



电机定子铁心的 TIG 焊接工艺

林德超 史耀武 (西安交通大学 710049)

王 昆 (西安航空发动机公司)

TM303

1 定子铁心扣片工艺改造为 TIG 焊接工艺

定子铁心 TIG 焊接法采用直流正接, 不加填充金属, 依靠电弧产生的热量将铁心上的焊接凸点熔化而形成纵向连接焊缝, 焊缝数目根据铁心的大小而定, 一般为 4~6 条, 呈对称分布。电机定子铁心扣片工艺改造为 TIG 焊接工艺, 需要研究扣片机改造为 TIG 焊接设备的可行性以及焊接定子铁心的使用性能, 包括整体抗拉强度、抗裂性能和导磁性等。

1.1 HJ012-40 型电机定子扣片机改造为 TIG 焊接设备

HJ012-40 型电机定子扣片机有 4 个执行油缸, 分别是, 定位油缸、胀紧油缸、主油缸和提升油缸。其中定位油缸、胀紧油缸和主油缸主要用于定位和压紧定子铁心, 提升油缸完成扣片工作。电机定子铁心的扣片工艺改造为 TIG 焊接工艺时, 定位和压紧定子铁心的上述前三种油缸及其液压系统可不做任何改动, 将提升油缸改为能带动焊枪上下行进行焊接即可。而提升油缸原来的上行速度 49mm/s, 下行速度为 65mm/s, 不能满足 TIG 焊接时焊接速度在 1~30mm/s 可调节的要求, 因此其液压回路必需改造。对该液压回路的改造方法是在其液压回路中增加两个调速阀, 通过调节调速阀的液阻, 改变进入或流出油缸的流量, 达到调节提升油缸的上、下

行速度的目的。改造后, 提升油缸的上行速度范围为 0.5~49mm/s, 下行速度范围为 0.5~65mm/s, 能满足 TIG 焊接方法对焊接速度调节范围的要求。

1.2 定子铁心叠压扣片工装的改造

定子铁心的紧固由机械扣片工艺改为 TIG 焊接工艺, 原叠压扣片工装就要作相应的改变, 以适应 TIG 焊接要求。将滚压梁上用作滚压扣片的装置拆除, 安装气冷式焊枪, 并在工装中的上下压板内镶上铜块, 如图 1 所示, 以便焊接时在铜块上起弧和收弧。

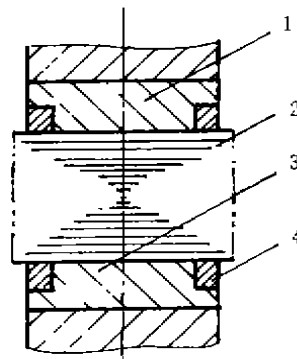


图 1 定子铁心 TIG 焊接工装

1. 上压板 2. 定子铁心
3. 下压板 4. 铜块

1.3 定子铁心专用 TIG 焊接 WZD6-200 的研制

定子铁心的扣片机改造为 TIG 焊接设

备,需要增加定子铁心专用 TIG 焊机。对于有 6 条焊缝要求的定子铁心,完成其全部焊接过程的方法有多种。第一种方法是采用 6 台 TIG 焊机和 6 把焊枪,一次装夹后,6 把焊枪同时起弧,一次性完成全部焊接过程;第二种方法是采用 3 台 TIG 焊机和均匀分布的 3 把焊枪,一次装夹,分两次焊接,第一次,3 把焊枪同时起弧,焊枪上行焊接 3 条焊缝,焊完设备复位后用机械方法(如液压马达、人为机械转动等)将焊枪托盘转动 45° 角,然后再按照第一次焊接的方法焊接余下的 3 条焊缝。实现上述第一种方法需增加较多的焊机数量,实现第二种方法需增加液压马达及其液压系统、电气控制等,扣片机的改造工作量大,且投资也大。针对这种情况,研制了定子铁心 6 条焊缝的 TIG 专用焊接电源 WZD6-200。该机将 3 台 TIG 焊机有机地组成一体化焊接电源,外配 6 把焊枪,一次装夹后,通过焊接电源内部电的转换,一次实现 6 条焊缝的自动焊接。其方法是,焊枪托盘上固定 6 把焊枪,均布的 3 把焊枪同时起弧后,提升油缸带动焊枪托盘上行焊接 3 条焊缝,到位后 3 把焊枪熄弧,延时数秒后,另外 3 把焊枪同时起弧,然后提升油缸下行时焊接余下的 3 条焊缝,从而克服了机械变更焊枪位置或过多增加焊机的缺点,降低了改造投资,且焊

接全过程稳定可靠,生产效率高。WZD6-200 焊机配接的每把焊枪焊接电流均可在 $5 \sim 200\text{A}$ 范围内预先调节,焊接时互不干扰,高频高压引弧系统性能优良,每把焊枪的起弧和焊接电弧均稳定可靠。

