



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1989188 B

(45) 授权公告日 2010.05.12

(21) 申请号 200580024262.0

C08K 5/00 (2006.01)

(22) 申请日 2005.07.19

C08J 3/22 (2006.01)

(30) 优先权数据

163100 2004.07.19 IL

(56) 对比文件

US 6579911 B1, 2003.06.17, 权利要求 1.

WO 91/19758 A1, 1991.12.26, 全文.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2007.01.18

GB 1107283 A, 1968.03.27, 说明书第 1-2

页.

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/IL2005/000767 2005.07.19

审查员 黄姗

(87) PCT 申请的公布数据

W02006/013554 EN 2006.02.09

(73) 专利权人 溴化物有限公司

地址 以色列比尔谢瓦

(72) 发明人 纽里特·科恩伯格 雅各布·奥伦

斯马达·西尼 迈克尔·佩莱德

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 于辉

(51) Int. Cl.

C08J 9/00 (2006.01)

C08K 5/03 (2006.01)

权利要求书 4 页 说明书 18 页

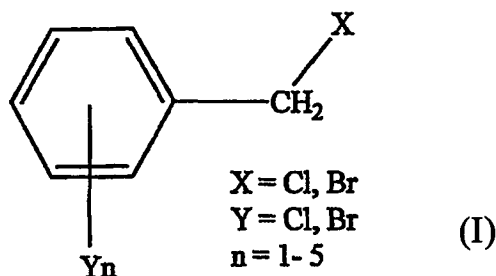
(54) 发明名称

阻燃聚苯乙烯

(57) 摘要

本发明涉及一种苯乙烯系聚合物组合物,其包括阻燃有效量的式 (I) 的化合物: $(C_6H_{(5-n)}Y_n)CH_2X$, 其中 X 是 Cl 或 Br, Y 是 Cl 或 Br, 和 n 是 1-5 的整数;或两种或两种以上的所述式 (I) 的化合物的混合物或它们的同系物及衍生物;或其它的 Br-FR。

1. 苯乙烯系聚合物组合物,其包括阻燃有效量的式 (I) 的化合物, $(C_6H_{(5-n)}Y_n)CH_2X$:



其中 :

X 是 Cl 或 Br ;

Y 是 Cl 或 Br ;和

n 是 1-5 的整数 ;

或两种或两种以上的所述式 (I) 的化合物的混合物。

2. 如权利要求 1 所述的聚合物组合物,其中,至少一种所述式 (I) 的化合物是五溴苯甲基溴。

3. 如权利要求 1 所述的聚合物组合物,其中,所述苯乙烯系聚合物为泡沫聚苯乙烯。

4. 如权利要求 1 所述的聚合物组合物,其中,所述苯乙烯系聚合物是注塑级别的纯净的聚苯乙烯。

5. 如权利要求 1 所述的组合物,其中,所述式 (I) 的化合物选自 1,2,3,4- 四溴 -5- 溴甲基 -6- 氯 - 苯、1,2,4- 三溴 -6- 溴甲基 -3,5- 二氯 - 苯、1,2,3,4,5- 五溴 -6- 氯甲基 - 苯以及 1,2,4- 三溴 -5- 溴甲基 - 苯。

6. 如权利要求 1 所述的组合物,其中,所述组合物进一步包括增效剂、流动促进剂、或它们的组合,其中所述增效剂选自磷酸酯或磷化合物。

7. 如权利要求 6 所述的组合物,其中,基于 100% 的苯乙烯聚合物,所述磷化合物以 0.1 重量%至 10.0 重量%的量存在。

8. 如权利要求 7 所述的组合物,其中,基于 100% 的苯乙烯聚合物,所述磷化合物以 0.5 重量%至 2.0 重量%的量存在。

9. 如权利要求 6 所述的组合物,其中,所述磷化合物是 4,4' - 双酚双 (磷酸二苯酯)。

10. 如权利要求 6 所述的组合物,其中,所述磷化合物是磷酸三苯酯。

11. 如权利要求 6 所述的组合物,其中,所述流动促进剂选自二甲基二苯基丁烷 ;二异丙苯过氧化物 ; α , α' - 双 - 叔 - 丁基过氧二异丙苯 ;2,3- 二甲基 -2,3- 二苯基丁烷 ;双 (α - 苯基乙基) 砜 ;1,1' - 二苯基二环己烷 ;2,2' - 二甲基 -2,2' - 偶氮丁烷 ;2,2' - 二溴 -2,2' - 偶氮丁烷 ;2,2' - 二氯 -2,2' - 偶氮丁烷 ;2,2' - 二甲基 -2,2' - 偶氮丁烷 -3,3' 4,4' - 四羧酸 ;1,1' - 二苯基二环戊烷 ;2,5- 双 (三溴甲基) -1,3,4- 噻二唑 ;顺丁烯二酸二辛基锡和顺丁烯二酸二丁基锡。

12. 如权利要求 11 所述的组合物,其中,基于 100% 的苯乙烯聚合物,所述流动促进剂以 0.01 重量%至 0.2 重量%的量存在。

13. 如权利要求 12 所述的组合物,其中,基于 100% 的苯乙烯聚合物,所述流动促进剂以 0.02 重量%至 0.1 重量%的量存在。

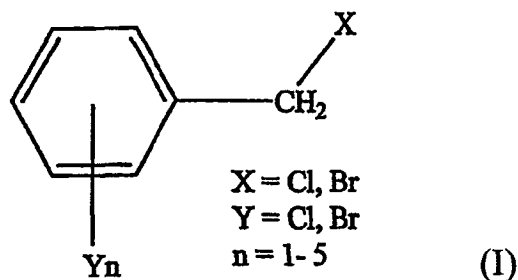
14. 如权利要求 11 所述的组合物,其中,所述流动促进剂是二异丙苯 (2,3- 二甲基 -2,

3-二苯基丁烷)。

15. 如权利要求 1 所述的组合物,其进一步包括其它的阻燃添加剂。

16. 如权利要求 15 所述的组合物,其中,所述添加剂选自三(三溴新戊基)磷酸酯、三溴新戊醇、四溴双酚 A、双(2,3-二溴丙基醚)、溴代环氧低聚物、三-烯丙基异氰脲酸酯、双十二烷基 3,3'-硫代二丙酸酯、1,3-丙二胺、NOR-116 和它们的混合物。

17. 一种制备苯乙烯系聚合物组合物的母料,所述组合物包括阻燃有效量的式 (I) 的化合物:



其中:

X 是 Cl 或 Br;

Y 是 Cl 或 Br;和

n 是 1-5 的整数;

