

工业炉手册

日本工业炉协会 编

戎宗义 路仆 郁善庆等 译校

冶金工业出版社

工 业 炉 手 册

日本工业炉协会 编
戎宗义 路仆 郁善庆等 译校

*

冶金工业出版社出版发行
(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销
江西印刷公司排版
冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张38 字数1133千字
1989年4月第一版 1989年4月第一次印刷
印数00,001~5,300册

ISBN 7-5024-0344-2

TF·89 定价: 21.00元

译 者 的 话

本手册是根据日本工业炉协会1982年出版的《工業炉ハンドブック》翻译的。原书共分4编，从我国读者的需要出发，只翻译了前3编，即工业炉总论；工业炉各论：有关设备及部件、材料。

这本手册基本上包括了各个生产部门所用的工业炉，内容广泛。其重点是对各种工业炉及其附属设备的结构、制作和使用性能进行简明扼要的叙述，涉及理论方面的内容较少，因此通俗易懂。对于从事工业炉技术工作的读者来说，不但能从这本手册中看到本部门工业炉的概况和发展动向，还可从其它部门用炉中得到启发，对提高技术水平会有一定的帮助。当然，本手册是按照日本的具体条件编写的，有些情况与我们不尽相符，因此参考使用这本手册时要注意分析我们的具体情况。

本书由戎宗义、路仆、郁善庆等翻译与校对，由戎宗义同志进行汇总与整理。在有些章节的翻译过程中，还得到王克勤、竺联祥等的帮助，特此致谢。

由于本书涉及的专业面较广，译文中可能存在不准确甚至错误之处，请读者批评指正。

译者分工情况如下：

路 仆	第1编第1~7章
戴 宽	第2编第1章：前言~1.1.3之5(5)
佟丽娟	原序、第2编第1章1.1.3之5(6)~1.1.9、1.1.12、1.1.13、第3编第7章
尚德韞	第2编第1章1.1.10、1.1.11、第2章
潘世华	第2编第1章1.2~1.3.10
戎宗义	第2编第1章1.3.11、1.3.12、第5章、第3编第1~6章、索引
刘景林	第2编第3章
姜辰初	第2编第4章
姜建顺	第3编第8章
刘振农	第3编第9章

《工业炉手册》的原编辑委员会

主 任	内藤 清	品川耐火材料公司
	多田 正	石川岛播磨重工业公司
	古橋治義	大同特殊钢公司
	木下慶三	中外炉工业公司
	堀 克彦	东京芝浦电气公司
	簗見繁治郎	东京技术中心公司
	町田一男	日本工业炉工业公司
	小林 隆	三菱重工业公司
	山崎良雄	山崎电机工业公司
	小暮剛正	日本工业炉协会

发 刊 词

粉生 宗幸（日本工业炉协会会长）

本协会在一九六九年按计划编辑出版了《工业炉指导手册》。但大约在四年前就不再出版了。这样使需要订购这本书的读者感到很不方便。为了改变这种状况，从一九七六年起我们就开始进行《工业炉手册》的编辑工作，这次承蒙编辑委员及有关人员给予特殊帮助，使本书得以出版，实在值得庆幸。

工业炉是所有生产部门不可缺少的重要设备，在各种生产行业中，根据产品的种类、规模或经营情况使用了各种各样的工业炉，这对日本生产事业的发展起了很大的作用。

最近几年，根据对节省劳力、节能、消除公害、安全生产等方面的特殊要求，正在不断研究和探讨各种相应的方法和措施。

正如编辑委员会主任指出的那样，这次出版发行的《工业炉手册》与上次的《指导手册》不同，它采用了新的编辑方法，进一步用通俗易懂的文字阐述了工业炉的全部内容。

出版发行这样的手册的确具有深远的意义。衷心希望这本书能够给有关人员在工作中作为开展业务和进行学习的参考。

我们现在正面临着极其困难的时期，但是我们这个行业一定同心协力，为工业炉的更大发展而努力。

今后仍然热切期待各方面给予指导和提出宝贵意见。

原 编 者 序

加热工序可以说是金属工业以及所有工业的制造、加工工艺中不可缺少的工序。

随着资源、能源、环境保护措施等生产条件的巨大变革，我们深切感到应该使这种消费能源的加热工序能够更加适应新的环境。同时，工业炉又是这种工序的核心，它担负重大责任，并且要求也越来越严格。

最近十年来，工业炉技术取得了显著的进步，使用的范围也在不断扩大。

目前工业炉应用在极为广泛的生产领域，所用热源也不相同，且随着技术的革新，各种新的炉型不断涌现。因此，即使是专家也很难掌握现有工业炉的全部内容，所以目前往往只能就某个炉子或者按类别分别进行阐述。

基于这种现状，我们在计划编辑本书时的基本思想是要收集现在生产中所使用的全部工业炉，从各个专业的角度对各种炉子的内容加以阐述说明，以便为广大读者提供方便。

在编辑方法上，改变过去对各种工业炉按炉型进行阐述的方式，而试用了新的方式，即按照各生产部门制造工艺中的加热工序，从中理解炉子所起的作用，阐述炉子的特性及功能。因此，为了给读者提供方便，在各章的开头都尽可能列出了制造工艺的流程图。

