

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710201478.0

[51] Int. Cl.

F16D 69/02 (2006.01)

B22F 3/16 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 1 月 23 日

[11] 公开号 CN 101109421A

[22] 申请日 2007.8.27

[21] 申请号 200710201478.0

[71] 申请人 沅罗市鸿昱新材料有限责任公司

地址 414200 湖南省沅罗市沅罗工业园

[72] 发明人 肖顺祥

[74] 专利代理机构 岳阳市科明专利事务所

代理人 彭乃恩 陈庆元

权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种粉末冶金刹车片及其制备方法

[57] 摘要

本发明涉及车辆用刹车片，特别指一种粉末冶金刹车片及其制备方法。本发明的刹车片采用以下配方：铜 3 - 7%、石墨 11 - 15%、石墨粒度 11 - 15%、二硫化钼 2 - 4%、氧化铅 3 - 5%、三氧化二铝 1 - 2%、硫磺 0 - 0.8%、铁(基体) 64 - 78%；其中：石墨中粗晶为 -50 目、-80 目含量比例为 1 : 1，石墨粒度中细晶为 -50 目、-80 目、-200 目含量比例为 9 : 9 : 2。本发明较好的配方为：铜 3%、石墨 11%、石墨粒度 11%、二硫化钼 2%、氧化铅 3%、三氧化二铝 1%、硫磺不加、铁 69%。本发明的制备方法是：1. 混料；2. 压型；3. 烧结。本发明安全、寿命长、耐磨损、经济效益好。

【权利要求1】一种粉末冶金刹车片，其特征在于各组分的重量百分比为：

铜3-7%、石墨11-15%、石墨粒度11-15%、二硫化钼2-4%、氧化铅3-5%、三氧化二铝1-2%、硫磺0-0.8%、铁（基体）64-78%；

其中：石墨中粗晶为-50目、-80目含量比例为1:1，石墨粒度中细晶为-50目、-80目、-200目含量比例为9:9:2。

【权利要求2】根据权利要求1所述的刹车片，其特征在于各组分的重量百分比为：
：

铜3%、石墨11%、石墨粒度11%、二硫化钼2%、氧化铅3%、三氧化二铝1%、硫磺不加、铁69%。

【权利要求3】一种刹车片的制备方法，其特征在于包括以下步骤：

1) 混料：先将铁粉用80目筛过滤，将机油与铁粉混合，然后加入-200目石墨混匀，再加入铜粉、二硫化钼、氧化铅、三氧化二铝、硫磺装机搅拌两小时，再称取-50目、-80目石墨装机搅拌三小时；

2) 压型：磨擦片厚10-14毫米，分上下两层，上层为磨擦粉，底层为钢背粉，采用冲压或液压成型，压制力为50-60T/cm²；

3) 烧结：将压制好的坯片采用钢背向下，磨擦层向上的装舟形式装入推杆式烧结炉，烧结温度为1000-1100℃，保温时间为2-4小时。

一种粉末冶金刹车片及其制备方法

技术领域

本发明涉及车辆用刹车片，特别指一种粉末冶金刹车片及其制备方法。

背景技术

随着科学技术的发展，车速与之相应的制动安全要求也越来越高，自1975年美国的“105号联帮汽车安全标准”规定了严格的制动距离要求后，我国也制订了相应的汽车安全标准，对汽车制动材料提出了更高的要求，在此情况下，传统的石棉刹车片往往由于烧焦碎裂而发生制动失灵，另外，在国际上，自从1972年国际肿瘤医学讨论会确认石棉是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末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，大力开发无石棉磨擦材料，美国环境保护局（EBA）于1983年已提出了禁止使用石棉的建议。粉末冶金制动材料则可以克服以上缺点，它具有制动灵敏可靠，耐高温，寿命长，对油和水敏感性低等特点，同时，适应性好，不但适用于平地，更适用于山区，因此，社会效益显著，是一种很有前途的制动材料。最近几年，粉末冶金制动片在E6-140、CA-10、JH-150等车型中得到了广泛的应用，深受用户欢迎。但是，弗须讳言，粉末冶金汽车刹车材料也有它的不足之处，其一是单付成本高，虽然粉末冶金汽车刹车片的寿命是石棉的3-4倍，但售价也达到石棉的1.5-2倍，一次性投资高，影响产品的普及推广，尤其是影响产品的配套，其次是对偶的磨损偏大，尤其是在对偶材料的强度和硬度不符合要求的情况下，另外，材料配方中的贵重组元不但价格上涨，而且采购困难，影响生产的发展，所以研制新材料配方，在保证质量的前提下努力降低成本，已经刻不容缓。

