

制动器、离合器 摩擦材料专利译文集

(第一册)

摩擦学学会《摩擦磨损》编辑部

机械设计与传动学会全国离合器技术协作网

国家机械委武汉材料保护研究所

一九八七. 三.

TB329-18

武汉化工原料厂

为您提供理想的石棉摩擦材料粘结剂——G1102改性酚醛树脂。该树脂系我厂与机械部武汉材料保护研究所共同开发的新产品。采用此改性树脂的石棉摩擦材料，硬度低、冲击强度高、摩擦磨损性能良好。

我厂还向您提供下列产品：

工业草酸

工业苯酚

聚苯砒醚

酚醛塑料粉

酚醛树酯 G111 G121 G131

酚醛树脂 Y 551 Y 441 等

工业黄磷

工业磷酸

无水硫酸钠

硫代硫酸钠

亚硫酸钠

HYA 锅炉清灰剂

厂址：武汉市汉口汉黄路 12 号

开户银行：工商银行堤角办 33—111

电话 8673

武汉市长江制动制品设备模具厂

向您提供制动制品加工设备和模具。本厂以中国人民解放军 86532 部队军械修理所为后盾，加工设备齐全、制造精度高。本厂以机械部武汉材料保护研究所摩擦材料专业组为技术指导，产品设计优良、使用性能良好、产品供货及时、实行三包。

主要产品有：

1. 立式高速混料机

2. 刹车片内弧磨片机、外弧磨片机

3. 各种车型的刹车片、离合器片模具

欢迎用户提出各种非标设备的设计和制造订货。

本厂委托武汉材料保护研究所摩擦材料组与各界进行业务联系和订货。

厂址：武汉市洪山区长江制动制品模具厂

征 订 启 事

本译文集尚有少量存留，欢迎各单位或个人订购。凡欲订购者，请与武汉材料保护研究所《摩擦磨损》编辑部联系。

出版发行：武汉材料保护研究所：

（武汉市宝丰二路 182 号）

责任编辑：吕友桦 周顺隆

印刷：湖北省地方国营新生印刷厂

¥ 20 元 0 角 0 分

编者的话

摩擦材料俗称刹车片、离合器片。它是各种机器和车辆不可缺少的安全件。“摩擦材料专利译文集”介绍的内容,不仅摩擦材料生产厂(石棉制品厂、粉末冶金厂、摩擦材料厂、制动材料厂等)需要它。对所有的同制动器、离合器有关的厂,如汽车、拖拉机、飞机、铁路机车、船舶、装甲车、机床、起重机、纺织机、工程机械、建筑机械、矿山机械、石油机械、印刷机械厂等及其配件厂等,也有参考价值。当今,我国正处于改革、对外开放的年代,国外专利公报是提高效率手段的重要信息窗口。为了促进技术信息交流,我们组织翻译、出版了这本文集。为了更好地发挥它的作用,特作如下说明:

1. 专利公报不等于专利,专利公报带有商业性质。但是,它具有重要的参考价值。全面的收集国外近期专利,有利于了解国外某国、某公司的新技术、新产品的动态。了解某一类摩擦材料如半金属、铁基粉末冶金摩擦材料的现状、发展过程、存在问题关键及解决问题的办法。有些专利公报还详细论述了一些新的术语、概念、原理及工艺过程。还可以从中了解某一产品的检测方法和具体性能数据。

2. 本文集收集的专利公报,系由全国离合器技术协作网通过科技情报计算机检索系统,较全面的检索出自1980年以来的所有的专利。直接从专利公报翻译出来,数量较多、门类与内容全面、这仅仅是尝试。如果能受到读者的欢迎,我们将继续出版第二期、第三期……。

3. 如果对某篇译文有兴趣,希望进一步核查原文,可以注明专利号同武汉材料保护研究所联系。如果对综述或文摘中提及的某篇专利或文献需要深入了解,可同作者联系。

4. 我们衷心感谢为本文集辛勤翻译的各位译者和为出版、收集复制专利原文的同志。由于编者水平有限,加之时间仓促,错误在所难免,欢迎批评指正。

《摩擦磨损》编辑部

全国离合器技术协作网

一九八七. 三.

目 录

国外摩擦材料发展现状·····	周顺隆	(1)
碳纤维增强碳基摩擦元件及其制造方法·····	张元民 译	(14)
碳纤维/阻燃有机纤维纸基摩擦材料·····	徐志友等译	(23)
灰绿岩纤维与钢纤维混合的摩擦材料·····	徐申二 译	(28)
缠绕离合器片及其表面火焰喷涂处理方法·····	钱祥麟 译	(31)
无石棉离合器片制造工艺·····	陈晓云 译	(33)
盘式制动衬垫上摩擦衬片的磨损报警装置·····	陈晓云 译	(35)
带磁性的摩擦材料及其制造方法·····	汤胜常 译	(36)
非石棉纤维缠绕型摩擦材料·····	林 力 译	(39)
低噪音半金属盘式制动衬块的组分·····	姚华军 译	(42)
含芳纶短绒的摩擦材料·····	徐申二 译	(44)
低硬度玻璃纤维增强摩擦材料·····	徐申二 译	(48)
浇铸成型金属复合摩擦材料·····	杨景舜 译	(51)
碳纤维与钢纤维共混有机摩擦材料·····	徐申二 译	(54)
汽车盘式制动片用铁基烧结摩擦材料·····	杨文鹏等译	(57)
车辆用降低钢纤维硬度的摩擦材料制造方法·····	白璋五 译	(62)
用造纸法生产非石棉摩擦材料·····	陈晓云 译	(64)
车辆用摩擦材料的制造方法·····	白璋五 译	(68)
低导热性的半金属摩擦材料·····	桂丙初 译	(71)
干湿两用铁基粉末冶金摩擦材料·····	崔成秀 译	(74)
铁基烧结摩擦材料·····	崔成秀 译	(77)
铁路制动闸瓦用铁基粉末冶金摩擦材料·····	崔成秀 译	(81)
离合器面片的防锈处理·····	陈晓云 译	(85)
摩擦材料的超声波振动成型方法·····	白璋五 译	(86)
半金属摩擦材料的防锈处理·····	白璋五 译	(87)
氟橡胶基湿式摩擦材料·····	杜莲珍 译	(88)
二氧化硅纤维的制造方法·····	汤胜常 译	(91)
玻璃纤维等浸胶线绕离合器面片制造方法·····	李鸿炘 译	(99)
玻纤与聚酯纤维共混摩擦材料的配方及制造方法·····	白璋五 译	(102)
非石棉混合纤维基摩擦材料·····	白璋五 译	(107)
有机型碳基(无石棉)制动材料·····	姚耿华 译	(109)
用Aramid纤维和水热硬化水泥组成的水溶性酚醛树脂和热硫化橡胶 制造摩擦片·····	杜莲珍 译	(112)

烧结金属复合材料.....	崔成秀	译 (120)
用氧化钙把氟橡胶粘结到金属上的摩擦制品.....	杨景舜	译 (124)
硅纤维的制造方法.....	张定权	译 (129)
近期国外石棉摩擦材料专利和文献综述.....	徐申二	(136)
《摩擦磨损》期刊有关摩擦材料文献摘要.....	桂丙初	(147)

