

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102348906 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 08

(21) 申请号 201080011573. 4

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

(22) 申请日 2010. 03. 09

代理人 杨海荣 穆德骏

(30) 优先权数据

2009-056845 2009. 03. 10 JP

(51) Int. Cl.

F16D 69/02(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 09. 09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2010/000477 2010. 03. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02010/103369 EN 2010. 09. 16

(71) 申请人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

申请人 株式会社爱德克斯

(72) 发明人 阿部健司 西胁正明 矶野宏

盐见幸广 藤川裕之 若松智之

志村好男 长泽裕二

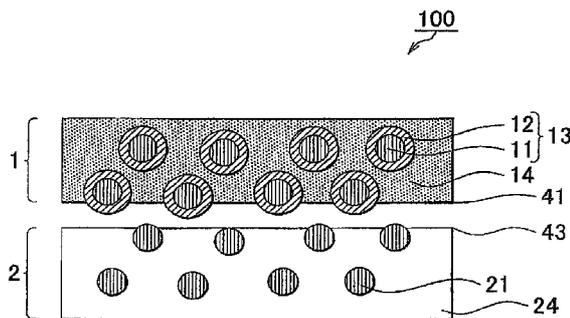
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 3 页

(54) 发明名称

摩擦对

(57) 摘要

一种通过相互摩擦滑动而产生摩擦力的摩擦对,所述摩擦对包括:第一摩擦材料(1),所述第一摩擦材料(1)含有第一硬质粒子(11)和莫氏硬度比所述第一硬质粒子(11)低的树脂(12);和第二摩擦材料(2),所述第二摩擦材料(2)含有第二硬质粒子(21)和莫氏硬度比所述第二硬质粒子(21)低且莫氏硬度比所述树脂(12)高的金属材料或无机材料(24)。所述第一摩擦材料(1)的所述树脂(12)覆盖所述第一硬质粒子(11)的整个表面,且所述第二摩擦材料(2)的所述金属材料或无机材料(24)构成基质,所述第二硬质粒子(21)嵌入在所述基质中。



1. 一种通过相互摩擦滑动而产生摩擦力的摩擦对,所述摩擦对包含:

第一摩擦材料,所述第一摩擦材料含有第一硬质粒子和莫氏硬度比所述第一硬质粒子低的树脂,其中所述树脂覆盖所述第一硬质粒子的整个表面;和

第二摩擦材料,所述第二摩擦材料含有第二硬质粒子和莫氏硬度比所述第二硬质粒子低且莫氏硬度比所述树脂高的金属材料或无机材料,其中所述金属材料或无机材料构成所述第二摩擦材料的基质,所述第二硬质粒子嵌入在所述第二摩擦材料的基质中。

2. 如权利要求 1 所述的摩擦对,其中所述第一摩擦材料还包含构成所述第一摩擦材料的基质的弹性材料,其中所述第一硬质粒子被所述树脂包覆的树脂包覆硬质粒子嵌入在所述第一摩擦材料的基质中。

3. 如权利要求 2 所述的摩擦对,其中所述摩擦对满足下列四个条件中的至少一个,其中

如果所述第一摩擦材料还含有莫氏硬度比所述第一硬质粒子低的第一无机粒子,且所述树脂包覆硬质粒子的平均直径相对于所述第一无机粒子的平均直径的第一比率不低于 0.2,则满足第一条条件;

如果所述第二摩擦材料还含有莫氏硬度比所述第二硬质粒子低的第二无机粒子,且所述第二硬质粒子的平均直径相对于所述第二无机粒子的平均直径的第二比率不低于 0.2,则满足第二条条件;

如果所述第一摩擦材料满足下式 (1),则满足第三条条件:

$$s \leq \frac{r_a \cdot E_b}{2(E_m - E_b)} \text{式 (1)}$$

其中 s 是所述树脂在所述树脂包覆硬质粒子上的平均包覆厚度, E_b 是所述树脂的弹性模量, E_m 是所述弹性材料的弹性模量,且 r_a 是所述第一硬质粒子的平均直径,并且 $E_m > E_b$; 且

如果所述第一摩擦材料和所述第二摩擦材料满足下式 (2),则满足第四条条件:

$$0.2 \leq \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) \cdot \left(\frac{C_A}{C_a} \right) \cdot \left(\frac{R_A}{r_a} \right)^2 \leq 5 \text{式 (2)}$$

其中 C_a 是所述第一摩擦材料中所述第一硬质粒子的浓度 (体积%), C_A 是所述第二摩擦材料中所述第二硬质粒子的浓度 (体积%), r_a 是所述第一摩擦材料中所述第一硬质粒子的平均直径, R_A 是所述第二摩擦材料中所述第二硬质粒子的平均直径, σ_1 是所述第一摩擦材料的屈服应力,且 σ_2 是所述第二摩擦材料的屈服应力,并且 $\sigma_1 = 10 \sim 100\text{MPa}$, $\sigma_2 = 100 \sim 800\text{MPa}$ 且 $C_A = 0.1 \sim 95$ 体积%。

4. 如权利要求 3 所述的摩擦对,其中所述摩擦对满足全部所述第一至第四条条件。

5. 如权利要求 1~4 中任一项所述的摩擦对,其中所述第一硬质粒子和所述第二硬质粒子中的至少一种具有至少 4.5 的莫氏硬度。

6. 如权利要求 3~5 中任一项所述的摩擦对,其中所述摩擦对满足所述第三条条件,且所述树脂的弹性模量不低于 1GPa。

7. 如权利要求 1~6 中任一项所述的摩擦对,其中所述树脂是选自聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚碳酸酯、聚苯醚、聚烯丙酯、聚砜和聚醚砜中的至少一种非结晶性树脂。

8. 如权利要求 3 ~ 7 中任一项所述的摩擦对, 其中所述摩擦对满足所述第一条件和所述第二条件中的至少一个条件, 且所述第一无机粒子和所述第二无机粒子中的至少一种具有不超过 4 的莫氏硬度。

9. 如权利要求 3 ~ 8 中任一项所述的摩擦对, 其中所述摩擦对满足所述第三条件, 且所述弹性材料的弹性模量为至少 1GPa。

10. 如权利要求 2 ~ 9 中任一项所述的摩擦对, 其中所述弹性材料含有选自酚醛树脂、改性酚醛树脂、氨基树脂、呋喃树脂、不饱和聚酯树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯树脂、醇酸树脂、环氧树脂、热固性聚酰胺酰亚胺树脂、热固性聚酰亚胺树脂和有机硅树脂中的至少一种树脂。

11. 如权利要求 3 ~ 10 中任一项所述的摩擦对, 其中所述摩擦对满足所述第一条件和所述第二条件中的至少一个条件, 且所述第一比率和所述第二比率中的至少一个为至少 0.3。

12. 如权利要求 11 所述的摩擦对, 其中所述摩擦对同时满足所述第一条件和所述第二条件, 且所述第一比率和所述第二比率都为至少 0.3。

13. 如权利要求 2 ~ 12 中任一项所述的摩擦对, 其中在所述第一摩擦材料中所述树脂包覆硬质粒子和所述弹性材料的浓度为至少 5 体积%, 且所述树脂包覆硬质粒子对所述弹性材料的体积比范围为 2 : 1 ~ 1 : 50。

14. 如权利要求 1 ~ 13 中任一项所述的摩擦对, 其中所述第一摩擦材料 (1) 的弹性模量为 100 ~ 300MPa。

15. 如权利要求 1 ~ 14 中任一项所述的摩擦对, 其中所述第二摩擦材料的摩擦表面的表面粗糙度不超过 10 μm 。

摩擦对

技术领域

[0001] 本发明涉及显示良好的耐磨性、噪音性能、振动性能和制动性能的摩擦对。

背景技术

[0002] 为了确保安全性,用于工业机械、铁路车辆、运货车辆、乘用车等中的制动衬垫、制动衬片、离合器衬片和其他摩擦材料需要具有高可靠性和日益增加的高性能。更具体地,因为摩擦材料通过摩擦将动能转化为热,所以它们对于在制动期间产生的摩擦热必须具有足够的耐热性。另外,从运行稳定性考虑,摩擦材料必须还在温度和天气条件变化下显示保持恒定的摩擦性能,具有在长时间周期内性能发生很小变化的优异耐磨性,并在制动或车辆振动期间不会产生噪音如振鸣声。特别地,从产品价值和车辆的安静考虑,认为归因于摩擦材料的摩擦振动的噪音和振动是重要的技术问题。

[0003] 为了满足这些需要,通常通过组合使用几种成分来形成摩擦材料。例如,使用用于保持摩擦材料形状的纤维基材、对诸如纤维基材的成分进行粘合的粘合剂、以及用于调节摩擦材料的各种性能(诸如耐磨性、耐热性或摩擦系数的调节和稳定)的填料的各种组合。通过利用热压对利用混合器将这些成分混合而得到的原料混合物进行固化,随后进行成型、必要时的研磨、以及按大小分级(size)来制造摩擦材料。为了提高摩擦材料的制动性能,将高硬度且对提高摩擦材料的摩擦系数极其有效的硬质粒子共混入摩擦材料中。尽管通过增加硬质粒子的量可提高制动性能,但是硬质粒子会使得配对材料受到磨损。由硬质粒子造成的局部磨损导致配对材料的摩擦表面的不均匀磨损,同时源自磨损的配对材料的磨损碎片会残留在摩擦表面上,从而加剧了摩擦对的摩擦表面的磨损。结果,摩擦材料的耐磨性可能下降,同时更易于产生噪音和振动。由此,难以在确保优异的耐磨性、噪音性能和振动性能的同时保持摩擦材料的高制动性能。

