



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101701058 A

(43) 申请公布日 2010. 05. 05

(21) 申请号 200910194020. 6

(22) 申请日 2009. 11. 19

(71) 申请人 中国科学院广州化学研究所
地址 510650 广东省广州市天河区兴科路
368 号

(72) 发明人 刘伟区 王政芳

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 裘晖

(51) Int. Cl.

C08G 59/02 (2006. 01)

C07F 7/18 (2006. 01)

C08G 59/32 (2006. 01)

C08L 63/00 (2006. 01)

权利要求书 2 页 说明书 9 页

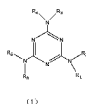
(54) 发明名称

一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂
及其制备方法和应用

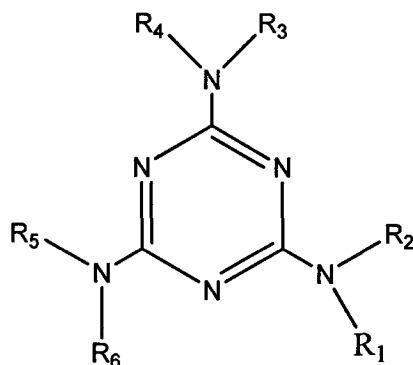
(57) 摘要

本发明涉及环氧树脂,具体涉及一种含三聚
氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂及其制备方法和
应用,所述环氧树脂具有如式(1)所示的结构,其
中,R₁,R₂,R₃,R₄,R₅,R₆为氢或者环氧硅烷基;且R₁,
R₂,R₃,R₄,R₅,R₆不能同时为氢。该环氧树脂的制
备方法是将三聚氰胺和甲醛溶液在 pH = 7-10 条
件下于反应,然后加入催化剂及环氧基硅烷,进行
水解缩合反应。该环氧树脂的固化物或与其他环
氧树脂复合后的固化物具有优异的阻燃性能和力

学性能。



1. 一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂,其特征在于:其具有如式(1)所示的结构通式:



(1)

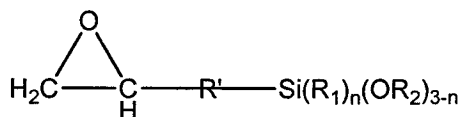
式(1)中, R1, R2, R3, R4, R5, R6 为氢或者 $\text{R}-\text{Si}(\text{OH})_2-\text{O}-\text{CH}_2$ 且 R1, R2, R3, R4, R5, R6 不能同时为氢; R 为含有环氧基的 C_{1-10} 烷基;

同时为氢; R 为含有环氧基的 C_{1-10} 烷基。

2. 一种根据权利要求1所述的一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的制备方法,其特征在于包括如下步骤:

按照重量份计,将100份的三聚氰胺和64.35-390份的质量分数为20%-37%的甲醛溶液在 $\text{PH} = 7-10$ 条件下于 $60-90^\circ\text{C}$ 反应20-80分钟,然后加入催化剂及150-1200份环氧基硅烷在 $60-100^\circ\text{C}$ 下水解缩合反应1-5小时。

3. 根据权利要求2所述的一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的制备方法,其特征在于:所用的环氧基硅烷的结构如式(2)所示:



(2)

式(2)中, R' 为3~18个碳的直链或者侧链烃基链结;

R₁ 为甲基、乙基、正丙基、异丙基或丁基;

R₂ 为甲基、乙基、正丙基、异丙基或丁基;

n 为0或者1。

4. 根据权利要求2或3所述的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的制备方法,其特征在于:所述的催化剂包括二丁基二月桂酸锡,三乙氨,三苯基磷,三氯化铝,二氯化锌或三氯化铁。

5. 根据权利要求2或3所述的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的制备方法,其特征在于:所述催化剂的用量为反应体系物质总重量的0.05%-1%。

6. 根据权利要求5所述的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的制备方法,其特征在于:所述催化剂的用量为反应体系物质总重量的0.1-0.5%。

7. 一种根据权利要求 1 所述的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的应用,其特征
在于:是单独与其他环氧树脂混合使用;

所述的其他环氧树脂包括双酚 A 型环氧树脂,双酚 F 型环氧树脂,双酚 A 型酚醛环氧树
脂和酚醛环氧树脂中的任一种或两种以上的混合物。

8. 根据权利要求 7 所述的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的应用,其特征在
于:所述双酚 A 型环氧树脂的环氧值为 0.10-0.56mol/100g,双酚 F 型环氧树脂的环氧值为
0.40-0.80mol/100g,双酚 A 型酚醛环氧树脂的环氧值为 0.30-0.60mol/100g,酚醛环氧树
脂的环氧值为 0.3-0.5mol/100g。

