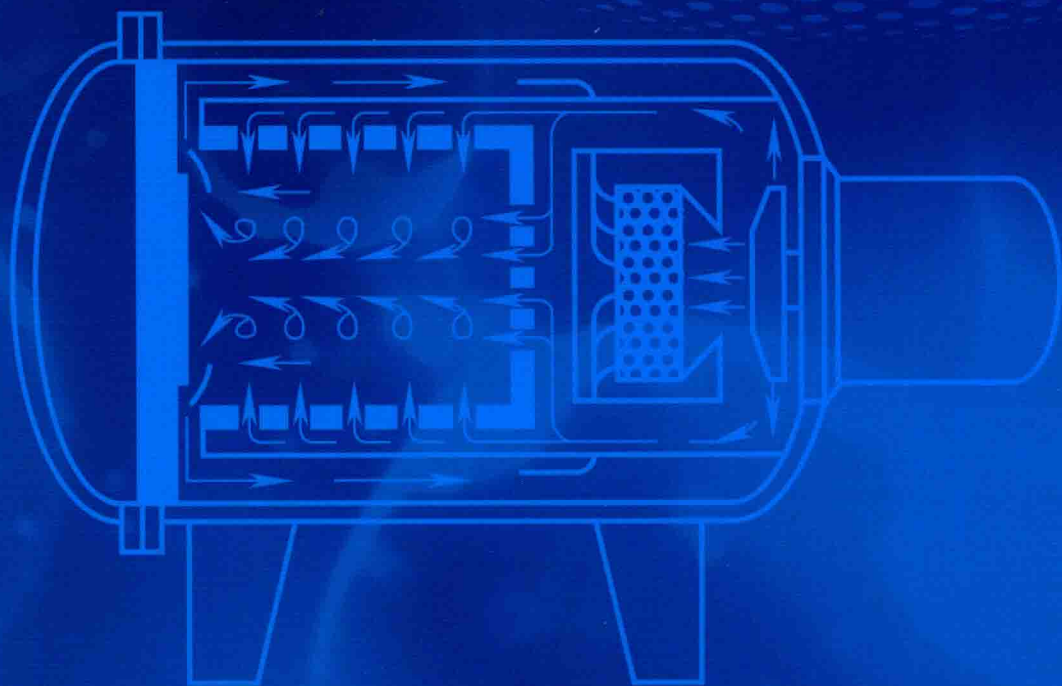
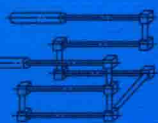




真空科学技术丛书

真空热处理

李宝民 王志坚 徐成海 编著



化学工业出版社



真空科学技术丛书

真空热处理

李宝民 王志坚 徐成海 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

真空热处理是提高和改进金属材料、机械零件性能的工艺技术。全书共分七章，包括绪论、热处理技术基础、真空退火、真空渗碳与真空渗氮、真空淬火、真空加压气淬、真空热处理的关键技术。书中既介绍了真空热处理设备，又介绍了真空热处理工艺。

本书可供大专院校师生、科研院所人员、机械加工类工程技术人员阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

真空热处理/李宝民, 王志坚, 徐成海编著. —北京: 化学工业出版社, 2019.2
(真空科学技术丛书)
ISBN 978-7-122-33290-5

I. ①真… II. ①李… ②王… ③徐… III. ①真空热处理 IV. ①TG156.95

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 258401 号

责任编辑: 戴燕红

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21½ 字数 526 千字 2019 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

《真空科学技术丛书》编写人员名单

主 编 达道安

副 主 编 张伟文 邱家稳 杨乃恒

参编人员（按姓氏笔画排序） 王荣宗、王欲知、王得喜、王敬宜、达道安、
刘玉魁、刘喜海、李云奇、李得天、杨乃恒、
杨亚天、邱家稳、邹惠芬、张伟文、张涤新、
张景钦、陆 峰、范垂祯、郑显峰、查良镇、
徐成海、谈治信、崔遂先、薛大同、薛增泉

技术编辑 谈治信

编辑助理 权素君 曹艳秋

丛书序

真空科学技术是现代科学技术中应用最为广泛的高技术之一。制备超纯材料需要超高真空技术，太阳能薄膜电池及芯片制作需要清洁真空技术，航天器空间环境地面模拟设备需要大型真空容器技术。真空科学技术已渗透到人们的教学、科研、生产过程、经济活动以及日常生活中的方方面面，人们普遍认识到了真空科学技术的重要性。

