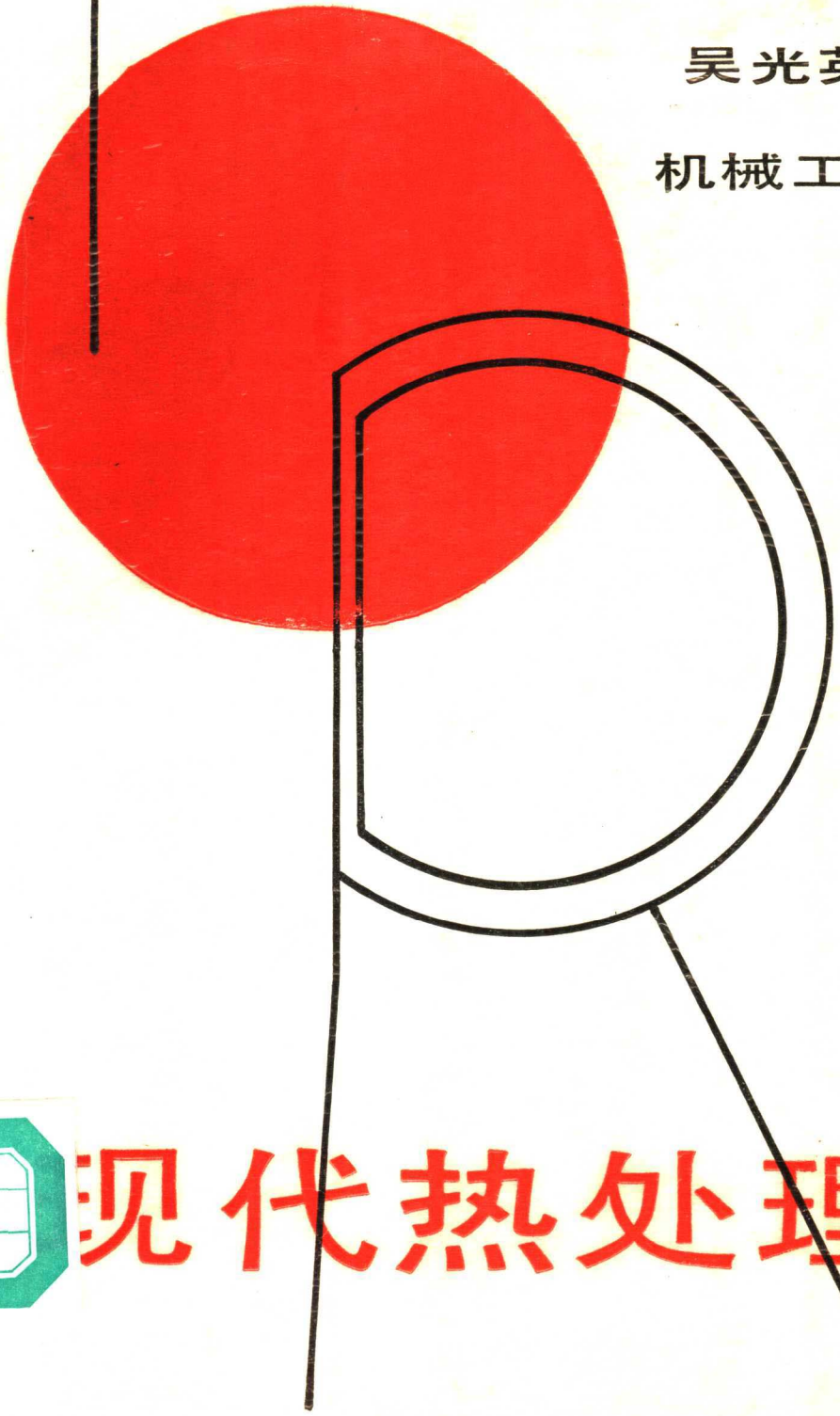
XIANDAI RECHULILU

吴光英　编著

机械工业出版社



现代热处理炉

现代热处理炉

吴光英 编著

机械工业出版社

内 容 简 介

本书综合了近期国内外有关热处理炉方面的文献和资料，比较系统地介绍了现代热处理炉。全书共分10章，主要内容包括热处理炉设计基础、周期式电阻炉、可控气氛炉、燃料炉、盐浴炉、流动粒子炉、真空炉、连续作业炉、炉温测量与控制、热处理计算机控制及其他类型加热装置。其中，以周期式电阻炉、可控气氛炉、连续作业炉及热处理计算机控制等4章为重点，都作了比较详细的介绍。

本书可供从事金属材料热处理、冶金、机械、轻工、电子、化工及国防工业等部门的工程技术人员、管理人员及大专院校师生学习参考。

现代热处理炉
吴光英 编著
*
责任编辑：程淑华
封面设计：郭景云
*
机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）
（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）
北京市昌平环球科技印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售
*
开本 787×1092 1/16 ·印张25.125 ·字数613千字
1991年4月北京第一版·1991年4月北京第一次印刷
印数 0,001—3,000·定价：18.00元
*
ISBN 7-111-02754-X/TG·608

