

摩擦材料最近进展

【美】 Louis B. Newman

张元民 汤希庆

中国建筑工业出版社

摩擦材料最近进展

[美] 路易斯 B. 纽曼 著

张元民 汤希庆 译

309312

中国建筑工业出版社

本书包括美国有关摩擦材料方面截止至1978年的专利文献资料，内容广泛丰富。

原著共六章，本书只翻译了有关制动制品的四章。一、有机粘合剂摩擦片；二、金属摩擦元件设计及构造；三、铁路摩擦元件；四、飞机摩擦元件。作者在专利资料的基础上按摩擦材料的组分类型综合地阐述了汽车、火车、飞机等各种用途的摩擦材料的组分配方及生产工艺，介绍了新发展的各种粘合剂、摩擦改性剂等，反映了美国摩擦材料的最新进展。

本书可供各种摩擦材料的生产人员及有关科研和设计人员阅读或参考。

本书第一及第三章系汤希庆翻译，第二、四章及第三章第四节由张元民翻译。全书由孙则远审校。

Louis B. Newman
FRICION MATERIALS
Recent Advances
Noyes Data Corporation, 1978

摩擦材料最近进展
张元民 汤希庆 译

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市平谷县大华山印刷厂印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：11 字数：288千字

1986年7月第一版 1986年7月第一次印刷

印数：1—2,900册 定价：2.05元

统一书号：15040·4918

原 序

本书所详述的内容是最近美国有关摩擦材料的专利。本书有双重目的，即提供详细的工艺资料，并可用作此领域中的美国专利文献的指南。通过指明所有重要的资料并删去法律术语和司法措辞，本书提供摩擦材料方面先进的技术上的综述。

美国专利文献是世界上最大和最广泛的技术情报收集品，它收集了比任何其他来源更实用、更有商业价值和更加及时的工艺资料。从专利中得到的技术情报是非常可靠并很广泛，其中必须包括足够的情报以避免因揭示不足而遗弃。这些专利实际上包括在此期间美国发表的所有这方面的内容，在选择专利内容方面是没有倾向性的。

专利文献包括了杂志文献上未报道过的大量情报资料。专利文献是商业上有用的情报的主要来源。这些资料被那些首先信赖定期杂志文献的人们所忽略。人们知道在申请专利发展一种新工艺和专利被批准之间是有一段时间间距，但我们感到这两者可大致平行进行，甚至将那种新工艺发展付之商业应用中，可以抢在这种间距之前。

这些专利中有许多正在商业上利用。不论采用与否，它们都对传递技术提供机会。而且，本书的一个主要目的是阐述现有技术可能性的数目，这可打开科研和发展有利的领域。本书包括的情报资料将使你在开始进入这一领域的研究以前建立一个坚实的背景。

Noyes Data 公司采用它发展的先进排字和生产方法，在最短时间中给你带来这些装订耐久成册的书，采用各种特殊技术缩小原稿和成书间的时间。工业技术进步如此之快、时间宝贵，

以至传统的排字、装订、发运等方法不再适用，我们越过了一般书籍出版周期中的延误，为读者提供评价在深度上最新的资料的有效和方便的手段。

书中的目录表是编制成用作主题索引。其它按公司、发明人和专利号编成的索引可帮助易于查到本书所包括的资料。

目 录

引言	1
第一章 有机粘合剂摩擦片	3
第一节 酚甲醛树脂类	3
一、酚微球	3
二、悬浮聚合的热固性颗粒	7
三、碳氟化合物颗粒	13
四、粒状焦油残留物	15
五、铁粉	15
六、多孔铁粒	17
七、铁粉和石墨	19
八、金属氧化物粉	20
九、氧化亚正铁	21
十、研磨烧结材料	21
十一、尖晶石固溶体	22
十二、半金属及有机摩擦片	24
十三、原处生成的硫化镍	31
十四、粉碎的多孔珍珠岩	32
十五、沉淀二氧化硅	35
十六、除去石棉中磁铁矿粒	36
十七、铁石棉	36
十八、玄武岩纤维	37
十九、玻璃纤维纱	38
二十、玻璃纤维和热导性金属颗粒	42
二十一、重晶石和腰果壳树脂	45
二十二、氟化钠	45
二十三、重铬酸钾	48

