



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106158288 A

(43)申请公布日 2016. 11. 23

(21)申请号 201610460583.5

(22)申请日 2016.06.22

(71)申请人 西北核技术研究所

地址 710024 陕西省西安市69信箱

(72)发明人 赵亮 苏建仓 李锐 吴晓龙

曾搏 程杰 郑磊 邱旭东

高鹏程

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限

公司 61211

代理人 杨亚婷

(51) Int. Cl.

H01F 27/28(2006.01)

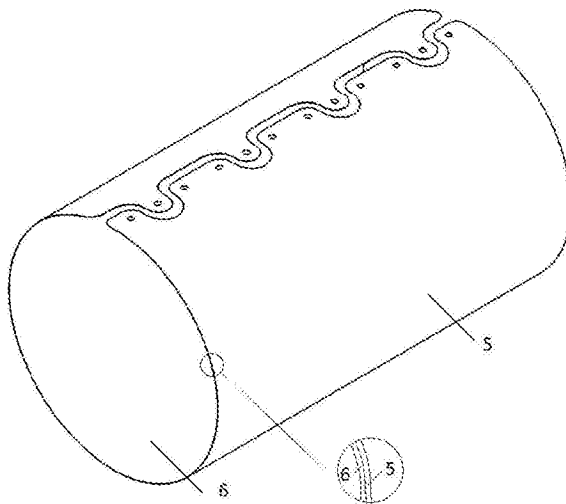
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

铜钛复合Tesla变压器初级线圈

(57)摘要

本发明属于脉冲功率技术领域,涉及一种铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其目的在于增加线圈的电气强度、机械强度、减轻线圈的质量。该线圈的主要特征是:线圈由铜板(5)和钛板(6)复合而成,铜板(5)位于外侧,起到导电作用,钛板(6)位于内侧,起到增加电气强度及机械强度的作用。本发明的Tesla变压器初级线圈兼具耐电强度高、机械强度高、质量轻等优点。



1. 一种铜钛复合的Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述初级线圈由铜板和钛板复合而成,钛板位于铜板的内侧。
2. 根据权利要求1所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述铜板的材质为紫铜,厚度为0.2~0.5mm。
3. 根据权利要求1所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述钛板2的材质为TA0,厚度为0.2~0.5mm。
4. 根据权利要求1所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述铜板、钛板采用真空钎焊进行复合。
5. 根据权利要求4所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述铜板与钛板之间的焊料厚度小于0.1mm,均匀铺满于铜板和钛板之间。
6. 根据权利要求5所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述铜板表面粗糙度不低于1.6,钛板表面粗糙度不低于0.8。
7. 根据权利要求2所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述钛板2的材质为TA0,厚度为0.2~0.5mm。
8. 根据权利要求7所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述铜板、钛板采用真空钎焊进行复合。
9. 根据权利要求8所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述铜板与钛板之间的焊料厚度小于0.1mm,均匀铺满于铜板和钛板之间。
10. 根据权利要求9所述的铜钛复合Tesla变压器初级线圈,其特征在于:所述铜板表面粗糙度不低于1.6,钛板表面粗糙度不低于0.8。

铜钛复合Tesla变压器初级线圈

技术领域

[0001] 本发明涉及脉冲功率技术领域,特别涉及一种Tesla变压器初级线圈。

背景技术

[0002] Tesla变压器是由两个相互耦合的振荡回路组成的系统,两个回路工作在自由振荡状态,它们具有各自的固有频率。将Tesla变压器放置于脉冲形成线(Pulse Forming Line,PFL)内,再加上气体开关、脉冲传输线以及负载,便构成了Tesla型脉冲功率源。Tesla型脉冲功率源的显著特点是结构紧凑、可以运行在1~1000Hz重复频率范围。

[0003] Tesla型脉冲功率源的核心是Tesla变压器,Tesla变压器的关键部件之一是Tesla变压器初级线圈。传统Tesla变压器初级线圈是将厚度、面积一定的铜板加工成要求形状,然后再靠外力紧固于脉冲形成线外导体的内表面。初级线圈正对着形成线的内导体,两者之间靠液体实现绝缘。如果Tesla变压器应用在特殊环境,或者采用其他方式绝缘时,则上述初级线圈会暴露出绝缘强度低的问题。比如,当脉冲源采用真空绝缘方式时,由于电子在真空中容易被加速,并且铜材质易受到电子轰击,所以传统初级线圈就会暴露出绝缘强度低的问题;再如,当脉冲源承受剧烈振动时,由于纯铜材质较软,所以线圈还会暴露出容易变形的问题。

发明内容

[0004] 为了解决现有工艺Tesla变压器初级线圈耐电强度低、易变形的技术问题,本发明提出了一种铜钛复合的Tesla变压器初级线圈。

[0005] 本发明的技术解决方案是:

[0006] 本发明所提供的铜钛复合的Tesla变压器初级线圈,其特殊之处在于:所述初级线圈由铜板和钛板复合而成,钛板位于铜板的内侧。

[0007] 以上为本发明的基本解决方案,基于该基本方案,本发明还做出以下优化限定:

[0008] 优化的,本发明的铜板材质为紫铜,厚度限定为0.2~0.5mm。这是根据电流通过铜板引起的能量损耗(能损)而确定的。铜板的能损与铜板的导通电阻正相关,而铜板的导通电阻又与铜板的截面积反相关,所以铜板厚度越大,电流流经铜板时引起的能损越低。能损的计算过程复杂,表1仅给出计算结果,从表中看出,当铜材质厚度大于0.2mm时,铜板内的能损将低于0.03%。以此作为判据,如果希望铜板内的能损低于0.03%,则铜板厚度应大于0.2mm。另一方面,如果铜板厚度过大,则不利于卷绕,并且增加了线圈的质量。综合考虑,选取铜板厚度在0.2~0.5mm范围,既可以保证较低的能损,又可以保证合适的加工难度。表1铜板厚度与有用能量关系

[0009]

厚度/mm	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
有用能量	0.99	0.9988	0.9997	0.9999	0.9999	1

[0010] 优化的,本发明的钛板材质为TA0,厚度为0.2~0.5mm。这是因为,初级线圈表面积

一般至少是1mX2m,相应的钛板面积也需要1mX2m,调研了现有各种钛合金材料,仅有TA0延展性较好,适合加工成薄板状。钛板厚度考虑如下:原有纯铜初级线圈厚度在1mm以内,新工艺线圈厚度应不大于该厚度,否则需要对Tesla变压器的结构重新进行设计,又考虑到铜板厚度为0.2~0.5mm,所以钛板厚度不能大于0.5mm。对于1mX2m的TA0材料目前,国内能加工到的最小厚度为0.2mm,所以钛板厚选为0.2~0.5mm。

[0011] 优化的,本发明的铜板、钛板采用真空钎焊技术进行复合。除该技术之外,还可以考虑的技术有钛表面镀铜技术和铜钛碾压技术。但铜钛真空钎焊技术最为成熟,实现起来成品率也最高,所以综合考虑选用铜钛真空钎焊技术来实现两种薄板的复合。

[0012] 进一步优化的,本发明钎焊的焊料厚度~0.1mm,均匀铺满于铜板和钛板之间。这个数据是通过实验得到的,实验中发现如果焊料厚度大于0.1mm,则熔化后的焊料容易溢出到线圈表面;如果焊料厚度小于0.1mm,则铜钛复合初级线圈会出现局部虚焊的情况。

[0013] 进一步优化的,本发明铜板表面的粗糙度不低于1.6,钛板表面的粗糙度不低于0.8。这是由于Tesla变压器初级线圈安装于脉冲形成线外导体的内表面,两者之间以0.5mm的介质膜进行绝缘,如果铜板粗糙度过低,则表面毛刺会刺破介质膜,进而影响到初级线圈与形成线外导体之间的绝缘。安装好的初级线圈内表面正对着脉冲形成线的内导体,钛板与形成线内导体也需要绝缘。理论上,钛板的表面粗糙度越高越好,但粗糙度越高,加工难度和加工代价越大,综合考虑,钛板的表面粗糙度不低于0.8。

[0014] 本发明与现有技术相比,有益效果是:

[0015] 本发明的铜钛复合Tesla变压器初级线圈相比传统铜板初级线圈,具有以下优势:

[0016] 1、耐电强度、机械强度高。本发明结合了铜板的优良的导电性、钛板优良的绝缘强度及硬度,克服了现有纯铜板线圈耐电强度低、易变形的缺陷。

[0017] 2、质量小。由于钛密度低于铜的密度,所以,本发明的线圈与现有纯铜线圈相比,具有质量小的优点。

[0018] 3、易保型、便于安装。本发明的铜板与钛板之间的复合采用真空钎焊,铜板及钛板在高温环境中经历了退火工艺,所以铜钛复合初级线圈还具有易于保型的特点,由于该特点,铜钛复合初级线圈还便于安装。

附图说明

[0019] 图1为典型Tesla型脉冲功率源的结构示意图;

[0020] 图2为铜钛复合Tesla变压器初级线圈示意图;

[0021] 图3为安装在脉冲形成线内的铜钛复合Tesla变压器初级线圈。

[0022] 其中附图标记为:

[0023] 1-内置于脉冲形成线内的Tesla变压器;2-气体开关;3-脉冲传输线;4-负载;5-铜板;6-钛板;7-前向绝缘支撑;8-脉冲形成线外导体;9-脉冲形成线内导体;10-铜钛复合Tesla变压器初级线圈;11-Tesla变压器次级线圈;12-后向绝缘支撑。

具体实施方式

[0024] 现结合实施例、附图对本发明作进一步描述:

[0025] 如图2所示,本发明相比较仅由铜板卷绕传统Tesla变压器初级线圈,铜钛复合的

Tesla变压器初级线圈在保持线圈厚度不增加的前提下,在原有铜板内表面复合了一层钛板,线圈由铜板5和钛板6复合而成,铜板5位于线圈外侧,起到导电作用,钛板6位于线圈内侧,起到增加线圈电气及机械强度的作用。铜板5的材质为紫铜,厚度在0.2~0.5mm;钛板6的材质为TA0,厚度在0.2~0.5mm。铜、钛薄板采用真空钎焊的复合方式,焊料厚度~0.1mm,加工时,焊料均匀铺满于铜、钛薄板之间;利用内外模具将铜板、焊料、钛板三者夹紧,并在真空环境中高温加热复合成型。成型后的Tesla变压器初级线圈,要求铜表面不能有钛露出,钛表面不能有铜露出,铜表面粗糙度不低于1.6,钛表面粗糙度不低于0.8,线圈整体无毛刺,并且边缘无开缝。

[0026] 由于钛合金具有较高的机械强度(以TA0为例,其抗拉强度~400MPa,近似为紫铜的2倍)和较低的密度(~4.4g/cm³,约为紫铜密度的一半),所以铜钛复合初级线圈的机械强度高于单纯铜板初级线圈,质量也低于后者。

[0027] 除以上两个特点外,铜钛复合初级线圈还有一个突出的优点,即绝缘强度高。由于钛元素的电子逸出功为6.6eV,而铜的逸出功4.4eV,所以金属钛的电子发射能力远低于金属铜。同时,实验结果表明,2cm真空平行平板电极下,钛电极的击穿强度大于200kV/cm,而铜电极的击穿强度不到180kV/cm,并且相同电压下钛电极的耐受脉冲数远高于铜电极。所以,当Tesla变压器中的铜钛复合初级线圈与同轴线的高压内导体组成电极时,其耐电强度及寿命会高于铜板初级线圈对应的寿命。这一特点决定了铜钛复合Tesla变压器初级线圈适合用于以真空/气体为绝缘介质的环境当中。

[0028] 图3是一台尺寸一定的内置于脉冲形成线内的Tesla变压器,其中脉冲形成线外导体内径591mm,内导体外径284mm,形成线长度1428mm;铜钛复合Tesla变压器初级线圈紧贴于形成线外导体的内壁,长1000mm,外导体与初级线圈之间用宽度1040mm、厚0.5mm的聚酰亚胺薄膜进行绝缘,初级线圈总厚度0.7mm,其中铜层材质为TU1,厚度0.2mm,起到传导电流的作用;钛层材质为TA0,厚度0.4mm,起到绝缘及增强机械强度的作用,铜、钛之间为0.1mm的焊料,铜板、焊料、钛板三者高温复合成型。该线圈表面无毛刺、边缘无开缝;铜表面粗糙度为1.6,钛表面粗糙度为0.8。当Tesla变压器采用SF₆作为绝缘介质时,可承受1MV的充电电压。

