(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101426840 B
(45)授权公告日 2013.01.23

(21)申请号 200780014236.9
(22)申请日 2007.03.01
(30)优先权数据
102006018717.2 2006.04.20 DE
(85)PCT申请进入国家阶段日
2008.10.20
(86)PCT申请的申请数据
PCT/EP2007/051926 2007.03.01
(87)PCT申请的公布数据
WO2007/122031 DE 2007.11.01
(73)专利权人 康蒂泰克驱动系统有限公司
地址 德国汉诺威
(72)发明人 赖因哈德·特韦斯 米夏埃尔·韦尔卡尔-弗里德里希·格吕塞尔
(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
代理人 丁业平 张天舒
(51)Int.Cl.
C08K 5/00(2006.01)

(56)对比文件
DE 4309893 A1,1993.09.30, 说明书.
US 4191671 A,1980.03.04, 说明书.
US 2005/0090618 A1,2005.04.28, 说明书.
CN 1139943 A,1997.01.08, 说明书.
CN 1386777 A,2002.12.25, 说明书.

审查员 李静敏

权利要求书 1 页 说明书 8 页

(54)发明名称

具有自由基硫化的橡胶混合物的弹性体产品

(57)摘要

本发明涉及一种弹性体产品，尤其涉及一种传动带，其中所述弹性体产品包含自由基硫化的橡胶混合物。为了生产出具有长的寿命、并且能以环境友好的方式进行制造的弹性体产品，尤其是传动带，则所述橡胶混合物包含至少0.1到50phr的羧酸，以及至少0.1到50phr的作为共活化剂的金属凝结剂，其中所述羧酸至少是不饱和的、并且在共轭双键的端位上具有至少一个烯丙型氢原子。

CN 101426840 B

1. 一种弹性体产品，其含有自由基交联的橡胶混合物，其中所述橡胶混合物包含：

-0.1 到 50phr 的至少一种羧酸，该羧酸是至少为 α，β－不饱和且 γ，δ－不饱和的、并且在共轭双键的端位上具有至少一个烯丙型氢原子；以及

-0.1 到 50phr 的作为共活化剂的至少一种金属氧化物或金属碳酸盐，

其中 phr 为重量份，基于 100 重量份的在该混合物中的全部橡胶而言；并且其中，所述羧酸以及所述金属氧化物或金属碳酸盐在加入到所述橡胶混合物中时处于未反应的状态。

2. 权利要求 1 所述的产品，其中所述橡胶混合物含有 10 到 40phr 的所述至少一种羧酸，所述羧酸是至少为 α，β－不饱和且 γ，δ－不饱和的、并且在共轭双键的端位上具有至少一个烯丙型氢原子。

