



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102844141 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 25

(21) 申请号 201080064854. 6

(22) 申请日 2010. 12. 27

(30) 优先权数据

61/290, 384 2009. 12. 28 US

61/371, 360 2010. 08. 06 US

61/377, 599 2010. 08. 27 US

61/387, 164 2010. 09. 28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 08. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/062138 2010. 12. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/082128 EN 2011. 07. 07

(73) 专利权人 多产研究有限责任公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 S·米兹拉西

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有

限公司 44205

代理人 冯剑明

(51) Int. Cl.

B23K 11/16(2006. 01)

B23K 103/16(2006. 01)

B32B 15/08(2006. 01)

B23K 103/18(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2003/0082335 A1, 2003. 05. 01,

US 2008/0311363 A1, 2008. 12. 18,

US 4650951 A, 1987. 03. 17,

US 4037073 A, 1977. 07. 19,

CN 1212925 A, 1999. 04. 07,

EP 1197323 A1, 2002. 04. 17,

US 4482600 A, 1984. 11. 13,

US 4329561 A, 1982. 05. 11,

US 2005/0000947 A1, 2005. 01. 06,

审查员 孙永昌

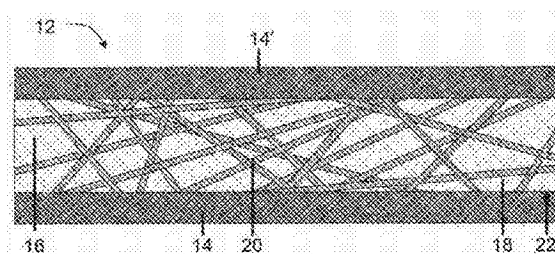
权利要求书2页 说明书24页 附图6页

(54) 发明名称

焊接复合材料的方法及其制品

(57) 摘要

本发明涉及一种焊接复合材料的方法及由此制备的焊接结构。该方法包括将基材与复合材料接触的步骤,其中所述复合材料包括一对被隔开的钢板及处于钢板之间的芯层;所述芯层的体积是复合材料总体积的大约 25 体积 % (vol%) 或更高;所述芯层包括布置在一束或多束纤维中的多根钢纤维,所述纤维沿芯层的厚度方向延伸,从而使所述芯层与钢板电接触;以及所述钢纤维具有与纤维长度方向垂直的横截面的面积是大约 $1 \times 10^{-5} \text{mm}^2$ 至大约 $2.5 \times 10^{-2} \text{mm}^2$ 。



1. 一种用于形成一焊缝的方法,包括以下各步骤:
将基材材料与复合材料接触形成一焊接组套,再焊接该焊接组套;
其中所述复合材料包括一对被隔开的钢板及处于所述钢板之间的芯层,所述基材材料是金属材料;
所述芯层的体积是所述复合材料总体积的 25 体积% (vol%) 或更高;
所述芯层包括含聚烯烃的一种或多种聚合物;
所述芯层包括布置在一束或多束纤维中的多根钢纤维,所述纤维沿所述芯层厚度方向延伸,从而使所述芯层与所述钢板电接触;及
所述钢纤维具有一般矩形的横截面并与所述纤维长度的方向垂直,所述横截面的面积是 $1 \times 10^{-5} \text{mm}^2$ 至 $2.5 \times 10^{-2} \text{mm}^2$ 。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述方法包括对所述基材材料及所述复合材料施加 2.5kA 至 25kA 的焊接电流,以将所述基材材料与所述复合材料焊接的步骤,从而实现特征是焊点面积 1mm^2 或更大的焊接。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中金属纤维的含量是所述复合材料芯层总体积的 10vol% 至 30vol%, 聚合物与钢纤维的体积比大于 2.5:1。
4. 根据权利要求 3 所述的方法,其中所述芯层有一厚度,且独立地跨越芯层厚度的钢纤维少于 40%。
5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中所述钢纤维的长度为 200 μm 至 7mm。
6. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法,其中所述芯层包括一聚合物基体,所述聚合物基体包括选自由聚烯烃、聚酰胺、聚酯、聚醚、聚苯乙烯、包括丙烯腈的聚合物、包括丙烯酸酯的聚合物、包括丙烯酸酯的聚合物、聚酰亚胺、聚碳酸酯、离聚物和包括一种或多种上述聚合物的共聚物所组成的组中的至少一种聚合物。
7. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法,其中所述复合材料的厚度是从 0.4 至 4mm。
8. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法,其中所述方法包括一采用多级焊接工艺形成焊接的步骤,所述多级焊接工艺包括一在一级焊接期间对所述基材和所述复合材料施加焊接电流的步骤以及一在二级焊接期间对所述基材和所述复合材料施加一不同焊接电流的步骤,从而在所述复合材料和所述基材之间形成焊接。
9. 根据权利要求 7 所述的方法,其中所述芯层填充两块钢板之间空间的至少 90vol%。
10. 根据权利要求 7 所述的方法,其中所述芯层的体积是所述复合材料总体积的 25vol% 至 95vol%; 并且所述复合材料各钢板的总体积是所述复合材料总体积的 5% 至 75%。
11. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述芯层的体积是所述复合材料总体积的 25vol% 至 95vol%; 并且所述复合材料各钢板的总体积是所述复合材料总体积的 5% 至 75%。
12. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法,其中所述复合材料具有冲压结构。
13. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法,其中所述复合材料在贯穿厚度方向的静态电阻是整体材料的静态电阻的 2 倍或 2 倍以上,所述整体材料与复合材料厚度相同且采用与所述复合材料金属板相同的金属制造。
14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中所述焊接电流足够低,并焊接时间足够短,从而

在电阻点焊步骤期间不会发生金属飞溅。

15. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法, 其中所述复合材料的金属板对的结合厚度是 0.6mm 或更低, 并且低于所述复合材料总厚度的 75%; 聚合物与钢纤维的体积比大于 2.2:1 且小于 19:1。

16. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法, 其中所述方法包括使用一对电极对焊接组套进行电阻点焊的焊接步骤, 所述电极包括一接触所述焊接组套表面的第一电极和一接触所述焊接组套相对表面的第二电极;

其中所述第一电极具有接触所述焊接组套的表面积, 该表面积等于或小于所述第二电极的表面积;

其中所述电阻点焊步骤包括一在足够时间内在所述第一电极和所述第二电极之间通过足够焊接电流的步骤, 从而使所述基材材料和所述复合材料形成焊接, 其特征在于焊点尺寸是所述第一电极表面积 50% 或更高。

17. 权利要求 1 至 5 任一项所述的方法, 其中:

i) 所述芯层的体积是所述复合材料总体积的 25 体积% (vol%) 或更高;

ii) 所述芯层中的所述金属纤维的含量足够低, 从而将所述复合材料焊接到冷轧钢基材的焊接电流范围大于将整体钢板焊接到冷轧钢基材的焊接电流范围, 其中所述冷轧钢基材的总厚度与所述复合材料相同, 其中所述整体钢板的厚度与所述复合材料两块钢板的总厚度大致相同。

18. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法, 其中所述芯层包括 10 体积% 至 30 体积% 的金属纤维, 其中所述金属纤维在垂直于纤维长度的方向的横截面通常是矩形, 并且所述横截面积是 $8 \times 10^{-5} \text{mm}^2$ 或更大, 这样, 在 2200N 负荷下, 并且试件宽度 25mm, 长度 25mm 时, 在面直径是 3.8mm 的两个电极之间测量的所述复合材料的静态电阻是 1.5mΩ 或更低。

19. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述方法制备的焊缝。

20. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述方法制备的焊接制品, 包括

i) 所述复合材料;

ii) 钢基材; 及

iii) 具有以下至少一个特征的焊缝:

a) 焊点尺寸 2mm^2 或更大;

b) 拉伸强度 1kN 或更高; 或

c) 不存在金属飞溅的焊接。

焊接复合材料的方法及其制品

[0001] 要求申请日期的权益

[0002] 本申请要求享有美国专利申请第 61/290,384 号(于 2009 年 12 月 28 日申请)、第 61/371,360 号(于 2010 年 8 月 6 日申请)、第 61/377,599 号(于 2010 年 8 月 27 日申请)及第 61/387,164 号(于 2010 年 9 月 28 日申请)的申请日期的权益,以上专利的内容通过引用整体结合在本申请中。

技术领域

[0003] 本发明涉及通常用于将复合材料焊接到金属材料、或复合材料焊接到复合材料或以上两者的焊接方法,还涉及将复合材料焊接到包括焊接复合材料的制品的焊接方法,更具体地说,涉及其中所述复合材料包括聚合物层的焊接方法及制品。

背景技术

[0004] 人们对减轻交通中使用的车辆及制品的重量兴趣浓厚。因此,人们不断寻找新的重量轻的材料,如包含一金属层和一聚合物层的复合材料。理想地,此类材料可以提供一种或多种好处,如重量减轻、强度重量比提高、成本降低等。

[0005] 对许多应用来说,人们还希望此类复合材料可以焊接(即能够采用电阻焊来焊接)。人们普遍认识到,包括绝缘聚合物层的夹芯复合材料很难焊接,使其不适合这些应用。人们对于改善复合材料的焊接性进行了种种尝试,包括在聚合物层加入粉末形式的导电填料,从而提高聚合物层的导电性。为了补偿聚合物较差的导电性,认为必须加入含量相对较高的导电粉末。遗憾的是,加入导电粉末后,复合材料的机械性能和可拉性通常较差。

[0006] 此外,此类材料通常需要采用特殊设备来加工(如,成型、焊接、冲压、拉伸等)。此外,人们希望得到一种焊接性得到改进的材料,例如,其特征在于通常较高的焊接电流范围,与范围广泛的各种基材焊接(优选采用某些或所有相同的焊接参数)的能力,或以上两种特征兼具。

[0007] 人们继续需要一种克服上述一种或多种或甚至全部缺点的材料。例如,人们继续需要一种重量轻、刚性重量比提高、成本降低、焊接性能改进、机械性能良好、可拉性良好、能够采用现有的基础设施进行加工或具有以上任何特点组合的复合材料。

[0008] 为了焊接某些结构,例如复合材料的较厚部分、要求间隔较密的焊接的制品等,复合材料的焊接可能还存在其它困难。因此,还需要一种焊接复合材料较厚部分的新型焊接方法。

附图说明

[0009] 图 1 是根据本申请的教诲采用的示例性复合材料的横截面图;

[0010] 图 2A 是芯层采用的示例性金属纤维的显微照片;

[0011] 图 2B、2C、2D、2E、2F、2G、2H、2I 和 2J 具有至少一个直边的示例性纤维的横截面图(与纤维长度方向垂直的方向);

- [0012] 图 3 是包含金属纤维和聚合物的示例性芯层的显微照片；
- [0013] 图 4 是包含两个金属层、金属纤维和一聚合物的示例性重量轻的复合材料的显微照片；
- [0014] 图 5 是显示重量轻的复合材料焊接到合金化镀锌金属的焊点尺寸(单位 :mm)和焊接电流(单位 :kA)的关系图,焊接电流范围大约是 2.0kA 或更高；
- [0015] 图 6 是显示重量轻的复合材料焊接到未涂覆深冲优质钢的焊点尺寸(单位 :mm)和焊接电流(单位 :kA)的关系图,焊接电流范围大约是 2.0kA 或更高；
- [0016] 图 7 是显示重量轻的复合材料焊接到合金化镀锌金属的焊点尺寸(单位 :mm)和焊接电流(单位 :kA)的关系图,焊接电流范围大约是 1.5kA 或更高(例如大约 1.7kA)；
- [0017] 图 8 是显示重量轻的复合材料焊接到热浸镀锌涂层金属的焊点尺寸(单位 :mm)和焊接电流(单位 :kA)的关系图,焊接电流范围大约是 1.5kA 或更高；
- [0018] 图 9A 和图 9B 是焊接工艺中不同时间焊接过程的示例性焊接组套(weld stack)的横截面图的一部分；
- [0019] 图 10 是电阻焊的示例性装置。

发明内容

[0020] 意外的是,尽管复合材料中的聚合物的导电性通常较低,但是,本发明利用一个包括将基材材料与复合材料相接触的步骤,在焊点尺寸、焊接的较大工艺窗口方面或者在这两方面均得到了非常好的结果,其中所述复合材料包括一对被隔开的钢板及处于钢板之间的芯层;芯层的体积是复合材料总体积的大约 25 体积%(vol%)或更高;芯层包括布置在一束或多束纤维中的多根金属纤维(如钢纤维),所述纤维沿芯层厚度方向延伸,从而使所述芯层与钢板电接触;所述金属纤维与垂直于纤维长度方向的截面面积是大约 $1 \times 10^{-5} \text{mm}^2$ 至大约 $2.5 \times 10^{-2} \text{mm}^2$ 。

[0021] 相应地,在本发明的各个方面,提供了一种焊接工艺,包括采用特殊的方式配置夹芯复合材料,以使夹芯复合材料能够作为传统钢材,例汽车车身部件中使用的钢材的“替代材料”。所述工艺可在不需要技术和设备进行改变的情况下进行,因为这是复合材料的选择时预期需考虑的。

[0022] 在本发明的一个方面,采用一种包括多个焊接步骤的新型焊接工艺,出人意料地实现了复合材料与基材的焊接。虽然还有其它应用,但是,此类焊接工艺特别适用于焊接通常具有厚度较高(例如,厚度大约 1.5mm 或更大)的复合材料,以及形成分流焊(如在之前形成焊接非常近的地方进行焊接,如分隔距离大约 150mm 或更近的焊接,或者以上两种情况均存在的焊接)时尤其有用。

具体实施方式

[0023] 在对包含金属层和聚合物层(如包括热塑性聚合物的聚合物层)的复合材料进行电阻焊时,由于聚合物层和金属层之间、复合材料和其焊接的基材之间或三者电气性能的差异,会出现一些困难(如焊接强度低、焊接期间出现金属飞溅、焊接时出现很大的砰砰声、焊接火花等)。我们意外地发现,通过 i) 配置材料,提供包含一对被隔开的钢板及位于钢板之间的芯层的复合材料,其中所述芯层的体积是所述复合材料总体积的大约 25vol% 或

更高,所述芯层包括多根金属纤维,所述金属纤维与纤维长度方向垂直的截面面积是大约 $1 \times 10^{-5} \text{mm}^2$ 至大约 $2.5 \times 10^{-2} \text{mm}^2$; ii) 采用多级焊接工艺,包括采用第一或初始工艺条件的一级焊接,以及随后采用与第一工艺条件不同的第二工艺条件的二级焊接;或者采用 i) 和 ii) 两者,焊接复合材料时出现的某些问题或全部问题均得以减少或消除。

