

碳纤维复合材料电力机车受电弓滑板的研制

刘建军 朱 波 王成国

(山东大学南区碳纤维中心, 济南 250061)

摘要 以改性酚醛树脂为粘结剂,以碳纤维、铜纤维为增强剂和导电组分,以石墨等为润滑组分,采用常规热压成型工艺制造一种新型碳纤维复合材料电力机车受电弓滑板。该材料采用层状复合结构。与浸金属碳滑板相比,碳纤维复合材料受电弓滑板的密度更小,电阻率更低,冲击强度和弯曲强度更高。

关键词 受电弓滑板 碳纤维 复合材料 电力机车

电力机车获取电力,是靠安装在机车顶部的受电弓滑板(以下简称滑板)与输电网的接触导线之间的滑动接触来实现的,图1为滑板工作原理示意图。

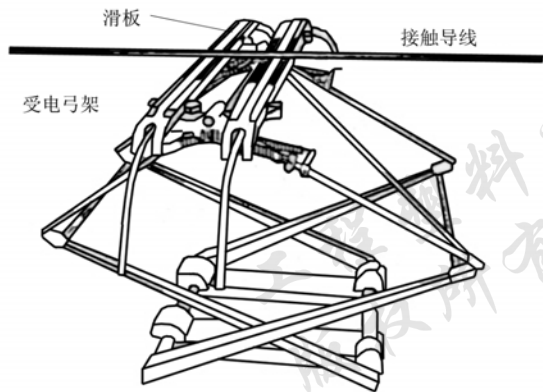


图1 滑板工作原理示意图

当前使用的滑板主要为粉末冶金滑板和浸金属碳滑板两种。由于粉末冶金滑板的基材是金属体,与接触导线材质差不多,因而粉末冶金滑板对接触导线磨损十分严重;浸金属碳滑板的力学性能、尤其是冲击强度较低^[1,2],因此专业工作者一直尝试开发新型材料滑板。

近年来随着碳纤维及其复合材料技术的不断发展,碳纤维复合材料滑板的研制较为活跃。其中,上海交通大学和宝钢集团开发了一种新型的碳纤维增强碳基复合材料滑板^[3]。该滑板以镀铜石墨粉和镀铜焦碳粉为基体材料,采用短切碳纤维为增强剂,并用热固性树脂为粘结剂,将原料充分混合后,通过冷压或热压成型制得。用该复合材料制成的滑板具有优良的摩擦磨损性能、力学性能和导电性能。但是该滑板生产周期长,成本高,尚未实现规模化生产。

笔者以改性酚醛树脂为粘结剂,以碳纤维、铜纤维为增强剂和导电组分,以石墨等为润滑组分,开发

了新型碳纤维复合材料滑板。

1 滑板的工况条件及基本要求

滑板的工况条件有如下特点:

①滑板和接触导线之间存在接触压力。滑板和接触导线分别属于两个弹性系统——受电弓系统与接触网系统,受电弓由滑板、托架、升弓弹簧等组成,接触网为一弹性悬挂系统,两个弹性系统相互接触提供了滑板和接触导线之间的接触力,接触力一般控制在70 N左右。

②滑板和接触导线之间存在高相对滑动速度。如准高速铁路的速度为160 km/h左右,对应的弓网相对滑动速度为44.4 m/s。另外,由于接触网按跨距布置及接触导线上存在硬点(如过分相、分段绝缘器、接触导线硬弯)等,机车运行过程中会产生弓网振动和接触力的波动,甚至产生对滑板的阶跃式冲击和瞬间离线现象。

③滑板承受大电流和电弧冲击。目前电力机车电流在400 A左右,高速机车将提高到850 A。同时在强电流作用下,当弓网间发生瞬间离线时,会产生拉弧现象。

滑板质量是影响受流质量的一个关键因素,优质滑板应满足如下要求:

- ①力学性能好,能够承受一定的冲击载荷;
- ②摩擦系数低,对接触导线及滑板自身的磨损小;
- ③电阻率低,耐弧性强;
- ④质轻。

2 受电弓滑板的研制

2.1 基体树脂的确定

酚醛树脂是一种历史悠久的热固性树脂,具有一系列优异性能,如耐热、耐腐蚀、力学性能优良、生

产成本低、成型工艺简单、对填料粘结力强等,因而广泛用作树脂基复合材料的树脂基体。但是,纯酚醛树脂脆性大,因含有酚羟基而易吸水,吸水后制品的力学性能下降。以纯酚醛树脂为基体的复合材料存在韧性差、冲击强度低、摩擦界面易产生应力裂纹、易生成硬而脆的摩擦残留表面、摩擦性能不稳定、热分解温度尚待进一步提高等缺点,因此,需要对酚醛树脂进行改性。笔者采用了共聚和共混两种改性方法。

