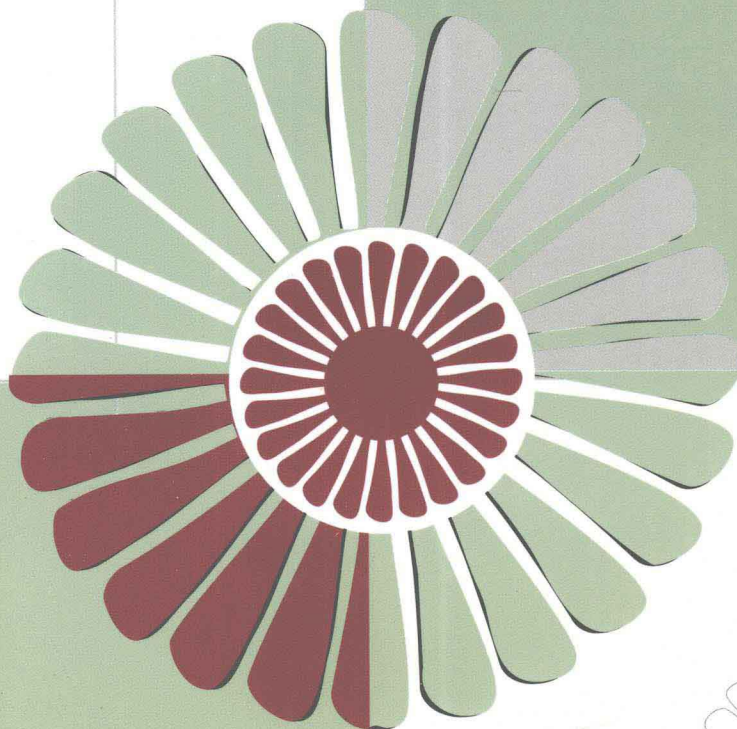


透平机械现代制造技术丛书

盘轴制造技术

《透平机械现代制造技术丛书》编委会



沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司



科学出版社
www.sciencep.com



透平机械现代制造技术丛书

盘轴制造技术

《透平机械现代制造技术丛书》编委会

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以航空发动机盘轴类零件制造工艺技术为重点,总结了40多年来航空发动机盘轴类零件的制造经验和成果,并兼顾了一些透平机械同类产品的制造技术。在求实、求新、求精、求是的编写原则下,汇编成概念准确、论述简洁、数据丰富、比较完整的盘轴类零件制造技术分册。本书对航空盘轴类零件的生产具有广泛的实用价值和指导作用。

全书分5篇共28章,主要内容有:压气机盘、涡轮盘的制造工艺技术,盘类环形件加工工艺,压气机鼓筒的电子束焊、摩擦焊工艺及鼓筒加工工艺,航空轴类零件加工工艺、盘轴机械装配、组合加工及静、动平衡工艺、盘轴类零件的无损检验和检测技术。在最后一篇还对盘轴类零件典型加工工艺及发展趋势作了专题介绍。

本书可供从事航空发动机盘轴类零件及相关产品制造的科技人员、技术工人、检验人员、各级技术管理人员阅读,对其他机械制造部门的有关工程技术人员、技术工人和管理人员也有一定的参考作用。

图书在版编目(CIP)数据

盘轴制造技术/《透平机械现代制造技术丛书》编委会编. —北京:科学出版社,2002
(透平机械现代制造技术丛书)

ISBN 7-03-010795-0

I. 盘… II. 透… III. ①航空发动机-轮-制造
②航空发动机-轴-制造 IV. V263.1
中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第072014号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2002年10月第一次印刷 印张:22 3/4

