

热处理設備

目 录

編者的話

热处理炉的最近发展和趋向	1
国外热处理炉的发展趋向	6
热处理炉的现状和展望	10
新型热处理炉——1961 年度发展概况	12
金属热处理电热设备的系列	28
流动粒子电炉	36
密闭型气体渗碳炉和吸热型保护气体发生装置	39
真空热处理	41
关于现代热处理设备的研究	50
小件热处理过程的自动化和机械化	56
大轴和齿轮高频电流加热表面淬火新机床	58
消除应力的可拆卸退火炉——长 80 呎桥樑鋼柱預构件的处理	63
等温退火与正火的多用途炉	67
现代热处理炉及自动化	73
高温炉的金属加热元件材料	81
气体加热辐射管及其在工业炉建造中的应用	87

热处理炉的最近发展和趋向

粉生宗幸

热处理炉最近的发展和趋向是：

- (1) 提高热处理生产效率；
- (2) 提高热处理零件的质量；
- (3) 增大设备的产量；
- (4) 降低热处理成本等。

零件的输送方法

目前，热处理零件的输送方法已广泛地实现了机械化和自动化，从而降低了劳动强度和生产费用，大大提高了产品质量。

热处理炉的类型本应依据炉子的形状、热源、操作时间、输送机械以及操作目的进行分类的，然而随着新的型式的输送机械的不断出现，结果往往以机械的名称来命名热处理炉。

零件的输送方法和所选定的炉子类型、设备的布置、零件的移动路线有很大的关系，所以在确定输送方法的时候应该慎重的考虑到热处理的内容，如产量、劳动强度，以及零件的材料性能、形状、尺寸、重量等。表1指出了对于不同形状、尺寸、重量的热处理零件所适用的炉子类型。

一般在连续式炉中零件的输送方法广泛地采用推进机式、输送带式、旋转炉底式和步移横梁式等。在周期作业炉方面，零件的进炉和出炉是以人工或者采用叉式起重车、电瓶车、输送带、起重机、吊车、绞车、推进机等运输机械。零件的进出炉一般都是在炉子一侧的同一炉门进行，其中也有象连续炉那样在炉子的两端安装零件进出的炉门。

连续炉由于炉内都装有输送带之类的输送机

表1 适用于不同零件的炉型

零 件	适 用 的 炉 型	备 注
小型零件 螺 栓 鏈 条 彈 簧	① 箱式,井式,周期式 ② 振动式 ③ 输送带式	① 如果将零件紧密地装在料盘或篮筐内,则不容易获得均匀的加热和冷却 ③ 如果是网眼式或鏈条式的输送带,则不适用于很小的圓型零件
中型零件 螺 栓 滚动轴承 齿 輪	① 箱式,井式,周期式 ② 回轉炉底式 ③ 推进机式 ④ 旋轉罐式	① 周期式炉操作簡便,应用广泛 ② 适用于形状不規則的零件 ③、④ 适用于大量生产
大型零件 軋 輥 軸 鋼 絲 盘 带 鋼 卷	① 井式,單式 升降機式 ② 台車式	① 需要吊車、起重機等运输設備 ② 需要有台車进出炉的机械装置
长的零件 鋼板鋼管 鋼 棒 带 鋼 卷 鋼 絲 盘	① 輥底式 ② 单軌式 ③ 旋轉式 ④ 絞索式 ⑤ 悬鏈式	① 适用于大量生产 ② 适用于軸的淬火及回火 ③ 适用于軸的均匀加热 ④ 特別适用于鋼絲盘带鋼卷的連續热处理
特殊零件	① 輥底式 输送带式	① 适用于釐焊及粉末冶金的处理

械,零件可以連續地进炉或出炉,所以生产效率很高。作为輸送机械动力的可以使用电力、压缩空气或油压等,电气式的使用最为普遍,不过它往往会由于极限开关、继电器、时间控制器等发生故障而引起设备事故。

在热处理車間內,零件的輸送路綫划为直綫式(一字型)和迂回式(U字型)。例如,零件从淬火炉—淬火油槽—清洗装置—回火炉这样順次輸送途中,即把从淬火炉到回火炉間的全部设备布置成直列式和U字型。此外,也还有环形或塔形之类的特殊輸送途程的。

近年来,由于大量生产方法的实施,历来的机械加工車間和热处理車間的界限已不复存在,而将热处理设备直接布置在机械加工作业綫上,这时,零件在它們之間的輸送可由輸送带或者是叉式起重机来完成。

連續炉和周期炉的比較

在选择热处理炉的时候,对連續炉和周期炉如何取舍的問題中首先应注意是其设备成本和操作費用的高低。图1是以气体渗碳为例,指出了推料机式連續炉和箱式周期作业炉生产費用的差別。影响热处理費用的主要因素是渗碳层的深度和产量。連續炉和周期炉在生产能力为100~200公斤/小时(即月产量为70~140吨)时,經济效果最好。这不仅限于气体渗碳炉,也是所有热处理炉在經济上最适当的产量。

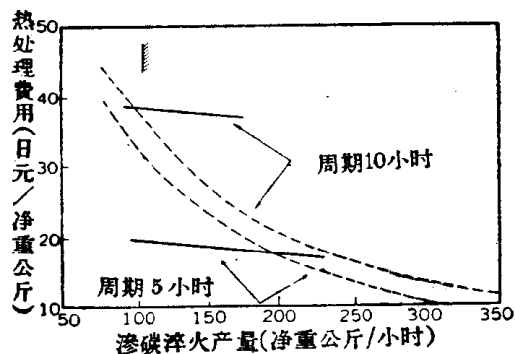


图1 不同炉型的热处理費用比較
——周期数連續炉

近年来,随着对产量质量的要求越来越高,所以用于球化退火、等温退火及气体渗碳淬火的連續式分段加热炉有了极其广泛的应用。图2即为在这种设备上进行的等温退火、正火、球化退火的工艺周期例子。在这种炉內的各分段区域中都装有輻射管,它既能用来加热也可用于冷却,从而可以調节适应热

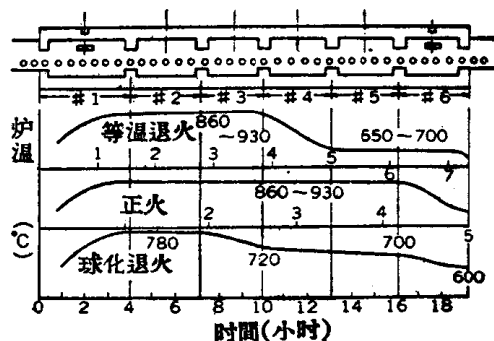


图2 分段控制温度連續炉

处理的工艺要求的温度。这种炉子的生产能力和周期炉的比較数据如表2所示。由于周期炉的生产周期长,所以不适用于大量生产。

表2 周期炉和連續炉的比較

鋼种	直径(吋)	周期炉周期(小时)	連續炉周期(小时)	增产率%	硬度HB	备注
4140	1 1/2	32~34	5 1/2	240	197	片层状珠光体
4140	1 1/2	55~60	5 1/2		197	片层状珠光体
1050	1 1/3	24	5	160	179	
1050	1 1/2	44~55	5		179	
52100	1	75	24	112	187	球状珠光体

連續式炉的优点在于:

- (1) 产量可連續且稳定,劳动强度低,零件工艺路綫固定;
- (2) 具有自动控制装置的連續炉能保証零件的良好质量;
- (3) 連續炉的热效率高,等等。

周期炉有下列优点:

- (1) 当連續炉因意外事故停止生产时,不仅会造成大量的廢品,而且从热处理工序以后的机械加工作业綫上零件的輸送会全部中断,而采用周期作业炉却不必为此担忧;
- (2) 周期作业炉既能調节产量又容易改变热处理工艺,以适应不同零件的要求;
- (3) 周期作业炉如果采用标准型,則设备的成本比連續炉便宜,制造時間短,而且将来如果易地安装时也比較容易。

炉气控制

为了防止被加热的金属在高温下的氧化作用,因而促使控制性炉气的迅速发展。目前,它不仅可作为金属加热的保护气氛,而且在赋予金属表面以特殊性质的化学热处理方面也有了广泛的应用。也就是說,鋼的气体渗碳、脫碳层的碳势恢复、脫

