

新型热处理电炉

吴光英 吴光治 孙桂华 编著

国防工业出版社

新型热处理电炉

吴光英 吴光治 孙桂华 编著

国防工业出版社

(京)新登字106号

内 容 简 介

本书汇集了近年来国内外有关热处理电炉方面的文献和资料,比较系统地介绍了新型的热处理电炉。全书共四章,第一章是重点,分门别类地介绍了各种新型的周期式电阻炉、可控气氛炉、真空炉、浴炉、连续作业炉和热处理炉机组等的结构、特点和发展。第二、三、四章简要地叙述了热处理电炉的设计、炉温测量与控制,以及计算机控制等方面的内容。

本书可供从事金属材料热处理、电炉设计和制造,以及冶金、机械、轻工、电子、化工和国防工业等有关部门的工程技术人员及大专院校师生参考。

新型热处理电炉

吴光英 吴光治 孙桂华 编著

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经销

北京市飞龙印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 印张20 465千字

1993年6月第一版 1993年6月第一次印刷 印数: 0001—2000册

ISBN 7-118-01009-X/TG·70 定价: 17.00元

前 言

热处理炉的质量和性能,是提高和保证热处理产品质量的关键,在国民经济中占有非常重要的地位。随着技术和经济的不断发展,对热处理炉的质量和水平的要求将越来越高。

热处理电炉是热处理行业中数量最多、应用最广的设备。传统的电炉都是在自然气氛中加热,被处理材料严重氧化烧损。因此,近年来,一方面,对自然气氛电阻炉进行了技术改造,使之更新换代;另一方面,电阻炉有了两个重大发展,一是可控气氛热处理炉,二是真空电阻炉。可控气氛热处理炉和真空热处理炉的比重正在逐年提高。在工业发达国家中,这两种热处理炉已成为热处理行业常规的必需的工艺装备,其热处理生产量已占总热处理生产量的50%以上。此外,还出现了一些应用最新技术成果的新型热处理设备,例如:离子轰击加热装置、激光加热装置、电子束加热装置等。热处理设备的更新和发展,提高了热处理产品质量,促进了国民经济的发展。

作者曾从事20余年的热处理炉设计、研究和制造工作,近年来还多次出国考察,接触了不少新型热处理炉和有关资料。本书将80年代以来主要的新型热处理电炉、热处理电炉的设计、炉温和气氛测控,以及计算机在热处理炉中的应用等有关资料提供给读者,期望读者对现代热处理电炉的概貌有所了解。

由于新型热处理电炉种类繁多,日新月异,在本书有限的篇幅中不可能全部予以介绍,加之作者水平有限,挂一漏万,叙述不当,甚至缺点和错误在所难免,敬请读者不吝指正。

本书参考和引用了许多文献资料中的内容,特在此向有关作者表示衷心的感谢。钟华仁副教授为本书做了大量的审定和校对工作。在本书编写过程中还得到不少专家、教授和同仁的热情帮助和鼓励。这些诚挚的情谊,作者将铭记在心。

吴光英

1991年春于南京

目 录

绪论	1
第一章 典型的热处理电炉	5
第一节 系列产品的型号编制方法	5
一、型号组成	5
二、新标准与原标准的比较	6
第二节 自然气氛电阻炉	6
一、箱式电阻炉	6
二、井式电阻炉	14
三、其它周期作业式电阻炉	18
四、连续作业式电阻炉	24
第三节 周期作业化学热处理炉	25
一、新型化学热处理炉的特点	26
二、典型的周期作业化学热处理炉	28
第四节 可控气氛炉和自动机组	32
一、可控气氛炉的类型和特点	32
二、周期作业式可控气氛炉	33
三、连续作业式可控气氛炉及其机组	50
四、热处理自动机组	87
第五节 真空热处理炉	90
一、真空炉的特点、分类和真空系统	90
二、典型的真空热处理炉	95
三、抽空热处理炉	110
第六节 浴炉和流动粒子炉	113
一、浴炉	113
二、流动粒子炉	115
第七节 其他类型的加热装置	118
一、离子轰击加热装置	118
二、电子束加热装置	121
三、激光加热装置	123
第二章 热处理电炉的设计	125
第一节 热处理电炉设计的一般原则	125
一、热处理电阻炉设计概要和步骤	125
二、新型热处理电炉设计原则	127
第二节 热处理炉设计基础	127
一、热处理炉用材料	127
二、热处理炉的传热和计算	133
第三节 炉体设计（以箱式电炉为例）	143
一、炉型的选择	143
二、炉膛尺寸的确定	144
三、炉体结构设计	145
第四节 耐火纤维炉衬设计	153
一、耐火纤维制品的性能	153