[0024] 令人惊奇的是,采用包括一对被隔开的钢板及在钢板之间的芯层的复合材料,其中芯层体积是复合材料总体积的大约的 25vol% 或更高,芯层包括几根金属纤维,以及金属纤维与纤维长度方向垂直的截面的面积是大约 $1 \times 10^{-5} \text{mm}^2$ 至大约 $2.5 \times 10^{-2} \text{mm}^2$ 时,将改善,例如焊接低碳钢通常所采用的焊接条件下的焊接性。焊接性改善可通过焊接电流范围(即焊接电流上限值(超过此电流时会发生喷溅)与焊接电流下限值(低于此电流焊点过小)之差)通常较高来表征。本发明的复合材料的体积电阻率通常较高,静态接触电阻通常较高(即 SCR)(例如,比表面粗糙度、表面处理相同且相同金属的整块钢材的 SCR 大),或者两者均较高。体积电阻率高与 / 或 SCR 高可能导致焊接电流范围出人意料地大。我们相信,其它增加 SCR 的方法,例如改变表面特征(如增大表面粗糙度)对焊接电流范围具有有限的影响,因为这种导致 SCR 增大的表面特征在焊接工艺的初期即被清除。与此相反,本发明复合材料的 SCR 较高可能与复合材料的堆积特点有关,包括芯层中金属纤维和金属板之间的接触,以及芯层中不同金属纤维之间的接触。不受理论限制,我们认为,本发明堆积特征造成的高 SCR 不是短暂的(例如,与表面特征造成的高 SCR 相比),并因而导致焊接电流范围出乎意料的大。此外,不受理论限制,我们认为,温和地增加复合材料的 SCR 通常会导致最大的焊接电流范围。我们还发现,当 SCR 太高时,在焊接工艺期间,焊接控制器无法使电流通过芯层。因此,SCR 应该足够低,以使复合材料能够采用焊接车身部件中通常使用的焊接控制器进行焊接。

[0025] 包括复合材料和基材的焊接组套的焊接可采用包括至少两个电极的电阻焊装置实施。电极可用于向焊接组套提供电流,向焊接组套提供力,或两者都提供。

[0026] 对于复合材料,例如,本发明中的复合材料来说,采用包括一级焊接和二级焊接的多级焊接工艺比较有利。焊接厚度通常较高(例如大约 1.5mm 或更高,大约 2.0mm 或更高,或大约 2.5mm 或更高)的复合材料,焊接分流焊(例如,一焊接与另一焊接相隔的距离是大约 200mm 或更低,大约 150mm 或更低,大约 100mm 或更低,或大约 50mm 或更低时),或者这两种情况均存在时,采用多级焊接工艺尤其有用。在一级焊接时,所述工艺可包括一使至少一些聚合物(例如待焊接区的聚合物)经历一级或二级相变的步骤,使其处于其玻璃化转变温度之上的液体状态。当聚合物处于其玻璃化转变温度之上的液体状态时,至少一些聚合物可从待焊接区域中清除(例如通过焊接电极施加的压力),剩下的复合材料(如剩下的聚合物层)的电气特性可能变化,或者以上两种情况均会出现。此外,在二级焊接期间,所述工艺可包括一个处理材料的步骤,以使金属层的至少一些金属熔化,和复合材料的金属层融合到第二基材(例如,第二复合材料的金属层,或单金属材料)。

[0027] 在本发明的各个方面,一级焊接的初始工艺条件及二级焊接的第二工艺条件可以是预先确定的,例如由待焊接材料的特性确定(如材料组成、材料厚度、材料上的任选涂料或以上因素的组合),或由一次或多次试验焊接预先确定。在本发明的其它方面,一级焊接的初始工艺条件可以如上文所述预先确定,而二级焊接的工艺条件可由包括以下一个步骤或以下步骤的任何组合的工艺确定:监测一个或多个预先选择的条件;将有关预先选择的

条件的信息与预先确定的要求值进行对比;或者根据信息,如根据比较步骤的信息,自动设定二级工艺条件(如改变一级工艺条件)。在本发明的其它方面,一级工艺条件可根据测量步骤或监测步骤确定。因此,焊接工艺包括一个测量或监测一个或多个预先确定条件的步骤;一个将有关预先选择条件的信息与预定值比较的步骤;和一个根据信息,如根据比较步骤的信息设定(如自动设定)一级工艺条件的步骤;以及一个设定(如自动设定)二级工艺条件的步骤。例如,焊接方法可包括一初始工艺条件,所述初始工艺条件包括一个或多个预先确定的条件(如焊接压力、焊接电流、焊接电压等)及一个或多个未预先确定的条件(如焊接时间或焊接周期数)。同样地,所述方法可包括一个监测一个或多个预先选择的条件、比较有关选择条件的信息以及根据比较步骤的信息自动设定焊接时间或焊接周期数的步骤。

[0028] 应该注意的是,监测预先选择的条件、将有关预先选择的条件的信息与预先确定的要求值进行比较的步骤,或者这两项内容的步骤,可在一级焊接工艺之前、一级焊接工艺期间、一级焊接之后或者以上的组合进行。

[0029] 一种复合材料的实例如图 1 所示,所述复合材料包括夹芯结构 12,所述夹芯结构 12 包括第一金属层 14、第二金属层 14' 和夹在第一金属层和第二金属层之间的聚合物层 16 (即聚合物芯层)。参考图 1,聚合物层 16 包括一含一种或多种聚合物 18 (如热塑性聚合物)的聚合物相 18 和一含一种或多种填料的填料相 20。聚合物层 16 和第一金属层 14 具有共同表面 22。图 1 中所示填料是以纤维表示,但是,可采用其它填料代替纤维,或除纤维之外还使用其它填料(如颗粒、预成型件(performs)或其它)。如图 1 所示,某些或全部填料(如纤维)具有这样的长度和方向,以使它们从聚合物层的一个表面延伸到聚合物层的相对表面,接触聚合物层两侧的夹金属(sandwiching metal)。纤维可以缠结,以使所得缠结纤维束穿过整个聚合物层。然而,应该注意的是,其它填料(如纤维)长度和方向也属于本发明的范围。例如,在聚合物层相对的两个表面之间延伸的填料(如纤维)的含量小于 50%、小于 30%、小于 20%、小于 10%、小于 5% 或小于 1%。

[0030] 此处所描述的工艺形成的焊接包括至少一种复合材料。包括焊接的材料(在焊接之前)被称为焊接组套。所述焊接组套可包括一与自身焊接的复合材料、与第二复合材料焊接的第一复合材料,第二复合材料与第一复合材料相同或不同,或者第一复合材料和基材不是具有聚合物层(如金属或金属合金)的复合材料。应该注意的是,焊接组套可进一步包括一种或多种其它可能包括复合材料、金属材料或两者均包括的基材。没有任何限制的是,焊接组套可包括以下材料、基本上由以下材料组成或由以下材料组成:i) 两种复合材料;ii) 一复合材料和一金属材料;iii) 一复合材料和两种或多种金属材料;或 iv) 两种或多种复合材料及一种或多种金属材料。如果焊接组套包括至少两种金属材料,所述两种金属材料可在焊接组套的外面(即复合材料夹在焊接区两种金属材料之间),或者复合材料可位于焊接组套的顶部或底部。

[0031] 所述复合材料及与其焊接在一起的基材的厚度可独立地是大约 0.1mm 或更高,优选是大约 0.2mm 或更高,更优选是大约 0.4mm 或更高,最优选是大约 0.6mm 或更高(如 0.7mm 或更高)。所述复合材料和其与焊接在一起的基材的厚度可独立地是大约 20mm 或更低,优选是大约 10mm 或更低,更优选是大约 5mm 或更低,甚至更优选是大约 2.1mm 或更低,甚至更优选是大约 1.8mm 或更低,最优选是大约 1.3mm 或更低。采用厚度更高和更低的复合材料和基材也属于本发明的范围。

[0032] 包括复合材料的焊接组套的总厚度(如复合材料和基材的总厚度)是大约 0.8mm 或更高,优选是大约 1.0mm 或更高,更优选是大约 1.2mm 或更高。焊接组套的总厚度(如复合材料和基材的总厚度)可以是大约 30mm 或更低,优选是大约 15mm 或更低,更优选是大约 8mm 或更低,甚至更优选是大约 4mm 或更低,及最优选是大约 3mm 或更低。采用总厚度更高或更低的焊接组套也属于本发明的范围。根据此处的教导,若焊接组套总厚度较大时,如总厚度是大约 2.0mm 或更高时,大约 2.4mm 或更高时,大约 2.8mm 或更高时,或者大约 3.2mm 或更高时,采用特殊的焊接工艺,例如采用多级焊接工艺是有利的。

[0033] 复合材料

[0034] 通常,此处的复合材料包括填充聚合物材料,所述填充聚合物材料包括分布韵物基质中的填料相。通常,此处的复合材料采用至少两层,其中一层是上文所述的填充聚合物层。更具体地说,此处所述材料是包括夹芯结构的复合材料,据此,其中在两层或多个其它层之间夹了一层填充聚合物层(如聚合物芯层)。所述复合材料还可以是层压材料(laminate),所述层压材料包括第一金属层,在第一金属层上连接一填充聚合物层,以使填充聚合物层有一暴露的外表面。具有金属层夹在两个聚合物层之间的复合材料也是本发明的考虑对象。

[0035] 不受理论限制,焊接工艺中采用的复合材料的实例包括填充聚合物材料(如填充聚合物层)和国际专利申请 PCT/US09/53676 (于 2009 年 8 月 13 日由 Mizrahi 申请)中描述的复合材料,以上专利的内容通过引用整体结合在本申请中。

[0036] 静态接触电阻

[0037] 本发明的复合材料的静态接触电阻(即 SCR)优选足够低,这样,焊接电流就能够通过复合材料(如使用传统焊接设备)。本发明的复合材料的 SCR 优选足够高,以加大焊接工艺窗口,以降低焊接所需的电流,或者达到这两种效果。尤其是,所述复合材料的 SCR 优选大于厚度相同、复合材料相同并且采用与复合材料金属板相同的金属制造的整体金属板的 SCR。

[0038] 测量静态接触电阻的试验方法

[0039] 可测量单一材料的 SCR、两种或多种材料组合的 SCR。SCR 及其测量在“The Effect of Electrical Resistance on Nugget Formation During Spot Welding, J. G. Kaiser, G. J. Dunn, and T. W. Eagar, Welding Research Supplement, June, 1982, pages 167-s to 174-s”中进行了描述,以上文献的内容通过引用整体结合在本申请中。应该注意的是,对于导电率高的整体材料来说,接触电阻可由表面特征控制,如表面粗糙度、表层(如表面氧化层或油层)等控制。除上述表面特征之外,复合材料的 SCR 可受聚合物层(即复合材料的芯层)的体积电阻率的影响。

[0040] 一种材料的 SCR 或两种材料组合中的 SCR 可通过将材料或材料组合放进两个表面直径大约 4.8mm 的 I 类 -RWNA 电极之间而进行测量。除非特别规定,SCR 可采用电极施加大约 2220Nt (大约 500lb)的力进行测量。在 SCR 测量期间,可从负荷施加到电极时开始测量电阻大约 45 秒钟。SCR 可通过材料或材料组合的电阻稳定后的 5 秒钟内平均电阻确定。电阻每秒变化小于 2%,电阻每秒变化小于 1%,或电阻每秒变化小于 0.5%,可确定 SCR 达到稳定。应该注意的是,测量厚度大于大约 1.2mm 的材料的 SCR 可采用高压。材料 SCR 可采用 25mm×25mm 的材料试样进行测定。

[0041] 复合材料的 SCR 比可通过测量复合材料的 SCR 并将其除以整块金属板的 SCR 确定,所述整块金属板的厚度与复合材料相同、采用与复合材料金属板相同的金属制造且表面特性(即表面粗糙度、表面处理等)相同。复合材料的 SCR 比是大约 1 或更高,优选是大约 1.2 或更高,更优选是大约 1.5 或更高,甚至更优选是大约 2 或更高,甚至更优选是大约 3 或更高,甚至更优选是大约 4 或更高,甚至更优选是大约 5 或更高,以及最优选是大约 10 或更高。复合材料的 SCR 比是大约 1000 或更低,优选是大约 300 或更低,更优选是大约 100 或更低,甚至更低选是大约 75 或更低,甚至更优选是大约 40 或更低,以及最优选是大约 30 或更低。不受理论的限制,我们认为,SCR 比大于 1 对实现稳健的焊接工艺窗口(如以较高焊接电流范围表征的焊接工艺窗口,如焊接电流范围是大约 1kA 或更高,是大约 1.5kA 或更高,是大约 2kA 或更高,或是大约 2.5kA 或更高)是有用的。

[0042] 应该注意的是,如果复合材料的 SCR 太高的话,则电流很难通过复合材料,从而不容易焊接。复合材料的 SCR 优选是大约 $0.0020\ \Omega$ 或更低,更优选是大约 $0.0017\ \Omega$ 或更低,甚至更优选是大约 $0.0015\ \Omega$ 或更低,甚至更优选是大约 $0.0012\ \Omega$ 或更低,及最优选是大约 $0.0008\ \Omega$ 或更低。

[0043] 复合材料的 SCR 和其待焊接的基材(如冷轧钢、镀锌钢、合金化镀锌钢或它们的组合)的 SCR 之比优选是大约 1 或更高,更优选是大约 1.2 或更高,甚至更优选是大约 1.5 或更高,甚至更优选是大约 2 或更高,甚至更优选是大约 3 或更高,甚至更优选是大约 4 或更高,甚至更优选是大约 5 或更高,及最优选是大约 10 或更高。复合材料的 SCR 和其待焊接的基材的 SCR 之比优选是大约 1000 或更低,更优选是大约 300 或更低,甚至更优选是大约 100 或更低,甚至更优选是大约 75 或更低,及最优选是大约 40 或更低。

[0044] 填充聚合物材料

[0045] 如上文所述,填充聚合物材料包括聚合物和填料。填充聚合物材料优选具有相对较低的密度(优选比金属材料的密度至少低 10%)。填充聚合物材料优选包括电阻率相对较低的聚合物、电阻率相对较低的填料或者二者,这样,聚合物材料的电阻率则相对较低。例如,填充聚合物材料可包括电阻率相对较高的聚合物和电阻率相对较低的填料,这样,当两者一起形成填充聚合物材料时,与聚合物的电阻率相比,混合物的电阻率相对较低。复合材料的电阻率(贯穿厚度的方向上)、填充聚合物材料的电阻率,或者它们两个的电阻率均是大约 $100,000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低。优选的是,复合材料的电阻率足够低,从而复合材料能够采用电阻焊技术焊接到整体钢板基材上,所述电阻焊技术采用与焊接厚度与复合材料和基材相同的两块整体钢板通常采用的焊接工艺程序相同的焊接工艺程序。例如,在贯穿厚度方向,填充聚合物材料、复合材料的电阻率或者它们两者的电阻率,优选是大约 $100\ \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低,是大约 $10\ \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低,是大约 $1\ \Omega \cdot \text{cm}$,是大约 $0.15\ \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低,是大约 $0.1\ \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低,或者是大约 $0.075\ \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低。

[0046] 填充聚合物材料的含量是复合材料总体积的大约 20vol% 或更高,优选是大约 25vol% 或更高,更优选是大约 30vol% 或更高,甚至更优选是大约 40vol% 或更高,及最优选是大约 50vol% 或更高。填充聚合物材料的含量是复合材料总体积的大约 95vol% 或更低,甚至更优选是大约 90vol% 或更低,甚至更优选是大约是 85vol% 或更低,及最优选是大约 75vol% 或更低。应该注意的是,填充聚合物材料和金属层均具有通常均匀的厚度,从而填充聚合物材料的体积 % (vol%) 和填充聚合物材料的厚度 % 是相同的。