或两种或两种以上的所述式 (I) 的化合物的混合物。

18. 如权利要求 17 所述的母料,其中,所述式 (I) 的化合物是五溴苯甲基溴。

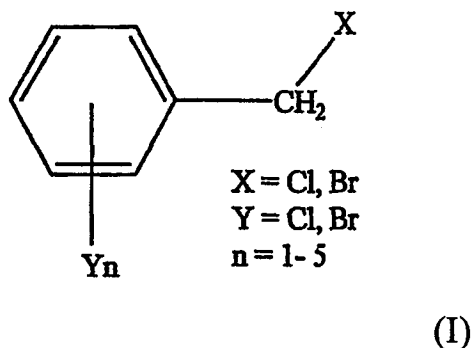
19. 如权利要求 17 或 18 所述的母料,其中,所述聚合物是聚苯乙烯。

20. 如权利要求 17 所述的母料,其中,所述式 (I) 的化合物选自 1,2,3,4-四溴-5-溴甲基-6-氯-苯、1,2,4-三溴-6-溴甲基-3,5-二氯-苯、1,2,3,4,5-五溴-6-氯甲基-苯以及 1,2,4-三溴-5-溴甲基-苯。

21. 如权利要求 17 所述的母料,其进一步包括其它的阻燃添加剂。

22. 如权利要求 21 所述的母料,其中,所述添加剂选自三(三溴新戊基)磷酸酯、三溴新戊醇、四溴双酚 A、双(2,3-二溴丙基醚)、溴代环氧低聚物、三-烯丙基异氰脲酸酯、双十二烷基 3,3'-硫代二丙酸酯、1,3-丙二胺、NOR-116 和它们的混合物。

23. 一种泡沫苯乙烯系聚合物,其包括阻燃有效量的式 (I) 化合物:



其中:

X 是 Cl 或 Br;

Y 是 Cl 或 Br;和

n 是 1-5 的整数;

或两种或两种以上的所述式 (I) 的化合物的混合物。

24. 如权利要求 23 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其为聚苯乙烯。

25. 如权利要求 23 或 24 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 至少一种所述式 (I) 的化合物是五溴苯甲基溴。

26. 如权利要求 23 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 所述式 (I) 的化合物选自 1, 2, 3, 4- 四溴 -5- 溴甲基 -6- 氯 - 苯、1, 2, 4- 三溴 -6- 溴甲基 -3, 5- 二氯 - 苯、1, 2, 3, 4, 5- 五溴 -6- 氯甲基 - 苯以及 1, 2, 4- 三溴 -5- 溴甲基 - 苯。

27. 如权利要求 23 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其进一步包括其它的阻燃添加剂。

28. 如权利要求 27 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 所述添加剂选自三 (三溴新戊基) 磷酸酯、三溴新戊醇、四溴双酚 A、双 (2, 3- 二溴丙基醚)、溴代环氧低聚物、三 - 烯丙基异氰脲酸酯、双十二烷基 3, 3' - 硫代二丙酸酯、1, 3- 丙二胺、NOR-116 和它们的混合物。

29. 如权利要求 24 或 27 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其由母料制备, 所述母料包括如权利要求 1 中定义的阻燃有效量的式 (I) 的化合物。

30. 如权利要求 23 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其是通过挤出制得的。

31. 如权利要求 23 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 所述苯乙烯系聚合物进一步包括增效剂、流动促进剂或它们的组合, 其中所述增效剂选自磷酸酯或磷化合物。

32. 如权利要求 31 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 基于 100% 的苯乙烯聚合物, 所述磷化合物以 0.1 重量% -10.0 重量% 的量存在。

33. 如权利要求 31 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 基于 100% 的苯乙烯聚合物, 所述磷化合物以 0.5 重量% -2.0 重量% 的量存在。

34. 如权利要求 31 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 所述磷化合物是 4, 4' - 双酚双 (磷酸二苯酯)。

35. 如权利要求 31 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 所述磷化合物是磷酸三苯酯。

36. 如权利要求 31 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 所述流动促进剂选自二甲基二苯基丁烷; 二异丙苯过氧化物; α, α' - 双 - 叔 - 丁基过氧二异丙苯; 2, 3- 二甲基 -2, 3- 二苯基丁烷; 双 (α - 苯基乙基) 砒; 1, 1'- 二苯基二环己烷; 2, 2'- 二甲基 -2, 2'- 偶氮丁烷; 2, 2'- 二溴 -2, 2'- 偶氮丁烷; 2, 2'- 二氯 -2, 2'- 偶氮丁烷; 2, 2'- 二甲基 -2, 2'- 偶氮丁烷 -3, 3' 4, 4'- 四羧酸; 1, 1'- 二苯基二环戊烷; 2, 5- 双 (三溴甲基) -1, 3, 4- 噻二唑; 顺丁烯二酸二辛基锡和顺丁烯二酸二丁基锡。

37. 如权利要求 31 或 36 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 基于 100% 的苯乙烯聚合物, 所述流动促进剂以 0.01 重量% 至 0.2 重量% 的量存在。

38. 如权利要求 37 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 基于 100% 的苯乙烯聚合物, 所述流动促进剂以 0.02 重量% 至 0.1 重量% 的量存在。

39. 如权利要求 31 所述的泡沫苯乙烯系聚合物, 其中, 所述流动促进剂是二异丙苯 (2, 3- 二甲基 -2, 3- 二苯基丁烷)。

40. 一种使泡沫聚苯乙烯阻燃的方法, 其包括向所述泡沫聚苯乙烯中加入有效量的五溴苯甲基溴。

41. 如权利要求 40 所述的方法, 其进一步包括加入增效剂、流动促进剂或它们的组合, 其中所述增效剂选自磷酸酯或磷化合物。

42. 如权利要求 41 所述的方法,其中,所述磷化合物是 4,4'-双酚双(磷酸二苯酯)。
43. 如权利要求 41 所述的方法,其中,所述磷化合物是磷酸三苯酯。
44. 如权利要求 41 所述的方法,其中,所述流动促进剂是二异丙苯(2,3-二甲基-2,3-二苯基丁烷)。

阻燃聚苯乙烯

技术领域

[0001] 本发明涉及防火的、增加了耐火性的聚苯乙烯和含有苯乙烯的链烯基芳香族聚合物以及它们的泡沫体。

背景技术

[0002] 基于聚苯乙烯的模塑组合物的应用范围在许多应用领域中,主要是建筑、包装、电学和汽车工业领域中日益扩大。尤其是,泡沫聚苯乙烯,由于其有利的机械和物理性质,例如对热、声和电的绝缘性质,而在建筑和包装应用中具有重要作用。基于模塑的或泡沫的聚苯乙烯的制品的主要缺点是它们的可燃性。

[0003] 已经能以各种形式尤其是泡沫片、膜、用于例如包装、管道、服饰修边、建筑和绝缘的型材和板获得聚合物泡沫体。泡沫聚苯乙烯目前被用于制冷器、冷却器、卡车、有轨电车、建筑物、顶板 (roof decks) 和住宅的绝缘中。聚苯乙烯泡沫还用作多层结构板的芯材。由于部分受立法的影响,改善这些应用中聚合物的阻燃性的需求正在增长。