真空科学技术是一门涉及多学科、多专业的综合性应用技术，它吸收了众多科学技术领域的基础理论和最新成果，使自己不断地进步和发展。真空科学技术的应用标志着国家科学和工业现代化的水平，大力发展真空科学技术是振兴民族工业，实现国家现代化的基本出发点。

多年来，党和国家政府非常重视发展真空科学技术。大学设立了真空科学技术专业，培养高层次真空专业人才；兴办真空企业，设计、制造真空产品；成立真空科学技术研究所开发新技术，提高真空应用水平；建立了相当规模和水平的真空教学、科研和生产体系；独立自主地生产出各种真空产品，满足了各行业的需求，推动了社会主义经济的发展。

在取得丰硕的物质成果和经济效益的同时，真空科技人员积累了宝贵的理论认知和实践经验。在和真空科学技术摸、爬、滚、打的漫长岁月中，一大批人以毕生的精力，辛勤的劳动亲身经历了多少次失败的痛苦和成功的喜悦。通过深刻的思考与精心的整理换得了大量的实践经验，这些付出了昂贵代价得来的知识是书本上难以学到的。经历了半个世纪沧桑岁月，当年风华正茂的真空科技工作者均年事已高，霜染鬓须，退居二线，唯一的希望是将自己积累的知识、技能、经验、教训通过文字载体传承给新一代的后来人，使他们能够在前人搭建的较高平台上工作。基于这一考虑，在兰州物理研究所支持下，我们聚集在一起，成立了《真空科学技术丛书》编写委员会，由全国高等院校、科研院所及企业中长期从事真空科学技术研制工作的工程技术人员组成。编写一套《真空科学技术丛书》，系统地、完整地、从真空科学技术的基本理论出发，重点叙述应用技术及应用的典型例证。这套丛书分专业、分学科门类编写，强调系统性、理论性和实用性，避免重复性。这套丛书的出版是我

国真空科学技术工作者大力合作的成果，汇集了我国真空科学技术发展的经验，希望这套丛书对 21 世纪我国真空科学技术的进步和发展起到推动作用，为实施科教兴国战略做出贡献。

这套丛书像流水一样持续不断，是不封闭的系列丛书，只要有相关著作就可以陆续纳入这套丛书出版。丛书可供大专院校师生，科学研究人员，工业、企业技术人员参考。

这套丛书成立了编写委员会，设主编、副主编及参编人员、技术编辑等，由化学工业出版社出版发行。部分真空界企业提供了资助，作者、审稿者、编辑等付出了辛勤劳动，在此一并表示衷心感谢。

达道安

2012 年 03 月 22 日

前言

真空热处理技术是将真空技术与热处理工艺相结合,实现金属材料或机械零件性能改变,提高实用价值的工程技术,真空热处理是现代热处理技术的一种。真空热处理具有使被处理材料或机械零件无氧化、不脱碳、变形小、表面质量好、使用寿命长、无污染、无公害、力学性能优异等特点。因此,真空热处理成为现代制造业中不可缺少的关键技术之一,在机械、冶金、能源、交通、兵器、建筑、轻工、纺织、化工、石油、航天、航空、电子、电器等领域,得到广泛的重视和应用。

热处理的种类很多,其中真空热处理和气体保护热处理是先进的现代热处理技术。真空热处理也有许多种类,根据热处理材料或零件要求的性能不同,广义的真空热处理包括真空退火、真空回火、真空正火、真空淬火、真空渗碳、真空渗氮、真空烧结、真空钎焊、真空表面处理等工业过程。本书在介绍真空热处理理论的基础上,重点研究其中常用的真空退火、真空淬火、真空渗碳等几种工业过程,在研究每一种工业过程时,主要都包括真空热处理设备和真空热处理工艺两部分内容。

