

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。

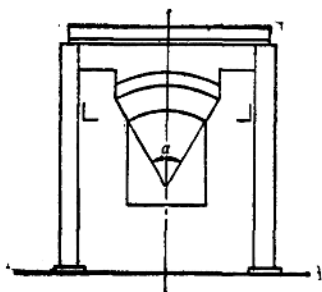


图22-1-1 死炉架

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。

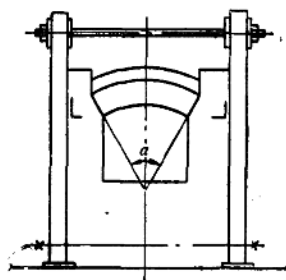


图22-1-2 活炉架

(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22-1-2 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℃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。

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	清除方法
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，补贴部分的材质要与基体金属相同

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

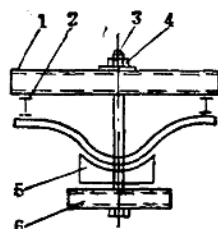


图22-1-3 凸出变形的校正

1—槽钢 2—工字钢 3—螺栓 4—螺母

5—压模 6—槽钢

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砌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

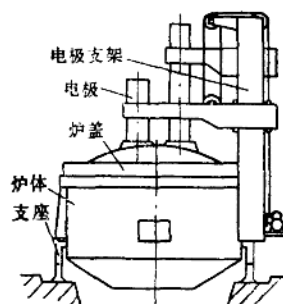


图22-1-4 电极支架固定在炉壳上

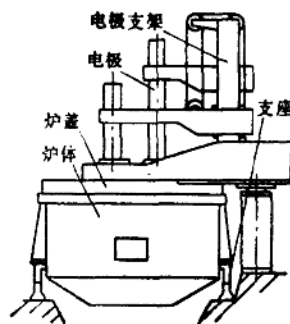


图22-1-5 电极支架单独装设

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面影响生产。

(2) 修理方法,

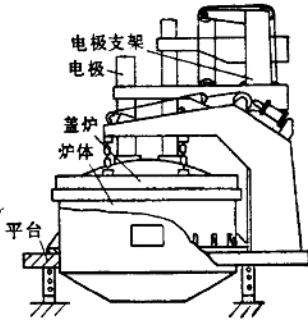


图22-1-6 电极支架和炉壳共座连接

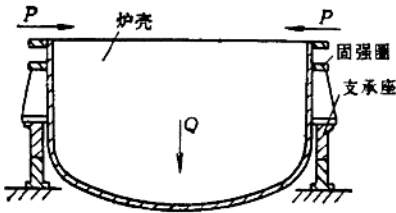


图22-1-7 炉壳支点在炉壳两侧

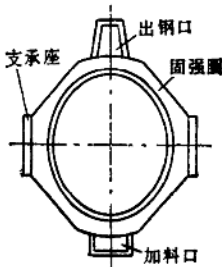


图22-1-8 炉壳变形方向

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

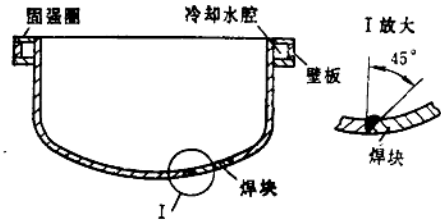


图22-1-9 炉壳的补焊

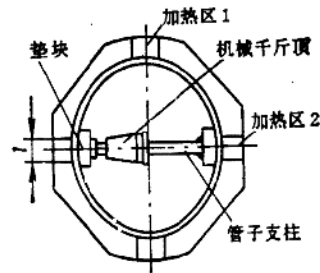


图22-1-10 炉壳的矫正

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℃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。

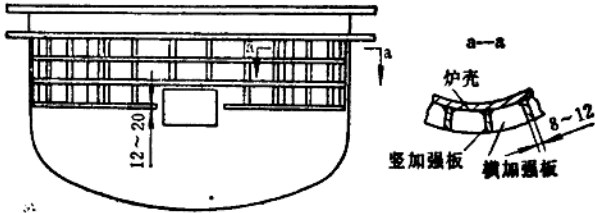


图22-1-11 炉壳的加固

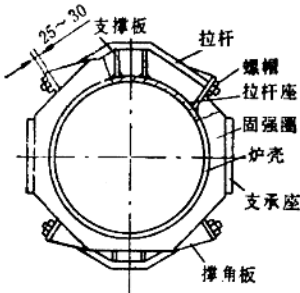


图22-1-12 用预应力拉杆加固

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0.6mm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℃ 时, 45 号钢的抗拉强度为 70MPa, 而奥氏

