

用镀铜石墨粉制备碳刷的研究

田建华, 陈建, 李春林, 夏立博

(四川理工学院材料与化学工程学院, 四川 自贡 643000)

摘要:文章采用了镀铜石墨粉制成碳刷试样,分析了镀铜石墨复合碳刷的微观结构、体积密度、电阻率等性能,最后讨论了外加石墨粉及改性酚醛树脂时试样的性能。实验结果表明,镀铜石墨粉制备的碳刷综合性能明显优于石墨粉与铜粉直接混合制备的碳刷。

关键词:镀铜石墨粉;碳刷;复合材料

中图分类号:TQ031

文献标识码:A

引言

受电弓滑板是电力机车获得动力来源的重要集电元件,滑板材料在力学性能、电性能、磨损性能等方面都有相当严格的要求。带有润滑功能的铜基粉末冶金滑板强度较好,表面硬度适中,滑板和导线的磨损比较匹配是滑板材料的发展趋势之一^[1]。随着科技的飞速发展,对电刷的要求也愈加苛刻。制造金属石墨电刷的传统方法是使用铜粉和石墨粉,经过混料—压型—烧结及机械加工等工序制得^[2]。但是,在传统铜石墨材料中,铜呈孤立岛屿状分布,不利于铜导电性的发挥,又恶化了铜石墨材料的滑动磨损性能。金属组分如能连接成连续的三维网络,并保持石墨颗粒均匀分布在网络之间,将能更有效地利用金属石墨材料中金属的导电性和石墨的润滑性,则可制取碳含量高、强度高、导电性好的铜石墨复合材料。正因如此,用镀铜石墨粉制备铜基石墨复合材料一直是人们研究的热点^[3-4]。

我们在实验中先将石墨粉表面(按铜与石墨的质量比为1)镀覆一层连续的铜,然后在氢气气氛中进行干燥处理制得镀铜石墨粉,再采用用镀铜石墨粉结合特殊工艺制得镀铜石墨复合碳刷试样,并进行了性能检测。

实验表明镀铜石墨复合碳刷中的铜能形成连续的三维网络结构,且所制得的碳刷制品具有碳含量高、强度高、导电性和耐磨性好等优点。

1 实验

将镀铜石墨粉(石墨粉为四川自贡东兴电碳厂生产的320目人造石墨)在100MPa的压力下进行压制,然后在氢气还原气氛中以每小时100℃的升温速率升温至800℃对制品进行烧结制得镀铜石墨复合碳刷。

2 结果与分析

2.1 镀铜铜/石墨复合碳刷显微构分析

如图1所示是将所得的镀铜石墨粉压制成型并烧结后制成碳含量为50%的镀铜铜/石墨复合碳刷的金相照片图,图中铜层已产生了部分的球化和聚集,但基本上保持了较为均匀连续的三维网络结构。实验表明随碳含量继续增加,铜在石墨粉上的镀铜层也越来越薄,

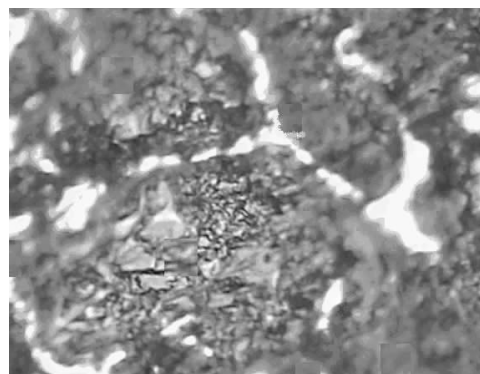


图1 镀铜石墨复合碳刷的金相照片 200X

分析认为由于铜石墨之间有较高的界面能,高温烧结时铜层会自发产生球化和聚集,以降低制品的界面能,碳含量越高,铜含量越少,铜的三维连续网状结构破坏也越严重,特别是高于 70% 时,镀铜铜/石墨复合碳刷中的铜难以再形成连续的三维网状结构。

实验表明制作铜/石墨复合材料时,一般用金属熔点的 2/3 至 4/5 进行烧结,否则会产生偏析现象^[5]。当我们以镀铜石墨粉为原料制作铜/石墨复合碳刷可以使铜形成连续的三维网络而以铜、石墨粉为原料机械混合制作的普通铜/石墨复合碳刷易产生偏析现象。

