

热处理炉

曾祥模 主编



西北工业大学出版社

TG 155.1

Z05-2

447194

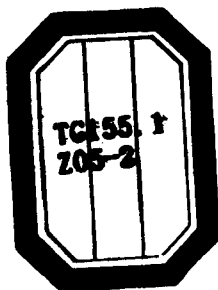
热处理炉

曾祥模 主编



00447194

4



西北工业大学出版社

1996年7月 西安

内 容 简 介

本书是根据全国高等学校金属材料及热处理专业《热处理炉》教学大纲的基本要求，由西北工业大学、陕西机械学院、西安交通大学、西安工业学院、西安电炉研究所的教师、工程技术人员结合他们长期从事本学科教学和科学研究的丰富经验和成果共同编写的。

全书共分七章：筑炉材料、炉内传热原理、电阻炉、燃料炉、浴炉、可控气氛炉和真空炉。本书内容丰富、新颖，图文并茂，理论联系实际，文理通顺，有益于培养学生分析问题和解决实际问题的能力，也便于自学，是一本比较好的《热处理炉》教材，亦可供广大热处理工作者参考。

DM40/12

热 处 理 炉

主 编 曾祥模
责任编辑 王夏林
责任校对 杨长照

©1996 西北工业大学出版社出版

(西安市友谊西路127号)

陕西省新华书店发行

西安蓝田县立新印刷厂印装

ISBN 7-5612-0867-7/TG·36

开本 787×1092毫米 1/16 24.5印张 591千字
1989年8月第1版 1996年7月第3次印刷
印数7001—11000册 定价：24.00元

前 言

热处理炉课程，是金属材料及热处理专业大学生必修课程。本教材强调基本知识，基础理论及其应用。第一章筑炉材料是本专业学生必备的基本知识，由于陶瓷耐火纤维应用日趋广泛，因此这部分写得较详细。炉子传热原理一章，是设计炉子和使用炉子的热工基础，强调基础理论与应用。热处理电阻炉、燃料炉和浴炉，是热处理车间当前的主要炉型，通过这三章的学习，学生应具有选择炉型的基本知识，对炉子设计应有基本训练。考虑到我国可控气氛炉和真空炉的发展需要，这两章编写较系统、全面，一些内容可供学生自学参考。

本书编写分工：绪论和可控气氛热处理炉两部分，由西北工业大学曾祥模同志编写，其中氨分解气氛和氨燃烧气氛一节，由西安电炉研究所祝永清同志编写；筑炉材料和热处理燃料炉两章，由西安工业学院张蔚宁同志编写；炉子传热原理一章由陕西机械学院樊天正同志编写；热处理电阻炉和热处理浴炉及流动粒子炉两章，分别由西安交通大学周志渊同志和陈昭同志编写；真空热处理炉一章由西安电炉研究所高升同志编写。

西安交通大学周志渊同志是本书主审，他对本书提出的宝贵意见，编者表示感谢。

主编曾祥模同志和樊天正同志对全书进行了补充与删改。

由于编者水平有限，本书难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

书中部分资料和图样，选自有关书刊资料，在此谨向各原著者表示谢意。

编 者

1989年2月

目 录

绪论	1
第一章 筑炉材料	4
第一节 耐火材料	4
一、耐火材料的技术性能指标	4
二、热处理炉常用的耐火材料	5
第二节 陶瓷耐火纤维	7
一、陶瓷耐火纤维的种类	7
二、耐火纤维特性	9
第三节 常用的保温材料	9
第四节 不定型耐火材料	10
第五节 炉衬材料的选择	11
第六节 炉用耐热钢	12
第二章 炉子传热原理	20
第一节 基本概念	20
一、传热的基本方式	20
二、温度场和温度梯度	21
三、稳定态和不稳定态传热	21
四、传热一般方程	21
第二节 传导传热	22
一、导热的基本定律	22
二、热导率	22
三、单层炉墙的导热	24
四、多层炉墙的导热	28
第三节 对流换热	30
一、基本概念	30
二、牛顿公式	31
三、影响对流换热的因素	31
四、对流换热系数的确定	33
五、强化炉内对流换热的途径	35
第四节 辐射换热	36
一、基本概念	36
二、热辐射的基本定律	38
三、马弗炉炉膛内的辐射换热	42
四、炉门开启时的辐射换热	47