[0047] 填充聚合物材料可能填充两个金属层之间的一些空间或全部空间(如两个金属面,如夹芯结构中)。例如,填充聚合物材料的含量至少是两个金属层(如两个金属面)之间的体积的大约 30vol%,优选至少是大约 50vol%,更优选至少是大约 70vol%,更优选至少是大约 90vol%,最优选至少是大约 95vol% (如果不是大约 100vol% 的话)。

[0048] 聚合物

[0049] 复合材料的聚合物材料可包括一热塑性聚合物、一弹性体聚合物或它们的任何组合。优选的聚合物包括一种或多种热塑性聚合物或大体上整个由一种或多种热塑性聚合物组成。聚合物可包括均聚物、共聚物(如嵌段共聚物、无规共聚物、接枝共聚物、交替共聚物或其它聚合物),或它们的任何组合。聚合物材料中可使用一种或多种热固性聚合物。

[0050] 使用的热塑性聚合物优选具有至少一个大于大约 25℃ 的固体至液体的相变(例如,一级相变,如熔融温度,二级相变,如玻璃化转变温度,或者两者均有),因而,热塑性聚合物在环境条件下时是固体与 / 或具有相对较高的粘度,并且加热时是液体与 / 或具有相对较低的粘度。例如,热塑性聚合物的熔融温度或玻璃化转变温度是大约 40℃ 或更高,是大约 60℃ 或更高,是大约 80℃ 或更高,是大约 100℃ 或更高。熔融温度(如熔融温度峰值)、玻璃化转变温度或两者均可按照 ASTM D3418-08 进行测定。

[0051] 不受任何限制,采用的聚合物包括聚烯烃、聚酰胺、聚酯、聚醚、聚苯乙烯、包含丙烯腈、丙烯酸或丙烯酸酯的聚合物、聚酰亚胺、聚碳酸酯、离聚物、包括一种或多种上述聚合物的共聚物,及包括一种或多种以上聚合物或共聚物的混合物。填充聚合物材料中可以采用的其它聚合物实例包括国际专利申请公开号为 W0/2010/021899 (2009 年 8 月 13 日申请)的 0052 至 0063 段和美国临时申请 61/387,174 (2010 年 9 月 28 日申请)的 0060 段至 0086 段所描述的聚合物。

[0052] 尤其优选的聚合物包括聚乙烯、聚乙烯共聚物(优选包括大约 70wt.% 或更多乙烯)、聚丙烯类、聚丙烯共聚物、聚酰胺和共聚酰胺。可以采用的聚乙烯和聚乙烯共聚物的实例包括低密度聚乙烯、线性低密度聚乙烯、中密度聚乙烯和聚乙烯塑性体。可以采用的聚丙烯类实例包括聚丙烯均聚物(如全同立构聚丙烯均聚物)、抗冲聚丙烯(如包含全同立构聚丙烯和橡胶相的聚丙烯)和无规聚丙烯共聚物。

[0053] 与离聚物混合的聚烯烃实例包括均聚物及含 50wt.% 或更高含量的具有 2 至大约 10 个碳原子的 α -烯烃的共聚物。与离聚物混合的优选的聚烯烃包括那些含大约 50wt.% 或 50wt.% 以上的乙烯、丙烯、丁烷或己烷的聚烯烃。与离聚物混合的更优选的聚烯烃包括那些含大约 50wt.% 或 50wt.% 以上的乙烯或丙烯的聚烯烃。聚烯烃中 α -烯烃的含量(如乙烯或丙烯的含量)是聚烯烃总重量的大约 60wt.% 或更高,更优选是大约 70wt.% 或更高,甚至更优选是大约 80wt.% 或更高,及最优选是大约 90wt.% 或更高。优选的聚烯烃包括基本上由一种或多种 α -烯烃组成的聚烯烃。例如,一种或多种 α -烯烃的含量是聚烯烃总重量的大约 90wt.% 或更高,是大约 95wt.% 或更高,是大约 98wt.% 或更高,是大约 99wt.% 或更高,或者是大约 99.9wt.% 或更高。不受任何限制,与离聚物混合的混合物中使用的聚烯烃可包括以下聚合物或基本上由以下聚合物组成:高密度聚乙烯(如密度是大约 0.945 至大约 0.990g/cm³)、低密度聚乙烯、线性低密度聚乙烯(如密度大约 0.915 至大约 0.930g/cm³ 的共聚物)、中密度聚乙烯(例如密度大约 0.930 至大约 0.945g/cm³ 的共聚物)、密度非常低的聚乙烯(如密度大约 0.900 至大约 0.915g/cm³)、聚乙烯塑性体(如密度是大约 0.860 至大

约 $0.900\text{g}/\text{cm}^3$, 优选大约 0.870 至大约 $0.895\text{g}/\text{cm}^3$ 的共聚物)、全同立构聚丙烯均聚物、结晶度大约是 $5\text{wt.}\%$ 或更高的全同立构聚丙烯共聚物、抗冲聚丙烯、包括一个或多个全同立构聚丙烯嵌段的聚丙烯嵌段共聚物、它们的混合物或它们的任何组合。适合与离聚物共混的其它聚烯烃的实例是包括以下单体或基本上由以下单体组成的共聚物: i) 大约 $60\text{wt.}\%$ 或 $60\text{wt.}\%$ 以上的 α -烯烃; 及 ii) 选自乙酸乙烯酯、丙烯酸甲酯、丙烯酸丁酯、丙烯酸、甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸及它们的任何组合所组成的组中的一种或多种单体。离聚物和聚烯烃的混合物可包括足够数量的离聚物, 从而使聚合物粘附到金属层、金属纤维或粘附到两者。离聚物与聚烯烃的重量比是大约 $1:99$ 或更高, 是大约 $3:97$ 或更高, 是大约 $5:95$ 或更高, 是大约 $10:90$ 或更高, 或是大约 $20:80$ 或更高。离聚物与聚烯烃的重量比是大约 $99:1$ 或更低, 是大约 $90:10$ 或更低, 是大约 $70:30$ 或更低, 是大约 $50:50$ 或更低, 或是大约 $40:60$ 或更低。

[0054] 在本发明尤其优选的一个方面, 填充聚合物材料包括一种或多种聚酰胺共聚物、一种或多种热塑性聚氨酯类、一种或多种热塑性聚酯共聚物、一种或多种离聚物, 或它们的任何组合。聚酰胺共聚物可以是上文所述的任一种聚酰胺共聚物。优选的聚酰胺共聚物包括聚酰胺-聚酰胺共聚物、聚酰胺酯共聚物、聚醚酯酰胺(polyetheresteramides)、聚碳酸酯-酰胺酯共聚物(polycarbonate-esteramide copolymers)或它们的任何组合。任何热塑性塑料可以是无规共聚物或嵌段共聚物。任何热塑性塑料可以是热塑性弹性体。举例而言, 填充聚合物材料可包括聚酯酰胺热塑性弹性体(polyester amide thermoplastic elastomer)、聚醚酯酰胺热塑性弹性体、聚碳酸酯-酰胺酯热塑性弹性体、聚醚-酯热塑性弹性体、酰胺嵌段共聚物热塑性弹性体、或它们的任何组合。填充聚合物材料可任选包括一种或多种不是共聚物的聚合物。例如, 填充聚合物材料可包括一种或多种聚酰胺均聚物。尤其优选的聚酰胺均聚物包括聚酰胺 6 和聚酰胺 6, 6。如果使用的話, 一种或多种聚酰胺均聚物的含量优选相对较低(如与一种或多种共聚物的浓度相比)。如果存在的话, 一种或多种聚酰胺均聚物的含量是填充聚合物材料中聚合物总重的大约 $50\text{wt.}\%$ 或更低, 更优选是大约 $40\text{wt.}\%$ 或更低, 甚至更优选是大约 $30\text{wt.}\%$ 或更低, 以及最优选是大约 $25\text{wt.}\%$ 或更低。

[0055] 可以使用的尤其优选的共聚酰胺是包含大约 $30\text{wt.}\%$ 至大约 $70\text{wt.}\%$ (如大约 $50\text{wt.}\%$) 聚酰胺 6 和大约 $30\text{wt.}\%$ 至大约 $70\text{wt.}\%$ (如大约 $50\text{wt.}\%$) 聚酰胺 6, 9 的共聚酰胺。此类共聚酰胺可由以下一种或多种特性表征: 按照 ISO 527-2 测定的弹性模量是大约 100MPa 至大约 600MPa (如大约 300MPa), 按照 ISO 11357 测定的熔点是大约 100°C 至大约 165°C (如大约 130°C), 按照 ISO 527-3 测定的断裂伸长率是大约 400% 至大约 2000% (例如大约 900%)。

[0056] 热塑性聚合物优选是相对较长链的聚合物, 这样, 它们的平均分子量大于大约 $20,000$, 优选大于大约 $60,000$, 最优选大于大约 $140,000$ 。它们可以是未增塑的、增塑的、弹性体改性的或不含弹性体。半结晶聚合物的结晶度大于大约 $10\text{wt.}\%$, 更优选大于大约 $20\text{wt.}\%$, 更优选大于大约 $35\text{wt.}\%$, 更优选大于大约 $45\text{wt.}\%$, 及最优选大于大约 $55\text{wt.}\%$ 。半结晶聚合物的结晶度小于大约 $90\text{wt.}\%$, 更优选小于大约 $85\text{wt.}\%$, 更优选小于大约 $80\text{wt.}\%$, 及最优选小于大约 $68\text{wt.}\%$ 。热塑性聚合物的结晶度可通过测量熔化热, 并将其与具体聚合物的本领域已知的熔化热进行对比, 采用差示扫描量热法(differential scanning calorimetry)而测定, 如 ASTM D3418 所述。

[0057] 填充聚合物材料的聚合物还可包含大约高达 10wt.% 的马来酸酐等极性分子接枝的接枝聚合物(如接枝聚烯烃,如全同立构聚丙烯均聚物或共聚物,或聚乙烯均聚物或共聚物)。接枝化合物的含量是接枝聚合物总重量的大约 0.01wt.% 或更高。尤其优选的是包含大约 0.1wt.% 至大约 3wt.% 马来酸酐的接枝聚合物。

[0058] 填料

[0059] 填充聚合物材料可包含一种或多种填料,并优选包含一种或多种导电填料。填充聚合物材料中可以使用任何数量的填料。填料的含量优选足够高,以使填充聚合物材料、复合材料,或者它们两者具有相对较低的电阻率(如与聚合物的电阻率比较)。填料的含量是填充聚合物材料总体积的大约 3vol% 或更高,优选是大约 5vol% 或更高,更优选是大约 8vol% 或更高,甚至更优选是大约 10vol% 或更高,及最优选是大约 12vol% 或更高。优选采用较低的填料含量,以使填充聚合物材料的密度相对较低(如与填料、金属板或它们两者的密度比较)。因此,填料的含量是填充聚合物组合物总体积的大约 50vol% 或更低,优选是大约 35vol% 或更低,更优选是 30vol% 或更低,甚至更优选是 25vol% 或更低,甚至更优选是 23vol% 或更低,及最优选是 21vol% 或更低。

[0060] 填料可以是任何形状。例如,填料可以是普通的球形、普通的纤维形状(如其中一个尺寸至少比其它两个尺寸大 5 倍的形状),或普通的平面形状(如其中两个尺寸比最小的尺寸至少大 5 倍的形状)。正如本专利中所使用的那样,填料纤维指的是具有普通纤维形状的填料,而填料颗粒指的是其它填料形状(如普通平面形状和普通球形)。

[0061] 不受任何限制,填充聚合物材料中使用的填料实例包括国际专利申请号为 PCT/US09/53676 (Mizrahi 于 2009 年 8 月 13 日申请)的文件中的 0064 段至 0081 段和美国临时申请号为 61/387,174 (2010 年 9 月 28 日申请)的文件中 0087 至 0114 段所述的填料。

[0062] 合适的填料实例包括金属纤维、金属颗粒、碳黑、石墨、磷化铁及它们的任何组合。优选的填料包括导电(如电阻大约是 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低)颗粒、导电纤维或它们两者或大体上(如至少占填料总体积的 80vol%、至少 90vol% 或者至少 95vol%)由导电颗粒、导电纤维或它们两者组成。更优选的是,填料包括金属颗粒、金属纤维或它们两者或大体上由金属颗粒、金属纤维或它们两者组成。最优选的是,填料包括金属纤维或大体上由金属纤维组成。

[0063] 金属纤维的熔融温度或液化温度应足够低,以在焊接步骤期间(如电阻点焊),在一个或两个金属层熔化之前,焊接电极(即焊嘴)之间区域中的一些或全部金属纤维至少部分熔化(如全部熔化)。填充聚合物材料的电阻率比金属层的电阻率高(如大约高 2 倍或更高,大约高 10 倍或更高,或大约高 100 倍或更高),这样,在金属层开始熔化之前,金属纤维即开始熔化。焊接工艺可采用一个足够冷却焊接电极的步骤,以使金属纤维在金属层开始熔化之前熔化。因此,金属纤维可包括熔化温度或液化温度比第一金属层、第二金属层或这两个金属层中的金属的熔化温度或液化温度低、相同或甚至高的金属,或基本上由或由熔化温度或液化温度比第一金属层、第二金属层或这两个金属层中的金属的熔化温度或液化温度低、相同或甚至高的金属组成。

[0064] 在本发明的一个实施例中,金属纤维优选具有一个或多个通常平坦的表面,如在纤维纵向通常平坦的表面。平坦的表面可沿纤维的某些长度或全部长度方向延伸。在纤维横向方向上(即与纤维长度方向垂直的方向)的金属纤维的横截面具有一个或多个直边。例如,金属纤维的横截面在横向方向上具有四个或更多个通常直的边,两个或多个平行边,或

者两者同时具备。不受任何限制,金属纤维的横截面通常是矩形、通常是平行四边形、通常是有四个边或更多个边的多边形或通常是正方形。其它侧面可只有一个平坦的表面,如半圆横截面。金属纤维的横截面在横向方向上以厚度(如最薄尺寸)和宽度(即与厚度垂直的方向)表征。纤维的宽度和厚度之比是大约 1 或更高,是大约 2 或更高,是大约 3 或更高,或者是大约 4 或更高。纤维的宽度和厚度之比优选是大约 60 或更低,更优选是大约 30 或更低(如大约 20 或更低,或大约 15 或更低)。

[0065] 出乎意料的是,复合材料和填充聚合物材料的电阻率比采用同一金属、体积相同并通常为圆柱形的金属纤维制造的材料高,其中,所述复合材料包括在纵向上具有至少一个通常平坦的表面(如在横向上具有矩形横截面侧面)的金属纤维。例如,包括通常具有一个平坦纵向表面的金属纤维含量的填充聚合物材料的电阻率与填充聚合物材料(除金属纤维被同样含量的通常为圆柱形的金属纤维代替外其它均相同)的电阻率之比大约是 1.1 或更高,大约是 1.5 或更高,或者大约是 2.0 或更高。因此,采用这种纤维可以改进焊接性、降低密度或者实现这两种效果。

