

## 第22章 金属构件和炉用机械的修理

张汝学 曾正明

### 第1节 金属构件的修理

#### (一) 金属构架的类型

金属构架是炉子的骨干。它的主要作用是加固炉子的砌体，承受炉子拱顶的水平推力和炉子吊顶的全部重量，承受炉子的全部附属设备的重量。抵抗砖体的高温膨胀，使炉子不发生变形。金属构架一般分死炉架和活炉架两种结构型式。

1) 死炉架结构：为目前普遍采用的型式（图22-1-1）。炉子的侧支柱、前后支柱用角钢或槽钢直接焊接起来。采用这种结构时，炉子的砌体必须留有适当的膨胀缝，以保证炉子砌体的外形尺寸不发生较大变化。

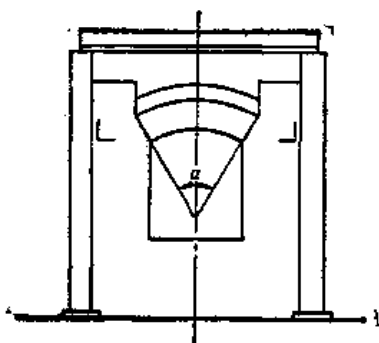


图22-1-1 死炉架

2) 活炉架结构，如图22-1-2所示，构架的侧支柱、前后支柱用可调整的拉杆连接起来。在生产中可根据炉子砌体的膨胀情况使连接杆放松或拉紧。

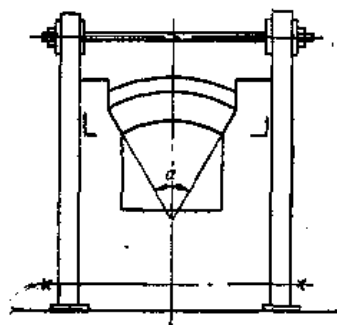


图22-1-2 活炉架

#### (二) 对金属构架的技术要求

一般工业炉的金属构架应满足下列技术要求：

1) 金属构架应能承受炉子拱顶的水平推力，在炉门启动机构静负荷和动负荷作用下，应具有足够的强度和刚度，不使炉子的砌体发生变形。

2) 前支柱标高从炉门口上缘最高点算起，一般等于炉门高度的1.2~2倍，支柱截面不应小于侧支柱截面。

3) 侧支柱一般成对布置，支柱间距一般为1~1.5m左右。

4) 拱脚梁的安装位置应使其受力中心与拱顶的推力中心相吻合（拱脚梁推力中心可按拱脚砖斜面的中点考虑）。

5) 拉杆中心线必须躲开排烟口和热电偶孔。拉杆中心线与排烟口或热电偶孔边缘的距离，一般不小于230mm。

6) 拱顶跨度小于3.5米时，上拉杆中心距炉子拱顶外缘的垂直距离不小于100~150mm。拱顶跨度大于3.5m时，不小于200mm。若构架为活动炉架型式，拉杆长度超过10m时，应分成两段，中间用活接头连接。

7) 金属构架安装位置允差应符合表22-1-1的要求。

8) 炉壳钢板应有正确的几何形状, 加工成形后允差应符合表22-1-2的要求。

9) 螺钉和铆钉等固定连接处必须牢固可靠, 无松动现象。

10) 焊缝要求牢固可靠, 平整光洁, 对具有严密性要求的焊缝, 要用煤油进行渗透性检查, 对有严密性试压要求的要按规定进行试压。

除上述外, 为保证炉子金属构架安装位置的正确, 对构架安装基础也应有一定的要求。如地脚螺栓, 预埋件位置要正确, 基础各部分承受的负荷不

表22-1-1 金属构架安装位置的允差

偏差名称	单位	一般允差	最大允差
挠曲度	mm	$\frac{2}{1000}L$	10
5m以下的立柱、横梁	mm	—	±3
5~10m的立柱、横梁	mm	—	±5
水平度	mm	$\frac{2}{1000}L$	10
垂直度	mm	$\frac{2}{1000}H$	10
各种方式连接的节点中心位置	mm	—	±3

表22-1-3 金属构架常见易损部位和修理

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	炉壳局部变形(局部凹陷或凸起)	1. 炉壳局部过热 2. 炉壳焊缝区应力集中 3. 受外部或内部的压力	1. 炉壳变形不大的区域而且没有裂缝时, 采用矫正法。可用千斤顶, 夹钳、螺栓等进行矫正, 变形小者冷态下直接矫正, 变形严重者, 要在变形区进行局部加热, 凸起变形的矫正见图22-1-3所示 2. 炉壳变形区域较大或有裂缝出现时, 可采用焊补法。即用气割将带有裂缝的金属表面切下, 在切口处补焊一块, 补片要与基体金属齐平, 无搭接部分。焊前要将焊缝处的油污、脏物、氧化皮等清理干净。焊缝要求连续平整, 焊缝要打磨。补片部分的材质要与基体金属相同

表22-1-2 炉壳外形的允差

偏差名称	单位	一般允差	最大允差
平面上局部凹凸	mm	—	±4
平面不平度	mm	$\frac{3}{1000}L$	±10
方形、矩形的对角线	mm	$\frac{2}{1000}A$	±10
直径	mm	$\frac{2}{1000}D$	+10
孔的中心	mm	—	±1

注: 对大型炉子允差可适当放大。

要差别过大, 以防止基础发生不均匀下沉, 炉子混凝土基础表面温度不得超过300°C等。

### (三) 金属构架的修理

炉子的金属构架是根据炉体结构, 炉温特点, 炉嘴分布, 炉门提升机构以及管道、烟道的布置情况确定的。一般说来, 金属构架使用寿命可长达10多年, 很少损坏。只是在炉子进行大修时对个别易损部位进行修理和更换。有时也结合设备改进做较大变动。

#### 1. 金属构架常见易损部位的修理

金属构架一般很少单独进行修理, 多数情况下是同砌砖体的修理同时进行。金属构架常见易损部位及修理见表22-1-3。

(续)

序号	常见故障	原因分析	消除方法
2	拱脚梁氧化烧损, 失去强度	1. 炉温较高, 氧化严重 2. 使用年限较长, 变形较大	1. 修补 2. 部分更换或全部更换
	侧支柱、前后支柱或拉杆弯曲变形	1. 原设计缺陷, 钢材选用单薄或后添加辅助装置负荷过重 2. 车间吊装东西受意外碰撞	1. 个别进行矫正或更换 2. 如因附加其他辅助装置导致骨架变形。应对支柱或拉杆进行必要的加固 3. 对骨架进行矫正, 更换或加固, 应满足骨架对水平度和垂直度的要求

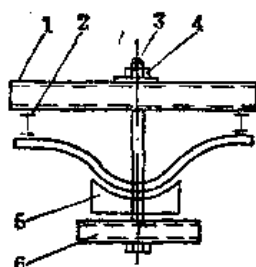


图22-1-3 凸出变形的校正

1—槽钢 2—工字钢 3—螺栓 4—螺母  
5—压板 6—横钢

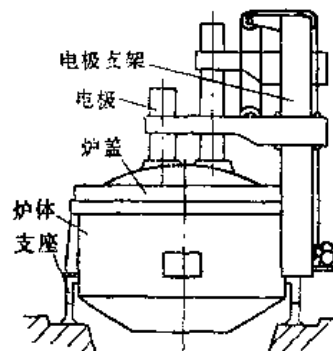


图22-1-4 电极支架固定在炉壳上

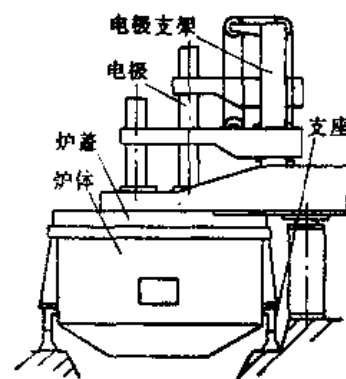


图22-1-5 电极支架单独装设

## 2. 炉壳修理

现以电弧炉炉壳的修理为例, 简要说明金属构架易损部位及电弧炉炉壳修理方法。

(1) 炉壳烧损和变形的主要原因 炉壳烧损部位多在炉底、加料口和出铁口处。烧损原因多是由于炉底崩筑和炉底打结带来的缺陷, 致使炉壳被铁水浸泡而造成炉壳的烧损或烧漏。

炉壳变形原因比较复杂, 总的来说与设备结构有直接关系。电弧炉按电极支架的固定方式主要有3种型式(图22-1-4~图22-1-6)。从设备结构上来看, 主要是由于电炉支点的形式和受电极支架重量的偏坠影响引起的。

当炉壳支点在炉壳的两侧(图22-1-7), 炉内铁水重量 $Q$ 使炉壳外缘产生向内变形的作用力 $P$ , 在冷态下, 炉壳上缘的两圈固强板足以承受 $P$ 力的作用, 放在常温下不致于产生永久变形。但因电弧炉长期在热状态下工作, 固强板的强度降低, 使其逐步产生蠕变, 以致于在炉壳两侧支点的上缘处向内

变形(图22-1-8), 其余部分的上缘向外变形, 即原来的圆形缘被挤成腰形缘。

图22-1-4所示的结构型式的电极支架, 由于电极进给系统的重量不平衡, 造成向内偏扭, 也加剧炉壳的变形。如果不及时修理将造成炉盖不对口而影响生产。

(2) 修理方法,

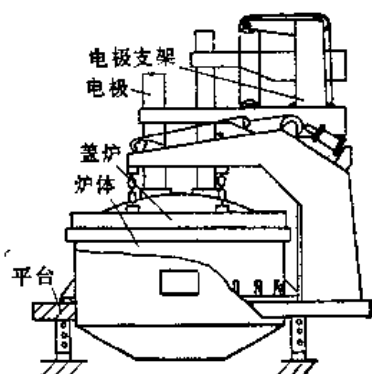


图22-1-6 电极支架和炉壳共座连接

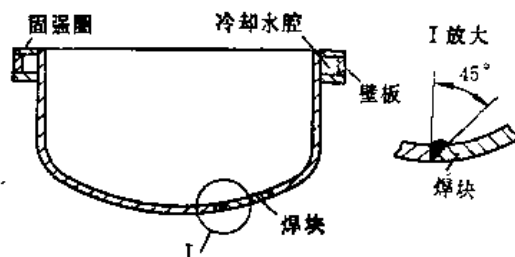


图22-1-9 炉壳的补焊

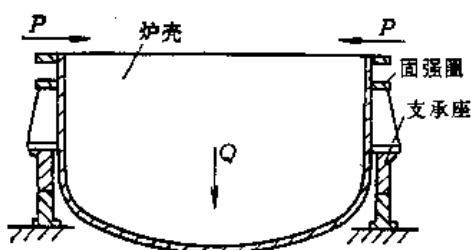


图22-1-7 炉壳支点在炉壳两侧

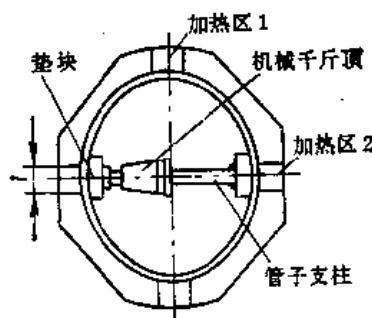


图22-1-10 炉壳的矫正

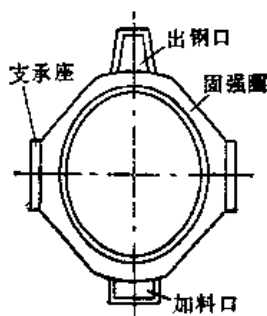


图22-1-8 炉壳变形方向

1) 炉壳的焊补: 在炉壳的烧损或烧漏之处, 用气焊切除烧损部位, 并在补洞的基板上割45°破口, 然后以对接焊缝焊接(图22-1-9)。

2) 炉壳的整形: 当炉壳变形成为椭圆时(测量椭圆长短轴之差, 超过40~50mm时)应考虑矫正修复。施工方法是使用20~50t的机械千斤顶, 顶在架设在椭圆短轴处的垫块上(垫块的水平位置是在两个固强圈的中间), 将椭圆短轴顶到超出直径20mm时, 用气焊加热两个固强板的加热区1(图22-1-10), 热后松开千斤顶测量长度轴之差, 当短

轴方向上的数据大于长轴值即为合格。否则应重复顶一次, 如果有条件也可在固强板加热区2的位置进行加热。炉壳矫正施工步骤如下:

- ① 测量椭圆长短轴之差;
- ② 按长短轴差值划出加热区的范围(加热区长度一般取150~250mm), 见图22-1-10;
- ③ 将垫块及管子支柱用电焊点牢, 架设千斤顶(悬吊或垫实);
- ④ 加顶之后达到使原来的短轴大于长轴(约20mm)为止;
- ⑤ 在指定的两加热区1, 加热到650~800°C即杏红色;
- ⑥ 用水冷却加热区;
- ⑦ 松开千斤顶, 检查长短轴之差, 如短轴大于长轴即可结束。应注意, 炉壳矫正后的固强板应平直, 否则影响抗弯效果。

据上述分析, 炉壳变形的主要原因是因电炉支点在炉壳的两侧, 产生P力的作用, 而且固强圈受热影响, 强度降低, 不能抵抗P力的作用而造成炉口变形。

3) 防止炉壳变形的措施:

- ① 通水冷却固强板——在两个固强圈之间加

壁板(图22-1-9)。中间通循环水冷却,使固强板强度保持不降低,以达到防止变形的目的;

② 在炉壳外部焊接加强板(图22-1-11);

③ 在固强板外圈加预应力拉杆(图22-1-12)。对5~15t的电弧炉炉壳,拉杆直径取 $\phi 28 \sim \phi 40$  mm,两端用一级细牙螺纹。

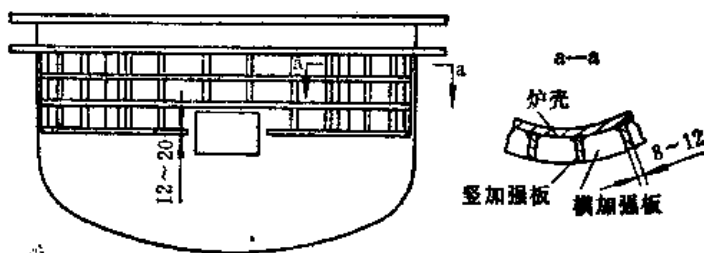


图22-1-11 炉壳的加固

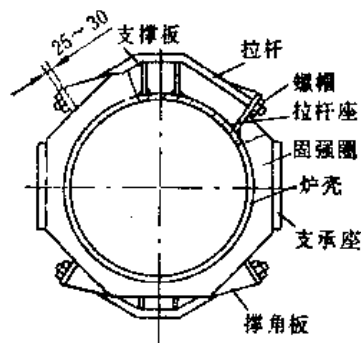


图22-1-12 用预应力拉杆加固

## 第2节 炉门和炉框

在工业炉中,为了装料、卸料和观察炉内的工作情况,必须在炉墙上开设炉口,再用炉门加以遮蔽。炉门的作用是紧密炉口,防止炉内热量向外散失,同时防止炉外冷空气吸入炉内。

### (一) 常见的炉门类型

根据不同炉型和操作特点,炉门也有多种类型。炉门通常采用铸铁的,内里衬以耐火砖或其他耐火材料。也有采用焊接结构的。

炉门的启闭多数采用垂直升降的,侧开式的较少。炉门框固定在炉子的金属构架上。炉门安装时,应向门框倾斜,使炉门靠自重压紧在炉门框上,从而保证炉门的封闭性。

常见的主要炉门型式见表22-2-1。

### (二) 炉门和门框的修理

一般说来,炉门和门框不经常进行修理。修理炉门时,多是更换炉门内侧的砌砖体。

炉门及门框常见故障及修理见表22-2-2。

表22-2-1 炉门类型

炉门类型	用途	主要优缺点
铸铁炉门	一般工业炉	炉门不易变形,寿命长,但炉门笨重,一旦损坏即报废
焊接炉门	一般工业炉	炉门轻便,制造修理方便,但易变形封闭性差
水冷炉门	中小型加热炉	寿命长,不易变形,密封性好,但焊缝易漏水,消耗一定的水和热
侧开式炉门	干燥炉	不需要炉门升降机构,结构简单,容易变形

表22-2-2 炉门及门框常见故障及修理

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	炉门砌砖体脱落	1. 砌筑质量差  2. 炉门处温度过高,砖体热膨胀严重  3. 炉门受撞击砖体松动而脱落	1. 提高炉门砌砖质量 炉门砖体一般采用侧砌,砖衬应砌在炉门框内10~15mm,以防止砖衬受热膨胀而露出。有时为了增加炉门砌砖强度,可用0.5mm厚的钢板塞在砌体缝隙内,或将炉门砖衬砌成反拱 2. 对气动炉门,在关闭时应避免突然下落 3. 炉门砖体局部脱落可进行修补,若脱落严重,应考虑重新进行砌筑

(续)

序号	常见故障	原因分析	消除方法
2	炉门局部烧损	火焰外喷, 炉门处温度局部过高引起	对铸铁炉门, 烧损后应重新更换; 对焊接炉门, 个别烧损处可进行焊补
3	炉门变形	1. 炉门结构不合理或本身强度和刚度较差 2. 炉门处温度过高, 水冷炉门冷却不均匀等	1. 改进炉门结构, 提高炉门本身的强度和刚度 2. 改进水冷炉门的冷却装置 3. 对焊接炉门, 当变形不大时可进行矫正, 变形严重时应重新更换
4	炉门框变形	多数是由于炉温不均匀, 局部温度过高	铸铁炉门框变形后, 不能修复, 应重新制作更换

### 第3节 耐热钢构件的修理

由于耐热钢中含有各种不同的元素, 因此, 其加工性能, 无论是切削加工、热锻、冷冲以及焊接等, 与普通碳素钢相比, 都要困难得多。耐热钢构件在工业炉中经使用损坏后, 又往往难以修理, 这也是其特点。

#### (一) 耐热钢的切削加工

炉用耐热钢经常进行的切削加工形式有: 车削、铣削、刨削、钻削以及螺纹加工等。

##### 1. 切削加工性

所谓切削加工性, 也可以理解为金属材料被切削的一种难易程度。材料的切削加工性主要取决于它的化学成分、金相组织和机械性能。

(1) 化学成分 如在奥氏体钢 1Cr18Ni9 的化学成分中含有硫, 它对钢的机械性能是有害的杂质。但硫的存在对改善钢材的切削加工性有显著的作用, 这是因为硫和钢中的锰化合而成为 MnS, 系较脆的夹杂, 可使连续的切屑断开。MnS 还可以在刀刃上形成有润滑作用的薄膜, 因此, 能降低切削时产生的摩擦, 使刀具不致很快的磨损, 提高了刀具的寿命。

(2) 金相组织 金相组织对切削加工性也有很大的影响。塑性大的单相奥氏体钢 1Cr18Ni9, 切削时发“粘”, 容易粘刀。因此, 在切屑形成的过程中, 切屑有时不是被切下来, 而是被“撕”下来的。这样不但要消耗较多的动力, 而且还产生较多的切削热, 形成刀瘤, 既影响刀具寿命, 又影响工件的表面粗糙度。显然这种奥氏体的金相组织对材

料的切削加工性是不利的。

(3) 力学性能 材料的力学性能对切削加工性的影响, 一般可以说: 强度和硬度愈高的材料, 切削加工性愈差。但是, 也不完全是这样, 如硬度很高的钢比中等硬度的钢难切削; 而硬度很低的软钢并不比中等硬度的钢容易切削。从硬度方面考虑, 硬度在 HB250 左右的钢切削加工性最好。

耐热钢的切削加工性差, 其原因是:

1) 耐热钢塑性高、韧性大。耐热钢切削所需的切削力, 要比切去相同体积的碳钢切屑所需的切削力要增加 50% 左右, 因此, 要用大功率刚性好的机床进行切削。

2) 加工强化程度高。奥氏体耐热钢由于变形引起的强度和硬度增高的现象比较严重。从表 22-3-1 中可以看到, 不大的变形却导致强度和硬度有很大的提高。这种加工强化的结果, 使材料的强度和硬度提高了。这给切削加工带来了一定的困难, 同时也加剧了刀具的磨损。

表 22-3-1 变形程度对奥氏体耐热钢强度和硬度的影响

变形程度 (%)	洛氏硬度 (HRB 或 HRC)	强度极限 (MPa)
0	HRB80	705
3.9	HRC25.5	840
13.6	HRC34	1000
23.2	HRC40	1160
38.8	HRC43.5	1420

3) 高温强度大。耐热钢的强度随温度的升高而下降的程度没有碳钢快。在不同的高温下耐热钢仍保持有较高的强度, 见图 22-3-1。如在温度升高到 500°C 时, 45 号钢的抗拉强度为 70MPa, 而奥氏

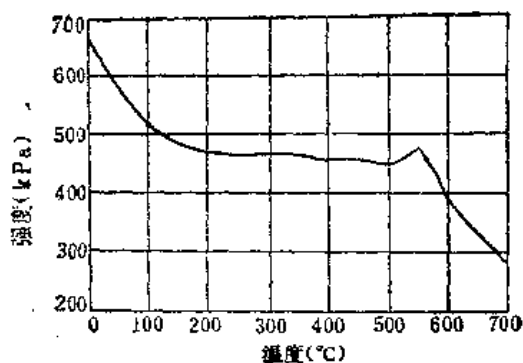


图22-3-1 1Cr18Ni9钢在不同温度下的抗拉强度

体钢1Cr18Ni9在温度升高到550°C时，抗拉强度仍保持有450MPa。这种高温下的高强度，使切削时消耗的能量大，同时也加剧了刀具的磨损。

4) 导热性差。耐热钢的热导率低，与45号碳钢相比较，1Cr18Ni9钢为 $0.108(W/(m \cdot K))$ ，45号钢为 $0.134(W/(m \cdot K))$ 。耐热钢的导热性差，使切削产生的热量不易通过工件传出，大量的切削热降低了刀具的耐用度，给精加工带来一定困难。

## 2. 刀具的选择

合理地选择切削耐热钢的刀具材料及几何参数，是提高耐热钢的切削效率和得到合乎质量要求的工件的重要条件。

(1) 刀具材料的选择 常用的切削耐热钢的刀具材料有高速钢和硬质合金。

1) 高速钢：有普通高速钢W18Cr4V和高钒高速钢W18Cr4V5等。

2) 硬质合金：有钨钴合金和钨钴钛合金之分，即：

① 钨钴合金YG类，如YG4C、YG6、YG6X、YG8、YG8C。

② 钨钴钛合金YT类，如YT5、YT15、YT30。

③ 新牌号钨钴钛合金YW类，如YW1、YW2。

选择刀具材料，一般应根据耐热钢的切削加工性、所采用的切削用量、加工方式（粗加工、半精加工或精加工）以及加工特征（即是否连续切削、工件有无硬皮）等来决定的。在耐热钢的车削中，由于切削深度对切削力的影响最大，因此，一般是根据加工方式来选择刀具的材料。

粗加工时，由于切削力大，有的工件又有硬皮，所以选择冲击韧度好的YG6、YG6X、YG8、

YT5。所采用的切削速度要低于一般的切削速度，大约 $v = 60m/min$ 左右。

半精加工时，切削力比粗加工小，但切削速度比较高，一般切削速度 $v > 100m/min$ ，所以选择有一定冲击韧度和耐磨性能的YG4C、YG8C。

精加工时，由于切削力小，切削速度高，所以选择耐磨性好的YG4C和YT15、YT30。

新牌号的钨钴钛合金，YW1、YW2是综合性能较好的硬质合金材料，很适于用来切削耐热钢、高锰钢和耐热合金。

(2) 刀具几何参数的选择 耐热钢切削时所使用的刀具，基本上与普通碳素钢切削时相同。但对其切削部分的几何形状，一般应具有以下共同性的要求：

1) 前角 $\gamma$ ：实践证明：不论何种刀具，切削耐热钢时都必须采用较大的前角 $\gamma$ 。由于前角的增大，刀尖显得比较锐利，容易切入被加工金属，切削变形顺利。根据刀具类型、刀具材料和切削条件的不同，加工耐热钢的刀具前角 $\gamma$ ，一般可以选择 $12^\circ \sim 30^\circ$ 。

2) 前面形状：预先在刀具的前面刃磨出带圆弧的卷屑槽，可以大大改善切削条件，提高加工质量和减缓刀刃的磨损。

3) 后角 $\alpha$ ：后角 $\alpha$ 直接与后隙面的摩擦和磨损有关，因此，合理地选择后角 $\alpha$ 对于切削加工也是一个很重要的问题。

在切削厚度较小时，刀具的磨损主要发生在刀具的后隙面。因此，当切削厚度小时，后角 $\alpha$ 选择得大一些；切削厚度大时，后角 $\alpha$ 可选得小些。一般加工耐热钢，刀具的后角 $\alpha$ 多取 $6^\circ \sim 10^\circ$ ，以减少摩擦而造成的加工硬化。

## 3. 润滑冷却液的选择

切削耐热钢时，一般是根据加工性质来选择润滑冷却液。

粗加工时，由于切削速度低，所以使用润滑冷却液的作用主要是减少刀具与工件的摩擦。常用的润滑冷却液有矿物油和含油乳化液。

用低的切削速度精加工时，选用硫化切削油，硫化豆油和油酸等油液类的润滑冷却液。

用高的切削速度精加工时，选用润滑及冷却液，一般采用含活性物质的切削液。拉削耐热钢时，宜选用含有油性、极压性等添加剂的极压性切削油或极性乳化液。

#### 4. 耐热钢的车削

(1) 车削刀具 车削耐热钢时, 高速钢车刀一般只适用于加工小直径工件 ( $< \phi 10\text{mm}$ ) 和低速切削的情况。硬质合金车刀的耐用度一般可比高速钢高10~15倍。根据韧性和耐磨性的要求, 硬质合金车刀以YG8较好。YW1和YW2硬质合金也较适用于制造各种车刀, 其耐磨性则更好。

车削耐热钢用车刀的几何参数见表22-3-2。

(2) 车削用量 合理地选择切削用量(吃刀深度 $t$ 、走刀量 $s$ 和切削速度 $v$ ), 对于提高车削的生产效率、保证产品质量和提高刀具寿命都具有重要的作用。切削用量的选择, 既要保证工件能达到符合要求的精度和表面粗糙度, 又要保证在机床-刀具-工件刚性和强度允许的条件下, 能充分地利用机床的设备能力, 并使刀具具有较高的耐用度。因此, 车削用量的选择, 要综合地考虑到上述几个方面的问题。

表22-3-3和表22-3-4分别是粗车和精车的

表22-3-2 车刀几何参数

加工材料	加工情况	几何参数	数值
2Cr13	粗加工	前角 $\gamma$	10°~15°
	半精加工		15°~20°
3Cr13	精加工		20°~30°
1Cr18Ni9Ti	粗加工	后角 $\alpha$	6°~8°
	精加工		8°~10°