国外摩擦材料发展现状

武汉材料保护研究所

周顺隆

一、前言

(国内摩擦材料面临的新形势)

摩擦材料是用于制造制动器衬片和离合器面片的材料。众所周知,任何机器和机动车辆,都必需有制动和传动装置,摩擦材料是制动器与离合器中最关键的材料。作为摩擦材料制品(即摩擦片)必须具有的功能是利用摩擦来吸收或传递动能,并把动能转化为热能,并将热能吸收和传播出去。从而使机器和车辆能有效、安全可靠的工作,所以摩擦片是机械工业中关键性的量大面广的基础件。

据1985年统计,我国汽车拥有量近300万辆。其中仅“解放”载重汽车有105.6827万辆,每辆“解放”汽车的摩擦材料按净重11kg计算,需11575吨(尚未计算更换配件和每年需150万片铁基粉末冶金摩擦片)。目前全国有200多个石棉摩擦材料厂,其中中国非金属矿工业公司归口的19个石棉摩擦材料生产厂1985年产量为2.4万吨,加上200多个中小石棉厂总产量约4万吨。金属摩擦片及金属粉末冶金摩擦材料发展也较快,全国有50多个厂,年产约1500万片各类金属摩擦片。全国年产值(包括石棉的和粉末冶金的摩擦材料)近5亿元。所以,摩擦材料作为一个行业,在国民经济中,无论从社会效益和经济效益来说,都是一个重要的行业。我国作为一个发展中的国家,无论是汽车、拖拉机、铁路机车、工程机械、机床等的产量和拥有量来说,都是大有发展前途的。我国全国汽车年总产量还不及日本

丰田汽车公司的年总产量。因此摩擦材料的生产是大有可为的。

但是,近年来国内外摩擦材料行业在生产、技术和市场情况发生了重要变化,迫使摩擦材料行业面临着严峻的形势。在国际上,①自从1972年国际肿瘤医学讨论会确认石棉属影响人体健康的致癌物质以来,一些西方工业国家如美国、英国、联邦德国等已对石棉粉尘规定了严格的控制标准。一些国家为适应汽车市场竞争的需要,大力开发无石棉摩擦材料的研究与生产。美国环境保护局(EPA)于1983年已提出禁止使用石棉的建议。②随着技术的发展,机器和汽车的速度越来越高。尤其是汽车,由于高速公路的发展,车速与之相应的制动安全要求也越来越高。自1975年美国的“第105号联邦汽车安全标准”规定了严格的制动距离要求。这促使了制动器结构向轻型、盘式制动结构方向发展。这对摩擦材料的耐热性与噪音方面提出了更高的要求。上述变化都驱使摩擦材料必须适应形势加以改变。因此近年来国外在摩擦材料方面出现了重要变化,新型摩擦材料大量涌入市场。

在我国,随着改革与对外开放形势的发展,国内的摩擦材料生产、研究与市场情况也发生了很大的变化。①自1986年开始摩擦材料生产与销售,由指令性计划改为市场调节。②一大批中小型建材厂、石棉厂和机械厂为了适应市场变化,相继进入摩擦材料行业。尤其是乡镇企业型的制动材料厂蜂拥而起,正在利用它们的有利条件,积极经营、生产出各种国产和进口汽车用摩擦材料。③

一些大厂、研究所、大专院校同中小厂组成联营厂。它们相互取长补短,发挥了双方的优势。④随着技术市场的兴起,一些高等院校和研究所利用他们的技术优势,开始研制并转让摩擦材料生产新技术。⑤越来越多的摩擦材料厂同国外厂商洽谈技术、出国考察或引进了国外的新技术,生产设备和检测设备。⑥粉末冶金摩擦材料日益被一些重型机械、重型汽车或山区汽车运输公司等用户赏识。金属摩擦片产量不断增加。⑦一些新型湿式摩擦材料投入生产。综上所述,摩擦材料生产在量和质的方面都有较大的提高。加之目前摩擦材料销售市场由于产量的急剧增加和进口汽车与配件冲击国内市场,造成了摩擦材料市场供过于求的局面。

无论是国际上或是国内摩擦材料生产、技术与市场情况的变化,都说明竞争是不可避免的。竞争有利于技术的发展和产品质量提高。竞争将使一些企业继续生存并获得繁荣发展,竞争也不可避免地淘汰一批企业。怎样在市场竞争中取胜?从长远的观点看,最可靠的办法是采用新技术、提高产品质量、加强竞争能力。当然良好、有效的服务也是不可缺少的。

本文从介绍国外对摩擦材料提出的新要求出发,较详细地介绍了国外摩擦材料发展的现状。

二、国外对摩擦材料提出新要求⁽¹⁾

自七十年代中期起,一些工业发达国家,尤其是美国,由于汽车工业的发展,促使制动器、离合器结构设计发生重要变化。如盘式制动及其向轻型发展、湿式离合器应用的扩大等。特别是美国联邦政府从提高交通安全、环境保护要求出发颁布了许多法规,制定了许多标准。这些都对摩擦材料提出了新要求。

1. 美国“第105号联邦汽车安全标准”

这次标准规定所有汽车在高温制动或制

动衰退之后,不管司机状况或制动条件如何,都能以最小踏板力获得规定的制动效率,即规定严格的制动拖印距离。为了适应105号联邦汽车安全标准,制动系统不得不改为前盘后鼓的结构。而摩擦材料必须相应地控制热衰退和过恢复性能指标。

2. 环境保护法规严格限制石棉粉尘

关于在摩擦材料中究竟是禁止或限制石棉纤维的使用,在国际上是有争论的。迄今,尚没有一个国家禁止使用石棉。但是,各国都对石棉粉尘规定了严格的限制,美国职业安全与健康署1972年规定;摩擦材料制造厂石棉粉尘标准是2.0根/厘米³,后来又规定0.5根/厘米³。英国规定0.5根/厘米³,联邦德国规定1.0根/厘米³。根据一些国家如联邦德国对磨片加工车间和汽车修理厂(制动装置修理)石棉粉尘实际测定证明,都高于规定浓度近10倍。美国职工安全与保护国际研究所(NIOSH)已把石棉列为86个主要工业原料中十个强致癌原料之一。各国政府都对石棉危害健康问题提出日程。取代石棉,尤其在摩擦材料中取代石棉已成为汽车工业的重要任务。因此,七十年代中期至八十年代以来各国相继研制出各种无石棉、半金属摩擦材料。

3. 节能、低噪音与长寿命要求

美国联邦政府规定了节能要求,颁布了轿车平均燃油经济性标准,由18英里/加仑提高到27.5英里/加仑。汽车制造厂商为了达到节能标准的要求,设计出轻型前驱动车,制动器结构、尺寸相应也改进了设计,出现了小而轻的制动器(以实心制动盘代替通风盘),以及加强了前制动(制动温度更高),这对摩擦材料提出了更苛刻的要求。