[0066] 金属纤维的重量平均长度(the weight average length)优选是大约 200 微米或更高,更优选是 500 微米或更高,甚至更优选是 800 微米或更高,甚至更优选是 1.2mm 或更高,及最优选是 1.8mm 或更高。应该注意的是,金属纤维的重量平均长度可以是大约 10mm 或更高,或者甚至是一般连续的。对于要求点焊的应用来说,金属纤维的重量平均长度优选比点焊常用的焊接电极的直径小,这样,在焊接工艺期间,金属纤维更容易远离焊接区域。例如,金属纤维的重量平均长度是大约 20mm 或更低,是大约 10mm 或更低,是大约 7mm 或更低,是大约 5mm 或更低,是大约 4mm 或更低,或是大约 3mm 或更低。纤维的长径比(aspect ratio)可用纤维的长度除以 $((4A_T/TT)^{1/2})$ 进行估计,其中 A_T 是纤维在横向上的截面积。纤维的长径比是大约 5 或更高,是大约 10 或更高,是大约 20 或更高,或是大约 50 或更高。纤维的长径比可以是大约 10,000 或更低,是大约 1,000 或更低,或是大约 200 或更低。应该注意的是,根据此处的教导,可以采用长径比大于 10,000 的金属纤维。

[0067] 当在两个金属层之间的聚合物层中使用金属纤维时,金属纤维优选采用纤维束的形式。金属纤维束可以是互相连接的。金属纤维束可以是互相缠结的。纤维束可以形成机械式联锁(即两根或多根纤维是机械式联锁的)。金属纤维束优选跨越聚合物层的厚度,这样,纤维束(如金属纤维网络)与两个金属层电连接。纤维束可应用于利用金属纤维使电流在板间流动,并利用在纤维中流动的电流产生的电阻热加热聚合物层的焊接工艺中。该工艺采用感应加热、传导加热或采用这两种方法加热。单根金属纤维可跨越聚合物层的厚度。优选至少一些金属纤维不是独立地跨越聚合物层的厚度。如果金属纤维跨越聚合物层的厚度,则跨越聚合物层厚度的纤维的含量优选是大约 0.4 或更低,更优选是大约 0.20 或更低,甚至更优选是大约 0.10 或更低,甚至更优选是大约 0.04 或更低,及最优选是大约 0.01 或更低。纤维束中的纤维优选以无序的方式排列。例如,通常对齐排列的相邻金属纤维的最高数量低于大约 100,优选低于大约 50,更优选低于大约 20,甚至更优选低于大约 10,以及最优选低于大约 5。更优选的是,纤维束以通常种随意的方式排列。也可以采用有序排列,如编织线排列(如包括两根、三根或更多根纤维)、捻丝(twisted filament)排列、编织排列或网格(mesh)排列。

[0068] 优选的是,即使有任何金属纤维在金属纤维大部分长度接触金属层的话,也只有

很少的金属纤维是这样。例如,大部分金属纤维的大部分未与金属层接触。沿至少一半纤维长度接触金属层的金属纤维的分数优选是大约 0.3 或更低,更优选是大约 0.2 或更低,甚至更优选是大约 0.1 或更低,甚至更优选是大约 0.04 或更低,及最优选是大约 0.01 或更低。

[0069] 金属纤维在与纤维纵轴垂直的平面中具有一般长方形截面(即纤维具有通常呈带状)。此种纤维可用加权平均长度、加权平均宽度和加权平均厚度表征,其中宽度与厚度之比是大约 1 或更高(如大约 2 或更高,大约 3 或更高,或者是大约 4 或更高),长度与宽度之比是大约 5 或更高(如大约 7 或更高,大约 10 或更高,或者是大约 20 或更高)。如果采用的话,此类带状纤维的厚度(如加权平均厚度)优选是大约 $1\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,更优选是大约 $3\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,甚至更优选是大约 $6\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,甚至更优选是大约 $10\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,及最优选是大约 $20\text{ }\mu\text{m}$ 或更高。带状纤维的厚度(如加权平均厚度)优选是大约 $100\text{ }\mu\text{m}$ 或更低,优选是大约 $80\text{ }\mu\text{m}$ 或更低,更优选是大约 $70\text{ }\mu\text{m}$ 或更低,及最优选是大约 $60\text{ }\mu\text{m}$ 或更低。带状纤维的宽度(如加权平均宽度)优选是大约 $10\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,更优选是 $20\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,甚至更优选是 $30\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,甚至更优选是 $40\text{ }\mu\text{m}$ 或更高,及最优选是 $60\text{ }\mu\text{m}$ 或更高。带状纤维的宽度(如加权平均宽度)优选是大约 $400\text{ }\mu\text{m}$ 或更低,优选是大约 $200\text{ }\mu\text{m}$ 或更低,更优选是大约 $160\text{ }\mu\text{m}$ 或更低,及最优选是大约 $140\text{ }\mu\text{m}$ 或更低。带状纤维优选包括金属纤维,基本上由金属纤维组成,或由金属纤维组成,更优选包括钢纤维,基本上由钢纤维组成,或由钢纤维组成。例如,带状纤维可包括以下纤维、基本上由以下纤维组成或由以下纤维组成:碳钢纤维、不锈钢纤维、高强度钢纤维等。令人吃惊的是,与横截面积更小的普通圆柱形纤维相比,此类带状纤维在改进复合材料的导电性方面更为有效。因此,在复合材料中使用带状纤维可改善焊接性、降低密度或者实现这两种效果。纤维实例有通过将金属箔(如厚度与纤维厚度大致相同)切成窄带(如两次切割之间的距离是纤维的宽度)而制备。应该注意的是,根据此处教导,金属纤维可采用整体金属箔制造,或者采用有一个或多个金属层与 / 或涂层(如两个较大表面上有涂层)的金属箔制造。不受任何限制,金属纤维可包括提供阴极保护的金属或涂层。应该注意的是,也可以使用采用其它方式制备的带状纤维。

[0070] 与纵轴垂直的平面中的金属纤维的横截面积是大约 $1\times 10^6\text{mm}^2$ 或更高,更优选是大约 $1\times 10^5\text{mm}^2$ 或更高,甚至更优选是大约 $8\times 10^5\text{mm}^2$ 或更高,甚至更优选是大约 $1\times 10^4\text{mm}^2$ 或更高,及最优选是大约 $4\times 10^4\text{mm}^2$ 或更高。与纵轴垂直的平面中的金属纤维的横截面积优选是大约 $2.5\times 10^2\text{mm}^2$ 或更低,更优选是大约 $1\times 10^2\text{mm}^2$ 或更低,甚至更优选是大约 $2.5\times 10^3\text{mm}^2$ 或更低,及最优选是大约 $1\times 10^3\text{mm}^2$ 或更低。例如,令人吃惊的是,采用钢纤维(具有与纵轴垂直的平面中的横截面积大于大约 $8\times 10^5\text{mm}^2$)的复合材料与纤维横截面积相对更低的材料相比,其焊接工艺窗口得到改进。相对于更薄的纤维的复合材料,此类包含横截面积大于大约 $8\times 10^5\text{mm}^2$ 的纤维的复合材料具有更高的拉伸性和成形性。

[0071] 金属纤维在整个纤维长度方向、在整个宽度方向或在这两个方向的厚度大致是恒定的。纤维的平坦表面是光滑的(即通常没有纹理)或是有纹理的。例如,带状纤维的两个主要表面均是光滑的,两个主要表面均是有纹理的,或者一个主要表面是有纹理的,一个主要表面是光滑的。

[0072] 聚合物与纤维(如金属纤维)的体积比优选大于大约 2.2:1,更优选大于大约 2.5:1,及最优选大于大约 3:1。聚合物与纤维(如金属纤维)的体积比优选低于大约 99:1,更优选低于大约 33:1,甚至更优选低于大约 19:1,及最优选低于大约 9:1(如低于大约 7:1)。

[0073] 参考图 2A, 金属纤维 20' 在与长方向垂直的方向上有一横截面, 所述横截面包括一个、两个或多个通常直的边(如通常长方形的横截面)。金属纤维的长度可具有通常是直的区域, 通常是弧形的区域或者具有这两种区域。金属纤维可足够长、具有足够的曲率(如沿纤维的长度), 且含量足够, 或者具有以上特点的任何组合, 以形成缠结的纤维束。

[0074] 金属纤维中可使用的具有一个或多个直边的示范性横截面(与纤维长度方向垂直)如图 2B、2C、2D、2E、2F、2G、2H、2I 和 2J 所示。

[0075] 图 3 是包括金属纤维 20'' 和聚合物 18' 的部分芯层 16' 的示例性显微照片。如图 3 所示, 纤维可足够重叠, 以使电流可以传输通过芯层。例如, 芯层的电导率是足够的, 以使复合材料可以采用电阻焊进行焊接。

[0076] 图 4 展示了包括金属纤维 20' 的示例性复合材料的边缘, 其中金属纤维 20' 在与纤维长度垂直的方向上通常具有长方形的横截面。芯层包括夹在两个金属层 14'' 之间的金属纤维 20' 的缠绕束和聚合物 18'。

[0077] 优选选择金属纤维, 以使复合材料具有通常较大的焊接操作工艺窗口(如焊接电流范围大约 1kA 或更高)。例如, 可以选择金属纤维的含量、金属纤维的尺寸、金属纤维之间的接触数量、金属纤维的形状、金属纤维和金属层之间的接触数量或者选择以上的任何组合, 以使复合材料具有通常较大的焊接操作工艺窗口、通常较高的导电率、通常较高的 SCR 或这三个特点的任何组合。通常较大的焊接工艺窗口(即焊接工艺窗口)可以, 例如, 通过较高的焊接电流范围(在固定的焊接时间测量)表征、较高的焊接时间范围(在电流固定时测量)表征或通过以上两者表征。

[0078] 金属层

[0079] 如上所述, 复合材料包括一个、两个或多个金属层(如金属板)。例如, 复合材料可包括将聚合物层夹在中间的两个金属层(如两个表层)。金属层优选采用可焊接的(如能够采用电阻焊工艺进行焊接)金属或金属合金形成。例如, 金属层可包括下述金属材料的一种或其组合, 或由下述金属材料的一种或其组合组成。应该注意的是, 复合材料具有相对容易焊接的第一金属层和相对难以焊接的第二金属层(如第二金属层不能够焊接, 或与第一金属层的焊接相比, 第二金属层的焊接可能需要更长的焊接时间、更高的焊接电流、更高的焊接电压, 或以上任何的组合)。例如, 复合材料包括一个或多个具有涂层表面的金属层(如改善表面外观、耐久性、或粘附特性的涂层)。

[0080] 不受任何限制, 复合材料中使用的金属层的实例包括国际专利申请号 PCT/US09/53676 (由 Mizrahi 于 8 月 13 日申请) 文件中所所述的金属层和金属材料, 以及尤其是 0082 至 0084 段所述的那些金属层和金属材料。

[0081] 金属层的总厚度(例如两块金属板的总厚度)可以是足够薄, 以使复合材料的密度通常较低(例如, 相对于钢板的密度来说, 密度减少大约 5% 或更多, 大约 10% 或更多, 或者大约 15% 或更多)。例如, 金属层的厚度分数、体积分数或这两个分数可以是复合材料的总厚度的大约 75% 或更低, 大约 70% 或更低, 大约 65% 或更低, 大约 60% 或更低, 或者大约 55% 或更低。金属层的厚度分数、体积分数或这两个分数可以是大约 5% 或更高。金属层的总厚度是大约 0.1mm 或更高, 是大约 0.2mm 或更高, 或者是大约 0.3mm 或更高。金属层的总厚度是大约 1.5mm 或更低, 是大约 1.2mm 或更低, 是大约 1.0mm 或更低, 是大约 0.8mm 或更低, 或者是大约 0.6mm 或更低。

[0082] 金属材料

[0083] 如上所述,焊接方法(如焊接组套的基材可包括一种或多种金属材料。可以采用的金属材料包括金属、金属合金、金属 / 金属复合物等。一般说来,金属材料将含有低于大约 5wt. % (如低于大约 1wt. %) 聚合物材料,更典型的情况是,完全不含聚合物材料。金属材料优选是一种能够电阻焊的材料。可以用于复合材料金属层的任何金属可用于金属材料(如第二或其它工件的金属材料)。不受任何限制,可以使用的示例性金属材料包括金属和占金属层总重量(如待焊接区或待焊接区域)至少大约 50wt. % 的铁原子或至少 50wt. % 铝原子的金属合金。

[0084] 如果采用的话,金属材料与其待焊接的复合材料的金属层相同或不同。

[0085] 焊接电流范围的试验方法

[0086] 焊接工艺窗口的量度是电流范围(即焊接电流范围)。试验材料的焊接电流范围可通过焊接由试验材料板及厚度与试验材料板相同的对照整体钢板(如镀锌钢板)组成的组套进行测量。焊接可采用两个焊接电极进行。紧靠试验材料的焊接电极有一个面直径 d 。紧靠对照钢板的焊接电极的面直径等于或大于 d 。焊接时间和焊接压力固定且可以预先确定,如按照材料的标准焊接程序确定。焊点尺寸可通过分开两块板进行测量,并以焊点的平均直径表示。通过选择产生大于 $0.95d$ 的焊点的电流来开始测量。然后,逐渐降低焊接电流,直到焊点直径小于 d 。焊接电流的下限是能够产生合格焊接(即焊点尺寸至少 $0.95d$ 的焊接)的最低电流。然后,增加焊接电流,直到焊接不合格,焊接不合格的表现是出现金属飞溅、板与焊接电极粘连、很大的焊接砰砰声或其它或以上任何现象的组合。能够产生合格焊接的最高电流是焊接电流的上限。焊接电流范围是焊接电流上限和焊接电流下限之差。例如,采用厚度大约 0.8mm 的复合材料和厚度大约 0.8mm 的合金化镀锌钢板,测试焊接电流范围。复合材料上的焊接电极的直径是大约 3.8mm,而合金化镀锌钢板上的焊接电极的厚度是大约 4.8mm。施加大约 2713Nt (即 610 磅) 压力。测量焊接电流范围的焊接条件包括频率大约 1,000Hz 的中频直流焊接电流、大约 50 毫秒的电流渐增时间和大约 200 毫秒的焊接时间。材料宽度优选是大约 25mm,材料厚度优选是大约 25mm 或 75mm。

[0087] 当复合材料焊接到厚度与复合材料相同的整体钢板时,复合材料的焊接电流范围, I_c , 优选大于焊接厚度与复合材料相同的两块整体钢板的焊接电流范围 I_m 。 I_c 和 I_m 之比优选是大约 1.1 或更高,更优选是大约 1.2 或更高,更优选是大约 1.3 或更高,甚至更优选是大约 1.4 或更高,最优选是大约 1.5 或更高。复合材料的电流范围 I_c 优选是大约 1.5kA 或更高,更优选是大约 1.7kA 或更高,甚至更优选是大约 1.9kA 或更高,甚至更优选是大约 2.1kA 或更高,甚至更优选是大约 2.3kA 或更高,及最优选是大约 2.5kA 或更高。图 5 表明,复合材料具有令人吃惊的非常高的焊接电流范围。

[0088] 当将复合材料与一种或多种整体金属材料(如金属材料,如钢板)点焊时,工艺可采用与复合材料接触的第一焊接电极及与整体金属接触的第二焊接电极。第一焊接电极和第二焊接电极可以相同或不同。令人吃惊的是,即使当复合材料中金属量比整体金属材料中的金属量低 30% 或更多时,本发明的复合材料也可采用直径相同的第一焊接电极和第二焊接电极。对于尤其难的焊接来说,第一焊接电极和第二焊接电极不同是可取的。例如,当第一焊接电极的直径比第二焊接电极的直径小时,复合材料的两个金属层更容易焊接到整体金属材料。不受理论的限制,我们认为,使用直径更小的焊接电极接触复合材料,会使热量