[0004] 为了解决上述问题,例如,日本特开 2003-268352(JP-A-2003-268352)描述了一种含有基材纤维、粘合剂和摩擦改性剂的摩擦材料。所述摩擦改性剂含有由多孔硬质粒子和固定在所述多孔硬质粒子的孔中的高弹性物质构成的高弹性研磨材料。

[0005] 在 JP-A-2003-268352 中所述的发明涉及一种构成摩擦对的摩擦材料。然而,摩擦材料的制动性能和耐磨性由构成摩擦表面的摩擦对中的材料组合来决定。因此,通过仅改善构成摩擦对的一种摩擦材料的性能难以得到能够充分发挥预期性能的摩擦对。具体地,通过集中在构成摩擦对的第一摩擦材料和第二摩擦材料两者的摩擦表面上的材料设计,能够得到具有优异的耐磨性、噪音性能、振动性能和制动性能的摩擦材料。即便是仅对一种摩擦材料进行设计,也需要以在试作和评价方面需反复试错的方法,对适合上述摩擦材料的配对摩擦材料进行单独设计。因此,对构成摩擦对的摩擦材料进行联合设计,可在摩擦对的开发中节省成本和时间,并可对摩擦对的性能提高进行预测。

发明内容

[0006] 本发明提供一种具有耐磨性、噪音性能、振动性能和制动性能的摩擦对。

[0007] 根据本发明第一方面的摩擦对通过相互摩擦滑动而产生摩擦力,且包括:第一摩擦材料,所述第一摩擦材料包含第一硬质粒子和莫氏(Mohs)硬度比所述第一硬质粒子低的树脂,其中所述树脂覆盖所述第一硬质粒子的整个表面;和第二摩擦材料,所述第二摩擦材料含有第二硬质粒子和莫氏硬度比所述第二硬质粒子低且莫氏硬度比所述树脂高的金属材料或无机材料,其中所述金属材料或无机材料构成所述第二摩擦材料的基质,所述第二硬质粒子嵌入在所述第二摩擦材料的基质中。

[0008] 所述摩擦对具有应力分配机制,由此即使应力作用在所述摩擦对上,施加到所述第一硬质粒子或所述第二硬质粒子上的应力也能够被所述树脂、所述金属材料或所述无机材料充分吸收。结果,所述第一硬质粒子或所述第二硬质粒子较不易受到屈服应力以上的应力。因此,利用所述第一硬质粒子和所述第二硬质粒子,所述摩擦对能够产生高摩擦力,同时实现优异的摩擦力稳定性并抑制噪音和振动。

[0009] 在上述摩擦对中,所述第一摩擦材料可还含有构成所述第一摩擦材料的基质的弹性材料,其中所述第一硬质粒子被所述树脂包覆的树脂包覆硬质粒子嵌入在所述第一摩擦材料的基质中。所述摩擦对可还满足下列第一到第四条件中的至少一个:

[0010] 1. 所述第一摩擦材料还含有莫氏硬度比所述第一硬质粒子低的第一无机粒子,且所述树脂包覆硬质粒子的平均直径 r_c 相对于所述第一无机粒子的平均直径 r_f 的第一比率 r_c/r_f 为至少 0.2;

[0011] 2. 所述第二摩擦材料还含有莫氏硬度比所述第二硬质粒子低的第二无机粒子,所述第二硬质粒子的平均直径 R_A 相对于所述第二无机粒子的平均直径 R_F 的第二比率 R_A/R_F 为至少 0.2;

[0012] 3. 所述第一摩擦材料满足下式(1);以及

[0013] 4. 所述第一摩擦材料和所述第二摩擦材料满足下式(2)。

$$[0014] \quad s \leq \frac{r_a \cdot E_b}{2(E_m - E_b)} \text{式(1)}$$

[0015] 在式(1)中, s 是所述树脂在所述树脂包覆硬质粒子中的平均包覆厚度, E_b 是所述树脂的弹性模量, E_m 是所述弹性材料的弹性模量,且 r_a 是所述第一硬质粒子的平均直径,并且 $E_m > E_b$ 。

$$[0016] \quad 0.2 \leq \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) \cdot \left(\frac{C_A}{C_a} \right) \cdot \left(\frac{R_A}{r_a} \right)^2 \leq 5 \text{式(2)}$$

[0017] 在式(2)中, C_a 是所述第一摩擦材料中所述第一硬质粒子的浓度(体积%), C_A 是所述第二摩擦材料中所述第二硬质粒子的浓度(体积%), r_a 是所述第一摩擦材料中所述第一硬质粒子的平均直径, R_A 是所述第二摩擦材料中所述第二硬质粒子的平均直径, σ_1 是所述第一摩擦材料的屈服应力,且 σ_2 是所述第二摩擦材料的屈服应力,并且 $\sigma_1 = 10 \sim 100\text{MPa}$, $\sigma_2 = 100 \sim 800\text{MPa}$ 且 $C_A = 0.1 \sim 95$ 体积%。

[0018] 在具有上述特征的摩擦对中,第一摩擦材料中的弹性材料确保摩擦材料的整个摩擦表面能够相互接触。这使得可在整个摩擦表面之间产生摩擦力。当具有上述特征的摩擦对满足第一条件时,第一比率 r_c/r_f 为至少0.2。结果,即使树脂包覆硬质粒子布置在由四

个第一无机粒子形成的密堆积结构的中心处时,在第一摩擦材料中产生的压缩应力也施加到树脂包覆硬质粒子上,且应力仍贯穿第一摩擦材料而均匀传递。如果具有上述特征的摩擦对满足第二条件,则第二比率 R_A/R_F 为至少 0.2。结果,即使第二硬质粒子布置在由四个第二无机粒子形成的密堆积结构的中心处时,在第二摩擦材料中产生的压缩应力也施加到硬质粒子上,且应力仍贯穿第二摩擦材料而均匀传递。当具有上述特征的摩擦对还满足第三条件时,通过设置适当的包覆厚度 s ,使得应力集中在第一硬质粒子中。此外,当具有上述特征的摩擦对还满足第四条件时,可以抑制第一硬质粒子和第二硬质粒子中屈服的发生。

[0019] 摩擦对可还满足全部所述第一条件到第四条件。

[0020] 在上述摩擦对中,第一硬质粒子和第二硬质粒子中的至少一种可具有至少 4.5 的莫氏硬度。

[0021] 具有上述特征的摩擦对能够在实现优异的摩擦力稳定性并抑制噪音和振动的同时,产生更高的摩擦力。具有上述特征的摩擦对使用具有高屈服应力的硬质粒子。结果,在硬质粒子中不易发生屈服,因为作用在第一和第二摩擦材料上的应力仅引起在材料最外表面处硬质粒子周围的成分的位移。这降低了摩擦材料的磨损并提高了其耐磨性。

[0022] 上述摩擦对可满足第三条件,且树脂的弹性模量 E_b 可为至少 1GPa。

[0023] 在上述摩擦对中,具有足够弹性模量的树脂防止了在对第一摩擦材料进行摩擦时第一硬质粒子从第一摩擦材料中脱落。另外,摩擦对实现第一硬质粒子经受的更适宜应力以及第一硬质粒子从第一摩擦表面的更适宜的突出量。所述摩擦对还抑制在第一硬质粒子中发生屈服。

[0024] 在上述摩擦对中,所述树脂可含有选自聚酰胺、聚酰胺酰亚胺、聚碳酸酯、聚苯醚、聚烯丙酯 (polyallylate)、聚砜、聚醚砜中的至少一种非结晶性树脂。

[0025] 选择合适的非结晶性树脂可产生第一硬质粒子经受的更适宜应力以及第一硬质粒子从第一摩擦表面的更适宜突出量。

[0026] 上述摩擦对可满足第一条件和第二条件中的至少一个,且第一无机粒子和第二无机粒子中的至少一种可具有不超过 4 的莫氏硬度。

[0027] 具有上述特征的摩擦对使用具有低屈服应力的第一无机粒子和第二无机粒子中的至少一种。因此,当所述第一和第二摩擦材料经受应力时,树脂包覆硬质粒子中的第一硬质粒子和第二硬质粒子中的至少一种不会破裂。这使得可在摩擦材料中降低磨损并实现期望的耐磨性。

[0028] 上述摩擦对可满足第三条件,且所述弹性材料的弹性模量 E_m 可以为至少 1GPa。

[0029] 在具有上述特征的摩擦对中,具有足够弹性模量的弹性材料实现了第一硬质粒子经受的更适宜应力以及第一硬质粒子从第一摩擦表面的更适宜突出量。

[0030] 所述弹性材料可含有选自酚醛树脂、改性酚醛树脂、氨基树脂、呋喃树脂、不饱和聚酯树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯树脂、醇酸树脂、环氧树脂、热固性聚酰胺酰亚胺树脂、热固性聚酰亚胺树脂和有机硅树脂中的至少一种树脂。

[0031] 在具有上述特征的摩擦对中,选择合适的弹性材料实现了第一硬质粒子经受的更适宜应力以及第一硬质粒子从第一摩擦表面的更适宜突出量。

[0032] 上述摩擦对可满足第一条件和第二条件中的至少一个,且第一比率 r_c/r_f 和第二比率 R_A/R_F 中的至少一个可以为至少 0.3。或者,第一条件和第二条件两者可同时满足,且

第一比率和第二比率两者可都为 0.3 以上。

[0033] 具有上述特征的摩擦对提供下列效果中的至少一种。在第一比率为至少 0.3 的条件下,即使树脂包覆硬质粒子布置在由四个第一无机粒子形成的密堆积结构的中心处,在第一摩擦材料中产生压缩应力时,仍可更可靠地在树脂包覆硬质粒子中产生应力。在第二比率为至少 0.3 时,即使第二硬质粒子布置在由四个第二无机粒子形成的密堆积结构的中心处,在第二摩擦材料中产生压缩应力时,仍可更可靠地在第二硬质粒子中产生应力。