印数:1—3 000 字数:500 000

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

序 言

1903年12月17日是一个值得永远纪念的日子,美国莱特兄弟在机械师查·泰勒的帮助下,自己动手制造一台12马力、重77.2公斤的活塞式汽油发动机装在“飞行者I号”飞机上,成功地进行了第一次持续的、有动力的、可操纵的载人飞行,这一划时代的创举,实现了人类飞上天空的梦想,开创了人类飞行的新纪元。此后,活塞式发动机的发展,促使飞机得到了广泛的应用;到20世纪30年代末和40年代初,英国、德国相继发明燃气涡轮发动机,使航空工业发生了一场“革命”,飞机从亚声速跨入了超声速飞行的新时代;20世纪60~70年代,涡轮风扇发动机的问世,军机飞行速度、航程和机动性出现了历史性的飞跃,民用宽体客机实现了不着陆的越洋飞行,地球变“小”了。可以毫不夸张地说,人类在航空领域中取得的每一次重大革命性进展,无不与航空动力技术的突破和进步相关。

现在,作为飞机“心脏”的航空发动机技术已成为一个国家科技水平、国防实力和综合国力的重要标志之一。而航空发动机的发展,又在很大程度上依赖于材料和制造技术的发展,因此,可以说新材料技术和现代制造技术是航空动力技术发展的重要基础,而新材料的创新和应用与其相应的制造技术又是密不可分的。很难想像没有先进的制造技术而能研制出先进的航空发动机。我国航空发动机技术,与发达国家相比存在较大差距,其中主要原因之一就是制造技术的落后。要想改变我国航空动力落后的面貌,除了在基础理论研究、应用研究、型号工程设计、新材料、试验和测试技术等方面努力之外,还必须在现代航空制造技术方面有所突破和创新。

《透平机械现代制造技术丛书》正是在这种背景下编写的。本丛书由沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司技术中心组织编写,遵循“求实、求是、求新、求精”的原则,紧紧围绕生产和研制中所出现的实际问题,总结了黎明公司几十年的实践经验,针对发动机的主要关键零件逐一进行编写,还对发动机装配、试车技术做了较系统的论述,将基础理论与工程实践紧密结合起来,可以说是从实践中来,到实践中去,弥补了学校教材中工程实际应用的不足,具有较强的工程实用价值。更为难能可贵的是,本丛书的作者大多是中青年科技人员,说明我们的事业后继有人,发展有望。本书以实用性为主,主要读者是从事透平机械、航空发动机制造工程的广大技术人员、检验人员、技术工人和各级技术管理干部,对大专院校相关专业的师生也有一定的参考价值。我相信,本丛书的出版,将促进航空发动机制造技术的交流,对培养高水平的专业技术人员和高级技术工人起到重要作用,并推动我国航空发动机制造技术不断向前发展。

2011年12月

编 者 序

黎明航空发动机(集团)有限责任公司从完成第一台燃气涡轮喷气发动机至今已有40多年的历史,随着各型燃气涡轮发动机的研制与生产,在制造技术方面积累了大量经验,取得了丰硕成果。

为了促进航空发动机制造技术的交流,推动我国航空发动机制造技术的进步,2000年8月决定将黎明公司在开发透平机械和发展透平机械制造技术方面的经验、成果汇总起来,编写成《透平机械现代制造技术丛书》出版。

本套丛书由黎明公司技术中心组织各制造研究室技术人员,并约请公司广大技术人员,聘请有关教授、专家,经过两年多的努力,编写了5个分册,即《机匣制造技术》、《盘轴制造技术》、《结构件制造技术》、《叶片制造技术》、《装配试车技术》。

编写这套丛书,坚持了求实、求是、求新、求精的原则,以航空燃气涡轮喷气、涡轮风扇发动机为重点,工艺学科为主线,在总体上强调综合性、系统性、科学性、实用性;在表达形式上以文字叙述为主,并辅以数据和必要的图、表、公式,力求这套丛书所述技术先进、概念准确、理性鲜明、论述简洁、排版合理和阅读方便,是一套为从事制造技术的广大科技人员提供有益指导和参考作用的科技丛书。