发明内容

本发明的目的是针对背景技术中存在的缺点和问题加以改进、创新，提供一种制动灵敏可靠、安全、不怕水、不怕油、耐高温、使用寿命长、不伤对偶的一种粉末冶金刹车片及其制备方法。

本发明的刹车片采用以下配方：

铜3-7%、石墨11-5%、石墨粒度11-5%、二硫化钼2-4%、氧化铝3-5%、三氧化二铝1-2%、硫磺0-0.8%、铁（基体）64-78%；

其中：石墨中粗晶为-50目、-80目含量比例为1:1，石墨粒度中细晶为-50目、-80目、

-200目含量比例为9:9:2。

本发明较好的配方为：

铜3%、石墨11%、石墨粒度11%、二硫化钼2%、氧化铅3%、三氧化二铝1%、硫磺不加、铁69%。

本发明的制备方法是：

1) 混料：先将铁粉用80目筛过滤，将机油与铁粉混合，然后加入-200目石墨混匀，再加入铜粉、二硫化钼、氧化铅、三氧化二铝、硫磺装机搅拌两小时，再称取-50目、-80目石墨装机搅拌三小时；

2) 压型：磨擦片厚10-4毫米，分上下两层，上层为磨擦粉，底层为钢背粉，采用冲压或液压成型，压制力为 $50-60T/cm^2$ ；

3) 烧结：将压制好的坯片采用钢背向下，磨擦层向上的装舟形式装入推杆式烧结炉，烧结温度为1000-1100℃，保温时间为2-4小时。

本发明有以下有益效果和优点：

1、安全。制动的问题，首先必须制动可靠和安全，从用户意见来看，本发明比石棉制动灵敏可靠，如甘肃省定西汽车运输公司反映“粉末冶金片制动可靠，40Km/h，有效制动距离6.5m，不跑偏”，而铜川汽车运输公司反映“粉末冶金刹车片安全性能好，不易烧坏，不脱落，不掉块，温度越高，刹车越灵”，另外，河南省灵宝县第一运输公司则反映：“YE-02的安全性较有进步”，总之，本发明能满足汽车制动安全性的要求。

2、寿命长。制动材料的寿命直接反映用户的经济效益，从用户调查来看，普遍反映制动材料的寿命较前提高，提高幅度一倍以上。如甘肃省定西汽车运输公司反映“石棉片大约为一万公里，粉末冶金片大约可行驶两万公里”，包头市第三运输公司则说“使用铁片上算”，铜川汽车运输公司反映“石棉片在铜川地区平均使用寿命4500公里，一个多月时间，粉末冶金片平均寿命在20000公里以后，半年多时间”，使用寿命达到了6倍左右。

3、耐磨损。本发明在研制配方时进行了中掉探讨，并进行了用户调查，如铜川汽车运输公司反映“使用情况比以前的磨损小”，包头市第三运输公司来函说“代表团铁片大伙反映讲制动好、效果好，铁片与轮鼓同时磨损，但还是使用铁片好”。从用户使用情况来看，本发明材料对轮鼓的磨损比以前要小。

4、经济效益好。

项 目 材料类别	磨擦分成本		EQ-140 原材料成本比较 (单: 元/车付)
	元/吨	%	
本发明	3840	63.0	44.93
YQ-05	5026	83.6	55.18
FM201G	6011	100	63.69
晋江材料	4205	70	48.09

附图说明

图1-7为各组元含量变化对磨擦系数影响

图8为各组元含量变化对材料对成本影响

图9-10为各组元含量变化对材料对偶磨擦率的影响

具体实施方式

本发明试验组份因素表:

组份因素	铜	石墨	石墨粒度	二硫化钼	三氧化二铝	氧化铅	硫磺
位极 I (下限)	3%	11%	粗品	4%	1%	3%	0
位极 II (上限)	7%	15%	细品	2%	2%	5%	0.8%