噪音一直是制动器设计与摩擦材料研制中必须认真解决的问题。第一代半金属的衰落与第二代、第三代半金属的兴起,正是由于噪音问题导致半金属摩擦材料必须更新换代。

在盘式制动与离合器中的摩擦片，由于结构决定了，必须长时间保证规定的间隙。比鼓式更耐磨的长寿摩擦材料研究已经提到日程上来。

4. 对离合器面片的新要求

离合器面片的锈蚀问题，已越来越引起摩擦材料研究者的注意，因为离合器面片锈蚀后导致粘连，不仅影响换挡分离失灵，而且导致传动震颤和抖动。随着车辆速度的提高和车轮小型化，离合器相对转速提高很多，旋转破坏强度已在一些国家颁布了标准⁽²⁾。油浸离合器已逐渐扩大了应用范围，湿式摩擦材料已引起离合器设计人员的重视。

表 1 制动衬片配方 (重量%)

配 方	树 脂 (腰果油改性)	石 棉	玻 纤	铸 铁 粉 60目以上	硫酸钡	摩擦系数						磨 耗 (g)
						100	150	200	250	300	350 °C	
1	25	50		15	10	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	4.47
2	25		50	15	10	0.32	0.34	0.35	0.36	0.36	0.38	6.50

摩擦材料存在磨损较高、噪音等缺点。美国专利4403047提出，需采用E型软玻璃纤维，莫氏硬度低于5。可以得到噪音小、磨损低的性能。日本专利昭59—25867 (84年)提

表 2

配 方	1*	2*	商 品 石 棉 片
碳化硅晶须	8	3	
铝纤料 (aramid)		5	
玻璃纤维	15	50	
石棉			45
酚醛树脂	20	20	15
氧化锌	30		
碳酸钙	15		
硫酸钡			15
铜粉			10
轮胎粉	5	5	5
腰果油摩擦粉		10	5
炭黑	7	7	5

综上所述，近年来国外在开发新型摩擦材料方面，已取得明显进展。

三、国外摩擦材料发展现状

1. 玻纤增强摩擦材料

在美国，由于石棉资源贫乏，很早就开始研究以玻璃纤维为增强纤维的摩擦材料。玻璃纤维成本低，相当石棉成本的1.5~2.0倍。由于玻纤呈短切、长丝、纺绒织布等均易于浸胶，成形工艺简便，摩擦性能与机械性能良好，已在美国、日本、英国实现商品化。典型玻纤制动摩擦材料配方如表1所示⁽³⁾。但是，普通中碱、无碱玻纤 (短切)

出少量碳化硅晶须或Aramid纤 (美国牌号dupont) 改善玻纤摩擦材料的性能。

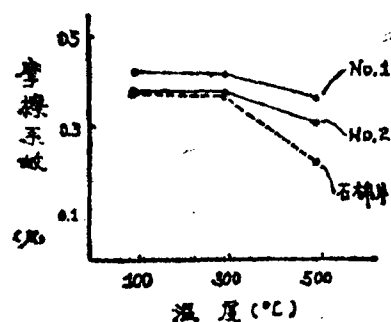


图 1 玻纤摩擦材料 μ -T $^{\circ}\text{C}$ 曲线
如表1和图一、二所示。

由于玻纤抗拉强度高，纺织工艺简便，已有许多专利介绍采用玻纤绳或布浸胶制造离合器片，具有良好的抗振颤性，高的旋转破坏强度和与对偶有良好的相溶性。如美国专利4411851 (83年) 介绍用直径6 μ 的E型单丝玻纤纺绳后，先浸含胶15%的酚醛树脂 (甲醇溶液)，干燥后涂SBR胶液 (配合氧

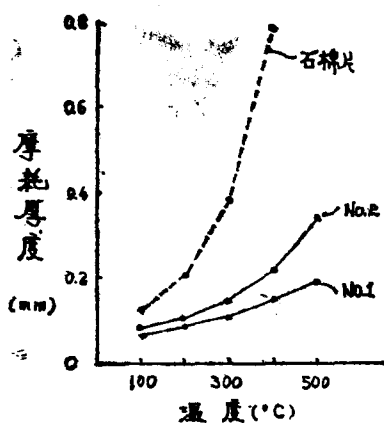


图2 $\Delta h-T$ 曲线

化锌、碳黑、硫酸钡、碳酸钙、硅藻土、铜粉等填料和助剂），浸橡胶涂料时同时并绕黄铜丝。干燥后上缠绕机，绕成环状。热压成型（ 165°C ， $100\text{kg}/\text{cm}^2$ ）5秒后排气1秒，排气14次。热处理工艺为： 150°C 6小时、 200°C 3小时、 250°C 3小时。按此专利制造离合器片孔隙率为8~12%， $H_{rs}=50.0$ ，振颤性用加速度计测定0.095，而一般片子为0.15~0.22g。日本专利昭58—89651（83年）介绍用60%玻纤与40%聚酯纤维（按昭55—106220专利生产聚酯纤维）纺织复合线绳，浸胶（天然胶与丁苯胶浆混合填料，胶料配方详见专利译文）制成离合器片。通过650次接合，平均扭矩为 $41.2\text{kg}\cdot\text{m}$ 条件下摩擦系数为0.35~0.41，压盘端磨损 2μ ，飞轮端磨损 1μ 。英国专利GB2083062A介绍将无机纤维即玻纤20%与易溶性有机纤维5~12%如丙烯腈纤维或改性聚丙烯腈纤维混纺线绳再浸树脂、橡胶与填料混合的胶浆制成摩擦片比难溶性纤维（天然动、植物纤维）具有良好的摩擦性能和对对偶的相容性（不会拉伤转鼓、转盘等。日本专利昭59—43032（84年）发明一种玻纤缠绕离合器片，由长50mm、40%的玻纤与60%有机纤维，经冷凝吸附15%腰果油摩擦粉，精纺成直径1.5mm的绳。上述三股再同一股0.2mm锌丝和0.16

mm黄铜丝混纺成绳。上述80%的混合绳再浸渍20%三聚氰胺树脂（比重为1.054的液浆），烘干后冷压予成形后再热压（ $155^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ ）成 $\phi 200\times\phi 130\times 4.5$ 、密度为 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 的离合器片。热处理 180°C 、4小时，在惯量 $0.16\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$ 条件下 10^4 次制动接合。摩擦系数 150° :0.45、 200° :0.48、 250° :0.45；磨损量 150° :0.4mm、 200° :0.5mm、 250° :0.6mm，耐振颤性0.04g，耐粘着性为 $0\text{kg}\cdot\text{m}$ 。耐粘着性试验是采用离合器面片与压盘组合体，在相对湿度65%， 50°C 恒温潮湿箱内放置48小时，然后测定锈蚀粘着力矩（ $\text{kg}\cdot\text{m}$ ）。

此外，玻纤由于其抗拉强度高，用于作为增强结构材料，如代用摩托车压铸铝刹车蹄、小型带齿离合器骨架已有专利昭58—91935介绍。美国专利4356137介绍用一种Brabender挤出机，用挤出上浆法代替一般浸胶干燥法。可以减少胶浆溶剂用量，还可免掉干燥回收溶剂工序。

