

目 录

第二版序
第一版序
第二版编辑说明

第 1 篇 机械制造工艺总论

第 1 章 机械制造工艺的分类 及技术发展趋势		1·2 工艺管理系统	1-11
1 机械工厂生产过程和工艺流程	1-3	2 工艺基础工作	1-12
2 机械制造工艺分类	1-4	3 产品生产工艺准备	1-12
3 机械制造工艺的技术进展和发展趋势	1-7	4 生产现场工艺管理	1-13
3·1 常规工艺的不断优化	1-7	第 3 章 产品工艺过程设计	
3·2 新型加工方法的不断出现和发展	1-7	1 产品结构工艺性审查及工艺方案的初步设计	1-14
3·3 工艺设计由“经验”走向“定量分析”	1-9	2 工艺方案设计	1-14
3·4 自动化等高新技术与工艺的紧密结合	1-9	2·1 工艺方案设计的原则	1-14
3·5 “机械制造技术系统”的形成	1-9	2·2 工艺方案的分类与内容	1-14
第 2 章 工艺管理		2·3 工艺方案的评价	1-15
1 生产管理系统与工艺管理系统	1-10	3 工艺技术选择	1-16
1·1 生产管理系统	1-10	3·1 零件的材料、形状及尺寸的影响	1-16
		3·2 生产类型的影响	1-16
		3·3 不同工艺方法的特点和适用范围	1-18
		3·4 工艺技术选择实例分析	1-24

第 2 篇 铸 造

第 1 章 概 论

1 铸造的特点及在工业生产中的地位	2-3
2 铸件及其生产方法	2-3
3 铸造生产技术的发展趋势	2-5

第 2 章 铸件形成过程的理论基础

1 金属充型	2-6
1·1 影响充型能力的因素	2-6

1·2 提高充型能力的措施	2-8
2 铸件凝固	2-8
2·1 金属在铸型中的传热特点	2-9
2·2 铸件凝固时间的计算	2-10
3 铸件凝固过程数值模拟	2-11
3·1 基本原理	2-11
3·2 各种数值方法应用简介	2-12
4 铸件凝固组织的控制	2-13
4·1 粒状晶组织的控制	2-13
4·2 柱状晶组织的控制	2-15
4·3 共晶组织的控制	2-15



5 金属与铸型相互作用	2-15	2-2 粘结剂	2-58
5-1 热作用	2-15	2-3 混合料及其配制	2-61
5-2 物理化学作用	2-16	2-4 砂型砂芯涂料	2-65
5-3 机械作用	2-16	2-5 旧砂再生	2-67
6 铸件凝固过程的伴生现象	2-16	3 造型制芯工艺	2-68
6-1 铸件中的气孔和夹杂	2-16	3-1 气动微振压实造型	2-70
6-2 铸件的收缩	2-18	3-2 高压造型	2-70
6-3 铸件的热裂	2-18	3-3 气流冲击造型	2-73
第3章 铸造工艺设计		3-4 真空密封造型	2-75
1 铸件的工艺分析	2-19	3-5 树脂自硬砂造型与制芯	2-78
1-1 铸件结构分析	2-19	3-6 水玻璃砂造型与制芯	2-80
1-2 造型、制芯方法及铸型种类的选择	2-19	3-7 薄壳制芯	2-82
1-3 浇注位置和分型面的确定	2-19	3-8 热芯盒制芯	2-83
1-4 型芯设计原则	2-20	3-9 冷芯盒制芯	2-84
2 主要工艺参数	2-21	第5章 特种铸造	
2-1 铸件尺寸公差	2-21	1 概念	2-85
2-2 铸件重量公差	2-22	2 压力铸造	2-86
2-3 铸件加工余量	2-22	2-1 压力铸造原理及工艺流程	2-86
2-4 铸造收缩率	2-23	2-2 压铸工艺参数	2-87
2-5 铸件模样起模斜度	2-24	2-3 特殊压铸方法	2-88
3 浇注系统设计	2-26	2-4 压铸型(压铸模)设计	2-89
3-1 金属引入位置	2-26	3 低压铸造	2-89
3-2 浇注系统的类型及其选用	2-26	3-1 低压铸造原理	2-89
3-3 浇注系统各部分尺寸的确定	2-27	3-2 低压铸造工艺	2-89
3-4 过滤器的应用	2-30	4 差压铸造	2-92
4 冒口、保温补贴、冷铁、铸筋	2-31	4-1 差压铸造工作原理	2-92
4-1 冒口	2-31	4-2 差压铸造充型过程	2-92
4-2 保温补贴	2-41	5 金属型铸造	2-93
4-3 冷铁	2-42	5-1 金属型铸造原理及特点	2-93
4-4 铸筋	2-43	5-2 金属型设计	2-93
5 铸造计算机辅助工艺规程编制	2-44	5-3 金属型铸造工艺	2-96
5-1 基本概念	2-44	5-4 覆砂金属型	2-97
5-2 铸造 CAPP 内容和基本步骤	2-45	6 熔模铸造	2-98
第4章 砂型铸造		6-1 制模用压型	2-98
1 工艺装备设计	2-47	6-2 熔模材料及制模工艺	2-99
1-1 模样	2-47	6-3 熔模铸型	2-101
1-2 模底板及模板框	2-50	6-4 熔模铸件的浇注和清理	2-105
1-3 砂箱	2-52	7 实型铸造	2-108
1-4 芯盒	2-55	7-1 实型铸造原理、特点及应用范围	2-108
2 造型材料	2-57	7-2 实型铸造模样材料及制造	2-108
2-1 原砂	2-57	7-3 实型铸造模样在浇注中的变化	2-109



7.5 实型铸造的新发展	2-111	1.3 冲天炉燃烧反应与热交换	2-138
8 陶瓷型铸造	2-112	1.4 冲天炉熔炼冶金反应	2-138
8.1 陶瓷浆料的配制	2-113	1.5 冲天炉熔炼用焦炭	2-139
8.2 陶瓷型制造	2-113	1.6 改善冲天炉熔炼的主要措施	2-139
9 离心铸造	2-114	2 感应电炉熔炼	2-140
9.1 离心铸造原理、分类和应用范围	2-114	2.1 感应电炉工作原理	2-140
9.2 离心铸造工艺	2-115	2.2 感应电炉熔炼特点	2-140
9.3 几种典型件的离心铸造	2-116	2.3 无芯工频感应电炉	2-140
10 连续铸造	2-117	2.4 有芯工频感应电炉	2-141
10.1 连续铸铁管	2-117	3 双联熔炼	2-141
10.2 连续铸造铸铁型材	2-118	4 几种铸铁的熔炼特点	2-142
11 其他特种铸造	2-119	4.1 灰铸铁熔炼	2-142
11.1 真空吸铸	2-119	4.2 球墨铸铁和蠕墨铸铁熔炼	2-144
11.2 挤压铸造	2-120	4.3 可锻铸铁熔炼	2-147
11.3 电渣熔炼	2-122	4.4 特种铸铁熔炼	2-148

第6章 铸钢熔炼

1 熔炼过程	2-123
1.1 炉渣	2-123
1.2 脱磷	2-124
1.3 脱硫	2-125
1.4 钢中的氢和氮	2-125
1.5 脱氧	2-126
1.6 炼钢过程中钢液的搅拌	2-127
2 电弧炉炼钢	2-127
2.1 交流电弧炉	2-127
2.2 直流电弧炉	2-128
2.3 电弧炉炼钢工艺	2-130
3 其他炼钢法	2-131
3.1 平炉炼钢	2-131
3.2 感应电炉炼钢	2-131
3.3 等离子炉炼钢	2-131
3.4 电子束炉炼钢	2-132
4 炉外精炼	2-132
4.1 真空脱气	2-132
4.2 加热精炼	2-133
4.3 吹氧脱碳精炼	2-134
4.4 喷粉精炼	2-135

第7章 铸铁熔炼

1 冲天炉熔炼	2-136
1.1 冲天炉结构	2-136
1.2 冲天炉熔炼主要工艺参数	2-137

第8章 非铁铸造合金熔炼

1 非铁铸造合金熔炼设备	2-150
2 非铁铸造合金用炉料	2-151
2.1 原金属料	2-151
2.2 回炉料	2-151
2.3 中间合金	2-151
3 铸造铝合金熔炼	2-152
3.1 铝合金的精炼处理	2-152
3.2 铝合金的变质处理	2-153
3.3 铝合金的细化处理	2-154
3.4 铝合金的炉前检验	2-154
3.5 常用铝合金的熔制工艺特点	2-155
4 铸造铜合金熔炼	2-155
4.1 铜合金的去氢脱氧	2-155
4.2 铜合金的熔炼工艺	2-156
5 铸造钛合金熔炼	2-157
6 铸造镁合金熔炼	2-158
7 铸造锌合金熔炼	2-158

第9章 铸件落砂清理及后处理

1 铸件落砂清理	2-158
1.1 机械落砂	2-158
1.2 水力清砂	2-159
1.3 喷丸、抛丸清理	2-161
1.4 电液压清砂	2-163
1.5 电化学清砂	2-163
1.6 电弧气刨	2-164



2 铸件后处理 2-164
 2.1 浸渗处理 2-165
 2.2 磷化处理 2-165

第 10 章 铸件热处理

1 铸铁件热处理 2-166
 1.1 灰铸铁件热处理 2-166
 1.2 球墨铸铁件热处理 2-167
 1.3 可锻铸铁件热处理 2-168
 1.4 抗磨白口铸铁件热处理 2-169
 2 铸钢件热处理 2-170
 2.1 铸钢件热处理分类 2-170
 2.2 铸钢件热处理工艺 2-172
 3 非铁合金铸件热处理 2-174
 3.1 铝合金铸件热处理 2-174
 3.2 铜合金铸件热处理 2-176

**第 11 章 冲天炉配料、加料及浇注
 机械化与自动化**

1 冲天炉配料设备 2-177
 1.1 冲天炉微处理机配料装置 2-177
 1.2 铁料翻斗 2-178
 1.3 过渡料车 2-178
 1.4 焦炭、石灰石定量给料装置 2-179
 2 冲天炉加料设备 2-179
 2.1 爬式加料机 2-179
 2.2 单轨式加料机 2-183
 3 冲天炉微型计算机控制、检测与管理
 系统 2-184
 3.1 控制系统 2-184
 3.2 监测监控管理系统 2-184
 4 机械化自动化浇注设备 2-184
 4.1 加热式浇注设备 2-184
 4.2 非加热式浇注设备 2-185

第 12 章 砂处理机械化与自动化

1 新砂烘干机械化 2-187
 1.1 三回程滚筒烘砂装置 2-187
 1.2 振动沸腾烘砂装置 2-188
 1.3 热气流烘砂装置 2-188
 2 旧砂处理机械化 2-189
 2.1 磁分离设备 2-189
 2.2 破碎设备 2-192

2.3 筛分设备 2-192
 2.4 旧砂冷却设备 2-192
 2.5 旧砂再生设备 2-196

3 型砂制备机械化 2-203
 3.1 粘土砂混砂机 2-203
 3.2 树脂砂混砂机 2-206
 3.3 型砂给料设备 2-208
 3.4 混砂用定量设备 2-208
 3.5 松砂设备 2-209
 3.6 砂处理机械化布置 2-209
 3.7 型砂质量检测与控制自动化 2-209

第 13 章 造型机械化与自动化

1 造型机 2-213
 1.1 气动微振压实造型机 2-213
 1.2 多触头高压造型机 2-213
 1.3 真空压实造型机 2-217
 1.4 射压造型机 2-217
 1.5 气流造型机 2-218
 1.6 抛砂机 2-223
 2 造型机主要机构 2-224
 2.1 微振机构 2-224
 2.2 增压机构 2-224
 2.3 加砂定量斗与压头机构 2-225
 2.4 快换模板装置 2-227
 2.5 射砂机构 2-227
 2.6 气冲头 2-229
 3 造型辅机 2-230
 3.1 分箱机 2-230
 3.2 翻箱机 2-230
 3.3 合箱机 2-230
 3.4 落箱机 2-234
 3.5 压铁机 2-234
 3.6 铸型顶出机 2-235
 3.7 刮砂机 2-235
 3.8 铸型输送机 2-238
 3.9 定位机构 2-243
 4 造型线 2-244
 4.1 造型线的布置形式 2-244
 4.2 半机械化造型线 2-244
 4.3 机械化造型线 2-245
 4.4 半自动造型线 2-245
 4.5 全自动造型线 2-246



5 柔性造型单元	2-249	2.4 型温自动控制	2-290
第 14 章 制芯机械化与自动化			
1 射芯机	2-249	2.5 压铸过程的微型计算机控制	2-291
1.1 普通射芯机	2-250	3 金属型铸造机	2-292
1.2 热芯盒射芯机	2-251	3.1 手动金属型铸造机	2-292
1.3 冷芯盒射芯机	2-252	3.2 机动金属型铸造机	2-292
1.4 多用射芯机	2-253	3.3 转盘式金属型铸造机	2-293
1.5 制芯中心	2-254	4 金属型铸造机械化	2-294
2 壳芯机	2-254	5 低压铸造机	2-295
2.1 底吹式壳芯机	2-254	5.1 保温炉及附属装置	2-295
2.2 顶吹式壳芯机	2-255	5.2 铸型与炉体的配合	2-295
3 射芯机主要机构	2-255	5.3 液面加压控制系统	2-297
3.1 射砂机构	2-255	6 低压铸造机械化示例	2-297
3.2 起芯机构	2-257	7 差(反)压铸机	2-298
3.3 顶升机构	2-258	8 离心铸造机	2-298
第 15 章 落砂、清理机械化与自动化			
1 落砂机	2-258	8.1 悬臂单头卧式离心铸造机	2-298
1.1 惯性振动落砂机	2-259	8.2 立式离心铸造机	2-299
1.2 冲击式惯性振动落砂机	2-259	8.3 滚轮式离心铸造机	2-299
1.3 惯性振动输送落砂机	2-259	9 实型(消失模)铸造设备	2-300
1.4 惯性横振动输送落砂机	2-261	10 熔模铸造机械化	2-301
1.5 滚筒冷却落砂机	2-261	10.1 蜡料制备线	2-301
1.6 间歇电液压清砂室	2-261	10.2 液态蜡注射成型机	2-301
2 清理机械化与自动化	2-262	10.3 悬挂制壳机	2-302
2.1 抛丸清理机械化与自动化	2-262	10.4 制壳机械手	2-302
2.2 浇冒口切除机械化	2-278	第 17 章 铸造安全技术及环境保护	
2.3 铸件铲磨生产线	2-278	1 粉尘、烟尘及其防止	2-302
2.4 清理机器人	2-278	2 爆炸与烫伤及其防止	2-303
第 16 章 特种铸造机械化与自动化			
1 压铸机	2-280	3 噪声及其防止	2-303
1.1 压铸机分类与比较	2-280	4 振动及其防止	2-304
1.2 冷室压铸机	2-281	5 高温及其防止	2-304
1.3 热室压铸机	2-283	6 辐射及其防止	2-305
1.4 压铸机主要机构	2-284	7 有毒物及其防止	2-305
1.5 新型压铸机	2-285	第 18 章 铸件检验、质量评定及常见缺陷防止方法	
2 压铸生产自动化	2-286	1 铸件检验	2-305
2.1 压铸型自动喷涂料装置	2-286	1.1 铸件检验的目的和项目	2-305
2.2 液体金属自动浇注设备	2-286	1.2 铸件质量检验	2-305
2.3 铸件取出自动化	2-289	2 铸件质量评定	2-305
		3 铸件缺陷及主要防止方法	2-306
		3.1 孔洞类缺陷	2-306
		3.2 表面缺陷	2-306
		3.3 裂纹类缺陷	2-307



3.4 性能、成分、组织不合格 2-307 参考文献 2-308

第3篇 锻 压

第1章 概 论

1 锻压在机械制造业中的地位和作用 3-3
 2 锻压工艺方法分类 3-3
 3 锻压工艺的发展趋势 3-5

第2章 塑性成形理论

1 概述 3-6
 2 金属塑性变形机理及其影响因素 3-7
 2.1 金属在常温下塑性变形机理 3-7
 2.2 金属在高温下塑性变形机理 3-8
 2.3 应变速率对塑性变形机理的影响 3-8
 2.4 超塑性变形机理 3-9
 3 塑性成形过程的计算和模拟 3-9
 3.1 成形过程计算的基本方程 3-9
 3.2 塑性成形过程的实用计算方法 3-10
 3.3 塑性成形过程的模拟 3-15
 4 塑性成形理论的应用 3-16
 4.1 计算和模拟应力场、应变场和温度场 3-16
 4.2 塑性成形理论的应用举例 3-16

第3章 锻造加热技术

1 金属的加热方法 3-18
 1.1 锻造加热方法分类及特点 3-18
 1.2 锻造加热方法选择 3-20
 2 锻造加热工艺基础 3-20
 2.1 金属锻造温度范围 3-20
 2.2 金属加热速度和加热制度 3-20
 2.3 金属加热缺陷及防止方法 3-21
 3 锻造加热设备及装置 3-22
 3.1 燃料炉 3-22
 3.2 电加热装置 3-27
 4 锻造加热节能技术及装置 3-31
 4.1 节能燃烧技术及装置 3-31
 4.2 快速加热节能技术 3-34
 4.3 少无氧化加热技术及装置 3-35

4.4 锻造炉节能炉衬 3-36
 4.5 锻造加热余热回收技术及装置 3-37
 4.6 锻造加热的测量控制技术 3-38

第4章 自由 锻

1 概述 3-40
 1.1 定义、基本任务 3-40
 1.2 基本工序和锻比 3-40
 1.3 自由锻工艺特点 3-43
 2 大型锻件用钢锭的冶炼与浇注 3-46
 2.1 大型锻件用钢锭的冶炼 3-46
 2.2 大型锻件用钢锭的浇注 3-48
 2.3 大型钢锭内部缺陷对锻件质量的影响 3-48
 3 液压机上自由锻 3-51
 3.1 大型锻件生产特点及其影响因素 3-51
 3.2 钢锭及钢坯加热要点 3-52
 3.3 大型锻件的锻造工艺规程及工艺装置 3-53
 3.4 大型锻件锻后冷却及热处理 3-59
 3.5 大型锻件常规缺陷及其防止措施 3-61
 3.6 大型铸件的典型实例 3-63

第5章 模 锻

1 概述 3-69
 2 锤上模锻 3-70
 2.1 锤模锻件分类 3-70
 2.2 锤模锻的模具、模膛和工步 3-71
 2.3 锤模锻工艺的设计流程及要点 3-73
 2.4 胎模锻 3-82
 3 锻压机模锻 3-84
 4 螺旋压力机模锻 3-86
 5 平锻机模锻 3-88
 5.1 平锻工艺特点 3-88
 5.2 平锻件分类及特点 3-88
 5.3 平锻件图及毛坯的特点 3-89
 5.4 平锻件的飞边及穿孔芯料 3-90
 5.5 平锻工步 3-90
 6 锻模 CAD/CAM 的应用和发展 3-92



第6章 特种锻造

1 精密模锻	3-93
1.1 压力机上精密模锻	3-94
1.2 高速锤上精密模锻	3-98
1.3 多向模锻	3-100
2 多工位热锻和电热锻	3-101
2.1 多工位热锻	3-101
2.2 电热锻	3-103
3 粉末锻造	3-105
3.1 粉末锻造工艺特点及应用	3-105
3.2 粉末锻造对原料粉末的要求	3-106
3.3 粉末锻造工艺设计要点	3-107
3.4 粉末锻造模具设计要点	3-108
3.5 粉末锻造典型示例	3-108
4 等温锻造和超塑性锻造	3-109
4.1 等温锻造	3-109
4.2 超塑性锻造	3-111
5 液态模锻	3-113
5.1 液态模锻工艺特点及应用	3-113
5.2 液态模锻工艺设计要点	3-113
5.3 液态模锻模具设计原则	3-114
5.4 液态模锻设备	3-114
5.5 液态模锻示例	3-114

第7章 冷锻和温锻

1 冷锻特点及应用	3-116
2 冷锻用原材料及制坯要求	3-116
2.1 冷锻用材料及准备	3-116
2.2 冷挤用材料及准备	3-117
3 冷锻工艺设计	3-120
3.1 冷锻件的工艺设计	3-120
3.2 冷锻件的经济精度	3-121
3.3 冷锻的变形量和冷锻力计算	3-122
3.4 冷锻模具设计	3-124
4 冷锻件缺陷分析和预防	3-128
5 多工位冷锻成形	3-129
5.1 多工位冷锻工艺	3-130
5.2 螺母冷锻工艺设计	3-130
5.3 凹穴螺栓(钉)冷锻工艺设计	3-131
6 温锻	3-133
6.1 温锻温度及温锻力	3-133
6.2 温锻模具设计	3-133

6.3 温锻润滑剂	3-133
-----------	-------

第8章 回转成形

1 辊锻	3-134
1.1 辊锻特点、分类及应用	3-134
1.2 辊锻工艺参数	3-135
1.3 辊锻模具设计	3-137
2 横轧和斜轧	3-140
2.1 横轧和斜轧特点、分类及应用	3-140
2.2 楔横轧	3-143
2.3 螺旋孔型斜轧	3-145
3 辗环	3-147
3.1 辗环特点、分类及应用	3-147
3.2 辗环主要工艺参数	3-148
3.3 辗环模具结构设计	3-148
4 摆辗	3-149
4.1 摆辗特点、分类及应用	3-149
4.2 摆辗主要工艺参数	3-150
4.3 摆辗模具设计	3-151
4.4 摆辗实例	3-151
5 旋转锻造	3-152
5.1 旋转锻造特点、分类及应用	3-152
5.2 旋转锻造工艺设计	3-153
5.3 旋转锻造典型锤头结构	3-155

第9章 高合金钢和非铁合金锻造

1 高合金工具钢锻造	3-155
2 不锈钢锻造	3-156
3 耐热合金和高温合金锻造	3-156
3.1 钛合金锻造	3-156
3.2 镍合金锻造	3-157
3.3 其他高合金钢锻造	3-158
4 非铁金属锻造	3-158
4.1 铝合金锻造	3-158
4.2 镁合金锻造	3-160
4.3 铜合金锻造	3-161

第10章 锻造设备

1 锤	3-162
1.1 工作原理	3-162
1.2 蒸汽-空气自由锻锤	3-162
1.3 蒸汽-空气模锻锤	3-163



1·4	对击模锻锤	3-164
1·5	空气锤	3-165
1·6	液压锤	3-167
1·7	高速锤	3-168
2	液压机	3-169
2·1	传动型式及结构分类	3-169
2·2	锻造液压机	3-170
2·3	快锻液压机	3-171
2·4	模锻液压机	3-172
3	机械压力机	3-175
3·1	工作原理	3-175
3·2	热模锻压力机	3-175
3·3	切边压力机	3-176
3·4	精压机	3-176
3·5	多工位高速微锻机	3-177
3·6	平锻机	3-179
3·7	冷挤压机	3-181
4	螺旋压力机	3-182
4·1	工作原理	3-182
4·2	摩擦螺旋压力机	3-182
4·3	液压螺旋压力机	3-183
4·4	电动螺旋压力机	3-184
5	回转成形设备	3-185
5·1	工作原理	3-185
5·2	辊锻机	3-185
5·3	楔横轧机	3-187
5·4	斜轧机	3-188
5·5	旋转锻造机	3-189
5·6	辗扩机	3-190
5·7	摆辗机	3-192
5·8	径向锻机	3-193
6	其他锻压设备	3-194
6·1	棒料剪切机	3-194
6·2	电热锻机	3-195
6·3	粉末锻造设备	3-196

第 11 章 锻造生产机械化与自动化

1	锻造操作机	3-197
---	-------------	-------

1·1	锻造操作机分类	3-197
1·2	锻造操作机结构	3-197
1·3	锻造操作机负载质量选择	3-202
1·4	锻造操作机主要参数	3-202
2	锻造机械手	3-203
2·1	锻造机械手组成与分类	3-203
2·2	手爪	3-204
2·3	手腕	3-205
2·4	手臂	3-206
2·5	缓冲与定位	3-207
2·6	机械手的驱动系统和电控系统	3-209
2·7	多工位热模锻压力机机械手	3-210
2·8	平锻机机械手	3-212
2·9	辊锻机机械手	3-214
3	工序间传递装置	3-215
3·1	板式输送装置	3-215
3·2	链式输送装置	3-216
4	锻造自动生产线	3-218
4·1	轴承环锻造自动生产线	3-218
4·2	120000kN 曲轴、前梁锻造自动 生产线	3-218
4·3	柔性生产系统	3-219

**第 12 章 锻造生产安全技术
及环境保护**

1	锻造安全生产的一般准则	3-220
1·1	作业环境	3-220
1·2	设备和模具	3-220
2	锻造安全技术	3-220
2·1	设备及操作	3-220
2·2	工艺装备	3-221
2·3	加热设备	3-221
3	锻造环境保护技术	3-222
3·1	防振	3-222
3·2	噪声控制	3-224
3·3	工业卫生及其他环境保护	3-225
	参考文献	3-226



第 4 篇 冲 压

常用符号表

第 1 章 概 论

- 1 冲压在机械制造中的地位及特点 4-5
- 2 冲压工艺分类 4-5
- 3 现代冲压加工发展趋势 4-7

第 2 章 冲压变形基础与板材成形性能

- 1 冲压塑性变形 4-7
 - 1.1 塑性变形 4-7
 - 1.2 加工硬化 4-8
 - 1.3 塑性条件 4-8
- 2 冲压成形的力学特点与分类 4-9
 - 2.1 冲压成形主应变与主应力 4-9
 - 2.2 冲压成形分类 4-11
- 3 冲压成形中的变形趋向性及其控制 4-13
 - 3.1 冲压变形趋向性 4-13
 - 3.2 影响冲压变形的因素 4-14
 - 3.3 冲压变形的控制 4-15
- 4 冲压成形极限 4-18
 - 4.1 成形极限理论基础 4-18
 - 4.2 影响成形极限的因素 4-19
 - 4.3 FLD 的建立及其应用 4-20
- 5 板料冲压性能及测试 4-21
 - 5.1 成形时的破裂 4-21
 - 5.2 成形性能分类 4-21
 - 5.3 力学性能参数 4-21
 - 5.4 加工硬化指数 4-21
 - 5.5 厚向异性系数 4-22
- 6 冲压工艺性能试验 4-22
 - 6.1 杯突试验 4-22
 - 6.2 拉深力对比试验 4-23
 - 6.3 冲杯试验 4-23
 - 6.4 扩孔试验 4-23
 - 6.5 锥杯试验 4-24
 - 6.6 方板对角拉伸试验 4-24
- 7 板料成形性能参数间的相关性 4-25
 - 7.1 板料力学性能参数与成形性能间的相关性 4-25

- 7.2 板料 n 、 r 值及 x 值与成形性能间的相关性 4-26

第 3 章 矫 正

- 1 矫正方法 4-27
- 2 板材矫平——辊矫 4-28
 - 2.1 辊矫原理 4-28
 - 2.2 矫板特性 4-28
 - 2.3 特殊情况的矫平 4-29
- 3 管材及型材矫正 4-29
- 4 矫正力 4-30

第 4 章 冲 裁

- 1 冲裁变形过程 4-34
- 2 冲裁间隙 4-34
 - 2.1 冲裁间隙选用依据 4-34
 - 2.2 冲裁间隙分类 4-35
 - 2.3 冲裁间隙选用方法 4-36
- 3 冲裁力 4-36
 - 3.1 冲裁力计算 4-36
 - 3.2 降低冲裁力的方法 4-36
 - 3.3 卸料力、推件力和顶件力计算 4-37
- 4 排样和搭边 4-38
 - 4.1 条料上的排样 4-38
 - 4.2 板料上的排样 4-38
 - 4.3 搭边 4-39
- 5 冲裁件结构工艺性 4-39
- 6 冲裁件尺寸公差 4-39
- 7 提高冲裁质量的几种冲压工艺 4-41

第 5 章 精密冲裁

- 1 精冲变形过程 4-42
- 2 精冲力 4-43
 - 2.1 冲裁力 4-43
 - 2.2 压边力 4-43
 - 2.3 反压力 4-43
 - 2.4 总压力 4-43
 - 2.5 卸料力和顶件力 4-44
- 3 精冲件结构工艺性 4-44
 - 3.1 圆角半径 4-44



3·2 槽宽和悬臂	4-44	1·2 常用弯管方法	4-73
3·3 环宽	4-45	2 管子回弯法冷弯	4-74
3·4 孔径和孔边距	4-45	2·1 有芯冷弯	4-74
3·5 齿轮模数	4-45	2·2 无芯冷弯	4-75
3·6 半冲孔相对深度	4-45	2·3 工艺参数计算	4-76
4 精冲复合工艺	4-45	3 管子热弯	4-78
4·1 半冲孔	4-45	3·1 热弯条件	4-78
4·2 压扁	4-47	3·2 热弯力矩	4-78
4·3 弯曲	4-47	3·3 中频弯管及火焰弯管	4-78
4·4 压沉孔	4-48	4 急弯头制造	4-79
5 精冲件质量	4-48	4·1 型模压制法	4-79
6 精冲材料	4-49	4·2 型模挤弯法	4-80
7 精冲模具	4-49	4·3 芯棒挤弯法	4-81
7·1 结构分类	4-49	5 特种管件弯制举例	4-82
7·2 排样与搭边	4-50	5·1 圆形螺管	4-82
7·3 V形环尺寸	4-50	5·2 腰圆盘管	4-82
7·4 间隙	4-52	5·3 排管	4-82
7·5 凸模和凹模尺寸	4-52	6 型材弯曲	4-83
7·6 其他结构特点	4-53	6·1 型材弯曲及最小弯曲半径	4-83
8 在普通压力机上精冲	4-53	6·2 型材弯曲方法	4-85

第6章 弯 曲

1 弯曲变形过程	4-54
2 最小弯曲半径	4-55
3 弯曲回弹	4-56
3·1 影响回弹的因素	4-56
3·2 回弹量	4-57
3·3 减小回弹的措施	4-57
4 弯曲毛坯展开长度的计算	4-59
5 弯曲力计算	4-60
6 弯曲件结构工艺性	4-61
7 滚弯	4-62
7·1 滚弯工艺特征	4-62
7·2 滚弯工艺设计	4-63
8 卷板	4-64
8·1 卷板工艺	4-64
8·2 工艺参数计算	4-66

第7章 管子与型材弯曲

1 管子弯曲时的变形和常用弯管方法	4-72
1·1 管子弯曲时的变形	4-72

第8章 拉 深

1 旋转体零件拉深	4-87
1·1 坯料尺寸计算	4-87
1·2 拉深系数与次数的确定	4-88
2 盒形件拉深	4-93
2·1 展开坯料尺寸与形状	4-93
2·2 拉深系数与次数的确定	4-95
3 带料连续拉深	4-96
3·1 分类及应用范围	4-96
3·2 料宽和进距	4-97
3·3 拉深系数与拉深相对高度	4-97
4 变薄拉深	4-98
4·1 变薄拉深特点	4-98
4·2 变薄拉深工艺参数确定	4-98
5 复杂曲面零件拉深	4-99
5·1 复杂曲面零件拉深特点	4-99
5·2 复杂曲面零件拉深工艺要素	4-99
5·3 复杂曲面零件拉深件形状设计	4-102
6 拉深力和压边力计算	4-103
6·1 拉深力	4-103
6·2 压边力	4-105
7 拉深中的润滑	4-106