前　言

热处理炉是实现热处理工艺的重要设备，而热处理工艺和一定的加热设备有着密切的关系。目前，在我国多数的热处理生产部门中，主要的加热设备仍然是各种热处理炉。

热处理炉是热处理工艺过程中的主要设备，而现代化工业生产对热处理炉提出了具有保证产品质量、生产效率、操作方便、安全可靠、节约能源等方面的要求。

在设计、制造及使用热处理炉过程中，尤其是在选择能源和确定炉型的时候，必须根据国情，立足于当时、当地的实际情况，贯彻“自力更生”、“艰苦奋斗”的原则和“以我为主”、“立足国内”的方针，对于现有的设备，也应该贯彻挖潜、改造和节约的原则，使现有的生产物资和设备在我国社会主义四化建设中发挥更大的效益。

随着现代化技术的发展，新型的技术、先进的热处理炉正在不断地出现，为了向广大读者介绍目前国内外较为广泛使用的各种典型的热处理加热设备，作者结合自身长期从事热处理炉生产、设计和研究等方面的工作及经验、并参考了大量文献资料，编著成此书。

本书对传热原理、炉用材料及热处理车间现有的一些炉型，如燃料炉、盐浴炉和流动粒子炉、真空炉及其他加热装置等作了一般性介绍，而对周期式电阻炉、可控气氛炉、连续式作业炉等作了重点介绍。其中包括计算机在热处理炉中的应用。

本书在编写过程中承蒙不少专家、教授、同仁和好友的热情鼓励和帮助。此外，书中还引用了一些著作中的内容和图样，特在此向各有关同志表示深切的谢意和衷心的感激。

由于仓促成书，加之本人水平有限，书中难免有缺点和错误，祈望专家批评，恳请读者指正。

吴光英

一九九〇年仲夏于南京栖霞山

目　录

前言

第一章　热处理炉的设计基础 …… 1

第一节　热处理炉的主要类型及其发展方向 …… 1

一、热处理炉的主要类型 …… 1

二、热处理炉的发展方向 …… 2

第二节　热处理炉的筑炉材料 …… 5

一、耐火材料 …… 5

二、隔热材料 …… 7

三、炉用钢材 …… 11

四、电热体材料 …… 12

第三节　热处理炉的基本结构 …… 15

一、基本结构的组成部分 …… 15

二、结构对性能的影响 …… 18

三、选择炉子结构的根据 …… 18

第四节　热处理炉的传热计算 …… 19

一、传导传热及其计算 …… 20

二、对流换热 …… 25

三、辐射换热 …… 26

四、综合换热及其计算 …… 29

第二章　周期式电阻炉 …… 31

第一节　普通电阻炉 …… 31

一、系列产品的型号编制方法 …… 31

二、箱式电阻炉 …… 32

三、台车式电阻炉 …… 39

四、井式电阻炉 …… 43

五、井式气体渗碳炉 …… 48

第二节　热处理电阻炉的设计方法 …… 53

一、设计概述 …… 54

二、热处理电阻炉的设计计算步骤 …… 54

第三节　炉型及其结构设计 …… 55

一、炉型的选择 …… 55

二、炉膛尺寸的确定 …… 55

三、炉体与外形尺寸的确定 …… 56

第四节　炉子的功率确定 …… 59

一、经验计算法确定功率 …… 59

二、理论计算法确定功率 …… 60

三、炉子的功率分配、接线与调节 …… 63

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第五节　电加热体的设计……66
一、金属电加热体的理论计算法……66
二、金属电加热体尺寸的图解确定法……71
三、金属电加热体的成形尺寸确定……73
四、金属电加热体的布置和安装方法……74
五、非金属电加热体的设计……75
第六节　电阻炉技术标准和试验方法……78
一、空炉升温时间……79
二、空炉损失……79
三、积蓄热……82
四、炉温均匀度（均匀性）……82
五、炉温稳定度……85
六、表面温升……85
七、加热能力试验……85
八、生产率……86
第七节　电阻炉产品质量分等……86
一、基本原理……86
二、使用方法……87
三、产品标准的具体使用……89
第三章　可控气氛炉……90
第一节　可控气氛热处理概述……90
一、可控气氛的应用价值……90
二、可控气氛的种类及其主要用途……90
第二节　可控气氛制备原理与装置……91
一、放热式可控气氛……91
二、吸热式可控气氛……94
三、滴注式气氛……98
四、氨分解气氛……99
五、氮基气氛……103
六、甲醇低温催化裂解……107
第三节　气氛的控制……112
一、碳势和氧势控制的原理……112
二、碳势控制仪器……112
三、氧探头……115
四、电阻探头……116
五、氮势控制及仪器……118
第四节　可控气氛热处理炉……118
一、可控气氛热处理炉的类型和特点……118
二、典型的周期式可控气氛热处理炉……123
第四章　燃料炉……154
第一节　气体的基本特性……154
一、气体的压力……154