(1) 酚醛树脂的共聚改性

酚醛树脂的共聚改性是指除苯酚、甲醛外,还加入能参与缩聚反应的其它组分,以改进酚醛树脂的韧性、耐磨性、耐高温性等。笔者采用腰果壳油改性酚醛树脂。腰果壳油的主要结构是在苯酚的间位上带有一个十五元碳的单烯烃或双烯烃长链,因此腰果壳油既具有酚类化合物的特征,使其与酚醛树脂有良好的互溶性,又具有长链脂肪族化合物特性,如柔性、耐酸碱性。用这种改性树脂制成的摩擦材料,摩擦界面韧性明显改善,热分解温度也进一步提高,摩擦系数稳定,磨损小。表 1 为腰果壳油改性酚醛树脂前后性能对比。

表 1 腰果壳油改性酚醛树脂前后性能对比		
项 目	改性前	改性后
软化点 /℃	88	110
游离酚含量 /%	3.76	2.89
冲击强度 /kJ·m ⁻²	3.06	4.53
热分解温度 /℃	362	432

(2) 酚醛树脂的共混改性

为了提高酚醛树脂的冲击性能,在共聚改性的基础上又采用丁腈橡胶对酚醛树脂进行了共混改性。根据共混原理,共混组分一方面要有一定的互溶性,以保证能形成良好结合的界面,另一方面也不宜完全互溶,以利于形成海-岛型亚微观形态结构,提高抗冲击效果。经验表明,当二者溶解度参数之差 $|\delta_1 - \delta_2| < 2 \text{ (J/cm}^3)^{1/2}$ 时,共混效果较理想。酚醛树脂的 δ 为 $10.5 \text{ (J/cm}^3)^{1/2}$,丁腈橡胶的 δ 为 $9.3 \sim 9.9 \text{ (J/cm}^3)^{1/2}$,二者能较好地共混。表 2 为丁腈橡胶含量对材料冲击性能和硬度的影响。

表 2 丁腈橡胶含量对材料冲击性能和硬度的影响						
项 目	丁腈橡胶含量 /%					
	0	4	6	8	10	15
冲击强度 /kJ·m ⁻²	4.21	4.92	5.63	6.23	6.87	7.65
洛氏硬度	69.2	65.7	62.1	56.0	51.7	46.0

从表 2 可见,试样的冲击强度随橡胶含量的增

加而大幅度提高。研究表明,橡胶增韧作用与银纹化有关。橡胶微粒的引入,引发并控制了银纹的增长,吸收了大量的冲击能量,从而达到了均衡载荷的作用。

表 3 为丁腈橡胶含量对试样及磨轮磨损量的影响。

项 目	丁腈橡胶含量 /%					
	0	4	6	8	10	15
试样磨损量 /g	0.0398	0.0220	0.0142	0.0090	0.0102	0.0095
磨轮磨损量 /g	0.0940	0.0437	0.0240	0.0162	0.0117	0.0120

注:1) 载荷 30 kg,对磨时间 20 min,对磨材料为铜。

由表 2 可知,随着丁腈橡胶含量的增加,材料的硬度逐步下降,摩擦界面韧性提高,这有利于减少制成制品后材料自身及对接触导线的磨损。表 3 的数据也证明了这一点。当橡胶含量超过 10% 时,制得软质材料,同时,材料的耐温性下降,试样在摩擦试验中出现高温热变形。

2.2 增强纤维的确定

碳纤维在摩擦材料中已被广泛应用,因其具有高比强度、高比模量、耐热、耐磨、耐腐蚀及线胀系数较小等诸多优点,尤其是碳纤维具有滑板材料所要求的导电性,故采用碳纤维做增强纤维。但是仅靠碳纤维还不能完全满足滑板所要求的高导电性,需要在配方中加入金属纤维。试验发现,铝质材料的耐电弧性差,不能满足滑板要求,所以笔者最终选用铜纤维与碳纤维混杂使用。

