

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C08G 18/72

/(C08G18/72,101:00)



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01123122.X

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1179994C

[22] 申请日 2001.7.12 [21] 申请号 01123122.X

[30] 优先权

[32] 2000.7.12 [33] US [31] 09/614612

[71] 专利权人 美国拜尔公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 N·H·诺德尔曼 D·D·斯特潘

A·D·布施米雷 W·E·斯拉克

审查员 唐少华

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 马崇德 邵红

权利要求书 3 页 说明书 8 页

[54] 发明名称 用于能量吸收的低密度水发泡聚氨酯发泡材料

[57] 摘要

本发明提供了一种制造密度小于 7pcf、具有优良强度性能且特别适用于制造汽车保险杠的发泡材料的方法。本发明也涉及用该方法生产的吸能发泡材料。

ISSN 1008-4274

1. 制备密度小于 7pcf 的能量吸收发泡材料的方法, 包括下述物质发生反应的步骤:

(a) 聚异氰酸酯组分, 包括选自下述物质的组分: 聚二苯甲烷二异氰酸酯, 聚二苯甲烷二异氰酸酯和二苯甲烷二异氰酸酯的混合物, 聚二苯甲烷二异氰酸酯和脲基甲酸酯改性的二苯甲烷二异氰酸酯的混合物; 与

(b) 多羟基组分, 包括:

(1) 12-45 重量份的分子量小于 300 的二醇;

10 (2) 官能度大于 2, 分子量范围为 92-1000 的交联剂组分, 其中二醇和交联剂的羟基当量比为 1-10;

(3) 40-75 份的官能度为 1.5-4, 分子量 2000-12000 的聚醚组分;

15 (4) 0.1-3.0 份的开孔表面活性剂, 开孔表面活性剂的平均通式为: $M'D_xD_yM''$, 其中 M' 为 $(CH_3)_2SiO_{1/2}$ 或 $R(CH_3)_2SiO_{1/2}$, D 为 $(CH_3)_2SiO_{1/2}$, D'' 为 $(CH_3)(R)SiO_{1/2}$; 其中 x 为 81-220, y 为 8-40, $D/(D''+M'') \leq 10$, 其中 M'' 为 $R(CH_3)_2SiO_{1/2}$, R 是从某些选自平均分子量为 1100-1800 的两种不同组别的聚醚的混合物中衍生出的含聚醚的取代基;

20 (5) 每 100 份二醇组分加 1-3 份水, 其中组分 (1)、(2)、(3) 和 (4) 的总量为 100 份; 以及

(6) 0.2-3.0 份的叔胺催化剂。

2. 权利要求 1 的方法, 其中二醇包含选自于以下的物质:

乙二醇, 1,2-丙二醇, 1,3-丙二醇, 1,4-丁二醇, 2,3-丁二醇, 25 1,5-戊二醇, 1,6-己二醇, 1,8-辛二醇, 新戊二醇, 1,4-二羟甲基环己烷, 2-甲基-1,3-丙二醇, 二溴丁二醇, 二乙二醇, 二丙二醇。

3. 权利要求 1 的方法, 其中交联剂组分包含选自于以下的物质:

丙三醇, 三羟甲基丙烷, 1,2,6-己三醇, 1,2,4-丁三醇, 三羟甲基乙烷, 含羟基的聚醚, 聚酯, 聚缩醛, 聚碳酸酯, 聚醚酯, 多硫醚, 30 聚酰胺, 聚酰胺酯, 聚硅氧烷, 聚丁二烯和聚酮。

4. 权利要求 1 的方法, 其中叔胺组分包含选自于以下的物质:

三乙基胺, 三丁基胺, N-甲基吗啉, N-乙基吗啉, N-椰油基吗啉,

N, N, N', N''-四甲基-乙二胺, 1, 4-二氮杂-二环-(2, 2, 2)-辛烷, N-甲基-N'-二甲基-氨基-乙基哌嗪, N, N-二甲基苄胺, 双-(N, N-二乙基-氨基乙基)-己二酸酯, N, N-二乙基苄胺, 五甲基二乙基三胺, N, N-二甲基环己胺, 二甲基乙醇胺, 双二甲基氨基乙基醚的甲酸盐,
5 N, N, N', N'-四甲基-1, 3-丁二胺, N, N-二甲基-β-苯乙胺, 1, 2-二甲基咪唑, 2-甲基咪唑以及延迟反应及热活化的胺类催化剂。