3. 权利要求 1 或 2 所述的产品，其中所述羧酸中的至少一种为 2,4- 己二烯酸。

4. 权利要求 3 所述的产品，其中所述羧酸中的至少一种为反式，反式 -2,4- 己二烯酸（山梨酸）。

5. 权利要求 1 或 2 所述的产品，其中所述橡胶混合物含有 5 至 40phr 的至少一种金属氧化物或金属碳酸盐。

6. 权利要求 1 或 2 所述的产品，其中所述金属碳酸盐为碳酸锌，所述金属氧化物为氧化锌。

7. 权利要求 6 所述的产品，其中所述共活化剂为氧化锌。

8. 权利要求 6 所述的产品，其中所述氧化锌为 BET 表面积超过 20m^2/g 的活性氧化锌。

9. 权利要求 1 或 2 所述的产品，其中所述橡胶混合物含有至少一种乙烯－α－烯烃橡胶。

10. 权利要求 9 所述的产品，其中所述橡胶混合物含有至少一种三元乙丙橡胶 (EPDM)。

11. 权利要求 9 所述的产品，其中所述橡胶混合物含有至少一种乙烯－丙烯橡胶 (EPM)。

12. 权利要求 1 或 2 所述的产品，其中所述橡胶混合物含有至少一种氢化丁腈橡胶。

13. 权利要求 1 或 2 所述的产品，其中所述产品为传动带。

14. 权利要求 13 所述的产品，其中所述传动带为摩擦紧配合型传动带。

15. 权利要求 14 所述的产品，其中所述传动带为 V 型多楔带。

16. 权利要求 15 所述的产品，其中所述自由基交联的橡胶混合物形成为所述 V 型多楔带的多个楔。

17. 权利要求 15 或 16 所述的产品，其中所述自由基交联的橡胶混合物形成为所述 V 型多楔带的背部。

18. 权利要求 15 或 16 所述的产品，其中所述自由基交联的橡胶混合物形成所述 V 型多楔带的包芯混合物和 / 或涂胶混合物。

19. 权利要求 13 所述的产品，其中所述传动带为形状紧配合型传动带。

20. 权利要求 19 所述的产品，其中所述传动带为齿形带。

21. 权利要求 20 所述的产品，其中所述自由基交联的橡胶混合物形成为覆盖层以及包含所述齿的基体。

具有自由基硫化的橡胶混合物的弹性体产品

[0001] 本发明涉及一种弹性体产品，它包含一种自由基交联的橡胶混合物。

[0002] 必须经受高动态负荷的弹性体产品，例如传动带、输送带或柔性管，一定要满足耐磨损性、弹性模量、拉伸强度、抗撕裂强度、抗老化性、低温下的柔性、抗热量积蓄以及耐化学性和耐油性方面的高要求。对传动带在运行中的额外要求包括产生低的噪音以及在高温下保持所希望的机械特性。总体而言，所提到的特性应该有助于使弹性体产品具有长的使用寿命。

[0003] 为了满足这些高要求，尤其是就耐热性而言的高要求，自由基交联的（即过氧化物交联的）橡胶混合物被用于多种弹性体产品，尤其是用于传动带。这些自由基交联的橡胶混合物基于（例如）氢化丁腈橡胶 (HNBR)、三元乙丙橡胶 (EPDM) 和 / 或乙烯 - 丙烯橡胶 (EPM)。为了增加交联密度并且为了改进由自由基交联的橡胶混合物所形成的硫化产品的特性，进一步已知的是将活性助剂 / 共活化剂（例如三烯丙基化合物或反应性的丙烯酸酯衍生物）加入到混合物中。作为活性助剂，例如，提出了 α，β - 不饱和羧酸的金属盐，诸如丙烯酸或甲基丙烯酸的锌盐。

[0004] 例如，在欧洲专利公开 0 866 834B1 中描述了具有长的使用寿命的传动带，这些传动带基于 EPDM 和 / 或 EPM、并且包含 32 到 100phr 的至少一种 α，β - 不饱和羧酸金属盐，优选二丙烯酸锌。

[0005] 欧洲专利公开 1 205 515A1 披露了 1 到 30phr 的至少一种 α，β - 不饱和羧酸金属盐（尤其是二甲基丙烯酸锌）在传动带中的乙烯 - α - 烯烃橡胶混合物（例如 EPDM 和 EPM) 中的用途。

[0006] 日本专利公开 2981575B2 披露的传动带包含一种过氧化物交联的橡胶混合物，该橡胶混合物基于一种饱和的橡胶（例如 EPM)、且包含短纤维以及烯属不饱和羧酸的金属盐。在此公开文件中还进一步说明了除直接使用烯属不饱和羧酸的金属盐之外，这些盐甚至还可以在该混合物中生成，其中将合适的金属盐（例如碳酸盐类）、氧化物或氢氧化物、以及烯属不饱和羧酸加入到混合物中，并在此反应生成相应的烯属不饱和羧酸金属盐。

[0007] 因此，本发明的一个目的是提供弹性体产品，尤其是传动带，其包含自由基交联的橡胶混合物，并且其特征在于长的使用寿命以及环境友好的生产方式。

[0008] 根据本发明由包含以下组分的橡胶混合物实现了这个目的，所述组分为：

[0009] -0.1 到 50phr（重量份，基于 100 重量份的在该混合物中的全部橡胶而言）的至少一种羧酸，该羧酸是至少为 α，β - 不饱和且 γ，δ - 不饱和的、并且在共轭双键的端位上具有至少一个烯丙型氢原子；以及

[0010] -0.1 到 50phr 的作为共活化剂的至少一种金属盐。

[0011] 在本说明书中所使用的单位 phr（份 /100 份橡胶，以重量计）是制备混合物时常用的量值单位。各物质的重量份配比总是基于 100 重量份的存在于该混合物中的全部橡胶的总质量而言的。