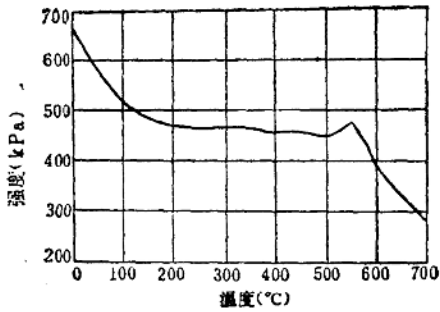


图22-3-1 1Cr18Ni9钢在不同温度下的抗拉强度

体钢1Cr18Ni9在温度升高到550℃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。耐热钢的导热率低，与45号碳钢相比较：1Cr18Ni9钢为0.108(W/(m·K))，45号钢为0.134(W/(m·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 $v = 60 \text{ m/min}$ 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 $v > 100 \text{ m/min}$ ，所以选择有一定冲击韧度和耐磨性性能的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 γ ：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 γ 。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 γ ，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 α ：后角 α 直接与后隙面的摩擦和磨损有关，因此，合理地选择后角 α 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 α 选择得大一些，切削厚度大时，后角 α 可选得小些。一般加工耐热钢，刀具的后角 α 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

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 γ	$10^\circ \sim 15^\circ$
	半精加工		$15^\circ \sim 20^\circ$
3Cr13	精加工		$20^\circ \sim 30^\circ$
1Cr18Ni9Ti	粗加工	后角 α	$6^\circ \sim 8^\circ$
	精加工		$8^\circ \sim 10^\circ$

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		0.3~0.6
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, 切削部分必须有较低的粗糙度。否则会增大切削阻力, 并使切屑粘附、熔着现象增加。

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 φ 和副偏角 φ_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 γ 和后角 α (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极为重要的征兆, 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瘤, 都应及时用油石铲去。

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

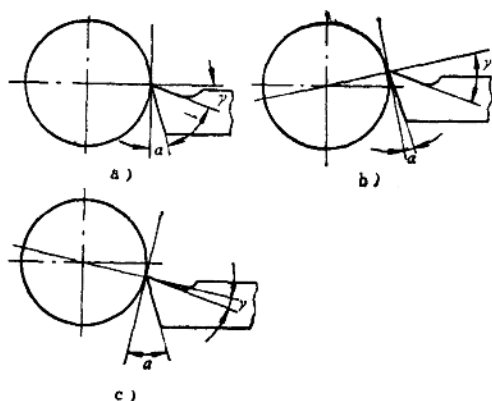


图22-3-2 刀具安装对前角和后角的影响

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° 的较多。用高速铣刀盘铣削耐热钢时，刀头的后角一般可达 20° 。

(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
棒料杆铣刀	36	190~150	47.5~60
	40	150~118	47.5~60
	50	118~95	47.5~60
	60	95~75	60~75
	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 $37.5 \sim 150 \text{ mm/min}$ 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损。

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，这是铣刀刀齿磨损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 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 γ 一般采用 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，后角 α 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

刨床滑枕往复行程 (双行程) (次/min)	切削速度 (m/min)		横向进给走刀量 s (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; 切屑剥离面不光滑, 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, $30^{\circ}\sim 36^{\circ}$ 的磨粒, 可使磨削后的表面粗

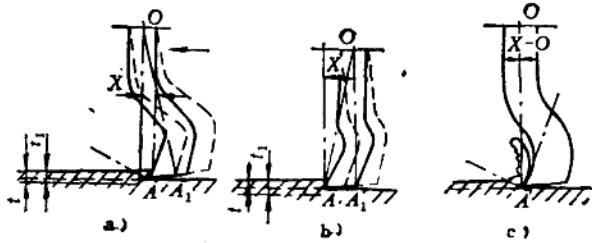


图22-3-3 刨刀切削刃对其轴心线的位置

糙度达 $R_a 3.2\sim R_a 1.6\mu\text{m}$, $46^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的磨粒, 可使磨削后的表面粗糙度达 $R_a 0.8\sim R_a 0.4\mu\text{m}$, $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 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 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 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 ($35\sim 75\text{m/s}$)。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₃~中₂($R_3 \sim Z_2$)较为合适,其中特别以中软₁、中软₂(ZR_1 、 ZR_2)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₃(R_3)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120~150 r/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15~20 m/min,粗磨时一般为5~50 m/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1Cr18Ni9Ti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 $(0.2 \sim 0.7) B$ mm/工件转,精磨为 $(0.2 \sim 0.3) B$ mm/工件转。内圆磨削时,粗磨的纵向进给量为 $(0.4 \sim 0.7) B$ mm/工件转,精磨为 $(0.25 \sim 0.4) B$ 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 $(0.3 \sim 0.7) B$ mm/工件每一双行程,精磨时的横向进给量为 $(0.005 \sim 0.01) B$ 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($1100 \sim 1500^\circ\text{C}$),在瞬时间内来不及通过工件和机床系统传出去。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(2φ)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 $130^\circ \sim 150^\circ$,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20 m/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	0.29~0.40

