所需的连接表面,或是使材料形成一个具有所需连接表面的稳定结构。因而,在设计一个物体时,要描绘和说明形状、尺寸及连接面的排列。其次,对所设计的结构必须进行分析以便确定什么材料能够提供所需特性,最好采用哪种制造方法才能够由所选定的材料获得所需要的连接表面。解决后两个设计步骤是本书的主要目的。

基本制造工艺

制造工艺可以分成七类:

- | | |
|---------------|------|
| 1. 铸造和模压; | 切削加工 |
| 2. 成形和冲裁; | 无屑加工 |
| 3. 机械加工(金属切除) | 热切割 |

① 大量生产不仅仅是指一种产品的数量很多的生产。相反,它包含了通过采用劳动力分工、专门化以及互换性原理来制造数量众多的标准化产品。数量众多的产品也能够用其他方法生产,但往往是不经济的。

- 4. 热处理;
- 5. 终饰加工;
- 6. 装配;
- 7. 检验。

这些分类并非完全互相排斥的。例如：一些终饰加工切削少量的金属，但是，切除材料极少，而且切除材料也不是这种加工的目的。其他各类工艺中也存在某些类似的情况。

铸造和模压是把液态的、颗粒状的或粉末状的材料注入预先准备好的型腔内。液状材料（一般是熔融的金属）成为型腔的形状并凝固，不论是打开模型还是毁掉型腔，在型腔去掉之后就留下了所需要的形状。在使用粒状或粉末状材料时，为了使它们与型腔形状相吻合并获得所要求的密度，需要使用较大的压力。除了加压之外通常还需要加热。当材料已固化到能够保持所需形状及密度时，打开模型，取出零件。

铸造和模压的一个重要优点是：经过一个步骤就能够把材料由原始形式转化为所要求的形状。一般来说，还有一个次要的优点，即多余的或切下的材料容易回收利用。

成形和冲裁加工范围较广，并且使用预先经过铸造或模压的材料（金属或塑料）。一般来说，材料要经过一系列的成形和冲裁工序，因而，对一个特定工序，材料的形状可能是前面所有工序产生的结果。成形和冲裁的基本目的是改变材料的形状和尺寸和（或）改变材料的物理性能。常常还可能出现几种性质同时发生变化，而这种变化是不希望产生的，因为它限制了在一次加工中所能完成的工作或者必须作额外的处理（在下一章讨论）。

机械加工是为了保留需要的形状而从一块材料上切除有选择的部分。机械加工有三类：第一类，也是最普通的一类是以切屑的形式切除金属。切屑是由于刀具的作用而形成的，刀具施加压缩力足以产生超过材料剪切强度的剪应力，导致切屑从工件上剥离。已经发展了多种不同类型的切屑型加工方法，其中七种被看成是基本的，每一种都有不同的刀具或刀具—工件相对运动的形式。这七种加工方法（包括它们的变型）如下：

1. 刨削（或龙门刨削）
2. 钻削
 - a. 铰削
3. 车削
 - a. 端面车削
 - b. 镗削
4. 铣削
5. 锯削
 - a. 锉削
6. 拉削
7. 磨料加工（磨削）
 - a. 研磨
 - b. 珩磨
 - c. 超声波加工

这些加工方法所使用的刀具从外貌来看常常是完全不同的，但事实上，它们只不过是按照同样的基本的切屑形成方法切除材料的一个或多个切削刃的不同排列而已。

各种切屑形成加工方法所产生的切屑，其大小有很大的变化，从在某些磨料加工中只能用放大镜才能看见的直到用很大的单刃刀具切削时产生的横截面达 1 in^2 的切屑都有。

近几年来，更多地注意发展第二种加工工艺，即无屑加工工艺。在这类工艺中，金属是用化学或电化学反应切除，或是由高压电火花作用对工件材料进行腐蚀。它们的附带的优点是可以加工硬度很高而难于用刀具切削的材料，并且刀具与工件之间不会有导致工件变形和材料性质改变的较大的反作用力。因而，在某些情况下，虽然以很高的切除率从大型零件上切除金属，却仍然能够对脆弱零件进行精确的加工。