[0012] 据发现，通过向未交联的橡胶混合物（该未交联的橡胶混合物一旦发生自由基交联便成为弹性体产品）中，提供至少一种羧酸以及至少一种金属盐，便可以获得尤其高

的交联度、从而可以获得增强型弹性体产品，其中所述羧酸是至少为 α，β－不饱和且 γ，δ－不饱和的，并且在共轭双键的端位上具有至少一个烯丙型氢原子。这种增强效果产生了尤其高的耐磨性。

[0013] 对于改进交联度来说，看起来关键之处在于羧酸具有由至少两个共轭双键构成的体系，其中该体系具有吸引电子的羧酸基团。这使得位于共轭双键端位的烯丙位上的氢原子尤其活泼。在自由基交联中，当在过氧化物辅助下形成交联键时，羧酸看上去是优选以这种方式直接与聚合物链成键，随后才与金属盐发生反应的。

[0014] 重要的是，当将这种特定的羧酸和所述金属盐加入到橡胶混合物中时，该羧酸和金属盐处于未反应的状态。当使用这种特定羧酸的金属盐时，却未能看到增强效果，这可能是因为在盐的存在下，不再能够发生羧酸与聚合物的预反应。仅仅是烯属不饱和的（无共轭双键存在）羧酸金属盐的使用不会在所有情况下均产生非常好的增强效果，这是因为仅仅是不饱和的羧酸有可能不具有足够的活性、并且对环境也是不利的。

[0015] 此外，对于含有给定量的这种特定羧酸以及所述金属盐的自由基交联橡胶混合物而言，其显著之处在于具有较小的压缩永久变形，即较小的蠕变。这使得由这些混合物形成的弹性体产品在使用寿命内显示出较小的表面几何形状的改变，因此这些产品在整个使用寿命内的性能得到改善。

[0016] 对于含有所述量的这种特定羧酸以及金属盐的自由基交联的橡胶混合物而言，其额外的优点为：其显示出高的动态耐用性，因此含有这些橡胶混合物的弹性体产品在（例如）被用作传动带时能够很好地经受住长时间的动态使用。此外，这些橡胶混合物具有优异的强度以及应力值。

[0017] 由于这种特定的羧酸以及所述金属盐能够很容易地被分散在橡胶基质中，因此用于本发明弹性体产品的橡胶混合物可以毫无困难地进行混合。

[0018] 当橡胶混合物含有 10 到 40phr 的至少一种羧酸时，可以使交联度得到特别大的提高，其中所述羧酸是至少为 α，β－不饱和且 γ，δ－不饱和的、并且其在共轭双键体系的端位上具有至少一个烯丙型氢原子。可以单独使用一种羧酸。但是也可以在混合物中使用若干种该类型的羧酸。

[0019] 所有具有如下特征的羧酸均可使用，该特征为：存在至少两个位于羧酸基团的 α，β 位以及 γ，δ 位上的共轭双键，并且在共轭双键体系的端位上具有烯丙型氢原子。因此，也可以使用具有三个或更多个共轭双键的羧酸。

[0020] 而根据本发明一种优选的实施方案，羧酸为 2,4- 己二烯酸。尤其优选的是反式，反式 -2,4- 己二烯酸（山梨酸），该酸在市场上可以以较低的成本大量获得，并且在生态上是安全的。它作为防腐剂的用途是已知的。山梨酸可以很好地混合到橡胶混合物中，并且均匀地分散于混合物中，从而使弹性体产品具有尤其出色的动态特性。在引入山梨酸时，不会形成具有刺激性或毒性的挥发性气体，因此不必为了这种混合物的生产而特别提供通风系统。

[0021] 用于弹性体产品的橡胶混合物包含 0.1 到 50phr、优选 5 到 40phr 的至少一种金属盐。也可以在混合物中使用若干种金属盐。

[0022] 例如，可以将金属氢氧化物、金属氧化物或金属碳酸盐用作金属盐。就交联度而言，金属氧化物以及金属碳酸盐已表明是非常有效的，因此优选使用金属氧化物以及金属