第9章 成 形

1 缩口及外凸曲线翻边	4-107
1.1 缩口	4-107
1.2 对凸曲线翻边	4-108
2 翻孔及内凹曲线翻边	4-108
2.1 翻孔	4-108
2.2 内凹曲线翻边	4-109
3 起伏	4-109
4 胀形	4-110
4.1 胀形方法	4-110
4.2 变形程度	4-111
4.3 胀形力	4-111
5 校平	4-111
6 压印	4-112
7 拉形	4-112

第10章 特种成形

1 软模成形	4-113
2 超塑成形	4-115
2.1 成形方法	4-115
2.2 模具材料及润滑剂	4-116
3 旋压成形	4-116
3.1 旋压的特点及应用	4-117
3.2 不变薄旋压	4-117
3.3 变薄旋压	4-118
3.4 旋压加工实例	4-119
4 高速成形	4-120
4.1 爆炸成形	4-121
4.2 电水成形和电爆成形	4-122
4.3 电磁成形	4-122

第11章 厚板成形与管板胀接

1 厚板成形	4-123
1.1 整体封头成形	4-125
1.2 瓦片成形	4-129
1.3 大口径厚壁管成形技术	4-130
1.4 瓜瓣、翻孔、球带成形特点	4-130
1.5 热成形温度	4-131
2 管板胀接	4-132
2.1 影响胀接质量的因素和胀紧程度的控制	4-133
2.2 机械胀接	4-133

2.3 其他胀接方法	4-137
2.4 各种胀接方法的优缺点	4-139

第12章 冲压设备

1 剪板机	4-139
1.1 直刀剪板机	4-139
1.2 圆盘刀剪板机和滚剪机	4-141
1.3 多圆盘剪板机和条料生产线	4-141
1.4 剪切冲型机	4-141
2 冲压压力机	4-142
2.1 冲压压力机的种类、结构特点及其选用	4-142
2.2 开式压力机	4-143
2.3 通用闭式压力机	4-145
2.4 闭式拉深压力机	4-148
2.5 通用自动压力机	4-150
2.6 精密冲裁压力机	4-153
2.7 冲压液压机	4-155
3 卷板机	4-160
3.1 型式与特点	4-160
3.2 典型结构	4-161
3.3 扩大使用范围的途径	4-163
4 弯管机	4-164
4.1 弯管机分类	4-164
4.2 典型弯管机	4-164

第13章 冲压机械化与自动化

1 机械化与自动化方式	4-167
2 机械化自动化装置	4-167
2.1 送料装置	4-167
2.2 送料装置	4-172
2.3 废料处理装置	4-175
2.4 接件装置	4-175
2.5 翻转装置	4-176
2.6 自动保护装置	4-177
3 自动冲模	4-177
3.1 自动冲模分类	4-177
3.2 辊式自动送料冲模	4-177
3.3 夹持式自动送料冲模	4-178
3.4 钩式自动送料冲模	4-178
3.5 推式工序件自动进给冲模	4-180
3.6 回转式工序件自动进给冲模	4-180
3.7 自动出件冲模	4-181



4 冲压自动线 4-181

4.1 上(出)件机械手连接的冲压自动线 4-181

4.2 通用机械手连接的冲压自动线 4-182

4.3 夹板式往复进给装置连接的冲压自动线 4-183

4.4 实例 4-184

第 14 章 冲压柔性加工系统

1 概述 4-185

1.1 冲压柔性加工系统定义 4-185

1.2 冲压柔性加工系统组成 4-185

1.3 冲压柔性加工系统特点 4-185

1.4 冲压柔性加工系统类型 4-186

1.5 冲压柔性加工系统适用范围 4-187

2 柔性加工系统的主要加工设备 4-187

2.1 数控冲模回转头压力机 4-187

2.2 激光切割—冲裁组合压力机 4-189

2.3 等离子切割—冲裁组合压力机 4-190

2.4 数控直角剪板机 4-191

3 物料储运系统 4-191

3.1 物料储运系统的组成 4-191

3.2 自动化立体仓库 4-192

3.3 自动导引运输车 4-193

4 模具库及快速换模装置 4-196

4.1 模具库 4-196

4.2 快速换模装置 4-197

5 控制系统 4-199

5.1 控制系统类型 4-199

5.2 电子计算机分布式控制系统 4-200

第 15 章 冲压生产安全技术及环境保护

1 冲压安全生产的一般准则 4-200

1.1 作业环境 4-200

1.2 设备、模具及机械化装置 4-200

2 冲压生产安全技术 4-201

2.1 冲压设备安全技术 4-201

2.2 冲压模具安全技术 4-203

2.3 用进出料机构代替手工操作 4-204

2.4 使用手工具 4-205

3 冲压环境保护技术 4-205

3.1 减振 4-205

3.2 噪声控制 4-206

参考文献 4-207

第 5 篇 模 具

第 1 章 概 论

1 模具在工业生产中的作用 5-3

2 模具的种类、用途与工作条件 5-3

2.1 冲模 5-3

2.2 塑料模 5-3

2.3 压铸模 5-4

2.4 锻模 5-4

2.5 粉末冶金模 5-5

2.6 橡胶模 5-5

2.7 玻璃模 5-5

2.8 陶瓷模 5-5

3 模具的发展趋势 5-5

第 2 章 冲 模

1 冲模的分类、特点与用途 5-6

2 普通冲模的结构形式与设计 5-7

2.1 冲裁模的结构形式与设计 5-7

2.2 弯曲模的结构形式与设计 5-9

2.3 拉深模的结构形式与设计 5-12

2.4 成形模的结构形式与设计 5-14

2.5 普通冲模零部件的结构形式与设计 5-16

2.6 冲件质量分析 5-21

3 多工序级进冲模的结构形式与设计 5-22

3.1 多工序冲裁级进冲模的结构形式与设计 5-22

3.2 多工序冲裁、弯曲、拉深级进冲模的结构形式与设计 5-23

3.3 传递模 5-25

3.4 多工序级进冲模的零部件设计 5-26

3.5 硬质合金模具的结构特点 5-29

3.6 冲件质量分析 5-31

4 冲模工作零件的材料选用与热处理



理要求	5-31	3 机械压力机锻模	5-87
第3章 塑料模		3.1 机械压力机锻模结构形式	5-87
1 塑料模的分类、特点与用途	5-32	3.2 机械压力机锻模模膛设计	5-88
2 注射模的结构形式与设计	5-32	3.3 机械压力机锻模结构设计	5-89
2.1 热塑性塑料注射模的结构形式与 设计	5-32	3.4 机械压力机规格的确 定	5-91
2.2 热固性塑料注射模的结构形式与 设计	5-42	4 螺旋压力机锻模	5-91
2.3 无流道模具的结构形式与设计	5-44	4.1 螺旋压力机锻模结构形式	5-91
3 压缩模的结构形式与设计	5-47	4.2 螺旋压力机锻模模膛设计	5-92
3.1 压缩模的结构形式	5-47	4.3 螺旋压力机锻模结构设计	5-92
3.2 压缩模的设计	5-48	4.4 螺旋压力机规格的确 定	5-92
4 传递模的结构形式与设计	5-52	5 平锻模	5-92
4.1 传递模的结构形式	5-52	5.1 平锻模结构形式	5-92
4.2 传递模的设计	5-53	5.2 平锻模结构设计	5-93
5 模具的冷却与加热	5-55	5.3 平锻机规格的确 定	5-94
5.1 热塑性塑料注射模的冷却与加热	5-55	6 切边、冲孔模	5-94
5.2 热固性塑料模具的加热	5-56	6.1 切边、冲孔模结构形式	5-94
6 塑料模工作零件的材料选用与 热处理要求	5-56	6.2 切边、冲孔模工作零件设计	5-94
第4章 压铸模		7 锻模材料的选用及热处理要求	5-95
1 压铸模的分类、特点与用途	5-57	第6章 粉末冶金模	
1.1 按铸件材料分类	5-57	1 粉末冶金模分类、特点及用途	5-96
1.2 按使用的压铸机分类	5-58	2 压模结构设计	5-97
2 压铸模的结构形式与设计	5-60	2.1 成型模结构设计	5-97
2.1 压铸模与压铸机的关系	5-60	2.2 整形模结构设计	5-104
2.2 压铸模基本结构形式	5-62	3 压模工作零件设计	5-106
2.3 压铸模设计	5-63	3.1 工作零件尺寸计算	5-106
3 压铸模工作零件的材料选用与 热处理要求	5-76	3.2 工作零件结构设计	5-108
第5章 锻 模		3.3 工作零件的材料及技术要求	5-110
1 锻模分类及设计程序	5-76	第7章 模具的制造与检测	
1.1 锻模分类、特点及用途	5-76	1 模具制造	5-111
1.2 锻模设计程序	5-77	1.1 模具主要零部件的加工特点	5-111
2 锤锻模	5-77	1.2 模具制造加工设备和加工工艺	5-112
2.1 锤锻模结构形式	5-77	1.3 模具装配与调整	5-120
2.2 锤锻模模膛设计	5-77	2 模具 CAD/CAM 技术	5-122
2.3 锤锻模结构设计	5-84	2.1 模具 CAD 技术	5-122
2.4 锻锤规格的确 定	5-87	2.2 模具 CAM 技术	5-123
		2.3 模具 CAD/CAM 一体化技术	5-123
		3 模具质量检测	5-123
		3.1 模具零件加工精度检测	5-123
		3.2 模具零件内在质量检测	5-123
		3.3 试模	5-123



第 8 章 模具的失效分析及提高模具寿命的措施

1 模具的失效分析 5-124

1.1 模具失效分析的思路和方法 5-124

1.2 模具失效的主要方式 5-124

2 提高模具寿命的措施 5-126

2.1 优化结构设计 5-126

2.2 提高模具制造质量 5-127

2.3 研制和应用新的模具材料 5-127

2.4 采用新的热处理工艺 5-128

2.5 合理使用和正确维护模具 5-129

参考文献 5-130

第 6 篇 焊接、切割与胶接

第 1 章 概 论

1 焊接、切割与胶接在国民经济中的地位及作用 6-3

2 焊接、切割与胶接工艺方法原理、分类及适用范围 6-3

3 焊接、切割与胶接发展趋势 6-4

第 2 章 熔焊冶金特点

1 液相冶金 6-4

1.1 液相冶金特点 6-4

1.2 焊缝金属中的杂质及其控制 6-5

2 凝固冶金 6-6

2.1 焊接熔池结晶的特点 6-6

2.2 热裂纹 6-7

2.3 气孔及其防止 6-7

3 固相冶金 6-7

3.1 焊接热影响区 6-7

3.2 焊接冷裂纹 6-8

3.3 焊接接头的再热裂纹 6-9

3.4 层状撕裂 6-10

4 金属焊接性 6-11

4.1 用碳当量评价焊接性 6-11

4.2 抗裂性试验法 6-11

第 3 章 焊接应力与变形

1 焊接残余应力 6-14

1.1 残余应力的分布 6-14

1.2 残余应力的影响 6-17

1.3 调节残余应力的措施 6-18

1.4 焊后消除残余应力的方法 6-19

2 焊接残余变形 6-20

2.1 焊接残余变形的类型 6-20

2.2 焊接残余变形的影响因素 6-20

2.3 控制焊接残余变形的措施 6-23

第 4 章 熔 焊

1 气焊 6-26

1.1 气焊特点 6-26

1.2 气焊设备与工具 6-26

1.3 气焊工艺 6-26

2 手工电弧焊 6-28

2.1 手工电弧焊特点 6-28

2.2 手工电弧焊设备 6-28

2.3 手工电弧焊用焊条 6-28

2.4 手工电弧焊工艺 6-30

3 埋弧焊 6-30

3.1 埋弧焊特点 6-30

3.2 埋弧焊设备 6-31

3.3 埋弧焊焊接材料 6-31

3.4 埋弧焊工艺 6-34

3.5 埋弧焊焊接技术 6-35

3.6 各种接头的典型焊接工艺 6-35

4 气体保护焊 6-38

4.1 熔化极气体保护焊 6-38

4.2 药芯焊丝气体保护焊 6-44

4.3 气电立焊 6-45

4.4 窄间隙气体保护焊 6-46

4.5 不熔化极气体保护焊 6-47

5 电渣焊 6-51

5.1 电渣焊特点 6-51

5.2 电渣焊设备 6-53

5.3 电渣焊用焊接材料 6-54

5.4 电渣焊工艺 6-55

6 等离子弧焊 6-56

6.1 等离子弧焊特点 6-56



6.2 直流等离子弧焊	6-56	4.3 扩散焊工艺	6-85
6.3 交流等离子弧焊	6-58	4.4 扩散焊的应用	6-86
6.4 微束等离子弧焊	6-59	5 高频焊	6-86
6.5 等离子-熔化极气体保护焊	6-60	5.1 高频焊特点	6-86
7 电子束焊	6-61	5.2 高频焊设备	6-86
7.1 电子束焊特点	6-61	5.3 典型工艺	6-87
7.2 电子束焊机	6-61	5.4 高频焊的应用	6-88
7.3 电子束焊工艺	6-62	6 爆炸焊	6-89
7.4 电子束焊的应用	6-63	6.1 爆炸焊原理	6-89
8 激光焊	6-64	6.2 爆炸焊工艺参数	6-90
8.1 激光焊特点	6-64	6.3 焊接条件的选择	6-90
8.2 激光焊设备	6-64	6.4 界面形态与结合区的性质	6-91
8.3 激光焊工艺	6-66	6.5 爆炸焊的主要类型	6-91
9 其他熔焊	6-67	6.6 爆炸复合板的性能及试验方法	6-93
9.1 热剂焊	6-67	6.7 爆炸复合板的应用	6-94
9.2 电阻熔焊	6-68	7 超声波焊	6-94
9.3 熔焊-钎焊	6-68	7.1 超声波焊原理及特点	6-94
		7.2 超声波焊工艺参数	6-94
第5章 压 焊			
1 电阻焊	6-69	8 其他压焊	6-95
1.1 电阻焊分类	6-69	8.1 气压焊	6-95
1.2 点焊	6-69	8.2 电渣压焊	6-96
1.3 凸焊	6-72	8.3 螺柱焊	6-96
1.4 缝焊	6-72	8.4 旋弧压焊	6-97
1.5 对焊	6-73	8.5 热剂压焊	6-97
1.6 电阻焊接头的缺陷和检验	6-74		
1.7 电阻焊用电极材料	6-75	第6章 钎 焊	
2 摩擦焊	6-76	1 材料钎焊性	6-98
2.1 摩擦焊分类及特点	6-76	2 钎料	6-100
2.2 摩擦焊机	6-76	3 钎剂	6-108
2.3 摩擦焊工艺	6-77	4 钎焊接头设计	6-109
2.4 摩擦焊焊后热处理	6-78	5 钎焊方法	6-110
2.5 摩擦焊接头设计	6-78	5.1 烙铁钎焊	6-110
2.6 摩擦焊质量保证系统	6-79	5.2 火焰钎焊	6-110
2.7 典型产品	6-79	5.3 电阻钎焊	6-110
2.8 塑料焊接	6-80	5.4 感应钎焊	6-111
3 冷压焊	6-80	5.5 浸沾钎焊	6-111
3.1 冷压焊特点	6-80	5.6 炉中钎焊	6-111
3.2 冷压焊工艺及模具	6-80		
3.3 冷压焊的应用	6-81	第7章 堆 焊	
4 扩散焊	6-84	1 堆焊材料	6-111
4.1 扩散焊特点	6-84	1.1 常用堆焊合金类型、主要性能和用途	6-111
4.2 扩散焊设备	6-84	1.2 堆焊材料的形状	6-114



1.3 堆焊合金的选择 6-114

2 堆焊方法和工艺 6-115

2.1 堆焊方法和工艺特点 6-115

2.2 堆焊方法特征参数比较 6-116

2.3 堆焊方法选择 6-116

第 8 章 钢铁的焊接

1 碳钢的焊接 6-117

1.1 低碳钢的焊接 6-117

1.2 中碳钢的焊接 6-117

2 低合金高强度钢的焊接 6-118

2.1 低合金高强度钢的种类 6-118

2.2 低合金高强度钢的焊接特点 6-119

2.3 低合金高强度钢的焊接材料 6-119

2.4 低合金高强度钢的焊接工艺 6-121

2.5 低合金高强度钢的焊后热处理 6-122

3 超高强度钢的焊接 6-123

3.1 超高强度钢的焊接特点 6-123

3.2 超高强度钢的焊接材料 6-124

3.3 超高强度钢的焊接工艺 6-124

3.4 超高强度钢的焊后热处理 6-125

3.5 超高强度钢的焊接接头性能 6-125

4 耐热钢的焊接 6-126

4.1 珠光体耐热钢的焊接 6-126

4.2 马氏体耐热钢的焊接 6-129

4.3 铁素体耐热钢的焊接 6-131

4.4 奥氏体耐热钢的焊接 6-131

5 耐蚀钢的焊接 6-133

5.1 不锈钢的焊接 6-133

5.2 不锈钢焊接方法 6-135

5.3 不锈钢焊接材料的选用 6-136

5.4 不锈钢焊接接头形式及焊接工艺参数 6-137

5.5 低合金耐蚀钢的焊接 6-138

6 低温钢的焊接 6-140

6.1 低温钢的焊接特点 6-140

6.2 低温钢的焊接方法和焊接材料 6-141

6.3 低温钢的焊接工艺 6-142

6.4 低温钢的应用实例 6-142

7 铸铁的焊接 6-142

7.1 铸铁焊接的特点 6-143

7.2 铸铁的焊接方法及焊接材料 6-143

7.3 灰铸铁的焊接 6-146

7.4 球墨铸铁的焊接 6-146

7.5 蠕墨铸铁的焊接 6-147

7.6 可锻铸铁的焊接 6-147

7.7 白口铸铁焊补 6-147

第 9 章 非铁金属的焊接

1 铝及铝合金的焊接 6-148

1.1 铝及铝合金的焊接特点 6-148

1.2 铝及铝合金的焊接材料 6-149

1.3 铝及铝合金的焊接工艺 6-150

1.4 铝及铝合金的焊接接头性能 6-153

2 铜及铜合金的焊接 6-154

2.1 铜及铜合金的焊接特点 6-154

2.2 铜及铜合金的焊接材料 6-154

2.3 铜及铜合金的焊接工艺 6-154

2.4 铜及铜合金的焊接接头性能 6-157

3 镁及镁合金的焊接 6-158

3.1 镁及镁合金的焊接特点 6-158

3.2 镁及镁合金的焊接工艺 6-158

4 钛及钛合金的焊接 6-160

4.1 钛及钛合金的焊接特点 6-160

4.2 钛及钛合金的焊接工艺 6-160

5 镍、钴及其合金的焊接 6-163

5.1 镍、钴及其合金的焊接特点 6-163

5.2 镍、钴及其合金的焊接材料 6-163

5.3 镍、钴及其合金的焊接工艺 6-165

6 钨、钼、钽、铌、锆及其合金的焊接 6-166

6.1 钨、钼、钽、铌、锆及其合金的焊接特点 6-166

6.2 钨、钼、钽、铌、锆及其合金的焊接工艺 6-166

第 10 章 异种材料及其他材料的焊接

1 异种钢的焊接 6-168

1.1 不同珠光体钢的焊接 6-168

1.2 珠光体钢与奥氏体钢焊接特点 6-168

1.3 焊接材料及工艺选择 6-168

2 异种金属的焊接 6-169

2.1 异种金属熔焊焊接性 6-169

2.2 铜-钢焊接 6-170

2.3 铝-钢焊接 6-171

2.4 铝-铜焊接 6-172



3 复合钢板的焊接	6-173	2 焊接熔透控制	6-211
3.1 复合钢板焊接的一般原则	6-173	2.1 测试棒法	6-212
3.2 复合钢板焊接坡口的设计	6-173	2.2 声控法	6-212
3.3 复合钢板的焊接材料	6-176	2.3 光电法	6-212
3.4 复合钢板的焊接工艺	6-176	2.4 电弧传感熔池外激谐振法	6-213
4 陶瓷的焊接	6-176	3 焊接程序控制	6-213
4.1 陶瓷的性能特点	6-176	3.1 焊接过程程序	6-213
4.2 陶瓷焊接的主要问题	6-176	3.2 焊接程序指令系统	6-214
4.3 陶瓷的焊接方法	6-177		
5 复合材料的焊接	6-177		
5.1 材料特性、分类及焊接特点	6-177		
5.2 碳化硅晶须增强铝复合材料焊接 方法选择	6-177		
6 塑料的焊接	6-178		
6.1 塑料的焊接条件	6-178		
6.2 塑料的焊接方法	6-178		
6.3 不同焊接方法接头强度比较	6-179		

第 11 章 焊接结构生产用机械装备

1 钢材预处理	6-180
2 装配、焊接夹具	6-181
2.1 装焊夹具结构设计要求	6-181
2.2 焊件的定位及定位器	6-181
2.3 焊件的夹紧及夹紧器	6-182
2.4 夹具体	6-184
2.5 通用装焊夹具	6-184
2.6 专用装焊夹具	6-184
3 焊接变位机械	6-186
3.1 分类及要求	6-186
3.2 焊件变位机	6-187
3.3 焊机(机头)变位机	6-195
3.4 焊工变位机	6-202
4 焊接辅助机械装置	6-202
4.1 埋弧焊焊剂垫	6-202
4.2 焊剂输送和回收装置	6-204

第 12 章 焊接自动控制

1 焊枪位置控制	6-207
1.1 焊缝跟踪系统的构成	6-207
1.2 焊缝跟踪传感器	6-207
1.3 焊缝跟踪控制器	6-211
1.4 焊缝跟踪执行器	6-211

2.1 测试棒法	6-212
2.2 声控法	6-212
2.3 光电法	6-212
2.4 电弧传感熔池外激谐振法	6-213
3 焊接程序控制	6-213
3.1 焊接过程程序	6-213
3.2 焊接程序指令系统	6-214

第 13 章 焊接生产线与焊接机器人

1 焊接生产线设计原则	6-215
1.1 焊接生产线设计特点	6-215
1.2 焊接生产线组成	6-215
1.3 焊接生产线的控制	6-216
2 焊接自动机与焊接中心	6-216
2.1 专用梁柱焊接自动机	6-216
2.2 12 极锅炉膜式壁焊接中心	6-217
2.3 汽车车轮合成焊接中心	6-217
3 焊接生产线	6-218
3.1 中小直径筒(管)节焊接生产线	6-218
3.2 中小直径筒(管)体焊接生产线	6-218
3.3 轻型越野汽车车身总成装焊生产 线	6-220
3.4 车轮合成自动装焊生产线	6-220
3.5 汽车轴合成自动装焊生产线	6-221
3.6 自行车车架钎焊生产线	6-222
3.7 直缝管焊接生产线	6-223
3.8 螺旋管焊接生产线	6-224
3.9 钢筋网装焊生产线	6-224
4 焊接机器人的应用	6-224
4.1 弧焊机器人的应用	6-225
4.2 点焊机器人的应用	6-227

第 14 章 水下焊接与切割

1 水下焊接	6-227
1.1 湿式水下焊接	6-227
1.2 干式水下焊接	6-228
1.3 局部干式水下焊接	6-228
1.4 水下焊接质量检验	6-229
2 水下切割	6-229
2.1 水下电-氧切割	6-229
2.2 熔化极水喷射切割	6-229
2.3 水下等离子弧切割	6-230



2·4 药芯焊丝水下切割 6-230

3 水下焊接与切割安全技术 6-230

3·1 水下安全用电 6-230

3·2 劳动保护及安全操作 6-230

第 15 章 焊接质量检验

1 焊接缺陷及检验方法 6-231

1·1 焊接缺陷 6-231

1·2 焊接检验方法 6-231

2 破坏性试验 6-231

2·1 焊缝金属及焊接接头力学性能
试验 6-231

2·2 金相检验 6-232

2·3 化学分析与试验 6-232

3 非破坏性检验 6-233

3·1 外观检验 6-233

3·2 水压试验 6-233

3·3 致密性检验 6-233

3·4 无损探伤 6-233

第 16 章 切 割

1 切割方法分类 6-234

2 气体火焰切割 6-234

2·1 氧-燃气切割 6-234

2·2 氧熔剂切割 6-237

2·3 火焰气刨 6-237

2·4 火焰表面清理 6-237

2·5 火焰净化 6-237

2·6 火焰穿孔 6-237

3 等离子弧切割 6-238

3·1 等离子弧切割原理及应用 6-238

3·2 切割设备 6-238

3·3 切割工艺 6-238

4 电弧-压缩空气气刨 6-239

5 电弧-氧切割 6-239

6 激光切割 6-239

6·1 激光-燃烧切割 6-239

6·2 激光-熔化切割 6-240

6·3 激光-升华切割 6-240

6·4 激光切割设备 6-240

7 电子束切割 6-240

8 水射流切割 6-240

8·1 水射流切割原理及应用 6-240

8·2 水射流切割设备 6-240

9 各种切割工艺方法比较 6-240

第 17 章 切割机械化与自动化

1 现代切割技术的特点 6-241

2 常用机械控制切割机的选用 6-241

3 光电跟踪切割机 6-242

3·1 跟踪原理 6-242

3·2 跟踪机构 6-242

3·3 机械结构 6-242

4 数控切割机 6-242

4·1 工作原理 6-242

4·2 控制机 6-242

4·3 控制台 6-244

4·4 伺服驱动单元及专用接口 6-244

4·5 机械结构 6-244

5 切割辅助控制 6-244

5·1 自动点火控制 6-244

5·2 熄火检测控制 6-244

5·3 割炬高度控制 6-245

5·4 切割图形轨迹标示 6-245

5·5 喷水冷却装置 6-245

6 数控切割机的编程系统 6-246

6·1 功能 6-246

6·2 工作原理 6-246

6·3 组成 6-246

7 专用切割机 6-246

7·1 封头切割机 6-246

7·2 数控管子切割机 6-246

8 热切割及冷加工组合机 6-247

9 数控切割机的选型原则 6-247

9·1 轨距 6-247

9·2 驱动方式 6-247

9·3 轨长 6-247

9·4 割炬托架形式 6-247

9·5 割炬数 6-247

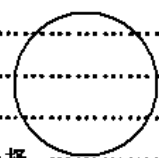
9·6 切割辅助控制装置的选择 6-248

9·7 切割设备总台数的确定 6-248

10 切割质量和尺寸偏差 6-248

10·1 切割面质量等级及其测定 6-248

10·2 工件尺寸偏差 6-249



第 18 章 焊接工作的劳动保护

1 设备安全技术	6-249
1.1 电气安全技术	6-249
1.2 气瓶安全技术	6-250
2 焊接劳动卫生与防护	6-250
2.1 焊接有害因素	6-250
2.2 焊接卫生标准	6-251
2.3 焊接卫生措施	6-251

第 19 章 胶 接

1 胶接的特点	6-252
2 胶粘剂	6-252
3 胶接工艺	6-254
3.1 表面处理	6-254
3.2 预装配	6-255
3.3 胶粘剂准备	6-255

3.4 涂胶方法	6-255
3.5 固化	6-255
3.6 机械加工	6-256
4 接头形式	6-256
5 胶接件质量检验	6-257
6 胶接与胶补应用举例	6-257
6.1 量刃具上的应用	6-257
6.2 机床导轨面的胶接及胶补	6-258
6.3 汽车、拖拉机上的应用	6-258
6.4 恢复零件尺寸	6-259
6.5 铸件缩孔、气孔、砂眼等缺陷的 胶补	6-259
6.6 航空、航天飞行器上的应用	6-259
6.7 胶-铆和胶-螺钉连接	6-260
6.8 胶接-点焊	6-260
7 安全技术	6-260
参考文献	6-260

第 7 篇 热 处 理

常用符号表

第 1 章 概 论

1 概念及分类	7-5
2 热处理在机械制造中的地位	7-6
3 热处理与其他加工工艺的关系	7-6
4 热处理与设计的关系	7-7
5 热处理工艺的优化设计	7-7
6 热处理技术的进展	7-8

第 2 章 钢的热处理基础

1 Fe-Fe ₃ C 合金相图及其应用	7-9
1.1 Fe-Fe ₃ C 合金相图	7-9
1.2 纯铁同素异构转变及 Fe-Fe ₃ C 合金中的平衡相和组织	7-10
1.3 在实际热处理条件下 Fe-Fe ₃ C 合金 相图的部分相变温度	7-12
1.4 合金元素对钢的平衡组织及相变温 度的影响	7-12
2 钢的奥氏体化	7-14
2.1 奥氏体形成过程	7-14
2.2 奥氏体晶粒长大	7-16

3 过冷奥氏体转变	7-17
3.1 过冷奥氏体转变产物	7-17
3.2 过冷奥氏体转变产物的力学性能	7-20
3.3 过冷奥氏体转变的特点	7-21
3.4 过冷奥氏体等温转变动力学及 TTT 曲线	7-22
3.5 过冷奥氏体连续冷却转变动力学 及 CCT 曲线	7-22
3.6 影响过冷奥氏体转变动力学因素	7-23
3.7 TTT 曲线和 CCT 曲线的主要类 型	7-24
3.8 过冷奥氏体转变图的应用	7-28
4 淬火钢回火转变	7-28
4.1 马氏体回火转变	7-28
4.2 残余奥氏体回火转变	7-29
4.3 贝氏体回火转变	7-29
4.4 合金元素对回火转变的影响	7-29
4.5 内应力的消除	7-30

第 3 章 钢的整体热处理

1 钢的退火工艺	7-30
1.1 退火工艺的特征及分类	7-30
1.2 退火工艺参数	7-33



1.3	球化退火	7-34
1.4	等温退火	7-37
1.5	去应力退火	7-37
1.6	再结晶退火	7-37
2	钢的正火工艺	7-38
2.1	正火工艺的特点	7-38
2.2	正火工艺的应用	7-38
3	钢的淬火工艺	7-39
3.1	淬火工艺的特点及要求	7-39
3.2	钢的淬透性	7-39
3.3	淬火加热与冷却工艺的选择	7-46
3.4	淬火应力、畸变和开裂	7-55
3.5	整体淬火工艺的进展	7-60
4	钢的回火工艺	7-61
4.1	回火工艺的特点	7-61
4.2	淬火钢回火时力学性能的变化	7-61
4.3	回火工艺的分类与应用	7-62

第4章 少无氧化热处理

1	可控气氛热处理	7-63
1.1	钢在气体介质中加热时的行为	7-63
1.2	钢在可控气氛中实现无氧化加热的原理	7-64
1.3	碳势控制原理	7-65
1.4	可控气氛的制备和应用	7-67
1.5	可控气氛热处理设备	7-72
2	真空热处理	7-74
2.1	金属在真空中加热时的行为	7-75
2.2	金属在真空中的加热速度	7-76
2.3	金属在真空中加热后的冷却	7-76
2.4	真空热处理工艺	7-77
2.5	真空热处理设备	7-79
3	盐浴热处理	7-82
3.1	热处理加热和冷却用盐	7-82
3.2	钢在盐浴中加热时的行为	7-82
3.3	钢在盐浴中的冷却	7-85
3.4	盐浴热处理炉	7-85
4	流态床热处理	7-86
5	其他少无氧化加热方法	7-88
5.1	装箱加热	7-88
5.2	调整燃料炉的燃烧系数	7-88
5.3	保护涂料	7-88
5.4	包装热处理	7-88

第5章 钢的表面热处理

1	表面热处理的分类	7-89
2	表面淬火相变特点	7-90
2.1	快速加热淬火回火时相变特点	7-90
2.2	表面淬火后的组织与性能	7-91
3	感应加热表面淬火	7-92
3.1	感应加热原理	7-92
3.2	中高频感应加热淬火	7-93
3.3	工频感应加热淬火	7-103
3.4	脉冲感应加热淬火	7-103
3.5	高频电阻加热表面淬火	7-104
4	电接触加热表面淬火	7-104
5	火焰加热表面淬火	7-105
5.1	火焰淬火用燃料和装置	7-105
5.2	火焰淬火工艺	7-107
6	激光、电子束热处理	7-108
6.1	激光热处理	7-108
6.2	电子束热处理	7-113
7	其他表面热处理	7-114
7.1	电弧加热热处理	7-114
7.2	电解液加热表面淬火	7-115

