

扫描磁铁的研制

苏以蕴

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

摘要 根据3MeV/40mA高频高压加速器总体设计要求,对扫描磁铁的结构进行了改进,在芯管壁上安置了热敏电阻,增加了风冷装置。由钛窗挡板的束流性能测定结果表明,扫描磁铁的性能已达到设计指标,扫描频率为50—200周,扫描均匀度好于 $\pm 7\%$ 。

关键词 扫描磁铁,叠装系数,涡流损耗,蠕变效应,热强性,热疲劳组织稳定性

中图分类号 TL503.8

目前国内的工业辐照主要用于热收缩管和电线电缆的辐照,生产中是把加速器所产生的电子束流经扫描磁铁横向扫开,再将束流照射于产品表面,使其物理性质和化学组成的结构发生变化,达到产品的改性,从而使产品的性能指标得到提高。

扫描磁铁是辐照工艺中的主要部件之一,它是一种特殊的器件。扫描磁铁由激磁线圈、铁芯、芯管、测磁线圈和壳体等组成。根据3MeV/40mA高频高压加速器总体设计要求,电子束在扫描磁铁处直径小于50mm,扫描系统的主要参数:扫描面积为 $915 \times 50 \text{mm}^2$,磁极宽度为140mm,电源功率为500W,扫描频率为50—200周,磁铁间隙为70mm,激磁电流为12A,束流扫描角度为 22° ,铁芯高度120mm,磁场强度为350Oe,扫描均匀度 $\pm 10\%$,耐温等级为B级。

1 激磁线圈

对于脉冲磁场的激磁线圈,设计中采用了两端翻边的马鞍型线圈,选用QZB聚脂漆包扁铜线,在模具上直接绕制成型,线圈匝数为 $12 \times 7 = 84$ 匝。线圈绕制后需要检查线圈对地绝缘,合格后再用玻璃丝带绑扎,浸渍环氧树脂固化。装配时,两个线圈首先各自安置在铁芯上,再对称地组装在芯管两侧。

2 铁芯

考虑到材料的供应和价格因素,设计中选定了矽钢片的叠装工艺。在交变磁场磁化时,矽钢片的内部会感应出涡流而引起涡流损耗,与此同时,涡流所产生的磁场会干扰扫描磁场,从而使矽钢片本身的磁性能下降。为此,矽钢片的厚度要减薄,它的表面还须涂覆绝缘层。实验中选用了型号H10、厚度0.2mm的矽钢片。在制造时,先由线切割工艺成型,然后用环氧粘结的工艺固化铁芯,铁芯的叠装系数不小于96%。从安装和调试测定的结果来看是满意的。

3 芯管

作为真空系统的一部分,设计时不仅要考虑芯管的机械强度、刚度,还需兼顾磁场的使用要求。本设计选用了不锈钢薄板为基材,按照使用条件,经真空盒的强度计算得知芯管的壁厚应在3mm左右^[1-3],但是为了减少涡流损耗,芯管的第一方案选用了复合结构,即内壁为0.5mm厚的不锈钢板,外层是5mm厚的固化的环氧层。在调试中经过几次抽气、放气反复运作后,不锈钢内壁与外层环氧脱离,芯管变形较大,内壁凹陷,使芯管的内孔变小,影响了束流的通过。第二方案是将芯管壁加厚,管壁厚度由0.5mm变为1.0mm,再用环氧胶粘结加强筋若干条来增加芯管的刚度^[2]。在使用中,由于温度的变化,气压的变动引起了芯管的膨胀和收缩,使其产生应力,筋条脱落,芯管仍然发生了塑性变形。第三方案是将加强筋与芯管的粘接改为点焊,由此筋条的脱离现象消除了,但是对于薄壁焊接,焊点多会给焊接工艺增加难度,在焊接中易出现焊点熔化的现象,由此给真空带来了隐患,加之不锈钢的蠕变效应^[4,5],使芯管的实际使用寿命受到了影响。随着辐照技术的发展,辐照产品的各异,考虑到使用范围的多样化、材料性能等诸多因素,当芯管用作产品时,建议芯管选用铁镍基高温合金材料如GH1016、GH1140,它们的机械性能和电阻值均高于1Cr18Ni9Ti不锈钢,它们具有较高的热强性,良好的热疲劳组织稳定性和焊接工艺性能,可用1Cr18Ni9Ti不锈钢薄壁波纹管来替代。人们对波纹管的使用^[6],较多的是利用其弹性或挠性,在设计中发觉波纹管在径向上的刚度远高于薄壁光滑管道的刚度,若用壁厚为0.5mm的不锈钢材料来制作波纹管型的芯管,既可满足孔径使用要求,又可满足磁场的要求。图1为芯管示意图。