注: 石墨粒度中的粗晶表示-50目、-80目含量的比例为1: 1

细晶表示-50、-80、-200目的含量比例为9: 9: 2

本发明为了减少试验次数, 只选择了材料含量的变化, 而其他工艺参数如混料方法, 压制压力, 烧结温度等则固定不变, 从以上之参数范围的确定和因素位极表可知, 主参数有七个因素, 二个位极, 故采用正交表Lg (2⁷) , 通过正交原理排列实施例共8个如下:

(单位: 公斤)

组分 实施例	铜	石墨	石墨 粒度	二硫 化钼	三氧化 二铝	氧化铅	硫磺 *1	铁 *2
1	3	11	粗品	2	5	1	0.8	78
2	7	11	细品	2	3	1	0	76
3	3	15	细品	2	5	2	0	73
4	7	15	粗品	2	3	2	0.8	71
5	3	11	细品	4	3	2	0.8	77
6	7	11	粗品	4	5	2	0	71
7	3	15	粗品	4	3	1	0	74
8	7	15	细品	4	5	1	0.8	68

*1、硫磺按外加成份计。

*2、铁的含量是按100%减去各组元含量之和所出。

本发明的制备方法：

1) 混料：先将铁粉用80目筛过滤，将机油与铁粉混合，然后加入-200目石墨混匀，再加入铜粉、二硫化钼、氧化铅、三氧化二铝、硫磺装机搅拌两小时，再称取-50目、-80目石墨装机搅拌三小时；

2) 压型：磨擦片厚10-14毫米，分上下两层，上层为磨擦粉，底层为钢背粉，采用冲压或液压成型，压制力为50-60T/cm²；

3) 烧结：将压制好的坯片采用钢背向下，磨擦层向上的装舟形式装入推杆式烧结炉，烧结温度为1000-1100℃，保温时间为2-4小时。

本发明的试验结果及分析：

试样在MM-1000试验机上试验，试验规范如下：

工作压力0.98MPa，转动惯量I=2Kg·cm²·S²

2500r/min 3000r/min，对偶，材料HT20-40

试验结果如下：

项目 实施例	*1 动摩擦系统					*2 磨擦率 m3/J		*3(元) 磨擦材料 相对成本
	1000	1500	2000	2500	3000	材料	对偶	
1	0.44	0.38	0.31	0.27	0.22	0.38×10^{-13}	0.91×10^{-1}	100
2	0.43	0.40	0.34	0.31	0.28	2.29×10^{-13}	0	107
3	0.41	0.37	0.34	0.31	0.26	5.25×10^{-13}	1.37×10^{-13}	103.31
4	0.43	0.33	0.34	0.30	0.26	4.57×10^{-13}	1.37×10^{-13}	111.88
5	0.48	0.40	0.34	0.27	0.22	7.09×10^{-13}	0	111.34
6	0.44	0.38	0.34	0.29	0.28	5.25×10^{-13}	2.29×10^{-13}	124.19
7	0.50	0.40	0.37	0.30	0.27	3.19×10^{-13}	0.46×10^{-13}	119.22
8	0.46	0.40	0.32	0.26	0.22	4.34×10^{-13}	1.37×10^{-13}	127.57

试验结果如表所示，根据正交原理，利用正交表计算，并进行定量分析，包括以下几个方面：

(1) 各组元含量变化[1000、1500、2000、3000转/分工况下]对磨擦系统的影响，如图1?所示。

(2) 各组元含量变化对材料及对偶磨擦率的影响，如图9、10。

(3) 各组元含量变化对材料相对成本影响，如图8。

本发明各组份综合定性分析：

从以上实验结果和图1-10可知，各组含量的变化对磨擦、磨损性能和经济性均产生一定的影响。

(1) 铜的加入主要是活化烧结，增加材料的机械强度，提高材料的耐磨性能等。

A、铜含量变化对磨擦系数的影响：

从图1中可以看出，铜含量的变化对磨擦的影响不大，且均随着转速的提高，磨擦系数都均匀下降，但下降幅度不同，3%含量时，下降幅度较大，7%含量时，下降幅度较小，说明铜含量的增加，磨擦系数的相对稳定有所提高，其机理由文献推论如下：由于铜含量的变化，加快了石墨的析出，而游离石墨的增加，则可以稳定磨擦系数。总之，铜含量变化对产品的磨擦性能影响不大，就此而言，可取3%，亦可取7%。