碳、碳氮共渗、氮化、渗铬、发兰等表面处理技术都已在工业上得到推广。

控制性炉气的类型根据其不同的制造方法大致上可分为以下几种：

- (1) 燃烧碳氢化合物气体制成的放热式炉气；
- (2) 把空气混入碳氢化合物气体之中，经高温反应制成的吸热式炉气；
- (3) 加热分氨气，生成的氢-氮型炉气。

表3为各种炉气成分及其概略单价。可以看出，炉气的价格取决于原料煤气的价格和空气/煤气的混合比例。所以可利用廉价的炼焦煤气、丙烷、丁烷等气体作为原料煤气。如在渗碳和无脱碳那样，对

控制性炉气要求极为严格的热处理过程中，为了获得要求的露点，使用的原料煤气的成分必须固定。例如，在钢的热处理过程中使用RX（吸热式）炉气时，由于利用炉气的露点（即水蒸汽的含量）来调节钢表面的含碳量，所以在日本是采用纯度固定的丙烷或丁烷作为RX型炉气的原料煤气。

近几年来，热处理方面要求采用经过精制的控制性炉气越来越普遍，所以为了去除炉气中所含有的极少量的CO、O₂、CO₂、H₂O、NH₃、H₂S等成分已经开始应用特殊的触媒和吸附剂。此外，还有利用钢铁厂的副产品N₂加以精制来作为保护气体的发展趋向。

表3 各种炉气的化学成分和价格

炉气的类型	炉气成分（体积%）						发生炉的生产能力 （米 ³ /小时）	价 格 （日元·米 ³ ）
	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	H ₂ O	N ₂		
DX型 淡型	10.5	1.5	1.2	0.0	0.8	86.0	7~300	3.4
露点 5°C 浓型	5.0	10.5	12.5	0.5	0.8	70.7		4.2
NX型	0.05	1.5	1.2	0.0	0.0	余	35~570	5.1
HNX型	0.05	0.05	3.0 ~10.0	0.0	0.0	余	70~570	7.1
SAX型	0.0	0.0	3.0 ~10.0	0.0	0.0	97.0	7~70	25
RX型	0.0	24.5	32.1	0.4	0.0	43.0	7~70	7.1
HX型	0.05 ~2.0	0.05 ~1.0	50.0 ~99.8	0.0 ~0.04	0.0		30~420	24.1 (H ₂ =99.8%)
AX型	0.0	0.0	75.0	0.0	0.0	25.0	4~60	32.4

最近的加热和冷却方法

如果对热处理零件的加热、保温和冷却操作可以不受零件的材料、形状和尺寸的限制，而能自由并可靠地调节时，那么对零件的产量、质量以及热效率等方面的意义是极为重大的。最近由于对热处理的加热或冷却方法的广泛研究结果，已相继满足了冶金方面的各种要求。

金属加热所需要的时间，因热处理的目的和加热条件不同而异，如果仅仅考虑加热所需要的时间，则只根据材料厚度来决定即可。一般不同类型的热处理所需要的加热时间和炉底的负荷如表4所示。如果采用快速加热或者施以强制对流加热时，加热的时间大约可以缩短到表中数据的50~70%。此外，如采用盐浴、铅浴、流动粒子电炉或感应加热等方式则可以更加缩短加热时间。

在强制对流的加热过程中，以每分钟炉膛容积20~30%的鼓风量进行工作，不仅能够有效地缩短

表4 加热时间和炉底的负荷

材 料	热处理内容	加热时间 (分/时)	炉底的负荷 (公斤/米 ² ·小时)
钢 铁	锻造	20	400~500
	退火	40	175~300
	正火	40	150~250
	回火	120	150~175
铜合金	锻造	20	200~400
	退火	30	175~350
轻金属合金	锻造	20	125~150
	退火	30	100~125

零件的加热时间，而且可以提高炉内温度的均匀性。不过这种加热方法最适用于温度低于700°C的加热炉，所以广泛地用于铜合金、轻金属合金的加热炉以及钢的回火炉等方面。

冷却操作是淬火、固溶处理、等温转变、正火以及重复加热等工艺过程中的重要内容，可以采用各种冷却方法。

由于零件輸送方法的机械化或自动化, 淬火方法的研究就成为重要的课题。在将零件由加热炉直接在冷却液槽内淬火时, 常常采用升降机式和料斗式的淬火方法。后者优点在于料盘或藍筐不和零件一起淬火, 但是必須注意不使零件发生缺陷或变形。此外, 为了防止零件由于淬火或冷却发生变形, 广泛地应用了压力淬火或模型淬火。

把鋼板、鋼管、鋼棒、鋼帶、鋼絲盤等放在周期炉內热处理时, 由于升温和降温时温度和时间的調节非常困难, 所以不容易达到預期的均质处理。然而采用上述的連續式的分段加热炉就可以获得良好的結果。此外, 如能連續热处理鋼絲、鋼帶的悬鏈式, 絞索式以及塔式等热处理設備应用越来越广泛。例如, 塔式帶鋼热处理炉, 鋼絲鉛浴淬火炉对产品的产量、均质、晶粒度和表面状态等方面都充分地發揮了它的良好作用。

耐火材料和耐热合金

在热处理炉中使用的耐火磚主要是粘土磚, 最近也广泛的应用高級的高鋁质碳化硅质的耐火材料。

耐火絕热磚由于重量輕, 加热和冷却所需要的时间較短, 并能降低热損失, 所以对生产周期短的炉子具有良好的經濟效果。此外, 还可用耐火水泥涂在炉膛內壁和炉底垫板上作为耐火涂层, 也可以通过简单的鑄造方法制成形状复杂的耐火材料。

新造的或者曾經一度停止使用的炉子, 在加热时如果炉內通入控制性炉气, 由于炉膛內的耐火材料和金属材料含有氧化物、水分和氧气, 所以会受到RX型或AX型炉气的还原作用, 故必須給予足够的时间, 使之达到正常的稳定状态。

炉子达到正常状态时称之为“干燥”完毕, 只有在这种情况下才能实现預期的炉气控制。耐火磚“干燥”所需要的时间主要取决于耐火材料中不稳定金属氧化物的含量。因此近年来国产的耐火絕热磚质量不断地提高。

在耐热合金方面一般是使用高銘高鎳耐热鋼, 由于各种鋼材在不同使用温度下的蠕变强度不同, 所以允許的安全設計应力也不一致(詳見表5)。其中NA 22H材料在极高的温度下使用性能极好。

耐热合金的使用寿命也受到热处理条件的影响, 如由于急冷急热造成的热冲击大大影响使用寿命。所以在設計、鑄造、焊接等方面必須特別注意。将鑄鉄、鋼、耐热鋼等施以陶瓷、渗鋁等加工形成表

表5 耐热合金的高温設計应力

使用温度 °C	設計 应 力 公斤/厘米 ²		
	25Cr-12Ni ACI HH	35Ni-15Cr ACI HT	50Ni-30 Cr-5W NA 22H
650	320	410	—
760	190	235	—
870	76	96	—
980	17	31	80
1,100	9	9	36
1,200	—	—	8

面涂层, 但成本較高, 不过由于耐蝕性显著提高, 因此这种方法在生产上仍被广泛地采用了。

金属和非金属的加热元件不适于在含有CO, H₂, C_mH_n, NH₃等气氛中长时间地使用, 所以在設計时必要降低它的表面負荷(W/厘米²)。并且有必要定期地使之在空气中加热而重新氧化。

測量控制

在热处理炉方面, 測量控制的对象有温度、压力、流量、成分和液面高度等, 这对当前保持产品质量的一律、降低热損失、提高生产效率和安全生产是不可缺少的。

关于热处理炉的温度分布标准尙无明确規定, 一般都是根据热处理操作的經驗数据将炉温控制在一个容許的范围内。但是在美国的軍事部門已經将热处理方法标准化了, 日本在战后有关軍事部門也已标准化, 根据它所确定的测温条件, 規定炉温的容許偏差为: 鋼鉄是在 $\pm 14^{\circ}\text{C}$ ($\pm 25^{\circ}\text{F}$)以內, 鋁合金是在 $\pm 6^{\circ}\text{C}$ ($\pm 10^{\circ}\text{F}$)以內。例如以周期炉为例, 把装入炉內的材料加热到規定的温度以后, 分布在炉膛有效加热区間內9个位置的热电偶每隔5分钟測量一次, 其温度偏差必須全部在容許的偏差范围内。

