

职业教育金属材料与热处理技术专业规划教材

ZHIYE JIAOYU JINSHU CAILIAO YU RECHULI JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

热处理设备

徐 斌◎主编

RECHULI SHEBEI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件

职业教育金属材料与热处理技术专业规划教材

金属学基础

热处理原理与工艺

金属材料

► 热处理设备

金属材料检测技术

热处理实训

李学哲

侯旭明

王书田 王丽宁

徐 斌

胡美些

张 卫

策划编辑：齐志刚

封面设计：王伟光

地址：北京市百万庄大街22号

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-30784-6

定价：25.00元

ISBN 978-7-111-30784-6



9 787111 307846 >

职业教育金属材料与热处理技术专业规划教材

热 处 理 设 备

主 编 徐 斌
参 编 王书田 冯增田
主 审 吴光英



机 械 工 业 出 版 社

本书共分十个单元,主要内容有热处理设备基础,周期作业电阻炉,热处理浴炉,钢的表面淬火设备,炉用仪表,可控气氛热处理设备,其他热处理设备、冷却设备,辅助设备和热处理车间设备的确定、环境保护与安全操作。本书在内容和形式上注重结合职业技术教育的特点,每单元后安排有综合训练题。为便于教学,本书备有电子教案和习题答案,选择本书作为教材的教师可来电索取(010-88379201),或登录 www.cmpedu.com 网站注册、免费下载。

本书可作为职业教育金属材料与热处理技术专业教材或培训用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

热处理设备/徐斌主编. —北京:机械工业出版社,
2010.6

职业教育金属材料与热处理技术专业规划教材
ISBN 978-7-111-30784-6

I. ①热… II. ①徐… III. ①热处理设备-职业教育-
教材 IV. ①TG155

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 097291 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:齐志刚 责任编辑:齐志刚

版式设计:霍永明 责任校对:吴美英

封面设计:王伟光 责任印制:杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·13.75 印张·335 千字

0 001—2 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-30784-6

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了进一步贯彻“国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定”的文件精神，加强职业教育教材建设，满足现阶段职业院校金属材料与热处理技术专业对教材建设的需求，根据现阶段职业院校该专业还没有一套较为合适的教材，大部分院校采用自编或本科教材组织教学，非常不适合职业教育的实际情况，机械工业出版社于2008年8月在北京召开了“职业教育金属材料与热处理技术专业教材建设研讨会”。在会上，来自全国该专业的骨干教师和企业专家经过多次研究讨论，确定了系列教材的编写体系和内容。本书是根据会议精神，结合现阶段职业院校的学生特点，按照金属材料与热处理技术专业培养目标和各用人单位的要求以及职业资格考试的需要编写的。

本书包括“热处理炉及车间设备”与“炉温仪表及感应加热设备”两部分内容，在介绍传统热处理设备的基础上，介绍了热处理炉用仪表及控制、感应加热设备及设计、火焰加热设备、真空热处理炉、铝合金淬火炉、钟罩式电阻炉、热处理工装夹具及设计等内容。本书在内容处理上，突出了先进热处理设备的内容，如可控气氛热处理炉、炉温及炉气氛的测量与计算机控制；删减了不常应用的内容，如气体力学基础、燃料炉（固体燃料、燃料计算等）、热处理车间平面布置、流动粒子炉、液压传动、连续作业炉、对流换热、气体的辐射换热和遮蔽系数等；结合了职业资格考试的需要和职业技能培训的内容及知识要求，每单元给出了“综合训练题”，个别单元还附有习作量较大的设计题目。本书汇集了热处理设备的基本知识以及必要的设计资料，力求内容实用、充实、先进。

本书由内蒙古包头职业技术学院徐斌主编，王书田、冯增田参加编写。全书由吴光英主审。在本书的编写过程中，借鉴和参考了许多优秀的教材和资料，书后参考文献中已一一列出，在此向有关作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，欢迎广大师生及读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论 1