分布更均衡,更有效地清除焊接区的聚合物,或者实现这两种效果。最优选的是,第一焊接电极的直径比第二焊接电极的直径更足够地小,从而使第一金属层和第二金属层均在点焊工艺期间焊接。第二焊接电极的直径和第一焊接电极的直径之比优选是大约 1.02 或更高,更优选是大约 1.06 或更高,甚至更优选是大约 1.12 或更高,及最优选是大约 1.2 或更高。第二焊接电极的直径和第一焊接电极的直径之比优选是大约 5 或更低,更优选是大约 3 或更低,及最优选是大约 2 或更低。

[0089] 本发明的复合材料优选能焊接到一种或多种整体金属材料上。例如,可以选择金属纤维的形状、尺寸、含量和类型,以使复合材料能够焊接(如点焊)到选自自由无涂层钢、热浸镀锌钢、合金化镀锌钢或以上任何钢组合所组成的组中的钢材上。在本发明尤其优选的实施例中,不需要改变焊接时间、焊接电极压力、焊接时间或焊接电极尺寸,对于两种或多种不同的整体金属材料(如两种或多种无涂层钢、热浸镀锌钢或合金化镀锌钢),对于两种或多种厚度不同(如一种材料的厚度与复合材料大致相同,而第二种材料的厚度大约是复合材料的 1.5 倍或更高)的整体金属材料或以上两种情况,复合材料的焊接电流范围通常较高(如前文所述)。因此,不需要改变条件,复合材料可令人吃惊地与厚度范围宽的范围广泛的各种材料焊接。虽然焊接条件需要做出一些改变,但是,焊接电流范围较大,使这些改变相对于其它材料来说已经大为减少。

[0090] 举例说明,图 6、图 7 和图 8 展示了本发明复合材料分别与无涂层钢、合金化镀锌钢和热浸镀锌钢焊接的焊接电流范围测定。图 6、图 7 和图 8 显示了焊点尺寸和焊接电流的关系。合格或良好的焊接是满足以下条件的焊接:i) 焊点尺寸大约大于焊接电极直径的 95%,ii) 不出现任何金属飞溅;或者满足以上两个条件。例如,当接触复合材料的焊接电极直径是大约 3.8mm 时,良好的焊接的焊点尺寸是大约 3.6mm 或更高。图 7、图 8 和图 9 展示了复合材料的焊接电流范围大约是 1.5 或更高(如 1.7 或更高)。图 6 表明,当复合材料与第一层钢材(如无涂层钢)焊接时,焊接电流在大约 6.4kA 至大约 9.2kA 可实现良好的焊接。图 7 表明,当复合材料与不同的钢材(如合金化镀锌钢)焊接时,焊接电流在大约 7.75kA 至大约 9.45kA 可实现良好的焊接。图 8 表明,当复合材料与另一种钢材(如热浸镀锌钢)焊接时,焊接电流在大约 7.35kA 至大约 9.35kA 可实现良好的焊接。首先,这三种材料的焊接电流范围均较高。其次,实现良好焊接的焊接电流重叠(即重叠的焊接电流范围)通常较高。例如,复合材料与这三种材料均能够实现良好焊接的焊接电流范围是大约 7.8kA 至大约 9.2kA,重叠的焊接电流范围是大约 1.4kA 或更高。

[0091] 焊接工艺

[0092] 用于连接复合材料的工艺包括改造传统的焊接工艺,如电阻焊(如点焊、缝焊、闪光焊、凸焊或电阻对接焊)、能束焊接(如激光束、电子束或激光复合焊接)、气焊(如采用氧乙炔等为气体的氧燃气焊)、电弧焊(如气体保护金属极弧焊、熔化极惰性气体电弧焊(metal inert gas welding)或掩护金属电弧焊(shielded metal arc welding))。优选的连接技术包括高速焊接技术,如电阻点焊和激光焊。

[0093] 图 9A 和图 9B 是展示两个焊接电极 42、42' 之间焊接基材 30 组套横截面的一部分。图 9A 示出了焊接时间比图 9B 所示横截面早的横截面。参考图 9A,焊接工艺可能包括一个对两个焊接电极 42、42' 施压的步骤,以使复合材料 12 和第二基材 40 受压。焊接电极 42、42' 的压力可形成与第二基材的接触区 46 及与复合材料接触的接触区 46'。应该

注意的是,复合材料 12 可夹在第二基材 40 和第三基材(未画出)之间,从而接触区 46' 由焊接电极和第三基材的接触定义。位于接触区 46、46' 之间的待焊接材料的体积 48 定义了一个待焊接区(即目标焊接区) 44。应该注意的是,实际焊接区的体积可大于或小于目标焊接区 44,如果材料(如聚合物、填料、金属材料或以上的任何组合)被迫远离目标区(如因焊接电极施加的力而被迫远离)的话,焊接区的高度可以降低。如图 9A 所示,基材可以发生变形(如塑性变形),尤其是在接触区 46、46' 附近。现在转向图 9B,在焊接工艺期间,基材的温度(如目标焊接区内或附近)会升高,从而一些或全部聚合物将经历相变(如半结晶聚合物的一级固液相变(即熔化),或玻璃态聚合物的二级软化相变)。在熔化或软化时,聚合物在焊接电极压力下可以流动。为此,一些或全部聚合物材料(如一些或全部热塑性聚合物,一些或全部填料或它们两者)可从目标焊接区 44 流到远离目标焊接区的区域 48 中。当材料流到目标焊接区 44 之外或者被迫离开目标焊接区 44 时,焊接电极 42、42' 之间的距离会缩短。因此,焊接电极之间距离的变化可作为聚合物经历相变的指标。应该注意的是,焊接工艺可包括一种或多种冷却焊接电极的措施(例如,使一种液体,如冷却剂流体,流进焊接电极的进口内)。

[0094] 焊接工艺可采用能够向待焊接基材组套提供电流的电阻焊装置。参考图 10,焊接装置有两个或多个焊接电极 42、42', 一向焊接电极施压 60 的措施(如,使焊接电极之间的部分基材 30 组套受压),一用于使传热流体循环通过一个或多个焊接电极(如用于撤走焊接电极的热)的泵装置 62,一电源 64 (如在焊接电极之间施加电势,以使电流流过焊接电极之间的基材),一个或多个控制器 66 (如焊接控制器),其用于控制焊接电极功率、流过焊接电极的电流、焊接时间、焊接电极的冷却、焊接电极施加到基材上的压力或控制以上任一项目的组合。焊接工艺可另外使用一台监测装置,用于监测或者另外用于测量一个或多个预先选定的条件,如下文所述。监测装置可以是控制器的一部分或独立于控制器。不受任何限制,监测装置可包括一个位置传感器 68,用于监测一个或多个焊接电极的移动(如,这样的话,可以监测焊接电极之间距离的变化情况)。待焊接的基材组套可以手动放进焊接装置内、自动放进焊接装置内(如使用机器人、输送线等),包括焊接电极的焊接装置的一部分可移到待焊接的基材组套(如焊接设备可以移动,如焊接设备的一部分与机器臂连接)或以上的任何组合。

[0095] 焊机可包括一种使流体流动或循环通过一个或多个焊接电极的措施。例如,焊机可包括流动或循环通过一个或多个焊接电极的水、冷却剂或其它流体。所述流体(如流到焊接电极内)相对比较冷(如与在焊接工艺期间被加热的焊接组套相比),这样,在一级焊接期间、二级焊接期间或在这两级焊接期间,可以带走焊接电极的热量。流体可带走足够的热量,以使焊接电极不粘附焊接组套中的材料。流体的流速、流体的温度或这两者都可通过一个或多个控制器控制。在本发明优选的一个方面,流体的温度低于聚合物的转变温度。例如,流体的温度低于聚合物的熔融温度、低于聚合物的玻璃化转变温度或低于这两个温度。流体的温度可低于大约 200℃,优选低于大约 130℃,更优选低于大约 60℃,甚至更优选低于大约 30℃,及最优选低于大约 20℃。

[0096] 一般而言,焊接工艺包括一个将两个或多个待焊接到一起的基材(即待焊接到一起的材料组套)放进焊接装置内(如,移动材料组套到焊接装置,移动焊接装置到材料,或两者均移动)的步骤,一个或多个基材是第一复合材料,包括至少第一金属层和包含聚合物及

一种或多种导电填料的聚合物层。多级焊接工艺包括一个在第一工艺条件下的一级焊接中焊接至少部分基材在一起的步骤,以使至少部分聚合物经历至少一种相变。多级焊接工艺可包括一个在至少一种相变之后将一级工艺条件转换为(如自动改变)不同工艺条件的步骤;及在二级焊接中使用不同的工艺条件进一步焊接材料,这样,形成了包括至少部分第一复合材料的焊缝(weld joint)。应该注意的是,自动改变第一工艺条件的步骤可采用开环控制操作、闭环控制操作或两者均可。

[0097] 优选的是,一级焊接的工艺条件、二级焊接的工艺条件或者这两级焊接的工艺条件均是预先选择的条件。然而,一级焊接的工艺条件、二级焊接的工艺条件或这两级焊接的工艺条件均可通过监测或测量一个或多个预选的条件,并将有关预选条件的信息与预选条件的预定要求值进行比较而确定。例如,工艺包括一个在一级焊接之前测量或监测一个或多个预选条件(如表明焊接时间或焊接能的条件,在此焊接能,至少部分聚合物可能经历相变)的步骤。可以测量或监测的预选条件的实例包括第一复合材料的电气特性、聚合物层的电气特性、包括两个或多个待焊接到一起的焊接组套的电气特性、焊接组套的厚度、焊接电极的直径或以上条件的组合。

[0098] 相对于远离焊接区的聚合物层的厚度(如焊接工艺前的聚合物层的厚度)而言,焊接工艺可造成复合材料聚合物层厚度降低(例如,至少大约 30%,优选至少大约 70%)的焊接区。焊接工艺可导致焊接区中聚合物含量(或聚合物的体积)降低的焊接区,甚至大体上消除的焊接区。例如,焊接区中聚合物的含量或聚合物的体积可减少至少大约 50%,优选减少至少大约 70%,更优选减少至少大约 95%。

[0099] 一级焊接

[0100] 焊接工艺一般包括一级焊接,在一级焊接中,聚合物(如在目标焊接区)部分或全部熔化或软化。一级焊接采用第一工艺条件。可以选择第一工艺条件,以向目标焊接区提供足够的热量,促使聚合物发生相变。第一工艺条件可包括焊接时间(如焊接周期数)、焊接压力、焊接电流、焊接电压、焊接功率、焊接能量或以上项目的任何组合。

[0101] 应该注意的是,在一级焊接期间,当电流流过焊接组套时,焊接组套的电阻将产生热量。复合材料的聚合物层的电阻一般比焊接组套其它部分的电阻高得多。这样,焊接组套产生的大多数热量是在焊接组套中的聚合物层或层中产生的。热量产生的瞬时速率可用公式 2 估计:

$$[0102] \quad dH/dt = P = I(t)^2 R_{PL} \quad (\text{公式 2})$$

[0103] 式中 $I(t)$ 是瞬时电流, R_{PL} 是聚合物层的电阻。电流可具有周期性(如交流电),可在焊接周期之间变化或兼具这两种特点。聚合物层的电阻还可随时间而变化。例如,聚合物材料的电阻可变化(如随着聚合物层温度的增加而变化)、目标焊接区中的聚合物层的厚度可变化、目标焊接区中聚合物层的聚合物的含量可变化,目标焊接区中填料的含量可变化,或以上各项组合的变化。

[0104] 在一级焊接期间提供的能量可综合公式 2 和第一焊接周期(the first weld cycle)的焊接时间进行估计。这种能量的一部分可用于加热聚合物层,熔化或软化聚合物层或实现这两种效果。必须认识到的是,一些热量也将损耗(如通过传热)。聚合物层的热导率相对较低(如低于金属层的热导率),因此,热量损耗率相对较低。优选的是,第一工艺条件提供足够热量将聚合物的温度升高到其相变温度,并导致至少部分(如全部)聚合物(如

目标焊接区中的聚合物)熔化或软化(如甚至当考虑热量损耗的可能性时)。优选的是,第一工艺条件提供的热量不够,无法熔化目标焊接区中复合材料的部分或全部金属层。

[0105] 应该注意的是,第一复合材料的聚合物层的聚合物可由相变温度(如第一熔融峰值温度或第一玻璃化转变温度)表征,以及第一复合材料的金属层可由第二熔融峰值温度表征。优选的是,第一转变温度低于第二熔融峰值温度。第一转变温度可低于大约 350℃,优选低于大约 300℃,及更优选低于大约 250℃。第二转变温度可大于大约 375℃,优选大于大约 400℃,及更优选大于大约 450℃。

[0106] 并不受限制,一级焊接的焊接时间是至少 1 个周期(即 1/60 秒),优选至少 2 个周期(即 2/60 秒),更优选至少 3 个周期(即 3/60 秒),甚至更优选至少 4 个周期(即 4/60 秒),及最优选至少 5 个周期(即 5/60 秒)。一级焊接的焊接时间是小于大约 30 个周期,优选小于大约 25 个焊接周期,更优选小于大约 20 个焊接周期,及最优选小于大约 15 个焊接周期。如果需要熔化或软化聚合物,也可以采用更长的焊接时间。

[0107] 一级焊接的焊接电流可小于大约 20kA,优选小于大约 10kA,更优选小于大约 3kA,甚至更优选小于大约 1kA,甚至更优选小于大约 0.5kA,甚至更优选小于大约 0.2kA,及最优选小于大约 0.1kA。

[0108] 在一级焊接期间,一级焊接的焊接电流可以变化。例如,一级焊接可使用渐增的焊接电流,从初始电流(可以是 0 或更高)开始,然后增加电流(例如,直到达到最终电流)。电流的增加可以是递增的(如逐步增加)、连续的或两者均可。

[0109] 焊接电流与焊接电极和焊接组套之间的接触面积(A_c)之比(即 I/A_c)相对较低。例如, I/A_c 可以是小于大约 50kA/cm²,优选小于大约 10kA/cm²,更优选小于大约 2kA/cm²,甚至更优选小于大约 0.5kA/cm²,甚至更优选小于大约 0.1kA/cm²,及最优选小于大约 0.02kA/cm²。

[0110] 一级焊接的电压优选足够至少部分地熔化或软化聚合物。一级焊接的电压可包括大于大约 0.1 伏,优选大于大约 1 伏的电压。

[0111] 一级焊接期间,功率密度优选足够至少部分地熔化或软化聚合物,例如,目标焊接区的产热率(例如,一对电极之间)优选是至少大约 1W/cm²,更优选是至少大约 5W/cm²,甚至更优选是至少大约 15W/cm²,及最优选是至少大约 30W/cm²。