[0004] 众所周知的做法是使用卤代的有机化合物作为聚苯乙烯产品的添加剂。为了使产品耐火,溴代的有机化合物均已经在泡沫和无泡聚苯乙烯组合物中使用。在各种溴代的有机阻燃剂中,可商购获得的主要是溴代的脂肪族化合物用于乙烯基-芳香族聚合物泡沫体。六溴环十二烷、HBCD、1,2-二溴甲基-4-(1,2-二溴甲基)环己烷、BCL-462、Albemarle 是用于泡沫聚苯乙烯制品中最常见的阻燃剂。

[0005] Dow 专利,WO 91/19758,描述了 HBCD 的有限的阻燃性并且公开了一种改善现有技术中已知的阻燃性的方法,其使用脂肪族溴化物,特别是 HBCD,和芳香族溴化物例如十溴二苯基醚的混合物作为用于 PS 泡沫体的阻燃剂。另一篇 Dow 专利,US 6,579,911 公开了应用 HBCD 和磷酸酯或磷化合物以及流动促进剂来改善现有技术中已知的阻燃性效率。该专利还强调,一般地只有溴代的脂肪族化合物被用于基于乙烯基-芳香族的泡沫体,其中以 HBCD 最为常见。

[0006] US 5,639,799 和 US 5,717,001 公开了改善用于苯乙烯系聚合物泡沫组合物的 HBCD 的热稳定性的方法。

[0007] 必须严格控制加入到以泡沫形式使用的聚苯乙烯组合物中的阻燃添加剂和增效剂的量,因为在上述添加剂的高含量下,它们会负面影响泡沫的结构质量和表面质量 (skin quality),降低泡沫的强度或其绝缘性能。在无泡聚苯乙烯系组合物中,阻燃添加剂的一般填充量 (typical loading) 明显高于泡沫组合物中的。因此,用于泡沫聚苯乙烯组合物的阻燃剂必须是高效的,或者换句话说,当遭受火灾时,为了避免泡沫聚苯乙烯树脂燃烧,适宜的有机化合物在合适的温度下必须释放出适当量的溴。

[0008] DE 2,064,677A 公开了假如苯乙烯聚合物中含有溴代的多烷基苯,则能够得到苯乙烯聚合物的低易燃性模塑组合物。其中公开的溴代多烷基苯在芳环上含有取代基溴乙基、数量从 2 至 4 改变的二溴甲基、具有 1-4 个碳原子的烷基、溴和数量为 1-4 的氯。但是,DE2,064,677 中并没有提到使用在其环上具有单一的溴甲基基团的溴代烷基苯。

[0009] 溴代有机化合物,特别是为阻燃的泡沫聚苯乙烯制品设计的溴代有机化合物,应该满足的其它的性质是:

[0010] 1. 溴代有机阻燃剂的合适的热稳定性是另一个关键的性质,因为低热稳定性的添加剂将限制加工、再研磨和回收阻燃材料的可能性。热稳定性不足的阻燃添加剂在加工过程中将会通过降低苯乙烯聚合物的分子量而导致聚苯乙烯树脂的降解,接着这将立刻引起泡沫体的所有的机械和绝缘性能的下降,在最严重的情况中甚至会腐蚀设备。

[0011] 2. 对于大多数现有的溴代有机阻燃剂,通常的做法是应用专门的稳定化材料,主要是通过使用除酸剂型的添加剂。

[0012] 3. 溴代有机化合物与聚苯乙烯基质的良好的化学相容性通常是通过化学结构相似性标准或者通过溶解度测量而获得的。显然能够预期溴代芳香族化合物是用于泡沫聚苯乙烯配制物的最合适的阻燃添加剂,然而最常见的现有添加剂是脂肪族的溴代结构。

[0013] 本领域技术人员已知的几种类型的添加剂能增加溴代脂肪族阻燃剂的效率,因此减少了为满足可燃性标准而向聚苯乙烯泡沫中加入的溴的量。这些添加剂中的几类固有地适用于为泡沫聚苯乙烯设计的任何溴代阻燃剂,而并非局限于 HBCD 或脂肪族溴化合物:

[0014] 1. 聚苯乙烯阻燃剂配制物中可以包括流动促进剂(flowpromoter),熔体流动改性剂;此外还已知它们能够增加阻燃化合物的效率。通常也认为上述流动促进剂能够提供反应自由基源,该反应自由基在低于由阻燃添加剂形成溴自由基的温度下形成。因此上述流动促进剂也用作阻燃系统的一部分。因此,上述“自由基引发剂”的加入使溴代阻燃添加剂能够以较低的含量被使用。在此以参考的方式加入于本文中的 WO 91/19758 和 US 6,579,911 公开了同时使用 HBCD 和流动促进剂。典型的流动改性剂包括 2,3-二甲基-2,3-二苯基丁烷;双(α -苯基乙基)砒;1,1'-二苯基二环己烷;2,2'-二甲基-2,2'-偶氮丁烷;2,2'-二溴-2,2'-偶氮丁烷;2,2'-二氯-2,2'-偶氮丁烷;2,2'-二甲基-2,2'-偶氮丁烷-3,3',4,4'-四羧酸;1,1'-二苯基二环戊烷;2,5-双(三溴甲基)-1,3,4-噻二唑;顺丁烯二酸二辛基锡和顺丁烯二酸二丁基锡。

[0015] 2. 通常与泡沫聚苯乙烯中的阻燃剂一起应用的过程助剂是环氧低聚物,并且最优选溴代环氧低聚物(BEO)。以双酚 A 例如 TBBA 为基础,BEO 包括含有环氧基团的溴代低聚物。一个示例性的实例是以色列的 Dead Sea Bromine Group 提供的商品 F-2200。在发泡过程中这些过程助剂降低了粘度并且能够形成精细的泡孔。而且 BEO 还能用作热稳定剂。

[0016] 3. 在一些专利申请中,包括在苯乙烯系树脂的混合物中,已知将磷酸酯和磷化合物作为阻燃剂。US 5,204,394 涉及一种聚合物混合物,其包括芳香族的聚碳酸酯,含苯乙烯的共聚物和/或含苯乙烯的接枝聚合物和低聚磷酸酯阻燃剂,其中所述混合物具有改善的性质。如上所述,与卤代阻燃化合物一起还加入有磷酸酯和磷化合物。

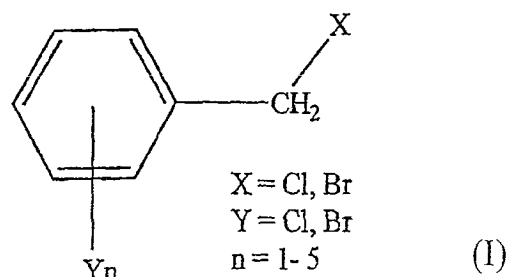
[0017] 在其它专利申请中已描述了含磷化合物和溴的增效作用。在美国专利 No. 6,579,911 中描述了同时使用 HBCD 和磷化合物。在加工泡沫聚苯乙烯组合物时,一起使用溴代阻燃剂和磷化合物产生了另一个明显的优点。磷酸酯化合物在苯乙烯树脂中优良的溶解性使得聚苯乙烯树脂的玻璃化转变温度降低,从而能够降低加工温度而保持阻燃剂在树脂中的最佳分散并且即使在降低的加工温度下仍保持低的泡沫密度。

