

ZS-165 轻便型硅整流焊机

活 页 技 术 资 料

编 号 010

机 械 工 业 出 版 社

ZS-165 轻便型硅整流焊机

(只限国内发行)

*

机械工业出版社出版 (北京阜外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

1971年5月北京第一版·1971年5月北京第一次印刷

*

统一书号: 15033·(内)405·定价 0.05 元

毛主席语录

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

ZS-165轻便型硅整流焊机

北京电焊机厂
中国人民解放军某部五所

为落实伟大领袖毛主席提出的“抓革命，促生产，促工作，促战备”的伟大号召，北京电焊机厂与中国人民解放军某部五所，在一机部机械科学研究院、天津市焊接研究所和北京市金属结构厂等单位的大力协助下，高举毛泽东思想伟大红旗，坚持“独立自主、自力更生”的伟大方针，狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇推行的“爬行主义”“洋奴哲学”等反革命修正主义黑货，发扬敢想、敢干的革命精神，终于试制成功 ZS-165 轻便型硅整流小型电焊机，性能达到了国内外先进水平。这种电焊机体积小，重量轻，很适合战备需要。这是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利，是革命“三结合”的又一丰硕成果。

一、焊机特点

这台焊机的特点是：输入功率小，输出功率大（在二次输出 200 安培时，一次输入 16 安培），暂载率高，体积、重量小，电流调节范围广，焊机结构、电器线路简单，工作可靠，维修方便。

为达到上述的技术指标，从电气原理上、结构上做了如下几点改进：

- （1）采用低的空载电压；
- （2）用磁放大器做为电流无级调节元件，在磁放大器设计

上做了新的改进；

(3) 变压器、磁放大器采取了新型的C型铁芯结构，绕组绝缘采用B级；

(4) 采用强迫风冷。

(一) 降低空载电压，提高焊机的效率与功率因数：

焊机要达到低功率的输入和高功率的输出，视在功率利用系数(C)必须得高。因为：

$$C = \frac{P_{\text{弧}}}{P_{\text{视}}} = \eta \cdot \cos \varphi = \frac{u_{\text{弧}} \cdot \lambda_{\text{弧}}}{u_0}$$

其中 $P_{\text{弧}}$ ——电弧的功率；

$P_{\text{视}}$ ——视在功率（即计算功率）；

η ——效率；

$\cos \varphi$ ——功率因数；

$\lambda_{\text{弧}}$ ——电弧功率因数；

$u_{\text{弧}}$ ——电弧电压；

u_0 ——空载电压。

从上式中可以看出：要提高功率利用系数(C)，最有效的方法就是降低空载电压(u_0)。但是，在手工焊接时，由于焊条和焊件表面往往有锈和其他杂质，造成接触不良，接触电阻比较大。因此，空载电压太低，会造成引弧的困难。为方便引弧，空载电压约为焊接电压的1.8~2.25倍左右。即 $u_0/u_1 = 1.18 \sim 2.25$ 。这样，就不得不使焊机的计算容量比实际有功功率大1.8~2.25倍，其经济效果不好，会浪费大量的贵重金属铜及硅钢片。同时C值也并不高，设备并没有得到充分利用。目前，国内外出产的一些焊接整流器，其空载电压几乎全在60~70伏。因此，也就普遍存在着上述缺点。

我们如果仍采用上述方法，又要达到我们要求的技术参数，

看来是难以实现的。因此，我们这次设计采用了降低空载电压的办法。经初步计算，采用了 45 伏的直流空载电压。为克服引弧困难的问题，我们附加了一个引弧装置。这个引弧装置具有 78 伏电压和 12 安电流，足以引弧。这样，引弧问题就解决了，而且功率消耗并不大。

（二）利用磁放大器做为电流无级调节元件：

由于磁放大器可以作为一个连续可调电感，用在线路中可进行电流、电压的无级调节，并且可以得到大的电流变化倍数 k_i 和电压变化倍数 k_u ，具有制造简单、工作可靠、维修方便等优点。因此，国内外生产的焊接整流器都用它做为无级调节元件，而且越来越普遍。尤其是国内，近两年来试制和生产的焊接整流器，大部分是磁放大器的。本机采用了这项新技术，并与一个三相变压器、整流桥组成了三相内桥内反馈线路（图12电气原理图）。