在编写这套丛书的过程中,对给予支持的单位和提供资料、参与编审的人员,表示衷心感谢。

首次组织撰写“丛书”,缺乏经验,加之参与编审人员水平有限,错误、不足之处在所难免,希望广大读者给予指正。

《透平机械现代制造技术丛书》编委会

2002年7月

主要符号说明

a_K	冲击韧性
a_p	切削深度
a_f	每齿进给量(拉刀齿升量)
F_n'	单位宽度发向磨削力
F_t'	单位宽度切向磨削力
v	切削速度
v_s	砂轮速度
v_w	工件速度
f	每转进给量
n	工件转速
R_a	轮廓德平均算术偏差
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$	角度
γ_o	刀具前角
α_0	刀具后角
γ	不平度间距与其高度之比的相关系数
ρ	波谷的曲率半径
σ	应力
λ_s	刀具刃倾角
β	金属相
Ψ	断面收缩率
δ	延伸率

为世界发展

贡献力量

林长明

《透平机械现代制造技术丛书》
总编委会及办公室成员组成名单

总编委员会主任 庞 为

总编委会副主任 曹福泉 于培敏 崔荣繁 王 伟 石竖鲲

总编委会常务副主任 王 伟

总编委会委员 (按姓氏笔画排列)

于文怀	于培敏	王 伟	王 翱	王少刚	王全星
王聪梅	王德新	牛昌安	石竖鲲	艾银生	关志成
司克鑫	阴洪生	曲 伸	刘 艳	刘一鸣	刘秋生
刘隋建	李宝歧	李谱庄	宋宝玉	杨 坚	杨振辉
杨继业	张利生	张春刚	张树江	岳 滨	周 义
庞 为	庞庆华	庞继友	邵清安	赵瑞珊	姜雪梅
倪国雄	钱韶光	高 鸽	郭 旭	郭玉芬	曹福泉
盛 明	崔树森	崔荣繁	董书惠	谢瑞福	熊 瑛
潘永瑚	魏 政	魏鉴梅			

总编委会常务委员 (按姓氏笔画排列)

于文怀	王聪梅	石竖鲲	艾银生	刘 艳	刘秋生
宋宝玉	张春刚	赵瑞珊	姜雪梅	董书惠	潘永瑚
魏鉴梅					

总编委会办公室主任 石竖鲲

总编委会办公室成员 (按姓氏笔画排列)

艾银生	刘秋生	宋宝玉	张春刚	郭玉兰	潘永瑚
责任编辑	宋宝玉	艾银生			
封面设计	艾银生	隋雪冰			

《盘轴制造技术》编委会

主 编 姜雪梅

副主编 王仁梁 蔡吉安 王 翱

委 员 (按姓氏笔画排列)

王 翱 王仁梁 王振峰 王德新 杜宝玉
宋宝玉 张 森 周丽珠 姜雪梅 徐焕荣
蔡吉安

编写人员 (按姓氏笔画排列)

王振峰 杜宝玉 周丽珠 姜雪梅 徐焕荣

参加编写人员 (按姓氏笔画排列)

于 菲 王文博 王敬和 牛梦华 卢海洋
任富华 苑英志 周景华 戴惠风

提供资料人员 (按姓氏笔画排列)