表22-3-3 粗车1Cr18Ni9钢外圆的切削用量表

被加工零件直径 $D$ (mm)	主轴转速 $n$ (r/min)	吃刀深度 $t$ (mm)	走刀量 $s$ (mm)
<10	1200	2~4	0.2~0.4
20	765~1200		
30	600~765		
40~50	305~600		
60~70	230~380		
80~90	185~305	3~6	0.3~0.5
100~110	150~305		
120~140	120~230		
150~170	96~150		
180~200	76~150		

注: 1. 车刀硬质合金刀片材料为YG6、YG8。

2. 切削速度 $v = 50 \sim 70 \text{ m/min}$ 。

1Cr18Ni9钢外圆的切削用量表。

表22-3-4 精车1Cr18Ni9钢外圆的切削用量表

被加工零件直径 $D$ (mm)	主轴转速 $n$ (r/min)	吃刀深度 $t$ (mm)	走刀量 $s$ (mm)
<10	1200	0.2~0.6	0.08~0.16
20~40	955~1200		
50~60	610~955		
70~80	480~765	0.4~1.0	0.13~0.3
90~100	380~600		
110~120	305~460		
130~140	305~380		
150~160	230~370		
170~200	230~305		

注: 1. 车刀硬质合金刀片材料为YT15、YT30。

2. 切削速度 $v = 120 \sim 150 \text{ m/min}$ 。

(3) 车削注意事项 车削耐热钢时, 必须注意下列事项:

1) 刀具切削部分的几何形状必须正确, 对耐热钢的车削来说, 卷屑槽的影响最为显著。卷屑槽过大, 切屑不能很好地卷曲和折断, 达不到预期的目的。卷屑槽过小, 切屑在卷曲过程中变形过于剧烈, 容易崩坏刀刃。卷屑槽的有关尺寸, 还关系到车刀前角的大小, 因此, 它直接影响切削过程。

2) 车刀刀刃必须锋利, 切削部分必须有较粗的粗糙度。否则会增大切削阻力, 并使切屑粘附、堵着现象增加。

3) 车刀安装必须正确。例如平面方向的歪斜, 会改变车刀的主偏角 $\varphi$ 和副偏角 $\varphi_1$ 。刀尖高于或低于工件中心, 会改变车刀切削时实际上的前角 $\gamma$ 和后角 $\alpha$  (图22-3-2)。

4) 随时注意观察现场情况: 车削耐热钢现场的许多情况, 如切屑卷曲和排出情况、切屑颜色和加工表面色泽、加工表面质量、刀具磨损情况和切削声音等, 往往是判断切削是否正常的重要的征兆, 加工过程中必须认真观察, 不能轻易放过。对于车刀前面上的任何大小刀痕, 都应及时用油石磨去。

#### 5. 耐热钢的铣削

(1) 铣削刀具 铣削耐热钢时, 由于是断续切削, 冲击和振动都较厉害, 因此, 要求铣刀的材料坚韧性较好, 以能承受较大的冲击负荷。一般低



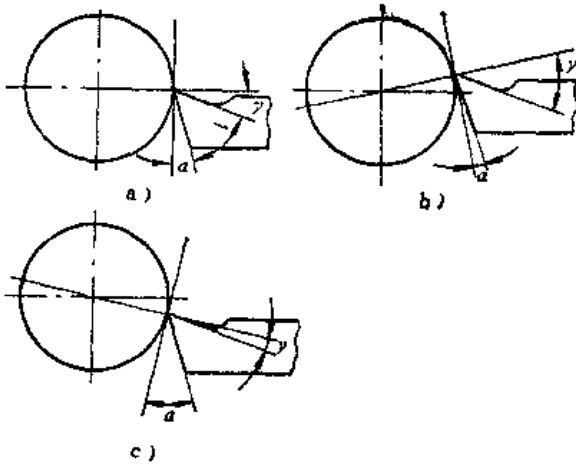


图22-3-2 刀具安装对前角和后角的影响  
a—刀尖在中心上 b—刀尖高于中心  
c—刀尖低于中心

速铣削时，大多采用高速钢；中、高速铣削时，特别是端面铣削，以采用硬质合金YW2或YG8较为合适，有时也可采用YT15。

高速钢铣刀的前角一般都采用 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，其中以采用 $15^{\circ}$ 的较多。用高速铣刀盘铣削耐热钢时，刀头的主后角一般可达 $20^{\circ}$ 。

(2) 铣削用量 采用高速钢铣刀铣削耐热钢时，常用的切削量见表22-3-5。

表22-3-5 铣削时常用的切削量

铣刀种类	铣刀直径 (mm)	车头转速 $n$ ( $r/min$ )	纵向进给走刀量 $s$ (mm/min)
杆铣刀	3~4	1180~750	手动
	5~6	750~475	手动
	8~10	600~375	手动
	12~14	375~235	30~37.5
	16~18	300~235	37.5~47.5
	20~25	235~190	47.5~60
	32~36	190~150	47.5~60
	40~50	150~118	47.5~75
棒料铣刀	36	190~150	47.5~60
	40	150~118	47.5~60
	50	118~95	47.5~60
	60	95~75	60~75
盘铣刀	75	235~150	23.5或手动
	110	150~75	23.5或手动
	150	95~60	23.5或手动
	200	75~37.5	23.5或手动

采用硬质合金铣刀的铣削速度可比高速钢铣刀大大提高。根据具体条件的不同，切削速度可以选择在 $70\sim 250\text{m/min}$ 的范围内，走刀量可选择在 $37.5\sim 150\text{m/min}$ 的范围内。

(3) 铣削注意事项 铣削耐热钢时，必须注意下列事项：

1) 铣刀刀齿的表面必须有较低的粗糙度，更不允许有细小的碎裂缺口，否则在铣削过程中很容易粘附切屑，引起刀刃崩裂。

2) 当用铣刀的底齿进行铣切时，铣刀的底齿和侧刃交接处不能呈尖角，应该有很小的倒角，否则刀齿很容易在尖角处磨损。

3) 当用圆锯片铣刀对耐热钢工件进行切断和切槽时，将刀刃磨成交错形状，并交替倒角，能改善切削条件，提高切削速度。

4) 铣削过程中要认真观察工件的加工情况。切屑能够从铣刀上飞弹出去，一般说明切削情况正常；如果切屑缓慢无力地从铣刀上落下，说明铣刀刀刃已经开始磨钝。

高速切削时，在正常情况下，切屑呈淡黄色。如果切屑颜色加深，切屑碎裂或发毛，说明切削过程中挤压现象严重，切削温度过高，这是铣刀刀齿磨钝或几何形状不正确的表现。

### 6. 耐热钢的刨削

(1) 刨削刀具 刨削耐热钢时，刨刀切削部分的材料一般可以采用高速钢W18Cr4V。为了提高刀具的耐磨性，也可采用抗弯强度较高的硬质合金，如YG6和YG8等。

实践证明，用YG8等硬质合金刀片来制造刨刀，刨削耐热钢时可以得到比较满意的结果。用YG8等硬质合金刀片制造的槽刨刀，刨削时的切削深度可达 $15\text{mm}$ 。在这种场合下，刨刀必须采用弹簧刀杆，否则就容易产生“扎刀”或刀子被切削槽所夹死等情况。

采用硬质合金刀片制成的刨刀，根据具体条件的不同，前角 $\gamma$ 一般采用 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，后角 $\alpha$ 一般为 $6^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 。

(2) 刨削用量 牛头刨床刨削时常用的切削量见表22-3-6。

刨削时，刨刀要承受较大的冲击载荷，因此，只能采用较低的切削速度，一般为车削时75%。

(3) 刨削注意事项 刨削耐热钢时，必须注意下列事项：

表22-3-6 刨削时常用的切削量

刨床滑板往复行程 (双行程) (次/min)	切削速度 (m/min)		横向进给走刀量 (mm/双行程)
	粗刨	精刨	
15~60	20~50	~10	0.15~0.3

1) 刨刀在使用前,应用油石轻轻地修磨刀刃,使它形成刃带,以提高其强度。在使用过程中,发现刀刃磨损,或有切屑粘附、熔着现象,应及时修磨。

2) 随时注意切屑的变化,以判断刨刀的工作情况。例如切屑不能顺利地卷曲或排出,或者刨削时声音沉重、加工表面出现裂纹等,就说明刀具的几何形状不太合适;切屑脱离面不光滑,切屑容易粘附在刀刃上和加工表面不光等,说明刨刀不够锋利,或者已经磨损变钝,应及时进行修磨。

3) 刨刀刀杆的结构形状,对刨削过程有一定的影响,选用时必须加以注意。直头刀杆制造比较简单,但在切削力的作用下容易产生“扎刀”现象,因此,不能用于耐热钢的刨削。

弯头刀杆能够避免这种缺点,因此,得到了广泛采用。但是,弯头刀杆切削刃和刨刀轴心线必须保持在同一直线上(图22-3-3c)。否则,如图22-3-3a的情况,切削刃在轴心线之后距离X处,这样,由于受切屑压力的作用,刨刀会向右弯曲一些,使切除的切屑厚度相应减小,因而引起刨刀在刨削过程中产生颤动,加剧耐热钢的加工硬化现象,加速刨刀刀刃的磨损和使加工表面的粗糙度恶化。如图22-3-3b的情况,切削刃在刨刀轴心线之前距离X处,在切屑压力的作用下,刨刀向后弯曲的结果,会切除较深的金属,产生“扎刀”现象,因而会崩坏刀头,或使加工表面的光洁度恶化。

## 7. 耐热钢的磨削

(1) 磨削砂轮 磨削耐热钢时,砂轮的合理选择和正确使用,将直接影响磨削加工的效果。因此,选择砂轮时,必须结合耐热钢的特性,加以认真考虑。

1) 砂轮磨料的选择:磨削耐热钢时,一般以采用白色刚玉较为合适。因为白色刚玉具有较好的切削性能和自锐性能,这对耐热钢的磨削来说是非常重要的。有良好的切削性能,可以保证顺利地切下切屑而本身不易被磨钝;有良好的自锐性能,可以保证磨粒在磨损变钝后立即脱落,使新的磨粒及时参加切削。

磨削耐热钢的内圆时,由于砂轮直径小,每颗磨粒在单位时间内的切削次数大大增加,砂粒容易磨钝。这时白色刚玉往往不够理想,采用微晶刚玉或单晶刚玉可以获得较好的磨削效果。

2) 砂轮粒度的选择:砂轮磨粒的大小,对加工表面的粗糙度有直接的影响。外圆磨削时,在一般情况下,30°~36°的磨粒,可使磨削后的表面粗

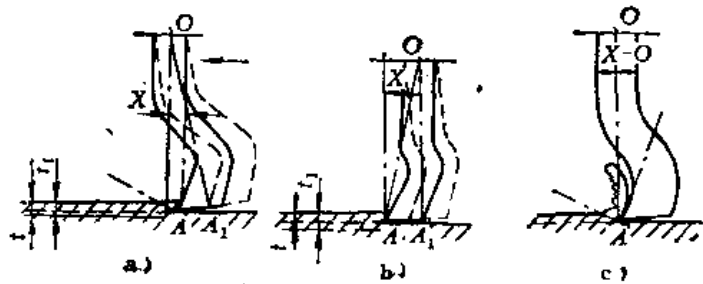


图22-3-3 刨刀切削刃对其轴心线的位置

糙度达  $R_a 3.2 \sim R_a 1.6 \mu\text{m}$ , 46°~60°的磨粒,可使磨削后的表面粗糙度达  $R_a 0.8 \sim R_a 0.4 \mu\text{m}$ , 60°~80°的磨粒,可使磨削后的表面粗糙度达  $R_a 0.4 \sim R_a 0.2 \mu\text{m}$ 。

由于耐热钢的韧性大,磨屑容易粘附堵塞,因此,磨削耐热钢时,特别是磨削1Cr18Ni9Ti等奥氏体耐热钢时,应该比磨削普通碳素钢时采用较粗的粒度。实践证明,磨削耐热钢时,一般以采用中等粒度(36°、46°、60°)的砂轮为宜。其中粗磨时适用36°、46°粒度,精磨时适用60°粒度。

3) 砂轮结合剂的选择:磨削耐热钢的砂轮,一般都用陶瓷结合剂来做结合剂。它的缺点是比较脆,经不起较大的冲击,所以不能用来制造直径大而薄的砂轮及圆周速度超过35m/s的砂轮。

用树脂结合剂制成的砂轮,强度高,富有弹性,可以允许有较高的圆周速度(35~75m/s)。因此,它适用于切断、切槽及无心磨削等。树脂结

合剂的缺点是坚固性比陶瓷结合剂差,受到碱性冷却液的影响,有可能引起破坏。将砂轮放在石蜡中浸过以后再使用,可以防止碱性冷却液的影响。

4) 砂轮硬度的选择:磨削耐热钢时,由于材料本身的特性,使砂轮的磨粒容易磨损变钝。因此,磨削耐热钢的砂轮硬度,应该相应比磨削普通碳素钢时低一些,以使砂轮具有较好的自锐性能。

磨削耐热钢时的砂轮硬度,以采用软<sub>3</sub>~中<sub>2</sub>(R<sub>3</sub>~Z<sub>2</sub>)较为合适,其中特别以中软<sub>1</sub>、中软<sub>2</sub>(ZR<sub>1</sub>、ZR<sub>2</sub>)采用最为普遍。用微晶刚玉作磨料的内圆磨砂轮,硬度以采用软<sub>3</sub>(R<sub>3</sub>)较好。

5) 砂轮组织的选择:由于耐热钢的韧性大,粘附性强,最容易产生磨屑堵塞的情况。所以磨削耐热钢时,砂轮的组织应该选用较为疏松的,一般以5~8号较为合适。

## (2) 磨削用量

1) 砂轮转速:磨削耐热钢时,应该选用较高的砂轮圆周线速度,以提高砂轮的切削性能,使切屑易于切离。但是,砂轮圆周线速度过高,磨削耐热钢时切削部位的温升过高,容易发生烧伤。遇到这种情况时,应该将砂轮圆周线速度降为16~20 m/s。

2) 工件速度:外圆磨削和内圆磨削时,工件转速需根据工件直径大小不同而变化。工件直径较小时选用较高的转速(一般工件直径在50mm以下时,工件转速在120~150r/min的范围内),工件直径较大时选用较低的转速(工件转速在40~80 r/min的范围内)。

当用砂轮外圆磨平面时,工作台运动速度精磨时一般为15~20m/min,粗磨时一般为5~50m/min。磨削深度小和横向进给量小时采用较大值,磨削深度大和横向进给量大时采用较小值。

3) 磨削深度:由于耐热钢特性的限制,其磨削深度应该选得比普通碳素钢的小一些。粗磨1Cr-18Ni9Ti钢时,磨削深度一般在0.04mm左右,粗磨1Cr13钢时,磨削深度可选择为0.05~0.08mm。但是,每次修整砂轮后的第一次吃刀,磨削深度应该适当地减小,一般可以选择为0.02mm左右。否则,往往容易使砂轮脱粒,或者使砂轮过快地磨钝。精磨1Cr18Ni9Ti、1Cr13等耐热钢时,都可以采用同样的磨削深度,一般为0.01mm左右。

4) 进给量:进给量一般都以砂轮宽度 $B$ 来计

算。外圆磨削时,纵向进给量粗磨为 $(0.2\sim0.7)B$  mm/工件转,精磨为 $(0.2\sim0.3)B$  mm/工件转。内圆磨削时,粗磨的纵向进给量为 $(0.4\sim0.7)B$  mm/工件转,精磨为 $(0.25\sim0.4)B$  mm/工件转。用砂轮外圆磨削平面时,粗磨时的横向进给量一般为 $(0.3\sim0.7)B$  mm/工件每一双行程,精磨时的横向进行量为 $(0.005\sim0.01)B$  mm/工件每一双行程。

(3) 磨削注意事项 磨削耐热钢时,必须注意下列事项:

1) 正确修整砂轮 这是耐热钢磨削中极为重要的一个环节。如果在使用过程中修整不当,或没有及时进行修整,同样也得不到满意的磨削效果。

2) 进行充分的冷却 耐热钢磨削时,磨削部位的温度很高(1100~1500°C),在瞬时而来不及通过工件和机床系统传导出去。因此,必须进行充分的冷却,防止工件表面过热和烧伤。

3) 正确装卡工件 磨削质量的好坏,有时还与是否正确装卡工件有关,操作时也决不能忽视。例如1Cr18Ni9Ti等奥氏体耐热钢无磁性,在平面磨削平面时,不能利用工作台上的磁性吸盘来固定工件,而必须用机械装卡的方法或采用专用的夹具来装卡工件,这给平面磨削增加了困难。

4) 磨削过程中应该认真观察 磨削耐热钢时,砂轮如果发出比较均匀和清脆的声音,说明砂轮比较锐利,切削较为正常;砂轮如果发出比较沉重的声音,就说明砂轮已经磨损变钝,需要进行及时修整。

## 8. 耐热钢的钻削

(1) 钻削刀具 钻削耐热钢时,除了深孔钻削以外,一般都使用标准麻花钻。标准麻花钻多用高速钢W18Cr4V制造,如果使用添加5%~10%钴的高速钢钻头,可以提高其使用寿命。

标准麻花钻的顶角( $2\phi$ )为118°,如果用这样的顶角去钻削耐热钢,钻头就很容易磨损损坏。将顶角增大到130°~150°,可适当提高耐用度,刃磨时将横刃缩短为原来的1/3左右,可以改善耐热钢钻孔时的切削条件。

(2) 钻削用量 钻削时常用的转速和走刀量见表22-3-7和表22-3-8。

耐热钢钻孔时,其切削速度不能选得过高,一般不应超过20m/min。

钻孔时的吃刀深度,实际上就是钻头的半径。

表22-3-7 钻削时常用的转速

钻孔直径 (mm)	转速 $n$ (r/min)
<5	1000~700
5~10	750~500
10~15	600~400
15~20	450~200
20~30	300~150
30~40	180~80
40~50	100以下

表22-3-8 钻削时常用的走刀量

钻孔直径 (mm)	走刀量 $s$ (mm/r)
5~10	0.08~0.15
10~15	0.12~0.25
15~25	0.15~0.35
25~35	0.20~0.40

加工耐热钢时，直径在25mm以下的孔，一般都可以一次钻成。直径在35mm以上的孔，应该用两把钻头分两次钻成，这时，第一把钻头的直径  $D_1 = (0.5 \sim 0.7) D$  ( $D$ ——所要钻孔直径)。但是，为了保证钻孔精度和避免划出深沟，往往需要适当增加钻孔次数。

在台钻上钻小直径的内孔时，大部分都采用手动进刀，走刀量约在0.1mm/r左右。

(3) 钻削注意事项 钻削耐热钢时，必须注意下列事项：

1) 钻头切削部分的几何形状必须刃磨正确。反之，如果几何形状刃磨得不正确，钻孔就达不到理想的要求，不是切削变形大、切屑不易被切离，就是切屑不能从螺旋槽中顺利地排出，切屑严重的堵塞而在孔内拉出环形深沟，甚至引起钻头折断。

如果两切削刃不对称，钻孔过程中切屑不一致，受力不均匀，钻头会左右偏摆，因而将孔扩大，或者发生歪斜和引起钻头的折断。钻削薄板孔时，还可能由于钻头在切削过程中的左右偏摆而使孔成为三角形。

2) 合理选择切削速度和走刀量。不锈钢钻孔时，切削速度不能太高，这一点是很重要的。否则，钻头很容易烧坏或很快地被磨损变钝。

刚开始钻孔时，应该先用手动进刀和采用较小的走刀量，待平面上已经钻出钻头直径以后，再加快进刀速度，或改为机动走刀。否则，有可能将孔

钻歪，或者将钻头整断。在钻孔接近钻通时，应该改用手动走刀，并且用劲不能过大，以免整坏钻头。最好预先在工件下面垫一块铸铁或硬度较低的钢板，防止钻头崩裂。停车时要先停止进给和工件（或钻头）转动，然后再退出钻头。

3) 要随时注意钻孔过程中情况的变化。如果发现切屑发生杂乱卷绕，出屑不顺利，就说明切削不正常，刀刃可能已经磨损变钝。这时应及时退刀，协助排屑，同时检查钻头的磨损情况。当钻削深度较大的内孔时，切屑比较容易堵塞，应该增加退刀次数，协助排屑。

钻孔过程中，如果机床运转声音正常，一般可以用不着退刀。如果发现机床有不正常的声音，说明切屑在孔内挤塞或钻头已经磨钝，应及时退刀，检查原因，排除故障。用手动走刀时，如果感到轴向力突然增大，就应及时退刀，进行检查。

4) 在钻孔过程中要随时保持钻头的锋利。在耐热钢钻孔过程中，钻头如果磨损变钝，应及时进行刃磨。钻头切削刃上如果粘附有刀瘤，应及时用油石轻轻磨去，以随时保持钻头的锋利。

用已经磨损的钻头对耐热钢进行钻孔，由于耐热钢切屑难以切离和加工硬化趋势强等原因，切削条件特别恶劣，钻头的磨损会迅速加剧，有时甚至会把钻头整断；同时，加工表面也随而恶化，有的还会产生严重的拉沟现象。

## (二) 耐热钢的锻造

耐热钢的导热性差，高温强度大，钢内合金元素多，塑性低以及具有比较大的晶粒长大倾向，因此，锻造比较困难。

### 1. 毛坯的切割

直径大于40mm的棒材多用圆盘锯切割，较小直径的棒材可用砂轮切割机切割。剪切最经济，但耐热钢剪切时切口往往有缺陷。

马氏体钢对表面缺陷十分敏感，棒材表面若有划痕等缺陷，都会在锻造过程中扩展成裂纹。对于表面有缺陷的棒材，须经车削剥皮或用无心磨磨去一层，将缺陷清除干净。

### 2. 毛坯的加热

耐热钢在锻前的加热，一般采用火焰炉，炉内气氛应保持中性或微氧化性。对于奥氏体钢不可采用还原性气氛，以免产生增碳或贫铬，使晶间腐蚀的抵抗能力降低。对于马氏体钢，因其含碳量较

高,不可采用强烈的氧化气氛,以免引起严重脱碳。

常用耐热钢钢材的加热规范,列于表22-3-9。

表22-3-10列出常用耐热钢的锻造温度范围及其加热、冷却方法。

锻造时应缓慢地加热到850°C,使温度分布均匀,然后迅速地提高到锻造温度1050~1200°C,以避免晶粒长大。

### 3. 模锻与切边

(1) 模锻 模锻前,模具应预热至150~200°C。

耐热钢粘性大,易粘模。因此,模锻件的质量与模锻过程中的润滑密切相关。每次锻击之前,模具都必须润滑,并要把润滑剂涂抹均匀,以免产生表面缺陷。在模锻时,宜用石墨加机油或二硫化钼加炮油作润滑剂。

对奥氏体钢进行较轻的初锻后,方可加重锻击力量。不允许在温度低于825°C时锻造,因为这样促使发生硬化,而在表层内产生应力,使锻造零件的表面产生裂纹。铬锰氮钢的可锻性较差,容易出

现裂纹。

在每次锤击之后,特别是打第一锤之后,要注意将氧化皮吹净。耐热钢的氧化皮相当坚硬,留在模槽内对锻件和模具都非常有害。

耐热钢锻造时,压缩率小,需要消耗较大的能量。

(2) 切边 各类耐热钢最好都采用热切边,因为热切需要的切边力较小,也不容易产生裂纹。热切边一般应在不低于800°C下进行。

### 4. 冷却

马氏体钢对冷却速度特别敏感,锻后空冷出现马氏体,内应力很大,容易产生裂纹。为了防止锻后冷却产生裂纹,应采用缓冷,一般是将锻件放在200°C左右的炉渣中或石棉保温箱中冷却,或者在600°C的炉中保温并随炉冷却。

奥氏体钢和铁素体钢因无相变,锻后可正常空冷。铁素体钢尤其应快冷,因为在400~525°C范围内停留时间过长,会出现所谓的475°C脆性。但快冷后锻件内部会留下残余应力,故冷后还须加热到750~800°C进行再结晶退火,以消除内应力。

表22-3-9 耐热钢钢材加热规范

钢号	直径 (mm)	预热温度 (°C)	预热时间 (min/mm)	加热温度 (°C)	加热时间 (min/mm)
1Cr13、2Cr13	<100	—	—	1150~1180	0.35~0.9
3Cr13、4Cr13	≥100	800~850	0.25	1150~1180	0.2~0.8
1Cr18Ni9Ti	<100	—	—	1150~1200	0.5~1.5

表22-3-10 耐热钢的锻造温度范围及加热、冷却方法

组织类别	钢号	锻造温度(°C)		加热方法	冷却方法
		开始	终结		
马氏体钢	2Cr13	1150	900	缓慢加热至850°C,迅速加热1150°C或1100°C	成堆空冷、灰冷或炉冷
	3Cr13	1150	900		
	4Cr13	1100	900		
铁素体钢	Cr17	1050~1100	750~800	缓慢加热至850°C,迅速加热至1050~1100°C	正常空冷
	Cr28	950~1000	720~800	缓慢加热至850°C,迅速加热至950~1000°C	正常空冷
奥氏体钢	1Cr18Ni9Ti	1100~1150	850~920		正常空冷
	1Cr18Ni9	1150~1200	850~900		
	2Cr18Ni9	1150~1200	850~900		
	Cr23Ni18	1100~1150	850~900		

### 5. 耐热钢锻件缺陷

耐热钢锻件除几何尺寸方面的缺陷（如欠压、充不满、错移等）以外，由于原材料质量控制不严以及锻造工艺不当等原因，还可能出现一些特殊的缺陷。耐热钢锻件缺陷的特征、产生原因及其排除方法，见表22-3-11所示。

### 6. 锻模材料的选择

锻造耐热钢时，由于锻模的型槽表面温度高，

热应力大，型槽磨损快，因此，使用寿命较低，仅为锻造轴承钢的20%左右。

锻模材料和硬度的选择，主要取决于锻件形状的复杂程度和所用设备的类型（是锻锤还是压力机）。随着模具硬度增加，锻模磨损减缓，但硬度过高时容易产生断裂。表22-3-12列出几种锻模材料的使用寿命。