二、耐火纤维制品的炉壁结构	157
三、耐火纤维毡炉壁设计步骤	159
第五节 炉子功率的确定	160
一、功率计算方法	160
二、炉子的功率分配、接线与调节	165
第六节 电热元件设计	168
一、金属电热元件及其设计	168
二、非金属电热元件及其设计	181
三、管状加热器	186
四、真空炉电热元件及其设计	188
五、浴炉电极设计	196
第七节 真空炉的主要构件及设计	199
一、炉壳结构及设计要点	199
二、隔热屏结构	203
三、真空闸阀	206
四、真空炉其它部件	207
五、真空密封材料和密封结构	210
六、真空炉的组件化设计	214
第三章 热处理电炉温度和气氛控制	215
第一节 炉温测量及控制	215
一、炉温及其测量系统	215
二、感温元件	215
三、测量线路和仪表	220
四、炉温控制技术	225
五、炉温的连续调节	229
六、智能化控制仪表	233
第二节 炉内气氛及其控制	233
一、概述	233
二、可控气氛制备原理与装置	234
三、气氛控制	253
第四章 热处理电炉的计算机控制	264
第一节 概述	264
一、微机在热处理中的应用概况	264
二、微机在热处理设备中应用简介	264
三、微机测试与控制系统简介	265
第二节 热处理炉温度微机控制	269
一、概述	269
二、控制炉温的微机系统	271
三、KRL-W系列微机温度控制柜介绍	277
四、微机炉温群控系统	281
第三节 气体渗碳炉微机控制	284
一、工作原理及碳势的控制	286
二、KRQ-W系列微机碳势控制柜介绍	291
三、控制气体渗碳的微机系统	291
四、电阻法微机控制渗碳系统	297

V

第四节 气体渗氮炉微机控制	299
一、可控渗氮的基本原理和参数	299
二、渗氮过程中氮势门限值特性曲线	300
三、KRN-W系列微机氮势控制柜	301
第五节 热处理生产线的微机控制	306
一、概述	306
二、NS—88—900微机滴控箱式多用炉机组的微机控制	308
附录 有关电炉标准摘要	311
一、苏联电炉标准摘要	311
二、美国军标摘要	311
三、中国部标摘要	313
主要参考文献	314

绪 论

热处理炉是实现热处理工艺的重要设备。随着工业和科技的发展,一方面,对零件质量不断提出新的更高要求,另一方面,又有可能用高技术和新装备来武装热处理炉,从而推动热处理炉不断发展与更新。热处理工艺的现代化,实质是热处理设备的现代化。

热处理炉中应用最为广泛的是热处理电炉。本书介绍的热处理电炉是指使零件加热的能量来源于电能的热处理炉,其中包括各种热处理电阻炉、浴炉和一些表面加热装置等。

一、热处理炉的主要类型

现有热处理炉的种类繁多,分类也很复杂。为了便于使用和分析比较,通常按以下几种特点分类:

- ① 按加热方式,可分为间接加热电阻炉、直接加热电阻炉;
- ② 按热源,可分为电阻炉、燃料炉和各种表面加热装置;
- ③ 按加热介质,可分为自然气氛炉、浴炉、可控气氛炉、真空炉、流动粒子炉;
- ④ 按工作温度,可分为低温炉、中温炉和高温炉;
- ⑤ 按功能不同,可分为淬火炉、退火炉、回火炉、渗碳炉、氮化炉等;
- ⑥ 按炉型结构,可分为箱式炉、井式炉、台车式炉、罩式炉、振底式炉、推杆式炉、传送带式炉、辊底式炉等;
- ⑦ 按作业规程,可分为周期作业炉、连续作业炉。

二、热处理电炉的近代发展

传统的热处理电炉存在以下主要问题:

- ① 加热介质大多为空气,氧化脱碳严重,金属烧损量大;
- ② 热效率低,能耗高,经济效益差;
- ③ 炉温均匀度差,控温精度低,质量可靠性不高;
- ④ 机械化自动化程度低,劳动强度大,生产效率低等。