热切割是这样完成的：或者是把金属加热到足够高的温度以使它在氧气流中能够迅速氧化，或者是把它加热到熔化温度以便用空气流吹掉。在火焰切割中使用氧炔焰和一股氧气流来切割几乎任何厚度的黑色和有色金属。黑色金属和有色金属既可以用空气碳弧切割也可以使用等离子弧切割。在空气碳弧切割中，金属由电弧熔化然后用压缩空气吹掉。等离子炬产生极高温度的等离子，碰撞工件而使之熔化，并把它吹出切口。

热处理是为了改变金属的冶金和机械性质这一特定目的而对金属进行的加热和冷却。由于在金属加工和金属性能方面改变和控制这种性质非常重要，所以，热处理是一种很重要的制造工艺。每一种金属对热处理有不同的反应。因而，一个设计师不仅应当知道怎样才能用热处理改变所选定材料的性质，而且，同样重要的是，应当知道一种选定的金属对于制造工艺中可能要进行的加热和冷却将会产生什么样的反应，不管这种反应是否有利。通过掌握并运用热处理的专门知识，常常可以用比较便宜的金属代替较贵的金属，可以避免工艺过程中的不利影响，或者可以采用少花钱的工艺方案。

终饰工艺用于清洗、去毛刺或在工作表面上提供保护性的也许还带装饰性的表面。包括：

- | | |
|----------|--------|
| 1. 清洗 | 2. 去毛刺 |
| a. 化学清洗 | |
| b. 机械清洗 | |
| 3. 涂漆 | 4. 镀层 |
| 5. 抛光 | 6. 镀锌 |
| 7. 阳极化处理 | |

装配工艺指用永久的或非永久的连结方法把零件连结在一起。装配工艺包括：

- | | |
|---------|------------|
| 1. 机械连接 | 2. 软钎焊及硬钎焊 |
| 3. 焊接 | 4. 压力装配 |
| 5. 热压配合 | 6. 胶接 |

检验过程并不能直接取得所需要的形状及外观，但是，由于检验过程判断所要求的目标是否已经达到，因而是非常重要的。所以，检验过程可以看成是制造工艺，没有检验方法则其他各种工艺大概就没有多少价值了。

§ 1-3 制造工艺的发展史

为了促进所需产品的生产，制造工艺基本上是和机床及测量方法平行发展的。最早的机床很可能是约公元七百年前制造伊特拉斯坎^①木碗的原始车床。这种早期的机床是用手工制造的，而且是为单一用途而设计的。从真正的意义上来说，制造业是随机床而发展的。机床不仅能够制造一定的产品，同样也能够生产机床本身，而且也制造为驱动机床而提供动力的

① 伊特拉斯坎 (Etruscan) 为古代意大利西北部的一个民族——译者注

原动机。

现代机床起始于约 1775 年，当时英国的约翰·威尔金森（John Wilkinson）设计了卧式镗床，用来镗削内圆柱表面，如活塞泵的内表面。图 1-3 所示为一台威尔金森镗床的模型。在这种镗床上，镗杆通过被加工的铸件伸出，并在外端用一个轴承支承。现代化镗床仍然采用这种基本设计。威尔金森报告说，他可以用这种机器将直径为 57in 的缸体镗削得精确到使得比一个英国先令（大约厚 $1/16$ in 或 1.59mm）厚的任何东西都不能够插入缸体和活塞之间的间隙中。

1794 年，亨利·麦特斯莱（Henry Maudsley）设计了一种有实用滑动刀架的普通车床。这种机床（如图 1-4 所示）是现代普通车床的先驱。大约在 1800 年，增加了能够车螺纹的丝杆及配换挂轮。

大约于 1830 年开始，约瑟夫·惠特沃思（Joseph Whitworth）通过发展精密测量方法来加速扩展威尔金森和麦特斯莱机床的应用。他最先制造了三块真正的平板。三块平板是必不可少的，因为用两块平板时，球面和平面的配合效果是一样的，故不能得到真正的平面配

