

一种高效 STC 绕线机的开发

皮之送

深圳市星特科技股份有限公司, 广东 深圳 518125

DOI: 10.61369/ETQM.12230

摘 要： 在某款手机产品的无线充电模块设计中，导入了双线单圈的线圈零件，称之为 STC（single turn coil）。传统方法绕制 STC 时，动作繁琐，生产效率低下，且因为采用电流加热方式，导致生产良率始终不高。针对该问题，设计开发一款高效 STC 绕线机，该绕线机采用转盘方式，将各个动作分解均分到每一工位，并且绕制动作进行了优化，最终效率得到了显著提升；同时，采用热风加热的方式，避免了电流加热由于安培力对线圈尺寸的影响，良率也得到了明显的提高。

关 键 词： 绕线机；高效；热风加热；安培力

Development of An Efficient Stc Winding Machine

Pi Zhisong

Shenzhen Star Technology Co., LTD. Shenzhen, Guangdong 518125

Abstract: In the design of wireless charging module of a certain mobile phone product, a two-wire single-turn coil part is introduced, which is called STC (single turn coil). When the traditional method is winding STC, the operation is complicated, the production efficiency is low, and the production yield is always low because of the current heating method. To solve this problem, an efficient STC winding machine is designed and developed. The winding machine adopts a rotating disk to divide each action evenly to each station, and the winding brake is optimized, and the final efficiency is significantly improved. At the same time, the method of hot air heating avoids the effect of current heating on the coil size due to the amperage force, and the yield is also significantly improved.

Keywords: winding machine; high efficiency; hot air heating; Amperage force

某款手机产品的无线充电模块导入了 STC 线圈，用作 NFC 识别用，它是该款手机产品最大的卖点之一，在新项目导入阶段，依然采用的是双工位传统绕线机，该绕线机采用电流加热方式，且绕制动作由传统绕制方式自然演变而来，效率和良率及其低下（UPH<120, 良率 <90%），如果按这样的绕线方式走下去，量产时，设备投入将是一笔非常巨大的资金（该项目共有线体 28 条以上，每条线体 UPH>1200）。如何能够提高 STC 绕线的效率和良率，将是该项目必须优化的方向。行业现有的绕线机加热方式中，热风加热是其中最常见的一种，它可以有效的避免通电导线在磁场中受到安培力的影响。从而减少形变，提高线圈尺寸稳定性。

一、传统绕线机工作原理

传统绕线机如图 1 所示，分别有线筒台和绕线单元组成，绕线单元有两工位，每工位功能相同。绕线单元由过线装置、烫线装置、拉线装置、主轴绕线总装以及贴膜下料装置五部分组成。过线装置主要完成过线动作，为过线轮并线工序做准备。两排线板间间隙 0.18mm-0.20mm，保证过线动作顺利进行。拉线装置主要由过线轮、夹线装置、夹线通电组件、XYZ 轴组成，

依靠伺服电机驱动，并借助气缸驱动来完成动作，XYZ 轴可自由运转。过线工序完成后，过线轮将线并住，完成并线动作，夹线装置同时夹住线。烫线装置主要是对尾线加热，加热后夹线装置夹住线，夹线通电组件同时切断尾线。烫线装置依靠伺服电机驱动，并借助气缸驱动完成动作。用陶瓷发热管对起线加热成

型。绕线折弯完成后，陶瓷发热管对尾线加热成型。主轴绕线装置主要由绕线部总装、治具左模及治具右模、冷风枪装置、通电装置、排解锁装置、折弯解锁装置组成。

烫线装置对起线加热后，夹线装置引入起线，绕线部总装在伺服电机驱动下，上下治具合模，治具切刀切断起线，同时开始绕线。绕线完成后，折弯解锁装置在气缸驱动下，将上治具内折弯顶出销顶出，线圈开始折弯，完成折弯动作。

烫线装置对尾线加热后，夹线通电组件切断尾线，通电装置同时加热，冷风枪装置对治具降温。线圈加热成型后，排解锁装置对治具脱模。本套装置中增加了温度传感器，用以检测通电加热成型过程中治具温度变化。另有光传感器检测治具折弯顶出销复位状况。

