



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102209741 B

(45) 授权公告日 2013.06.12

(21) 申请号 200980144942.4

(22) 申请日 2009.11.23

(30) 优先权数据

61/141,471 2008.12.30 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011.05.11

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/065437 2009.11.23

(87) PCT申请的公布数据

W02010/077485 EN 2010.07.08

(73) 专利权人 陶氏环球技术有限责任公司

地址 美国密歇根

(72) 发明人 莫里斯·J·马克斯 加里·A·亨特

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 陈平

(51) Int. Cl.

C08G 59/24 (2006.01)

C08G 59/50 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

(56) 对比文件

GB 854679 A, 1960.11.23, 权利要求 1-31, 说明书第 1 页第 56 行 - 第 4 页第 74 行.

CN 1678654 A, 2005.10.05, 权利要求 1、2、4, 说明书第 2 页第 2 段 - 第 4 页第 2 段, .

CN 101263197 A, 2008.09.10, 权利要求 1-4, 12, 表 1-7, 说明书第 2 页倒数第 2 段 - 第 7 页第 1 段.

审查员 王欢

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

用于真空树脂浸渍成型的二乙烯基芳烃二氧化物组合物

(57) 摘要

本发明公开一种用于真空树脂浸渍成型方法的树脂组合物,所述组合物包含 (a) 二乙烯基芳烃二氧化物和 (b) 聚氨基醚;其中所述聚氨基醚不具有侧羟基;并且其中所述树脂组合物可以具有小于约 400mPa·s 的低粘度。

1. 一种树脂组合物,所述树脂组合物包含(a)二乙烯基芳烃二氧化物和(b)聚氨基醚的共混物;其中所述聚氨基醚不具有侧羟基。

2. 根据权利要求1所述的树脂组合物,其中所述树脂组合物具有在25℃小于400mPa·s的粘度。

3. 根据权利要求1所述的树脂组合物,其中所述树脂组合物在25℃的粘度在25mPa·s至300mPa·s的范围内。

4. 根据权利要求1所述的树脂组合物,其中所述二乙烯基芳烃二氧化物是二乙烯基苯二氧化物;其中所述二乙烯基芳烃二氧化物在所述树脂组合物中的浓度在2重量%至98重量%的范围内。

5. 根据权利要求1所述的树脂组合物,其中所述聚氨基醚是聚(氧丙烯二胺);其中所述聚氨基醚在所述树脂组合物中的浓度在10重量%至50重量%的范围内。

6. 根据权利要求5所述的树脂组合物,其中所述聚(氧丙烯二胺)是Jeffamine D230。

7. 根据权利要求1所述的树脂组合物,其中所述组合物包含不同于所述二乙烯基芳烃二氧化物的环氧树脂;其中所述环氧树脂在所述树脂组合物中的浓度在2重量%至98重量%的范围内。

8. 根据权利要求7所述的树脂组合物,其中所述环氧树脂包含双酚A的二环氧甘油醚;并且其中所述双酚A的二环氧甘油醚是D. E. R. 383。

9. 一种固化的树脂组合物,所述固化的树脂组合物包含固化的根据权利要求1的树脂组合物,所述固化的根据权利要求1的树脂组合物是在25℃至150℃范围内的温度固化的。

10. 根据权利要求9所述的固化的树脂组合物,其中所述固化的树脂组合物的T_g在60℃至170℃的范围内。

11. 一种真空树脂浸渍成型方法,所述真空树脂浸渍成型方法包括使用根据权利要求1的树脂组合物。

用于真空树脂浸渍成型的二乙烯基芳烃二氧化物组合物

[0001] 发明背景

发明领域

[0002] 本发明涉及一种用于真空树脂浸渍成型方法的树脂组合物 (formulation), 其中该树脂组合物基于二乙烯基芳烃二氧化物 (divinylarene dioxide)。