奥氏体钢的线膨胀系数高，收缩率大，在确定

表22-3-11 耐热钢锻件缺陷的特征、产生原因及其排除方法

缺陷	特征	产生原因	排除方法
马氏体耐热钢锻件			
冷却裂纹	低倍观察：呈网状龟裂 高倍观察：裂纹附近有马氏体，无塑性变形痕迹	冷却过快	在200℃的砂坑或炉渣中缓冷
坯料表面缺陷引起的裂纹	锻件表面出现较长的裂纹	原坯料表面有划痕、刀痕等缺陷	坯料经车削剥皮或用无心磨磨去一层
脱碳	硬度偏低 高倍观察：表面有脱碳层和较多的铁素体	在高温下加热时间太长，或采用了强烈氧化的炉气	缩短加热时间。保持中性或微氧化性炉子气氛
剩余 $\alpha$ 相过多	有较多的 $\alpha$ 铁素体（10% $<$ $\alpha$ $<$ 50%）或出现块状 $\alpha$	马氏体-铁素体钢中的 $\alpha$ 铁素体偏多，加热温度过高	将 $\alpha$ 相过多的原毛坯挑出来。降低加热温度
表面鱼鳞状伤痕	局部表面很粗糙，呈鱼鳞状	润滑剂质量欠佳或涂抹不均匀	改用优质的润滑剂，并涂抹均匀
铁素体耐热钢锻件			
晶粒粗大	韧性偏低，晶粒粗大	锻造温度偏高	终锻温度不高于800℃，变形量不小于20%
475℃脆性	韧性、塑性严重下降	在400~525℃停留时间过长	重新加热到高温，并迅速冷过475℃温度
局部过热裂纹	在表面用砂轮清理时出现裂纹	用砂轮打磨引起局部过热	改用风铲清理表面缺陷
十字裂纹	拔长时沿方截面对角线上出现的剪切裂纹	送进量大于0.8~1.0倍锻件高度或锤击过重	减少送进量，使其在0.5~0.8倍锻件高度。采用轻击
奥氏体耐热钢锻件			
过热裂纹	高倍观察：碳化物溶解，晶粒粗大，晶界加粗	加热温度偏高	降低加热温度
增碳	晶间抗腐蚀能力下降，晶界上析出较多的Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	采用了还原性气氛或加热时坯料与含碳物质接触	改用氧化性炉子气氛。加热时不要与含碳物质接触

缺陷	特征	产生原因	排除方法
奥氏体耐热钢铸件			
剩余 $\alpha$ 相过多	表面产生裂纹。高倍观察有过多(2级以上)的 $\alpha$ 铁素体	原材料中的 $\alpha$ 相含量过多	加强对原材料的检查,将含 $\alpha$ 相过多的挑出来
过腐蚀	工件表面上出现麻点或麻坑	$\alpha$ 相含量过多。酸洗溶液变质	加强原材料检查。严格遵守酸洗规程
表面鳞伤	局部表面很粗糙,出现鳞状伤痕	润滑不良,局部粘模	改善润滑

表22-3-12 不同锻模钢的使用寿命

锻模材料	锻模寿命(件)
5CrMnMo	300
5CrNiMo	400~500
4Cr5W2VSi	700~800
25Cr3Mo3VNb	1000~2000

模子尺寸时应予考虑。

### (三) 耐热钢的冷冲

冷冲工艺性能包括剪切、冲压、深拉和弯曲等。铁素体钢都能进行冲压和深拉。奥氏体钢具有良好的冷态变形能力,但加工倾向大,冷加工过程中常采用中间退火,恢复合金的塑性,以利继续变形。

(1) 冲压和深拉奥氏体钢板 由于韧性大,强度高、变形抗力大,要消耗的冲床功率几乎比冲压或深拉低碳钢高一倍。

铬锰氮钢冷冲后回弹大,冷冲时要充分考虑这一特点。

(2) 冲模 材料最好采用合金钢,硬度高,韧性好,以保证锋利的刃口切断材料。

1) 冲模结构:与一般的相似,但要严格保持冲头和凹模的间隙精度。因为间隙较大时,材料由于本身的韧性和强度将被挤入凹模的隙缝内,在边缘上造成硬化,并在冲模和冲床上产生过渡的应

力。即使装配冲模,也要注意冲头和凹模间有均匀的间隙。

2) 冲模工作部分:要适当加强,最好用键固定。如用销钉或螺钉固定,应比一般的稍大。为了提高冲压件的表面质量和延长冲模的寿命,最好采用石墨润滑剂。

### (四) 耐热钢的焊接和切割

#### 1. 焊接方法


所有的焊接方法几乎都能用于耐热钢的焊接,其中以手工电弧焊、氩弧焊和等离子弧焊应用较多,且能满足质量要求。气焊方法在一些低合金钢薄板和少量小直径管子对焊时也有应用,但由于气焊的焊接接头质量不能充分满足耐热钢的使用要求,因此,在大量生产的场合下,这种焊接方法已被淘汰。

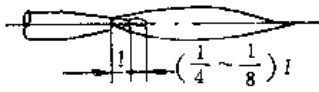
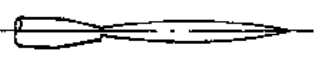
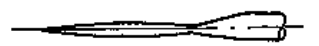
(1) 气焊 常用的是氧-乙炔焰气焊,由于火焰温度相对电弧温度要低得多,因此,热量不易集中,焊缝热影响区宽大。另外,在焊接合金元素含量较高的合金钢时,铬、钛等易氧化元素很容易被烧损。

气焊的主要优点,在于容易控制熔池形状和尺寸。

根据组成火焰的氧与乙炔比例不同,其火焰可分为碳化焰、还原焰、中性焰和氧化焰(表22-3-13)。耐热钢含有不同数量的合金元素,一般只允许使用中性焰。

表22-3-13 氧-乙炔火焰的种类和特点

火焰种类	火焰形状	$O_2/C_2H_2$	特点
碳化焰		< 1	乙炔过剩,火焰中有游离碳及过多的氢,焊低碳钢等有渗碳现象。最高温度2700~3000℃

火焰种类	火焰形状	O <sub>2</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	特点
还原焰		≈ 1	乙炔稍多, 但不产生渗碳现象。最高温度2930~3040℃
中性焰		1~1.2	氧与乙炔充分燃烧, 没有氧或乙炔过剩, 最高温度3050~3150℃
氧化焰		> 1.2	氧过剩, 火焰有氧化性。最高温度3100~3300℃

(2) 手工电弧焊 手工电弧焊是利用焊条与焊件间产生的电弧热将金属熔化的一种焊接方法。其最大的特点是操作自由方便, 可以在各种场合从各种位置进行焊接, 设备简单, 焊接质量可以满足各种耐热钢的要求。

在所有焊接方法中, 手工电弧焊是一种基本方法。要达到一定的质量要求, 掌握操作技巧和选择合适的焊条是十分重要的因素。

耐热钢手工电弧焊使用的焊机, 实际上都是直流弧焊机。与交流弧焊机相比, 直流弧焊机更能保证电弧的稳定性, 尤其在使用 $\phi 2.5\text{mm}$ 小直径焊条和立焊、仰焊时, 一般的交流弧焊机满足不了操作上的要求。

耐热钢都含有不同数量的合金元素, 不论从提高焊接接头的抗裂纹能力, 还是满足机械性能, 都考虑要求采用碱性焊条。表 22-3-14 是耐热钢用焊条药皮类型及其使用特点。耐热钢手工电弧焊用的焊条药皮类型几乎都是低氢碱性型的, 这类药皮的主要成分是碳酸钙, 焊缝的含氢量低, 抗裂性能好, 只能用直流反接法焊接, 要求短弧操作。

(3) 钨极氩弧焊 钨极氩弧焊(图22-3-4)又称非熔化极氩弧焊。其优点是: 焊缝含氢量低, 夹杂少, 电弧热量较集中, 焊接熔池的尺寸和形状容易控制, 热影响区窄狭, 焊缝变形量小, 焊缝性能好, 可以适应各种耐热钢和合金钢的焊接。

国产的钨极有 3 种(表22-3-15), 其中铈钨极已得到比较广泛的应用。

钨极氩弧焊用的焊丝, 原则上用埋弧焊用的焊丝, 有时也用与母材相同成分的焊丝。

焊机电源采用下降特性的直流弧焊机, 再增设

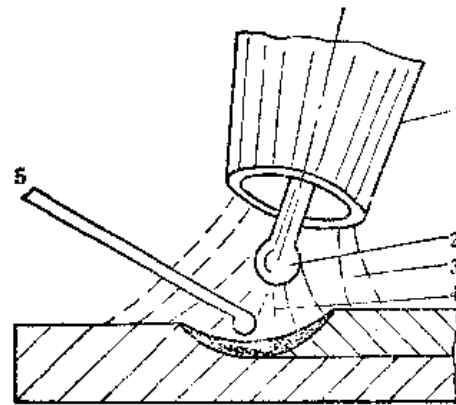


图22-3-4 钨极氩弧焊

1—喷嘴 2—钨极 3—保护气体 4—电弧  
5—填充焊丝

一套高频起弧装置, 就构成一台简易的氩弧焊机。如能采用带有焊接电流脉冲、电流递增和衰减的装置, 则焊接的效果更为理想。

表22-3-16是不同直径(纯)钨极的容许电流范围。若用钍钨极或铈钨极, 表 22-3-16 的电流值可提高30%左右。

(4) 等离子弧焊 等离子弧焊接是一种压缩的钨极气体保护焊接法。电弧经过水冷喷嘴孔道, 受到机械压缩、热收缩效应和磁收缩效应的作用, 弧柱面积小, 电流密度增大, 弧内电离度提高, 成为等离子弧。

等离子弧焊在耐热钢管系焊接中得到广泛的应用。图22-3-5是这种焊缝方法的示意图。

等离子弧焊与钨极氩弧焊法相比, 其优点是:

1) 电弧能量密度高, 焊透能力大, 厚度7~



表22-3-14 耐热钢焊条的药皮类型及其使用特点

牌号	焊条名称	国 标	药皮类型	焊接电源	焊缝金属主要成分 (%)							近似的国外焊条			主要用途
					C	Cr	Ni	其它	日 本	前苏联	美 国	瑞 典			
奥 202	Cr13	TB13-2	铁钙	交、直流	$\leq 0.12$	11~14	$\leq 0.60$		D410-16	$\Phi$ -X13	E 410-16	OK68.15	焊接 1Cr13 钢		
奥 207	Cr13	TB13-7	低氢	直流	$\leq 0.12$	11~14	$\leq 0.60$		D410-15	$\Phi$ -X13	E 410-15	OK68.15	焊接 1Cr13 钢		
奥 302	Cr17	TB17-2	铁钙	交、直流	$\leq 0.12$	15~18	$\leq 0.60$		D430-16	$\Phi$ -X17	E 430-16		焊接 Cr17 型抗氧化的奥氏体耐热钢		
奥 307	Cr17	TB17-7	低氢	直流	$\leq 0.12$	15~18	$\leq 0.60$		D430-15	$\Phi$ -X17	E 430-15	OK67.33 832MVT OKR201S OKR205S OK61.81	焊接 Cr17 型抗氧化的奥氏体耐热钢		
奥 132	Cr18Ni9	TB18-8Nb-2	铁钙	交、直流	$\leq 0.08$	18~21	8~11	Nb 8×C	NC-37 NCF-47	$\Phi$ A 1 E IIJ-11	E 347		焊接 Cr18Ni9 型奥氏体耐热钢		
奥 137	Cr18Ni9	TB18-8Nb-7	低氢	直流	$\leq 0.08$	18~21	8~11	Nb 8×C	D347		E 347		焊接 Cr18Ni9 型奥氏体耐热钢		
奥 232	Cr18Ni9Ti	TB18-12-Mo2V-2	铁钙	交、直流	$\leq 0.08$	17~21	10~13	Mo2~3 V0.3~0.7					焊接 1Cr18Ni9Ti 型奥氏体耐热钢		
奥 237	Cr18Ni9Ti	TB18-12-Mo2V-7	低氢	直流	$\leq 0.08$	17~21	10~13	Mo2~3 V0.3~0.7					焊接 1Cr18Ni9Ti 型奥氏体耐热钢		
奥 302	Cr25Ni13	TB25-13-2	铁钙	交、直流	$\leq 0.12$	22~26	11~14		NC-39 NCF-09	$\Phi$ A 2 $\Phi$ HTY-3 O3H	E 309	OK67-62	焊接 Cr25Ni13 型耐热钢, 用于异种钢焊接		
奥 307	Cr25Ni13	TB25-13-7	低氢	直流	$\leq 0.12$	22~26	11~14		NC-39	$\Phi$ A 2	E 309		焊接 Cr25Ni13 型耐热钢, 用于异种钢焊接		
奥 402	Cr25Ni20	TB25-20-2	铁钙	交、直流	$\leq 0.20$	24~28	18~21		D310	$\Phi$ A 3	E 310		焊接高温工作的奥氏体耐热钢以及异种钢		
奥 407	Cr25Ni20	TB25-20-7	低氢	直流	$\leq 0.20$	24~28	18~21		D310	$\Phi$ A 3 IIJ-8	E 310		焊接高温工作的奥氏体耐热钢以及异种钢		
奥 412	Cr25Ni20Mo2	TB25-20-Mo2-2	铁钙	交、直流	$\leq 0.20$	24~28	18~22	Mo2~3					焊接高温工作的奥氏体耐热钢以及异种钢		
奥 707	Cr-Mn-N	TBCrMnMoN-7	低氢	直流	$\leq 0.15$	16~18		Mo2~3 Mn11~14 Mo1~2 Nb0.17~0.3					焊接高温工作的奥氏体耐热钢		

表22-3-15 钨极种类、牌号和特点

钨极种类	牌 号	特 点
纯 钨	W1, W2	熔点、沸点都很高, 要求焊机有较高的空载电压, 容许电流密度低
钍 钨	WTh7, WTh10 WTh15, WTh30	加入不等量的氧化钍, 容许电流密度高, 含有微量放射性元素钍
铈 钨	WCe20	加入氧化铈, 引弧电流低, 电弧刚直, 钨极尖端不易熔化, 有极微的放射性

表22-3-16 各种直径纯钨极的容许电流范围

电流种类	各种直径 (mm) 纯钨极的容许电流 (A)				
	1~2	3	4	5	6
交 流	20~100	100~160	140~220	200~280	250~300
直流正接	65~150	140~180	250~340	300~400	350~450
直流反接	10~30	20~40	30~50	40~80	60~100

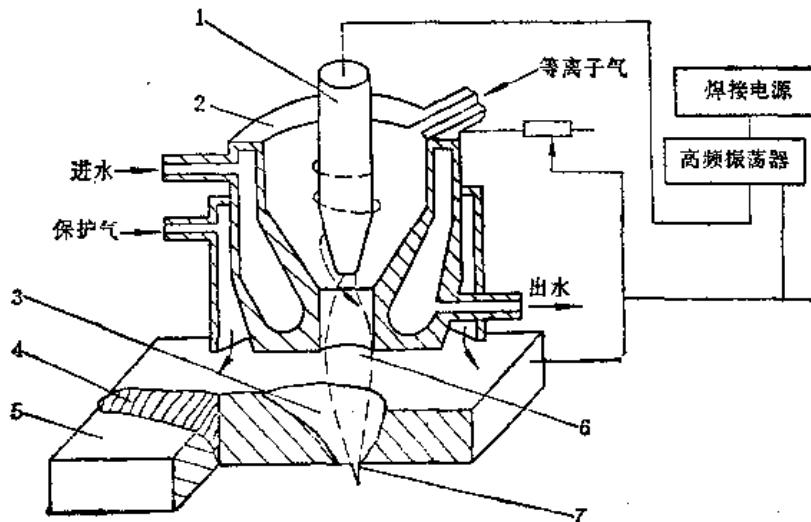


图22-3-5 等离子弧焊

1—钨极 2—喷嘴 3—小孔 4—焊缝 5—母材 6—等离子弧 7—尾焰

8mm的板材可不开坡口, 一次焊透实现反面成形。

2) 用穿透法时, 热影响区比钨极氩弧焊小, 特别适宜焊接马氏体类耐热钢。

按焊透形式的不同, 等离子弧焊有熔透法和穿透法两种。熔透法主要靠等离子电弧形成的焊接熔池, 通过熔池的热传导实现焊透, 其焊透能力与钨极氩弧焊相似, 约3mm左右。穿透法又称“小孔效应”法或“钎孔”法, 是靠刚硬的等离子弧直接熔化和穿透焊缝截面, 穿透的厚度可达7~8mm左右。耐热钢的焊接常用穿透法。

## 2. 马氏体耐热钢的焊接

(1) 焊接特点 马氏体钢的可焊性较差。它有强烈的脆硬倾向, 焊后残余应力也较大, 主要使焊缝热影响区脆化, 容易形成冷裂纹及再热裂纹的倾向。含碳量越高, 则淬硬和裂纹倾向也越大。

(2) 焊条选用 马氏体钢焊接时可选用两种焊条:

1) 与母材成分相近的铬202、铬207焊条(表22-3-17), 焊后要进行热处理;

2) 采用奥氏体钢焊条, 如奥402、奥407等。焊后不进行热处理, 但热影响区有淬硬层。

表22-3-17 马氏体钢的常用焊条

钢号	对接头性能的要求	焊条		预热和热处理
		牌号	合金元素	
1Cr13	抗大气腐蚀或气蚀	铬 202 铬 207	Cr13	预热 150~350℃, 焊后热处理 700~730℃
2Cr13	要求良好的塑性及抗裂性能	奥 402 奥 407	Cr25Ni20	不预热, 大厚件预热 200℃以下, 焊后不热处理

(3) 焊接要点 焊接马氏体钢时, 其操作要点如下:

1) 为了提高焊接接头的塑性, 减少内应力, 避免产生裂纹, 焊前必须进行预热。预热温度可根据焊件的厚度和刚性的大小来决定。为了防止脆化, 一般预热温度不宜超过350℃;

2) 选用大的焊接电流, 以减缓冷却速度, 防止产生裂纹;

3) 焊道要适当宽些或焊条作适当横向摆动, 焊后将焊件缓慢冷却到150~200℃;

4) 当使用马氏体钢焊条焊接时, 焊件应及时进行高温回火处理, 以提高焊接接头的塑性、韧性及抗腐蚀性;

5) 焊接时在焊缝中发生的弧坑裂纹呈龟裂状, 这常常是导致整个焊接工作失败的主要原因。避免弧坑裂纹的理想措施, 是在收弧时采用电流衰减的方法, 以充分填满弧坑。在手工电弧焊时, 如果电流衰减有困难, 则可在收弧处用快速的多次“点弧焊”手法填满弧坑;

6) 手工电弧焊时, 熔池较难控制, 特别在打底层焊接时, 要防止焊穿。焊穿和根部未焊透都是诱发裂纹的重要因素;

7) 打底焊的焊层厚度不能小于2.5mm, 否则焊后沿着焊缝中心线出现裂纹的可能性很大。

### 3. 铁素体耐热钢的焊接

(1) 焊接特点 铁素体钢的塑性和韧性很

低, 焊缝裂纹倾向大。为了避免焊接裂纹的产生, 一般焊接前要预热。铁素体钢在高温下晶粒急剧长大, 使钢的脆性增大。含铬量越高, 在高温停留时间越长, 则脆性倾向越严重。在475~500℃温度间停留一定时间后, 脆性表现得更为严重, 即所谓475℃脆化。另外, 在650~850℃温度区域间停留时易引起 $\sigma$ 相脆化。

晶粒长大还易引起晶间腐蚀, 降低耐腐蚀性能。这种钢在晶粒长大以后, 不能通过热处理使其细化。

(2) 焊条选用 选用焊条时, 必须注意下列事项:

1) 焊接铁素体钢时, 可选用与母材成分接近的焊条, 如铬302和铬307等。用这些焊条时, 焊后需进行热处理。铁素体钢的常用焊条见表22-3-18。

2) 修理时也经常选用奥氏体钢焊条, 如奥307、奥402和奥412等, 由于采用奥氏体钢焊条的焊缝, 其塑性和韧性较高, 焊后不进行热处理。

(3) 焊接要点 焊接铁素体钢时其操作要点如下:

1) 铁素体钢焊接时晶粒容易长大变脆, 宜采用小电流窄焊道, 以防止脆化和裂纹。焊接规范及坡口尺寸见表22-3-19;

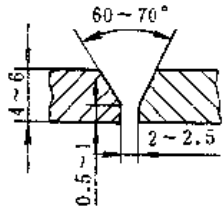
2) 为防止过热, 铁素体钢焊接时, 宜采用快的焊接速度;

3) 焊条最好不摆动, 以得到窄焊道。不要连

表22-3-18 铁素体钢的常用焊条

钢号	对接头性能的要求	焊条		预热及热处理
		牌号	合金系统	
Cr17 Cr17Ti	耐热	铬 302	Cr17	预热 120~200℃, 750~800℃回火
Cr25Ti	抗氧化性	奥 307	Cr25Ni13	不预热, 760~780℃回火
Cr28 Cr28Ti	提高焊缝塑性	奥 402 奥 412	Cr25Ni20 Cr25Ni20Mo2	不预热, 焊后不热处理

表22-3-19 铁素体钢的焊接规范及坡口尺寸

坡口尺寸	焊接层数	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接速度 (m/min)	电弧电压 (V)
	1	3	70~80	230~240	23~25
	2	5	120~130	~300	31~33

续焊接;

4) 多层焊时,要控制层间温度,待前道焊缝冷却到预热温度后,再焊下一道焊缝;

5) 焊接接头经受不起严重的撞击,因此,必须注意吊运和贮存。

6) 为了使焊接接头的组织均匀化,从而提高其塑性和韧性,需进行焊后热处理。一般可采用空冷的退火处理。一旦焊接接头出现了脆化,短时加热到600°C后空冷,可以消除475°C脆性;加热到930~950°C后急冷,可以消除 $\sigma$ 相脆性,得到均匀的铁素体组织。

#### 4. 奥氏体耐热钢的焊接

##### (1) Cr18Ni9 钢的电焊

1) 焊接特点: Cr18Ni9 钢的焊接性良好,具有在水中淬火后塑性和韧性增长的特点,一般不需要特殊的工艺措施。但当焊条选用不当或焊接时工艺不正确时,会出现晶间腐蚀和热裂纹等缺陷。

2) 焊条选用: 奥氏体钢焊条的药皮有钛钙型和低氢型两种。钛钙型焊条使用较多,低氢型焊条的抗热裂性能较高,但抗腐蚀性较差。奥氏体钢焊条的药皮类型及使用特点见表22-3-14。

使用奥氏体钢焊条时,必须注意下列事项:

① 钛钙型焊条的电弧穿透度较浅,适于薄板平焊,不宜用于全位置焊接。由于耐热钢的电阻大,交流焊接比直流容易发红,故应尽可能采用直流电源。低氢焊条需用直流电源,并宜于全位置焊接。

② 使用时必须保持干燥,钛钙型药皮经150°C烘1h,低氢型药皮应经200~300°C烘1h。注意不要多次重复烘干,否则药皮易开裂剥落。同时要防止药皮粘上油污等脏物,以免使焊缝增加碳量而影响焊接质量。

③ 为防止因加热而产生晶间腐蚀,焊接电流不宜过大,一般比低碳钢焊条低20%左右。同时,电弧不要过长,层间要快冷,以窄道焊为宜。

3) 焊前准备: 焊前必须作好下列准备:

① 选用与母材同材质的焊条,使用前需经150~200°C烘干1h。

② 根据钢材厚度和接头型式准备坡口(表22-3-20)。

③ 点固焊时,所用焊条牌号应与正式焊接用的相同,而焊条直径一般应选用较细的。点固焊缝的长度和间距可参考表22-3-21。点固焊缝高度最好不超过焊件厚度的2/3。

④ 焊前应将坡口及其两侧20~30mm范围内的焊件表面清理干净。如有油污杂物,可用汽油、丙酮等有机溶液和不锈钢刷等清洗擦净。

⑤ 必要时采用一些夹具和铜热板等,以防止变形和加快散热。

4) 焊接要点: 电焊 Cr18Ni9 钢时,其操作要点如下:

① 为了防止焊接接头在危险温度范围内(450~850°C)停留时间过长,产生晶间腐蚀,防止接头过热而产生热裂纹,必须采用快速焊及窄道焊。

② 焊接电流一般比碳钢小,根据焊接熟练程度可降低10%~20%左右。焊接电流也可按焊条直径的25~35倍估算。焊接规范见表22-3-22。

③ 用直流电源反接法较适宜,这样电弧稳定,焊件受热温度低。

④ 不允许在焊件上随便引弧,接地线联接板最好用耐热钢板,并使之和焊件接触良好。

⑤ 焊接过程中,焊条最好不作横向摆动。一次焊成的焊缝不宜过宽,一般不超过焊条直径的3倍。

表22-3-20 Cr18Ni9 钢手工电弧焊的接头型式及坡口尺寸

接头型式	板厚 $\delta$ (mm)	间隙 $a$ (mm)	钝边 $b$ (mm)	坡口 $\alpha$ (°)
	2	1.0~1.2	—	—
	3	1.4~1.8	—	—
	3.5	1.5	1.0	$60^{+10}_{-5}$
	4~4.5	2	1.0	$60^{+10}_{-5}$
	5~6	2	1.5	$60^{+10}_{-5}$
	7~10	2.5	1.5	$60^{+10}_{-5}$
	5~14	2	1.5	$60 \pm 5$
	16~35	3	2	$60 \pm 5$
	1~4	$\leq 0.5$	—	—
	5~12	$\leq 1.0$	—	—
	>12	$\leq 1.5$	—	—
	4~6	1.5	$1.5 \pm 0.3$	$60 \pm 10$
	7~12	2	$1.5 \pm 0.3$	$60 \pm 10$
	13~18	2	$2 \pm 0.3$	$60 \pm 10$
	>12	2	$2.5 \pm 0.3$	$60 \pm 10$

表22-3-21 点固焊尺寸

板厚	$\leq 2$	3~5	> 5
点固焊长度	4~8	10~20	20~30
间距	30~50	50~80	150~300

表22-3-22 焊接规范

焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)
2.5	50~80
3.2	80~110
4	119~150
5	160~200

⑥ 多层焊时，在可能条件下，每层施焊的方向应与前一层相反，等焊缝冷到 $50^{\circ}\text{C}$ 以下，再进行下一道焊接。每层焊缝的交接处要错开。

⑦ 焊条角度要正确，运条要稳，电弧不宜太

长，收弧时要填满弧坑。

⑧ 立焊时宜采用灭弧焊，间断时间要短。立焊和仰焊时，要选用比平焊小一些的焊条。尽可能采用平焊位置进行焊接。

⑨ 为防止过热，可采用强烈冷却措施，如用压缩空气吹，以加速冷却焊缝。

⑩ 奥氏体钢本身导热性差，线膨胀系数较大，焊后较易出现变形。变形后只能冷矫，不宜用热矫。

⑪ 在腐蚀介质下工作的表面层焊缝，应尽可能最后焊接，避免工作焊缝多次受热。

(2) Cr18Ni9 钢的气焊 为了获得优质的 Cr18Ni9 钢焊接接头，广泛采用手工电弧焊、钨极氩弧焊工艺。但由于气焊方便易行，可进行各种空间位置的焊接。所以对某些不重要的薄板件及小直径薄壁管或焊后可整体热处理的工件，尚可采用气焊焊接。

