



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102362316 B

(45) 授权公告日 2013.06.26

(21) 申请号 201080013293.7

(22) 申请日 2010.03.05

(30) 优先权数据

09290218.8 2009.03.25 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011.09.23

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/052813 2010.03.05

(87) PCT申请的公布数据

W02010/108771 DE 2010.09.30

(73) 专利权人 尼克桑斯公司

地址 法国巴黎

(72) 发明人 R. 索伊卡 F. 施密特

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 侯宇

(51) Int. Cl.

H01B 12/06 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开平 10-188692 A, 1998.07.21, 全文.

CN 1551249 A, 2004.12.01, 全文.

CN 1855317 A, 2006.11.01, 全文.

JP 特开 2007-80649 A, 2007.03.29, 全文.

审查员 徐红丽

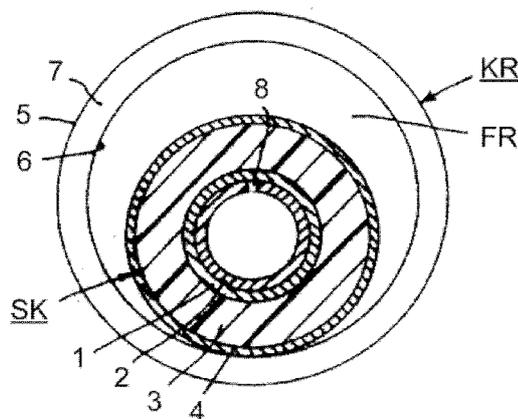
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

超导电缆

(57) 摘要

本发明涉及一种超导电缆 (SK), 该超导电缆具有至少一个超导体、由带或丝组成的导体 (1), 该带或丝以至少一层包绕设计成管状元件 (2) 的支架。所述管状元件 (2) 可弹性变形, 并且具有沿轴向在其整个长度上延伸的缝隙 (8)。



1. 一种超导电缆,该超导电缆具有至少一个超导的、由带或丝组成的导体,该带或丝以至少一层包绕设计成管状元件的支架,其特征在于,所述管状元件(2)能够沿径向以可变化的直径弹性变形,并且具有直线地沿所述管状元件(2)的外形轮廓线在该管状元件的整个长度上延伸的缝隙(8)。

2. 如权利要求1所述的电缆,其特征在于,所述管状元件(2)横向于其纵向形成波浪形。

3. 如权利要求1或2所述的电缆,其特征在于,所述管状元件(2)由优质钢制成。

4. 如权利要求1或2所述的电缆,其特征在于,所述管状元件(2)由铜或铜合金制成。

5. 如权利要求4所述的电缆,其特征在于,所述管状元件(2)由铜镀合金制成。

6. 如权利要求1或2所述的电缆,其特征在于,所述管状元件(2)由铝或铝合金制成。

超导电缆

[0001] 本发明涉及一种超导电缆,该超导电缆具有至少一个由带或丝构成的导体,该带或丝以至少一层包绕设计成管状元件的支架。

[0002] 这种电缆从 WO 03/052775A1 中已知。

[0003] 在现有技术中,超导电缆具有由一种含有陶瓷材料的复合材料制成的电导体,该陶瓷材料在足够低的温度下过渡为超导状态。只要不超过一个确定的电流强度,即临界的电流强度,相应构造的导体的直流电阻在充分冷却的情况下就为零。合适的陶瓷材料例如是基于稀土的氧化物材料(ReBCO,稀土-钡-铜-氧化物),尤其是 YBCO(钇-钡-铜-氧化物),或 BSCCO(铋-锶-钙-铜-氧化物)。使这种材料进入超导状态的足够低的温度例如在 67K 至 110K 之间。适合的冷却剂例如是氮、氦、氙、氢或这些物质的混合物。

[0004] 从 EP 0 650 205 A1 中已知一种超导电缆,其超导体围绕可弯曲的支架成型。该支架可以设计成具有预先给定的壁厚和波纹深度的波纹管。该支架也可以由卷绕成螺旋形的钢带构成。在所有实施形式中,支架在其整个长度上具有恒定不变的直径。

[0005] 由开头所述 WO 03/052775 A1 已知的电缆具有一个超导体,该超导体以至少一层包绕一个管状元件。所述电缆还具有其他包围导体的层。该电缆在空出自由腔的情况下布置在由两根之间具有真空绝缘层的相互共轴布置的金属管构成的低温恒温器中。使导体进入超导状态的冷却剂可以导引经过管状元件和低温恒温器的自由腔。