第一单元 热处理设备基础 3

模块一 筑炉材料 3

能力知识点 1 耐火材料 3

能力知识点 2 隔热材料 7

能力知识点 3 其他筑炉材料 8

模块二 传热学基础 9

能力知识点 1 传热的基本方式 10

能力知识点 2 炉墙的稳态热
传导传热 11

能力知识点 3 对流传热 14

能力知识点 4 辐射传热 15

能力知识点 5 综合传热 20

单元训练题 22

第二单元 周期作业电阻炉 24

模块一 箱式电阻炉 24

能力知识点 1 高温箱式电阻炉 24

能力知识点 2 中温箱式电阻炉及少
无氧化箱式电阻炉 25

模块二 井式电阻炉 28

能力知识点 1 中温井式电阻炉 29

能力知识点 2 低温井式电阻炉 30

能力知识点 3 井式化学热处理
电阻炉 30

模块三 非标电阻炉设计 33

能力知识点 1 电阻炉结构设计 33

能力知识点 2 电阻炉功率的确定及
电热元件接线 36

能力知识点 3 电热元件的材料选择、
计算与安装 39

模块四 电阻炉的节能 49

单元训练题 51

第三单元 热处理浴炉 53

模块一 热处理浴炉的分类及电阻

加热浴炉 54

能力知识点 1 热处理浴炉的分类 54

能力知识点 2 电阻加热浴炉 54

模块二 电极盐浴炉 57

能力知识点 1 电极盐浴炉的工作
原理及特点 57

能力知识点 2 插入式电极盐浴炉 57

能力知识点 3 埋入式电极盐浴炉 59

模块三 电极盐浴炉的设计 62

能力知识点 1 电极盐浴炉炉膛
尺寸及功率的确定 62

能力知识点 2 电极盐浴炉炉体结
构及电极设计 63

能力知识点 3 变压器的选择及汇
流排尺寸的确定 66

能力知识点 4 电极盐浴炉的排气
装置及启动 69

模块四 热处理浴炉的节能措施 71

单元训练题 71

中温电极盐浴炉单元设计训练 73

第四单元 钢的表面淬火设备 74

模块一 感应淬火概述 74

模块二 高频感应加热装置 77

能力知识点 1 电子管式高频感应
加热装置组成 77

能力知识点 2 感应加热单位表面功
率及总功率的确定 80

模块三 中频感应加热装置 82

模块四 感应热处理辅助设备 84

能力知识点 1 淬火机床 84

能力知识点 2 感应器的结构设计与
制造 84

模块五 火焰加热表面淬火 91

单元训练题 94

第五单元 炉用仪表 96

模块一 温度测量仪表 96

能力知识点 1 测量误差的有关术
语及表示方法 96

能力知识点 2 感温元件——热电偶 97

能力知识点3 辐射式高温计简介	105	第七单元 其他热处理设备	148
能力知识点4 温度测量仪表	105	模块一 热处理燃料炉(燃气炉)	148
模块二 碳势测量仪表	108	能力知识点1 燃气炉的基本结构	149
能力知识点1 氧探头	108	能力知识点2 底燃式、井式燃气炉的 基本结构	149
能力知识点2 红外线 CO ₂ 分析仪	109	能力知识点3 煤气燃烧装置及燃气 炉的节能	150
能力知识点3 其他碳势测量仪表—— 露点仪、电阻探头	110	模块二 真空热处理炉	152
模块三 炉温测量与控制	111	能力知识点1 外热式真空热处理炉的 结构特点及用途	152
能力知识点1 测温仪表的现场 校验方法	111	能力知识点2 内热式真空热处理炉的 结构特点及用途	153
能力知识点2 热处理炉炉温测量 技术	113	能力知识点3 真空系统及基本 参数	156
能力知识点3 炉温的位式控制与 连续控制	115	模块三 离子渗氮炉、抽空热处理炉	157
单元训练题	119	模块四 铝合金淬火炉、钟罩式 电阻炉	160
第六单元 可控气氛热处理设备	121	模块五 连续作业热处理炉	161
模块一 钢的无氧化无脱碳加热及 可控气氛种类	121	单元训练题	164
能力知识点1 钢的无氧化无脱碳 加热	121	第八单元 冷却设备	165
能力知识点2 可控气氛的种类	122	模块一 淬火槽	165
模块二 可控气氛的制备	126	能力知识点1 淬火槽及基本结构	166
能力知识点1 吸热式可控气 氛的制备	126	能力知识点2 淬火槽的设计	169
能力知识点2 放热式及净化放热式 可控气氛的制备	127	模块二 淬火介质循环冷却系统及蛇 形管淬火槽的设计	172
能力知识点3 滴注式可控气氛的 制备	127	能力知识点1 淬火介质循环冷 却系统及淬火介质 冷却器	172
能力知识点4 氨分解气氛及氨基可控 气氛的制备	130	能力知识点2 蛇形管淬火槽的 设计	175
模块三 可控气氛热处理炉的结构特点及 应用举例	131	模块三 冷处理设备	177
能力知识点1 可控气氛热处理炉结构 特点及要求	131	能力知识点1 冷处理设备	177
能力知识点2 可控气氛热处理炉 应用举例	133	能力知识点2 淬火机	179
模块四 可控气氛测量与计算机控 制及应用	138	单元训练题	180
能力知识点1 可控气氛的测量与计 算机控制	138	淬火油槽单元设计训练	181
能力知识点2 计算机在热处理设备 中的应用	143	第九单元 辅助设备	182
单元训练题	145	模块一 清理设备、清洗设备及发黑 发蓝设备	182
		模块二 校正设备及通风设备	186
		模块三 热处理工装夹具设计及鉴定	187
		单元训练题	194
		第十单元 热处理车间设备的确定、	