9. 根据权利要求 7 或 8 任一项所述的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的应用,
其特征在于:使用时添加高温固化剂;

所述的高温固化剂包括胺类固化剂,双氰胺类和酚醛树脂中的任意一种或者两种以上
的混合物。

10. 根据权利要求 9 任一项所述的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的应用,其
特征在于:所述的胺类固化剂为间苯二胺,对苯二胺,间苯二甲胺,4,4'-二氨基二苯基甲
烷或 4,4'-二氨基二苯砜;

所述的双氰胺类固化剂为双氰双胺或双氰胺衍生物;

所述的酚醛树脂固化剂为线性邻甲酚醛树脂或者酚醛树脂,羟基当量为 90-160。

一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂及其制备方法和应用

技术领域

[0001] 本发明涉及环氧树脂,涉及一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂及其制备方法和应用。

技术背景

[0002] 环氧树脂因其具有优异的力学性能,粘结性能,电学性能,稳定性及固化收缩率低等,被广泛应用于建筑,涂料,胶黏剂及电子电器材料等领域。然而,普通环氧树脂的固化物存在脆性,易疲劳,耐热性、阻燃性不足等缺点,例如普通环氧树脂的极限氧指数仅为 19.8,属于易燃材料,使得环氧树脂使用时存在着安全隐患。因此,如何提高环氧树脂的阻燃性能,使之更好的满足日益广泛的应用领域,成为国内外研究的热点。

[0003] 目前,市场上应用最多的阻燃型环氧树脂是含有卤素的环氧树脂如四溴双酚 A 环氧树脂,但是此类环氧树脂燃烧过程中会产生多溴二苯并呋喃和多溴代二苯并二噁烷等对人体有毒害的物质。因此,研究无卤阻燃型的环氧树脂成为目前研究的热点。提高环氧树脂阻燃性的方法主要有添加法和反应法两类。添加法即在环氧树脂中加入无卤阻燃剂使得环氧树脂的固化物达到阻燃性的目的,但是添加法所加入的阻燃剂在使用过程中很容易迁移出来,仍然会使得环氧树脂的使用存在安全隐患。反应型的无卤阻燃环氧树脂是将阻燃性的基团通过与环氧树脂或者环氧树脂固化剂反应的方法将阻燃性结构引入到环氧树脂的交联网络中去,这种方法所得到的环氧树脂克服了添加法制备的无卤阻燃型环氧树脂在使用过程中因添加剂的流逝而带来的环氧树脂使用时的安全隐患等问题,可以达到良好的阻燃效果,并且具有极好的热稳定性和成碳率。因此利用这种环保阻燃性的环氧树脂来代替含有卤素阻燃性的环氧树脂具有十分重大的意义。

[0004] 近年来,关于环保阻燃的环氧树脂的研究主要集中在有机硅有机磷改性环氧树脂领域。根据高分子结构与性能关系的原理,这类有机硅或者有机磷改性的环氧树脂相对于普通环氧树脂具有较好的阻燃效果,但是往往会使得环氧树脂的热性能及力学性能下降。

发明内容:

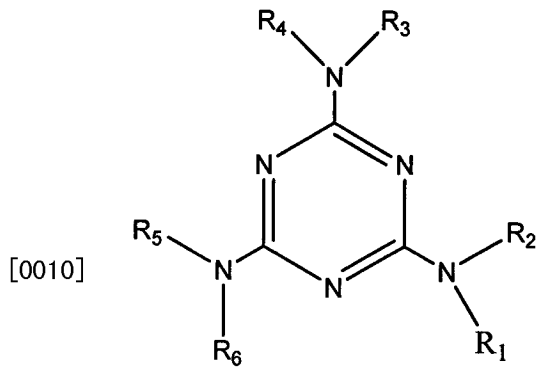
[0005] 针对上述现有技术存在的技术问题,本发明的目的是提供一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂,具有较好的阻燃性,耐热性和力学性能。

[0006] 本发明的另一个目的是提供上述三聚氰胺有机硅杂化物环氧树脂的制备方法。该环氧树脂是三聚氰胺经甲醛羟甲基化后,与有机硅化合物的水解后的物质进行原位反应得到的。

[0007] 本发明的再一目的是提供上述环氧树脂的具体应用方式。

[0008] 为了达到以上目的,本发明提供了如下的技术方案:

[0009] 一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂,其具有如式(1)所示的结构通式:

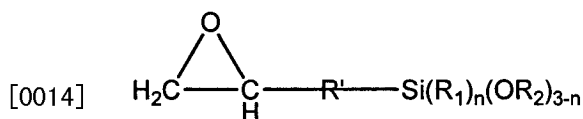


(1)

