

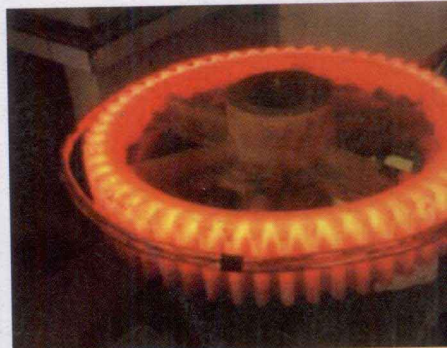
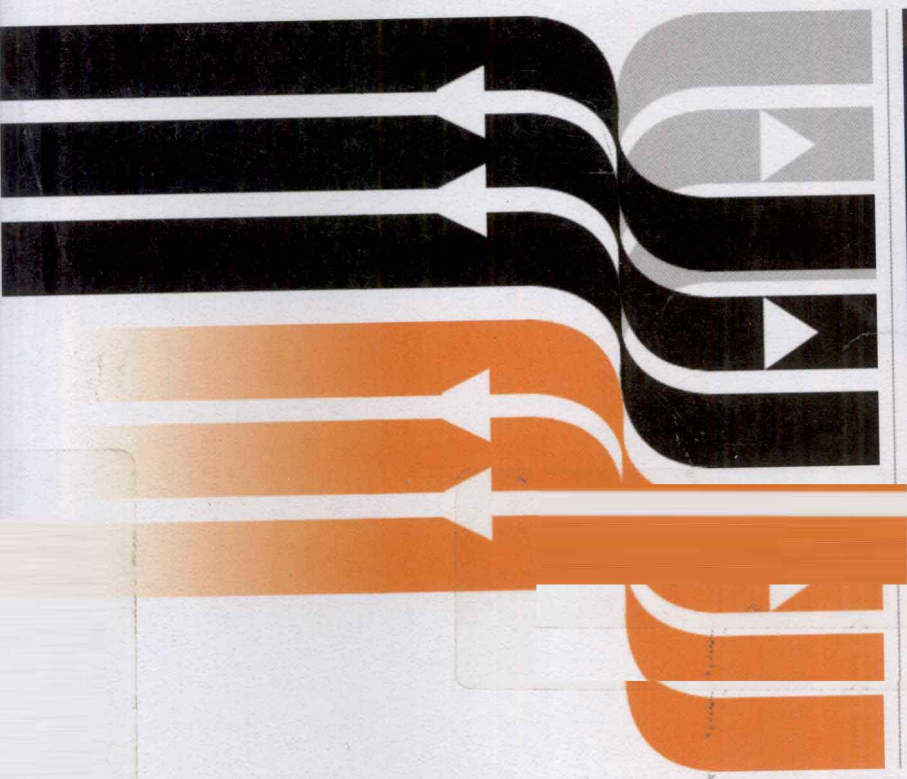


教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

热处理设备

王书田 / 主编 雷建徐斌 / 副主编 石富 / 主审



RECHULI
SHEBEI

焊接结构生产、熔焊过程控制与焊接工艺
焊接方法与设备、焊接检测及技能训练
金属材料、热处理技术基础
热处理设备、金属材料检测技术
热处理技能操作训练、铸造合金熔炼及控制
铸造生产及工艺装修设计、特种铸造
铸造工艺CAD优化设计、铸造技能基础实训