五、电阻炉炉膛内的辐射换热	49
六、有隔热板时的辐射换热	50
七、气体与固体间的辐射换热	51
八、远红外辐射加热	53
第五节 综合传热	55
一、对流和辐射同时存在时的传热	55
二、炉墙的综合传热	56
三、炉衬厚度计算	59
第六节 金属加热计算	61
一、基本概念	61
二、薄材加热时间计算	64
第三章 热处理电阻炉	72
第一节 热处理电阻炉的类型和结构	72
一、箱式电阻炉	74
二、滚动底式炉及台车式炉	77
三、井式电阻炉	78
四、井式气体渗碳电阻炉	83
第二节 热处理电阻炉的设计步骤	88
第三节 炉型的选择和炉膛尺寸的确定	88
一、炉型的选择	88
二、炉膛尺寸的确定	83
第四节 炉体结构设计 with 材料选择	91
一、炉衬材料的选择	91
二、炉墙	92
三、炉顶	93
四、炉底	94
五、电阻炉炉衬砌筑原则	94
第五节 电阻炉功率的计算	98
一、经验计算法	98
二、理论计算法	99
三、电阻炉功率的分配	102
四、电阻炉的供电电压和接线方法	104
第六节 常用电热元件材料及性能	104
一、电热元件材料的性能要求	104
二、常用电热元件材料及性能	105
第七节 电热元件的设计计算	108
一、电热元件的单位表面功率	108
二、电热元件尺寸的计算公式	109
三、电热元件的参数分析	115
四、图解法确定电热元件的尺寸	118
五、电热元件的结构尺寸	120

六、金属电热元件在炉内的布置和安装	122
七、碳化硅棒电热元件的选用	125
第八节 热处理电阻炉设计例题	126
第九节 电阻炉的性能试验	130
第四章 热处理燃料炉	132
第一节 概述	132
第二节 气体力学基础	132
一、物理量的基本概念	133
二、炉气静平衡方程	135
三、流体流动的基本性质	139
四、流体流动的能量方程	142
五、炉内气体流出	143
六、烟囱原理	144
第三节 燃料及燃烧计算	146
一、热处理炉用燃料	146
二、燃烧计算	148
三、燃料燃烧的热量计温度	151
第四节 燃烧装置	151
一、煤气燃烧	151
二、煤气烧嘴	155
三、液体燃料燃烧用喷嘴	163
四、辐射管	166
第五节 燃料消耗量的确定	168
一、燃料消耗量确定	168
二、热处理燃料炉的技术经济指标	169
第六节 燃料炉结构分析	170
一、上燃烧室和底燃烧室热处理炉	170
二、侧燃烧室热处理炉	172
三、排烟口位置和燃烧装置布置对炉内气流分布的影响	173
第七节 可燃气体的防爆	176
第五章 热处理浴炉及流动粒子炉	178
第一节 浴炉的特点及类型	178
一、浴炉的特点	178
二、浴炉的分类	178
三、常用浴剂	184
第二节 电极盐浴炉的设计	185
一、电极盐浴炉的结构设计	185
二、盐槽尺寸的确定	186
三、盐浴炉功率的确定	188

第三节 电极设计	189
一、插入式电极盐浴炉的电极设计	189
二、埋入式电极盐浴炉的电极设计	191
三、水模拟试验法确定电极尺寸	195
四、电极柄与铜排的设计	202
第四节 盐炉变压器选用、抽风装置及盐炉启动	203
一、盐炉变压器的选用	203
二、盐浴炉抽风装置的设计	205
三、电极盐浴炉的启动	207
第五节 流动粒子炉	208
一、流态化的基本概念	208
二、流动粒子炉的类型和结构	210
三、电极式流动石墨粒子炉	211
第六章 可控气氛热处理炉	216
第一节 可控气氛类型	216
一、以原料气制取可控气氛	216
二、分离空气制取氮基气氛	217
三、用有机液体制取可控气氛	217
四、瓶装高纯气	218
第二节 气氛的氧化还原特性	218
一、氧对金属的氧化作用	218
二、 H_2 、 H_2O 、 CO 、 CO_2 系对铁的氧化还原作用	219
三、 CO_2 - CO 对铁的氧化还原作用	221
四、 H_2O - H_2 对金属的氧化还原作用	221
第三节 吸热式气氛	223
一、吸热式气氛制备原理	223
二、产气过程讨论	224
三、产气计算	225
四、吸热式气氛发生装置及产气流程	227
五、反应罐	230
六、原料气	231
七、催化剂	231
八、吸热式气氛的特点与应用	232
第四节 放热式气氛	232
一、放热式气氛概述	232
二、放热式气氛产气组分计算	233
三、放热式气氛发生装置	235
第五节 净化放热式气氛	239
一、除水方法	239
二、沸石分子筛的共吸附特性和再生	242
三、制备净化放热式气氛流程	243