第6章 钢的化学热处理

1	化学热处理基本过程	7-117
2	钢的渗碳	7-118
2.1	固体渗碳	7-118
2.2	气体渗碳	7-119
2.3	防渗与安全	7-127
2.4	真空渗碳	7-127
2.5	辉光离子渗碳	7-127
2.6	流态床渗碳	7-129
2.7	渗碳用钢及渗碳后的热处理	7-130
2.8	渗碳层的组织和性能	7-131
3	钢的渗氮	7-132
3.1	渗氮钢及其预先热处理	7-132
3.2	气体渗氮渗剂和设备	7-133
3.3	提高力学性能的渗氮	7-133
3.4	抗蚀渗氮	7-136
3.5	缩短气体渗氮周期的方法	7-137
3.6	可控渗氮	7-137
3.7	离子渗氮	7-138
3.8	渗氮层的组织与性能	7-140



4 钢的碳氮共渗	7-142	1.2 推杆运送	7-165
4.1 气体碳氮共渗	7-142	1.3 振底运送	7-167
4.2 盐浴碳氮共渗	7-145	1.4 输送带运送	7-169
4.3 碳氮共渗用钢及共渗后的热处理	7-145	1.5 螺旋滚筒运送	7-170
4.4 碳氮共渗层的组织性能	7-145	1.6 转底运送	7-170
5 钢和铸铁的氮碳共渗	7-146	1.7 步进运送	7-171
5.1 气体氮碳共渗	7-147	1.8 辊底运送	7-172
5.2 盐浴氮碳共渗	7-148	2 周期作业炉的机械化	7-174
5.3 固体氮碳共渗	7-150	2.1 周期作业炉机械化的类型	7-174
5.4 离子氮碳共渗	7-150	2.2 台车式炉的机械化	7-174
5.5 以氮碳共渗为基础的复合处理	7-151	2.3 密封箱式炉的机械化	7-177
5.6 氮碳共渗层的组织与性能	7-152	2.4 盐浴炉的机械化	7-179
5.7 氮碳共渗及相关复合处理的工业应用	7-153	3 淬火冷却装置的机械化	7-180
6 钢和铸铁的渗硫、硫氮共渗与硫氮碳共渗	7-154	3.1 淬火槽的机械化	7-180
6.1 渗硫	7-154	3.2 淬火机和淬火压床	7-185
6.2 硫氮共渗及其与蒸汽处理结合的复合处理	7-154	4 热处理工艺参数的自动控制	7-188
6.3 盐浴硫氮碳共渗及复合处理	7-155	4.1 概述	7-188
7 钢的渗硼、渗硅及渗金属	7-157	4.2 温度的自动控制	7-189
7.1 渗硼	7-157	4.3 碳势的自动控制	7-199
7.2 渗硅	7-159	5 热处理生产线	7-200
7.3 渗金属	7-159	5.1 气体渗碳生产线	7-200
第7章 热处理生产机械化和自动化		5.2 密封箱式炉热处理生产线	7-205
1 连续作业炉的机械化	7-164	5.3 网带式炉热处理生产线	7-206
1.1 工件运送方式及分类	7-164	5.4 锉刀高频热处理生产线	7-208
		5.5 车轮工频感应加热热处理生产线	7-210
		5.6 轴承套圈中频热处理生产线	7-212
		5.7 等速万向节柔性感应热处理生产线	7-214
		参考文献	7-215

第8篇 材料保护

第1章 概 论

1 材料保护的作用及任务	8-3
2 材料保护分类及应用	8-3
3 材料保护技术发展趋势	8-5

第2章 金属表面预处理

1 碱液清洗	8-6
1.1 碱液清洗方法	8-6
1.2 碱液清洗配方示例	8-7
1.3 漂洗	8-8

2 溶剂清洗	8-8
2.1 溶剂清洗方法	8-8
2.2 清洗用溶剂	8-9
2.3 溶剂蒸汽清洗设备	8-9
3 表面活性剂清洗	8-10
3.1 表面活性剂分类	8-10
3.2 工业清洗中常用的表面活性剂及复配清洗剂	8-10
4 化学除锈	8-11
4.1 化学除锈方法	8-11



4.2 除油酸洗“二合一”处理	8-13	1.6 激光喷涂	8-33
5 机构除锈及精整	8-14	2 热喷涂材料	8-33
5.1 动力工具除锈	8-14	2.1 线材	8-33
5.2 喷丸(砂)、抛丸除锈	8-14	2.2 自熔性合金粉末	8-34
5.3 滚筒精整及振动精整	8-14	2.3 金属合金粉末	8-36
6 预处理质量检测与评定	8-15	2.4 陶瓷粉末	8-36
6.1 除油质量评定方法	8-15	2.5 复合粉末	8-36
6.2 机械预处理质量检测与评定	8-16	2.6 塑料粉末	8-37
第3章 电镀和化学镀			
1 装饰性电镀	8-17	3 热喷涂设备	8-37
1.1 装饰性铜、镍、铬镀层及其组合	8-17	3.1 热喷涂设备分类	8-37
1.2 装饰性合金镀层	8-20	3.2 热喷涂设备组成及主要技术参数	8-37
2 防护性电镀	8-20	4 热喷涂前后处理	8-39
2.1 锌镀层	8-20	4.1 表面预处理	8-39
2.2 镉镀层	8-22	4.2 涂层加工和后处理	8-40
2.3 锌基高耐蚀合金镀层	8-23	5 喷涂层性能检测	8-40
3 功能性电镀	8-23	5.1 涂层结合强度检测	8-40
3.1 耐磨镀层	8-23	5.2 涂层强度检测	8-40
3.2 润滑镀层	8-24	5.3 涂层孔隙率检测	8-40
3.3 电气特性镀层	8-24	5.4 涂层厚度检测	8-40
3.4 光学特性镀层	8-24	5.5 涂层硬度检测	8-40
4 化学镀	8-24	6 热喷涂涂层的应用	8-41
4.1 化学镀特点	8-24	6.1 耐磨损涂层	8-41
4.2 化学镀镍	8-24	6.2 耐腐蚀、抗氧化涂层	8-41
4.3 化学镀铜	8-27	6.3 热绝缘/热障涂层	8-41
5 刷镀技术及其应用	8-27	6.4 电导性功能涂层	8-41
5.1 刷镀操作方法	8-27	6.5 磨损密封涂层	8-41
5.2 刷镀特点	8-28	6.6 尺寸修复性涂层	8-41
5.3 刷镀应用范围	8-28	6.7 生物功能性涂层	8-41
6 电镀常用设备	8-28	第5章 表面合金化	
6.1 电镀自动生产线	8-28	1 渗铝	8-42
6.2 电镀生产主要辅助设备	8-29	1.1 渗铝层组织	8-42
7 镀层性能检测	8-29	1.2 渗铝层性能和应用	8-42
8 电镀三废治理	8-30	2 渗铬	8-43
第4章 热 喷 涂			
1 热喷涂工艺	8-31	2.1 渗铬层组织	8-44
1.1 火焰喷涂	8-31	2.2 渗铬层性能和应用	8-44
1.2 电弧喷涂	8-31	3 渗锌	8-44
1.3 等离子喷涂	8-32	3.1 渗锌层组织	8-45
1.4 等离子喷焊	8-33	3.2 渗锌层性能和应用	8-45
1.5 爆炸喷涂	8-33	4 渗钒	8-46
		4.1 渗钒的主要特点	8-46
		4.2 渗钒层组织、性能和应用	8-46



5 渗硅	8-47
5.1 渗硅主要特点	8-47
5.2 渗硅层组织、性能和应用	8-47
6 渗硼	8-47
6.1 渗硼层组织与性能	8-47
6.2 渗硼的应用	8-48
7 表面二元及多元合金化	8-48
8 气相沉积	8-50
8.1 化学气相沉积	8-51
8.2 物理气相沉积	8-51
8.3 气相沉积层性能	8-52
8.4 气相沉积层的应用	8-53
9 其他新工艺	8-53
9.1 镀渗	8-53
9.2 离子注入	8-54
9.3 激光表面合金化	8-55

第6章 化学转化膜

1 钢铁转化膜	8-55
1.1 钢铁磷化	8-55
1.2 钢铁氧化	8-59
1.3 钢铁草酸盐膜	8-60
2 铝合金转化膜	8-61
2.1 铝合金阳极氧化和应用	8-61
2.2 铝合金普通阳极氧化溶液配方和工 艺条件	8-62
2.3 铝合金硬膜阳极氧化溶液配方和工 艺条件	8-63
2.4 其他阳极氧化工艺和应用	8-63
2.5 阳极氧化膜的封闭处理	8-63
2.6 阳极氧化膜的着色	8-64
2.7 质量检验和不合格膜的退除	8-65
3 其他金属转化膜	8-65
3.1 铝合金化学氧化	8-65
3.2 镁合金化学氧化	8-66
3.3 铜合金化学氧化	8-67
4 金属及金属镀层钝化膜	8-67
4.1 铜及铜合金钝化膜	8-67
4.2 不锈钢钝化膜	8-67
4.3 锌、铜合金钝化膜	8-67

第7章 涂料涂装

1 涂料	8-69
------------	------

1.1 涂料组成	8-69
1.2 涂料分类及命名	8-69
1.3 溶剂型涂料	8-70
1.4 水性涂料	8-71
1.5 高固体分涂料	8-72
1.6 粉末涂料	8-72
1.7 机电工业常用涂料及其选择	8-73
2 涂装前处理	8-77
3 涂装及设备	8-77
3.1 手工涂装	8-77
3.2 浸涂	8-78
3.3 淋涂	8-78
3.4 空气喷涂	8-78
3.5 高压无气喷涂	8-79
3.6 静电喷涂	8-80
3.7 电泳涂装	8-81
3.8 粉末涂装	8-81
3.9 自动涂装与涂装机械手	8-82
4 干燥与固化	8-83
5 涂装质量检测	8-85
6 涂装的环境保护和安全卫生	8-86
6.1 涂装三废治理	8-86
6.2 涂装安全卫生技术	8-86

第8章 防 锈

1 水剂防锈	8-87
1.1 常用水剂防锈添加剂	8-87
1.2 防锈水剂分类和使用范围	8-87
2 油料防锈	8-88
2.1 常用油溶性缓蚀剂	8-88
2.2 防锈油料分类和使用范围	8-88
3 气相防锈	8-89
3.1 气相缓蚀剂	8-89
3.2 气相防锈材料分类和使用范围	8-89
4 可剥性塑料	8-89
5 干燥空气封存	8-89
6 充氮封存	8-90
7 防锈包装	8-91
7.1 包装材料	8-91
7.2 防锈包装方法分类和有关注意事 项	8-91
8 典型机械制品的防锈工艺	8-93



第 9 章 金属和保护层的腐蚀

1 基本概念 8-93

 1.1 腐蚀定义及其分类 8-93

 1.2 金属腐蚀机理及保护层防护原理 8-94

2 机械产品常见的腐蚀类型和抑制措施 8-94

 2.1 大气腐蚀 8-94

 2.2 应力腐蚀 8-95

 2.3 磨蚀疲劳 8-96

 2.4 磨损腐蚀 8-97

3 腐蚀试验与评价方法 8-98

 3.1 腐蚀试验目的与注意事项 8-98

 3.2 金属材料的腐蚀试验方法 8-98

 3.3 保护层的腐蚀试验方法 8-98

 3.4 保护层腐蚀试验后评级方法 8-98

参考文献 8-98

索 引



CONTENTS

Part 1 General Introduction of Machine-Building Technology

Chapter 1 Classification and Trend of Development of Machine-Building Technology

1	Production Process and Technological Process in Machine-Building Factory	1-3
2	Classification of Machine-Building Technology	1-4
3	Technical Progress and Trend of Development of Machine-Building Technology	1-7
3•1	Constant Optimization of Conventional Technologies	1-7
3•2	Unceasing Development of New Processes	1-7
3•3	Technological Design : from Experience to Quantitative Analysis	1-9
3•4	Close Combination of Machine-Building Technology with High and Advanced Techniques	1-9
3•5	Evolution of "Machine-Building Technological system"	1-9

Chapter 2 Technological Management

1	Production Management System and Technological Management System	1-10
---	--	------

1•1	Production Management System	1-10
1•2	Technological Management System ...	1-11
2	Technological Fundamental Work ...	1-12
3	Technological Preparation for Production	1-12
4	Technological Management in Production	1-13

Chapter 3 Design of Technological Process

1	Technological Feasibility Examination of Product Structure and Preliminary Design of Technological Program ...	1-14
2	Design of Technological Program ...	1-14
2•1	Principles for Design of Technological Program	1-14
2•2	Classification and Contents of Technological Program	1-14
2•3	Evaluation of Technological Program	1-15
3	Selection of Technological Process	1-16
3•1	Influence of Material, Shape and Dimension of Parts	1-16
3•2	Influence of Production Type	1-18
3•3	Characteristics and Scope of Usage of Various Technological Processes	1-18
3•4	Case Study on Selection of Technological Process	1-24



Part 2 Foundry

Chapter 1 Introduction

- 1 Characteristics of Foundry and Its Position in Industrial Production 2-3
- 2 Castings and Methods of Production 2-3
- 3 Trend of Development of Foundry Technology 2-5

Chapter 2 Theoretical Basis of the Forming Process of Castings

- 1 Metal Filling of the Mold 2-6
 - 1.1 Factors Influencing Mold-filling Capacity 2-6
 - 1.2 Measures for Enhancing Mold-filling Capacity 2-8
- 2 Solidification of Casting 2-8
 - 2.1 Heat Transfer of Metal in Mold 2-9
 - 2.2 Calculation of Solidification Time of Casting 2-10
- 3 Numerical Simulation of Solidification Process of Casting 2-11
 - 3.1 Basic Principles 2-11
 - 3.2 Brief Introduction on the Use of Various Numerical Simulation Methods 2-12
- 4 Control of Solidification Structures of Casting 2-13
 - 4.1 Control of Granular Grain Structure 2-13
 - 4.2 Control of Columnar Grain Structure 2-15
 - 4.3 Control of Eutectic Structure 2-15
- 5 Interaction of Metal with Mold 2-15
 - 5.1 Heat Effects 2-15
 - 5.2 Physicochemical Effects 2-16
 - 5.3 Mechanical Effects 2-16
- 6 Accompanying Phenomena during

- Solidification 2-16
- 6.1 Gas Porosity and Inclusions in Castings 2-16
- 6.2 Shrinkage of Castings 2-18
- 6.3 Hot Cracking of Castings 2-18

Chapter 3 Design of Casting process

- 1 Technological Analysis of Casting ... 2-19
 - 1.1 Structural Analysis of Casting 2-19
 - 1.2 Selection of Molding and Coremaking Method and Type of Mold 2-19
 - 1.3 Selection of Pouring Position and Parting Face 2-19
 - 1.4 Principles of Core Design 2-20
- 2 Main Technological Parameters 2-21
 - 2.1 Dimensional Tolerances of Casting 2-21
 - 2.2 Mass Tolerances of Casting 2-22
 - 2.3 Machining Allowances on Casting 2-22
 - 2.4 Shrinkage Allowances 2-23
 - 2.5 Pattern Taper of Casting 2-24
- 3 Design of Gating System 2-26
 - 3.1 Position of Metal Inflow 2-26
 - 3.2 Types and Selection of Gating System 2-26
 - 3.3 Dimensions of Gating System 2-27
 - 3.4 Application of Filters 2-30
- 4 Risers, Insulating Paddings, Chills and Ribs 2-31
 - 4.1 Risers 2-31
 - 4.2 Insulating Paddings 2-41
 - 4.3 Chills 2-42
 - 4.4 Ribs 2-43
- 5 Computer Aided Design for Foundry Technology 2-44
 - 5.1 Fundamental Concept 2-44
 - 5.2 Contents and Basic Steps of CAPP for Foundry Technology 2-45



Chapter 4 Sand Casting

1 Design of Tools and Auxiliary Equipment	2-47
1.1 Pattern	2-47
1.2 Pattern Mounting Plate	2-50
1.3 Flask	2-52
1.4 Core Box	2-55
2 Molding Materials	2-57
2.1 Sand	2-57
2.2 Binder	2-58
2.3 Molding Sand Mixture and Its Preparation	2-61
2.4 Foundry Coating	2-65
2.5 Sand Reclamation	2-67
3 Molding and Coremaking Processes	2-68
3.1 Pneumatic Vibratory Jolt Squeeze Molding	2-70
3.2 High Pressure Molding	2-70
3.3 Air-impact Molding	2-73
3.4 Vacuum Sealed Molding	2-75
3.5 Resin Bonded Sand Molding and Coremaking	2-78
3.6 Sodium Silicate Bonded Sand Molding and Coremaking	2-80
3.7 Shell Core Making	2-82
3.8 Hot Box Process	2-83
3.9 Cold Box Process	2-84

Chapter 5 Special Casting Processes

1 Brief Introduction	2-85
2 Pressure Die Casting	2-86
2.1 Principles and Process of Die Casting	2-86
2.2 Technological Parameters of Die Casting	2-87
2.3 Special Die Casting Process	2-88
2.4 Design of Die Casting Dies	2-88
3 Low-pressure Casting	2-89
3.1 Principles of Low-pressure	

Casting	2-89
3.2 Low-pressure Casting Process	2-89
4 Differential Pressure Casting	2-92
4.1 Principles of Differential Pressure Casting	2-92
4.2 Mold-filling Process of Differential Pressure Casting	2-92
5 Gravity Die Casting	2-93
5.1 Principles and Characteristics of Gravity Die Casting	2-93
5.2 Design of Metal Mold	2-93
5.3 Gravity Die Casting Process	2-96
5.4 Sand Faced Permanent Molding	2-97
6 Investment Casting	2-98
6.1 Die for Pattern Making	2-98
6.2 Material and Manufacturing of Pattern	2-99
6.3 Ceramic Shell for Investment Casting	2-101
6.4 Pouring and Cleaning of Investment Castings	2-105
7 Full Mold Casting	2-108
7.1 Principles, Characteristics and Scope of Application of Full Mold Casting	2-108
7.2 Material and Manufacturing of Pattern	2-108
7.3 Transformation of Pattern during Pouring Process	2-109
7.4 Full Mold Casting Process	2-110
7.5 New Development of Full Mold Casting	2-111
8 Ceramic Mold Casting	2-112
8.1 Preparation of Ceramic Slurry	2-113
8.2 Making of Ceramic Mold	2-113
9 Centrifugal Casting	2-114
9.1 Principles, Classification and Application of Centrifugal Casting	2-114
9.2 Technology of Centrifugal Casting	2-115
9.3 Some Typical Centrifugal Castings	2-116
10 Continuous Casting	2-117
10.1 Continuous Casting of Iron Pipes	2-117



10.2 Continuous Casting of Iron Section
 Bars 2-118

11 Other Special Casting Processes ... 2-119

11.1 Suction Casting 2-119

11.2 Squeeze Casting 2-120

11.3 Electro-slag Melting and Casting ... 2-122

Chapter 6 Melting of Cast Steel

1 Melting Process 2-123

1.1 Slag 2-123

1.2 Dephosphorization 2-124

1.3 Desulphurization 2-125

1.4 Hydrogen and Nitrogen in Steel 2-125

1.5 Deoxidation 2-126

1.6 Stirring of Liquid Steel in Melting
 Process 2-127

2 Electric Arc Furnace Melting of
 Steel 2-127

2.1 Alternating Current Arc Furnace 2-127

2.2 Direct Current Arc Furnace 2-128

2.3 Steel Melting Process in Electric Arc
 Furnace 2-130

3 Other Melting Processes for Cast
 Steel 2-131

3.1 Open Hearth Furnace Melting of
 Steel 2-131

3.2 Electric Induction Furnace Melting
 of Steel 2-131

3.3 Plasma Arc Furnace Melting of
 Steel 2-131

3.4 Electron Beam Furnace Melting of
 Steel 2-132

4 Ladle Refining 2-132

4.1 Vacuum Degassing 2-132

4.2 Refining With Reheating 2-133

4.3 Oxygen Decarburization 2-134

4.4 Powder Injection 2-135

Chapter 7 Melting of Cast Iron

1 Cupola Melting 2-136

1.1 Construction of Cupola 2-136

1.2 Basic Technological Parameters of

Cupola Melting 2-137

1.3 Combustion Reaction and Heat
 Exchange in Cupola 2-138

1.4 Metallurgical Reactions during Cupola
 Melting 2-138

1.5 Coke for Cupola Melting 2-139

1.6 Principal Measures for Improving
 Cupola Melting 2-139

2 Electric Induction Furnace
 Melting 2-140

2.1 Principles of Electric Induction
 Melting 2-140

2.2 Characteristics of Induction Furnace
 Melting 2-140

2.3 Power-frequency Coreless Induction
 Furnace 2-140

2.4 Power-frequency Core Type Induction
 Furnace 2-141

3 Duplex Melting 2-141

4 Melting Characteristics of Several
 Cast Irons 2-142

4.1 Gray Cast Iron 2-142

4.2 Spheroidal Graphite Cast Iron and
 Vermicular Graphite Cast Iron 2-144

4.3 Malleable Cast Iron 2-147

4.4 Special Cast Iron 2-148

**Chapter 8 Melting of Nonferrous
 Cast Alloys**

1 Melting Equipment for Nonferrous
 Cast Alloys 2-150

2 Furnace Charges for Nonferrous Cast
 Alloys 2-151

2.1 Raw Metals 2-151

2.2 Foundry Returns 2-151

2.3 Master Alloys 2-151

3 Melting of Cast Aluminum
 Alloys 2-152

3.1 Refining of Aluminum Alloys 2-152

3.2 Modification of Aluminum Alloys 2-153

3.3 Grain Refining of Aluminum
 Alloys 2-154



3.4 On-the-spot Inspection of Aluminum Alloys 2-154

3.5 Melting Characteristics of Common Aluminum Alloys 2-155

4 Melting of Cast Copper Alloys 2-155

4.1 Dehydrogenation and Deoxidation of Copper Alloys 2-155

4.2 Melting Process of Copper Alloys 2-156

5 Melting of Cast Titanium Alloys ... 2-157

6 Melting of Cast Magnesium Alloys 2-158

7 Melting of Cast Zinc Alloys 2-158

Chapter 9 Shakeout, Cleaning and After Treatment of Castings

1 Shakeout and Cleaning of Castings 2-158

1.1 Mechanical Shakeout 2-158

1.2 Hydroblasting 2-159

1.3 Shot Blasting and Wheel Blast Cleaning 2-161

1.4 Electrohydraulic Cleaning 2-163

1.5 Electrochemical Cleaning 2-163

1.6 Air-arc Cutting 2-164

2 Aftertreatment 2-164

2.1 Impregnation 2-165

2.2 Phosphating 2-165

Chapter 10 Heat Treatment of Castings

1 Heat Treatment of Iron Castings 2-166

1.1 Heat Treatment of Gray Iron Castings 2-166

1.2 Heat Treatment of Nodular Iron Castings 2-167

1.3 Heat Treatment of Malleable Iron Castings 2-168

1.4 Heat Treatment of Abrasion Resistant White Iron Castings 2-169

2 Heat Treatment of Steel Castings 2-170

1.1 Classification of Heat Treatment of Steel Castings 2-170

1.2 Heat Treatment Process of Steel Castings 2-171

3 Heat Treatment of Nonferrous Alloy Castings 2-174

3.1 Heat Treatment of Aluminum Alloy Castings 2-174

3.2 Heat Treatment of Copper Alloy Castings 2-176

Chapter 11 Mechanization and Automation of Cupola Charge Make-up and Loading and of Pouring Process

1 Charge Make-up Equipment for Cupola 2-177

1.1 Microcomputerized Charging Unit for Cupola 2-177

1.2 Skips for Metal Charge 2-178

1.3 Transition Charging Cars 2-178

1.4 Quantitative Feeding Device for Coke and Limestone 2-179

2 Loading Equipment for Cupola 2-179

2.1 Hoist Type Loading Equipment (Skip Hoist) 2-179

2.2 Monorail (Single Track) Loading Equipment 2-183

3 Microcomputerized Control, Test and Management System for Cupola 2-184

3.1 Precess Control System 2-184

3.2 Monitoring and Management System 2-184

4 Mechanization and Automation of Pouring Equipment 2-184

4.1 Heating Type Pouring Equipment 2-184

4.2 Non-heating Type Pouring Equipment 2-185

冶金工业出版社
请尊重作者版权



Chapter 12 Mechanization and Automation of Sand Preparation

1 Mechanization of New Sand

 Drying 2-187

 1·1 Thrice Return Sand Drying

 Drum 2-187

 1·2 Vibrational Fluidized Sand Drying

 Equipment 2-188

 1·3 Hot Air-flow Sand Drying Unit 2-188

2 Mechanization of Used Sand

 Reconditioning 2-189

 2·1 Magnetic Separator 2-189

 2·2 Crushing Equipment 2-192

 2·3 Screening and Separating

 Equipment 2-192

 2·4 Sand Cooling Equipment 2-192

 2·5 Sand Reclamation Equipment 2-196

3 Mechanization of Molding Sand

 Preparation 2-203

 3·1 Clay-bonded Sand Muller 2-203

 3·2 Resin-bonded Sand Mixer 2-206

 3·3 Molding Sand Feeding Device 2-208

 3·4 Dosing Device for Sand Mixing 2-208

 3·5 Aerator 2-209

 3·6 Layout of Mechanized Sand

 Preparation Plant 2-209

 3·7 Automation of Quality Control

 of Molding Sand 2-209

Chapter 13 Mechanization and Automation of Molding

1 Molding Machines 2-213

 1·1 Pneumatic Vibratory Jolt Squeeze

 Molding Machine 2-213

 1·2 Equalizing Piston High Pressure

 Squeeze Molding Machine 2-213

 1·3 Vacuum Squeeze Molding Machine ... 2-217

 1·4 Injection and Squeeze Molding

 Machine 2-217

 1·5 Air-flow Molding Machine 2-218

 1·6 Sand Slinger 2-219

2 Principal Mechanisms of Molding

 Machine 2-224

 2·1 Vibrating mechanism 2-224

 2·2 Pressure Augmentation

 Mechanism 2-225

 2·3 Sand Feeding Hopper and Squeezing

 Mechanism 2-225

 2·4 Device for Rapid Change of Pattern

 Plate 2-227

 2·5 Sand Shooting Mechanism 2-227

 2·6 Air Impulse Head 2-228

3 Auxiliary Machinery for

 Molding 2-230

 3·1 Flask Separator 2-230

 3·2 Rollover Machine 2-230

 3·3 Closing Machine 2-230

 3·4 Shakeout machine 2-234

 3·5 Weighting Device 2-234

 3·6 Punchout Equipment 2-235

 3·7 Strike-off Device 2-235

 3·8 Mold Conveyer 2-238

 3·9 Locating Mechanism 2-243

4 Molding Line 2-244

 4·1 Layout of Molding Line 2-244

 4·2 Semi-mechanized Molding Line 2-244

 4·3 Mechanized Molding Line 2-245

 4·4 Semi-automatic Molding Line 2-245

 4·5 Fully Automatic Molding Line 2-246

5 Flexible Molding Cell 2-249

Chapter 14 Mechanization and Automation of Core Making

1 CoreShooters 2-249

 1·1 Common Core Shooter 2-250

 1·2 Hot-Box Core Shooter 2-251

 1·3 Cold-Box Core Shooter 2-252

 1·4 Multi-purpose Core Shooter 2-253

 1·5 Coremaking Center 2-254

2 Shell Core Machines 2-254

 2·1 Bottom Blowing Type Shell Core

 Machine 2-254

 2·2 Top Blowing Type Shell Core



Machine	2-255
3 Principal Mechanisms of Core	
Shooters	2-255
3·1 Sand Shooting Mechanism	2-255
3·2 Core Drawing Mechanism	2-257
3·3 Pin-lifting Mechanism	2-258

Chapter 15 Mechanization and Automation of Shakeout and Cleaning

1 Shakeout Machines	2-258
1·1 Inertia Vibrating Shakeout Machine	2-259
1·2 Impact Type Inertia Vibrating Shakeout Machine	2-259
1·3 Inertia Vibrating Conveyer Shakeout Machine	2-259
1·4 Inertia Crosswise Vibrating Conveyer Shakeout Machine	2-261
1·5 Knockout Barrel	2-261
1·6 Intermittent Electrohydraulic Cleaning Equipment	2-261
2 Mechanization and Automation of Cleaning	2-262
2·1 Mechanization and Automation of Shot Blast Cleaning	2-262
2·2 Mechanization of Sprue and Riser Cutting	2-278
2·3 Production Line for Fettling and Finishing Castings	2-278
2·4 Cleaning Robot	2-278

Chapter 16 Mechanization and Automation of Special Casting Processes

1 Die Casting Machines	2-280
1·1 Classification and Comparison of Die Casting Machines	2-280
1·2 Cold Chamber Die Casting Machine	2-281
1·3 Hot Chamber Die Casting Machine	2-283
1·4 Principal Mechanisms of Die Casting	

Machine	2-284
1·5 New Types of Die Casting Machine	2-285
2 Automation of Die Casting	
Process	2-286
2·1 Automatic Die Sprayer	2-286
2·2 Automatic Pouring Device	2-286
2·3 Automation of Casting Extraction ...	2-289
2·4 Automatic Control of Die Temperature	2-290
2·5 Microcomputerized Die Casting Process	2-291
3 Permanent Mold Casting	
Machines	2-292
3·1 Manually Operated Permanent Mold Casting Machine	2-292
3·2 Mechanically Operated Permanent Mold Casting Machine	2-292
3·3 Rotary Table permanent Mold Casting Machine	2-293
4 Mechanization of Permanent Mold Casting Process	2-294
5 Low-pressure Casting Machines	2-295
5·1 Holding Furnace and Auxiliary Equipment	2-295
5·2 Matching of the Mold and the Furnace Body	2-295
5·3 Controlling System for Pressure on the Melt Surface	2-297
6 Examples of Mechanization of Low-pressure Casting Process	2-297
7 Differential Pressure Molding Machines	2-298
8 Centrifugal Casting Machines	2-298
8·1 Cantilever Type Horizontal Centrifugal Casting Machine	2-299
8·2 Vertical Centrifugal Casting Machine	2-299
8·3 Roller Type Horizontal Centrifugal Casting Machine	2-299
9 Full Mold(Lost Foam)Casting	



Equipment 2-300

10 Mechanization of Investment

 Casting 2-301

 10.1 Wax Pattern Material

 Preparation 2-301

 10.2 Liquid Wax Injection Machine for

 Pattern Making 2-301

 10.3 Continuous Hanger Conveyor for Shell

 Building 2-302

 10.4 Shell Building Manipulator 2-302

Chapter 17 Safety Technique and Environmental Protection of Foundry

1 Dust, Soot and Preventive Measures 2-303

2 Explosion and Scald and Preventive Measures 2-303

3 Noise and Preventive Measures 2-304

4 Vibration and Preventive Measures 2-304

5 High Temperature and Preventive Measures 2-304

6 Radiation and Preventive Measures 2-305

7 Toxic Matter and Preventive Measures 2-305

Chapter 18 Inspection and Quality Evaluation of Castings, and Preventive Measures for Common Defects