炉內温度的分布往往由于测温的位置和测温的具体时间不同而异。前者是受到炉子的設計方面影响, 它和炉內加热元件的布置、加热方式、炉气的流动以及加热的時間等方面有关。而后者是由于温度控制方法所引起的, 所以和控制动作的方式、控制裝置的灵敏度、加热裝置是否恰当以及炉膛的热惰性等因素有关。

热处理的温度控制大多是等温控制, 即把温度調节并保持在要求的温度值。然而当工艺規程要求在保温一段时间后繼續按照既定的温度变化曲綫进行調节时, 則需要采用程序控制的方法。图3是几种典型的温度控制例子, 表明其控制动作的偏差、閥

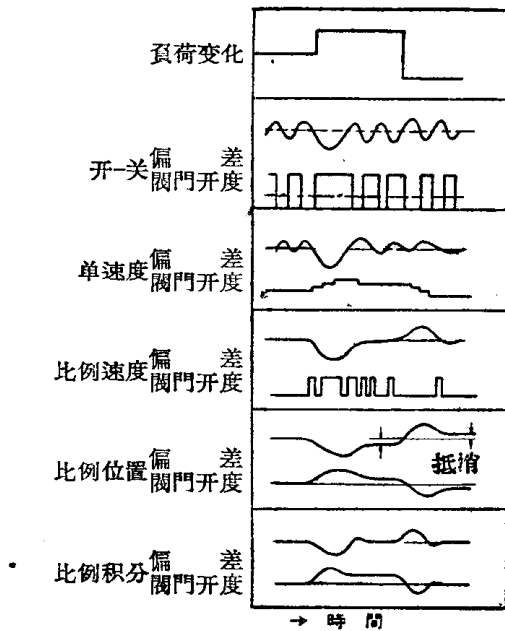


图3 控制动作的方式

門开度及其時間的关系。

究竟如何选择温度的控制方式是很复杂的问题，需要根据热处理炉的类型及其特性来决定。

热处理炉的炉气成分非常复杂，有能够实现控制气氛热处理的可调节性炉气；还有为了减少热损失提高热效率而使用的燃烧废气。最近已普遍地应用了炉气分析装置，其中用的最多的是指示型或记录式仪表，也有的使用能够自动控制燃烧过程的调节仪器。

在热处理过程中往往会发生炉气的爆炸、失火和中毒等意外事故，以及由于自动控制装置发生故

障而造成控制的指标超过了容许的调节范围，从而引起炉子或热处理零件的损坏。所以需要安全辅助装置，即当发生意外时操作人员能够借以迅速排除故障的机械装置。虽然各种安全装置都是非常必要的，但是不能因为有了这些安全装置就麻痹大意。熟练的操作人员对炉子经常进行检查维护和谨慎操作，这些都是安全生产的极其重要的保障。也就是说应该明确安全装置只不过是起到辅助作用而已。

主要的安全装置为：(1)空气、燃料、控制性炉气、水流等的压力开关；(2)检查火焰燃烧情况的保护装置；(3)控制范围的极限开关等来自动的关闭安全隔离活门。

防止燃烧炉气和控制性炉气爆炸的安全条件是温度低于炉气的着火点 760°C (1400°F)，并且低于4% 可燃气体成分也没有爆炸的危险。

火焰燃烧的检验部分是进行检查引燃火焰和主要燃烧器的火焰燃烧情况，当燃烧器因点火方法不好或因其它事故火焰熄灭时，利用安全机构关闭隔离活门切断燃料。

检查火焰燃烧情况时，如果是以油为燃料则可使用红外线或紫外线光电管以及光电池等，如果是气体燃料则可使用火焰检验棒或紫外线光电管来进行。

置换炉内的可燃气氛时，开动换气鼓风机以后利用时间继电器来控制换气时间的方法是值得推荐的。

(許仁麟譯自日本《金属》No. 16, 1962.)

国外热处理炉的发展趋向

Atkin, R. H.

本文主要介绍澳洲机器制造厂的热处理设备、工艺,并以英、美、西德等国作相互比较。

盐 浴

尽管保护气氛炉子已经风行,但是各国仍旧十分广泛应用盐浴。尤其对力避变形的工具热处理,如高速钢工具或成批零件,有时仍然首先选择盐浴处理。

澳洲很多小型工厂,愿意选用盐浴处理,因为盐浴处理所生产的工件,可与保护气氛炉所处理的工件相比美,而保护气氛设备较昂贵,因此盐浴处理相当普及。盐浴渗碳在澳洲已获得迅速发展,除大型厂外,大部分工厂仍用盐浴处理。

西德某厂,约有 200 只盐浴,所有工件都在盐浴中处理。

西德的另一厂,有二套大型的轮转盐浴装置,其中盐浴、淬火浴、清洗槽等按圆形排列,并附有装料及指示设备。

美国有一个厂约有 60 只浸入式电极盐浴应用于生产。此外,美国亦出现了几种新型的盐浴。电极装入盐槽底部的浸入式电极盐浴虽已建成多年,但是这种类型的盐浴在澳洲尚未见到。最近,澳洲根据这种方法发展了如图 1 所示的将电极装在耐火材料坩埚旁边,至于连续式的石墨电极如图 2 所示。

浸入式电极盐浴的优点:

(1) 电极安装在接近于盐浴的底部,由于充分的对流循环,因此可达到最均匀的温度分布;

(2) 由于电极完全浸入盐浴,不暴露在盐面上的高度氧化的气氛中。因此可用耐热电极,电极寿命亦可大为增加。一般,耐热电极露于盐浴上,因此氧化十分剧烈。此种电极只有一个面暴露于盐中;

(3) 电极寿命的增加意味着可使盐渣减少,亦即在清除盐渣时能减少盐的带出;

(4) 能充分利用最大的盐浴长度及深度,而不妨碍有效的工作地位,不影响温度的均匀分布。

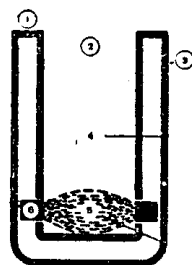


图 1 电极装入耐火材料旁边的浸入式电极盐浴的优点

1—顶部在电极不妨害工作; 2—100%工作面积—辐射损失最少; 3—独石柱炉壁结构—由于盐的吸收减少 8%,而使坩埚寿命较长; 4—自然对流产生激烈搅拌保证温度均匀($\pm 2^\circ\text{F}$); 5—底部加热产生自然对流; 6—由于减少损耗,电极寿命增加 4~6 倍以上

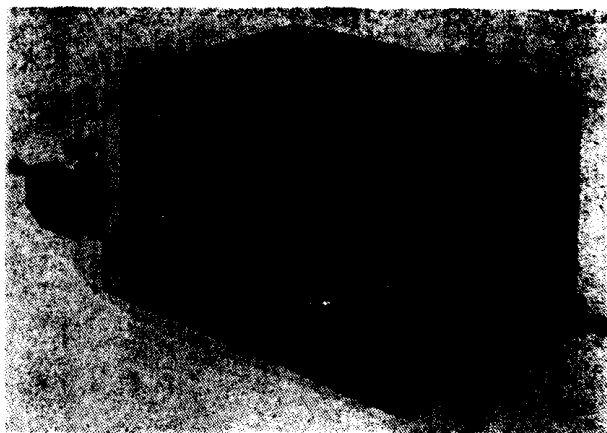


图 2 连续浸入式石墨电极

在这种盐浴中,厂方认为若使用温度为 1315°C (2400°F),电极和坩埚保证可用一年。若温度为 926°C (1700°F) 则可用二年。而且认为平均寿命用于高温为二年,用于低温为五年。根据这种盐浴的用户陈述,不超过 926°C (1700°F) 可获得十年寿命。