[0034] 所述第一摩擦材料可含有总计至少 5 体积%的树脂包覆硬质粒子和弹性材料,所述树脂包覆硬质粒子对所述弹性材料的体积比可以为 2 : 1 ~ 1 : 50。

[0035] 在具有上述特征的摩擦对中,当第一摩擦材料以更适宜的量包含树脂包覆硬质粒子和弹性材料时,可实现优异的摩擦力稳定性并抑制噪音和振动。而且,在上述摩擦对中,如果树脂包覆硬质粒子与弹性材料的体积比落在合适的范围内,则可实现优异的摩擦力稳定性并抑制噪音和振动。

[0036] 在上述摩擦对中,第一摩擦材料的弹性模量可以为 100 ~ 300MPa。

[0037] 具有上述特征的摩擦对,在摩擦时可防止第一硬质粒子从第一摩擦材料中脱落。另外,所述摩擦对实现了第一硬质粒子经受的更适宜应力以及第一硬质粒子从第一摩擦表面的更适宜突出量。具有上述特征的摩擦对还抑制了在第一硬质粒子中发生屈服。

[0038] 在上述摩擦对中,第二摩擦材料的摩擦表面的表面粗糙度可以不大于 10 μ m。

[0039] 具有上述特征的摩擦对提供了良好的初始磨合 (break-in),并可抑制摩擦力的变化和磨损的增加。

附图说明

[0040] 在本发明实施方式的下列详细说明中参考附图对本发明的特征、优势、以及技术和工业意义进行说明,其中相同的数字表示相同的要素,且其中:

[0041] 图 1 是显示树脂包覆硬质粒子的示意图,所述树脂包覆硬质粒子占据由第一摩擦材料中的无机粒子形成的密堆积结构中的空隙;

[0042] 图 2 是示意性显示由条件 (4) 限定的范围的图,其中 X 轴表示 $(r_a/R_A)^2$ 且 Y 轴表示 (C_a/C_A) ;

[0043] 图 3 是显示本发明摩擦对的典型实例的图;

[0044] 图 4A 和 4B 是显示应力施加前后摩擦对的典型实例的横断面示意图;且

[0045] 图 5 是显示在应力作用到摩擦材料上时,在摩擦表面部分处在树脂包覆硬质粒子 (c) 中以及在构成摩擦材料的基质的弹性材料 (m) 中发生应变前后的比较状况的横断面示意图。

具体实施方式

[0046] 根据本发明第一方面的摩擦对通过相互摩擦滑动而产生摩擦力,所述摩擦对包括:第一摩擦材料,所述第一摩擦材料包含硬质粒子 (a) 和覆盖所述硬质粒子 (a) 整个表面的树脂 (b);和第二摩擦材料,所述第二摩擦材料含有硬质粒子 (A) 和金属材料或无机材料 (M),所述金属材料或无机材料 (M) 构成所述第二摩擦材料的基质,所述硬质粒子 (A) 嵌入在所述第二摩擦材料的基质中。所述第一摩擦材料的树脂 (b) 的莫氏硬度比所述硬质粒子

(a) 的莫氏硬度低,且第二摩擦材料的金属或无机材料(M)的莫氏硬度比硬质粒子(A)的莫氏硬度低且比树脂(b)的莫氏硬度高。

[0047] 在具体实施本发明第一方面的摩擦对的实例中,所述第一摩擦材料优选含有树脂包覆硬质粒子(c)和弹性材料(m),在所述树脂包覆硬质粒子(c)中树脂(b)包覆硬质粒子(a),且所述弹性材料(m)构成所述第一摩擦材料的基质,其中树脂包覆粒子嵌入在所述第一摩擦材料的基质中;且所述第二摩擦材料含有硬质粒子(A)和构成第二摩擦材料的基质的金属材料或无机材料(M)(在下文中“基质材料”),其中摩擦对满足下列条件(1)~(4)中的至少一个:

[0048] (1) 所述第一摩擦材料还含有莫氏硬度比所述硬质粒子(a)低的无机粒子(f),且树脂包覆硬质粒子(c)的平均直径 r_c 相对于无机粒子(f)的平均直径 r_f 的比率 r_c/r_f 为至少0.2。

[0049] (2) 所述第二摩擦材料还含有莫氏硬度比所述硬质粒子(A)低的无机粒子(F),所述硬质粒子(A)的平均直径 R_A 相对于无机粒子(F)的平均直径 R_F 的比率 R_A/R_F 为至少0.2。

[0050] (3) 所述第一摩擦材料满足下式(1)。

[0051] (4) 所述第一摩擦材料和所述第二摩擦材料满足下式(2)。

$$[0052] \quad s \leq \frac{r_a \cdot E_b}{2(E_m - E_b)} \text{式(1)}$$

[0053] 在式(1)中,s是树脂(b)在树脂包覆硬质粒子(c)上的平均包覆厚度, E_b 是树脂(b)的弹性模量, E_m 是弹性材料(m)的弹性模量,且 r_a 是硬质粒子(a)的平均直径,并且 $E_m > E_b$ 。

$$[0054] \quad 0.2 \leq \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) \cdot \left(\frac{C_A}{C_a} \right) \cdot \left(\frac{R_A}{r_a} \right)^2 \leq 5 \text{式(2)}$$

[0055] 在式(2)中, C_a 是第一摩擦材料中硬质粒子(a)的浓度(体积%), C_A 是第二摩擦材料中硬质粒子(A)的浓度(体积%), r_a 是第一摩擦材料中硬质粒子(a)的平均直径, R_A 是第二摩擦材料中硬质粒子(A)的平均直径, σ_1 是第一摩擦材料的屈服应力,且 σ_2 是第二摩擦材料的屈服应力,并且 $\sigma_1 = 10 \sim 100\text{MPa}$, $\sigma_2 = 100 \sim 800\text{MPa}$ 且 $C_A = 0.1 \sim 95$ 体积%。

[0056] 所述摩擦对包括第一摩擦材料和第二摩擦材料。摩擦对的具体应用包括例如盘式制动器,其中所述摩擦对具有作为第一摩擦材料的衬垫和作为第二摩擦材料的转子。

[0057] “莫氏硬度”是用于表示矿物资源硬度的典型硬度指数,其范围为从金刚石的10到滑石的1。

[0058] 在常规摩擦对中,尚未从科学上对摩擦材料中硬质粒子的硬度和硬度比、硬质粒子的平均直径和平均直径比、以及硬质粒子的添加量和添加量比进行研究。因此,耐磨性与抑制噪音和振动的问题仍然存在,而与摩擦材料的摩擦力无关。相反,无论摩擦对的耐磨性与噪音和振动抑制效果可能如何高,仍可能获得难以显示高摩擦力的摩擦对。因此,难以在保持高摩擦力的同时,同时实现耐磨性并抑制噪音和振动。

[0059] 硬质粒子是用于提高摩擦表面的摩擦系数并确保摩擦材料的制动性能的重要成

分。所述硬质粒子具有高屈服应力,因此在摩擦材料经受应力时不易在硬质粒子中发生屈服。

[0060] 所述硬质粒子的硬度可在配对材料中造成过度磨损。如果配对材料也含有硬质粒子,则一种摩擦材料中的硬质粒子交替并间歇地摩擦配对材料中的硬质粒子和硬质粒子之外的成分。这可能引起摩擦对的摩擦变化。或者,硬质粒子之间的摩擦会使得至少一种材料中的硬质粒子破裂。残留在摩擦表面中的破裂的硬质粒子,可能又促进摩擦材料和配对材料的至少一种中的磨损。

[0061] 因此,为了在保持高摩擦力的同时,同时实现耐磨性并抑制噪音和振动,如在常规摩擦材料中那样仅单独开发摩擦材料是不足够的。相反,必须将摩擦材料设计为摩擦对中材料的组合,且必须对各摩擦材料中硬质粒子等的成分比进行控制。

[0062] 根据本发明第一方面的摩擦对具有第一摩擦材料和第二摩擦材料,所述第一摩擦材料和第二摩擦材料各自具有硬质粒子和硬质粒子之外的弹性材料。而且,在摩擦对中,已经建立了应力分配机制和材料设计方法以防止硬质粒子经受屈服应力以上的应力。

[0063] 建立这种应力分配机制和材料设计方法将在摩擦材料中除硬质粒子之外的弹性材料中的局部破裂限制于仅摩擦材料的最外表面层的应变,由此使得局部破裂较不易传播到摩擦材料内部。由此,在保持高摩擦力的同时,可实现合适的耐磨性并抑制噪音和振动。

[0064] 具体地,上述应力分配机制是通过在各种摩擦材料中覆盖硬质粒子的弹性材料的扭曲来充分降低硬质粒子从摩擦表面的突出量的动力学机制。如果硬质粒子从摩擦表面突出,则不仅在第一摩擦材料和第二摩擦材料的突出部分的顶部之间发生硬质粒子之间的摩擦,而且在所述突出部分的顶部之外的区域中也发生硬质粒子之间的摩擦。因此,无论被认为多么耐磨的硬质粒子,都不能避免实质的磨损。上述应力分配机制解决了这种问题。上述机制对作用在第一和第二摩擦材料中的各硬质粒子上的应力进行控制,使得硬质粒子不经受屈服应力以上的应力,并使得硬质粒子仅在突出部分的顶部相互摩擦。结果,可在保持高摩擦力的同时,同时提高耐磨性并抑制噪音和振动。