1) 焊接特点: 气焊时由于合金元素的烧损, 易在熔池表面形成氧化膜, 影响焊接性能。由于Cr18Ni9钢的导热系数小, 线膨胀系数大, 焊接时变形倾向大, 易产生热裂纹。焊接接头在使用过程中会丧失抗晶间腐蚀的能力, 这一点在气焊时更为突出。

2) 焊丝和焊粉: 选用焊丝时, 尽量采用低碳钢焊丝, 这样不仅可以防止热裂纹, 而且可以提高抗晶间腐蚀性能。常用奥氏体Cr18Ni9钢焊丝的化学成分见表22-3-23。

为保证焊接质量, 可采用气焊粉“粉101”或自行配制。气焊粉有很好的湿润作用, 能防止熔化金属的氧化。Cr18Ni9钢气焊粉成分见表22-3-24。

3) 焊前准备: 焊前必须作好下列准备:

① 根据工件的厚度确定坡口形式, 并制备坡口。Cr18Ni9钢的气焊焊接规范见表22-3-25。

② 为减少过热, 焊嘴号码应比焊接同样厚度的低碳钢小。

③ 严格清理被焊区的污物。

4) 焊接要点: 气焊Cr18Ni9钢时, 其操作要点如下:

① 焊前将气焊粉涂在焊丝上和坡口的正反面。

② 火焰采用中性焰或轻微碳化焰, 以减少合金元素的烧损。

③ 焊接时最好采用左焊法, 焊嘴倾角为 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。

④ 火焰焰心端部离熔池 $2 \sim 4\text{mm}$ 为宜, 焊丝末端要接触熔池, 并与火焰一起沿焊缝移动。

⑤ 焊炬不作横向摆动, 焊速宜快, 焊道宜窄, 焊肉宜薄, 并尽量避免接触过程中断。

⑥ 火焰要集中, 用外焰很好的保护熔池。焊

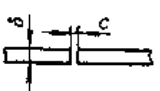
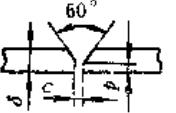
表22-3-23 常用奥氏体Cr18Ni9钢焊丝的化学成分

焊丝名称	化 学 成 分 (%)								
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Ti	P	S
H0Cr18Ni9	$\leq 0.06$	1.0~2.0	0.5~1.0	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	$\leq 0.03$	$\leq 0.02$
H1Cr18Ni9	$\leq 0.14$	1.0~2.0	0.5~1.0	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	$\leq 0.03$	$\leq 0.02$
H0Cr18Ni9Ti	$\leq 0.06$	1.0~2.0	0.3~0.7	18.0~20.0	8.0~10.0	—	0.5~0.8	$\leq 0.03$	$\leq 0.02$
HCr18Ni11Mo	$\leq 0.06$	1.0~2.0	0.3~0.7	18.0~20.0	8.0~12.0	2.0~3.0	—	$\leq 0.03$	$\leq 0.02$
H1Cr18Ni9Nb	$\leq 0.09$	1.0~2.0	0.3~0.8	18.0~20.0	9.0~11.0	Nb 1.2~1.5	—	$\leq 0.03$	$\leq 0.02$

表22-3-24 Cr18Ni9钢气焊粉成分

焊粉成分	大理石	二氧化钛	瓷粉	砷铁	钛铁	钼铁
含量 (%)	20	20	30	6	6	10

表22-3-25 Cr18Ni9钢气焊焊接规范

接头形式	焊件厚度 $\delta$ (mm)	间 隙 $c$ (mm)	钝 边 $p$ (mm)	焊丝直径 (mm)	焊嘴号码	氧气压力 (MPa)
	0.8~1.5	1~1.5		1~2	H01-6, 2*	0.2
	1.5~3.0	1.5~2	0.5~1	2~3	H01-6, 2*	0.2~0.25

接结束时, 焊炬应慢慢离开熔池, 并填满熔池, 否则会出大气泡。

⑦ 双面焊接时, 接触腐蚀介质的面应后焊。

### (3) Cr25Ni20 钢的电焊

1) 焊接特点: Cr25Ni20 钢在焊接时, 要注意防止产生  $\delta$  相和微弱裂纹两个问题。如焊缝长时间在  $650\sim 900^\circ\text{C}$  范围内加热, 会产生新组织成分  $\delta$  相, 致使焊缝塑性和冲击韧性急剧下降, 并可能使焊接结构发生脆性破坏。如已产生  $\delta$  相, 则可将焊缝加热到  $1000^\circ\text{C}$ , 维持  $2\sim 4\text{h}$  后, 进行水淬, 即可消除。

2) 焊前准备: 焊前必须作好下列准备:

① 选用与母材相同的焊条, 如奥402和奥407等。焊条使用前需在  $150\sim 200^\circ\text{C}$  烘干  $1\text{h}$ 。

② 根据钢材厚度及接头形式准备坡口, 见表 22-3-26 所示。

③ 点固焊长为  $25\sim 30\text{mm}$ , 一般为四点。弧坑外易产生裂纹, 应用薄片胶质砂轮磨削掉。为防止裂纹, 点固焊和第一道焊缝最好选用双相焊条,

如奥307。

④ 焊前一定要检查坡口处有无裂纹, 如有应除去。

⑤ 用丙酮等清洗坡口的油污杂物, 焊口两边各  $50\text{mm}$  内要涂以专用的防护膏, 以防止飞溅损伤表面。

3) 焊接要点: 焊接 Cr25Ni20 钢时, 其操作要点如下:

① 焊接电流比碳钢小  $10\%$  左右, 第一遍用  $90\sim 100\text{A}$ , 其余各层用  $\phi 3.2\text{mm}$  焊条时, 电流选用  $100\sim 110\text{A}$ 。

② 操作时焊肉要薄些, 以免热影响区过热。

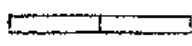
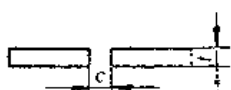
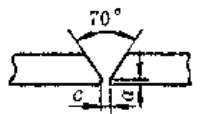
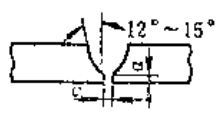
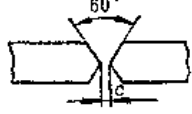
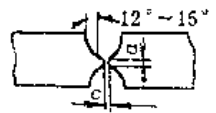
③ 焊条可作小幅度横向摆动, 使每层焊肉较平, 切不可使基体金属与焊肉形成凹槽, 否则易造成夹渣。

④ 转动焊时用多层单道焊, 横焊时用多层多道焊, 见图 22-3-6 所示。

### (4) Cr18Ni25Si2 钢的电焊

1) 焊接特点和焊前准备: Cr18Ni25Si2 钢的

表 22-3-26 Cr25Ni20 钢的焊接接头形式及坡口尺寸

接头形式	板厚 $t$ (mm)	间 隙 (mm)	钝边 $a$ (mm)	坡 口 (mm)
	<1.5	无间隙	—	
	1.5~5	$\frac{1}{2}t$	—	
	3.5~12	0.8~1.5	1.5	V型70°
	>10	1.5~2.5	1.5~2.5	U型12°~15°
	>20	1.5	—	X型60°
	>20	1.5~2.5	2~3	H型12°~15°

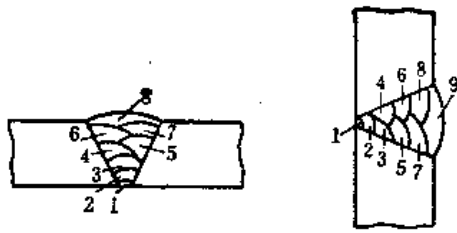


图22-3-6 Cr25Ni20钢多层焊接顺序

焊接特点主要是避免因熔池尺寸过大，引起焊缝金属在高温停留时间加长，而产生热裂纹。手工电弧焊时，可选用奥402或奥407焊条。

2) 焊接要点：焊接 Cr25Ni20 钢时，其操作要点如下：

- ① 焊接前，一般情况下不预热。有时为了防止产生裂纹，尤其冬季在室外作业时，在焊接区必须稍加预热。
- ② 一般选用直流电源反接，焊条接正极。
- ③ 应力求减少单位长度上的电弧能量，得到浅而小的熔池，以避免产生裂纹和铬的烧损。为此，电流大小要适当，一般应比同直径的低碳钢焊条小10~20A，并尽量加快焊接速度。
- ④ 薄板焊接过程中，焊条不作摆动。多层焊接时，特别是最后一道焊缝一定要作摆动。熄弧前应将弧坑填满，以防产生裂纹。
- ⑤ 一层焊不满，可采用多层焊。当焊完一道焊缝后，必须彻底清除焊缝上的药渣，并等温度降到接近室温或预热温度后，再继续焊接。
- ⑥ 为了改善焊缝组织，消除内应力，可考虑采取下列规范进行热处理：加热到1050~1100℃，工件厚度每25mm 保温1小时，然后在空气中自然

冷却。

(5) 铬锰氮钢的电焊：

1) 焊接特点：铬锰氮钢有较好的焊接性，抗裂性能良好。由于铬锰氮钢中含有较多的氮，故比 Cr18Ni9 钢的气孔敏感性要大。

2) 焊前准备：焊前必须作好下列准备：

- ① 为了防止铬锰氮钢焊接时产生气孔，应使焊缝金属内有足够高的铬锰，以提高氮的溶解度。配制焊条药皮成分时，如采用大理石-萤石碱性药皮，应尽量减少萤石含量。
- ② 一般采用奥407焊条，焊接前要烘干。
- ③ 坡口采用V型或U型，可以多层堆焊。焊前准备以及焊接顺序与 Cr18Ni9 钢相同。

3) 焊接要点：焊接铬锰氮钢时，其操作要点如下：

- ① 焊接时采用直流正极性短弧焊，焊速不宜太快，一般可在10m/h左右。
- ② 焊接电流可比碳素钢小，但要比 Cr18Ni9 钢略大，因铬锰氮钢熔池也比 Cr18Ni9 钢更粘稠。在一般情况下，焊接电流用： $\phi 4\text{mm}$  焊条 < 120A， $\phi 3\text{mm}$  < 90A。
- ③ 铬锰氮钢焊条飞溅较大，故要将电压压低一些。
- ④ 立焊、仰焊成型性能比 Cr18Ni9 钢差些，焊接时应引起注意。
- ⑤ 焊后一般不进行热处理，只有需要切削加工时，在焊后要进行900℃加热，保温6h的退火处理。

5. 耐热钢焊接缺陷

耐热钢常见焊接缺陷见表22-3-27。

表22-3-27 常见焊接缺陷分析

缺陷名称	产生原因	防止措施
热裂纹	1. 焊接材料化学成分不当 2. 熔化金属冷却太快 3. 对于可淬性高的钢，未进行预热或退火 4. 存在于奥氏体晶界上低熔点杂质的影响	1. 选好焊接材料 2. 避免过快冷却 3. 做到焊前预热、焊后退火 4. 选好钢材
气孔	1. 熔化金属冷却太快，气体来不及从焊缝中逸出 2. 焊条涂料太薄或受潮 3. 电弧太长，空气容易进入熔池；电弧太短，阻碍气体外逸 4. 焊件及焊条上沾有锈、漆、油等污垢，在电弧热能作用下，气化而放出气体	1. 选择适当的电流，运条速度不应太快 2. 注意保管焊条，使用前必须烘干 3. 根据焊条的性质，选择适当的电弧长度 4. 消除附着于焊件及焊条表面的污垢



(续)

缺陷名称	产生原因	防止措施
夹渣	1. 焊件边缘及焊层之间清理不干净, 焊接电流太小 2. 熔化金属凝固速度太快, 熔渣来不及浮出 3. 运条不当, 熔渣与铁水分离不清, 阻碍了熔渣的上浮 4. 熔池内含氧、氮、锰、硅等成分愈多, 则形成夹杂物的机会也愈多	1. 注意坡口及焊层间的清理, 将凹凸不平处铲平 2. 避免焊缝金属冷却过速, 选择适当的电流施焊 3. 运条正确, 弧长适当, 使熔渣能浮到铁水表面 4. 选用合适的焊条
咬边	1. 焊接电流过大 2. 焊条熔化过快, 不易控制焊缝成型 3. 焊接角度不适当	1. 焊接表面焊缝时, 应选择适中或略小电流 2. 适当的运条速度 3. 正确掌握焊接角度
未焊透	1. 电流强度不够, 运条速度太快 2. 对口不正确, 如钝边太厚, 对口间隙太小, 根部很难熔透 3. 焊条角度不对以及电弧偏吹 4. 焊件散热速度太快, 焊接金属迅速冷却	1. 掌握好电流大小 2. 正确选择对口规范 3. 运条中随时注意调整焊条角度 4. 对散热面大的焊件, 应在焊前预热

## 6. 耐热钢的切割

近年来, 耐热钢的切割已广泛地应用等离子切割新工艺, 生产效率高, 切割质量好, 因此, 在有条件的地方应尽可能采用等离子切割。在无等离子切割的情况下, 还可采用氧-乙炔火焰切割或电弧切割。

(1) 气割 耐热钢采用气割时, 主要困难是切割表面易生成高熔点 (1990°C) 氧化铬薄膜, 阻碍了氧气与金属表面的接触, 使切割过程难以进行。因此, 必须采取一些特殊工艺措施, 目前国内采用的气割工艺有振动气割、间断法切割法、氧-熔剂切割法以及氧-砂切割法等。

1) 振动气割法: 其原理是: 依靠预热火焰的高温, 先将高熔点的氧化铬熔化, 然后用切割氧流把已熔化的氧化膜吹除, 使氧与割缝前缘的金属接触发生燃烧, 同时把熔渣排除。这样便完成了一次气割过程。这时略为将切割氧从切割部位移开, 再让预热火焰把新形成的氧化膜熔化, 然后再一次把切割氧移向割缝前缘进行气割。所以, 振动气割法就是: 预热-排除高熔点氧化物-金属燃烧反复交替的气割过程。

振动气割法的具体操作要点如下: 采用普通割炬和割嘴, 将预热火焰能力加大 (但仍为中性焰), 并把切割氧压力适当提高 (约高 15%~20%)。切割时, 利用预热火焰将工件边缘加热至

熔融状态后, 开放切割氧, 稍微抬高割嘴, 熔渣即从切口下部流出, 这时立即将割嘴沿切割线做一定幅度的前后、上下的摆动, 即可达到连接切割的目的。振幅为 10~15mm, 摆动次数约为每分钟 60~80 次。这种工艺适于切割厚 500mm 以下的耐热钢浇冒口。

振动气割法的优点是可用常用设备, 容易掌握。缺点是切割速度低, 燃气特别是氧气消耗量大, 切口面粗糙, 劳动强度较大。

2) 间断氧切割法: 其原理与振动气割法相似, 只是完成一次切割过程后, 暂时关闭切割氧, 待氧化膜熔化后, 重新打开切割氧进行气割。

3) 氧-熔剂切割法: 该法是在切割的同时向切割处送进熔剂 (一般为铁粉), 利用铁在氧中燃烧所产生的高温把金属氧化膜熔化, 并增大熔渣的流动性, 从而实现连续气割的方法。氧-熔剂切割法分为内送粉式 (即铁粉经切割氧孔, 随切割氧流一起送到切口中) 和外送粉式 (即铁粉从割嘴外面的送粉孔道送到切口中) 两种。前一种方法只适用于切割厚度 500mm 以下的耐热钢, 后一种方法利用特制割嘴可切割厚 1300mm 的耐热钢铸锭。

4) 氧-砂切割法: 它是在切割氧中加入砂粒, 利用其机械冲刷作用破坏氧化膜而实现连续切割的。

(2) 电割 在现场一般采用电弧切割, 使用

碳素钢焊条，其切割电流要大，一般采用焊条的最大允许电流。切割时最好使用电弧侧面切割耐热钢，这样可以获得光滑的表面，以利焊补。

### (五) 耐热钢构件的制造

炉用耐热钢构件多半采用光洁铸件，如炉罐、底板、导轨以及塔锅等。综合常用耐热钢种的铸造特点，对其构件的结构设计提出如下工艺要求：

1) 在砂型铸造条件下，耐热钢构件的适宜壁厚为10~22mm，表面积大的铸件取上限，反之取下限。在此壁厚范围内既能满足液体金属充满铸型的要求，又能保证构件断面获得较高的机械性能。

2) 构件壁厚应均匀，壁或筋的相互连接处应采用减少铸造内应力结构，因为当内应力过大时，铸件表面或圆角处易出现缩裂或内部出现疏松现象等缺陷。所以垂直壁相交处尽可能做到圆角过渡，筋交接处选丁字型结构较好。

3) 耐热钢固态收缩大，金属导热性差，在铸造过程或切割、焊补过程中由于冷却收缩不均匀，容易造成弯曲变形，因此，设计时必须注意构件外形对称分布。底板类构件最易变形，一般能出现0.6%~1%的弯曲量。

4) 耐热钢切削性能差，大都在毛坯状态下使用，因此，在选定构件间相互关联的尺寸时，应考虑铸件的尺寸偏差和铸件表面出现的凸瘤、毛刺等残留物。其有关偏差尺寸分别见表22-3-28和表22-3-29。

表22-3-28 耐热钢铸件允许

铸件最大尺寸	尺寸偏差 (mm)				
	公称尺寸	公称尺寸	公称尺寸	公称尺寸	公称尺寸
	≤120	120~260	260~500	500~800	800~1200
<500	±1.8	±2.2	±3.0	—	—
500~1250	±2.0	±2.5	±3.5	±5.0	±6.0

表22-3-29 耐热钢铸件的壁厚

图示尺寸	允许偏差 (mm)		
	允许偏差	允许偏差	允许偏差
图示尺寸	<10	10~20	20~40
偏差值	±2.0	±3.0	±4.0

#### 1. 炉罐

一般常用的炉罐是指井式气体渗碳炉炉罐，见

图22-3-7所示。RJJ型井式气体渗碳炉的炉罐及其附件的尺寸和单重分别见图22-3-8、图22-3-9和图22-3-10。

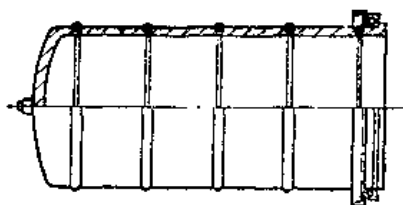


图22-3-7 井式渗碳炉炉罐

由于炉罐的工作条件较差，因此，对用作炉罐的耐热钢材料必须具备下列条件：

1) 焊接性好，焊接部位不易产生气孔，以满足高温时的气密性要求。

2) 在高温时应保持必要的力学强度，不致因蠕变较快而变形开裂。

3) 具有良好的高温耐蚀性，热膨胀系数小，即使在反复加热冷却的情况下，其表面氧化层也不致被破坏。

4) 有一定的抗渗碳能力。铬镍钢容易引起表面渗碳，而导致脆化，但随着含镍量的增加，渗碳反应减小。

目前常用炉罐材料一般有Cr18Ni25Si2和铬锰氮钢两种。由于Cr18Ni25Si2钢的流动性不好，整个炉罐往往需要分成几节铸成，然后加工坡口，再行焊接（图22-3-11）。

炉罐焊接时必须注意下列事项：

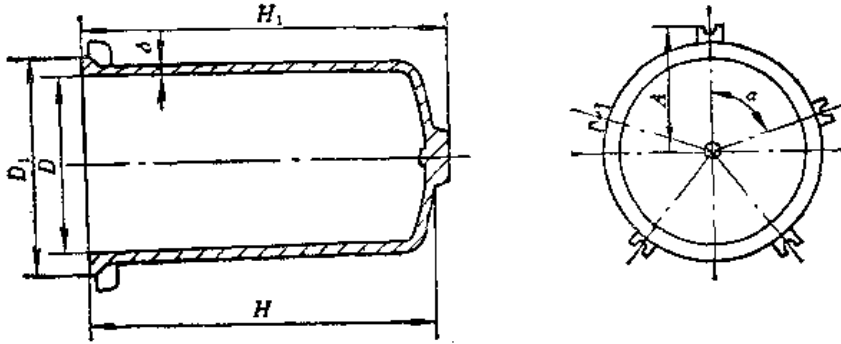
1) 将焊接处以及距离焊接区20mm范围内的油污，脏物等去除，并且达到无黑皮为止。

2) 使用直流电焊机，焊接时采用反极法。采用奥407焊条，焊接电流如表22-3-30所列。

3) 将炉罐倒扣在地上，由下往上逐节点固，但一定要点牢。待每个焊缝都焊完第1层后，方可焊接第2层，以防止过热变形。

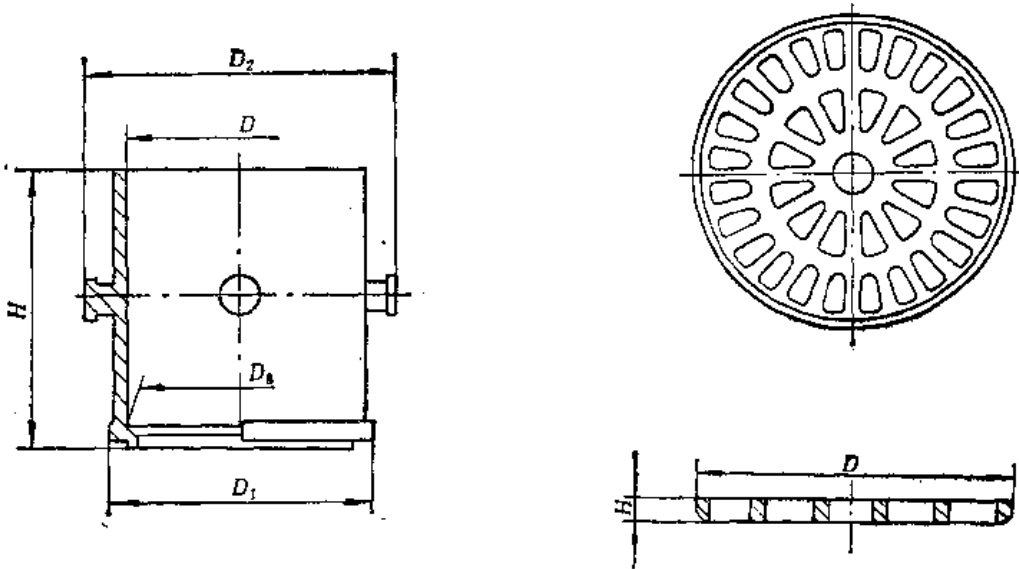
4) 焊缝层数为6~7层，每层厚度为2.5~3mm。各层的焊接法是：第1层焊接之后，在焊第2层时，第2道和第3道焊缝采取一左一右，而第4道则压在中间（图22-3-12）。依次类推，直至最后一层。

5) 焊接时电弧应尽量压低（1~2mm），不得使用过长的电弧，尤其是第一层焊缝。运条要



炉子功率 (kW)	主要尺寸 (mm)							单件约重 (kg)
	D	D <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	δ	A	a	
25	450	550	908	938	20	316	72°	240
35	450	550	1095	1125	20	316	72°	300
60	630	724	1114	1144	20	402	36°	500
75	680	724	1425	1455	20	402	36°	560
90	780	880	1465	1495	20	440	36°	700
105	780	880	1770	1800	20	440	36°	900

图22-3-8 RJJ型井式气体渗碳炉用炉罐



炉子功率 (kW)	主要尺寸 (mm)					单件约重 (kg)
	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	H	
25、35	335	345	405	300	325	52
60、75	485	495	555	450	330	67
90、105	635	650	705	600	335	123

图22-3-9 RJJ型井式气体渗碳炉用装料筐

炉子功率 (kW)	主要尺寸 (mm)		单件约重 (kg)
	D	H	
25、35	290	30	7
60、75	440	30	16.5
90、105	585	30	23.5

图22-3-10 RJJ型井式气体渗碳炉用炉圈

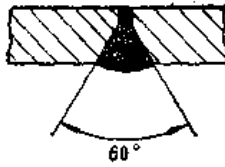


图22-3-11 炉罐焊接接口形式

表22-3-30 焊接电流的选择

焊条直径 (mm)	φ 3	φ 4	φ 5	φ 6
焊接电流 (A)	75~90	90~120	150~180	180~230

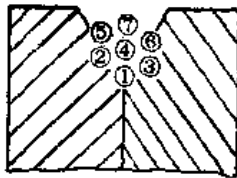


图22-3-12 焊缝各层的焊法

稳，不作摆动。以减少熔化金属的热膨胀及应力作用。

6) 焊接速度在保证焊透的情况下，应尽快地进行，以免受热过高，增加变形和降低强度，降低耐腐蚀性能。

7) 每层的焊条熔渣必须彻底清理干净，并稍待冷却后，用小锤轻击焊缝周围，以消除应力。

8) 为了防止炉罐漏气，待外部焊缝全部焊完再焊内部，但焊缝层数可减少为两层。

9) 焊缝末端不允许有弧坑裂缝。为此，焊到最后收尾时，焊条电弧在弧坑上应稍停留，并且要将熔滴压低，以避免产生裂纹。

10) 在焊接过程中若发现有缺陷（如裂缝、未焊透等），必须全部铲除，重新焊补。

11) 焊接时不能受风、雪、雨的直接侵袭。

12) 待全部焊完后，对焊缝须进行煤油渗漏试验。可沿焊缝水平位置涂刷煤油，每小时检查一次，直至不出现漏油为止。

13) 焊缝表面不应有夹杂物和气孔，周围没有过多的飞溅物质。

铬锰氮钢的流动性好，因此，铬锰氮钢炉罐均已改为整体铸造。

## 2. 底板

根据底板在炉内的使用情况可以分为两种，一是在底板上直接承放工件，受双面加热，如箱式电阻炉；另是在底板上滑动承受工件负荷的链条，这种底板仅受单面加热，如传送带式炉。因此，两者的使用寿命也不一样。

底板的结构比较简单，呈平板型(图22-3-13)。但当炉底有多块底板铺成时，则相互间咬口连接。咬口处须经机械加工，使其铺放平正，以便滑动链条、敷设导轨或是减少氧化皮掉落的机会。

箱式电阻炉用底板最好单独铸成一块，不要由多块组成，因为咬接处易变形，造成投取工件的困难。若采用铬锰氮钢，则RX3-30-9型和RX3-45-9型箱式电阻炉均可改铸为一块底板。

铸造后的底板应用风动砂轮清除毛刺，使其底部平正。往炉内安放前，首先要检查砌砖的水平情况，力求底板安放平正，受力均匀。对有咬接的底板，还要求压接严密，以防氧化皮掉入炉底，引起炉底电热元件的短路。

## 3. 导轨

导轨的断面形状有工字形、圆形和槽形等。较短的导轨应制成一整根，较长的导轨应分段制作。随着导轨在炉膛中安装方式的不同，又有整根式导轨、组合式导轨和整体式导轨之分，如图22-3-14所示。