由于采用低的空载电压（45 伏），这样磁放大器最大输出（即额定电流下最大输出电压），也就受到了限制。由下面分析可知：假如磁放大器的铁芯材料是理想的，铁芯具有理想磁化曲线，这曲线是由三条直线组成（一条是垂直线，两条是水平线），如图 1 所示。

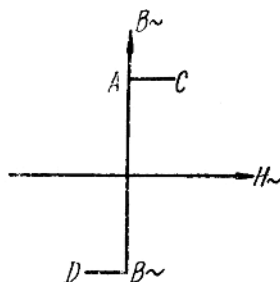


图 1 理想磁化曲线。

在铁芯不饱和时，也就是在 A 以下时，不必有激磁磁场强度，即可以得到某一磁感应强度。而在饱和以后，则产生的饱和磁感应强度就无穷大。也就是说，在铁芯不饱和时，其导磁系数无穷大，而在材料饱和以后，则其导磁系数为零，由这样理想的铁芯材料而构成的放大器，在未饱和时，其电感为：

$$L = \mu \cdot W^2 \cdot \frac{S}{l} 10^{-8},$$

$$\mu \rightarrow \infty,$$

$$\text{故 } L \rightarrow \infty,$$

这时，其电源电压降全部降在放大器上，二次负载输出为零，因此线圈不导电，则无功输出。当铁芯饱和后， $\mu \rightarrow 0$ ，所以：

$$L = \mu \cdot W^2 \cdot \frac{S}{l} 10^{-8} \rightarrow 0$$

这时，磁放大器电抗为零，相当于变压器后面没接磁放大器，直接连接整流元件，假定忽略整流元件压降，则最大输出电压（电流为额定值时）：

$$U_{max} = \frac{U_0}{1.35} = \frac{45}{1.35} \approx 34 \text{ 伏}$$

这个值，仅是一个理想值，由于铁芯的材料结构不是理想的，因此实际上不会达到这个数值。

在 $I_y = 0$ 时，在铁芯不饱和情况下， $\mu \neq \infty$ ，则 $H \neq 0$ ，因为铁是有一定的电感的。因此，总会有一定的电流流过。反之，当铁芯饱和时， $I_y \neq 0$ ， $\mu \neq 0$ ，这时，电感也是有一定的数值，当电流通过时，总要造成压降，这是不可避免的，如图 2 所示，并造成了 I 非控区。因此，在额定电流下，

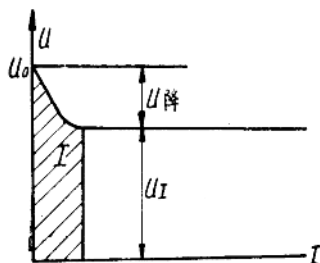


图 2 输出外特性曲线。

其工作电压总是要小于 34 伏。

由试验知道，手工焊接在 200 安培时，其电弧电压约在 30~32 伏左右，这样，实际输出电压与理想值就临近了，磁放大器设计不好，就不会输出理想的功率。正确的选择铁芯结构，合理地选择铁芯截面以及交流绕组匝数，力求得到最小的感抗（在饱和时），以获得最大的功率输出。我们通过一些实验分析，认为：

（1）铁芯截面（ S ）增加，可以使非控区减少，增高功率输出；

（2）交流绕组匝数（ $W_{\sim}$ ）减少，可以使非控区减小。但 S 增加， $W_{\sim}$ 减少，会使最小输出提高，达不到我们要求小规范的目的；

（3）磁放大器结构形式、耦合的好坏，也影响非控区的大小。

二、铁芯截面积的选择方法

铁芯截面积的选择方法，许多文献和书籍上都已介绍。但是，我们计算之后发现铁芯截面都比较大，达不到我们的要求。因为焊接整流器对磁放大器要求有些特殊，不比一般磁放大器，因此用一般磁放大器计算方法来计算就不适宜了，考虑焊接整流器要求较小的 k_m 和 k_i 值和较大的功率输出，我们用以下公式得到的铁芯截面积（冷轧硅钢片）：

$$D = K \cdot \sqrt[3]{KVA} \text{ (毫米)} \quad (1)$$

其中 KVA ——三相磁放大器容量；

K ——系数（18~20）；

D ——一个铁芯外接圆直径。

$$S = a \cdot b k_c = k_c \cdot \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (\text{厘米}^2)$$