[0065] 具体地,上述材料设计方法是一种涉及对存在于各种摩擦材料中的硬质粒子、硬质粒子之外的弹性材料、以及其他材料的平均直径、共混量、弹性模量等进行调节的科学方法。尽管上述应力分配机制解决了上述问题,但是所述机制自身在摩擦对的试作和评价方面涉及反复试错,而难以预测由所述机制提供的性能的提高。于是,开发具有摩擦材料的最佳组合的摩擦对成为一种耗时的尝试。通过对存在于第一和第二摩擦材料中的各种材料的各种参数如平均直径、共混量、弹性模量等进行科学设计,能够缩短摩擦对的开发时间,并能够预测摩擦对性能的提高。

[0066] 在具有上述应力分配机制并根据上述材料设计方法设计的摩擦对的具体实例中,摩擦对包括第一摩擦材料,所述第一摩擦材料含有其中硬质粒子(a) 包覆有树脂(b) 的树脂包覆硬质粒子(c) 以及所述树脂包覆硬质粒子之外的弹性材料(m),所述弹性材料(m) 构成所述第一摩擦材料的基质;和第二摩擦材料,所述第二摩擦材料含有硬质粒子(A) 和基质材料(M),其中所述摩擦对满足下述条件(1)~(4)中的至少一种。另外,也可利用树脂对第二摩擦材料中的硬质粒子(A) 进行包覆。

[0067] 在条件(1)中,“第一摩擦材料还含有莫氏硬度比硬质粒子(a) 低的无机粒子(f),且树脂包覆硬质粒子(c) 的平均直径 r_c 相对于无机粒子(f) 的平均直径 r_f 的比率(r_c/r_f)

为不低于 0.2”。在条件 (2) 中,“第二摩擦材料还含有莫氏硬度比所述硬质粒子 (A) 低的无机粒子 (F),且所述硬质粒子 (A) 的平均直径 R_A 相对于无机粒子 (F) 的平均直径 R_F 的比率 (R_A/R_F) 为不低于 0.2”。

[0068] 图 1 是显示树脂包覆硬质粒子的示意图,所述树脂包覆硬质粒子占据由第一摩擦材料中的无机粒子形成的密堆积结构中的空隙。以实线画出的无机粒子 (f) 61 和以虚线画出且比前者更靠近纸的前面的无机粒子 (f) 62 形成密堆积结构。所述树脂包覆硬质粒子 (c) 63 占据密堆积结构中的空隙。假定无机粒子 61 和 62 以及树脂包覆硬质粒子 63 为球形。在图 1 中,为了显示树脂包覆硬质粒子 63,以透明的方式绘制了无机粒子 62。

[0069] 当将树脂包覆硬质粒子 63 严密地固定在密堆积结构的空隙 (四面体空隙) 中时,树脂包覆硬质粒子 63 的直径为 $0.225r_f \approx 0.2r_f$,其中 r_f 是无机粒子 (f) 61 和 62 的直径。因此,如果树脂包覆硬质粒子 63 具有等于或大于上述值的直径,即当 r_c 相对于 r_f 的比率 (r_c/r_f) 等于或大于 0.2,其中 r_c 是树脂包覆硬质粒子 (c) 的直径时,在第一摩擦材料中产生的任何压缩应力都不仅施加到无机粒子 (f) 上,而且施加到树脂包覆硬质粒子 (c) 上,由此即使树脂包覆硬质粒子 (c) 布置在由四个无机粒子 (f) 形成的密堆积结构的中心处时,所述应力仍能够贯穿所述第一摩擦材料而均匀传递。

[0070] 在第二摩擦材料中无机粒子 (F) 与硬质粒子 (A) 之间的关系类似。具体地,当 R_A 相对于 R_F 的比率 (R_A/R_F) 等于或大于 0.2,其中 R_F 是无机粒子 (F) 的平均直径且 R_A 是硬质粒子 (A) 的平均直径时,在第二摩擦材料中产生的任何压缩应力都不仅施加到无机粒子 (F) 上,而且施加到硬质粒子 (A) 上,由此即使硬质粒子 (A) 布置在由四个无机粒子 (F) 形成的密堆积结构的中心处时,所述应力仍能够贯穿所述第二摩擦材料而均匀传递。

[0071] 在条件 (1) 或 (2) 中,所述无机粒子 (f) 或 (F) 具有用作例如各种摩擦材料的摩擦改性剂的无机物质。能够用于无机粒子 (f) 或 (F) 的具体材料可包括例如碳、陶瓷、氧化物如氧化铁或氧化铜、无机填料如硫酸钡或碳酸钙、金属粉末如铜粉末或黄铜粉末、或固体润滑剂如石墨或二硫化钼。

[0072] 在条件 (1) 中,无机粒子 (f) 和无机粒子 (F) 的莫氏硬度优选不超过 4,其足以在实现优异的摩擦力稳定性并抑制噪音和振动的同时提供更高的摩擦力。如果在第一和第二摩擦材料两者中都使用莫氏硬度超过 4 的无机粒子,则无机粒子具有高屈服应力,因此如果当树脂包覆硬质粒子 (c) 与无机粒子 (f) 接触时且当硬质粒子 (A) 与无机粒子 (F) 接触时第一和第二摩擦材料经受应力,则树脂包覆硬质粒子或第二摩擦材料中的至少一种硬质粒子 (a、A) 更易于破裂。结果,在各种摩擦材料中磨损增大,由此可能难以获得期望的耐磨性。特别地,上述无机粒子中的至少一种的莫氏硬度更优选不超过 3.5,最优选不超过 3。

[0073] 优选地,在条件 (1) 中 r_c/r_f 为至少 0.3 和 / 或在条件 (2) 中 R_A/R_F 为至少 0.3。比率 r_c/r_f 为至少 0.3 使得即使树脂包覆硬质粒子 (c) 布置在由四个无机粒子 (f) 形成的密堆积结构的中心处,在第一摩擦材料中产生压缩应力时,也更可靠地在树脂包覆硬质粒子 (c) 中产生应力。比率 R_A/R_F 为至少 0.3 使得即使硬质粒子 (A) 布置在由四个无机粒子 (F) 形成的密堆积结构的中心处,在上述第二摩擦材料中产生压缩应力时,也更可靠地在硬质粒子 (A) 中产生应力。

[0074] 例如,使用激光衍射或散射法 (微跟踪法) 对无机粒子 (f) 的平均直径 r_f 、无机粒子 (F) 的平均直径 R_F 、树脂包覆硬质粒子 (c) 的平均直径 r_c 和硬质粒子 (A) 的平均直径 R_A

进行测量。

[0075] 在条件 (3) 中,第一摩擦材料满足下式 (1)。

$$[0076] \quad s \leq \frac{r_a \cdot E_b}{2(E_m - E_b)} \text{式 (1)}$$

[0077] 在式 (1) 中, s 是树脂 (b) 在树脂包覆硬质粒子 (c) 中的平均包覆厚度, E_b 是树脂 (b) 的弹性模量, E_m 是弹性材料 (m) 的弹性模量, 且 r_a 是硬质粒子 (a) 的平均直径, 并且 $E_m > E_b$ 。

[0078] 图 5 是比较地显示在应力作用到摩擦材料上时,在摩擦表面部分处的树脂包覆硬质粒子 (c) 中以及在构成摩擦材料的基质的弹性材料 (m) 中发生应变前后的状况的横断面示意图。在所述示意图中,以在压力施加方向上大圆部的小区域的剖面图的形式来显示树脂包覆硬质粒子 (c) 的横断面。同样地,将弹性材料 (m) 的横断面表示为具有与树脂包覆硬质粒子 (c) 相同长度的部分的剖面图。为了强调应变,将横断面描绘为带。在图 5 中,在摩擦材料经受应力之前,将弹性材料 (m) 71m 和树脂包覆硬质粒子 (c) 73c 放置在摩擦表面 70 上。利用虚线来描绘图 5 中的弹性材料 71m 和粒子 73c。对弹性材料 (m) 72m 和树脂包覆硬质粒子 (c) 74c 描绘为显示在由图 5 中的箭头所示的方向上将因摩擦而产生的应力 σ_m 和 σ_c 作用至弹性材料 71m 和粒子 73c 之后的状况。在图 5 中,利用实线来描绘弹性材料 72m 和粒子 74c。所述粒子 73c 含有硬质粒子 (a) 73a 和包覆树脂 (b) 73b, 且粒子 74c 含有硬质粒子 (a) 74a 和包覆树脂 (b) 74b。如图 5 中所示, r_a 是硬质粒子 73a 的平均直径且 s 是包覆树脂 73b 的平均包覆厚度。

[0079] 当应力 σ_c 作用在树脂包覆硬质粒子 74c 上时,应力 σ_a 作用在硬质粒子 74a 上且应力 σ_b 作用在包覆树脂 74b 上。因为以同轴的方式布置树脂包覆硬质粒子 74c、硬质粒子 74a 和包覆树脂 74b, 所以能够将应力表示为 $\sigma_a = \sigma_b = \sigma_c = \varepsilon_b \cdot E_b = \varepsilon_a \cdot E_a$ (式 (1a))。在式 (1a) 中, ε_a 和 ε_b 分别表示硬质粒子 74a 和包覆树脂 74b 中的应变, 且 E_a 和 E_b 分别表示硬质粒子 74a 和包覆树脂 74b 的弹性模量。通常, $E_b \ll E_a$, 因此, 认为 $\varepsilon_a = \varepsilon_b \cdot (E_b/E_a) \approx 0$ 。因此, 在树脂包覆硬质粒子 74c 中硬质粒子 74a 的应变 (位移量) ε_a 可以忽略, 因此, 可将 ε_b 表示为 $\varepsilon_b \approx \varepsilon_c = \gamma / (2s)$ (式 (1b)), 其中 ε_c 表示树脂包覆硬质粒子 74c 的应变且 γ 代表树脂包覆硬质粒子 74c 的尺寸变化。