2.2 镀铜铜/石墨复合碳刷密度分析

图 2 是镀铜石墨复合碳刷与普通铜/石墨复合碳刷(铜粉与石墨粉及酚醛树脂通过机械混合制作而成的碳刷)的体积密度随碳的质量百分含量变化而变化的趋势图。

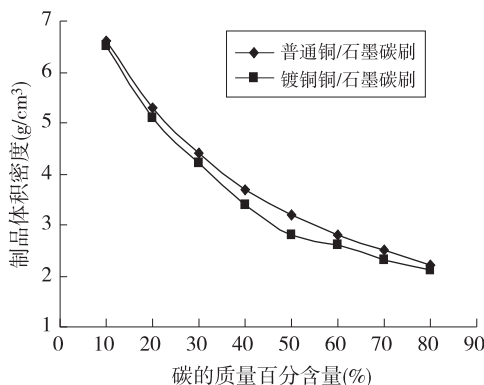


图 2 制品的体积密度

由图 2 可以知道烧结后普通铜铜/石墨复合碳刷及镀铜石墨/墨复合碳刷随碳含量的增加,体积密度的变化情况。两种复合材料都是随着碳含量的增加,体积密度逐渐下降。分析认为,由于石墨的密度低于铜的密度,所以碳含量越高,制品的体积密度越小。在相同碳含量下,镀铜石墨复合材料的密度低于普通铜/石墨复合材料。由于两种复合材料采用相同的冶金工艺,密度降低主要是由于成型烧结时试样烧结收缩较小而膨胀较大所致。

在低含碳量下,由于成型时需要外加树脂的量较小,树脂分解产生的气体的量较少,膨胀较小,密度相差也不大,碳含量为 10% 时,体积密度相差 0.06 g/cm^3 ,而随碳含量的增加,需要粘结剂的量更多,引起的膨胀越大,密度相差也越大,碳含量为 50% 时,密度相差达到了 0.22 g/cm^3 。

在铜石墨复合材料的冶金工艺中,镀铜石墨压坯会滞留大量的空气,压制后产生弹性膨胀。烧结时,压坯

中形成的闭气孔、烧结形成的闭气孔中的气体以及烧结时树脂分解产生的气体因为烧结温度的升高产生膨胀。随着碳含量的继续增加,铜很难再形成连续的三维网络结构,在高含碳量时,制品中形成的闭气孔减少,并且也会出现较多疏松石墨-石墨界面,有利于气体的逸出,密度差别逐渐减小。

2.3 镀铜铜/石墨复合碳刷电阻率分析

图 3 是镀铜石墨复合碳刷与普通铜/石墨复合碳刷的电阻率随着碳含量变化的趋势图。

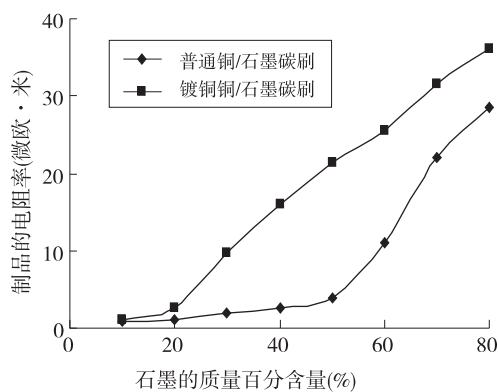


图 3 制品的电阻率

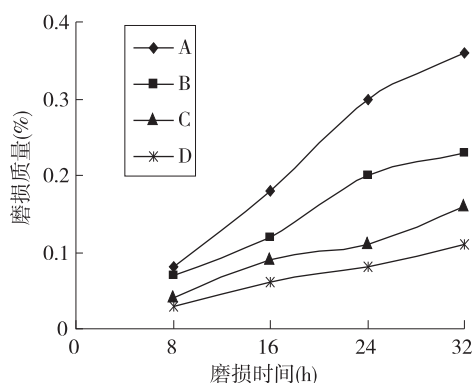
从趋势图可以看出镀铜石墨复合碳刷与普通铜/石墨复合碳刷的电阻率随着碳含量的增加而上升,在相同碳含量下,镀铜石墨复合材料的电阻率低于普通铜石墨复合材料。在炭含量较低的情况下,普通铜石墨复合碳刷中铜也能形成连续相,镀铜石墨粉对制品中铜的组织形态分布影响较小,电阻率差别较小,电阻率的略微差别主要是由镀铜石墨复合材料的膨胀引起的。随碳含量的增加,普通铜石墨复合碳刷中铜的三维连续网状结构很快就被石墨破坏。特别是在碳含量高于 20% 情况下,铜很难再形成三维连续网状结构,制品的电阻率的增加较快,碳含量每增加 10%,电阻率会增加 4 倍左右。当碳含量在 30% 到 60% 之间时,电阻率差别十分明显,在碳含量高于 70% 的情况下,镀铜石墨粉对制品中铜的组织形态分布的影响也较小,对电阻率的改善不明显,而铜/石墨复合碳刷的电阻率越低,使用时接触电损耗越小^[6]。