[0003] 背景和相关技术的描述

[0004] 众所周知, 环氧树脂在真空树脂浸渍成型方法中使用。真空树脂浸渍成型方法需要具有低粘度例如在 25°C 低于 300mPa·s 的粘度的环氧树脂组合物。然而, 常规环氧树脂典型具有在 25°C 高于 300mPa·s 的粘度; 因此当常规环氧树脂在真空树脂浸渍成型方法中使用, 典型地需要反应性稀释剂, 并且将其添加到常规环氧树脂中以降低环氧树脂的粘度和实现所需的低粘度, 从而使常规环氧树脂组合物可用于真空树脂浸渍成型方法。

[0005] 此外, 当包含常规环氧树脂和反应性稀释剂的树脂组合物进行固化时所产生的问题是: 所得的固化的热固性塑料 (thermoset) 表现出降低的耐热性。对于必须满足某些商业工业标准的热固性塑料来说, 耐热性是重要的性质。例如, Germanischer Lloyd 需要热挠曲温度为 70°C 以上 (ISO 75 方法 A) 的固化的热固性塑料。该降低的耐热性可以通过在组合物中包含相对昂贵的脂环族胺固化剂而仅得到部分补偿。因此, 对于真空树脂浸渍成型, 尤其是对于使用真空树脂浸渍成型方法制造的大部件比如风轮机叶片 (wind turbine blades)、发电机机舱和鼻锥体, 需要一种在固化后具有低粘度和良好的耐热性并且不要求使用脂环族胺固化剂的环氧树脂组合物。

[0006] 二乙烯基芳烃二氧化物, 比如二乙烯基苯二氧化物 (DVBDO), 是一类具有相对低的液体粘度 (例如, 在 25°C 低于 25mPa·s) 和高的刚性 (例如, 低于或等于 10, 通过使用 Bicerano 的方法计算的不包含侧链的二氧化物的旋转自由度 (rotational degrees of freedom) 的数值而测量 (聚合物性质预测 (Prediction of Polymer Properties), Dekker, 纽约, 1993)) 的二环氧化物。二乙烯基芳烃二氧化物的刚性高于以前在用于真空树脂浸渍成型的组合物中使用的常规环氧树脂的刚性。所得的基于二乙烯基芳烃的组合物不需要使用脂环族胺固化剂来获得所需的耐热性。因此, 这是对现有技术的改进, 提供了一种用于真空树脂浸渍成型的基于二乙烯基芳烃的组合物。

[0007] 英国专利 GB 854679 描述了 DVBDO 使用多官能胺的固化; 并且日本专利 JP 62153316 描述了由环氧树脂、固化剂和羟基官能的胺的形成的组合物。上述的两篇现有技术参考文献均没有描述对于 DVBDO 使用聚氨基醚 (polyaminoether) 作为多官能胺固化剂。

[0008] 因此, 期望提供一种在真空树脂浸渍成型方法中使用的树脂组合物, 所述树脂组合物包含 (a) 二乙烯基芳烃二氧化物和 (b) 聚氨基醚。

[0009] 发明概述

[0010] 本发明的一个实施方案涉及一种在真空树脂浸渍成型方法中使用的树脂组合物。本发明的树脂组合物包含 (a) 二乙烯基芳烃二氧化物和 (b) 聚氨基醚; 其中所述聚氨基醚不具有侧羟基。在本发明的一个实施方案中, 所述树脂组合物具有低的粘度 (例如, 在 25°C

低于 400mPa·s)。

[0011] 包含二乙烯基芳烃二氧化物,尤其是衍生自二乙烯基苯的那些二乙烯基芳烃二氧化物比如二乙烯基苯二氧化物 (DVBD0) 以及聚氨酯醚的真空树脂浸渍成型组合物,是新型的组合物,其同时提供低的粘度(例如,在 25°C 低于 400mPa·s) 以及良好的耐热性(例如,大于 80°C 的 T_g)。

[0012] 本发明的另一种实施方案涉及使用上述树脂组合物的真空树脂浸渍成型方法。

[0013] 所得的本发明的基于二乙烯基芳烃的组合物的一个优点在于该组合物不需要使用脂环族胺固化剂来获得所需的耐热性。本发明的基于二乙烯基芳烃的组合物特别在真空树脂浸渍成型中 useful。本发明的新型的基于二乙烯基芳烃的组合物的主要用途的一个实例是制备纤维增强的结构复合材料比如风轮机叶片、发电机机舱和鼻锥体。