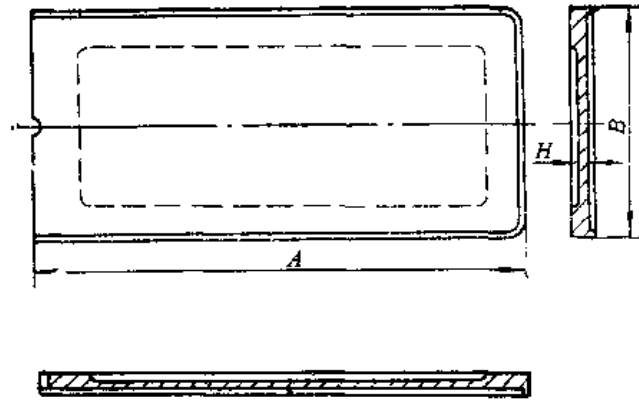
除圆形导轨系轧件外，其它各种导轨均是铸件。铸造的导轨表面应光洁、平正，不允许有大的砂眼、夹渣以及高低不平 and 弯曲变形现象。

安装整根式导轨时，应在一端固定，而让另一端能自由膨胀。由于不分段，安装方便，使用可靠，但炉膛长度受到限制。

对于组合式导轨，首尾两端同样只需一端固定，且多半固定在进料端，其余各段相互之间还应应用螺栓并联，然后放在钢枕上，以免导轨在使用过程中位移、抬起和倾倒。为了防止螺栓的拉长变形而折断，最好在接头处衬垫一块垫板(图22-3-15)，以限制其伸长。

当导轨分段接头时，应倒角过渡。槽形导轨的接头处不仅要对齐接好，间隙均匀，而且最好铸成喇叭形，以便滑块能顺利地通过，不致因错差而发生别卡现象。

采用三根导轨支承料盘时，中间导轨轨顶应比两旁轨顶低约2mm，以限制料盘在使用过程中的下



炉子功率 (kW)	主要尺寸 (mm)			组合 (块/套)	每套约重 (kg)
	A	B	H		
15	785	360	12	1	36
30	1140	500	12	2	71
45	1360	650	12	2	124
60	1800	780	12	6	204
75	2070	936	12	6	260

图22-3-13 RX 3 型箱式电阻炉用底板

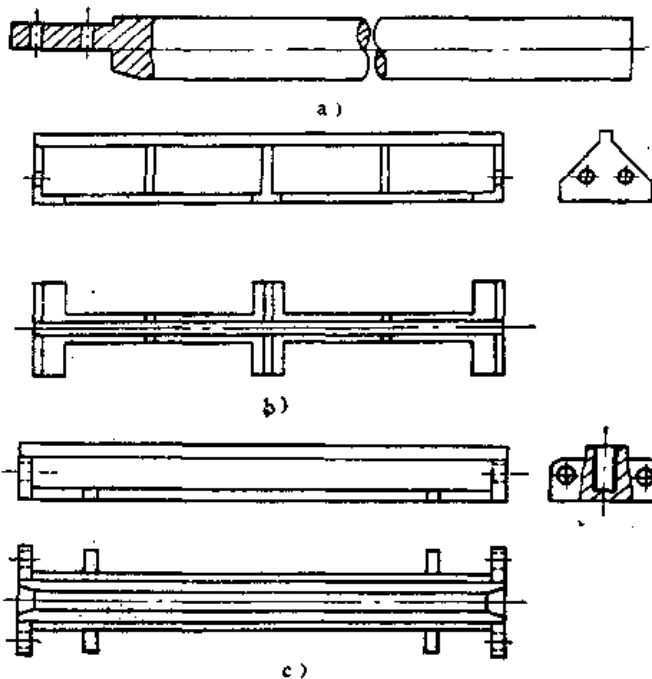


图22-3-14 常用导轨结构形式

a) 整根不分段 b) 单根组合 c) 整体组合

垂。

安装整体式导轨时，每块导轨之间必须留有适当的膨胀缝，以利自由膨胀。如料盘底部不设导向

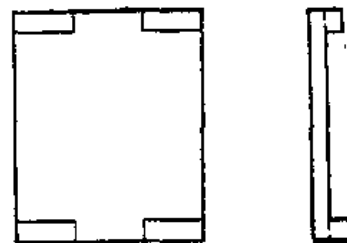


图22-3-15 垫板

槽(或筋)，则导轨结构上应在进料端设置料盘导向装置。大型推杆炉的中部和转向处，导轨必须有若干导向装置。导向装置设在导轨上或轨枕上，如图22-3-16所示为带翼形导向导轨。

在炉内安装导轨时，各部位的允许偏差见表22-3-31。

除导轨外，支承料盘的形式还有固定式滚珠、滚轮和滚球等，如图22-3-17所示，但大型推杆炉则很少采用。

#### 4. 料盘

料盘在热态下承受工件重量、传递推料机推力，必须具有足够的高温强度。料盘的结构型式是

表22-3-31 安装导轨时各部位的允许偏差

偏差名称	允许偏差 (mm)	
轨距	± 3	
直线性	$\frac{1}{1000}$ (全长内应小于 5 mm)	
与炉膛中心线	± 4	
水平度	± 3 (全长内应小于 5 mm)	
接头左右错差	工字形和圆形导轨	± 1
	槽形导轨	± 0.5
接头高低错差	工字形和圆形导轨	± 1
	槽形导轨	± 0.5

多种多样的，一般有普通型、底部带导向型和不随工件淬火型等（图22-3-18）。

(1) 普通型料盘 制造简单，不易变形，上下可翻转，使用寿命长，但导轨需设导向装置。

(2) 底部带导向型料盘 推料时稳定，并可使导轨结构简单化，相比之下，带槽的使用时较易变形。导向槽宽应比轨顶宽 5~10mm，槽面和筋间均须经切削加工。

(3) 不随工件淬火型料盘 在出炉后，由两耳支撑在导轨上，料盘翻转，工件自动掉入淬火

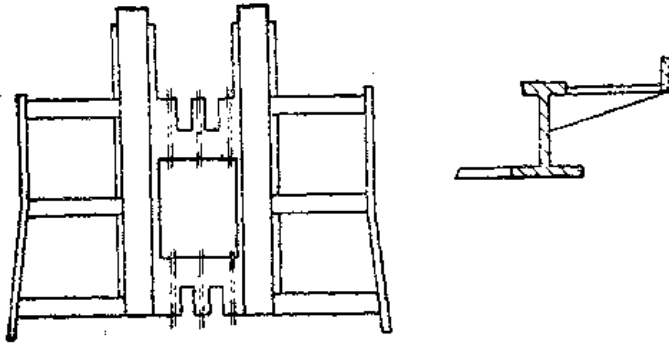


图22-3-16 带梯形导向导轨

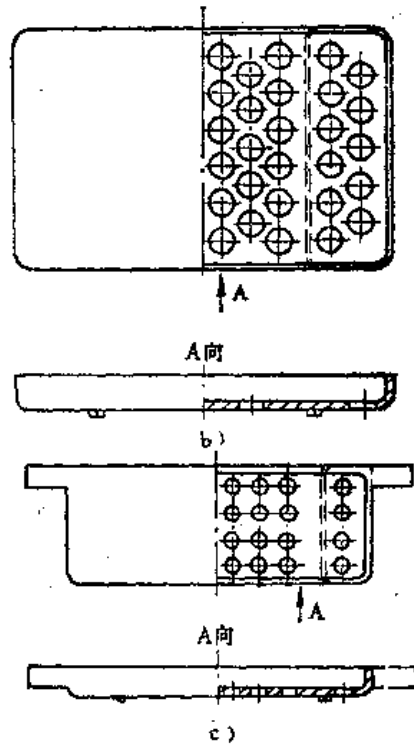
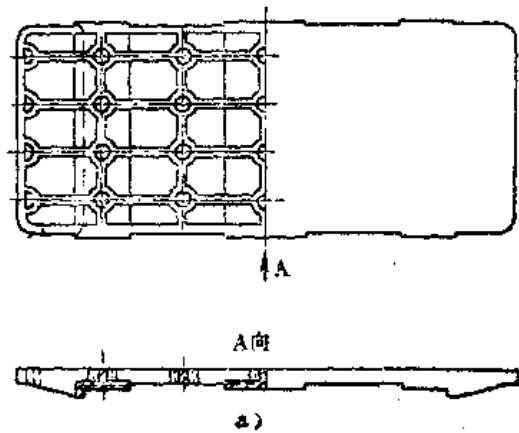


图22-3-18 常用料盘结构型式

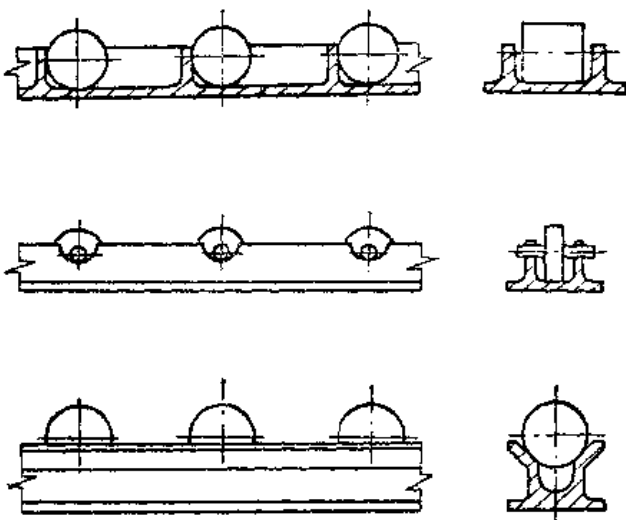


图22-3-17 导轨上的滚珠、滚轮和滚球

a) 滚珠 b) 滚轮 c) 滚球

槽。由于料盘不淬火，不经受温度的急剧变化，因此使用寿命长。

料盘一般用耐热钢铸成，其尺寸由典型工件的形状和装载量决定。长方形料盘变形小，炉内转向运送方便，应用较普遍。在保证强度的前提下，料盘开孔面积应尽量大，但分布要均匀。

设计开孔图形时，应注意避免淬火时造成开裂。料盘的高度一般为40~60mm，过薄的料盘会产生错盘现象。料盘的上面不允许有较大的砂眼、夹渣以及高低不平的现象，因为这会直接影响被热处理工件的质量。用于侧推料的料盘，其四角的圆弧应较大。料盘受力的两侧要加工平行，其四边相互垂直，对其技术要求见图22-3-19。

### 5. 风扇

热处理炉采用风扇是为了在炉内形成强迫气流，致使炉温均匀，并可促使金属热处理过程的进行。炉用风扇一般有离心式和轴流式两种。

离心式风扇的叶轮一般均为径向叶片结构。这种叶轮结构简单、坚固，高温下使用寿命较高，而

且在运行中不会在叶片上堆积灰分等杂质，动平衡也不会因此而被破坏，所以又称自清式叶轮，使用较为广泛。炉用风扇结构见图22-3-20。

风扇叶轮和轴的材料随着炉温的高低而不同，一般可按表22-3-32进行选用。

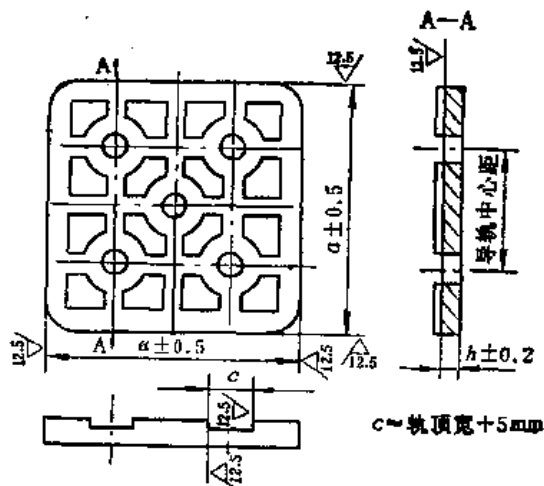


图22-3-19 料盘的技术要求

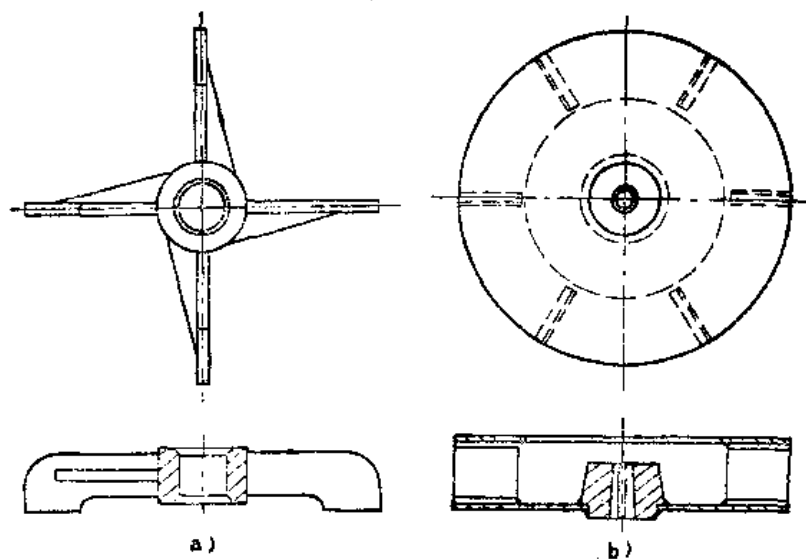


图22-3-20 炉用风扇

表22-3-32 风扇材料的选用

炉温 (°C)	最大圆周线速度 (m/s)	选 用 材 料
<400	$N \leq 100$	普通结构钢 (水冷轴承)
400~700	$N \leq 30$	1Cr18Ni9Ti
>700	$N \leq 20$	Cr23Ni8、Cr18Ni25Si2、Cr25Ni20Si2

叶轮可由钢板焊接或铸造而成。叶轮做成后必须进行平衡试验,方可安装使用。

作静平衡试验时,首先用粉笔在叶轮上作上记号,然后将叶轮的轴平放在棱形座上作旋转运动,并等待其自行停下为止。当轴停止运动后,注意粉笔记号的位置。如果每一次记号都在同一位置上,则表示此时在下部位置的叶轮部分最重。这时可用堆焊加重或钻孔减重叶轮的相反部分,直到校正平衡。

### (六) 耐热钢构件的使用

耐热钢构件随着钢种成分和使用条件(炉温高低、冷热变化、负荷大小和介质成分等)的不同,其损坏情况也各不一样。耐热钢构件在使用中经受的腐蚀形式见表22-3-33。

表22-3-33 耐热钢构件的腐蚀形式

腐蚀形式	产生原因
高温烧蚀	在高温空气中加速耐热钢的氧化烧损
炉气腐蚀	在高温炉气中,遭受含碳、含硫、含氮气体以及灰分的腐蚀
液体侵蚀	接触流动的熔盐(如硝盐、KCl、NaCl、BaCl <sub>2</sub> 等),形成点腐蚀
应力腐蚀	当受到内部或外部应力作用时,在交变应力下发生疲劳腐蚀
晶间腐蚀	奥氏体钢晶界中析出碳化物,沿着晶界形成晶间腐蚀

#### 1. 炉气腐蚀

炉气腐蚀是指耐热钢在高温下遭受周围气体的腐蚀。这种腐蚀随耐热钢种、炉内温度、气流速度以及气体性质的不同而有明显的差异。

(1) 含硫气体 如果周围的气体中含有大量的硫,通常是硫化氢或二氧化硫,将使构件的腐蚀速率比单受氧化性气体的腐蚀速率要快好多倍。

在高温的H<sub>2</sub>S或含硫蒸汽的还原性气氛中,镍易与硫化合在晶界上,形成低熔点的NiS网状组织,而发生脆裂,尤其是含高镍的钢。

废气中含有SO<sub>2</sub>,在触媒的作用下,可以转化为SO<sub>3</sub>。它遇水汽后又变为硫酸,而侵蚀炉用耐热钢构件。

(2) 含碳气体 渗碳是构件表面从含碳的气体中吸收碳,并向金属内部扩散的过程。当构件表面的碳含量高时,易于生成铁的碳化物,使其周围

的基体贫铬。铬的贫化会降低材料的耐腐蚀性能,使构件在氧化性的环境中周期工作时迅速氧化。如果含碳气体使基体中的铬含量贫化,则表皮下的氧化会加快,这叫“绿蚀”。

大量析出碳化铬,还会降低耐热钢的塑性和韧性。从渗碳炉的夹具和料盘的使用情况来看,高镍钢因吸收碳而引起脆化的程度比较快。往钢中添加硅和铬可降低碳的吸收和扩散速度,其中硅的作用尤为明显。

(3) 含CO气体 在高温时,镍将与CO化合生成Ni(CO)<sub>4</sub>气体,而由金属表面逸出,留下孔洞,使这种侵蚀作用进一步向合金内部继续发展,以致造成破坏。

(4) 含氮气体 含氮气体会引起氮化而使材料发脆。防止脆化的有效合金元素是镍,含镍越高,其效果也越好。

(5) 含灰分的气体 重油等燃料的灰分中含有V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,它的熔点为675°C,一旦附着于金属表面上,即和氧化皮组成低熔点的液体而流失,使钢进一步氧化,这种现象叫做钒蚀。一般来说,奥氏体钢易受钒蚀,只有含铝、硅,不含镍的钢才相适应,然而含镍铬更高的钢也能抗钒蚀。

#### 2. 耐热钢构件的损坏现象

(1) 炉罐 铬锰镍钢炉罐在使用过程中损坏的主要现象是开裂、氧化和变形等。其中开裂现象对炉罐的使用寿命影响最大,因为炉罐一旦开裂,就难以保证炉子的渗碳工艺。

(2) 底板 底板的工作条件十分恶劣,它的上、下两面都处于受热状态,投料时受到强烈的冲击和摩擦,打开炉门或投料后温度急剧变化,底板上还承受着工件的全部压力。因此,它的损坏现象主要是变形、开裂以及氧化掉皮后板厚变薄。

(3) 导轨 导轨的损坏现象主要为变形、裂纹和拉断。在火焰炉中要特别注意不使火焰直烧导轨。由于圆形导轨是安放在耐火砖槽内,往往由于砖的质量或砌筑不好,如砌砖体局部下陷、个别砖块掉落等,而使导轨变形。

槽形导轨在高温下承受负荷后,滑槽容易产生不规则的张开扩大,而使导轨接头处或其顶部变得不平正,直接影响滑块的正常移动。槽形导轨安装质量不好或是滑块磨损后的别卡,都能缩短其使用寿命。

(4) 坩埚 坩埚外壁面长期经受高温氧化,



表22-3-34 耐热钢构件的使用寿命

工业炉				炉内介质	耐热钢构件			平均使用寿命(月)
名称	用途	热源	工作温度(°C)		名称	化学成分	材料状态	
箱式炉	淬火	电阻	880	含碳可控气氛	底板	Cr 9 Si 2	铸件	6~8
					底板	CrMnN	铸件	8~12
					底板	Cr23Ni 3	铸件	18~24
井式炉	渗碳	电阻	950	渗碳气氛	炉罐	CrMnNNi	铸件	12~19
					炉罐	Cr18Ni25Si 2	铸件	24~36
					炉槽	CrMnN	铸件	12~18
					罐座	CrMnN	铸件	24~36
					风扇	CrMnN	铸件	6~8
井式炉	回火	电阻	650	—	护架	CrMnN	铸件	24~36
坩埚式炉	盐浴淬火	电阻	880	BaCl <sub>2</sub> 、NaCl等	坩埚	CrMnNNi	铸件	6~10
坩埚式炉	黄铜保温	电阻	1000	黄铜	坩埚	CrMnNNi	铸件	1~1.5
坩埚式炉	铅浴淬火	电阻	880	铅液	坩埚	CrMnNNi	铸件	4~6
电极盐浴炉	淬火	电阻	1300	BaCl <sub>2</sub> NaCl等	电极	Cr13	轧件	4~5
滚筒式炉	渗碳	电阻	940	渗碳气氛	滚筒	Cr18Ni25Si 2	铸件	8~10
鼓形炉	加热	电阻	840	—	炉罐	CrMnN	铸件	6~8
振底炉	淬火	电阻	880	含碳可控气氛	炉底板	CrMnN	铸件	3~4
推杆式炉	淬火	电阻	900	—	导轨	CrMnN	铸件	60~72
					料盘	CrMnN	铸件	3~4
传送带式炉	淬火	电阻	860	含碳可控气氛	链条	CrMnN	铸件	12~24
					链条	Cr23Ni18	轧件	24~36
传送带式炉	光亮退火	电阻	960	含碳可控气氛	链条	Cr25Ni20	轧件	5~6
升降式炉	退火	电阻	960	—	小车盖板	CrMnN	铸件	8~10
					小车盖板	Cr18Ni25Si 2	铸件	12~24
吸热性可控气氛发生装置	制控制气	电阻煤气	1050	可控气氛	反应罐	Cr20Ni35	铸件	24~36
连续式有罐炉	渗碳	电阻煤气	950	渗碳气氛	炉罐	Cr18Ni25Si 2	铸件	8~10
					炉盘	AlMnSi	铸件	2~3
连续式无罐炉	渗碳	电阻煤气	950	渗碳气氛	导轨	CrMnN	铸件	36~48
					风扇	Cr18Ni25Si 2	轧件	24~36
					料盘	CrMnN	铸件	2~3
连续式炉	淬火	煤气	880	煤气燃烧产物	槽形导轨	CrMnN	铸件	6~8
					滑块	CrMnN	铸件	2~3

(续)

工业炉				炉内介质	耐热钢构件			平均使用寿命(月)
名称	用途	热源	工作温度(°C)		名称	化学成分	材料状态	
连续式炉	正火	煤气	970	煤气燃烧产物	工字形导轨	CrMnN	铸件	6~8
					料盘	CrMnN	铸件	2~3
弹簧淬火炉	淬火	煤气	970	煤气燃烧产物	链条	Cr20Ni35	铸件	1~1.5
振底炉	淬火	煤气	880	煤气燃烧产物	振底板	CrMnN	铸件	10~12

注:按三家生产。

内壁面则又遭受各种熔盐以及有色金属熔液的腐蚀,致使坩埚产生氧化掉皮,壁厚渐渐腐蚀变薄,最后穿孔而报废。在个别情况下,由于铸件的夹杂、缩孔和裂纹等铸造缺陷,而造成坩埚的过早漏盐。

### 3. 耐热钢构件的使用寿命

耐热钢构件的使用寿命见表22-3-34。

#### (七) 耐热钢构件的修理

刚铸造的耐热钢铸件,如有裂纹、冷隔以及掉砂、夹渣等的孔洞与缺陷,均应进行焊补。焊补时要将孔洞扩大烧透,方能焊牢。如孔洞较大,必须打贴补钉时,最好在两面开设坡口。如是炉罐,应先焊炉罐内壁,然后再焊外部。

##### 1. 炉罐

铬锰氮炉罐在使用过程中产生开裂现象,对生产的影响最大,产生开裂的主要原因是:

- 1) 升温和降温速度过急,没有按照工艺曲线升、降温。
- 2) 砂封渣与炉罐壁垂直相交处最易产生横向裂纹,因为上下温差较大,即使做成圆角过渡,也很难避免。
- 3) 炉罐和工件的全部重量几乎全部坐在底座上,由于接触面小,因此,炉罐底部也易变形开裂。
- 4) 由于焊条与炉罐的成分不同,高温时焊缝处产生较大的应力,而导致开裂。
- 5) 炉罐壁厚明显不均的过渡处,加热冷却时膨胀不一致,而产生纵向裂纹。

铬锰氮炉罐经一段时间的使用后,是无法进行焊补的。

镍铬钢炉罐经使用后,其渗碳层有时深达6mm

左右,焊补时由于变形收缩,即又自行开裂。如使用时间不长,在不得已的情况下,可以进行焊补,但必须注意下列事项:

1) 炉罐的裂缝和损坏处应用机械方法或用电弧切割方法切除,然后清理干净。坡口及附近20mm处打光至无黑皮和任何杂质。

2) 焊缝上的危险裂缝应先修好,以防止焊接中裂缝继续扩大。

3) 采用直径 $\phi 4$ 或 $\phi 5$ mm的焊条焊补,其电流强度应比焊接新炉罐时低10%左右。

4) 焊补时仍采用逆向分段焊接法,如图22-3-21所示,每段长度约一根焊条。

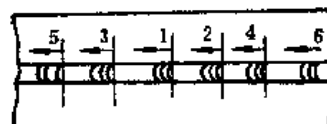


图22-3-21 逆向分段焊接法焊接顺序

5) 炉罐本体的裂缝较大,用电焊堆焊修补有困难时,可以用相同成分的耐热钢板铺在裂缝处进行焊补。

6) 修理炉罐内部焊缝时,应将老焊缝铲除。焊补时要尽量避免与炉罐渗碳部分接触,以防止焊接时发生裂缝。

##### 2. 底板和导轨

镍铬钢构件,如底板、导轨等,如出现裂纹孔洞时,一般均可进行焊补。焊补时必须采用同样成分的焊条,在其两侧打好V形坡口,有规则地进行埋焊。

圆形导轨和底板在使用过程中,若已弯曲变形,可将其加热到900°C,用手工或气锤轻轻拍打,待锤直后即可继续使用。

表22-3-35 风扇损坏修理方法

损坏现象	产生原因	排除方法
叶轮开裂	1. 焊接材料不当或焊接质量不好 2. 铸造质量不好, 如砂眼、夹杂等	1. 选好材料, 并注意焊接质量 2. 如有缺陷, 要焊补好
叶轮运转不均衡	1. 叶轮表面产生不均匀的腐蚀或磨损 2. 风叶变形后歪斜过大 3. 叶轮上粘附不均匀的附着物, 如碳灰等 4. 叶轮表面的砂眼、夹杂等严重氧化掉落	1. 焊补或更换 2. 更换 3. 及时清除 4. 用前要焊补好
叶轮套胀大	1. 风扇轴变细 2. 叶轮套因长期热疲劳胀大, 而无法紧固	1. 焊补或更换 2. 更换叶轮套
机械振动大	1. 风叶重量不对称 2. 部分叶片腐蚀或磨损严重 3. 风扇轴与电机轴的中心未对正 4. 风扇轴与轴承歪斜, 上下轴承不同心 5. 风扇机座刚度不够或安装固定不良	1. 平衡找正 2. 焊补或更换 3. 装配时对正 4. 装配时务使上下轴承同心 5. 保证机座刚度, 并安装固定
轴变细	1. 渗碳气氛的侵蚀 2. 高温烧蚀, 氧化掉皮	1. 焊补或更换 2. 焊补或更换
轴弯曲变形	1. 材料选择不好 2. 该有冷却措施的, 冷却不善 3. 叶轮运转不正常	1. 选好材料 2. 保证冷却系统工作正常 3. 使叶轮运转平衡
轴承磨损	1. 轴承与轴的安装位置不正 2. 轴承与轴承箱孔之间的间隙过小或过大	1. 装配时放正位置 2. 调整好间隙

