

导磁体的镶装技术与失效分析

专家
视点

洛阳升华感应加热公司 (河南 471003) 沈庆通 黄 志 刘玉敏 刘远征

沈庆通：教授级高工，
洛阳升华感应加热公司
总工、技术总监。



导磁体作为淬火感应器的一种附件，其使用面正越来越宽广，从内孔感应器、平面感应器，扩大到复合型与外圆感应器；导磁体的主要功能是：通过驱流作用将铜管中的电流驱向导磁体的开口侧，它精确地控制了加热区域，并且不使磁力线散逸到加热区外的邻近部分，由于有效圈上的电流与工件加热表面大大靠近，提高了感应器效率。除此之外，导磁体还有屏蔽磁力线的作用。

生产使用中，导磁体的失效形式主要有三种，即过热损伤、电击穿与机械损坏，而过热损伤又是最主要的失效形式。

1. 过热损伤

首先，各种导磁体在使用中都会发热，其机理是磁力线使铁的粒子产生涡流损耗，因此，不同频率应使用不同牌号或厚度的导磁体，使粒子的直径或叠片厚度小于该频率时的冷态电流深度，以减少涡流损耗，频率越高，要求铁粉颗粒越细或叠片厚度越薄。其次，导磁体在工作时也受工件上产生的辐射热。随着导磁体工作周期的增长，导磁体

蓄存的热会越来越多，例如：轴承滚道扫描淬火感应器的工作周期常超过30min，这样，导磁体的发热问题就更加突出，必须认真对待和考虑。不同类型的导磁体，其失效形式也会不同。

(1) 铁氧体导磁体 当铁氧体发热温度超过其居里点时，它即失效，此时，工件加热速度骤降，最终加热温度降低，按工艺生产的工件就成废品。

(2) 可加工及手成形导磁体 它是由铁粉加粘结剂压制而成形，其居里点高，但粘结剂的耐温性不高，常不超过300℃，因此，上述导磁体发热温度必须低于其耐温极限，否则，导磁体会烧毁。

(3) 硅钢或纯铁叠片 其居里点高达700℃以上，然而，叠片间是用绝缘漆或磷化膜作间隔的，当温度超过间隔膜的耐温极限时，就会产生片间短路，此时涡流损耗增加，这也是不允许的。

导磁体发热是不可避免的，解决过热的对策是将导磁体上的蓄存热带走。这就与导磁体的镶装技术有密切关系。

(1) 20世纪在感应器设计上曾规定，铜管与导磁体之间垫0.5~1.0mm的云母片作绝缘，此工艺因不利于导磁体散热而淘汰，取而代之的是用粘结剂薄膜，导磁体的蓄热通过薄膜传到铜管，再由铜管中的流水将热带走。

最近的研究又发现，粘结剂的热导率与其膜厚对导磁体的散热有重要作用，可归结为两点，即粘结剂应采用热导率高的绝缘导热胶（高的热导率可达0.022W/cm·℃，而低的为0.005W/cm·℃）膜厚则不能太薄或太厚，太薄时，铜管热胀会胀裂导磁体，太厚则影响导热，应在0.1~0.3mm，此外，导热胶的粘度也不能太低，太低时粘结剂会流出缝

隙,形成气隙,气隙阻碍传热。

(2)导磁体的强迫水冷导磁体的强迫水冷能大大提高导磁体的散热速度,方法:①在可加工导磁体中设计水通道由于此材料可以钻、铣及攻螺纹的特性,因此,可以在导磁体内部加工出水通道,两端攻连接用螺纹,水道通径可以小至2.5mm,而加工中的工艺孔,可以用相同材料粘结封堵。②在导磁体叠片间插入散热铜片,铜片伸出端焊上小截面通水铜管,此种方法早就应用于铁芯式中频变压器,它有效但制作费工。③叠片型导磁体端头叠片的过热解决法叠片型导磁体在加热周期较长时,常见其端头侧导磁体比中间部分分外热,甚至发红,其原因是端头导磁体处在3D场,而中间导磁体处在2D场。解决的办法是端头铜挡板加厚,增宽与铜管的钎焊面,当使用可加工导磁体时,端头局部过热情况会改善,因为它是整体相连的,在粘结剂应用中,必须记住这一点,即铜的热导率高于导磁体,导磁体热导率高于粘结剂,而粘结剂的热导率比气隙高这个事实。

2. 电击穿损伤

电击穿在导磁体损伤案例中占第二位,它在可加工导磁体与叠片类导磁体二者均易产生。

(1)可加工导磁体的电击穿可加工导磁体是由铁粉与绝缘的粘结剂压制而成,它并非真正的绝缘件,特别是经机加工后,表面层裸露出一层铁粉的金属面,当它处在高电位时,会产生电击穿。图1a是一个双匝感应器的电击穿案例。以后将夹在两匝间的导磁体分切开来,中间夹入绝缘片,就解决了此问题,导磁体寿命提高了许多倍,见图1b。

(2)叠片类导磁体的电击穿常发生在感应器导电板(管)的端头处叠片由于处在3D场下,发热更厉害,导致叠片因绝缘损坏而产生匝间飞弧,见图2。

3. 导磁体的机械损伤与腐蚀

导磁体镶装在感应器上,它不能承受机械冲击与碰撞,对铁氧体导磁体则还不能承受激冷,因此,除设计上保证其可靠固定外,操作、保藏时均应轻拿轻放,叠片类导磁体会受到淬火冷却介质的腐蚀,镶装后在外表涂以塑料,形成薄膜,是防止腐蚀的有效方法。



(a) 电击穿实例(中间是电击穿烧坏的可加工导磁体,上下是通水铜管)



(b) 改进后的结构(中间导磁体分割成两块,中间垫绝缘板)

图1 双匝感应器的电击穿

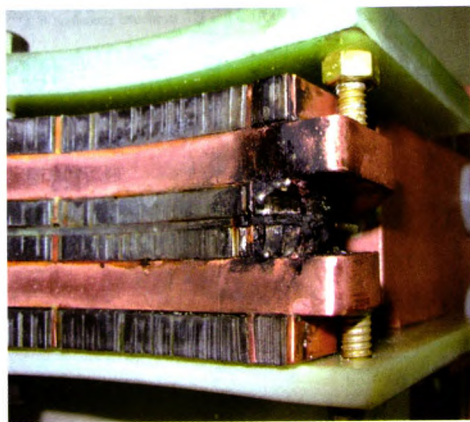


图 2

4. 结语

(1) 过热、电击穿是导磁体损坏的主要形式,导磁体的冷却技术直接影响其使用寿命。

(2) 合理镶装导磁体能解决导磁体的过早损坏。

(3) 粘结剂应选用导热胶,其热导率与厚度对导磁体散热有重要作用。**MW** (20131213)