B、铜含量的变化对磨损性能的影响：

C、石墨含量的变化对相对成本的影响：

图8反映了石墨含量的变化对相对成本的影响，位极I (11%) 之和为443.07，位极II (

15%) 之和为462.53, 极差19.45, 说明位极Ⅰ优于位极Ⅱ, 即减少石墨含量可以降低相对成本, 另外从图8中可以看出, 石墨含量的变化对成本的影响比铜、二硫化钼的影响要少得多, 故此, 石墨的配比应以满足性能为主, 相对成本为次。

综上所述, 石墨含量的变化对磨擦、磨损性能入经济效益是有一定影响的。由于以上实验的最低含量已达11%, 故对经济技术指标, 影响不很显著, 考虑产品的工艺性, 采用含量为11%要比采用含量15%更加合理。

(2) 石墨粒度组成(粗品、细品)对磨擦、磨损性能及相对成本的影响:

文献认为, 石墨粒度的组成对磨擦、磨损的性能影响比其纯度更为重要, 采取适当的粒度组成, 降低石墨纯度, 达到取而代之成本的目的。

A: 石墨粒度组成(粗品、细品)对磨擦性能的影响

本正交试验所采用的石墨为-50目、-80目、-200目三种规格, 其中-50目、-80目按1:1配比简称粗品, -50目、-80目、-200目按9:9:2配比简称细品, 图3反映了石墨粒度对磨擦系统的影响, 位极Ⅱ(粗品)之和在相对应的工况下均大于位极Ⅰ之和, 说明粗片石墨可以提高材料的磨擦系数, 另外图3也反映出, 无论粗品或细品均随着转速的提高, 磨擦系数均匀地下降, 且幅度接近, 从而说明粒度组成对磨擦系数的稳定性影响不大, 为提高磨擦系数考虑, 加入粗磷片石墨是可取的。

B: 石墨粒度对磨损性能的影响

石墨粒度对材料磨损率的影响见图9, 由图9可见, 位极Ⅰ(粗品)之和为 $16.58 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极Ⅱ之和为(细品) $18.616.58 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极Ⅰ优于位极Ⅱ, 说明粗片石墨稍减少材料的磨损, 而图10反映了石墨粒度对对偶磨损的影响, 位极Ⅰ之和为 $4.93 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极Ⅱ之和为 $2.61 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 极差为 $2.24 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极Ⅱ优于位极Ⅰ, 即加入细片石墨可以对偶的磨损, 另外从极差中看出, 为了减少对偶的磨损, 加入部分细片石墨到材料中是行之有效的。但不宜太多, 否则将加大材料本身的磨损, 在汽车刹车材料中宜加入0.8~1.2%的细片石墨。

C: 石墨粒度组成对经济性的影响

在石墨价格体系中, 不同的粗度组成, 对价格的影响是比较大的, 但由于本实验所采用的石墨粒度组成各位极差不大, 故对成本影响不大, 这可从图8中得到证实。

磨损是本发明的主要性能指标之一, 包含有两个方面: 一个是材料的磨损; 一个是对偶的磨损; 图9反映了铜的含量变化对材料本身磨损的影响。位极Ⅰ(3%)之和为 $19.41 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极Ⅱ(7%)之和为 $16.45 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 说明位极Ⅱ优于位极Ⅰ, 但相对于其他

组元而言，铜的影响不大，图10反映了铜含量变化对对偶磨损的影响，位极Ⅰ之和为 $2.7 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，位极Ⅱ之和为 $5.03 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，极差较大，且位极Ⅰ优于位极Ⅱ，说明铜含量的增加，加快了对偶的磨损，故此，就磨损性能而言，铜含量宜采用3%，而不宜采用7%。

C：铜含量的变化对相对成本的影响

图8反映了各组元含量变化对相对成本的影响，从图8中可以看出，位极Ⅰ之和为433.86，位极Ⅱ之和为471.73，说明位极Ⅰ优于位极Ⅱ，且影响较大，所以降低铜的含量是提高经济效益的有效途径之一。

综上所述，铜含量对以上三个方面都有影响，权衡利弊，以采用3%为好。

(3) 石墨含量变化的影响：

石墨在磨擦材料中，主要起润滑作用，它能稳定磨擦系数，改善材料及对偶的磨损性能。

。

A：石墨含量变化对磨擦系数的影响：

图2描述了石墨含量对磨擦系数的影响，位极Ⅰ（11%）和位极Ⅱ（15%）均随着转速提高，磨擦系数均平缓地下降，在各工况下，磨擦系数的极差较小（最大极差为<0.07>），从中可以说明，当石墨含量达到一定含量比例后，在增加其含量，并不能有效地提高磨擦系数，另外从图2中曲线的斜率看出，石墨含量对磨擦系数的稳定性影响，位极Ⅱ优于位极Ⅰ即15%优于11%，但效果不明显，考虑到石墨的增加将影响材料的工艺性，故宜采用石墨含量为11%。