### 3. 风扇

风扇在使用过程中, 最易损坏的部位是叶轮、轴和轴承等, 对这些部位的损坏现象及其排除方法见表22-3-35。

## 第4节 炉用机械的修理

### (一) 炉用机械的常用零件

#### 1. 环状链和链轮

环状链分标准链和非标准链两种。标准链与有齿链轮相配, 非标准链仅与无齿链轮相配。链条规格见表22-4-1。

链轮直径应大于链直径的15倍。链轮用灰铸

表22-4-1 链条规格表

链条尺寸 (mm)			载荷 (t)		理论重量 (kg/m)
直径 (d)	节距 (t)	宽度 (B)	试验	破坏	
5	19	19	0.32	0.64	0.5
6	19	21	0.5	1.0	0.74
7	21	24	0.8	1.6	1.05
8	23	27	1.2	2.4	1.4
9	27	32	1.55	3.1	1.76
11	31	36	2.3	4.6	2.58
13	36	43	3.3	6.6	3.7
16	44	53	5.1	10.2	5.6
18	50	58	6.4	12.8	6.94
20	56	66	8.0	16	8.76
23	64	76	10.5	21	11.4
26	72	84	13.3	26.6	14.51
28	78	91	15.6	31.2	16.94
30	84	98	17.8	35.6	19.35
32	91	104	20.5	41	21.9
35	98	114	23.2	46.4	26.4
38	106	123	27.4	54.8	31.1
40	114	133	30.3	60.6	35.8

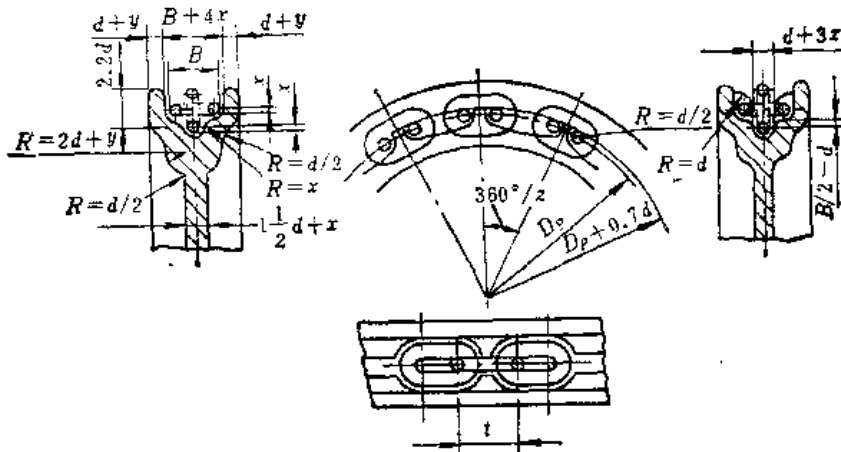


图22-4-1 链轮

铁、可锻铸铁或球墨铸铁铸成，其链条及链轮尺寸 4-2所示。其规格见表22-4-3所列。见图22-4-1和表22-4-2。

表22-4-2 链条及链轮尺寸表 (mm)

d	x	y
5~13	1.5	2
16~28	3	1.5
30~40	4	1.0

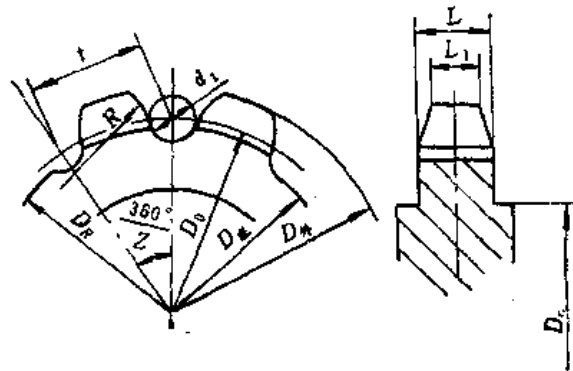


图22-4-2 片状链链轮

2. 片状链和链轮

片状链主要用于台车牵引机构，链轮尺寸紧凑，使用可靠，但造价较贵。片状链链轮见图22-

表22-4-3 片状链规格表

链条节距 t (mm)	破环载荷 (t)	最大允许载荷 (t)	链板间 距离 CB (mm)	轴销中 间部分 的直径 d1 (mm)	轴销 长度 L (mm)	链板 宽度 b (mm)	链板 厚度 s (mm)	一个链 环中的 链片数	端链板 的节距 TA (mm)	轴销的 直径 d2 (mm)	安装端 销轴的 孔径 D (mm)	链板上 端销轴 处断面 宽度 B (mm)	测量链节 距的载荷 (N)	每米长链 的重量 g (kg)
15	0.5	0.1	12	5	24	12	1.5	2	20	4	6	15	100	0.7
20	1.6	0.32	15	8	30	15	2.0	2	25	6	9	20	250	1.2
25	2.5	0.5	18	10	38	18	2.0	2	30	8	12	25	400	2.0
30	4.0	0.8	20	11	45	20	2.0	4	40	9	14	30	1000	2.7
35	6.3	1.26	22	13	56	24	3.0	4	45	11	15	35	1500	4.6
40	8.0	1.6	25	14	58	28	3.0	4	50	12	18	40	2000	5.6
45	10	2.0	30	17	68	35	3.0	4	55	15	21	45	2500	7.0
50	16	3.2	36	22	90	38	3.0	6	60	18	26	50	6000	12
55	20	4.0	40	24	110	40	4.0	6	65	20	32	55	6000	16
60	25	5.0	45	26	115	46	4.0	6	70	22	34	60	6500	19
70	37	7.5	50	32	150	52	4.5	8	85	28	40	70	13000	30
80	50	10	60	36	170	60	5.0	8	95	32	45	80	16000	38
90	70.5	15	70	40	200	70	6.0	8	110	36	50	90	25000	58
100	100	20	80	45	250	80	6.0	10	120	40	55	100	35000	80
110	125	25	90	50	255	90	6.0	10	130	44	60	110	44000	92
120	160	32	110	55	295	100	7.0	10	140	48	65	120	53000	122
140	200	40	120	60	340	110	7.0	12	165	52	80	140	80000	153

### 3. 钢丝绳、绳轮和卷筒

钢丝绳一般用于台车的曳引、炉门的升降和烟道闸门的启闭。钢丝绳不宜长期在120°C以上的环境中使用，应避免火焰的冲刷和连续的热辐射作用。钢丝绳多用D型。在选用钢丝绳时，应使破断拉力不小于6倍的最大使用拉力（即安全系数不小于6）。

钢丝绳轮的直径一般为绳直径的16倍。用行车牵引台车时，选用绳轮直径一般为绳径的14倍，对于包角小于90°的绳轮，其直径可为绳径的9~10倍。

钢丝绳轮一般用灰铸铁制作，一般轮壳直径为轴孔直径的1.8倍左右，长度为轴孔直径的1.2~1.7倍，轴孔直径按载荷确定。

绳轮结构见图22-4-3所示。绳轮直径见表22-4-4所示。

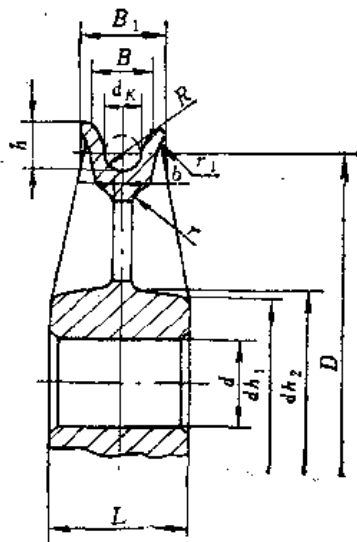


图22-4-3 钢丝绳轮

卷筒的直径和绳轮相同，材料亦相同。绳槽的圈数根据需要，再加上固定圈两道，见图22-4-4。

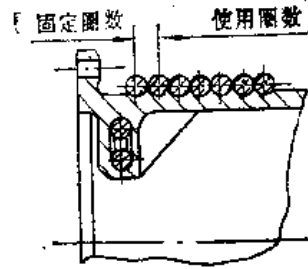


图22-4-4 螺旋槽卷筒

### 4. 销齿条及钝轮

销齿结构简单，容易加工，而且成本低，常用于台车的曳引。

钝轮的结构见图22-4-5。销齿及钝轮见图22-4-6。

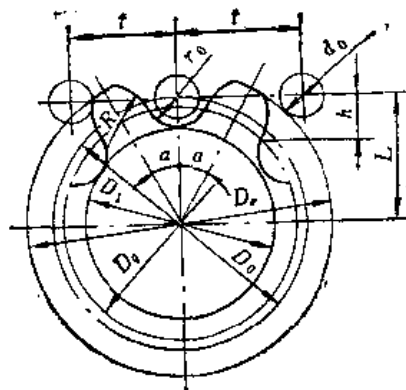


图22-4-5 钝轮

### 5. 心轴与转轴

心轴装置（图22-4-7）同固定板固定在耳板上，滑轮或车轮在轴上旋转，轴不旋转。

转轴承受变向负荷，转轴按其受力情况可分受弯曲的、受扭力的和受弯又受扭的3种。

表22-4-4 绳轮直径

(mm)

钢丝绳直径 $d_k$	$R$	$B$	$B_1$	$h$	$r$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$b$
6.2~9.2	5	20	28	15	6	3	2	12	2
11~14	8	28	40	22	16	3	3	19	4
>14~18	10	34	50	28	20	3	3.5	23	6
>18~23	12.5	45	65	36	25	4	5.5	30	8
>23~28.5	15.5	55	80	45	30	6	7	35	10
>28.5~35	19.5	67	95	55	36	7.5	8.5	44	12
>35~43.5	24.5	85	120	70	50	9	11	56	12

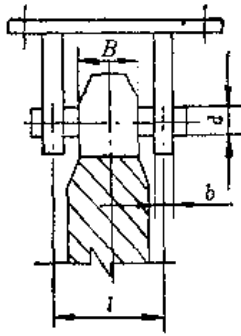


图22-4-6 销齿及蜗轮

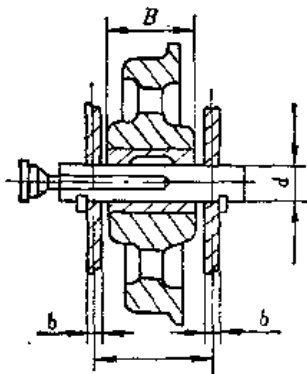


图22-4-7 心轴装置

## 6. 车轮与轴承

车轮运行阻力大小,因选用轴承类型不同而不同。如用滑动轴承,阻力可按载荷的10%估算,如用滚动轴承,阻力可按载荷的4.5%估算。若不用车轮而采用滚柱链,其运行阻力可按载荷的6%估算。

滑动轴承一般都用铸铁材料,轴承表面压力很大时,要加锡青铜。滚动轴承一般多用简单推力径向轴承。

## 7. 齿轮

炉用机械所用的齿轮,一般都是正反双向运转的,当转速大于 $30\sim 50\text{r}/\text{min}$ 时,选用硬齿面齿箱,故平常只设计转速较低的敞开式齿轮,齿轮的精度等级不高于9级。

由于开式齿轮磨损严重,应将计算出的模数增大 $10\%\sim 15\%$ ,然后按我国制定的齿轮模数系列选取。

## (二) 炉门升降机构

炉门升降机构用于开启和关闭炉门之用,是工业炉上必不可少的装置之一。

炉门升降机构要使用灵活、操作方便、平稳可靠,否则将直接影响工业炉的正常使用。

### 1. 炉门升降机构的类型和特点

根据炉子特点、操作要求、炉门大小及重量以及能源情况的不同,炉门升降机构有多种类型,一般可分为下列几种:

(1) 手动炉门升降机构 一般用于较轻的或炉门较重但启闭次数不频繁的炉门。如小型室式炉或操作周期较长但启闭次数较少的中小型炉子,一般炉门重量不宜过重。

手动炉门机构具有结构简单、操作方便、工作可靠、制造简便、投资少等特点。

各种手动炉门机构见图22-4-8。

常用的手动炉门升降机构的几种型式,分别见图22-4-9~图22-4-13。

上面几种炉门升降机构,升降所需提升力一般不超过 $150\sim 200\text{N}$ 。提升力的计算可参见工业炉设计手册有关部分。

(2) 电动炉门升降机构 电动炉门升降机构是靠电能驱动的,一般由电动机、减速装置、炉门悬挂、提升、导向、减重装置等组成。它适用于任何重量的炉门,具有工作可靠和效率高的特点,但结构复杂,成本高,维护麻烦。

电动炉门升降机构的提升速度通常选用 $6\sim 8\text{m}/\text{min}$ 。

电动炉门升降机构主要有下列四种型式:

1) 装在炉门架上的钢绳卷扬机,如图22-4-14。

2) 装在地坑内的钢绳卷扬机,如图22-4-15。

3) 装在炉门架上的链轮双向转动机构,如图22-4-16。

4) 装在前门立柱上的电动葫芦升降机构,如图22-4-17。

(3) 气动炉门升降机构 气动炉门升降机构是靠压缩空气在密封气缸中推动活塞做往复运动来实现炉门升降的。其结构比电动炉门升降机构简单,制造方便,投资较低,被提升炉门重量可达 $5\text{t}$ 左右。

气动炉门升降机构的缺点是:炉门启动时,动作迟缓,有较大的冲击,动作不太平稳,气缸易漏气,对温度的影响较敏感。

气动升降机构按通气方向分单作用和双作用两

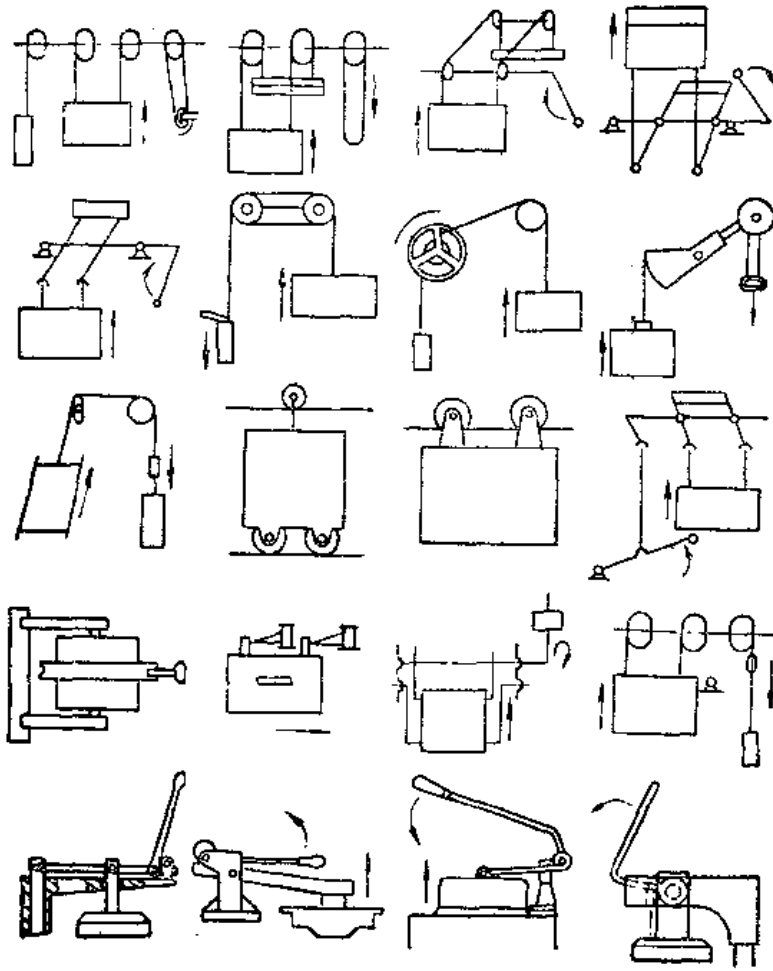


图22-4-8 各种手动炉门机构简图

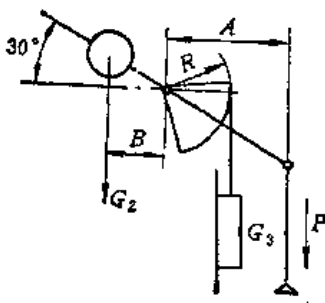


图22-4-9 杠杆式升降机构

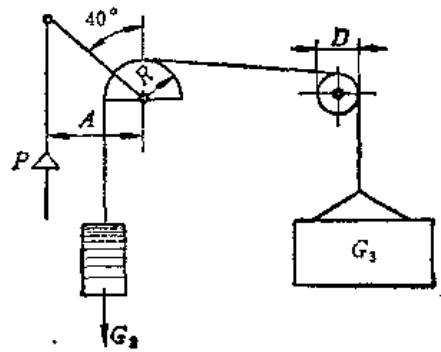


图22-4-10 滑轮式升降机构

种。单作用升降机构见图22-4-18，双作用升降机构见图22-4-19。

(4) 液动炉门升降机构 结构原理同气动机构相同，只不过是用高压油或高压水代替高压空气而已。它的特点是可以利用水压机的高压水或专门的油泵供油，故提升能力可达5t以上。高压水式

的只适用于水压机车间，油压式的目前在国内外也都在采用。

## 2. 炉门升降机构常见故障分析

炉门升降机构要求操作轻便可靠，炉门和炉门框的密合程度高，否则将影响炉子的热效率，造成操作环境的恶化，并直接影响提升机构的使用寿命。

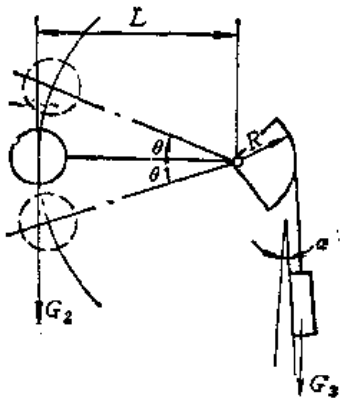


图22-4-11 扇轮式升降机构

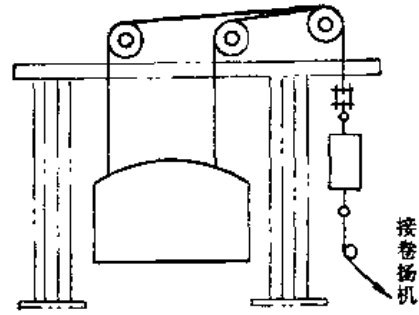


图22-4-15 装在地坑内的钢绳卷扬机

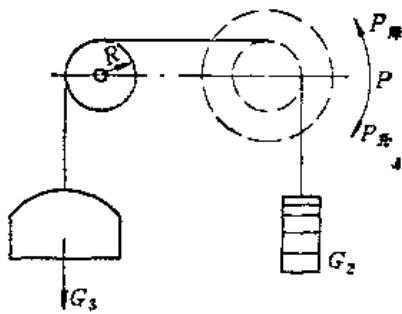


图22-4-12 手轮式升降机构

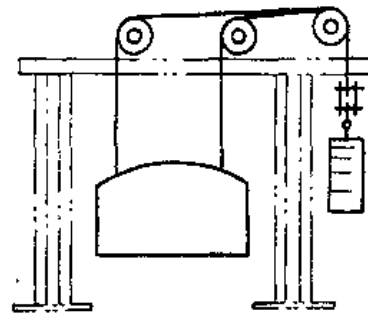


图22-4-16 装在炉门架上的链轮双向转动机构

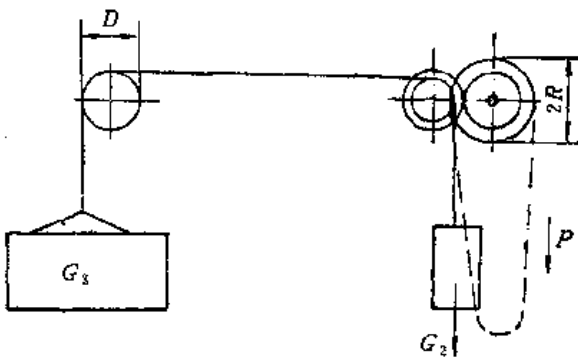


图22-4-13 环链式升降机构

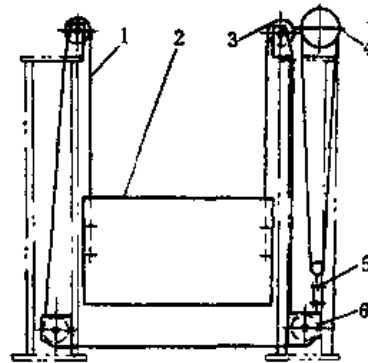


图22-4-17 装在前门立柱上的电动葫芦升降机构  
1—钢丝绳 2—炉门 3—上滑轮 4—电动葫芦  
5—三角连板 6—下滑轮

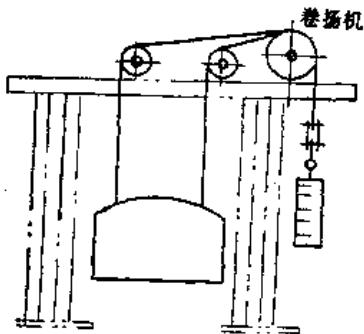


图22-4-14 装在炉门架上的钢绳卷扬机

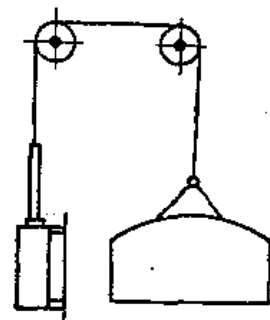


图22-4-18 单作用升降机构



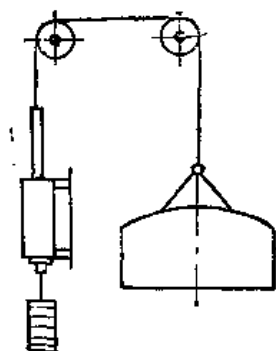


图22-4-19 双作用升降机构

炉门升降机构常见故障及排除方法见表22-4-5。

### (三) 台车拖曳机构

台车拖曳机构是供台车进出炉子的专用设备。由于车间工艺布置、炉子生产吨位和操作要求不同，台车拖曳机构也有多种结构型式。

#### 1. 台车拖曳机构的类型和特点

常用的几种台车拖曳机构的类型和特点，见表22-4-6。

几种常用的台车拖曳机构简图分别见图22-4-20~22-4-26。

#### 2. 台车拖曳机构牵引力的简单核算

有关拖曳机构牵引力的详细计算可参考“工业炉设计手册”有关部分。这里仅推荐经验公式供简单核算时参考。

(1) 车轮式行走机构：

$$T = \epsilon (Q + G_0) \text{ kg}$$

式中  $Q$ ——台车载荷总重 (kg)；

$G_0$ ——台车本身总重 (kg)；

$\epsilon$ ——系数，取0.1~0.15。

(2) 滚柱带式行走机构：

$$T = \epsilon (Q + G_0) \text{ kg}$$

符号代表意义同上， $\epsilon \approx 0.08 \sim 0.1$ 。

表22-4-5 炉门升降机构常见故障分析

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	炉门打不开	1. 车间压缩空气压力降低 2. 气缸漏气严重 3. 冬季气温低，压缩空气 中水蒸汽冻结	1. 稳定车间压缩空气压力 2. 消除气缸的漏气因素 3. 保持车间压缩空气使用 温度不低于15℃
2	打开落不下来	1. 主要原因是炉门平衡锤 重量偏大 2. 电动炉门电气失灵	1. 调整平衡锤重量 2. 检查电动炉门电气控制 部分，排出电气故障
3	气动炉门升降机构有陡 硬、偏斜、摇摆、漏气及节 奏不均等现象	1. 压缩空气供气压力不稳 定 2. 支撑气缸的支架刚度不 够 3. 炉门超重或气缸漏气	1. 提高压缩空气供气压力 的稳定性 2. 加固支撑支架 3. 调整配重，消除漏气因 素，提高气缸的密封性

表22-4-6 几种常用的台车拖曳机构

序号	类型	结构组成	特点	适用范围
1	行车牵引 式拖曳机构	导向滑轮、钢丝绳、起重 行车	结构简单，制造方便，投 资少。但操作麻烦，额外增 加行车负荷	中小型工厂，牵引力不大 于10t

(续)

序号	类型	结构组成	特点	适用范围
2	纯齿轮齿条式拖曳机构	传动装置、纯齿轮装置和台车齿条3部分	结构简单, 传动可靠, 不须铺设地沟及盖板, 拖曳能力大, 但行程有限, 一般不超过台车本身长度	适用于台车负荷大, 但行程不易超过台车长度
3	链条牵引式拖曳机构	链条、主动链轮、从动链轮、传动机构、拉紧装置等	台车行程不限, 启动平稳, 但须铺设地沟和盖板, 制造费用高, 维护不方便	台车行程较长, 台车牵引能力在40t之内
4	钢丝绳牵引式拖曳机构	钢丝绳、滑轮装置、卷筒、传动机构等	结构简单, 制造方便, 安全可靠, 便于维护。但牵引力受钢丝绳许可拉力限制, 不能过大, 行程不易太长	中小型工厂多用
5	往复小车式拖曳机构	往复小车、链条、链轮、传动机构等	操作简便可靠, 制造费用较高, 须铺设地沟和盖板维护较麻烦	一般用于牵引力小于5t的干燥炉台车
6	自行式拖曳机构	链条、链轮、台车行走轮等	传动机构安装在台车头部支架上, 不占车回面积, 不要基础, 制造容易, 投资省, 但供电不便, 牵引能力有限	适用于载荷小, 炉温低的小型台车的牵引
7	活动拖曳机构	传动机构、牵引车体等	数台台车可公用一台牵引车, 牵引力有限, 用电缆供电操作不安全	

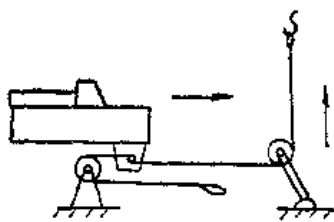


图22-4-20 行车牵引式拖曳机构

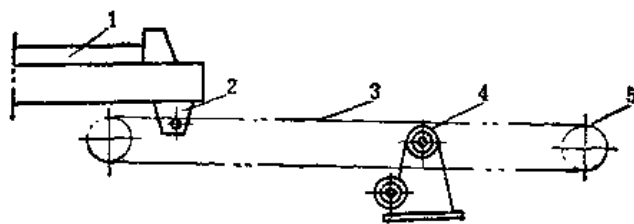


图22-4-22 链条牵引式拖曳机构

1—台车 2—拉板 3—链条 4—托轮 5—链轮

$$T = e(Q + G_0) \text{ kg}$$

$$e \approx 0.09 \sim 0.10$$

(4) 滚球式行定机构:

$$T \geq \beta \frac{f(Q + G)}{R \sin^2 \alpha} \text{ kg}$$

式中  $f$ ——滚动摩擦系数 $\approx 0.2(\text{cm})$ ,

$Q$ ——台车总载荷 (kg);

