

# VCM磁钢片多线切割工艺的研究

徐君<sup>1</sup> 叶坤<sup>2</sup> 包羽佳<sup>1</sup>

1. 台州职业技术学院 浙江 台州 318000

2. 台州市双辉机械设备有限公司 浙江 台州 318000

**摘要:** 分析了现有VCM磁钢片多线切割方案中存在的问题,包括切割精度低、切割工序多、材料浪费率高和生产成本高等。针对这些问题,重点研究了多线切割工艺及粘接工装的设计。通过竖式固定方式切割、粘接工装设计和变速调整等横截面切割等方法的应用,实现了生产效益的提升和生产成本的降低。实际切割试验证明该多线切割工艺在VCM磁钢片生产中具备显著的经济效益和市场推广潜力。

**关键词:** VCM磁钢片; 多线切割; 竖式切割; 粘接工装; 变速切割

**中图分类号:** TH16; TG65 **文献标识码:** A

## 引言

音圈电机(以下简称VCM)磁钢片(如图1箭头所示)是计算机中硬盘驱动器(HDD)读写磁头移动的“音圈电机”中的永磁体磁钢片,其质量是影响计算机硬盘驱动器可靠性的重要因素。随着计算机及其硬件技术的不断进步,对VCM磁钢片的质量要求也越来越高。



图1 硬盘音圈电机及磁钢片

多线切割是目前世界上最先进的脆硬材料加工技术,通过切割钢线高速往返运行,将待切工件一次同时切割为数百甚至上千薄片的一种切割加工方法(如图2)。由于其切割精度高,切割效率高,广泛应用于石英晶体、磁性材料和蓝宝石等脆硬材料的切割。

目前,VCM磁钢片(外形如图3所示)采用的是多线切割方案,切割后单片的厚度公差 $\pm 0.03\text{mm}$ <sup>[1]</sup>,需增加磨床工序,才能达到使用的 $\pm 0.01\text{mm}$ 精度要求。因此在切割前需对VCM磁钢坯料每片多预留0.05-0.07mm的切割余量,大幅增加了生产成本。

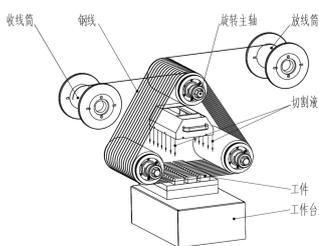


图2 多线切割原理示意图



图3 VCM磁钢片外形图

本文提出了一种多线切割工艺及工装设计方案,不但保证了多线切割后的公差直接符合精度要求,从而取消了磨床工序,还减少原材料的浪费,降低客户的生产成本。

## 1 现有切割方式的问题

VCM磁钢片坯料的形状构造轮廓是一个异形的曲面,现有切割方式是将坯料横卧堆叠后,再粘接到粘料板上,再将粘料板固定于多线切割机中进行切割(如图4)。

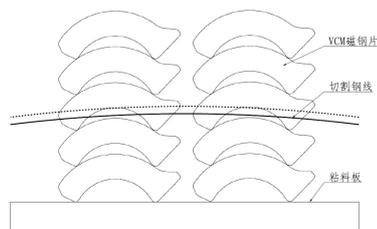


图4 横卧式多线切割

在多线切割过程中,切割钢线从磁钢片与片之间穿过,由于磁钢片轮廓的特殊形状,切割截面并不是连续的。在如图4切割钢线(实线)所示的位置,切割钢线既有与切割坯料正常切割的接触,也有直接处于悬空状态。在正常切割位置,切割钢线的磨损量大,悬空位置切割钢线几乎是零磨损,也就导致切割钢线在切割过程中的磨损不均匀,因此对切割截面精度存在不可控的影响<sup>[5]</sup>。此外切割钢线在切割截面从有到无的切割过程中

(如图4切割钢线虚线位置所示),切割钢线有一个跳变的过程,直接导致切割钢线的晃动,从而导致切割精度的偏差。

### 2 竖式固定多线切割工艺

本方案核心改进点在于改变VCM磁钢胚料在切割时,切割钢线不再是切割截面从有到无,或从无到有,而是切割截面保持连续的状态。将VCM磁钢胚料改为竖

式固定<sup>[3] [4]</sup>(如图5所示),使得切割后片厚度公差满足±0.01mm的要求,也就无需预留切割余量,也无需再增加磨床的工序,很大程度上解决了现有的切割方案切割余量大,材料浪费,成片率低,生产成本低及精度低的问题。