1 Inspection of Castings 2-305

 1.1 Purpose and Items of Casting Inspection 2-305

 1.2 Quality Inspection of Castings 2-305

2 Quality Evaluation of Castings 2-306

3 Common Defects of Castings and Main Preventive Measures 2-306

 3.1 Cavities 2-307

 3.2 Surface Defect 2-307

 3.3 Cracks 2-307

 3.4 Unqualified Properties, Composition and Structures 2-308

References 2-308

Part 3 Forging

Chapter 1 Introduction

1 Position and Function of Forging in Machinery Industry 3-3

2 Classification of Forging Processes 3-3

3 Trend of Development of Forging Technology 3-5

Chapter 2 Theory of Plastic Forming

1 Brief Introduction 3-6

2 Mechanism of Plastic Deformation of Metals and Its Influencing Factors 3-7

 2.1 Mechanism of Plastic Deformation of

Metals at Room Temperature 3-7

 2.2 Mechanism of Plastic Deformation of Metals at High Temperature 3-8

 2.3 Effect of Strain Rates on the Mechanism of Plastic Deformation 3-8

 2.4 Mechanism of Superplastic Deformation 3-9

3 Computation and Simulation of the Plastic Forming Process 3-9

 3.1 Basic Computing Equations for Plastic Forming Processes 3-9

 3.2 Practical Calculating Methods for Plastic Forming Processes 3-10

 3.3 Simulation of Plastic Forming Processes 3-15

4 Application of Metal Forming



Plasticity 3-16

4.1 Computation and Simulation of the
Stress, Strain and Temperature
Fields 3-16

4.2 Examples of the Use of Metal Forming
Plasticity 3-16

Chapter 3 Heating Technique in Forging

1 Methods of Metal Heating 3-18

1.1 Classification and Characteristics of
Forging Heating Methods 3-18

1.2 Selection of Forging Heating
Methods 3-20

2 Technological Basis of Forging
Heating 3-20

2.1 Forging Temperature Ranges 3-20

2.2 Heating Rate and Heating System 3-20

2.3 Heating Defects and Preventive
Methods 3-21

3 Forging Heating Equipment 3-22

3.1 Fuel Furnaces 3-22

3.2 Electric Heating Installations 3-27

4 Energy Saving Techniques and
Devices for Forging Heating 3-31

4.1 Energy Saving Technique and Device
of Combustion 3-31

4.2 Energy Saving Technique for Rapid
Heating 3-34

4.3 Scale-less Heating Technique and
Device 3-35

4.4 Energy Saving Lining for Forging
Furnace 3-36

4.5 Recovery Technique and Device of
Residual Heat for Forging Heating 3-37

4.6 Measuring and Controlling Techniques
in Forging Heating 3-38

Chapter 4 Open Die Forging

1 Brief Introduction 3-40

1.1 Definition and Basic Tasks 3-40

1.2 Basic Working Procedures and Forging

Ratio 3-40

1.3 Characteristics of Open Die Forging
Technology 3-43

2 Melting and Pouring of Heavy Steel
Ingots 3-46

2.1 Melting of Heavy Steel Ingots 3-46

2.2 Pouring of Heavy Steel Ingots 3-48

2.3 Effect of Internal Defects in Heavy
Steel Ingots on Forging Quality 3-48

3 Open Die Forging on Hydraulic
Press 3-51

3.1 Characteristics and Influencing Factors
of Heavy Forging Production 3-51

3.2 The Gist of Heating Steel Ingots and
Billets 3-52

3.3 Technological Process and Equipment
for Heavy Forgings 3-53

3.4 Cooling and Heat-Treatment of Heavy
Forgings 3-59

3.5 Common Defects and Preventive
Measures of Heavy Forgings 3-61

3.6 Typical Examples of Heavy
Forgings 3-63

Chapter 5 Die Forging

1 Brief Introduction 3-69

2 Hammer Die Forging 3-70

2.1 Classification of Hammer Die
Forging 3-70

2.2 Dies, Impressions and Steps of Hammer
Die Forging 3-71

2.3 Design Procedure and Main Points of
Hammer Die Forging Technology 3-73

2.4 Loose Tooling Forging 3-82

3 Die Forging on Mechanical Forging
Press 3-84

4 Die Forging on Screw Press 3-86

5 Die Forging on Horizontal Forging
Machine 3-88

5.1 Features of Horizontal Forging
Process 3-88

5.2 Classification and Characteristics of



Horizontal Forging 3-88

5.3 Horizontal Forging Drawing and Bar
Stock Size 3-89

5.4 Flash and Punched Web of Horizontal
Forging 3-90

5.5 Horizontal Forging Steps 3-90

6 Application and Development of
Forging Die CAD/CAM 3-92

**Chapter 6 Special Forging
Processes**

1 Precision Die Forging 3-93

1.1 Precision Die Forging on Press 3-94

1.2 Precision Die Forging on High Energy
Rate Forging Hammer 3-96

1.3 Cored Forging 3-100

2 Multi-station Hot Forging and
Electric Upset Forging 3-101

2.1 Multi-station Hot Forging 3-101

2.2 Electric Upset Forging 3-103

3 Powder Metal Forging 3-105

3.1 Technological Features and Applica-
tions of Powder Metal Forging 3-105

3.2 Material Requirements of Powder
Metal Forging 3-106

3.3 Main Points of the Process Design of
Powder Metal Forging 3-107

3.4 Main Points of Die Design for Powder
Metal Forging 3-108

3.5 Typical Examples of Powder Metal
Forging 3-108

4 Isothermal Forging and Superplastic
Forging 3-109

4.1 Isothermal Forging 3-109

4.2 Superplastic Forging 3-111

5 Molten Metal Squeezing
(Forging) 3-113

5.1 Technological Characteristics and
Application of Molten Metal
Squeezing 3-113

5.2 Main Points of the Process Design of
Molten Metal Squeezing 3-113

5.3 Die Design Principles for Molten
Metal Squeezing 3-114

5.4 Equipment for Molten Metal
Squeezing 3-114

5.5 Typical Examples of Molten Metal
Squeezing 3-114

**Chapter 7 Cold Forging and Warm
Forging**

1 Characteristics and Application of
Cold Forging 3-116

2 Requirements of Material and Blank
for Cold Forging 3-116

2.1 Material and It's Preparation for Cold
Forging 3-116

2.2 Material and It's Preparation for Cold
Extrusion 3-117

3 Cold Forging Process Design 3-120

3.1 Technological Design of Cold Forging
Workpiece 3-120

3.2 Economic Precision of Cold Forging
Workpiece 3-121

3.3 Calculation of the Deformation and
Force of Cold Forging 3-122

3.4 Design of Cold Forging Dies 3-124

4 Defect Analysis and Prevention of
Cold Forging Workpiece 3-128

5 Multi-station Cold Forging
Forming 3-129

5.1 Multi-station Cold Forging
Process 3-130

5.2 Cold Heading Process Design for
Nuts 3-130

5.3 Cold Heading Process Design for
Screws With Indented Head 3-131

6 Warm Forging 3-133

6.1 Warm Forging Temperature and
Force 3-133

6.2 Warm Forging Die Design 3-133

6.3 Lubricant for Warm Forging 3-133

Chapter 8 Rotary Forming

1 Roll Forging 3-134



1.1	Characteristics, Classification and Application of Roll Forging	3-134
1.2	Technological Parameters of Roll Forging	3-135
1.3	Tool Design of Roll Forging	3-137
2	Cross Rolling and Skew Rolling	3-140
2.1	Characteristics, Classification and Application of Cross Rolling and Skew Rolling	3-140
2.2	Cross Wedge Rolling	3-143
2.3	Helical Groove Skew Rolling	3-145
3	Ring Rolling	3-147
3.1	Characteristics, Classification and Application of Ring Rolling	3-147
3.2	Main Technological Parameters of Ring Rolling	3-148
3.3	Tool Design of Ring Rolling	3-148
4	Rotary Forging	3-149
4.1	Characteristics, Classification and Application of Rotary Forging	3-149
4.2	Main Technological Parameters of Rotary Forging	3-150
4.3	Tool Design of Rotary Forging	3-151
4.4	Examples of Rotary Forging	3-151
5	Rotary Swaging Forging	3-152
5.1	Characteristics, Classification and Application of Rotary Swaging Forging	3-152
5.2	Process Design of Rotary Swaging Forging	3-153
5.3	Typical Ram Structure of Rotary Swaging Forging	3-155

Chapter 9 High-Alloy Steel and Non-Ferrous Alloy Forging

1	High-Alloy Tool Steel Forging	3-155
2	Stainless Steel Forging	3-156
3	Heat-Resisting Alloy Forging and Super Alloy forging	3-156
3.1	Titanium Alloy Forging	3-156
3.2	Nickel Alloy Forging	3-157
3.3	Other High-Alloy Steel Forging	3-158

4	Non-Ferrous Metal Forging	3-158
4.1	Aluminium Alloy forging	3-158
4.2	Magnesium Alloy Forging	3-160
4.3	Copper Alloy Forging	3-161

Chapter 10 Forging Equipment

1	Hammer	3-162
1.1	Working Principle	3-162
1.2	Steam-air Forging Hammer	3-162
1.3	Steam-air Die Forging Hammer	3-163
1.4	Counterblow Hammer	3-164
1.5	Pneumatic Hammer	3-165
1.6	Hydraulic Hammer	3-167
1.7	High Energy Rate Hammer	3-168
2	Hydraulic Press	3-169
2.1	Classification of Drive Type and Structure of Hydraulic Press	3-169
2.2	Hydraulic Forging Press	3-170
2.3	High Speed Hydraulic Forging Press	3-171
2.4	Hydraulic Die Forging Press	3-172
3	Machanical Press	3-175
3.1	Working Principle	3-175
3.2	Hot Die Forging Press	3-175
3.3	Trimming Press	3-176
3.4	Coining Press	3-176
3.5	Multi-station High Speed Transfer Press	3-177
3.6	Horizontal Forging Machine	3-179
3.7	Cold Extrusion Press	3-181
4	Screw Press	3-182
4.1	Working Principle	3-182
4.2	Friction Screw Press	3-182
4.3	Hydraulic Screw Press	3-183
4.4	Electrical Screw Press	3-184
5	Radial Forming Machines	3-185
5.1	Working Principle	3-185
5.2	Roll Forging Machine	3-185
5.3	Cross Wedge Rolling Machine	3-187
5.4	Skew Rolling Mill	3-188
5.5	Rotary Swaging Forging Machine	3-189
5.6	Ring Rolling Machine	3-190



I. 英文目录

5.7 Rotary Forging Press 3-192

5.8 Radial Forging Machine 3-193

6 Other Forging Equipment 3-194

6.1 Bar Shear 3-194

6.2 Electric Heating Upsetter 3-195

6.3 Powder Metal Forging
Equipment 3-196

**Chapter 11 Mechanization and
Automation of Forging**

1 Forging Manipulator 3-197

1.1 Classification of Manipulators for
Forging 3-197

1.2 Structure of the Forging
Manipulator 3-197

1.3 Selection of the Carrying Capacity of
the Forging Manipulator 3-202

1.4 Main Parameters of the Forging
Manipulator 3-202

2 Forging Mechanical Hand or
Robot 3-203

2.1 Component and Classification of the
Forging Mechanical Hand 3-203

2.2 Hand 3-204

2.3 Wrist 3-205

2.4 Arm 3-206

2.5 Buffer and Location Device 3-207

2.6 Driving and Controlling Systems of the
Forging Mechanical Hand 3-209

2.7 Mechanical Hand for the Muli-station
Hot Die Forging Press 3-210

2.8 Mechanical Hand for Horizontal Forging
Machine 3-212

2.9 Mechanical Hand for the Roll Forging
Machine 3-214

3 Transfer Mechanism Between Process
Steps 3-215

3.1 Plate Conveyer 3-215

3.2 Chain Conveyer 3-216

4 Automatic Forging Line 3-218

4.1 Automatic Forging Line for Bearing
Rings 3-218

4.2 Automatic 120000kN Forging Line
for Automobile Crankshafts and
Front Axles 3-218

4.3 Flexible Manufacture System
(FMS) 3-219

**Chapter 12 Safety and Environmental
Protection Techniques in Forging**

1 General Safety Rules in Forging ... 3-220

1.1 Working Environment 3-220

1.2 Equipment and Die 3-220

2 Safety Technique in Forging 3-220

2.1 Equipment and Operation 3-220

2.2 Forging Equipment 3-221

2.3 Heating Equipment 3-221

3 Environmental Protection Technique
in Forging 3-222

3.1 Vibration Prevention 3-222

3.2 Noise Control 3-224

3.3 Industrial Hygiene and Other Environ-
mental Protection Techniques 3-225

References 3-226

Part 4 Stamping

Table of Symbols

Chapter 1 Introduction

1 Position and Characteristics of
Stamping in Machine
Manufacturing 4-5

2 Classification of Stamping
Technology 4-5

3 Trend of Development of Modern
Stamping Process 4-7



Chapter 2 The Basis of Stamping and Sheet Forming Performance

1 Plastic Deformation in Stamping 4-7

1.1 Plastic Deformation 4-7

1.2 Work-Hardening 4-8

1.3 Yield Criteria 4-8

2 Mechanical Characteristics and Classification of Stamping Forming 4-9

2.1 Principal Stress and Principal Strain in Stamping Forming Process 4-9

2.2 Classification of Stamping Forming Process 4-11

3 Deformation Orientation and Its Control in Stamping Forming 4-12

3.1 Deformation Orientation of Stamping 4-12

3.2 Factors Influencing Stamping Deformation 4-13

3.3 Control of Stamping Deformation 4-15

4 Stamping Forming Limit 4-18

4.1 Theoretical Basis of Forming Limit 4-18

4.2 Factors Influencing Forming Limit 4-19

4.3 Construction and Application of the Forming Limit Diagram (FLD) 4-20

5 Sheet Stamping Performance and Testing 4-21

5.1 Fracture during Sheet Forming 4-21

5.2 Forming Property and Its Classification 4-21

5.3 Parameters of Mechanical Property ... 4-21

5.4 Work-Hardening Exponent 4-21

5.5 Coefficient of Normal Anisotropy 4-22

6 Technological Property Testing 4-22

6.1 Erichsen Test 4-22

6.2 Schmidt-Engelhardt Test 4-23

6.3 Swift Cupping Test 4-23

6.4 Expanding Test 4-23

6.5 Conical Cup Test 4-24

6.6 Yoshida Buckling Test 4-24

7 Relativity among the Parameters of Sheet Forming Property 4-25

7.1 Relativity Between the Mechanical Property of Sheet Material and Its Forming Quality 4-25

7.2 Relativity between Values n, r, α of Sheet Material and Its Forming Property 4-26

Chapter 3 Straightening

1 Straightening Process 4-27

2 Plate Flattening-Roll Straightening 4-28

2.1 Principle of Roll Straightening 4-28

2.2 Characteristics of Plate Flattening 4-28

2.3 Straightening in Particular Cases 4-29

3 Straightening of Tubes and Sections 4-29

4 Straightening Force 4-30

Chapter 4 Blanking

1 Blanking Deformation Process 4-34

2 Blanking Clearance 4-34

2.1 Basis of Selecting Clearance 4-34

2.2 Classification of Blanking Clearance ... 4-35

2.1 Method of Selecting Clearance 4-36

3 Blanking Load 4-36

3.1 Calculation of Blanking Force 4-36

3.2 Method for Reducing Blanking Force 4-36

3.3 Calculation of the Stripping Force, Knocking-out Force and Ejecting Force 4-37

4 Blank Layout and Scrap 4-38

4.1 Blank Layout on the Strip 4-38

4.2 Blank Layout on the Plate 4-38

4.3 Scrap 4-39

5 Technological Feasibility of Blanking Parts 4-39

6 Dimensional Tolerances of Blanking Parts 4-39



- 7 Stamping Technologies for Improving
the Quality of Blanking Parts 4-41

Chapter 5 Fine Blanking

- 1 Deformation Process of Fine
Blanking 4-42
- 2 Fine Blanking Force 4-43
- 2.1 Blanking Force 4-43
- 2.2 Force on Vee-Ring 4-43
- 2.3 Counter Pressure 4-43
- 2.4 Total Pressure 4-44
- 2.5 Stripping Pressure F₄ and Ejecting
Pressure 4-44
- 3 Technological Feasibility of Fine
Blanking Parts 4-44
- 3.1 Corner Radius 4-44
- 3.2 Slot Width and Protrusion Width 4-44
- 3.3 Ring Width 4-45
- 3.4 Hole Diameter and Wall Thickness
Between Holes 4-45
- 3.5 Module of Gear 4-45
- 3.6 Relative Depth of Semi-piercing 4-45
- 4 Fine Blanking Compound
Technology 4-45
- 4.1 Semi-piercing 4-45
- 4.2 Coining 4-47
- 4.3 Bending 4-47
- 4.4 Countersinking 4-48
- 5 Quality of Fine Blanking Parts 4-48
- 6 Material for Fine Blanking 4-49
- 7 Dies for Fine Blanking 4-49
- 7.1 Classification of Die Structure 4-49
- 7.2 Blank Layout and Scrap 4-50
- 7.3 Dimension of Vee-ring 4-50
- 7.4 Clearance 4-52
- 7.5 Dimension of Punch and Die 4-52
- 7.6 Other Structural Essentials 4-53
- 8 Fine Blanking on Conventional
Press 4-53

Chapter 6 Bending

- 1 Deformation Process of Bending 4-54

- 2 Minimum Bending Radius 4-55
- 3 Spring-back of Bending 4-56
- 3.1 Factors Influencing Spring-back 4-56
- 3.2 Quantity of Spring-back 4-57
- 3.3 Measures for Reducing Spring-back 4-57
- 4 Calculation of the Developed
Length of Blanks for Bending 4-59
- 5 Calculation of the Bending Force 4-60
- 6 Technological Feasibility of Bending
Parts 4-61
- 7 Roll Bending 4-62
- 7.1 Features of Roll Bending 4-62
- 7.2 Technological Design 4-63
- 8 Plate Rolling 4-64
- 8.1 Plate Rolling Process 4-64
- 8.2 Calculation of Technological
Parameters 4-66

Chapter 7 Bending of Tubes and Sections

- 1 Deformation in Bending Tubes
and Methods for Bending Tubes 4-72
- 1.1 Deformation in Bending Tubes 4-72
- 1.2 Methods for Bending Tubes 4-73
- 2 Cold Bending of Tubes by Curling
Method 4-74
- 2.1 Cold Bending of Tubes with
Mandrel 4-74
- 2.2 Cold Bending of Tubes without
Mandrel 4-75
- 2.3 Calculation of Technological
Parameters 4-76
- 3 Hot Bending of Tubes 4-78
- 3.1 Conditions for Hot Bending 4-78
- 3.2 Hot Bending Moment 4-78
- 3.3 Bending Tubes with Medium-frequency
and Flame Heating 4-78
- 4 Manufacture of Sharp Bend 4-79
- 4.1 Die Pressing Method 4-79
- 4.2 Die Extrusion Bending Method 4-80
- 4.3 Mandrel Extrusion Bending



Method 4-81

5 Examples of Special Tube

 Bending 4-82

 5.1 Circular Spiral Coil 4-82

 5.2 Kidney Coil 4-82

 5.3 Panel Tubes 4-82

6 Bending of Section 4-83

 6.1 Bending of Steel Section and Minimal
 Radios of Curvature 4-83

 6.2 Method of Bending Section 4-85

Chapter 8 Drawing

1 Drawing of Axisymmetrical
 Components 4-87

 1.1 Size of the Blank 4-87

 1.2 Drawing Coefficient and Number of
 Drawing 4-88

2 Drawing of Box-shaped Parts 4-93

 2.1 Developed Shape and Size of the
 Blank 4-93

 2.2 Drawing Coefficient and Number of
 Drawing 4-95

3 Progressive Drawing on Strip

 Material 4-96

 3.1 Classification and Applications 4-96

 3.2 Width of the Strip Material and
 Feeding Pitch 4-97

 3.3 Drawing Coefficient and Relative
 Height 4-97

4 Ironing 4-98

 4.1 Characteristic of Ironing 4-98

 4.2 Determination of Technological
 Parameters of Ironing 4-98

5 Drawing of Components with
 Complex Cambered Shape 4-99

 5.1 Characteristics of Drawing of
 Components with Complex
 Cambered Shape 4-99

 5.2 Essentials of Drawing Technology 4-99

 5.3 Design of the Drawing
 Components 4-102

6 Calculation of Drawing Force

 and Blankholding Force 4-103

 6.1 Drawing Force 4-103

 6.2 Blankholding Force 4-105

7 Lubrication for Drawing 4-106

Chapter 9 Forming

1 Necking and Flanging with
 Compressive Type of
 Deformation 4-107

 1.1 Necking 4-107

 1.2 Flanging with Compressive Type of
 Deformation 4-108

2 Plunging and Flanging with Tensile
 Type of Deformation 4-108

 2.1 Plunging 4-108

 2.2 Flanging with Tensile Type of
 Deformation 4-109

3 Embossing 4-109

4 Bulging 4-110

 4.1 Methods of Bulging 4-110

 4.2 Bulging Coefficient 4-111

 4.3 Bulging Force 4-111

5 Flattening 4-111

6 Coining 4-112

7 Stretch Forming 4-112

**Chapter 10 Special Forming
Methods**

1 Flexible Die Forming 4-113

2 Superplastic Forming 4-115

 2.1 Methods 4-115

 2.2 Die Material and Lubricant 4-116

3 Spinning 4-116

 3.1 Characteristics and Application 4-117

 3.2 Conventional Spinning 4-117

 3.3 Shear Spinning 4-118

 3.4 Examples for Spinning 4-119

4 High Energy Rate Forming 4-120

 4.1 Explosive Forming 4-121

 4.2 Electro-hydraulic Forming 4-122

 4.3 Electro-magnetic Forming 4-122



Chapter 11 Thick Plate Forming and Expanding Joining of Tube and Plate

- 1 Thick Plate Forming 4-123
 - 1.1 Forming of Bulk Head Cover 4-125
 - 1.2 Forming of Cylindrical Segments 4-129
 - 1.3 Forming Process for Large and Thick
Tubes 4-130
 - 1.4 Features of Segment Forming and
Flanging 4-130
 - 1.5 Temperature for Hot Forming 4-131
- 2 Expanded Joining of Tube and
Plate 4-132
 - 2.1 Factors Influencing Quality and control
of Expanding Degree 4-133
 - 2.2 Mechanical Expanding Joining 4-133
 - 2.3 Other Expanding Joining Methods ... 4-137
 - 2.4 Advantages and Disadvantages of
Various Methods of Expanding
Joining 4-139

Chapter 12 Stamping Equipment

- 1 Plate Shear 4-139
 - 1.1 Straight Blade Shear 4-139
 - 1.2 Disk Blade Shear and Plate Rotary
Shear 4-141
 - 1.3 Multi-disk Blade Shear and Production
line for Slug 4-141
 - 1.4 Nibbling Shear 4-141
- 2 Stamping Press 4-142
 - 2.1 Classification, Structural Features and
Selection of Stamping Press 4-142
 - 2.2 Gap Frame Press 4-143
 - 2.3 Universal Straight Side Press 4-145
 - 2.4 Straight Side Drawing Press 4-148
 - 2.5 Universal Automatic Press 4-150
 - 2.6 Fine Blanking Press 4-153
 - 2.7 Stamping Hydraulic Press 4-155
- 3 Plate Rolling Machine 4-160
 - 3.1 Types and Characteristics 4-160
 - 3.2 Typical Structure 4-161

- 3.3 Measures for Extending the Scope of
Application 4-163
- 4 Tube Bender 4-164
 - 4.1 Classification of Tube Bender 4-164
 - 4.2 Typical Tube Bender 4-164

Chapter 13 Mechanization and Automation of Stamping

- 1 Types of Mechanization and
Automation 4-167
- 2 Devices for Mechanization and
Automation 4-167
 - 2.1 Loading Device 4-167
 - 2.2 Feeding Device 4-172
 - 2.3 Waste Treatment Device 4-175
 - 2.4 Workpiece Catcher 4-175
 - 2.5 Turn-over Device 4-176
 - 2.6 Automatic Safety Device 4-177
- 3 Automatic Dies 4-177
 - 3.1 Classification of Automatic Dies 4-177
 - 3.2 Automatic Die with Roller Feeder ... 4-177
 - 3.3 Automatic Die with Gripper
Feeder 4-178
 - 3.4 Automatic Die with Hook Feeder 4-178
 - 3.5 Automatic Die with Push Type
Feeder 4-180
 - 3.6 Automatic Die with Rotary Type
Feeder 4-180
 - 3.7 Automatic Output Die 4-181
- 4 Automated Press Line 4-181
 - 4.1 Automated Press Line Connected by
Loading Unloading Robots 4-181
 - 4.2 Automated Press Line Connected by
Universal Robots 4-182
 - 4.3 Automated Press Line Connected by
Holding Plate Reciprocating
Feeder 4-183
 - 4.4 Examples 4-184

Chapter 14 Flexible machining System for Stamping

- 1 Brief Introduction 4-185



- 1.1 Definition 4-185
- 1.2 Constitution 4-185
- 1.3 Characteristics 4-185
- 1.4 Types 4-186
- 1.5 Scope of Application 4-187
- 2 Main Equipment in the Flexible machining System 4-187
 - 2.1 CNC Turret Punch Press 4-187
 - 2.2 Laserpress for Cutting and Blanking 4-189
 - 2.3 Plasmapress for Cutting and Blanking 4-190
 - 2.4 CNC Right Angle Shear 4-191
- 3 Material Handling System 4-191
 - 3.1 Constitution of Material Handling System 4-191
 - 3.2 Automated High-Bay Warehouse 4-192
 - 3.3 Automated Guided Vehicle 4-193
- 4 Tool Storehouse and Quick Die Change Equipment 4-196
 - 4.1 Tool Storehouse 4-196
 - 4.2 Quick Die Change Equipment 4-197
- 5 Control System 4-199
 - 5.1 Type of Control System 4-199
 - 5.2 Computer Aided Distributed Control System 4-200

Chapter 15 Safety Technique and Environmental Protection in Stamping Production

- 1 General Safety Rules in Stamping Production 4-200
 - 1.1 Working Environment 4-200
 - 1.2 Equipment, Dies and Mechanized Devices 4-200
- 2 Safety Techniques in Stamping Production 4-201
 - 2.1 Safety Technique of Stamping Equipment 4-201
 - 2.2 Safety Technique of Stamping Dies 4-203
 - 2.3 Use of Loading and Unloading Devices Instead of Manual Operation 4-204
 - 2.4 Use of Hand-Tools 4-205
- 3 Environmental Protection Techniques in Stamping Production 4-205
 - 3.1 Vibration Damping 4-205
 - 3.2 Noise Control 4-206
- References 4-207

Part 5 Dies and Moulds

Chapter 1 Introduction

- 1 Functions of Dies and Moulds in Industrial Production 5-3
- 2 Types, Uses and Working Conditions of Dies and Moulds 5-3
 - 2.1 Stamping Dies 5-3
 - 2.2 Plastic Moulds 5-3
 - 2.3 Die Casting Dies 5-4
 - 2.4 Forging Dies 5-4
 - 2.5 Dies for Powder Metallurgy 5-5
 - 2.6 Rubber Moulds 5-5
 - 2.7 Glass Moulds 5-5

- 2.8 Ceramic Moulds 5-5
- 3 Trend of Development of Dies and Moulds 5-5

Chapter 2 Stamping Dies

- 1 Types, Characteristics and Uses of Stamping Dies 5-6
- 2 Construction and Design of Common Dies 5-7
 - 2.1 Construction and Design of Cutting Dies 5-7
 - 2.2 Construction and Design of Bending Dies 5-9



2·3	Construction and Design of Drawing Dies	5-12
2·4	Construction and Design of Forming Dies	5-14
2·5	Construction and Design of Die Components	5-16
2·6	Quality Analysis of Stampings	5-21
3	Construction and Design of Multi-Operation Progressive Stamping Dies	5-22
3·1	Construction and Design of Multi-Operation Progressive Blanking Dies	5-22
3·2	Construction and Design of Multi-Operation Progressive Blanking Bending, and Drawing Dies	5-23
3·3	Characteristics of Transfer Dies	5-25
3·4	Design of Progressive Stamping Die Components	5-26
3·5	Constructional Features of Carbide Dies	5-29
3·6	Quality Analysis of Stampings	5-31
4	Selection and Heat Treatment of Stamping Die Materials	5-31

Chapter 3 Plastic Moulds

1	Types, Characteristics and Uses of Plastic Moulds	5-32
2	Construction and Design of Injection Moulds	5-32
2·1	Construction and Design of Injection Moulds for Thermoplastics	5-32
2·2	Construction and Design of Injection Moulds for Thermosetting Plastics	5-42
2·3	Construction and Design of Runnerless Injection Moulds	5-44
3	Construction and Design of Compression Moulds	5-47
3·1	Construction of Compression Moulds	5-47
3·2	Design of Compression Moulds	5-48
4	Construction and Design of	

Transfer Moulds	5-52	
4·1	Construction of Transfer Moulds	5-52
4·2	Design of Transfer Moulds	5-53
5	Cooling and Heating of Plastic Moulds	5-55
5·1	Cooling and Heating of Thermoplastic Injection Moulds	5-55
5·2	Heating of Thermosetting Plastic Moulds	5-56
6	Selection and Heat Treatment of Plastic Mould Materials	5-56

Chapter 4 Die Casting Dies

1	Types, Characteristics and Uses of Die Casting Dies	5-57
1·1	Classification according to Die Casting Alloys	5-57
1·2	Classification according to Die Casting Machines	5-58
2	Construction and Design of Die Casting Dies	5-60
2·1	Relations between Die Casting Dies and Die Casting Machines	5-60
2·2	Basic Construction of Die Casting Dies	5-62
2·3	Design of Die Casting Dies	5-63
3	Selection and Heat Treatment of Materials for Die Casting Dies	5-76

Chapter 5 Forging Dies

1	Classification and Design Procedure of Forging Dies	5-76
1·1	Types, Characteristics and Uses of Forging Dies	5-76
1·2	Design Procedures of Forging Dies	5-77
2	Drop Forging Dies	5-77
2·1	Construction of Drop Forging Dies	5-77
2·2	Cavity Design of Drop Forging Dies	5-77



