

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03819643.3

[51] Int. Cl.

C08L 81/06 (2006.01)

H01B 3/30 (2006.01)

H01B 13/14 (2006.01)

H01B 3/42 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 8 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 100408637C

[22] 申请日 2003.6.19 [21] 申请号 03819643.3

[30] 优先权

[32] 2002.6.19 [33] US [31] 60/389,484

[86] 国际申请 PCT/US2003/019318 2003.6.19

[87] 国际公布 WO2004/000941 英 2003.12.31

[85] 进入国家阶段日期 2005.2.18

[73] 专利权人 索尔维先进聚合物有限责任公司

地址 美国乔治亚州

[72] 发明人 S·温伯格 G·W·卡普塔

M·J·埃尔-希布里

[56] 参考文献

US4021596A 1977.5.3

US6075100A 2000.6.13

US3676814A 1972.7.11

US5146446A 1992.11.17

US4020046A 1977.4.26

审查员 黄建成

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 刘元金 邹雪梅

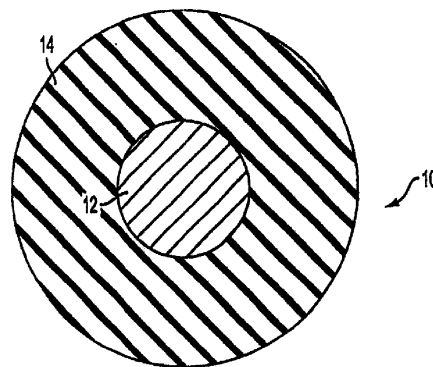
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 2 页

[54] 发明名称

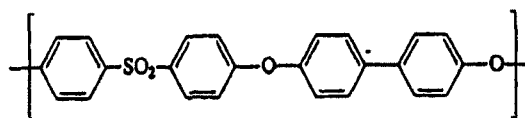
绝缘磁导线、提供绝缘磁导线的方法、其应用和电器

[57] 摘要

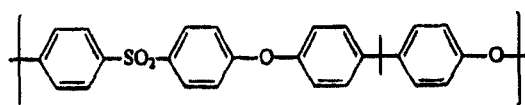
本发明提供绝缘磁导线、提供绝缘磁导线的方法、其应用和电器，本发明的绝缘磁导线是包含专为高温电气绝缘系统使用而开发的可熔融加工、热塑性树脂共混物绝缘涂层的磁导线。本发明涉及磁导线专用含砒聚合物共混物高温电气绝缘系统。该砒聚合物共混物包含两种聚(芳基醚砒)，例如，聚苯砒和聚砒。



1. 一种绝缘磁导线，它包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，所述聚合物组合物绝缘涂层包含聚苯砜和聚砜的共混物，其中聚苯砜包含下列结构的重复单元：



而聚砜包含下列结构的重复单元：



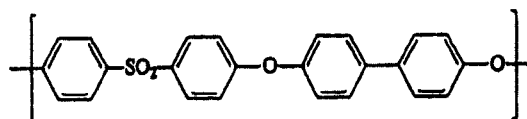
其中该绝缘涂层包含 20 wt% ~ 80 wt% 聚苯砜和 20 wt% ~ 80 wt% 聚砜，以聚合物总重量为基准计。

2. 权利要求 1 的绝缘磁导线，其中该绝缘涂层包含大于 50 wt% 聚苯砜，以聚合物总重量为基准计。
3. 权利要求 1 的绝缘磁导线，其中该绝缘涂层包含 70 wt% 聚苯砜和 30 wt% 聚砜，以聚合物总重量为基准计。
4. 权利要求 1 的绝缘磁导线，其中该绝缘涂层包含 55 wt% 聚苯砜和 45 wt% 聚砜，以聚合物总重量为基准计。
5. 权利要求 1~4 中任何一项的绝缘磁导线，其中该绝缘涂层还包含至少一种增强填料、纤维、颜料和/或添加剂。
6. 权利要求 5 的绝缘磁导线，其中纤维选自玻璃纤维、石棉、合成聚合物纤维、硅酸铝纤维、硅灰石、褐块石棉纤维。
7. 权利要求 5 的绝缘磁导线，其中增强填料选自玻璃、硅酸钙、二氧化硅、粘土、滑石粉和云母。
8. 权利要求 5 的绝缘磁导线，其中颜料选自碳黑、二氧化钛、氧化锌、氧化铁、镉红和铁蓝。
9. 权利要求 8 的绝缘磁导线，其中颜料是二氧化钛或氧化锌。
10. 权利要求 1~4 中任何一项的绝缘磁导线，其中聚苯砜可以是共聚物，其中最多少于 50 mol% 双酚残基结构单元被一种或多种非双酚