1.4 焊接凸点的设计和端环结构改进

扣片工艺中,冲片待扣片部位通常为燕尾槽形,为了更好地适应 TIG 焊接,需在燕尾槽中设计焊接凸点,如图 2 所示。其中 a 可根据定子铁心的厚度和焊缝数而定,定子铁心厚度越大或焊缝数越少, a 值可取大一些,以保证焊接后电机长期运行过程中不开裂,但 a 值太大,焊接过程中 TIG 电弧的热斑点直径小于焊接凸点的宽度, TIG 电弧不能将设计的焊接凸点完全熔化,因此 a 值一般在 3mm 左右。为保证 TIG 电弧不发生偏弧现象而稳定燃烧,图中燕尾槽的宽度 b 需大于 $10 \sim 12\text{mm}$, c 值可取 $1 \sim 2\text{mm}$, α 可取 $80^\circ \sim 90^\circ$ 。由于 TIG 电弧是自由电弧,呈圆锥形发散,且电弧中温度分布很不均匀,中心区域温度高,两边温度低。如在燕尾槽中不设计焊接凸点,直接在燕尾槽平面上焊接,焊缝横截面呈碗形,且由于燕尾槽平面上锈、油等杂物不均匀分布时,焊缝边缘部分熔化不整齐。有焊接凸点的 TIG 焊缝质量有如下优点:

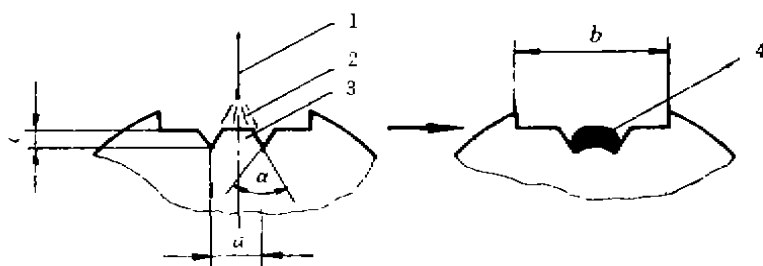


图2 焊接凸点设计

1. 钨极 2. TIG 电弧 3. 焊接凸点 4. 焊缝

(1)在焊接规范参数完全相同时,有焊接凸点的焊缝横截面积增大,使定子铁心整体机械强度提高。

(2)有焊接凸点的铁心在焊接过程中氩气保护效果好,尖角内有聚集氩气的作用。试验表明,尖角的角度 α 在 $45^\circ\sim 60^\circ$ 角之间为宜。角度太小,氩气流易引起涡流,将外界空气卷入电弧柱及熔池,气体保护变坏,钨极易烧损,焊缝成形差。角度太大,不能充分发挥尖角内有聚集氩气的作用。

(3)焊接规范参数合适时,焊缝成形好,外观整齐光滑。

在机械扣片中,为便于扣片两端打弯扣牢,定子铁心两端均有碗形环。改为 TIG 焊后,该碗形端环可以改为两块端板,从而省去了复杂的加工。

2 TIG 焊接设备工作原理

定子铁心扣片机的自动工艺过程为,将定量的铁心片放入定位工装,按下“定位”按钮,定位和胀紧油缸先后动作,将铁心定位好,放入扣片后按下“压制”按钮,主油缸动作横梁下行压紧定子铁心,随后提升油缸上行压平扣片,使扣片两侧面胀紧燕尾槽型,然后被打弯的扣片两端扣住定子铁心的两端面,然后各气缸复位。改造为焊接工艺后,其自动工艺过程变为,将定量的铁心片放入定位工装,按下“定位”按钮,定位油缸和胀紧油缸动作,使定子铁心定位,然后主油缸动作横梁下行压紧定子铁心,延时数秒,均布的 3 把焊枪起弧,同时提升油缸上行带动已起弧的焊枪实现 3 条焊缝的焊接,到位后焊枪熄弧,延时数秒后另外的 3 把焊枪起弧,同时提升油缸下行带动已起弧的焊枪实现另 3 条焊缝的焊接,到位后焊枪熄弧,各气缸复位。