第六节 吸附分离空气制备氨基气氛	244
一、碳分子筛吸附分离原理	244
二、碳分子筛制氮流程	245
三、沸石分子筛制氮流程	247
四、普氮气净化除氧	248
五、中空纤维膜制氮技术	250
第七节 滴注式气氛	250
一、C-H系有机物	250
二、C-H-O系有机物	251
三、滴注液特性和选用	251
四、C-H-O-N系有机物	254
第八节 氨分解气氛和氨燃烧气氛	255
一、氨分解气制备原理	255
二、氨分解流程及发生装置	256
三、氨燃烧气氛	259
第九节 碳势控制	262
一、碳势计算	263
二、碳势控制原理	264
三、碳势测量仪	268
第十节 可控气氛炉综述	276
一、周期作业可控气氛炉	276
二、连续式可控气氛炉	285
三、可控气氛炉结构特点	294
第七章 真空热处理炉	300
第一节 概述	300
一、真空度的单位与区域划分	300
二、真空气氛的纯度与特点	301
三、真空中加热的特点	302
四、真空热处理应用	305
第二节 真空热处理炉类型	307
一、外热式真空热处理炉	307
二、内热式真空热处理炉	308
三、内热式真空热处理炉的结构型式	309
四、抽空热处理炉	319
第三节 电热元件设计	324
一、电热元件功率确定方法	324
二、电热元件材料	325
三、电热元件的设计	329
四、电热元件的结构	331
第四节 主要部件设计	334

一、炉壳设计.....	334
二、炉子隔热屏结构与材料选择.....	337
三、炉子其它部件.....	341
四、真空密封材料与密封结构.....	348
第五节 电炉真空系统	350
一、电炉真空系统的组成.....	350
二、真空电炉中几种典型真空系统.....	351
三、真空系统的基本参数.....	352
四、管道与附件的流导.....	354
五、真空泵的选择与验算.....	356
六、常用真空机组简介.....	357
七、真空电炉常用真空泵.....	358
八、真空系统中其他附件简介.....	366
九、真空电炉常用的真空仪表.....	368
第六节 真空热处理炉检验与使用维护	370
一、炉子主要技术指标.....	370
二、炉子性能检验.....	371
三、炉子制造安装与使用维护.....	371
附录 1 空气、煤气、燃烧产物的平均体积比热容	374
附录 2 流体流动的局部阻力系数	375
附录 3 气体露点与水蒸气含量关系	377
附录 4 氯化铝平衡温度与露点的换算表	378
附录 5 常用单位换算表	379

绪 论

热处理炉是实现金属热处理的主要设备。工业的发展,不断对零件质量提出新的更高的要求,从而推动热处理炉不断发展与更新。新型热处理炉的出现,把热处理工艺水平发展到一个更高的阶段。没有先进的手热处理炉,就不能实现先进的手热处理工艺。金属热处理工艺的现代化,实质是热处理设备(主要是热处理炉)的现代化。

一、热处理炉发展和研究内容

热处理炉是一门综合性的应用学科,涉及的知识面很广。要求热处理炉设计人员具有较坚实的炉内传热、气体力学、电工及微电子学和机械学等学科的理论基础,以及丰富的热处理生产经验和有关加工制造的基本知识。现就热处理炉发展及主要研究内容简述如下。

1. 增强炉内传热和均匀加热

热处理过程大都包括加热、保温和冷却等工序,它们都与传热过程密切相关。高速烧嘴和平焰烧嘴在热处理炉上应用,低温炉和中温炉安置风扇,流动粒子炉在国内外得到发展,火焰炉炉墙涂黑技术的应用,远红外加热在某些领域推广使用等,都是着眼于增强炉内传热和提高炉温均匀性为目的的。