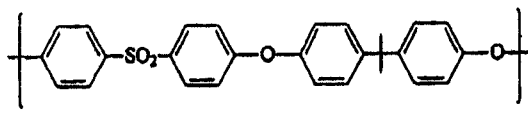
残基的芳族二羟基化合物的残基替代, 且其中该非双酚残基的芳族二羟基化合物残基选自 4,4'-异亚丙基二酚、4,4'-二羟基二苯醚、4,4'-二羟基二苯砜、4,4'-二羟基二苯酮、1,4-双(4-羟基苯基)苯以及氢醌。

11. 权利要求 1~4 中任何一项的绝缘磁导线, 其中聚砜可以是共聚物, 其中最多少于 50 mol% 双酚 A 残基结构单元被一种或多种非双酚 A 残基的芳族二羟基化合物的残基替代, 且其中该非双酚 A 残基的芳族二羟基化合物残基选自 4,4'-二羟基二苯醚、4,4'-二羟基二苯砜、4,4'-二羟基二苯酮、1,4-双(4-羟基苯基)苯、4,4'-二羟基联苯和氢醌。

12. 一种提供具有聚合物组合物绝缘涂层的绝缘磁导线的方法, 所述方法包括在裸金属磁导线上涂布聚合物组合物绝缘涂层的步骤, 所述聚合物组合物绝缘涂层包含聚苯砜和聚砜的共混物, 其中聚苯砜包含下列结构重复单元:



而聚砜包含下列结构重复单元:



其中该绝缘涂层包含 20 wt% ~ 80 wt% 聚苯砜和 20 wt% ~ 80 wt% 聚砜, 以聚合物总重量为基准计。

13. 权利要求 12 的方法, 其中该绝缘涂层包含大于 50 wt% 聚苯砜, 以聚合物总重量为基准计。

14. 权利要求 12 的方法, 其中该绝缘涂层包含 70 wt% 聚苯砜和 30 wt% 聚砜, 以聚合物总重量为基准计。

15. 权利要求 12 的方法, 其中该绝缘涂层包含 55 wt% 聚苯砜和 45 wt% 聚砜, 以聚合物总重量为基准计。

16. 权利要求 12~15 中任何一项的方法, 其中涂布步骤选自熔融挤出、溶剂涂布、粉末涂布和薄膜包覆。

17. 权利要求 16 的方法, 其中涂布步骤是熔融挤出。

18. 权利要求 12~15 中任何一项的方法, 其中在将绝缘涂层挤出到

金属磁导线上之前将金属磁导线进行预热。

19. 权利要求 12~15 中任何一项的方法，其中绝缘涂料在挤出到金属磁导线上之前进行熔融过滤。

20. 权利要求 12~15 中任何一项的方法，其中所述熔融挤出步骤不涉及溶剂。

21. 权利要求 12~15 中任何一项的方法，还包含任选的烘烤措施以使所述涂层固化。

22. 权利要求 21 的方法，还包括冷却所述金属磁导线上的固化的涂层。

23. 权利要求 12~15 中任何一项的方法，其中聚苯砜可以是共聚物，其中最多少于 50 mol% 双酚残基结构单元被一种或多种非双酚残基的芳族二羟基化合物的残基替代，且其中该非双酚残基的芳族二羟基化合物残基选自 4,4'-异亚丙基二酚、4,4'-二羟基二苯醚、4,4'-二羟基二苯砜、4,4'-二羟基二苯酮、1,4-双(4-羟基苯基)苯以及氢醌。

24. 权利要求 12~15 中任何一项的方法，其中聚砜可以是共聚物，其中最多少于 50 mol% 双酚 A 残基结构单元被一种或多种非双酚 A 残基的芳族二羟基化合物的残基替代，且其中该非双酚 A 残基的芳族二羟基化合物残基选自 4,4'-二羟基二苯醚、4,4'-二羟基二苯砜、4,4'-二羟基二苯酮、1,4-双(4-羟基苯基)苯、4,4'-二羟基联苯和氢醌。