二、气体的重度和密度……154
三、气体的温度……154
四、气体状态方程……155
第二节　管流基本方程式……156
一、连续方程式……156
二、伯努利方程……156
第三节　阻力损失……158
一、摩擦阻力损失……158
二、局部阻力损失……158
三、压头概念……159
第四节　通风机……161
一、轴流式通风机……162
二、离心式通风机……162
第五节　烟囱……163
第六节　炉膛内气体流动的组织……164
一、炉膛内气体流动的方向……164
二、炉膛内气体流动引起的压力变化……165
三、燃烧装置和排烟孔的布置……166
第七节　气体燃料燃烧装置……167
一、有焰烧嘴……168
二、无焰烧嘴……169
三、节能高效型烧嘴……170
第八节　液体燃料燃烧装置……172
第九节　辐射管……174
一、燃气辐射管……175
二、金属换热式辐射管……177
第十节　固体燃料燃烧装置……178
一、块煤燃烧法……178
二、粉煤燃烧法……180
第十一节　燃料炉概述……182
第十二节　燃料炉的节能……188
一、减少炉衬热损失和蓄热……188
二、减少炉门热损失……188
三、燃烧室合理布置……188
四、改进燃烧装置……188
五、减少废气热损失及废热利用……188
第五章　盐浴炉和流动粒子炉……189
第一节　盐浴炉的种类和特点……189
一、盐浴炉的主要类型……189
二、盐浴炉的主要特点……190
三、盐浴炉用的主要介质……191

第二节　电极盐浴炉的设计方法 ……193
一、坩埚尺寸的确定……193
二、电极盐浴炉功率的确定……195
三、电极盐浴炉电极尺寸的确定……197
四、电极厚度和电极柄尺寸的确定……198
五、变压器的选择与启动电极的设计……198
六、抽风装置的设计……199
七、几种盐浴炉电极的结构和布置……200
第三节　盐浴炉的改造与节能 ……201
一、盐浴炉的新型启动法……201
二、盐浴炉的节能措施……203
三、今后发展……203
第四节　流动粒子炉 ……203
一、固体粒子流态化的基本概念……203
二、流化质量及其影响因素……204
三、流动粒子炉的种类及其特点……206
四、石墨流动粒子炉的结构与设计方法……207
五、流动粒子炉的发展……213
第六章　连续作业热处理炉 ……215
第一节　概述 ……215
一、连续作业炉的种类和特点……216
二、连续作业炉的顺序控制……216
第二节　连续作业炉及其机械装置 ……219
一、推杆式炉……219
二、振底式炉……228
三、传送带式炉……237
四、步进式炉……245
五、转底式炉……248
六、鼓形炉……251
七、辊底式炉……253
八、气垫式炉……255
第三节　热处理自动机组 ……256
一、多用炉机组……257
二、德固萨三室多用炉机组……260
三、推杆炉机组……260
四、传送带机组……266
五、振底炉机组……268
六、鼓形炉机组……271
七、辊底炉机组……273
八、步进式炉调质机组……275
九、其他热处理生产机组……275
十、柔性热处理生产自动线……277

第七章　真空炉 ……280
第一节　真空的基本概念 ……280
一、真空及真空热处理……280
二、真空泵……280
三、真空测量……281
四、真空系统……282
第二节　真空炉的主要类型 ……283
一、外热式真空炉……284
二、内热式真空炉……284
第三节　真空热处理炉的主要部件 ……286
一、电加热体的结构设计……286
二、隔热屏的结构设计……290
三、炉壳的结构……291
四、真空隔热闸门的结构……291
第四节　各种典型结构的真空炉 ……292
一、单室气冷真空炉……292
二、双室气冷和油淬真空炉……292
三、连续真空淬火炉……293
四、卧式双室真空淬火炉……293
五、三室式气淬及油淬真空炉……294
六、双室式真空渗碳炉……295
第五节　真空炉的新发展 ……295
一、提高加热和冷却能力……295
二、提高加热温度均匀性……299
三、扩展真空炉的功能……300
四、炉子的组件化设计……302
五、其他……302
第八章　炉温测量与控制 ……303
第一节　炉温测量 ……303
一、概述……303
二、感温元件……303
三、测温线路和仪表……310
第二节　炉温控制 ……315
一、炉温自动控制方式和控制系统……315
二、炉温的位式调节……316
三、炉温的准连续调节……319
四、炉温的连续调节……320
五、炉温控制系统的设计……326
第九章　热处理的计算机控制 ……328
第一节　微型计算机在热处理中的应用 ……328
一、应用领域……328

二、典型应用系统的设计……328
三、系统硬件的结构与配置……330
四、系统的软件设计……332
五、系统的抗干扰设计……337
第二节 微机炉温控制 ……340
一、概述……340
二、系统工作原理……340
三、KRL-W系列微机温度控制柜介绍……342
四、微机炉温群控介绍……345
第三节 渗氮过程的微机控制 ……349
一、可控渗氮的基本原理和参数……349
二、渗氮过程中氮势门槛值特性曲线……350
三、KRN-W系列微机氮势控制柜……350
第四节 渗碳过程的微机控制 ……351
一、工作原理及碳势的控制……354
二、KRQ-W系列微机碳势控制柜介绍……356
第五节 热处理生产线的微机控制 ……360
一、概述……360
二、NS-88-900微机滴控箱式多用炉机组的微机控制 ……362
第十章 其他类型的加热装置 ……386
第一节 感应加热装置 ……368
一、感应加热装置的分类和特点……368
二、工频感应加热装置……368
三、中频感应加热装置……371
四、高频感应加热装置……375
五、超音频感应加热装置……376
六、超高频脉冲发生装置……377
七、感应电源设备的发展……378
第二节 离子轰击加热装置 ……378
一、装置原理和分类……378
二、离子轰击加热装置的组成……380
三、离子轰击加热装置的发展……384
第三节 电子束加热装置 ……386
一、电子束加热处理的特点……386
二、电子束加热装置的原理和结构……386
三、电子束加热装置的应用……387
第四节 激光加热装置 ……389
一、概述……389
二、激光加热装置……389
参考文献 ……392