2. 碳纤维/碳基复合摩擦材料

碳纤维/碳基复合摩擦材料简称碳/碳复合材料，是用于干式高速重负荷条件下的制动材料。该摩擦材料多用于飞机制动摩擦材料，通常在摩擦温度达 800°C 以上时，摩擦系数可保持在0.70以上。过去美国专利3794509曾介绍用碳纤维织成布再浸胶浆（酚醛树脂），烘干后模压予成形，然后 $1200^{\circ}\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 下碳化，再 $950^{\circ}\sim 980^{\circ}\text{C}$ 温度下真空吸附碳。这种制造法因浸胶不均匀，物理化学性能也不均匀。英国专利1469754为了克服上述缺点，将真空吸附改为热解气相沉积。但是该法所制得的碳/碳复合材料强度低，气相沉积碳层密度不均，因而摩擦性能稳定性较差。日本专利昭55—29503，提出了改进方法：由碳纤维布层同松散石墨化了的单纤维层交错层压。消除了上述的不均匀性，制品的摩擦性能稳定性得以改善。该专利采用粘胶纤维布浸沥青粘合剂经碳

化, 这种碳化了的粘胶布同碳化了的单丝纤维层相互重叠压制成形, 经 $950^{\circ}\sim 980^{\circ}\text{C}$ 、90小时沉积饱和碳、再 2000°C 焙烧密度为 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 。由日本人申请的美国专利4339021 (82年) 详细介绍了碳纤维增强碳基摩擦材料及其制造方法。该专利系采用碳纤维织物浸渍酚醛树脂, 模压成形。此时压制品在氮气保护气氛中, 1000°C 、1小时使酚醛树脂碳化。然后在负压 (740mmHg) 下浸渍煤焦油后再 1000°C 、1小时, 反复10次以保证密度达 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上。这样制成的摩擦片, 在制动力矩 $20\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ 、比压 $20\text{kg}/\text{cm}^2$ 、摩擦温度达 $820\sim 870^{\circ}\text{C}$ 条件下, 摩擦系数可保持在 $0.34\sim 0.37$, 磨损仅 $16\sim 50\times 10^{-4}\text{mm}/\text{次}$ 。碳纤维增强碳基摩擦材料不仅用于飞机制动片还可用于高速铁路机车盘式制动片和重型汽车、摩托车制动片。

3. 半金属摩擦材料

半金属摩擦材料是由美国本迪斯公司在七十年代初发明并应用于车辆的盘式制动片上的。当时, 正处于摩擦材料非石棉化风波的初期。由于半金属摩擦材料具有噪音低、摩擦性能无论在常温或高温下都能达到高而且稳定的水平、耐磨性良好, 特别适用于尺寸较小的盘式制动器。第一代半金属材料典型配方和制造方法 详见美国专利 3434998、3835118。但是, 到七十年代末和八十年代初, 通过使用实践的考验发现, 半金属摩擦材料存在如下的缺点: (1) 钢纤维容易生锈, 锈蚀后或者粘着对偶或者损伤对偶; 摩擦片锈蚀后强度降低、磨损加剧。(2) 半金属摩擦材料热传导率高。当摩擦温度高于 300°C 时, 一方面易于使摩擦材料与钢基板间粘结树脂分解, 加之温度梯度差异大引起热应力甚至出现剥离现象; 另一方面高的摩擦热迅速传到制动器液压机构, 导致液压“O”型密封圈软化和制动液发生气阻而造成制动失灵。(3) 半金属摩擦材料虽然消除了石棉摩擦材料易于发生的频率在 $2000\sim$

3000 赫的高频噪音。但是却又产生了低频噪音。这种低频噪音是在低速下或制动刚开始车速在 $5\sim 10$ 公里/小时以下时产生的 $100\sim 300$ 赫的低频噪音, 同时伴随车体的剧烈摇动。上述已构成第一代半金属摩擦材料的致命弱点。近年来各国针对上述问题开展了研究, 发表了许多专利和专著, 因而诞生了第二代、第三代半金属摩擦材料。

(1) 低导热率半金属摩擦材料, 美国专利4386168 (82年)、日本专利59—50236 (84年) 介绍了这方面研究情况。昭59—50236 专利介绍采用三层: 摩擦材料层、缓冲层、隔热层

表 3

材 料	摩擦材料层	缓冲层			隔热层
		例 1	2	3	
酚醛树脂	25	25	25	25	25
钢纤维	30	20	15	10	
石墨	30	15	10	5	
硫酸钡	10	20	25	30	20
石棉		20	25	30	40
有机摩擦粉					15
铅粉	5				
热传导率 ($\times 10^{-3}$ 卡/ $\text{cm}\cdot\text{秒}\cdot^{\circ}\text{C}$)	8.9	6.5	5.4	4.5	2.2

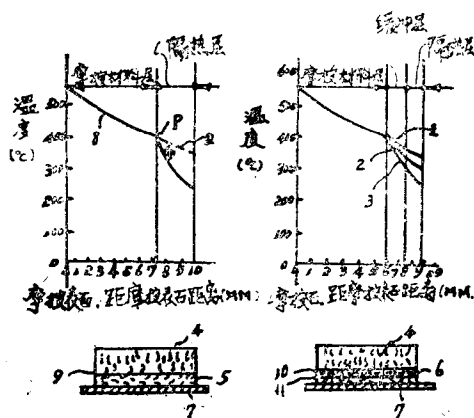


图 3 有或没有缓冲层的温度梯度分布和欲式摩擦片DP断面图

图中: 1、2、3——例1、2、3的温度梯度
4、5、6——摩擦层、缓冲层、隔热层
9、11、12——各层接触面、

冲材料层、隔热材料层，代替两层即摩擦材料层和隔热层。如表 3 和图 3 所示。增加一层缓冲层不仅明显降低了半金属摩擦片的导热率，克服了液压制动气阻现象，而且提高了接合面的剪切强度。剪切强度试验是在惯性试验台上进行。试验条件：惯量 $6\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$ 、速度120公里/小时、减速度 0.45g ，循环周期35秒，制动10次。剪切强度试验结果如表 4 所示。

表 4 剪切强度对比试验

项 目	接 合 面 (号码)	室 温 (kg/cm^2)	300°C (kg/cm^2)
没有缓冲层	9	75	33
例 1	10	83	49
	11	80	47
例 2	10	80	46
	11	79	45
例 3	10	77	42
	11	78	41

美国 专利 4386168，日本 专利 53—72738 都详细介绍用 5~20 % 的活性碳和 5~10 % 的碳纤维代替传统半金属的钢纤维，不仅提高半金属的耐磨性，而且可以降低热传导率，达到石棉摩擦材料的热传导率和比重。

(2) 低噪音半金属摩擦材料：第一代普通半金属暴露的另一问题是当减速自0.5公里/小时至刹车时，半金属摩擦材料在低速下因“粘—滑”而使摩擦系数波动较大，通过对偶、卡钳导致汽车行走机构共振，产生低频噪音，同时车体发生不舒适的振颤和摇动。国外一些公司除了提高制动器和行走机构的刚性外，主要是在摩擦材料本身采取措施。如日本专利昭 58—12774 介绍在传统配方中填加 1~5 % 的润滑性热塑性树脂，例如聚四氟乙烯、聚酰亚胺、聚乙烯或聚丙烯树脂。前述美国专利 4386168 提出用活性碳和少量碳纤维代替部分石墨，有助于稳定摩擦系数。日本专利昭 58—91785 提出在配方中填加 1~30 % 的锌粉，含量低于 1 % 则低速摩擦系数变化大；含量大于 30 % 则摩擦