$G$ ——台车本身总重 (kg);

$R$ ——滚球半径 (cm);

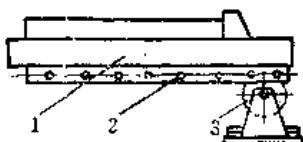


图22-4-21 纯齿轮齿条式拖曳机构

1—台车 2—销齿条 3—纯齿轮

(3) 滚子带式行走机构;

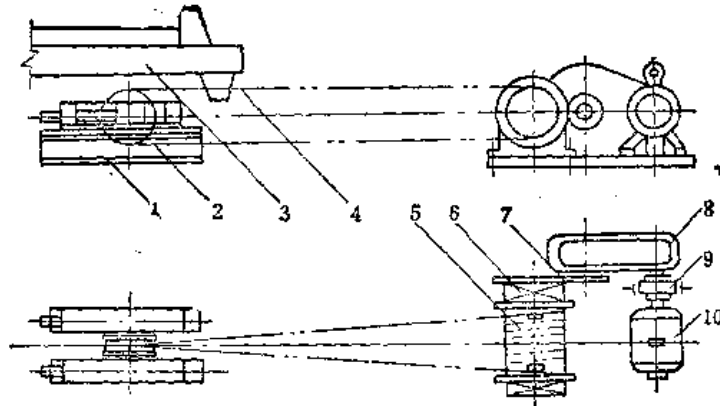


图22-4-23 钢丝绳牵引式拖曳机构

- 1—带张紧装置的滑轮装置 2—钢丝绳下支 3—台车 4—钢丝绳上支 5—卷筒  
6—轴承 7—传动齿轮 8—减速器 9—联轴器 10—电机

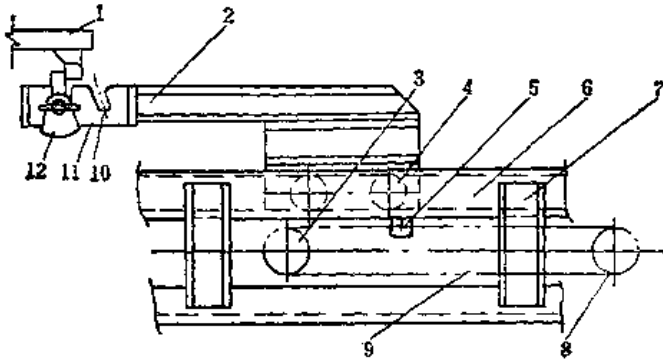


图22-4-24 往复小车式拖曳机构

- 1—台车 2—往复小车 3—从动链轮 4—小车导轮 5—连接销 6—小车导轨 7—导轨支架 8—从动链轮 9—链条  
10—挡块斜槽 11—小车上定位顶销 12—活动顶块

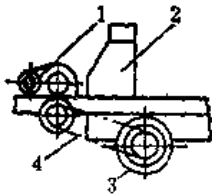


图22-4-25 自行车式拖曳机构

- 1—传动机构 2—台车头部 3—台车行走轮 4—链条

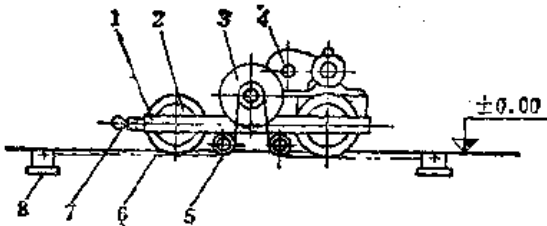


图22-4-26 活动拖曳机构

- 1—拖车车架 2—行动轮 3—主动链轮 4—传动机构  
5—链条导轮 6—链条 7—挂钩 8—链端固定架

$\alpha$ —V型导轨, 斜角 $\approx 45^\circ$ ;

$\beta$ —附加磨阻系数 $\approx 3 \sim 4.5$ ;

(5) 轮对式行走机构:

$$T = \varepsilon \cdot Q \text{ kg}$$

$$\varepsilon \approx 0.02$$

### 3. 台车拖曳机构常见故障分析

#### 4. 传动装置的维修

传动装置的维修主要是减速器的维修。减速器种类较多,基本类型有3种,即圆柱齿轮减速器、蜗轮蜗杆减速器和圆锥齿轮减速器。炉用机械的检修往往都与炉子的检修配合进行。一般在炉子进行大修时,炉用机械也相应进行必要的修理(特殊情况例外)。

(1) 圆柱齿轮减速器的修理 正常条件下,圆柱齿轮减速器的检修周期为15000~25000h,中修为6000~8000h,小修为1500~2000h。检修周期的长短主要取决于减速器传递的功率和载荷特性。

在使用过程中,一般轴瓦、主动齿轮和零件磨损较大,从动齿轮和轴颈磨损程度较小。

根据磨损程度,小修只限于清洗机壳、修理轴瓦以及对齿轮做少量修补。中修时要重新浇挂轴瓦衬里,更换主动齿轮和修复轴颈。

拆卸和故障检查时,应按照一定的顺序进行,并做好拆卸测量记录,根据拆卸时的测量记录和修理工艺进行修理。装配时按拆卸时的相反顺序进行。

有下列缺陷的齿轮就不能继续使用,应进行修

表22-4-7 台车拖曳机构常见故障分析

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	钢丝绳拉断和脱槽	1. 选用钢丝绳时安全系数偏小 2. 使用周期过长, 钢绳表面起毛刺太多 3. 缺少脱槽装置, 钢丝绳被立长	1. 最好选用顺纹钢丝绳, 安全系数一般要大于 6 2. 钢丝绳在使用过程中要定期检查, 经常抹油, 钢丝绳表面起毛刺的绳股超过一半时, 要及时更换 3. 在绳架上, 装设保险挡块或保险角钢 (图22-4-27和图22-4-28)
2	链传动牵引机构在运行中有冲击现象	1. 链条受高温或灰尘污垢堵塞影响, 链板与销轴有咬死现象 2. 链条节距不正确或链轮加工尺寸有误, 啮合不好	1. 对悬挂在台车底部并随台车移动的链条, 注意经常加油, 经常检查地坑覆盖情况, 经常保持地坑清洁, 必要时清洗链条 2. 更换链条, 确保链轮加工尺寸的正确
3	链条磨损, 运行不平稳	链传动机构在安装调整时, 因轴杆的中心线不互相平行, 各链轮不在一个平面	大修时, 安装位置要重新调整, 使各轴杆的中心线相互平行, 各链轮保持在一个平面内

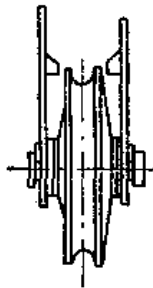


图22-4-27 绳轮架上装保险挡块

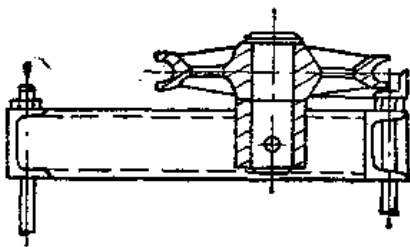


图22-4-28 绳轮架上装保险角铁

理或更换。

- 1) 由于工作面磨损, 齿变薄;
- 2) 齿轮有一个或多个齿已损坏;
- 3) 齿轮局部碎裂或轮辐、轮缘、轮毂上有裂纹;
- 4) 键槽损坏等。

有关齿轮的修复参见“本手册第2卷第1篇”有关章节。

(2) 蜗轮蜗杆减速器的修理 减速器在使用过程中, 蜗轮缘、轴承和蜗杆常被磨损。小修和中修, 通常包括修理和更换轴承和轴瓦, 调整啮合。大修时除上述内容外, 还须更换蜗杆和修复蜗轮缘 (蜗杆一般不进行修复)。蜗轮缘的修复方法可按圆柱齿轮的修复方法进行。

蜗轮蜗杆减速器修理质量的高低, 要看蜗轮、蜗杆是否能保证正确的啮合, 因此, 在检修装配

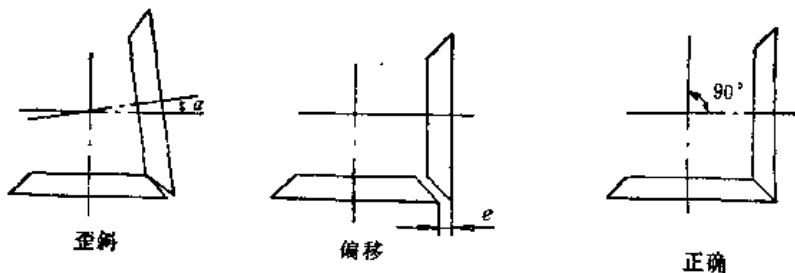


图22-4-29 圆锥齿轮的相互位置

时，要特别注意检查蜗轮蜗杆的中心距、啮合隙、无效行程和平面图内蜗轮轴和蜗杆轴线的夹角。

(3) 圆柱齿轮减速器的修理 大、中、小检修周期与圆柱齿轮减速器相同。检修时，调整圆锥齿轮的啮合是一关键性工作。因此在装配时要确保圆锥齿轮相互位置的正确性（如圆锥齿轮轴线夹角的偏差和齿轮的偏移等）。装配时圆锥齿轮的相互位置如图22-4-29所示。

#### (四) 连续式炉用机械

随着工业生产的不断发展，连续式作业炉得到日益广泛的应用。连续式炉适用于产品固定、产量大与生产工艺稳定的场合。

目前，在工厂中常见的连续式炉有推杆式炉、振底式炉、传送带式炉和环形炉等。

##### 1. 推杆式炉用机械的修理

推杆式炉是目前应用较广的一种连续作业炉，推杆机构都在炉外，便于维修。它的特点是：生产率大，机械化程度高。但因生产中需要料盘和料框，耐热钢消耗较多，并易发生料盘拱起现象。

工厂中常见的推杆式炉的推料机构有液压的、机械的和气动的3种类型。其中液压推料机和机械推料机应用较多，气动推料机由于冲击力较大，容易发生事故，一般使用较少。

图22-4-30为液压推料机。推料时在油压的推动下，活塞杆向前推进，带动推杆将料盘推入炉内。到极限位置时，碰到行程开关，活塞杆停止前进，并开始返退。退到极限位置又在行程开关的控制下，停到原位。准备再次动作。

图22-4-31为机械推料机。推料时，电机通过

蜗轮蜗杆减速器减速，使曲柄1等速回转，通过连杆2带动摇杆3往复运动，摇杆3再通过中间杆4使推料杆5沿水平方向往复运动，完成推料动作。

下面以液压推料机为重点，介绍一下推杆式炉用机械的修理，机械推料机只作简单介绍。

(1) 液压推料机的修理 液压推料机的液压系统主要由油缸、油泵、控制调节装置（如压力、流量及方向控制阀等）和辅助装置（如油箱、滤油器、管道及管件等）4部分组成。

##### 1) 推料机的修理：

① 油缸：油缸的修理和振底式炉气缸的修理相同（详见“气动振底炉”一节）。

② 油缸盖：油缸盖内铜套、皮碗、皮碗压盖的修理和振底式炉气缸盖内铜套、皮碗、皮碗压盖的修理相同（详见“振底炉”一节）。

③ 推料器、挡板和推料板（图22-4-32~22-4-34）：当向炉内推料盘时，挡板A点推着料盘，推料器回位时，油缸活塞杆拉回推料器，推料器B点被料盘压倒拉回原位。在B点处分层平焊，按图纸加工到尺寸。用与挡板相同材料的电焊条焊A点，焊后用火焰表面退火，按图纸加工到尺寸之后，对A点处进行表面淬火。

推料板的修理方法与推料器的修理方法相同。

④ 活塞杆：图22-4-35为改进前的活塞杆，这种活塞杆换皮碗时很费时间。图22-4-36为改进后的活塞杆。这种活塞杆换皮碗很方便，只拿掉活塞杆头部销子，卸掉皮碗压盖，换上新皮碗，上好压盖和穿上活塞杆头部的销子即成。活塞杆外径划伤修理方法与振底炉活塞杆相同（详见“振底炉”一节）。

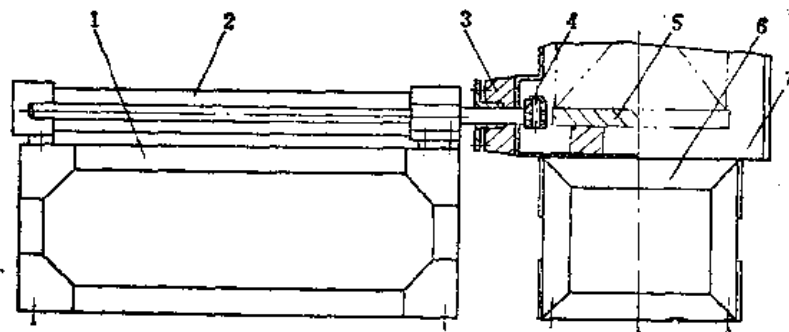


图22-4-30 液压推料机

1—油缸支架 2—进料油缸 3—前室密封座 4—接头 5—料盘  
6—前室支架 7—前密封室

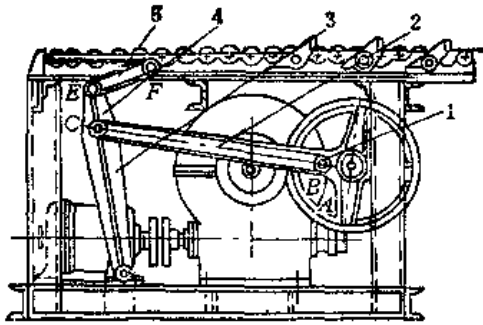


图22-4-31 机械推料机

1—曲柄 2—连杆 3—推杆 4—中间杆 5—推料杆

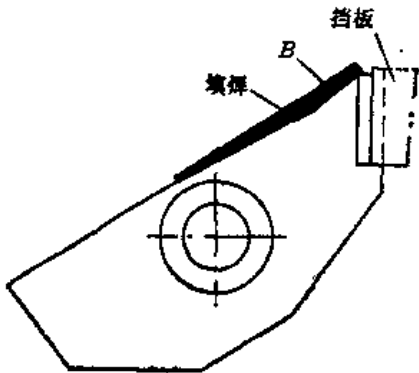


图22-4-32 推料器

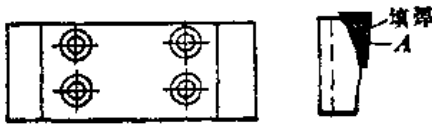


图22-4-33 挡板

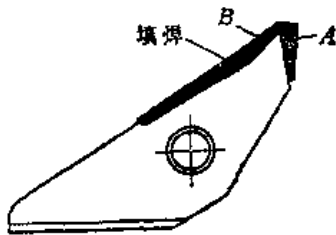


图22-4-34 推料板

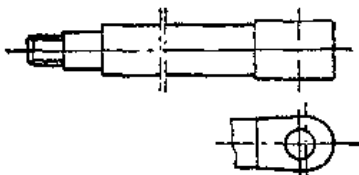


图22-4-35 改进前活塞杆

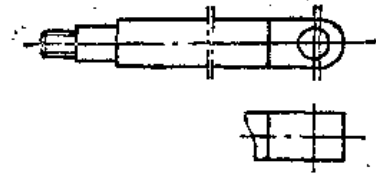


图22-4-36 改进后活塞杆

⑤ 油缸盖断螺栓的取出，断螺栓如露出零件表面，可加上垫圈1，然后在断头上焊上圆棒2，借助圆棒2将破断螺栓拧出（图22-4-37）。如果螺栓断在螺孔内，可在断螺栓中做出六角内孔，然后用六角扳手拧出（图22-4-38）。亦可在断螺栓处，点焊一个六角螺母，再拧出来。

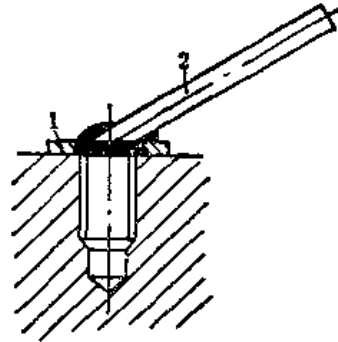


图22-4-37 拧出断螺栓

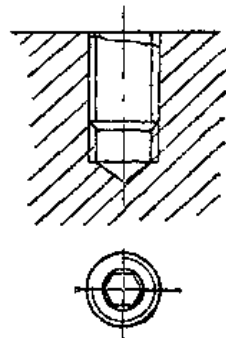


图22-4-38 螺栓断头在螺孔内

⑥ 螺栓孔牙尖磨损的修复：按图22-4-39所示，在原螺栓孔处加大螺纹内孔，钻孔后并攻丝，作一个双头螺栓，一头为大螺栓，另一头为小螺栓，大头拧入新的螺栓孔内。

⑦ 工字形导轨、槽导轨、圆导轨：3种导轨各有不同的用途。工字形导轨（图22-4-40）用于正火炉内，承受大料盘滑动用。槽形导轨（图22-4-41）用于调质炉内，承受滑块滑动用。圆形导轨（图22-4-42）用于调质炉内，承受小料盘之用。导轨常出现变形、裂纹甚至拉断现象，造成原因主要是：

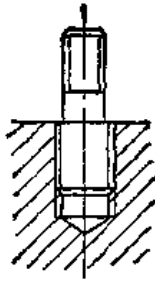


图22-4-39 螺栓孔舌尖磨损的修理

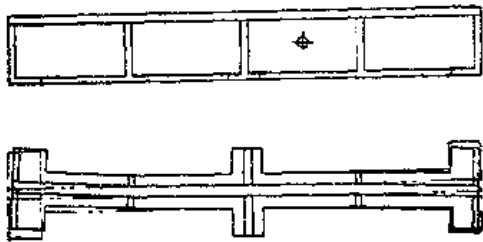


图22-4-40 工字形导轨

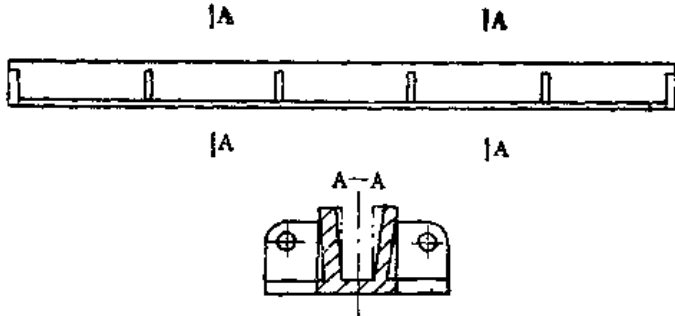


图22-4-41 槽形导轨

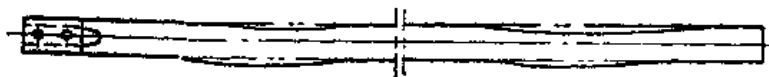


图22-4-42 圆形导轨

- a. 炉底塌陷, 火焰直烧导轨;
- b. 导轨本身质量较差, 在炉内受高温变形;
- c. 导轨连接处, 螺栓孔位置高低不等, 槽形导轨中心滑槽宽, 深度不均;
- d. 安装导轨时, 接头高低不平或炉内料盘掉零件卡料盘, 卡滑块, 卡导轨引起。

修复方法是將导轨加热到 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ , 用设备

或手工进行校正。对导轨的裂纹或破断处, 可割出坡口, 分层平焊, 焊条材料应和道轨材料相同。

## 2) 推料机液压系统的安装与维护;

### ① 油管安装时注意事项;

- a. 吸油管不得漏气, 必须装紧各处接头;
- b. 一般泵的吸油高度应小于 $500\text{mm}$ ;
- c. 吸油管道上设置滤油器, 过滤精度为 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ , 有时也可只装网孔为 $0.8\sim 1.3\text{mm}$ 的滤网;
- d. 回油管应插入油面以下, 防止飞溅起泡, 混入空气;
- e. 电磁阀泄漏的回油不应有背压, 应单设回油管;
- f. 溢流阀回油口不得直接与泵入口相接, 否则泵的温度急剧上升;
- g. 全部管路应分二次安装。试装后拆下管道, 用 $20\%$ 的硫酸或盐酸进行酸洗, 用 $10\%$ 的苏打水中和, 再用温水清洗, 干燥涂油以备正式安装。正式安装时, 不得有砂子、氧化皮等。

② 液压元件安装时应用煤油清洗, 自制重要元件应进行密封和耐压试验。试验压力可取工作压力的2倍, 或取最高使用压力的1.5倍。

③ 一般方向控制阀应保持轴线水平安装。

④ 系统安装后必须对油路、油箱进行清洗。油管、油箱用透平油清洗, 油温升至 $50\sim 80^{\circ}\text{C}$ 清洗效果更好。清洗约需 $20\text{min}$ 至 $3\text{h}$ , 最好一边清洗, 一边振动(敲打管子), 但应注意不要弄脏液压元件。复杂系统可分区清洗。清洗完后洗刷油箱, 达到要求后再灌油运行。

⑤ 保持液压油的清洁, 做到定期检查, 定期换油, 一般半年至一年左右更换一次, 但在高温高湿和高粉尘环境下连续运转的系统, 要缩短换油期。灌油或换油前应清洗油箱, 油液要用120目的滤网过滤。若采用钢管输油, 应将管放在油中浸泡 $24\text{h}$ , 生成不活泼的薄膜后再使用。在室外或高温地方工作, 应注意油箱外露的金属处有凝结水进入油箱。

⑥ 清除液压系统中的气体，以防系统爬行和引起油液变质。及时清洗液压泵滤油器，防止吸油阻力增大而把溶解在油中的空气分离出来。油箱的油面应至油标刻线，吸油侧与回油侧应用隔板隔开，回油管要插入油面以下，在重要机构的液压缸上最好加装排气装置。

⑦ 其他：

a. 液压泵初次启动时，最好先向泵里灌油，这样容易打出油来，并可防止损坏液压泵。

b. 低温启动时，可将泵开开停停，进行数次，逐渐升温。

c. 溢流阀调定的压力，不超过系统的最高压力。

d. 使用电磁阀，电压要尽可能稳定，防止线圈过热和线圈吸力不够。

3) 液压推料机常见故障分析：液压推料机出现的故障是多种多样的，引起故障的因素也较多，应对这些因素进行综合性分析，从而找出排除故障

的方法。炉用液压系统及主要元件常见故障及排除方法列于表22-4-8~22-4-13。

(2) 机械推料机的修理 除个别易损件需要修理更换外，一般不易损坏，也很少修理。

减速器、推料器、挡板及推料板的修理，在前面有关章节中已有介绍，下面仅对几个常见易损部位的零件介绍一下。

推料机托架部位的轴和轮是易损件，损坏轻微者应进行研磨，损坏严重的要更换。导槽部位磨损后，加以更换。

杠杆连接部位的轴多为正常磨损，磨损轻者经研磨后可继续使用，严重者则更换。

## 2. 传送带式炉炉用机械的修理

传送带式炉适用于大量或成批生产，但加热工件不宜过大，加热温度不宜过高。传送带式炉采用的电热源较为合理，用于燃料炉，会缩短传送带的寿命。

由于传送带大部分在炉内，小部分在炉外，炉

表22-4-8 液压系统产生噪音和振动

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	液压泵吸空	1. 液压泵进油口管路漏气 2. 吸油管道管径过小或过长 3. 吸油管浸入油面太低 4. 液压泵吸油高度过高 5. 滤油器堵塞或通流面积小 6. 补油泵供油不足 7. 油箱不透气 8. 油液粘度过大	1. 用灌油法或涂黄油法，找出漏气处并排除 2. 更换管道 3. 吸油口应浸入油池2/3处 4. 一般吸油高度应小于500mm 5. 滤油器要经常清洗 6. 检查补油泵的容量 7. 油箱应与大气自由相通 8. 油液粘度应当适当
2	齿轮泵的齿形精度低		两齿轮对研，达到接触面积要求，齿长方向65%，齿高方向60%
3	叶片泵困油		修正配油盘的三角槽至消除困油
4	泵的输油量不足，压力升不上去	1. 轴向间隙大 2. 径向间隙大	1. 修磨轴向间隙，保证轴向间隙在0.04~0.06mm 2. 更换泵体或齿轮
5	溢流阀动作失灵	1. 油液脏，阻尼小孔堵塞 2. 弹簧变形，卡死或损坏 3. 阀座损坏，配合间隙不合适	1. 清洗换油，疏通阻尼孔 2. 检查，更换弹簧 3. 检查阀座是否卡死，修研阀座
6	机械振动	1. 油管相互撞击 2. 油管振动 3. 液压泵与电机安装不同心	1. 较长油管应彼此分开，并与床壁离开 2. 适当架设支承管夹 3. 重新安装联轴节，保证同心度小于0.1mm



表22-4-9 系统爬行或速度不够

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	液压泵吸空,造成系统进气	见表22-4-8中序号1	见表22-4-8中序号1
2	液压缸两端封油圈松动		调整液压缸两端螺母
3	油液不干净	油缸没按时换油,系统清洗不干净,或换油操作时造成灰尘、棉丝和金属沫等进入油箱	随时注意保持系统清洁
4	导轨润滑油过少,润滑油压力不稳定		调整润滑油压力,采用爬形导轨润滑油
5	液压缸安装与导轨不平行		以导轨为基准,调整液压缸
6	1.节流阀性能不好 2.板式阀体内腔串腔 3.安全溢流阀失灵	溢流阀弹簧调整太松,弹簧太软或失效	1.更换节流阀 2.检修排除 3.调整溢流阀,更换溢流阀弹簧
7	液压系统回油无背压		回油增加背压,可大大减少爬行
8	系统漏油	接头松动,纸垫击穿等	检修,更换纸垫,消除内漏

表22-4-10 系统压力建立不起来

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	电机故障	电机转向不对,转速低	检查改进
2	油温低,粘度大		停泵开开,重复几次,使系统升温
3	液压泵、溢流阀发生故障或系统漏油		分别见有关部分的消除方法
4	互通阀被脏物卡死或间隙过大串通		检查排除
5	换向阀故障	1.脏物卡死 2.电气失灵	1.检修清洗 2.检查排除
6	补油液压泵供油不足		检查排除

表22-4-11 换向及启动时的常见故障

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	工作台滑台换向冲击	1.活塞杆、支架、工作台连接不牢 2.控制换向阀的单向阀卡住、压偏、封油不严 3.控制换向阀的针形节流阀不灵	1.加以紧固 2.调整弹簧,更换弹簧或钢球 3.重新调整辅助油路流量,或改用性能好的三角槽节流阀
2	换向冲击量大	1.导轨润滑油过多 2.活塞杆弯曲,两端封油阻力不均匀 3.液压缸泄漏或进气 4.控制油路节流阀调量过大	1.调整润滑油 2.校直活塞杆,调整密封 3.检查后采取堵漏排气措施 4.调整合适