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

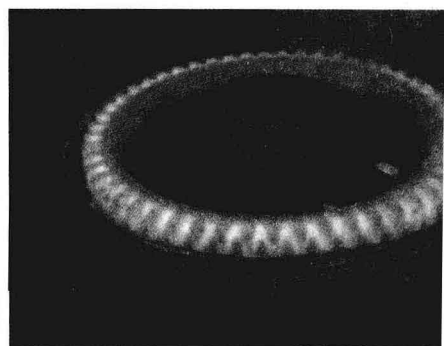
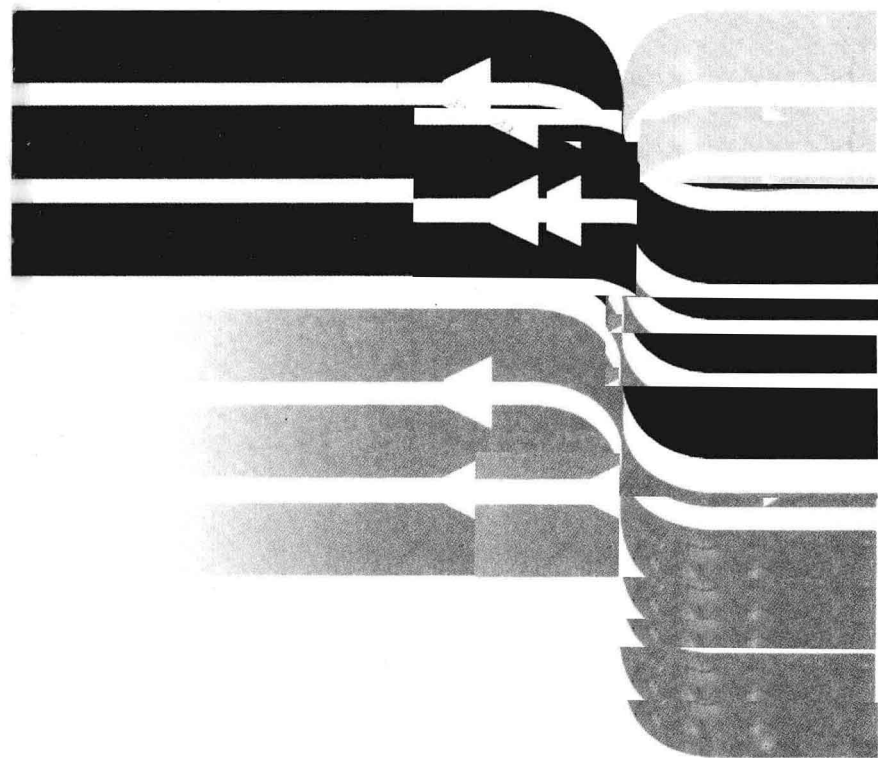


教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

热处理设备

王书田 / 主编 雷建徐斌 / 副主编 石富 / 主审



图书在版编目(CIP)数据

热处理设备/王书田主编. —长沙:中南大学出版社,2011.3
ISBN 978-7-81105-860-4

I. 热... II. 王... III. 热处理设备—高等学校—教材
IV. TG155

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 028354 号

热处理设备

王书田 主编

☐ 责任编辑 周兴武

☐ 责任印制 周 颖

☐ 出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐ 印 装 长沙市华中印刷厂

☐ 开 本 787×1092 1/16 ☐ 印张 21 ☐ 字数 518 千字

☐ 版 次 2011 年 3 月第 1 版 ☐ 2011 年 3 月第 1 次印刷

☐ 书 号 ISBN 978-7-81105-860-4

☐ 定 价 37.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换



当前,高等职业教育改革方兴未艾,各院校积极贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号文)和教育部、财政部《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号文)文件精神,探索“工学结合”的改革之路,取得了很好很好的教学成果。

教育部高等学校高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺分委员会,主要负责工程材料及成形工艺类专业与课程改革的指导工作。分教指委组织编写了《高职高专工程材料与成形工艺类专业教学规范(试行)》,并已由中南大学出版社正式出版,向全国推广发行,它是对高职院校教学改革的阶段性探索和成果的总结,对开办相关专业的院校有较好的指导意义和参考价值。为了适应工程材料与成形工艺类专业教学改革的新形势,分教指委还积极开展工程材料与成形工艺类专业高职高专规划教材的建设工作,并成立了高职高专工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会,编审委员会由教指委委员、分指委专家、企业专家及教学名师组成。教指委及规划教材编审委员会于2008年11月在长沙中南大学召开了教材建设研讨会,会上讨论了焊接技术及自动化专业、金属材料热处理专业、材料成形与控制技术专业(铸造方向、锻压方向、铸热复合)以及工程材料与成形工艺基础等一系列教材的编写大纲,统一了整套书的编写思路、定位、特色、编写模式、体例等。

历经几年的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会和对当代高等职业教育改革精神及规律的准确把握。

本套教材体系完整、内容丰富。归纳起来,有如下特色:①根据教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业制定的教学规划和课程标准组织编写;②统一规划,结构严谨,体现科学性、创新性、应用性;③贯彻以工作过程和行动为导向,工学结合的教育理念;④以专业技能培养为主线,构建专业知识与职业资格认证、社会能力、方法能力培养相结合的课程体系;⑤注重创新,反映工程材料与成形工艺领域的新知识、新技术、新工艺、新方法和新标准;⑥教材体系立体化,提供电子课件、电子教案、教学与学习指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源平台。