	环境保护与安全操作	196	单元训练题	203
模块一	热处理车间设备的选择及		综合思考训练题	203
	数量的确定	196	附录 铂铑 10-铂热电偶分度表	205
模块二	车间的环境保护与设备的		参考文献	210
	安全操作	199		

绪 论

随着机械制造工业的发展，热处理的重要性越来越明显，机械产品中绝大部分需要进行热处理，特别是工具、模具、刃具全部需要进行热处理，对热处理设备的要求也越来越高。

热处理产品的质量取决于热处理工艺及热处理设备，其中，热处理设备对热处理工艺及工序的制订和热处理质量的结果有着直接的影响，特别是热处理设备可以解决热处理工艺所不能解决的问题。例如，为减少工件加热时的氧化脱碳，可使用浴炉或感应加热，也可采用可控气氛或真空的光亮热处理等；为提高热处理的质量，可采用高质量可控气氛设备及真空设备、低脆性离子渗氮层、喷液淬火等；为提高热处理的稳定性，可采用精确控制炉温设备，使用淬火压床或工装夹具减少变形，应用计算机使加热冷却机械化、自动化等；为解决热处理工艺性的问题，可采用真空快速渗碳、离子快速氮化、氧化快速氮化、控制脱碳及复碳等。

我国目前已能生产的各种热处理炉可分为通保护气氛和不通保护气氛两种，炉型包括周期式炉和连续式炉。早期使用的炉子加热的工件没有气氛的保护，工件都是在空气中加热的，钢制工件的氧化和烧损量达到3%以上。氧化和脱碳对零件的热处理质量造成很大的影响，而且设备能耗大、控温精度差、自动化程度低、污染严重。随着我国经济的快速发展，我国热处理设备有了明显的改善和提高，主要的产品和技术有：用可控气氛以及真空热处理炉取代空气的氧化加热炉；炉温、炉气氛的更精确的控制；机械化、自动化程度的提高与计算机的控制和管理；新型电热元件、新型节能材料的使用等。这些设备已广泛用于汽车、拖拉机、内燃机、轴承等各类工厂，使许多尖端产品所需的性能得到了保证，也提高了我国整体机械工业制造水平。

今后，我国热处理炉的发展仍将在提高产品质量、减少污染和节能降耗等方面不断赶超世界先进水平。

热处理设备主要有加热设备、冷却设备和炉用仪表。其中，加热设备是热处理过程中的主要设备。预备热处理通常使用电阻炉、燃气炉（箱式、井式、台车式），最终热处理通常使用浴炉、感应加热设备、井式气体渗碳炉、电阻炉、燃气炉，高质量的最终热处理通常使用可控气氛炉、可控气氛多用炉、真空热处理炉。热处理炉主要技术性能指标有额定温度、额定功率、工作电压、炉膛尺寸、生产率、最大装炉量、空炉升温时间等。本课程主要讲授有关热处理设备的工作原理、结构与设计的基本知识。通过各教学环节的学习，使学生掌握热处理设备的工作原理、结构、性能、使用及维修等基本知识，有设计、改造一般热处理设备的能力及其必要的基本训练，掌握必要的先进热处理设备的工作原理、结构、性能及使用，能根据产品的要求及生产任务正确地选择热处理设备。