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,并且用力不能过大,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,加工表面也随之恶化,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缝。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℃，使温度分布均匀，然后迅速地提高到锻造温度1050~1200℃，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℃。

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℃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℃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℃左右的炉渣中或石棉保温箱中冷却，或者在 600℃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℃范围内停留时间过长，会出现所谓的 475℃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℃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 (℃)	预热时间 (min/mm)	加热温度 (℃)	加热时间 (min/mm)
1Cr13、2Cr13	<100	—	—	1150~1180	0.35~0.9
3Cr13、4Cr13	≥100	860~850	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 (℃)		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℃，迅速加热1150℃或1100℃	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℃，迅速加热至1050~1100℃	正常空冷
	Cr28	950~1000	720~800	缓慢加热至 850℃，迅速加热至 950~1000℃	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 α 相过多	有较多的 α 铁素体($10\% < \alpha < 50\%$)或出现块状 α	马氏体-铁素体钢中的 α 铁素体偏多,加热温度过高	将 α 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 ₂₃ C ₆	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α相过多	表面产生裂纹。高倍观察有过多(2级以上)的α铁素体	原材料中的α相含量过多	加强对原材料的检查,将含α相过多的挑出来
过腐蚀	工件表面上出现麻点或麻坑	α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

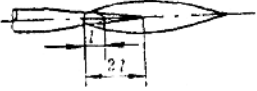
所有的焊接方法几乎都能用于耐热钢的焊接,其中以手工电弧焊、氩弧焊和等离子弧焊应用较多,且能满足质量要求。气焊方法在一些低合金钢薄板和少量小直径管子对焊时也有应用,但由于气焊的焊接接头质量不能充分满足耐热钢的使用要求,因此,在大量生产的场合下,这种焊接方法已被淘汰。

(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。

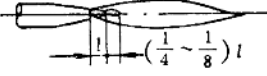
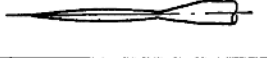
气焊的主要优点,在于容易控制熔池形状和尺寸。

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 ₂ H 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℃

(续)

火焰种类	火焰形状	O_2/C_2H_2	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		$1 \sim 1.2$	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, 焊接熔泡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), 其中钨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

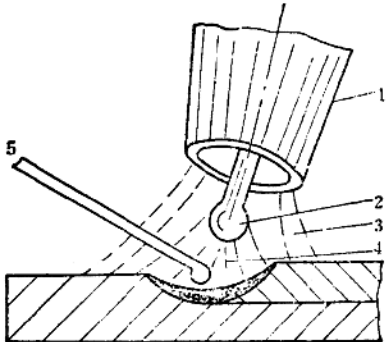


图22-3-4 钨极氩弧焊

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

序号	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		
铬 202	Cr13	TB13-2	铁钙	交、直流	≤ 0.12	11~14	≤ 0.60		D410-16	ЭФ-X13	E410-16		焊接 1Cr13 钢	
铬 207	Cr13	TB13-7	低氢	直流	≤ 0.12	11~14	≤ 0.60		D410-15	ЭФ-X13	E410-15	OK68.15	焊接 1Cr13 钢	
铬 302	Cr17	TB17-2	铁钙	交、直流	≤ 0.12	15~18	≤ 0.60		D430-16	ЭФ-X17	E430-16		焊接 Cr17 型 抗氧化钢	
铬 307	Cr17	TB17-7	低氢	直流	≤ 0.12	15~18	≤ 0.60		D430-15	ЭФ-X17	E430-15	OK67.33 832MVT	焊接 Cr17 型 抗氧化钢	
奥 132	Cr18Ni9	TB18-8Nb-2	铁钙	交、直流	≤ 0.08	18~21	8~11	Nb 8×C	NC-37 NCF-47		E347	OKR201S OKR205S OK61.81	焊接 Cr18Ni9 型奥氏体耐热钢	
奥 137	Cr18Ni9	TB18-8Nb-7	低氢	直流	≤ 0.08	18~21	8~11	Nb 8×C	D347	ЭА1Е П/Л-11	E347		焊接 Cr18Ni9 型奥氏体耐热钢	
奥 232	Cr18Ni9Ti	TB18-12-Mo2V-2	铁钙	交、直流	≤ 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	≤ 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	≤ 0.12	22~26	11~14		NC-39 NCF-09	ЭА2 ЭИ17V-3 ОЗЛ	E309	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	≤ 0.12	22~26	11~14		NC-39	ЭА2	E309		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	≤ 0.20	24~28	18~21		D310	ЭА3	E310		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	≤ 0.20	24~28	18~21		D310	ЭА3 П/Л8	E310		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	≤ 0.20	24~28	18~22	Mo2~3					焊接高温工作的奥氏体耐热钢	
奥 707	Cr-Mn-N	TBCrMnMoN-7	低氢	直流	≤ 0.15	16~18		Mo11~14 Mo1~2 N0.17~0.3					焊接 Cr-Mn-N 钢	