教材的生命力在于质量与特色，希望本系列教材编审委员会及出版社能做到与时俱进，根据高职高专教育改革的形势及产业调整、专业技术发展的趋势，不断对教材进行修订、改进、完善，精益求精，使之更好地适应高职人才培养的需要，也希望他们能够一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，不断开拓，出版更多的精品教材，为高职教育提供优质的教学资源和服务。

衷心希望这套教材能在我国材料类高职高专教育中充分发挥它的作用，也期待着在这套教材的哺育下，一大批高素质、应用型、高技能人才脱颖而出，为经济社会发展和企业发展建功立业。

王纪安

王纪安：教授，教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会委员，工程材料与成形工艺分委员会主任。

前言



本书是根据教育部高职高专材料类专业教学指导委员会《高职高专工程材料与成形工艺类专业专业教学规范(试行)》《金属材料与热处理技术专业教学规范》中本课程教学标准的要求进行编写的。

热处理设备是“金属材料与热处理技术”专业必修课程,是一门实践性、综合性、操作性较强的专业主干课程。理解并掌握各种热处理设备的原理、结构、操作方法,培养具有一定的选择热处理设备的能力和操作设备来实施热处理工艺的能力,在热处理专业技能型人才培养中具有十分重要的地位。

本课程依据《金属材料与热处理技术专业教学规范》部分中的“热处理设备”课程教学标准中关于本课程的职业专门技术能力目标、理论知识目标、职业关键能力目标进行定位。本教材内容中的热处理设备的基础知识部分介绍了对热处理设备的要求及热处理设备发展概况、筑炉材料和传热学基础的主要内容;热处理炉用仪表部分介绍了温度、碳势、压力和流量的测量仪表;常规热处理设备炉部分介绍了箱式电阻炉、井式电阻炉、盐浴炉、燃气炉、表面淬火热处理设备;可控气氛设备部分介绍了常规和化学热处理设备;真空热处理设备部分简介了离子氮化、气相沉积、电子束设备;特种热处理及表面处理设备部分简介了电解热处理、铝合金热处理、发蓝、发黑、磷化等装置和设备;此外,本书还介绍了冷却设备和辅助设备、热处理车间设计与环境保护、热处理设备及工装夹具设计训练和热处理炉的安全操作与维护等内容。这些都是本专业以及相关专业的学生在金属材料与热处理的生产加工和科研领域中所必须具备的基本知识。

在教材的编写过程中,我们把多年教学实践经验融入教材中,使教材的内容安排和衔接更为合理;体现理论与技能训练一体化的教学改革成果;充分考虑了职业技术学校对教材的不同要求,增强教材的适用性;将素质教育和技能培养有机地结合,既使学生掌握必需的专业知识和技能,还给学生以后的发展拓展知识面;充实新知识、新技术、新装备和新方法等方面的内容,力求反映科学技术的最新成果;以教育部教学指导委员会制定的教学规范为基础,使教材的内容更加规范化。

包头职业技术学院的徐斌编写了第1章和第3章;包头职业技术学院的王书田编写了第2章、第4章和附录;洛阳理工学院的雷建编写了第5章、第6章;洛阳理工学院的闵志宇编写了第7章、第8章;洛阳理工学院的方世杰编写了第9章、第10章、第11章,本书由包头职业技术学院的王书田主编,由内蒙古机电职业技术学院石富主审。

本教材在编写过程中,得到了教育部高职高专材料类教学指导委员会和参编学校领导和同仁的大力支持,同时也得到了中南大学出版社的各位员工积极协助,在此一并表示由衷的感谢。