常用热处理加热炉的一些性能及应用特点见表0-1。

表 0-1 常用热处理炉的一些性能及应用特点

热处理工艺	淬火或正火							退火					回火	渗碳	加热速度	生产批量	质量
炉温高低 /℃	高温						中温	高温			中温	低温					
	≤1350			≤1200			≤950	≤1200			≤950	≤650					
工件大小	大	中	小	大	中	小		大	中	小							
箱式电阻炉				△	△	△	★	△	△	△	★				1		
井式电阻炉				△	△	△	★	△	△	△	★	★	★		1		
井式气体渗碳炉							★						★		>1	中大	
燃气炉	△	△	△	★	★	△	★	★	★	△	★	△	△		0.9	大	
电阻加热浴炉											球化	等温	★		<1	中	△
电极盐浴炉			★		△	★	★				球化	等温	★		0.4	小中	△
可控气氛多用炉							★				★			★		大	★
外热式真空炉					△	△	△		△	△	★	△	△	可脉冲 渗碳	>1	小中	★
内热式真空炉	△	★	★	★	★	★	★	△	★	★	★	★	★	★	>1	中大	★

注：1. 表中为周期式作业炉，表中各项性能及应用比较结果，突出者用★表示，△表示较好。

2. 等温退火或球化退火可在电阻炉、燃气炉中进行，小型工件在浴炉中处理质量更好，周期球化退火宜在两台浴炉中进行（不宜电阻炉）。
3. 浴炉既是加热设备，又是冷却设备（用于等温淬火、分级淬火）及缓冷设备（等温退火、球化退火、索氏体等温处理）。
4. 可控气氛多用炉、真空炉、连续式作业炉可同时完成对工件的加热以及随后的冷却。
5. 在相同条件下（如中温炉 850℃、碳钢、工件材料尺寸及预热情况等），以电阻炉加热时间为基准，其他设备的加热时间，数值越小者加热速度越快，数值越大者加热速度越慢。
6. 刃具通常为小型工件，锻模通常为较大或大型工件。

第一单元 热处理设备基础

学习目标：第一，熟悉常用耐火材料、隔热材料的性能特点及选用；第二，了解传热的基本方式、传热计算；第三，熟悉增强传热、削弱传热的分析。

模块一 筑 炉 材 料

砌筑热处理炉所需的材料统称为筑炉材料，主要的筑炉材料有砌筑炉衬所用的耐火材料、隔热材料（或称绝热材料、保温材料）、制作炉底板和炉罐的耐热钢。

耐火材料及隔热材料的主要性能特点见表 1-1。

表 1-1 耐火材料及隔热材料的性能特点

	筑炉材料举例	使用温度/℃	热导率/[W/(m·℃)]	密度/(g/cm ³)
耐火材料	重质砖、轻质砖	>1000	重质砖 >0.8, 轻质砖 0.2~0.7	重质砖 2.1~2.75, 轻质砖 0.4~1.3
耐火隔热材料	耐火纤维、轻质砖	>1000		0.135~1.3
隔热材料	硅藻土砖、矿渣棉	500~1000	<0.253	0.125~0.65

能力知识点 1 耐火材料

凡能够抵抗高温，并能承受高温物理和化学作用的材料，称为耐火材料。

热处理炉通常处于高温作业，所以筑炉材料中以耐火材料最为重要，因此在设计、建造炉子时，合理地选用耐火材料对提高炉子寿命、降低成本、节约热能都有重要的作用。

一、热处理炉对耐火材料的性能要求

1. 有足够的耐火度

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，但并不是它的熔点。根据耐火度的高低，耐火材料可分为普通耐火材料（耐火度为 1580~1770℃）、高级耐火材料（耐火度为 1770~2000℃）和特级耐火材料（耐火度大于 2000℃）。

耐火度是耐火材料的重要性能指标，但它并不代表耐火材料实际使用的最高温度。在实际使用中，耐火材料还要承受一定的压力，因此，必须考虑耐火材料的高温结构强度，即在高温下承受一定压力而不变形的能力，如 NZ-40 耐火粘土砖的耐火度高达 1730℃，但其最高使用温度仅为 1350℃。

2. 有一定的高温结构强度

高温结构强度用荷重软化点来评定，荷重软化点是指试样（尺寸为 $\phi 36 \times 50\text{mm}$ ）在一定压力（0.2MPa）条件下，以一定的升温速度加热，测出试样开始变形（变形量为原试样