[0011] 其中, $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ 为氢或者 $R-Si(OH)_2-CH_2$ 且 $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ 不能同时为氢; R 为含有环氧基的 C_{1-10} 烷基。

[0012] 本发明还提供一种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的制备方法, 包括如下步骤:

[0013] 按照重量份计, 将 100 份的三聚氰胺和 64.35-390 份的质量分数为 20% -37% 的甲醛溶液在 $PH = 7-10$ 条件下于 $60-90^\circ C$ 反应 20-80 分钟, 然后加入催化剂及 150-1200 份环氧基硅烷在 $60-100^\circ C$ 下水解缩合反应 1-5 小时作为优选, 所用的环氧基硅烷的结构如式 (2) 所示:



(2)

[0015] 式 (2) 中, R' 为 3 ~ 18 个碳的直链或者侧链烃基链结;

[0016] R_1 为甲基、乙基、正丙基、异丙基或丁基;

[0017] R_2 为甲基、乙基、正丙基、异丙基或丁基;

[0018] n 为 0 或者 1。

[0019] 作为优选, 所述的催化剂包括二丁基二月桂酸锡, 三乙氨, 三苯基磷, 三氯化铝, 二氯化锌或三氯化铁。

[0020] 作为优选, 所述催化剂的用量为为反应体系物质总重量的 0.05% -1%, 更优选 0.1-0.5%。

[0021] 本发明还提供上述含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的应用, 可以是单独或与其他环氧树脂混合使用; 所述的其他环氧树脂包括双酚 A 型环氧树脂, 双酚 F 型环氧树脂, 双酚 A 型酚醛环氧树脂和酚醛环氧树脂中的任一种或两种以上的混合物。

[0022] 上述应用中, 作为优选, 所述双酚 A 型环氧树脂的环氧值为 0.10-0.56mol/100g, 双酚 F 型环氧树脂的环氧值为 0.40-0.80mol/100g, 双酚 A 型酚醛环氧树脂的环氧值为 0.30-0.60mol/100g, 酚醛环氧树脂的环氧值为 0.3-0.5mol/100g。

[0023] 作为优选,使用时添加高温固化剂;所述的高温固化剂包括胺类固化剂,双氰胺类和酚醛树脂中的任意一种或者两种以上的混合物;

[0024] 更优选地,所述的胺类固化剂为间苯二胺,对苯二胺,间苯二甲胺,4,4'-二氨基二苯基甲烷或4,4'-二氨基二苯砵;

[0025] 所述的双氰胺类固化剂为双氰双胺或双氰胺衍生物;

[0026] 所述的酚醛树脂固化剂为线性邻甲酚醛树脂或者酚醛树脂,羟基当量为90-160。

[0027] 本发明提供的环氧树脂是纳米尺度的杂化物,中间内核有机基团是刚性阻燃性的三聚氰胺基团,外围是含有环氧基的硅烷偶联剂。数均分子量在500-10000之间,能够作为耐热阻燃型的环氧树脂使用,或者与通用的环氧树脂复合使用。本发明与原有的技术相比具有如下的优点:

[0028] (1) 本发明的环氧树脂的固化物的极限氧指数LOI在19.8-40之间,冲击强度在10.8-28kJ/m²。与纯环氧树脂固化物的极限氧指数19.8及冲击强度10.8kJ/m²相比具有较大提高。

[0029] (2) 本发明的环氧树脂与其他环氧树脂复合使用时,能够同时提高环氧树脂的阻燃性及韧性。

具体实施例

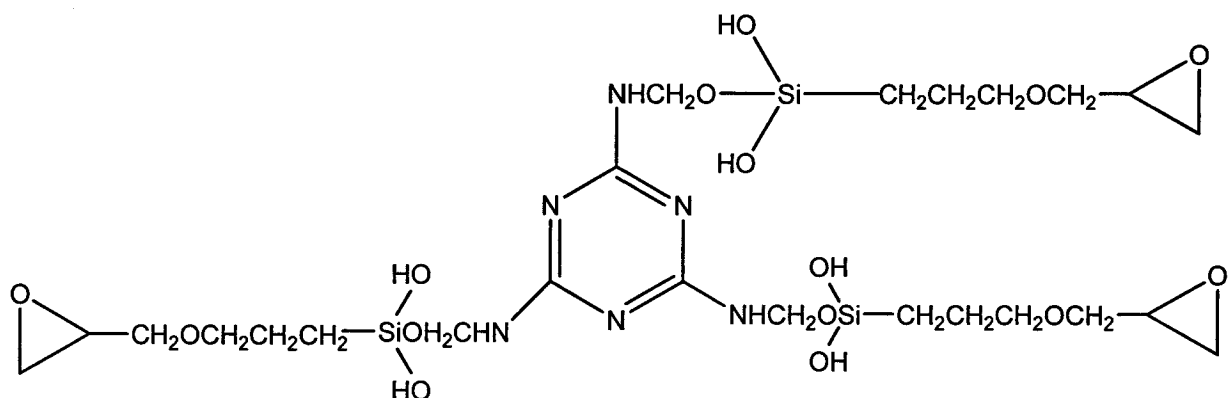
[0030] 为了进一步说明本发明,现提供一些本发明的实施例,但是本发明的保护不限于一下实施例。