二十四、分子筛	48
二十五、油系统受控的孔隙率	52
二十六、耐油摩擦片的碳纤维织物	53
二十七、快速磨合组分	54
第二节 酚醛树脂和弹性体	56
一、石棉纱和玻璃纤维绕组件	56
二、纺织玻璃纤维	59
三、连续玻璃纤维束	65
四、硫化铜添加物	70
五、丁二烯-丙烯腈橡胶干法混合	73
六、特定丙烯腈含量的丁腈橡胶	74
七、在合成橡胶内嵌入青铜	76
八、合成橡胶组分的氧化硫化	77
第三节 氟橡胶	82
一、氧化钙	82
二、高模量粗糙物	85
三、聚四氟乙烯和软木	87
第四节 其它有机粘合剂和配方	87
一、热塑性聚芳烯炔聚醚	87
二、热固性芳酰亚胺	91
三、聚苯硅氧烷	94
四、酚醛树脂-异氰酸盐三聚物	95
五、檀如酸-三(羟乙基)异氰酸酯粘合剂	97
六、石墨及呋喃树脂组分	98
七、辐射聚合技术	98
八、盘式制动器用聚乙烯耐腐蚀涂层	99
九、整体模压环氧活塞和摩擦片	100
第二章 金属摩擦元件设计及构造	101
第一节 铁和铜粉组成物	102
一、高热传导率制动鼓	102
二、整体轮毂及制动盘	104
三、轮鼓冷却结构	104
四、球墨铁轮鼓及烧结铁摩擦片	109

五、散热面结构	112
六、整体块设计	114
七、烧结盘的焊接技术	116
八、摩擦片排列	117
九、硼化物层	119
十、灰铸铁及石墨微观结构	120
十一、铋添加物	121
十二、煤焦油沥青用作高坯件强度的压片	121
十三、在原处形成的金属硫化物粘合剂	128
十四、增加铜表面硬度的氧化铜	130
十五、磨损表面使用铜-钢组分的修复	131
第二节 其它金属摩擦元件	133
一、金属箍边和陶瓷摩擦片材料	133
二、导热铜及碳化硅涂覆钢件	138
三、平板设计	138
四、刚性装配装置	142
五、阳极化的铝涂层	142
六、水冷却的制动蹄	143
七、空气间隙结构	144
八、用于耐油摩擦片的烧结金属纤维毡	145
九、组合摩擦元件	146
第三节 离合器片的特殊工艺方法	147
一、短、硬尼龙短纤维	147
二、用单一粉状金属混合物的浇铸工艺	151
三、静电离合器	156
第四节 电磁摩擦对	161
一、应用等离子流技术的陶瓷摩擦片	161
二、铝矾土摩擦片	163
三、铝硅合金轮鼓	167
四、碳氟基磁性摩擦片	168
五、电磁体	169
第五节 其它工艺方法	174
一、用于碳质组合物的碳化硼添加物	174

二、聚合物稠乳液涂于摩擦片组件上	174
三、磨合阶段用的磨合涂层	175
四、固化抛光膏	176
五、半金属的副蹄摩擦片	177
六、聚硅酸锂粘合剂	181
七、高压粘合	181
第三章 铁路用摩擦元件	190
第一节 合成制动闸瓦	190
一、低磨蚀性的低铅含量组分	190
二、冰晶石-橡胶系统	196
三、低氧化锌含量的橡胶系统	199
四、卤代丁基橡胶	203
五、增强橡胶支撑层	207
六、在室温下压实	210
七、橡胶薄片和酚-甲醛树脂	213
八、橡胶-树脂粘合剂	214
九、可模塑的石墨-环氧树脂组分	215
十、石墨, 金属粉和热固性粘合剂	219
第二节 浇铸制动闸瓦	220
一、铸铁组分	220
二、铝烧结合金	222
三、高碳奥氏体钢	223
第三节 轨道减速器	224
一、低噪音闸瓦	224
二、球墨铸铁磨蚀性轨道	228
第四节 其它工艺方法	233
一、缓冲轮轴式铁路转向架	233
二、提高摩擦性能的有机改性二氧化硅溶胶	237
第四章 飞机摩擦元件	239
第一节 碳复合物	239
一、多片设计	239
二、石墨板	242
三、打毛元件	244

