

阎承沛 编著

真空与可控气氛 热处理



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

阎承沛 编著

真空与可控气氛 热处理



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

真空与可控气氛热处理/阎承沛编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 5

ISBN 7-5025-8677-6

I. 真… II. 阎… III. ①真空热处理②可控气氛热处理 IV. TG156.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 048283 号

真空与可控气氛热处理

阎承沛 编著

责任编辑: 段志兵 李军亮

责任校对: 王素芹

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市海波装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 34 字数 610 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8677-6

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

20 世纪中叶后, 随着科学技术的飞速发展和现代生产发展的需求, 现代热处理工艺与设备技术快速发展。特别是近十几年来, 现代热处理制造技术飞速发展, 成为现代制造业不可或缺的关键制造技术, 也是当今先进制造技术的重要领域之一。

现代真空和可控气氛热处理技术是材料改性先进制造技术的重要领域, 是高精度、优质、节能和清洁无污染的材料热处理加工制造技术。

可控气氛热处理技术最初源于减少工件在空气中加热产生的氧化。工件氧化大大减少至消除, 不但提高产品质量和精度, 同时可省去去除氧化皮的后续工序, 节约能源, 降低成本, 减少材料消耗; 随着计算机技术和新型传感器技术的融入, 现代可控气氛热处理技术实现了智能化数值模拟和智能管理。

真空热处理技术无氧化、无脱碳、有脱脂、除气效果、表面质量好, 变形微小, 热处理零件综合性能优异、使用寿命长, 无污染、无公害, 自动化程度高。50 余年来成为国际热处理技术发展的热点, 近 30 年来在我国亦得到迅速发展。

20 世纪 90 年代, 先进工业化国家真空和可控气氛热处理生产技术已占热处理生产的 80% 以上。我国的情况虽有差距, 发展趋势是一样的, 例如我国自 1975 年第一台真空淬火炉问世以来, 1996 年拥有真空热处理设备 1500 台以上, 2005 年真空热处理设备达到 4500 台左右; 可控气氛热处理生产线(连续式和密封箱式多用炉生产线) 在“十五”期间增加约 1500 条, 其发展前景广阔。

本书重点论述可控热处理技术与设备、真空热处理技术与设备以及热处理工艺与设备计算机控制技术领域的关键技术和技术设备特色。同时概括介绍了近年来先进热处理制造技术在真空热处理技术、可控气氛热处理技术以及热处理工艺与设备计算机控制技术领域的最新进展和生产应用以及设备维

护等。

本书的编写是以作者原著《真空热处理工艺与设备设计》和《先进热处理制造技术》为基础,对采用内容做了更正和补充;根据现代热处理技术的新发展,增加了近几年来真空与可控气氛热处理技术及计算机热处理工艺设备控制技术领域的最新进展内容。主要包括:现代热处理技术发展概况,真空渗氮技术,真空低压渗碳技术,离子热处理工艺,离子热处理设备,VZ-KQ式多用途真空炉,VMKQ型连续式多室真空炉生产线,Modul Therm型往复式模块化多用真空炉生产线,我国燃气式真空炉技术研究开发,WZDGQ30型单室真空高压气淬炉研制,真空炉强制对流加热及连续高压气冷技术,WZLQH型真空铝钎焊炉研制开发,可控气氛密封箱式多用炉技术,可控气氛密封箱式多用炉生产应用经验、设备保养和维护等。

本书的编写、出版得到了北京机电研究所陈再良研究员和北京机械工程材料学会秘书长吕德隆高级工程师等同志的大力支持和帮助,在此对他们的支持和帮助表示感谢。

本书难免有不妥之处,敬请热心读者指正。

编著者
2006年2月

目 录

第一篇 概述	1
第 1 章 现代热处理技术概况	3
1.1 主要现代热处理技术	3
1.1.1 真空热处理技术	3
1.1.2 可控气氛热处理技术	5
1.1.3 计算机热处理控制技术	7
1.2 其他现代热处理技术	8
1.2.1 感应热处理技术进展	8
1.2.2 表面改性技术进展	10
1.2.3 热处理冷却技术进展	11
1.2.4 清洁热处理技术与环境问题	14
1.2.5 未来热处理的一些新技术	17
第二篇 真空热处理	21
第 2 章 真空热处理工艺	23
2.1 真空气冷淬火和真空油淬	24
2.1.1 真空度的单位与区域划分	24
2.1.2 真空气氛的纯度与特点	25
2.1.3 真空热处理条件下金属加热特点	27
2.1.4 真空淬火时的冷却	28
2.1.5 真空淬火工艺实例	34
2.2 真空高压气体淬火	45
2.2.1 概述	45
2.2.2 理论分析	49