5. 权利要求1的方法, 其中多羟基组分进一步含有0.01-0.5份的有机锡催化剂。

6. 吸能发泡材料产品, 包括下述物质的反应产物:

10 (a) 聚异氰酸酯组分, 包括选自以下的物质: 聚二苯甲烷二异氰酸酯, 聚二苯甲烷二异氰酸酯和二苯甲烷二异氰酸酯的混合物以及聚二苯甲烷二异氰酸酯和脲基甲酸酯改性的二苯甲烷二异氰酸酯的混合物; 和

(b) 多羟基组分, 包括:

15 (1) 12-45重量份的分子量小于300的二醇;

(2) 官能度大于2, 分子量范围92-1000的交联剂组分, 二醇和交联剂的羟基当量比为1-10;

(3) 官能度1.5-3.5, 分子量2000-12000的40-75份的聚醚组分;

20 (4) 0.1-3.0份的开孔表面活性剂, 开孔表面活性剂的平均通式为: $M'D_xD_yM''$, 其中 M' 为 $(CH_3)_3SiO_{1/2}$ 或 $R(CH_3)_2SiO_{1/2}$, D 为 $(CH_3)_2SiO_{1/2}$, D'' 为 $(CH_3)(R)SiO_{1/2}$; 其中 x 为 81-220, y 为 8-40, $D/(D''+M'') \leq 10$, 其中 M'' 为 $R(CH_3)_2SiO_{1/2}$, R 是从某些选自两种不同组别平均分子量为 1100-1800 的聚醚的混合物中衍生出的含聚醚的取代基;
25

(5) 每100份多醇组分加1-3份水, 其中组份(1)、(2)、(3)和(4)的总量为100份; 和

(6) 0.2-3.0份的叔胺催化剂。

7. 权利要求6的吸能发泡材料, 其中的二醇包含选自于以下的物质:
30

乙二醇, 1, 2-丙二醇, 1, 3-丙二醇, 1, 4-丁二醇, 2, 3-丁二醇, 1, 5-戊二醇, 1, 6-己二醇, 1, 8-辛二醇, 新戊二醇, 1, 4-二羟甲基

环己烷, 2-甲基-1, 3-丙二醇, 二溴丁二醇, 二乙二醇, 二丙二醇。

8. 权利要求 6 的吸能发泡材料, 其中的交联剂组分包括选自于以下的物质:

丙三醇, 三羟甲基丙烷, 1, 2, 6-己三醇, 1, 2, 4-丁三醇, 三羟甲基乙烷, 含羟基的聚醚, 聚酯, 聚缩醛, 聚碳酸酯, 聚醚酯, 多硫醚, 5 聚酰胺, 聚酰胺酯, 聚硅氧烷, 聚丁二烯和聚酮。

9. 权利要求 6 的吸能发泡材料, 其中的叔胺组分包含选自于以下的物质:

三乙基胺, 三丁基胺, N-甲基吗啉, N-乙基吗啉, N-椰油基吗啉, 10 N, N, N', N''-四甲基-乙二胺, 1, 4-二氮杂-二环-(2, 2, 2)-辛烷, N-甲基-N'-二甲基-氨基-乙基哌嗪, N, N-二甲基苄胺, 双-(N, N-二乙基-氨基乙基)-己二酸盐, N, N-二乙基苄胺, 五甲基二亚乙基三胺, N, N-二甲基环己胺, 二甲基乙醇胺, 双二甲基氨基乙基醚的甲酸盐, N, N, N', N'-四甲基-1, 3 丁二胺, N, N-二甲基- β -苯乙胺, 1, 2-二甲基 15 咪唑, 2-甲基咪唑以及延迟反应及热活化的胺类催化剂。

10. 权利要求 6 的吸能发泡材料, 其中的多羟基组分还含有 0. 01 - 0. 5 份的有机锡催化剂。

11. 含有权利要求 6 的吸能发泡材料的汽车保险杠。

用于能量吸收的低密度水发泡聚氨酯发泡材料

技术领域

- 5 本发明与聚氨酯发泡材料的领域有关。

技术背景

- 10 汽车的保险杠的主要功能是在碰撞中保护其他功能性的部件。汽车的保险杠与其他有效的能量吸收装置在受到冲击时应可产生变形，并且在碰撞之后，可部分或完全恢复。同时，该结构必须满足汽车或其他设备制造商的通常的尺寸及重量限制以及政府的现行或建议的执行标准。