四、削边	246
五、平型和网格型表面	248
六、凹边(多扇形的周边)	252
七、固定摩擦片用的套管	259
八、弹性扭矩连接件	262
九、增强的键及键槽	266
十、纤维增强碳层	267
十一、碳纤维增强物	268
十二、螺旋缠绕碳纤维	270
十三、粘结在碳纤维布上的石墨	272
十四、树脂浸渍布的分割块	275
十五、高温石墨化工艺	275
十六、涂硼酚醛树脂的脱挥发物的碳粒	281
十七、带有共沉积碳化硅的热解石墨	289
十八、可重复使用的碳复合物芯盘	296
十九、可拆装的摩擦面片	299
二十、换装新面技术	301
二十一、铁和碳摩擦偶	306
二十二、碳纤维和无机粘合剂	309
第二节 用于抗氧化的碳复合物	311
一、环形金属屏蔽	311
二、氧化防护套	316
三、碳编织带	323
四、碳结构的环构件	323
五、抗氧化涂层	327
六、形成耐久涂层的焙烧过程	327
第三节 碳和铍复合物	328
一、铍芯盘	329
二、铍垫板	332
三、铍扇形块	332
四、碳和铍表面	332
第四节 烧结铁组合物	335
一、硼化物	335

二、钛	337
三、氮化硅和石墨	338
四、硅酸盐玻璃添加剂用作表面釉	339
第五节 其它金属组分	340
一、合金钢和氧化铝	340
二、镍和金属氧化物对偶	341

引 言

用作制动摩擦片和离合器片的摩擦材料有着严格的性能要求。这类摩擦元件的主要功能是将动能转变成热量,然后将热量吸收或散发掉,同时通过摩擦减低摩擦材料和被它贴合的部件之间的相对运动。为了达到这些目的,摩擦系数必须尽可能高,无论操作条件的变化如何,而且此种必要的能量转化须对接触部件的磨耗为最小的情况下来完成。摩擦材料除了要有高的摩擦系数外,还应当耐用和热稳定性好,并且应在和被贴合部件进行摩擦接触时产生很小的噪音或不产生噪音。

最初使用柏油或橡胶浸渍棉织物构成的摩擦片是早在1900年。1906年,为试图克服这种棉基材料固有的易燃性,在汽车制动系统中使用了石棉织物的制动摩擦片。由于制动系统和摩擦元件变得日益复杂,因而要求大大提高性能与安全标准,多种摩擦片组分被发展起来。有关制动摩擦材料选择的幅度或许最好通过列举使用的各种材料连同其性质来说明。

通用有机材料:各种矿物纤维或颗粒几乎总是此类材料中的主要磨蚀成分,虽然其它材料例如钢棉也可使用。这类材料必须具有热稳定性,较高的摩擦系数和增强性能。

由于单独无机物质不能提供所有要求的摩擦性能,故需加入一些通称为摩擦调节剂的材料。调节剂有各种类型和含量,因此可提供所要求的不同水平的效果,耐磨损和抗衰老性,恢复能力以及噪音抑制能力。这类材料中的有机成分总含量按容积为50~60%不等。此种材料的特点是在温度400°F以上时摩擦与/或耐用率锐减,低温寿命长,可压缩性相对地高——尤其在热时。其比重为1.60~1.80。

高温有机材料：高温有机物一类的摩擦材料比通用有机物的摩擦材料，噪音较大并对转动体或转鼓的磨蚀性较大，其低温耐用性较差，不过它们的高温耐用性能优良。如无磨蚀物，它们是低摩擦材料，如有磨蚀物，它们变为高摩擦材料。它们含的有机成分比通用有机摩擦材料要少得多。其比重范围在2.2~2.8之间。它们最常用于实体转动体制动、重载卡车制动以及竞赛汽车中。含有更多金属成分类似材料则应用在飞机制动器。

烧结摩擦材料（金属基）：以铜或铁粉基体烧结的摩擦材料能消除高温磨损和高温衰退的问题。但其特点是成本高，结构脆，冷效果差，有噪音，与/或对对偶表面磨损大。通常需用套环或结构背板（两层结构）。

半金属材料：半金属材料用于重载鼓式制动，也用于盘式制动。它们的性能介于通用有机材料和烧结金属类摩擦材料之间，适合500~1000°F的温度范围的操作要求。半金属材料具有高热导性，很低的可压缩性，仅使对偶表面磨光而并不使其磨损或造成刻痕。通常，半金属摩擦材料在含有高的铁及石墨成分这点上类似于烧结摩擦材料。不过，其与烧结材料不同处是铁及石墨要和有机树脂混合且进行固化。