[0018] 发明概述

[0019] 本发明涉及通式(I)的芳香族多卤代卤甲基化合物的用途,发现该化合物在阻燃

聚苯乙烯中非常有效。

[0020]



[0021] 在式 (I) 化合物中, 特别优选五溴苯甲基溴 (PBB-Br)。

[0022] US 6, 028, 156 公开了在聚 - 五溴苯甲基丙烯酸酯 (PBB-PA) 的聚合中使用五溴苯甲基溴, PBB-Br 作为前体。PBB-Br 本身能用作聚苯乙烯中的商业阻燃剂并不为人所知。已知 PBB-Br 的羧酸或磷酸的酯衍生物是阻燃剂。

[0023] 本发明的一个目的是提供一种热稳定的聚苯乙烯组合物, 该组合物适合于制备具有良好机械性能的阻燃的聚苯乙烯和含有苯乙烯的链烯基芳香族聚合物, 其中阻燃剂是式 (I) 的芳香族多卤代的卤甲基化合物。

[0024] 本发明的另一目的是提供上述类型的热稳定的聚苯乙烯组合物, 其中阻燃活性组分包括五溴苯甲基溴。

[0025] 本发明的又一目的是提供包括式 (I) 化合物, 特别是 PBB-Br, 和增效剂的阻燃组合物。

[0026] 本发明的再一目的是提供包括式 (I) 化合物, 特别是 PBB-Br, 和其它阻燃添加剂的阻燃组合物。

[0027] 本发明进一步的目的是提供以浓缩物和 / 或母料 (master batches) 形式的上述类型的阻燃组合物。

[0028] 本发明的又一目的是提供一种使泡沫聚苯乙烯具有阻燃性的方法, 其使用包括 PBB-Br 和任选的至少一种增效剂的组合物。

[0029] 本发明的上述和其它目的以及本发明的优势将随着说明书的进一步描述而变得明显。

[0030] 因此, 在一方面, 本发明提供了一种阻燃聚苯乙烯泡沫体, 其中阻燃配制物包括通式 (I) 的芳香族多卤代的卤甲基化合物, 例如五溴苯甲基溴, 又名五溴 - (溴甲基) 苯, CAS[38521-51-6], FR-760 (由以色列的 Dead Sea Bromine Group 提供), 或五溴苯甲基溴和磷化合物的混合物, 或五溴苯甲基溴和流动促进剂的混合物或五溴苯甲基溴、磷化合物和流动促进剂的混合物。

[0031] 式 (I) 化合物的其它示例性实例包括, 例如 1, 2, 3, 4- 四溴 -5- 溴甲基 -6- 氯 - 苯、1, 2, 4- 三溴 -6- 溴甲基 -3, 5- 二氯 - 苯、1, 2, 3, 4, 5- 五溴 -6- 氯甲基 - 苯、1, 2, 4- 三溴 -5- 溴甲基 - 苯以及它们的同系物和衍生物。正如技术人员所知的, 由于许多不同取代的式 (I) 化合物或它们的混合物也能用于实现本发明的目的, 因此上述实例仅为示例性的, 其并不意味着限于任何特定的化合物。

[0032] 通过挤出法或其它已知的工艺可以制备泡沫体。以参考的方式加入于本文中的美国专利 No. 6, 579, 911 和 WO 91/19758 的全部公开内容分别描述了聚苯乙烯、磷化合物和流

动促进剂的混合物,和发泡剂 (blowing agents) 的不同工艺。

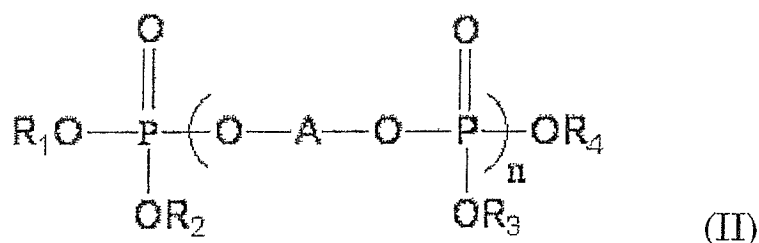
[0033] 根据一个优选的实施方案,本发明是指包括有效量阻燃剂 PBB-Br (五溴苯甲基-溴) 的泡沫聚苯乙烯。

[0034] 根据本发明的另一个优选的实施方案,阻燃剂进一步包括增效剂、流动促进剂或其组合,所述增效剂选自磷酸酯或磷化合物。典型地,但非限定性地,基于 100% 的苯乙烯,按重量计磷化合物以约 0.1% - 约 10.0% 的量存在,最优选地,基于 100% 的苯乙烯聚合物,按重量计以约 0.5% - 约 2.0% 的量存在。磷化合物的示例性的实例是 4,4'-双酚双(磷酸二苯酯)和 TPP (磷酸三苯酯)。

[0035] 本发明的含磷的添加剂可以是任何有机磷化合物。适用于根据本发明的用途的有机含磷化合物包括磷酸酯、膦酸酯、次膦酸酯、亚膦酸酯和氧化膦。含磷添加剂可以包括单体的、二聚的和 / 或低聚的磷化合物。

[0036] 特别适合与 PBB-Br 一起使用的有机含磷添加剂包括式 (II) 所代表的芳香族磷酸酯:

[0037]



[0038] 其中 $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ 和 R_4 相同或不同地为芳基,其中 A 为亚芳基;以及 n 为 0-5 的整数。该磷酸酯可以是三芳基磷酸酯,即在上面给出的化学式中“n”为 0,或者是单体二磷酸酯,即化学式中“n”为 1,或者是所述三芳基磷酸酯和单体二磷酸酯与更高的低聚物的混合物,其中对于每个低聚物“n”是 2-5 的整数(下文中所述混合物还表示为低聚磷酸酯)。

[0039] 所述芳基可以是苯基、甲基苯基、2,6-二甲苯基 (2,6-xylene) 等等。

[0040] 所述亚芳基可以是由二羟基化合物,例如间苯二酚、双酚 A、4,4'-二苯酚等衍生的基团。

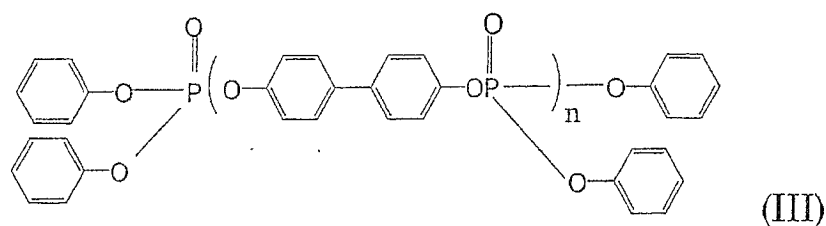
[0041] 在这里,所用的特别优选的芳基磷酸酯包括磷酸三苯酯 (TPP) 和低聚 4,4'-双酚双(磷酸二苯酯)。