第一章　热处理炉的设计基础

随着科学技术的发展，在冶金、机械、航空、航天、船舶等工业生产中，需要进行热处理的零件和工具日益增多。热处理炉是实现热处理工艺的重要设备。工业生产要求热处理炉具有能保证产品质量、生产效率高、操作方便、安全可靠、节约能源等特性。因此，正确选择炉型、合理设计炉子结构、不断改进炉子热工性能，已成为热处理炉设计制造的重要研究课题。

第一节　热处理炉的主要类型及其发展方向

一、热处理炉的主要类型

当今国内、外热处理炉的种类繁多。根据性能特点、结构形式和应用范围的不同，通常按以下方法分类。

（一）按工作温度分

（1）低温炉　炉温为650℃以下。主要用于钢件回火、铝合金淬火和时效、渗氮等处理。

（2）中温炉　炉温为650～1000℃。主要用于钢件淬火、退火、正火、渗碳、碳氮共渗等处理。

（3）高温炉　炉温为1000℃以上。主要用于高速钢、模具钢、耐热钢和耐热合金等材料的热处理。

（二）按热源和加热方式分

（1）电阻炉　凡借用电流通过加热元件发热而加热炉膛的炉子均称为电阻炉。其加热元件可以是各种电阻加热体或者是加热介质本身，如电极盐炉的盐液、流动粒子炉的石墨粒子等。

（2）燃料炉　炉内热量是借用固体、液体和气体燃料燃烧所产生。这类炉子温度的均匀和准确性不及电阻炉，但它是直接利用燃料发热的设备，能节约能源，因而有的国家提倡发展燃料炉。

（3）各种表面加热装置　高频、中频和工频感应加热装置，电解液表面加热装置，火焰表面加热装置，电子束、离子束和激光束表面加热装置等。这类加热装置主要用于表面淬火和各种化学热处理。

（三）按加热介质分

（1）氧化性介质加热炉　如空气介质加热炉、燃料气体加热炉。零件经加热后表面有一层氧化皮和一定深度的脱碳层，金属烧损量较大，因而影响热处理的质量。

（2）可控气氛热处理炉　炉内气体介质的成分可以调节控制，能实现无氧化无脱碳的光亮加热，也可进行渗碳等化学热处理，可以减少或避免金属烧损，提高热处理质量。

（3）真空热处理炉　抽出炉内的氧化性气体，在真空状态下加热，同样也能实现无氧化无脱碳加热。如果再向炉内通入进行化学热处理的活性气体，则可进行真空化学热处理或

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

离子化学热处理。

（4）液体介质的热处理炉　有电极盐浴炉和坩埚盐浴炉、油浴炉、熔融金属炉等类型。这类炉子可用于钢件的淬火、回火，有色金属的淬火和时效以及局部热处理，也可用于淬火冷却，如硝盐槽（炉）、碱浴槽（炉）等。

（5）流动粒子炉　向炉膛内鼓入空气、可燃气体或化学热处理气体，使炉膛内的粒子（石墨粒子或石英砂等）呈悬浮状态，形成气固混合的流态化加热介质。热源可以是电热，也可以是气体燃料加热，这种炉子可用于淬火加热、冷却，也可进行化学热处理。

（四）按炉型结构分

（1）箱式炉　炉体为箱形，炉门在箱形炉体的一端，垂直启闭。这类炉子多数是中温或高温炉，是淬火、正火、退火等热处理应用较多的一种炉型。

（2）井式炉　炉体为圆筒或方形直立式，炉口在顶端，形如井。这类炉子高、中、低温都有，广泛用于淬火、回火和渗碳、渗氮等化学热处理，是热处理生产中应用较广的炉型。

（3）实验室电炉　随着科研、教育事业的发展，实验室用电炉已发展成一类品种繁多的产品。其特点是，工作室较小，耗电功率不大，常在15kW以下，其控制精度一般要求较高，可以模拟各种工艺过程和满足科学研究的要求。为适应特种合金热处理的发展要求，实验室电炉已直接被用在该类合金的提纯、重熔等领域中。但因要求各异，该类电炉的产量小，往往是根据用户要求订制的非标产品。炉型有井式、箱式、坩埚式、管式等。

（4）其他炉型　如，炉底为台车形，可抽出推进的台车式炉；炉底固定，炉体为可吊起并可移动变位的罩式炉；炉体为圆环状，罩圈固定不动，而罩下的圆环状炉底可不断转动的转底式炉；炉底可来回震动的震底式炉；炉体贯通并穿过耐热钢双排导轨，两端的进出料口配有推料和拉料机构的推杆式炉；炉体贯通并装有耐热钢传送带的输送带式炉；炉体贯通而炉底由辊筒组成的辊底式炉等。这类炉子可以进行半机械化或机械化操作，从而减轻了劳动强度，提高了生产效率。除台车式和罩式炉外，其余几种炉子均可安装在流水线上进行连续生产作业。