- 15 众所周知，本领域越来越需要发展这样一种吸能聚氨酯发泡材料，其可用于汽车保险杠制造，并在相对较低的密度的条件下，该吸能聚氨酯发泡材料比普通聚氨酯发泡材料具有更好的强度。

本发明的目的就是提供具有该良好性能的聚氨酯材料。

发明内容

- 20 本发明适应于上述的需要，提供一种制造具有优良强度性能且密度小于 7pcf，特别适用于制造汽车保险杠的吸能聚氨酯发泡材料的方法。该方法包括以下步骤：（a）聚异氰酸酯组分，选自：聚二苯甲烷二异氰酸酯，聚二苯甲烷二异氰酸酯(PMDI)和二苯甲烷二异氰酸酯(MDI)的混合物，和聚二苯甲烷二异氰酸酯和脲基甲酸酯改性的二苯甲烷二异氰酸酯和/或氨基甲酸乙酯改性的 MDI(预聚物，Bayer 公司的 Mondur PF)的混合物；以及

- 25 （b）多羟基组分，多羟基组分包括（1）12-45 重量份的分子量小于 300 的二醇；（2）官能度大于 2，分子量范围 92-1000 的交联剂组分，其中二醇和交联剂的羟基当量比从 1-10；（3）40-75 份的官能度为 1.5-3.5，分子量为 2000-12000 的聚醚组分；和（4）0.1-3.0 份的开孔表面活性剂；和（5）每 100 份多元醇组分加 1-3 份水，其中（1）（2）（3）（4）的总量为 100 份。为更好地理解该发明的特征及优点，可参考下面的描述及声明。
- 30

本发明中所用的聚异氰酸酯是本领域技术人员众所周知的改性

或未改性的聚异氰酸酯。通常，该聚异氰酸酯成分包括聚二苯甲烷二异氰酸酯（聚合的 MDI）。更好地，聚异氰酸酯组分包含聚合的 MDI 和其他的异氰酸酯的混合物，这些异氰酸酯可从以下物质中选择：4,4'-二苯甲烷二异氰酸酯（MDI），4,4'和 2,4'-二苯甲烷二异氰酸酯的混合物，改性的二苯基二异氰酸酯的预聚物，包括脲基甲酸酯改性的 MDI。这些异氰酸酯的 NCO 官能度一般在至少 2 的范围内，具体例子如，异氰酸酯组分含有的 NCO 官能度大约在 2.3-2.7 之间。这些异氰酸酯组分是常用的，可以从如 Bayer 公司等商业机构中得到。聚异氰酸酯组分一般在用量上使得 NCO/OH 指数不小于 0.8。

多羟基组分一般包括重量分数为 12 至 45 的、分子量小于 300 的二醇，也可以采用分子量小于约 300 的含双羟基基团的不同化合物的混合物。该低分子量的化合物的例子有，乙二醇，1,2-和 1,3-丙二醇，1,4-和 2,3-丁二醇，1,5-戊二醇，1,6-己二醇，1,8-辛二醇，新戊二醇，1,4-二羟基-甲基环己烷，2-甲基-1,3-丙二醇，二溴丁二醇（US P. 3,723,392），二乙二醇，二丙二醇，2-甲基-1,3-丙二醇，这些都是较好的二醇。

多羟基组分的交联剂组分一般官能度大于 2，分子量从 92 到 1000 左右，这样可使二醇和交联剂的羟基当量比为从 1 到 10。合适的交联剂实例包括下列已知的多羟基化合物：如丙三醇，三羟甲基丙烷，1,2,6-己三醇，1,2,4-丁三醇，三羟甲基乙烷，另外还有适当的含羟基的聚醚，聚酯，聚缩醛，聚碳酸酯，聚醚酯，多硫醚，聚酰胺，聚酰胺酯，聚硅氧烷，聚丁二烯和聚酮。较好的交联剂为包含氧化丙烯/乙二胺的加和物，其羟基数为 450-850。

聚醚组分包括聚醚或其混合物，一般含量在 40-75 份，并且具有的官能度从 1.5-4，分子量为 2000-8000。该聚醚可作为一个或较多的氧化烯如，氧化乙烯，氧化丙烯，氧化丁烯，或两种或两种以上的该种氧化物的混合物，与含有活性氢的、官能度为 2 或更大的引发剂的反应产物得到。作为可用作本发明中的第一种多醇的、可商购的二醇的非限制性实例包括从 Bayer 公司得到的 MULTRANOL 9111。

所述硅氧烷开孔表面活性剂，其用量为 0.1-3 份，在本领域中是已知的。聚醚型硅氧烷是特别适合的开孔表面活性剂。这些化合物一般在氧化乙烯和氧化丙烯的共聚物上连有聚二甲基硅氧烷基团，可

用的硅氧烷开孔表面活性剂的例子包括 WITCO 公司出售的 L-3801 和 L-3802.