[0006] 超导电缆的导体在公知技术中由超导材料制成的带或丝构成,该带或丝以至少一层包绕支架,例如管状元件。由于为了电缆的运行而需要将导体从室温冷却到为超导状态所需的温度,超导材料大约会收缩 0.25% 至 0.3%。这在电缆长度为例如 600m 时会导致导体缩短大约 1.5m 至 1.8m。超导电缆和由此其导体在其端部处固定在连接配件中。导体由于冷却而造成的显著缩短导致连接配件的拉伸载荷明显增大。该显著的缩短还容易导致导体或其单个元件拉伸过度并因此导致造成导体不可被使用的损坏。为防止对导体功能性产生这种影响,导体的端部按 EP 1 821 380 B1 例如在进行冷却之后并因此以与超导状态相应的、缩短的长度固定在低温恒温器的内部。这种措施的耗费相当大。当这种超导电缆例如为维修的目的加热到室温时,连接配件还会受到伸长的电缆的机械负载。

[0007] 本发明所要解决的技术问题是提供一种开头所述的电缆,从而可以以简单的方式补偿导体由温度引起的长度变化。

[0008] 该技术问题按本发明由此解决,即,管状元件能够沿径向以可变化的直径弹性地变形并且具有直线地沿管状元件的外形轮廓线在该管状元件的整个长度上延伸的缝隙。

[0009] 在这种电缆中,用作导体支架的管状元件可弹性变形,使得其直径可以在受到从外部作用的径向压力载荷时减小。这由沿管状元件纵向延伸的缝隙确保,缝隙在室温时设计得足够宽,使得该缝隙在导体冷却时会变窄或在最大程度时会完全封闭。因此,导体在冷却时出现的缩短基本上沿径向作用到其支架上,因此,在电缆端部处的连接配件上没有施加明显的拉伸载荷。因为管状元件可弹性变形,所以缝隙在管状元件的径向载荷减小或在极端情况下消除时再次扩宽或展开,从而管状元件的直径又变大。由此,超导电缆的导体与其在冷却或加热时的长度无关地一直贴靠在由此持久地起到支架作用的管状元件的表面

上。词语“可弹性变形”按本发明意思是，管状元件一直压靠在包围它的导体上，也就是在最广泛的意义上具有弹性。

[0010] 可以根据管状元件的直径、管状元件的材料和室温与超导状态中电缆的工作温度之间的差值计算或预先给出为按上述作用的管状元件在室温时所需的缝隙宽度。

[0011] 在附图中示出了本发明主题的实施例。在附图中：

[0012] 图 1 是带有超导电缆的装置的横截面；

[0013] 图 2 是可用于按本发明的超导电缆的、用作电缆导体的支架的管状元件；

[0014] 图 3 是管状元件相对图 2 的变型实施形式。

[0015] 在图 1 中示出布置在低温恒温器 KR 中的超导电缆 SK 的基本结构。电缆 SK 具有超导体 1，该超导体 1 环绕设计成支架的管状元件 2 成型。该导体 1 被电介质 3 包围，在电介质 3 上设有超导的屏蔽层 4。低温恒温器 KR 由两个相互共轴布置的金属管状元件 5 和 6 组成。在这两个管状元件之间具有真空绝缘层 7。低温恒温器 KR 包围电缆 SK 和用于导引冷却剂通过的自由腔 FR。

[0016] 低温恒温器 KR 的管状元件 5 和 6 有利地由优质钢制成。它们可以横向于其纵向形成波浪形。导体 1 和屏蔽层 4 可以由一般的超导材料制成，尤其是由开头所述的材料钇-钡-铜-氧化物和铋-锶-钙-铜-氧化物制成。导体 1 有利地由以至少一层包绕管状元件 2 的超导带或丝组成。电介质 3 采用一般的技术构造。电缆 SK 在图 1 的实施形式中是一根带有冷的电介质的超导电缆。

[0017] 用作导体 1 的支架的管状元件 2 按上面所述可弹性变形，即尤其在径向上具有可变的直径。管状元件 2 在优选的实施形式中由优质钢、铜或铜合金或者铝或铝合金制成。该管状元件例如可以有利地由铜铍合金制成。该管状元件 2 可以与图 3 相应地横向于其纵向形成波浪形。管状元件 2 具有按图 2 和 3 直线地沿管状元件的外形轮廓线在该管状元件的整个长度上延伸的缝隙 8。

[0018] 举例：

[0019] 缝隙 8 的宽度例如可以按照以下这样计算：

[0020] 如果导体以扭绞节距 LS 捻成一股直径为 D 的绞索，那么每扭绞节距 LS 的导体长度 L 由等式 $L = \sqrt{LS^2 + \pi^2 D^2}$ 得出。如果导体被冷却，那么该导体由于收缩尤其变得更短。这种收缩可以通过由卷绕的导体构成的卷绕体直径的减小来补偿。这在冷的导体的长度 LK 适用 $LK = \alpha L$ 时实现（ α 在此表示一个与这股绞索材料的热收缩率有关的系数）。当金属材料从室温冷却到 77K 时，它例如收缩大约 0.3%。在这种情况下 $\alpha = 1 - 0.003 = 0.997$ 。由上面给出的等式推导得出 $L = \sqrt{LS^2 + \pi^2 D^2} \times \alpha = \sqrt{L^2 + \pi^2 DK^2}$ ，由此可以确定一个直径 DK，在冷的状态下收缩的导体的卷绕体应当收缩到该直径 DK。