(续)

序号	常见故障	原因分析	消除方法
3	换向起步迟顿	1.系统进气 2.系统泄漏 3.系统压力不足	1.利用排气装置排气 2.检查管路、液压缸、两操纵箱,消除泄漏 3.检查液压泵磨损情况,修理或更换,提高泵的供油量 and 效率
4	换向失灵,工作台冲击撞坏机件	1.单向阀堵塞控制油路,造成换向失灵 2.换向阀卡死	1.调整单向阀或改进结构 2.检查排除

表22-4-12 溢流阀、换向阀的常见故障

序号	常见故障	原因分析	消除方法
溢流阀部分			
1	压力波动	1.弹簧弯曲,弹簧太软 2.锥阀与阀座接触不好 3.滑阀拉毛或弯曲 4.油不干净,阻尼孔堵塞	1.换弹簧 2.研磨阀座或更换锥阀 3.研磨或更换滑阀 4.清洗滑阀
2	溢流阀振动	1.螺母松动 2.压力弹簧变形 3.滑阀配合过紧	1.拧紧螺母 2.换弹簧 3.加以研磨合适
3	调整无效	1.弹簧漏装或已断 2.滑阀卡死 3.锥阀漏装 4.阻尼孔堵塞 5.进出口口接反	1.补装弹簧或更换 2.检查修研 3.检查补装 4.清洗 5.更正
换向阀部分			
1	换向阀不换向	1.电磁铁力量不足或损坏 2.滑阀拉毛或卡死 3.滑阀摩擦力过大	1.更换电磁铁 2.清洗研磨滑阀 3.检查滑阀配合及两端空密封阻力
2	电磁铁过热或烧坏	1.线圈绝缘不良 2.电磁铁铁芯吸不紧 3.电压不对 4.电极焊接不好	1.更换新电磁铁 2.铆钉松动,将铆钉铆死 3.改正电压 4.重新焊接

表22-4-13 叶片泵的常见故障

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	吸不上油	1.液压泵吸空 2.叶片在转子内粘住或卡死 3.电机反转	1.见表22-4-8 2.修叶片,叶片在转子槽内间隙0.015~0.02mm 3.改变电机转向

序号	常见故障	原因分析	消除方法
2	输油量不足, 输出压力不高	1. 吸入空气 2. 滤油器堵塞 3. 个别叶片移动不灵活  4. 轴向间隙大  5. 溢流阀失灵 6. 系统漏油	1. 见表22-4-8 2. 及时清洗 3. 修个别叶片, 间隙为 0.015~0.02 mm 4. 轴向间隙: 稀油间隙为 0.005 mm, 剩油间隙为 0.005~0.02 mm 5. 调整溢流阀或更换溢流阀弹簧 6. 检查排除
3	有噪音产生	1. 液压泵吸空 2. 个别叶片在转子内卡住 3. 吸油滤油器容量小 4. 液压泵困油	1. 见表22-4-8 2. 见本表序号 1 3. 增加滤油器容量 4. 修配流盘三角槽

内外温差较大, 传送带应具有耐急冷急热性和较好的抗氧化性。在工作过程中, 传送带既受拉伸又受剪切, 容易折断, 其应用受到一定限制。根据传送带结构型式不同, 传送带式炉又有多种类型。

根据处理工件的不同, 传送带的结构型式也不相同。目前用得较多的有链式传送带、履带式传送带、托板式传送带和网式传送带等。

RJC系列传送带式电阻炉有: RJC-35-2、RJC-55-3、SL65-21、SL71-99型和专供汽车前梁、半轴锻件的淬火、回火之用的SL69-75、SL69-76型链式淬火回火炉。这类电炉的特点是连续生产, 传送带用耐热合金材料制成, 通过变速器和减速器调节速度, 工件直接放到传送带上, 不需要工夹具。这类电炉主要供小型金属制品的淬火、回火和加热用。

传送带式炉炉用机械部分主要包括: 传送带(链板、心轴等)和传动装置(电机、减速器、变速器等)两大部分。

图22-4-43为传送带式炉的传动装置, 图22-4-44为传送带结构图。传动装置是机械工厂中最普遍、最常见的机械传动装置, 其维护与修理不再赘述。

传送带的修理主要是: 链板孔因长时间受拉而变形, 变形量小时可进行修复, 变形量大时, 应更换链板。

心轴长期受拉也易发生弯曲变形, 应进行校正, 变形严重的心轴需要更换。

由于传送带超载, 炉温过高, 传送带易发生折

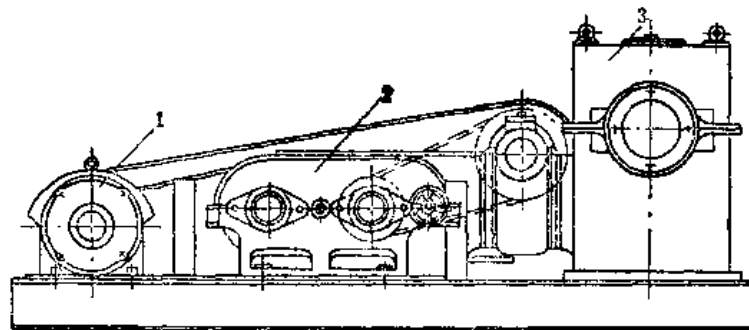


图22-4-43 传送带式炉的传动装置  
1—电动机 2—变速器 3—减速器

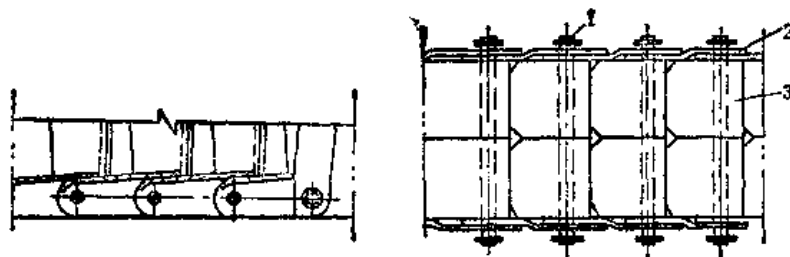


图22-4-44 传送带  
1—心轴 2—链板 3—链板

断现象，因此对传送带式炉应注意平时维护与检查，以防此类事故发生。

3. 气动振底炉炉用机械的修理

气动振底炉是通过压缩空气使活塞作周期性往复运动的。压缩空气先经电磁阀将后换向阀打开，压缩空气进入后缸，同时前缸快速排气，当活塞通过快速排气孔并将其挡住后，前缸剩余的压缩空气就形成“气垫”，使活塞快速停止。这时，炉底板上零件靠惯性力克服与炉底的摩擦力而向前滑动。当电磁阀换向，换向阀借助弹簧作用力回位，而快速排气孔和后缸进气孔同时被换向阀关闭，压缩空气此时进入前缸，后缸气体经换向阀慢慢排气，活塞回到后缸。活塞就这样进行周期性的往复运动。活塞的推进和回位分别见图22-4-45和图22-4-46。

(1) 气缸和活塞的修理 气缸的内径和活塞的外径是往复运动的摩擦表面，平均10s往复运动一次。常因温度高、润滑不良、压缩空气不干净和冲击振动，造成气缸内表面或活塞外表面的划伤(图22-4-47 A向)。

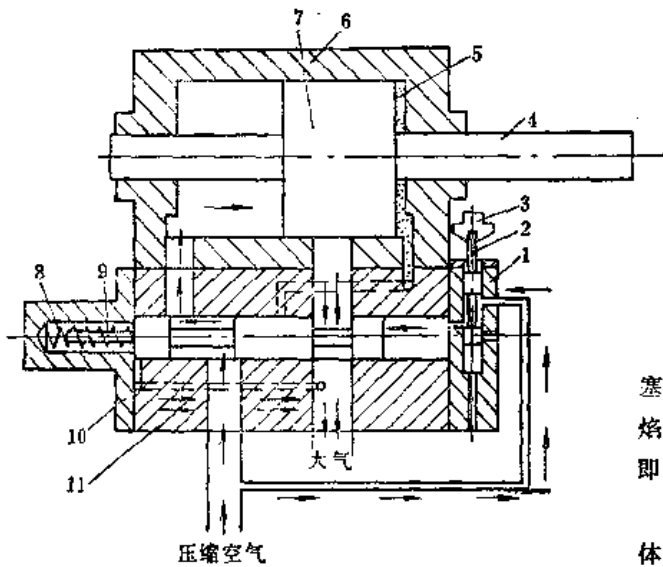


图22-4-45 气缸——推进 (单箭头表示进气，双箭头表示排气)

- 1—小阀体 2—小阀杆 3—电磁铁 4—活塞杆
- 5—气垫 6—气缸 7—活塞 8—弹簧 9—大阀杆
- 10—盖 11—大阀体

气缸划伤后，应在气缸内表面划伤两端终点位置，先用气焊火焰将划伤处表面油质烧掉，擦净后用风动砂轮将划伤宽度、深度均匀磨平，可用小电流分层填焊。然后用风动砂轮磨平，细油石磨光，再用细砂纸抛光(图22-4-47)。

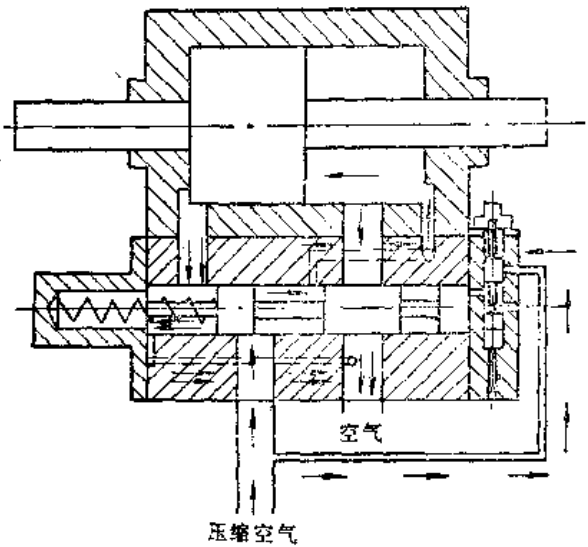


图22-4-46 气缸——回位

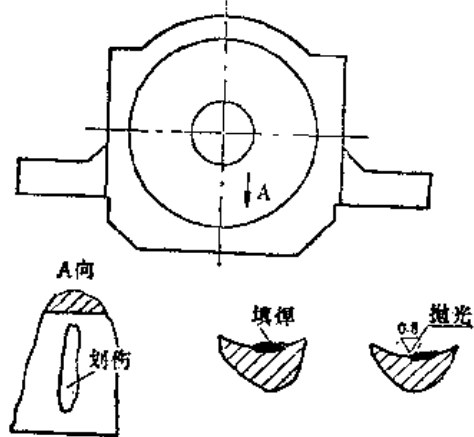


图22-4-47 气缸的划伤

活塞外表面多处划伤时(图22-4-48)，可将活塞车去划伤深度，用电焊分层填焊，焊后用气焊火焰退火，按图纸加工外径、两端面和槽宽两壁即可。

(2) 换向阀体和阀杆的修理 阀杆在换向阀体内作往复摩擦运动，一小时可达几百次之多，常造成阀体内孔中段磨损大，阀杆外径磨损小。修理方法是将阀体上磨床磨大内孔，研磨内孔(图22-4-49)。

阀杆外径磨损的消除方法是将阀杆上磨床，三段外径磨到一个规格，镀铬，上磨床磨外径，然后抛光(图22-4-50)。

(3) 气缸盖的修理 如图22-4-51所示，当活塞杆有划伤时应立即修复，否则，皮碗、压盖、铜套均会造成磨损。皮碗、压盖内孔有划伤时，轻者可用小电流电焊焊平，若划伤多处可把内孔车至光

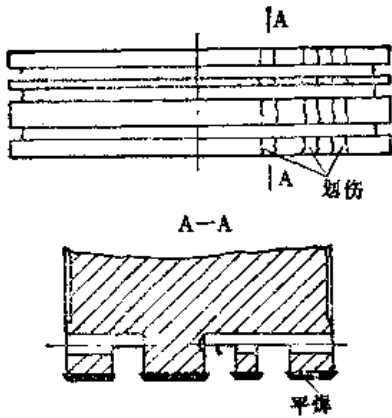


图22-4-48 活塞的修理

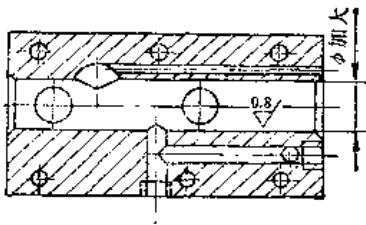


图22-4-49 换向阀的修理

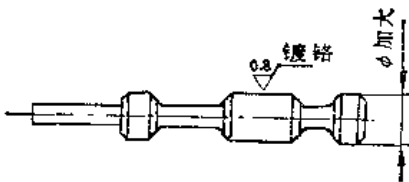


图22-4-50 阀杆的修理

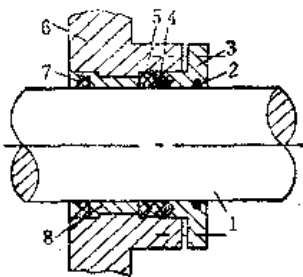


图22-4-51 缸盖——皮碗压盖

- 1—活塞杆 2—油毛毡 3—压盖 4—V形橡胶密封环
- 5—V形橡胶支承环 6—缸盖 7—V形橡胶密封圈 8—铜套

洁度，用电焊焊平后，用气焊表面退火，再上车床加工到要求尺寸。

(4) 万向节的修理 活塞杆与炉底板前端靠万向节连接，见图22-4-52。活塞杆中心距地面高度

很难保证炉底板中心孔距地面的高度，活塞杆中心线同炉底板连接中心线不平行也不垂直，在这种情况下，螺母和活塞杆产生较大的冲击振动，以至于造成丝扣、牙尖磨秃、变形和滑扣。消除方法是车去活塞杆上损坏的丝扣，重新加工丝扣。车去螺母上的坏牙尖，用电焊分层填焊后，然后用气焊表面退火，按活塞杆外径螺纹加工。

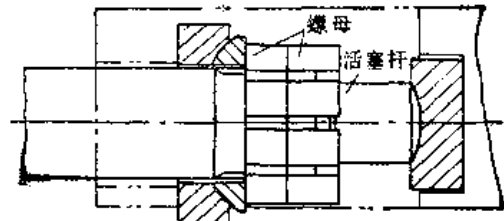


图22-4-52 万向节的修理

(5) 辊轮支承的修理 用于加热炉炉底板下面的辊轮（图22-4-53），经常在300℃左右下工作，轴承内外圈和保持架内滚珠温度也高，使润滑剂（黄油或二硫化钼）干枯，最后结成干块粘于表面，造成轴承不易转动。由于轴承长期受压力冲击振动，保持架容易散架，珠子易掉下来。辊轮内若用耐磨铸铁套（图22-4-54），则比用轴承寿命要长。

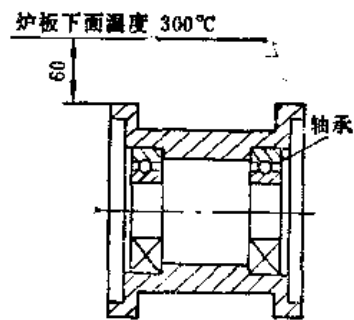


图22-4-53 轴承辊轮

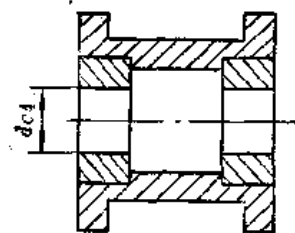


图22-4-54 铸铁套辊轮

(6) 底座与基础 底座(图 22-4-55)用来安装传动装置。底座与基础应一次浇灌成形。基础(图 22-4-56)要分二次浇灌,以保证基础质量。

底座地脚螺栓孔和螺栓间隙要小,间隙在 0.5mm 以内,螺栓和螺母应做特制防松垫(图 22-4-55 a 和 b)。

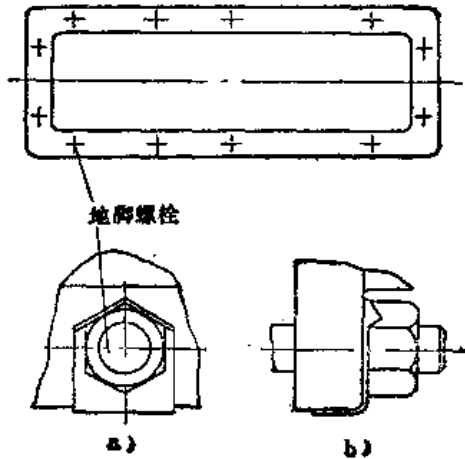


图 22-4-55 底座

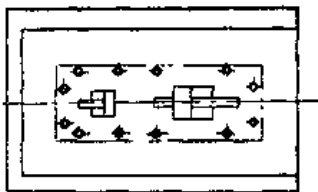
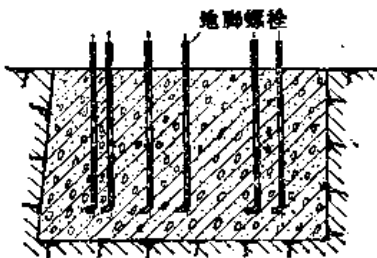


图 22-4-56 基础

振底炉的基础重量大约等于大型振底炉炉底板钢结构的 5~6 倍。如炉底板钢结构重量为 10 t, 则基础重量约计 60 t。

(7) 炉底板的修理

1) 耐热混凝土炉底板(图 22-4-57)由型钢

焊制而成,图中挡铁 B 和 D 主要受耐热混凝土块的撞击,焊肉 A、C 处容易开裂。当开裂时,可将挡铁用气焊割下,清理毛刺,校正后分别焊在原位置即可。

2) 耐热钢炉底板(图 22-4-58)是铸造而成,长期在 800°C 多度条件下工作,又受较大的冲击振动,易发生裂纹或变形(图 22-4-58)。消除方法是:将炉底板变形处加热到 800°C 左右,用油压机或自由锻锤加以校正(图 22-4-59),在裂纹处割出



图 22-4-57 耐热混凝土炉底板

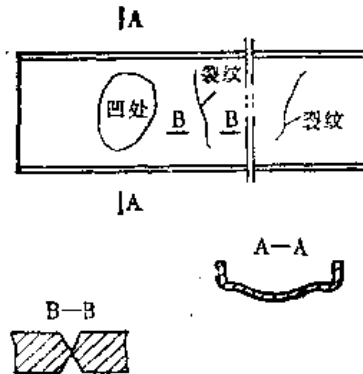


图 22-4-58 耐热钢炉底板

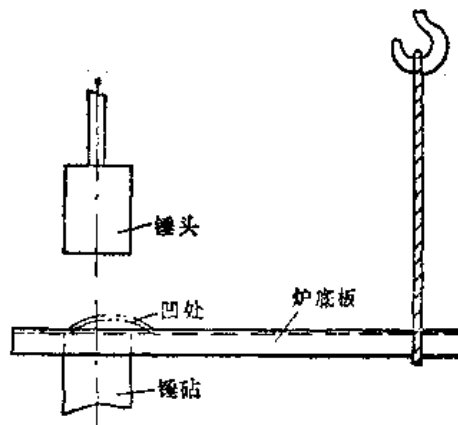


图 22-4-59 用自由锻锤校正变形

两面坡口并加热，然后分层填焊。

3) 碳素钢炉底板也是由型钢焊制而成(图22-4-60)。碳素钢炉底板用于淬火炉，炉温840°C，昼夜生产时寿命为25天左右。若用于回火炉，炉温700°C左右，昼夜生产寿命可达5年左右。若炉底板发生凹圆形塌陷和裂纹，可将凹陷部分割成方孔，然后用同等大小的一块方钢板，割出坡口后分层焊平即可。

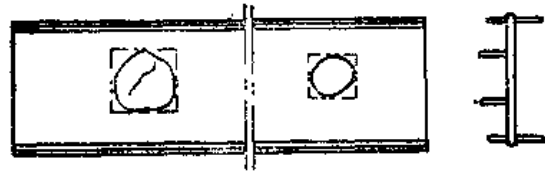


图22-4-60 碳素钢炉底板

(8) 扳底炉的常见故障列于表22-4-14。

表22-4-14 扳底炉的常见故障分析

序号	常见故障	原因分析	消除方法
1	炉底板上零件不向前滑动或滑动少	1. 压缩空气压力不够 2. 电磁铁插销折断 3. 小阀杆插销孔磨损成椭圆形或阀杆外径磨损小 4. 小阀体内孔磨损大 5. 紧固小阀体的螺栓松动或断裂 6. 小阀体橡胶石棉垫损坏 7. 换向阀阀杆外径磨损，阀体内孔磨损大 8. 换向阀内弹簧力量过大 9. 炉底板下面支承辊轮轴承损坏 10. 钢结构炉底板两边与炉墙摩擦或卡住 11. 后缸盖皮碗磨损 12. 后缸盖铜套内孔磨损或划伤 13. 后缸盖皮碗压盖螺栓松动 14. 活塞杆后段外径磨损或有划伤 15. 大活塞皮条损坏 16. 大活塞外径磨损或有划伤 17. 大气缸内孔多处有划伤	1. 提高压缩空气压力 2. 更换新插销 3. 更换小阀杆 4. 更换新小阀体 5. 拧紧或更换 6. 重新更换 7. 更换阀杆、阀体 8. 更换新弹簧 9. 更换轴承 10. 消除摩擦或卡住的现象 11. 换新皮碗 12. 换新铜套 13. 拧紧螺栓 14. 更换活塞杆 15. 换新皮条 16. 换新活塞 17. 更换新气缸
2	炉底板上零件向后滑动	1. 后缸盖皮碗内唇边磨损 2. 后缸盖铜套内孔磨损较大或划伤 3. 后缸盖皮碗压盖螺栓松动或断裂 4. 后缸盖橡胶石棉垫损坏 5. 活塞杆后段外径磨损或有划伤 6. 换向阀弹簧压盖螺栓松动或断裂	1. 换新皮碗 2. 换新铜套 3. 拧紧或更换 4. 更换橡胶石棉垫圈 5. 更换活塞杆 6. 拧紧或更换
3	活塞撞前缸	1. 前缸盖皮碗内唇边损坏 2. 前缸盖铜套内孔磨损较大或划伤 3. 前缸盖皮碗压盖螺栓松动 4. 活塞杆前段外径磨损或有划伤 5. 活塞皮条损坏 6. 活塞外径磨损或有划伤 7. 气缸内孔磨损大或有多处划伤 8. 换向阀体和电磁阀体螺栓松动或断裂 9. 换向阀体和电磁阀体橡胶石棉垫片损坏	1. 换新皮碗 2. 更换新铜套 3. 拧紧螺栓 4. 更换活塞杆 5. 换新皮条 6. 更换新活塞 7. 更换新气缸 8. 拧紧或更换 9. 换新橡胶石棉垫片
4	炉底板上零件向前走又向后走	换向阀弹簧压盖螺栓断或松动	更换或拧紧

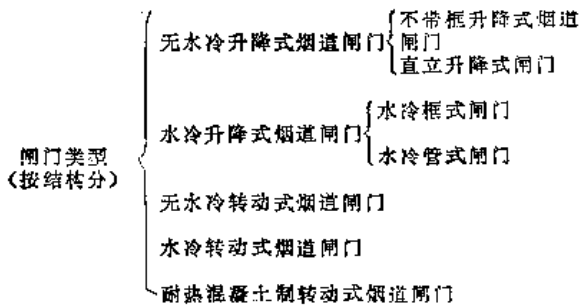
### (五) 烟道闸门和提升机构

工业炉的废气是通过垂直烟道和水平烟道进入烟囱而排入大气的。为了维持炉内气流的合理分布，调节炉膛压力，烟道都应设置烟道闸门。

一般废气温度低于400~600℃时，闸门可用灰口铸铁或铸钢件制成；高于600~700℃时，则必须采用水冷闸门或用耐热合金材料制成的闸门。

#### 1. 烟道闸门的主要类型

根据闸门提升机构的型式，可分为远距离自动控制的和手动的两类。若按闸门的结构型式区分，又可分为下面几种：



有关闸门的结构尺寸及其他参数可参阅《工业炉设计手册》一书。

#### 2. 烟道闸门的常见故障分析

烟道闸门根据实际需要，可分别选用不同类型的提升机构。一般大型烟道闸门可选用电动提升机

构，便于实现远距离自动控制。

一般闸门采用绳轮手动卷扬机构提升闸门。烟道断面尺寸小于928×1072mm<sup>2</sup>的烟道闸门采用2500N手动卷扬机；烟道断面尺寸大于928×1072mm<sup>2</sup>的烟道闸门采用5000N手动卷扬机。图22-4-61为2500N绳轮手动卷扬机构，卷扬机起重量为2500N，卷扬机效率为42%，手柄用力为48N。

无水冷烟道闸门多用于烟气温度较低的情况。当温度变化较大或温度偏高时，烟道闸门常发生变形或卡死现象，应及时排除，否则将造成提升机构的损坏。

水冷烟道闸门多用于烟气温度较高的场合，在使用过程中常发现有局部开焊或因局部结垢、冷却不均而引起的局部变形现象。对局部开焊，经清理后可重新焊接，但要保证焊缝的严密要求。局部变形处要及时进行校正。

水冷闸门容易积垢的部位，尤其应注意冷却水的畅通。

有些工业炉烟道，因所在位置的地下水位较高，又没考虑防水层结构，常发现烟道中有积水现象。烟道闸门除有氧化现象外，还发现有锈蚀现象，对锈蚀严重的部位，应及时更换修补。

一般电动烟道闸门和手动卷扬机构，维护修理量很小。在平时使用过程中，应注意及时加润滑油和清扫灰垢，以保证提升机构的清洁和正常运转。

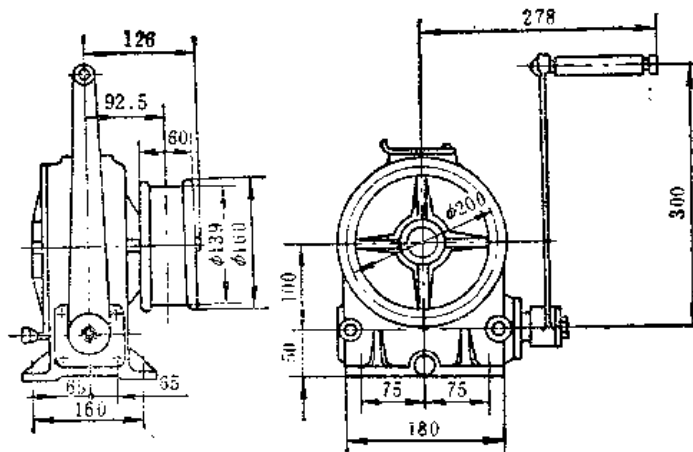


图22-4-61 2500N绳轮手动卷扬机构