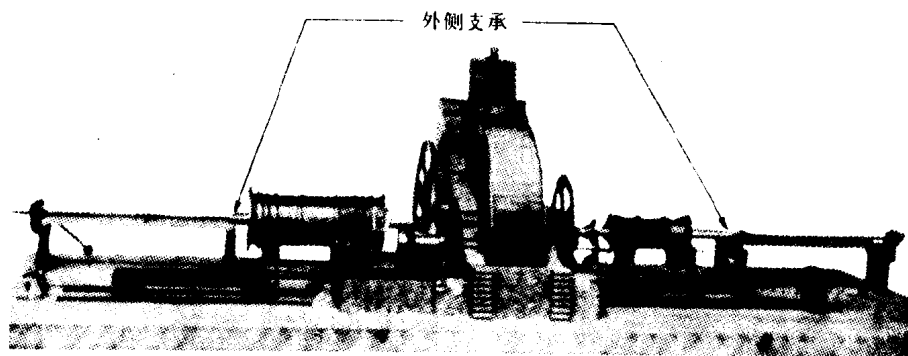


图1-3 威尔金森卧式镗床模型

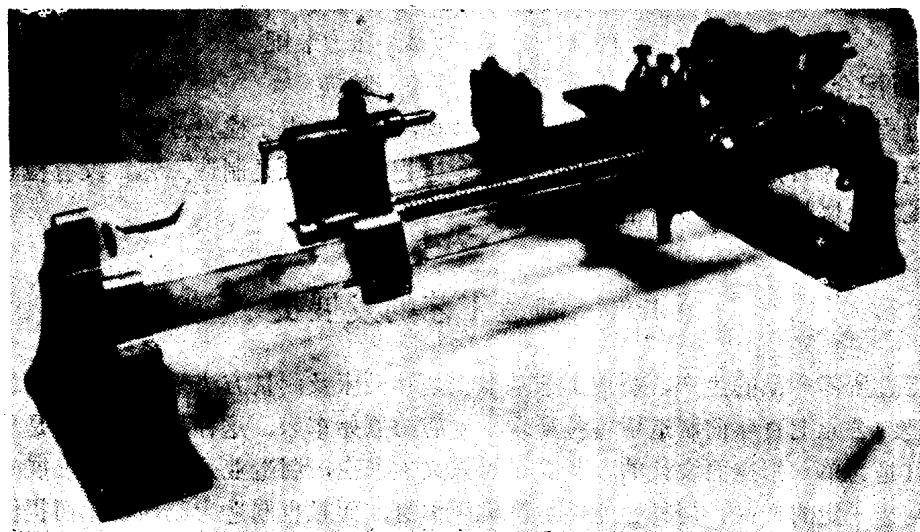


图1-4 麦特斯莱螺丝车床

合。后来，他设计了一台著名的使用一个大测微螺旋的测量机。以后，他致力于建立螺纹标准和制造塞规及环规。他的成就具有难以估量的意义，因为精确的测量方法是发展互换性生产的前提，是后来大量生产的需要。

当有关机床及精密测量方法在英国取得了早期的成就时，在欧洲及美国差不多同时出现了关于实现互换生产方面的最初努力。这种努力主要是指采用锉削样板以便在手工锉削重复零件时基本上能够得到同样的尺寸。1798年，埃利·惠特尼（Eli Whitney）由于采用了这种技术，使他能够与美国政府签订并履行生产10000只零件有互换性的滑膛枪的合同。然而，这种确实惊人的成就主要是靠艰苦的手工劳动而不是靠专门化的机器来完成的。

在1875~1920年之间机床的根本性改进较少，主要是基本机床数量增多了，而且制造得更精确了。1920年以后，机床向专用化方向发展。大约从1930~1950年，为了更有效地利用已经发展的经过大大地改进了的切削材料，结果采用了功率更大、刚性更好的机床。这些专门化机床及设备有可能利用相对不熟练的工人来经济地生产标准化的产品。然而，专门化设备缺乏灵活性，而且对于各种各样的产品或标准产品稍加变化都不能适应。对于高度灵活性及高精度但不要求高度熟练工人的明显需求，导致近25年来发展高度通用的更加精确的数控机床。这些机床适宜用穿孔带或计算机控制，并且既可能经济地生产小批量产品，也可以经济地生产大批量的产品。通常包含了仅仅在几年前还没有尝试过的复杂的设计。将于第三十九章讨论的这种机床在过去十年得到了出乎意料的肯定，因此，这类机床现在相当普遍，甚至连很小的加工车间中也使用了。