本书前两章介绍了在世界范围内已发展起来的并在美国专利文献中叙述过的几百种汽车制动摩擦片的配方和设计要求。后两章则概括了铁路和飞机摩擦元件的更多更复杂的要求。

因为摩擦材料按其广义来说可定义为一种制品被设计和制造用来阻止它和与它贴合的另一表面间发生的滑动而使之在有控制的方式进行。一些设计用来提高纸及纸产品的抗滑能力的工艺方法以及其它一些这样的实际专门应用也包括在当中，这些都在最后两章中涉及。

第一章 有机粘合剂摩擦片

通常，摩擦材料含有基体或粘合剂如热固性树脂或硫化橡胶、纤维增强物和能给予材料所要求的摩擦系数的摩擦调节剂。摩擦材料常常也含有填料以改进其物理性能和降低成本。纤维增强物一般为石棉，虽然其它各种耐高温材料的纤维也能用来将摩擦材料的各种成分联结在一起。

本章为以酚基和酚甲醛树脂弹性材料和一些高温有机树脂为基础的有机粘结的摩擦片提供大量例子、实验详情和性能特点。

第一节 酚 甲 醛 树 脂 类

一、酚微球

W.J.D'Alessandro, 美国专利 3,730,920, 1973.5.1, 转让给联合碳化物公司, 叙述了含有微球的组分, 特别适用于汽车制动摩擦片。此种摩擦元件能经受在高速车辆制动中经常遇到的苛刻工作条件。

与热固性树脂粘合剂和摩擦颗粒结合使用的微球是由无机和有机材料制成的工艺上熟知的产品。可用来说明制成适用的微球材料的是呈热塑性和热固性树脂类有机物。在合适的热塑性树脂中可指出下面几种：乙烯基树脂，如聚乙烯醇、聚氯乙烯、聚乙烯醇缩丁醛、聚偏二氯乙烯、聚苯乙烯、氯乙烯和醋酸乙烯的共聚物、偏二氯乙烯和丙烯腈的共聚物等；丙烯酸类树脂，如聚甲基丙烯酸甲酯等；以 α -烯烃为基础的树脂，如聚乙烯等；美国专利3305528中所述的聚羟醚树脂；美国专利3455868中所述的聚

砜树脂；聚酰胺树脂等。

例：制备若干种组分，模压成块并取样试验其制动作用和寿命。制备每种试验的组分是将各种成分放入一个有摩擦顶盖容器中，容器有三个橡皮塞棒，橡皮塞棒有助于各种材料的混合并使纤维破坏减至最小程度。每个容器在一涂料振动器中充分搅动。然后将每个组分料（其数量应足够最后模压产品所要求的密度）加到一个半阳模式的固定容积的模中，模腔容积约为53立方厘米，在下列模压条件下压制成 $2 \times 6 \times 5/16$ 英寸的平板：压制时间15分钟，温度 300°F ，压力为2000磅/英寸²，在1、3、5和7分钟后放气。每块平板按下列程序进行后处理： 300°F 下4小时， 360°F 下4小时。

从每块平板上切下 1×1 英寸、厚 $1/4$ 英寸的试验样品，测试摩擦系数和耐磨性。试验系用高输出功率摩擦试验机进行，该机有一个转动的金属试验轮鼓和带动试验鼓用的变速驱动马达。在试验鼓和变速马达间装有热电偶以测量轮鼓温度，轮鼓温度则用外部加热器及强制空气冷却进行控制。试验机仪器盘记录下鼓温、转鼓和保持静止的试验样品间产生的摩擦力和所施加的力。

试验前，将转鼓表面擦净并用320号细砂纸打光，将每个试样对着转鼓表面装好，转鼓以15英尺/秒转动贴合摩擦，并保持温度为 200°F ，直到每个样品表面光滑为止。然后，将每试样称重、量其厚度并进行试验。试验在下列条件下进行：恒定摩擦力35磅；转鼓恒定速率20英尺/秒；功率吸收恒定为1.27马力；试验时间19~20分钟；鼓温 $300 \sim 900^{\circ}\text{F}$ （按标准SAE-J-661a转鼓加热速率操作）。

所得数据用来确定 $300 \sim 900^{\circ}\text{F}$ 温度范围内的摩擦系数。然后将摩擦系数值绘成图1-1a和1-1b。试验后，测定每个样品的重量和厚度，以重量损失百分比和厚度损失百分比平均值反映其使用寿命。百分比越低则使用寿命越长。所试验的组分和试验结果表述如下。表中所示数值均为重量份。