本书是在编著者攻读博士学位期间、参加科研工作过程中,学习总结工作内容的基础上,参考了前辈的许多经验及部分文章、书籍编写而成的,在此向他(她)们表示衷心的感谢。

本书可供机械、化工、冶金、材料等专业大学本科生学习,硕士、博士研究生作学术论文参考,从事真空热处理设备设计的工作者使用,从事真空热处理工艺的工作人员参考。

全书共分7章,第1章绪论、第2章真空热处理技术基础由徐成海编著;第3章真空退火、第4章真空渗碳与真空渗氮、第7章真空热处理的关键技术由李宝民编著;第5章真空淬火、第6章真空加压气淬由王志坚编著。全书最后由徐成海审校。

由于编著者的经验与水平有限,书中难免有疏漏之处,欢迎读者批评指正。

编著者

目录

1 绪 论	1
1.1 热处理技术的分类	1
1.1.1 真空热处理工艺的分类	2
1.1.2 真空热处理设备的分类	2
1.2 真空热处理的作用和特点	3
1.2.1 真空热处理的作用	3
1.2.2 真空热处理的特点	4
1.3 真空热处理技术的应用	5
1.3.1 真空退火	6
1.3.2 真空淬火	6
1.3.3 真空高压气淬	7
1.3.4 真空渗碳	7
1.3.5 真空回火	7
1.4 真空热处理技术的现状	7
1.4.1 真空热处理设备的发展情况	8
1.4.2 真空热处理工艺发展情况	8
1.4.3 真空热处理理论的发展情况	9
1.5 真空热处理技术的发展趋势	9
参考文献	11
2 真空热处理技术基础	12
2.1 金属固态相变基础	12
2.1.1 金属固态相变的主要类型	12
2.1.2 金属固态相变的基本特征	14
2.1.3 固态相变中的形核	16
2.1.4 固态相变中新相的长大	19

2.1.5	综合转变动力学——奥氏体等温转变图	24
2.1.6	组织粗化	24
2.2	钢中奥氏体的形成	26
2.2.1	奥氏体的结构、组织和性能	26
2.2.2	奥氏体形成的热力学条件	27
2.2.3	奥氏体的形成机制	28
2.2.4	奥氏体等温形成动力学	30
2.2.5	连续加热时奥氏体的形成	34
2.2.6	奥氏体晶粒长大及其控制	36
2.2.7	非平衡组织加热时奥氏体的形成	39
2.3	珠光体转变	44
2.3.1	珠光体的组织形态及晶体学	44
2.3.2	珠光体转变机制	46
2.3.3	先共析转变和伪共析转变	51
2.3.4	珠光体转变动力学	56
2.3.5	珠光体的力学性能	61
2.3.6	钢中碳化物的相间沉淀	65
2.4	马氏体转变	71
2.4.1	马氏体转变的主要特征	71
2.4.2	钢中马氏体转变的晶体学	73
2.4.3	马氏体的组织形态及影响因素	76
2.4.4	马氏体转变的热力学	81
2.4.5	马氏体转变的动力学	83
2.4.6	马氏体的性能	86
2.5	贝氏体转变	92
2.5.1	贝氏体转变特征	92
2.5.2	贝氏体的组织形态	94
2.5.3	贝氏体的形成条件	99
2.5.4	贝氏体的转变机理	105
2.5.5	贝氏体转变产物的力学性能	108
2.5.6	贝氏体组织的应用	109
2.6	钢的过冷奥氏体转变图	111
2.6.1	过冷奥氏体等温转变图	111
2.6.2	过冷奥氏体连续冷却转变图	115
2.6.3	过冷奥氏体转变图的应用	123
2.7	过饱和固溶体的脱溶分解	127

参考文献	127
3 真空退火	129
3.1 概论	129
3.1.1 真空加热的特点	129
3.1.2 真空加热应注意的问题	131
3.1.3 解决加热时间滞后的工艺措施	131
3.2 真空退火炉	133
3.2.1 外热式真空退火炉	133
3.2.2 可用于真空退火的抽空炉	134
3.2.3 内热式真空退火炉	134
3.3 真空退火工艺	142
3.3.1 稀有难熔金属的退火	142
3.3.2 软磁材料的退火	146
3.3.3 钢铁材料的真空退火	154
3.3.4 铜及铜合金的真空退火	155
参考文献	157
4 真空渗碳与真空渗氮	158
4.1 概述	158
4.1.1 真空渗氮	158
4.1.2 真空渗碳	159
4.1.3 真空碳氮共渗与真空氮碳共渗	160
4.2 真空渗碳、渗氮设备	160
4.2.1 WZST 型真空渗碳炉	161
4.2.2 VSQ 型真空渗碳炉	165
4.2.3 VC 型真空渗碳炉	166
4.2.4 Ipsen 所生产的真空渗碳炉	166
4.2.5 ICBP 系列低压渗碳设备	168
4.2.6 真空渗氮炉	168
4.2.7 VKA-D 真空氮化回火多功能炉（卧式）	168
4.3 真空渗氮工艺	170
4.3.1 渗氮工艺理论基础	170
4.3.2 真空渗氮工艺	171