编者

2011年3月



目 录

第1章 热处理设备基础知识	(1)
1.1 筑炉材料	(1)
1.1.1 热处理炉对耐火材料的性能要求	(1)
1.1.2 热处理炉常用的耐火材料	(2)
1.1.3 保温材料及其他筑炉材料	(6)
1.2 传热学基础	(8)
1.2.1 传导、对流、辐射	(8)
1.2.2 传热过程分析	(8)
1.2.3 炉墙的稳定态传导传热	(9)
1.2.4 对流传热	(13)
1.2.5 辐射传热	(14)
1.2.6 综合传热	(19)
复习与思考	(21)
第2章 热处理炉用仪表	(22)
2.1 概述	(22)
2.1.1 温度与温标	(22)
2.1.2 测温仪表的分类	(23)
2.1.3 测温仪表的基本技术性能	(24)
2.2 温度传感器	(25)
2.2.1 温度计	(25)
2.2.2 热电偶	(26)
2.2.3 热电阻与热敏电阻	(39)
2.2.4 辐射式高温计	(41)
2.3 温度测量仪表	(44)
2.3.1 直流电位差计	(44)
2.3.2 电子自动平衡式显示仪表	(45)
2.3.3 动圈式温度指示调节仪	(48)
2.3.4 数字式温度显示仪表	(48)
2.4 碳势、压力和流量测量仪表	(49)
2.4.1 碳势测量仪表	(49)
2.4.2 压力测量仪表	(54)
2.4.3 流量测量仪表	(57)

2.5 测温仪表的现场校验方法	(61)
复习与思考	(62)
第3章 常规热处理炉	(65)
3.1 周期作业电阻炉	(65)
3.1.1 箱式电阻炉	(65)
3.1.2 井式电阻炉	(69)
3.1.3 电热元件	(73)
3.2 热处理浴炉	(77)
3.2.1 电阻加热浴炉	(79)
3.2.2 电极盐浴炉	(80)
3.3 热处理燃料炉	(85)
3.4 连续作业热处理炉	(88)
3.5 其他热处理设备	(90)
复习与思考	(91)
第4章 表面淬火设备	(93)
4.1 火焰加热表面淬火	(94)
4.1.1 火焰淬火的基本原理和特点	(94)
4.1.2 火焰淬火的方法	(94)
4.1.3 火焰淬火的设备	(95)
4.1.4 火焰淬火的操作及注意事项	(95)
4.2 高频感应加热	(96)
4.2.1 概述	(96)
4.2.2 高频感应加热装置	(100)
4.3 中频及工频感应加热装置	(112)
4.3.1 晶闸管中频感应加热装置	(112)
4.3.2 工频感应加热	(116)
4.4 感应热处理辅助设备	(116)
4.4.1 淬火机床	(116)
4.4.2 感应器的结构设计与制造	(120)
复习与思考	(125)
第5章 可控气氛热处理设备	(126)
5.1 可控气氛热处理设备概述	(126)
5.2 可控气氛制备设备	(127)
5.2.1 吸热式气氛的制备	(127)
5.2.2 放热式气氛的制备	(131)
5.2.3 氨基气氛的制备	(134)



5.2.4 其他气氛的制备	(138)
5.3 可控气氛热处理炉	(140)
5.3.1 可控气氛热处理炉的类型和特点	(140)
5.3.2 密封箱式可控气氛炉	(142)
5.3.3 密封箱式可控气氛炉的发展	(143)
5.3.4 连续式无罐气体渗碳淬火自动线	(146)
5.3.5 双排推杆式无罐气体渗碳淬火自动线	(147)
5.4 可控气氛设备的操作与观察	(147)
5.4.1 操作目的与要求	(147)
5.4.2 井式渗碳炉操作	(148)
5.4.3 连续渗碳/渗氮热处理生产线操作	(150)
复习与思考	(150)
第6章 真空热处理设备	(152)
6.1 真空热处理概述	(152)
6.1.1 真空与真空系统	(152)
6.1.2 真空热处理技术	(153)
6.1.3 真空热处理	(154)
6.2 典型的真空热处理设备	(155)
6.2.1 真空热处理炉分类	(155)
6.2.2 外热式真空热处理炉	(155)
6.2.3 内热式真空热处理炉	(158)
6.3 离子氮化设备	(167)
6.3.1 离子氮化及其技术特点	(167)
6.3.2 离子氮化设备	(168)
6.4 电子束设备	(170)
6.4.1 电子束热处理的特点	(171)
6.4.2 电子束设备及应用	(172)
6.6 参观了解各种真空热处理设备	(180)
复习与思考	(186)
第7章 特种热处理及表面处理设备	(187)
7.1 电解热处理	(187)
7.1.1 电解液加热表面淬火	(187)
7.1.2 液体电解渗碳	(188)
7.1.3 电解气相催化渗氮	(188)
7.1.4 盐浴电解渗硼	(190)
7.2 铝合金热处理	(190)
7.2.1 铝合金的均匀化	(190)