近年来,国内外为解决传统热处理设备的问题,提高产品热处理质量,减少公害,对热处理电炉进行了大规模的技术改造,设计出不少新型热处理设备。

热处理电炉主要有以下发展方向。

(一) 用新材料新技术改造旧热处理电炉

主要有下述七种途径:

- ① 采用优质的轻质隔热保温和耐火材料及耐火纤维等,改善炉子隔热保温性能,提高节能效果;
- ② 在中温炉,甚至高温炉中加装风扇,提高炉温均匀度,强化传热过程,缩短加热时间;
- ③ 提高炉子密封性,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,提高炉温均匀度,减少泄漏并保证炉气成分和压力的稳定度,减少氧化脱碳和提

高热处理质量,

④ 提高控温精度, 将位式调节改为PID调节控制, 进一步采用微机控制, 从而提高炉子的控温效果,

⑤ 配备简易的保护气体发生装置, 尽量减少氧化脱碳, 提高热处理工件的质量,

⑥ 改进装、出料机构, 改善劳动条件, 提高生产效率,

⑦ 发展并采用新型加热元件、新材料和新工艺, 提高热效率及使用寿命。

(二) 发展少或无氧化脱碳热处理炉

少或无氧化脱碳加热是控制热处理零件表面质量的重要课题, 能否普遍采用少或无氧化脱碳的热处理炉, 是衡量热处理水平高低的重要标志之一。目前看来, 主要有以下发展方向。

1. 研制和推广可控气氛热处理炉

采用可控气氛热处理, 可以实现少氧化、无氧化加热, 无脱碳、无增碳加热, 并能控制各种化学热处理的表面质量。因此, 其发展前景广阔, 预计到2000年, 在自然介质中热处理的工件, 将降低至10%以下。

在我国发展可控气氛热处理的主要问题有两个, 一个是气源问题, 另一个是气氛检测和控制问题。

使用液化气和天然气, 受供应不足、成本高、设备复杂、输送安全等的限制。近来开发和应用空分氮技术并在此基础上应用了氨基气氛, 它具有原料气不受限制, 供应充分、节能、经济、安全、方便等优点, 有大的发展前景。此外, 为适应中、小批量周期作业生产的需要, 向炉内直接滴注有机液体, 使在炉内直接裂解后生成可控气氛。这种滴注式可控气氛热处理炉, 结构比较简单, 实施方便, 易于推广应用。

可控气氛的测控装置, 如露点仪、红外仪、氢分析仪、氧探头等, 我国已能成批生产, 应用效果良好, 并已成功地应用微机技术。不过, 在测控仪器的可靠性和使用寿命方面还有待进一步提高。

2. 发展和应用真空热处理炉

真空炉可以看成一种气氛炉, 而且是一种最纯净的气氛炉, 其纯度是一般可控气氛炉所无法达到的。真空热处理不仅不会氧化脱碳, 而且具有脱脂脱气作用, 处理零件的疲劳性能、常规机械性能、使用寿命等均高于普通热处理炉。此外, 真空热处理炉在真空渗碳、离子氮化以及离子镀渗、物理气相沉积等表面化学热处理中也具有很大的应用价值。据估计, 到2000年, 发达工业国家的真空热处理可达20%以上。

近年来还开发了一种叫预抽真空的新炉种(又称抽空炉)。它按真空密封设计, 先抽粗(低)真空, 后充保护气, 再行加热处理零件。这种炉兼备了真空炉和可控气氛炉的优点, 克服了它们的不足, 是一种颇有发展前途的炉种。

3. 发展流动粒子炉

流动粒子炉加热速度快、搅动速率高、温度均匀度好、工艺适用性强、投资少, 成本低, 因而有较大的推广使用价值。

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, 炉内的燃烧气可起到防止氧化脱碳和使粒子流老化的作用。增大原料气的比例, 提高混合气的碳势并可进行渗碳。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少量活性[C]原子。因而这类流动粒子炉也有较好的防氧化脱碳效果。

4. 改造盐浴炉

盐浴炉虽然存在有公害和其它一些缺点,但因其加热速度快、工艺适应性强、结构简单,有较好的防氧化脱碳效果,目前仍普遍采用。盐浴炉改造,包括结构改造、盐浴成分无毒化和专用化、启动新方法、新脱氧剂等方面。