B：石墨含量变化对耐磨性能的影响

材料中加入石墨可以减少磨损，图9反映石墨含量变化对材料磨损的影响，位极Ⅱ（15%）优于位极Ⅰ（11%），但效果相对来说不很明显；图10反映了石墨含量变化对对偶磨损的影响，且位极Ⅰ优于位极Ⅱ，为此可以看出，就材料本身磨损而言，15%的含量优于11%，而就对偶的磨损而言，11%含量优于15%。

(4) 二硫化钼的含量对磨擦、磨损性能及相对成本的影响

二硫化钼是一个优良的固体润滑材料，尤其是在重负荷、高转速的工况下，更是必不可少的，但是由于价格贵，在汽车刹车片中过多地加入将大大地提高材料成本，此外，有关资料介绍，过多地加入二硫化钼对材料的磨擦、磨损性能也不利，为此，合理选择用量是十分重要的。

A：二硫化钼含量对磨擦性能的影响

在图4中可以看出，二硫化钼的含量在不同的工况下对材料磨擦性能的影响不同。在初

始阶段，位极 I (4%) 之和为1.88，位极 II (2%) 之和为1.77，而当转速达到300r/min时，位极 I (4%) 之和为0.99，位极 II (2%) 之和为1.02，这种结果说明二硫化钼的有利影响，只有在高速下才较明显，此外，从图4中曲线的斜率可以看出，在1000–3000r/min的工况下，增加其含量对磨擦系数的稳定性不利，尤其是在初始阶段，由于中载荷汽车刹车片的工作状况均在50km/h以下，所以二硫化钼在材料中的润滑性难以显示，故此而言，可以减少其含量，且含量宜在2%以下。

B: MoS_2 含量对磨擦性能的影响

MoS_2 对材料磨损率的影响，如图9所示，位极 I (4%) 之和为 $19.5 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，位极 II (2%) 之和为 $15.69 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，极差 $3.81 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，从而说明位极 II 优于位极 I，即增加 MoS_2 的含量将加快材料的磨损。同样在图10中，位极 I 之和为 $4.040 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，位极 II 之和为 $3.59 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，极差为 $0.45 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，即位极 II 也稍优于位极 I，说明二硫化钼含量的增加同样促进对偶的磨损。

由此可知， MoS_2 的润滑性只有在高速、高温下方得以显示[7]，否则所取作用甚微，所以就磨损性能而言，含量宜在2%以下。

C: MoS_2 含量相对成本的影响

由于 MoS_2 价格贵，所以在各组元变化中对相对成本的影响也是最大的。在图8中，位极 I (4%) 之和为484，位极 II (2%) 之和为442.74，极差60.13，是同类配方中成本影响较大的铜的1.59倍，所以减少 MoS_2 含量是降低成本最有效的途径。

总之，相对而言， MoS_2 的含量变化对相对成本影响最大，而对磨擦、磨损性能影响不大，所以减少 MoS_2 含量，将大大降低材料的相对成本。在汽车刹车片材料中， MoS_2 含量宜在2%以下，或更低，最好能用其他材料代替。

(5) 氧化铅的含量变化对磨擦、磨损性能及相对成本的影响：

A: 氧化铅含量变化对磨损性能的影响

图5反应了氧化铅含量变化对磨擦系数的影响，从图5中可以看出，随着转速的提高，磨擦系数都均匀下降，且两条曲线的斜率相近，说明增加氧化铅的含量对稳定性的影响大。另外，在相应工况下，位极 I 之和均高于位极 II 之和，即参加氧化铅含量可以起到作用，其机理可以解释如下：氧化铅加入到材料中，在高温烧结时铅被还原，而铅属软质低熔金属，所以起到了减磨作用。

B: 氧化铅含量变化对磨损性能的影响

对材料本身磨损，由图9可见，位极 I (3%) 之和为 $16.8 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，位极 II (5%) 之