此外，还可按炉子作业方式分为周期作业炉、半连续作业炉、连续作业炉，以及采用微机控制的成套机组等。按工艺用途分为淬火炉、回火炉、渗碳炉、氮化炉㊀、渗硼炉以及渗金属炉等。

二、热处理炉的发展方向

我国工业生产中所用的热处理炉，存在的主要问题有：加热介质大多数为空气，氧化脱碳严重，金属烧损量大，热效率低，能耗高，经济效益低；炉温均匀度差，控温精度低，质量可靠性不高；机械化自动化程度低，劳动强度大，生产效率低等问题。为改变热处理炉的落后现状，近年来我国许多电炉研究单位和电炉制造厂以及用户，积极应用新的科技成果，从而加快了热处理炉的技术改造和产品更新换代的步伐，开辟了新的发展途径，并已取得了初步成效。目前，热处理炉的改造途径和发展趋势主要集中体现在以下几个方面：

（一）旧热处理炉的技术改造方向

现有热处理炉的技术改造主要有：一是，采用耐火纤维和优质轻质隔热耐火材料砌筑炉衬，从而改善隔热保温性能，提高节能效果。二是，中温炉加装风扇，提高炉温均匀性，强化传

㊀ 根据ZBK60 001—88专业标准规定，仍称氮化炉，下同。

热过程，缩短加热时间。三是，提高炉子的密封性，从炉子结构上着手改善炉门、炉盖和风扇轴等部位的密封效果，以达到减少热损失，提高温度均匀性、减少泄漏并保证炉气成分和压力的稳定，减少氧化、脱碳和提高热处理质量。四是，提高控温精度，将位式控制改为PID调节控制，进一步采用微型计算机控制，从而提高炉子的控温效果。五是，配备简易的保护气体发生装置，减少氧化、脱碳，提高热处理质量。六是，改进装料、出料机构，改善劳动条件，提高生产效率。七是，发展新型加热元件，采用新材料新工艺，提高热效率及使用寿命。

（二）发展少、无氧化脱碳热处理炉的途径

少、无氧化脱碳加热是热处理表面质量控制的重要课题，世界上工业发达的国家都比较普遍地采用了少、无氧化脱碳的热处理炉。我国在这方面起步较晚，发展也较慢，有待进一步加快发展速度，以适应生产技术进步的需要。

1． 推广可控气氛热处理炉的应用

我国可控气氛热处理炉是60年代初期开始发展的，目前应用范围仍然不大，其主要障碍是原料气供应不足和受到资金限制。70年代以前，制备可控气氛主要是用液化石油气、天然气用燃烧或裂解法产生，设备复杂，生产和使用成本均较高。为了节约能源，逐渐开发和应用分子筛空气制氮，并在此基础上应用了氮基气氛。这种可控气氛节能经济、安全方便，近年来在我国已有较大的发展趋势。为了适应中、小批量周期作业生产的需要，向炉内直接滴注有机液体，在炉内直接裂解后产成可控气氛。这种滴注式可控气氛热处理炉，实施方便，易于推广应用。可控气氛的测控装置，如露点仪、红外线仪、氢分析仪、氧探头以及应用微机技术等，我国已能批量生产，且应用效果良好。总之，从需要与可能两方面来看，大力发展可控气氛热处理炉，实现少、无氧化脱碳加热，进而推广其在化学热处理方面的应用，已是势在必行。

2． 推广真空热处理炉

真空热处理炉是实现无氧化脱碳加热的另一种途径。当炉内真空度达到12.7×10^{-3}Pa时，就相当于氧化性介质含量为1.3ppm的保护气体。一般可控气氛炉内的氧化性介质达到1.33ppm是很难的，因而真空热处理可看成是很纯的保护气氛加热。真空热处理不仅不产生氧化、脱碳，而且具有脱脂、脱气作用，零件的疲劳性能、常规机械性能、使用寿命等均优于一般热处理。对于加热中具有活性反应的钛类合金，必须采用真空热处理。真空热处理在真空渗碳、离子渗氮以及离子镀渗、物理气相沉积等类表面化学热处理中也获得了广泛的应用价值。由此可见，真空热处理炉的应用，也有很大的发展前途。近年来，国内不少科研单位和生产厂家在开发应用真空炉方面，做了大量工作，并取得了一定成效。

3． 发展流动粒子热处理炉

近10多年来，流动粒子炉发展较快，在70年代后期，主要集中发展燃气—空气混合气直接通入炉膛内进行燃烧，形成中性或略带还原性气氛的内热式流动粒子炉。炉内的燃烧气可起防止氧化脱碳作用和使粒子流态化的作用。当增大原料气的比例，提高混合气的碳势也可进行渗碳。类似电极盐浴炉的以石墨为粒子，以空气为流动载体的电热流动粒子炉，由于石墨在高温下与空气中的氧发生反应产生了一部分有还原作用的CO气体，而CO又可进一步与氧反应产生出少量的活性[C]原子，因而这类流动粒子炉也具有较好的防氧化脱碳效果。由于流动粒子炉的加热速度快，搅动速度高，温度均匀性好，工艺适应性强，投资成本低，所以具有较大的推广使用价值。