对于各种炉子的先进技术都力争不予遗漏而且通俗易懂地加以说明，同时着重充实了有实际应用价值的技术数据。

对各种工业炉所共有的能源、环境保护、热能的基本利用方法等问题采用了新的编辑方法。即在第1编进行综合阐述的同时，又对各种工业炉按不同类型进行分类。

在第3编中按专业说明了构筑炉子用的主要材料和附属设备。

在本书的最后安排了技术资料编，汇集了各专业生产工厂所提供的有关各种工业炉及其附件的实际技术资料^①，供读者参考。

本书如能成为理解目前先进工业炉技术内容的线索，成为读者进行工业炉业务工作中的良师益友，我们将不胜荣幸。

在编辑本书过程中，得到了各方面专家的真诚协助，在此谨向他们深表谢意。

内藤 清

^①该编实为各厂广告，译本已删去。——译者

目 录

译者的话
发 刊 词
推 荐 词
原编者序

第1编

工业炉总论

第1章 概 论 (3)

第2章 炉子和能源 (5)

2.1 燃料的种类和特性 (5)

2.1.1 燃料 (5)

2.1.2 燃料的种类 (5)

2.1.3 气体燃料 (5)

2.1.4 液体燃料 (7)

2.1.5 固体燃料 (9)

2.1.6 燃烧特性 (11)

2.2 电 能 (12)

2.2.1 发电 (12)

2.2.2 供电线路及供电方式 (13)

2.2.3 电加热系统中的能源效率 (14)

第3章 炉子的分类和型式 (15)

3.1 炉子的分类 (15)

3.2 热源和加热方式 (16)

3.2.1 火焰加热及其特征 (16)

3.2.2 电加热及其特征 (17)

3.3 操作方式和物料的输送装置 (19)

3.3.1 连续式和间断式 (19)

3.3.2 物料的输送装置 (22)

第4章 传热原理 (24)

4.1 传热的形态 (24)

4.2 热传导 (24)

4.2.1 热传导的基本公式 (24)

4.2.2 平面壁的稳定态热传导 (24)

4.2.3 圆筒的稳定态热传导 (26)

4.2.4 不稳定态传导传热 (26)

4.3 对流给热 (28)

4.3.1 对流给热的基本公式 (28)

4.3.2 给热系数 (28)

4.4 综合传热 (28)

4.5 热交换器的原理 (29)

4.6 热辐射 (30)

4.6.1 热辐射的基本公式 (30)

4.6.2 两个固体间的热辐射 (30)

4.6.3 气体辐射 (31)

4.6.4 亮焰辐射 (32)

4.7 加热炉内的传热机理 (32)

4.7.1 向钢材的传热量 (32)

4.7.2 钢材吸收的热量 (33)

4.7.3 综合热吸收率的值 (33)

4.7.4 加热炉中的传热算例(图解法) (33)

第5章 炉子的热平衡计算 (36)

5.1 热平衡计算的意义 (36)

5.2 燃烧计算 (36)

5.2.1 理论空气量 (36)

5.2.2 实际空气量及空气过剩系数 (37)

5.2.3 燃烧生成物量 (37)

5.2.4 烟气成分及其分析值 (38)

5.2.5 空气过剩系数的计算 (38)

5.2.6 发热量 (39)

5.2.7 简易计算法 (39)

5.3 热平衡计算的方法	(39)	6.1.2 节约能源的投资效果	(47)
5.3.1 热平衡计算的范围和步骤	(39)	6.2 能源的节约措施	(50)
5.3.2 热平衡计算的基准	(40)	6.2.1 能源的节约措施	(50)
5.3.3 主要项目的计算方法	(40)	6.2.2 节能措施的内容	(51)
5.4 热平衡计算例题(以连续加热炉为例)	(42)	第7章 安全和环境保护	(57)
5.4.1 基准值	(42)	7.1 安全事项	(57)
5.4.2 测定结果	(42)	7.1.1 炉子的事故及其原因	(57)
5.4.3 计算	(42)	7.1.2 防止爆炸	(59)
5.4.4 编制热平衡表	(46)	7.1.3 抗震措施	(60)
5.4.5 绘制热流图	(46)	7.1.4 安全标准	(61)
5.4.6 对测定结果的探讨	(46)	7.2 环境保护措施	(61)
5.5 炉子的热工性能	(46)	7.2.1 防止排放物对大气污染的措施	(61)
5.5.1 热效率	(46)	7.2.2 排水的污水处理措施	(62)
5.5.2 单位燃料消耗量	(46)	7.2.3 噪声控制	(63)
第6章 节约能源	(47)	7.2.4 环境保护标准	(65)
6.1 节约能源的意义和投资效果	(47)	7.2.5 电波外漏	(66)
6.1.1 意义	(47)		

第2编

工业炉各论

第1章 钢铁用炉	(73)	1. 目的	(98)
前言	(73)	2. 型式	(98)
工艺流程图	(74)	3. 设备规模	(98)
炼铁炼钢工艺流程图	(74)	4. 烧结方法	(98)
主要钢铁产品生产工序流程图	(76)	5. 组成烧结设备的主要装置	(99)
1.1 炼铁、炼钢及铸造用炉	(79)	6. 新技术	(102)
1.1.1 高炉和热风炉	(79)	1.1.4 造球炉	(102)
1. 高炉的历史	(79)	1. 造球作业的生产工艺	(102)
2. 现代高炉炼铁法的概况	(81)	2. 竖炉	(103)
3. 高炉的技术经济指标	(82)	3. 带式焙烧机	(103)
4. 高炉设备概要	(83)	4. 链算机-回转窑联合焙烧装置	(105)
5. 高炉操作	(91)	5. 环形链算式焙烧机	(105)
6. 最近的节能措施和高炉的未来趋向	(92)	1.1.5 直接还原炼铁设备	(107)
1.1.2 转炉、平炉	(92)	1. 直接还原炼铁法	(107)
1.1.2.1 转炉	(92)	2. 还原工艺分类	(109)
1. 氧气顶吹转炉(LD转炉)	(92)	3. 原料	(112)
2. 底吹(OBM/Q-BOP)转炉	(97)	4. 还原铁及其用途	(113)
1.1.2.2 平炉	(97)	1.1.6 混铁车、混铁炉	(115)
1. 平炉炼钢法概况	(97)	1. 从混铁炉向混铁车的发展	(115)
2. 设备	(98)	2. 混铁炉及混铁车的功能	(115)
3. 氧气炼钢	(98)	3. 混铁炉的型式及构造	(115)
1.1.3 烧结机	(98)	4. 混铁车的构造	(115)

