

# 电磁铜扁线弯线钳的设计与应用

■ 山东普益电气有限公司 (山东滨州 256606) 李海国

**摘要:** 在大电流变压器线圈制作中,一般采用电磁铜扁线绕制。在抽头时需将铜扁线折弯,由于铜扁线截面积大,呈矩形,并且弯曲时一般在窄边弯曲,难度很大。针对此情况,设计了一种铜扁线弯线钳,解决了手动弯线难题,应用效果较好。

**关键词:** 变压器;铜扁线;弯线钳

目前大电流变压器线圈制作一般采用电磁铜扁线绕制,由于是通大电流,所用铜扁线截面积相应比较大。线圈在绕制过程中需多次抽头,但由于铜扁线截面积大,呈矩形,并且弯曲时一般在窄边弯曲,故难度很大。在批量生产中有专用设备承担线圈绕制和抽头工作,而在样品乃至小批试制中通常是人工完成抽头弯线工作,弯曲后往往会破坏绝缘漆层,直角部位形状扭曲、弯角大,给线圈绕制带来很多问题。

我们在实际生产中根据电磁铜扁线的形状特点以及弯曲中存在的问题,设计了一种电磁铜扁线弯线钳,应用于部分变压器线圈绕制抽头弯线,实践证明,效果较好。

## 1. 弯线钳的设计

电磁铜扁线弯线钳结构如图1所示。钳体中部设置一可供拉杆滑动的滑道,拉杆通过两个铰链叉与两个手柄杆相连接,形成了一个省力杠杆装置。拉杆上部设

置一拉销,为保证稳定可靠,可焊接在拉杆上,用于弯线时承受作用力。

钳体放置铜扁线的开槽比铜扁线厚度宽 $0.15 \sim 0.25\text{mm}$ ,便于顺利放线。为防止弯线时的反弹,实际弯线时可过弯 $2^\circ \sim 3^\circ$ 。

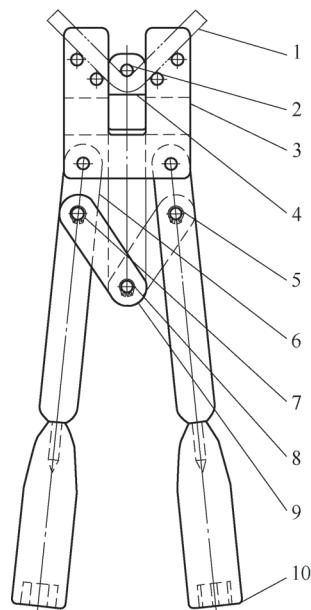


图1 弯线钳结构

1—电磁铜扁线 2—拉销 3—钳体  
4—拉杆 5—销轴 6—手柄杆 7—挡圈  
8—铰链轴 9—铰链 10—手柄

钳体滑道左右各打入两个销轴,用于弯线时的定位和校准。另外钳体两侧开槽的长度可适当放大,以有效地防止弯线时铜扁线扭曲。

手柄底部设置一六角凹槽,可作为一个套筒扳手,是该装置的一个扩展应用。

通过对上述方案的分析可知,在该装置中,用一个省力杠杆机构使得操作简单,在整个弯线过程中,铜扁线始终在钳体直槽中运动,做到了不扭曲,并且直角部位规整,弯角小。该装置具有结构紧凑、操作方便及制作成本低等优点。

## 2. 弯线钳的受力分析及弯角确定

图2所示的是弯线钳受力分析原理图,图示为弯线时初始位置受力状态。 $O$ 为固定支点, $O_1$ 为活动支点,可设定 $F_1$ 垂直于 $L_1$ ,根据杠杆原理,作用在杠杆上的两个力矩(力与力臂的乘积)大小必须相等,即:动力 $\times$ 动力臂=

阻力×阻力臂，用代数式表示为  $FL_1 = F_1L_2$ ，即  $F_1 = (L_1/L_2) F$ 。其中， $F$ 表示动力，也就是作用在手柄上的力； $L_1$ 表示动力臂； $F_1$ 表示阻力，也就是驱动拉杆下行实施弯线的力； $L_2$ 表示阻力臂；拉杆下行力  $F_2 = F_1 \sin \alpha$ 。

从以上分析可知，作用在手柄上的力是一个省力杠杆，其中  $2L_1/L_2$  数值为省力的倍数值，可根据所需力的大小调整， $F_2 < F_1$ ，在双侧驱动力的作用下，只要  $\alpha > 30^\circ$ ，则  $2F_2 > F_1$ ，这是初始状态的受力情况，随着弯线开始， $\alpha$  角逐渐增大， $F_1$  逐步趋向于接近  $F_2$ ，省力效果明显增强。