4． 改造盐浴炉的方向

盐浴炉用于中、小零件和工模具的热处理也具有较好的防氧化脱碳的效果。国外，如联邦德国等十分重视对盐浴炉的改造。他们研究了无毒盐液和适用于不同工艺要求的专用盐液，并已实现了系列化和商品化；进行结构改造，如将电极由插入式改为埋入式，提高了温度均匀性，增大了炉膛有效使用容积，节约了电能。70年代中期，我国在盐炉的改造方面也进行了大量工作，推广了埋入式电极盐浴炉，电炉行业也进行了系列化生产。在盐液的成分配制、新的脱氧剂、新的启动方法等方面也作了大量的试验研究工作，许多新的研究成果已投入生产应用，并显示了良好的效果。

（三）表面热处理用炉和装置的发展方向

采用表面热处理技术是提高零件表面硬度、耐磨性、抗疲劳强度和耐腐蚀性的良好途径。同时，由于不需要整体加热，因而可以达到节能和减少变形的效果。

1． 选择性局部表面硬化装置的发展

早期表面硬化处理有火焰加热表面淬火、电解液表面加热淬火、中频和高频感应表面加热淬火等工艺方法。这些选择性局部表面硬化工艺虽然仍有一定实用价值，但随着科学技术的不断进步，近年来人们的兴趣已开始转向激光和电子束局部表面硬化技术方面。

激光表面硬化处理装置，一般选用功率为千瓦级、波长为10.6μm的连续CO_2激光器。零件表面涂有激光吸收促进剂，当其表面得到高密度能量后，在极短时间内就可达到奥氏体化温度（几分之一秒），其心部仍保持低温状态，并成为表面加热区的冷却源，而进行自冷淬火。此外，利用激光加热进行表面合金化和激光上釉处理等也有了较大进展。有的工业发达国家已进入了生产实用阶段，并已显示了良好的效果。

电子束表面硬化处理装置的工作室为真空状态，装置结构比激光复杂。由于电子束动能是直接传递给工件表面的原子层，不依靠表面吸收能量，所以表面不需涂吸收剂。一般电子束枪的额定功率为几十千瓦级。电子束表面硬化处理的特点与激光的相近，其应用范围大体上一致。

2． 离子轰击热处理炉的发展

随着离子渗氮在工业中的广泛应用，已显示出渗氮速度快、渗氮层组织可以控制、无污染、节能等优点。为了适应这一发展的需要，离子氮化炉的研制和生产进展很快。目前，已能生产出500kW的离子氮化炉、全自动微机控制离子氮化炉、多用途的离子渗氮—离子碳氮共渗炉。离子渗碳已迈入了工业应用领域，特别在深层渗碳方面显示了独特的效果。离子渗金属的研究也有很大进展，有些单位已进行工业应用的试验。离子轰击热处理设备在70年代的中、后期，生产厂家很多，自行设计制造的也不少。80年代已基本定点生产，国内厂家基本能按用户订货要求进行生产。

3． 化学气相沉积和物理气相沉积装置的发展

化学气相沉积和物理气相沉积表面硬化技术于70年代初期引入我国，目前应用虽然还不普遍，但已进行了大量的试验研究工作。特别是物理气相沉积方面，如沉积TiN工艺已开始用于生产，并取得了良好的成效。气相沉积工艺在表面硬化和表面装饰方面有着广阔的应用前景。适应这类工艺发展的设备装置，目前还处于自行设计制造阶段，尚无定点生产厂家。随着这类工艺的推广应用，进行设备装置的系列化、专门化生产势在必行。

离子注入被称为80年代表面处理的新技术。它具有使金属材料表面得到所需组织与成分，以达到改善其力学性能和物理性能目的的特殊效果。由于设备投资大，目前还只限于试验室

的试验研究，需要从设备方面创造条件过渡到生产应用。

第二节　热处理炉的筑炉材料

筑炉材料是指制造热处理炉需要的各种材料。如砌筑炉衬用的耐火材料、隔热材料；制做炉壳用的钢板、角钢等金属材料；做炉底板、马弗罐、坩埚用的耐热金属材料；做加热体用的电阻合金材料等。

一、耐火材料

热处理炉的炉衬一般分为两层。一层为耐火层，另一层为隔热保温层。用于做耐火层的材料必须是耐火材料。所谓耐火材料系指能抵抗高温及高温下的物理、化学作用的非金属筑炉材料。砌筑热处理炉的炉衬，要根据炉内温度、气氛、熔融材料的成分，选用不同类型的耐火材料。要作出合理的选择，首先要了解耐火材料的特性。

（一）耐火材料的主要性能指标

1．耐火度

耐火度是耐火材料在高温下抵抗熔化的性能。耐火度主要取决于耐火材料的化学成分和材料中的易熔杂质（如FeO、NaO等）的含量。耐火度并不代表耐火材料的实际使用温度，因为在高温载荷作用下耐火材料的软化变形温度会降低，所以耐火材料的实际允许最高使用温度比耐火度低。耐火度一般通过试验测定。耐火度大于1580℃的材料才可称为耐火材料。