4.3.3 真空渗氮应注意的问题	174
4.3.4 真空渗氮应用实例	174
4.4 真空渗碳工艺	179
4.4.1 真空渗碳原理	179
4.4.2 真空渗碳工艺	181
4.4.3 真空渗碳（低压渗碳）的过程及控制	186
4.4.4 真空渗碳应注意的问题	188
4.4.5 真空渗碳工艺实例	189
4.5 真空碳氮共渗与真空氮碳共渗工艺	195
4.5.1 真空碳氮共渗	195
4.5.2 真空氮碳共渗	197
参考文献	198

5 真空淬火 200

5.1 概述	200
5.2 真空淬火设备	200
5.2.1 真空油气淬火炉	202
5.2.2 负（高）压高流率真空气淬炉	214
5.2.3 高压气淬真空炉	216
5.2.4 超高压气淬真空炉	225
5.2.5 气冷真空淬火炉	229
5.3 真空油淬	235
5.4 真空气淬	237
5.4.1 淬火气体种类	237
5.4.2 提高气体冷却能力的方法	238
参考文献	258

6 真空加压气淬 260

6.1 概述	260
6.1.1 国外研究情况	263
6.1.2 国内研究情况	263
6.1.3 对国外高速钢真空气淬设备的分析和比较	264
6.2 理论分析与设计	265
6.2.1 高压气淬系统的理论研究	265

6.2.2	淬火气体流量对冷速的影响	266
6.2.3	淬火气体类型对冷速的影响	266
6.2.4	换热器的换热能力对冷速的影响	266
6.2.5	真空密封结构的设计	267
6.2.6	换热结构的设计	270
6.3	真空高压气体淬火工艺	275
6.3.1	应用实例	278
6.3.2	真空高压气淬处理后 2Cr13 钢的组织 and 性能	279
6.4	高压气淬设备风机、风道的分析	280
6.4.1	高压气淬设备中风机的分析	280
6.4.2	高压气淬设备中风道的研究	283
6.5	真空加压气淬过程的计算机模拟	288
6.5.1	冷却过程的计算机模拟	288
6.5.2	真空高压气淬设备各参数对工件冷却速度影响的数值模拟	291
	参考文献	293

7 真空热处理的关键技术

296

7.1	真空抽气技术和真空机组	296
7.1.1	真空系统设计基础	296
7.1.2	真空系统的主要参数	298
7.1.3	真空泵的选择和配套真空机组	300
7.1.4	真空机组的选择原则	302
7.2	真空加热及真空绝热技术	303
7.2.1	真空加热技术	303
7.2.2	真空绝热技术	308
7.3	真空密封技术	311
7.3.1	密封材料	311
7.3.2	静密封结构	311
7.3.3	动密封结构	313
7.3.4	真空隔热密封闸阀	314
7.4	真空冷却技术	316
7.4.1	真空水冷系统	316
7.4.2	真空气冷系统	316
7.5	真空电绝缘技术	319
7.5.1	真空放电和电热元件端电压推荐值	319