[0042] 根据本发明的一个优选的实施方案,所述含磷组分可以由单一的含磷材料组成,也可以由两个或两个以上的不同的此前提到过的有机含磷化合物的混合物组成,这些有机含磷化合物适合于获得聚苯乙烯聚合物期望的性质。

[0043] 有机含磷添加剂可以用作粘性液体,或更优选地用作固体薄片 (TPP) 或自由流动粉末 (4,4'-双酚双(磷酸二苯酯)),或者用作混于聚苯乙烯聚合物中的一种预熔化物。

[0044] 在随后的实施例中使用了简称为 PFR-221 的低聚 4,4'-双酚双(磷酸二苯酯) (式 (III)) 样品,其单体双磷酸酯的含量大于 75%,结构式如下。

[0045]



[0046] 根据本发明优选的实施方案,流动促进剂选自二甲基二苯基丁烷、二异丙苯过氧化物或 α, α' -双-叔-丁基过氧化二异丙苯,和二乙基二苯基丁烷。一般地,基于 100% 的苯乙烯聚合物,按重量计流动促进剂以约 0.01% 至约 0.2% 的量存在,更优选地,基于 100% 的苯乙烯聚合物,按重量计以约 0.02% 至约 0.1% 的量存在。流动促进剂的一个示例性实例是二异丙苯 (2,3-二甲基-2,3-二苯基丁烷)。

[0047] 在一方面,本发明涉及卤苯甲基卤化物在泡沫聚苯乙烯中作为阻燃剂的用途。

[0048] 本发明涉及 PBB-Br 在泡沫聚苯乙烯中作为阻燃剂的用途。

[0049] 在另一方面,本发明涉及使泡沫聚苯乙烯阻燃的方法,其包括向聚苯乙烯中加入有效量的式 (I) 化合物,优选但不限于 PBB-Br。

[0050] 发明详述

[0051] 方法背景和实验条件

[0052] 制造挤出苯乙烯系聚合物泡沫体的方法通常包括如下步骤:a) 将所有组分以任意传统方式和任意期望次序混合。例如可以首先将组分干混,接着送入双螺杆挤出机以获得用于送入注塑装置的混合料。b) 向苯乙烯系聚合物中加入阻燃体系的一个更方便的方式是母料,其是在聚合物中各种添加剂的浓缩的、热混合的或挤出的混合物。c) 接着将母料加入到苯乙烯系聚合物材料主体中,以获得最终混合产品中理想的添加剂水平。d) 通过单独地混合添加剂与聚合物或者通过混合母料与聚合物,接着将混合物供入具有发泡剂和成核剂的挤出机中,由此形成苯乙烯系泡沫制品。

[0053] 下述内容简要地描述了制备和评价聚苯乙烯泡沫试样的主要阶段。表 I, II, III 和 IV 中总结了其条件参数和测试方法。泡沫聚苯乙烯:

[0054] Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, John Wiley & Sons 1998 年出版,第 16 卷第 193-205 页中及其它位置讨论了制备泡沫聚苯乙烯的挤出技术。

[0055] 挤出机是来自意大利 LMP 的双螺杆挤出机。原料以颗粒形式加入。用一个 220 升的旋转料筒混合 FR-PS 母料 MB 和 PS 颗粒。将混合物用计量进料器送入挤出机的主要入口。用外部加热能带 (heating bands) 加热挤出机的料筒,并用恒温油循环机保持温度一致。FR-PSMB 和聚苯乙烯在挤出机的第一部分熔化,当完全熔化时,将气体在料筒长度约 1:3 处送入挤出机的料筒内。从此时起熔化物渐渐冷却。泡沫物质从平模头 (flat die) 离开并在一个由两个恒温控制板制成的开口模具中继续发泡。用一系列辊将泡沫板拉长并冷却,最后用热金属丝将其修剪并切割至所需长度。

[0056] 所有泡沫配制物均在相同的条件下挤出。加工条件总结于表 I 中。

[0057] 表 I 泡沫 PS 制品的加工条件

[0058]

共旋转双螺杆挤出机	单位	数值
进料速度	千克 / 小时	178
区域 1	℃	无加热
区域 2	℃	192
区域 3	℃	212
区域 4	℃	210
区域 5	℃	89
区域 6	℃	89
区域 7	℃	150
区域 8	℃	129
喷嘴温度	℃	130
螺杆转速	RPM	24
油温		
挤出机冷却区域	℃	85
模头 (Die)	℃	133
模具中		
边缘区域	℃	138
模口 (Lips)	℃	127-138
模体 (Table)	℃	88-91

[0059] 注塑的聚苯乙烯

[0060] 用注塑的试样来例证 PBB-Br 和其它通式 (I) 的芳香族多卤代的卤甲基化合物在聚苯乙烯中作为阻燃剂的效率。为了该目的,制备了注塑的和压塑的试样并且通过表 II 中详述的方法测量它们的阻燃性。

[0061] 表 II- 测试方法

[0062] 用于注塑的泡沫阻燃聚苯乙烯的标准可燃性测试方法

[0063]

性质	方法	装置
LOI 限氧指数	ASTMD2863-77。测量支持塑料烛样燃烧的最低氧浓度。	StantonRedcroftFTA 可燃性装置。
可燃性	DIN4101-1B-2, 建筑材料与组件的燃烧行为, Part1 是建筑材料要求和测试的分类。	DIN 指定的通风柜 (hood) 和燃烧器
可燃性	UL-94V	UL 指定的通风柜和燃烧器
在 10% 的偏转下的压缩应力	ASTMD1621, 刚性多孔塑料的压缩性质, 方法 A	Zwick1435 材料测试机

[0064] 复合

[0065] 所有组分（塑料颗粒和粉末）均用 Sartorius 半 - 分析天平称重, 随后在一个塑料袋中手动混合。将配制物由进料器送入型号为 ZE-25, L/D = 32 : 1 的 Berstorff 双螺杆挤出机中复合。复合条件在下表 III 中列出。在水浴中冷却所得的股状物 (strands), 接着将其在来自 AccrapakSystems Limited 的制粒机 750/3 中制粒。将所得颗粒在循环空气烘箱中在 70°C 下干燥两小时。

[0066] 注塑：

[0067] 将复合的颗粒用型号为 320s/500-150 的 Arburg-Allrounder 机模塑。使用模具 no. S 22963 模塑用于 LOI 和 UL 测试的试样。模塑条件在下表 IV 中列出。

[0068] 表 III

[0069] 在来自 Berstorff 的共旋转双螺杆挤出机中的复合条件

[0070]

参数	单位	设定值
T ₁ 进料区	°C	无加热
T ₂	°C	140
T ₃	°C	150
T ₄	°C	170
T ₅	°C	170
T ₆	°C	180
T ₇ 通风口	°C	180