炉温均匀性问题,对提高热处理产品质量极为重要,国外对此高度重视。我国热处理行业,按炉温均匀性要求把炉子分为5种等级。1、2级炉的炉温均匀性,分别是 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。因此,我国的很多热处理炉都应对炉温均匀性进行改造。

2. 可控气氛的发展与应用

应用可控气氛,可实现工件少氧化、无氧化加热,无脱碳、无增碳加热,以及各种化学热处理的表面质量控制。发达的工业国家,应用可控气氛已有50~60年历史。在美国,约70%工件热处理是在可控气氛下进行的。到2000年,一些工业发达国家预计,在空气介质中热处理工件,会降低至7%。

我国的可控气氛热处理是在60年代发展起来的。在一些大的汽车制造厂和拖拉机制造厂已广泛采用。但就全国范围来说,可控气氛应用是很少的。因此,在我国采用可控气氛热处理方式,还要付出艰苦劳动和巨额投资。

传统的各种可控气氛,主要是利用液化石油气、天然气制取。70年代中期以来,氨基气氛获得了发展。最初是采用深冷液化空气制取的液氮气作为氮源。70年代末,联邦德国矿业公司研制成功碳分子筛,用它直接吸附分离空气制取普氮气,再经净化获得高纯氮气。我国碳分子筛和沸石分子筛制氮装置,已研制成功,为我国发展氨基气氛热处理奠定了基础。比较适合我国国情的滴注式气氛,在我国也获得了发展。由于我国地域广大、条件各异,发展多种气源的可控气氛热处理,是很有必要的。

我国可控气氛的监测和控制仪器,如露点仪、各种红外线气体分析仪、氧探头等已大批生产,直接测量炉气碳势的电阻探头已研制成功,微型计算机气氛监控装置已用于生产。但各类气氛监控仪的普遍推广应用,还有待于今后的努力。

3. 真空炉的发展与应用

真空热处理的发展与应用,与飞机工业和航天器的发展是分不开的。50年代后期,美国已在工业生产上应用真空进行热处理。真空炉可看成为气氛炉,而且是一种最纯净的气氛炉。譬如,真空度为 $0.133\text{Pa}(1\times 10^{-3}\text{托})$,相当于气氛的纯度为 1.34ppm ,这种真空气氛的纯度是一般可控气氛炉所无法达到的。因此,真空炉的应用,比较好的解决了工件无氧化、无脱碳加热的问题。经真空热处理后的零件,其使用寿命一般都较长,特别是一些冷作模具,其寿命可成倍地增加。当然,也要注意工件表面合金元素的重新分布和蒸发问题。

发达的工业国家,1975年,真空热处理已占10%,预计到2000年,会上升至23%。可见,真空热处理是会稳步发展的。

我国油冷式真空热处理炉的研究、制造是70年代起步的,但发展较快,现已能基本满足国内需要。其它类型的真空炉,如连续式真空炉、真空渗碳炉等已批量生产。我国真空热处理的发展前景是乐观的。

最近几年发展了一种叫抽空炉的新炉种。它按真空密封设计,先抽粗真空(67Pa 或 0.5托),后充保护气,加热处理工件。抽空炉造价低,用气量少,兼有真空炉和可控气氛炉的优点,而克服了他们的不足,是一种很有发展前途的炉种。

4. 炉子技术发展问题

热处理炉,是一门综合技术。现代化炉子的机械化、自动化程度高,配套电子仪器多。计算机控制与管理在国外已大量采用。面临着我国热处理车间全面技术改造的今天,我们对热处理炉的发展提出如下看法。

(1)新型热处理炉应是节能的 热处理车间加热设备的能耗,约占机械制造厂总能耗的 $1/4$ 。为了节约能源,对周期作业炉,应选体积密度为 0.4 、 0.6 、 0.8g/cm^3 的轻质耐火材料和各种陶瓷耐火纤维制作炉衬;应减少料筐、料盘、马弗坩埚等的重量,以减少蓄热损失;增强炉子密封性,减少各种散热损失。

(2)炉子关键部件的研究、试验和生产 炉子的性能,很大程度上取决于加热元件(包括电热辐射管和燃气辐射管等)、炉内耐热构件、炉内传输部件、高温风扇和炉子密封部件等的质量。往往由于这些部件过早损坏,导致被迫停炉。我们应加强试验研究,逐步形成专业化生产,有标准系列产品,以利提高整个炉子制造水平。