王 敏 王仁梁 孙东斌 刘洪林 李凤升
吴太石 张叶盛 张凡云 张厚悦 周英杰

统 稿 姜雪梅 杜宝玉

目 录

序言	
编者序	
主要符号说明	

第1篇 发动机盘类件的加工

第1章 盘类件的类型、结构特点、技术要求	1
1.1 盘类件的类型、结构特点	1
1.1.1 盘类件的类型	1
1.1.2 盘类件的结构	1
1.2 盘类件的技术要求	3
1.2.1 尺寸精度	3
1.2.2 几何形状精度	3
1.2.3 相互位置精度	3
1.2.4 表面粗糙度	3
1.3 盘类件的工艺分析	3
1.4 盘类件加工工艺过程	4
1.4.1 毛坯的选择	4
1.4.2 盘类件加工阶段的划分	4
1.4.3 采用工序集中的原则	5
1.4.4 定位基准选择	5
1.4.5 热处理工序位置安排	5
1.4.6 无损检测工序的安排	5
1.4.7 典型涡轮盘加工工艺过程	5
1.4.8 典型压气机盘加工工艺过程	6
第2章 盘类件的毛坯制造	8
2.1 涡轮盘、压气机盘的毛坯种类和机械加工余量	8
2.2 涡轮盘、压气机盘的毛坯图样	9
2.3 涡轮盘毛坯制造工艺	10
2.4 压气机盘毛坯制造工艺	10
2.5 涡轮盘、压气机盘锻件零件技术条件	12
第3章 涡轮盘典型加工工艺	15
3.1 涡轮盘的车加工	15
3.2 典型涡轮盘的车加工	15
3.2.1 涡轮盘的尺寸精度及技术条件	15

3.2.2	涡轮盘的车加工工艺分析	16
3.2.3	涡轮盘车加工工序	16
3.2.4	涡轮盘的车加工	16
3.3	涡轮盘枞树形榫槽的拉削	19
3.3.1	传统的拉削工艺	20
3.3.2	高速拉削工艺试验	20
3.3.3	涡轮盘枞树形榫槽的拉削	22
3.3.4	典型涡轮盘枞树形榫槽高速拉削	23
3.3.5	高速拉削涡轮盘枞树形榫槽的优点	24
3.3.6	榫槽两滚棒间 N_i 尺寸的计算方法	24
3.3.7	枞树形榫槽高速拉刀的设计	26
3.3.8	涡轮盘的车刀设计	29
第4章	压气机盘典型加工工艺	31
4.1	压气机盘的车加工	31
4.2	典型压气机盘的车加工	31
4.2.1	压气机盘的尺寸精度及技术要求	31
4.2.2	压气机盘的车加工工艺分析	32
4.2.3	压气机盘的车加工工序	32
4.2.4	压气机盘的车加工	32
4.3	压气机盘燕尾形榫槽高速拉削工装设计	36
4.3.1	燕尾形榫槽拉刀设计	36
4.3.2	燕尾形榫槽拉具的设计	40
4.4	车床夹具的设计	42
4.4.1	数控车床夹具的设计	42
4.4.2	车床磁力夹具的设计	44
第5章	焊接鼓筒组件的典型工艺	48
5.1	鼓筒组件的真空电子束焊接	48
5.1.1	GH4169 高温合金可焊性分析	48
5.1.2	电子束焊鼓筒组件的结构	48
5.1.3	鼓筒组件焊接技术难点分析	48
5.1.4	焊接工艺	49
5.1.5	检验	51
5.1.6	补焊	51
5.2	鼓筒组件摩擦焊接	51
5.2.1	结构特点	51
5.2.2	鼓筒组件摩擦焊接技术难点	51
5.2.3	摩擦焊工艺	52
5.3	焊接鼓筒组件的车加工	62
5.3.1	焊接鼓筒组件的尺寸精度及技术要求	62