的 0.6%) 的温度, 此温度就叫该耐火材料的荷重软化开始点。

NZ-40 耐火粘土砖的耐火度为 1730°C , 而荷重软化开始温度只有 1350°C 左右, 因此, 它的最高使用温度不超过 1350°C 。

3. 高温化学稳定性好

制造无罐渗碳气氛热处理炉时, 由于高碳气氛对普通耐火粘土砖有破坏作用, 所以炉墙内衬的耐火材料需用含 $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1\%$ 的耐火砖 (即抗渗碳砖)。制造电极盐浴炉时, 由于熔盐对耐火材料有冲刷作用, 所以坩埚的耐火材料必须使用重质耐火砖或耐火混凝土。电热元件搁砖不得与电热体发生化学作用, 对铁铬铝电热体要用高铝砖做搁砖。

4. 有良好的耐急冷急热性

在热处理炉工作过程中, 耐火材料工作温度会经常急剧变化。例如, 炉子的升温、台车式炉进行正火作业时, 工作温度波动都很大, 若耐火材料没有足够抵抗温度急剧变化的能力, 就会过早地损坏。

目前采用的标准方法是将标准型砖的一端在电炉内加热至 850°C , 然后放在流动的冷水中冷却, 如此重复进行, 待砖块因破裂而部分掉落至原重量的 20% 为止, 以所经受的冷热交替次数作为耐急冷急热性指标。

5. 高温下的体积稳定性

耐火制品在高温下长期使用时, 由于其组织结构发生变化, 体积会膨胀或收缩, 这种体积的变化不同于一般的热胀冷缩, 是不可逆的, 称为残存膨胀或残存收缩。耐火材料的这种体积变化过大会影响砌体强度, 严重时会造成砌体倒塌。一般要求体积变化不超过 $0.5\% \sim 1\%$ 。

此外还有其他性能要求, 如较小的体积密度、热容量和热导率。对于电阻炉还要求有良好的电绝缘性能等。

二、热处理炉常用的耐火材料及应用

热处理炉常用的耐火材料有粘土砖、高铝砖、耐火混凝土制品及各种耐火纤维等。耐火材料常制成重质、轻质和超轻质耐火制品。

1. 粘土质耐火材料 (重质砖)

粘土质耐火材料的化学成分 (质量分数) 为: $\text{Al}_2\text{O}_3 30\% \sim 40\%$, $\text{SiO}_2 50\% \sim 60\%$, 其他各种杂质约占 $5\% \sim 7\%$ 。这种耐火材料制成砖, 其密度和比重较大, 故常叫做“重质砖”, 呈棕色或棕黄色。

重质砖在热处理炉中应用最为广泛, 可以用于砌筑炉体、炉底、浴炉内衬等, 有良好的耐急冷急热性 (可达 20 多次)。它对铁铬铝电热元件有腐蚀作用, 所以不宜用于铁铬铝电热元件的搁砖; 在高碳气氛中易受 CO 、 H_2 的作用而损坏, 故也不能用于高碳气氛炉中的内衬。

2. 轻质 (轻质砖) 与超轻质耐火材料

体积密度较小的耐火材料叫轻质耐火材料。一般重质粘土砖的密度为 $2.1 \sim 2.2 \text{ g/cm}^3$, 重质高铝砖的密度为 $2.3 \sim 2.75 \text{ g/cm}^3$, 而轻质粘土砖的密度为 $0.4 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$, 且呈黄色或浅黄色, 密度不大于 0.3 g/cm^3 时则为超轻质砖。

轻质耐火材料的特点是: 气孔多、重量轻、保温性能好, 而且因为每个气孔很小, 在制品中分布均匀, 故有一定的耐压强度。采用轻质耐火材料做炉子砌体时, 可以减少蓄热损

(续)

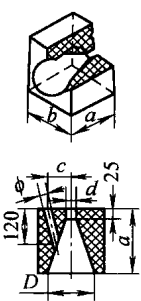
制品名称和形状	标号	制品尺寸/mm						体积/ cm ³	质量/kg		
		a	b	c					粘土砖	轻质粘土砖	高铝砖
烧嘴砖 	T-84	230	205	80	150	50	35	9010	18.4		18
	T-85	340	335	120	190	75	45	23800	49		47.5
	T-86	340	335	120	210	100	45	23600	48.5		47.2
	T-87	340	335	130	240	125	40	21000	43		42
	T-88	340	335	130	260	150	40	19500	40		39