贴膜下料装置是将膜片贴合在成型后的线圈上，辅助以线圈

作者简介：皮之送（1985.07-），男，汉族，湖北鄂州，硕士，副高级机械工程师，设备研发。

排出机构，将线圈取下流入下道工序中。

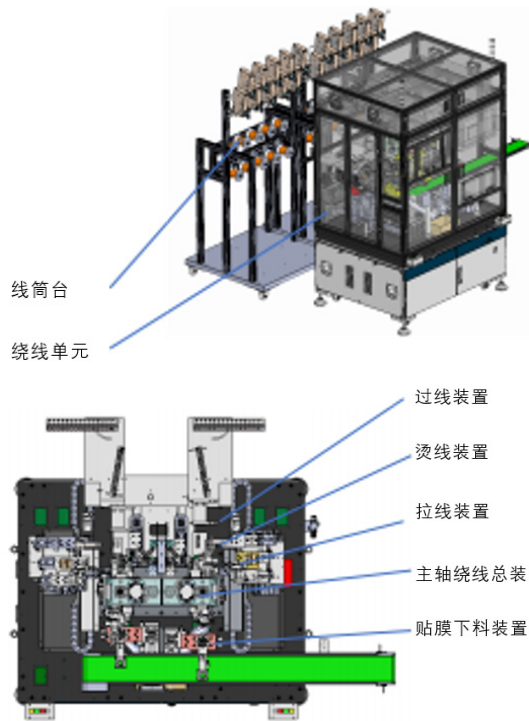


图 1

二、传统绕线机良率异常分析与实验验证



图 2

异常分析：传统绕线机做出来的产品，主要的不良是尺寸不良，不良率占比10%以上，如上图2所示STC线圈的内径要求 $\varnothing 45.6 \pm 0.10\text{mm}$ ，外径为 $\varnothing 46.3 \pm 0.10\text{mm}$ 。线圈用的铜线有三层组成，最里面是导电的铜线，中间层是绝缘的PU层，最外面是PA胶层，当线圈通电后，铜线会发热，热量会融化PA胶层，融化的胶层会粘接在一起，冷却后最终使线圈成型。理论上讲，线圈的内径是由绕线模具决定的，因为线圈通过张力绕在模具上，但实际的结果，内径波动相对比较大。产生这种不良的原因有两种，一种是绕制过程中，线圈由于跟模具的摩擦力，导致没有完全绕到模具模芯上，导致内径波动较大；另一种情况，就是在通电的时候，安培力使铜线蠕动而导致尺寸不稳定^[1]。因为模具材质本身就是钢，绕制在其上的线圈在通电时，

就会产生一个增强的磁场，而通电导线在磁场中会受到安培力的作用。假设线圈受到的电流方向为逆时针方向，根据右手方式来判断，磁场方向为竖直向上，而根据左手方式来判断铜线受到的安培力则刚好是沿着径向外方向，这个力刚好会将线圈往模芯相反方向往外拉，使内径不稳定。

实验设计：为了验证到底是哪一个因素导致尺寸不稳定，特设计以下三个实验验证。

验证一：增加上下模具间隙，从而减少摩擦力，使线圈绕制更加顺畅。具体设计为：将上下模具间隙从既定的0.195mm，分别增加到0.205mm和0.215mm，每组各32片产品，量测产品内径、外径、厚度。

验证二：提高抵抗摩擦力的张力。具体设计为：保持设定的模具间隙0.195mm，将张力从100g调整到110g和120g，每组各32片产品，量测产品内径、外径、厚度。

验证三：确认是否为安培力的影响。具体设计为：设计一个透明亚克力模具上盖来替代上模具，手工绕制线圈到模芯上，通电后，观察线圈是否波动。

实验结果：

验证一数据结果如附表1。从结果中可以看出，虽然增加上下模合模间隙后，内外径CPK有增加好转趋势，但合模间隙越大，厚度稳定性会越差。

验证二数据结果如附表2。从结果可以看出，增加张力后，对内外径影响不大，厚度有变大趋势。

验证三，如图3所示，将透明亚克力板作为上模具合模后，通电观察，发现通电过程中，线圈有肉眼可见蠕动现象。



图 3

结论：综合上述验证，发现安培力才是线圈尺寸不稳定的根本原因。

三、高效 STC 绕线机工作原理

针对传统 STC 绕线机的良率问题和效率问题，特设计了高效 STC 绕线机，改电流加热方式为热风加热方式，避免了通电时安培力的影响。整机结构如下图4所示。

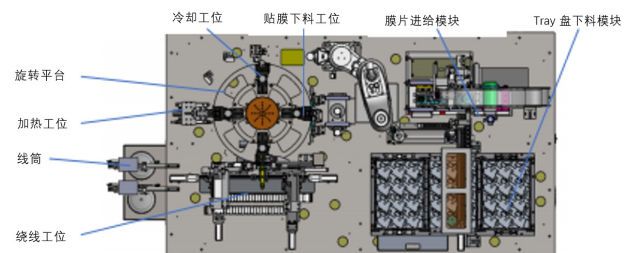


图 4

该绕线机由 DD 马达驱动旋转平台工作，旋转平台上依次有四个工位，分别为绕线工位、加热工位、冷却工位、贴膜下料工位，每一个工位并行工作，大大提高了整机效率。同时该绕线机