7.2.2	挤压铝锭的均热生产线	(192)
7.2.3	铝合金的固溶热处理	(193)
7.2.4	铝合金退火	(195)
7.3	抛丸、喷砂设备	(196)
7.3.1	抛丸设备	(196)
7.3.2	喷砂	(202)
	复习与思考	(209)
第8章	冷却设备和辅助设备	(210)
8.1	冷却设备的分类	(210)
8.1.1	冷处理设备	(210)
8.1.2	缓冷设备	(211)
8.2	淬火冷却设备的作用及其基本要求	(212)
8.3	淬火槽的设计	(212)
8.3.1	淬火槽设计内容	(212)
8.3.2	淬火槽的结构形式	(212)
8.3.3	淬火槽的尺寸计算	(215)
8.4	淬火介质冷却系统	(218)
8.4.1	冷却方法	(218)
8.4.2	淬火介质冷却循环系统的组成	(222)
8.5	冷却器的计算与选择	(227)
8.6	淬火机	(228)
8.6.1	轴类淬火机	(228)
8.6.2	大型环状零件淬火机	(229)
8.6.3	齿轮淬火压床	(230)
8.6.4	板件淬火压床	(231)
8.6.5	钢板弹簧淬火机	(231)
8.7	冷处理设备	(232)
8.7.1	制冷剂	(233)
8.7.2	常用冷处理装置	(234)
8.7.3	低温低压箱冷处理装置	(235)
8.7.4	冷处理负荷和制冷机制冷量	(236)
8.8	清洗设备	(236)
8.8.1	一般清洗机	(237)
8.8.2	超声波清洗设备	(240)
8.8.3	脱脂炉清洗设备	(242)
8.8.4	真空清洗设备	(243)
8.9	清理设备	(245)
8.9.1	机械清理	(245)



8.9.2 化学清理	(245)
8.10 矫直(校直)设备	(246)
8.10.1 手动压力机	(246)
8.10.2 液压校正机	(246)
8.10.3 自动校正机	(248)
8.11 起重运输设备	(249)
复习与思考	(249)
第9章 热处理车间设计与环境保护	(251)
9.1 热处理车间及热处理车间设备	(251)
9.1.1 热处理车间分类	(251)
9.1.2 热处理车间的设备分类	(251)
9.1.3 热处理车间生产纲领的确定	(252)
9.1.4 热处理车间工作制度和年时基数	(254)
9.1.5 热处理车间设备的确定	(256)
9.2 热处理车间平面布置	(258)
9.2.1 热处理车间位置及面积	(258)
9.2.2 热处理车间厂房	(261)
9.2.3 热处理车间平面布置	(262)
9.3 热处理车间环境保护	(265)
复习与思考	(268)
第10章 热处理炉的安全操作与维护	(269)
10.1 燃料炉的安全操作	(270)
10.1.1 燃煤炉的安全操作	(270)
10.1.2 煤气炉的安全操作	(271)
10.1.3 燃油炉的安全操作	(271)
10.1.4 燃料炉的维护	(272)
10.2 电阻炉的安全操作与维护	(274)
10.2.1 电阻炉的安全操作	(274)
10.2.2 电阻炉的维护	(274)
10.2.3 电阻炉维护实例	(274)
10.2.4 井式渗碳电阻炉常见故障分析及排除	(277)
10.2.5 推杆式连续电加热无罐渗碳炉的维护与故障排除	(277)
10.3 电极盐浴炉的安全操作	(278)
10.3.1 电极盐浴炉的设备安全操作规程要点	(278)
10.3.2 电极盐浴炉的安全操作规程	(279)
10.3.3 电极盐浴炉的维护与故障排除	(280)
复习与思考	(281)