表 1-3 常用耐火材料性能

材料名称和牌号	耐火度/ ℃	荷重软化 点/℃	耐急冷急 热性/次	常温耐压 强度/Pa	密度/ (g/cm ³)	热导率/ [W/(m·℃)]	比热容/ [kJ/(kg·℃)]	最高使 用温度 /℃
耐火粘土砖 (NZ-40)	1730	1350	5~25	1960×10^4	2.1~2.2	$0.698 + 0.64 \times 10^{-3}t$	$0.88 + 0.23 \times 10^{-3}t$	1350
耐火粘土砖 (NZ-30)	1610	1250	5~25	1225×10^4	2.1~2.2	$0.698 + 0.64 \times 10^{-3}t$	$0.88 + 0.23 \times 10^{-3}t$	1250
高铝质耐火材料 (LZ-65)	1790	1500	>25	3920×10^4	2.3~2.75	$2.09 + 1.86 \times 10^{-3}t$	$0.96 + 0.147 \times 10^{-3}t$	1500
轻质耐火粘土砖 (QN-1.0)	1670			294×10^4	1.0	$0.29 + 0.256 \times 10^{-3}t$	$0.84 + 0.26 \times 10^{-3}t$	1300
轻质耐火粘土砖 (QN-0.4)	1650			58.5×10^4	0.4	$0.08 + 0.22 \times 10^{-3}t$	$0.84 + 0.26 \times 10^{-3}t$	1150
轻质高铝砖 (PM-1.0)	1730	1230		392×10^4	1.0		$919.6 + 0.25t$	1350
碳化硅制品	1900	1650		7840×10^4	2.4	1.3~1.6		1350
抗渗碳砖(重质)	1770				2.14	$0.7 + 0.64 \times 10^{-3}t$	同粘土砖	1350
抗渗碳砖(轻质)	1730				0.88	$0.15 + 0.128 \times 10^{-3}t$	同粘土砖	1250
粉煤空心微珠砖	1510	1140		352.8×10^4	0.5	$0.16 + 0.178 \times 10^{-3}t$	0.8(常温)	1350
硅酸铝耐火纤维毡					0.135	0.119(600℃时)		1200
高铝耐火纤维					0.2~0.4	0.19(1000℃时)		1200
莫来石耐火纤维					0.2~0.4	0.2(1000℃时)		1400
氧化锆耐火纤维					0.2~0.5	0.18(1300℃时)		1600

5. 硅酸铝耐火纤维

硅酸铝耐火纤维是一种新型耐火隔热材料,兼有耐火和隔热材料的特点,具有重量轻、耐高温、热稳定性好、热导率低、比热小、耐机械振动等特点。同时它还是一种柔性材料,使用中可不考虑热应力的影响,并使设备具有隔热性能好、升温快、热耗低等优点。

硅酸铝耐火纤维的化学成分为： Al_2O_3 43% ~ 54%， SiO_2 47% ~ 53%，其余为各种氧化物。纤维平均直径2.8 ~ 10 μm ，长为10 ~ 250mm，呈白色棉花状。常将纤维做成厚20mm的纤维针刺毡来使用，其主要性能如下：

1) 当密度为0.10 ~ 0.25g/cm³时，其热导率在400℃时的对应值约为0.116 ~ 0.09W/(m·℃)，600℃时的对应值约为0.12 ~ 0.10W/(m·℃)，700℃时的对应值约为0.21 ~ 0.14W/(m·℃)，1000℃时的对应值约为0.33 ~ 0.21W/(m·℃)。注意这里的密度与热导率成反比，而其他的耐火材料及隔热材料的密度与热导率是成正比的。

2) 耐火度约为1750 ~ 1790℃，最高使用温度约为1100 ~ 1200℃。

3) 高温下发生收缩，1000℃收缩约为2%，1300℃收缩约为4%。当使用它做隔热材料时，可采用分层安装和重叠接缝等办法，以解决其收缩问题。

当硅酸铝耐火纤维使用温度超过1000℃时，易出现析晶现象，会导致体积收缩、变脆、粉化、强度巨降、寿命下降。欲提高使用温度，可提高 Al_2O_3 含量，如使用高铝硅酸铝耐火纤维，其工作温度为1200℃，其极限温度可达1350℃。

6. 耐火混凝土

与耐火砖相比，耐火混凝土的优点是：可在现场直接制造，取消了复杂的烧结工序；具有可塑性和整体性，有利于复杂制品的成型；较耐火砖砌炉及修炉的速度快，加强了炉体的整体性，寿命长。