7.5.2 金属加热器设计 320

7.5.3 电热体引出棒和炉壳的绝缘 320

7.5.4 电热体引出棒和炉胆的绝缘 320

7.5.5 电极引出棒电绝缘结构 321

7.6 真空温度控制技术..... 321

7.6.1 热电偶的选择 321

7.6.2 热电偶的结构 323

7.6.3 真空炉温度控制系统 324

7.7 真空热处理炉的使用和维护 326

7.7.1 日常维护 327

7.7.2 故障分析及排除方法 327

参考文献 329

绪 论

真空热处理是一门现代热处理技术，它是真空技术与热处理技术相结合，实现金属材料或机械零件改变内部结构和性能，提高其实用价值的一门综合性工程技术。真空热处理具有“绿色热处理”之美称，因为它能使被处理材料或机械零件具有无氧化、不脱碳、变形小、表面质量好、使用寿命长、无污染、无公害、力学性能优异等特点。因此，受到了先进机械制造领域，现代新型材料科学领域的广泛重视和应用。例如，机床零件中的 60%~70%，汽车零件中的 70%~80%，工具、模具和精密零件的几乎 100% 需要热处理，真空热处理是首选的工艺技术。

真空热处理技术与普通热处理技术一样，根据热处理材料或零件的性能要求不同，分为真空退火、真空回火、真空正火、真空淬火、真空渗碳、真空渗氮等过程，更广泛的真空热处理还包括真空钎焊、真空烧结、真空表面处理等。每一种过程都应该包括真空热处理理论、真空热处理设备和真空热处理工艺三部分内容。真空热处理原理揭示了金属在加热、保温和冷却过程中的组织结构变化规律；真空热处理工艺则是指热处理的具体操作过程；而真空热处理设备是保证真空热处理工艺得以实施的手段。三者密不可分。

1.1 热处理技术的分类

热处理是通过加热、保温和冷却以改变金属内部的组织结构（有时也包括改变表面化学成分），使金属具有所需性能的一种热加工技术。热处理技术有很多种类，总体可以归纳为：①在空气中加热；②在保护气氛中加热（无氧化加热）；③特殊表面热处理；④复合热处理。

根据加热、保温、冷却方式以及获得的组织结构、性能不同，热处理可以分为普通热处理（不改变化学成分，如退火、正火、淬火、回火）、化学热处理（改变金属的化学成分，如渗碳、渗氮）、复合热处理（如渗碳淬火、变形热处理）等。按照热处理在金属材料或机械零件整个生产工艺过程中所处的位置和作用的不同，热处理又可分为预备热处理和最终热处理。

1.1.1 真空热处理工艺的分类

真空热处理是普通热处理技术的发展，其分类方法与普通热处理基本相同，普通热处理能做的，真空热处理基本上都能做。例如，真空退火、真空淬火、真空回火、真空渗碳、真空渗氮、真空渗铬、真空渗硼、真空碳氮共渗等。真空淬火介质可以是油淬、气淬、水淬、硝酸盐淬等。表 1-1 给出了真空热处理的用途、适用的材料、实用举例等。

表 1-1 真空热处理的种类及应用实例

用 途		电炉类别及其特点	适用的材料	实用举例
真空 热处 理	光亮退火、正火、固相除气	有炉罐式或无炉罐式真空电阻炉	Cu、Ni、Be、Cr、Ti、Zr、Nb、Ta、W、Mo 不锈钢等	电器材料、磁性材料、高熔点金属、活泼金属等
	淬火、回火	具有强迫冷却装置的真空电阻炉	高速钢、工具钢、轴承钢、高强度合金钢	工模具、工夹具、量具以及轴承和齿轮等机械零件
	渗碳、离子渗碳	具有强迫冷却装置的真空电阻炉，另具有渗碳气体引入装置	碳钢、合金钢	齿轮、轴、销等机械零件
	离子渗氮	离子氮化炉	球墨铸铁、合金钢	工模具、齿轮、轴等机械零件
	烧结	电阻烧结炉、感应烧结炉、具有热压机构的烧结炉等	W、Mo、Ta、Nb、Fe、Ni、Be、TiC、WC、VC 等	高熔点金属材料、超硬质工具、粉末冶金零件
真空 焊接	钎焊(无助焊剂)	电阻炉、感应炉	不锈钢、铝、高温合金	不锈钢、高温合金的钎焊，如飞机零件、火花塞等
	压接	电阻炉或感应炉，加压接机构	碳钢、不锈钢	
表面 处理	化学气相沉积	电阻加热、感应加热、电子束加热	金属及其碳化物、硼化物等沉积于金属或非金属上	工具、模具、汽轮机叶片、飞机零件、火箭喷嘴等
	物理气相沉积	电阻加热、感应加热、电子束加热	金属、合金、化合物等沉积于金属、玻璃、陶瓷、塑料、纸张等上	各种材料的真空涂膜制品、工具、模具的表面超硬处理等