2．高温结构强度

高温结构强度是指耐火制品在高温下承受压力而不发生变形的抗力。常以荷重软化温度来评定。所谓荷重软化温度是指耐火制品在0.2MPa压力下，以一定的升温速度加热，测出样品开始变形的温度和压缩变形达4％或40％的温度。前者的温度叫荷重软化开始温度，后者叫荷重软化4％或40％的软化点。

3．热稳定性

热稳定性是指抵抗温度急剧变化而不破裂或剥落的能力，有时也称之为耐急冷急热性。它的测定是将耐火制品加热到一定温度（850℃）然后用流动的冷水冷却，直至进行到因制品破裂而部分剥落的重量为原重量的20％时，所经受的冷热交替次数即为评定热稳定性的指标。

4．体积稳定性

体积稳定性是指耐火制品在一定温度下反复加热、冷却的体积变化百分率。一般在多次高温作用下，耐火制品内的组成相会发生再结晶和进一步烧结，会产生残余的膨胀或收缩现象。一般允许的残余膨胀或收缩不应超过0.5～1.0％。

5．高温化学稳定性

高温化学稳定性系指耐火制品在高温下，抗金属氧化物、熔盐和炉气侵蚀的能力。常用抗渣性来评定，这种性质主要取决于耐火制品本身相组成物的化学特点和物理结构，如气孔率、体积密度等。

6．体积密度、气孔率、透气性

体积密度是指包括全部气孔在内的单位体积耐火制品的重量，其单位为g/cm^3。

气孔率（％）分显气孔率和真气孔率。显气孔率是耐火制品上与大气相通的孔洞体积与总体积之比。真气孔率是指不与大气相通的孔洞体积与总体积之比。

透气性常以透气系数评定，透气系数是在9.8Pa的压差下，1 h内通过厚1 m、面积为1 m^2耐火制品的空气量。

7. 热导率、比热容、热膨胀性

热导率表示耐火材料的导热性能，常以符号“λ”表示，其物理意义为当温度差为1 K时、单位时间内通过厚为1 m，面积为1 m^2耐火制品的热量，单位为W/(m·K)。

比热容反映耐火材料的蓄热能力，单位为kJ/(kg·℃)，其值随温度升高而增大。

热膨胀性常用线性膨胀百分数“α”来表示，即耐火材料制品在t℃下的长度L，与0℃时的长度L_0之差值同L_0之比的百分数。

（二）常用的几种耐火制品

1. 粘土质和高铝质耐火制品

筑炉用的粘土质砖和高铝质砖，其基本化学成分均为SiO_2和Al_2O_3。在SiO_2-Al_2O_3系中，含Al_2O_3为30～46%的称为粘土质耐火砖；含Al_2O_3大于48%的称为高铝质耐火砖；当含Al_2O_3为72%而生成莫来石晶体（$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$），Al_2O_3为a-Al_2O_3形态时，称为刚玉制品。

（1）粘土质砖　粘土质砖的主要原料为耐火粘土和高岭土，以软质粘土（结合剂）和熟料拌合压制成形后，于1300～1400℃烧结成制品。其主要化学成分是：Al_2O_3 30～42%，SiO_2 52～60%，其余为Fe_2O_3、CaO、MgO、Na_2O、K_2O等少量金属氧化物。高温时，呈弱酸性或中性；耐急冷急热次数可达20余次，高于其他耐火制品；热容量、热导率、膨胀系数均低于其他耐火制品；荷重软化温度为1250～1350℃，比其他耐火制品的低；最高使用温度1300～1400℃；制品表面常为黄棕色并带有黑点。这类砖应用广泛，常用于砌筑炉壁、炉顶、炉底等部分。由于对铁铬铝电阻合金有腐蚀作用，不宜做电热体搁砖；易于受炉气中的CO、H_2等还原性气体的侵蚀，不宜做无炉罐可控气体热处理炉的炉衬。

（2）高铝质砖　制造高铝质砖的原料为高铝矾土，其主要矿物组成为高岭石和水铝氧矿石。含Al_2O_3量48～72%为高铝质砖，含Al_2O_3量大于72%为刚玉制品，其余成分含量主要是SiO_2和少量杂质。高铝耐火制品在高温下呈中性；荷重软化温度和耐火度均随含Al_2O_3量增加而提高。通常，荷重软化温度为1420～1650℃，耐火度为1750～1900℃，最高使用温度可达1650～1800℃，具有良好的抗急冷急热性和化学稳定性。这类耐火砖可用于砌筑高温电炉的炉衬，砌筑中高温电极盐浴炉的坩埚，用作中、高温电阻炉电加热体的搁砖。刚玉制品主要用于做电加热体接线棒和热电偶的套管、高温炉炉底板、实验室用马弗炉炉胆等。