碳酸盐。

[0023] 例如，金属盐可含有镁、钡、钙、锂、钠、钾、铅、锡等。优选使用锌盐，尤其是氧化锌，它们在交联中是尤其活跃的。

[0024] 为了进一步提高交联度、并且获得具有尤其高的耐磨性以及可动态工作的弹性体产品，经显示使用活性氧化锌是有利的。活性氧化锌具有大的比表面积。虽然标准的氧化锌或“zinkweiss”具有高达 10m^2/g 的 BET 表面积（例如 Grillo 公司的“zinkweiss HARZSIEGEL®”的 BET 表面积为约 4.7m^2/g，或者“zinkweiss Rotsiegel”的 BET 表面积为约 4.5m^2/g），但是活性氧化锌的 BET 表面积高于 20m^2/g。例如，可从 LANXESS 公司获得商品名为“活性氧化锌”的活性氧化锌 (BET 表面积为约 45m^2/g)，或可从 Brüggemann 公司获得商品名为“氧化锌 RAC”的活性氧化锌 (BET 表面积为约 69m^2/g)。一般来说，这些活性氧化锌是通过在溶液中的沉淀反应而制得的，而标准氧化锌是通过燃烧锌蒸汽回收得到的。

[0025] 用于弹性体产品的橡胶混合物可以基于多种可自由基交联的橡胶以及这种橡胶的共混物。

[0026] 因此，橡胶混合物可以（例如）基于至少一种乙烯 - α - 烯烃橡胶，例如三元乙丙橡胶 (EPDM) 或乙烯 - 丙烯橡胶 (EPM)。这些类型的橡胶可以在较宽的温度范围内使用、并且具有良好的耐化学性和耐油性。EPDM 以及 EPM 还可以用作共混物。优选将基于至少一种乙烯 - α - 烯烃橡胶的橡胶混合物用于摩擦啮合型传动带，例如 V 型带或 V 型多楔带。

[0027] 可任选的是，橡胶混合物还可以基于至少一种氢化丁腈橡胶 (HNBR)，氢化丁腈橡胶具有良好的耐磨性、良好的耐油性以及良好的低温性能。优选将基于至少一种氢化丁腈橡胶的橡胶混合物用于形状配合型传动带，例如齿形带。

[0028] 此外，橡胶混合物还可包含其他类型的橡胶，例如，硅橡胶、氯丁橡胶、环氧氯丙烷橡胶、天然橡胶、乙烯 - 乙酸乙烯酯橡胶、氯磺化聚乙烯等等。

[0029] 可以利用常见的过氧化物来进行橡胶混合物的自由基交联。例如，可以利用以下化合物：2,5- 二甲基 -2,5- 二叔丁基过氧基己烷、二叔丁基过氧化物、过苯甲酸叔丁酯、过氧化二异丙苯、α，α’- 二叔丁基过氧基二异丙基苯。

[0030] 橡胶混合物还可以包含适量的常规填充材料。这些填充材料包括填料（例如炭黑、硅石以及短纤维）、软化剂类以及蜡、抗老化剂、硬脂酸和粘合剂、以及其他材料。

[0031] 本发明的弹性体产品可以是差别很大的产品，这些产品必须能够经受动态负荷、并且需要具有良好的耐磨性。例如，对于输送带、软管、以及涂布有弹性体的织物而言，这些特性是必须的。

[0032] 而根据本发明的一种优选实施方案，弹性体产品是包含自由基交联的橡胶混合物的传动带。该传动带可以通过成本有效且对环境安全的方式进行生产，并且其特征在于：具有高的动态负荷能力，并且由于磨损被降低，因此其具有延长的使用寿命。

[0033] 这些传动带可以是摩擦啮合型传动带，例如扁平带、V 型带或 V 型多楔带。优选的是，该传动带为 V 型多楔带，其中 V 型多楔带可以达到特别好的耐磨损性能。

[0034] 如果传动带为 V 型多楔带，则自由基交联的橡胶混合物可以形成 V 型多楔带的楔和 / 或背部、和 / 或包芯混合物、和 / 或涂胶混合物。

[0035] 传动带也可以为形状配合型传动带，优选为齿形带。对于齿形带而言，覆盖层以及

包含齿的基体优选是由自由基交联的橡胶混合物形成的。由于该交联混合物的强度得到提高、并且具有更高的应力值，因而齿更为结实，从而使齿被剪切掉的危险得到降低，因此这种齿形带展示出更长的使用寿命。同时还实现了在高温下齿形带强度和应力值的提高。