5. 混铁车脱硫(116)	6. 工业用真空电弧炉的进展(143)
1.1.7 电弧炉、冶炼炉(116)	1.1.11 电渣重熔炉 (ESR炉)(143)
1.1.7.1 电弧炉(116)	1. 概况(143)
1. 概要(116)	2. 电渣重熔原理(144)
2. 构造(117)	3. 电渣重熔的操作条件(146)
3. 附属设备(121)	1.1.12 冲天炉(146)
4. 特性(121)	1. 特点(146)
5. 操作(122)	2. 构造(146)
1.1.7.2 冶炼炉 (矿热炉)(123)	3. 操作(148)
1. 原理(123)	4. 煤气冲天炉(148)
2. 用途(123)	1.1.13 感应炉、真空感应炉(149)
3. 型式与特点(124)	1. 感应炉的构造(149)
4. 炉容量(124)	2. 处理铁水用感应炉(151)
5. 设备概况(126)	3. 炼钢用感应炉(152)
1.1.7.3 电气设备(130)	4. 铸造用感应炉(153)
1. 炉用变压器(130)	5. 感应炉用耐火材料(155)
2. 负荷开关(130)	1.2 轧钢、锻造用炉(159)
3. 电极控制装置(131)	1.2.1 均热炉(159)
4. 电弧炉操作的自动化(132)	1. 概要(159)
5. 解决闪烁问题的措施(133)	2. 用途(159)
1.1.8 炉外精炼设备(134)	3. 炉子的型式和种类(159)
1. DH法 (真空提升脱气法)(134)	4. 操作方法及构造(160)
2. RH法 (真空循环脱气法)(136)	5. 性能(162)
3. VOD法 (真空-氧气-脱碳 法)(137)	6. 控制系统(163)
4. ASEA-SKF法(138)	7. 防止公害及节能(164)
5. VAD法 (真空-电弧脱气 法)(138)	8. 今后的方向(164)
6. AOD法 (氩-氧-脱碳法)(138)	1.2.2 加热炉(165)
7. RH-OB法(139)	1. 连续式加热炉的演变(165)
8. LF法 (钢包炉法)(139)	2. 连续式加热炉的种类(168)
1.1.9 等离子电弧炉(140)	3. 推钢式加热炉 (三段式和 五段式)(168)
1. 等离子熔炼特点(140)	4. 步进梁式加热炉(169)
2. 等离子电弧炉的种类及 构造(140)	5. 控制系统(174)
3. 等离子熔炼材料的特征及经 济效益(141)	6. 节能措施(175)
1.1.10 真空电弧炉(141)	1.2.3 锻造炉(176)
1. 概况(141)	1. 热锻造用炉(177)
2. 真空自耗电弧炉的原理(142)	2. 热锻用炉的热效率及炉料 加热速度(180)
3. 电弧现象(142)	3. 锻造炉的装出料装置(181)
4. 真空自耗电弧炉的主要 参数(142)	4. 冷锻造用炉(181)
5. 真空电弧炉的优缺点(142)	5. 温锻用炉(182)
	1.2.4 感应加热炉(182)
	1. 感应加热炉的特点(182)
	2. 加热电源的频率(182)