系数显著降低。具体配方与性能结果列于表 5、6 和图 4。

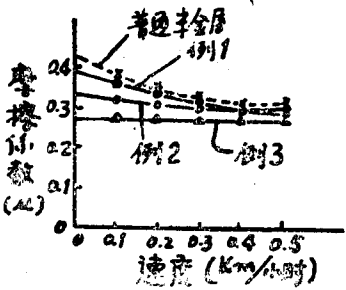


图 4 摩擦系数同速度关系曲线

表 5

材料配方	普通半金属	例 1	例 2	例 3
钢纤维	30	29	20	15
石墨	20	20	20	15
硫酸钡	10	10	10	5
树脂	25	25	25	25
锌粉		1 ^[3]	10 ^[2]	30 ^[3]
铁粉	15	15	15	10

注 [1][2] 锌粉纯度 95 % 以上，表观密度 1.5~3.0，粒度 80~350；

[3] 锌粉纯度 93~94 %，表观密度 1.0~1.2，粒度 100~350。

表 6 实车试验低频噪音情况

	50°C 使用初期	50~300°C 升温过程	300~50°C 降温过程	50°C 冷却时
例 1	A	A	C	C
例 2	A	A	B	B
例 3	A	A	A	A
普通半金属	B	A	D	E

注 1. 低频噪音 5 类 A B C D E 小——→大

注 2. 试验车 1800CC 轿车，车重 1320kg，卡钳式盘式制动器。

(3) 软质不生锈的半金属摩擦材料，半金属摩擦材料的主要特征是有含量较高的钢纤维，因而耐磨性和高温摩擦性能良好。但是，钢纤维给半金属摩擦材料带来另外两方面的致命缺点：一则易于生锈，会腐蚀对

偶、产生噪音,而且摩擦片本身强度也会降低磨损加剧;二则钢纤维硬度高(达MHv 200~270)会拉伤对偶转盘,产生振颤。日本爱新公司和精机公司(昭58—7763专利)和日清纺绩公司(59—24775专利)发明用经过软氮化处理降低钢纤维硬度可解决上述问题。即把直径50 μ 长3mm的钢纤维,在氮气氛围保护炉中缓慢加热到600 $^{\circ}$ C、1小时,得钢纤维硬度120MHv;或加热到900 $^{\circ}$ C、1小时,得钢纤维硬度70MHv。采用配方:氮化钢纤维60%、树脂8%、腰果壳油摩擦粉7%、石墨18%、无机填料17%。用V型混料机混料,600kg/cm²、1分钟冷压成形。再500kg/cm²、160 $^{\circ}$ C热压成形。通过定速试验机试验:V=7m/s、P=10kg/cm²,常温试验20小时,对偶磨损0.5 μ (钢纤维硬度70MHv)和1.0 μ (钢纤维硬度MHv 120),而未经氮化处理钢纤维对偶磨损10 μ 。配方中无机填料添加氢氧化钙等碱性物质有利于防锈。日本曙制动器公司发明(昭58—34885专利)在半金属配方中添加1~10%的锌粉或锌的化合物可以防止钢纤维生锈。锌含量高则防锈性能良好,但摩擦系数有所降低。日本日清纺绩公司(昭59—24775专利)发明用酚醛、聚酰亚胺、聚酰胺、环氧、聚氯乙烯、聚丙烯睛等树脂涂覆钢纤维,干燥后再在惰性气体中加热到600 $^{\circ}$ C,使树脂碳化。上述钢纤维60%、酚醛树脂10%、石墨15%、硫酸钡等15%,现150 $^{\circ}$ C 200kg/cm²、10'热压成形,再180 $^{\circ}$ C、5小时热处理。上述半金属摩擦材料,不仅具有较好的防锈性能,而且高温300 $^{\circ}$ C以上摩擦性能(特别是耐磨性)优良(如图5所示)。

4. 复合纤维和代用纤维增强摩擦材料

国外在摩擦材料非石棉化的开发过程中,主要目的是解决代用石棉以后,既要保持石棉作为摩擦材料增强纤维的独特优点(成本较低、由于石棉具有管状结构,树脂的浸润性优越,比重小、摩擦和机械性能绝

热性良好等),又要能在原有基础上提高其使用性能。除了已开发玻璃纤维和钢纤维(即半金属)增强摩擦材料外,还发明了复合纤维和其他无机、有机纤维,以弥补半金属和玻纤摩擦材料的不足。这方面的专利很多,而且代用纤维种类很多,复合纤维的方式也各种各样。如美国专利4278584(81年日本人发明)介绍用碳纤维与钢纤维复合的摩擦材料,可以降低比重和导热性。其性能不仅优于石棉摩擦材料,也优于半金属摩擦材料。英国专利GB2083062A提出用玻纤5~20%同易熔型丙烯酸系或酸性聚丙烯睛纤维5~12%复合。这种复合纤维摩擦性能与对偶的相溶性都好。因为易熔型树脂纤维在摩擦过程中,随着摩擦温度升高,易熔纤维熔融能形成保护层。美国专利4384054(83年联邦德国发明)介绍用12~22%灰绿岩纤维同18~28%钢纤维复合使用来制造摩擦材料。美国专利4130537、4374211提出用芳纶短绒(又叫Kevlar Pulp)同碳纤维或纤维素纤维复合制造摩擦材料。迄今已发现,除了石棉以外,其他代用纤维大都对树脂(尤其粉状树脂),浸润性能不理想,往往需要先把代用纤维粗化(膨松处理)或浸胶,以增强树脂与纤维的粘结强度。而用Kevlar短绒可以改善上述情况。尤其是干法生产冷压成形工序,通常的钢纤与玻纤都难以获得一定强度的冷型,而加一定比例的Kevlar短绒就可以出色地压制出冷坯型。美国专利4332600、4332601详细介绍了二氧化硅纤维及其分别与聚丙烯睛、碳纤维、钢纤维、粘胶纤维的复合制造摩擦材料。上述专利还提供了二氧化硅纤维的制造方法——用水玻璃(硅酸钠)进行喷丝制造二氧化硅的工艺方法,这使纤维的成本大大降低。日本专利58—113641介绍用97.5%的丙烯睛和2.5%甲基丙烯酸共聚体组成的丙烯睛系纤维在空气中热处理260 $^{\circ}$ C、2小时,氧化量9.5%,得到耐燃性纤维。将该纤维浸渍在含有1%酚醛树脂