1.1.2 真空热处理设备的分类

真空热处理设备（炉）的分类方法很多，通常按以下几种特征进行分类。

按用途可以分为：真空退火炉、真空回火炉、真空渗碳炉、真空淬火炉、真空钎焊炉、真空烧结炉等。

按真空度可以分为：低真空炉（压力在 $1333\sim1.33\times10^{-1}\text{Pa}$ ）、高真空炉（压力在 $1.33\times10^{-1}\sim1.33\times10^{-4}\text{Pa}$ ）、超高真空炉（压力在 $1.33\times10^{-4}\text{Pa}$ 以上）。

按工作温度可以分为：低温炉（温度 $\leq700^{\circ}\text{C}$ ）、中温炉（温度在 $700\sim1000^{\circ}\text{C}$ ）、高温炉（温度 $>1000^{\circ}\text{C}$ ）。

按作业性质可以分为：周期式真空炉、半连续式真空炉、连续式真空炉。

按加热方法可以分为：电阻加热和感应加热两种。

按炉型结构形式可以分为：立式真空炉、卧式真空炉。

按热源的加热方式可以分为：电阻加热真空炉、感应加热真空炉、电子束加热真空炉、燃气加热真空炉。

通常，按真空炉的结构和加热方式，可以将真空热处理炉分为两大类：一类是外热式真

空热处理炉，也称作热壁式真空热处理炉；另一类是内热式真空热处理炉，也称为冷壁式真空热处理炉。

1.2 真空热处理的作用和特点

1.2.1 真空热处理的作用

1.2.1.1 真空的保护作用

真空热处理是在负压气氛中进行的热处理，其加热过程称真空加热。这个过程需要维持的气压状态（即工作压力或工作真空度）一般在 $100 \sim 10^{-3} \text{ Pa}$ 左右。根据气体分析，在此压力下真空炉内残存的气体，如水蒸气、氧、二氧化碳及油脂等有机物蒸气含量已经非常之少，不足以使被处理的金属材料产生氧化、脱碳、增碳等作用。在真空加热时，由于气氛中氧的分压低于被加热金属表面的氧化物分解压力，氧化作用被抑制，所以被处理的金属表面与原表面光亮度比较，可在很大程度上保持不变。可见真空不但对工件加热起到保护作用，还能使金属保持原有的光亮表面，故真空热处理也属于光亮热处理范畴。

1.2.1.2 表面净化作用

在真空热处理前，金属表面上经常会附着氧化物、氮化物、氢化物等物质。在真空中加热时，这些化合物被还原分解或挥发而消失，从而使金属获得光洁的表面。例如，在高速钢或不锈钢的表面上所形成的很薄的氧化膜，能够在约 1000°C 以上的真空热处理炉中清除掉。金属（M）的氧化物在高温加热时，其分解反应一般可用下式表示：



金属的氧化反应和分解反应是可逆的。反应向哪个方向进行，取决于炉中加热气氛中氧的分压和氧化物分解压之间的关系。氧的分压是指炉内气氛总压力中氧所占的压力。氧化物分解压是指由于氧化物分解达到平衡后所产生的分压。在给定的温度下，如果氧的分压小于氧化物分解压，则反应向右进行，结果是氧化物分解。在高真空条件下，炉内残余气体很少，氧的分压很低，低于氧化物分解压，故反应向右进行，产生的氧气被泵抽出，因此氧化物被除掉，保持了金属的光亮度。可见真空提供了氧化物分解的条件，能使金属表面得到净化。

1.2.1.3 真空除气作用

在真空炉中进行热处理时，金属工件中的气体被脱出，从而提高了工件的性能。金属材料经过真空热处理，与常规热处理相比，其力学性能，特别是塑性和韧性得到明显改善，其主要原因是真空热处理过程中的除气作用，排除金属中的氧、氢、氮等气体，能显著改善金属的疲劳和韧性指标。如强度在 $1700 \sim 1800 \text{ MPa}$ 的 30CrMnSi 钢螺栓，当氢含量达到 $13 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$ 时，就会产生氢脆。采用真空淬火工艺后，材料的含氢量可由大气等温淬火工艺（除去表层黑皮）的 8×10^{-6} 减少到 4.2×10^{-6} 左右。真空加热的除气作用，可使含 $\text{Fe } 2\%$ 、 $\text{Cr } 2\%$ 、 $\text{Mo } 2\%$ 的钛合金的含氧量，从 0.036% 减少到 0.003% 。