其中 k_c ——铁芯截面有效材料填充系数。

三、交流绕组匝数的确定

当铁芯截面初步选定之后, 就可以根据选择的铁芯材料以及同类型结构的交直流同时磁化曲线, 计算其交流绕组的工作匝数 $W_{\sim}$:

$$W_{\sim} = \frac{U \cdot 10^8}{4.44 \cdot f \cdot S \cdot B_{m0}} \quad (2)$$

其中 $W_{\sim}$ ——交流绕组匝数 (在本线路, 它等于每只铁芯上的两个工作绕组相串联之和);

U ——磁放大器工作电压 (有效值) 伏;

f ——交流电源的频率, 计算时均为 50 赫;

B_{m0} ——当控制磁场强度为零时, 在空载状态下工作的磁感应幅值 (高斯), 冷轧硅钢片可取 16000~18000 高斯;

S ——每只铁芯净截面积 (厘米²)。

$$U = \frac{u_{\phi}}{2} - \frac{u_{=min}}{2 \times 1.35} \quad (3)$$

$$u_{\phi} = \frac{u_{=0}}{1.35} \quad (4)$$

其中 u_{ϕ} ——变压器二次线圈电压;

$u_{=0}$ ——空载直流电压 (平均值);

$u_{=min}$ ——最小输出工作电压 (平均值), 参看图 3。

公式 (3)、(4) 中的系数 2 与 1.35, 可通过图 4 a 看出。在三相桥式线路的整流器输出端, 空载电压 $V_{=0} = 1.35$, 系数取 2 是因为每一瞬间磁放大器工作电压是加在两个工作绕组上。因此, 计算一个工作绕组匝数时, 要取其工作电压一半。

例如: A 相管子 1 导电, 在 A 相管子 1 导电这个周期内, 管

子1 导电 120° ，在第一个 60° ，B相管子4 导电，因为这时B相管子4 电位最负，在第二个 60° ，C相管子6 导电，这时C相管子6 电位最负，参看图4 b。因此，在每一瞬间，总有两个管子导电。因每个芯柱上的交流绕组各串一个管子，因此，每一瞬间，总有两个交流绕组工作。

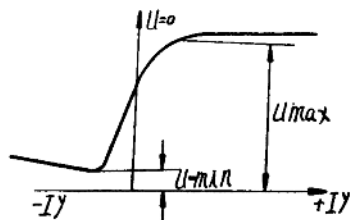


图3 输入输出特性曲线。

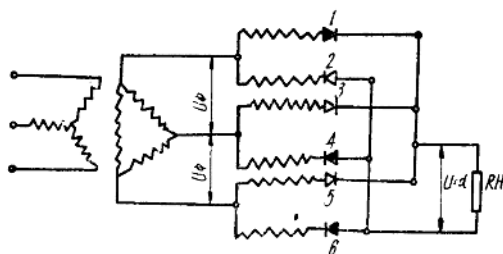


图4 a 三相桥式整流线路图。

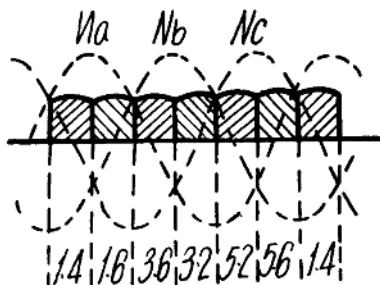


图4 b 三相桥式整流电流波形。

四、鉄芯的結構和綫圈的布置

鉄芯材料的磁性能、鉄芯結構、制造工艺，在很大程度上将影响放大器的磁性能，为得到其最小体积和最大功率的输出，采用了冷轧硅鋼片以及C型鉄芯結構。取C型鉄芯結構之后，硅鋼片的压延方向与磁通一致，这样可大大减少磁阻，减少鉄芯磁化电流。