2.2.3 应用实例	52
2.3 真空退火	54
2.3.1 真空热处理加热	54
2.3.2 高温、难熔金属的退火	56
2.3.3 金属和合金的除气处理	61
2.3.4 电工钢及磁合金的退火	62
2.3.5 钢铁材料及铜合金的退火	67
2.4 真空回火	70
2.4.1 概述	70
2.4.2 真空回火的光亮度	71
2.4.3 真空回火脆性及防止	73
2.5 真空渗碳	81
2.5.1 真空渗碳原理	81
2.5.2 真空渗碳工艺	83
2.5.3 真空渗碳工艺实例	88
2.6 真空烧结处理	96
2.6.1 硬质合金的真空烧结	96
2.6.2 硬质合金烧结淬火	99
2.7 真空钎焊	102
2.7.1 真空钎焊工艺及特点	102
2.7.2 真空钎焊工艺实例	107
2.8 真空渗氮	113
2.8.1 真空脉冲渗氮工艺	113
2.8.2 生产应用	115
2.8.3 真空渗氮新技术及其发展	120
2.9 离子热处理	123
2.9.1 离子渗氮	123
2.9.2 离子渗碳	128
2.9.3 PI^3 -等离子体浸没式离子注入	132
2.10 真空热处理工件的变形	133
2.10.1 淬火时的体积变化率及淬火应力	133
2.10.2 真空淬火加热时的变形	134
2.10.3 真空淬火冷却时的变形	137
2.10.4 减少真空淬火变形的真空炉范例	138

2.10.5 真空回火时的变形	141
2.11 真空热处理工件的性能和使用寿命	142
2.11.1 真空淬火的质量效果	142
2.11.2 真空淬火工件的使用寿命	144
第3章 真空热处理设备	147
3.1 真空热处理炉的分类方法	147
3.2 外热式真空炉	148
3.3 抽空炉	151
3.3.1 概述	151
3.3.2 结构形式	152
3.4 内热式真空炉	155
3.4.1 真空退火炉	155
3.4.2 真空回火炉	166
3.4.3 真空淬火炉	177
3.4.4 真空渗碳炉	210
3.4.5 真空烧结炉	215
3.4.6 真空钎焊炉	223
3.5 真空清洗设备	229
3.5.1 概述	229
3.5.2 ZQJ-60 型真空脱脂清洗机	231
3.5.3 Abar Ipsen Co. 真空清洗技术	233
3.5.4 Abar Ipsen Co. 真空清洗新技术	234
3.5.5 真空脱脂清洗装置	238
3.5.6 SEVIO 型真空清洗装置	242
3.6 高温超高压真空热处理炉	245
3.6.1 概述	245
3.6.2 主要技术性能指标	245
3.6.3 炉子结构及特点	246
3.6.4 应用	251
3.7 离子热处理设备	251
3.7.1 离子渗氮设备	251
3.7.2 离子渗碳设备	252
3.8 真空脉冲渗氮设备	255

3.8.1 炉体	255
3.8.2 电控部分	256
3.8.3 废气净化装置	256
3.8.4 添加渗剂装置	256
3.8.5 主要技术参数	256
3.8.6 使用效果	257

第4章 真空热处理工艺装备关键技术 258

4.1 真空抽气技术和真空机组	258
4.1.1 真空系统的主要参数	258
4.1.2 真空泵的选择和配套真空机组	263
4.1.3 真空炉的检漏技术、故障分析及排除方法	264
4.2 真空加热的发热体材料和结构的选择	267
4.2.1 电热元件材料	267
4.2.2 电热元件的结构选择	268
4.3 真空绝热材料和结构的选择	269
4.3.1 金属辐射屏	270
4.3.2 石墨毡隔热屏(耐火纤维隔热屏)	270
4.3.3 复合隔热屏	272
4.4 真空静动密封技术	274
4.4.1 密封材料	274
4.4.2 静密封	274
4.4.3 动密封	275
4.5 真空炉中的充气冷却技术	277
4.5.1 充气系统	277
4.5.2 气冷循环系统	278
4.6 真空炉闸阀结构设计、制造与装配	280
4.6.1 概述	280
4.6.2 真空炉密封闸阀主要技术参数的设计计算	282
4.6.3 真空炉热闸阀的加工制造与装配	285
4.7 真空炉发热体引出棒密封技术	287
4.8 真空炉电绝缘技术	288
4.8.1 真空放电和电热元件端电压推荐值	288
4.8.2 纯金属加热器设计	289