(三) 发展表面热处理装置

采用表面热处理技术,是提高零件表面硬度、耐磨性、抗疲劳强度和耐蚀性的良好途径。此外,由于无需整体加热,可以达到节能和减小变形的效果。

1. 发展选择性局部表面硬化装置

早期的火焰加热表面淬火、电解液表面加热淬火、中频和高频感应加热淬火等表面硬化处理装置仍有一定实用价值,有的也在不同方面有所发展。近年来又开发了激光和电子束局部表面硬化装置。

激光表面硬化处理装置,一般选用功率为千瓦级,波长为 $10.6\mu\text{m}$ 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,可以自冷淬火。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生产实用阶段,显示出良好效果。

电子束表面硬化处理装置的工作室为真空状态,装置结构比激光装置复杂。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,所以表面无需涂吸收剂。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,其应用范围也大体上一致。

2. 发展离子轰击热处理炉

离子渗氮在工业上的应用,显示出离子处理技术具有处理速度快、渗层组织可控、节能无污染等优点。因而,它的发展,一方面,不断完善离子氮化装置,引入新技术。另一方面,开发新炉型扩展其应用范围。目前,大功率的离子氮化炉、全自动微机控制离子氮化炉、多用途离子氮化炉、离子渗碳炉、离子渗金属装置等正在相继出现并完善。

3. 发展化学气相沉积和物理气相沉积装置

化学气相沉积(CVD)和物理气相沉积(PVD)表面硬化技术是70年代初引入我国的。目前应用虽然还不普遍,但进行了大量试验研究工作,特别是在PVD方面,有的已用于生产,如沉积TiN工艺已取得良好的效果。气相沉积工艺在表面硬化和表面装饰方面有广阔的应用前景。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、专门化生产将势在必行。

离子注入是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,以达到改善其机械性能和物理性能目的之特殊效果。由于设备投资大,目前还只限于实验室的试验研究,需要从设备方面创造条件过渡到生产应用。

三、新型热处理电炉的特点

(一) 热处理炉的构成

除了特殊加热装置外，通常的热处理加热炉大体上都是由炉体、控制系统和附属装置三大部分构成的。

炉体，主要包括炉壳、炉体骨架、炉衬、炉门、供热元件、炉底板（或炉底装置）等。

控制系统，因不同炉型而异，有炉温测量和控制系统、气氛检测和控制系统、电气控制系统、进出料装置控制系统、真空控制系统、微机控制系统等。

附属装置，因不同炉型而异，有炉门启闭（开关）装置、进出料装置（或工件运送装置）、真空获得装置、气氛发生装置、供气系统、管路系统以及相应的功能机构等。

(二) 新型热处理电炉的特点

与传统的旧热处理炉相比，新型热处理电炉具有以下特点：

- ① 结构更合理，相应的附属装置先进；
- ② 节能；
- ③ 生产效率高，劳动强度低；
- ④ 少或无公害；
- ⑤ 炉子部件质量和可靠性高；
- ⑥ 控制系统先进、准确、可靠；计算机系统应用日益广泛。

随着新型热处理电炉的逐步开发和应用，我国热处理水平必将得到很大提高。

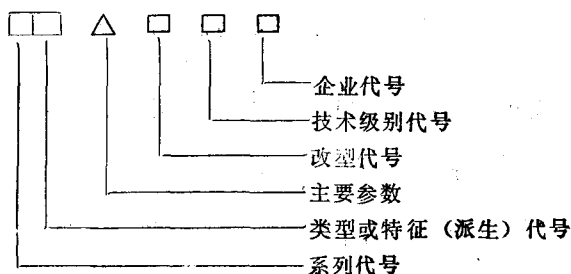
第一章 典型的热处理电炉

本章在说明了热处理加热炉系列产品的型号编制方法之后，分门别类地逐一介绍典型的热处理电炉。

第一节 系列产品的型号编制方法

一、型号组成

目前，工厂常用的热处理电炉已有系列化的标准产品，一般由电炉厂批量生产，其型号按我国电炉专业标准（ZBK60001-88）规定由以下几部分组成。



各部分的表示方法和含义如下：

1. 系列代号

一般由二个字母组成，头一个字母代表电热设备大类，如R表示工业电阻炉；Z表示真空炉；S表示实验室炉等。第二个字母代表各大类中的分类型。工业电阻炉的代号含义为：RX——箱式炉，RT——台车式炉，RT——自然对流井式炉，RF——强迫对流井式炉，RQ——井式气体渗碳炉，RM——箱式淬火炉（即多用炉），RY——电浴炉，RN——气体氮化炉，RB——罩式炉，RC——传送带式炉，RD——电烘箱，RG——滚筒式炉，RL——流态粒子炉，RZ——振底式炉等。