[0014] 在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物比在现有技术中已知用于真空树脂浸渍成型的环氧树脂具有低得多的粘度。例如,与二乙烯基芳烃二氧化物一起使用的聚氨酯醚的非醚类似物比如 1,4-二氨基丁烷具有相对差的与已知环氧树脂的相容性,因此不用于真空树脂浸渍成型组合物中。然而,二乙烯基芳烃二氧化物和聚氨酯醚的组合作为新型的组合物,其具有低粘度和良好的耐热性之间的独特平衡;并且可以在真空树脂浸渍成型组合物中使用。

[0015] 发明详述

[0016] 本发明不限于下面描述的特定的实施方案,而是本发明包括落入在后附权利要求的真正范围之内所有的备选方案、变化和等价内容物。

[0017] 总体上,本发明是一种在真空树脂浸渍成型方法中使用的树脂组合物,所述组合物包含 (a) 二乙烯基芳烃二氧化物和 (b) 聚氨酯醚;其中所述树脂组合物具有在 25°C 低于约 400mPa·s 的粘度。

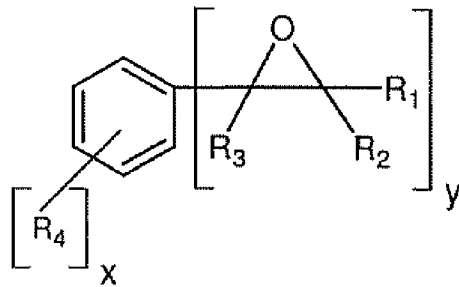
[0018] 二乙烯基芳烃二氧化物,尤其是衍生自二乙烯基苯的那些二乙烯基芳烃二氧化物,比如二乙烯基苯二氧化物 (DVBD0),是一类具有较低的液体粘度但是比常规环氧树脂具有更高的刚性的二环氧化物。

[0019] 可用于本发明中的二乙烯基芳烃二氧化物可以包含例如在任意环位置上带有两个乙烯基的任意取代或未取代的芳烃核 (nucleus)。二乙烯基芳烃二氧化物的芳烃部分可以包含苯、取代的苯、环形成环的苯 (ring-annulated benzene)、取代的环形成环的苯、同系结合的苯 (homologously bonded benzenes)、取代的同系结合的苯,或它们的混合物。二乙烯基芳烃二氧化物的二乙烯基芳烃部分可以是邻、间或对位异构体,或它们的任意混合物。另外的取代基可以由耐 H₂O₂ 性的基团构成,所述耐 H₂O₂ 的基团包括饱和的烷基、芳基、卤素、硝基、异氰酸酯或 RO- (其中 R 可以是饱和的烷基或芳基)。环形成环的苯可以包括例如萘、四氢化萘,等等。同系结合 (取代的) 苯可以包括例如联苯、二苯基醚,等等。

[0020] 在一个实施方案中,在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物可以例如通过在美国专利申请系列 61/141,457 中描述的方法制备,该美国专利申请系列 61/141,457 是由 Marks 等 (律师备案号 67459) 与本申请同一日提交的,其通过引用结合在此。

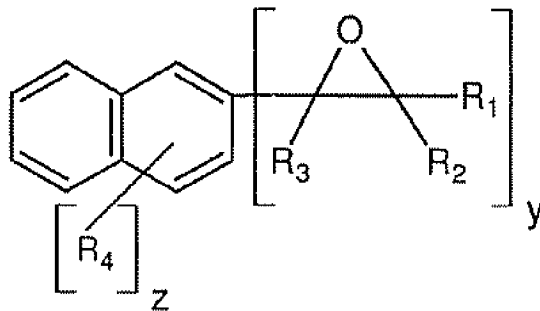
[0021] 在本发明的树脂配方组合物中使用的二乙烯基芳烃二氧化物可以通过下列总的化学结构式 I-IV 示出:

[0022]



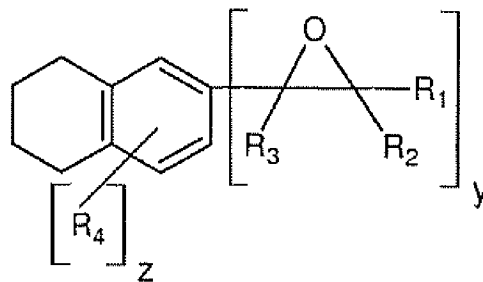
[0023] 结构 I

[0024]



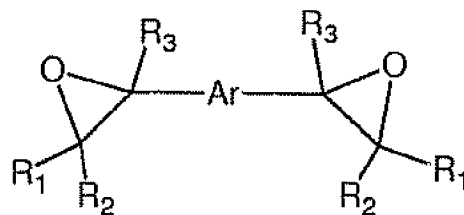
[0025] 结构 II

[0026]



[0027] 结构 III

[0028]



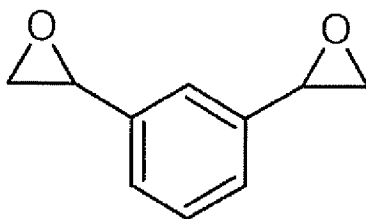
[0029] 结构 IV

[0030] 在本发明的二乙烯基芳烃二氧化物组分的上述结构 I、II、III 和 IV 中, R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 各自独立地可以为氢、烷基、环烷基、芳基或芳烷基;或耐 H_2O_2 的基团,其包括例如卤素、硝基、异氰酸酯,或 RO 基团,其中 R 可以是烷基、芳基或芳烷基; x 可以是 0 至 4 的整数; y 可以是大于或等于 2 的整数; $x+y$ 可以是小于或等于 6 的整数; z 可以是 0 至 6 的整数;并且 $z+y$ 可以是小于或等于 8 的整数;并且 Ar 是芳烃片段,包括例如 1,3-亚苯基。

[0031] 在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物组分可以包括例如二乙烯基苯二氧化物,二乙烯基萘二氧化物,二乙烯基联苯二氧化物,二乙烯基二苯基醚二氧化物,以及它们的混合物。

[0032] 下面的结构 V 显示在本发明中使用的 DVBD0 的优选化学结构的一个实施方案:

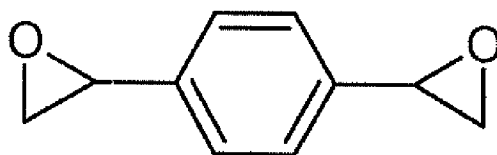
[0033]



[0034] 结构 V

[0035] 下面的结构 VI 示出了在本发明中使用的 DVBD0 的一个优选化学结构的另一个实施方案：

[0036]



[0037] 结构 VI

[0038] 当通过本领域已知的方法制备 DVBD0 时,能够获得三种可能异构体:邻、间和对位中的一种。因此,本发明包括由上述结构中任一种单独显示或它们的混合物显示的 DVBD0。上述的结构 V 和 VI 分别显示 DVBD0 的间位 (1,3-DVBD0) 和对位异构体。邻位异构体稀少;并且通常地,DVBD0 主要以通常在约 9 : 1 至约 1 : 9 比率的范围内的间位 (结构 V) 与对位 (结构 VI) 异构体的形式产生。作为一个实施方案,本发明优选包含处于约 6 : 1 至约 1 : 6 比率范围的结构 V 与结构 VI 的比率,并且在其它实施方案中,结构 V 与结构 VI 的比率可以为约 4 : 1 至约 1 : 4,或约 2 : 1 至约 1 : 2。

[0039] 在一个实施方案中,在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物包括例如二乙烯基苯二氧化物 (DVBD0),一种低粘度的液体环氧树脂。在本发明的方法中使用的二乙烯基芳烃二氧化物在 25°C 的粘度通常在约 10mPa·s 至约 100mPa·s、优选约 10mPa·s 至约 50mPa·s 并且更优选约 10mPa·s 至约 25mPa·s 的范围内。