第 11 章 热处理设备及工装夹具设计训练	(282)
11.1 电极盐浴炉结构设计	(282)
11.1.1 炉型选择	(282)
11.1.2 电极盐浴炉炉体结构及其尺寸确定	(282)
11.1.3 电极盐浴炉功率的确定	(284)
11.1.4 电极设计	(285)
11.1.5 电极柄的设计	(288)
11.1.6 启动电极的设计	(288)
11.1.7 汇流排的选用	(288)
11.1.8 电极盐浴炉用变压器的选择	(289)
11.2 淬火水槽和淬火油槽	(292)
11.2.1 淬火水槽、淬火油槽的结构	(292)
11.2.2 淬火槽的设计	(296)
11.3 轴类、齿轮类、工模具类典型零件的工装夹具设计	(300)
11.3.1 工装在生产中的作用	(300)
11.3.2 工装设计的原则	(301)
11.3.3 一般低碳钢、耐热钢工夹具强度的核算	(302)
11.3.4 各类工夹具与吊具的实例	(302)
11.4 高、中频感应器的设计	(308)
11.4.1 感应器	(308)
11.4.2 汇流条与连接板	(311)
11.4.3 感应器的供水	(311)
11.4.4 导磁体	(312)
11.4.5 附加装置	(312)
11.4.6 多匝感应器的设计要点	(313)
11.5 热处理设备课程设计	(314)
11.5.1 热处理设备课程设计的一般程序 and 基本要求	(314)
11.5.2 热处理设备课程设计步骤	(314)
复习与思考	(318)
参考文献	(319)

第1章

热处理设备基础知识

[内容提要与学习指导]

本章内容分筑炉材料和传热学基础两个部分。重点是筑炉材料。

通过本章的学习,并配合必要的练习与实践,要求学生达到:

- (1)掌握耐火度、耐火材料分级、荷重软化开始点概念。
- (2)掌握常用耐火材料的名称、尺寸、性能及在筑炉中的应用。
- (3)掌握传导、对流、辐射传热的基本概念和各自的特点。
- (4)了解传导传热基本定律(即傅立叶定律),掌握单层炉墙稳定态传导传热计算公式。
- (5)掌握黑体、黑度、角度系数、辐射传热基本定律概念。
- (6)理解有隔热板存在时物体间辐射热交换的特殊意义及应用。

1.1 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、制作炉底板和炉罐的耐热钢。

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。凡能够抵抗高温和温度骤变、并能在一定程度上承受高温物理和化学作用的材料,就称为耐火材料。

1.1.1 热处理炉对耐火材料的性能要求

1. 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℃;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。

2. 一定的高温结构强度

高温结构强度用荷重软化点来评定。荷重软化点是指在一定压力($2\text{ kg/cm}^2 \approx 0.2\text{ MPa}$)条件下,以一定的升温速度加热,测出样品开始变形(变形量为原试样膨胀至最高点算起的 0.6%)的温度。此温度就叫该耐火材料的荷重软化开始点。试样尺寸为 $\phi 36 \times 50\text{ mm}$ 。

NZ-40 黏土砖的耐火度为 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黏土砖有破坏作用,所以炉墙内衬的耐火材料需用含氧化铁小于百分之一的耐火砖(即抗渗碳砖)。制造电极盐浴炉时,由于熔盐对耐火材料的冲刷作用,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. 要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。若耐火材料没有足够抵抗温度急剧变化的能力,就会过早的损坏。

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,待砖块因破裂而掉落部分等于原重量的 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,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、热容量和导热系数。对于电阻炉还要求有良好的电绝缘性能等。

1.1.2 热处理炉常用的耐火材料

热处理常用的耐火材料有:黏土砖、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. 黏土质耐火材料(重质砖)

黏土质耐火制品的化学成分为: Al_2O_3 $30\% \sim 48\%$, SiO_2 $50\% \sim 65\%$,其他各种杂质占 $5\% \sim 7\%$ 。这种耐火材料制成砖,其密度较大,故常叫做“重质砖”。

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、燃烧室等,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作内衬。

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。一般重质黏土砖的密度为 $2.1 \sim 2.2\text{ g/cm}^3$,重质高铝砖密度为 $2.3 \sim 2.75\text{ g/cm}^3$,而轻质黏土砖密度为 $0.4 \sim 1.3\text{ g/cm}^3$ 。密度 $\leq 0.3\text{ g/cm}^3$ 则为超轻质砖。

轻质耐火材料的特点是:气孔多、重量轻和保温性能好,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,可以减少蓄热损失,