2. 类型或特征（派生）代号

用一个或几个字母来表示设计特点（结构、配套等）。如“H”为回转式，“T”为铁坩埚式，“Q”为炉内裂解直接生成的保护气氛（气体成分不进行自动控制），“D”为气体成分进行自动控制。无特点者可以省略不标注。

3. 主要参数

它包括最高工作温度（以100℃为单位）和工作区尺寸（宽×长×高或直径×深，单位：厘米），对工作区尺寸亦可用1、2、3、4、…来代替宽×长×高，但应在附注中标明1、2、3或4所代替的尺寸。

4. 改型代号

为设计改型顺序，通常以A、B、C、D表示之。

5. 技术级别代号

用A、B、C、D表示，没有规定可省略。

6. 企业代号

用2~3个字母代替电炉厂的缩写。如NS为南京摄山电炉总厂，SL为上海电炉厂等。

下面举一个例子：

RX 9—60×120×50—C—NS

表示为南京摄山电炉总厂生产的950℃，工作区尺寸（宽×长×高）为60×120×50 cm的第三代的箱式电阻炉。

二、新标准与原标准的比较

原电炉产品型号标注所采用的标准为JB2249-72《电炉产品型号编制方法》。新旧标准主要区别：①原标准用功率（kW）表示，新标准用工作室尺寸表示；②新标准加企业代号，如上述RX 9—60×120×50—C—NS，而该炉的旧标准型号为RX 3—45—9。

目前，正值新旧标准交替，各电炉厂正在试用，本书仍继续沿用JB2249—72标准。

第二节 自然气氛电阻炉

目前，自然气氛电阻炉仍是我国热处理设备中量大面广的设备。新型的自然气氛电阻炉的特点是，质量和水平在不断提高，产品在不断地更新换代。总的来说，新型炉子与相对应的老炉子比较，空炉升温时间缩短了15%~30%，空炉损耗功率降低了20%~35%，炉内温差降低了3~5℃，炉衬重量减轻了50%，每台电炉能耗平均降低15%~20%。

一、箱式电阻炉

（一）新系列箱式电阻炉的特点

1. 降低空炉损耗功率和热损失

（1）采用新型炉衬材料

新型电炉的炉衬总厚度比旧系列（即X系列）的要薄。通常，新系列的炉衬内层采用容重0.6 g/cm³的超轻质耐火砖或高强度漂珠砖，外衬一层硅酸铝耐火纤维毡，最外

表1-1 950℃箱式电阻炉新旧系列部分性能对比

	1		2		3		4	
	X-15	RX3-15	X-30	RX3-30	X-45	RX3-45	X-75	RX3-75
850℃ 空炉损耗功率(kW)	4.57	2.42	7.58	4.47	9.8	5.88	15.3	11.39
室温~850℃ 空炉升温时间(h)	3.40	1.28	3.30	1.45	3.37	1.60	4.25	2.00
总重(t)	1.2	1.1	2.8	2.0	3.7	2.5	7.8	5.2

层是硅藻土砖与蛭石粉的混合保温层。这种结构比旧系列的蓄热量小、导热系数低、空炉损耗功率和空炉升温时间平均分别下降20~25%和40~50%，达到节能目的。表1-1是新旧系列箱式电阻炉的部分性能对比。

如果采用全纤维节能炉衬（详见第二章第四节），空耗和升温时间还将大幅度减少，但耐火纤维的质量应有所保证。

（2）加强炉子密封性

据资料介绍，一个 10cm^2 的小孔，每小时侵入炉内的空气可高达 10m^3 ；一个 1cm^2 的小孔的热损失要比炉壳表面的热损失大50倍左右，而大孔的热损失可大到100倍以上。因此，炉门、炉盖、热电偶和电热元件引出孔等处的密封性应加强，并注意减少炉口的变形。不同工作温度下的炉门和孔的热损失数据见表1-2。