[0040] 在本发明中使用的二乙烯基芳烃氧化物的浓度可以通常在约 0.1 重量% (wt%) 至约 99.9wt%、优选约 1wt% 至约 99wt% 并且更优选约 2wt% 至约 98wt% 的范围内。

[0041] 在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物的有利性质之一是它们的热稳定性,它们的热稳定性允许它们在中等温度 (例如,在约 100°C 至约 200°C) 的配制或加工中使用不超过若干小时 (例如,至少 2 小时),而不发生低聚或均聚。在配制或加工过程中的低聚或均聚通过粘度或胶凝化 (交联) 的明显增加来证实。在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物具有足够的耐热性,因而使得二乙烯基芳烃二氧化物没有经历在中等温度的配制或加工过程中的粘度或胶凝化的显著增加。

[0042] 在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物的另一个有利性质的之一是其刚性。二乙烯基芳烃二氧化物的刚性性质通过使用在聚合物性质预测 (Prediction of Polymer Properties) (Dekker, 纽约, 1993) 中描述的 Bicerano 方法计算的不包括侧链的二氧化物的旋转自由度的数值而测量。在本发明中使用的二乙烯基芳烃二氧化物的刚性可以通常在约 6 至约 10、优选约 6 至约 9 并且更优选约 6 至约 8 的旋转自由度的范围内。

[0043] 在本发明的工艺中使用的聚氨基醚可以包括例如包含至少一个氧原子的直链或

支链的多胺,以及它们的混合物。可在本发明中使用的聚氨基醚的实例包括分子量在约 200g/mol 至约 4200g/mol 的范围内的聚(氧丙烯)二胺,以及分子量在约 400g/mol 至约 5500g/mol 的范围内的聚(氧丙烯)三胺;以及它们的混合物。可在本发明中使用的聚氨基醚的其它实例包括 4,7-二氧杂癸烷-1,10-二胺;4,9-二氧杂十二烷-1,12-二胺;4,7,10-三氧杂十三烷-1,13-二胺;以及它们的混合物。

[0044] 在本发明中使用的聚氨基醚的浓度可以通常在约 5wt% 至约 95wt%, 优选在约 8wt% 至约 60wt%, 并且更优选在约 10wt% 至约 50wt% 的范围内。在本发明的另一个实施方案中,聚氨基醚的浓度可以在约 11wt% 至约 93wt% 的范围内。

[0045] 可以在本发明中使用的聚氨基醚是低聚的多官能胺,所述低聚的多官能胺改善了所得热固性塑料的挠性,但是不引起浸渍组合物中的粘度的明显增加。这对于这些低聚多官能胺的新用途而言是明显的益处。相反,现有技术中带有侧羟基的低聚多官能胺比如衍生自多胺和环氧化物的那些是明显增加浸渍组合物的粘度的高粘度的液体或半固体。

[0046] 与在氨基官能团(functionality)之间具有丁基或更大的脂族连接基的现有技术多胺不同,本发明中使用的聚氨基醚还具有与环氧树脂的良好相容性。

[0047] 在制备本发明的组合物过程中,在一个实施方案中,所述组合物中可以任选包含单官能组分。例如,本发明的组合物的任选单官能组分可以包括不同于上述的二乙烯基芳烃二氧化物的环氧树脂。在本发明组合物中使用的任选的环氧树脂可以包括例如单环氧化物,比如苯基缩水甘油醚、甲苯基缩水甘油醚、2-乙基己基缩水甘油醚和十二烷基缩水甘油醚;以及它们的混合物。在本发明中任选使用的单官能组分还可以包括例如单酚,比如苯酚、甲酚、对叔丁基苯酚,壬基酚,和十五烷基苯酚;以及它们的混合物。

[0048] 在本发明中使用的任选的单官能组分的浓度可以通常在 0wt% 至约 50wt%, 优选约 0wt% 至约 25wt%, 更优选约 0wt% 至约 10wt% 并且最优选约 0wt% 至约 5wt% 的范围内。在另一个实施方案中,单官能组分可以是约 0.01wt% 至约 50wt%。