和为 $18.36 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 极差 $-1.56 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 说明位极 I 优于位极 II, 即3%的含量优于5%的含量。氧化铅含量变化对对偶磨损的影响反映在图10中, 位极 I 之和为 $1.79 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极 II 之和 $5.83 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 极差 $-4.03 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 从而说明减少氧化铅含量不但可以减少材料的磨损, 而且可以大大减少对偶磨损。氧化铅作为一种润滑组元加入到材料中, 主要是改善材料的磨擦性能, 然而它加入量是有限的, 因为过量的氧化铅加入到材料中, 在高温烧结时, 氧化铅还原, 氧则与材料中的其它组元反应, 特别与基体反应, 生成氧化铁。随氧化铁的增加, 氧化铁的含量增加, 而氧化铁既硬且脆, 为此, 增加氧化铅的含量, 不但加快材料的磨擦, 尤其加快了对偶的磨损, 结果是还原出的铅的润滑性被生成氧化铁所淹没, 故此而论, 氧化铅含量宜在3%以下。

C: 氧化铅含量变化对相对成本的影响

在材料中加入氧化铅而不加入纯铅, 主要是从经济角度出发, 因为纯铅的价格是氧化铅的两倍左右, 而且铅有毒, 另外据有关资料认为, 氧化铅的加入可以提高材料的抗粘结性, 图8反映了氧化铅含量变化相对成本的影响, 位极 I (3%) 之和为451.07, 位极 II (5%) 之和为456.73, 极差5.66, 说明减少氧化铅含量对降低材料成本是有利的。

综上所述, 氧化铅的含量变化对磨擦性影响不大, 但对磨损性影响较大。就经济性而言, 以减少为宜。另外, 通过平均磨擦系数稳定性的正交计算, 发现氧化铅的润滑性优于石墨, 所以, 在材料中加入少量的氧化铅是有利, 其含量宜在(3%)以下。

(6) AL_2O_3 含量变化对磨擦性能的影响

在图6中, 反映了 AL_2O_3 含量变化对材料性能的影响, 在初始阶段($1000\text{r}/\text{min}$), 位极 I (1%) 之和为1.83, 位极 II (2%) 之和为1.76, 极差0.07, 表明位极 I 的磨擦系数高于位极 II, 而在转速达到 $3000\text{r}/\text{min}$ 时, 位极 I 之和为0.99, 位极 II 之和为1.02, 极差0.03, 从而说明在材料加入 AL_2O_3 , 只有当转速达到一定时方起磨擦剂的作用。另外, 从图6的曲线率来看, 1%的曲线率比2%的曲线率大, 说明增加 AL_2O_3 含量可以起到稳定磨擦系数的作用。

B: AL_2O_3 对磨损性能的影响

AL_2O_3 含量的变化对材料磨损性能的影响, 示于图9中, 位极 I (1%) 之和为 $13.45 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极 II (2%) 之和为 $21.74 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 极差 $-8.29 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 说明减少 AL_2O_3 减少含量可以减少材料磨损, 而 AL_2O_3 含量变化对偶磨损的影响也较大, 在图10中, 位极 I 之和为 $2.69 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 位极 II 之和为 $4.93 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 极差 $-2.24 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$, 说明在材料中增加 AL_2O_3 含量将加大对偶的磨损, 故此 AL_2O_3 作为磨损剂加入到刹车材料中, 其磨损性能而言, 应低于1%。

C: AL₂O₃对于成本的影响

由于AL₂O₃价格低廉，在材料中含量较少，且变化不大，故对成本影响微小，故不做定量分析。

综上所述，AL₂O₃加入材料中，可以稳定磨擦系数，增加含量，在高速则可以提高磨擦系数，但同时将加快材料及对偶的磨损，所以，在其含量宜在1%以下，或用其它磨擦剂代替。

(7) 加入硫磺对磨擦、磨损性能及相对成本的影响

对本发明材料中加入硫磺目的是使之与基体发生反应，生成硫化铁，其在铁基材料中有抗粘结和抗磨损作用。

A: 材料中加入硫磺对磨擦性能的影响

图7中反映了加入硫磺磨擦性能的影响，在初始阶段到1500r/min之间，位极I的磨擦系数都低于位极II，而当转速加大到1500r/min以上时，位极I的磨擦系数则高于位极II，由此可以说明：硫磺既与铁反应生成了硫化铁，而硫化铁的润滑效果只达到一定的转速后才能发生，但从图7的曲线可知，硫磺加入对材料的磨擦性能影响而言，其含量应低于0.8%以下。