[0036] 可以根据本领域技术人员已知的方法生产本发明的弹性体产品。例如，V 型多楔带可以通过研磨或成型的方法进行生产、而齿形带可以通过挤出方法进行生产。橡胶混合物可以根据已知的方法进行混合，随后可以将其当作常规的橡胶混合物并用于产品坯料的生产。然后这些坯料可以用已知的硫化方法进行交联、随后将其制成所需形式。

[0037] 下面将对本发明进行详细说明，然而本发明并非局限于这些实施例。

[0038] 在以下表 1 到 3 中，示出了可以用于弹性体产品的比较用橡胶混合物和本发明橡胶混合物。表 1 示出了基于 EPDM 的橡胶混合物，而表 2 示出了基于 EMP 的橡胶混合物。这些混合物可以（例如）用于 V 型多楔带的楔。表 3 示出了基于 HNBR 的纤维填充的混合物，其可（例如）用于齿形带。在这些表所包含的所有混合物实例中，量值单位是基于 100 重量份的全部橡胶而言的重量份数 (phr)。这些比较用混合物被标记为“V”，而本发明混合物被标记为“E”。表中的这些混合物在所使用的山梨酸以及锌盐的量上是不同的。

[0039] 表 1 中所使用的山梨酸锌是通过以下方法制备的：

[0040] 将 224g 的山梨酸加入到 1,000ml 的乙醇中。在搅拌的同时，于室温下以递增的方式向其中加入 117g 碱式碳酸锌。混合物形成为易于搅拌的悬浮液。在室温下继续搅拌，并在短时间后，开始有 CO_2 生成，这表明反应正在进行。

[0041] 24 小时之后，已经形成了足量的二山梨酸锌，因此形成了牢固的团块。在旋转式蒸发器中，在真空条件下将乙醇于 60℃下抽出。回收白色的二山梨酸锌团块，并将其在研磨机中进行研磨。

[0042] 混合物的制备在常规条件下进行。根据 DIN 53529，借助震荡盘流变仪 (MDR) 在 180℃下测量如下数值：达到 10％ (t_{10}) 以及 90％ (t_{90}) 的相对交联阶段的转化时间；以及最终推力 F_e 以及起始推力 F_a 之间的差值（作为交联度的一个衡量标准）。通过在 180℃（加热时间：表 1 和表 2 为 10 分钟，表 3 为 20 分钟）以及压力条件下进行硫化，将所有混合物制成试样，并就橡胶工业通常所需的材料特性对这些试样进行测量，测量结果列于这些表中。对于试样的测试，使用了以下测试方法：

[0043] - 根据 DIN 53 505，在室温下（如果需要，在 150℃）测量肖氏 A 硬度；

[0044] - 根据 DIN 53 504，在室温下（如果需要，在 150℃）测量拉伸强度；

[0045] - 根据 DIN 53 504，在室温下（如果需要，在 150℃）测量断裂伸长率；

[0046] - 根据 DIN 53 504，在室温下（如果需要，在 150℃）和 100％伸长率下测量应力值；

[0047] - 根据 DIN 53 517，在 100℃且变形率为 25％的条件下，测量 22 小时内的压缩永久变形。

[0048] 拉伸强度、断裂伸长率以及应力值在经压延的纤维填充的混合物中进行测定，其中测定是在沿着与纤维通过压延而排列成的总体方向垂直及平行的方向上进行的。

[0049] - 根据 DIN 53 507WRY，在室温下测量厚度为 2mm 的试样的抗撕裂性能；

[0050] - 根据 DIN 53 516，测量耐磨性。

[0051] 表 1

[0052]