[0031] 实施例1

[0032] 将100g三聚氰胺和37%的甲醛溶液193.5g加入到反应瓶内,调节PH=8,在65℃下搅拌反应25分钟,然后加入0.293g二丁基二月桂酸锡催化剂,升高温度至80℃下,加入γ-环氧丙氧基三甲氧基硅烷375g,搅拌下反应1.5小时,得到所需要的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂。


[0033] 其化学结构式为:

[0034]



[0035] 红外光谱数据如下所示:

[0036] FT-IR(500-4000cm⁻¹):3365cm⁻¹(-OH, -NH₂),2935cm⁻¹,2868cm⁻¹(C-H),2385⁻¹(C =

N-), 1578cm^{-1} ( 环吸收), $1235, 1182\text{cm}^{-1}$ (Si-O-Si), $1085, 1032\text{cm}^{-1}$ (C-O-C)。

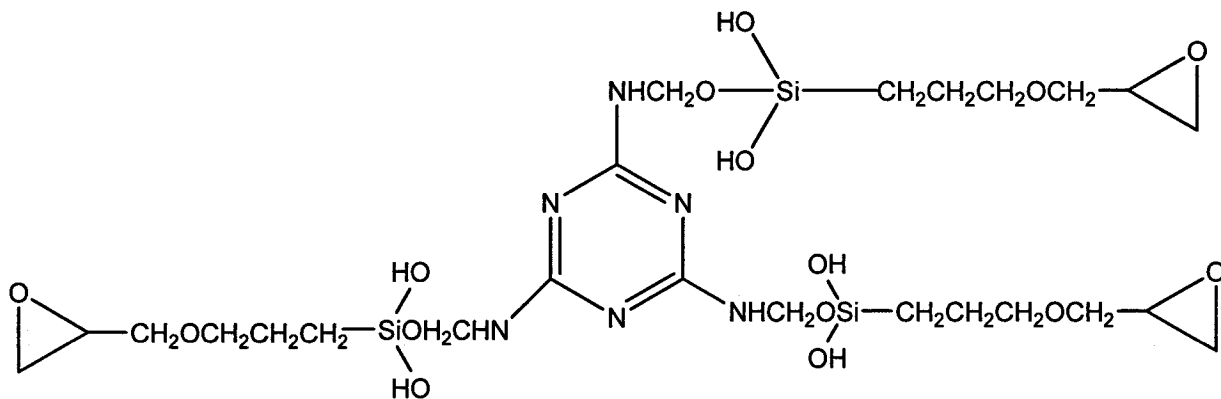
[0037] 根据分子式计算所得含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的环氧值为 $0.377\text{mol}/100\text{g}$, 实际测得的数值为 $0.375\text{mol}/100\text{g}$, 与理论值一致。

[0038] 将上述所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构 30g 与双酚 A 环氧树脂 (环氧值: $0.51\text{mol}/100\text{g}$) 70g 加入到烧杯中, 在 30°C 下复合后得到含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂, 然后这种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂用 4,4'-二氨基二苯基甲烷 21.09g 进行固化。所得固化物的冲击强度为 $13.52\text{kJ}/\text{m}^2$, LOI 为 32.7。

[0039] 实施例 2

[0040] 将 100g 三聚氰胺和 37% 的甲醛溶液 257.4g 加入到反应瓶内, 调节 $\text{PH} = 7.5$, 在 70°C 下搅拌反应 25 分钟, 然后加入 0.293g 二丁基二月桂酸锡催化剂, 升高温度至 75°C 下, 加入 γ -环氧丙氧基三甲氧基硅烷 375g , 搅拌下反应 1 小时, 得到所需要的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂。其化学结构式为:

[0041]



[0042] 由于制备含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂所使用的原理相同, 所以本实施例及实施例 3, 实施例 4, 实施例 5, 实施例 6, 实施例 7 可以参考实施例 1 的相关数据, 不再提供谱图数据。