B: 硫磺的加入对材料的磨损性能的影响

对材料磨损的影响，图9中位极I(0)之和为 $15.68 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，位极II(0.8)之和为 $19.5 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，极差 $-3.83 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，说明位极I优于位极II，即加入硫磺将加快材料的磨损。硫磺的加入对对偶的影响反映在图10中。位极I之和为 $4.04 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，位极II之和为 $0.45 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，极差 $0.45 \times 10^{-13} \text{m}^3/\text{J}$ ，即加入硫磺可以保护对偶，其机理主要是硫横铁脆性和润滑性在起作用。

C: 硫磺加入对经济性的影响

由于硫磺加入量甚微，所以对材料的相对成本没有影响，故此不再阐述。

综上所述，在本发明中加入硫磺对改善磨损是有效的，尤其在基体铁含量较高时，因为硫磺的加入，在烧结时会生成硫磺铁，而硫磺铁是有一定的润滑作用的，但加过量的硫磺将增加材料的脆性，导致磨损较大，所以，硫磺的加入量控制在0.4%-0.5%。

根据三项技术经济指标通过正交实验，材料中各组元的优化成分如下，铜3%，石墨11%，墨粒度组成，细品，二硫化钼2%，氧化铅3%，三氧化二铝1%，硫磺不加或少加，在所列的材料中，二号配方占据各个成份的优化位置，而且实验结构同样表明二号配方材料性能较为理想。

本发明所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行的描述，并非对本发明构思和范围进行限定，在不脱离本发明设计思想的前提下，本领域中工程技术人员对本发明的技术方案作出的各种变型和改进，均应落入本发明的保护范围，本发明请求保护的技术内容，已经全部记载在权利要求书中。

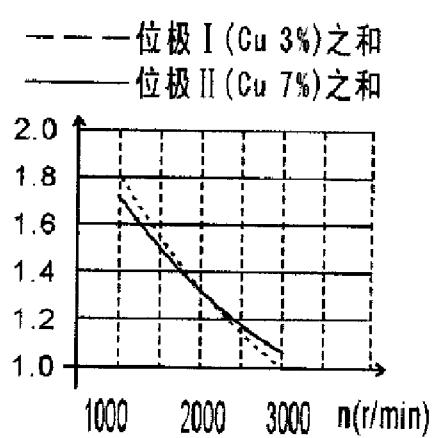


图1

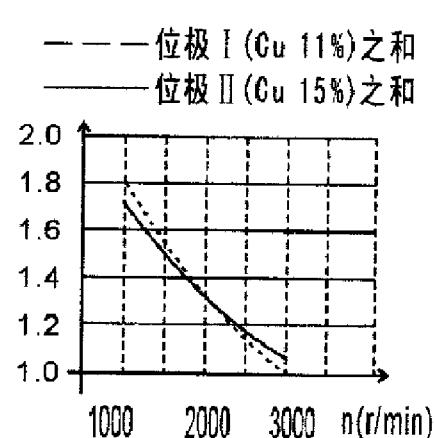
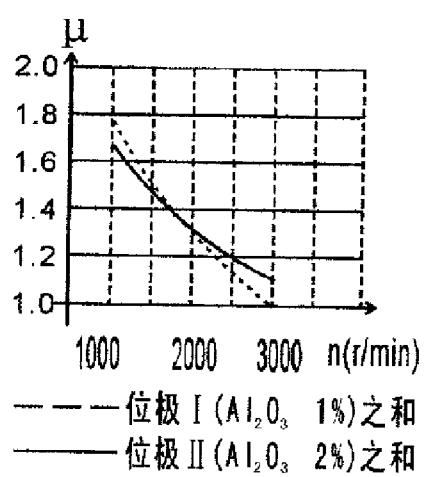
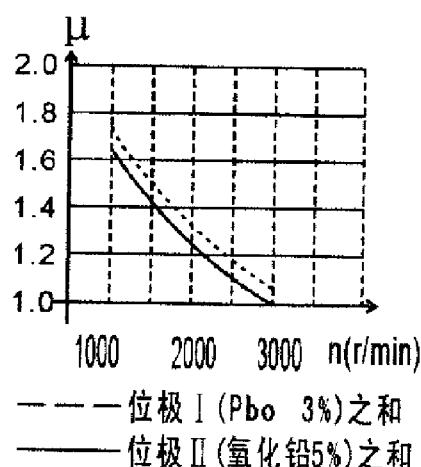
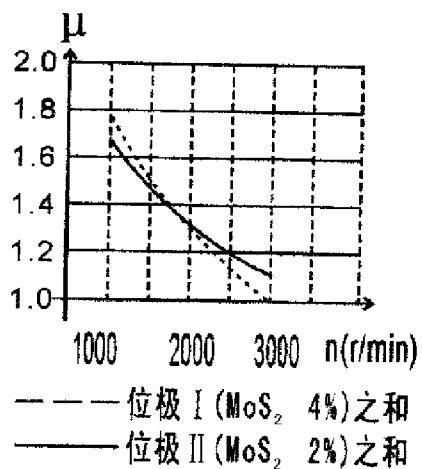
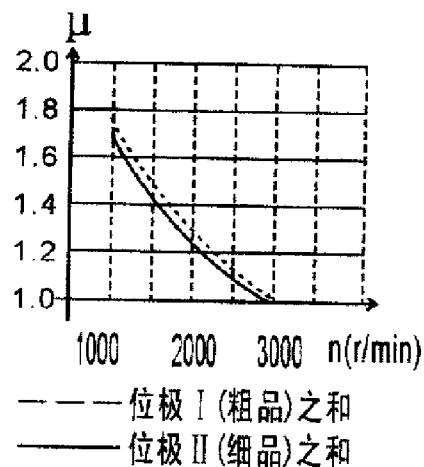