4.8.3	电极接头和炉子壳体的绝缘	289
4.8.4	电热体引出棒和炉胆的绝缘	289
4.8.5	电极引出棒电绝缘结构	290
4.9	真空下温度传感和控制技术	290
4.9.1	热电偶测温传感装置	290
4.9.2	真空炉温度控制系统	291
4.10	真空回火炉及气淬炉气流循环技术	292
4.10.1	真空回火炉气流循环	292
4.10.2	真空淬火炉气流循环	292
4.11	真空回火炉快速加热与冷却技术	294
4.11.1	真空回火炉快速加热和冷却技术设计	294
4.11.2	真空回火炉炉温均匀性技术设计	295
4.12	快速充气技术与装置	296
4.13	真空热处理炉自动控制技术	297
4.13.1	真空炉自动控制系统设计特点和要求	297
4.13.2	电控系统的构成和技术功能	297
4.13.3	电控系统的特点	299
4.14	真空热处理炉性能试验与使用维护	300
4.14.1	真空热处理炉的主要技术要求	300
4.14.2	真空热处理炉的质量检查与性能试验	301

第5章 真空热处理技术进展 306

5.1	真空热处理设备进展	306
5.1.1	燃气真空炉研制开发和应用	306
5.1.2	真空炉研制结构设计优化	309
5.1.3	半连续式和连续式真空炉及其特点	314
5.1.4	流态化真空炉	315
5.1.5	热壁式真空渗碳炉及其特点	318
5.1.6	先进的真空烧结炉	319
5.1.7	高压气淬真空炉智能控制系统	321
5.1.8	真空热处理设备制造的专业化生产	322
5.2	真空热处理技术的新进展	325
5.2.1	真空热处理自动化在线控制系统	325
5.2.2	热等压(真空)淬火技术(Hot Isostatic Pressing Quenching Tech.) ...	325

5.2.3	ICBP 系列低压渗碳技术及低压渗碳多用炉 (ICBP 系列)	328
5.2.4	VZKQ 式多用途真空炉	333
5.2.5	VMKQ 型连续式多室真空炉生产线	335
5.2.6	Modul Therm 型往复式 (梭式) 模块化多用真空炉生产线	336
5.2.7	我国燃气式真空热处理炉技术研究开发	337
5.2.8	WZDQG30 型单室真空高压气淬炉研制	349
5.2.9	真空炉强制对流加热及连续高压气冷技术	353
5.2.10	WZLQH 型真空铝钎焊炉研制开发	357
5.3	真空热处理技术发展展望	364

第三篇 可控气氛热处理 367

引言 369

第 6 章 直生式渗碳技术	371
6.1 概述	371
6.2 碳势测量和控制	371
6.3 直生式气氛的产生	373
6.3.1 气氛的类型	373
6.3.2 对炉子的要求	374
6.3.3 直生式气氛的性能	374
6.4 应用实例	375
6.4.1 在周期式炉中进行齿轮表层淬火	375
6.4.2 在传送带式炉中进行紧固件和冲压板材工件的淬火和表面淬火	376
6.5 优点和限制	377
6.6 直生式渗碳设备	378
6.7 小结	379

第 7 章 低压渗碳技术	380
7.1 低压渗碳原理及应用	380
7.1.1 质量传输和反应机理	380
7.1.2 扩散	380
7.1.3 淬火	381
7.1.4 渗碳结果	381

7.1.5 装置的设计	382
7.1.6 应用	384
7.2 真空低压乙炔渗碳	384
7.2.1 乙炔低压渗碳	384
7.2.2 乙炔低压渗碳中碳的传输	385
7.2.3 工业应用	386
7.2.4 小结	387
第8章 高温渗碳技术	389
8.1 概述	389
8.2 试验方法	390
8.3 试验结果	391
8.3.1 奥氏体化温度和保温时间对晶粒度的影响	391
8.3.2 渗碳过程	393
8.4 结论	395
8.5 高温等离子渗碳技术的应用	395
第9章 连续式渗碳(氮)工艺控制及设备技术	397
9.1 连续式快速渗碳	397
9.1.1 模拟渗碳	397
9.1.2 气氛和碳势控制	398
9.1.3 实验结果	399
9.1.4 结论	401
9.2 渗氮工艺控制技术	402
9.3 渗碳工艺控制技术	403
9.4 连续式渗碳设备	406
9.5 气氛回收技术	409
第10章 渗碳(氮)检测技术、检测元件和传感器技术	411
10.1 HydroNit(氢分压)探头控制渗氮和氮碳共渗法	411
10.1.1 测定气氛系数方法	411
10.1.2 HydroNit探头测量氮分压	412
10.1.3 HydroNit探头监视和控制气氛系数	414
10.1.4 HydroNit探头实用经验	414