5.3.2	焊接鼓筒组件的车加工工艺分析	63
5.3.3	焊接鼓筒组件的车加工工序	64
5.3.4	鼓筒组件的车加工	65
5.3.5	焊接鼓筒组件内、外型面车刀设计	76
5.3.6	周向燕尾槽车刀设计	77
第6章	盘类件端面精密孔加工	80
6.1	涡轮盘端面精密盲孔的加工	80
6.1.1	盲孔尺寸精度及技术要求	80
6.1.2	工艺分析	80
6.1.3	镗削精密盲孔	80
6.2	压气机盘端面精密螺栓孔的加工	81
6.2.1	精密螺栓孔尺寸精度及技术要求	81
6.2.2	工艺分析	81
6.2.3	镗削精密螺栓孔	81
第7章	盘类件、焊接鼓筒组件热、表处理工艺	83
7.1	涡轮盘的热处理工艺	83
7.1.1	涡轮盘制造工艺流程	84
7.1.2	典型热处理工艺	84
7.1.3	GH4169 高温合金的性能	84
7.2	摩擦焊鼓筒的热处理	85
7.2.1	鼓筒制造工艺流程	85
7.2.2	热处理工艺	85
7.3	压气机盘的热处理	85
7.3.1	压气机盘制造工艺流程	85
7.3.2	热处理工艺	86
7.4	焊接鼓筒组件喷丸强化工艺	86
7.4.1	喷丸加工目的	86
7.4.2	喷丸技术条件及工艺要求	86
7.4.3	硬件设施及技术要求	87
7.4.4	喷丸工艺过程	87
7.4.5	检验方法	88
7.5	摩擦焊鼓筒组件的热喷涂工艺	89
7.5.1	热喷涂的原理	89
7.5.2	篦齿上喷涂涂层	89
7.5.3	工艺过程	89
7.5.4	注意事项	89
7.6	摩擦焊鼓筒组件的吹砂工艺	90
7.6.1	工作原理	90
7.6.2	目的	90

7.6.3	吹砂工艺分类	90
7.6.4	工艺流程	90
7.6.5	工艺参数	90
7.6.6	检验	90
7.6.7	吹砂注意事项	90
第8章	盘类件、焊接鼓筒组件的技术检查	92
8.1	盘类件、焊接鼓筒组件的外观检查	92
8.1.1	表面粗糙度检查	92
8.1.2	锐边打磨质量检查	92
8.2	盘类件、鼓筒组件尺寸的检查	93
8.2.1	长度、深度和厚度尺寸的检查	93
8.2.2	型面尺寸的检查	97
8.2.3	理论点深度、直径尺寸的检查	98
8.3	盘类件、鼓筒组件技术条件的检查	99
8.3.1	平面度的检查	99
8.3.2	垂直度的检查	99
8.3.3	平行度的检查	100
8.3.4	同轴度的检查	100
8.3.5	跳动的检查	100
8.4	盘类件榫槽(试件)光学投影检查	101
8.4.1	涡轮盘枞树形榫槽(试件)投影检查	101
8.4.2	鼓筒组件的环形燕尾槽成型刀具光学投影检查	101
8.4.3	环形燕尾槽的KA尺寸的检查	102
8.5	涡轮盘枞树形榫槽深度测具设计及测量方法	103
8.5.1	测具设计	103
8.5.2	测量方法	104
8.6	涡轮盘枞树形榫槽位置度(均匀分布)测具设计及测量方法	104
8.6.1	测具设计	104
8.6.2	测量方法	105
8.7	涡轮盘榫槽综合测具设计及检验方法	105
8.7.1	综合测具	105
8.7.2	检验方法	106
8.8	压气机盘端面精密孔位置度测具设计及测量方法	107
8.8.1	功能量规	108
8.8.2	测量方法	108
第9章	盘类件的无损检验	110
9.1	盘类件的超声波检验	110
9.1.1	盘类件的超声波检验概述	110
9.1.2	盘类件检验现状	111

9.1.3	盘的检验	111
9.1.4	盘的检测发展趋势	112
9.2	典型摩擦焊鼓筒的检验	112
9.3	盘类件及摩擦焊鼓筒的荧光检验	112
9.3.1	荧光渗透检验原理	112
9.3.2	渗透检验的应用	113
9.3.3	盘类件及摩擦焊鼓筒的荧光检验	113
9.3.4	摩擦焊鼓筒的荧光检验	113
9.3.5	盘类件及摩擦焊鼓筒荧光检验的展望	113
9.4	盘类件的磁粉检验	114
9.4.1	磁粉检验原理	114
9.4.2	磁粉检验方法	114
9.4.3	磁粉检验工艺	114
9.4.4	典型压气机盘磁粉检验(Ⅰ)	115
9.4.5	典型压气机盘磁粉检验(Ⅱ)	115
9.5	高温合金和钛合金盘的低倍腐蚀	115