1.2.1.4 真空脱脂作用

金属零件在热处理之前的机械加工过程中，往往要使用各种冷却剂和润滑剂。这些含有

油脂的冷却剂和润滑剂不可避免要吸附在零件表面上。但在真空热处理时,零件只要进行简单的清洗、烘干就可以进行热处理,而不需要特殊的脱脂处理。因为油脂为烃类化合物,饱和蒸气压较高,在真空中加热会自行挥发或分解为水蒸气、氢气和二氧化碳等气体,被真空泵抽出。故可以得到无氧化、无腐蚀的光洁金属表面,而这个过程在气体的常压状态下是不可能做到的。

1.2.1.5 蒸发现象

金属在真空中被加热,其中的某些蒸气压较高的合金元素,如 Ag、Al、Mn、Cr、Si、Pb、Zn、Mg、Cu、Ni、Co 等易产生蒸发现象。各种金属元素都具有一定的饱和蒸气压,当外界的压力低于该元素的饱和蒸气压时,该元素即发生蒸发现象。这种现象会造成材料表面元素贫化以及零件之间、零件与料筐之间的粘接,以及零件表面粗糙,影响表面的光亮。同时,元素的蒸发会影响和改变零件材料原有的特性。此外,蒸发物沉积在热处理炉的构件上,会降低电极等炉内构件的绝缘性能,容易发生绝缘等级下降甚至短路事故。因此,在真空热处理过程中,认为只要提高真空度就能得到良好处理效果的想法是不全面的,要根据具体的处理零件材料所含元素的蒸气压情况,选择和控制加热时恰当的真空气度,可以防止某些金属元素的大量蒸发。

在真空热处理的实际操作中,可以根据金属材料的种类,特别是处理温度在 1000~1200℃或以上时,对于类似合金钢中含有的 Cr、Mn 等具有较高蒸气压(容易挥发)元素的材料,需要通入惰性气体或高纯氮气来调节炉内的真空度,防止这些金属大量挥发。由于惰性气体的存在,形成热对流,还有利于金属材料的均匀加热,减少零件因升温不均产生热应力而引起的变形。

1.2.2 真空热处理的特点

真空状态是一种良好的保护环境,在真空环境下热处理后的机械零件表面光滑、明亮,内部组织发生了变化,力学性能良好。除此之外,还有以下优点。

(1) 真空热处理节省能源,经济性好。真空热处理与常压热处理相比可以节省能源,因为真空热处理炉保温效果好,热损失少,减少了能耗。很多真空热处理设备(如真空电阻炉),可以用于多种真空热处理,例如真空退火、真空淬火、真空渗碳、真空钎焊、真空时效等。真空热处理炉可以实现机械化、自动化,节省人力和时间,从而降低产品成本。

(2) 真空热处理能实现环保。真空热处理与常压热处理相比,它是在密闭的环境下进行处理,环境清洁,废弃物排放及环境污染较少,真空热处理炉外壳都是水冷的,没有热影响,安全可靠。

(3) 真空热处理操作简单,提高了生产效率。真空热处理与常压热处理相比,对工人的操作要求简单,不容易出现差错,质量容易保证。真空热处理后的机械零件可以直接用于电镀,不必除油、清洗或进行其他表面加工,免除了许多辅助加工工序,节约了加工时间和加工费用,降低了生产成本。

(4) 真空热处理的机械零件质量好,提高了力学性能,能延长使用寿命。真空淬火可以将任何用油淬、气淬的材料淬到最高硬度;高速钢用真空热处理代替盐浴可以收到非常好的效果,如增加刀具寿命,刀具不会出现渗碳、脱碳、氧化、氢脆等问题;真空热处理的机械零件变形小,不容易开裂,例如高速钢燕尾铣刀真空加热,随后真空淬火不会发生开裂,零件采用真空油淬,其变形量仅为一般油淬的 1/10,真空热处理后可以不