的丙酮溶液,经80℃、1小时干燥处理,则纤维上树脂粘胶率为0.9%。再用此纤维(长3mm)8%、固体粉末酚醛树脂30%、碳酸钙62%,通过40m/s高速混料5分钟,将纤维断切至0.44~0.90mm,然后热压成形。上述方法生产的摩擦材料,由于填料与纤维分散性好(分散性问题是代用石棉纤维过程中的难题),制品密度为0.52~0.56g/cc,摩擦性能优越。日本专利昭59—54644介绍由玻纤与钛酸钾纤维及钛酸钾纤维与硅酸镁纤维复合纤维摩擦材料的制造方法。钛酸钾纤维是一种无机纤维,化学式为 $K_2O \cdot nTiO_2$ 或 $K_2O \cdot nTiO_2 \cdot mH_2O$ 。这种纤维的表面形状复杂,对其他物质的吸附性良好、耐热、耐磨与机械强度优越,熔点达1300℃,抗拉强度高于玻纤2倍⁽³⁾。用这种纤维制造摩擦材料耐热衰退性能特别好,摩擦系数高而且耐磨性优良⁽⁴⁾。但是价格高,而且纤维的纺织工艺性差,限制了它的使用。该发明就综合钛酸钾纤维与玻纤或硅酸镁纤维(即绳石棉)的长处,克服它们的短处而提出来的复合纤维摩擦材料。钛酸钾纤维不仅可同玻纤与石棉复合,还可同硅短纤、铝短纤、碳化硅短纤、碳素短纤、陶瓷短纤等复合。不仅可以制造摩擦材料,还可制造密封材料。复合纤维制造方法是把长200μ的钛酸钾($K_2O \cdot 6TiO_2$)短纤200g在1000m³酚醛树脂水溶液中,打浆成悬浊液,再把E玻纤(纤径9μ),1200根成长来浸渍到上述悬浊液中,然后风干或烘干即得到复合纤维。这种复合纤维在玻纤束内附着15%的钛酸钾短纤,柔软性,抗拉强度极好。也可以在酚醛树脂水溶液中加入钛酸钾纤维和120g的石棉纤维,打浆再浸玻纤束或硅纤维束。酚醛树脂配合比为:线性酚醛树脂37%,六次甲基四胺1.2%,甲醇26.0%。

5. 金属粉末冶金摩擦材料

铜基粉末冶金材料已经比较可靠地应用于湿式离合器摩擦材料。但是由于铜粉价格

高,难以使之应用到汽车等量大面广的制动片和离合器片上。近十年来,各国纷纷研究开发铁基粉末冶金摩擦材料,以其无石棉、能在高负荷条件下表现出良好的摩擦性能、在材料成本得以降低的有利条件下,表现出强有力的竞争能力。铁基烧结摩擦材料已经成功地应用于导磁型电磁离合器和制动器摩擦片,汽车用盘式摩擦片和铁路制动闸瓦等各个方面。

(1) 导磁型电磁离合器和制动器用摩擦材料: 日本专利57—123280,由东芝公司发明的α铁基体烧结摩擦材料,如表7所列配方。以1.5T/cm²成形,1030℃,60分加压烧结,表现出良好的性能。

7表 导磁型电磁离合器、制动器摩擦片配方

材料名称	1	2	3	4
硅铁(Fe23%,S.77%)	10	10	10	5
铝铁(Fe52%,Al48%)	8	8	9.8	5
铁粉	50	50	50	65
镀铜石墨(Cu50%、石墨50%)	15	15	15	6
Fe ₂ O ₃	10	10	10	—
Al ₂ O ₃	5	5	—	—
Cr ₂ O ₃		2		
La			0.2	
SiO ₂			5	
α铁(Fe ₂ O ₃ 71%,MnO ₂ 16%,ZnO13%)				10
Ni粉				2
石墨				2
3Al ₂ O ₃ 2SiO ₂				5

上述专利详细介绍了各种合金元素Si、Al、Ni、Cu、Cr、Fe₂O₃、La等作用。

(2) 汽车盘式制动片用铁基烧结摩擦材料: 盘式制动取代鼓式制动已成为汽车制动器结构发展趋向。烧结铁基摩擦材料已成功应用在盘式制动片上。美国专利4415363(83)和欧洲专利EP0093673A(83)年提供了美国Bendix公司的发明。该发明成功地解决了以往铁基摩擦材料与铸铁对偶不相溶的(拉伤对偶)缺点。如表8列出铁基烧结

摩擦材料与美国专利3835118半金属摩擦材料配方及性能比较。表8中铁基烧结摩擦材料配方,经混料用 4.2T/cm^2 压力冷成形,再 1025°C 烧结30分钟,然后再 4.2T/cm^2 复压,得到需要的密度和尺寸。将两种摩擦材料进行惯性制动试验,试验条件:80公里/小时制动,减速度 $0.34g$,200次制动。铁基烧结摩擦材料比半金属摩擦材料表现出良好的耐磨性和摩擦性能

表 8

材料	半金属摩擦材料	铁基烧结摩擦材料
铁粉	53	79
石墨	18	7
焦炭		8
锡粉		6
陶土粉	3	
钢纤维	10	
橡胶粉	2	
树脂	7	
BaSO ₄	7	

(3) 涉水性良好的重负荷烧结摩擦材料:日本专利58—147481(83年)发明一种克服石棉摩擦材料涉水性不良,即雨天行驶制动距离长的摩擦材料。适合于越野摩托车、大型公共汽车、电车、工程车辆、铁路车辆等重负荷制动器、离合器摩擦片。以青铜(Sn和Cu各50%)为基体,具有良好的雨天行驶制动性能。该材料不含有害物质铅,适合大型公共汽车在城市频繁制动,摩擦系数高、磨损小、衬片结合强度高。主要成份包括①5~15%石墨,石墨有助于防止摩擦副金属粘着,并可稳定摩擦系数,降低噪音和提高耐磨性,但石墨含量过高(高于15%)会降低强度。石墨粒度在24目以下为宜。②1~5%金属硫化物、氮化物、聚四氟乙烯、氟化石墨、碳纤维或Sn、Bi、Sb等材料均具高温润滑性,重负荷时防噪音性好。含量超过5%会降低强度,磨损增大。③2~10%的 SiO_2 或 SiO_2 与 Al_2O_3 或 ZrO_2 的复合化合物等,除了起磨料效果外,还可

清除对偶摩擦面的氧化膜的作用,稳定摩擦系数,提高耐磨性。含量过高和细度低于100目会拉伤对偶。其余是青铜基体,其中锡起强化铜基体的作用。上述配方材料经惯性制动台架试验:惯量 $8\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ 、比压 14kg/cm^2 、作用半径225mm、初速度35km/h、60km/h返复制动25次。在撒水湿式条件下试验结果:35km/h、 $\mu=0.40\sim0.45$ 、 $\Delta W=5\sim15\text{mg}$;60km/h、 $\mu=0.33\sim0.40$ 、 $\Delta W=42\sim150\text{mg}$ 、无噪音。

(4) 干湿两用铁基烧结摩擦材料

以往铁基摩擦材料主要用于干式条件下。近年来,发明了能够在润滑条件下工作,克服了铜基摩擦材料成本过高的缺点,有助于大量应用于汽车等湿式离合器和制动器的摩擦材料。英国专利GB2073781A(1981年)介绍这种铁基摩擦材料能够应用于汽车、拖拉机、飞机和工程机械上干湿摩擦片。其配方特点是在铁基材料中添加一种硅钙合金类复合填料3~10%。主要由二硅化钙、二硅化铁、二氧化硅和碳化钙组成,具有良好的耐磨性。还有一种硫酸镍(3~6%),它在烧结过程中易于形成硫化铁,具有抗粘着性能。采用一般铁基粉末冶金摩擦材料制造工艺生产摩擦材料具有下列性能:

冲击强度: $70\text{ kg}\cdot\text{cm/cm}^2$

最大强度: 12 kg/mm^2

“干”摩擦系数: $0.38\sim0.40$

“湿”摩擦系数: $0.12\sim0.14$

100次制动试验后:

“干式”片磨损: $15\sim18\mu$

“湿式”片磨损: $4\sim8\mu$

日本专利昭56—146849(苏联人发明)和美国专利4311524也报导干湿两用铁基烧结摩擦材料。这种多孔性烧结材料由金属和非金属组成。金属成份保证摩擦材料强度;非金属成份可避免高温下粘着又可提高摩擦系数。表9所列该发明的配方比过去四种(1、2、3、4)传统配方,在干湿摩擦系数、耐

磨性和磨合性方面都要优越。

表 9

材 料	1	2	3	4	发明配方 实例 范围	
铜	15	9~25	1~3	4~5	1~5	2
石 墨	9		4~10	4~10	4~8	4
二氧化硅	3					
钼	6					
石 棉	3				0.5~5	3
锰		6.5~30				
氮化硼		6~12				
碳化硼		8~15				
碳化硅		1~6			0.2~10.5	
二硫化钼		2~5	2~6			
硫酸钡			3~5			
锡			0.5~2			
耐热陶瓷			1~3	2~10	1~3	1
铅			0.1~4	2~8		
硫酸镍				2~8	3~6	4
二硅化钙					3~10	7
硅					0.4~2	15
二硅化铁					0.2~7	1
铁	余	余	余	余	余	76

(5) 铁路车辆制动闸瓦用铁基烧结摩擦材料

国外铁路车辆制动闸瓦已经用石棉树脂基“合成闸瓦”代替了铸铁闸瓦。合成闸瓦的使用寿命比铸铁闸瓦提高2~3倍。但是,随着合成闸瓦应用范围的扩大,发现了一些缺点。如在雨天行驶,合成闸瓦湿润后摩擦系数明显下降,拉长了制动距离甚至出现制动失灵。合成闸瓦不能适应高能、高负荷制动,如用于牵引机车或调度牵引机车时使用寿命很短,闸瓦材料拉伤对偶,发生金属转移粘着现象。合成闸瓦在高温下树脂还分解产生有害气味和磨屑,产物大量的石墨粉尘,会引起摩擦系数热衰退现象,由于铁基粉末冶金摩擦材料不存在这些缺点,因而,这方面的研究受到极大的关注。欧州专利EP. 0055205A2详细介绍了新型火车闸瓦的配方和制造工艺及其试验数据和性能。火车闸瓦克服了合成闸瓦的上述缺点。该配方是以45—60% (体积百分

比)的铁粉为基础材料,添加8~15%的锰铁、4%的铜、1%氧化铝、8~15%的铬铁和30~40%的焦炭代替石墨,有利于防止金属粘着、提高耐磨性、降低成本。上述配方以9 T/时²冷压成形、1600~2000°F加压烧结。按照欧州UIC和美国AAR标准进行试验,完满地达到了标准的要求。美国专利3963449介绍了铁基、铜基和铝基添加金属包覆陶瓷粉末材料和其他填料的配方和性能数据。

6. 湿式摩擦材料

湿式摩擦材料是在润滑条件下工作的摩擦片。传统的湿式摩擦材料要算是铜基粉末冶金摩擦材料。铜基摩擦材料摩擦系数较稳定、耐磨性良好。但是由于动摩擦系数低、动静摩擦系数比值大、价格高等因素影响了它的推广。最近十年来,湿式摩擦材料的专利屡见不鲜,又出现了向有机质湿式摩擦材料方向发展的趋向。例如棉或石棉纸基,无石棉纸基、石棉石墨纸基(所谓碳基)、氟橡胶基,半金属基及前述的铁基等各种湿式摩擦材料都有。它们通常用于湿式离合器作为换挡变速器LSD(滑差限速)和拖拉机的PTO(功率接合分离)轴式液力变扭器的摩擦片⁽⁶⁾和拖拉机湿式制动器摩擦片上。按其用途和作用分类可分为三类:①动结合式制动,即由摩擦力相对连系运动状态不同的两部份或使运动静止。②静结合式同步联动,即靠摩擦力把静止的两部份结合。③定速滑动或半制动,即使两部份间的一定速度持续滑动或持续一定的制动力的作用。上述三类作用中第②类要求静摩擦系数 μ 大;第①、③类则要求动静摩擦系数 μ 不变化,且磨耗小为宜。但是作为理想的摩擦材料最好是① μ 随 v 变化定值,② μ 值高,③磨耗小。而作为实用的湿式摩材,由于在润滑条件下工作,磨耗一定都能满足,而且 μ 值高同磨耗小通常是矛盾的要求,工程上要求湿式摩擦材料动静 μ 值之比要接近为1和耐热性、耐烧伤性又由接

触面积和油膜厚薄及形成与维持流体油膜能力决定。湿式摩擦材料的开发是在上述机理要求指导下获得发展的。

(1) 氟橡胶型湿式摩擦材料

氟橡胶比其他橡胶具有耐油、热稳定性及低模量(弹性好)的优点,已经有许多专利。氟橡胶同石棉、玻纤或氧化硅纤维辑炼,添加各种辅剂和充填剂制成湿式摩材已经有多种产品。但是最近的研究认为传统的氟橡胶湿式摩材还有缺点:①氟橡胶同上述纤维混炼会导致材料变脆、强度降低。②氟橡胶在高温下会分解出有腐蚀性的氟化氢气体会腐蚀氧化硅纤维等。美国专利4400434

(83年)和欧州专利EP007944介绍一种氟橡胶与碳纤维共混的湿式摩材。碳纤耐氟化氢腐蚀性较好,能够避免弹性和强度降低。该发明应用的氟橡胶是亚乙烯、六氟丙烯或与四氟乙烯的共聚物,在美国有商品出售。氟橡胶—硫纤湿式摩擦材料的性能:在 $v = 15.6\text{m/s}$, $p = 10.9\text{kg/cm}^2$ 条件下 $\mu_{\text{静}} = 0.106 \sim 0.134$ 、 $\mu_{\text{动}} = 0.129 \sim 0.155$ 。

美国专利3898361介绍氟橡胶与玻纤共混。配方是:VitonE-60牌号氟橡胶100份(重量份)、E型玻纤(直径 $1.9 \times 10^{-5}\text{mm}$)110份、碳黑60份,氧化钙5份,促进剂、稳定剂和碳化剂适量。该材料是氟橡胶湿式摩材中成本较低、与钢基板粘结性好,能够模压成形、动静 μ 较高。在试验条件:离合器外径12.25吋·4片·油温 210°F 。可在平均温度 475°F ,瞬时高温 680°C 下工作,转矩为11.2~14.4磅·吋/吋²(1.7~3.2马力/吋。)

(2) 树脂型无石棉湿式摩擦材料

通常的树脂型湿式摩材是以纸浆为主,虽然动静 μ 之比接近1比铜基优越。但是耐热性低磨损高。日本专利昭58—69277介绍用热固性酚醛树脂或聚酰胺树脂粘合剂、以氧化硅、氧化铝或玻纤增强、添加焦炭和