炉子全部用火砖及陶瓷材料砌造,并装在一只

焊接的鋼架中(图3)。炉壁由三个部分组成,内壁是质量最好的229毫米厚度的高温磚;外壁是二火磚,中心澆以特殊的水泥。如图1中所示的浸入的合金鋼电极。装入炉壁中接近炉子的底部,在这种方式中,仅有一个面与盐接触。这一个面与炉壁一起发紅。示于图3的連續式石墨电极在盐浴的设计上作了革新,并有許多显著的优点。此种电极是装入炉壁的,因此,在此地帶的盐被一只石墨套筒所冻结,电极经过此处出入。因为石墨部分的盐不湿,同时电极固定得又不太紧,所以用螺旋装置可使电极向前移动。电极经过氧化損耗后可通过炉壁推进,直到引导至正常的电流为止。

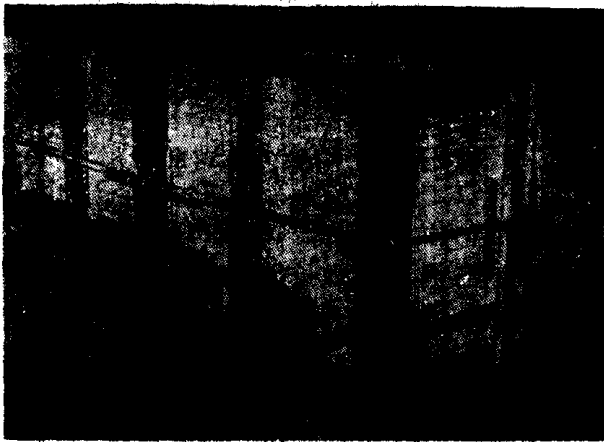


图3 用連續式石墨电极的炉子

石墨电极呈螺旋形,直径为76毫米或107毫米。石墨电极仅有一端与盐接触,这一端与炉壁一起发紅。通常相对的两电极端之间的最大间距是610毫米,如果較闊的盐浴,需要在底部砌一只610毫米的加热槽。

石墨电极的消耗率是十分低的。在温度 538°C 及 815°C (1000°F 及 1500°F)之間正常的損耗为每月不到8.5毫米,当温度在 1008°C 及 1315°C (1856°F 及 2400°F)范围内每星期正常的損耗为3.2毫米。

关于这种炉子侧边的电器装置是很重要的,可用单相、多接头变压器(multi-tap transformers)。只有二根电极的小型盐浴用一只单相变压器。有四根电极較大型的盐浴用二只单相变压器,在它們的次級上用Scott法連接。这样获得平衡的三相負荷比普通的三~三相变压器更能方便地适用于多电极的装置。应该推荐的是,当变压器或保險絲損坏时,一只变压器仍能操作,保持正常的盐的溶化。用75千伏安单相变压器能够供給几个盐浴同时应用,在某种程度上能够平衡相的負荷。

較大型的炉子采用耐热鋼电极最多已达36根。寬度过大的盐浴中的电流傳导,是通过盐浴中同一炉壁、彼此間距为102~203毫米的电极。

起动装置

起动装置(图4)包括繞在直径9.5毫米的鉻棒的綫圈,鉻棒焊在一只坚固的鋼架上,当它放入炉中时,綫圈靠在炉子的底部,其軸綫平行于电极的中心綫。綫圈的两端离电极在25.4毫米以內。鋼架的上部連接至变压器。电流供給炉子的电极及起动綫圈,綫圈立刻溶化了盐,溶化的盐接通了电极。因为电极的位置能够仅用盐浴中几十个毫米溶化的盐以傳导全部負荷,因之它們的加热升温是非常迅速的。



图4 浸入式电极炉的起动装置

这种起动綫圈亦能用以溶化冻结的盐。此种綫圈也可能被冻结在适当的位置,冻结后起动綫圈装备一只发夹型“放气管”,此“放气管”经过凝固的盐抵至盐浴的表面,溶化出一个出气孔以防止盐浴内的压力加强。

感应环形盐浴

美国的另一种型式的盐浴是感应环形盐浴,在澳洲此种盐浴是新型的。图5所示就是这种圆形的盐浴。当它旋轉时,包括工件在內经过一只大的感应綫圈。这种极好的加热方法不需要电极或起动綫圈。最适合于产品的表面淺层渗碳或深度渗碳、鋁合金或鍍銅的固溶处理,并可用于苛性鈉为基的盐作鑄件及鍛件等的去砂及清除氧化皮。为了保养坩堝,此种设备超过 815°C (1500°F)应该用氯化物为基的盐。

这种类型的盐浴很明显地仅适用大量的工件处理。这种情况下,它比普通类型的盐浴具有更多优点:



图5 感应环应盐浴

(1) 成本較低。因为此种炉子不用起动线圈能够随时关掉并很迅速地恢复到工作温度。理由是线圈需要很多保养費用。从室温至 925°C (1700°F) 的加热时间为三个半小时, 停止工作一夜后加热至 925°C 为一时半;

(2) 基本費用較低。理由是一只闊 305 毫米 × 深 457 毫米的感应环形盐浴所处理的产品多于九只面积相同的直径 305 毫米 × 深 457 毫米的外热式坩埚炉, 或一只闊 457 毫米 × 深 457 毫米 × 长 3.05 公尺的电极型炉子; 仅用一只变压器, 一只淬火槽, 一只控制设备, 占地仅为普通类型盐浴的一部分;

(3) 与相同工作面积的复杂装置作比較, 其保养費用較低;

(4) 温度正确、均匀, 能达到控制仪器灵敏限度的要求;

(5) 操作者工作舒服, 保持最小的热辐射损失, 可在同一位置装料及卸料;

(6) 正确的质量控制, 具有变速装置能保証每种零件在盐浴中的正确时间。

耐火材料坩埚的寿命

在美国, 用至温度 875°C (1609°F) 耐火材料坩埚的寿命定为十年左右。因为盐浴直至更换前永不关掉的, 因此, 美国在坩埚的内部用优质耐火磚。連續的加热及冷却盐浴是降低坩埚寿命的最大因素。此外, 由于成本也有不愿采用最好质量的耐火磚者, 这种經濟打算是不正确的。

火箭導彈零件热处理炉

美国有一只巨大的“落底” (“Drop bottom” furnace) 炉子, 作为火箭導彈零件或其他大型工件的热处理(图6)。这种设备高出 12.2 米, 并备有油、

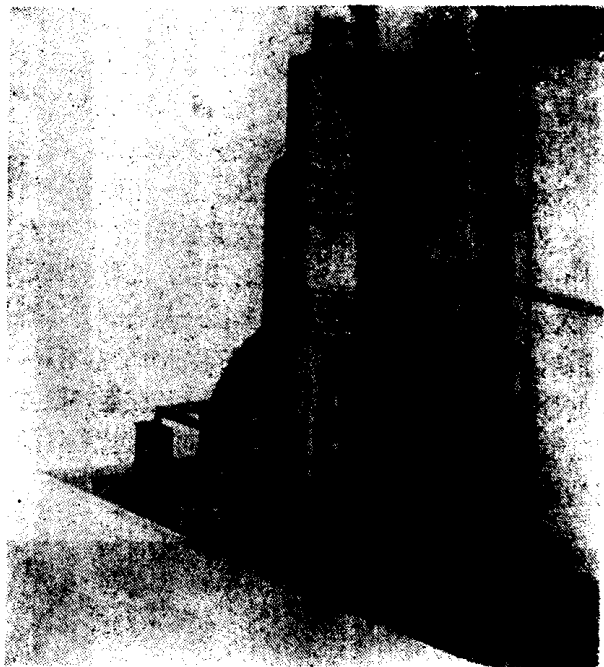


图6 大型零件热处理的“落底”炉

水及氮气淬火坑。炉子在一个时间内可热处理 4 吨, 并能作直径达 1.88 米及长 8.54 米零件的光亮淬火或气体渗碳, 加热采用用煤气辐射管。

利用固体渗碳剂的气体渗碳

西德有一种利用固体渗碳的渗碳方法而沒有任何普通固体渗碳的缺点。几只管子中装满了渗碳剂后放于一只坑式的炉子中。管壁上钻有許多小孔, 使产生的气体逸出。渗碳工件置放于炉中管子之間, 盖上炉盖然而升温。当然, 事先需要清洗炉子。是否需要風扇是尚待爭論的問題; 这种方法比普通的固体渗碳更迅速、更清洁。渗碳剂用旧后即丢弃, 空管子再重新装满新的渗碳剂。如果于渗碳剂管子中間工件不堆得很滿, 则此处不会絕热使加热更快。