本发明中更好的表面活性剂的平均分子式为 $M^*D_xD_yM''$, 其中 M^* 为 $(CH_3)_3SiO_{1/2}$ 或 $R(CH_3)_2SiO_{1/2}$, D 为 $(CH_3)_2SiO_{2/2}$, D'' 为 $(CH_3)(R)SiO_{2/2}$. x 为 $81-220$, y 为 $8-40$, $D/(D''+M'') \leq 10$ (M' 为 $R(CH_3)_2SiO_{1/2}$), R 是从某些选自两种不同组别 (以便使平均分子量为 $1100-1800$) 的聚醚混合物中衍生出的含聚醚的取代基. 这样的表面活性剂一般是平均分子量大于 9000 , 并含有由两种聚醚组成的硅氧烷-氧化聚亚烷基二醇共聚物. 该表面活性剂是已知的, 并可按照 US P. 5, 489, 617 中的方法制备. 在此全文引为参照.

反应混合物中还含有至少一种叔胺作为催化异氰酸酯基和羟基反应的催化剂 (即氨基甲酸乙酯催化剂), 用量在 $0.2-3$ 份, 这些催化剂一般是已知的, 并含有叔胺如三乙基胺, 三丁基胺, N -甲基吗啉, N -乙基吗啉, N -椰油基吗啉, N,N,N',N'' -四甲基-乙二胺, $1,4$ -二氮杂-二环- $(2,2,2)$ -辛烷, N -甲基- N' -二甲基-氨基-乙基哌嗪, N,N -二甲基苄胺, 双- $(N,N$ -二乙基-氨基乙基)-己二酸, 二甲基乙醇胺, 双二甲基氨基乙基醚的甲酸盐, N,N -二乙基苄胺, 五甲基二亚乙基三胺, N,N -二甲基环己胺, N,N,N',N' -四甲基- $1,3$ 丁二胺, N,N -二甲基- β -苯乙胺, $1,2$ -二甲基咪唑, 2 -甲基咪唑等, 也可用商品化的叔胺如 WITCO 公司的 Niax A1 和 Niax A107, Texaco 公司的 ThancatDD 等. 延迟反应或热活性的胺类催化剂. 例如, 用甲酸等封阻的胺类催化剂也是可用的. 相对于每 100 份多羟基化合物, 水的用量为 $1-3$ 份, 其中组分 (1)、(2)、(3) 和 (4) 的量一共是 100 份.

可供选择的还有, 使用 $0.01-0.5$ 份的有机金属催化剂. 合适的有机金属催化剂的某些实例包括如有机锡类, 适当的有机锡类催化剂包括如醋酸锡, 辛酸锡, 乙基己酸锡, 油酸锡, 月桂酸锡, 二月桂酸二甲基锡, 氧化二丁基锡, 二氯二丁基锡, 二氯二甲基锡, 二乙酸二丁基锡, 二乙酸二乙基锡, 二乙酸二甲基锡, 二月桂酸二丁基锡, 二月桂酸二乙基锡, 二月桂酸二甲基锡, 马来酸二丁基锡, 马来酸二甲基锡, 二乙酸二辛基锡, 二月桂酸二辛基锡, 氧化二- $(2$ -乙基己基)锡等等. 延迟反应或热活性锡催化剂也可以使用, 这些催化剂可从下

列物质中选择：二丁基锡二硫醇盐，二异辛基巯基乙酸二丁基锡，二甲基锡二硫醇盐，二丁基锡二月桂基硫醇盐，二甲基锡二月桂基硫醇盐，二异辛基巯基乙酸二甲基锡，双（异辛基巯基乙酸）二正丁基锡和双（异辛基巯基乙酸）二异辛基锡，这些都可以从 WITCO 公司购买到。