如磁路中有气隙，将导致激磁功率增加，使整个鉄芯的导磁系数降低。如总磁势为 F ，鉄芯硅鋼片內平均长度为 L_{cp} ，鉄芯之间接縫为 δ (长度)，磁压降分别为 F_{Lcp} 及 $F\delta$ 则：

$$\begin{aligned} F &= F_{Lcp} + F \cdot \delta = H_{Lcp} \cdot L_{cp} + H \delta \cdot \delta = H_{cp} \cdot L_c + \frac{B_0}{\mu_0} \cdot \delta \\ &= H_{Lcp} \cdot L_{cp} + B_0 \cdot \delta \end{aligned} \quad (5)$$

假设硅鋼片磁通密度 B 和硅鋼片接縫处磁通密度 B_0 相等(即 $B_0 = B$)，则具有气隙的鉄芯总导磁系数为：

$$\mu = \frac{B}{F/L_{cp}} = \frac{B}{H_{Lcp} + B_0 \delta / L_{cp}} = \frac{1}{\frac{1}{\mu_L} + \frac{\delta}{L_{cp}}} \quad (6)$$

其中： $\mu_L = \frac{B}{H_{Lcp}}$ (硅鋼片导磁系数)

从上式看出：硅鋼片的导磁系数很高，由于有了气隙，会使合成后的总导磁系数大大降低。

采用C型鉄芯結構，使接縫减小到只有两道，并且由于C型鉄芯隙口磨的很平，其磁阻很小，因 δ 很小，约0.015~0.010毫米左右，故 $B_0 \delta$ 很小，因此：

$$\mu = \frac{B}{H_{Lcp} + B_0 \delta / L_{cp}} \div \frac{B}{H_{Lcp}} \quad (7)$$

磁性能要比叠装結構有很大提高。

磁放大器的交直流绕组在鉄芯的布置方式不同，则其漏感不同。由于漏感大小将显著影响饱和电抗器的质量，为得到最大功率输出和最小漏感，我们采用了如图5、所示的結構形式。

图6(b)即为单个鉄芯結構。

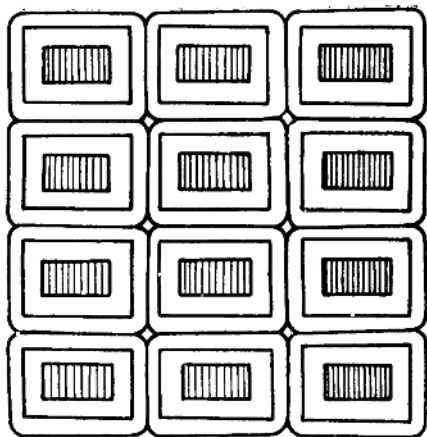


图 5 三相磁放大器的结构。

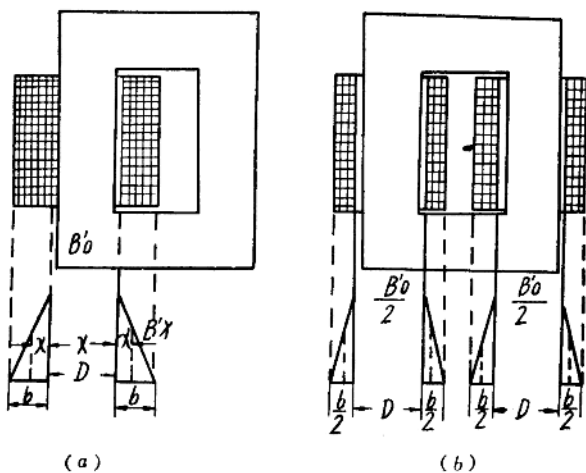


图 6 漏磁通密度分布图。

即交流绕组分配在每只铁芯柱上，在交流绕组外面绕直流绕组，这样，通过计算其漏感最小，分析如下：

假如所有漏磁通的磁力线长度均为 L_x ，它通过线圈、铁芯和气隙而构成回路，由电工理论可知，作用于每个闭合回路中的总磁势等于包围在回路中的总安匝数。又由于铁芯硅钢片内的磁阻很小，磁压降也很小，因此可以认为全部磁压降都消耗在线圈本身上，亦即消耗在空气中。