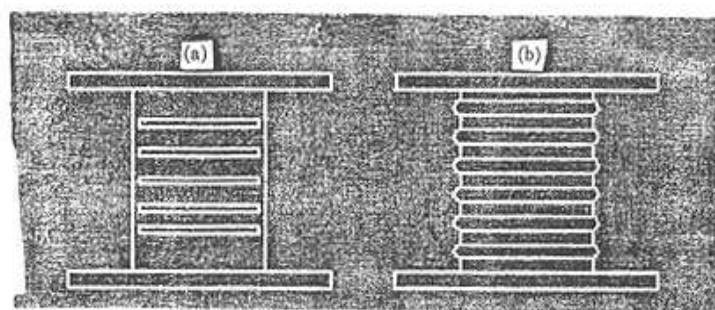


图1 芯管示意图

(a) 加强筋型, (b) 波纹管型

Fig.1 Sketch of core tube

(a) Reinforced bars type, (b) Bellows type

4 测磁线圈和外壳

为了掌握扫描磁铁的磁场参数,满足生产工艺对磁场的多种要求,在磁轭的一侧安置了测磁线圈。考虑到扫描磁铁的安装环境和电磁屏蔽的要求,外壳选用重量轻、抗腐蚀性高的防锈铝。

5 结论

在烟台电缆厂进行调试的基础上,对扫描磁铁的结构又进行了改进,在芯管壁上安置了

热敏电阻, 利于控制束流并可监察芯管的温升; 还增加了风冷装置。现经天津电线总厂多年的生产运行, 由钛窗挡板的束流性能测定结果表明, 扫描磁铁的性能参数均已达到了设计指标, 扫描频率为50—200周, 扫描均匀度好于 $\pm 7\%$, 满足了生产的使用要求。在藁城市腾飞辐射公司的扫描磁铁结构设计又有改进, 使其更完善、更合理, 经调试测定扫描频率为200周, 扫描磁铁的温升不超过 80°C , 待其投入生产运行后可进一步验证。

参 考 文 献

- 1 DA Daoan ed. Handbook of vacuum design (in Chinese). Beijing: National Defence Industry Publishing House, 1991. 574
- 2 XU Hao ed. Handbook of mechanical design (in Chinese). Beijing: Mechanical Industry Publishing House, 1991. Vol.1, 77,87
- 3 Editorial Board of "Handbook of electrical engineering" ed. Handbook of electrical engineering (in Chinese). Beijing: Mechanical Industry Publishing House, 1982. Vol.1, 136
- 4 Editorial Board of "Practical Handbook of Engineering Material" ed. Practical handbook of engineering material (in Chinese). Beijing: Chinese Standard Publishing House, 1989. Vol.1, 37.82
- 5 XIAO Jimei. Metal knowledge of stainless steel (in Chinese). Beijing: Metallurgical Industry Publishing House, 1983. 289
- 6 GE Ziyu. Metal flexible pipe (in Chinese). Beijing: Astronavigation Publishing House, 1985. 53

The structural design and production of the scanning magnet

SU Yiyun

(Institute of High Energy Physics, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract

According to the design requirement of the 3MeV/40mA high frequency, high voltage electron accelerator, the structure of its scanning magnet has been improved: A thermistor was installed on the wall of core tube and an air-colling machine was added. The measured beam characteristics from the Ti-window stopping plate showed that the design requirement has been fulfilled. The scanning frequency is 50—200 cycles and the uniformity is better than 7%.

Key words Scanning magnet, Pile pieces coefficient, Eddy current loss, Creep effect, Hot strength, Hot fatigue organization stability

CLC TL503.8