继续降低生产成本的问题，过去是，而且将来也始终是主要问题。新材料和新工艺不断发明，尽管这几年来已经取得了很大进展，预期将来还会有更大的进步。对于限制材料的浪费，特别是通过不产生切屑的工艺的使用来限制，对于材料的回收利用以及避免环境污染等问题将给予更多的注意。

自动化

自动化指的是机器或机器集成组自动完成要求的切削加工、成形、装配、搬运及检验工序，并通过检测及反馈装置自动进行必要的补偿调整。虽然完全自动化的生产机群较少，但却有无数的高度自动化的单个机床的例子。一个完全自动化的工厂的潜在优点是很多的，但是在很多情况下，其先决条件是单个工序逐步实现自动化。应用自动化的一个最重要的限制是经济因素，最初投资很大，因而，利用率必须很高。另一个困难是这种设备的灵活性。计算机与数控机床连接可提供很多可能性。这种发展将于第三十九章讨论。

§ 1-4 生产计划及生产组织

生产计划

制造成本低并非偶然，在产品的设计、材料、工艺、设备的选择以及工艺装备的选择和设计之间有着非常密切的相互依赖关系，所以这些步骤中的每一个都必须在制造开始前仔细地加以考虑、规划和协调。这种准备时间特别是对非常复杂的产品，可能需要几个月甚至几年，并且可能会要花大量的钱。典型的例子如：一种全新型号的汽车，准备时间约花两年，而一种现代化飞机可能要花四年。

图1-5所示为产品从原始设想阶段到离开装配线为止所包括的各个步骤。应该注意，其

中大多数步骤与其他一些步骤有关。例如，刀具设计决定于所要生产的零件的设计。如果对于待加工零件的设计作出某些修改，往往可能简化刀具设计。同样，材料的选择也可能影响刀具的设计。另一方面，为了能够利用现有刀具进行生产并避免购买新设备，因而改变零件的设计常常是需要的。如果要获得经济性，所有各种生产形式的紧密协调是必不可少的。应当在早期消除所有错误和瑕疵，因为随着工作的进展，修改的代价会越来越高。

当产品很复杂时，如有双重曲率的表面或在一个有限的空间内精确装配许多零件、穿线、接管子等时，在设计已经完成、开始进行加工之前，常常使用全尺寸样品或模型。现在，能够通过使用计算机及穿孔带控制的机床，直接根据全尺寸模型加工成型模具，而不必要画出详图。某些模具也可以直接根据所需形状的数学公式进行加工，既不要画图，也不要作模型。

生产组织

在经济的和成功的工业生产中，最重要的因素之一是以什么方式来组织和控制资源(人、材料、资金)，以保持有效的协调、有效的反应及有效的控制。图 1-6 所示为一个公司的组织机构框图，说明了各个部门与有关人员之间的关系。在该公司中，设计阶段的协调是由所有副总经理、计划和制表经理

理、生产工程师、主任工程师组成的一个委员会来完成的。每一个人都能够对某一新产品是否应当投产，或是现有产品是否应当变更或停产提供重要的信息。生产副总经理必须知道该产品能够经济地制造出来，以及需要使用什么设备。计划和制表经理必须知道需要什么材料，什么时候需要。生产工程师应知道需要什么专用工艺装备及设备，如果有的话，怎样才能确保在需要的时候可以得到。而且他常常能够提出改进设计的建议以减少