一般在线圈绕制过程中抽头弯曲角度是  $90^\circ$ ，在特殊结构中可弯成其他角度。如图3所示，可通过调整钳体上用于安装销轴的4个孔的位置，合理设置  $\beta$  角度的

大小来实现电磁铜扁线的不同弯角。

### 3. 弯线钳的应用

图4为弯线钳初始状态，弯线时首先沿钳体直槽放入铜扁线，根据需要弯角位置确定拉销压点，然后左右手柄向里用力压紧，就可以压成直角。为抵消弯线后直角部位的回缩反弹，弯线钳预留了弯线过弯行程，可根据实际情况设置过弯行程的大小。弯线完成后，左右手柄松开钳子，直至开到图5的出线状态，可以很方便地出线。

### 4. 结语

1) 手工对抽头弯线时往往会破坏绝缘漆层，直角部位形状扭曲、弯角大。

2) 使用弯线钳弯线具有结构紧凑，省力，弯线效果好，直角

部位规整、弯角小等优点。

3) 可通过调整钳体定位孔的位置，合理设置角度实现电磁铜扁线的不同弯角。

4) 手柄可作为套筒扳手使用，是该装置的一个扩展应用。

### 参考文献：

- [1] 李安，孔小琦，何宏伟. 简易铜排弯曲工具的制作[J]. 机械工程师，2012 (11) : 125-126.
- [2] 谢俊龙，彭伟，姚春燕，等. 超声弯曲工具头的动态特性仿真与实验研究[J]. 轻工机械，2014 (2) : 73-76, 81.
- [3] 冯朋晓，李明哲，付文智. 高柔性多夹钳拉形机的结构设计[J]. 锻压装备与制造技术，2010 (5) : 21-25.
- [4] 孟祥亮. 低拖滞制动钳的设计[J]. 汽车与配件，2019 (5) : 74-75.

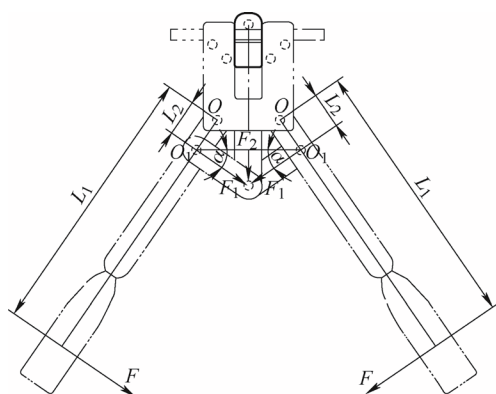


图2 弯线钳受力分析原理

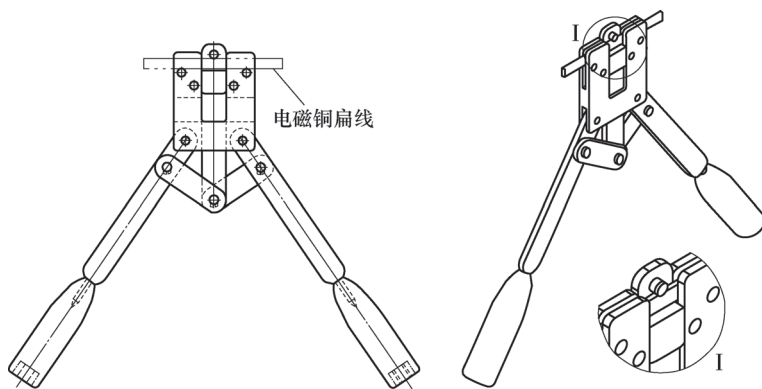


图4 弯线钳初始状态

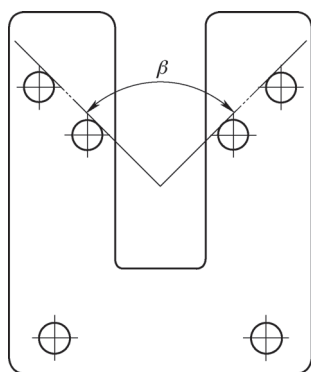


图3 弯角大小设计

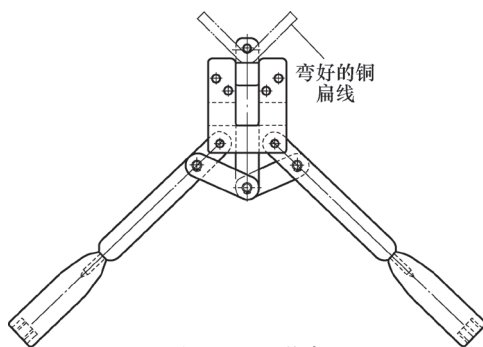


图5 弯线钳出线状态

MW (收稿日期：20200809)