回轉渗碳及連續回轉炉子

回轉渗碳炉既适合于供一种已制备好气氛的应用又可将許多渗碳剂与渗碳工件一起放入一只炉罐中。

另一种设备是連續回轉炉子。图7表示一只此种类型的设备, 图8表示自动进料及卸料进入淬火槽的方法。

发光炉壁加热

这种炉子是用煤气加热的一种新发展, 同时又是一种能迅速、均匀地供給热处理零件热量的方法。

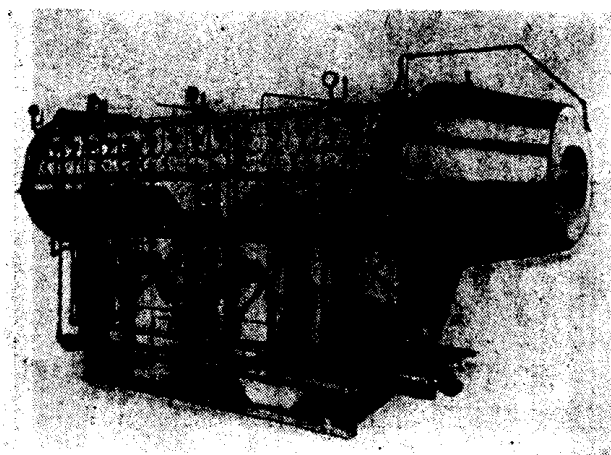


图7 連續式回轉炉

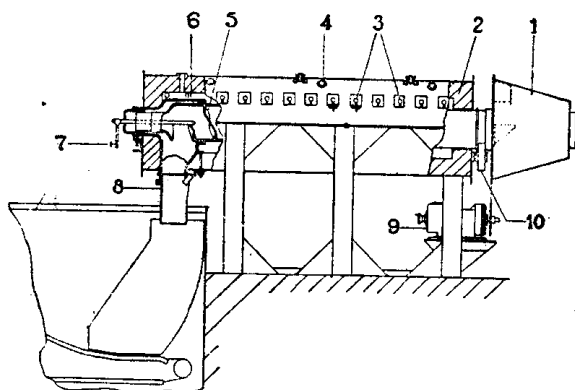


图8 連續式回轉炉操作特点图解

- 1—进料漏斗；2—炉衬；3—燃燒嘴的燃燒座；
4—热电偶插座；5—炉罐 60% 镍，12% 铬；
6—气氛进入控制装置的罩 60% 镍，12% 铬；
7—气氛进气接头；8—卸料槽外形；9—变速电动机；10—炉罐支架

炉子通过辐射直接把热量传递至处理工件。当热量辐射时，可以不考虑在炉子结构中传热的贮藏室。这种方法的特点是容许快速加热及快速冷却。

試驗时，一只直径 51 毫米×长 152 毫米的实心铁圆柱在 20 分钟內从 27°C 加热至 1093°C (80~2000°F)，然而仍在炉中用 16 分钟冷至 538°C。这种試驗是用控制的連續气流经过多孔的耐火材料炉衬。

发光炉壁加热炉是由在炉子的底部、炉壁及炉頂(如果需要)利用特殊的多孔火磚組成。一种空气煤气混合气体在控制的压力下从多孔磚的后部进入，并在磚的前面点火，这样使炉壁成为一只燃燒咀。当空气—煤气的气体经过时，仅耐火磚的表面加热，其余的磚仍保持冷态。

用这种方法加热可节约煤气 40%~60%。

发光炉壁炉推荐用于：

- (1) 不銹鋼零件的釐焊；

- (2) 蜂窩狀結構的釐焊；
(3) 鋁的釐焊；
(4) 管子配件的退火；
(5) 热成型；
(6) 玻璃的加热及弯曲；
(7) 氬气釐焊；
(8) 燒結；
(9) 模具加热。

盐浴的发展趋向

盐浴絕不是老式的設備，各国都希望有效地应用这种类型的炉子。例如，此处設計的一种燃料加热盐浴，在此种炉子中燃燒嘴直接在盐面上，在盐浴中的循环是由沸騰气体经过导管傾斜进入溶化的盐。图 9 表示一种回轉煤气加热盐浴的設計，图 10 是为一种热处理大件的方法。由泵浦抽盐至工件的部分的。

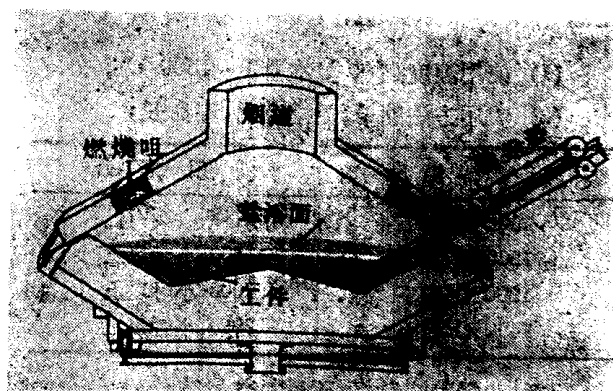


图9 回轉煤气加热盐浴的設計

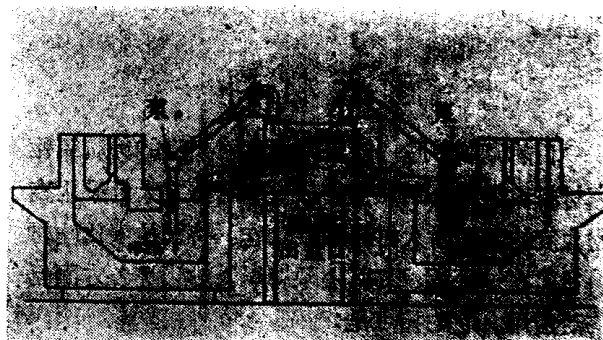


图10 大型零件热处理的盐浴

目前，許多炉子設計者，尤其是盐浴制造厂正在繼續进行探索新的方法，这是导致新发展的的重要途径。

(陈时雍摘譯自《Journal of the Australian institute of metals》
Vol. 6, No. 1, 1961, 21~32 頁)

热处理炉的现状和展望

岡田 洁

电炉是热处理炉最好的形式。它的组成部分有电热元件,耐火材料,辅助电气机械设备及测温装置,这些内容随着电炉类型的增加都有了很大的发展并且日趋高级。下面就电炉的现状和今后的展望作一概述。

电热元件

目前应用的电热元件是以镍铬合金和硅碳棒为代表的,尤其是硅碳棒现在和将来无疑都是广泛使用的对象。它的特点是:

- (1) 使用温度高(炉温在 500~1500°C);
- (2) 使用方法简单,更换容易,寿命长;

硅碳棒温度	使用寿命
1000°C 以下	半永久性
1200°C 以下	15000 小时以上
1300°C 以下	7000 小时以上
1400°C 以下	3000 小时以上

- (3) 化学稳定性好,不受炉气影响;
- (4) 单位表面积额定功率大(为镍铬合金的 5~10 倍)。

耐火材料

目前砌制炉膛一般是采用高耐火度的优质氧化铝材料,但是今后从提高热效率考虑宜大量采用高耐火度的轻质耐火材料和碳化硅。特别是碳化硅材料目前在炉底板、平砖、隔架砖以及炉罐等各方面已广泛应用。它的特点是:

- (1) 耐火度高(在 1920°C 以上);
- (2) 导热系数大(超过粘土砖 10 倍以上);
- (3) 急冷急热度高;
- (4) 耐机械磨损;
- (5) 高温强度大。