[0080] 假定弹性材料 72m 的平均直径和树脂包覆硬质粒子 73c 的平均直径基本相同, 如图 5 中所示, 能够将弹性材料 72m 的应变表示为 $\varepsilon_m = \gamma / (r_a + 2s)$ (式 (1c))。在式 (1c) 中, 假定树脂包覆硬质粒子 74c 的尺寸变化与弹性材料 72m 的变化基本相同, 如图 5 中所示。

[0081] 必须确保关系 $\sigma_m \leq \sigma_c$ 成立, 从而将应力集中在树脂包覆硬质粒子 74c 内的硬质粒子 74a 中。根据上式 (1a), $\sigma_b = \sigma_c$ 是成立的, 因此, 能够将关系 $\sigma_m \leq \sigma_c$ 表示为 $\varepsilon_m \cdot E_m \leq \varepsilon_b \cdot E_b$ (式 (1d))。将式 (1d) 中的式 (1b) 和 (1c) 代入, 得到 $(E_m \cdot \gamma) / (r_a + 2s) \leq (E_b \cdot \gamma) / (2s)$ (式 (1e))。将式 (1e) 换算, 得到上式 (1), 其中 $E_m > E_b$ 。

[0082] 在条件 (3) 中, E_b 优选等于或大于 1GPa, 因为具有足够弹性模量的树脂 (b) 可防止在摩擦期间硬质粒子 (a) 从第一摩擦材料中脱落, 实现硬质粒子 (a) 经受的适宜应力和硬质粒子 (a) 从摩擦表面的适宜突出量, 这导致可抑制在硬质粒子 (a) 中产生屈服。如果 E_b 小于 1GPa, 则会损失对硬质粒子 (a) 的脱落防止效果和屈服抑制效果。特别地, E_b 优选

不低于 2GPa, 最优选不低于 3GPa。

[0083] 在条件 (3) 中, E_m 优选不低于 1GPa, 因为具有足够弹性模量的弹性材料 (m) 可获得硬质粒子 (a) 经受的适宜应力和硬质粒子 (a) 从摩擦表面的适宜突出量。特别地, E_m 优选不低于 2GPa, 最优选不低于 3GPa。

[0084] 用于计算平均包覆厚度的方法可涉及例如, 通过将树脂包覆之后硬质粒子的直径中减去树脂包覆之前硬质粒子的直径来确定包覆树脂的厚度。用于测量树脂包覆前后硬质粒子的直径的方法可以为例如激光衍射或散射法 (微跟踪法)。

[0085] 例如, 通过根据日本工业标准 JIS K 7181 中所定义的方法进行试验, 可测量并计算弹性模量 E_b 和 E_m 。

[0086] 用于测量硬质粒子 (a) 的平均直径 r_a 的方法可以与用于测量无机粒子 (f) 的平均直径 r_f 所使用的方法相同。

[0087] 在条件 (4) 中, 第一摩擦材料和第二摩擦材料满足下式 (2)。

$$[0088] \quad 0.2 \leq \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) \cdot \left(\frac{C_A}{C_a} \right) \cdot \left(\frac{R_A}{r_a} \right)^2 \leq 5 \text{ 式 (2)}$$

[0089] 在式 (2) 中, C_a 是第一摩擦材料中硬质粒子 (a) 的浓度 (体积%), C_A 是第二摩擦材料中硬质粒子 (A) 的浓度 (体积%), r_a 是第一摩擦材料中硬质粒子 (a) 的平均直径, R_A 是第二摩擦材料中硬质粒子 (A) 的平均直径, σ_1 是第一摩擦材料的屈服应力, 且 σ_2 是第二摩擦材料的屈服应力, 并且 $\sigma_1 = 10 \sim 100\text{MPa}$, $\sigma_2 = 100 \sim 800\text{MPa}$ 且 $C_A = 0.1 \sim 95$ 体积%。

[0090] 式 (2) 按如下导出。在本发明实施方式 1 的摩擦对中, 主要在硬质粒子中产生摩擦力。当在第一摩擦材料与第二摩擦材料之间发生摩擦时, 通过第一摩擦材料从第二摩擦材料中接收的摩擦力 F_1 集中在第一摩擦材料最外表面层处的硬质粒子 (a) 中。在最外表面层中的硬质粒子 (a) 和覆盖所述硬质粒子 (a) 的成分 (即, 弹性材料 (m)、包覆所述硬质粒子的树脂 (b)、以及无机粒子 (f)) 必须经受得住摩擦力 F_1 。所述第一摩擦材料包含硬质粒子 (a) 和上述覆盖成分。因此, 在支持硬质粒子 (a) 的材料上的屈服应力为第一摩擦材料的屈服应力 σ_1 。因此, 可以将摩擦力 F_1 表示为 $F_1 \propto \sigma_1 \cdot r_a^2 \cdot C_a$ (式 (2a)), 其中 C_a 是第一摩擦材料中硬质粒子 (a) 的浓度, 且 r_a 是第一摩擦材料中硬质粒子 (a) 的平均直径。

[0091] 与第一摩擦材料的情况类似, 可通过第二摩擦材料从第一摩擦材料中接收的摩擦力 F_2 表示为 $F_2 \propto \sigma_2 \cdot R_A^2 \cdot C_A$ (式 (2b)), 其中 C_A 是第二摩擦材料中硬质粒子 (A) 的浓度, R_A 是第二摩擦材料中硬质粒子 (A) 的平均直径, 且 σ_2 是第二摩擦材料的屈服应力。尽管由于作用 - 反作用定律使得 F_1 应理想地等于 F_2 , 但是当将接触概率列为重要因素时, 通过假定 $0.2 \leq (F_2/F_1) \leq 5$ 而得到式 (2)。

[0092] 除了满足式 (2) 之外, 条件 (4) 还要求, $\sigma_1 = 10 \sim 100\text{MPa}$, $\sigma_2 = 100 \sim 800\text{MPa}$, 且 $C_A = 0.1 \sim 95$ 体积%。如果第一摩擦材料的屈服应力 σ_1 低于 10MPa, 则不能产生足够的摩擦力。如果 σ_1 的值超过 100MPa, 则第二摩擦材料会经受过度磨损。优选地, σ_1 不低于 22MPa, 更优选不低于 24MPa。此外, σ_1 优选不超过 38MPa, 更优选不超过 36MPa。

[0093] 如果第二摩擦材料的屈服应力 σ_2 低于 100MPa, 则不能产生足够的摩擦力。如果 σ_2 的值超过 800MPa, 则第一摩擦材料会经受过度磨损。优选地, σ_2 不低于 110MPa, 更优选

不低于 120MPa。此外, σ_2 优选不超过 790MPa, 更优选不超过 780MPa。

[0094] 通过基于根据 JIS K 7181 中定义的上述方法的试验确定屈服应力, 可测量并计算第一摩擦材料的屈服应力 σ_1 和第二摩擦材料的屈服应力 σ_2 。

[0095] 如果第二摩擦材料中硬质粒子 (A) 的浓度 C_A 低于 0.1 体积%, 则不能产生足够的摩擦力。如果 C_A 的值超过 95 体积%, 则第一摩擦材料会经受过度磨损。 C_A 优选为至少 0.15 体积%, 更优选至少 0.2 体积%。此外, C_A 优选不超过 92.5 体积%, 更优选不超过 90 体积%。

[0096] 由条件 $\sigma_1 = 10 \sim 100\text{MPa}$ 和 $\sigma_2 = 100 \sim 800\text{MPa}$ 可得到不等式 $1 \leq (\sigma_2/\sigma_1) \leq 80$ (式 (2c))。根据式 (2c) 和式 (2) 能够得到下列不等式 (2d)。

$$[0097] \quad 0.2 \leq \frac{C_a}{C_A} \left(\frac{r_a}{R_A} \right)^2 \leq 400 \text{ 式 (2d)}$$

[0098] 图 2 是示意性显示由条件 (4) 限定的范围的图, 其中 X 轴表示 $(r_a/R_A)^2$ 且 Y 轴表示 (C_a/C_A) 。通过曲线 $(C_a/C_A) \cdot (r_a/R_A)^2 = 0.2$ 和曲线 $(C_a/C_A) \cdot (r_a/R_A)^2 = 400$ 来划定由式 (2d) 所表示的范围。因为 $C_A = 0.1 \sim 95$ 体积%, 所以将 (C_a/C_A) 的上限 y_1 设定在 $y_1 (= C_a/0.1 \text{ 体积%})$ 处并将下限设定在 $y_2 (= C_a/95 \text{ 体积%})$ 处。由此, 由条件 (4) 表示的范围是图中具有倾斜阴影的区域。

[0099] 在本发明实施方式 1 的摩擦对中, 从上述应力分配机制和材料设计方法考虑, 在上述条件 (1) ~ (4) 中, 优选满足至少条件 (1), 更优选满足至少条件 (1) 和 (3), 最优选满足全部条件 (1) ~ (4)。

[0100] 接下来对第一摩擦材料、第一摩擦材料中的其中硬质粒子 (a) 包覆有树脂 (b) 的树脂包覆硬质粒子 (c)、以及树脂包覆硬质粒子之外的弹性材料 (m) 进行详细说明, 其中所述弹性材料 (m) 构成所述第一摩擦材料的基质。另外, 接下来也对第二摩擦材料、第二摩擦材料中的硬质粒子 (A)、以及莫氏硬度比硬质粒子 (A) 低且比树脂 (b) 高的基质材料 (M) 进行详细说明, 其中所述硬质粒子 (A) 嵌入到所述基质材料 (M) 中。