(3)消化引进技术 从60年代中期起,我国先后引进了很多大、中型热处理炉和联合机组,这对我们了解和掌握国外先进技术起着重要作用。消化引进技术,是提高我国炉子设计制造水平的捷径。

(4)对现有炉子进行改造 改造的目的是节能,增强炉子密封性,提高炉温均匀性,应用保护气氛和改善劳动条件。对火焰炉,应选择热效率高的、炉温均匀性好的烧嘴或喷嘴。

(5)我国热处理电阻炉占的比重很大,结合我国国情,应积极发展应用燃料加热的热处理炉,如半煤气化炉和煤粉加热炉等。

二、热处理炉分类

热处理炉分类是多种多样的,现按下面几种方法分类。

1. 按炉温分

(1)低温炉 一般炉温在 650°C 以下,主要供钢制工件淬火后的回火、氮化,铝镁合金淬

火加热和时效等。

(2)中温炉 炉温为 $650\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，供钢件淬火、退火、渗碳等加热用。这类炉子热处理车间最多。

(3)高温炉 炉温在 1000°C 以上，主要供高速钢、模具钢、耐热钢和耐热合金的热处理加热用。

2. 按炉内传热方式分

(1)以对流传热为主的热处理炉 这类热处理炉一般属于低温炉。为了增强对流换热，提高炉温的均匀性，炉内应该安置风扇。

(2)以辐射传热为主的热处理炉 在温度高于 650°C 以上，炉内工件主要靠辐射方式加热，所以中温炉和高温炉皆属以辐射加热为主的热处理炉。但也不尽其然，当炉内装有高速烧嘴时，虽然炉温很高，炉内工件主要还是靠对流换热来加热。真空炉皆属辐射方式加热。

远红外加热炉 一般称波长 $5.6\sim 1000\mu\text{m}$ 的红外线为远红外线。远红外加热为辐射加热的一个特例。远红外对某些物件在低温范围内加热较为有效。