25. 权利要求 1~11 中任何一项的绝缘磁导线在高温电气绝缘系统中的应用。

26. 权利要求 25 的绝缘磁导线的应用，其中高温电气绝缘系统选自变压器、马达、发电机、交流发电机、螺线管和继电器。

27. 按照权利要求 12~24 中任何一项方法获得的绝缘磁导线在高温电气绝缘系统中的应用。

28. 权利要求 25 或 27 的绝缘磁导线的应用，其中高温绝缘系统选自变压器、马达、发电机、交流发电机、螺线管和继电器。

29. 权利要求 25 或 27 的绝缘磁导线的应用，其中金属磁导线在使用中接触选自矿物油、硅油、植物油、合成油及其混合物的绝缘流体。

30. 包含权利要求 1~11 中任何一项的绝缘磁导线的电器。

31. 权利要求 30 的电器，其中该电器选自变压器、马达、发电机、交流发电机、螺线管和继电器。

绝缘磁导线、提供绝缘磁导线的方法、其应用和电器

本申请要求 2002-06-19 提交的美国临时申请号 60/389,484 的权益。

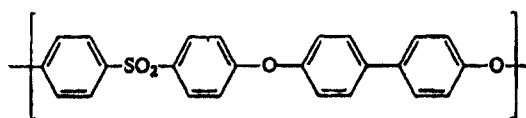
技术领域

本发明涉及包含专为高温电气绝缘系统使用而开发的可熔融加工的热塑性树脂共混物绝缘涂层的磁导线。更具体地说，本发明涉及磁导线用含砒聚合物高温电气绝缘系统，其中该砒聚合物包含两种聚(芳基醚砒)的共混物。该共混物表现出比聚砒改进的电气绝缘性和长期热和环境老化稳定性。

背景技术

聚合物材料被应用于磁导线绝缘涂层。虽然普遍使用热固性材料，但磁导线绝缘涂料却可包括热塑性塑料。这些聚合物材料作为挤出涂层、包缠薄膜、粉末涂层和溶剂基瓷漆应用。纸也常用作导线的包缠绝缘。

磁导线绝缘系统中使用的热塑性聚合物的例子包括聚(芳基醚砒)，例如，聚苯砒。包含聚苯砒树脂绝缘(层)的磁导线由 Hanover 制造公司以商品名 Reymag® 市售供应。聚苯砒是一种坚韧线型聚合物，具备多项吸引人的特征如优异耐高温、良好电气性能、高延展性、良好韧性和非常好的水解稳定性。聚苯砒由 Solvay Advanced Polymers(LLC)以商品名 Radel® 供应。它对应于以下重复单元式：



聚苯砒 (PPSF)

并具有约 220℃ 的 T_g。它通过双酚与 4,4'-二氯二苯砒之间的缩聚来制备，正如加拿大专利 847,963 中描述的。聚苯砒，由于双酚的成本高，故是一种昂贵树脂。磁导线用高温绝缘系统在许多领域都有需求，包括变压器、马达、发电机、螺线管和继电器。对此种产品的要求包括在使用温度下高效和低损耗；高连续使用温度；耐绝缘流体如矿物油、

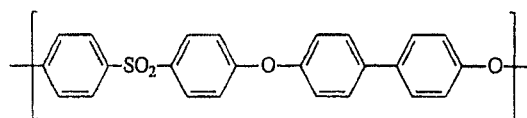
硅油、植物油、合成油及其混合物;以及承受过载条件的能力。磁导线不仅被要求提供介电绝缘,而且还必须提供耐受磨损、机械应力和腐蚀的保护。因此,技术上一向需要经济地改进磁导线用绝缘系统的性能。

发明内容

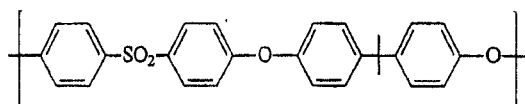
目前磁导线技术领域需要高性能绝缘涂层,它表现出高耐受性的电气绝缘、长期热老化稳定性和环境耐受性。目前,磁导线领域需要通过减少绝缘涂料中昂贵树脂的用量经济地生产高性能磁导线绝缘涂层。再者,磁导线领域还需要生产含极少量可消耗的性能和稳定性添加剂的高性能绝缘涂料。另外,磁导线领域还需要能采用挤塑涂布、溶剂涂布、薄膜包缠或粉末涂布来经济和可靠地给导线绝缘。

另外,电器技术领域目前需要其电器包含的绝缘磁导线能长期耐受高温。目前电器技术领域还需要其电器包含的绝缘磁导线在长期暴露于各种油的期间具有优异耐化学侵蚀能力。

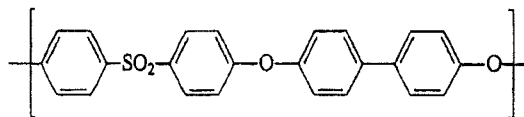
这些以及其它需要已由本发明的某些实施方案满足,这些方案提供一种绝缘磁导线,它包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层,其中该绝缘涂层包含聚苯砜(PPSF)和聚砜(PSF)的共混物,其中PPSF包含下列结构重复单元:



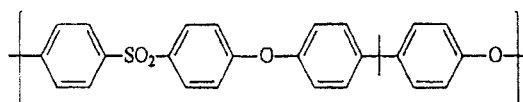
而 PSF 包含下列结构重复单元:



前面所述的需要已由一种电器进一步满足,它包含一种绝缘磁导线,该导线包含磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层,其中绝缘涂层包含聚苯砜(PPSF)和聚砜(PSF)的共混物,其中 PPSF 包含下列结构重复单元:



而 PSF 包含下列结构重复单元:



前面所述的需要已由本发明的某些实施方案满足, 这些方案提供一种绝缘磁导线, 它包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层, 其中该绝缘涂层包含约 20 wt% ~ 约 80 wt% PPSF 和约 20 wt% ~ 约 80 wt% PSF, 以聚合物总重量为基准计。

本发明的其它优点和方面在本领域技术人员研读了下面的详述自然就清楚了, 其中本发明的各种实施方案通过简单地举例说明为实施本发明所设想的最佳模式做了展示和描述。正如将要描述的, 本发明能采用其它和不同的实施方案实施, 并且其若干细节很容易从各种明显的方面加以修改, 所有这些都不偏离本发明精神和范围。因此, 下面的描述应视为说明性的, 而不是限定性的。

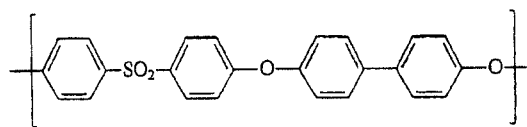
附图说明

图 1 画出本发明一种实施方案的绝缘磁导线。

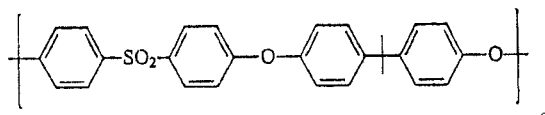
图 2 画出本发明一种实施方案的电器。

具体实施方式

本发明提供具有坚固电气绝缘涂层的磁导线。本发明提供一种高性能聚(芳基醚砜)共混物, 它表现出改进的电气绝缘和长期热老化稳定性。本发明允许经济地生产一种包含高性能聚(芳基醚砜)共混物涂层的磁导线, 涂层中具有任选数量的性能和稳定性添加剂。本发明允许以较少用量昂贵树脂, 如 PPSF, 生产绝缘磁导线, 却依然保持 PPSF 的高性能性质。在兼具上述所有优点的同时, 本发明允许用一种含聚(芳基醚砜)的热塑性共混物经济地生产金属磁导线。这些优点是由一种绝缘磁导线提供的, 该导线包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层, 所述聚合物组合物绝缘涂层包含聚苯砜(PPSF)和聚砜(PSF)的共混物。PPSF 包含下列结构重复单元:



而 PPSF 包含下列结构重复单元:



PPSF 可由各种商业来源提供, 包括 Solvay Advanced Polymers(LLC)以商品名 Radel® R 供应的。适合本发明某些实施方案的 PPSF 具有约 220℃ 的 T_g。PPSF 通过双酚与 4,4'-二氯二苯砜之间的缩聚来制备, 正如加拿大专利 847,963 中描述的, 在此将其全部公开收作参考。在某些实施方案中, PPSF 可以是共聚物, 其中最多少于 50 mol% 双酚残基结构单元被一种或多种非双酚残基的芳族二羟基化合物的残基替代。该非双酚残基的芳族二羟基化合物残基选自 4,4'-异亚丙基二酚(双酚 A)、4,4'-二羟基二苯醚(双酚 O)、4,4'-二羟基二苯砜(双酚 S)、4,4'-二羟基二苯酮、1,4-双(4-羟基苯基)苯以及氢醌。

PSF 可由各种商业来源提供, 包括 Solvay Advanced Polymers(LLC)以商品名 UDEL® 供应的。适合本发明某些实施方案的 PSF 具有约 185℃ 的 T_g。PSF 通过双酚 A 的二钠盐与 4,4'-二氯二苯砜之间的亲核缩聚制备, 正如美国专利 4,108,837 中描述的, 在此将其全部公开收作参考。在某些实施方案中, PSF 可以是共聚物, 其中最多少于 50 mol% 双酚 A 残基结构单元被一种或多种非双酚 A 残基的芳族二羟基化合物的残基替代。该非双酚 A 残基的芳族二羟基化合物残基选自 4,4'-二羟基二苯醚(双酚 O)、4,4'-二羟基二苯砜(双酚 S)、4,4'-二羟基二苯酮、1,4-双(4-羟基苯基)苯、4,4'-二羟基联苯(联苯酚)和氢醌。

PPSF/PSF 共混物的性质给磁导线的最终用途的应用提供各种好处。例如, PPSF/PSF 共混物涂布的磁导线可缠绕得比纸缠绕导线快并且绝缘层较少撕破。要求的绝缘厚度一般小于纸缠绕导线所要求的, 因此绕组较小。另外, 由于 PPSF/PSF 共混物的平衡含湿量低,

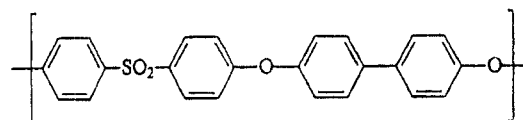
故磁线圈可干燥得快，不对绝缘油的水解产生不利影响。另外，PPSF/PSF 共混物可在较高温度和较严酷的条件下在油环境中工作，从而减少在过载条件下损坏的危险。最终结果是提高了可靠性和增加了运行时间。再者，PPSF/PSF 共混物涂布的磁导线采用较少用量昂贵的 PPSF 树脂，同时却保持了磁导线应用所要求的高 PPSF 性能。