[0101] 用于第一摩擦材料和第二摩擦材料中的硬质粒子 (a) 和 (A) 具有高硬度并由作为对摩擦材料的摩擦负责的主要试剂的材料制成。这种材料的具体实例为例如陶瓷材料。所述陶瓷材料包括碳化物如碳化硅、碳化钨、碳化硼、碳化钛、碳化锆、碳化钽、碳化铁或碳化铬; 氧化物如氧化铝、氧化锆、二氧化钛、氧化铬或二氧化硅; 氮化物如氮化硅、氮化钛、氮化硼或氮化锆; 或硼化合物如硼化钛或硼化铁。除了上面列出的陶瓷材料之外, 还可将硬金属间化合物如 FeAl 用作硬质粒子 (a) 和硬质粒子 (A)。所述硬质粒子 (a) 和 (A) 两者可都是上面列出的材料中的相同材料。或者, 硬质粒子 (a) 和 (A) 可以是不同的材料。同样地, 可将上述材料中两种以上不同材料的混合物用作硬质粒子 (a) 和硬质粒子 (A)。

[0102] 为了在获得优异的摩擦力稳定性并抑制噪音和振动的同时增加摩擦力, 所述硬质粒子 (a) 和硬质粒子 (A) 中至少一种的莫氏硬度优选不低于 4.5。当在第一摩擦材料和第二摩擦材料两者中都使用莫氏硬度低于 4.5 的硬质粒子时, 所述硬质粒子具有低屈服应力, 结果, 当第一材料和第二材料两者都经受应力时, 更易于在硬质粒子中发生屈服。结果, 在各摩擦材料自身中的磨损增大, 这会妨碍期望耐磨性的实现。特别地, 上述硬质粒子中至少一种的莫氏硬度优选不低于 4.75, 最优选不低于 5。

[0103] 用于第一摩擦材料中的树脂 (b) 是具有合适弹性模量的弹性材料。所述树脂 (b) 主要负责通过在摩擦期间的扭曲来充分降低硬质粒子 (a) 从摩擦表面的突出量。具体地, 树脂 (b) 优选为选自如下非结晶性树脂中的至少一种, 所述非结晶性树脂源自聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚碳酸酯、聚苯醚、聚烯丙酯、聚砜和聚醚砜。通过选择合适的非结晶性树脂, 获得在摩擦期间硬质粒子 (a) 经受的更适宜应力和硬质粒子 (a) 从摩擦表面的更适宜突出量, 并更好地抑制硬质粒子的屈服。所述树脂 (b) 可以为上述材料中两种以上不同材料的混合物。

[0104] 通过利用树脂 (b) 对硬质粒子 (a) 进行全部包覆来完成用于第一摩擦材料中的树脂包覆硬质粒子 (c)。通过利用弹性树脂包覆硬质粒子, 所述树脂发挥其充分降低硬质粒子从摩擦表面的突出量的功能, 同时还使得硬质粒子显示出足够高的摩擦力, 这与未利用弹性树脂对硬质粒子进行包覆的情况不同。

[0105] 利用弹性树脂对硬质粒子进行包覆的方法可以为, 例如浸渍法, 其中通过浸渍利用弹性树脂对硬质粒子进行包覆; 包覆法, 其中以喷涂等的形式将弹性树脂包覆在硬质粒子上; 其中将包覆树脂和硬质粒子机械捏合在一起而成为小球的方法; 或其中将包覆树脂形成流体层并将加热至等于或高于所述树脂软化点的温度的硬质粒子注入所述流体层中的方法。可根据实际使用的材料来选择最佳包覆方法。特别地, 包覆方法优选选自上述方法, 因为其使得可在更精确的条件下对弹性树脂的包覆厚度 (例如, 在上述条件 (3) 中的平均包覆厚度) 进行设计。

[0106] 除了树脂包覆硬质粒子 (c) 之外, 根据本发明第一方面的第一摩擦材料还包含树脂包覆硬质粒子之外的弹性材料 (m)。所述弹性材料也构成第一摩擦材料的基质。

[0107] 优选地, 弹性材料 (m) 含有选自酚醛树脂、改性酚醛树脂、氨基树脂、呋喃树脂、不饱和聚酯树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯树脂、醇酸树脂、环氧树脂、热固性聚酰胺酰亚胺树脂、热固性聚酰亚胺树脂和有机硅树脂中的至少一种弹性材料。通过选择合适的弹性材料, 获得在摩擦期间硬质粒子 (a) 经受的更适宜应力和硬质粒子 (a) 从摩擦表面的更适宜突出量。

[0108] 所述基质材料 (M) 构成第二摩擦材料的基质。所述基质材料 (M) 的具体实例包括例如金属材料如铁、钴、镍、铬、钛、铜、铝或具有这些金属中的一种作为主要成分的合金; 或无机材料如碳、碳和碳纤维的复合材料、或者碳和陶瓷的复合材料。

[0109] 根据本发明第一方面的第一摩擦材料可进一步使用基础材料。所使用的基础材料优选为在加热时不变形的材料, 具体为有机纤维如芳族聚酰胺纤维、尼龙、纤维素等; 或无机纤维如钢纤维、铜纤维、陶瓷纤维、玻璃纤维、矿毛绝缘纤维等。基础材料的比率优选为全部摩擦材料的 5 ~ 50 体积%。

[0110] 优选地, 所述第一摩擦材料含有总计不小于 5 体积%的树脂包覆硬质粒子 (c) 和弹性材料 (m), 且树脂包覆硬质粒子 (c) 对弹性材料 (m) 的体积比落在 2 : 1 ~ 1 : 50 的范围内。在上述应力分配机制方面, 如果树脂包覆硬质粒子 (c) 和弹性材料 (m) 的总浓度小于 5 体积%, 则可能不能充分产生摩擦力稳定性与抑制噪音和振动的组合效果。如果树脂包覆硬质粒子 (c) 的浓度超过使得树脂包覆硬质粒子 (c) 对弹性材料 (m) 的体积比为 2 : 1 的浓度, 则第二摩擦材料相对于第一摩擦材料的磨损可能增大。另一方面, 如果弹性材料 (m) 的浓度超过使得树脂包覆硬质粒子 (c) 对弹性材料 (m) 的体积比为 1 : 50 的浓

度,则摩擦力可能下降。特别地,树脂包覆硬质粒子(c)和弹性材料(m)的总浓度优选不低于6体积%,且树脂包覆硬质粒子(c)对弹性材料(m)的体积比优选落在1:1~1:30的范围内。最优选地,树脂包覆硬质粒子(c)和弹性材料(m)的总浓度不低于7体积%,且树脂包覆硬质粒子(c)对弹性材料(m)的体积比落在1:2~1:10的范围内。

[0111] 优选地,第一摩擦材料的弹性模量为100~300MPa。如果第一摩擦材料的弹性模量低于100MPa,则摩擦材料整体的弹性模量变得太低。这可能妨碍实现在第一摩擦材料中包含的硬质粒子(a)经受的更适宜应力和硬质粒子(a)从摩擦表面的更适宜突出量。如果第一摩擦材料的弹性模量超过300MPa,则第一摩擦材料整体的弹性模量可能太高。结果,第一摩擦材料中的硬质粒子(a)会在摩擦期间脱落。特别地,第一摩擦材料的弹性模量优选不低于120MPa,最优选不低于140MPa。另外,第一摩擦材料的弹性模量优选不超过280MPa,最优选不超过260MPa。用于测量第一摩擦材料的弹性模量的方法可以与用于测量上述弹性树脂的弹性模量或弹性材料的弹性模量的方法相同。

[0112] 优选地,第二摩擦材料的摩擦表面的表面粗糙度不超过10 μ m,因为表面粗糙度超过10 μ m会损伤初始磨合,这又会导致摩擦力变化以及磨损增大。按照根据日本工业标准JIS B 0601的十点平均粗糙度(Rz JIS)来确定表面粗糙度。特别地,第二摩擦材料的摩擦表面的表面粗糙度为至多9 μ m,最优选不超过8 μ m。当第二摩擦材料的摩擦表面的表面粗糙度为至少0.01 μ m时,可充分产生上述效果。

[0113] 使用常规方法如使用垂直混合器、水平混合器等的干法混合;或者其中在水或有机溶剂的存在下使用上述混合器等进行湿法混合,随后真空脱气或加热脱气以除去溶剂的方法,对包含上述第一摩擦材料的材料进行混合。使用其中将使用上述混合方法得到的混合物装入受热模具中并进行压制的方法、或者其中将使用上述混合方法得到的混合物粘合至基础材料的方法,可以使摩擦材料成形。可将所述摩擦材料成形为任意合适形状如线、棒、板或片。

[0114] 使用多种方法如使用球磨机等将硬质粒子(A)与基质材料(M)的粒子、以及所需要的无机粒子(F)混合,随后对制得的混合物进行烧结;通过机械紧固或焊接如电焊接或激光焊接将烧结体接合至结构基体构件的摩擦表面部分上;通过等离子喷涂等将混合的材料粉末喷涂到结构基体构件的摩擦表面上;或者将其中通过粒子分散电镀法分散有硬质粒子(A)或者硬质粒子(A)与无机粒子(F)的金属材料(M)电镀到结构基体构件的摩擦表面上,可以制备第二摩擦材料。还可使用铸造方法,只要在凝固过程期间硬质粒子析出即可。铸铁可以作为所述第二摩擦材料,条件是对合金组成和铸造条件进行控制以使得渗碳体(碳化铁)析出。

[0115] 图3是显示本发明摩擦对的典型实例的横断面示意图。本发明的摩擦对100具有第一摩擦材料1和第二摩擦材料2,使得第一摩擦材料1的摩擦表面41与第二摩擦材料2的摩擦表面43邻接。所述第一摩擦材料1具有其中硬质粒子(a)11包覆有树脂(b)12的树脂包覆硬质粒子(c)13,和所述粒子(c)13之外的弹性材料(m)14,所述弹性材料(m)14构成第一摩擦材料的基质。所述第二摩擦材料2具有硬质粒子(A)21和基质材料(M)24。优选地,所述摩擦对100满足至少(A)21和基质材料(M)24两者。优选地,所述摩擦对100满足至少上述条件(1)和(3)两者。