[0021] 在该超导电缆 SK 中，导体例如应当包绕由优质钢制成的、直径为 25mm 的管状元件 2。扭绞节距 LS 应当为该直径的十倍，即 $LS = 250\text{mm}$ 。如果系数 α 为 0.997，则冷的管状元件 2 的直径 DK 为 24.58mm。这个直径相当于管状元件 2 的周长是 77.22mm。在原始状态下，管状元件的周长是 78.54mm（在直径为 $D = 25\text{mm}$ 时）。若管状元件 2 也径向收缩 0.3%，则它的直径在冷却状态下为 $25\text{mm} \times 0.997 = 24.93\text{mm}$ 。因此，该管状元件的周长为 78.30mm。对于该实施例来说，计算出的缝隙 8 的宽度即为 $78.30\text{mm} - 77.22\text{mm} = 1.08\text{mm}$ 。

[0022] 在管状元件 2 中使用的材料理想地设计成，使得在缝隙 8 由于收缩而变窄时不出

现或仅出现很小的塑性变形。这可以通过合适地选择具有相应壁厚的材料来实现。

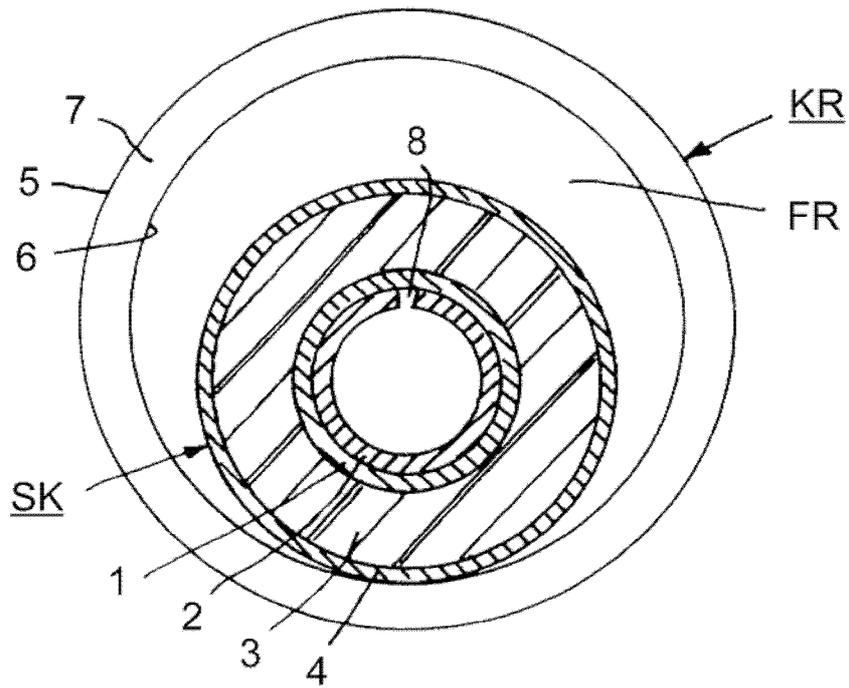


图 1

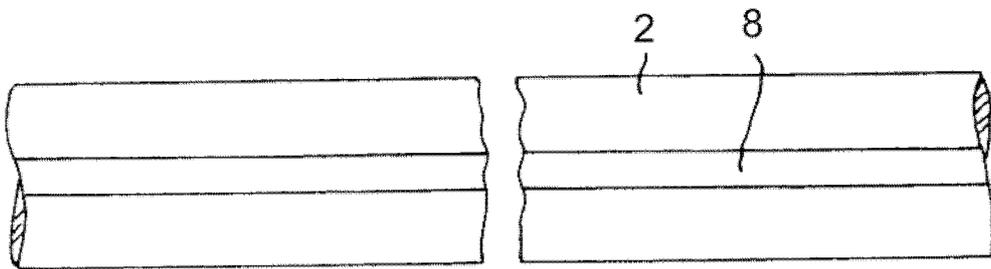


图 2

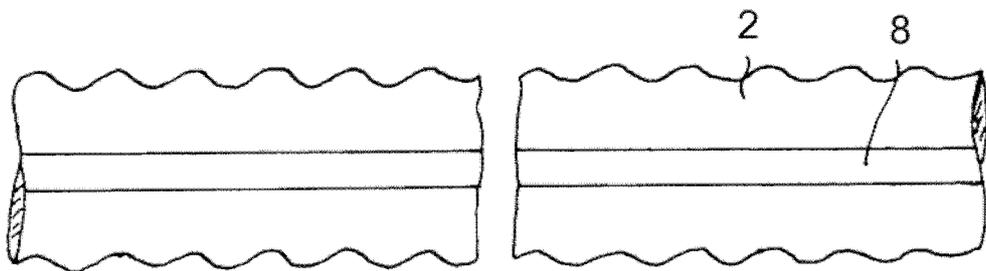


图 3