在图 1 中，画出本发明一种实施方案的绝缘磁导线 10。绝缘磁导线 10 包含磁导线 12，它可由铜、铝等组成。磁导线 12 涂有绝缘涂料 14，被涂到磁导线 12 上以提供连续涂层。

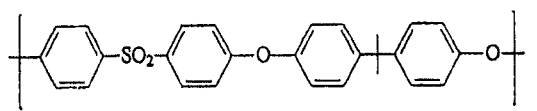
本发明其它实施方案包括一种绝缘磁导线，它包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含约 20 wt% ~ 约 80 wt% PPSF 和约 20 wt% ~ 约 80 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。在本发明的某些实施方案中，绝缘磁导线包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含大于约 50 wt% PPSF，以聚合物总重量为基准计。在本发明其它某些实施方案中，绝缘磁导线包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含约 30 wt% ~ 约 70 wt% PPSF 和约 30 wt% ~ 约 70 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。在本发明其它某些实施方案中，绝缘磁导线包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含约 40 wt% ~ 约 60 wt% PPSF 和约 40 wt% ~ 约 60 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。本发明其它某些实施方案包括一种磁导线组合物，它包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含约 70 wt% PPSF 和约 30 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。本发明其它某些实施方案包括一种磁导线组合物，它包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含约 55 wt% PPSF 和约 45 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。

本发明 PPSF/PSF 共混物可任选地包括增强填料、颜料、添加剂以及诸如此类。可用作增强介质的代表性纤维包括玻璃纤维、石棉、合成聚合物纤维、硅酸铝纤维、硅灰石、褐块石棉纤维等。代表性填料和其它材料包括玻璃、硅酸钙、二氧化硅、粘土、滑石粉、云母；颜料如碳黑、二氧化钛、氧化锌、氧化铁、镉红和铁蓝；聚合物如聚醚砜；以及其它添加剂如氧化铝的三水合物、碳酸钠铝和铁酸钡。磁导线中常用的附加添加剂，例如，热稳定剂、紫外光稳定剂、增塑剂等也可包括在内。二氧化钛和氧化锌颜料很好地适合本发明某些实施方案。

本发明其它某些实施方案包括提供一种具有聚合物组合物绝缘涂层的绝缘磁导线的方法，该方法包括在金属磁导线上涂布聚合物组合物绝缘层的步骤。该聚合物组合物绝缘涂料包含聚苯砜(PPSF)和聚砜(PSF)的共混物，其中 PPSF 包含下列结构重复单元：



而 PSF 包含下列结构重复单元：



本发明其它实施方案包括提供一种具有聚合物组合物绝缘涂层的绝缘磁导线的方法，其中该绝缘涂层包含约 20 wt% ~ 约 80 wt% PPSF 和约 20 wt% ~ 约 80 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。在本发明某些实施方案中，绝缘磁导线包含磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含大于 50 wt% PPSF，以聚合物总重量为基准计。在本发明其它某些实施方案中，绝缘磁导线包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含约 30 wt% ~ 约 70 wt% PPSF 和约 30 wt% ~ 约 70 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。在本发明其它某些实施方案中，绝缘磁导线包含金属磁导线和一种聚合物组合物绝缘涂层，涂层包含约 40 wt% ~ 约 60 wt% PPSF 和约 40 wt% ~ 约 60 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。本发明其它某些实施方案包括提供一种具有聚合物组合物绝缘涂层的绝缘磁导线的方法，其中该绝缘涂层包含约 70 wt% PPSF 和约 30 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。本发明其它实施方案包括提供一种具有聚合物组合物绝缘涂层的绝缘磁导线的方法，其中该绝缘涂层包含约 55 wt% PPSF 和约 45 wt% PSF，以聚合物总重量为基准计。

通过本发明绝缘磁导线的应用实现的附加优点是能采用多种技术制造绝缘磁导线。该绝缘层可通过包缠塑料挤出的或溶剂流延的薄膜来施加。它也可通过溶剂涂布像其它常用瓷漆那样，或者采用已知的粉末涂布技术来施加。在溶剂涂布的情况下采用烘烤步骤，其目的仅

在于赶出溶剂而不是固化并赶出溶剂。

效率最高和成本效益最佳的方法是在磁导线上直接熔融挤出涂层。在熔融挤出制造方法中，不要求溶剂回收系统并且固化步骤也是任选的。为提供磁导线涂层施涂所需产量要求的挤出机相当小并且安装也很经济。PPSF/PSF 绝缘涂层的卓越热稳定性也容许在最高达 400℃加工温度下进行磁导线的熔融挤出加工。磁导线既可裱合成型（conforming）拉制，也可轧制。本发明 PPSF/PSF 绝缘涂层可用于各种不同(断面)尺寸的圆形或异形铝和铜线。