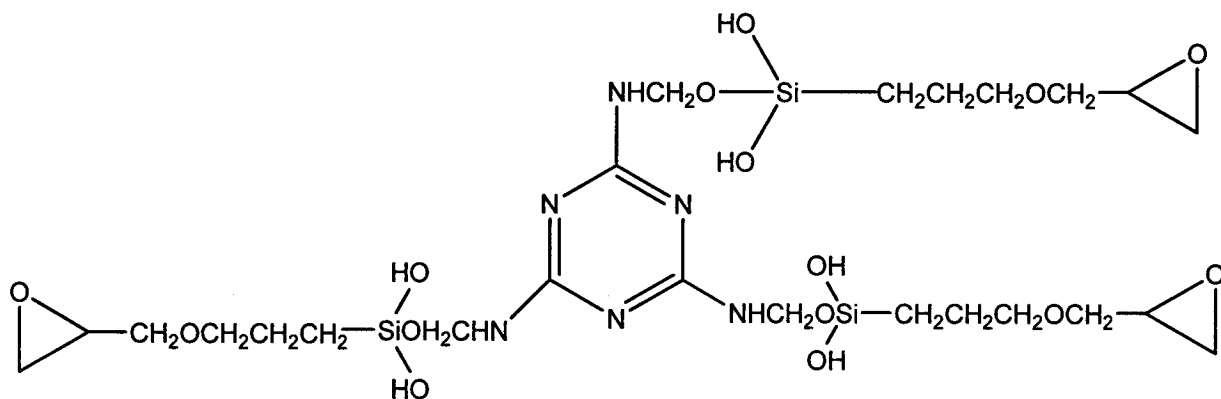
[0043] 实施例 2 中根据分子式计算所得含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的环氧值为 $0.377\text{mol}/100\text{g}$, 实际测得的数值为 $0.36\text{mol}/100\text{g}$, 与理论值基本一致。

[0044] 将上述所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂 20g 与双酚 A 环氧树脂 (环氧值: $0.54\text{mol}/100\text{g}$) 80g 加入到烧杯中, 在 80°C 下复合后得到含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂与双酚 A 环氧树脂的复合物, 然后这种含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂用 4,4'-二氨基二苯基甲烷 23.36g 进行固化。所得固化物的冲击强度为 $16.03\text{kJ}/\text{m}^2$, LOI 为 28.0。

[0045] 实施例 3

[0046] 将 100g 三聚氰胺和 37% 的甲醛溶液 193.5g 加入到反应瓶内, 调节 $\text{PH} = 8$, 在 60°C 下搅拌反应 25 分钟, 然后加入 0.290g 三乙胺催化剂, 升高温度至 85°C 下, 加入 γ -环氧丙氧基三乙氧基硅烷 441.3g , 搅拌下反应 1.5 小时, 得到所需要的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂。其化学结构式为:

[0047]

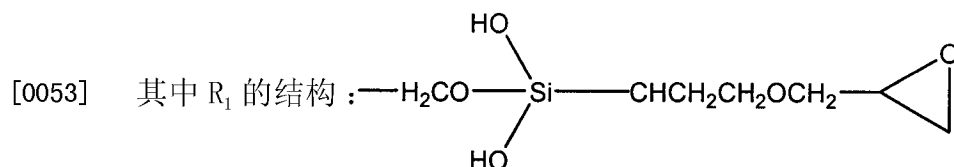
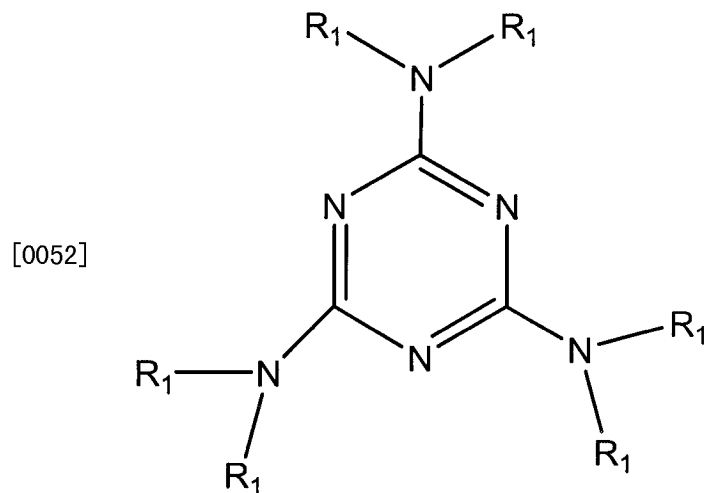


[0048] 根据分子式计算所得含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的环氧值为 0.377mol/100g,实际测得的数值为 0.374mol/100g,与理论值基本一致。