参数	单位	设定值
T ₈	°C	180
T ₉ 喷嘴	°C	190
螺杆转速	RPM	375
进料速度	千克 / 小时	11.8

[0071] 表 IV

[0072] 注塑条件

[0073]

参数	单位	设定值
T ₁ (进料区)	°C	160
T ₂	°C	180
T ₃	°C	180
T ₄	°C	180
T ₅ (喷嘴)	°C	180
模塑温度	°C	40
注射压力	Bar	1700
保持压力 (Holdingpressure)	Bar	700
背压力 (Backpressure)	Bar	0
注射时间	秒	0.1
保持时间 (Holdingtime)	秒	1.5
冷却时间	秒	10
合模力 (Moldclosingforce)	KN	128
填充体积 (份数)	Cc	30

参数	单位	设定值
注射速度	cc/ 秒	20

[0074] 压塑

[0075] 所有组分（塑料颗粒和粉末）均用 Sartorius 半 - 分析天平称重, 随后手动混合。将 70gr 的混合物在 200℃ 下于 Brabender Plasticorder cell 中复合 8 分钟, 并用空气冷却至 160℃。复合速度是 40RPM。

[0076] 通过在来自 Schuabenthann 的型号为 Polystat 的压力机中压缩复合的混合物以制备 127×6.5×3.2mm 的测试板, 设置如下:

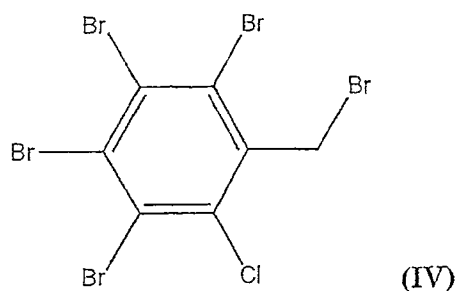
[0077] 压缩条件: 温度 180℃, 第一压力 1min 0bar, 第二压力 1min 100bar。

[0078] 用流动水将压板冷却至 100℃ 并从压力机移出样品。将压板切割为 6.5×127×3.2mm 的用于 LOI 测试的试样。在进行可燃性测试前将测试试样在室内条件下调理 48 小时。

[0079] 原料

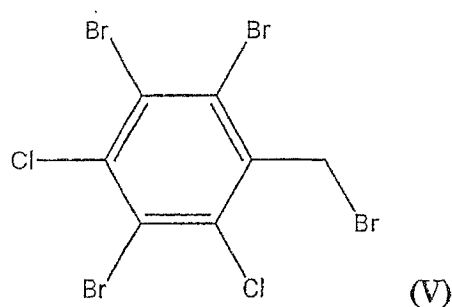
[0080] 阻燃剂: PBB-Br 和 HBCD 是以色列 Dead Sea Bromine Group 的产品。实验室样品 1,2,3,4- 四溴 -5- 溴甲基 -6- 氯 - 苯 (式 IV) 由 Dead Sea Bromine Group 制备和表征。溴含量实测值 74.3% (计算值 76.67%); 氯含量实测值 6.72% (计算值 6.8%); 熔点 162.5℃ -166.0℃。

[0081]



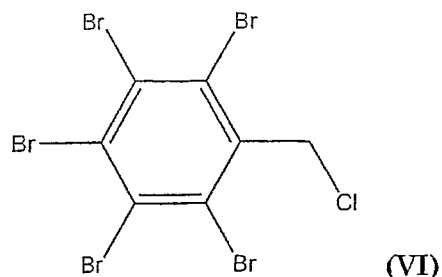
[0082] 实验室样品 1,2,4- 三溴 -6- 溴甲基 -3,5- 二氯 - 苯 (式 V) 由 Dead Sea Bromine Group 制备和表征。溴含量实测值 63.42% (计算值 67.06%); 氯含量实测值 13.5% (计算值 14.88%); 熔点 143.0℃ -145.0℃。

[0083]



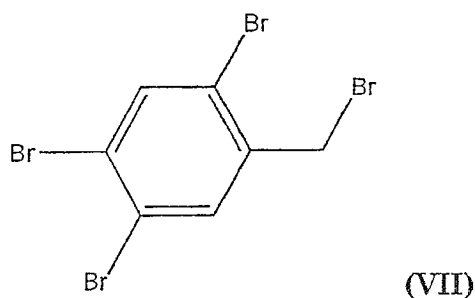
[0084] 实验室样品 1,2,3,4,5- 五溴 -6- 氯甲基 - 苯 (式 VI) 由 Dead Sea Bromine Group 制备和表征。溴含量实测值 74.3% (计算值 76.67%); 氯含量实测值 6.2% (计算值 6.80%); 熔点 162.6℃ -163.3℃。

[0085]



[0086] 实验室样品 1,2,4-三溴-5-溴甲基-苯(式 VII)由 Dead Sea Bromine Group 制备和表征。溴含量实测值 80.5% (计算值 78.4%) ;熔点 93.7°C -95.1°C。

[0087]



[0088] 将来自 Ciba Geity 的 Reomol, 即 TPP (磷酸三苯酯), 用作磷酸酯的一个商购实例。

[0089] 将 4,4'-双酚苯基磷酸酯用作磷酸酯的一个实例。在专利申请 EP 1327 635 中描述了该原料。

[0090] 实施例中所使用的流动促进剂是商购的 Interlox C-C DFB Peroxide Chemie ;2,3-二甲基-2,3-二苯基丁烷也被称为二异丙苯。

实施例

[0091] 通过下面的示例性但非限定性的实施例的描述,将更好地理解本发明的上述和其它特征及优点。

[0092] 实施例 RP-1 至 RP-4

[0093] 泡沫状的 FR-PS (flame-retarded polystyrene)

[0094] 根据上述的挤出发泡方法和设备来制备挤出的泡沫阻燃聚苯乙烯 RP-X 试样,该试样的具体组成在表 VA-VB 中给出,其加工条件在表 I 中详述。参考表 II 中的测试方法,根据 LOI 和 DIN 4102B2 实施可燃性测试方法。通过 LOI 测定阻燃聚苯乙烯的可燃性是本领域技术人员熟悉的众所周知的操作。例如在 US 3,787,506 中给出了该测试的细节。

[0095] 用表 VA 中详述的母料制备下表 VB 中的泡沫样品。

[0096] 表 VA :FR-PS-MB 的组成

[0097]

	MB-1	MB-2	MB-3
聚苯乙烯 158K 来自 BASF, %	57	57	70
HBCD HM 来自 DSBG, %	40		
PBB-Br 来自 DSBG, %		40	24.1
硬脂酸钙%	3	3	1.8
CC DFB 来自 PEROXIDE CHEMIE, %			4.1

[0098] 在此,下表 VB 总结了挤出的 PS 泡沫试样的组成。

[0099] 表 VB :用于泡沫 PS 制品的配制物中的组分

[0100]