尤其是对周期作业炉意义更大，可显著缩短升温时间，提高炉子的热效率，同时可缩小炉子体积。但轻质耐火材料的耐压强度低，荷重软化点也较低，残存体积变化较大，抗化学腐蚀性也较差。因此，选用轻质耐火砖作为大型热处理炉衬时，应考虑其高温结构强度是否能满足要求。由于其抗腐蚀性差、气孔多，故不能做浴炉内衬。

3. 高铝质耐火材料

高铝砖是含 Al_2O_3 在 48% 以上的耐火制品。高铝砖具有耐火度高、高温结构强度较高、致密度高、化学稳定性好等优点，但价格较黏土砖高。通常用于砌筑高温炉内衬、电热元件的搁砖和套管等。

4. 刚玉制品

刚玉制品属于高铝砖一类， Al_2O_3 含量为 85% 以上，呈白色。它有很高的耐火度和高温结构强度。可用作电阻丝搁砖、电阻丝接线棒和热电偶的套管、炉芯以及高温炉的炉底板等。热处理炉常用耐火制品形状和尺寸见表 1-1，常用耐火材料性能见表 1-2。

表 1-1 热处理炉常用耐火制品形状和尺寸

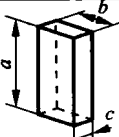
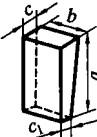
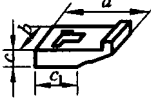
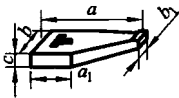
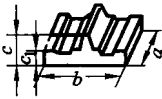
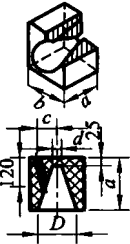
制品名称和形状	标号	制品尺寸/mm						体积/mm ³	质量/kg		
		a	b	c	c ₁				黏土砖	轻质黏土砖	高铝砖
 直形砖	T-3	230	113	65				1690	3.5	1.35~2.2	3.9
	T-4	230	113	40				1040	2.1	0.83~1.36	2.4
 厚楔形砖	T-19	230	113	65	55			1560	3.2	1.2~2.0	3.6
	T-20	230	113	65	45			1430	3.0	1.1~1.9	3.3
 直形搁砖	材料:高铝矾土,单件质量≈0.18 kg $a=110$; $b=50$; $c=20$; $c_1=49.5$										
 扇形搁砖	材料:高铝矾土,单件质量≈0.175 kg $a=110$; $a_1=50$; $b=50$; $b_1=32$; $c=20$										
 炉底搁砖	材料:高铝矾土,单件质量≈0.8 kg $a=150\pm3$; $b=120\pm2$; $c=40\pm1$; $c_1=20\pm1$										
 烧嘴砖		a	b	c	D	d	ϕ				
	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	120	240	125	40	21000	43		42
	T-88	340	335	120	260	150	40	19500	40		39