[0116] 图4A和4B是显示应力施加前后上述摩擦对的典型实例的横断面示意图。图4A

显示了向摩擦对的典型实例施加应力之前的状况,即摩擦滑动之前的状况。从各摩擦材料的摩擦表面突出的硬质粒子 (a)11 和 (A)21 的突出部分 50 是施加到摩擦对的应力超过硬质粒子中的屈服应力的一个因素。图 4B 显示了在向摩擦对的典型实例施加应力之后的状况,即在摩擦滑动期间的状况。如图中所示,包覆硬质粒子 (a)11 的树脂 (b)12 以及基质材料 (M)24 在应力施加时变得扭曲。结果,摩擦对 100 具有应力分配机制,由此当摩擦对 100 经受应力时,给予硬质粒子 (a)11、(A)21 的过量应力被树脂 (b)12 或基质材料 (M)24 的扭曲充分吸收。这使得硬质粒子不易经受屈服应力以上的应力。而且,在第一摩擦材料中的弹性材料 (m)14 确保接触表面 15 在整个摩擦表面上。这在摩擦表面之间的整个区域上提供了有效的摩擦。

[0117] 在上述典型实例中的摩擦对由此具有应力分配机制,因此,在向摩擦对施加应力时,给予硬质粒子 (a)、(A) 上的过量应力被树脂 (b) 或基质材料 (M) 充分吸收,结果,硬质粒子 (a)、(A) 不易经受屈服应力以上的应力。因此,在实现优异的摩擦力稳定性并抑制噪音和振动的同时,所述摩擦对通过硬质粒子 (a)、(A) 而产生高摩擦力。

[0118] 1. 通过利用树脂 (b) 包覆硬质粒子 (a) 来制备树脂包覆硬质粒子将碳化硅 (SiC, 莫氏硬度为 9.3, Green Densic[®] (GC), 由昭和电工株式会社 (Showa Denko) 制造) 用作硬质粒子 (a)。将聚酰胺酰亚胺 (下文中简称为 PAI, Molykote[®] (PA-744), 由道康宁东丽株式会社 (Dow Corning Toray) 制造) 用作树脂 (b)。为了利用树脂 (b) 对硬质粒子 (a) 进行包覆,将 SiC 与溶于溶剂中的 PAI 进行混合,使得 PAI 与 SiC (溶剂中的固体) 为当量比 (1 : 1)。其后,蒸发溶剂以形成树脂包覆硬质粒子。使用激光衍射粒度分析仪对树脂包覆前后 SiC 的粒度进行测量。然后,根据树脂包覆之后 SiC 的平均直径与树脂包覆之前 SiC 的平均直径之差计算树脂包覆的厚度 (s)。

[0119] 2. 制造摩擦对

[0120] 通过对下表 1 中给出的以比例 (体积%) 显示的材料进行混合来制造根据本发明实施例的第一摩擦材料 (制动衬垫)。表 1 中的术语“SiC(PAI 包覆的)”是指在上述树脂包覆硬质粒子的制备中得到的树脂包覆的碳化硅。使用上述激光衍射粒度分析仪测量了表 1 中列出的粒度。在表 1 中列出的材料中, SiC (硬质粒子 (a)) 的莫氏硬度是 9.3, 且树脂包覆的 SiC 的平均直径是 26 μm 。云母 (无机粒子 (f), 平均直径为 15 μm) 的莫氏硬度是 2.5 ~ 3.0。硫酸钡 (无机粒子 (f), 平均直径为 10 μm) 的莫氏硬度为 3.5。因此, 实施例的第一摩擦材料满足条件 (1)。制造方法的细节如下。首先, 在垂直混合器中将各种原料均匀混合 5 分钟, 从而得到摩擦材料原料混合物。在随后的热成形步骤中, 将摩擦材料原料混合物装入在 150°C 下加热的模具中, 并在 200kg/cm² 下压制 10 分钟。其后, 在 200°C 下固化 2 小时, 从而得到第一摩擦材料。根据下述方法制造第二摩擦材料 (转子)。将具有 3 μm 平均直径的碳化钨 (WC, 莫氏硬度为 9) 用作硬质粒子 (A), 同时将钴 (莫氏硬度为 5.5) 用作基质材料 (M)。使用钴作为粘合剂, 通过在铸铁转子上等离子喷涂 WC 而得到第二摩擦材料。在喷涂层中的 WC 浓度为 90 体积%。将所述第一摩擦材料 (制动衬垫) 和第二摩擦材料 (转子) 结合以得到实施例的摩擦对。

[0121] 通过以表 1 中的比较例栏中给出的比例 (体积%) 对下表 1 中列出的材料进行混合来制备比较例的第一摩擦材料 (制动衬垫)。表 1 中的术语“SiC (未包覆的)”是指未利用任何树脂包覆而原样使用的碳化硅 (SiC, 莫氏硬度为 9.3, Green Densic[®] (GC), 由昭

和电工株式会社制造)。使用上述激光衍射粒度分析仪测量了下表 1 中列出的粒度。在下表 1 中列出的材料中, SiC 不具有所定义的树脂包覆, 因此, 本比较例的第一摩擦材料不满足条件 (1)。制造方法的细节如下。首先, 在垂直混合器中将各种原料均匀混合 5 分钟, 从而得到摩擦材料原料混合物。在随后的热成形步骤中, 将摩擦材料原料混合物装入在 150°C 下加热的模具中, 并在 200kg/cm² 下压制 10 分钟。其后, 在 200°C 下固化 2 小时, 从而得到第一摩擦材料。使用与制造实施例的摩擦对中第二摩擦材料的方法相同的方法来制造第二摩擦材料 (转子)。将所述第一摩擦材料 (制动衬垫) 和第二摩擦材料 (转子) 结合以得到比较例的摩擦对。

[0122] 表 1

原料	成分	浓度(体积%)	
		实施例	比较例
纤维基材	芳族聚酰胺纤维	5	5
	铜纤维	10	10
	玻璃纤维	10	10
摩擦改性剂和填料	石墨 (平均粒径: 5 μm)	5	5
	SiC(PAI 包覆的; 平均粒径: 26 μm)	10	0
	SiC(未包覆的; 平均粒径: 20 μm)	0	10
	云母 (平均粒径: 15 μm)	10	10
	硫酸钡 (平均粒径: 10 μm)	30	30
粘合剂	酚醛树脂	20	20
合计		100	100

[0124] 3. 摩擦对的摩擦性能的测量与评价

[0125] 在 100°C 或 300°C 的温度下在 200N 的负荷下放置根据实施例和比较例的摩擦对的试样, 以 1m/s 的速度使其相互靠着滑动并持续 1 小时, 随后从 1m/s 制动到 0m/s。表 2 对摩擦系数 (μ)、制动期间的摩擦系数变化 ($\Delta \mu$) 和制动前后的磨损量进行了比较。

[0126] 表 2

[0127]

	实施例	比较例
摩擦系数 (μ)/100°C	0.65	0.65
摩擦系数 (μ)/300°C	0.65	0.65
$\Delta \mu$ /100°C	0.02	0.05
$\Delta \mu$ /300°C	0.03	0.06
磨损量 /100°C	0.1mm	0.1mm
磨损量 /300°C	0.3mm	0.3mm

[0128] 如表 2 所示,在 100°C 和 300°C 两个温度下,在实施例和比较例的摩擦对中摩擦系数 μ 和磨损量都相同。相比之下,在实施例的摩擦对中摩擦系数变化 $\Delta \mu$ 更小。上述摩擦性能测量的结果表明,特别地,与不满足条件 (1) 的常规摩擦对相比,满足条件 (1) 的本发明实施例摩擦对具有更优异的摩擦力稳定性。

[0129] 4. 摩擦对振鸣声的测量与评价

[0130] 对于实施例和比较例的摩擦对,对在安装有各摩擦对的汽车的模拟城市巡航期间(在 40km/小时的速度、0.1 ~ 1.5m/s² 的减速和 50 ~ 150°C 的温度下进行 100 个制动循环)的振鸣声发生次数、以及所述振鸣声的音量进行了测量。表 3 对振鸣声的次数及其音量进行了比较总结。

[0131] 表 3

[0132]

	实施例	比较例
振鸣声发生次数	40 次	100 次
振鸣声音量	中 - 低	高 - 中

[0133] 如表 3 所示,与比较例的摩擦对相比,实施例的摩擦对发出了更少的振鸣声和更低音量的振鸣声。关于振鸣声的摩擦性能的测量结果表明,与不满足条件 (1) 的常规摩擦对相比,满足条件 (1) 的本发明实施例的摩擦对在更大程度上抑制了制动振鸣声。