热处理电炉的类型

- (1) 马弗炉

适用于小型分析用的试验炉以及大型炉子,而且逐步实现了炉门启闭及工件进出的自动化。

- (2) 台车式炉

将炉床做成台车形式适用于大量生产的重型工件的热处理。

- (3) 坩埚炉

- (4) 管状炉

- (5) 滑板式隧道炉

主要用于炉温为 1000°C 左右的连续式热处理。炉床上排列着由碳化硅耐火材料制成的滑动板,放在其上的工件由推料机连续从进料口推入炉内。这种炉子适用于大批的小型零件热处理。

- (6) 台车式隧道炉

炉内可以容有几十台首尾相接的台车,台车是用油压或电力传动装置带动。

- (7) 旋转式炉

这种旋转炉内有一个圆形旋转炉罐,炉罐内壁具有螺旋槽。

- (8) 振动式炉

振动扁平的炉罐使零件向前运动。这种炉子和旋转罐式炉一样适用于小型零件的热处理。但炉内温度只能达到 1000°C 左右。

- (9) 旋转炉底式炉

它是炉底能够旋转的圆形连续热处理炉。零件的进出在同一炉门进行。

- (10) 输送带式炉

是一种连续式热处理的炉子。炉内装有板式或链式输送带。炉温最高在 1000°C 左右。

- (11) 罩式炉

炉底能够上下移动。

- (12) 井式炉

炉内有圆形的炉罐,而且大部分炉内都装有电风扇强制炉气循环。

- (13) 保护气体炉

在上述各种类型加热炉内通入保护气体,这样的设备是今后发展的方向。

保护气体发生设备

光亮热处理使用的保护气体类型主要有吸热式保护气体,放热式保护气体和分解氨保护气体三种。它们的发生设备是与热处理炉同时使用的。

(1) 吸热式保护气体

将城市煤气或丙烷等与空气的混合气体,通过加热的触媒,产生以 $\text{CO}20\%$ 、 $\text{H}_240\%$ 、 $\text{N}_240\%$ 为典型成份的保护气体,即吸热式保护气体。它适用于中碳钢,高碳钢,高速钢的光亮淬火,光亮退火。低碳钢,中碳钢的钎焊。零件渗碳层或脱碳层的碳势恢复以及钢铁粉末的烧结等方面。

(2) 放热式保护气体

它是将城市煤气或丙烷等与空气的混合气体在触媒作用下进行不完全燃烧,制成典型成份为含 $\text{CO}_24\%$ 、 $\text{CO}12\%$ 、 $\text{H}_218\%$ 、 $\text{N}_266\%$ 或者是 $\text{CO}_210\%$ 、 $\text{CO}10\%$ 、 H_2 各为 1% 、 $\text{N}_288\%$ 的保护气体。它适用于钢的光亮退火、烧结及不受脱碳限制的钢材光亮退火,回火,钎焊等。

(3) 分解氨保护气体

它是将氨气通过加热的触媒分解成为含 $\text{H}_275\%$ 、 $\text{N}_225\%$ 的保护气体。适用于不锈钢及高铬合金钢的光亮退火,光亮钎焊等方面。

(4) 其他也有的采用 H_2 、 N_2 和水蒸汽等作为保护气体或在真空状态下进行热处理。

炉温控制及炉气控制

炉内温度的均匀分布极其重要,因此对炉体结构,电热元件的分布,配电方法以及强制炉气循环装置等各方面都应认真考虑。还要确定为测定炉温均匀性所必需的热电偶数目及其测温位置,并安装温度自动调节仪表,利用该仪器控制和维持正常生产,力求消除人为造成的温度偏差。随着温度自动控制设备质量的提高将有利于今后电炉生产的发展。

在炉气控制方面目前多还采用手动的阿里诺尔型或干冰型露点仪器来测量炉气的露点。今后随着高级露点仪器的研究,将逐步采用电气自动控制的方式。

近代热处理炉实例

图1是网眼输送带式保护气体炉,炉内采用分解氨的 $\text{H}_2\text{-N}_2$ 型保护气体,用于特殊钢零件的热处理。



图1 网眼输送带式保护气体炉

图2是上述分解氨保护气体的发生设备。

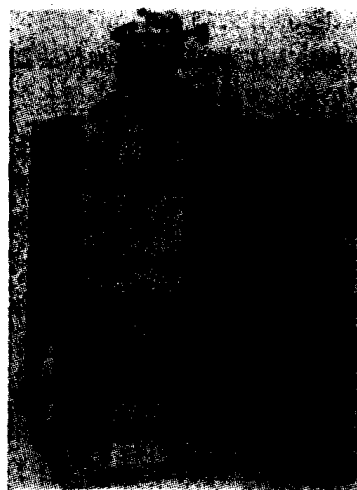


图2 分解氨保护气体发生装置

結 語

随着特殊钢生产的发展,要求电炉的性能日趋高级,要求提高电炉结构的质量,以及促使辅助机械和测量检查装置自动化,并期望保护气体的广泛应用。

(許仁麟譯自《特殊鋼》No. 2, 1962,
侯立生校)

新型热处理炉

——1961年度发展概况

本文简述现代典型的热处理炉的构造及操作,并略为提及了炉子的自动控制。机械化用人工装料的敞口箱式炉,应用固体燃料虽较便宜,但工件在处理过程中会产生氧化和脱碳。

最近值得注意的主要是对炉子的温度分布及全自动控制温度方面有所改进。广泛使用控制气氛方法以保证处理材料的光亮和获得所希望的組織;尽量减少手工操作提高机械化。并有放弃固体燃料而代之以煤气、电、油作为加热介质的趋势。

最新的加热方法为高频感应加热法,此外,减少氧化的盐浴炉和电阻炉已被充分发展及广泛应用。新的热处理方法中如循环退火、球化、等温淬火及多样化的延迟淬火工艺等已有发展。感应淬火、氰化、氮化已在工业上广泛应用。其他如气体渗碳、可锻铸铁气体退火*以控制气氛替代装箱退火等新方法。本文后部分将论述去年设计及使用的几种連續式可锻化处理炉(Malleabilising furnaces)。

更新的保护处理材料方法是用真空炉,这种炉子最初是为熔化高级金属及合金而设计的,现已定型并广泛使用。箱式連續炉在去年已有了发展。该炉通过改进设计后,使工件得到更光洁的表面,更能符合机械工具的要求和易于操作。此外,本文介绍几种新的典型的热处理炉并指出其发展的趋势。

加 热 炉

一般认为,金属或合金的最初加热对随后的热处理及机械加工有着重要的影响。在合适的温度范围内保温必须保证高度的均匀,特别是加热大型钢坯或扁钢坯时。为此,设计了现代化设备,这种设备包括用以加热铝扁坯的两套箱式均热坑。每个炉室空间尺寸为:4.8米长×2.82米阔×1.98米深。可容纳26根各为1600毫米长×965毫米阔×216毫米厚的扁坯,总重量约23吨。四个炉室于520°C循环作业,产量为每小时7吨。每个炉室有一只分成

五个部分可移动的盖或顶。全部炉室成行排列。有一只小門型的盖盖在其上,以机械开启盖的任一部分,以装卸工件。第二套升降装置犹似附加的操作助手。用热煤气反复循环加热,每个炉室有油加热的燃烧室。热气风扇装在其旁地上。热气进入和排出工作室都经过炉底或炉床上的许多小孔,以保证均匀分布。油燃烧器用油为低压自动调整式从环形系统供应,油的供应通常是热的和連續不断的,这种大型的設備示于图1(略)。設備装有温度自动控制机构及独立的多点式记录仪。燃烧器有防止火焰熄灭的电子式装置。

加热70吨钢坯炉(图2,略)是完全自动化的。炉子尺寸为:12.2米长×3.97米阔×3.81米高。这种加热的钢坯是用于锻造机器的曲轴。炉子分为两段式,燃重油,用辐射控制器调节。每段工作温度视钢坯温度而定,设计产量每小时2540公斤钢坯,加热温度可达1300°C。每根钢坯自动从炉内选择两个加料器,并以机械钩移去,随后锻成483×76毫米方形曲轴坯料。这种炉子大部用磚砌的,搬动时不必拆卸任何部分。