和简化对工艺装备的需要。主任工程师必须能够预测劳动力费用，决定所使用的方法，并作

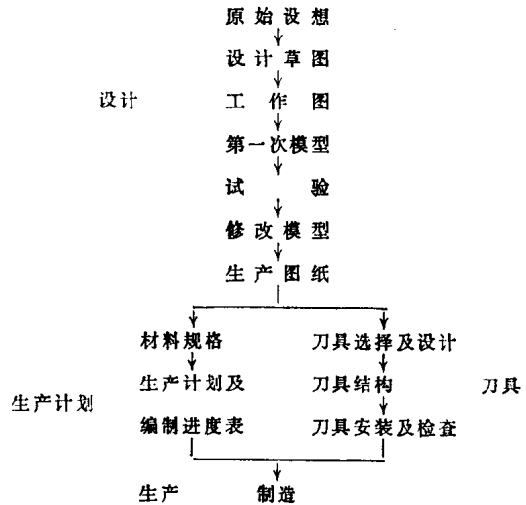


图1-5 把一个设想变成一个成品所需要的步骤

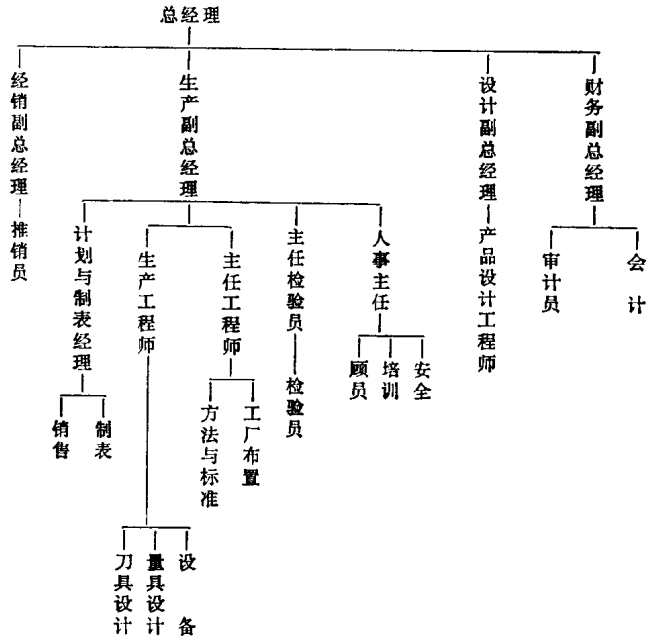


图1-6 典型的现代化企业的组织系统

设备规划和布置。经过这种协调,就可避免代价高昂的错误,而且修改是在纸上而不是在工厂进行的,通常会获得较好的价廉物美的产品。

这种委员会的成员显然不能对其他成员的所有例行任务都了解。但重要的是他了解他们的任务是怎样互相关连的以及在他们自己的部门内作出的决定是怎样影响到其他部门的工作的。例如,在设计专用工艺装备的过程中,生产工程师必须时刻记着,一般来说工艺装备是由人使用的,因而,操作方便和操作速度应该象使用性能一样给以同样多的注意。

上述的协调及合作方式要求工程师在一定的领域内更加专业化。他们也必须具备设计、冶金、工艺、经济、会计以及人与人之间的关系等广泛的基本知识。只有这样,一个九人投手的队才易于获得成功。一个球手不可能在所有九个位置上都是最佳选手,他必须掌握他所打的特定位置的所有诀窍,但是他同样也必须会投掷、接球、击球及跑垒,并且要知道其他八个人怎样才能打好球以及在什么位置上他们在任何情况下都能完成比赛。在制造业的竞赛中,低成本的大量生产是作为一个协调单位合作控制一家工厂的一支队伍的成果。这是低成本下生产高质量商品的关键。

规划加工工序

如前所述,成功的生产在产品设计阶段以及有关生产的决策作出的时候都需要有仔细的多方面的规划。在第四十章中有该方面问题的深入讨论。许多读者可能希望在读第二章~第三十九章之前参考这一章,在这种情况下,建议在结束本书的学习时重读一遍,这将是有好处的。