[0049] 将上述所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂 40g 与双酚 A 酚醛环氧树脂 (环氧值 :0.45mol/100g)60g 加入到烧杯中,在 30℃下复合后得到含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂与双酚 A 酚醛环氧树脂的复合物,然后这种含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂与双酚 A 酚醛环氧树脂复合物用 4,4’二氨基二苯砜 19.99g 进行固化。所得固化物的冲击强度为 21.46kJ/m²,LOI 为 36.5。

[0050] 实施例 4

[0051] 将 100g 三聚氰胺和 37%的甲醛溶液 387g 加入到反应瓶内,调节 PH = 8,在 75℃下搅拌反应 60 分钟,然后加入 0.293g 二丁基二月桂酸锡催化剂,升高温度至 80℃下,加入 γ-环氧丙氧基三甲氧基硅烷 1125g,搅拌下反应 1.5 小时,得到所需要的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂。其化学结构式为 :



[0054] 根据分子式计算所得到的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂的环氧值为 0.410mol/100g,实际测定的环氧值为 0.409mol/100g,实际值与理论值基本一致。

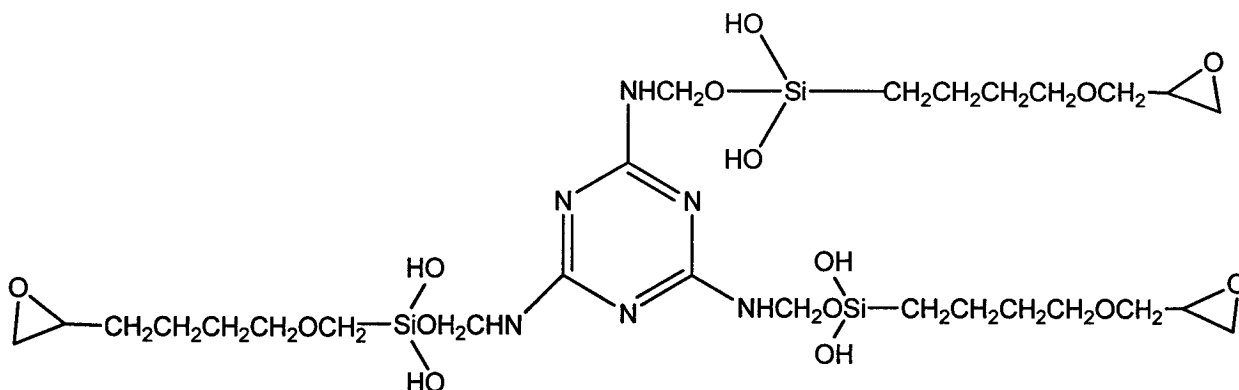
[0055] 将上述所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂 10g 与双酚 A 环氧树脂 (环氧值 :0.51mol/100g)70g 与双酚 A 酚醛环氧树脂 (环氧值 :0.50mol/100g)20g 加入到烧杯中,在 35℃下复合后得到含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物,然后这种含三聚氰

胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物用 4,4'-二氨基二苯基甲烷 23.94g 进行固化。所得固化物的冲击强度为 19.6kJ/m², LOI 为 25.2。

[0056] 实施例 5

[0057] 将 100g 三聚氰胺和 37% 的甲醛溶液 193.5g 加入到反应瓶内, 调节 PH = 8, 在 65°C 下搅拌反应 25 分钟, 然后加入 0.293g 二丁基二月桂酸锡催化剂, 升高温度至 80°C 下, 加入 γ -环氧丁氧基三甲氧基硅烷 318g, 搅拌下反应 2 小时, 即得到所需要的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂。其化学结构式为:

[0058]



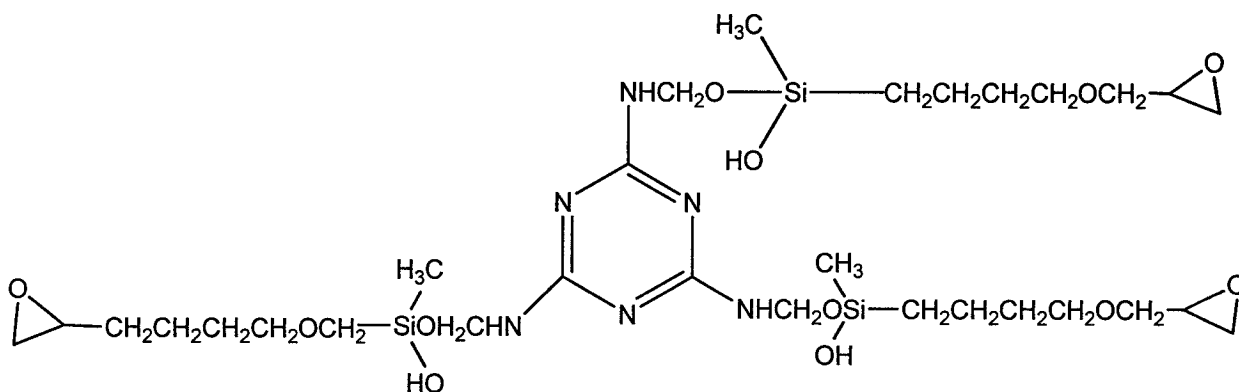
[0059] 根据化学式计算所得到的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的环氧值为: 0.358mol/100g, 实际测定值为: 0.355mol/100g, 实际值与理论值基本一致。