热处理炉常用耐火混凝土有如下几种：

(1) 铝酸盐耐火混凝土 由矾土水泥（铝酸盐为主）或低钙铝酸盐水泥（二铝酸钙为主）作为胶结剂的耐火混凝土，称为铝酸盐耐火混凝土。胶结剂起硬化作用，使混凝土具有足够的强度。铝酸盐耐火混凝土具有快硬、高强度的特点，但耐火度较低（>1650 ~ 1730℃），荷重软化点1290 ~ 1300℃。其耐急冷急热性>25次，在常温条件下硬化速度慢，早期强度低。

(2) 磷酸盐耐火混凝土 以磷酸或磷酸盐作为胶结剂的耐火混凝土，称为磷酸盐耐火混凝土。这种耐火混凝土一般要经过300 ~ 500℃以上的加热才能固化，这种耐火混凝土常用于捣打电极盐浴炉坩埚。磷酸盐耐火混凝土较铝酸盐耐火混凝土开裂倾向小，耐火度较高（>1700 ~ 1800℃），荷重软化开始点1300 ~ 1460℃，成本也较高。

(3) 水玻璃耐火混凝土 用水玻璃作为胶结剂的耐火混凝土，称为水玻璃耐火混凝土。它具有非常好的耐急冷急热性，经受850℃加热，并在20℃水中急冷达60次以上，耐蚀性和耐磨性也很好，可做振底炉的炉底板等。使用温度在600 ~ 1100℃范围内。

能力知识点2 隔热材料

工程上把热导率小于0.23W/(m·℃)的材料称为隔热材料。隔热材料的主要性能特点是热导率低、体积密度小、比热小等。

要保持热处理炉的工作温度，就需要防止炉内热量的散失，为此，在砌筑热处理炉时要在耐火层外砌筑或加一层保温隔热材料。

常用的隔热材料有硅藻土、蛭石、矿渣棉、石棉以及珍珠岩制品等，它们可以制成型砖或以粉料使用。

一、硅藻土

硅藻土含二氧化硅 74% ~ 94%，呈灰色或粉红色，可以制成型砖或以粉料使用，具有很好的保温隔热性能。

二、蛭石

俗称云母，易于剥成薄片，内含水分，受热后水分迅速蒸发而形成膨胀蛭石。体积密度及热导率均很小，是一种良好的保温材料。使用时可以直接将膨胀蛭石倒入炉壳与炉衬之间，也可以用高铝水泥、水玻璃或沥青作结合剂制成各种形状的制品。

三、矿渣棉

矿渣棉是将煤渣、高炉炉渣和某些矿石，在 1250 ~ 1350℃ 熔化后，用压缩空气或蒸汽将其喷成长为 2 ~ 6mm、直径为 2 ~ 20μm 的纤维状即可使用。矿渣棉具有体积密度小、热导率低、吸湿性小等特点。但当堆积过厚或受振动时易被压实，体积密度增加，保温隔热能力下降。

四、石棉

石棉熔点为 1500℃，但在 700 ~ 800℃ 时就会变脆。为此，石棉长期使用温度应在 500℃ 以下，短时可以达到 700℃。石棉制品主要有石棉粉、石棉板、石棉绳等。

五、珍珠岩

珍珠岩是一种超轻质的保温隔热材料，以磷酸盐、水玻璃、水泥为胶结剂，按一定比例配合，干燥烧结成型的制品。水泥胶结制品最高使用温度为 800℃。

常见隔热材料的性能见表 1-4。

表 1-4 常见隔热材料的性能

材料名称	密度/ (g/cm ³)	耐压强度/ Pa	热导率/ [W/(m·℃)]	比热容/ [kJ/(kg·℃)]	最高使用 温度/℃
硅藻土砖 A	0.5	49 × 10 ⁴	0.105 + 0.23 × 10 ⁻³ t	0.84 + 0.25 × 10 ⁻³ t ₁	900
硅藻土砖 B	0.55	68.6 × 10 ⁴	0.131 + 0.23 × 10 ⁻³ t	0.75(538℃)	900
硅藻土砖 C	0.65	107.8 × 10 ⁴	0.159 + 0.31 × 10 ⁻³ t		900
泡沫硅藻土砖	0.4 ~ 0.5	(39.2 ~ 68.6) × 10 ⁴	0.11 + 0.23 × 10 ⁻³ t	0.23 + 0.07 × 10 ⁻³	900 ~ 950
膨胀蛭石	0.25		0.072 + 0.256 × 10 ⁻³ t		1100
石棉板	1.0		0.163 + 0.174 × 10 ⁻³ t		500
矿渣棉一级	0.125		0.042 + 0.186 × 10 ⁻³ t		700
矿渣棉三级	0.2		0.07 + 0.157 × 10 ⁻³ t		700
膨胀珍珠岩	0.31 ~ 0.135		0.04 + 0.22 × 10 ⁻³ t		1000
磷酸盐珍珠岩	0.22		0.049 + 0.174 × 10 ⁻³ t		1000