[0112] 焊接工艺可包括一个监测一级焊接中指示至少部分聚合物经历相变的一个或多个预选条件的步骤。例如,焊接工艺可监测一个条件,如焊接电极压力、焊接电流、焊接时间、电压、能量、功率;第一复合材料的电气特性;包括待焊接到一起的两个或多个基材的焊接组套的电气特性;基材、复合材料层、焊接电极或它们的任何组合的位置变化;焊接电极、材料、传热流体或它们的任何组合的温度;或以上任何组合。

[0113] 焊接电极可在包括第一复合材料的焊接组套上施加压缩力和压力。在一级焊接、二级焊接及其它任选级焊接中施加的力与/或压力,足够在第一复合材料和焊接组套中另一种材料之间建立接触。焊接力与/或压力可足够低,以使复合材料的金属层不会撕裂或破裂。焊接力可大于大约 100Nt,优选大于大约 300Nt,及更优选大于大约 1000Nt。焊接力可小于大约 100,000Nt,优选小于大约 30,000Nt,及更优选小于大约 10,000Nt。不受理论限制,我们认为,焊接电极施加在焊接组套上的压缩力和压力降低了焊接电极之间区域中焊接组套的电阻,这样,大量焊接电流(如至少大约 5%,至少大约 10%,至少大约 15%,至少大约

20%,至少大约 25%,至少大约 30%,或至少大约 35%)通过焊接电极之间的部分焊接组套。

[0114] 二级焊接

[0115] 二级焊接优选采用与一级焊接中采用的第一工艺条件不同的工艺条件。二级焊接可用于熔化复合材料中某些或全部金属层,熔化焊接组套中的任何金属材料,或者熔化以上两者。

[0116] 如上文所述,工艺包括一个转换第一工艺条件至第二工艺条件(如二级焊接中所使用的工艺条件)的步骤。并不受限制,转换第一工艺条件的步骤可包括改变电流(如增加电流)、改变功率、改变电压(如降低电压)、改变能量、改变焊接压力、改变焊接时间或改变以上任何项目组合。

[0117] 二级焊接可采用部分或优选全部熔化复合材料金属层的工艺条件(如焊接时间、焊接压力、焊接热、焊接电流,或任何组合)。并不受限制,二级焊接中可以使用本领域中人们熟悉的连接基材中的金属材料的任何焊接条件。此类焊接条件一般取决于基材、待焊接金属或金属合金的厚度,基材上的任何涂层和要求的饰面等级(class of finish)(如 A 类表面)等。应该注意的是,本领域已知的焊接条件可以增加高达 100%,或者降低高达 60%。

[0118] 不受限制,二级焊接采用的焊接电流可大于大约 0.5kA,优选大于大约 3kA,更优选大于大约 4kA 和最优选大于大约 5kA。二级焊接的 I/A_c 可以是大于大约 $5\text{kA}/\text{cm}^2$,优选大于大约 $10\text{kA}/\text{cm}^2$,更优选大于大约 $20\text{kA}/\text{cm}^2$,甚至更优选大于大约 $30\text{kA}/\text{cm}^2$,甚至更优选大于大约 $45\text{kA}/\text{cm}^2$,及最优选大于大约 $60\text{kA}/\text{cm}^2$ 。

[0119] 不受限制,二级焊接的焊接时间至少是 1 个周期(即 1/60 秒),优选至少 2 个周期(即 2/60 秒),更优选至少 3 个周期(即 3/60 秒),甚至更优选至少 4 个周期(即 4/60 秒),及最优选至少 5 个周期(即 5/60 秒)。二级焊接的焊接时间是小于大约 30 个周期,优选小于大约 25 个焊接周期,更优选小于大约 20 个焊接周期,及最优选小于大约 15 个焊接周期。如果需要的话(如熔化金属材料、金属层或者两者),也可以采用更长的焊接时间。

[0120] 优选的是,二级焊接是一个输送电流流过焊接组套的阶段。因此,二级焊接优选不包括完整的保压周期(hold cycles)(即在整个阶段施加压力而不通电流)。二级焊接的焊接时间可以比一级焊接的焊接时间更长、更短或相同。

[0121] 开环和闭环控制操作

[0122] 焊接工艺可包括开环控制操作、闭环控制操作或这两种操作。例如,焊接工艺可包括一种环路控制操作,它包括监测一个或多个焊接阶段(如一级焊接)的一个或多个预选条件(如可以指示至少部分聚合物已经经历相变的条件)的步骤,将有关预选条件的信息与预选条件的预定要求值进行比较的步骤;根据比较步骤得到的信息,自动将第一工艺条件改为不同的工艺条件的步骤;根据比较步骤得到的信息,自动更改一级焊接焊接时间的步骤,或者以上步骤的组合。

[0123] 可以采用的开环控制操作和闭环控制操作的实例包括美国临时专利申请号 61/290,384 (于 2010 年 12 月 28 日申请)文件的 0065 至 0075 段所述。

[0124] 也可采用没有开环控制操作和闭环控制操作的工艺。这种工艺尤其适合非分流焊接。这种工艺包括测量预选条件的一个或多个初始读数。例如,该工艺包括一个测量电流、电压或电阻初始读数的步骤。优选在一级焊接开始之前读取一个或多个初始读数。该工艺包括一根据一个或多个初始读数选择一级焊接一个或多个焊接条件的步骤。例如,可以采

用初始读数来确定一级焊接的焊接时间(如焊接周期数)、一级焊接的电压、一级焊接的功率、一级焊接的电流或它们的任何组合。

[0125] 焊接工艺可用于制备包括复合材料和第二基材的焊接结构或焊缝(如包括两种复合材料的焊缝),或者包括复合材料和两种或多种其它基材的焊接结构或焊缝。令人吃惊的是,我们能够实现包括熔融接头的微观结构,所述熔融接头包括复合材料的第一金属层和第二金属层及基材材料,其中填充聚合物材料的一些或全部热塑性聚合物已经从焊缝清除。因此,焊缝可包括复合材料的部分第一金属层和第二金属层。图 11 是焊缝微观结构的实例。

[0126] 其它特点

[0127] 对于多级焊接来说,应该注意的是,在一级焊接之前,焊接工艺可包括一个或多个其它焊接步骤,在一级焊接和二级焊接之间,可包括一个或多个其它焊接步骤,在二级焊接之后,可包括一个或多个其它焊接步骤,或者是以上情况的任何组合。其它焊接步骤,如果采用的话,可以是至少 3 个焊接周期(即至少 3/60 秒)或小于 3 个焊接周期。例如,一级焊接和二级焊接之间可能间隔(lapse)至少 3 个焊接周期。优选的是,一级焊接和二级焊接之间间隔(lapse)不到 3 个焊接周期。一个或多个其它焊接步骤包括一级焊接和二级焊接之间的过渡焊接步骤。

[0128] 过渡焊接步骤,如果采用的话,可包括开环或闭环控制。在过渡焊接步骤(如使用控制器),电流可能增加或降低一次或多次,电压可能增加或降低一次或多次,功率可能增加或降低一次或多次,电极力(the electrode force)可能增加或降低一次或多次,或以上它们的任何组合。在过渡焊接步骤,电流、电压、功率或电极力的一个或任意组合可逐步变化(如使用控制器)。在过渡焊接步骤,电流、电压、功率或电极力的一个或任意组合可针对一个或多个预选的过渡步骤条件的测定值做出响应而变化(如使用控制器)。在过渡焊接步骤,可以采用控制器,确保电流、电压、功率、电极力或它们的任何组合恒定或预定变化。可以采用过渡焊接步骤,从至少一些聚合物已经加热到其熔融温度与 / 或玻璃化转变温度之上的步骤,过渡到聚合物已经被驱使离开焊接电极之间的区域的步骤。在此过渡焊接步骤期间,焊接电极之间的复合材料的电阻可变化很大。例如,在过渡焊接步骤的一个、二个或更多个,或甚至整个焊接周期中,焊接电极之间的复合材料的电阻可能降低至少 50%,优选至少降低 90%。由于过渡焊接步骤中电阻率与 / 或电阻降低,可以采用焊接控制器或其它处理器,将一个或多个预选的过渡步骤条件与预选的值进行比较。控制器可自动改变一个或多个剩余焊接周期的条件,自动过渡到另一个焊接步骤,或者以上两种都可。

[0129] 在焊接前、期间或焊接后,在焊接组套中可成型一种或多种材料。例如,焊接组套可包括一种已经成型的复合材料。因此,复合材料是可以成型的。例如,本发明中使用的复合材料可经历适当的成型工艺,如一种使材料塑性变形(plastically deform)的工艺,可包括一个冲压、成形轧制、弯曲、锻造、冲孔、拉伸、卷绕、某些其它金属加工,或它们的任何组合。优选的成型工艺是包括一个冲压复合材料的步骤的工艺。冲压工艺可在室温或接近室温条件下进行。例如,冲压期间复合材料的温度低于大约 65℃,优选低于大约 45℃,及更优选低于大约 38℃。应该注意的是,成型复合材料也可以采用温度大于大约 65℃的工艺条件。成型工艺涉及拉伸复合材料区域至不同的拉伸比。在本发明的一个方面,复合材料经历一个拉伸步骤,拉伸到相对较高的拉伸比,而不出现断裂、起皱或弯折。例如,它经历

一个拉伸步骤,至少部分复合材料拉伸到拉伸比大于 1.2。合意的是,复合材料能够拉伸,且被拉伸到大于大约 1.5,优选大于大约 1.7,更优选大于大约 2.1,及最优选大于大约 2.5 的最大拉伸比。采用 Weiss 等 (M. Weiss, M. E. Dingle, B. F. Rolfe, and P. D. Hodgson, "The Influence of Temperature on the Forming Behavior of Metal/Polymer Laminates in Sheet Metal Forming", Journal of Engineering Materials and Technology, October 2007, Volume 129, Issue 4, pp. 534-535) 描述的圆杯拉伸试验(circular cup drawing test)确定拉伸比的开裂限值。该文献通过引用而结合在本发明中。成型工艺包括一个对与复合材料接触的模具施压的步骤(如模具按照 Mohrs 硬度计测定的硬度大于复合材料的金属颗粒或纤维的硬度)。

[0130] 尤其优选的冲压或拉伸工艺是一种在大于大约 1 冲程(即 1 份)/分钟,优选大于大约 5 冲程/分钟,甚至更优选大于大约 25 冲程/分钟,及最优选大于大约 60 冲程/分钟条件下操作的工艺。冲压工艺可包括一个保持坯件周围(即待冲压复合材料周边)的压边力。优选的是,压边力大于大约 0.03kg/mm^2 ,更优选大于大约 0.10kg/mm^2 ,及最优选大于大约 0.18kg/mm^2 。冲压工艺包括一个、两个或多个拉伸步骤。优选的是,冲压工艺的第一次拉伸的最大拉伸(根据厚度减少最大 % 值测量)是小于大约 60%,更优选是小于大约 50%,及最优选是小于大约 45%。除拉伸材料之外,冲压工艺可包括一个或多个部件冲孔、部件修剪、部件折边或它们的任何组合的步骤,它们可以是独立的步骤或组合步骤(如与拉伸步骤一起)。

[0131] 实施例

[0132] 实施例 1

[0133] 实施例 1 是包括含大约 15vol% 不锈钢纤维和大约 85vol% 聚酰胺共聚物的聚合物层的复合材料。所述纤维通常是圆柱形,其截面积小于大约 $9 \times 10^{-6}\text{mm}^2$ 。聚酰胺共聚物的熔融温度是大约 130°C 。聚酰胺共聚物是纯树脂,因此不含增塑剂或沸点大约低于 300°C 的其它添加剂。聚合物层的厚度是大约 0.4mm,并夹在两个金属层之间。金属层由低碳钢制造,每层厚度是大约 0.2mm。第一金属层涂覆美国匹兹堡 PPG Industries 公司提供的 BONA-ZINC[®]防腐抗破碎(chip)涂料,第二金属层不含涂料。在准备复合之前,对金属层表面进行了清理和干燥。

[0134] 实施例 2

[0135] 实施例 2 是将实施例 1 中的复合材料焊接到厚度大约 0.6mm 的冷轧钢板上。排列这两个待焊接的基材,使复合材料中不带涂层的金属层与冷轧钢板接触。采用一组焊接条件,包括焊接压力大约是 4MPa、焊接电极直径是大约 6mm、焊接电流是大约 5kA 和焊接时间是大约 5 个周期。电阻率太高,材料无法焊接到一起。

[0136] 实施例 3

[0137] 除采用二级焊接工艺之外,实施例 3 采用的方法与实施例 2 相同。一级焊接包括焊接压力大约 10MPa、焊接电极直径大约 6mm、焊接电流低于大约 0.5kA。在一级焊接期间,采用开环或闭环控制操作,对焊接电极的位移进行监测,并与大约 0.2mm 的预定目标值进行比较(即与焊接操作开始时的分隔距离相比,焊接电极之间的分隔距离减少 0.2mm)。在采用一级焊接工艺条件大约 8 个焊接周期后,确定位移超过目标值。工艺条件自动转换到第二焊接工艺条件,包括焊接电流增加到大约 5kA,焊接压力下降到大约 4MPa,及焊接时间设

定到大约 4 个周期。实现了很好的焊接。

[0138] 实施例 4

[0139] 实施例 4 是焊接两个厚度均为 0.8mm 的冷轧钢基材。在此实施例中未使用任何复合材料。采用实施例 2 的焊接工艺条件。实现了很好的焊接。

[0140] 实施例 5

[0141] 将大约 15vol% 低碳钢纤维(圆柱形,其在纤维长度方向垂直的平面的平均横截面积大约是 $8 \times 10^{-4} \text{mm}^2$ 或更低,长度是大约 1 至大约 10mm)与大约 85vol% 共聚酰胺(大约 50wt.% 聚酰胺 6 和大约 50wt.% 聚酰胺 6,9)(共聚物表征:按照 ISO 527-2 测定的弹性模量是大约 300MPa,按照 ISO 11357 测定的熔点是大约 130℃,按照 ISO 527-3 测定的断裂伸长率是大约 900%)混合制备一种填充热塑性材料。填充热塑性材料在温度大约 190℃至大约 250℃时混合。然后,将填充热塑性材料放在两块低碳钢钢板之间,每块钢板的厚度是大约 0.2mm。然后,在温度大约 200℃至大约 230℃、压力大约 1 至大约 22MPa 条件下对上述材料进行压制。所得复合材料含有厚度大约是 0.4mm 的填充热塑性材料芯层。将复合材料在高速冲压操作条件下进行冲压,拉伸比大于大约 3,未观察到任何裂纹或其它表面缺陷。在冲压后,与总厚度相同、且在相同条件下冲压的整体低碳钢样品表面相比,复合材料的表面相对比较光滑。复合材料的厚度是大约 0.8mm。将复合材料与厚度大约是 0.8mm 的冷轧钢样品叠在一起。将此组合放在一对直径大约 13mm 的焊接电极之间的点焊机中。对焊接电极施加大约 2.2kNt 的力。复合材料无法与冷轧钢焊接到一起。