[0049] 在另一个实施方案中,可以将任选的多官能环氧树脂或多官能酚添加到本发明的组合物中。

[0050] 作为本发明的另一个实施方案的实例,可以在本发明的组合物中任选包含一种或多种环氧树脂作为共聚单体、配方添加剂或同时作为共聚单体和配方添加剂,所述一种或多种环氧树脂包括衍生自如下各项的那些:双酚比如双酚 A 或双酚 F;卤代双酚,比如四溴双酚 A;双酚,比如双酚、硫代双酚和联萘酚;和/或醇比如丁二醇或聚丙二醇;或它们的混合物。

[0051] 在本发明中使用的任选的环氧树脂的浓度可以通常在通常 0wt% 至约 99.9wt%, 优选约 0.1wt% 至约 99.9wt%, 更优选约 1wt% 至约 99wt% 并且最优选约 2wt% 至约 98wt% 的范围内。在另一个实施方案中,环氧树脂可以在约 0.01wt% 至约 99.9wt%。

[0052] 可以向本发明的组合物中添加各种添加剂,包括例如其它树脂、催化剂、稳定剂、填料、增塑剂等,以及它们的混合物。

[0053] 在本发明中使用的添加剂的浓度通常可以在 0wt% 至约 99.9wt% 的范围内,优选在约 0.01wt% 至约 99.9wt%, 优选约 1wt% 至约 99wt% 并且更优选约 2wt% 至约 98wt%。

[0054] 本发明的树脂组合物可以通过将组分(a)二乙烯基芳烃二氧化物和(b)聚氨基醚混合或共混在一起而制备。组分(a)和(b)的混合物的顺序不是关键性的。

[0055] 在本发明的一个实施方案中,树脂组合物可以包括任选的环氧树脂,比如双酚 A 二环氧甘油醚,并且可以将这样的任选环氧树脂添加到组分 (a) 二乙烯基芳烃二氧化物中。在另外的实施方案中,如果在本发明中使用任选的其它多胺,则可以将这样的任选多胺比如二亚乙基三胺添加到组分 (b) 聚氨基醚中。优选地,将所有的 (a) 组分混合在一起,并且将所有的 (b) 组分混合在一起,然后将组分 (a) 和 (b) 混合以形成本发明的用于浸渍成型方法的组合物。

[0056] 尽管由本发明的方法制备的基于二乙烯基芳烃二氧化物的树脂组合物的粘度在 25°C 优选小于约 400mPa·s,但是由于本发明的总工艺而预期包括在 25°C 的粘度在通常约 5mPa·s 至约 300,000mPa·s、优选约 10mPa·s 至约 5,000mPa·s 并且更优选约 20mPa·s 至约 400mPa·s 范围内的备选组合物。例如,当固体环氧树脂 (SER) 或酚类环氧树脂 (PER) 与例如 DVBD0 一起使用时,能够具有仍然服从于利用高温来降低粘度的真空树脂浸渍成型方法的非常高的粘度。因此,不将这些类型的具有更高粘度的树脂组合物从本发明中排除在外。

[0057] 二乙烯基芳烃二氧化物和聚氨基醚组分,其任选与其它环氧树脂结合,将它们混合在一起,然后在真空浸渍成型固化条件下固化。

[0058] 真空树脂浸渍成型是一种通过将干的纤维增强物放置在真空下并且用热固性树脂浸渍,从而形成复合材料比如在美国专利 4,902,215 中描述的复合材料的方法。

[0059] 组合物的固化可以在通常处于约 15°C 至约 200°C、优选约 20°C 至约 180°C 并且更优选约 25°C 至约 150°C 的温度进行。

[0060] 玻璃化转变温度 (T_g) 是良好指示通过 ISO 75 方法 A 测量的热挠曲温度 (HDT) 的性质,对于固化的热固性塑料,根据 Germanischer Lloyd 要求需要通常具有 70°C 以上的 HDT。