3. 以热能和发热方式来分

(1)电阻炉 凡是借电流通过电热元件发热把炉膛加热的炉子，称为电阻炉。电热元件可以是各类电阻丝，也可以是加热介质本身（如电极盐浴炉和石墨流动粒子炉）。

(2)燃料炉 炉内热量是由燃烧固体燃料、煤气和各类油而来。

(3)表面加热装置 如高频加热、中频加热、火焰表面加热装置，激光束加热等。

4. 以加热介质来分

(1)在氧化介质下加热（包括各种敞焰燃料炉）的热处理炉。

(2)可控气氛热处理炉。

(3)真空热处理炉。

(4)浴炉和流动粒子炉。

5. 敞焰炉和马弗炉。

(1)敞焰炉 火焰或燃烧炉气直接与加热工件接触的炉子，称为敞焰（加热）炉。对电阻炉而言，虽然没有火焰，但只要电热元件暴露在炉膛空间的也称为敞焰炉。

(2)马弗炉 凡是热源与加热空间（炉膛）用罩、板（叫马弗室、马弗罩）隔开的，统称为马弗炉。

第一章 筑 炉 材 料

筑炉材料，包括耐火材料和保温材料，炉壳用的金属材料，炉子的地基材料，炉用耐热钢材等。

第一节 耐 火 材 料

一般热处理炉，炉衬基本上由耐火层（多为耐火材料）、保温层（多为保温材料）组成，如图 1-1 所示。低温热处理炉，往往只有一层保温层，而无耐火层。

炉子耐火层，直接承受炉内高温并应具有一定机械强度，能抵抗炉内介质或熔渣的破坏作用，以便保持炉膛形状和尺寸。保温层的作用是降低炉壳温度，减少炉子热损失。

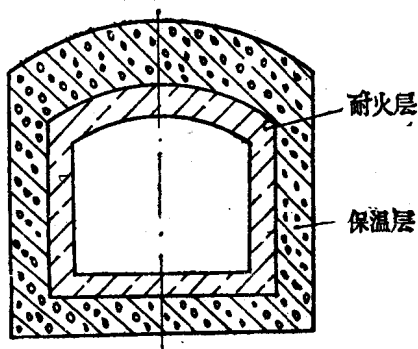


图 1-1 炉衬结构

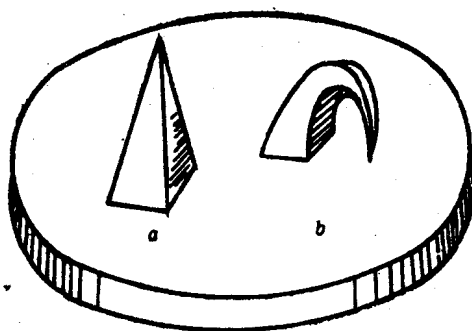


图 1-2 耐火锥软倒情况

(a) 软倒前 (b) 在耐火度温度下软倒情况

一、耐火材料的技术性能指标

1. 耐火度

耐火度是耐火材料抵抗高温作用的性能，指耐火材料受热后软化到一定程度时的温度。

耐火度的测定，是测定一定尺寸的三角形锥体，在规定的加热条件下，试锥顶部因受温度及本身重量影响而弯倒刚接触底平面时的温度，如图 1-2 所示。耐火度大于 1580°C 的材料，才称为耐火材料。

耐火材料的耐火度，主要取决于它的化学成分和材料中易熔杂质如 FeO 和 Na_2O 等含量。耐火度并不代表耐火材料实际使用温度，因为在高温荷重下耐火材料的软化温度要降低。实际使用温度，一般说来要比材料的耐火度为低。

根据耐火度的高低，耐火材料分为：普通耐火材料，耐火度为 $1580\sim 1770^{\circ}\text{C}$ ；高级耐火材料，耐火度为 $1770\sim 2000^{\circ}\text{C}$ ；特级耐火材料，耐火度大于 2000°C 。

2. 高温结构强度

高温结构强度用荷重软化点来评定。荷重软化点是指在一定压力（ 196kPa ，轻质的为

98kPa) 条件下, 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点, 后者的温度叫荷重软化 4% 或 40% 的软化点。

3. 高温化学稳定性

高温化学稳定性是指耐火材料在高温下, 抵抗炉气、熔盐和金属氧化物等的侵蚀作用的能力。包括化学侵蚀和物理溶解。

高温化学稳定性常用抗渣性来评定。它取决于组成物的化学性质及其物理结构(如与密度有关的结合强度)。目前多数仅以定性指标表示。比如, 粘土砖和高铝砖对酸性和碱性熔渣, 都具有一定的抗蚀作用; 而硅砖只能抗酸性熔渣作用, 而不能抵抗碱性熔渣作用; 镁砖只能抗碱性渣作用。

4. 热震稳定性(耐急冷急热性)

热震稳定性是指耐火制品对急热急冷的温度反复变化, 其抵抗破坏和剥落的能力。耐急冷急热性与耐火制品的化学成分和组织结构等因素有关。测定方法是, 将试样加热至 850℃, 然后在流动的冷水中冷却, 反复进行直至破碎或剥落至其重量损失 20% 为止, 其所经历次数作为耐火制品的热震稳定性指标。冷炉的升温, 电极盐浴炉的启动都要经受温度的急变, 如果耐火材料没有足够的耐急冷急热性能, 就会过早地损坏。

轻质耐火制品热震稳定性的测定, 是将标准砖加热至 1000℃, 在静止空气中冷却, 反复进行, 直至砖体的重量损失 20% 的加热-冷却次数, 作为热震稳定性指标。

5. 高温体积稳定性

高温体积稳定性是指耐火制品在高温下使用时, 相成分继续变化, 产生再结晶和进一步烧结现象, 所产生的不可逆残余膨胀或收缩。通常以热膨胀系数和重烧线收缩来表示。耐火制品的这种体积变化过大会影响砌体强度, 严重时将造成砌体倒塌。一般要求各种耐火制品的残余胀缩不超过 0.5~1.0%。粘土砖和高铝砖的重烧线收缩为 0.5% (1350℃), 硅砖的重烧线膨胀为 0.8%。

此外, 还有体积密度、比热容、热导率和电绝缘等特性指标。

二、热处理炉常用的耐火材料

热处理炉常用的耐火材料有: 粘土砖、高铝砖、抗渗碳砖、碳制品及各种耐火纤维等。其中粘土砖为热处理炉使用最多的材料, 其相组成与成分关系见 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 状态图(图1-3)。