3. 必要的加热时间	(183)	8. 压力淬火设备	(205)
4. 加热功率	(184)	9. 淬火冷却设备	(205)
5. 加热炉的型式	(185)	10. 回火设备	(206)
6. 输送方式	(186)	11. 可控气氛的选择	(207)
7. 加热线圈	(186)	1.3.3 热配合加工用炉	(207)
8. 感应加热炉举例	(188)	1. 概要	(207)
1.3 热处理炉	(190)	2. 热配合加工用炉	(207)
1.3.1 退火炉	(190)	1.3.4 钎焊炉	(208)
1. 冷轧钢板退火炉	(190)	1. 钎焊	(208)
(1) 罩式退火炉	(190)	2. 炉中钎焊和可控气氛	(209)
(2) 带钢连续退火炉	(191)	3. 母材材质和钎料的种类	(209)
2. 线材退火炉	(192)	4. 钎焊炉的种类	(209)
(1) 辊底式炉	(192)	1.3.5 渗碳炉、碳氮共渗炉	(211)
(2) 罩式炉	(192)	1. 渗碳法	(211)
3. 钢管、棒材退火炉	(194)	2. 炉气控制	(212)
(1) 辊底式炉	(194)	(1) 关于调节碳浓度的化学	
(2) 台车罩式炉	(194)	反应方程式	(213)
4. 铸件退火炉	(195)	(2) 气氛的测定装置	(213)
(1) 可锻铸铁退火炉	(195)	(3) 发生装置制备渗碳气体	
(2) 球墨铸铁退火炉	(195)	的控制系统	(214)
5. 锻件退火炉	(196)	3. 加热方式	(214)
6. 电器零件退火炉	(197)	4. 炉型和用途	(215)
(1) 罩式炉	(197)	(1) 间断式渗碳炉	(215)
(2) 罐式炉	(197)	(2) 连续渗碳炉	(217)
(3) 推杆式炉	(197)	1.3.6 软氮化炉	(218)
(4) 输送带式炉	(197)	1. 软氮化概述	(218)
1.3.2 调质炉	(199)	2. 软氮化的基础知识	(219)
1. 调质和淬火、回火	(199)	3. 软氮化设备	(221)
2. 小零件的淬火设备	(199)	1.3.7 粉末冶金件烧结炉	(224)
(1) 小零件淬火使用的炉型	(199)	1. 炉子的构造和种类	(225)
(2) 经常使用的小零件淬		2. 可控气氛	(226)
火炉	(199)	1.3.8 粉末冶金件锻造炉	(226)
3. 中等零件的淬火设备	(200)	1. 粉末制品的锻造工艺	(226)
(1) 中等零件淬火使用的		2. 锥形加热炉	(227)
炉型	(200)	1.3.9 感应热处理炉	(228)
(2) 经常使用的中等零件淬		1. 感应热处理的用途	(228)
火炉	(201)	2. 最新的感应热处理炉	(229)
4. 大件的淬火设备	(202)	3. 感应热处理炉用的各种电源	
(1) 大件淬火使用的炉型	(202)	装置	(231)
(2) 经常使用的大件淬火		4. 感应线圈	(231)
炉	(202)	1.3.10 镀层炉	(231)
5. 长件、厚板的淬火设备	(203)	1. 退火炉内清除轧制油污的方	
6. 带材、线材的淬火设备	(204)	法	(233)
7. 局部淬火设备	(205)	(1) 氧化还原法(森吉米尔	

镀锌法)(233)	铜的生产过程(252)
(2) 无氧化炉法(235)	铝的生产过程(253)
(3) 西拉斯法(236)	钛的生产过程(254)
2. 用电解清洗装置清除轧制油	2.1 冶炼炉及熔化炉(255)
污的方法(237)	2.1.1 烧结机(255)
(1) U.S.Steel法(美国钢	2.1.2 焙烧炉(255)
公司法)(237)	1. 沸腾焙烧炉的构造(255)
(2) 考克诺特曼法(惠林法)(237)	2. 给矿的方法(256)
3. 镀锌炉(238)	2.1.3 冶炼炉(256)
1.3.11 真空热处理炉(238)	2.1.3.1 鼓风炉(256)
1. 真空热处理炉的种类、特点、	1. 炉型(256)
用途(239)	2. 炉子实例(257)
(1) 外热式(有罐式)真空	2.1.3.2 闪速炉(257)
热处理炉(239)	2.1.3.3 反射炉(258)
(2) 内热式(冷壁型)立式	1. 反射炉的功能(258)
真空炉(240)	2. 反射炉的构造(259)
(3) 内热式(冷壁型)立式	3. 最近的发展(259)
真空淬火炉(240)	2.1.3.4 转炉(包括精炼炉)(259)
(4) 内热式(冷壁型)气体	1. 转炉的功能和构造(259)
淬火炉(242)	2. 最近的发展(260)
(5) 内热式(冷壁型)油淬	3. 精炼炉(260)
火炉(242)	2.1.3.5 连续炼铜炉(261)
(6) 真空渗碳炉(243)	1. MI法的概况(261)
(7) 半连续式热处理炉(244)	2. MI炉的构造(261)
(8) 离子氮化炉(244)	2.1.3.6 高温电解槽(262)
2. 真空热处理炉与环境保护问	1. 高温电解槽的特点(262)
题(244)	2. 电解槽的型式和构造(262)
3. 真空热处理炉的操作问题(245)	3. 电解槽的操作(263)
1.3.12 钢丝切化处理炉(246)	4. 电解槽的能力(263)
1. 概述(246)	5. 环境保护问题(264)
2. 切化处理炉的种类(247)	6. 节能(264)
3. 各种炉型的特征(247)	2.1.3.7 反应炉(264)
(1) 多股连续处理炉(247)	2.1.3.8 蒸馏炉(265)
(2) 散卷处理法(247)	1. 鼓风炉和冷凝器的操作(265)
(3) 冷却用铅浴(247)	2. 耐火材料及筑炉法(266)
(4) 间接加热式切化处理	2.1.3.9 其他专用炉(266)
炉(248)	1. 多晶硅反应炉(266)
(5) 流化床切化处理炉(248)	2. 金属硅制造炉(267)
(6) 直接切化处理法(248)	3. 钨和钼还原炉(268)
(7) 分批式切化处理炉(249)	2.1.4 熔化炉(269)
第2章 有色金属用炉(250)	2.1.4.1 反射炉(269)
前言(250)	1. 铝熔化炉、静置炉(269)
工艺流程图(251)	(1) 概要(269)
锌和铅的冶炼过程(251)	(2) 炉子的型式(269)