图2



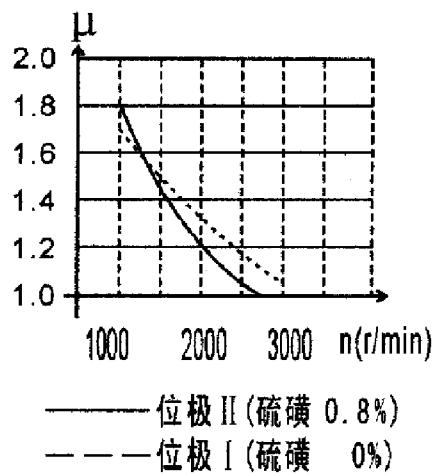


图7

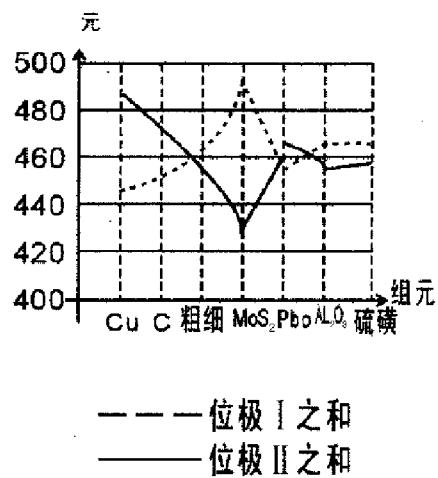


图8

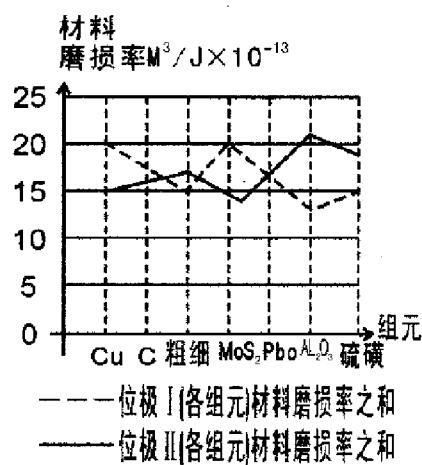


图9

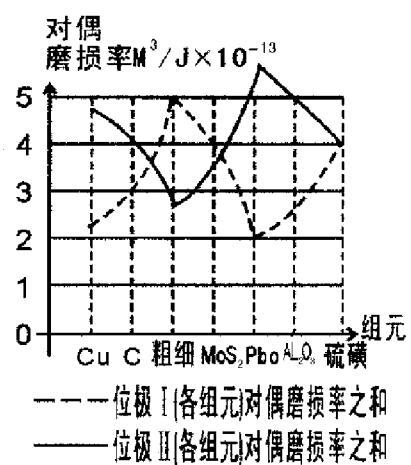


图10