[0142] 实施例 6

[0143] 除以低碳钢纤维(在纤维长度方向垂直的方向上具有长方形的横截面)代替实施例 5 中的纤维之外,采用与实施例 5 相同的材料、组成和方法制备一复合材料。纤维的平均长度是大约 2.3mm。纤维的平均横截面积是大约 0.0045mm^2 。纤维的宽度和厚度之比是大约 2 至 8。复合材料的厚度是大约 0.8mm。将复合材料在高速冲压操作条件下进行冲压,拉伸比大于大约 3,未观察到任何裂纹或其它表面缺陷。在冲压后,与总厚度相同、且在相同条件下冲压的整体低碳钢样品表面相比,复合材料的表面相对比较光滑。将复合材料与厚度大约是 0.8mm 的冷轧钢样品叠在一起。将此组合放在一对直径大约 13mm 的焊接电极之间的点焊机中。对焊接电极施加大约 2.2kNt 的力。在 2.2kNt 力的条件下,测定复合材料在贯穿厚度方向的电阻率。这样测定后,实施例 7 的复合材料的电阻率是大约 $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 或更低。当采用厚度大约 0.8mm 的两块冷轧钢通常采用的焊接工艺程序焊接时,将复合材料焊接到冷轧钢上,焊点直径大于焊接电极的直径。实施例 7 要得到良好的焊接,不需要进行额外的加热、额外的焊接周期,也不需要额外的电流。

[0144] 实施例 7

[0145] 除填充聚合物材料中金属纤维的含量升高到大约 20vol%,和聚合物的含量降低到大约 80vol% 之外,实施例 7 与实施例 6 相同。将实施例 8 的复合材料焊接到厚度大约 0.8mm 的合金化镀锌钢板上。在焊接组套含有复合材料的那一边,使用面直径大约 3.8mm 的焊接电极,在含有合金化镀锌钢的那一边使用面直径大约 4.8mm 的焊接电极。通过焊接电极对焊接组套施加大约 6101bs 的力。采用频率大约 1,000Hz 的中频直流焊焊接此材料。每次焊接在宽度大约 25mm 和长度大约 75mm 的样品上进行。焊接时间恒定为大约 200 毫秒。采用大约 8.8kA 至 13kA 以上的焊接电流进行焊接。焊接完成后,测量复合板上的焊点尺寸。

每个焊接样品 46 的焊点尺寸和焊接电流如图 5 中的图形 30 所示。在区域 44 给出的低焊接电流时,焊点尺寸小于焊接步骤期间复合材料表面上使用的焊接电极 36 的直径的 95%。在区域 40 所示的中间焊接电流时,焊点尺寸大于焊接电极 36 的直径的 95%。在区域 42 所示的高焊接电流时,在焊接过程中,出现金属喷溅与 / 或很大的砰砰声,导致焊接质量不合格。实施例 7 要获得合格的焊接的最低焊接电流 34 是大约 10kA。要获得合格的焊接的最大焊接电流 32 是大约 13kA。最高焊接电流 32 和最低焊接电流 34 之差即为焊接电流范围 38。这样测定后,实施例 7 的焊接电流范围是大约 3.0kA。

[0146] 实施例 8

[0147] 由两块厚度大约 0.8mm 的合金化镀锌整体钢板组成的焊接组套,采用类似的方法测量了焊接电流范围,经测定为低于大约 1.3kA。采用实施例 7 中相同的方法测量焊接电流范围。令人吃惊的是,根据其更宽的焊接电流范围判断(如与实施例 8 比较),实施例 7 中的复合材料比合金镀锌钢更容易焊接(即焊接工艺窗口更宽)。

[0148] 实施例 9

[0149] 实施例 9 是组成、填充热塑性聚合物及结构与实施例 7 相同的复合材料。实施例 9 的焊接电流范围的测定,除施加在焊接电极上的负荷是大约 2.76kN (大约 600lb)、电流渐增时间是大约 50ms、焊接时间是大约 300ms 及初始焊接电流是大约 8-9kA 之外,其它条件与实施例 7 相同。首先测量焊接组套的焊接电流范围,所述焊接组套由实施例 9 的复合材料及厚度大约 1.2mm 的未涂覆深拉优质钢(即 DDQ)板组成。在不同焊接电流时测定的焊点尺寸如图 6 所示。良好的焊接采用以下指标表征:i) 焊点直径尺寸大约 3.6mm 或更高及 ii) 当焊接电流为大约 6.4kA 至大约 9.2kA 时,不出现任何金属喷溅。经测定,焊接实施例 9 的复合材料焊接到厚度大约 1.2mm 的未涂覆深拉优质钢(即 DDQ)板的焊接电流范围是大约 2.8kA。

[0150] 接下来,制备由复合材料及 0.8mm 厚合金化镀锌钢组成的焊接组套,并采用与没有涂层的 DDQ 钢焊接相同的条件进行焊接。令人吃惊的是,不需要改变电流渐增时间、焊接时间、初始焊接电流或施加在焊接电极上的负荷,即可实现非常好的焊接。在不同焊接电流时测定的焊点尺寸如图 7 所示。良好的焊接采用以下指标表征:i) 焊点直径尺寸大约 3.6mm 或更高及 ii) 当焊接电流为大约 7.75kA 至大约 9.45kA 时,不出现任何金属喷溅。经测定,焊接实施例 9 的复合材料及厚度大约 0.8mm 厚的合金化镀锌钢的焊接电流范围是大约 1.7kA。

[0151] 实施例 9 的复合材料还焊接到厚度大约 1.5mm 的热浸镀锌钢(即 HDG)上。制备由此复合材料及 1.5mm 厚的 HDG 组成的焊接组套,并利用与没有涂层的 DDQ 钢相同的条件进行焊接。令人吃惊的是,不需要改变电流渐增时间、焊接时间、初始焊接电流或施加在焊接电极上的负荷,即可实现非常好的焊接。在不同焊接电流时测定的焊点尺寸如图 8 所示。良好的焊接采用以下指标表征:i) 焊点直径尺寸大约 3.6mm 或更高及 ii) 当焊接电流为大约 7.35kA 至大约 9.35kA 时,不出现任何金属喷溅。经测定,焊接实施例 9 的复合材料及厚度 1.5mm 厚的热浸镀锌钢(HDG)的焊接电流范围是大约 2.0kA。

[0152] 令人吃惊的是,将复合材料与不同类型的钢(如 DDQ、HDG 或合金镀锌钢)焊接时,可以采用相同的焊接条件。此外,令人吃惊的是,不需要改变焊接条件,复合材料能够与厚度变化大约 87% (即从 0.8mm 至 $0.8\text{mm} \times 187\% = 1.5\text{mm}$ 之间变化)的钢材一起焊接。此外,让

人吃惊的是,不同类型的钢材及不同厚度的钢材与复合材料的焊接都可以用较大的焊接电流范围表征。

[0153] 实施例 10

[0154] 除芯层厚度增加到大约 1mm,和每块金属板的厚度增加到大约 0.5mm 之外,实施例 10 的复合材料与实施例 9 相同。将复合材料与厚度大约是 2mm 的冷轧钢板焊接在一起。焊接这种材料需要采用多级焊接工艺。多级焊接工艺包括一级焊接(具有熔化聚合物的一级焊接电流)和二级焊接(包括将基材熔合到复合材料的第二焊接电流,第二焊接电流比第一焊接电流高)。

[0155] 实施例 11A

[0156] 将实施例 9 的复合材料与冷轧钢焊接到一起。第二次焊接距离第一次焊接大约 50mm 处。第一次焊接和第二次焊接均采用单级焊接工艺完成。第二次焊接从第一次焊接产生电弧(arcing),且表面不合格。

[0157] 实施例 11B

[0158] 将实施例 9 的复合材料与冷轧钢焊接到一起。第二次焊接距离第一次焊接大约 50mm 处。分流焊接这种材料需要采用多级焊接工艺。多级焊接工艺包括一级焊接(具有熔化聚合物的一级焊接电流)和二级焊接(包括将基材熔合到复合材料的第二焊接电流,第二焊接电流比第一焊接电流高)。

[0159] 对于上述实施例来说,当实施例中提供的任何数值变化 10%、20% 或 30% 时,预期可以得到类似的结果。

[0160] 正如此处所使用的那样,除非特别声明,教导设想一类(名单)中任何成员可被从所述类中排除;与 / 或马库什分组中任何成员可被从分组中排除。

[0161] 除非特别声明,此处引用的任何数值包括以一个单位递增的从下限值到上限值的全部数值,任何下限值与任何上限值之间相差至少 2 个单位。举例而言,如果声明一个组分、一种特性、或者温度、压力、时间等工艺参数的一个数值,例如,从 1 至 90,优选从 20 至 80,更优选从 30 至 70,它指的是中间范围值,如(例如 15 至 85、22 至 68、43 至 51、30 至 32 等)均位于本说明书的范围之内。同样,单个中间值也位于本发明的范围之内。对于小于 1 的数值,若合适的话,则一个单位可考虑是 0.0001、0.001、0.01 或 0.1。这些都只是特别指定的实例,列举的最低值和最高值之间的数值的所有可能组合被视为以类似的方式在本申请中明确声明。正如可以看出的那样,此申请中以“重量份”表示的量与以重量百分数表示的量的范围也是预期相同的。因此,本发明的发明内容中,以“所得聚合物混合组合物的 x 的重量份”也具有与所得聚合物混合组合物的同样列举的 x 百分重量数相同的范围。

[0162] 除非特别声明,所有范围均包括端点和端点之间的所有数字。在与范围有关时使用“大约”或“约”适用于范围的两端。因此,“大约 20 至 30”包括“大约 20 至大约 30”,且至少包括规定的端点。

[0163] 包括专利申请和出版物的所有文章和参考文献的公开内容为了所有目的均通过引用而结合在本申请中。术语“基本上由……组成”描述了一种应该包括已确认的元素、成分、组分或步骤的组合,和其它并不实质上影响所述组合的基本新特点的元素、成分、组分或步骤。本申请使用术语“包含”或“包括”来描述元素、组分、成分或步骤的组合,也包括基本上由元素、成分、组分或步骤组成的实施例。

[0164] 多个元素、成分、组分或步骤可以由单个集成元素、成分、组分或步骤提供。或者，单个集成元素、成分、组分或步骤可分成独立的多个元素、成分、组分或步骤。文中使用“一”或“一个”来描述元素、成分、组分或步骤，它并不排除其它元素、成分、组分或步骤。此处属于某一族的元素或金属的所有参考指的是由 CRC Press, Inc., 1989 年出版的元素周期表。族或各族的任何参考应为此元素周期表中反映的族，族的编号采用国际理论化学和应用化学联合会 (IUPAC) 命名体系。

[0165] 正如此申请中所使用的那样，“聚合物”和“聚合”是通用的，可以分别包括更具体的类型“均聚物”及“共聚物”及“均聚和共聚”或者以上均包括。

[0166] 应该理解的是，上述说明是解释性的而不是限制性的。除提供的实施例外，对于那些阅读上述说明的熟悉本领域的人员来说，许多实施例以及许多应用是显而易见的。因此，本发明的范围并不应该是根据上述说明确定，而是应该参考所附的权利要求书以及这些权利要求书所赋予的相当的全部范围确定。包括专利申请和出版物的所有文章和参考文献的公开内容了所有目的通过引用而结合在本申请中。此处公开的任何方面的主题的下述权利要求的省略，并不是放弃这个主题，也不应该视为本发明人认为这种主题不是公开发明主题的一部分。