(i) 固定式矩形熔炼炉、静置炉(269)	4. 链式方坯连续加热炉(296)
(ii) 固定式圆形熔炼炉(270)	5. 方坯快速加热炉(296)
(iii) 倾动式圆形熔炼炉(270)	6. 步进梁式加热炉(296)
(iv) 倾动式熔炼炉、静置炉(270)	2.2.2 感应加热炉(296)
(v) 带前床的熔炼炉(敞开式炉)(271)	1. 用 途(296)
(vi) 回转式熔炼炉(271)	2. 电 源(297)
(vii) 真空炉(静置炉)(272)	3. 加热线圈(297)
(viii) 快速熔炼炉(272)	4. 水冷却系统(298)
(3) 结构和功能(272)	5. 温度检测和保护(298)
(4) 控制(273)	2.3 热处理炉(299)
(5) 节能措施及今后的课题(273)	2.3.1 退火炉(299)
2. 铜熔炼炉(273)	1. 铝及铝合金用炉(299)
(1) 熔炼电解铜的鼓风炉(273)	(1) 型材退火炉(299)
(2) 熔炼铜的反射炉(274)	(2) 间断式退火炉(300)
2.1.4.2 坩锅炉(276)	(3) 罩式(钟式)退火炉(300)
1. 炉子的演变和最近的动向(276)	(4) 升降底式退火炉(300)
2. 型式和能力(276)	(5) 快速退火炉(300)
3. 燃烧强度和热效率(279)	(6) 气垫式带材连续退火炉(300)
2.1.4.3 真空电弧炉(281)	2. 铜及铜合金用炉(301)
1. 自耗电极的制造(281)	(1) 连续式辊底炉(302)
2. 锭模(281)	(2) 连续推杆式炉(302)
3. 最小电弧电流(281)	(3) 罩式退火炉(302)
4. 安全(281)	(4) 气垫式及立式铜带材退火炉(302)
5. 高熔点活性金属电弧熔炼的效果(282)	(5) 其他炉型(303)
6. 凝壳熔炼炉(282)	2.3.2 调质炉(303)
7. 明弧熔炼炉(283)	1. 有色金属的调质(303)
2.1.4.4 真空等离子熔炼炉(284)	2. 均匀化处理炉(304)
2.1.4.5 感应炉(287)	3. 固溶化处理炉(304)
1. 工频无心感应炉(287)	4. 时效处理炉(305)
2. 高频(无心)感应炉(289)	2.3.3 钎焊炉(306)
3. 有心感应炉(290)	1. 辉壁式连续钎焊炉(306)
4. 小 结(291)	2. 真空钎焊炉(307)
2.1.4.6 半导体提纯炉(291)	3. 惰性气体钎焊炉(307)
1. 区熔法(291)	2.3.4 扩散炉(307)
2. 直拉法(292)	1. 炉体及电热元件(307)
2.2 轧制、锻造用加热炉(294)	2. 温度控制方式(308)
2.2.1 燃料加热炉(294)	3. 炉壳构造及冷却(309)
1. 均热炉(294)	4. 今后的发展趋势(310)
2. 推料式连续加热炉(294)	2.3.5 粉末冶金烧结炉(310)
3. 车底式板坯加热炉(295)	1. 炉子的种类和型式(310)
	2. 可控气氛(311)
	第3章 窑业用炉(313)
	前 言(313)

工艺流程图	(314)	1. 目前陶瓷器、陶管、瓦烧成窑的特点	(359)
水泥生产流程	(314)	2. 最新烧成窑举例	(359)
玻璃生产流程	(315)	3.2.7 特种陶瓷烧成窑	(363)
耐火材料生产流程	(316)	1. 概要	(363)
碳素制品生产流程	(317)	2. 特种陶瓷的特点	(363)
3.1 熔化窑	(318)	3. 特种陶瓷的制造方法	(363)
3.1.1 玻璃熔窑	(318)	4. 烧成窑设备	(367)
1. 坩埚窑	(319)	(1) 可控气氛的烧成窑	(367)
2. 池窑	(319)	(2) 非可控气氛的高温烧成窑	(369)
3. 电熔窑	(324)	5. 特种陶瓷烧成窑的展望和目前存在的问题	(370)
3.1.2 其他熔化窑炉	(325)	3.2.8 窑业用原料的煅烧窑	(370)
1. 耐火材料熔化炉	(325)	1. 概况	(370)
2. 瓷釉熔化窑	(326)	2. 回转窑与竖窑的比较	(371)
3.2 烧成窑及煅烧窑	(327)	3. 粘土熟料及各种矿石	(371)
3.2.1 水泥煅烧窑	(327)	4. 合成莫来石	(371)
1. 概要	(327)	5. 烧结氧化铝	(371)
2. 煅烧水泥的化学反应及煅烧所需要的热量	(328)	6. 镁砂	(371)
3. 水泥煅烧窑的类型	(329)	7. 白云石砂	(373)
(1) 立窑	(331)	3.2.9 磨料烧成窑	(373)
(2) 回转窑	(331)	1. 制造熔融氧化铝磨料颗粒的电炉	(373)
4. 最近的烧成窑	(337)	2. 制造碳化硅用电炉	(374)
5. 今后发展动向	(338)	3. 陶瓷结合磨具的烧成窑	(374)
3.2.2 耐火材料烧成窑	(338)	4. 树脂结合磨具的硬化处理窑	(375)
1. 隧道窑	(339)	3.2.10 搪瓷烧成窑	(375)
2. 间歇式窑	(345)	1. 搪瓷工业与搪烧窑	(375)
(1) 方倒焰窑	(345)	2. 搪瓷制品的生产与搪烧	(375)
(2) 圆倒焰窑	(346)	3. 搪瓷烧成窑的类型	(376)
(3) 梭式窑	(346)	4. 连续式搪烧窑的热效率	(376)
(4) 钟罩式窑	(346)	3.3 玻璃热处理炉	(377)
3.2.3 石灰煅烧窑	(347)	3.3.1 缓冷炉	(377)
1. 石灰石煅烧的目的	(347)	3.3.2 淬火炉	(380)
2. 石灰煅烧窑的结构	(348)	3.3.3 塑型用炉	(380)
(1) 竖窑	(348)	3.3.4 彩烧炉	(381)
(2) 回转窑	(351)	3.3.5 电视机显象管用炉	(382)
3. 石灰窑窑衬	(352)	1. 缓冷炉	(382)
3.2.4 碳素制品焙烧炉	(352)	2. 退火炉、烘烤炉、熔封炉	(382)
1. 环式焙烧炉	(352)	3. 排气炉	(382)
2. 连续式焙烧窑	(354)	第4章 化学工业用炉	(384)
3. 倒焰式焙烧炉、梭式窑	(355)	前言	(384)
4. 电气焙烧炉	(357)	工艺流程图	(385)
5. 二次焙烧窑	(357)	焦炭生产工艺流程	(385)
3.2.5 石墨化炉	(358)		
3.2.6 陶瓷器、陶管、瓦烧成窑	(359)		