本发明的其它实施方案包括由金属裱合成型（conforming）(生产)线与挤出涂布线彼此串连地成形磁导线，然后给磁导线包衣(=涂布)。通过此种技术可生产各种不同圆形和矩形不同(断面)尺寸的导线。金属磁导线特别适合用于充油变压器中。

其它本发明某些实施方案包括一种提供包含 PPSF/PSF 聚合物组合物绝缘涂层的绝缘磁导线的方法。该方法包括熔融挤出的步骤。熔融挤出方法包括提供金属进料原料和将进料原料连续喂入到旋转挤出压机中并连续成形磁导线。该磁导线可与挤出操作呈串连地成形，或者它可在单独步骤中成形，然后在聚合物组合物涂布之前加热。金属导线可按照如上所述采用旋转挤出压机成形，或者它可以拉制。它也可通过将圆形导线轧制或轧扁成矩形来成形。挤出的磁导线以规定速度送过挤出口型。在本发明的某些实施方案中，以砷聚合物为基础的本发明绝缘体采用拔管(tubing)或半拔管(semi-tubing)技术来挤出，该方法涉及某种直角机头组件和中心顶针加口型的构造，它所包含的流道旨在使成形的磁导线上的涂层达到最大限度的均一性。该软管围绕着挤出的磁导线并与之隔一定间距地挤出，该软管被挤出后在接触挤出的磁导线之前聚合物材料的厚度被减小或拉薄。在接触的磁导线与正在挤出的聚合物材料之间设有真空，从而导致大气压压力逐渐将挤出的聚合物材料压向挤出的磁导线直至接触。聚合物借助压力挤出技术的施加也是合适的。在压力挤出中，金属导线在直角机头中与熔融聚合物彼此接触从而形成涂层(或包衣)，而不挤出软管。磁导线在加热条件下被挤出，但该温度被控制在适当范围以便让聚合物材料施涂到导线上。选择该温度，以便控制聚合物在导线上的冷却速率，这又可使涂层内的应力趋于最低并使涂层对磁导线的附着力达到最大。磁

导线的具体金属并不严格要求，而是可包括任何常用的导电材料，包括，例如，铝、铝基合金、铜和铜基合金。

本发明其它实施方案包括本发明绝缘磁导线在高温电气绝缘系统中的应用。合适的高温电气绝缘系统包括这样电器：变压器、马达、发电机、交流发电机、螺线管、继电器等。在图 2 中，画出按照本发明的一种实施方案的变压器 20。变压器 20 包括 2 个线圈 21a、21b，由绝缘磁导线围绕着铁心 30 包缠而构成。变压器 20 可以是升压变压器，其中线圈 21a 将是初级线圈(即，具有电流通过它)，而线圈 21b 将是次级线圈(具有在其内感应出的电流)。替代地，变压器 20 可以是降压变压器，其中线圈 21a 将是次级线圈(具有在其内感应出的电流)而线圈 21b 将是初级线圈(即，具有电流通过它)。在任何一种实施方案中，铁心 30 由铁或诸如此类构成。

在表 1 中，给出实例 1 的 PPSF/PSF 共混物的性质，它与 PPSF 树脂，对照样 1 进行对比。PPSF/PSF 共混物的吸湿稍微少于 PPSF，并表现出比 PPSF 大的熔体稳定性。熔体稳定性通过测定熔体在 410 °C 下暴露 40 min 后在 50 s⁻¹ 下测定的熔体粘度与 10 min 后测定的熔体粘度之比来表征。PPSF/PSF 共混物表现出 1.3 的粘度比，相比之下 PPSF 树脂的是 1.5。实例 1 是一种 70 wt%/30 wt%，以聚合物总重量为基准计，RADEL® R PPSF/UDEL® PSF 共混物。如上面所展示，PPSF/PSF 共混物具有与 PPSF 树脂，对照例 1，可比的卓越阻燃性、机械强度和极低吸湿。这些性质显示 PPSF/PSF 共混物与磁导线应用领域的相容性。例如，PPSF/PSF 共混物表现出优于 PSF 树脂，对比例 1，的性质。PPSF/PSF 共混物特别坚韧的性能可从其高缺口伊佐德冲击强度得到证明。另外，PPSF/PSF 共混物表现出比 PSF 树脂卓越的热性能，正如表 1 的热挠曲温度结果证明的。应当指出，由于是两种聚合物的不可混溶共混物(即，对应每种聚合物将出现一个玻璃化转变温度)，PPSF/PSF 共混物的玻璃化转变温度是 185/220。