对比上述两种工艺过程可知,焊接工艺过程中省去了滚压扣片工序对已定位压紧的定子铁心的不利影响,因而操作简便,生产效

率高,且产品质量容易得到保证。

3 焊接工艺

3.1 TIG 焊接规范参数的选择

定子铁心的焊缝质量如熔深、熔宽及表面成形等,主要靠焊接工装、焊接工艺过程和焊接规范参数保证。TIG 焊接规范参数包括焊接电流、焊接速度、氩气流量、钨极直径及形状、喷嘴孔径以及弧长等。国外报道的焊接规范参数主要基于平焊位置^[1]。桂林邮电通信机械厂对外径 $\varnothing 162\text{mm}$,内径 $\varnothing 89\text{mm}$,厚度分别为 71.5mm 和 52mm 的出口电机进行 TIG 焊接,铁心焊缝是利用铁心外圆的 U 型工艺槽单侧顶端熔化成形的,钨极直径为 $\varnothing 2\text{mm}$,焊接电流比焊一般碳钢小 45%(每毫米厚取 30~35A),喷嘴孔径为 $\varnothing 6\text{mm}$,氩气流量为 4~6L/min,弧长为 1.5~2mm,得到的焊缝宽 3~3.5mm,熔深为 2~2.5mm^[2]。文中以某厂 HJ012-40 型扣片机配用 WZD6-200 焊机改造为专用 TIG 焊接设备后焊接外径 $\varnothing 260\text{mm}$ 、内径 $\varnothing 180\text{mm}$ 和高度 80mm 的定子铁心为例,说明 TIG 立焊位置的焊接参数选择。由于高温液态熔池重力和电弧力的作用,立向下焊接相对于立向上焊接,焊接电流和焊接速度均大一些,因此要求氩气流量和喷嘴孔径也适当大一些,以加强气体保护。为保证焊接引弧可靠,电弧稳定,选用 $\varnothing 2.5\text{mm}$ 的钨钨电极,并将其端磨成台锥角,角度约 25° ,前端平台为 $\varnothing 0.6\text{mm}$ 。压紧力的选择应考虑定子冲片的面积、定子铁心的厚度和毛刺情况。定子冲片的净面积、定子铁心的厚度和毛刺越大时要求压紧力也越大,所用焊接规范参数见附表所示。

3.2 焊枪布置

采用多把焊枪同时进行立向上焊和立向下焊时,焊枪的布置需要考虑以下几点:

附表 TIG 焊接工艺规范参数

焊接位置	焊接电流 (A)	焊接速度 (mm/s)	氩气流量 (L/min)	喷嘴孔径 $\varnothing$ (mm)	弧长 (mm)	压紧力 (MPa)
立向上焊接	100	4.2	5	8	1.5~2.5	70
立向下焊接	120	5.0	8	12	1.5~2.5	70

(1)相邻焊枪在铁心叠片高度方向应错开一定距离(1~10mm 间距)。

(2)焊枪钨极应对准焊接凸点中心,因TIG 电弧是发散的尖锥状电弧,其中心温度最高。

(3)焊枪中心线与定子铁心圆周方向的

法线的夹角 β 应视焊接凸点与定子片齿部的相对位置而定。当焊接凸点位于定子片的一个齿部之上时,如图 3a 所示, β 取 $10^\circ \sim 45^\circ$ 。而当焊接凸点位于定子片两齿部中间时,如图 3b 所示, β 可取 0° 。焊接时,热影响区主要向定子片两齿部之间的方向扩展,以

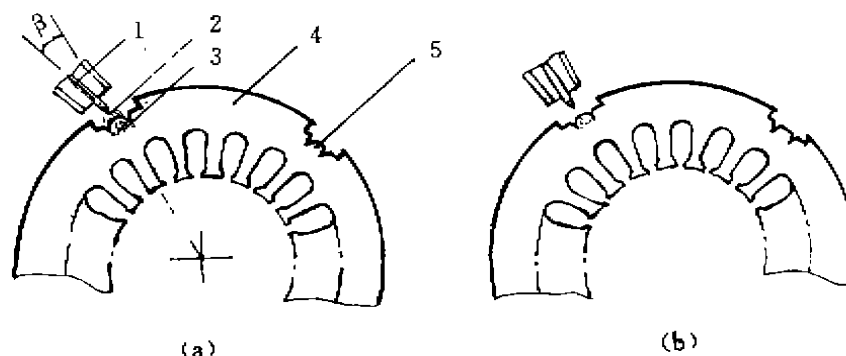


图3 焊枪、焊接凸点和定子片齿部的相对位置

1. TIG 焊枪 2. TIG 电弧 3. 焊缝 4. 定子片 5. 焊接凸点

利于减小焊接变形。

(4)焊枪中心线和焊接方向的夹角 γ 也很重要。在相同焊接规范参数条件下, γ 小于 90° 的合适角度内,由于熔池重力和电弧力的作用可使焊缝熔深达到最大。如对于没有焊接点的定子铁心焊接试验表明,在焊接规范参数相同条件下,立向上焊接时, γ 值取 $75^\circ \sim 80^\circ$,焊缝熔深平均为 2.65mm,而 γ 为 90° 时,焊缝熔深平均 2.25mm。当立向下焊接时, γ 为 $80^\circ \sim 85^\circ$,焊缝熔深平均为 2.55mm, γ 为 90° 时,焊缝熔深平均为 2.35mm。

4 定子铁心焊接质量

机械部第八设计院对 D21 和 D22 热轧

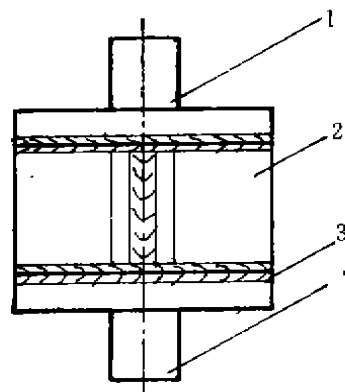


图4 定子铁心的拉伸试验件

1. 上拉伸轴 2. 定子铁心
3. 连接焊缝 4. 下拉伸轴

(下转第 52 页)