2. 隔热耐火砖（俗称轻质砖）

前面所讲的粘土质砖、高铝质砖按其密度不同习惯上分为重质砖（2.2～2.75g/cm^3）、轻质砖（0.4～1.3g/cm^3）、超轻质砖（0.4g/cm^3）。它们的化学成分相同，只是气孔率不同。由于轻质砖内的气孔率高，故其密度小，可减轻炉体重量；热容量小，减少了炉体蓄热，升温快；热导率小，减小了炉体的传热损失，增加了节能效果。轻质砖的主要缺点是，抗熔渣、液态金属和盐液的侵蚀能力低；结构强度、抗冲击、抗磨损能力低。轻质砖可用于砌筑炉顶、炉壁。超轻质砖多数用于砌筑保温隔热层和低温炉的炉衬。近年来，为了提高炉子的节能效果，对轻质耐火材料进行了较多的研究改进，如空心漂珠砖是一种利用电厂燃煤锅炉废渣（又称粉煤灰）中一种悬浮在水面上呈银白色的密闭中空的玻璃微珠为原料，再加上掺合料而制成的轻质耐火砖。其耐火度达1510℃，最高使用温度为1200℃。由于其密度较小，热导率较低，且价格较便宜，故不断扩大应用，常用作中温热处理炉炉衬。我国耐火材料厂就是用

这种原料制造生产轻质耐火砖的。

3. 抗渗碳砖

没有耐热钢马弗罐的可控气氛热处理炉，可控气氛直接与炉膛接触，气氛中的CO、H_2等还原性气体会与耐火砖中的Fe_2O_3等金属氧化物发生化学反应，导致砖体疏松、表面剥落，同时反应生成的H_2O、CO_2等又会影响炉气成分的稳定。因此，用作可控气氛热处理炉炉衬的耐火砖必须具有对H_2、CO等还原性气体的抗渗碳作用。要提高耐火砖的抗渗碳性能，就必须减少砖中Fe_2O_3等金属氧化物的含量。实验证明，粘土质砖和高铝质砖中的Fe_2O_3含量低于1%时，就具有良好的抗渗碳性能，而且轻质砖的抗渗碳性优于重质砖。我国宜兴、郑州、长兴等地都能生产抗渗碳砖。

4. 耐火纤维

这是一种新型的筑炉材料，它兼有耐火和隔热保温两方面的作用。根据成分不同，可分为硅酸铝、石英、氧化铝和石墨等多种耐火纤维。普通热处理炉应用硅酸铝耐火纤维较多，而高温真空热处理炉应用石墨纤维较多。硅酸铝耐火纤维是将焦宝石或矾土于2000℃左右的电弧炉中熔化后，在其流出时用高压空气或蒸汽喷吹成直径为2.8～10μm的散状纤维，形成纤维棉，可以直接使用，也可加工成毡、板、绳、砖等纤维制品使用。这种纤维的主要成分是：Al_2O_3 40～63%，SiO_2 37～55%，其余为微量的金属氧化物杂质。其耐火度为1750～1790℃；使用温度为1150～1500℃；热导率300℃下为0.05～0.07W/(m·K)、400℃下为0.07～0.06 W/(m·K)；500℃下为0.09～0.15W/(m·K)；1000℃下为0.23～0.31W/(m·K)；体积密度为40～90kg/m³；同一般耐火制品相比较，耐火纤维制品具有热导率小、重量轻、比热容小，抗急冷急热性好，化学稳定性高，特别是隔热保温性能好，用来作炉衬材料具有蓄热少、升温快、节能效果好等突出优点。它的缺点是使用温度超过1000℃以后，会产生析晶现象，导致体积收缩、发脆和强度下降。提高纤维中的Al_2O_3含量或减少Cr_2O_3的含量均可控制析晶现象，从而提高其使用温度。

5. 耐火混凝土

耐火混凝土是一种不定形耐火材料，由耐火骨料、掺合料、水泥（胶结料）和适量的水混合均匀后，再经成形、干燥、硬化等过程而制成整体炉衬，如马弗罐、盐浴炉坩埚等。耐火混凝土按其所用胶结料的不同，可分为铝酸盐、磷酸盐、硫酸盐和水玻璃等四种类型。热处理炉应用较多的是铝酸盐耐火混凝土。

6. 碳化硅耐火材料

这种耐火材料是以SiC粉为原料，以10～20%的结合粘土或5～10%的硅铁作结合剂，搅合后压制成形，经过烧结而成为耐火制品。它的荷重软化温度约为1600℃；导热性比普通耐火材料高出5～10倍；导电性很好，可用作电加热体材料；在1300℃以上易于氧化，也易于被碱性物质侵蚀而脆化，特别硬脆。这种耐火材料可用于作高温炉炉底板、马弗罐等。

以上所介绍的只是一部分热处理炉常用的耐火制品。表1-1是铝酸盐耐火混凝土的原料配比及其性能。表1-2是硅酸铝耐火纤维的主要性能；表1-3是常用耐火制品的性能。

二、隔热材料

中、高温热处理炉的炉衬通常由耐火层和保温层组成，隔热材料用于砌筑炉衬的保温层。隔热材料具有气孔率高、体积密度小、热导率低、比热容小等特点。它能有效地减小炉壁的传热损失，节约能源。热处理炉常用的隔热保温材料有以下几种：

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com