1. 粘土质耐火材料

粘土砖的原料主要是耐火粘土和高岭土, 其主要矿物成分是高岭石 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 其余部分为金属氧化物(6~7%)。粘土砖是以软质的生粘土(结合剂)与熟料粘土混合成型后, 在 1300~1400℃ 下烧结成的制品。粘土砖的化学成分为 Al_2O_3 30~40%, SiO_2 50~65%, 其它为各种金属氧化物 (K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 、 TiO_2 、 Fe_2O_3)。

普通粘土砖是弱酸性的耐火材料, 其膨胀系数、热导率、比热容均小于其它耐火材料, 热震稳定性也较好, 其荷重软化点比其它耐火材料低, 最高使用温度为 1300~1400℃。普通粘土砖, 其资源丰富, 成本低廉, 在热处理炉中使用最多。

2. 高铝质耐火材料

高铝砖是含 Al_2O_3 48% 以上的耐火制品, 其余为 SiO_2 和少量的其它氧化物杂质。普通高铝砖按 Al_2O_3 含量分 >48%、>55%、>65% 三等。此外, 尚有莫来石砖 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)。

和刚玉砖(α - Al_2O_3)等品种。

高铝砖具有耐火度高、高温结构强度较好和化学稳定性好等优点，但价格比较贵，广泛用于冶金工业。

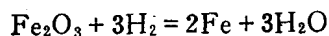
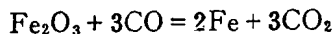
电极盐浴炉往往用高铝砖来砌筑。电热元件搁砖也常用高铝制品(Fe_2O_3 含量应小于1.5%)，因为在高温下铁铬铝电阻丝会受粘土砖中的 SiO_2 和 Fe_2O_3 化学作用，生成熔渣，而被侵蚀。热处理炉上所采用的各种瓷管，多数也是高铝制品。

电熔纯刚玉制品和纯氧化铝制品，其氧化铝含量可高达98%或以上。在高温下，这种制品的绝缘性能好(在常温下，粘土砖为绝缘体，但在1200℃以上就成为导体了)，不易与电热元件起化学反应，抗还原作用强。因此，高温真空炉、氢气炉，多采用纯刚玉制品或氧化铝制品做耐火材料和电绝缘材料。

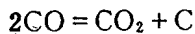
3. 抗渗碳砖

Fe_2O_3 含量在1%以下的粘土砖或高铝砖，一般称为抗渗碳砖。

在含CO和 H_2 的还原性气氛下， Fe_2O_3 可按下式反应



生成金属铁。而铁又是下述反应



的催化剂，加速了CO的分解，析出碳黑，沉积于砖体内部。

Fe_2O_3 本来是以复杂的硅酸盐的形式存在于砖内，在渗碳气氛下生成了金属铁，因而破坏了砖体的组织结构和颗粒间的牢固结合，使砖体变疏松；砖体内碳黑的沉积，使砖的体积胀大；当 Fe_2O_3 还原成Fe并形成 Fe_3C 时，进一步使砖体变得疏松。这将导致普通粘土砖或高铝砖炉衬过早损坏。

实践证明，在渗碳气氛下，砖的 Fe_2O_3 含量在1.5~3%时，经300小时渗碳后，粘土砖砌体表面将产生严重脱落，其深度可达20~40毫米；未脱落部分，质地很松，一捏即碎。当粘土砖的 Fe_2O_3 含量在1%左右时，在渗碳气氛下，强度几乎不降低，没有剥落现象。所以， Fe_2O_3 含量在1%左右的粘土砖或高铝砖具有抗渗碳能力，适用于无罐可控气氛渗碳炉的内衬。

提高砖的烧成温度，氧化铁便以 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 形态存在，使氧化铁不易还原，可提高抗渗碳砖的使用寿命。