组分	单位	1(V)	2(V)	3(E)	4(V)
EPM	phr	100	100	100	100
炭黑	phr	55	55	55	55
硬脂酸	phr	1	1	1	1
软化剂	phr	10	10	10	10
抗老化剂	phr	2	2	2	2
载体上的过氧化物 [a]	phr	7	7	7	7
活性氧化锌 [b]	phr	5	5	10	5
山梨酸	phr	-	-	10	-
二山梨酸锌	phr	-	-	-	15
二甲基丙烯酸锌	phr	-	15	-	-
特性					
$F_e - F_a$	dNm	34.00	54.00	47.33	36.28
t_{10}	分钟	0.52	0.40	0.43	0.38
t_{90}	分钟	6.67	4.50	5.43	4.85
硬度	肖氏 A	72	82	80	76
室温下的拉伸强度	MPa	18	23	22	20
室温下的断裂伸长率	%	255	250	221	240
应力值 100%	MPa	4	9	8	6
压缩永久变形	%	30	35	20	29

[0053] a. α，α'-二叔丁基过氧基二异丙基苯，位于无机载体上，含量为 40 重量%

[0054] b. 活性氧化锌，得自德国 LANXESS 公司的“Zinkoxid aktiv”

[0055] 借助表 1 中所列出的混合物，对不同交联活化剂的添加情况进行了研究。栏 1 中的混合物示出了未添加山梨酸或羧酸锌盐的体系。仅借助过氧化物来实现交联。该混合物的交联度为 34dNm，这对用于诸如 V 型多楔带的产品中的 EPDM 基混合物而言是不够的。

[0056] 栏 2 的混合物显示出使用了 15phr 二甲基丙烯酸锌的相同混合物，其中二甲基丙烯酸锌的使用在本领域是已知的，可参见（例如）欧洲专利公开 1 205 515A1。其压缩永久变形升高，即该混合物易于发生蠕变。例如，在 V 型多楔带或齿形带中，这会产生这样一种状况：带的表面几何形状会发生变化，从而导致较差的耐磨性。栏 4 的混合物显示以等摩尔的量使用了一种类似于二甲基丙烯酸锌的物质，即二山梨酸锌，就交联度以及压缩永久变形而言，这几乎不会提供任何益处。所得交联度为 36.28dNm，这与未含有羧酸金属盐的混合物 1 的交联度相比没有显著的区别。与后者相比，栏 4 的混合物只是在硬度上有微小的增加，这表明山梨酸盐起到了非反应性填料的作用。

[0057] 现在，如果在类似的混合物（栏 3 的混合物）中使用游离的山梨酸与氧化锌的组合，则出乎意料的是，所获得的交联度非常高，并且该混合物非常适于生产耐磨性弹性体产

品，例如传动带。这是特别出乎意料的，因为看上去反应机理不能通过二山梨酸锌中间体的形成而进行。在那种情况下，可获得的结果应该不会比用栏 4 中的混合物更好。实质上，交联机理看上去涉及山梨酸与 EPM- 分子的结合。对此存在不同的可能性。有可能是通过 C_6 上的氢原子而与 EPM 链进行了 ENE- 型反应；在从 EPM- 分子夺取氢的情况下，山梨酸还能够极为快速地进行狄尔斯 - 阿尔德反应。由于混合物的蠕变以及压缩永久变形得到降低，因此（例如）皮带的压缩永久变形显著降低，从而延长了使用寿命。

[0058] 不得不放弃使用游离甲基丙烯酸和氧化锌的对比实验，这是因为该混合物具有未转化的甲基丙烯酸残留物，因此是极端催泪的，并且由于工作场所的卫生原因，必须立即结束该试验。由于环境原因，按照此方式进行市售皮带的商业生产是不实际的。

[0059] 表 2

[0060]

组分	单位	5(E)	6(E)	7(E)	8(E)	9(E)	10(E)
EPDM	phr	100	100	100	100	100	100
炭黑	phr	55	55	55	55	55	55
硬脂酸	phr	1	1	1	1	1	1
软化剂	phr	10	10	10	10	10	10
抗老化剂	phr	5	5	5	5	5	5
载体上的过氧化物 [a]	phr		7	7	7	7	7
山梨酸	phr	10	15	5	10	15	15
活性氧化锌 [b]	phr	10	10	-	-	-	-
间接氧化锌 [c]	phr	-	-	10	10	10	-
碱性物	phr	-	-	-	-	-	10
碳酸锌	phr						
特性							
F_e-F_a	dNm	47.33	54.45	30.67	32.11	33.3	36.5
t_{10}	分钟	0.43	0.42	0.51	0.48	0.46	0.41
t_{90}	分钟	5.43	5.18	5.68	5.83	5.08	4.7
硬度	肖氏 A	80	82	73	74	76	79
室温下的拉伸强度	MPa	22	21	22	22	20	18.1
室温下的断裂伸长率	%	221	175	305	298	283	229
100%应力值	MPa	8	11	5	5	6	7.9
抗撕裂强度	N/mm	3.7	4.6	4.1	3.8	3.8	3.9
磨损	mm^3	44	51	70	72	78	89