2·3 Construction Design of Drop Forging Dies 5-84

2·4 Determination of Forging Hammer Specifications 5-87

3 Forging Dies For the Mechanical Press 5-87

3·1 Construction of Forging Dies for the Mechanical Press 5-87

3·2 Cavity Design of Forging Dies for the Mechanical Press 5-88

3·3 Construction Design of Forging Dies for the Mechanical Press 5-89

3·4 Determination of Mechanical Press Specifications 5-91

4 Forging Dies for the Friction Screw Press 5-91

4·1 Construction of Forging Dies for the Friction Screw Press 5-91

4·2 Cavity Design of Forging Dies for the Friction Screw Press 5-91

4·3 Construction Design of Forging Dies for the Friction Screw Press 5-92

4·4 Determination of Friction Screw Press Specifications 5-92

5 Dies for the Horizontal Forging Machine 5-92

5·1 Construction of Dies for the Horizontal Forging Machine 5-92

5·2 Construction Design of Dies for the Horizontal Forging Machine 5-93

5·3 Determination of Horizontal Forging Machine Specifications 5-94

6 Trimming and Piercing Dies 5-94

6·1 Construction of Trimming and Piercing Dies 5-94

6·2 Design of Die Components 5-94

7 Selection and Heat Treatment of Forging Die Materials 5-95

Chapter 6 Dies for Powder Metallurgy

1 Types, Characteristics and Uses of

Dies for Powder Metallurgy 5-96

2 Construction Design of Dies 5-97

2·1 Construction Design of Forming Dies 5-97

2·2 Construction Design of Sizing Dies ... 5-104

3 Design of Die Components 5-106

3·1 Calculation the Dimensions of Die Components 5-106

3·2 Construction Design of Die Components 5-108

3·3 Material Selection and Technical Specifications of Die Components 5-110

Chapter 7 Manufacturing and Inspection of Dies and Moulds

1 Manufacturing of Dies and Moulds 5-111

1·1 Manufacturing Particulars of Main Components of Dies and Moulds 5-111

1·2 Machine Tools and Manufacturing Processes for Making Dies and Moulds 5-112

1·3 Assembling and Adjusting of Dies and Moulds 5-120

2 CAD/CAM Technology for Dies and Moulds 5-122

2·1 CAD Technology for Dies and Moulds 5-122

2·2 CAM Technology for Dies and Moulds 5-123

2·3 CAD/CAM Integration for Dies and Moulds 5-123

3 Quality Inspection of Dies and Moulds 5-123

3·1 Inspecting Dimensional Accuracy of Die/Mould Components 5-123

3·2 Inspecting Interior Quality of Die/Mould Components 5-123

3·3 Trial of Dies and Moulds 5-123

此星公司制作 请尊重作者版权



Chapter 8 Failure Analysis of Dies and Moulds Improvement of Die and Mould Life

1 Failure Analysis of Dies and Moulds 5-124

1.1 Ways and Means of Analyzing Die and Mould Failures 5-124

1.2 Principal Types of Die and Mould Failures 5-124

2 Measures to Improve Die and Mould

Life 5-126

2.1 Optimizing Construction Design 5-126

2.2 Improving Manufacturing Quality 5-127

2.3 Development and Application of New Die and Mould Materials 5-127

2.4 Adoption of New Heat Treatment Technology 5-128

2.5 Rational Use and Correct Maintenance of Dies and Moulds 5-129

References 5-130

Part 6 Welding, Cutting and Adhesive Bonding

Chapter 1 Introduction

1 Positions and Functions of Welding, Cutting and Adhesive Bonding in the National Economy 6-3

2 Principles, Classifications and Application of Welding, Cutting and Adhesive Bonding Technology ... 6-3

3 Trend of Development of Welding, Cutting and Adhesive Bonding 6-4

Chapter 2 Metallurgical Characteristics of Fusion Welding

1 Liquid Phase Metallurgy 6-4

1.1 Characteristics of Liquid Phase Metallurgy 6-4

1.2 Impurities in Weld Metal and Their Control 6-5

2 Solidification Metallurgy 6-6

2.1 Characteristics of Weld Pool Solidification 6-7

2.2 Hot Crack 6-7

2.3 Porosity and Its Prevention 6-7

3 Solid Phase Metallurgy 6-7

3.1 Weld Heat Affected Zone 6-7

3.2 Weld Cold Crack 6-8

3.3 Reheat Crack of Welded Joints 6-9

3.4 Lamellar Tearing 6-10

4 Weldability of Metals 6-11

4.1 Evaluation of Weldability with Carbon Equivalent 6-11

4.2 Crack Sensitivity Testing 6-11

Chapter 3 Welding Stress and Deformation

1 Welding Residual Stress 6-14

1.1 Distribution of Residual Stress 6-14

1.2 Effect of Residual Stress 6-17

1.3 Measures of Adjusting Residual Stress 6-18

1.4 Methods of Post-welding Residual Stress Relieving 6-19

2 Welding Residual Deformation 6-20

2.1 Types of Residual Deformation 6-20

2.2 Factors Affecting Residual Deformation 6-20

2.3 Measures of Controlling Residual Deformation 6-23

Chapter 4 Fusion Welding

1 Gas Welding 6-26

1.1 Characteristics of Gas Welding 6-26

1.2 Gas Welding Equipment and Tools 6-26

1.3 Gas Welding Procedures 6-26

2 Shielded Metal Arc Welding 6-28



2.1	Characteristics of Shielded Metal Arc Welding	6-28	7	Electrom Beam Welding	6-61
2.2	Shielded Metal Arc Welding Equipment	6-28	7.1	Characteristics of Electron Beam Welding	6-61
2.3	Shielded Metal Arc Welding Electrodes	6-28	7.2	Electron Beam Welding Equipment	6-61
2.4	Shielded Metal Arc Welding Procedures	6-30	7.3	Electron Beam Welding Procedures	6-62
3	Submerged Arc Welding	6-30	7.4	Applications	6-63
3.1	Characteristics of Submerged Arc Welding	6-31	8	Laser Beam Welding	6-64
3.2	Submerged Arc Welding Equipment	6-31	8.1	Characteristics of Laser Beam Welding	6-64
3.3	Submerged Arc Welding Consumables	6-31	8.2	Laser Beam Welding Equipment	6-64
3.4	Submerged Arc Welding Procedures	6-34	8.3	Laser Beam Welding Procedures	6-66
3.5	Submerged Arc Welding Technique	6-35	9	Other Fusion Welding Methods	6-67
3.6	Typical Welding Procedures for Various Joints	6-35	9.1	Thermit Welding	6-67
4	Gas Shielded Arc Welding	6-38	9.2	Resistance Fusion Welding	6-68
4.1	Gas Shielded Metal Arc Welding	6-38	9.3	Fusion Welding-Brazing	6-68
4.2	Gas Shielded Flux-cored wire Arc Welding	6-40	Chapter 5 Pressure Welding		
4.3	Gas Shielded Vertical Arc Welding	6-45	1	Resistance Welding	6-69
4.4	Narrow Gap Gas Shielded Metal Arc Welding	6-46	1.1	Classification of Resistance Welding	6-69
4.5	Gas Shielded Tungsten Arc Welding	6-47	1.2	Spot Welding	6-69
5	Electroslag Welding	6-51	1.3	Projection Welding	6-72
5.1	Characteristics of Electroslag Welding	6-51	1.4	Seam Welding	6-72
5.2	Electroslag Welding Equipment	6-53	1.5	Upset Welding	6-73
5.3	Electroslag Welding Consumables	6-54	1.6	Defects and Inspection of Resistance Welding Joint	6-74
5.4	Electroslag Welding Procedures	6-55	1.7	Electrode Materials of Resistance Welding	6-75
6	Plasma Arc Welding	6-56	2	Friction Welding	6-76
6.1	Characteristics of Plasma Arc Welding	6-56	2.1	Classification and Characteristics of Friction Welding	6-76
6.2	Direct Current Plasma Arc Welding	6-56	2.2	Friction Welding Machines	6-76
6.3	Alternating Current Plasma Arc Welding	6-57	2.3	Friction Welding Procedures	6-77
6.4	Micro-Plasma Arc Welding	6-59	2.4	Post-welding Heat Treatment	6-78
6.5	Plasma-MIG Welding	6-60	2.5	Design of Friction Welding Joints	6-78
			2.6	Quality Assurance System of Friction Welding	6-79
			2.7	Typical Products	6-79
			2.8	Welding of Plastics	6-80
			3	Cold Pressure Welding	6-80
			3.1	Characteristics of Cold Pressure Welding	6-80
			3.2	Cold Pressure Welding Procedures and	

20
21



Dies	6-80
3·3 Applications of Cold Pressure Welding	6-81
4 Diffusion Welding	6-84
4·1 Characteristics of Diffusion Welding ...	6-84
4·2 Diffusion Welding Equipment	6-84
4·3 Diffusion Welding Procedures	6-85
4·4 Applications of Diffusion Welding	6-86
5 High Frequency Welding	6-86
5·1 Characteristics of High Frequency Welding	6-86
5·2 High Frequency Welding Equipment	6-86
5·3 Typical Welding Procedures	6-87
5·4 Application Examples of High Frequency Welding	6-88
6 Explosion Welding	6-89
6·1 Principles of Explosion Welding	6-89
6·2 Technological Parameters of Explosion Welding	6-90
6·3 Selection of Welding Conditions	6-90
6·4 Interfacial State and Bonding Zone Properties	6-91
6·5 Main Types of Explosion Welding	6-91
6·6 Properties and Test Methods of Explosive Cladding Plate	6-93
6·7 Application of Explosive Cladding Plate	6-94
7 Ultrasonic Welding	6-94
7·1 Principle and Characteristics of Ultrasonic Welding	6-94
7·2 Technological Parameters of Ultrasonic Welding	6-94
8 Other Pressure Welding Methods ...	6-95
8·1 Gas Pressure Welding	6-95
8·2 Electroslag Pressure Welding	6-96
8·3 Stud Welding	6-96
8·4 Rotating Arc Pressure Welding	6-97
8·5 Thermit Pressure Welding	6-97

Chapter 6 Brazing and Soldering

1 Brazability and Solderability of

Materials	6-98
2 Filler Metals for Brazing and Soldering	6-100
3 Fluxes for Brazing and Soldering ...	6-108
4 Design of Brazing and Soldering Joints	6-109
5 Brazing and Soldering Techniques ...	6-110
5·1 Iron Soldering	6-110
5·2 Torch Brazing and Soldering	6-110
5·3 Resistance Brazing and Soldering	6-110
5·4 Induction Brazing and Soldering	6-111
5·5 Dip Brazing and Soldering	6-111
5·6 Furnace Brazing and Soldering	6-111

Chapter 7 Surfacing

1 Surfacing Materials	6-111
1·1 Classification, Main Properties and Application of Surfacing Alloys in Common Use	6-111
1·2 Shape of Surfacing Materials	6-114
1·3 Selection of Surfacing Alloys	6-114
2 Surfacing Techniques and Procedures	6-115
2·1 Surfacing Techniques and Procedures	6-115
2·2 Comparison of the Characteristic Parameters of Surfacing Techniques	6-116
2·3 Selection of Surfacing Techniques	6-116

**Chapter 8 Welding of Steel and
Cast Iron**

1 Welding of Carbon Steel	6-117
1·1 Welding of Low Carbon Steel	6-117
1·2 Welding of Medium Carbon Steel	6-117
2 Welding of High-Strength Low Alloy Steel	6-118
2·1 Classification of High-strength Low Alloy Steel	6-118
2·2 Welding Characteristics of High- strength Low Alloy Steel	6-119



- 2.3 Selection of Welding Consumables for High-strength Low Alloy Steel 6-119
- 2.4 Welding Procedures for High-strength Low Alloy Steel 6-121
- 2.5 Postweld Heat Treatment for High-strength Low Alloy Steel 6-122
- 3 Welding of Ultra-high-strength Steel 6-123
- 3.1 Welding Characteristics of Ultra-high-strength Steel 6-123
- 3.2 Welding Consumables for Ultra-high-strength Steel 6-124
- 3.3 Welding Procedures for Ultra-high-strength Steel 6-125
- 3.4 Postweld Heat Treatment for Ultra-high-strength Steel 6-125
- 3.5 Properties of the Ultra-high-strength Steel Welded Joints 6-125
- 4 Welding of Heat Resistant Steel 6-126
- 4.1 Welding of Pearlitic Heat Resistant Steel 6-126
- 4.2 Welding of Martensitic Heat Resistant Steel 6-129
- 4.3 Welding of Ferritic Heat Resistant Steel 6-131
- 4.4 Welding of Austenitic Heat Resistant Steel 6-131
- 5 Welding of Corrosion Resistant Steel 6-133
- 5.1 Welding of Stainless Steel 6-133
- 5.2 Stainless Steel Welding Techniques 6-135
- 5.3 Selection of Stainless Steel Welding Consumables 6-136
- 5.4 Types and Welding Parameters of Stainless Steel Welded Joints 6-137
- 5.5 Welding of Low Alloy Corrosion Resistant Steel 6-138
- 6 Welding of Low Temperature Steel 6-140
- 6.1 Welding Characteristics of Low Temperature Steel 6-140
- 6.2 Welding Techniques and Consumables for Low Temperature Steel 6-141
- 6.3 Low Temperature Steel Welding Procedures 6-142
- 6.4 Application Examples 6-142
- 7 Welding of Cast Iron 6-142
- 7.1 Welding Characteristics of Cast Iron 6-143
- 7.2 Welding Techniques and Consumables for Cast Iron 6-143
- 7.3 Welding of Gray Cast Iron 6-146
- 7.4 Welding of Spheroidal Graphite Cast Iron 6-146
- 7.5 Welding of Compacted Graphite Cast Iron 6-147
- 7.6 Welding of Malleable Cast Iron 6-147
- 7.7 Welding Repair of White Cast Iron 6-147
- Chapter 9 Welding of Non-Ferrous Metals**
- 1 Welding of Aluminum and Aluminum Alloys 6-148
- 1.1 Welding Characteristics of Aluminum and Aluminum Alloys 6-148
- 1.2 Welding Consumables for Aluminum and Aluminum Alloys 6-149
- 1.3 Welding Procedures for Aluminum and Aluminum Alloys 6-150
- 1.4 Welded Joints Properties of Aluminum and Aluminum Alloys 6-153
- 2 Welding of Copper and Copper Alloys 6-154
- 2.1 Welding Characteristics of Copper and Copper Alloys 6-154
- 2.2 Welding Consumables for Copper and Copper Alloys 6-154
- 2.3 Welding Procedures for Copper and Copper Alloys 6-157
- 2.4 Welded Joints Properties of Copper and Copper Alloys 6-158
- 3 Welding of Magnesium and Magnesium Alloys 6-158



3.1 Welding Characteristics of Magnesium and Magnesium Alloys 6-158

3.2 Welding Procedures for Magnesium and Magnesium Alloys 6-158

4 Welding of Titanium and Titanium Alloys 6-160

4.1 Welding Characteristics of Titanium and Titanium Alloys 6-160

4.2 Welding Procedures for Titanium and Titanium Alloys 6-160

5 Welding of Nickel, Cobalt and Their Alloys 6-163

5.1 Welding Characteristics of Nickel, Cobalt and Their Alloys 6-163

5.2 Welding Consumables for Nickel, Cobalt and Their Alloys 6-163

5.3 Welding Procedures for Nickel, Cobalt and Their Alloys 6-165

6 Welding of Tungsten, Molybdenum, Tantalum, Niobium, Zirconium and Their Alloys 6-166

6.1 Welding Characteristics of Tungsten, Molybdenum, Tantalum, Niobium, Zirconium and Their Alloys 6-166

6.2 Welding Procedures for Tungsten, Molybdenum, Tantalum, Niobium, Zirconium and Their Alloys 6-166

Chapter 10 Welding of Dissimilar Materials and Other Materials

1 Welding of Dissimilar Steels 6-168

1.1 Welding of Different Pearlitic Steels 6-168

1.2 Characteristics of Welding Pearlitic Steel with Austenitic Steel 6-168

1.3 Selection of Welding Materials and Procedures 6-168

2 Welding of Dissimilar Metals 6-169

2.1 Weldability of Dissimilar Metals by Fusion Welding 6-169

2.2 Welding of Copper with Steel 6-170

2.3 Welding of Aluminium with Steel 6-171

2.4 Welding of Aluminium with Copper 6-172

3 Welding of Clad Steel Plates 6-173

3.1 General Principles of Clad Steel Plate Welding 6-173

3.2 Groove Design for Welding of Clad Steel Plates 6-173

3.3 Welding Consumables for Clad Steel Plate 6-176

3.4 Welding Procedures for Clad Steel Plate 6-176

4 Welding of Ceramics 6-176

4.1 Characteristics of Ceramics Properties 6-176

4.2 Main Problems of Welding Ceramics 6-176

4.3 Welding Techniques for Ceramics 6-177

5 Welding of Composite Materials 6-177

5.1 Specific Properties, Classification and Welding Characteristics of Composite Materials 6-177

5.2 Selection of Welding Procedures for Carbofrax Whisker Reinforced Aluminum Composite Material 6-177

6 Welding of Plastics 6-178

6.1 Conditions for Welding of Plastics 6-178

6.2 Welding Techniques for Plastics 6-178

6.3 Comparison of Joint Strength for Different Welding Techniques 6-179

Chapter 11 Mechanical Equipment for the Production of Welded Structure

1 Pre-Treatment of Rolled Steel 6-180

2 Assembling and Welding Jigs 6-181

2.1 Requirements for the Construction Design of Assembling and Welding Jigs 6-181

2.2 Weldment Locating and Locators 6-181

2.3 Weldment Clamping and Clampers 6-182

2.4 Jigs 6-184

2.5 General Assembling and Welding



Jigs	6-184	Line	6-215
2·6 Special Assembling and Welding		1·3 Control of Welding Production	
Jigs	6-184	Line	6-216
3 Welding Positioners	6-186	2 Welding Automatic Machine and	
3·1 Classification and Requirements	6-186	Welding Centres	6-216
3·2 Weldment Positioners	6-187	2·1 Special Beam-column Welding	
3·3 Welding Machine Head Positioners	6-195	Automatic Machine	6-216
3·4 Welder's Lifting Platform	6-202	2·2 Boiler Membrane Walls Welding	
4 Auxiliary Mechanical Appliance of		Centre with Twelve Welding	
Welding	6-202	Heads	6-216
4·1 Flux Backing of Submerged-Arc		2·3 Motor-vehicle Wheel Assembly	
Welding	6-202	Welding Centre	6-217
4·2 Flux Conveying and Recovery		3 Welding Production Lines	6-218
Appliance	6-204	3·1 Welding Production Line for Barrel	
Chapter 12 Automatic Control		or Tube Section of Small and	
in Welding Process		Medium Diameter	6-218
1 Position Control of the Welding		3·2 Welding Production Line for Barrel	
Gun	6-207	or Tube Body of Small and Medium	
1·1 Constitution of Weld Tracking		Diameter	6-218
System	6-207	3·3 Welding Production Line for the Body	
1·2 Weld Tracking Sensors	6-207	Assembly of Light Cross-country	
1·3 Weld Tracking Controllers	6-211	Vehicle	6-220
1·4 Weld Tracking Actuators	6-211	3·4 Automatic Welding Production Line	
2 Control of Welding Penetration	6-211	for Automobile Wheel Assembly	6-220
2·1 Test Prod Method	6-212	3·5 Automatic Welding Production Line	
2·2 Acoustic Control Method	6-212	for Automobile Axle Assemble	6-221
2·3 Photoelectricity Method	6-212	3·6 Bicycle Frame Brazing Line	6-222
2·4 Weld Pool Excited Resonance by Arc		3·7 Longitudinal Seam Pipe Welding	
Sensor Method	6-213	Line	6-223
3 Program Control of Welding		3·8 Spiral Pipe Welding Line	6-224
Process	6-213	3·9 Mat Reinforcement Assembly Welding	
3·1 Welding Process Programs	6-213	Line	6-224
3·2 Welding Program Instruction Set	6-214	4 Application of Welding Robots	6-224
Chapter 13 Welding		4·1 Application of Arc Welding Robot	6-225
Production Line and Robot		4·2 Application of Spot Welding	
1 Design Fundamentals of Welding		Robot	6-227
Production Line	6-215		
1·1 Design Characteristics of Welding		Chapter 14 Underwater	
Production Line	6-215	Welding and Cutting	
1·2 Constitution of Welding Production		1 Underwater Welding	6-227
Line	6-215	1·1 Wet Method Underwater Welding	6-227
		1·2 Dry Method Underwater Welding	6-228

Chapter 13 Welding

Production Line and Robot

1 Design Fundamentals of Welding	
Production Line	6-215
1·1 Design Characteristics of Welding	
Production Line	6-215
1·2 Constitution of Welding Production	
Line	6-215

Chapter 14 Underwater

Welding and Cutting

1 Underwater Welding	6-227
1·1 Wet Method Underwater Welding	6-227
1·2 Dry Method Underwater Welding	6-228



1.3 Local Dry Underwater Welding 6-228

1.4 Quality Inspection of Underwater Welding 6-229

2 Underwater Cutting 6-229

2.1 Underwater Oxy-Arc Cutting 6-229

2.2 Waterjet Method Underwater Arc Cutting 6-229

2.3 Underwater Plasma Arc Cutting 6-230

2.4 Underwater Cutting with Flux-Cored Wire 6-230

3 Safety Techniques for Underwater Welding and Cutting 6-230

3.1 Safe Use of Electricity 6-230

3.2 Labor Protection and Safe Operation 6-230

Chapter 15 Welding Quality Inspection

1 Welding Defects and Testing Methods 6-231

1.1 Welding Defects 6-231

1.2 Welding Test Methods 6-231

2 Destructive Testing 6-231

2.1 Mechanical Property Testing of Weld Metal and Joint 6-231

2.2 Metallographic Examination 6-232

2.3 Chemical Analysis and Testing 6-232

3 Non-Destructive Testing 6-233

3.1 Visual Examination 6-233

3.2 Hydraulic Test 6-233

3.3 Leak Test 6-233

3.4 Non-Destructive Inspection 6-233

Chapter 16 Cutting

1 Classification of Cutting Techniques 6-234

2 Gas Cutting 6-234

2.1 Oxy-Fuel Gas Cutting 6-234

2.2 Powder Cutting 6-237

2.3 Flame Gouging 6-237

2.4 Scarfing 6-237

2.5 Flame Purification 6-237

2.6 Flame Boring 6-237

3 Plasma Arc Cutting 6-238

3.1 Principle and Application of Plasma Arc Cutting 6-238

3.2 Cutting Equipment 6-238

3.3 Cutting Procedures 6-238

4 Air Arc Cutting 6-239

5 Oxy-Arc Cutting 6-239

6 Laser Cutting 6-239

6.1 Laser Burning Cutting 6-239

6.2 Laser Fusion Cutting 6-240

6.3 Laser Sublimation Cutting 6-240

6.4 Laser Cutting Equipment 6-240

7 Electron Beam Cutting 6-240

8 Waterjet Cutting 6-240

8.1 Principle and Application of Waterjet Cutting 6-240

8.2 Waterjet Cutting Equipment 6-240

9 Comparison of Various Cutting Procedures 6-240

Chapter 17 mechanization and Automation of Cutting

1 Characteristics of Modern Cutting Technology 6-241

2 Selection of General Mechanical Guiding Cutting Machine 6-241

3 Photoelectric Tracing Cutting Machine 6-242

3.1 Tracing Principles 6-242

3.2 Tracing Mechanism 6-242

3.3 Mechanical Structure 6-242

4 Numerically Controlled Cutting Machine 6-242

4.1 Working Principles 6-242

4.2 Controller 6-242

4.3 Console 6-244

4.4 Servo Driving Cell and Special Interface 6-244

4.5 Mechanical Structure 6-244

5 Auxiliary Control of Cutting 6-244



5·1 Autogenous Ignition Control 6-244

5·2 Flameout Checking Control 6-244

5·3 Torch Height Control 6-245

5·4 Track Identifier of Cutting Figure ... 6-245

5·5 Water-jet Cooling Device 6-245

6 Programming System of Numerically Controlled Cutting Machine 6-246

6·1 Functions 6-246

6·2 Working Principles 6-246

6·3 Components 6-246

7 Special Cutting Machines 6-246

7·1 Heat-cover Cutting Machine 6-246

7·2 Numerically Controlled Pipe Cutting Machine 6-246

8 Combined Thermal Cutting and Cold Working Machine 6-247

9 Principle for Type Selection of Numerically Controlled Cutting Machine 6-247

9·1 Track Gauge 6-247

9·2 Type of Drive 6-247

9·3 Track Length 6-247

9·4 Type of Torch Bracket 6-247

9·5 Torch Number 6-247

9·6 Selection of Auxiliary Control Device for Cutting 6-248

9·7 Determination of Total Number of Cutting Equipment 6-248

10 Cutting Quality and Dimensional Deviation 6-248

10·1 Quality Grade of Cutting Face and Its Determination 6-248

10·2 Dimensional Deviation of Workpiece 6-249

Chapter 18 Labor Protection in Welding

1 Safety Techniques for Equipment 6-249

1·1 Safety Technique of Electricity 6-249

1·2 Safety Technique of Gas Cylinder 6-250

2 Labor Hygiene and Protection in

Welding 6-250

2·1 Harmful Factors in Welding 6-250

2·2 Hygienic Standards of Welding 6-251

2·3 Hygienic Measures for Welding 6-251

Chapter 19 Adhesive Bonding

1 Characteristics of Adhesive Bonding 6-252

2 Adhesives 6-252

3 Adhesive Bonding Procedures 6-254

3·1 Surface Treatment 6-254

3·2 Pre-assembly 6-255

3·3 Preparation of Adhesives 6-255

3·4 Methods of Applying Adhesive 6-255

3·5 Solidifying 6-255

3·6 Machining 6-256

4 Type of Adhesive Joints 6-256

5 Adhesive Bonding Quality Testing 6-257

6 Applications of Adhesive Bonding and Adhesive Repairing 6-257

6·1 Applications in Measuring and Cutting Tool 6-257

6·2 Adhesive Bonding and Repairing the Surface of Machine Tool Guide Way 6-258

6·3 Applications in Motor-vehicle and Tractor 6-258

6·4 Recovering Component Dimensions 6-259

6·5 Adhesive Repairing of Shrinkage Cavity, Blowhole, Sand Hole and Other Defects 6-259

6·6 Applications in Air and Space Vehicle 6-259

6·7 Adhesive-Rivet and Adhesive-Bolt Bonding 6-260

6·8 Adhesive Bonding-Spot Welding 6-260

7 Safety Techniques of Adhesive Bonding 6-260

References 6-260



Part 7 Heat Treatment

Table of Symbols

Chapter 1 Introduction

1	Concept and Classification	7-5
2	Position of Heat Treatment in Machinery Industry	7-6
3	Relation Ship Between Heat Treatment and Other Processing Technologies	7-6
4	Relation Ship Between Heat Treatment and Machine Design	7-7
5	Optimization of Heat Treatment Process	7-7
6	Progress in Heat Treatment Technology	7-8

Chapter 2 Fundamentals of Heat Treatment of Steel

1	Fe-Fe ₃ C Phase Diagram and Its Application	7-9
1.1	Fe-Fe ₃ C Phase Diagram	7-9
1.2	Allotropic Transformation of Iron and Equilibrium Phases and Structures in Fe-Fe ₃ C Alloy System	7-10
1.3	Some Critical Temperatures of Fe-Fe ₃ C Phase Diagram Under Practical Heat Treatment Conditions	7-12
1.4	Effect of Alloying Elements on the Equilibrium Structure and Transformation Temperature of Steel	7-12
2	Austenitization of Steel	7-14
2.1	Formation of Austenite	7-14
2.2	Growth of Austenite Grain Size	7-16
3	Transformation of Undercooled Austenite	7-17
3.1	Structures of Transformation of Undercooled Austenite	7-17
3.2	Mechanical Properties of the Structures	

of Transformation of Undercooled

	Austenite	7-20
3.3	Characteristics of Undercooled Austenite Transformation	7-21
3.4	Isothermal Transformation Dynamics of Undercooled Austenite and TTT Diagram	7-22
3.5	Continuous Cooling Transformation Dynamics of Undercooled Austenite and CCT Diagram	7-22
3.6	Factors Affecting the Transformation Dynamics of Undercooled Austenite ...	7-23
3.7	Main Types of TTT and CCT Diagrams	7-24
3.8	Applications of TTT and CCT Diagrams	7-28
4	Transformation of Quenched Steel During Tempering	7-28
4.1	Transformation of Martensite During Tempering	7-28
4.2	Transformation of Retained Austenite During Tempering	7-28
4.3	Transformation of Bainite During Tempering	7-29
4.4	Effect of Alloying Elements on Transformation during Tempering	7-29
4.5	Stress Relieving	7-30

Chapter 3 Bulk Heat Treatment of Steel

1	Annealing of Steel	7-30
1.1	The Characteristics and Types of Annealing	7-30
1.2	Technological parameters of Annealing	7-33
1.3	Spheroidizing Annealing	7-34
1.4	Isothermal Annealing	7-37
1.5	Stress Relieving Annealing	7-37
1.4	Recrystallization Annealing	7-37



2	Normalizing of Steel	7-38	2.5	Vacuum Heat Treatment	
2.1	Characteristics of Normalizing	7-38		Equipment	7-79
2.2	Application of Normalizing	7-38	3	Salt Bath Heat Treatment	7-82
3	Quench Hardening of Steel	7-39	3.1	Salts for Heating and Cooling of Heat	
3.1	Characteristics and Requirements of			Treatment	7-82
	Quench Hardening	7-39	3.2	Behavior of Steel Heating in Salt	
3.2	Hardenability of Steel	7-39		Bath	7-82
3.3	Selection of Heating and Cooling		3.3	Cooling of Steel in Salt Bath	7-85
	Processes for Quench Hardening	7-46	3.4	Salt Bath Furnaces	7-85
3.4	Quenching Stress, Distortion and		4	Fluidized Bed Heat Treatment	7-86
	Cracking	7-55	5	Other Methods of Non-oxidizing	
3.5	Progress in the Bulk Hardening			Heating	7-88
	Process	7-60	5.1	Heating in Box	7-88
4	Tempering of Steel	7-61	5.2	Controlling the Combustion Coefficient	
4.1	Characteristics of Tempering			of Fuel Fired Furnace	7-88
	Process	7-61	5.3	Protective Paint	7-88
4.2	The Change of Mechanical Properties		5.4	Packing Heat Treatment	7-88
	of Quenched Steel During				
	Tempering	7-61			
4.3	Types and Application of				
	Tempering	7-62			

Chapter 4 Non-oxidation Heat Treatment

1	Controlled Atmosphere Heat	
	Treatment	7-63
1.1	Behavior of Steels during Heating in	
	Gaseous Media	7-63
1.2	Principle of Non-oxidizing Heating of	
	Steel in Controlled Atmosphere	7-64
1.3	Principle of Carbon Potential	
	Controlling	7-65
1.4	Preparation and Use of Controlled	
	Atmosphere	7-67
1.5	Equipment for Controlled Atmosphere	
	Heat Treatment	7-72
2	Vacuum Heat Treatment	7-74
2.1	Behavior of Metals Heating in	
	Vacuum	7-75
2.2	Heating Rate of Metal in Vacuum	7-76
2.3	Cooling of Metal Heated in Vacuum	7-76
2.4	Vacuum Heat Treatment Processes	7-77

Chapter 5 Surface Heat Treatment of Steel	
1	Classification of Surface Heat
	Treatment
2	Phase Transformation Characteristics
	of Surface Hardening
2.1	Phase Transformation Characteristics
	of Quenching and Tempering
	with Rapid Heating
2.2	Structure and Properties of
	Surface-hardened Steels
3	Surface Hardening with Induction
	Heating
3.1	Principle of Induction Heating
3.2	Hardening with High/Medium
	Frequency Induction Heating
3.3	Hardening with Power Frequency
	Induction Heating
3.4	Hardening with Pulse Induction
	Heating
3.5	Surface Hardening with High
	Frequency Resistance Heating
4	Surface Hardening with Electric
	Contact Heating(Contact

93
九



Furnaces	7-164	4 Automatic Control of Technological Parameters for heat Treatment Process	7-188
1·1 Types and Classification of Transportation of Workpiece in Furnaces	7-164	4·1 Brief Introduction	7-188
1·2 Pusher Transportation	7-165	4·2 Automatic Control of Temperature	7-189
1·3 Shaker Hearth Transportation	7-167	4·3 Automatic Control of Carbon Potential	7-199
1·4 Conveyor Belt Transportation	7-169	5 Typical Heat Treating Production Lines	7-200
1·5 Helical Rotary Barrel Transportation	7-170	5·1 Gas Carburization Production Line	7-200
1·6 Rotary Hearth Transportation	7-170	5·2 Heat Treating Production Line with Sealed Box Type Furnace	7-205
1·7 Walking Beam Transportation	7-171	5·3 Heat Treating Production Line with Mesh Belt Furnace	7-206
1·8 Roller Hearth Transportation	7-172	5·4 High Frequency Induction Heat Treatment Line for Files	7-208
2 Mechanization of Batch Furnaces	7-174	5·5 Power Frequency Induction Heat Treatment Line for Train Wheels	7-210
2·1 Types of Mechanization of Batch Furnaces	7-174	5·6 Medium Frequency Induction Heat Treatment Line for Bearing Rings	7-212
2·2 Mechanization of Car Bottom Furnace	7-175	5·7 Flexible Induction Heat Treatment System for Uniform Speed Universal Couplings	7-214
2·3 Mechanization of Sealed Box Type Furnace	7-177	References	7-215
2·4 Mechanization of Salt Bath Furnace	7-179		
3 Mechanization of Quenching Installation	7-180		
3·1 Mechanization of Quenching Bath	7-180		
3·2 Quenching Machine and Quenching Press	7-185		