发泡材料的能量吸收性能可以通过对其压缩强度和动态冲击性能的测定来评价。发泡材料的压缩强度可以用任何适用的方法来测定，如可用 INSTRON 拉力机根据 ASTM 测试标准来测定。为了测定发泡材料的动态冲击性能，例如可采用在 U.S. P. 5,847,014 中提到的特殊设计的动态冲击重锤。D.F.Sounik, D.W.Mccullough, J.L.Liddle 在 SAE 技术论文 (No. 940879, 1994) 聚氨酯吸能发泡材料的动态冲击测试一文中对该装置作了更详尽的讨论。在此全文引为参考。动态冲击性能包括发泡材料样品传递的最大冲击力和最大变形，即重锤冲击端渗透至发泡材料样品内部的全部距离。一般情况下，变形越大，发泡材料越柔软。当重锤和压缩的发泡材料撞上障碍物时，重锤的残余能量显示它本身是最大变形下的最大力。一般来说，柔软的发泡材料显现出更高的最大冲击力，因为这种材料在吸收重锤的冲击能量上不如具有更好吸能性质的发泡材料吸收得那么多。

本发明具有前所未有的优点。本发明中的聚氨酯发泡材料和商用聚氨酯发泡材料相比，在低密度时具有高吸能性等优点。现在已有可能在不降低抗冲击性能的前提下，将聚氨酯的密度下降至多达 20%。

本发明中的发泡材料具有优异的性能，可用来制造汽车保险杠，使其可以满足汽车或其他设备制造者们通常规定尺寸及重量限制以及政府执行标准。用本发明提供的发泡材料制造的汽车保险杠具有优异的吸能性，受冲击时能够变形，和冲击后部分或完全的形变回复性能。尽管该发明中提供的发泡材料优选用于汽车保险杠的制造（还涉及该发泡材料的制备方法），它还可以用于其他应用领域。

本发明在下面的例子中作进一步描述，如无特殊声明，份数和百分率均为重量比。

具体实施方式

原料

该例中用到下列原料:

A) 基于丙三醇、氧化丙烯和环氧乙烷 (17 重量%) 的, 含有 35 个羟基的未填充的聚醚多元醇, 可采用 Bayer 公司的 Multranol 9143;

5 B) 分子量 4000 的聚醚, 基于丙二醇、氧化丙烯和氧化乙烯 (重量份数 20%), 25℃ 下粘度 720-920cps), 可采用 Bayer 公司的 Multranol 9111;

C) 氧化丙烯/乙二胺的加成产物, 羟基数为 630, 可用 Bayer 公司的 Multranol 4050;

10 D) MP-二醇, 2-二甲基-1,3-丙二醇

E) DETDA, 二乙基甲苯二胺

F) TEOA: 三乙醇胺 (氨和 3 摩尔氧化乙烯的加成产物)

G) DEOA: 二乙醇胺 (氨和 2 摩尔氧化乙烯的加成产物)

H) 水

15 I) 硅氧烷表面活性剂, 采用 WITCO 公司的 L-3801

J) 硅氧烷表面活性剂, 采用 WITCO 公司的 L-3802

K) 70% 双 (二甲基氨乙基) 醚, 采用 WITCO 公司的 NiauxA-1

20 L) 二苯甲烷二异氰酸酯聚合物 (聚 MDI) (Mondur MR) 和改性二苯甲烷二异氰酸酯预聚物以 70/30 重量配比的混合物, 采用 Bayer 公司的 Mordur PF

M) 二苯甲烷二异氰酸酯聚合物 (聚 MDI), 采用 Bayer 公司的 Mondur MR

25 N) 二苯甲烷二异氰酸酯聚合物 (聚 MDI) (Mondur MR) 和改性二苯甲烷二异氰酸酯预聚物以 90/10 重量配比的混合物, 采用 Bayer 公司的 Mordur PF

O) 含聚合 MDI, Bayer 公司的 Mondur MR 和 27% 的 NCO 异丁醇基脲基甲酸酯改性的 MDI 74/26 的混合物

配方由各自的组分即聚异氰酸酯组分和异氰酸酯活性组分采用简单的混合技术共混而成。

30 为制备发泡材料块, 采用高压发泡机, 制得 10'' × 10'' × 2.5'' 的模制块, 该设备有两个 REXROTH 12 的轴向活塞泵和一个 HENNECKE mQ-8 的混合头。该部件用在铝质模具中开放浇注的方法制得。注射