填料。例如焦炭37%矿浆8%、陶瓷纤维(氧化硅、氧化铝系)17%、硅微球15%、青铜粉3%、 Fe_2O_3 2%、酚醛树脂10%、聚酰胺树脂8%。上述混合料系湿法生产、模压成形。该产品 $\mu_{\text{静}}/\mu_{\text{动}} = 1$ 、耐热粘着、难以出现噪音和振颤、成本较低。离合器片按下述试验条件试验 $\mu-v$ 关系曲线:吸收动能 $6.4\text{kg}\cdot\text{m/cm}^2$ 、 $v = 20\text{m/s}$ 、 $p = 11\text{kg/cm}^2$ 、接合频率9秒/循环,润滑油规格SAE10W(S-3)、油量 $8\text{cc/cm}^2\text{min}$ 、油温 60°C 。试验结果:在 $0 \sim 20\text{m/s}$ 下为 $\mu = 0.12 \sim 0.15$ 变化,同纸基衬片相近,而金属铜基烧结材料 $\mu = 0.075 \sim 0.13$ 变化。而按上述试验条件(频率30秒/循环)测试发生热粘着吸收能量 $\text{kg}\cdot\text{m/cm}^2$ 与单位时间吸收能量($\text{kg}\cdot\text{m/cm}^2\cdot\text{s}$)关系曲线比较:该发明材料同金属烧结材料相似,比纸基衬片明显优越。按上述条件进行磨损试验(对偶材料为JIS标准SK-5钢材调质,HRc=20~39,接合频率7秒/循环)经5万次接合,该发明材料磨损低于 0.025mm ,而且不受表面粗糙度的影响。经10万次耐久试验(惯量 $0.05\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$ 、接合频率10秒/循环)证明该发明材料摩擦系数有所降低,磨损率在 $0.05 \times 10^{-7}\text{cm}^3/\text{kg}\cdot\text{m}$ 。

(3) 混合树脂型浆料与无机填料为基体的纸基材料

以往的树脂材料在接触比压高的工况下容易发生“压维现象”,因而接合疲劳强度低、为避免压维现象,往往提高树脂含量、提高硬度。但是硬度提高会导致接触不良、摩擦性能降低。日本专利昭57—70634介绍爱新化工公司发明采用液体树脂与固体树脂粉混合使用,改变过去单一使用三聚氰胺类热固性树脂。适宜的热塑性树脂有聚乙烯、缩丁醛树脂,聚酰胺树脂尤其甲氧甲基尼龙树脂更有利。例如在酚醛树脂的甲醇溶液中加入其20%的甲氧甲基尼龙或聚乙烯醇缩丁醛树脂。把上述混合树脂含胶量30%,浸渍由棉与无机

填料混合浆的造纸板(环状纸板)。该专利制造的摩擦片装在自动变速机上。油温120℃、30秒/循环、转动惯量 $2.52\text{kg}\cdot\text{cm}\cdot\text{s}^2$ ，转速 $3600\text{r}/\text{m}$ 的回转能约 1786kgm 施加 313kg 负荷。压曲破坏的循环数为 $5.8\sim 6.5$ 万次，而过去的方法为 2.1 万次，而且动 μ 和磨损都保持正常。

(4) 耐热橡胶型湿式摩擦材料

日本专利昭58—213077报导日本曙制动器公司发明一种耐热性高的橡胶系湿式摩擦材料。系用四氯乙烯与环丙烷共聚物60份、六氟二氯与氟化乙烯共聚物40份、过氧化物系的硫化剂与辅助剂15份、碳黑80份、钛酸钾纤维30份、钠碱玻璃粉40份。上述材料经混炼轧片。然后 160°C 、 $160\text{kg}/\text{cm}^2$ 热压成形后硫化。用 $\phi 50\times\phi 30$ 园环片与SK—5对偶，在 $v=3\text{m}/\text{s}$ 、 $p=7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 在机械油润滑条件下与“摩擦5”停止方式试验，动 $\mu=0.11$ 、静 $\mu=0.12$ ，无噪音。曙公司还发明另一种耐热耐油湿式摩材。昭59—23134介绍用碱性丙烯酸橡胶70份、丙烯酸缩水甘油醚与环氧氯丙烷的共聚物30份、硫化剂、防老剂等20份腰果壳液改性树脂20份、碳黑180份。上述混炼后再配120份玻璃粉、钛酸钾纤维100份混炼轧片，热压成形。按上述试验，同过去的丙烯酸环氧氯丙烷橡胶比较，经10万次压缩变形试验。该发明与上述橡胶的永久变形为 $1:0.85$ 。常温与 150°C 时硬度为97与98，而上述橡胶硬度为97与107，可见该发明材料的试验结果，压缩永久变形小即踏力变化小，而且高温时硬度变化小。

(5) 碳基摩擦材料

所谓碳基是指用树脂作粘合剂、添加含量较高的碳素物质(石墨、碳纤维、焦炭、各种沥青炭或其他碳素粉料)以及增强纤维、矿物填料等模压成形的摩擦材料。它不同于碳/碳复合材料。通常分为湿式和干式两种。美国专利4256801介绍一种无石棉碳基摩材。它比美国专利3270846石棉纤维增

强的碳基摩材和美国专利4045608纤维素纤维增强的碳基不同。而是用碳纤与耐热有机纤维(酚醛纤维)和纤维素纤维复合增强。能在高负荷条件下，具有抗烧伤性和耐磨性。

此外，欧州专利EP0035463AI还介绍一种干式碳基盘式片摩擦材料。该材料中碳素物质占40%可以不用石棉纤维。摩擦系数、磨损都比石棉盘式片性能优越。

7. 石棉树脂基摩擦材料的最新进展

石棉，由于其原材料来源、价格及其结构、热性能、表面性能、增补强度性能与摩擦性能⁽⁶⁾，都能比较全面地满足摩擦材料的特殊要求。这是其他任何纤维与制品难以比拟的。因此以石棉为基础材料的石棉摩擦材料，在国外仍在发展。当然，不能否认石棉对人体健康、环境污染等方面的有害作用。正因为如此，近十年来国外开发了一系列取代石棉的新型摩擦材料。大部份专利是无石棉摩擦材料的。但是，据统计国外商品制动器衬片和离合器片中石棉摩擦材料仍占80%左右。石棉摩擦材料仍是商品摩擦片的主流，石棉制品工业仍在发展。只要不断改善劳动环境，采取有效措施消除石棉的危害，石棉制品工业是很有发展前途的。例如从石棉需求量的增长可以看出，近年来虽然欧美国家石棉生产发展缓慢、石棉需求趋于平缓，但总需求量仍很高。如美国1985年需量为20.7万吨，其中2/3的石棉靠进口，苏联的石棉产量仍在逐年提高，1985年达250万吨⁽⁷⁾。日本1985年石棉需求量为26.17万吨，预计1990年将需40万吨。2000年需60万吨，这说明石棉需量仍然增长很快。国外在石棉摩擦材料研究方面没有停止，专利仍然很多。文献⁽⁸⁾“近期国外石棉摩擦材料专利和文献综述”已做了详细介绍。从最近十年所发表的专利来看，石棉摩擦材料的最新进展，有以下几方面：①为减少石棉危害的各种石棉处理技术和设备；②石棉摩擦片的新结构；③石棉摩擦片制造方法、工艺的