[0061] 本发明的所得产品在固化之后具有良好的耐热性,其使用差示扫描量热法 (DSC) 由 T_g 确定。本发明的固化组合物的 T_g 的范围通常在约 40°C 至约 200°C,优选约 50°C 至约 180°C,更优选约 60°C 至约 170°C。

[0062] 由于表现出上述的有利性质,因此本发明的包含二乙烯基芳烃二氧化物比如 DVBD0 和聚氨基醚的组合物在宽泛的各种应用比如热固性组合物和制品中也是有用的。

[0063] 下面的实施例和比较例进一步详细地说明本发明,但是不应当被认为是限制本发明的范围。

[0064] 在下列的实施例中使用的各种术语和名称解释如下:DVBD0 代表二乙烯基苯二氧化物;DGE BPA 代表双酚 A 的二环氧甘油醚;D. E. R. 383 环氧树脂是商购自陶氏化学公司 (The Dow Chemical Company) 的 EEW 为 180 的 DGE BPA 环氧树脂;Jeffamine D230 聚氨基醚是商购自 Huntsman Performance Products 的聚(氧丙烯二胺)(D230);ChemMod 67 树脂是商购自 Polystar LLC 的丁二醇二环氧甘油醚 (BDDGE);DSC 代表示差扫描量热法;而 T_g 代表玻璃化转变温度。

[0065] 实施例中使用的下列标准的分析设备和方法:使用 ARES Rheomechanical 分析仪测量粘度。

[0066] 实施例 1- 没有脂环族胺的 DVBD0 组合物

[0067] 61.8g 的 D. E. R. 383 环氧树脂、10.9g 的 DVBD0、23.6g 的 230 分子量的 Jeffamine

D230 聚氨基醚和 3.7g 的氨基乙基哌嗪的混合物在 25°C 的粘度为 150mPa · s。

[0068] 实施例 2- 没有脂环族胺的 DVBD0 组合物

[0069] 57.4g 的 D. E. R. 383 环氧树脂、14.3g 的 DVBD0、24.5g 的 230 分子量的 Jeffamine D230 聚氨基醚和 3.8g 的氨基乙基哌嗪的混合物在 25°C 的粘度为 100mPa · s。

[0070] 比较例 A- 具有脂环族胺的 BDDGE 组合物

[0071] 64.9g 的 D. E. R. 383 环氧树脂、11.5g 的丁二醇二环氧甘油醚 (ChemMod 67 树脂)、17.3g 的 230 分子量的 Jeffamine D230 聚氨基醚、3.2g 的氨基乙基哌嗪和 3.2g 的异弗尔酮二胺的混合物在 25°C 的粘度为 200mPa · s。

[0072] 将实施例 1、实施例 2 和比较例 A 的配方混合物各自在模具中浇铸,以形成测量尺寸为 200mmX300mmX4mm 的透明铸件。将铸件在 70°C 固化 4 小时,并且在 100°C 后固化 4 小时。对透明铸件测试物理性质。使用 Q2000 型号的差示扫描量热计,通过 TA 手段,在 10°C / 分钟的升温速率测量 Tg。拉伸性质根据 ASTM D638 确定。挠曲性质根据 ASTM D790 确定。表 I 描述了上述测试的结果,并且示出了本发明的组合物既提供了低的组合物粘度,并且在不使用脂环族胺固化剂的情况下提供了比得上的改善的热和机械性质。

[0073] 表 I

[0074]

	Tg (°C)	拉伸应变 (%)	拉伸模量 (MPa)	拉伸应力 (MPa)	挠曲模量 (MPa)	挠曲强度 (MPa)
比较例 A	94	9.7	3133	63.8	2381	109
实施例 1	92	12.5	3308	71.9	2965	116
实施例 2	95	10.6	3450	72.9	2987	118

[0075] 对于本领域技术人员,显然可以在不背离本发明的范围的情况下,可以对上述方法进行变化。因此,本文中公开的所有内容均是仅作为说明性的,并不作为限制本发明的保护范围。而且,本发明的方法不是由上述所述的包括它们所提及的表的具体实施例限制的。而是,这些实施例和它们所提及的表都是对本发明的方法的说明。