第2篇 轴类件的加工

第10章	轴类件的类型、结构特点及技术条件	117
10.1	轴类件的类型和结构特点	117
10.1.1	轴类件的分类	117
10.1.2	轴类件的结构特点	117
10.2	轴类件的用途及工作条件	119
10.3	典型轴类件技术要求	119
10.4	典型轴类件的选材	120
10.4.1	常用的材料	120
10.4.2	常用材料的机械性能	120
第11章	轴类件的毛坯	121
11.1	涡轮轴压气机轴的毛坯种类及技术条件	121
11.2	轴类件毛坯的公差及余量设计	122
11.3	轴类毛坯的锻造工艺	122
第12章	轴类件工艺程序设计	124
12.1	工艺程序设计的技术依据	124
12.2	轴类件的加工工艺分析	124
12.3	轴类件加工工艺方案的选用	124
12.4	工艺路线的设计	125
12.4.1	加工阶段的划分	125
12.4.2	热处理、表面处理及辅助工序的安排	125
12.4.3	涡轮轴加工工艺流程线	127

第 13 章 轴类件加工典型工艺	129
13.1 轴类件的深孔加工工艺	129
13.1.1 深孔加工的工艺特点及工艺方法	129
13.1.2 深孔加工的机床	130
13.1.3 深孔加工的刀具	131
13.1.4 深孔加工的工艺程序	134
13.2 空心长轴类件外表面加工工艺	136
13.2.1 外表面加工工艺特点及方法	136
13.2.2 外表面加工工艺程序	136
13.2.3 轴类件的花键加工	139
第 14 章 轴类件热处理、表面处理的工艺	142
14.1 轴类件的热处理工艺	142
14.1.1 涡轮轴的热处理工艺	142
14.1.2 压气机轴的热处理工艺	143
14.2 轴类件的稳定处理工艺	144
14.3 轴类件发蓝工艺	144
第 15 章 轴类件的检验	146
15.1 外观及尺寸检验	146
15.1.1 外观检验	146
15.1.2 尺寸检验	146
15.2 技术条件检查	146
15.3 轴类件的磁粉检验	147
15.3.1 轴件的磁化方法	147
15.3.2 磁粉检验工艺	148
15.3.3 涡轮轴磁粉检验	148
15.3.4 高压涡轮轴磁粉检验	149

第 3 篇 盘类环形薄壁件加工

第 16 章 盘类环形薄壁件的结构特点、技术条件及加工工艺性分析	150
16.1 盘类环形薄壁件的结构特点	150
16.2 盘类环形薄壁件的技术条件	151
16.3 盘类环形薄壁件的加工工艺性分析	153
第 17 章 盘类环形薄壁件加工中变形原因分析及避免变形的工艺措施	154
17.1 盘类环形薄壁件在加工过程中发生变形原因分析	154
17.1.1 工艺路线的安排是否合理	154
17.1.2 定位基准、夹紧方式和加工余量分配方面的原因	154
17.1.3 进刀方式和切削用量	154
17.1.4 刀具的影响	154
17.1.5 切削热	155