石油精炼(常压蒸馏) 工艺流程·····	(386)
乙烯生产流程·····	(386)
4.1 煤炭化学工业用炉·····	(384)
4.1.1 焦炉·····	(384)
1. 概 要·····	(384)
2. 操作过程·····	(388)
3. 焦炉设备的构造·····	(388)
4. 操作和新技术·····	(391)
4.1.2 水煤气发生炉·····	(391)
1. 使用目的·····	(391)
2. 型式和种类·····	(391)
3. 水煤气制造方法的概要说明·····	(391)
4. 炉子构造·····	(392)
4.2 石油(天然气)化学工业用炉·····	(395)
4.2.1 加热炉·····	(395)
1. 加热炉的型式·····	(395)
2. 加热炉的用途·····	(395)
3. 加热炉的构造·····	(395)
4.2.2 裂解炉·····	(396)
1. 型 式·····	(396)
2. 炉子能力·····	(396)
3. 炉子性能·····	(396)
4. 构 造·····	(396)
5. 结焦的清除方法(清焦)·····	(397)
4.2.3 转化炉·····	(397)
1. 炉子型式·····	(397)
2. 炉子的生产能力及其性能·····	(398)
3. 炉子构造·····	(398)
4.3 其他化学工业用炉·····	(399)
4.3.1 熔炼炉·····	(399)
1. 炉子型式及特征·····	(399)

2. 生产方法·····	(399)
第5章 环境保护用炉 ·····	(400)
前 言·····	(400)
5.1 固态产业废弃物焚化炉(废渣 焚化炉)·····	(400)
5.1.1 焚化方式·····	(400)
1. 炉算燃烧方式·····	(400)
2. 炉床燃烧方式·····	(407)
5.1.2 熔融燃烧方式·····	(409)
5.1.3 热解方式·····	(409)
5.2 液态产业废弃物焚化炉(废液 焚化炉)·····	(411)
5.2.1 废油焚化炉·····	(412)
5.2.2 一般废液焚化炉·····	(412)
5.3 废气焚化炉·····	(414)
5.3.1 恶臭物质和臭味烈度的关系·····	(414)
5.3.2 直接燃烧法·····	(414)
1. 燃烧方面的基本问题·····	(415)
2. 规划的要点·····	(416)
3. 焚化炉·····	(416)
4. 热交换器·····	(417)
5. 燃烧装置·····	(417)
6. 安全措施·····	(417)
7. 运转费用·····	(418)
5.3.3 催化燃烧法·····	(418)
1. 规划的要点·····	(419)
2. 运转费用·····	(419)
5.3.4 其他方式·····	(420)
1. 臭氧氧化法·····	(420)
2. 活性炭吸附和直接燃烧相组合 的方式·····	(420)

第3编 有关设备及部件、材料

第1章 烧嘴及燃烧用的附属设备 ·····	(425)
1.1 关于燃烧问题·····	(425)
1.1.1 燃烧·····	(425)
1. 燃烧的形态·····	(425)
2. 燃烧计算·····	(425)
1.1.2 燃烧的排放物·····	(426)
1. 煤烟·····	(426)
2. 氮的氧化物·····	(426)
1.2 烧嘴(燃烧器)·····	(427)
1.2.1 烧嘴的定义·····	(427)
1.2.2 油喷嘴·····	(427)

1.2.2.1 高压气流式油喷嘴·····	(427)
1. 按雾化机理分类的喷嘴·····	(427)
2. 调风器·····	(428)
3. 特征及用途·····	(429)
1.2.2.2 低压空气式油喷嘴·····	(429)
1. 雾化机理·····	(429)
2. 型式、种类·····	(430)
3. 其他的型式·····	(430)
4. 使用和操作方面的特点及 用途·····	(430)
1.2.2.3 油压式油喷嘴(机械雾化	