[0060] 将上述所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂 20g 与双酚 A 环氧树脂 (环氧值: 0.44mol/100g) 20g 与双酚 A 酚醛环氧树脂 (环氧值: 0.51mol/100g) 60g 与加入到烧杯中, 在 60°C 下复合后得到含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物, 然后这种含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物用 4,4'-二氨基二苯基甲烷 2.03g 及酚醛树脂 (羟基当量: 105g/mol) 41.38g 进行固化。所得固化物的冲击强度为 15.82kJ/m², LOI 为 30.2。

[0061] 实施例 6

[0062] 将 100g 三聚氰胺和 37% 的甲醛溶液 193.5g 加入到反应瓶内, 调节 PH = 8, 在 85°C 下搅拌反应 25 分钟, 然后加入 0.293g 二丁基二月桂酸锡催化剂, 升高温度至 90°C 下, 加入 γ -环氧丁氧基甲基二乙氧基硅烷 623.81g, 搅拌下反应 1 小时, 即得到所需要的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂。其化学结构式为:

[0063]



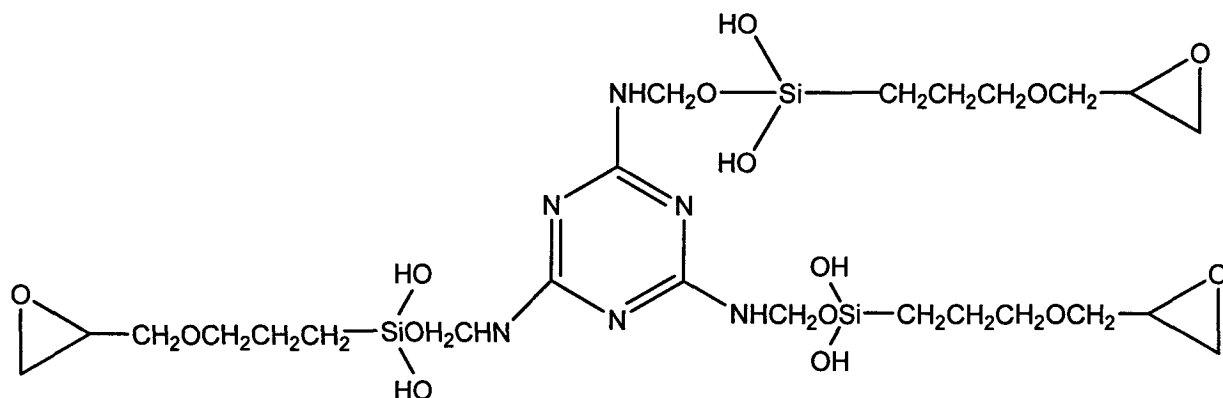
[0064] 根据化学式计算所得到的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的环氧值为: 0.361mol/100g, 实际测定值为: 0.359mol/100g, 实际值与理论值基本一致。

[0065] 将上述所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂 50g 与双酚 A 环氧树脂（环氧值： $0.51\text{mol}/100\text{g}$ ）30g 及双酚 A 型酚醛环氧树脂（环氧值： $0.36\text{mol}/100\text{g}$ ）20g 加入到烧杯中，在 50°C 下复合后得到含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物，然后这种含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物用 4,4'-二氨基二苯基甲烷 6.45g 和酚醛树脂（羟基当量： $100\text{g}/\text{mol}$ ）22.50g 进行固化。所得固化物的冲击强度为 $26.83\text{kJ}/\text{m}^2$ ，LOI 为 38.2。

[0066] 实施例 7

[0067] 将 100g 三聚氰胺和 37% 的甲醛溶液 193.5g 加入到反应瓶内，调节 $\text{PH} = 8$ ，在 65°C 下搅拌反应 25 分钟，然后加入 0.293g 三氯化铝催化剂，升高温度至 80°C 下，加入 γ -环氧丙氧基三甲氧基硅烷 375g，搅拌下反应 1.5 小时，即得到所需要的含三聚氰胺有机硅杂化结构。其化学结构式为：