距线圈内径 x 处的磁通密度 (B_x):

$$B_x = \frac{\mu_0 \cdot i_w}{L_x} \cdot \frac{x}{2b} \quad (8)$$

其中 μ_0 ——空气隙的导磁系数；

i_w ——一只铁芯上的交流安匝数；

L_x ——距线圈内径 x 处磁力线平均长度。

由磁场能量公式推导出功率线圈的漏感为：

$$L = \frac{4\mu_0 \cdot \pi \cdot b \cdot W^2}{L_x} \cdot \left(\frac{D}{3} + b \right) \quad (9)$$

将两个交流线圈改成四个，此时线圈厚度变为 $\frac{b}{2}$ ，匝数为 $\frac{W}{2}$ ，这时其漏感为：

$$L' = \frac{\mu_0 \cdot \pi \cdot \frac{b}{2} \cdot W^2}{L_x} \cdot \left(\frac{D}{3} + \frac{b}{2} \right) \quad (10)$$

两种情况之比：

$$\begin{aligned} \frac{L'}{L} &= \frac{\pi \mu_0 \cdot \frac{b}{2} \cdot W^2 \left(\frac{D}{3} + \frac{b}{2} \right)}{L_x} \cdot \frac{L_x}{4\pi \mu_0 b W^2 \left(\frac{D}{3} + b \right)} = \frac{\frac{b}{2} \left(\frac{D}{3} + \frac{b}{2} \right)}{4b \left(\frac{D}{3} + b \right)} \\ &= \frac{\frac{D}{3} + \frac{b}{2}}{4 \left(\frac{D}{3} + b \right)} < \frac{1}{4} \end{aligned} \quad (11)$$

因此，这种结构形式其漏感最小，并且散热也均匀，能得到最大功率输出。

为保证磁放大器能输出最大功率，在磁放大器的工作绕组上又并联一特殊的反馈绕组（见图7、图8），这组绕组起两种作用：

（1）它起正反馈作用，使反馈进一步加强，作用如图7所示：

假如反馈电流从元件①流入，在芯柱1上产生出的直流磁势为：

$$F_{e1} = F_1 + F_2$$

在芯柱2上产生出的直流磁势为：

$$F_{e2} = F_3 - F_4$$

总磁势： $F_e = F_{e1} + F_{e2}$

因此，使总磁势进一步增强。

（2）假设元件②处在正半周，元件②导通（见图8）：

如果不接反馈绕组（见图8a），则芯柱1上不会有交流磁通，因为元件①不导通，只有在铁芯柱2上有交流磁通。

但是接上反馈绕组之后，铁芯柱1上产生交流磁

通： $F_{1\sim} = F_{1\sim} - F_{2\sim}$ ，这样，可以看成如图8b所示工作状态，因此，

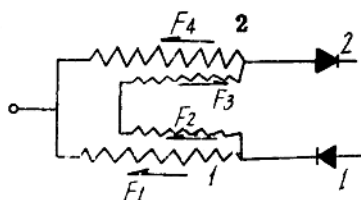


图7 反馈绕组工作原理图。

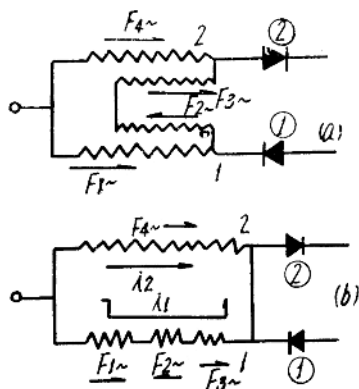


图8

具有饱和和电抗器工作状态性质，外特性曲线具有下降趋势，不过作用很小。

接上这组反馈绕组之后，总的作用是增强磁放大器反馈磁势，使输出进一步增大。实验证明了以上分析，见图 9。曲线 1 是加反馈绕组的外特性曲线，曲线 2 是不加反馈绕组的外特性曲线。