表 1 聚苯砜和聚苯砜共混物的选择的性能

物理	方法	单位	对比例 1 PSF	对照例 1 PPSF	实例 1,70 wt%PPSF/30 wt%PSF 共混物
吸湿	ASTM	-			
24 h 后	D-570	%	0.3	0.37	0.30
平衡时	D-570	%	0.6	1.1	0.95
比重	D-792		1.24	1.29	1.28
力学					
抗张强度	D-638	MPa	70	70	70
断裂伸长	D-638	%	50-100	90	60
挠曲强度	D-790	MPa	105	105	105
缺口伊佐德冲击	D-256	J/m	69	694	265
无切口伊佐德	D-256	J/m	0 断裂	0 断裂	0 断裂
热					
玻璃化转变温度		℃	185	220	185/220
热挠曲温度	D-648	℃	174	207	200
电气					
在 23℃和 50%RH 平衡 48 h 后的介电常数					
@ 1 MHz	D-150	-	3.1	3.45	3.40
可燃性					
极限氧指数	D-2863	%	26	38	36

对涂以 PPSF/PSF 绝缘共混物的铝导线的相关性能特征做了评估, 结果载于表 2。从表 2 可以看出, 涂以 PPSF/PSF 共混物的导线表现出良好挠曲性、附着力和伸长, 与涂以较贵的 PPSF 树脂的铝导线不相上下。该 PPSF/PSF 磁导线绝缘还耐热冲击并且可在直至 200℃的温度保持介电强度。在 200℃的温度, 耗散维持为约 0.007, 比许多以聚乙烯醇缩甲醛为基础的树脂和纸低得多。因此, 涂以本发明绝缘涂层的磁导线适合用于高温系统。

表 2 采用试验方法 NEMA MW 1000/ASTM D-1676 的磁导线 NEMA MW 1000 质量试验。全部测定由 Eltek International Laboratories 对矩形铝磁导线样品进行。

试验	对照例 1	实例 1
铝裸线		
宽度	0.3253 英寸	0.3251 英寸
厚度	0.1137 英寸	0.1138 英寸
整个导线尺寸		
宽度	0.3367 英寸	0.3349 英寸
厚度	0.1208 英寸	0.1201 英寸
尺寸的增加		
宽度	0.1140 英寸	0.0098 英寸
厚度	0.0071 英寸	0.0063 英寸
平均厚干膜		
宽度	0.0057 英寸	0.0049 英寸
厚度	0.0036 英寸	0.0032 英寸
断裂伸长	20%(矩形导线) 35%(圆形导线)	33%(矩形导线)
扁平状弯曲	漆膜中没有可见龟裂	漆膜中没有可见龟裂
沿边缘弯曲	漆膜中没有可见龟裂	漆膜中没有可见龟裂
可卷绕性	漆膜中没有可见龟裂	漆膜中没有可见龟裂
热冲击	在 260℃ 平衡后漆膜中没有可见龟裂	在 175℃ 平衡后漆膜中没有可见龟裂
热塑性流动	265℃	245℃
在 23℃ 和 50%RH 平衡 48 h 后的击穿电压		
23℃	10.88kV	9.30kV
150℃	8.96kV	9.32kV
180℃	8.79kV	8.48kV
200℃	8.90kV	7.07kV
在 23℃ 和 50%RH 平衡 48 h 后的耗散		
23℃	0.0022	0.0016
150℃	0.0007	0.0008
180℃	0.0021	0.0042
200℃	0.0042	0.0069

本发明绝缘涂层在热变压器油中老化 5 个月后也保持性能不变，结果载于表 3。导线是通过将导线牵引通过一个熔流设备而涂以树脂的。通过将导线送过机头并维持设备充满开车的树脂粒料，涂料被送过机头并涂到裸线上。对每种涂布的导线而言，将一定长度围绕一根 1/4 英寸直径的棒缠绕，并具有 1/16 英寸直径，成为一弹簧似的。另外又切出两段每段约 2~3 英寸的直导线。然后，把导线放入到玻璃-衬里的 Parr 反应器，其中充满足够浸没导线的变压器油。将反应器放入到烘箱中，温度设定在 150℃。导线在 150℃±1℃下接受反应器中加热油的处理。定期从烘箱中取出反应器，令其冷却至室温，然后从反应器中取出导线以便评估。每一种评估后，将导线重新浸泡在玻璃-衬里的 Parr 反应器装的油中。在不同间隔取评估样品，结果载于表 3。

PPSF 树脂(RADEL® R)不表现出任何在热油环境中的失效。另外，显然，本发明树脂共混物(PPSF/PSF)在 5 个月的时间以后未表现出应力-龟裂行为。这一结果始料未及，因为该热油环境温度已接近共混物中包含的 PSF 的玻璃化转变温度(Tg)并且在此温度下 PSF 本来预计将变得更加对环境敏感。PSF 树脂的玻璃化转变温度(Tg=185℃)低于 PPSF 树脂(Tg=220℃)。再者，含有 PSF 树脂(UDEL®)的试样在暴露于 150℃的硅油仅一周后就表现出应力-龟裂行为。然而，本发明树脂共混物(70 wt%PPSF/30 wt%PSF)在热油老化实验中却未表现出应力-龟裂行为。因此，本发明所使用的 PPSF/PSF 树脂共混物提供 PPSF 树脂所特有的高性能表现。