表 1-2 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 /MPa	密度 /(g·cm ⁻³)	热导率 /[W·(m·℃) ⁻¹]	比热容 /[kJ·(kg·℃) ⁻¹]	最高使 用温度 /℃
耐火黏土砖 (NZ-40)	1730	1350	5~25	19.6	2.1~2.2	0.698 + 0.64 × 10 ⁻³ t	0.88 + 0.23 × 10 ⁻³ t	1350
耐火黏土砖 (NZ-35)	1670	1300	5~25	14.70	2.1~2.2	0.698 + 0.64 × 10 ⁻³ t	0.88 + 0.23 × 10 ⁻³ t	1300
耐火黏土砖 (NZ-30)	1610	1250	5~25	12.25	2.1~2.2	0.698 + 0.64 × 10 ⁻³ t	0.88 + 0.23 × 10 ⁻³ t	1250
高铝砖 (LZ-65)	1790	1500	>25	39.20	2.3~ 2.75	2.09 + 1.86 × 10 ⁻³ t	0.96 + 0.147 × 10 ⁻³ t	1500
高铝砖 (LZ-55)	1770	1470	>25	39.20	2.3~ 2.75	2.09 + 1.86 × 10 ⁻³ t	0.80 + 0.419 × 10 ⁻³ t	1450
高铝砖 (LZ-48)	1750	1420	>25	29.40	2.3~ 2.75	2.09 + 1.86 × 10 ⁻³ t	0.92 + 0.25 × 10 ⁻³ t	1400
轻质耐火黏土砖 (QN-1.3a)	1710			4.41	1.3	0.56 + 0.35 × 10 ⁻³ t	0.84 + 0.26 × 10 ⁻³ t	1350
轻质耐火黏土砖 (QN-1.0)	1670			2.94	1.0	0.29 + 0.256 × 10 ⁻³ t	0.84 + 0.26 × 10 ⁻³ t	1300
轻质耐火黏土砖 (QN-0.8)	1670			1.96	0.8	0.294 + 0.212 × 10 ⁻³ t	0.84 + 0.26 × 10 ⁻³ t	1200
轻质耐火黏土砖 (QN-0.6)	1650			0.98	0.6	0.165 + 0.194 × 10 ⁻³ t	0.84 + 0.26 × 10 ⁻³ t	1200
轻质耐火黏土砖 (QN-0.4)	1650			0.59	0.4	0.08 + 0.22 × 10 ⁻³ t	0.84 + 0.26 × 10 ⁻³ t	1150
轻质高铝砖 (PM-1.0)	1750	1230		3.92	1.0		919.6 + 0.25t	1350
轻质高铝砖 (PM-0.8)	1750	1180		2.94	0.8		919.6 + 0.25t	1350
轻质高铝砖 (PM-0.6)	1730	1100		1.96	0.6		919.6 + 0.25t	1350
轻质高铝砖 (PM-0.4)	1730	1050		0.59	0.4		919.6 + 0.25t	1350
碳化硅制品	1900	1650		78.40	2.4	9.3~1.6		1350
抗渗碳砖 (重质)	1770				2.14	0.7 + 0.64 × 10 ⁻³ t	同黏土砖	1350
抗渗碳砖 (轻质)	1730				0.88	0.15 + 0.128 × 10 ⁻³ t	同黏土砖	1250
粉煤空心微珠砖	1510	1140		3.53	0.5	0.16 + 0.178 × 10 ⁻³ t	0.8(常温)	1000
硅酸铝耐火纤 维毡					0.135	0.119(600℃)		1200

5. 硅酸铝耐火纤维

硅酸铝耐火纤维是一种新型耐火保温材料,兼有耐火和保温材料的特点。它具有重量轻、耐高温、热稳定性好、导热系数低、比热小、耐机械震动等特点。同时它还是一种柔性材料,使用中可不考虑热应力的影响,并使设备具有保温性能好、升温快、热耗低等优点。

熔融法制备的玻璃态硅酸铝耐火纤维的化学成分为: $w_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 43\% \sim 54\%$, $w_{\text{SiO}_2} = 47\% \sim 53\%$, 其余为各种氧化物。纤维平均直径 $2.8 \sim 10 \mu\text{m}$, 长为 $10 \sim 250 \text{ mm}$ 。常将纤维作成厚 20 mm 的纤维针刺毡来使用,其主要性能如下:

1) 当密度为 $0.10 \sim 0.25 \text{ g/cm}^3$ 时,其导热系数 400°C 时的对应值为 $0.116 \sim 0.09 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$, 600°C 时的对应值约为 $0.12 \sim 0.10 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$, 700°C 时的对应值约为 $0.21 \sim 0.14 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$, 1000°C 时的对应值约为 $0.33 \sim 0.21 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ 。注意这里的密度与导热系数成反比,而其他的耐火材料及保温材料的密度与导热系数是成正比的。

2) 耐火度为 $1750 \sim 1790^\circ\text{C}$, 最高使用温度为 $1100 \sim 1200^\circ\text{C}$ 。

3) 高温下发生收缩, 1000°C 收缩约为 2% , 1300°C 收缩约为 4% 。当使用它作保温材料时,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°C 时,易出现析晶现象,会使体积收缩、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°C ,其极限温度可达 1350°C 。

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:

(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。矾土水泥耐火混凝土具有快硬、高强度的特点,但耐火度较低($1650 \sim 1730^\circ\text{C}$),荷重软化点 $1290 \sim 1300^\circ\text{C}$ 。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 $300 \sim 500^\circ\text{C}$ 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($1700 \sim 1800^\circ\text{C}$),荷重软化开始点 $1300 \sim 1460^\circ\text{C}$,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°C 加热,并在 20°C 水中急冷达 60 次以上。耐腐蚀性和耐磨性也很好,可做振底炉的炉底板等。使用温度在 $600 \sim 1100^\circ\text{C}$ 范围内。