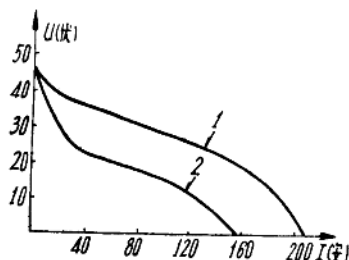


图 9 加反馈绕组和不加反馈绕组的电源外特性。

曲线 1：加反馈绕组；曲线 2：不加反馈绕组。

主变压器我们也采用了冷轧硅钢片 C 型铁芯结构。目的是进一步减少重量，提高功率输出，力求高效率。因此， B_e

值可以取得很高 ($B_e = 16000 \sim 18000$ 高斯)，本机取 B_e 为 17000 高斯。由于材料是用冷轧硅钢片，铁芯截面用以下公式计算：

$$D = 34 \sim 40 \sqrt{KVA} \quad (12)$$

其中 D ——铁芯柱直径；

KVA ——容量；

$34 \sim 40$ ——系数。

变压器每伏的匝数用以下公式计算：

$$\Delta \tau = \text{匝数/伏} = \frac{1 \times 10^8}{4.44 f \cdot B \cdot S} \quad (13)$$

其中 B ——磁通密度（高斯）；

f ——频率；

S ——铁芯截面积（厘米²）。

利用这两个基本公式，就可以将变压器计算出来。

五、冷 却

为了提高焊机暂载率，减小重量，取得比较高的电流密度和磁通密度，除了采用B级绝缘之外，冷却是提高焊机暂载率的好方法。本机采用了一个三相二极电机，进行强迫风冷，在室温26°C情况下，连续通电8小时、电流128安培、电压32.5伏的温升试验，基本符合要求，温升试验曲线如图10所示。

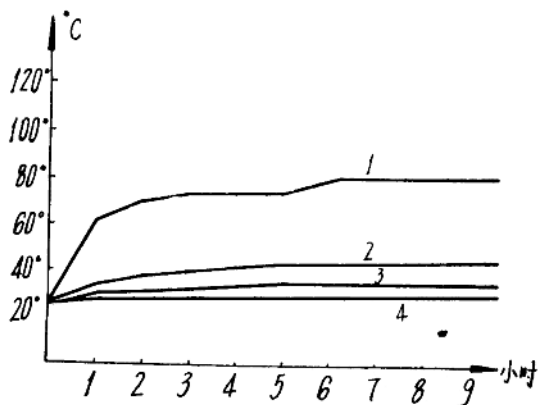


图10 温升试验曲线：

曲线1：变压器绕组温升曲线；曲线2：硅整流器温升曲线；
曲线3：电抗器绕组温升曲线；曲线4：变压器铁芯温升曲线。

六、实际应用情况

电源外特性曲线如图 11 所示,本机试制完成之后,中国人民解放军某部五所曾拿到几个现场进行实际应用,焊接了各种黑色金属和厚薄不同的黑色金属器件,并与直流旋转电焊机进行了比较,焊接工作者反应:引弧性能好,电弧弹性好,不易断弧,焊接比较稳定,可以焊接 0.8~20 毫米板材。

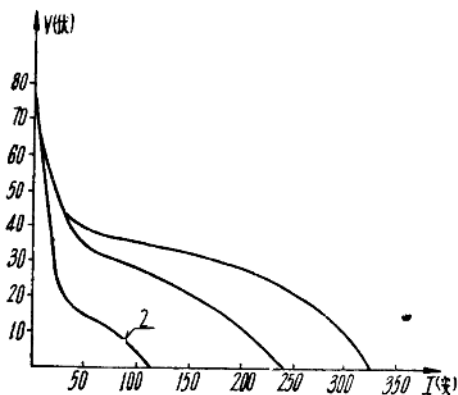


图11 焊机外特性曲线:

曲线 1: 控制电流最大时 (最大功率输出); 曲线

2: 控制电流最小时 (最小功率输出)。

注: 图中最上面一条曲线为 1。