图3乃示采用城市煤气加热的两种新型炉子(略),一种用于钢板而另一种用于型钢处理加热。用风扇鼓风式燃烧器加热,工作温度可达1200°C。整个炉膛面积温度都是自动控制。钢板加热炉的工作室为8.39米长×2.29米阔×1.07米高。燃烧器排列成直接向拱顶中部燃烧。废气自炉床平面上的两边出口排出,然后引入地下烟道。燃烧器系统分成两段,每段各装置自动控制机构。型钢加热炉为16.47米长×0.92米阔×0.534米高,烟道系统一般与钢板加热炉相同,但燃烧器分成三段。

高速煤气钢条加热炉示于图4(略),被用作钢条切头之前的加热。炉子共有6个占地13.73米×3.05米小室,包括进料出料,加上切头机器。钢坯最高产量为每小时11吨。炉子包括若干小室,每个

* 指通入含过热蒸气的气氛退火——譯者注。

小室砌以高級耐火材料,可連續使用于 1400°C 。这种小室的結構設計成可變通为任意个应用的小室,根据料的情况,很快装上或拆除。这种小室是用三只高速度自动調整的城市煤气燃燒器加热,保証无火焰快速和均匀地加热。高的扭小比例(12:1)获得低的維持比例。用空气煤气混合器控制整个燃燒过程中空气及煤气精确比。特殊的鍍-鉻耐热輥子連接,在两节之間以輸送鋼条通过炉子。輥子用热气流扇(Combustion air fan)产生的空气冷却。每只輥子由炉子一边的減速齒輪和馬达傳动的双联式鏈条帶动以获得固定的速度,該炉装有專利的鋼条进料及出料机构。

大型煤气加热步移樑炉(Walking beam furnace)作为鋼盘条无氧化加热用。燃燒器总功率为每小时 85米^3 城市煤气,加热容量为每小时 12 吨。炉室的加热长度为 20.74 米,寬度为 1.83 米。燃燒器自两面加热进入炉室,并且連接在隔开的四个段中,末端三节裝置調整式調節器以自动控制温度。沿炉底中部是一根在堅固的結構鋼构件上面复以耐火材料,可有效地關閉开启着的炉底的絕緣柱脚所組成的步移樑。耐火材料支持着一对凹形鋼軌,并有同样的一对鋼軌位于炉室內。在樑支撐結構及炉壳之間液体封口备以阻止空气侵入,樑用液压机构升起。每次循环以一对凹形鋼軌运行,用轉动的輥子在一个時間內使盘条进出炉室一次,整个操作循环由軋鋼机操作者进行調整以后自动完成。步移樑炉示于图 5 (略)。

第一台用高速煤气燃燒加热器作有色金属坯料挤压加热用的这种炉子已广泛应用于鋁及輕合金的挤压車間,現进一步用于黃銅坯及銅合金加热。其特点是更高速加热并精确控制坯料的温度。这种炉子要求热量接近同样用途的感应加热設備的速度輸入。

燃油的推杆炉合适的工作温度范围为 $900\sim 1250^{\circ}\text{C}$,小型的产量为每小时 178 毫米的鋼錠 810 公斤,予热室及主加热室的总长度为 6.1 米;7.17 米長度的設備每小时产量为 229 毫米的鋼錠一吨。用油燃燒器加热从炉壁末端进入高温室,燃燒产物經過予热室,最后排入一个用人工控制的烟道再进入一个用压力控制的总烟道,使炉子內部的温度接近 650°C 。控制操作的推杆裝于炉子的出料端,在达到行程終点时可自动回复至开始点。

半連續进料式鋼坯加热炉多年来已成功地应用于鋁合金冲压。現在的設計已发展为适应于更高温

度冲压用的黃銅及其合金,对于某些新型合金已能够保証温度十分精确。这种炉子的最高工作温度为 850°C ,整个內部为耐热鋼結構,不用耐火材料;可保証寿命长及迅速加热。可用油、煤气或电加热。在任何情况下,热交換器能完全容納燃燒产物及保持清洁的工作气氛。鋼坯裝卸的方法沒有改变;用二层的盘进料有特殊的可抽出的小門容許料盘出入每一层。(图 6 略)。

消除应力炉

必須完全消除鑄造、焊接及其他加工操作时所殘留的形变及应力,保証材料有良好的机械性能。为此,必須設計一种行之有效的特殊处理,但由于工件的形状、尺寸的变化較大,因之使处理困难。以前文献曾提到設計制造結構十分堅固的固定式炉作为消除应力用。图 7 所示被认为欧洲最大的一台活底炉,內部容积为 $25.92\text{米长} \times 5.49\text{米闊} \times 6.41\text{米高}$ 。最初用于焊接构件的 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 消除应力,設計的最高温度达 1150°C ,根据需要可处理不銹鋼及奧氏体鋼。用城市煤气加热,有一只很大的燃燒器,其功率为每小时 1132米^3 ,活底設計可裝料 200 吨。

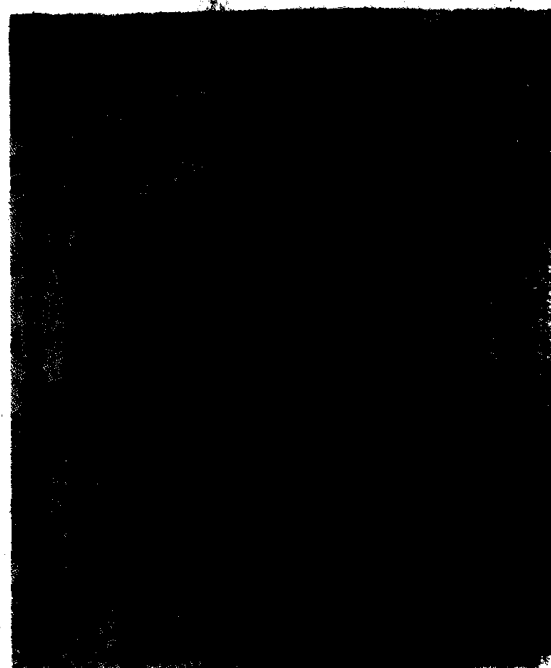


图 7 大型活底炉,用于焊接构件消除应力;
根据需要也可处理不銹鋼

图 8 为一种作为消除 12 只热交換器容器的应力用特殊型式的消除应力炉。每一只直徑 5.49 米 $\times$ 长 33.4 米、重 350 吨。容器主要部分的条板及型鋼焊合后用吊車吊起放入炉中。整个炉子的內部容

积为 37.36 米长 $\times$ 6.59 米阔 $\times$ 7.63 米高, 炉子的侧壁、底及顶包括顶板, 每面为 2.44 米长 $\times$ 0.86 米阔, 用 152 毫米厚的石棉绒包在厚钢板内作为绝热层, 用一排直立的“A”型钢管架子作支架。整个炉顶为八个可移动的部分, 以便于进出料。用二只大型油加热器的热空气反复循环加热, 每只加热器有一个燃烧室, 周围装以电动的热气风扇, 输送热量进入炉室内部管道系统, 使温度均匀分布。温度为自动控制, 有 90 多支热电偶接近工件, 在整个加热、均热及冷却周期内测量温度。当容器处理完毕后, 这种炉子可拆除成易于运输的零件, 以便在另一地点重新安装。