[0068]



[0069] 根据分子式计算所得含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂的环氧值为 $0.377\text{mol}/100\text{g}$ ，实际测得的数值为 $0.374\text{mol}/100\text{g}$ ，与理论值一致。

[0070] 将上述所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构 30g 与双酚 F 环氧树脂（环氧值： $0.51\text{mol}/100\text{g}$ ）70g 加入到烧杯中，在 30°C 下复合后得到含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物，然后这种含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂复合物用酚醛树脂（羟基当量： $105\text{mol}/\text{g}$ ）44.99g 进行固化。所得固化物的冲击强度为 $21.52\text{kJ}/\text{m}^2$ ，LOI 为 36.9。

[0071] 对比实施例 1

[0072] 本发明所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂 (N/Si-epoxy)，双酚 A 型环氧树脂 (E-51) 30°C 下复合后，加入化学计算量的固化剂 4,4'-二氨基二苯基甲烷 (DDM) 进行固化。所谓化学计算量指的是复合体系中的环氧基量和固化剂 4,4'-二氨基二苯基甲烷中氨基氢的量按照 1 : 1 摩尔比进行计算所得到的 4,4'-二氨基二苯基甲烷的量。含三聚氰胺有机硅杂化结构的环氧树脂固化物性能指标如表 1 所示。表 1 中所使用的 N/Si-epoxy 的制备方法如下：按照重量分数计，将 100 份三聚氰胺与 193.05 份 37% 的甲醛溶液在 $\text{PH} = 9$ 条件下进行羟甲基化反应 30 分钟，然后加入 374.60 份 γ -环氧丙氧基三甲氧基硅烷在 0.67g 催化剂催化。

[0073] 结果表明：在胺类固化剂固化下，所合成的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂与双酚 A 型环氧树脂相比，冲击强度提高到 $28.52\text{kJ}/\text{m}^2$ ，极限氧指数提高了近一倍。所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂与双酚 A 型环氧树脂形成的复合环氧树脂固化物的冲击强度随着含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂加入量的提高表现出现升高后下降的趋势，而极限氧指数则是简单的呈现升高的趋势。说明所合成的三聚氰胺有机硅杂化结

构环氧树脂可以明显提高环氧树脂的力学性能及阻燃性能。

[0074] 表 1 含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂固化物性能指标

[0075]

序号	N/Si-epoxy	E-51	DDM	冲击强度 /kJ/m ²	极限氧指数 (LOI)/%
1	100	0	11.65	28.52	39.8
2	0	100	25.13	10.80	19.8
3	10	100	26.30	18.20	24.8
4	30	100	28.63	15.47	29.6
5	50	100	30.96	12.85	35.8

[0076] 对比实施例 2

[0077] 本发明所制备的含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂 (N/Si-epoxy) 不仅可以用氨基固化剂进行固化,而且可以用酚醛树脂进行固化。表 2 给出了酚醛树脂 (PN) 固化 N/Si-epoxy 与双酚 A 型酚醛树脂 (Epoxy) 固化物的性能指标。其中双酚 A 酚醛环氧树脂的环氧值为 0.44mol/100g,酚醛树脂固化剂的羟基当量为 100,N/Si-epoxy 的制备方法如下:将 100g 三聚氰胺和 195g37%的甲醛溶液混合,调节 PH = 9,在 80℃下反应 20 分钟,然后再加入催化剂三苯基磷 1.5g,及对苯甲基缩水甘油醚三甲氧基硅烷 609.52g,在 80℃下反应 1 小时得到含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂。

[0078] 结果表明:在酚醛树脂作为固化剂的条件下,含三聚氰胺有机硅杂化环氧树脂与双酚 A 型环氧树脂形成的复合环氧树脂的极限氧指数随着含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂量的增加而增加,而冲击强度则呈现出先增加而后降低的趋势。说明在三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂含量一定的条件下,可是使得环氧树脂的力学性能及阻燃性同时提高。

[0079] 表 2 含三聚氰胺有机硅杂化结构环氧树脂固化物性能指标

[0080]

序号	N/Si-epoxy	Epoxy	PN	冲击强度 /kJ/m ²	极限氧指数 (LOI) /%
1	0	100	44.00	11.52	20.3
2	20	80	40.46	15.73	24.7
3	50	50	35.16	22.44	29.6

序号	N/Si-epoxy	Epoxy	PN	冲击强度 /kJ/m ²	极限氧指数 (LOI) /%
4	80	20	29.86	25.60	35.2
5	100	0	26.32	21.21	39.5

[0081] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。