表1-2 热处理电阻炉炉门及开孔热损失

辐射热损失 (kW/m^2) 部 位 \ 炉温 ($^{\circ}\text{C}$)	600	700	800	900	1000
炉门 (遮蔽系数为 0.5)	17	26	36	55	75
小孔 (遮蔽系数为 0.15)	5	7.8	10.5	16.5	22.5

（3）改变炉子外壳颜色

炉壳颜色不同，辐射系数就不同，发散热量也不同，见表1-3所示。

表1-3 不同颜色炉壳的散热损失

油漆颜色	热 损 失	炉 壳 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)						
		30	40	50	60	80	100	150
灰 漆	$\text{kJ}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	731.78	1172.30	1672.64	2093.40	3387.10	4731.08	8708.54
银 粉 漆	$\text{kJ}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	565.21	900.16	1297.91	1716.59	2637.68	3642.52	6573.28

（4）尽量降低炉膛高度

如原45kW箱式炉炉膛高度为500mm，现减小为400mm。

2. 改善温度均匀度

针对不同炉子采用了以下方法：

- ① 炉门面板倾斜 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，以加强密封，减少炉门处散热；
- ② 采用槽钢开槽加滚轮结构（图1-1），炉门自行到位压紧；
- ③ 大型电炉，特别是简易保护气氛炉采用手轮人工压紧；
- ④ 炉门增加电阻丝，减小炉门处温差。此外，还可以改变传统的均匀分布加热元件的方法，在靠近炉门或炉后墙等散热大的部位，用减小电阻丝螺旋圈节距使功率变大等；

⑤ 尽可能在炉内设置风扇，并实现强制对流。常见热处理的强制对流是靠设置在炉顶或炉墙上的风扇（图1-2(a)）实现的。这种方式的缺点是，炉内堆放的工件（无论散堆或多层堆放）会增大炉气循环流动阻力，使大部分高温循环炉气从工件外围流走，导致工件堆放区域内外产生温差。为缩小这一温差，不得不缓慢升温（ $25\sim 50^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ）。

因此, 新型炉子又作了改进, 配套使用轴流式和离心式风扇 (图 1-2(b)), 并采用调速电机, 使两台风扇的风量和电压保持匹配运行, 均衡输送循环气流。炉气循环回路见图中箭头所示。

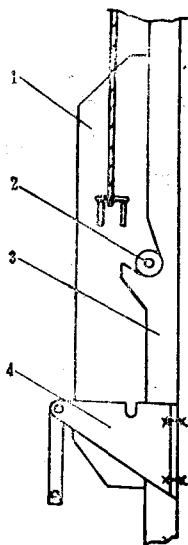


图1-1 炉门滚轮压紧装置
1—炉门；2—滚轮；3—导轨；
4—工作台。

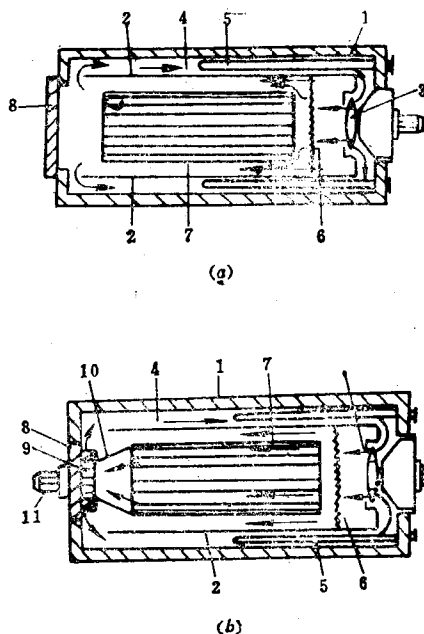


图1-2 传统方式(a)和新方式(b)强制对流示意图
1—炉体；2—马弗导流罩；3—轴流式风扇；4—炉
气循环回路；5—加热元件；6—布风板；7—工件；
8—炉门；9—离心式风扇；10—炉气导向罩；11—调
速电机。

3. 改变电热元件安装方法

将螺旋弹簧式的电热丝改为带状的, 绕成表带式 (图 1-3), 用瓷管穿挂于炉墙两侧, 炉底则平卧安放, 靠近炉口处节距改小, 这样, 可大大改善散热条件, 炉温差明显减小, 升温时间明显缩短。