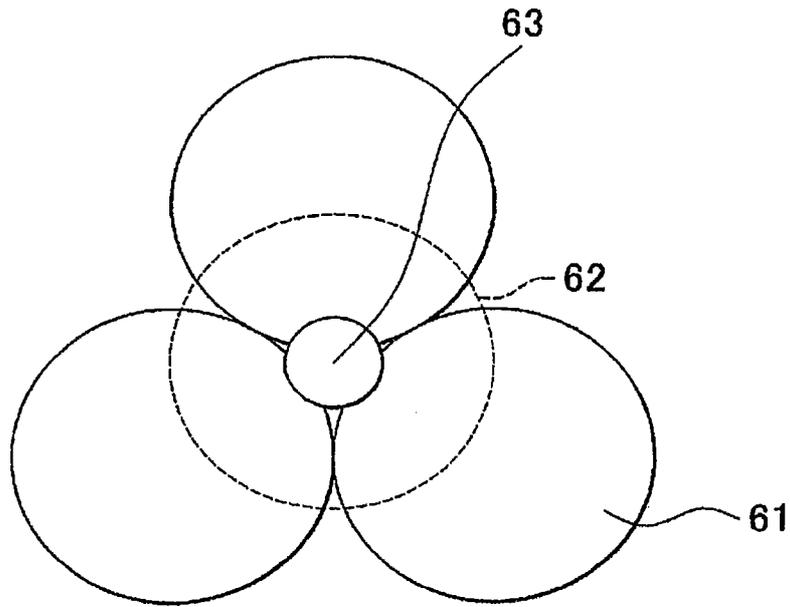


图 1

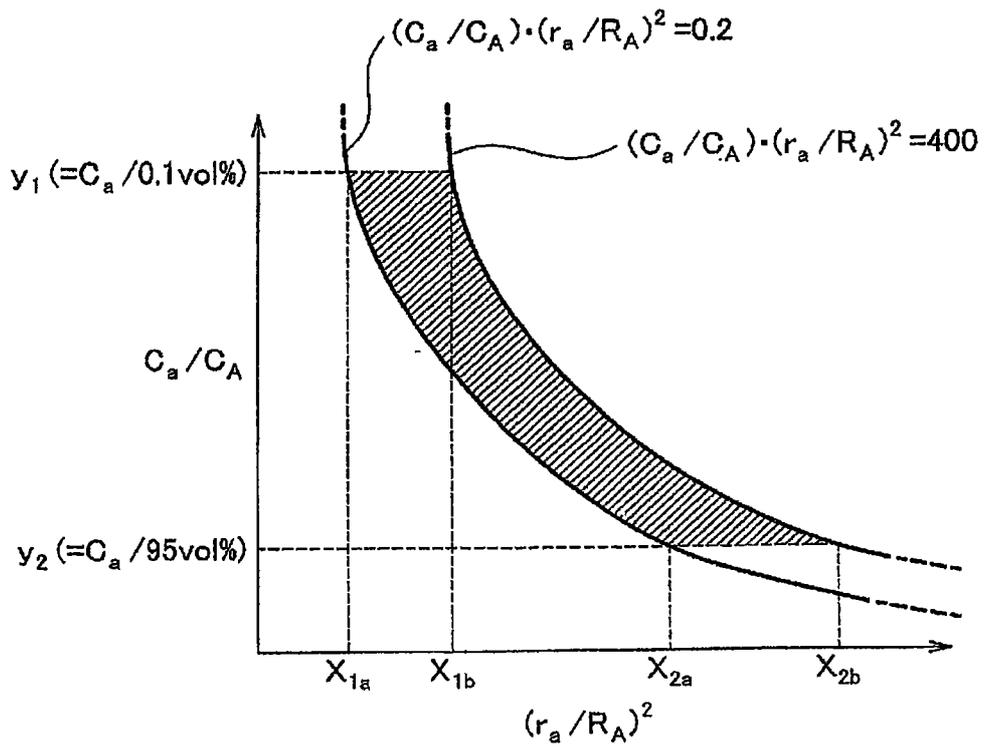


图 2

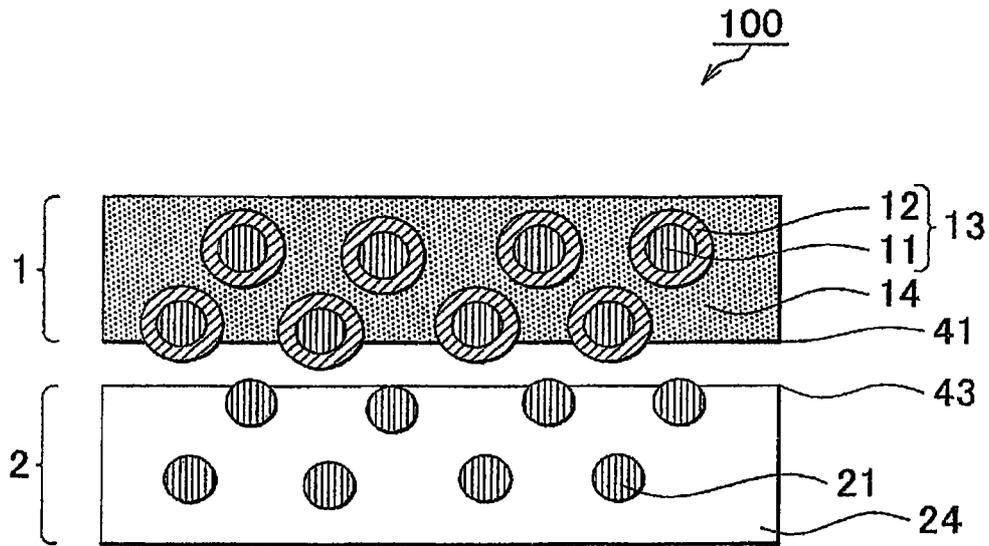


图 3

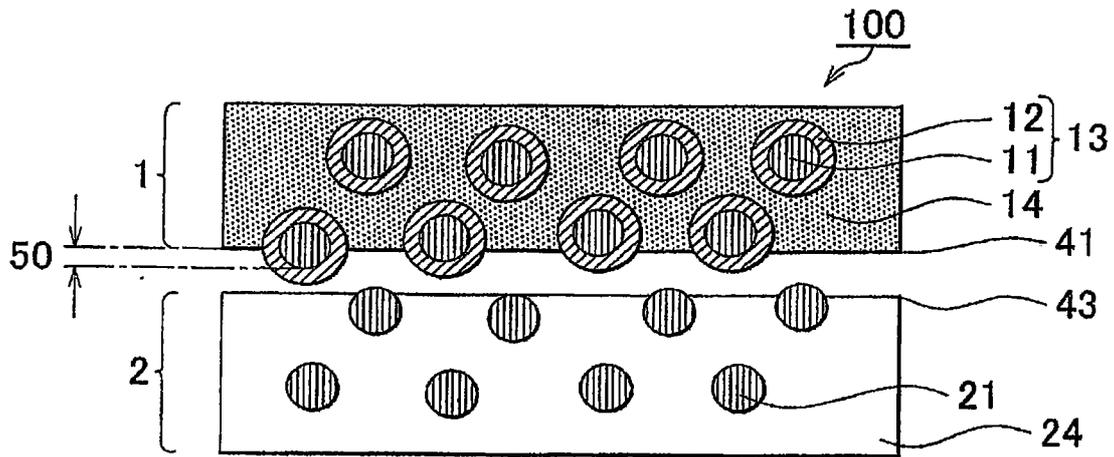


图 4A

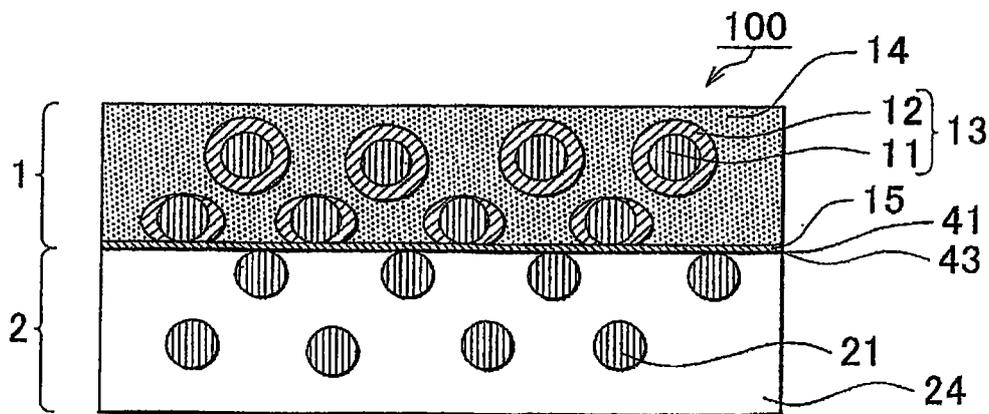


图 4B

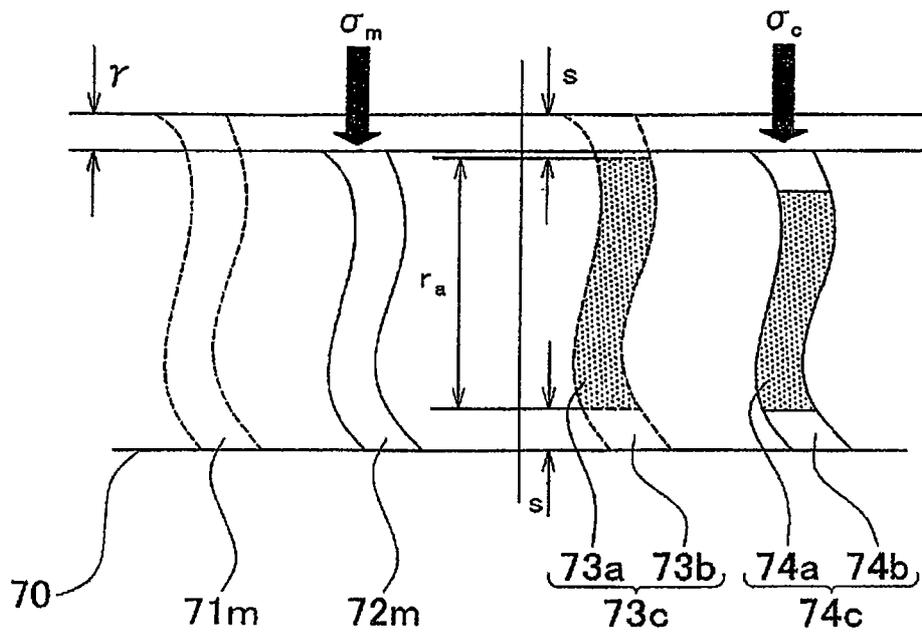


图 5