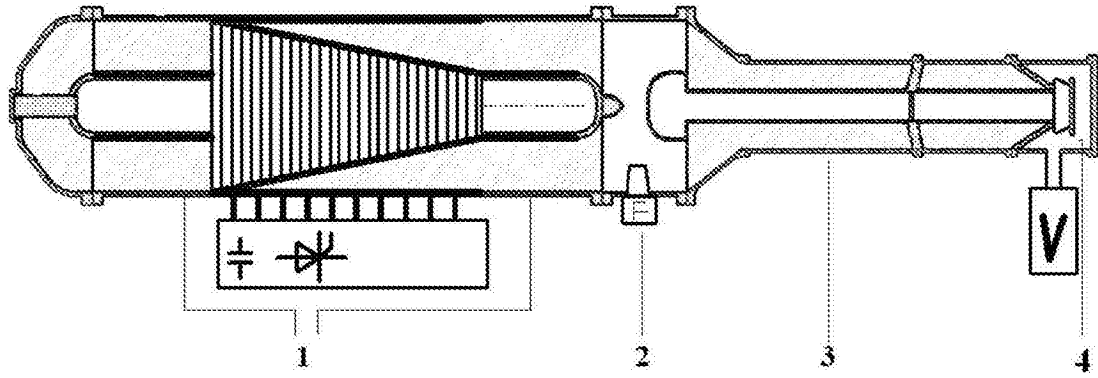


图1

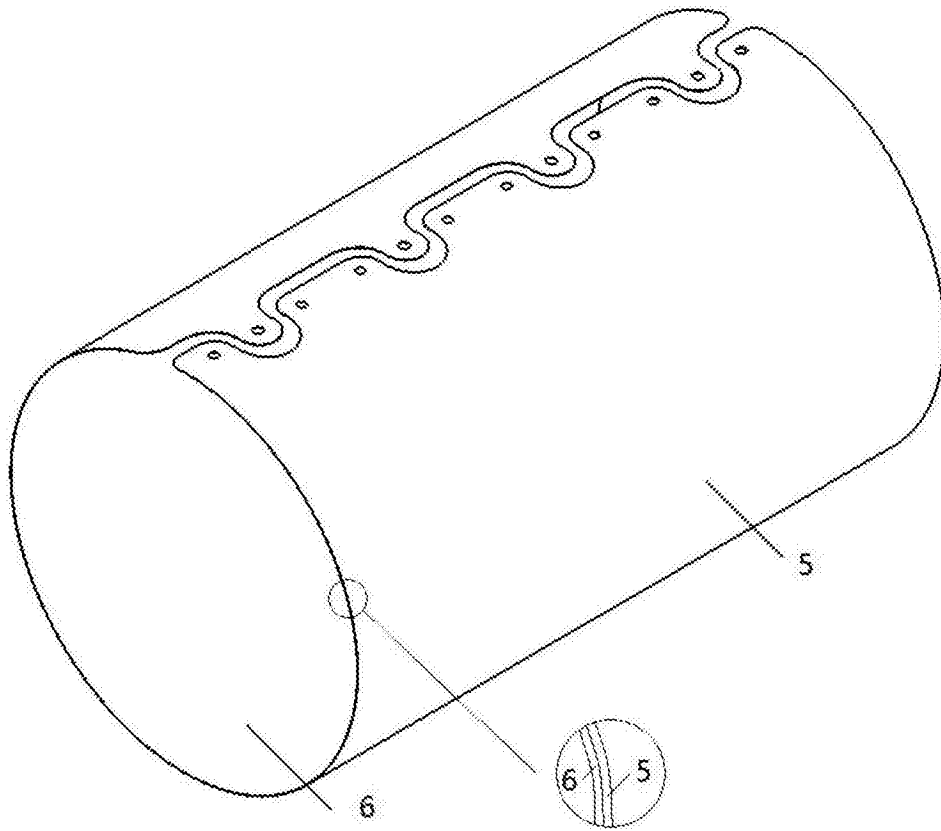


图2

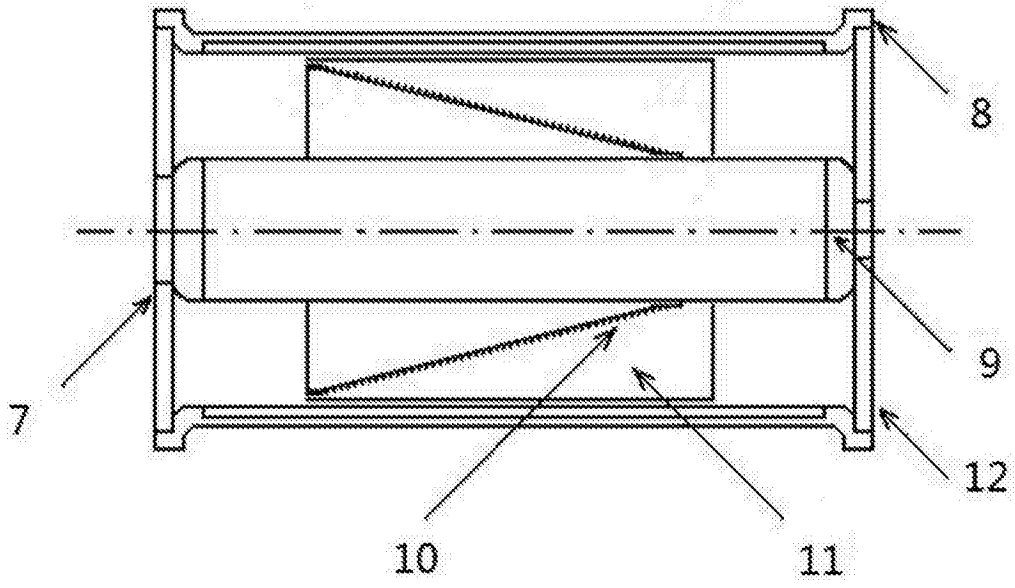


图3