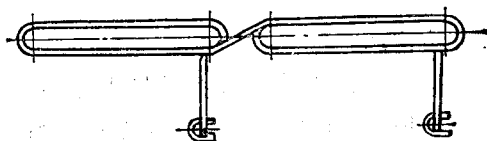


图1-3 表带式电热元件缠绕结构

4. 改变泥浆种类

采用气硬性泥浆, 不必烘炉, 常温下即能承受振动, 气密性很好, 散热损失小, 这种泥浆的化学成分是: 40% SiO_2 、48% Al_2O_3 、1.3% Fe_2O_3 、适量添加剂。

5. 采用机械化装卸料

根据具体情况可选择手动装料小车, 电动液压自倾车, 机械装料小车和可移式小车 (图 1-4) 等。

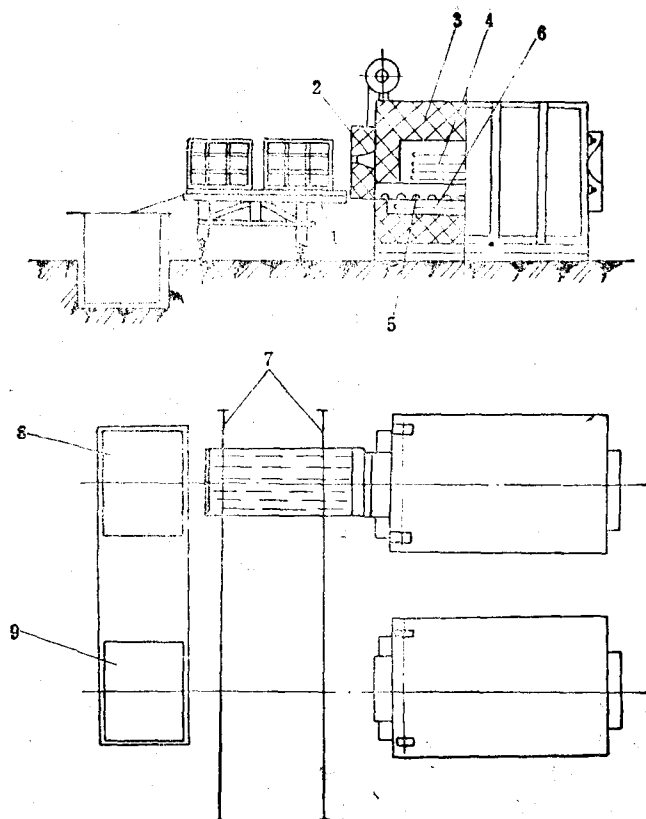


图1-4 带可移式小车的箱式电阻炉组

1—可移式小车；2—炉门；3—炉衬；4、6—电热元件；5—耐热钢球；
7—轨道；8—油箱；9—水槽。

6. 改进温度控制

原X系列采用二位式仪表控温，新的RX3系列采用带时间比例的仪表，控温精度较高。此外，还增加了超温报警环节，提高了炉子使用的可靠性。

(二) 典型的箱式电阻炉

1. 中温箱式电阻炉

图1-5所示RX—9系列箱式炉，为新型周期作业式电阻炉，这种节能型的箱式炉采用复合炉衬（90mm厚的容重 0.6 g/cm^3 高强度超轻质耐火砖+60~80mm厚硅酸铝耐火纤维毡+130mm厚膨胀珍珠岩砖和散料的保温层）。在炉膛两侧及炉底搁砖上安放由高电阻电热合金丝绕成螺旋状的加热元件，炉门升降靠手摇链轮进行，炉门上方装有行程开关，并与炉门启闭动作连锁。打开炉门电源即被切断，以保证工作人员安全，炉顶上的两支热电偶，一支作为超温保护用，另一支控制炉膛的温度。

2. 高温箱式电阻炉

按最高工作温度，高温箱式电阻炉可分为 1200°C 、 1300°C 和 1350°C 三种，图1-6是最高温度为 1200°C 的RX型高温箱式炉，其炉衬由轻质耐火砖、硅酸铝耐火纤维、珍珠岩、保温砖砌筑，保温砖与外壳之间填有保温用的蛭石粉，炉膛内除顶部外均布置有电热元件（铁铬铝高电阻合金丝绕成），炉门升降采用电动方式，炉门设有密封装置，这