式油喷嘴).....(431)	2.1 电阻发热元件(电热元件).....(455)
1. 雾化机理.....(431)	2.1.1 总 论.....(455)
2. 型式、种类.....(431)	2.1.2 电热元件的品种和特性.....(455)
3. 优点和缺点.....(433)	2.1.2.1 非金属电热元件.....(455)
1.2.2.4 转杯式喷嘴.....(433)	1. 品种及特性.....(455)
1. 构造、形状.....(433)	2. 正确的使用方法.....(458)
2. 种类、容量.....(434)	3. 电热元件的安装方式.....(461)
3. 特性、用途.....(435)	4. 接线方法.....(462)
1.2.2.5 枪式喷嘴.....(436)	5. 确定电功率的方法.....(462)
1. 种类、容量.....(436)	2.1.2.2 金属电热元件.....(462)
2. 构造、形状.....(437)	1. 品种及特性.....(462)
3. 特性、用途.....(438)	2. 金属电热元件的化学成分.....(463)
1.2.2.6 氧气喷嘴.....(439)	3. 金属电热元件的机械性质和物理性质.....(464)
1. 氧气喷嘴的燃烧.....(439)	4. 金属电热元件的各种化学性质.....(465)
2. 安全管理.....(439)	5. 金属电热元件的应用.....(465)
3. 氧气喷嘴的用途.....(439)	2.2 红外线装置.....(468)
1.2.3 煤气烧嘴.....(439)	2.3 炼钢用电极.....(469)
1.2.3.1 内部混合式烧嘴.....(439)	2.3.1 形状.....(470)
1. 利用高压煤气喷射器吸入大气中空气的“吸入混合法”.....(440)	2.3.2 电极的消耗.....(470)
2. 利用低压空气比例混合器的方法.....(441)	2.3.3 超高功率操作用电极(UHP电极).....(471)
3. 利用比例调节阀的方法.....(441)	第3章 辐射管(472)
4. 在通风机吸入侧混合的方法.....(441)	3.1 什么是辐射管.....(472)
1.2.3.2 外部混合式烧嘴.....(441)	3.2 种 类.....(472)
1.2.3.3 半混合式烧嘴.....(443)	3.3 材 质.....(474)
1.2.4 油煤气混烧烧嘴.....(444)	3.4 结 构.....(474)
1.2.5 低 NO_x 燃烧法.....(445)	3.5 使用上的注意事项.....(475)
1. 控制 NO_x 的基本原则.....(445)	3.6 新型辐射管的若干设想.....(476)
2. NO_x 的控制技术(控制措施).....(445)	第4章 预热器(477)
1.2.6 低 NO_x 烧嘴.....(447)	4.1 金属预热器.....(477)
1. 火焰冷却型烧嘴.....(447)	4.1.1 辐射式换热器.....(477)
2. 自身再循环型烧嘴.....(447)	1. 套筒式.....(478)
3. 两阶段燃烧型烧嘴.....(447)	2. 鸟笼式.....(478)
4. 浓淡燃烧型烧嘴.....(448)	4.1.2 对流式换热器.....(478)
5. 综合型烧嘴.....(448)	1. 无翅片的多管式换热器.....(479)
1.3 烧嘴的附属设备.....(448)	2. 带翅片的多管式换热器.....(479)
1.3.1 烧嘴的燃烧安全控制系统.....(448)	3. 套管式换热器.....(480)
1. 安全运转的一些原则.....(449)	4. 无翅片的多管圆筒式换热器.....(480)
2. 涉及燃烧安全的法规.....(450)	5. 带翅片的多管圆筒式换热器.....(481)
3. 组成安全控制系统的设备.....(450)	6. 热管式换热器.....(481)
1.3.2 烧嘴自动燃烧控制系统.....(453)	4.1.3 再生式预热器.....(482)
1.3.3 油喷嘴的附属设备.....(454)	4.1.4 金属预热器的保护装置.....(482)
第2章 电阻发热元件及电极(455)	

1. 入口处烟气温度控制·····(482)	1. 氧化硅质耐火砖·····(499)
2. 空气预热温度控制(烟气 稀释)·····(482)	(1) 硅砖·····(499)
3. 空气预热温度控制(热风 放散)·····(483)	(2) 熔融硅砖·····(500)
4.2 陶瓷预热器·····(483)	(3) 半硅砖·····(500)
4.2.1 换热式陶瓷预热器·····(483)	2. 硅酸铝质耐火砖·····(501)
4.2.2 蓄热式陶瓷预热器·····(484)	(1) 粘土砖·····(501)
1. 传热介质移动式预热器·····(484)	(2) 蜡石砖·····(503)
2. 传热介质固定式预热器·····(485)	(3) 高铝砖·····(504)
第5章 可控气氛发生装置 ·····(487)	3. 碱性砖·····(507)
5.1 采用可控气氛的必要性·····(487)	(1) 铬砖·····(507)
5.2 可控气氛的种类·····(488)	(2) 镁砖·····(507)
5.3 放热式气氛发生装置·····(489)	(3) 铬镁砖·····(510)
5.3.1 100号可控气氛(例如DX气氛) 发生装置·····(491)	(4) 镁尖晶石砖·····(512)
1. 可控气氛制备方法·····(491)	(5) 白云石砖·····(512)
2. 100号可控气氛的特点·····(492)	4. 特种砖·····(513)
5.3.2 201号(或202号)可控气氛(例 如NX气氛)发生装置·····(492)	(1) 锆英石砖·····(513)
5.3.3 223号(或224号)可控气氛(例 如HNX气氛)发生装置·····(492)	(2) 氧化锆砖·····(515)
5.4 吸热式气氛发生装置·····(493)	(3) 其他类型的特种砖·····(516)
5.4.1 302号可控气氛(例如RX气氛) 发生装置·····(493)	(4) 非氧化物系统的砖·····(517)
1. 气氛制备方法·····(494)	6.1.2 不定形耐火材料·····(517)
2. 302号气氛的特点·····(494)	1. 耐火浇注料·····(519)
5.4.2 323号(324号)可控气氛(例如 SRX气氛)发生装置·····(494)	2. 耐火可塑料·····(521)
5.4.3 325号(326号)可控气氛(例如 HX气氛)发生装置·····(494)	3. 耐火捣打料·····(523)
5.5 氨基可控气氛发生装置·····(495)	4. 耐火喷涂料·····(523)
5.5.1 601号可控气氛(例如AX气氛) 发生装置·····(495)	5. 压入用耐火材料·····(523)
5.5.2 621号(622号)可控气氛(例如 SAX气氛)发生装置·····(495)	6. 耐火泥·····(524)
5.6 最近的趋势·····(496)	7. 不定形耐火材料的主要用途·····(524)
5.6.1 放热-吸热式气氛发生装置·····(496)	6.2 耐火绝热砖·····(524)
5.6.2 变压吸附气氛分离装置·····(497)	6.2.1 硅藻土砖·····(525)
第6章 耐火与绝热材料及其施工 ·····(498)	6.2.2 轻质粘土砖·····(525)
6.1 耐火材料·····(498)	6.2.3 特种耐火绝热砖·····(527)
1. 耐火材料的分类·····(498)	1. 轻质高铝砖·····(527)
2. 根据耐火砖的化学组成分类·····(498)	2. 轻质硅砖·····(527)
6.1.1 耐火砖·····(499)	3. 蠕陶土质砖·····(527)
	6.2.4 耐火绝热砖的特点及其在使用 中的注意事项·····(528)
	1. 体积密度和导热系数以及温度 和导热系数的关系·····(528)
	2. 机械应力和强度·····(529)
	3. 收缩·····(529)
	4. 热态膨胀·····(529)
	5. 崩裂·····(529)
	6. 耐气体侵蚀性·····(530)
	6.2.5 耐火绝热砖的使用效果·····(530)