Part 8 Materials Protection

Chapter 1 Introduction

1 Functions and Tasks of Materials Protection	8-3
2 Classification and Application of Materials Protection	8-3
3 Trend of Development of Materials Protection Technology	8-5

Chapter 2 Metal Surface Pretreatment

1 Alkaline Cleaning	8-6	1·3 Rinsing	8-8
1·1 Alkaline Cleaning Methods	8-6	2 Solvent Cleaning	8-8
1·2 Alkaline Cleaning Formulas	8-7	2·1 Solvent Cleaning Methods	8-8
		2·2 Solvents for Cleaning	8-9
		2·3 Vapor Cleaning Equipment	8-9
		3 Surfactant Cleaning	8-10
		3·1 Classification of Surfactants	8-10
		3·2 Common Surfactants for Industrial Cleaning and Surfactant Cleaning Compound	8-10
		4 Chemical Derusting	8-11
		4·1 Chemical Derusting Methods	8-11
		4·2 Integrated Treatment (2 in 1) of Degreasing and Acid Cleaning	8-13



5	Mechanical Derusting and Finishing	8-14
5.1	Power Tool Derusting	8-14
5.2	Shot and Sand Blast Derusting	8-14
5.3	Barrel Finishing and Vibratory Finishing	8-14
6	Pretreatment Quality Testing and Assessment	8-15
6.1	Degreasing Quality Assessment Methods	8-15
6.2	Mechanical Pretreatment Quality Testing and Assessment	8-16

Chapter 3 Electroplating and Electroless Plating

1	Decorative Electroplating	8-17
1.1	Decorative Cu, Ni, Cr Single Plating and Combination Plating	8-17
1.2	Decorative Alloy Plating	8-20
2	Corrosion-preventive Electroplating	8-20
2.1	Zinc Plating	8-20
2.2	Cadmium Plating	8-22
2.3	High Corrosion-resistant Zinc-based Alloy Plating	8-23
3	Functional Electroplating	8-23
3.1	Wear-resistant Plating	8-23
3.2	Lubrication Plating	8-24
3.3	Electroplating with Electrical Characteristics	8-24
3.4	Electroplating with Optical Characteristics	8-24
4	Electroless Plating	8-24
4.1	Features of Electroless Plating	8-24
4.2	Electroless Ni Plating	8-24
4.3	Electroless Cu Plating	8-27
5	Brush Plating and Its Applications	8-27
5.1	Operation Method for Brush Plating	8-27
5.2	Features of Brush Plating	8-28
5.3	Scope of Application of Brush	

Plating	8-28	
6	General Equipment for Electroplating	8-28
6.1	Automatic Production Lines for Electroplating	8-28
6.2	Major Auxiliary Equipment for Electroplating Production	8-29
7	Testing for Plating Properties	8-29
8	Electroplating Waste Disposal	8-30

Chapter 4 Thermal Spraying

1	Thermal Spraying Process	8-31
1.1	Flame Spraying	8-31
1.2	Arc Spraying	8-31
1.3	Plasma Spraying	8-32
1.4	Plasma Transferred Arc	8-33
1.5	Detonation Spraying	8-33
1.6	Laser Spraying	8-33
2	Materials for Thermal Spraying	8-33
2.1	Wires	8-33
2.2	Self-fluxing Alloy Powders	8-34
2.3	Metallic Alloy Powders	8-36
2.4	Ceramic Powders	8-36
2.5	Composite Powders	8-36
2.6	Plastic Powders	8-37
3	Thermal Spraying Equipment	8-37
3.1	Classification of Thermal Spraying Equipment	8-37
3.2	Constitution and Main Technical Parameters of Thermal Spraying Equipment	8-37
4	Pretreatment and Aftertreatment of Thermal Spraying	8-39
4.1	Pretreatment of Surface	8-39
4.2	Manufacturing Method and Aftertreatment of Thermal Spraying Coating	8-40
5	Performance Test of Thermal Spraying Coating	8-40
5.1	Test of Bond Strength of the Coating	8-40
5.2	Test of Coating Strength	8-40
5.3	Test of Coating Porosity	8-40



5.4 Test of Coating Thickness 8-40

5.5 Test of Coating Hardness 8-40

6 Applications of Thermal Spraying

 Coating 8-41

6.1 Wear-resistant Coating 8-41

6.2 Corrosion-Resistant and
 Oxidation-resistant Coating 8-41

6.3 Thermal Insulation/Thermal Barrier
 Coating 8-41

6.4 Conductance Coating 8-41

6.5 Abrasion Sealing Coating 8-41

6.6 Dimension Restoration Coating 8-41

6.7 Biofunctional Coating 8-41

Chapter 5 Surface Alloying

1 Aluminizing 8-42

 1.1 Structure of Aluminizing Layer 8-42

 1.2 Properties and Applications of
 Aluminizing Layer 8-42

2 Chromizing 8-43

 2.1 Structure of Chromizing Layer 8-44

 2.2 Properties and Applications of
 Chromizing Layer 8-44

3 Sherardizing 8-44

 3.1 Structure of Sherardizing
 Layer 8-45

 3.2 Properties and Applications of
 Sherardizing Layer 8-45

4 Vanadizing 8-46

 4.1 Chief Characteristics of Vanadizing 8-46

 4.2 Structure, Properties and Applications
 of Vanadizing Layer 8-46

5 Silicowizing 8-47

 5.1 Chief Characteristics of
 Siliconizing 8-47

 5.2 Structure, Properties and Applications
 of Siliconizing Layer 8-47

6 Boronizing 8-47

 6.1 Structure and Properties of Boronizing
 Layer 8-47

 6.2 Applications of Boronizing 8-48

7 Binary and Multi-element Surface

Alloying 8-48

8 Vapour Deposition 8-50

 8.1 Chemical Vapour Deposition 8-51

 8.2 Physical Vapour Deposition 8-51

 8.3 Properties of Vapour Deposition
 Layer 8-52

 8.4 Applications of Vapour Deposition 8-53

9 Other New Technologies 8-53

 9.1 Diffusion After Electroplating 8-53

 9.2 Ion Implantation 8-54

 9.3 Surface Alloying with Laser 8-55

**Chapter 6 Chemical
Conversion Coating**

1 Conversion Coating for Iron and
 Steel 8-55

 1.1 Phosphating for Iron and Steel 8-59

 1.2 Oxidation for Iron and Steel 8-60

 1.3 Oxalate Coating for Iron and Steel 8-61

2 Conversion Coating for Aluminium
 Alloys 8-61

 2.1 Anodizing for Aluminium Alloys and
 Its Applications 8-61

 2.2 Solution Formulation and Technological
 Requirements of Common Anodizing for
 Aluminium Alloys 8-62

 2.3 Solution Formulation and Technological
 Requirements of Hard Anodizing for
 Aluminium Alloys 8-63

 2.4 Other Anodizing Processes and
 Applications 8-63

 2.5 Sealing of Anodic Oxidation
 Coating 8-63

 2.6 Colouring of Anodic Oxidation
 Coating 8-64

 2.7 Quality Inspection and Stripping of
 the Unqualified Coating 8-65

3 Conversion Coating for Other
 Metals 8-65

 3.1 Chemical Oxidation for Aluminium
 Alloys 8-65

 3.2 Chemical Oxidation for Magnesium



Alloys	8-66
3.3 Chemical Oxidation for Copper	
Alloys	8-67
4 Passivation Film for Metals and Metallic Coatings	8-67
4.1 Passivation Film for Copper and Copper Alloys	8-67
4.2 Passivation Film for Stainless Steel ...	8-67
4.3 Passivation Film for Zinc and Cadmium Alloys	8-67

Chapter 7 Coatings and Coating Processes

1 Coatings	8-69
1.1 Composition of Coatings	8-69
1.2 Classification and Nomenclature of Coatings	8-69
1.3 Solvent Coating	8-70
1.4 Water-borne Coating	8-71
1.5 High Solid Coating	8-72
1.6 Powder Coating	8-72
1.7 Selection of Conventional Coatings for Machinery and Electronic Industry	8-73
2 Pretreatment for Coating	8-77
3 Coating Processes and Equipment ...	8-77
3.1 Manual Coating	8-77
3.2 Dip Coating	8-78
3.3 Flow Coating	8-78
3.4 Air Spraying	8-78
3.5 High Pressure Airless Spraying	8-79
3.6 Electrostatic Spraying	8-80
3.7 Electrophoretic Coating	8-81
3.8 Powder Coating	8-81
3.9 Automatic Coating and Coating Robot	8-82
4 Drying and Curing	8-83
5 Coating Quality Testing	8-85
6 Environmental Protection, Safety and Hygiene in Coating Process	8-86
6.1 Waste Disposal in Coating Process	8-86
6.2 Safety and Hygiene in Coating Process	8-86

Chapter 8 Rust Prevention

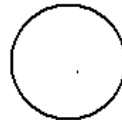
1 Aqueous Rust Prevention	8-87
1.1 Common Water Soluble Rust Inhibitors	8-87
1.2 Classification and Application of Aqueous Rust Preventives	8-87
2 Oily Rust Prevention	8-88
2.1 Common Oil Soluble Rust Inhibitors	8-88
2.2 Classification and Application of Oily Rust Preventives	8-88
3 Volatile Rust Prevention	8-89
3.1 Volatile Corrosion Inhibitors	8-89
3.2 Classification and Application of Volatile Rust Preventives	8-89
4 Strippable Plastic Coating	8-89
5 Sealed Storage in Dry Atmosphere	8-89
6 Sealed Storage in Nitrogen	8-90
7 Rust Preventive Packaging	8-91
7.1 Packaging Materials	8-91
7.2 Classification of Rust Preventive Packaging Methods and Points for Attention	8-91
8 Rust Prevention Technologies for Typical Machinery Products	8-93

Chapter 9 Corrosion of Metal and Protective Coating

1 Fundamental Concepts	8-93
1.1 Definition and Classification of Corrosion	8-93
1.2 Mechanism of Metallic Corrosion and Principle of Corrosion Protection	8-94
2 General Types of Corrosion and Their Preventing Measures in Machinery Industry	8-94
2.1 Atmospheric Corrosion	8-94
2.2 Stress Corrosion	8-95
2.3 Corrosion Fatigue	8-96



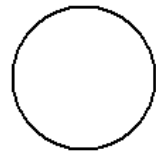
2.4 Erosion-corrosion	8-97	3.3 Corrosion Testing Methods for Protective Layer	8-98
3 Corrosion Testing and Assessment	8-98	3.4 Method of Grade Evaluation for the Protective Layer After Corrosion Testing	8-98
3.1 Purpose of corrosion Testing and Points for Attention	8-98	References	8-98
3.2 Corrosion Testing Methods for Metal	8-98		



此星公司制作 请尊重作者版权



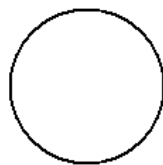
第 1 篇



机 械 制造工艺总论



主编单位 机械工业部机械科学研究院
编写单位 机械工业部机械科学研究院
主 编 陶令桓
副主编 房贵如
编写人 房贵如
主 审 冯子珮



第 1 章 机械制造工艺的分类 及技术发展趋势

机械制造工艺,是将各种原材料、半成品加工成为产品的方法和过程,是机械工业的基础技术之一。采用先进适用的制造工艺及设备是提高产品质量、节能节材、降低成本、提高劳动生产率、减轻环境污染、提高企业经济和社会效益的主要途径。

类。一类是直接改变工件的形状、尺寸、性能,以及决定零件相互位置关系的加工过程,如毛坯制造、机械加工、热处理、表面保护、装配等,它们直接创造附加价值;另一类是搬运、贮存、检验、包装等辅助生产过程,它们间接创造附加价值。

1 机械工厂生产过程和工艺流程

生产过程可用机械制造工艺流程加以描述(图 1-1-1),它由如下主要环节组成:

机械工厂生产过程,按其功能不同,主要分为两

(1) 原材料和能源供应。机械工业生产的原材料

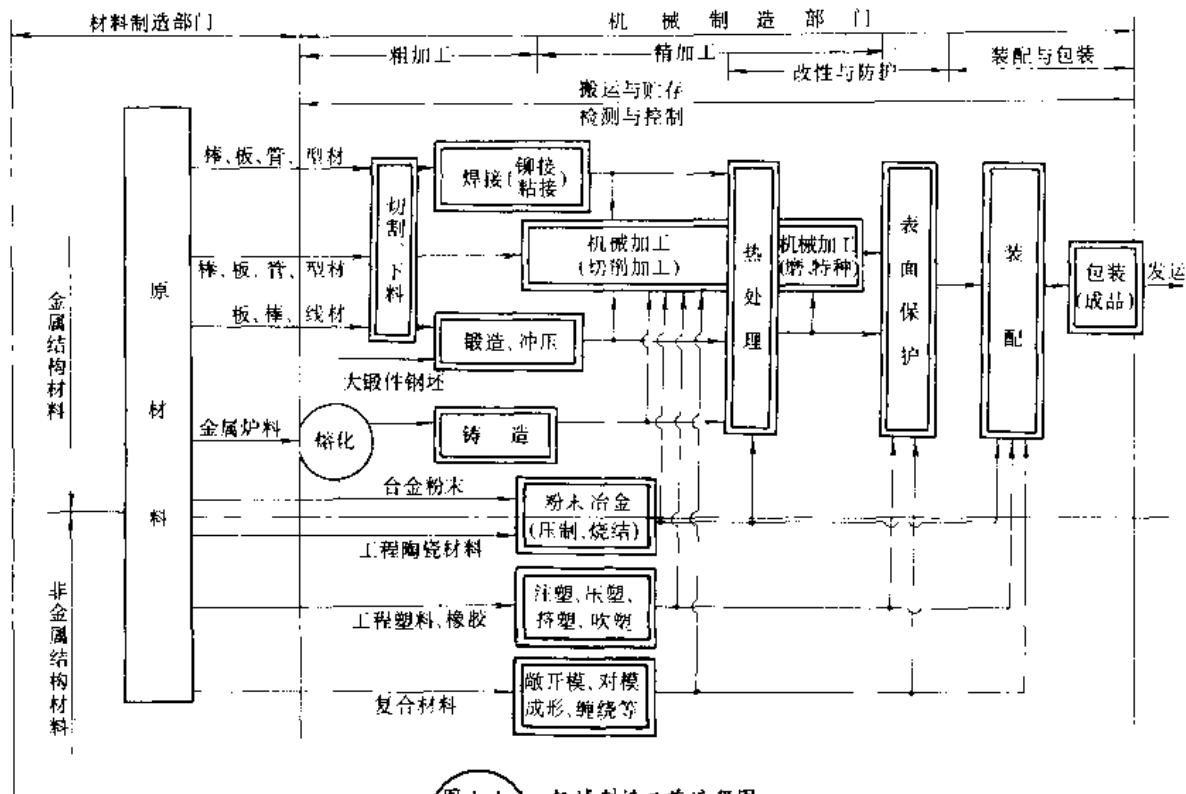


图 1-1-1 机械制造工艺流程图

主要是以钢铁为主的金属结构材料,包括由冶金工厂直接供应的轧材(棒、板、管、线材、型材),供进行切割-焊接、冲压、锻造或下料后直接进行机械加工;也包括生铁、废钢、铝锭、电解钢板等材料,进行二次熔化和加工(铸造、铸锭-锻造)。随着机械工程材料结构的不断调整,各种特种合金、金属粉末、工程塑料、复合材料和工程陶瓷材料的应用比例也不断扩大。

机械工业生产应用的能源主要有电力、焦炭、可燃气

体、重油、蒸汽、压缩空气等,近年来通过电能转换而产生的高密度能源及其他特种能源的应用也不断增加。

(2) 毛坯和零件成形。金属毛坯和零件的成形一般由铸造、锻压、冲压、焊接和轧材下料五种方法(轧材下料又常是锻压和焊接的准备工序);其他材料(粉末材料、工程塑料、复合材料、工程陶瓷等)另有各自的特种成形方法。

随着毛坯精密成形工艺(又称为少无切屑工艺)的



发展,“毛坯”与“零件”的界限越来越小。有的毛坯成形后,已接近或达到零件的最终形状和尺寸。随着复合工艺的出现,采用两种以上方法制造毛坯的铸-锻、铸-焊、锻-焊、冲-焊、铸-锻-焊结构零件也不断出现。

(3) 零件机械加工。零件机械加工指采用切削、磨削和特种加工等方法,逐步改变毛坯的形态(形状、尺寸及表面质量),使其成为合格零件的过程。根据加工余量的大小及所能达到的精度,一般分粗加工和精加工两种。如上所述,部分粗加工和少量精加工已逐渐被毛坯的精密成形所取代。

(4) 材料改性与处理。材料改性与处理通常指热处理以及电镀、转化膜、涂装、热喷涂等表面保护工艺,用以改变零件的整体、局部或表面的金相组织及物理力学性能,使其具有符合要求的强韧性、耐磨性、耐蚀性及其他特种性能。

部分热处理工艺(表面热处理和化学热处理)往往也作为表面保护的具体方法。

根据与其他工艺的关系,热处理可分为中间热处理和最终热处理。前者一般在毛坯成形后粗加工前进行;后者一般在粗加工后精加工前进行。表面保护一般在零件精加工后装配前进行,但热喷涂后还常需进行精加工;除油除锈、磷化、底漆、涂装等常在加工工序间进行。毛坯成形工艺本身通过对材料的成分、组织、致密度、纯净度的调整,也兼有材料改性的功能,还可能利用铸、锻、焊等毛坯成形后的余热实施热处理工艺。

(5) 装配与包装。装配是把零件按一定的关系和要求连接在一起,组合成部件和整台机械产品的工艺过程,它包括零件的固定、连接、调整、检验和试验等工作。

机械产品在出厂前要进行包装,这是保证产品在

贮存运输中质量完好的关键环节。包装分内包装和外包装,某些零件的防潮、防尘、防锈内包装在装配前的加工工序间进行。

(6) 搬运与贮存。搬运与贮存统称物流,是合理安排生产过程中各种物料(原材料、工件、成品、工具、辅助材料、废品废料等)的流动与中间贮存的技术,也是机械制造工艺流程中保证生产正常进行,减少投资,加速资金周转,提高经济效益的重要环节。它贯穿于从原材料进厂到产品出厂的全过程,既要考虑各生产车间之间,也要顾及车间内部不同工序间的合理安排。

(7) 检测与质量监控。检测与质量监控是保证工艺过程的正确实施和产品质量所使用的一切质量控制措施,亦贯穿于整个机械制造工艺过程。它包括原材料的检验、工艺过程在线检测与控制、工序(工艺)间检验、零部件检验和产品性能试验等各主要环节。

(8) 自动控制装置与系统。通过采用各种形式和级别的自动控制装置与系统,实现生产过程各种信息的自动生成、传送、优选和控制,可以显著提高产品质量稳定性,降低劳动强度,大幅度提高劳动效率,彻底改变原有的工艺面貌,因而它也是贯穿于整个机械制造工艺过程的一个重要环节。

2 机械制造工艺分类

机械制造工艺的内涵十分广泛和丰富,可以按多种特征进行分类。各国现有的各种分类方法,有的注重于理论上的合理性,有的则更注重于其实用性。我国现行的行业标准“JB/T5992—92 机械制造工艺方法分类与代码”,将工艺方法按大类、中类、小类和细分类四个层次划分,每层至少留出一个空位,以备安排以后出现的新工艺。这是符合我国国情、实用性较强的分类方法,见表1-1-1。

表 1-1-1 工艺方法类别划分及其代码 (JB/T5992—92)

大 类		中 类		小 类 代 码									
代码	名称	代码	名称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				小 类 名 称									
0	铸 造	01	砂型铸造		湿型铸造	干型铸造	表面干型铸造	自硬型铸造					其他
		02	特种铸造		金属型铸造	压力铸造	离心铸造	熔模铸造	壳型铸造	实型铸造	连续铸造		其他
1	压 力 加 工	11	锻造		自由锻	胎模锻	模锻	平锻	墩锻	辗锻			其他
		12	轧制			冷轧	热轧						

机械工业出版社 请尊重作者版权

机

6



(续)

大 类		中 类		小 类 代 码									
代码	名称	代码	名称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				小 类 名 称									
1	压 力 加 工	13	冲 压		冲 裁	弯 曲	成 形	精 整					
		14	挤 压		冷 挤 压	温 挤 压	热 挤 压						其他
		15	旋 压		普 通 旋 压	变 薄 旋 压							
		16	拉 拔		冷 拔	热 拉 拔							
		19	其 他		其他成 形方法								
2	焊 接	21	电 弧 焊		无 气 体 保 护 电 弧 焊	埋 弧 焊	熔 化 极 气 体 保 护 电 弧 焊	非 熔 化 极 气 体 保 护 电 弧 焊	等 离 子 弧 焊				其 他 电 弧 焊
		22	电 阻 焊		点 焊	缝 焊	凸 焊		电 阻 对 焊				其他
		23	气 焊		氧-燃 气 焊	空 气- 燃 气 焊	氧-乙 炔 喷 焊						气 割
		24	压 焊		超 声 波 焊	摩 擦 焊	锻 焊	高 机 械 能 焊	扩 散 焊		气 压 焊	冷 压 焊	
		27	特 种 接 接		铝 热 焊	电 流 焊	气 电 立 焊	感 应 焊	光 束 焊	电 子 束 焊	储 能 焊	螺 柱 焊	
		29	钎 焊		硬 钎 焊			软 钎 焊			钎 接 焊		
3	切 削 加 工	31	刃 具 切 削	车 削	铣 削	刨 削	插 削	钻 削	镗 削	拉 削	刮 削		其他
		32	磨 削	砂 轮 磨 削	砂 带 磨 削		珩 磨	研 磨	超 精 加 工				其他
		34	钳 加 工	划 线	手 工 锯 削	錾 削	锉 削	手 工 刮 削	手 工 打 磨	手 工 研 磨	平 衡		其他
4	特 种 加 工	41	电 物 理 加 工		电 火 花 加 工	电 子 束 加 工	离 子 束 加 工	等 离 子 加 工		激 光 加 工	超 声 加 工		其他
		42	电 化 学 加 工		电 解 加 工				电 铸				其他
		43	化 学 加 工										
		46	复 合 加 工		电 解 磨 削	加 热 机 械 切 削		振 动 切 削	超 声 研 磨		超 声 电 火 花 加 工		



(续)

大类		中类		小类代码									
代码	名称	代码	名称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				小类名称									
4	特种加工	49	其他		高压水切割		爆炸索切割						
5	热处理	51	整体热处理		退火	正火	淬火	淬火与回火	调质	稳定化处理	固溶处理	时效	
		52	表面热处理		表面淬火	物理气相沉积	化学气相沉积	等离子体化学气相沉积					
		53	化学热处理		渗碳	碳氮共渗	渗氮	氮碳共渗	渗其它非金属	渗金属	多元共渗	熔渗	
6	覆盖层	61	电镀		镀单金属	镀合金	镀复合层	镀复合材料层					
		62	化学镀		无电镀		接触镀						
		63	真空沉积		化学气相沉积	物理气相沉积	离子溅射	离子注入					
		64	热浸镀										
		65	转化膜		化学转化	电化学转化							
		66	热喷涂		熔体热喷涂	燃气热喷涂	电弧喷涂	等离子喷涂	电喷涂	激光喷涂	喷焊		
		67	涂装		手工涂	喷涂	浸涂	淋涂	机械涂	电泳			
8	装配与包装	81	装配		部件装配	总装							
		82	试验与检验		试验	检验							
		85	包装		内包装	外包装							
9	其他	91	粉末冶金		轴向压实	等静压实	挤压与轧制						
		92	冷作		弯形	膨胀	收缩	整形					
		93	非金属材料成形		复合材料成形	橡胶材料成形	玻璃成形	复合材料成形					

此星公司制作 请尊重作者版权



(续)

大 类	中 类		小 类 代 码									
	代码	名称	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	其 他	94 表面 处理		清 洗	粗 化	光 整	强 化					
		95 防 锈		水 剂 防 锈	油 剂 防 锈	气相防锈	环境封存 防 锈	可剥性 塑料防 锈				
		96 缠 绕		弹 簧 缠 绕	绕 组 缠 绕							
		97 编 织		筛 网 编 织								
		99 其 他		粘 接	铆 接							

3 机械制造工艺的技术进展和发展趋势

随着机械工业的发展和科学技术的进步，机械制造工艺的内涵和面貌不断发生变化，而且变化和发展的速度越来越快。近一二十年的技术进展和未来发展趋势主要有如下几个方面。

3.1 常规工艺的不断优化

铸造、锻压、焊接、热处理、机械加工等传统的常规工艺至今仍是量大面广、经济适用的技术，因而常规工艺的不断改进、提高具有很大的技术经济意义。

1. 常规工艺优化的方向 常规工艺优化的方向是实现高效化、精密化、强韧化、轻量化，以形成优质高效低耗少无污染的先进适用工艺为主要目标。

2. 常规工艺优化的途径

a. 保持原有工艺原理不变 通过改善工艺条件，优化工艺参数实现常规工艺优化。

b. 以工艺方法为中心 实现工艺设备、辅助工艺、工艺材料、检测控制系统成套供应服务，使优化工艺易于为企业采用。

3. 常规工艺优化的效果

a. 优化常规工艺的普及 常规工艺经过上述途径形成了多种优质高效低耗少无污染的先进适用工艺，并在生产中得到广泛普及，逐渐取代了相对落后的工艺。如以气体保护自动焊或埋弧自动焊取代手工焊条焊接；以树脂等自硬砂造型取代粘土砂造型；以热模锻压力机锻造取代蒸汽锤、空气锤锻造；以可控气氛热

处理或真空热处理取代在氧化气氛中的热处理；以水溶性或粉末涂装取代油漆涂装；以无氰电镀取代有氰电镀；以涂层刀具、超硬刀具、机夹刀具代替普通刀具；以数控加工代替普通机床加工等。上述先进适用工艺的普及，彻底改变了常规工艺面貌，取得了非常明显的技术经济效果。

b. 工艺界限和分工的淡化与交叉 常规工艺经过优化后，扩展了原有的工艺效果。使得原来十分严格的工艺界限和分工，诸如下料和加工、毛坯制造和零件加工、粗加工和精加工、冷加工和热加工、成形与改性等，在界限上趋于淡化，在功能上趋于交叉。如精密冲裁、精密切割的功能不只限于下料，一直扩展至粗加工甚至部分精加工领域。无余量精密铸造、接近最终形状的精密塑性成形等基本可取代粗加工，甚至可以做到直接装配。

3.2 新型加工方法的不断出现和发展

1. 新型加工方法的发展背景和条件

a. 机械产品的更新换代 近年来，机械产品更新换代的速度不断加快，而且朝着大型、成套、复杂、精密、高效、高运行参数等方向发展，对制造工艺提出了更高更新的要求。

b. 高新技术的发展及其产业化 高新技术的发展对新型加工方法的出现有重大影响。一方面，新能源、新材料、微电子、计算机等高新技术的不断引入、渗透和融合，为新型加工方法的出现提供了技术储备；另一方面，高新技术的产业化也需要一些新型加工方



法作为技术支撑。

2. 新型加工方法的类型

a. 精密加工和超精密加工 随着机械加工精度的不断提高,出现了精密加工和超精密加工。普通加工、精密加工与超精密加工的界限并不是固定不变的。目前,精密加工与超精密加工的精度范围大致如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 精密加工和超精密加工水平

项 目	(μm)	
	精 密 加 工	超 精 密 加 工
尺寸精度	2.5~0.75	0.3~0.25
圆 度	0.7~0.2	0.12~0.06
圆 柱 度	1.25~0.38	0.25~0.13
平 面 度	1.25~0.38	0.25~0.13
表面粗糙度 R_a	0.1 以下	0.01 以下

当代精密、超精密加工的主要方式有超精密切削、超精密磨削与磨料加工。其发展体现在以下两方面:

(1) 达到的极限加工精度不断提高,出现了所谓的“纳米技术”和“超精密工程”。正从微米(μm)、亚微米级($10^{-2}\mu\text{m}$)的微米工艺、亚微米工艺向纳米级($1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$)的纳米工艺发展,而且超精密工程正在向原子量级加工精度逼近,通过“移动原子加工”对材料进行原子量级的修改及排列。

(2) 精密、超精密加工的对象已由量具刃具扩展到产品零件;生产方式已由单件、小批走向大批量生产,如磁带录相机的磁鼓和计算机硬磁盘的加工。

b. 微细加工 是一种特殊的精密加工,它不仅加工精度极高,而且加工尺寸十分微小,甚至包括尺寸小于 $1\mu\text{m}$ 的材料制造和加工。它的主要工艺方法有光刻、刻蚀、沉积、外延生长、扩散、离子注入及封装。它是制造超大规模集成电路、光电器件、量子器件的基本工艺,提高微细加工水平以减少电路微细图案的最小线条宽度是提高集成电路集成度的技术关键。

微细加工的发展还导致一门崭新的学科——微机械的产生。应用微机械技术可制造出显微量级尺寸的机械器件,如微型传感器、静电驱动的微型马达、微型齿轮、微型轴承、微型机械手、微型机器人等。

c. 特种加工及高密度能加工 激光、电子束、离子束、分子束、等离子体、微波、超声波、电液、电磁、高压水射流等新能源或能源载体的引入,形成了多种崭新的特种加工及高密度能切割、焊接、熔炼、锻压、热处理、表面保护等加工工艺。这些工艺具有如下特

点:

(1) 加工范围不受材料物理力学性能的限制,可以加工任何硬的、脆的、耐热、高熔点的金属或非金属材料。

(2) 有些方法可以精确地控制能量,适于进行精密加工和微细加工。

(3) 许多方法对工件无宏观作用力,适于加工薄壁件、弹性件等难加工工件。

激光、等离子、高压水射流切割技术与数控技术相结合使加工精度、切口质量和生产效率大幅度提高,已从一种下料手段转变成为一种崭新的成形加工方法,即自由成形制造(FFF—Free form Fabrication),它已部分替代采用模具的冲压技术。

d. 新型材料加工技术 超硬材料、超塑料、高分子材料、复合材料、工程陶瓷、非晶微晶合金、功能材料等新型材料的应用,扩展了加工对象,导致某些崭新加工技术的产生,如加工超塑料的超塑成形、等温锻造、扩散焊接;加工陶瓷材料的热等静压、粉浆浇注、注射成形;沉积 TiN、TiC、CNB、人造金刚石等超硬薄膜用的化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、物理化学气相沉积(PCVD)、等离子弧化学气相沉积(PACVD)等;加工光感硬化树脂的光造型直接成形技术(快速零件制造,RPM)等。新材料与新工艺的结合还促使某些新学科的形成,如半导体硅材料与微细加工工艺相结合正在形成一门崭新的微机械加工技术。