[0061] a. α，α'- 二叔丁基过氧基二异丙基苯，位于无机载体上，含量为 40 重量%

[0062] b. 活性氧化锌，得自德国 LANXESS 公司的“Zinkoxid aktiv”

[0063] c. 锌白HARZSIEGEL®，得自 Norzinco GmbH Harzer Zinkoxide

[0064] 表 2 示出了在 EPDM- 混合物中，将不同锌盐与山梨酸进行组合的试验。交联度随着山梨酸含量的增加而升高。利用活性氧化锌（混合物 5 以及 6）获得了最高的交联度，并得到了尤其低的磨损值。就拉伸时的强度以及应力值而言，这两种混合物均显示出了最高值。表 2 还表明耐磨性与交联度是平行发展的。

[0065] 表 3

组分	单位	11(V)	12(E)
HNBR[d]	phr	100	100
炭黑	phr	15	15
硅石	phr	15	15
芳族聚酰胺纤维 [e]	phr	3	3
硬脂酸	phr	1	1
软化剂	phr	6	6
抗老化剂	phr	2.5	2.5
载体上的过氧化物 [a]	phr	7	7
活性氧化锌 [b]	phr	6	11.6
山梨酸	phr	-	15.6
二甲基丙烯酸锌	phr	18	-
特性			
F_e-F_a	dNm	28.83	32.19
t_{10}	分钟	0.34	0.44
t_{90}	分钟	7.96	7.54
硬度	肖氏 A	82	83
室温下的拉伸强度（纵向）	MPa	18.5	22.5
室温下的拉伸强度（横向）	MPa	16.7	19.9
室温下的断裂伸长率（纵向）	%	399	357
室温下的断裂伸长率（横向）	%	344	331
室温下的 100%应力值（纵向）	MPa	8.6	9.0
室温下的 100%应力值（横向）	MPa	4.8	5.6
150°C 下的拉伸强度（纵向）	MPa	6.0	6.5
150°C 下的拉伸强度（横向）	MPa	5.2	6.4
150°C 下的断裂伸长率（纵向）	%	194	146
150°C 下的断裂伸长率（横向）	%	186	165
150°C 下的 100%应力值（纵向）	MPa	4.4	5.2
150°C 下的 100%应力值（横向）	MPa	3.4	4.3

[0066]

[0067] a. α，α’- 二叔丁基过氧基二异丙基苯，位于无机载体上，含量为 40 重量%

[0068] b. 活性的氧化锌，得自德国 LANXESS 公司的“Zinkoxid aktiv”

[0069] d. 丙烯腈含量为 34%，剩余双键含量为 4%

[0070] e. 平均长度为 3mm 的对芳族聚酰胺纤维，Twaron® - 纤维

[0071] 表 3 的混合物是基于 HNBR 的纤维增强型混合物，其通常被用于齿形带。因为纤维经压延加工后呈定向排列，因此在纵向和横向上获得的张力实验数据是不同的。

[0072] 在从混合物 11 过渡到混合物 12 时，以等摩尔的山梨酸以及氧化锌代替了二甲基丙烯酸锌。混合物 2 的显著之处在于交联度得到提高。

[0073] 更为有利的是，混合物 12 达到 10%交联的时间 (t_{10}) 被延长、而达到 90%交联的时间 (t_{90}) 被缩短。这意味着该混合物的焦烧安全性得到提高，同时总的硫化时间被缩短。就产品特性而言，混合物 12 还显示出其强度被明显提高、并且拉伸值也有明显增加，并且当温度升高时这两种特性也得到了证实。这些特性在齿形带中是尤其重要的，这是因为这些特性可以防止齿的剪切断裂以及使用寿命的缩短。