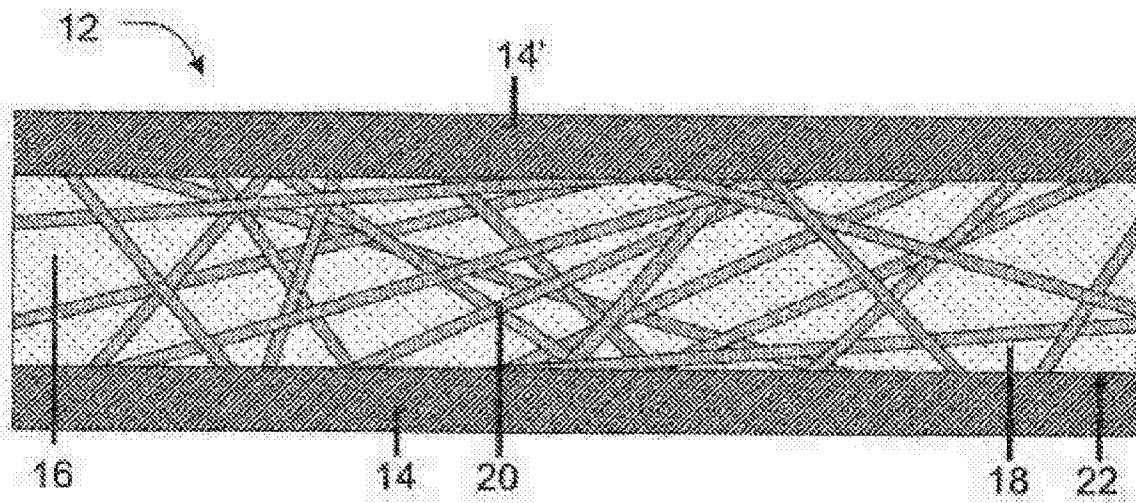


图 1

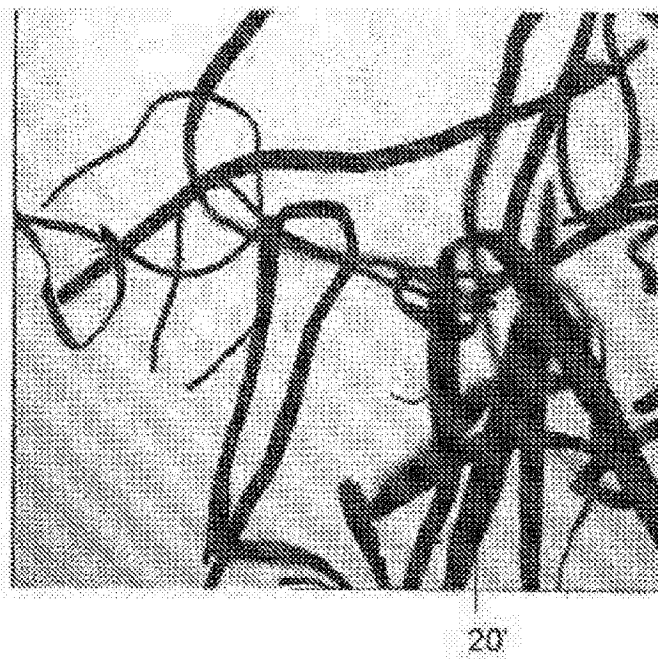


图 2A



图2B

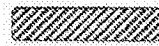


图2C



图2D



图2E



图2F

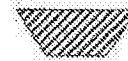


图2G



图2H



图2I



图2J

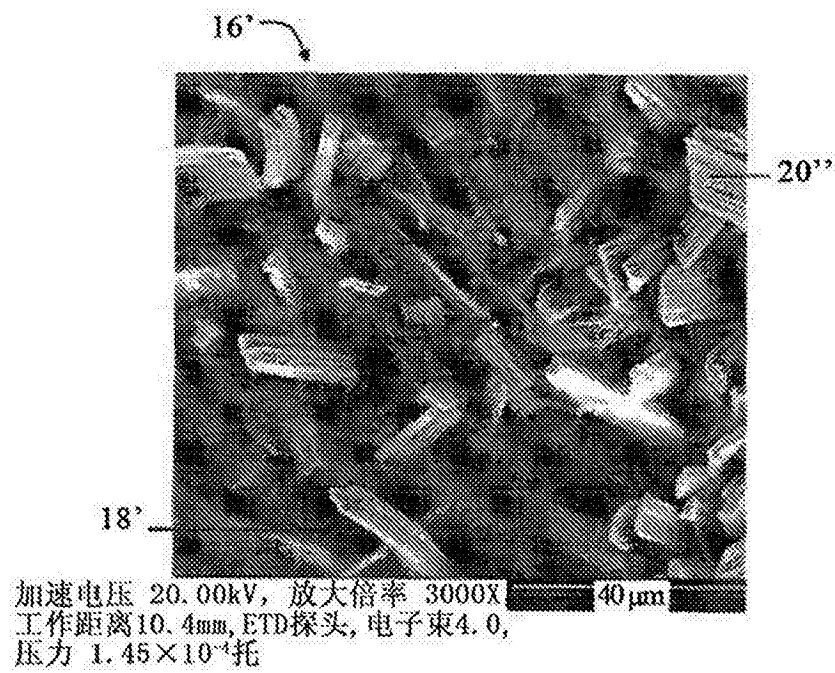


图 3

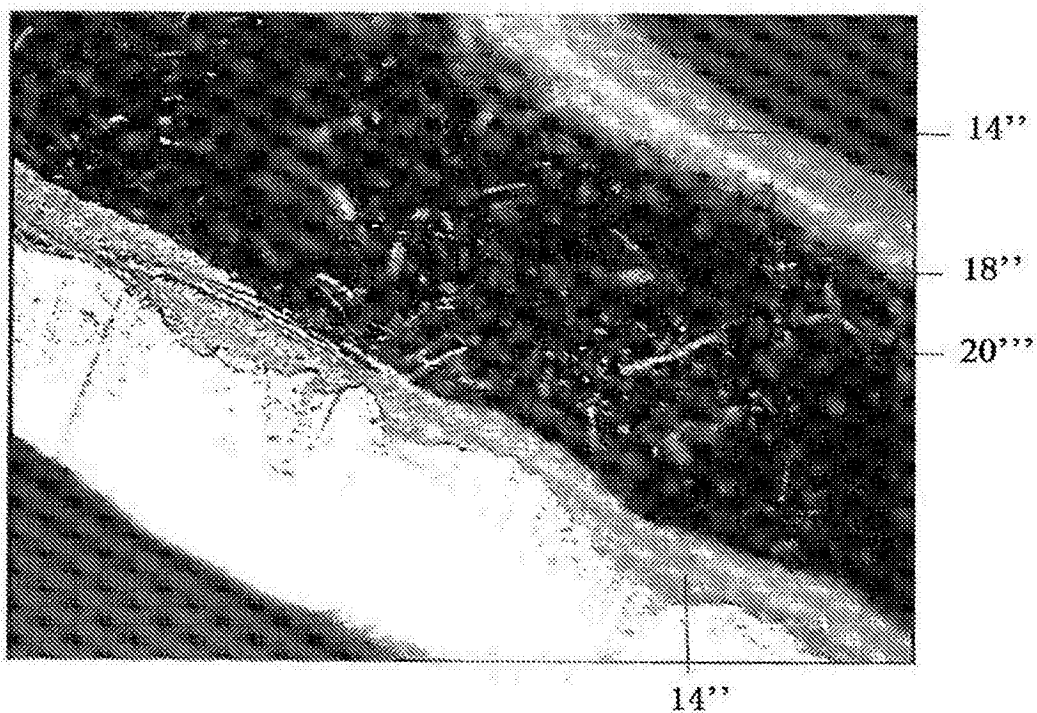


图 4

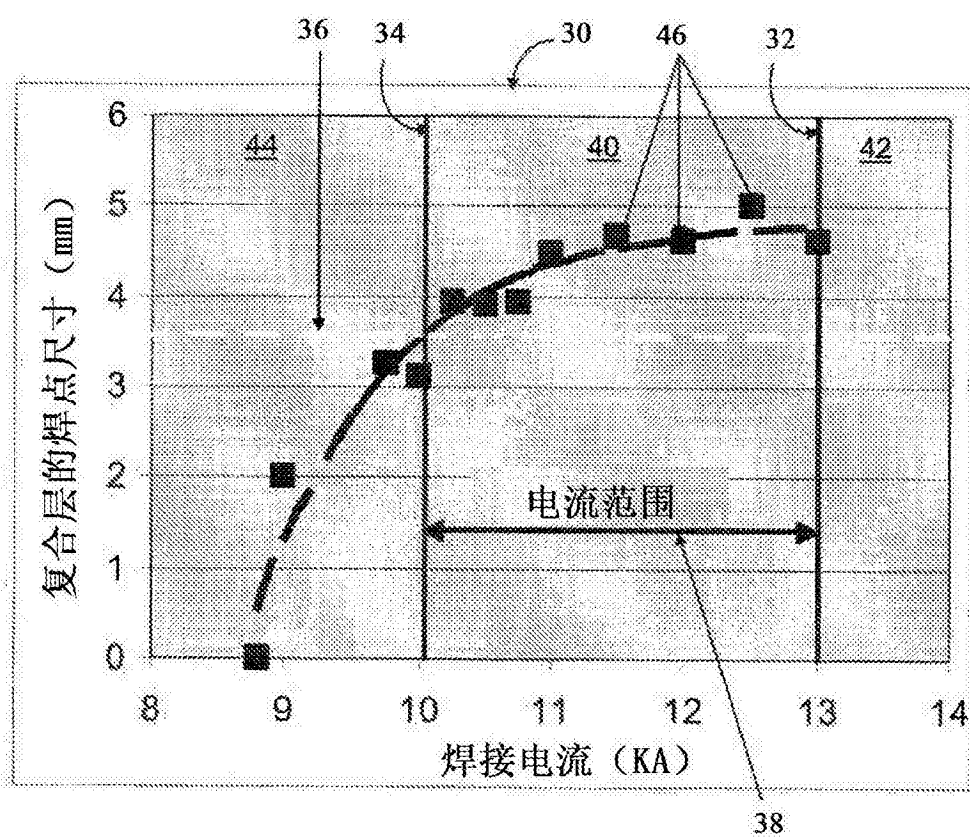


图 5

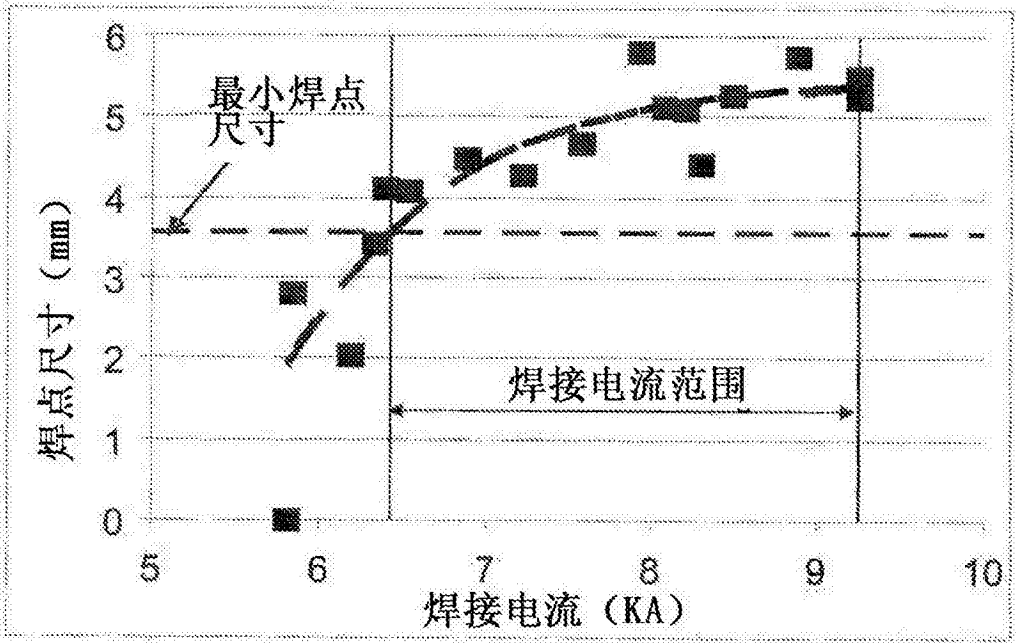


图 6

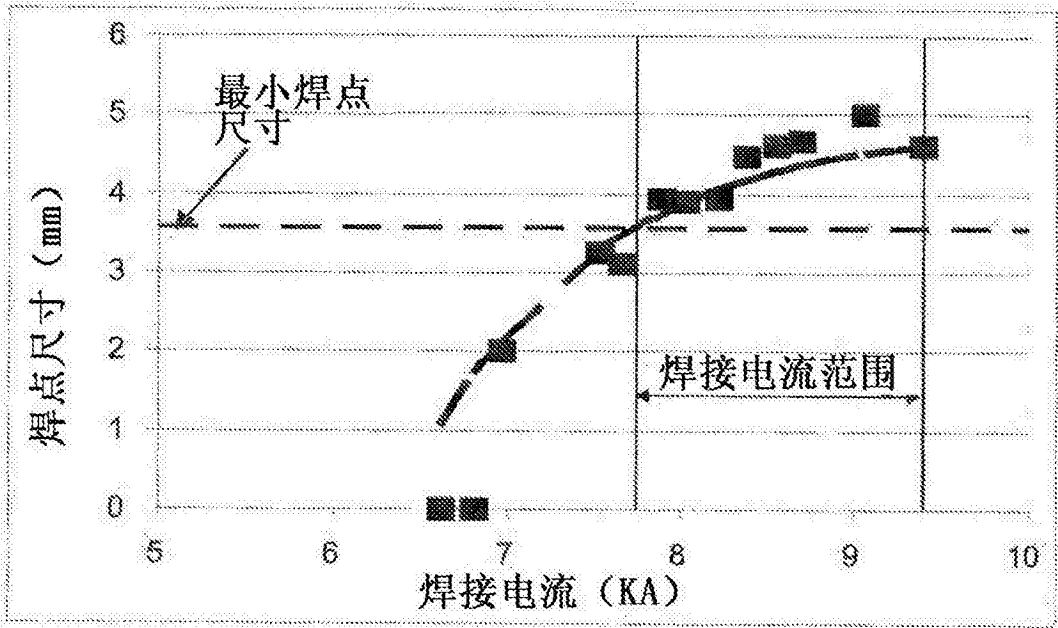


图 7

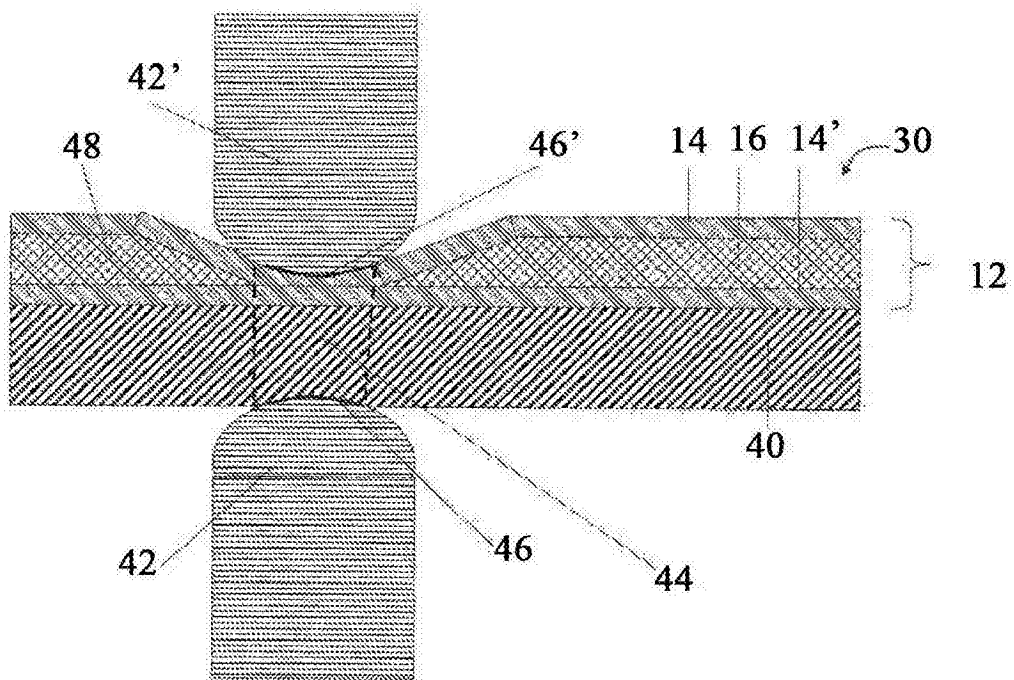


图 9B

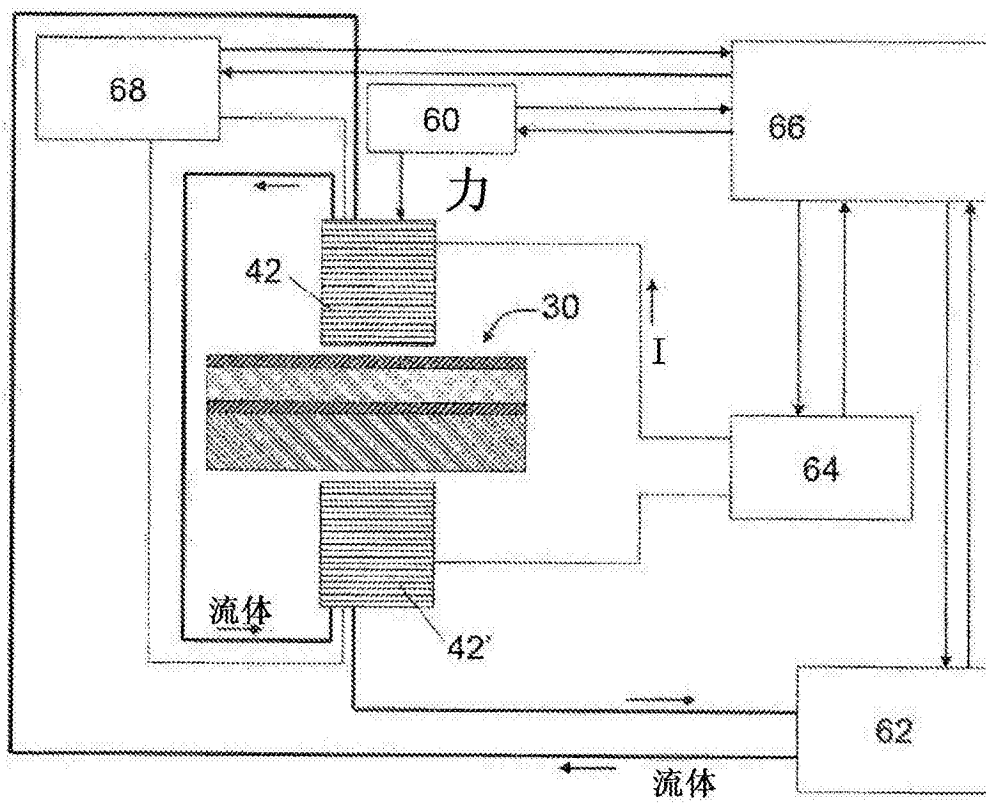


图 10