竖式切割相对于横卧切割还能有效的防止切割钢线的晃动现象,从而保证切割钢线的稳定状态,满足切割精度要求。

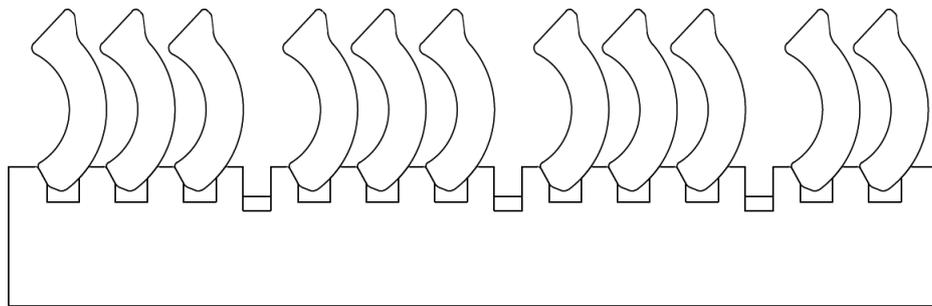


图5 竖式固定切割

#### 2.1 竖式固定切割

将VCM磁钢片竖直后,其外形轮廓底部是一个异形曲面,粘接面足够大,保证粘接牢固,在切割过程中磁钢胚料不掉出,保持稳定状态。在切割钢线方式设计出切割钢线槽,保证将切割料整体切割完成。切割工装如图6所示。

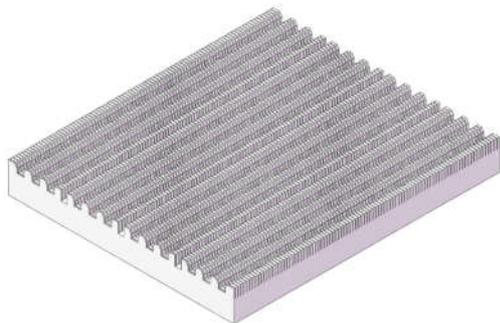


图6 竖式切割工装

#### 2.2 变速切割

现有的VCM磁钢的切割方法采用匀速切割,因待切割的VCM磁钢的切割截面不一致,导致切割片厚公差难以控制。针对现有技术的缺陷,改为采用变速切割,针对不同位置的截面,设计合适的速度,以保证片厚公差。在切割面窄的地方提高线切的速度,切割面宽的地方则需降低线切速度从而达到精度要求<sup>[2]</sup>。计算公式如下:

$$H = V \cdot L \quad (\text{公式1})$$

H: 切割效率系数;

V: 切割速度;

L: 切割截面长度。

#### 2.3 油砂线与金刚石线切割模式对比

多线切割按采用切割线的不同可分为油砂线切割和金刚石线切割。现有的VCM磁钢片的多线切割方法是采用金刚石线切割,若只往复使用一次,金刚石线的消耗量大,耗材成本过高;若连续两次使用,由于经过了第一次的切割,金刚石线会产生一定磨损,线径相对变小,故第二次切割的厚度会比第一次切割的厚,在批量生产中,难以保证公差一致性的处于精度要求范围内。针对现有技术的缺陷,改使用油砂线切割,采用镀铜钢丝线配合悬浮切割液(混合碳化硅粉末),为了更好的配合变速切割的技术,且为单次切割,具有磨损一致性好这一优点从而保证了切割精度<sup>[6][7]</sup>。

#### 2.4 倾斜式排砂槽

在油砂线多线切割过程中,油砂混合着切割坯料的粉末淤积在切割料之间,如若不能及时的排出,将会引起切割片的划痕,甚至是降低切割效率,因此在相邻的固定槽之间设置有导砂槽,其作用在于疏通切割砂,避免切割砂渣淤积。为使达到更好的技术效果,在导砂槽设计了倾斜面(如图7所示),即导砂槽从中间向另两端倾斜,避免切割砂渣淤积在导砂槽底部,造成局部砂渣过多或过少的问题,以致影响切割精度。

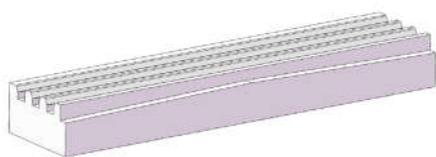


图7 倾斜式排砂槽

### 总结

VCM磁钢多线切割工艺及粘接工装的主要技术点包括竖式固定切割、变速切割、油砂线切割、粘接工装设计等。这些技术点相互协调,共同构建了一种高效、精准的VCM磁钢切割方法及粘接工装,经客户使用验证,完全符合设计目标,提高了VCM磁钢片生产的质量和效率。

### 参考文献

[1]姚晋丽,张舜德,李延芳,李燕.基于图像处理的VCM

磁钢片尺寸快速检测方法[J].现代制造工程.2013,6:83-87.

[2]李聪,李志远,陶术鹤.多线切割工艺对单晶锗损伤层及几何参数的影响[J].材料导报.2021,35(Z1):386-388.

[3]陈煜,丁彭刚,付纯鹤.蓝宝石切割工艺研究[J].电子工业专用设备.2016,259:38-41.

[4]李保军,林健,马玉通.InP 晶体多线切割工艺研究[J].2012,37:855-857.

[5]Gao Yufei,Ge Peiqi,Liu Tengyun.Materials Science in Semiconductor Processing,2016,56,106.

[6]黎振.集成电路单晶硅片多线切割加工机理及等线损工艺研究[D].大连:大连理工大学,2019.

[7]杨玉梅.多线切割单晶硅等线损模型及其工艺研究[J].电子工业专用设备.2020,285:10-12,55.