2.4 镀铜铜/石墨复合碳刷的耐磨性能测试分析

图 4 给出了烧结后碳含量为 30% 和 70% 的普通铜石墨复合碳刷及镀铜石墨复合碳刷的磨损量随时间的变化关系。由图 4 可知,由于石墨优良的润滑性能,随石墨含量的增加,复合材料的耐磨性能均提高。相同碳含量下,镀铜石墨复合碳刷的磨损量低于普通铜石墨复合碳刷,表现出较为优越的耐磨性能。普通铜/石墨复

合碳刷中的石墨与铜浸润性较差,其结合属于机械啮合,在滑动时易于脱落,消弱了石墨的润滑功能,因此磨损量较大。镀铜石墨复合碳刷中,铜是基体相,石墨是增强相,石墨与铜之间形成界面相^[7],石墨被包裹在铜层之中,不宜脱落,能充分发挥其减摩润滑功能,因此磨损量相应的减少。同时在磨损实验中还发现,由于镀铜铜/石墨复合碳刷中石墨的分散性较好,基体的硬度也较低,电机运行过程中,其电火花和噪音远低于普通铜/石墨复合碳刷,这可较好解决国内电火花以及噪音较大的难题。

由上可知,镀铜铜/石墨复合碳刷在摩擦磨损过程中,耐磨性能优于普通铜/石墨复合材料。



说明:A:普通铜/石墨复合碳刷(含碳 30%)
B:镀铜铜/石墨复合碳刷(含碳 30%)
C:普通铜/石墨复合碳刷(含碳 70%)
D:镀铜铜/石墨复合碳刷(含碳 70%)

图4 镀铜石墨复合碳刷的耐磨性能

2.5 外加石墨粉对试样肖氏硬度的影响

如图5为试样的肖氏硬度随外加石墨粉(在制取石墨复合材料的镀铜石墨粉中加入石墨粉)含量变化而变化的趋势图,采用镀铜石墨粉为原料制作镀铜石墨复合碳刷在压制和烧结时会产生较大的体积膨胀,使制品的密度下降,致密度不高。密度的降低以及树脂在基体中组织分布的变化都会带来试样多项性能的下降,因此,实验继续讨论了外加石墨粉对碳刷性能的影响。如图5显示制品随外加石墨粉质量分数的增加,肖氏硬度首先呈上升趋势,在质量分数达到20%左右时硬度达到最大,如继续加入石墨粉则肖氏硬度又逐渐降低。分析认为,外加石墨粉的较少时,增加了制品的烧结收缩,从而其硬度也有所增加。但随着石墨粉含量的继续增加,对制品的烧结收缩影响减小,并且石墨粉本身的硬度相对较低,因此外加石墨粉的较多后,也会其复合材料的硬度也越低。

2.6 改性酚醛树脂对试样性能的影响

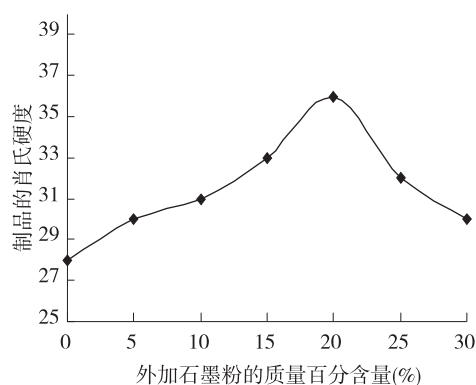


图5 复合材料的肖氏硬度

实验采用了环氧氯丙烷、硼酸在相同摩尔比的合成条件下改性普通酚醛树脂,以树脂含量20%和镀铜石墨粉80%(质量百分含量)混合制作成碳刷试样。测试了烧结前后的体积收缩率,所得实验结果如图6所示。