压力多羟基化合物一侧为 135 巴，异氰酸酯一侧为 145 巴。混合头的输入量保持在 136 克/秒。多羟基混合物按指定的比例制得，并在 30℃ 下和异氰酸酯一起加热，所有制件三分钟后脱模，脱模剂为 Chemtrent RCTW A-6040。

- 5 下面的表 1 列出了在指定实施例中所用的配方，对照实施例的配方是用于制造吸能发泡材料的标准配方。表 2 列出了所用的 NCO/OH 指数和所制备的发泡材料的成型密度。

表 1

原料	对照	实施例 1	实施例 2	实施例 3
A	70.8			
B		62.1	62.5	62.2
C	20.0	12.0	12.0	12.0
D		21.2	21.0	21.5
E	2.5			
F	2.3			
G	2.5	0.5	0.5	0.5
H	1.8	1.5	1.8	1.6
I		1	1	1
J		0.2	0.2	0.2
K	0.2	1.0	1.0	1.0
L	91.4			
M		112.0		
N			119.0	
O				118.6

10 表 2

NCO/OH 指数	102	102	102	102
成型密度 pcf	7	5.5	5.5	5.5

为测定发泡材料的压缩强度，根据 ASTM D 1621-94 测定其准静态压缩（压缩强度）（CLD50%，整个模块（psi）），为全模块测试进行改造，采用 instron 4200 系列拉伸设备，带有一个 10,000 lb 压

缩单元。通常，数值越高，发泡材料的压缩强度越高。

发泡材料动力学冲击性能的测试，根据 D.F.Sounik, D.W.Mccullough, J.L.Clemons 和 J.L.Liddle 在 SAE 技术论文 No. 940879 (1994) 中的聚氨酯吸能发泡材料的动力学冲击测试一文
5 中讨论的结果，专门设计了一个动力冲击重锤，该动力冲击重锤由 Hennecke 机械集团设计，为冲击发泡材料样品的水平高速动力冲击锤，速度为 33mph。在该例子中，移动的重锤为圆筒形的，重量为 1321bs (59.4Kg)。表 3 列出了发泡材料的物理性能，表 4 列出了发泡材料的重锤冲击性能。

10 表 3 的结果表明，根据本发明的方法（实施例 1-3）制备的发泡材料和对照实验中制备的发泡材料相比，尽管密度较低，但压缩强度更高。

表 4 的结果表明，根据本发明的方法制备的发泡材料和对照实验中制备的发泡材料相比较，具有较低的最大形变。由于形变越大，发泡材料越柔软，本发明方法制备的发泡材料尽管密度较低，但展现出
15 相当好的能量吸收性能。该结果同时也表明本发明制备的发泡材料与对照实验中制备的发泡材料具有相似的弹性。

可以注意到，本发明制备的发泡材料的效率为 82.9%，82.5%及 83.2%，和对照实验的样品的效率 85%接近。这样的低效率（与 100%
20 效率相比），说明发泡材料具备制造汽车保险杠的弹性要求。同时可以发现，本发明制备的发泡材料的最终厚度与对照实验所得到的样品相近，这一相似的厚度表明该发明的发泡材料受冲击后回复良好。

表 3

物理性能	对照	实施例 1	实施例 2	实施例 3
芯密度, pcf ASTM D 3574A	6.28	5.08	4.96	5.09
开孔率, %	7.3	18.6	12.1	14.9
压缩强度, psi				
10%	45.91	51.04	54.03	51.63
50%	65.11	60.49	62.49	61.58
70%	108.81	106.83	107.31	108.55
拉伸强度, psi ASTM D3574E	73.0	80.9	77.7	76.0
延伸率, %	12.8	12.4	11.1	11.4
C 型口膜撕裂, pli ASTM D 624	8.5	9.3	10.8	10.9

表 4:

重锤冲击圆柱头 (6'') 1321b 锤体 13mph				
	对照	实施例 1	实施例 2	实施例 3
最大力, lbs	8358	7733	7844	7965
最大形变, 英寸	1.98	1.96	1.93	1.90
效率, %	85.3	82.9	82.5	83.2
冲击后碎裂	3/5	5/5	3/5	0/5
冲击后块厚度, 英寸	2.30	N/A	2.30	2.25

- 5 尽管该发明为了阐述的目的在前面已经描述得很详细了,但这种详细仅仅是为了该目的。实际运用中的技术方案,在不超出发明原则和范围的情况下可由技术人员进行改变。