10.1.5 结论和展望	416
10.2 气体渗氮和氮碳共渗二氧化锆固体电解质气体传感器	416
10.3 渗氮氧探头——氧测量技术新发展	417

第 11 章 可控气氛密封箱式多用炉技术

11.1 炉体结构与工艺技术特点	420
11.1.1 炉体结构特点	420
11.1.2 技术特点与工艺方式选择	422
11.1.3 技术进展	425
11.2 可控气氛系统技术性能	427
11.2.1 甲醇+氨基气氛系统 (Endomix)	427
11.2.2 炉内吸热式发生器系统 (直生式气氛系统)	429
11.3 温度及气氛控制系统	430
11.3.1 温度控制	430
11.3.2 碳势控制系统	430
11.3.3 控制系统技术要求及微机控制系统	431
11.4 预抽真空多用炉	432

第 12 章 可控气氛多用炉设备生产应用与维护

12.1 可控气氛多用炉设备	436
12.1.1 可控气氛多用炉结构特点及应用	436
12.1.2 氮-甲醇气氛应用	438
12.1.3 渗碳系统的计算机控制	440
12.2 多用炉精益生产与设备维护	443

第四篇 计算机技术在热处理领域的应用

引言	447
----------	-----

第 13 章 材料热处理工艺与设备计算机模拟技术

13.1 材料热处理试验计算机模拟	449
13.1.1 材料组织性能计算机模拟	449
13.1.2 淬火硬化和激光处理计算机模拟	454
13.2 材料热处理工艺过程计算机模拟	460
13.3 材料热处理设备计算机模拟	465

13.4	精确热处理技术	467
13.5	应用实例	475
第 14 章	材料热处理工艺与设备 CAD 技术	478
14.1	材料热处理工艺 CAD	478
14.2	材料热处理设备 CAD	479
14.3	材料淬火冷却技术 CAD	481
14.4	应用实例	481
第 15 章	热处理过程控制与网络技术	483
15.1	过程控制	483
15.2	适时控制 (JIT)	488
15.3	统计过程控制 (SPC)	491
15.4	柔性控制系统 (FCS)	492
15.5	网络系统 (Network)	494
15.6	管理控制系统 (Management)	496
第 16 章	热处理预测技术、数据库技术及专家系统	500
16.1	热处理工艺与设备预测技术	500
16.2	热处理数据库技术及专家系统	504
第 17 章	材料热处理工艺与设备的智能化仪表	507
17.1	概述	507
17.2	温度传感器、万用多通道控制仪及视频遥测器智能控制仪	509
17.3	燃气分析仪、噪声探测器、运动控制器和超声笔记本电脑	512
17.4	材料性能检测仪、微机热分析仪和智能超声探测器	514
17.5	碳氢分析仪和热流传感器智能化仪表	518
第 18 章	计算机在热处理中的应用新进展	519
18.1	热处理计算机集成系统	519
18.2	热处理制造工作站	520
18.3	热处理虚拟制造技术与智能化技术	521
	参考文献	525

第一篇

概 述

第 1 章

现代热处理技术概况

在金属冶炼和加工历史中,金属的退火、淬火、回火和正火的出现已经有几千年的历史,但是作为近代热处理工艺与设备技术的发展还是自 20 世纪初期以来的事。20 世纪中后叶,特别是近十几年来,现代热处理技术得到飞速发展,成为现代制造业中不可或缺的关键制造技术。例如,机床零件中的 60%~70%,汽车零件中的 70%~80%,以及工具、模具和精密产品中几乎 100%需要进行热处理。在工业领域,机械、冶金、能源、交通、航空航天、兵器、建筑、轻工、纺织、化工、石油、电子电器等行业都离不开热处理。现代热处理技术为制造业和机电产品的更新换代、提高质量、节能降耗、发挥材料潜力和延长产品寿命做出了重要贡献。

近十几年来,现代热处理制造技术迅猛发展,主要表现在:可控气氛热处理技术、真空热处理技术、感应热处理技术等少无氧化热处理成为产品热处理加工的主流;热处理工艺与设备研究开发并举,大大提高了热处理生产水平和产品质量;在深入探讨加热技术的同时人们专注冷却过程计算机模拟仿真,可控冷却技术的研究开发与应用取得了长足进展;表面改性技术的研究开发与应用丰富多彩,并且已经成为材料工程研究开发领域一个重要的独立分支;计算机和 IT 技术使传统热处理技术现代化,热处理产业正在由经验加工方式提高到定量化、智能化和精确控制的新水平;也就是说,计算机与微电子技术和热处理技术融合出现了精确热处理控制技术和智能热处理技术以及热处理网络技术等;清洁、节能和环保型绿色热处理技术成为先进热处理制造技术研究和发展的新热点。

1.1 主要现代热处理技术

1.1.1 真空热处理技术

真空热处理技术具有一系列优点:无氧化,无脱碳,有脱脂,除气效果、表