复 习 题

1. 试说明小批生产、大量生产及流程型生产之间的区别。
2. 一个工程师可能在哪三个方面与制造过程有关?
3. 结构分析指的是什么?
4. 试解释为什么机械制造中的“硬”产品——表面的形成是很重要的。
5. 七种基本制造工艺是哪些?
6. 为什么对于难加工金属用铸造工艺生产零件是有利的?
7. 区分大量生产的主要因素是什么?
8. 为什么大规模生产和大量生产可能是不相同的?
9. 给“机械加工”下定义。
10. 切屑型加工方法已经公认基本上是一种低效率的方法,但是,它比其他成形方法来说,很可能是使用最多的,为什么?
11. 十种基本切屑型加工方法是哪些?
12. 试列举终饰工序的三个目的。
13. 试列举五种装配方法。
14. 机械化与自动化的根本区别是什么?
15. 全尺寸模型对哪类产品有利? 指出两种具体产品。
16. 若图1-5所示的步骤中忽略了“修改模型”及“生产计划及编制进度表”这些步骤,将会出现什么困难?
17. 某公司正在考虑以铝代钢制造汽车保险杠,试列出在作这个决定的时候将要考虑的因素?
18. 扼要地讨论设计与生产的关系。
19. 据认为低成本的产品比高价零件更要仔细地进行设计,你认为正确吗?为什么?
20. 由商店购买一个售价低于1美元的大量生产的产品,如果可能的话,把它拆开,然后列出使它易于生产的那些特点。你能否在不降低它的使用价值或质量的情况下,采取任何办法使之进一步得到简化?

第二章 材料的性质

§ 2-1 概 述

在选择材料时，工程师们主要关心的是使材料的性质与零件的工作要求相适应。知道了零件工作时的载荷和环境条件，工程师们必须用已列成表格的材料试验数据作为初步的指导来选择一种合适的材料。工程师们必须了解他们要考察材料的哪些性质、怎样确定这些性质以及在使用它们时应提出些什么样的约束或限制。只有熟悉了材料的试验方法、能力和限度，才可确定是否能直接使用已列成表格的材料特定性能的数据来解决眼前遇到的问题，并灵活地利用它们来选择材料。

金属和非金属材料

金属或非金属也许是选择材料时所遇到的最普通的分类方法。常用金属材料有铁、铜、铝、锰、镍、钛、铅、锡和锌以及这些金属的合金（如钢、黄铜和青铜）。它们具有金属性质如光泽、导热性和导电性；有较好的塑性；并且，有些金属还具有较好的磁性。常用非金属材料有木头、砖、水泥、玻璃、橡胶和塑料。它们的性质变化很大，但通常往往塑性较差、强度较低，并且不如金属致密，此外，它们不能导电，导热性也差。

在这两组材料中，虽然金属材料很可能总是比较重要的，但是，非金属材料的相对重要性正在迅速增加，并且，由于新的非金属材料几乎连续不断地出现，这种趋势必定还会继续下去。在许多情况下，金属和非金属的选择是根据所要求的材料性质来确定的，当两种材料都具有所需要的性质时，总的费用就是决定的因素。

物理性能和机械性能

通过象颜色、密度、热膨胀系数、导热率和导电率、磁性以及熔点等物理性能的不同，通常可以把一种材料与另一种材料区别开来。其中某些性能（例如导热率、导电率及密度）对于为某些特定的用途选择材料时是最为重要的。然而，对于为设计而选择材料的工程师来说，描述材料在受力情况下如何反应的性能往往更为重要。机械性能与材料使用时在各种载荷下如何反应有关。

材料的机械性能是对它们进行标准的实验室试验来测定的，因而，能够确定材料对控制条件和环境条件发生变化时的反应。在使用这些试验结果时，工程师必须记住，它们仅能用于特定的试验条件。材料的实际使用条件与试验条件是很难完全一样的，因此，在应用试验结果时应该小心。

应力和应变

当把某一载荷施加到机构或结构上时，材料就会变形（产生应变），并产生反抗外力的内部反作用力（产生应力）。例如，假设某一质量 W 悬挂在一根横截面均匀的杆件上（图 2-1），这根杆件就会有一个微量伸长 ΔL 。对于一定的质量 W ，伸长量 ΔL 将随杆件的原始长度而定。