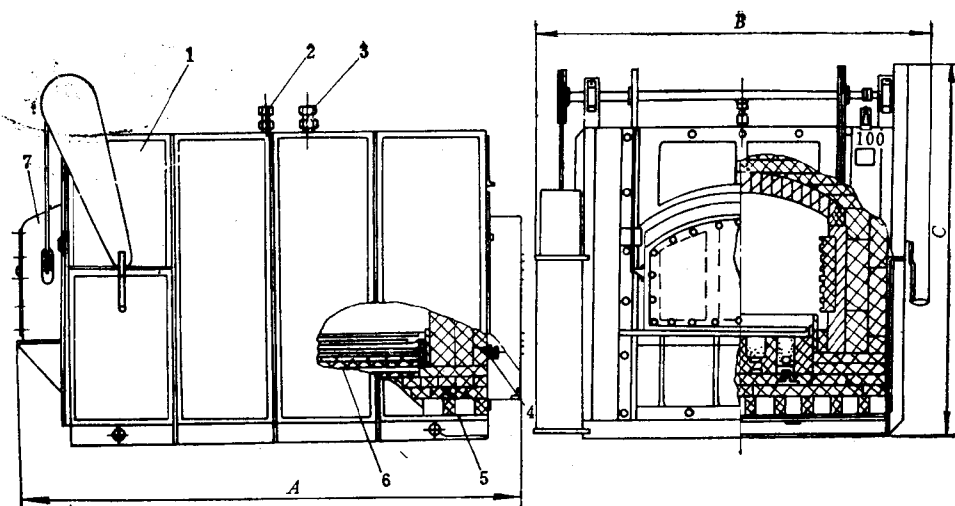


图1-5 RX-60-9GP 型复合炉衬箱式炉外形

1—炉壳；2、3—热电偶；4—接线头；5—炉衬；6—加热元件；7—炉门。

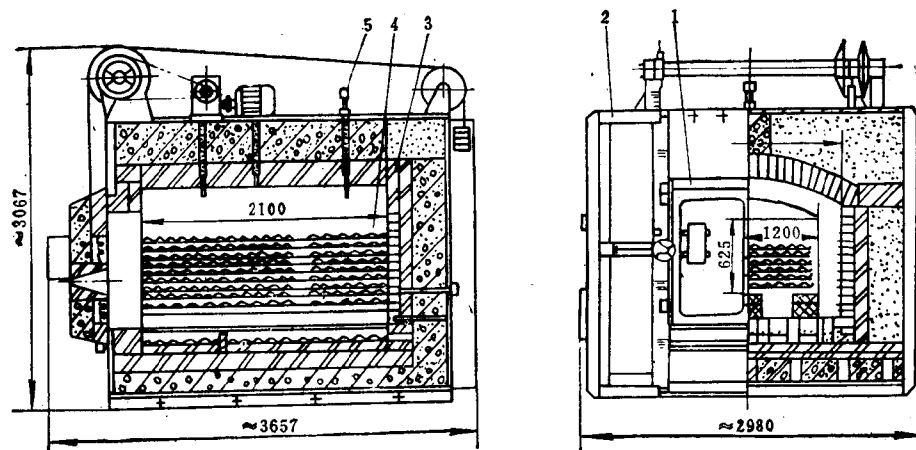


图1-6 RX2-12 型箱式电阻炉外形

1—炉门升降装置；2—炉壳；3—炉衬；4—电热元件；5—热电偶。

种炉子如工艺需要，可通入简易保护气氛，炉底板一般用碳化硅板制成，炉子其他部分的结构与中温箱式电阻炉大体相近。

1350℃的高温箱式炉，一般用碳化硅棒为电热元件，碳化硅棒通常垂直布置在炉膛两侧，也有布置在炉顶和炉底的，这种炉子的结构见图 1-7。

碳化硅棒的电阻温度系数很大，且使用过程中会逐渐老化，其电阻值将随之增大，为了稳定碳化硅棒的功率，并便于调节，必须配备多级调压变压器。

高温箱式电阻炉的炉衬通常有三层，用高铝砖砌耐火层；用轻质耐火粘土砖或泡沫砖砌中间层；外层则使用珍珠岩砖和保温填料。在耐火层与保温层之间仍加硅酸铝耐火纤维。炉门口较深，炉底板常用碳化硅或高铝砖。

目前已定型生产的 RX 系列高温箱式电阻炉的型号及规格见表 1-4。