采用全新的绕线方式，如下图5所示绕线动作流程：

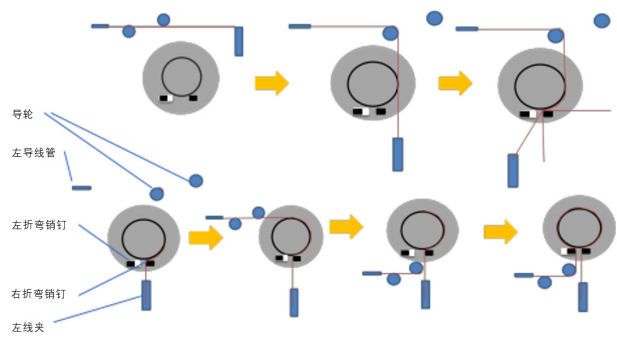


图5

绕线工位含有左导线管和右线夹，铜线从左导线管导出，且由右线夹夹持住，当右线夹远离左导线管并留有足够线长

后，右线夹绕模具往下对模具右边形成包裹，当右线夹绕过右边折弯销钉时，右折弯销钉抬起，然后右线夹竖直向下，从而形成线圈右边形状；随后，左导线管绕模具往下对模具左边形成包裹，继续运动并绕过左折弯销钉，然后左折弯销钉抬起，左导线管竖直向下运动，从而形成线圈左边形状。左右夹爪夹住绕制好的线圈两末端，随后，右线夹松开，然后夹住左导线管后面两导轮的中间，右线夹后设计有切刀，随后切刀切断线材。最终线圈绕制完成，旋转平台旋转90度，到加加热工位进行加热。

加热作业完成后，旋转平台再次旋转90度，到达冷却工位进行冷却。冷却动作完成后，旋转平台再次旋转90度，到达贴膜下料工位，机械手从膜片进给机构中取下膜片，在视觉相机的引导

下，将膜片贴膜在线圈之上，并取下线圈，放入 Tray 盘中。

高效 STC 绕线机测试32片产品结果如附表3所示，其中，尺寸 CPK>1.33^[2]。

四、高效 STC 绕线机与传统绕线机对比

对比高效 STC 绕线机和传统绕线机结果如下所示：

类型	UPH	CPK	良率	单价
传统STC绕线机	120	<1	<90%	1
高效STC绕线机	650	>1.33	>99%	1

从结果可以看出，高效 STC 绕线机比传统绕线机有绝对优势，极大的提高了 STC 绕线的效率和良率。

五、结论和展望

结论：针对传统绕线机的弊端，设计开发了高效绕线机，从而解决了绕线机生产效率和良率低下的问题，为公司赢得了荣誉，同时为某知名手机品牌某款产品的顺利上市做出了巨大的贡献。

展望：传统绕线机可以针对绝大常规形状线圈进行绕制，而高效 STC 绕线机，绕线主轴不带旋转功能，将来如果产品更改设计，可能会存在不能绕制的问题，需在此基础上，增加主轴旋转功能，从而提高线圈绕制的种类。

参考文献

[1] 冯旺军,戴剑锋编写,大学物理 [M].第二版,科学出版社,2021/02 出版.

[2] 中国质量协会组织编写,何桢主编六西格玛管理(第三版) [M].第三版,中国人民大学出版社,2014/06 出版.

[3] 高振华,梁荣海,姜宗林.数控绕线机的开发与设计 [J].现代制造技术与装备,2006(2):12-15.

[4] 杨正新,汪劲松.机电一体化系统 [M].北京:科学技术文献出版社,1996.

[5] 纪洪波.自动绕线机控制的研究 [J].烟台大学学报(自然科学与工程版),1995,8(1):51-57.

[6] 范鹏程.绕线机拉紧装置的改进 [J].中小型电机,2000,27(2):36-42.

[7] 魏俊波,等.基于 Pro/E 的自动磁环绕线机虚拟设计与运动仿真 [J].机械设计与制造,2011(10):246-248.

[8] Wang X, Zhang Y. Design and Optimization of a High - Precision Winding Machine for Micro - coils[J]. Precision Engineering, 2018, 52: 241 - 250.

[9] Liu C, Wang Z. Design and Development of a High - Speed Precision Winding Machine[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2024, 63: 354 - 365.

[10] Zhao Y. Research on the Intelligent Control System of Winding Machines Based on Internet of Things Technology[D]. [University Name], 2022.