	组 分, 以 重 量 份 计				
	A	B	C	D	对 照
石棉纤维	60	60	60	59.7	60
硫酸钡	10	10	10	9.9	10
Cardolite Nc111	10	10	10	9.9	10
酚-甲醛粘合剂	19	18	16	18.9	20
酚微球	1	2	4	—	—
玻璃微球	—	—	—	1.6	—

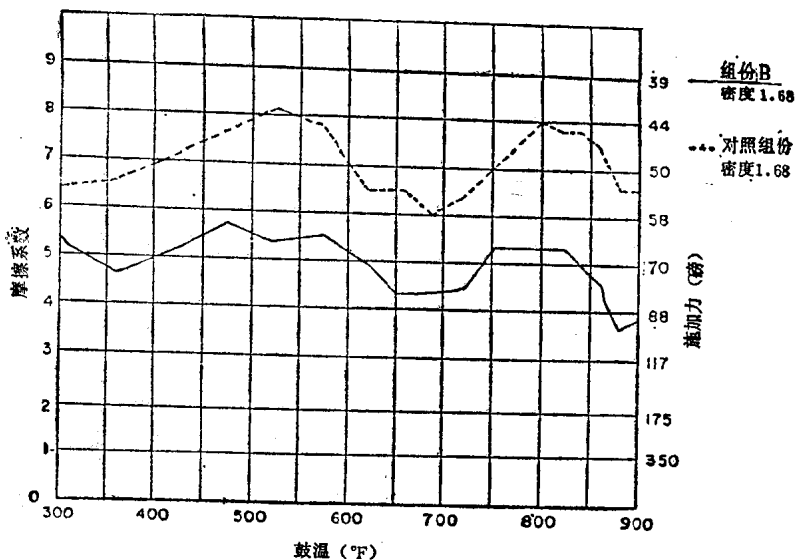
所用石棉纤维 (Johns-Manville公司产品) 为魁北克筛样检验分级的7级棉, Cardolite Nc111是美国专利2317587中所述的经热处理成不熔状态且粉碎的一种腰果壳液-醛缩合产物。硫酸钡为325目左右的粉状物。

酚-甲醛粘合剂是平均分子量约为590的酚-甲醛线型树脂, 含9.1%重量的六次甲基四胺。酚微球系由一种酚-甲醛树脂制成。

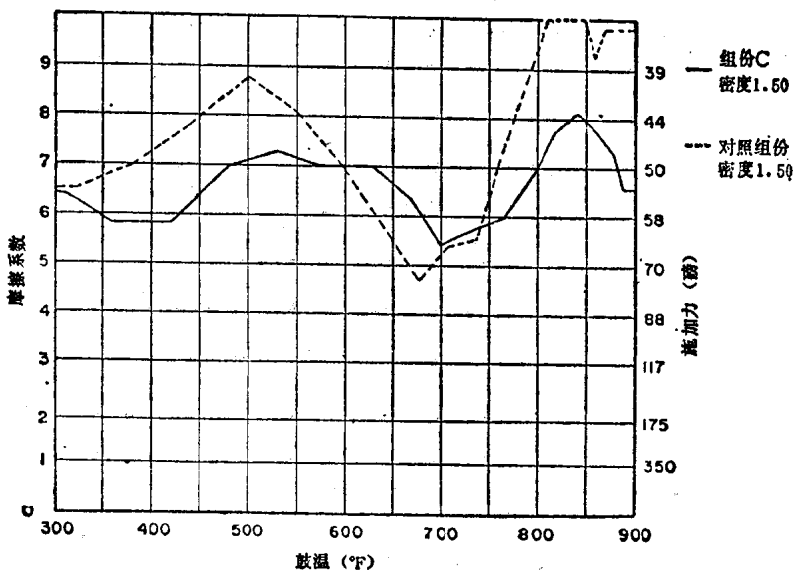
试 验 结 果

组 分	密度, 克/厘米 ³	磨 耗, %
A	1.80	6.5
B	1.68	9.0
C	1.50	12.5
D	1.80	6.2
对 照 组 分	1.80	9.0
对 照 组 分	1.68	13.5
对 照 组 分	1.50	22.0

图1-1a和1-1b的曲线清楚地表明, 本工艺的摩擦元件很明显比不含任何微球的同样密度的摩擦元件具有更稳定的制动性能, 即其摩擦系数明显地更为稳定。



a



b

图 1-1 含酚微球的摩擦元件
来源：美国专利 3730920