另外，从碳势控制角度来说，要求砖内氧化铁含量愈低愈好。当砖内氧化铁含量大于1%时，炉气碳势上升缓慢，在很长时间内无法进行碳势控制。

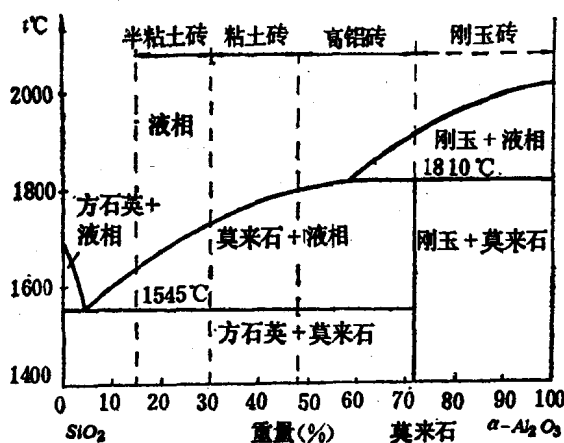


图 1-3 SiO_2 - Al_2O_3 二元系状态图

当采用以氮为基的可控气氛时,对砖的强度没有什么影响。但是,当砖内氧化铁含量较高时,砖内以氧化铁存在的氧气会大量进入炉内炉气中,使炉气由弱还原性变为氧化性,而使钢材达不到光亮加热的目的。因此,这种炉子的内衬用砖,最好使其氧化铁含量在0.5%以下。

4. 轻质耐火材料

耐火材料通常采用不同的工艺方法制成重质、轻质和超轻质耐火制品。一般重质粘土砖的体积密度为 $2.1\sim 2.2\text{g/cm}^3$,重质高铝砖的体积密度为 $2.3\sim 2.75\text{g/cm}^3$,轻质粘土砖的体积密度为 $0.4\sim 1.3\text{g/cm}^3$,轻质高铝砖的体积密度为 $0.4\sim 1.0\text{g/cm}^3$ 。体积密度小于 0.4g/cm^3 的称为超轻质耐火制品。

轻质耐火材料的主要特点是:气孔多,体积密度小,所以其热导率小,保温性能好,蓄热量也小。因为每个气孔很小,在制品中分布均匀,故仍具有一定的耐压强度。因此,采用轻质耐火制品作炉子耐火层砌体时,可以缩小炉子体积,减轻重量,减小蓄热损耗,尤其对间歇式炉意义更大,可以显著缩短升温时间,节约能源,提高炉子的热效率和经济效益。在热处理温度范围内,主要采用各种轻质砖来砌筑炉子的耐火层。轻质耐火制品的耐压强度较低,荷重软化点也较低,残存体积变化较大,化学稳定性也较差,这是它的不足之处。

除上述常用的耐火材料以外,还有碳化硅、氮化硅和石墨等制品。在一些情况下可用于制作热处理炉的炉底板、马弗罩、电热元件、炉底轨道、隔热屏和炉内其它高温结构件。

第二节 陶瓷耐火纤维

耐火纤维的种类是很多的,本节所介绍的是陶瓷耐火纤维。陶瓷耐火纤维是一种新型的耐火保温材料,兼有耐火和保温材料的特性。近几年的实践表明,热处理炉广泛使用耐火纤维炉衬,取得了很好的节能效果。

一、陶瓷耐火纤维的种类

一般把陶瓷耐火纤维分成非晶质和晶质的两大类。目前广泛使用的是非晶质耐火纤维。

1. 非晶质耐火纤维

非晶质耐火纤维,包括普通硅酸铝纤维,高纯硅酸铝纤维,含铬硅酸铝纤维和高铝纤维四种。

普通硅酸铝纤维是最为广泛使用的耐火纤维。它是以天然焦宝石为原料,经煅烧,在电弧炉或电阻炉内熔化,以细股流出,用压缩空气高速吹出或用高速旋转轮甩成散状纤维,获得耐火纤维原棉(纤维直径为几微米,纤维长度为几毫米至几十毫米),除去渣球(未加工成纤维的凝固液滴),加入 $0.3\sim 0.5\%$ 的结合剂(无钠甲基纤维素、天然橡胶乳液),加工成毡、毯、板、纸和绳等各种耐火纤维制品。另外还可利用真空成型(图1-4),将纤维真空成型加工成板、毡、硬质制品等,按所需尺寸切裁出售。

普通硅酸铝纤维毡的厚度为3、5、10、20、30、50mm,其长和宽可根据需要而订货。

普通硅酸铝纤维,是一种玻璃质纤维,属于介稳定结构,在加热过程中有方石英和莫来石晶体析出,特别是方石英有多种晶形转变,伴随很大体积变化,微晶易集聚长大,对纤维性能有极坏的影响。随着使用时间的延长,析晶量增加,晶粒尺寸长大,致使纤维密度增