配制物	RP-1	RP-2	RP-3	RP-4
% Br 的计算值	2.0	2.0	1.0	1.0
MB 的类型	MB-1	MB-2	MB-2	MB-3
加入的 MB, %	6.6	5.88	2.94	4.94
聚苯乙烯 158K 来自 BASF, %	49.7	49.6	33.5	34.6
聚苯乙烯型号 637 来自 DOW, %	42.2	43.0	62.0	58.9
成核剂 MB, %	1.4	1.4	1.5	1.5
颜色, MB%	0.1	0.1	0.1	0.1

[0101] 制备含有 HBCD 的泡沫聚苯乙烯样品 RP-1 以供参考。在泡沫聚苯乙烯中加入了 PBB-Br 的样品 RP-2 至 PR-4 均通过母料制备。样品 RP-4 在配制物中还使用了二异丙苯流动促进剂。

[0102] 在如表 II 所述的 LOI 或 DIN 4102 B2 标准方法下对下表 VI 中总结的阻燃泡沫聚苯乙烯进行对比可燃性测试。(在表中实验序号=配制物序号)。

[0103] 表 VI :泡沫 FR-PS 测试样品的可燃性和机械性能测试

[0104]

试验序号	Br-FR 类型	% Br-FR	%配制物中的 Br 计算值	%配制物中的二异丙苯	在 10% 的偏转下的压缩应力, N/cm ²	LOI	根据 DIN 4102B2 的可燃性
RP-1	HBCD	2.74	2.0	—	13.1	27.3	通过
RP-2	PBB-Br	2.4	2.0	—	14.6	24.3	通过

试验 序号	Br-FR 类型	% Br-FR	%配制 物中的 Br 计算值	%配制 物中的二 异丙苯	在 10% 的偏 转下的压缩 应力, N/cm ²	LOI	根据 DIN 4102B2 的可 燃性
RP-3	PBB-Br	1.2	1.0	—	17.3	23.5	通过
RP-4	PBB-Br	1.2	1.0	0.2	17.9	25.0	通过

[0105] 实施例 5-16- 注塑

[0106] 基本上根据上面公开的复合和注塑方法对聚苯乙烯 - 阻燃配制物 5-16 进行复合和注塑, 表 VII 详述了所述配制物的性质。表 III 和 IV 分别详述了复合和注塑的条件。

[0107] 参考表 II, 在标准 LOI (限氧指数) 测试下进行表 VII 中描述的注塑配制物 5-16 的可燃性测试。

[0108] 表 VII 详述了用于注塑试样 5-16 的不同的配制物组分。可以看出, 配制物包含 PBB-Br 的相对量不同, 其加或不加含磷阻燃增效剂和二异丙苯流动促进剂, 并且有一个含 HBCD 的配制物供参考。表 VII 中总结了这些注塑阻燃聚苯乙烯试样的可燃性结果, 该可燃性结果是根据如表 II 所述的 LOI 标准方法测量的, 表 VII 显示了测试注塑的试样和泡沫的试样的等效性并清楚地表明了在使用增效剂的优势。在所有的所述配制物中, 其 LOI 均高于不含增效剂的配制物。(在表中, 实验序号 = 配制物序号)。

[0109] 表 VII : 用于注模 FR-PS 的测试样品的可燃性试验

[0110]

实验 序号	Br-FR 类 型	% Br-FR	%配制物 中的 Br 计算值	P-FR 类型	% P-FR	%配制物中 的 P 计算 值	配制物中 的 Interlox CCDFB	LOI
5	HBCD	2.74	2.0	—	—	—	—	23.5
6	PBB-Br	2.5	2.0	—	—	—	—	25.7
7	PBB-Br	1.8	1.5	—	—	—	—	25.3
8	PBB-Br	1.2	1.0	—	—	—	—	23.5
9	PBB-Br	1.8	1.5	—	—	—	0.2	26.7
10	PBB-Br	1.8	1.5	—	—	—	0.4	27.4
11	PBB-Br	1.8	1.5	PFR-2 21	1.5	0.143	—	27.3

实验序号	Br-FR 类型	% Br-FR	% 配制物中的 Br 计算值	P-FR 类型	% P-FR	% 配制物中的 P 计算值	配制物中的 Interlox CCDFB	LOI
12	PBB-Br	1.8	1.5	PFR-2 21	3.0	0.285	—	28.4
13	PBB-Br	1.8	1.5	TPP	1.5	0.143	—	25.5
14	PBB-Br	1.8	1.5	TPP	3.0	0.285	—	28.2
15	PBB-Br	1.8	1.5	TPP	0.8	0.076	0.1	29.3
16	PBB-Br	1.8	1.5	TPP	1.5	0.143	0.2	29.7

[0111] PFR-211 = 4,4'-双酚双(磷酸二苯酯)

[0112] TPP = 磷酸三苯酯

[0113] 实施例 17-24

[0114] 在此,下表 VIII 中显示了一些编号为 PF-17 至 PF-24 的含有 PBB-Br 和其它添加剂的注塑 PS 配制物和它们各自的 LOI 测试结果,所述 LOI 测试是根据上述表 II 中描述的方法进行的。

[0115] 表 VIII 清楚地显示了,在所有阻燃混合物中保持总的大部分来源于 PBB-Br 的溴含量为 1.5% 对应了良好的阻燃效率,而所述的良好阻燃效率表现为相似的 LOI 值。这些结果有力地表明了 PBB-Br 在与其它阻燃剂混合使用或当其并非单独使用时的高阻燃效率。

[0116] 表 VIII 含有 PBB-Br (1.5% Br) 和其它添加剂的混合物的聚苯乙烯配制物 - 注塑试样

[0117]

配制物	PF-17	PF-18	PF-19	PF-20	PF-21	PF-22	PF-23	PF-24
结晶的 PS 来自 DOW	98.2	98.0	98.1	97.7	98.0	97.9	94.2	98
PBB-Br	1.8	0.9	0.9	1.8	0.9	1.8	1.8	1.8
FR-370 ^{a)}		1.1						
FR-513 ^{b)}			1.0					

配制物	PF-17	PF-18	PF-19	PF-20	PF-21	PF-22	PF-23	PF-24
FR-720 ^{c)}					1.1			
F-2200 ^{d)}						0.4		
NOR-116 ^{f)}				0.5				
双十二烷基 3,3' - 硫代二丙 酸酯							4	
TAIC ^{e)}								0.2
总 % Br, 计算值	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
LOI (% O ₂)	25.3	24.2	24.4	23.4	23.7	23.5	23.2	23.9

[0118] ^{a)}FR-370 = 三(三溴新戊基)磷酸酯, CA 登记号 19186-97-1, 来自 DSBG。

[0119] ^{b)}FR-513 = 三溴新戊醇, CA 登记号 36483-57-5, 来自 DSBG。

[0120] ^{c)}FR-720 = 四溴双酚 A, 即双(2,3-二溴丙基醚), CA 登记号 21850-44-2, 来自 DSBG。

[0121] ^{d)}F-2200 = 溴代环氧低聚物, CA 登记号 68928-70-1, 来自 DSBG。

[0122] ^{e)}TAIC = 三-烯丙基异氰脲酸酯

[0123] ^{f)}NOR-116 = 来自 CIBA-GEIGY, CA 登记号 191680-81-6100 (N, N' -1,2-乙烷二基双(N, N'' -1,2-ethanediylbis-) 与环己烷的反应产物和过氧化的 N-丁基-2,2,6,6-四甲基-4-哌啶氨基-2,4,6-三氯-1,3,5-三嗪反应产物)