表 3-热变压器油实验

树脂	1 天	20 天	48 天	56 天	97 天	145 天	156 天
PPSF	绝缘导线浸没在油中	干净且没有龟裂和银纹-无明显改变	同第 20 天-无明显改变	同第 48 天-无明显改变	同第 56 天-无明显改变	同第 97 天-无明显改变	同第 145 天-无明显改变
70 wt.% PPSF/30 wt.% PSF 共混物	绝缘导线浸没在油中	干净且没有龟裂和银纹-无明显改变	同第 20 天-无明显改变	同第 48 天-无明显改变	同第 56 天-无明显改变	同第 97 天-无明显改变	同第 145 天-无明显改变
PSF	绝缘导线浸没在油中	直导线出现银纹，弹簧具有龟裂	同第 20 天-无明显改变	同第 48 天-无明显改变	同第 56 天-无明显改变	同第 97 天-无明显改变	同第 145 天-无明显改变

本发明享有在生产高温电气绝缘系统用绝缘磁导线方面的工业应用价值。本发明特别适用于生产具有用于高温电气绝缘系统的聚合物绝缘涂层的绝缘磁导线。另外，本发明特别适用于生产表现出坚牢电气绝缘和长期热老化稳定性并且经济性优于现有技术的具有聚(芳基醚砜)共混物涂层的磁导线。

在本公开中展示和描述的仅仅是本发明优选的实施方案以及少数关于其多用途特性的例子。这些都不应构成对权利要求范围的限制。本领域技术人员懂得，本发明仍能采用各种各样其它实施方案和环境并且在如本文所描述的本发明概念范围内很容易做出改变和修改。

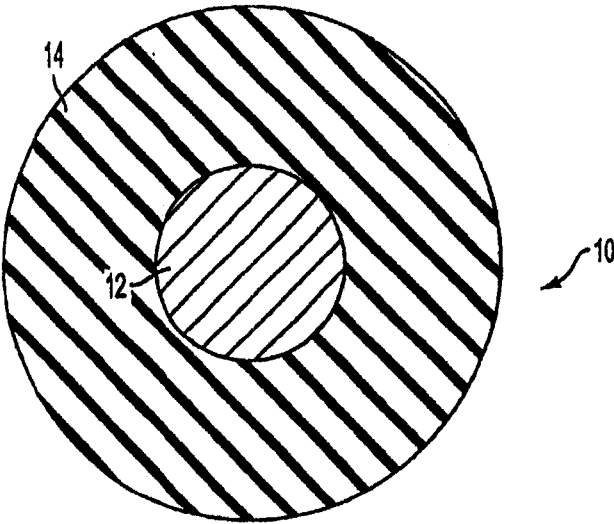


图 1

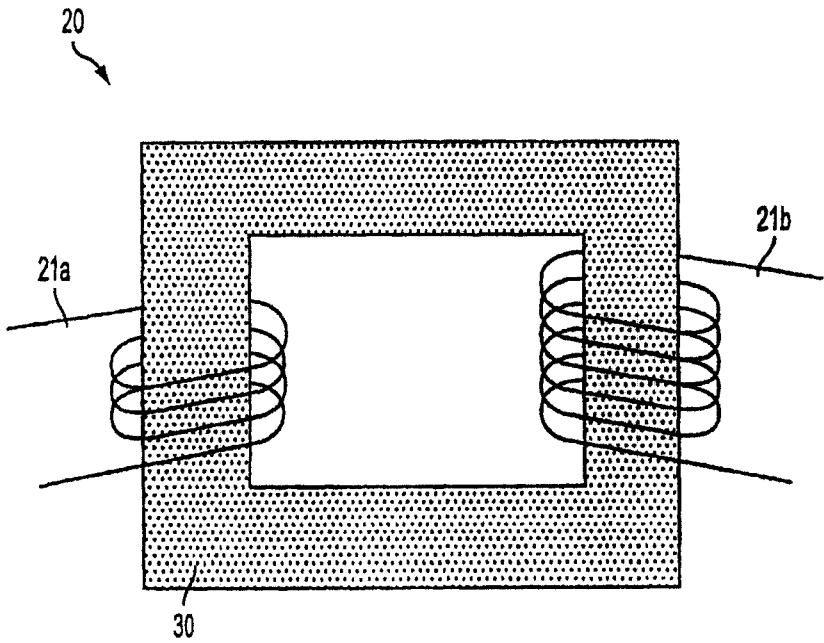


图 2