17.1.6	表面喷丸	155
17.1.7	被加工件的材质	155
17.1.8	文明生产	155
17.2	为避免盘类环形薄壁件的变形,在工艺上应采取的措施	155
17.2.1	制定正确的加工工艺路线	155
17.2.2	增加被加工件的刚性	157
17.2.3	工艺规程和夹具结构设计方面的措施	159
17.2.4	选择合理的切削用量和进刀方式	160
17.2.5	刀具的几何角度要合理	160
17.2.6	避免切削热引起零件的变形	161
17.2.7	减小喷丸后盘环件变形的措施	161
17.2.8	防止盘环件发生振动的措施	161
17.2.9	固化工艺参数,防止一次进刀量过大	162
17.2.10	质量管理方面的措施	162
第18章	盘类环形薄壁件的毛坯制造工艺	163
18.1	环形件毛坯的种类及技术条件	163
18.2	环形锻件毛坯的公差和余量设计	164
18.3	环形锻件毛坯的制造工艺	164
18.4	典型环轧(碾压)工艺举例	165
第19章	盘类环形薄壁件加工工艺	167
19.1	盘类环形薄壁件的车加工工艺	167
19.1.1	盘类环形薄壁件轮廓外形的车加工	167
19.1.2	封严篦齿齿形的车加工	168
19.1.3	盘类环形薄壁件涂层的加工	169
19.2	盘类环形薄壁件上孔的加工工艺	170
19.2.1	盘类环形薄壁件端面上精密定位孔的加工	171
19.2.2	盘类环形薄壁件圆柱面上径向孔和斜孔的加工	172
19.2.3	盘类环形薄壁件端面上特型孔的加工	172
19.3	盘类环形薄壁件尺寸偏差及形状位置偏差的检查	173
19.3.1	盘类环形薄壁件尺寸偏差测量工具的选用	173
19.3.2	盘类环形薄壁件尺寸偏差及形状位置偏差的检验方法	179
19.3.3	精密螺栓孔位置度的检查	180
19.3.4	封严篦齿的检查	180
19.4	盘类环形薄壁件的无损检测——荧光检验	181
19.5	盘类环形薄壁件的加工工艺路线	182
19.5.1	盘间封严环的加工工艺路线	182
19.5.2	外篦齿环的加工工艺路线	184
19.5.3	叶片挡圈的加工工艺路线	185
第20章	盘类环形薄壁件的表面处理工艺	188

20.1	盘类环形薄壁件的喷丸工艺	188
20.2	盘类环形薄壁件表面涂层的喷涂工艺	189

第4篇 发动机涡轮转子、压气机转子的装配工艺

第21章	涡轮转子、压气机转子的装配工艺	190
21.1	涡轮转子、压气机转子的结构特点及技术要求	190
21.1.1	涡轮转子的结构特点	190
21.1.2	涡轮转子的技术要求	191
21.1.3	压气机转子的结构特点	193
21.1.4	压气机转子的技术要求	195
21.2	涡轮转子、压气机转子的装配工艺分析	195
21.2.1	涡轮转子、压气机转子装配的工艺特点	195
21.2.2	装配工艺过程的工艺分析	196
21.2.3	低压压气机转子装配工艺程序	196
21.3	涡轮转子、压气机转子的装配工艺	197
21.3.1	涡轮转子的装配工艺	197
21.3.2	压气机转子的装配工艺	199
第22章	涡轮转子、压气机转子的组合加工	208
22.1	涡轮转子的组合加工	208
22.1.1	涡轮转子组合加工的工艺分析	208
22.1.2	盘与轴联接销孔的组合加工	209
22.1.3	涡轮轴组件表面的组合加工	210
22.2	压气机转子的组合加工	211
22.2.1	压气机转子组合加工的工艺分析	211
22.2.2	盘与盘联接销孔的组合加工	212
22.2.3	盘与轴联接孔的组合铰孔加工	214
22.2.4	封严篦齿的车加工	215
22.2.5	叶片外径的组合加工	216
第23章	发动机涡轮转子、压气机转子的平衡	218
23.1	平衡原理	218
23.1.1	静平衡原理	218
23.1.2	动平衡原理	218
23.1.3	平衡机的工作原理	220
23.1.4	动平衡机的传动方式和支承方式	220
23.2	涡轮转子、压气机转子的平衡工艺	221
23.2.1	不平衡的校正形式	221
23.2.2	盘的静平衡	222
23.2.3	涡轮转子、压气机转子的动平衡	223