新型材料的出现使传统的铸、锻、焊、热、切削加工工艺的技术构成逐渐发生变化。如使焊接技术从以“焊钢”为中心的时代,逐渐进入同时焊接各种非铁金属乃至非金属的时代,使单一的焊接技术演变成焊接/连接技术。在焊接/连接工程塑料、复合材料、工程陶瓷、单晶微晶非晶金属材料时,固态焊接、扩散连接、特种钎焊比传统的熔化焊显示出明显的优越性。

e. 大件及超大件加工 随着重大技术装备向大型、大容量、高参数、高效率方向发展,大件及超大件加工技术得到相应发展。其中包括大电炉炉外精炼技术(真空氧脱碳、氩氧脱碳等方法)、大型工件(大锻件、大铸件、大型拼焊件)的热加工工艺模拟及工艺优化技术、大型工件局部热处理技术、大型工件加工及尺寸测量技术等。

f. 表面功能性覆层技术 表面功能性覆层技术是在表面装饰防护技术基础上发展起来的。它根据产品(材料)服役条件,在其表面制备各种特殊功能覆层,赋



予其耐磨、耐蚀、耐热、耐疲劳、耐辐射以及光、热、磁、电等特殊功能。

g. 复合加工 将两种以上加工方法复合应用(工艺及设备复合)形成一些复合加工技术。如超声-振动切削、液态模锻(铸造+热挤压)、连续铸挤(连续铸造+挤压)、超塑成形/扩散连接等加工方法。

3.3 工艺设计由“经验”走向“定量分析”

计算机数值模拟技术在铸造、锻压、焊接等传统工艺中,首先是在大型铸锻件生产中开始得到应用。它可以预测缩孔、缩松、裂纹、夹杂等缺陷的位置及防止措施,确定工艺规范,优化工艺方案,从而控制及确保毛坯件的质量。再配以物理模拟和专家系统,使工艺研究由“经验判断”逐步走向“定量分析”,使工艺设计由人工计算、画图发展到工艺计算机辅助设计(CAD),使传统热加工工艺由技艺逐步发展为一门名符其实的工程科学。

3.4 自动化等高新技术与工艺的紧密结合

微电子、计算机、自动化技术与工艺及设备相结合,形成了从单机到系统,从刚性到柔性,从简单到复杂等不同档次的多种自动化加工技术,使传统工艺面貌产生显著、本质的变化。主要表现在以下几方面:

(1) 应用集成电路(取代分立元件)、可编程程序控制器(取代继电器)、微机新型控制元件、装置实现工艺设备的单机、生产线或系统的自动化控制。

(2) 应用新型传感、无损检测、理化检验、微电子、计算机技术,实时测量并监控工艺过程的温度、压力、形状、尺寸、位移、应变、应力、振动、声、像、电、磁、合金及气体成份、组织结构等参数,实现在线测量、测试技术的电子化、数显化、计算机化及工艺参数的闭环控制,进而实现自适应控制。

(3) 计算机辅助工艺规程编制(CAPP)、数控加工、计算机辅助设计/辅助制造(CAD/CAM)、机器人、自动化搬运及仓储技术等越来越广泛地应用于工艺设计、加工及物流过程。在此基础上形成的柔性制造系统解决了多品种、中小批量生产长期无法解决的柔性自动化问题。目前无论是冷加工,还是热加工;也无论是中小批量生产,还是大批量生产,均向柔性自动化方向发展。柔性自动化可划分为如下六个档次:数控加工、加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造岛(FMI)、柔性制造系统(FMS)和柔性生产线(FTL)。以上六个不同档次的柔性自动化技术系统的功能特征

比较示于图1-1-2。

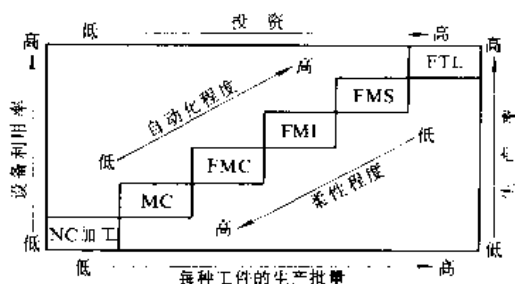


图 1-1-2 不同档次的柔性自动化技术系统的功能特征

(4) 借助计算机技术,将产品设计、制造工艺、管理信息集成于单一交互式网络中,形成了工厂综合自动化技术,即计算机集成制造系统(CIMS),它能迅速对产品和需求变化作出响应,使多品种小批量的产品生产在此系统中更趋于流水化生产,其成本和质量都与刚性自动线的大批量生产相差无几,确保将适销产品以合理价格在恰当的时间里投放市场。

(5) 在集成制造技术和人工智能的基础上,又发展起来一种新型制造工程——智能制造技术(Intelligent Manufacturing Technology, IMT)和智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS),被称为“21世纪的制造技术”。是指在制造工艺各个环节以一种高度柔性高度集成的方式,通过计算机模拟专家的智能活动,进行分析、判断、推理、构思与决策,旨在取代或延伸制造环境中的部分脑力劳动并对专家的制造智能进行收集、存贮、完善、共享、继承和发展。从一个企业内的产品设计、生产计划、制造加工、过程控制、材料处理、信息管理、设备维护等技术环节自动化,发展到面向世界范围的整个制造环境集成化与自组织能力,包括制造智能处理技术、自组织加工单元、自组织机器人、智能生产管理信息系统、多级控制网、全球通讯与操作网等,整个制造过程实现智能化,具有自组织能力。

3.5 “机械制造技术系统”的形成

近年来,“工艺”的概念及工艺工作的内容不断扩展,由狭义到广义,由局部到整体,由断续零散到成套系统,使现代的“工艺”概念逐步演变成以整个制造过程为服务对象,以提高质量、效率、效益、竞争力为目标,包含物质流、信息流和能量流的完整的先进制造技术体系,即“机械制造技术系统”。

“工艺”概念及工艺工作内容的扩展及“机械制造技术系统”概念的形成经历如下几个阶段。



(1) 在加工工艺流程中,重视必不可少的“辅助工序”。在加工工艺流程中,有大量主体工序(如造型、熔炼浇注、冲压、锻造、焊接、淬火回火、电镀、切削等),同时也有大量的辅助工序,如切割、焊接前的钢板预处理;铸造、冲压、切削后的打磨、焊补、去毛刺;成形、加工中的消除应力退火;电镀、涂装前的除锈、脱脂、磷化;以及大量的中间检测、中间清洗、合理注油、防止零件磕碰伤和保证清洁度等工序和工艺措施。这些辅助工序一度视为“可有可无”、“无关紧要”,实际上它们对产品质量往往具有重大甚至决定性的影响。

(2) 在工艺装备中,重视辅助工装及工艺材料的配套发展。实践证明,再好的工艺方法和工艺设备,没有相应的辅助工装和工艺材料配合,也不会产生好的使用效果,甚至无法正常生产。重要的辅助工艺装备有浇注包、砂箱、焊接辅具(变位器、滚轮架、转台)、可控冷却过程的淬火槽、清洗机、锻造操作机、加热炉的进出料装置、表面保护的前处理设备、切削刀具、夹具、工位器具等。重要的工艺材料有造型原砂、粘接剂、造型涂料、球化剂、磷化剂、变质剂、焊条、焊丝、焊剂、保护气体、模具润滑剂、热处理熔盐、电镀添加剂、氧化处理剂、特种涂装涂料、热喷涂粉末、磷化液、切削液等。

(3) 重视搬运、存贮、检验、包装等辅助生产过程。长期以来,一直认为上述辅助生产过程不直接创造附加价值,因而不重视。实际上,这些辅助生产过程十

分重要。它们对降低产品成本,提高产品质量,缩短生产周期,减少资金占用,提高产品作为商品的价值都具有重大的作用,是挖掘企业利润和提高效益的第二源泉。

(4) 物流、能量流与信息流的集成。引入工业工程(IE)、系统管理(SMI)和系统生产技术(SPT)的原理和方法,将生产过程中的物流、能量流与信息流经过一定的系统化及某种形式和程度的结合,集成为一种新的生产技术体制——机械制造技术系统,它具有“自动化、柔性化、高效化”综合效果特征。机械制造技术系统的框图示于图1-1-3。

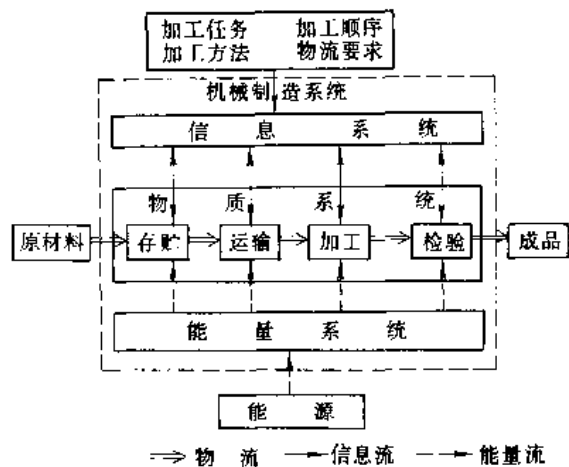


图1-1-3 机械制造技术系统框图

第2章 工艺管理

企业是基本生产单位,机械制造工艺通过企业的生产活动和工艺管理得以发挥作用。

1 生产管理系统与工艺管理系统

生产是将生产要素转变为有形和无形财富的物质流的输入、输出系统,而生产管理则是计划这种生产活动,并根据实施情况进行控制的管理行为。

工艺管理是企业生产管理的重要组成部分,是机械制造企业的基础性管理工作。

1.1 生产管理系统

生产管理系统是对生产要素——人力、生产设备、材料、能源、资金、信息等有限的资源,通过适当的组

合(组织、计划、控制、改进)有效地利用以达到生产的目的,使其成为创造最大价值的系统。

机械制造企业生产管理系统的一般模式如图1-2-1所示。它以作业系统为主体外加掌握作业系统运行的作业计划系统、作业控制系统以及作为上层结构的战略规划系统所构成。

在作业系统中,以制造工艺为核心的制造系统是最重要的子系统,它的功能是从外界环境获得生产要素(主要是原材料和能源)后,将其转变为商品。作业系统由供应、制造、销售及库存四个子系统组成。

作业系统的生产实施方案,由作业计划系统制定。在作业计划系统中,以生产计划系统最为重要。

为保证作业系统的正常运行和运行质量,需要通



过作业控制系统对作业过程进行控制与调整，包括从原材料到产品的工艺流程控制（生产控制、质量控制、库存控制），也包括对人员、设备、资金的控制，其中对工艺流程的控制最为重要。

作业系统构成了物质流，作业计划系统和作业控制系统构成了信息流。现代机械制造企业通过计算机把物质流和信息流综合起来，形成了管理信息系统（MIS），对动态生产过程进行实时管理与控制（参见电工、电子与自动控制卷第8篇第2章）。

1.2 工艺管理系统

工艺管理是科学地计划、组织和控制各项工艺工作的全过程，是对制造技术工作所实施的科学的、系统的管理行为。

在产品生产的全过程中，最主要的内容就是产品及零部件的工艺（制造）过程。工艺管理象一条纽带融汇贯通于生产过程始终，将生产系统的各项工作有机地联系在一起。

企业的工艺管理系统示于图1.2-2，从图中可看出：生产管理系统

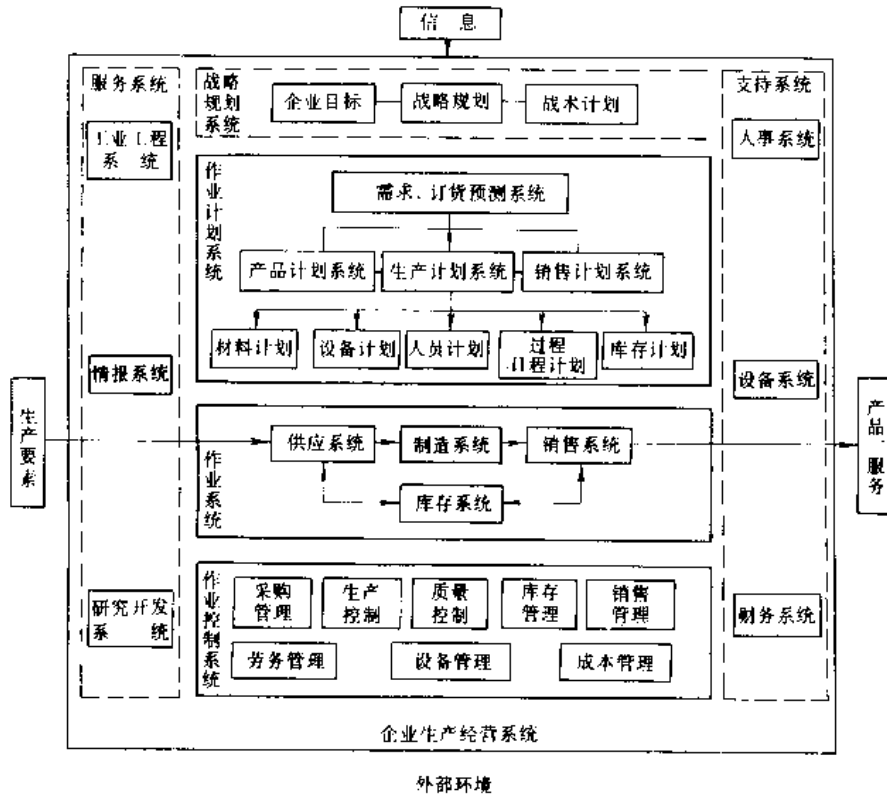


图 1.2-1 企业生产管理系统的基本构成

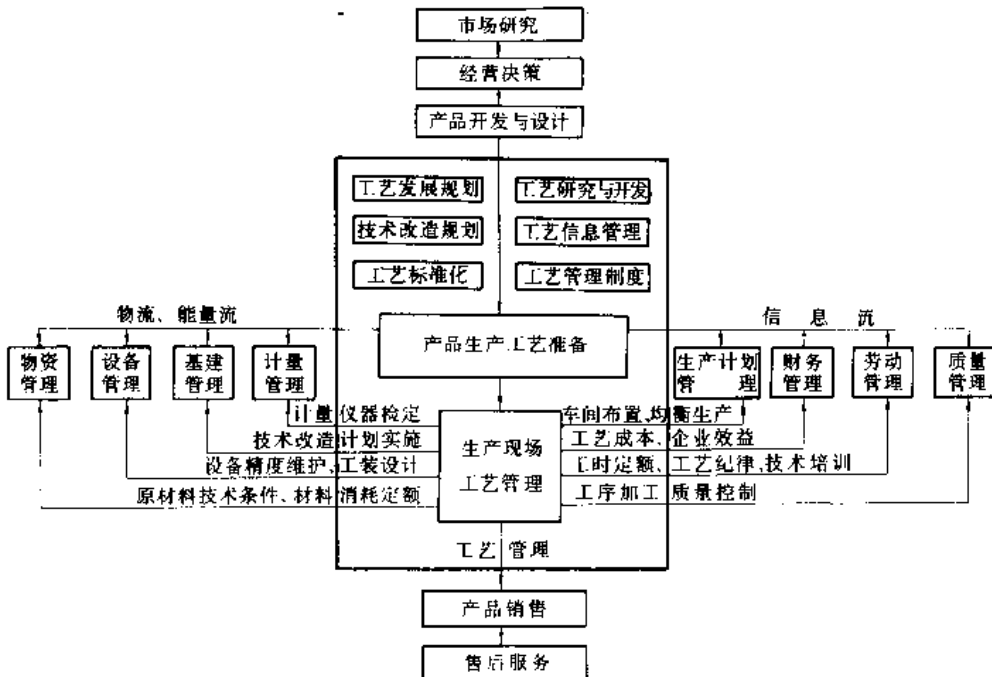


图 1.2-2 企业工艺管理系统



统中各个子系统的管理工作都与工艺管理工作有着密切的联系。

企业工艺管理根据其不同功能和作用,可分为工艺基础工作、产品生产工艺准备、生产现场工艺管理三个方面。

2 工艺基础工作

工艺基础工作是指为提高企业工艺技术和工艺工作质量而开展的一些基础性、方向性、综合性、经常性的工作。

1. 工艺发展规划 工艺发展规划包括工艺研究开发、新工艺推广应用、工艺路线调整、工艺装备更新改革等。

编制工艺发展规划应贯彻远近结合、先进与适用结合、技术与经济结合的方针。为保证付诸实施,必须提出相应的配套措施和实施计划。

2. 技术改造规划 企业的技术改造,是实现以内涵为主扩大再生产的主要途径。把先进适用的制造技术导入技术改造,用先进的工艺和设备代替落后的工艺和设备是企业技术改造的核心,因而编制并实施技术改造规划也是企业十分重要的工艺基础工作。

3. 工艺标准化 工艺标准化是根据国内外工艺技术成就和先进管理方法并结合生产实际,对工艺工作中一些重复使用的方法和要素,通过优选、简化、协调,制订出各类工艺标准并加以贯彻实施的全部活动,是提高工艺技术水平,保证产品质量,缩短生产工艺准备周期,具体实施现场工艺管理的重要手段。

工艺标准分为国家标准(GB)、行业标准(JB)、行业指导性技术文件和企业标准四个级别。按标准贯彻的法律效力不同,分为强制性标准和推荐性标准两类。

工艺术语、工艺符号代号、工艺材料、工艺技术条件、工艺试验与检验等技术性标准,因通用性强、覆盖面广,大多订为国家标准,少量为行业标准。工艺管理标准、工艺文件标准和部分工艺操作方法标准一般订为行业指导性技术文件。除少量涉及人身安全的工艺标准外,大多为推荐性标准。

各级工艺标准均可转化为企业标准。根据工艺灵活多变的特点,企业应重点制订如下几种不宜在全国和部门硬性统一的工艺标准:

- (1) 工艺操作方法标准。
- (2) 工艺参数标准。

(3) 工艺管理标准。

(4) 工艺装备标准。

另外,为了提高产品质量和企业的竞争能力,企业可以根据自身条件和能力,制订高于ISO、GB、JB水平的工艺技术条件、工艺试验与检验标准。

4. 工艺研究与开发 企业的工艺研究与开发一般包括以下内容:

(1) 工艺发展规划中确定的项目。这是为企业发展和技术改造需要而进行的研究。

(2) 新产品开发中的工艺技术项目。

(3) 生产现场提高质量、效率的工艺技术项目。

(4) 国内外先进适用工艺成果的二次开发和引进消化。

5. 工艺信息管理 企业应及时掌握国内外工艺技术和工艺管理的发展动态,开展工艺情报信息的收集、整理、分析和研究,不断提出有利企业工艺发展的新思想、新建议,组织开展合理化建议和技术革新活动。

6. 工艺管理制度和工艺纪律 企业应制订各种工艺管理规章制度,以统一工艺工作的行动法则,明确各有关部门的工艺责任和权限;同时应制订工艺纪律,明确各类人员应遵守的工艺秩序。

3 产品生产工艺准备

为实现机械产品的设计要求,在新产品投产前需要一系列的生产技术准备工作,其中工艺准备占的比重最大。一般在单件小批生产中,工艺准备占全部生产技术准备工作量的20%~25%;成批生产占40%~45%;大批大量生产则占60%~70%。工艺准备工作的质量,不仅决定能否实现产品计划要求,而且对缩短生产技术准备周期,顺利组织生产,提高产品质量,提高生产效率和降低成本等都有直接影响。另外,制造过程各种法规性工艺文件也是在这个阶段形成的。

产品生产工艺准备的主要内容有:

- (1) 工艺调查研究;
- (2) 产品结构的工艺性分析与审查;
- (3) 工艺方案设计;
- (4) 工艺路线设计;
- (5) 工艺规程及其他工艺文件设计;
- (6) 工艺定额编制;
- (7) 专用工艺装备设计、验证和准备;
- (8) 工艺验证;
- (9) 工艺总结;



- (10) 工艺整顿; 产品生产工艺准备阶段的工艺工作程序可由图 1·2-3 表示。
 (11) 外协件的技术条件制订及选择供应点。

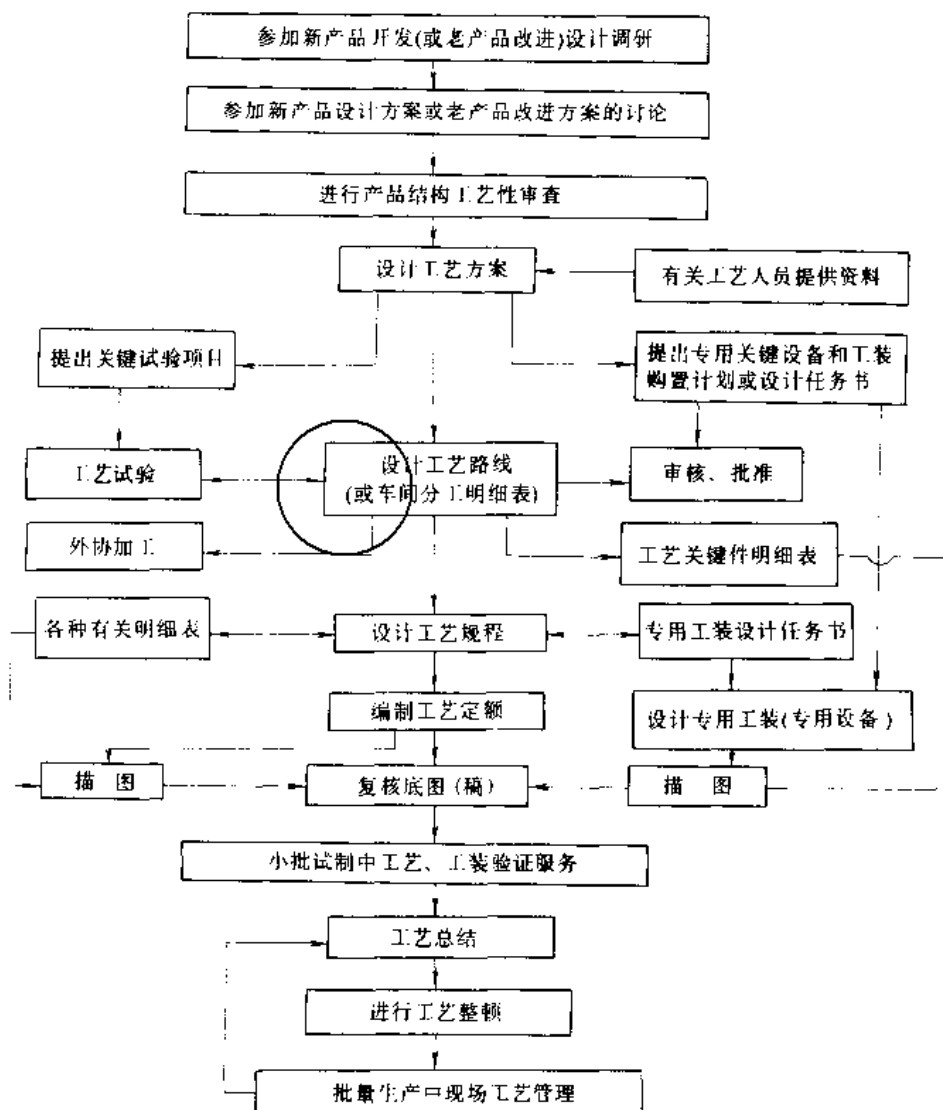


图 1·2-3 产品工艺准备阶段的工艺工作程序

4 生产现场工艺管理

工艺实施过程即制造过程,是各种生产技术,特别是工艺文件实施于生产现场的过程。这一阶段的工艺管理工作,是保证毛坯、零件和产品质量的稳定和提高,最大限度地提高劳动生产率和降低物耗,实施文明生产和改善劳动条件等。主要工作内容有:

- (1) 科学分析毛坯、零件和产品的工艺流程,合理确定投产批次和期量。
- (2) 按作业计划的安排,组织毛坯、原材料、半成

品、工位器具、工艺材料、工艺装备的按质按量和适时供应。

- (3) 指导和监督工艺文件的正确实施。
- (4) 及时发现和纠正工艺设计上的差错,不断总结工艺过程中的各种合理化建议和先进经验,按规定的程序加以实施和推广,以求不断改进工艺。
- (5) 确定工序质量控制点,规定有关管理和控制的技术内容,进行工序质量重点控制。
- (6) 搞好文明生产和现场定置管理。
- (7) 搞好现场工艺纪律管理。



(8) 建立现场施工技术档案, 做好各种数据的记录和管理。

(9) 会同质量部门, 对外协件的质量进行监督。

第3章 产品工艺过程设计

产品工艺过程设计, 是产品设计完成之后投入制造之前最重要的工作阶段, 它是产品生产工艺准备工作的核心内容。

产品工艺过程设计一般包括产品结构工艺性审查及工艺方案的初步设计、工艺方案设计与评价、工艺技术选择、工艺流程设计、工序优化、工艺规程编制等主要阶段。

1 产品结构工艺性审查及工艺方案的初步设计

产品结构工艺性是指所设计的产品在满足使用要求的前提下, 制造、维修的可行性和经济性(参见机械零部件设计卷第2篇)。

保证产品具有先进的功能水平和合理的生产成本是产品设计与工艺设计及实施的共同工作目标。产品生产过程中, 产品设计在先, 工艺设计在后, 所以一般情况是产品设计人员在自行考虑设计结构工艺性后决定设计结构, 而由工艺人员在工艺设计中满足设计的要求。但是如果零、部件(尤其是关键性零、部件)结构工艺性不够优化, 将导致生产准备工作和实际生产要多花许多人力、物力和时间, 要增加很多新设备、新工装的投资, 从而提高了生产成本, 延长了制造周期, 降低生产的经济效益。因而必须十分重视产品结构工艺性审查与工艺方案的初步设计。有时, 在生产工艺准备工作中还会得出必须修改原设计的结论, 即导致产品设计返工。有的设计返工(例如将原设计为铸造的或自由锻的、不带平衡重的中型多缸柴油机曲轴改为全纤维锻曲轴)很简单, 不需花太多的时间和费用; 有的设计返工工作量会很大。例如原设计用硬齿面的高精度大直径齿轮的齿轮箱, 在工艺准备工作中发现不值得为此购置大型磨齿机而需要改为中硬齿面的齿轮箱。这样齿轮的尺寸需要加大, 整个齿轮箱设计就需全部返工。因此, 应该在产品设计过程中就处理好设计结构工艺性问题, 以避免有大的设计返工。其要点有:

(1) 新产品设计开发阶段中, 产品设计人员与工艺人员应共同找出从工艺角度看是关键性的零、部件, 并

共同研究和决定其工艺方案初步设计。

(2) 发现工艺上有疑难问题, 应与产品设计上的问题同步安排科研开发课题。

(3) 在工艺方案设计中要大胆设想多种可行方案, 但在决定前要客观地论证和评价, 即要敢于创新, 又必须立足于科学分析和试验验证。

2 工艺方案设计

工艺方案是指导产品工艺准备工作的技术依据和纲领, 是工艺技术选择、工艺流程设计的基础。

2.1 工艺方案设计的原则

工艺方案设计的原则是:

(1) 在满足产品使用要求, 保证产品质量的同时, 充分考虑生产周期、工艺成本和环境保护;

(2) 根据本企业的能力, 充分发挥现有设备的作用, 并积极采用先进工艺技术和设备, 不断提高企业工艺水平;

(3) 满足当前生产批量的要求, 并适当考虑产品的发展和销售前景。

设计工艺方案时应根据以下各点, 合理协调上述各项原则。

(1) 产品图样及有关技术文件;

(2) 产品生产性质(样机试制、小批试制、批量生产、老产品改进);

(3) 产品生产类型;

(4) 本企业现有生产条件及技术改造计划;

(5) 国内外同类产品的工艺技术情报;

(6) 国家有关技术政策和法规。

2.2 工艺方案的分类及内容

根据产品生产类型不同, 工艺方案主要有两种类型, 其内容也不相同。

2.2.1 单件小批生产的工艺方案

对于单件小批生产的全新和变型产品的工艺方案



的主要内容有:

(1) 在产品的设计过程中就对关键性零部件的设计进行工艺性审查与工艺方案的初步设计;

(2) 在产品的设计完成后进行:全部零部件的工艺方案和工艺路线设计,工艺规程等工艺文件以及工艺定额的编制;

(3) 通用工艺装备和工艺材料的准备(取自库存或新购),专用工艺装备的设计、准备(自制或订货购入)和验证。

2.2.2 大批大量生产的工艺方案

对于批量生产的尤其是大批和大量生产的全新产品(包含变型程度较大的变型性新产品)的工艺设计,其主要内容有:

(1) 在设计过程中对关键性零部件的设计进行工艺性审查和工艺方案的初步设计;

(2) 在设计完成后,按单件或小批量生产的条件,为制造验证设计产品功能的样机编制全部零部件的工艺方案、工艺路线、工艺规程和其他工艺文件、工艺定额等,设计和准备必不可少的专用装备;

(3) 在产品设计的功能水平通过功能样机试验并得到验证和准备投产后,按照规定的批量生产条件,编制全部工艺方案和其他工艺文件(包括外协件的技术条件、选择外协件的生产单位),设计和准备专用工艺装备,按此工艺试制小批量样机并进行全面试验,以验证产品设计的工艺性以及工艺设计的可行性、加工质量的稳定性以及生产的工效等;

(4) 在总结工艺试验样机的试制和验证的基础上,修正试制工艺,方可开始正式投产。

2.3 工艺方案的评价

生产同一种产品(零部件)可以有多种工艺方案。在确定工艺方案时,不仅要考虑工艺的先进性、适用性,同时要考虑其经济性。工艺方案的评价一般要考虑产品质量的稳定性和工艺成本的降低,对于能达到同一质量稳定性要求而经济效果不同的各种工艺方案进行比较,通常采用比较工艺成本的方法。

2.3.1 工艺成本

工艺成本是指与所采用的工艺方案有关的费用。

工艺成本所包含的费用,按其与产量的关系可分为变动费用与固定费用两大类。变动费用是指在一定范围内随产量变化而变化的费用,如原材料费、工时

费、动力费等;固定费用是指在一定范围内不随产量变化的费用,如设备、工装折旧费、管理费等。工艺成本可用下式表示:

$$C = F + NV$$

式中 C ——年度工艺成本;

F ——年度固定工艺成本;

N ——产品(零部件)年产量;

V ——单位产品变动工艺成本。

2.3.2 工艺方案的比较选择

1. 两方案的比较 若比较 A、B 两个备选方案,首先要计算方案不同产量水平时的年度工艺成本,并求出两方案年度工艺成本相等时的产量,即临界产量。然后把产品计划产量水平与临界产量进行比较,最后以最小年度工艺成本为标准进行方案取舍。其步骤是:

第一步:列出工艺方案年度成本计算式

$$C_A = F_A + NV_A$$

$$C_B = F_B + NV_B$$

式中 C_A 、 C_B ——分别代表 A、B 方案年度工艺成本;

F_A 、 F_B ——分别代表 A、B 方案年度固定工艺成本;

V_A 、 V_B ——分别代表 A、B 方案单位产品变动工艺成本;

N ——年计划产量。

第二步:求临界产量

设临界产量为 N_0 ,则

$$F_A + N_0V_A = F_B + N_0V_B$$

$$N_0 = \frac{F_B - F_A}{V_A - V_B}$$

第三步:判断方案取舍

当计划产量 $N_1 < N_0$ 时, $C_A < C_B$, 应取 A 方案。

当计划产量 $N_2 > N_0$ 时, $C_A > C_B$, 应取 B 方案。

这说明工艺方案的选择与产品的预计生产规模关系密切,以上分析过程见图 1-3-1。

2. 三方案的比较 三方案的比较与两方案基本相同。设有 A、B、C 三个方案。比较结果如图 1-3-2 所示。图中出现三个临界产量,即 Q_0 、 Q_1 与 Q_2 。由图可知:

当计划产量 $N < Q_1$ 时, $C_A < C_B < C_C$, 应取 A 方



案。

当计划产量处于 $Q_1 < N < Q_2$ 时, C_B 为最小, 应取 B 方案。

当计划产量 $N > Q_2$ 时, $C_C < C_B < C_A$, 应取 C 方案。

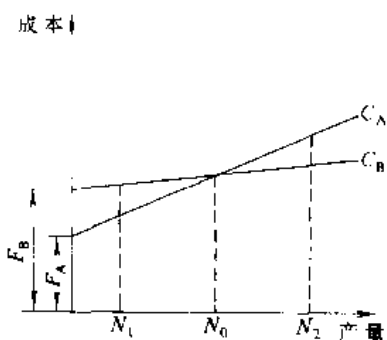


图 1-3-1 两方案工艺成本比较

C —年度工艺成本 F —年度固定工艺成本

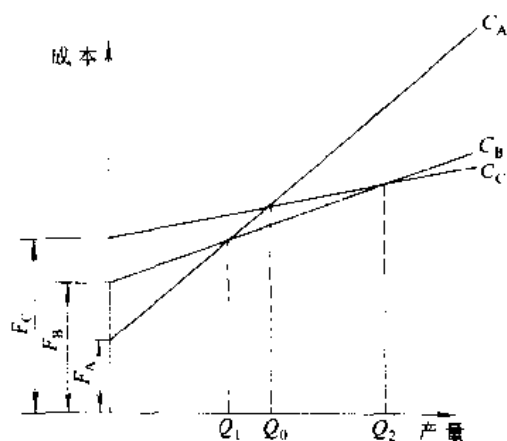


图 1-3-2 三方案工艺成本比较

C —年度工艺成本 F —年度固定工艺成本
 Q —临界产量

3 工艺技术选择

工艺技术的合理选择是工艺方案设计及实施的最重要环节, 同时也是制定工艺路线或工艺流程的依据。由于同一种零部件或产品, 无论是毛坯制造、机械加工, 还是热处理、表面保护、装配, 往往可以用不同的工艺方法来完成, 因而更增加了工艺技术选择的复杂性。

影响工艺技术合理选择的因素很多, 应主要考虑如下三个因素:

(1) 零件的材料、形状和尺寸;

(2) 产品的生产类型;

(3) 不同工艺方法的特点和适用范围。

3.1 零件的材料、形状及尺寸的影响

产品的设计要求决定了零件的材料、结构形状和尺寸, 而零件的材料、结构形状和尺寸在很大的程度上决定了工艺方法, 这是因为不同的材料和结构都对应有某些合宜的工艺方法, 有时只对应一种唯一的方法。如铸铁材料成形一般只能采用铸造方法; 而钢的成形方法选择余地较大, 铸造、锻造、冲压、焊接均可采用。但如果是用薄钢板制造汽车覆盖件, 则一般只能采用板料冲压和焊接方法。

零件的尺寸、质量大小也是影响工艺方法选择的重要因素, 例如, 同为轴类钢件, 中小电机轴可采用圆钢下料车削加工成形; 而大型汽轮机转子则必须经冶炼铸锭、锻造后车削加工成形。同为箱体形铸钢件, 如果尺寸、质量较大, 则只能采用砂型铸造; 如果尺寸、质量较小, 则熔模铸造也是一种可供考虑的方法。

3.2 生产类型的影响

产品(零部件)的生产类型, 即产品的品种多少, 产量大小及生产组织方式等, 对合理选择工艺方法亦有很大的影响, 有时是决定性的影响。

3.2.1 生产类型的划分

1. 生产类型的划分方法 机械产品的生产类型有如下四种不同的划分方法。

(1) 按一定时间内产品产量的连续程度划分。分为单件小批生产、成批生产和大量(连续)生产三种类型。

(2) 按产品品种和产量的关系划分。分为多品种小批量、中品种中批量和少品种大批量三种类型。

(3) 按产品的销售方式划分。分为订货生产和存货生产两种类型。

(4) 按生产系统与产品生命周期的关系划分。分为项目型生产、非流水线生产、间歇生产、装配线和流水线生产四种类型。

2. 各种生产类型之间的关系 上述各种生产类型之间有着内在的联系, 图 1-3-3 示出了它们之间的对应关系。一般常用第一种分类方法, 即单件小批生产、成批生产和大量(连续)生产的划分来研究分析问题。



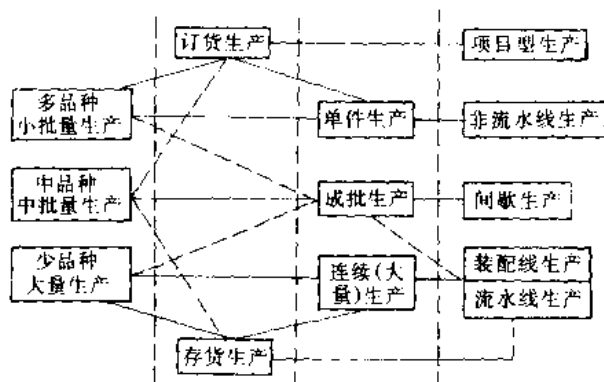


图 1-3-3 各种生产类型之间的关系

3.2.2 不同生产类型的工艺特征

生产类型对企业的生产组织、工艺过程及所采用的工艺方法、设备和辅助工装均有很大的影响。同一种产品由于生产量不同,可能有完全不同的工艺过程。表 1-3-1 示出各种生产类型的工艺特征。

表 1-3-1 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生产类型		
	单件小批生产	成批生产	大量(连续)生产
重型零件 (零件质量 >2000kg)	<5	5~100 (小批) 100~300 (中批) 300~1000 (大批)	>1000
中型零件 (零件质量 100~2000kg)	<10	10~200 (小批) 200~500 (中批) 500~5000 (大批)	>5000
轻型零件 (零件质量 <100kg)	<100	100~500 (小批) 500~5000 (中批) 5000~50000 (大批)	>50000

同类零件年产量(件)

(续)

工艺特征	生产类型		
	单件小批生产	成批生产	大量(连续)生产
毛坯成形	1. 型材锯床、热切割下料 2. 木模手工砂型铸造 3. 自由锻造 4. 弧焊(手工、通用焊机) 5. 冷作(旋压等)	1. 型材下料(锯、剪) 2. 砂型机器造型 3. 模锻 4. 冲压 5. 弧焊(专机)、钎焊 6. 压制(粉末冶金)	1. 型材剪切 2. 机器造型生产线 3. 压铸 4. 热模锻生产线 5. 多工位冲压、冲压生产线 6. 压焊、弧焊自动线
机械加工	1. 通用工艺设备、按机群式排列 2. 数控机床,加工中心	1. 通用和专用机床,成组加工 2. 柔性制造系统(多品种小批量生产)	1. 组合机床、刚性自动生产线 2. 柔性生产线(多品种大量生产)
热处理	周期式热处理炉。如: 1. 密封箱式多用炉 2. 盐浴炉(中小件) 3. 井式炉(细长件)	1. 真空热处理炉 2. 密封箱式多用炉 3. 感应热处理	1. 连续式渗碳炉,多用炉生产线 2. 网带炉、铸链炉、滚棒式炉、滚筒式炉 3. 感应热处理
涂装	1. 喷漆室 2. 搓涂、刷涂	1. 混流涂装生产线 2. 喷漆室	涂装生产线(静电喷涂、电泳涂装等)
装配	1. 以修配法及调整法为主 2. 固定装配或固定式流水装配	1. 以互换法为主,调整法、修配法为辅 2. 流水装配或固定式流水装配	1. 互换法装配 2. 流水装配线、自动装配机或自动装配线



(续)

工艺特征	生产类型		
	单件小批生产	成批生产	大量(连续)生产
物流设备	叉车、行车、手推车	叉车、各种输送机	各种输送机、搬运机器人、自动化立体仓库等
辅助工装	按划线工作,采用万能夹具、通用刀量具	广泛采用夹具,多采用专用刀量具	广泛采用高效专用夹具、刀具和量具
工人熟练程度	高	中等	低,但需熟练程度高的调整工
工艺文件	简单	中等	详细
生产成本	高	中等	低
产品实例	重型机器、汽轮机、重型机床、大型内燃机、大型锅炉、机修配件	机床、工程机械、水泵、风机、阀门、机车车辆、起重机械、中小锅炉、液压件	汽车、拖拉机、内燃机、滚动轴承、手表、摩托车、自行车、电气开关

3.3 不同工艺方法的特点和适用范围

3.3.1 各种毛坯制造方法的工艺特点和适用范围

不同的毛坯制造方法,通过如下几方面的因素显示出不同的工艺特点,从而产生不同的技术经济效果。

(1) 材料的组织和力学性能的发挥。同一材料由于毛坯制造方法不同,其组织及力学性能会有很大差别,正确选择毛坯的制造方法,可以发挥材料的性能潜力提高毛坯的内部质量。例如,同是铝合金件,锻件、挤压件及压铸件的性能明显高于砂型铸件。

(2) 毛坯的尺寸精度、表面粗糙度等外部质量。不同制造方法所能达到的水平也很不相同。手工砂型铸造和自由锻造的表面质量较差,压铸、精冲等少无切屑工艺的表面质量好。

(3) 生产效率和设备投资。不同方法之间也极不相同,它决定了对不同生产类型的适应性及经济性。

(4) 对零件的材料、形状、尺寸、重量的适应性。它决定了各种毛坯制造方法的工艺可能性。如铸铁、铸铝材料只能采用铸造方法;薄壁工件不能采用砂型铸造;外形尺寸过大的铸件不能采用压铸等。

表 1.3-2 列出了各种毛坯制造方法的上述工艺特点,可供选择毛坯制造方法时参考。

表 1.3-2 各种毛坯制造方法的工艺特点

方法	适应性			经济性			质量				适用范围	
	材料	形状	最小壁厚 (mm)	最大质量 (kg)	生产率	设备投资	生产类型	精度等级 (IT)	表面粗糙度 R_a (μm)	缺陷控制		组织性能
手工砂型铸造	铸铁	任意复杂程度	3~5	不限制	低	小	单件小批	14~16		难	较差	单件小批大型铸件
机械砂型铸造	铸钢 非铁铸造合金			4000 (单机) 250 (线)	高	大	大量大批	14		较难	中	大量大批的中小型铸件
金属型铸造	铸铁 非铁铸造合金	较简单	3	100	高	中	成批大量	11~12	12.5~3.2	较易	较好	多用于形状较简单的中小有色铸件
压铸	非铁铸造合金	复杂	0.5~1	10~16	很高	大	大量大批	9~11	3.2~0.8	易	好	复杂薄壁的中小有色铸件,批量大



(续)

方法	适 应 性				经 济 性			质 量				适用范围
	材 料	形 状	最 小 壁 厚 (mm)	最 大 质 量 (kg)	生 产 率	设 备 投 资	生 产 类 型	精 度 等 级 (IT)	表 面 粗 糙 度 R_a (μm)	缺 陷 控 制	组 织 性 能	
熔模铸造	铸钢 难加工 合金	复杂	0.3 (孔 $\phi 0.5$)	30	中	中	成批	11~12	6.3~ 3.2	较难	中	形状非常 复杂的中小 型铸件,有一 定批量
离心铸造	铸铁 铸钢 非铁铸 造合金	旋转体	3~5	200	高	较大	成批 大量	15~16	12.5	易	好	圆筒形铸 件,有一定批 量
自由锻造	锻钢 型钢 非铁合 金	简单	不限 制	不限制	低	小一 大	单件 小批	14~16	12.5	较难	较好	形状简单 的大型锻件, 单件机修件
模 锻 (锻锤)	锻钢 型钢 非铁合 金	中等 复杂	2.5	100	较高	较大	成批	12~14	12.5	较易	好	有一定批 量的中小锻 件
模 锻 (压力机)					高	大	大量 大批			易		批量很大 的中小锻件, 单件机修件
精密模锻	型材 (钢、非 铁合金)	较复杂	1.5	100	高	大	大量 大批	11~12	3.2~ 6.3	易	好	形状复杂, 难加工的 中小锻件
冲压	型材 (板、 管)	较复杂	0.1	4200~ 7000 (旋压)	很高	大	大量 成批	9~12	0.8~ 1.6	易	好	批量很大 的板材成形 件
精 冲	中薄 板材	复杂			很高	大	大量 成批	8~11	0.4~ 0.8	易	好	大批量中 薄板材,复杂 形状中小件
冷温挤压	棒、管、 板	较复杂	0.05 ~0.1	35	很高	大	大量 大批	8~11	0.4~ 0.8	易	好	批量较大, 形状较复杂 的中小件
楔横轧	圆钢	阶梯轴		250	很高	大	成批 大量	12~14	12.5	易	好	$\phi 100$ 以下 的阶梯轴,批 量大
超塑成形	非铁合 金、工 具钢、 工程陶 瓷	复杂	0.5~ 1.0	25	低	小	中批 小批	8~11	0.4~ 0.8	易	好	批量不大 的复杂形状 锻件

此星公司制作 请尊重作者版权



(续)

方法	适应性				经济性			质量				适用范围
	材料	形状	最小壁厚 (mm)	最大质量 (kg)	生产率	设备投资	生产类型	精度等级 (IT)	表面粗糙度 R_a (μm)	缺陷控制	组织性能	
熔焊	钢、非铁合金	复杂	0.01 (等离子焊)	不限制	较高	较小	单件成批大量			较难	中	型材拼接, 适于各种批量
压焊	型材 (钢、非铁合金)	较简单			很高	大	成批大量			易	好	批量较大的薄板及圆棒材拼接
钎焊	钢、非铁合金、工程陶瓷	较复杂				小	单件成批			易	中	异种材料或有色薄板
压制 (粉末冶金)	钢铁、非铁合金、硬质合金、工程陶瓷	中等		25	较高	大	成批			较难	好	特种材料 (硬质合金、工程陶瓷、摩擦材料) 的成形
轧材 下料	锯	硬度不高的钢、非铁合金	棒、管型材		低	低	单件小批			易	基本不变	单件小批下料
	剪切	非铁合金	棒、厚板		高	较高	批量			易		批量下料
	冲裁	型材	薄板		很高	高	大量大批			易		大量大批下料
	热切割	各种金属型材	各种型材		中	中	单件批量			易		各种批量下料
	激光切割	各种材料	各种型材		高	高	批量大量			易		超硬等特种材料下料
	水束流切割	软质非金属材料	各种型材		高	高	批量大量			易		非金属材料下料
注塑	高分子材料	复杂			高	较高	大量批量			易	高分子材料零件成形	

3.3.2 各种机械加工方法的工艺特点和适用范围

由毛坯加工成零件, 通常也有多种机械加工方法可供选择。为了合理选择机械加工方法, 主要应考虑如下因素。

(1) 零件的表面形状和尺寸。这决定了可能采用的加工方法种类和加工机床。任何零件均由若干表面组成, 表面的几何性质不外是外圆、内孔、平面、螺纹、齿形、花键及成形表面等。每种表面都有其可能成形的加工方法 (表 1.3-3), 因而, 该因素决定了加工方法



表 1-3-3 各种表面可供选择的加工方法

序号	表面形状	常用的加工方法
1	外圆	车(粗、细、精)、磨(粗、精)、研磨、抛光、滚压
2	内孔	钻、铰、镗、拉、磨、胀孔(挤压)、研磨、抛光
3	平面	铣、刨、车、拉、磨、研磨、抛光、刮研
4	螺纹	车、铣、磨、滚压(滚搓、滚轧)、套螺纹(板牙)、攻螺纹(丝锥)
5	齿形	铣、滚、插、拉、刨、剃、冷挤、珩、磨、研
6	成形表面	成形刀具加工、仿形加工、数控加工、电火花加工、电解加工
7	复杂和特殊表面	电火花加工、电解加工、激光加工、数控加工
8	细微表面(深小孔、细沟槽等)	激光加工、电子束加工、电火花加工

的可能性。

(2) 零件要求的尺寸精度和表面粗糙度。它决定了最终加工方法和加工路线。一般应根据表面质量要求,确定其最终加工方法,然后再考虑经过哪些必要的预加工达到最终加工目的。为达到同一加工目的,可能有多种加工方案。在选择加工方法时,应尽量用最短的加工路线来达到最终加工目的;同一零件的各个表面尽量采用相同的加工方法,以减少切削工具的种类和工件装夹次数,保证各表面间的相互位置精度,提高生产效率。

(3) 被加工工件的材料及其加工性能。被加工材料的硬度及其他加工性能决定了加工方法和切削刀具(磨具)的选择。为了改善加工性能,通常在切削加工前,要进行软化、消除应力等中间热处理。硬度过高的材料一般采用超硬刀具加工、磨削加工或特种加工(电火花、电解、激光等)方法。对于硬度虽不高,但加工性能差的材料也需采用特种加工方法。

(4) 生产类型。它通过劳动生产率和设备投资等经济性因素决定了加工方法及其机床类别的选择和自动化程度的高低。如平面和内孔加工,在批量不大时,一般分别采用铣、刨和钻、镗方法;而在大量大批生产中可采用专用的高效拉削加工。适应各种不同生产类型的机床及其自动化系统的类别示于表 1-3-4。

表 1-3-4 适应不同生产类型的机床及其自动化系统

机床及系统类型	举 例	功能特点	适用生产类型
通用机床	普通车床、刨床、钻床、铣床、镗床、磨床等	可用于多种零件、多种工序的加工	单件小批生产
数控机床	数控车床、数控钻床、数控镗床、数控外圆磨床等	不需机床调整即可完成多种零件的加工	多品种中小批量生产
高效机床	多刀车床、液压仿形机床、拉床、无心磨床、单轴和多轴自动、半自动机床等	刚度大,功率高,可用大切削量加工,加工效率较高	大批大量生产
专用机床	气阀车床、轧辊车床、轧辊磨床、轴承磨床等	专门订货或企业自制,只能加工某种零件的某道工序	大批大量生产
专门化机床	曲轴车床、曲轴磨床	可加工形状相似而尺寸不同的零件的特定工序	大批大量生产
组合机床	钻镗组合机床、铣削组合机床、车削组合机床、多轴箱换箱式组合机床	可对一种或若干种零件按预先确定的工序进行加工	成批、大量生产
柔性制造系统	箱体件加工柔性制造系统、电器开关板冲压柔性制造系统	可完成多种不同方法的加工而不需作较大的工装更换	多品种小批量生产
柔性生产线	汽车零件柔性生产线	同时兼有柔性和大量生产的功能特征	多品种大批量生产
自动生产线	汽车缸体自动加工生产线、柴油机曲轴自动加工生产线	生产效率最高,但改变工件品种困难	大量大批生产



3.3.3 材料改性处理方法的工艺特点和适用范围

热处理和表面保护工艺是材料改性处理的主要方法,在设计工艺方案时往往将这两类工艺综合比较、全面考虑,使其相互配合,合理搭配。其最终目的是满足设计对零件整体及表面性能的要求。在进行工艺技术选择时,主要考虑如下因素:

- (1) 材料的性能潜力及热处理、表面保护工艺性能;
- (2) 零件的服役条件(载荷、摩擦、介质、环境

等)及失效类型;

- (3) 零件的结构形状及尺寸大小;
- (4) 生产类型。

上述第(1)、(2)个因素一般决定最终处理及表面保护工艺方法的类型和合理搭配;第(3)、(4)个因素一般决定工艺设备的类型和布置方式。

与各种材料及服役条件相适应的最终热处理及表面保护工艺的合理搭配列于表1.3-5(消除内应力退火等预备热处理工艺未列在内)。

表 1.3-5 各种零件的最终热处理与表面保护工艺的合理搭配

零件材料	最终热处理及表面保护工艺	性能特点及适用范围	典型零件	零件材料	最终热处理及表面保护工艺	性能特点及适用范围	典型零件
灰铸铁件	时效+涂装	在大气环境下有一定保护作用	壳体、箱体	铸钢件	正火+涂装	具有一般力学性能和保护作用,用于大气环境下的非受力件	壳体
	时效+磷化				正火+表面淬火	形成内韧外硬的组织,具有良好的耐磨性和疲劳强度,多用于中碳钢	机床主轴、轧辊
	时效+热浸镀(锌)	有较好的抗大气腐蚀性能	管接头		调质(+涂装)	是中碳钢、中碳合金钢件最常用的热处理工艺,具有良好的综合力学性能	汽车半轴、汽轮机转子
	时效+电镀	改善摩擦副的摩擦学性能	缸套、活塞环		调质+表面淬火	心部综合力学性能高,耐磨性好	机床齿轮
	时效+表面淬火	提高耐磨性	机床导轨		调质+深冷处理+时效	马氏体转变完全,减少工件在使用中变形,硬度和疲劳强度高	丝杠、量具
可锻铸铁件	时效+等离子喷焊(铜)	提高耐磨性	低压阀门	球墨铸铁件	退火+涂装	塑韧性高,在大气环境下有一定保护作用	壳体、管体
	石墨化退火+涂装	在大气环境下有一定保护作用	壳体		退火+等离子喷焊	塑韧性高,喷焊表面耐磨性好	中压阀门
石墨化退火+热浸镀	有较好的抗大气腐蚀性能	电路金具	正火		强度、硬度较高,有一定塑韧性	轴类、连杆	
退火+涂装	塑韧性高,在大气环境下有一定保护作用	壳体、管体	正火+表面淬火		强度及表面硬度高,耐磨性好	曲轴、凸轮轴	
退火+等离子喷焊	塑韧性高,喷焊表面耐磨性好	中压阀门	正火+电镀		改善摩擦副的摩擦学性能	缸套、活塞环	
球墨铸铁件	正火	强度、硬度较高,有一定塑韧性	轴类、连杆	正火+渗氮	疲劳强度及耐磨性好	齿轮	
	正火+表面淬火	强度及表面硬度高,耐磨性好	曲轴、凸轮轴	等温淬火	具有良好的综合力学性能	齿轮、磨球	
	正火+电镀	改善摩擦副的摩擦学性能	缸套、活塞环				
	正火+渗氮	疲劳强度及耐磨性好	齿轮				
铸钢件	等温淬火	具有良好的综合力学性能	齿轮、磨球	铸钢件	淬火+中温回火	与调质相比,具有较高的强度与屈强比	弹簧、轴
	正火+表面淬火	强度及表面硬度高,耐磨性好	曲轴、凸轮轴		淬火	用于低碳钢,具有低碳马氏体组织及较好的综合力学性能	高强度螺栓、链片、轴
	正火+电镀	改善摩擦副的摩擦学性能	缸套、活塞环		淬火+低温“回火”		
铸钢件	正火+表面淬火	强度及表面硬度高,耐磨性好	曲轴、凸轮轴	铸钢件	淬火+低温回火	用于高碳钢、高碳合金钢,具有高的硬度、强度、耐磨性	刀具、量具轴承
	正火+电镀	改善摩擦副的摩擦学性能	缸套、活塞环		淬火+低温回火+氧化		
	正火+渗氮	疲劳强度及耐磨性好	齿轮		渗碳	用于低碳合金钢,具有高的疲劳强度、耐磨性和抗冲击性能	汽车、拖拉机传动齿轮
铸钢件	等温淬火	具有良好的综合力学性能	齿轮、磨球	铸钢件	碳氮共渗		
	正火+表面淬火	强度及表面硬度高,耐磨性好	曲轴、凸轮轴				



(续)

零件材料	最终热处理及表面保护工艺	性能特点及适用范围	典型零件	零件材料	最终热处理及表面保护工艺	性能特点及适用范围	典型零件			
铸 钢	渗氮	用于中碳渗氮钢, 处理温度低, 变形小。具有高的疲劳强度、耐磨性并改善耐蚀性	丝杠、 轴杆	铸 钢、 锻 钢 件	正火(调质)+ 热浸镀	有较好的抗大气腐 蚀性	紧固件			
	氮碳共渗				正火(调质)+ 化学转化膜	获得耐蚀或减摩层	紧固件			
	渗硫	减摩、抗咬合性能优良, 但通常只能作为已 磷化工件的后续处理 工艺	渗碳齿 轮、已淬 火回火的 刀具	锻 钢 件	固溶处理(+涂 装)	不锈钢、高锰钢等 铸锻件	阀门、 履带板			
					固溶处理+时 效	沉淀硬化钢铸、锻 件	叶片、 导叶			
	钢 型 材	减摩、抗咬合性能优良, 变形很小, 抗疲劳 与耐磨性良好且在非 酸性介质中耐蚀, 适用于 因粘着磨损、非重载 疲劳断裂而失效的钢 铁工件	曲轴、 缸套、气 门、刀具 与多种模 具	钢 型 材	预处理+涂装	在大气环境下有一 定保护及装饰作用	一般钢 构件			
					预处理+电镀	形成装饰性或功能 性多种镀层	汽车、 自行车零 件			
					预处理+热喷 涂+涂装	形成有长效重防蚀 功能的复合覆层	恶劣环 境下的户 外钢结构			
	锻 钢 件	渗碳+渗硫	疲劳强度高, 表面耐 磨、减摩、耐蚀性好	高速齿 轮	铝 合 金	预处理+化学 转化膜	提高耐蚀、耐磨性			
		渗硼	硬度很高(1500~ 3000HV), 耐磨蚀, 抗 磨粒磨损性能好	牙 轮 钻、模具、 泵内衬		预处理+物理 气相沉积	获得超硬覆盖层, 提高耐磨、耐蚀性			
	件	渗入碳化物形 成元素			提高耐磨、耐蚀性 及其他特种性能(抗擦 伤性、耐冷热疲劳性等)	轧 辊、 模具、阀 门(密封 面)	铝 合 金	预处理+化学 转化膜	提高耐蚀、耐磨性。 可形成多种美观色 彩, 多用于铝型材	铝合金 门窗
正火(调质)+ 热喷涂		具有较好的综合力 学性能, 用于铝铸 锻件	活塞							
正火(调质)+ 堆焊		形成高硬度的表面 膜, 具有较高的耐 磨性和疲劳强度。用于 承载较大的铝合金铸 锻件	高 速 钢 刀 具、表 壳	金				淬火, 时效+硬 阳极氧化		齿圈
正火(调质)+ 物理气相沉积								可获得超硬覆盖层		
正火(调质)+ 电镀								形成装饰性或功能 性多种镀层	液 压 支 架、炮 筒	
正火(调质)+ 化学镀	形成超硬、耐磨、耐 蚀镀层	印 刷 辊 筒、纺 织 机 零 件	高 分 子 材 料	电镀	外观好, 有一定防 蚀性能	汽车、 家电装饰 件				

此页公司制作 请尊重原作者版权



3.4 工艺技术选择实例分析

在确定一个零件的合理工艺方法时,应该全面分析零件的材料、形状和尺寸,生产类型及各种工艺方法的特点和适用范围,择优选定其毛坯制造方法、机械加工方法及改性保护方法。同类零件因服役条件、材料、尺寸、重量、生产类型不同而存在多种工艺方法选择方

案;具体零件在确定工艺方法时还要考虑前后工序、工步之间的合理搭配和衔接。下面以齿轮和曲轴这两种典型零件为例,说明工艺技术选择的多样性。


1. 齿轮 齿轮所用材料、齿坯及齿面成形,热处理方法均多种多样,见表1-3-6。

2. 曲轴 各种曲轴的机械加工方法大致相同,主要是毛坯成形工艺及热处理工艺多种多样,见表1-3-7。

表 1-3-6 齿轮制造的各种工艺方法

材 料	成 形 工 艺		热处理工艺	适 用 范 围	零 件 举 例		
	齿 坯	齿 面					
夹布胶木	车、锯	切 齿					
尼龙	注 塑	注 塑		轻载小型自润滑齿轮	家用电器齿轮		
粉末冶金	压 制	压制、磨		轻载小型齿轮,摩擦特性好	油泵齿轮		
薄钢板	冲 压	冲 压		小型、薄型齿轮	钟表齿轮		
灰铸铁	砂型铸造	切 齿		低速轻载齿轮、蜗轮	正时齿轮		
球墨铸铁	砂型铸造	切 齿	正火	低速中载齿轮蜗轮			
	砂型铸造	切 齿	等温淬火	中速中载齿轮	中型减速器内轮		
铸钢 (ZG310-570)	砂型铸造	切 齿	正火、调质	结构复杂,直径很大,不易锻造的低速轻载和中速中载齿轮	重型减速器齿轮		
型钢棒料 (45, 18CrMnTi)	锯、切割、剪切	切齿、冷 挤	正火、调质 渗碳淬火	单件小批生产,尺寸较小,结构简单的齿轮			
锻	40 45 50	自由锻、	切 齿	正火	直径很大,低速轻载齿轮		
	40Cr 50Mn2 35SiMn 40MnB	精锻 (小直径)		热 轧	调质	中速中载齿轮	
	40Cr	模 锻 精 锻	切 齿 磨 齿	冷 打	调质 + 高频 淬火	中速中载齿轮 高速中载齿轮	
					调质	中速中载齿轮	机床精密齿轮
18CrMnTi	模 锻 精 锻	切 齿 (精锻)	渗碳淬火 碳氮共渗	高速重载,大模数	汽车后桥齿轮		
渗碳(氮) 齿轮钢	自由锻 模 锻	滚-磨 滚-刮-珩	渗碳淬火 调质 + 深层 渗氮	高速重载,大模数	冷热连轧机齿轮、鼓风机 机齿轮		
镶圈齿轮 (锻钢 + 铸钢)	锻造(轮 缘)铸造 (轮毂)	切 齿	调质(轮 缘) 退火(轮 毂)	大型复杂中速中载齿轮			

(续)

材 料	成 形 工 艺		热处理工艺	适 用 范 围	零 件 举 例
	齿 坯	齿 面			
削分齿轮 (铸钢)	铸 造	切 齿	调质		
拼焊齿轮 (锻钢+铸 钢+钢板)	锻造(轮 缘)铸造 (轮毂)下 料(辐板)	切 齿	调质 (轮缘) 退火(轮 毂、辐板)	特大型、复杂中速中载齿轮	
非铁合金 (青铜、 铸铝合金)	砂型铸造 离心铸造	切 齿			动力蜗轮 分度蜗轮

注：切齿工艺包括滚、刨、拉、插等。

表 1-3-7 曲轴制造的各种工艺方法

材 料	毛坯成形工艺		处 理 改 性		适 用 范 围	零 件 举 例
	大 类	小 类	整 体	轴颈表面		
球墨铸铁 (QT600-3, QT700-2, QT800-2, QT1200-1)	铸 造	机械砂型铸造	铸态正火(或 余热正火)、 等温淬火	轴径感应淬火、 圆角感应淬火、圆 角滚压、软氮化、 SNC 共渗	批量生产中大 型曲轴	空压机曲轴
		砂型铸造流水 线(高压、气冲)			大量流水生产 中小型曲轴	汽车、拖拉机、 柴油机曲轴
		金属型复砂铸 造			批量生产小型 曲轴	单缸柴油机曲 轴
		低压铸造			批量生产中大 型曲轴	机车曲轴
铸 钢 (ZG310-570)	铸 造	砂型铸造	正火	感应淬火	单件小批大型 曲轴	
		电渣熔铸	正火	感应淬火	批量生产中型 曲轴,性能要求高	
锻 钢 (40CrMo 等)	锻 造	自由锻	正火 调质	感应淬火	单件生产大型 曲轴	船用柴油机曲 轴
		弯曲锻			批量生产大中 型曲轴	船用柴油机曲 轴
		辊锻制坯,热模锻 压力机生产线			大量大批生产	汽车曲轴
锻 钢 (35, 45 等)	锻 造 焊 接	自由锻造+热 装、弧焊		感应淬火	单件小批大型 形状复杂曲轴(如 带平衡重的曲轴)	

此为公司制作请尊重版权

0.5

11