[0124] 实施例 25-30-压塑

[0125] 基本上根据上面描述的方法对聚苯乙烯压塑试样 25-30 进行复合和模塑, 表 IX 详述了所述试样的性质。参考表 II, 在标准 LOI (限氧指数) 测试下进行压塑配制物 25-30 的可燃性测试。

[0126] 表 IX 详述了用于压塑试样 25-30 的不同的配制物组分。可以看出, 配制物含有通式 (I) 的不同的多卤代的卤甲基化合物, 并且有一个含 HBCD 的配制物供参考。表 IX 中总结了这些压塑阻燃聚苯乙烯试样的可燃性结果, 所述结果是根据如表 II 所述的 LOI 标准方法测量的。该结果清楚地表明了与泡沫的试样或注塑的试样一样, 压塑的试样也能够被使用, 并且通式 (I) 的不同的多卤代的卤甲基化合物的效率是相近的或者其通过了所需的水平。

[0127] 表 IX

[0128] 压塑 FR-PS 测试样品的组成和可燃性

[0129]

试验序号 / 配制物序号	Br-FR 类型	% Br-FR	%配制物中的 Br 计算值	LOI
25	HBCD	2.74	2.0	23.5
26	PBB-Br	2.40	2.0	25.5
27	1,2,3,4- 四溴 -5- 溴甲基 -6- 氯 - 苯	2.17	2.0	24.6
28	1,2,4- 三溴 -6- 溴甲基 -3,5- 二氯 - 苯	2.46	2.0	23.7
29	1,2,3,4,5- 五溴 -6- 氯甲基 - 苯	2.17	2.0	24.2
30	1,2,4- 三溴 -5- 溴甲基 - 苯	2.5	2.0	22.8

[0130] 表 IX 显示了通式 (I) 的不同的多卤代的卤甲基化合物作为聚苯乙烯阻燃剂的效率是良好的,其均具有类似的表现并且与 HBCD 一样有效。

[0131] 实施例 31-35- 挤出模塑 -FR-XPS 的制备

[0132] 设备和方法

[0133] 用于制备实施例 31-35 的挤出设备和方法与上面详述的相同。泡沫配制物

[0134] 连续不间断地制备五种配制物。表 X 中详述了实施例中使用的 FR 母料的组成和制备。

[0135] 表 X

[0136] FR-PS-MB 的组成 (重量%)

[0137]

	MB-31	MB-32	MB-33	MB-34	MB-35
聚苯乙烯	80	63.6	63.5	63.5	63.5
HBCDHM 来自 DSBG		18.6			
PBB-Br 来自 DSBG	5.7	16.3	29.2	28.3	35
TBX-DB*	5.7				
F-2200 (溴代环氧树脂) 来自 DSBG			5.8		

	MB-31	MB-32	MB-33	MB-34	MB-35
FR-370 (三(三溴新戊基)磷酸酯) 来自 DSBG				6.7	
CCDFB 来自 PEROXIDE CHEMIE	1.3				
TPP**	6.6				
硬脂酸钙	0.7	1.5	1.5	1.5	1.5

[0138] * 四溴二甲苯二溴化物

[0139] ** 磷酸三苯酯

[0140] 表 XI 中报道了包括泡沫配制物的组合物, 以及泡沫体中溴的百分比, 所述泡沫配制物含有不同的溴代阻燃剂和相应的 FR 母料。

[0141] 表 XI

[0142] 用于泡沫 PS 制品的配制物中的组分

[0143]

配制物		31	32	33	34	35
% Br 计算值	%	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0
聚苯乙烯 158K 来 BASF	%	96.95	98.1	98.08	98.14	97.6
MB 的类型		MB-31	MB-32	MB-33	MB-34	MB-35
HBCDHM 来自 DSBG	%		1			
PBB-Br 来自 DSBG	%	0.89	0.9	1.6	1.5	2.4
TBX-DB	%	0.91				
F-2200 来自 DSBG	%			0.32		
FR-370 来自 DSBG	%				0.36	
CCDFB 来自 PEROXIDE CHEMIE	%	0.2				

配制物		31	32	33	34	35
TPP(磷酸三苯酯)	%	1.05				
添加剂*	%	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39

[0144] * 添加剂组包括：成核剂、发泡剂、稳定剂和颜料母料

[0145] 五种配制物全部在相同的条件下挤出和发泡。表 XII 中概括了其加工条件。

[0146] 表 XII

[0147] 挤出泡沫制备过程中的加工条件

[0148]

共旋转双螺杆挤出机		
进料速度	Kg	178.0
螺杆转速	Rpm	24
计算的进料速度	Kg	171.4
区域 1	°C	230
区域 2	°C	216
区域 3	°C	215
区域 4	°C	88
区域 5	°C	87
区域 6	°C	130
区域 7	°C	130
区域 8	°C	120
喷嘴温度	°C	105
油温		
挤出机冷却区	°C	80
喷嘴	°C	80
模具中		

共旋转双螺杆挤出机		
边缘区域	℃	124
模口	℃	125
模体	℃	118

[0149] 表 XIII 中概括和评价了挤出的聚苯乙烯泡沫 (XPS) 板的机械和可燃性性质。为了可燃性测试,将所述板根据 ASTM D2863 切割为 $150 \times 10 \times 10\text{mm}$ 的试样用于 LOI 测试,以及切割为 $190 \times 90 \times 26\text{mm}$ 的试样用于 B-2 测试。可以看出,所有的实施例均成功地通过了可燃性测试。

[0150] 从表 XIII 中,可以看出含有与添加剂结合的 PBB-Br 的聚苯乙烯泡沫体具有优越的阻燃性和良好的机械性能,所述添加剂为例如自由基引发剂、磷酸酯和其它溴代阻燃剂。

[0151] 表 XIII :泡沫 FR-PS 测试样品的可燃性和机械性能测试

试验 序号	密度, Kg/m^3	在 10%偏转下的压缩 应力, N/cm^2	LOI $\%\text{O}_2$	根据 DIN 4102 B2 的可燃性 (边缘点火)
		在室内条件 27 天的 老化时间	88hr 后/50% 湿度	
[0152] 31	29.4	24	26.6	通过
32	32.6	23.5	25.1	通过
33	30.3	22.4	22.5	通过
34	30.2	22.7	22.9	通过
35	33.4	30.3	24.1	通过

[0153] 本发明实施例的描述是为了举例说明,显然在不超出权利要求的范围内,本领域技术人员能够进行许多改进、改变和调整。