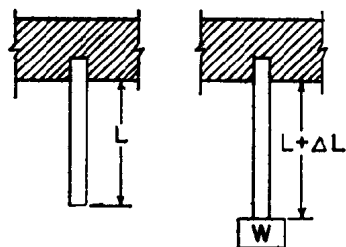


图2-1 拉伸载荷及由此引起的伸长

单位长度杆件的变形量（可表达为 $\epsilon = \Delta L/L$ ）称为单位应变。虽然它是两个长度之比值，并且是一个无量纲数，但通常以 mm/m、in/in 或以 % 来表示。

载荷 W 还在杆件内产生了反作用应力，并通过杆身将载荷传递到支承上。应力定义为被传递的力或载荷除以传递载荷的横截面积。因此，在图 2-1 中，应力 $s = W/A$ ，式中 A 为支承杆的横截面积。应力的单位通常是 MPa（国际单位制）或 lbf/in²（英制）。

在图 2-1 中，质量势必会使杆件伸长，所以，这种应变称为拉应变，而应力则称为拉应力。图 2-2 所示的其它类型的载荷会产生其它类型的应力和应变。压缩力势必使材料缩短，并产生压缩应力和压缩应变。如果在材料的一个单元体上作用了彼此成某一角度的两个力，则会产生剪应力和剪应变。

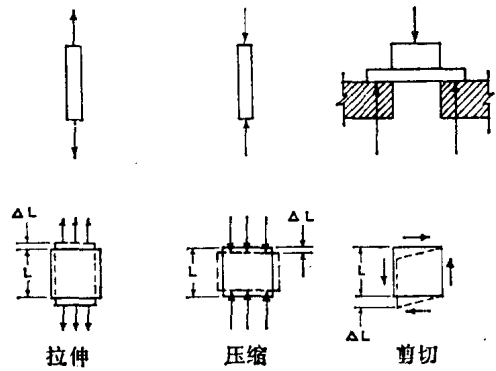


图2-2 拉伸、压缩和剪切载荷及其应变响应的例子

§ 2-2 静 态 特 性

当在材料上施加了恒定和静止（或几乎是恒定和静止）的载荷时，就可以说材料处于静态。在许多使用场合下，载荷条件基本上是静态的，因此，说明在这种载荷条件下材料的性质是很重要的。已经发展了许多标准的试验来测定和提供材料的静态特性。若使用条件与试验情况基本相同时，材料试验结果所提供的数据能用来选择材料，即使在使用条件与试验条件不同的情况下，也能用试验结果对各种材料进行定性的评价和比较。

拉伸试验

可以由单向拉伸试验得到相当多的有关材料性质的资料。标准的试样在试验机上受到拉伸载荷，标准的试验条件保证了试验的结果有意义并且有重复性。图 2-3 所示为两种最普通

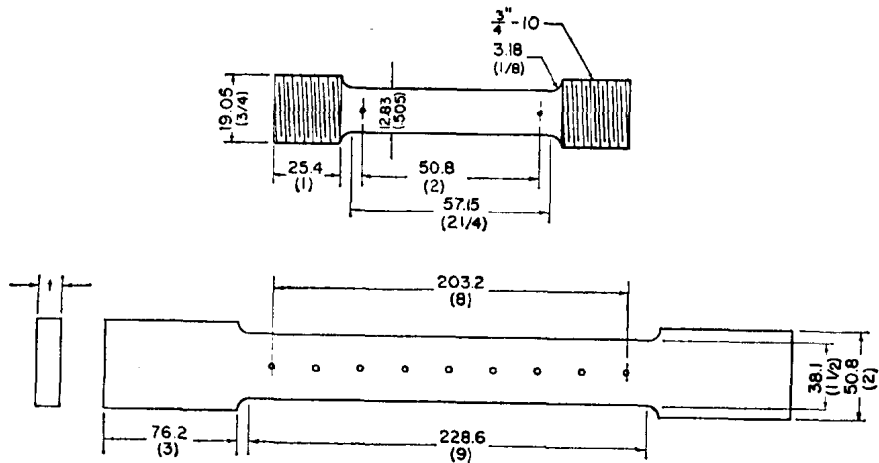


图2-3 两种普通型的标准拉伸试样圆试样（上图）和扁试样（下图）