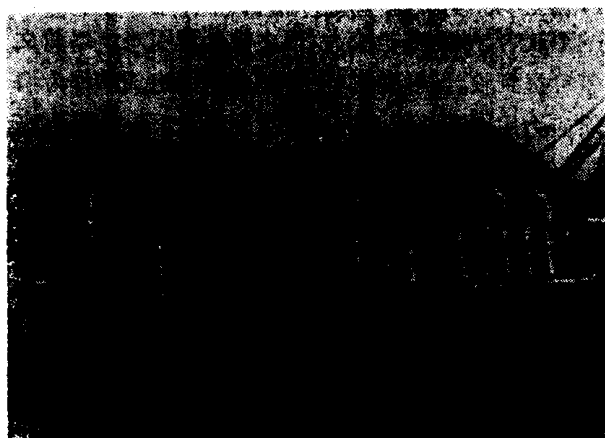


图 8 建在某原子动力站基地的特殊炉子, 用于消除热交换器应力

图 9 乃示适用于退火、正火的一种新型轻便钟罩式炉子。最早的设计是作为重型焊接构件、铸铁件(例如底板)、高压容器和锅炉外壳等的消除应力, 这时, 一般需要加热到 $600 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 温度范围内。按照工件的最大厚度保温一段时间, 最后在一定的冷却速度下冷至 300°C 。低于 300°C 出炉, 在静止空气中冷却。在进料的整个处理周期内容许的温度变化, 在加热时可至 150°C , 在保温时为 50°C 。有效温度是在进料的任何部分的实际温度, 用接近在处理容器的热电偶测定。全部温度是连续自动记录控制的。钟罩加热室骨架为坚固的软钢砌以低导热的绝热体, 特制的半耐火材料与火砖合在一起作为支撑。加热室的炉壁及炉顶装有镍-铬(80-20)圈加热元件。此种钟罩式炉用一块装料的底板进行工作, 底板由软钢支架上面盖以有足够绝热的半耐火砖。附加的加热元件装于表面的耐火材料的凹槽中。装有导杆保证钟罩直线型上升及下降。炉子的功率决定于段的数目及视炉子的尺寸而定, 处理周期由一



图 9 用于消除重型铸件及焊接构件应力的轻型罩式炉

个程序控制器管理。有一架附加记录仪不断记录每次的处理。

一种新型的同类型的炉子应用于机械零件消除疲劳的热处理。飞机零件如活塞、涡轮式喷气口及喷气发动机在钟罩式炉中消除应力。例如经过 1400 ~ 1600 小时飞行后的零件必须卸下严格检查, 然后热处理以消除疲劳。在这种特殊情况下, 机械零件的加热温度范围达到 1150°C 。

一种简单而有效的解决焊接油管, 特别是石油精炼厂内, 快速和方便地消除应力的方法已有所发展。图 10 所示炉子包括一个圆桶形外壳, 用铁链围着筒开关, 用纤维毡的绝热体以绝热。加热元件为 80-20 镍-铬合金钢带紧紧地安置于筒的周围。用

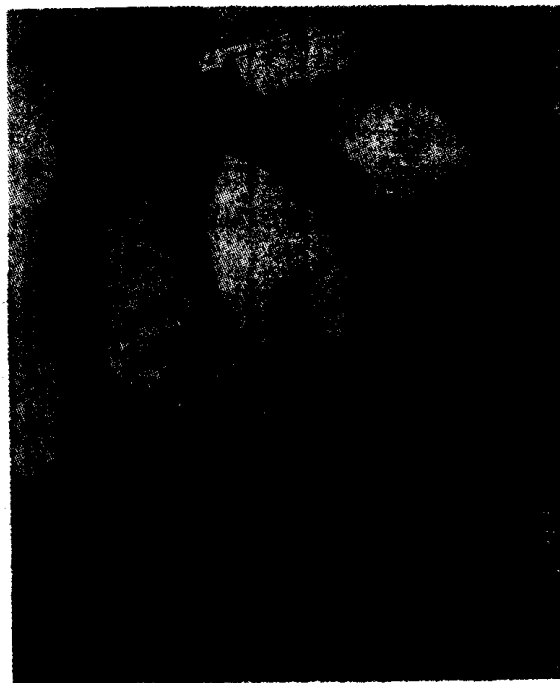


图 10 消除管子焊接应力用设备

小型陶瓷螺栓固定元件，炉子已可供处理 559 毫米直径的管子。加热元件在低电压工作，电力用一个焊接发电机组或一只变压器供给。与别种方法比较；这种方法是经济的；典型的例子为 152 毫米直径的不锈钢管加热至 1000°C 约 20 分钟。

退火及正火炉

退火是把材料加热至一定温度，在此温度保持相当长的时间，再以一定的速度冷却至室温。这种处理的主要目的为改变材料的组织以便于加工。正火是一种应用于钢的相同于退火的方法，冷却速度较快，常于空气中冷却。这种方法，有助于产生细小的珠光体组织。对于这种工序的炉子有一种连续化的要求，究竟用连续式炉子还是用箱式炉，已经屡次修改设计。此处仅能提一下去年的少数此种设备。

一种新的热处理设备，包括四只城市煤气加热的炉子，作为 4.88 米长、直径为 6.4 毫米至 254 毫米合金钢棒的退火用，同样可用于 $1.83\text{米} \times 0.61\text{米} \times 23\text{--}10\text{ S. W. G.}^*$ 的高速钢板，堆成 0.61 米高。根据内部的退火温度，冷却速度及热出炉的安全，每只炉子每 24 小时平均退火钢棒 $2\frac{1}{2}$ 吨。因此，四只炉子每 24 小时可退火钢棒约 10 吨左右。在一定的周期内，氧化和脱碳达到最小值。这种活底式炉子示于图 11，每只的加热室为 5.49 米长 $\times$ 0.92 米高，活底部分为 1.07 米宽。低压预混合式燃烧器有一定口径的喷射口，在工件的上部及下部燃烧以获得均匀的加热。每只炉子分成前后两个温度控制段，记录式程序控制器。操纵一个空气/煤气比例阀，控制每段温度。用一个调节器自动控制炉室中的常压，它可以变更闸板的开启以适合燃料进入。一

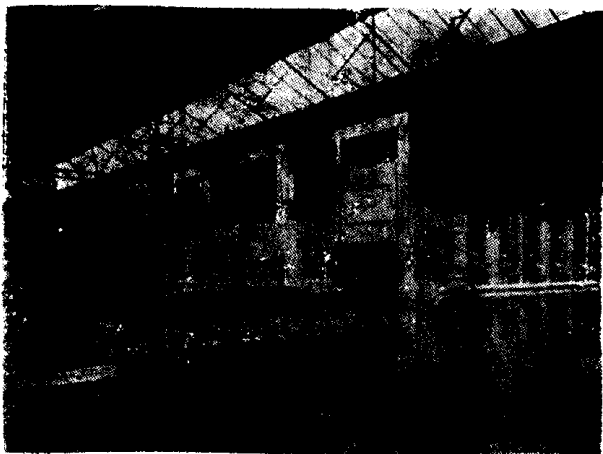


图 11 用于合金钢退火的四只城市煤气加热炉

* 厚 0.61~3.25 毫米。——译者注

且操作者启动炉子无需调整阀门及闸板，炉子能够自动关闭，以准备出料。

图 12 所示连续式滚柱炉床炉是用于成卷黄铜带退火。炉子的加热长度为 6.71 米，炉门开启后（炉膛）为 2.08 米宽 $\times$ 0.53 米高。进出炉室完全用滚柱传动的装料及卸料台，有一个鼓风冷却室及一个水冷却室。额定产量为每小时黄铜带 3 吨。炉子分为三段加热，每段各有加热室，包括一个易于移动的元件组合及空气循环风扇。这种加热室装于炉顶的外部以防止工件由于辐射所造成的不均匀加热。热空气经过炉顶上可调整的挡板向下经过工件从炉壁的导管回至热量发生处。在加热室中铜带卷加热至 550°C ，随后冷却，首先经过 4.58 米长的鼓风室，然后至第二冷却室用喷雾冷却。炉子的功率为 400 瓩，并装置全自动的温度控制器。



图 12 连续式滚柱炉床炉，鼓风对流加热
用作黄铜带卷退火

镍铬合金退火炉，加热室为 $0.92\text{米} \times 0.92\text{米} \times 1.83\text{米}$ 长，温度达 1000°C 。加热元件为 80~20 镍-铬功率为 106 瓩，这种炉子全部机械化并装置温度控制器；设计最大装料 510 公斤，24 小时产量为 2 吨。

图 13(略) 为处理高碳低碳及合金钢棒料的车间，包括三只重型的城市煤气加热半马弗炉，炉子用一只 35 吨回转式机械装料台装料及卸料。处理的钢棒直径可至 229 毫米，长度为 610 毫米，处理系按照不同类型的钢种而定。例如，升温后，一般保温 6 小时，然后控制冷却周期。总的加热周期的变化是从 20~24 小时。热处理大型钢棒惯常的方法是应用活底炉，而且这种设备用一只炉子装料机，证明有