能力知识点 3 其他筑炉材料

一、耐火泥

耐火泥用来砌筑和填塞砖缝，保证炉子具有一定强度和气密性。耐火泥砌筑处也应具有一定的耐火度及抵抗化学侵蚀的能力，因此，要求耐火泥的成分和性能应接近于砌体的成分

和性能。

耐火泥由颗粒很细的生料粉和熟料粉组成。所谓熟料是经过焙烧的耐火生料粘土。耐火泥的成分为：熟料粉 60% ~ 80%，生料粉 20% ~ 40%。熟料含量多，则机械强度增大；生料多，则透气性降低。

二、普通粘土砖

粘土砖是用耐火度低于 1350℃ 的低熔点粘土制造的，所含杂质较多。使用温度不超过 750℃，耐急冷急热性差。这种砖一般用于大、中型燃料炉的外墙，温度低于 750℃ 的烟道和烟囱。

三、炉用耐热金属材料

热处理炉的炉底板、炉罐、坩埚、导轨、轴、输送带和料盘等，都是在高温下工作的，均需要用耐热钢或者耐热铸铁制造。常用耐热钢的牌号及允许工作温度：Cr3Si (600 ~ 750℃)，4Cr9Si2 (800 ~ 850℃)，1Cr13、2Cr13、Cr13Si3、Cr20Si3 (850 ~ 1000℃)，Cr17Mn13N (950 ~ 1000℃)，Cr24Al2Si、Cr25Si2、3Cr18Ni25Si2、Cr23Ni18 (950 ~ 1050℃)，Cr17Al4Si、Cr25Ni12、Cr15Ni35 (1000 ~ 1100℃)。

过去热处理炉大部分用 3Cr18Ni25Si2，由于我国镍铬资源较稀少，不宜大量使用。近来广泛应用铬锰硅耐热钢，这种耐热钢有良好的抗氧化性、抗渗碳性和耐急冷急热性。国产热处理炉大部分采用铬锰硅耐热钢，其成本较 3Cr18Ni25Si2 钢低 60% ~ 70%。它的使用温度为 900 ~ 950℃。还有采用含 Si4.5% ~ 6% 的中硅球墨铸铁和高铝铸铁的耐热钢来做箱式炉炉底板，特别是高铝铸铁，耐热温度可达 1100℃ 以上，有较好的常温力学性能，高温下变形小，使用比较广泛。

模块二 传热学基础

只要存在温度差异，总会发生热从较高物体向较低物体的传递。热处理生产中存在着各种各样的传热问题，但归纳起来有两种类型：一类是增强传热，解决如何把燃料或电能产生的热量有效地传递给工件；另一类是削弱传热，如用炉墙降低炉子散热损失的作用。

传热是通过微观粒子的振动（温度不同的各部分物质的微观粒子的振动动能不一样）并通过彼此的接触和相互的碰撞来传递热能的。在各种传热中，传热的基本方式或单纯的传热有三种，它们分别是传导、对流、辐射，两种以上的传热为综合传热，其特点简介见表 1-5。

表 1-5 传导、对流、辐射、综合传热的特点

	主要传热介质及接触情况	传热速度	传热系数 K	应 用
传 导	通过固体中质点的接触传热	慢(非金属)； 快(金属)	材料密度小、气孔率大， K 小	耐火材料或隔热材料密度越小，削弱传热作用越强，炉子节能、升温效果越好
对 流	通过流体的接触传热	快(流体密度大时)	流体流速大、密度大， K 大	炉中加装风扇或高速燃气烧嘴，炉温均匀性好，低温炉以对流传热为主
辐 射	通过空间电磁波无接触传热	慢(低温)； 快(中高温)	温度增高， K 呈指数增大	炉温越高，增强传热作用越强，中温特别是高温炉以辐射传热为主