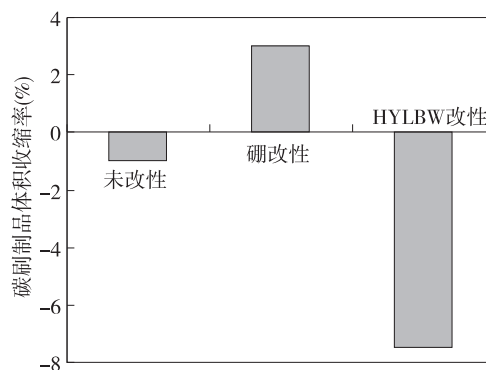


图6 复合材料的体积收缩率

由图6中可以看出,几种改性树脂与普通酚醛树脂和镀铜石墨粉混合制作成的碳刷试样相比较,经750℃中温烧结后,普通酚醛树脂出现1%的膨胀,环氧氯丙烷(简称:HYLBW)改性的体积膨胀更大,达到了7.5%,唯有硼改性酚醛树脂制作的试样烧结时发生了体积收缩,收缩率达3%。分析认为在烧结过程中,环氧氯丙烷醚化酚醛树脂中含有的环氧氯丙基,热分解产生了更多的小分子气体,所以也产生了更大的膨胀,达到了7.5%,甚至导致部分试样开裂。而硼改性酚醛树脂中的硼反而会吸收分解过程中产生的氧,所以分解产生的小分子气体比普通酚醛树脂更少,并且形成的 B_2O_3 在较高温度下以液相存在,促进制品的烧结收缩。

3 结束语

以镀铜石墨粉为原料,采用特殊工艺能成功制备了铜/石墨复合碳刷。实验结果表明:

(1)以镀铜石墨粉为原料制作铜/石墨复合碳刷可以使铜形成连续的三维网络结构;

(2)在铜含量相同的条件下,镀铜铜/石墨复合碳刷在密度、电阻率、耐磨性能等方面优于石墨粉与铜粉直接混合制备的铜/石墨复合碳刷;

(3)用镀铜石墨粉制取镀铜石墨复合碳刷时,加入适量石墨粉改善基体的传质通道,能提高镀铜铜/石墨复合碳刷的一些机械物理性能;

(4)通过对酚醛树脂进行改性可以改善镀铜铜/石墨复合碳刷的烧结性能。

参考文献:

- [1] 黄鑫.石墨粉表面化学镀铜工艺研究[J].机械工程材料,2002,26(11):33-35.
- [2] 高强.铜石墨材料导电性能研究[J].机械工程材料,2002,26(9):34-36.

- [3] Moustafa S F, El-Badry S A, Sana A M, et al. Friction and wear of copper-graphite composites made with Cu-coated and uncoated graphite powders[J]. Wear, 2002, 253(7-8):699-710.
- [4] Kato H, Takama M, Iwai Y, et al. Wear and mechanical properties of sintered copper-tin composites containing graphite or molybdenum disulfide[J]. Wear, 2003, 255:573-578.
- [5] 郑水林.粉体表面改性[M].北京:中国建材工业出版社,2003.
- [6] 杨国华.碳素材料[M].北京:中国物资出版社,1999.
- [7] 王汝敏,郑水蓉,郑亚萍.聚合物基复合材料及工艺[M].北京:科学出版社,2004.

Study on Preparation of Carbon Brush in Copper-coated Graphite-powder

TIAN Jian-hua, CHEN Jian, LI Chun-lin, XIA Li-bo

(School of Material and Chemical Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: The copper-coated graphite powders to make samples are used in this paper. These samples are analyzed about microstructure, volume-density and resistance rate and so on. At last, this paper discusses the samples' properties when the other graphite powders and phenol-formaldehyde resin modified are added. Experiment results show the integrative properties of carbon brush made by copper-coated graphite powders are obviously better than that made by copper powders and graphite powders in mixing method directly.

Key words: copper-coated graphite powder; carbon brush; composite material