6.3 陶瓷纤维.....(530)	8.1.1 电阻炉的温度控制.....(550)
6.3.1 陶瓷纤维的制品与用途.....(533)	1. 温度控制与控制系统.....(550)
1. 陶瓷纤维毡.....(533)	2. 温度控制的实例.....(550)
2. 湿 毡.....(533)	3. 温度控制仪表.....(552)
3. 板和毡.....(534)	8.1.2 燃料炉的温度控制.....(555)
6.3.2 陶瓷纤维作火焰炉的内衬耐火 材料时的施工方法.....(534)	1. 概 述.....(555)
1. 分层铺衬法.....(534)	2. 燃烧与空气量.....(555)
2. 叠砌内衬法.....(535)	3. 温度控制系统.....(555)
3. 饰面内衬法.....(535)	4. 检测元件.....(556)
6.4 绝热材料(保温材料).....(536)	5. 调节器.....(557)
6.4.1 绝热(保温)材料的种类.....(536)	6. 执行机构.....(557)
6.4.2 绝热(保温)材料的特性.....(537)	8.2 其他参数的测量与控制.....(558)
1. 硅酸钙质保温材料(JIS A9510).....(537)	8.2.1 炉 压.....(558)
2. 珍珠岩保温材料(JIS A9512) (539)	1. 炉压的测量.....(558)
3. 碱性碳酸镁保温材料 (JIS A9506).....(540)	2. 远传式压力计.....(558)
4. 蛭石质保温材料.....(540)	3. 燃料炉的炉膛压力测量.....(559)
5. 人工制造成型的硬质保温 材料.....(540)	4. 炉压的控制.....(559)
6. 石棉保温材料(JIS A9502) ... (540)	8.2.2 空燃比.....(559)
7. 岩棉质保温材料(JIS A9504) (541)	1. 流量的测量.....(559)
8. 玻璃棉保温材料(JIS A9505) (542)	2. 空燃比的控制.....(560)
9. 各种泡沫保温材料.....(543)	8.2.3 可控气氛.....(561)
第7章 耐热钢、耐热合金.....(544)	1. CO ₂ 分析仪.....(561)
7.1 种类及特征.....(544)	2. H ₂ 分析仪.....(561)
7.1.1 工业炉用耐热钢.....(544)	3. O ₂ 分析仪.....(562)
7.1.2 耐热铸钢在工业炉上使用的原 因.....(544)	4. 工业用气相色谱仪.....(562)
7.2 材质选定标准.....(546)	5. 露点仪.....(562)
7.2.1 常用温度、最高温度的意义.....(546)	6. 可控气氛的控制.....(562)
7.2.2 加热冷却周期与寿命的关系.....(546)	8.2.4 与环境保护有关的检测.....(562)
7.2.3 高温腐蚀.....(546)	1. 烟尘的检测.....(562)
7.2.4 设计应力.....(547)	2. 硫氧化物的检测.....(563)
7.2.5 材质的等级与寿命.....(547)	3. 氮氧化物的检测.....(563)
7.3 现用耐热钢.....(548)	4. 一氧化碳的检测.....(564)
7.3.1 Cr-Mo-Fe 系.....(548)	5. 碳氢化合物的检测.....(564)
7.3.2 Cr-Fe 系.....(548)	8.3 计算机控制的应用.....(564)
7.3.3 Cr-Ni-Fe 系.....(548)	8.3.1 工业控制机的功能.....(565)
7.3.4 Ni-Cr-Fe 系.....(548)	1. 监控与记录.....(565)
7.4 新型耐热合金.....(548)	2. 直接数字控制(DDC).....(565)
第8章 测量与控制.....(550)	3. 设定控制(SPC).....(565)
8.1 温度控制.....(550)	4. 操作指导.....(565)
	5. 生产管理系统.....(565)
	6. 机械设备的自动化.....(565)
	8.3.2 利用微型机的控制装置 (DDC).....(565)
	8.3.3 利用微型机直接数字控制均热