增强纤维的长度及排布方式对产品电性能影响较大。笔者选用了类似无纺布的层状排布方式,收到良好效果。

2.3 石墨用量对滑板摩擦系数的影响

酚醛树脂本身呈现刚性,不具备自润滑性,摩擦系数较高,这是酚醛树脂机械磨损和摩擦生热的主要因素。加入石墨等润滑剂,能有效降低材料的摩擦系数。表 4 为石墨含量对材料摩擦系数的影响。

表 4 石墨含量对材料摩擦系数的影响						
项 目	石墨含量 /%					
	0	10	15	20	25	30
摩擦系数	0.47	0.29	0.26	0.22	0.19	0.14

由表 4 可见,随着石墨含量增加,材料的摩擦系数有较大下降。同时,石墨对滑板的导电性也有贡献,因此采用了石墨组分。

2.4 样品制备

根据上述选择,笔者以改性酚醛树脂为粘结剂,

以碳纤维、铜纤维为增强剂和导电组分,以石墨为润滑组分组成基本配方,通过常规热压成型工艺制备了复合材料受电弓滑板。经北京铁道科学研究院初步测试,碳纤维复合材料滑板的主要性能指标优于浸金属碳滑板。表5为浸金属碳滑板与碳纤维复合材料滑板的性能对比。

表5 浸金属碳滑板与碳纤维复合材料滑板的性能对比

项 目	浸金属碳滑板	碳纤维复合材料滑板
密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	3.0	2.04
肖氏硬度 (HS)	85	70
电阻率 / $\Omega \cdot \text{m}$	12×10^{-4}	3.4×10^{-4}
冲击强度 / $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	2.5	30.2
弯曲强度 / MPa	85	150

3 结语

以改性酚醛树脂、碳纤维、铜纤维和石墨组成基本配方,通过常规热压成型工艺,可以制备碳纤维复合材料受电弓滑板。与浸金属碳滑板相比,该滑板具有质量轻、电阻率低、冲击强度高等优点,因而具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

1 潘连明,张国荣,钱中良,等.电力机车受电弓滑板.机车车辆工艺,2001(3):1
2 刘鉴洋.关于高速机车受电弓滑板技术发展的现状与展望.电碳,1996(2):1
3 宝山钢铁(集团)公司.碳-碳复合材料受电弓滑板. CN 1178745A, 1998-04-15

DEVELOPMENT OF CARBON FIBER COMPOSITES FOR THE PANTOGRAPH SLIDE SLATES OF THE ELECTRIC LOCOMOTIVE

Liu Jianjun, Zhu Bo, Wang Chengguo

(Carbon Fiber Center of Shandong University, Jinan 250061, China)

ABSTRACT A new type of laminated composites for pantograph slide slates of the electric locomotive is developed. It uses novel phenolic resin as matrix, carbon fiber and copper fiber as reinforcing and conducting agents, and graphite as lubricant. It can be made through ordinary heat-pressure procession. Compared with metal-impregnated carbon slide slates, the composited slide slates is lighter and more conductive and has higher impact strength and flexural strength.

KEYWORDS pantograph slide slate, carbon fiber, composite, electric locomotive

多米诺公司亚太总部落户上海浦东

2002年5月,多米诺公司亚太总部正式落户上海浦东金桥出口加工区。迄今为止,多米诺在中国已经建立了18个分支机构。占地8000余m²的亚太地区组装和测试中心的建成,又进一步巩固了多米诺喷码技术有限公司在工业用喷码设备的设计、制造和销售领域中的领导地位。

自诞生时起,多米诺从未间断地开拓创新,25年里不断发展壮大,仅在最近几年,多米诺先后收购了德国的 Sator Laser 公司以及英国的 Alpha Dot 公司,他们分别在激光喷码技术和喷墨喷码技术领域里享有盛名。这两次收购事件为多米诺公司在不断发展的喷码标识领域里确保绝对的技术领先地位奠定了坚实的基础。

(陈方)

美国将推广一次性可降解光碟

一种以光盘出租市场为目标的一次性可降解 DVD 碟片——E2-D DVD 碟片即将在美国试用。这种新型光盘是美国 GE 塑料公司专门开发的聚碳酸酯,其牌号为 Lexan, Flexplay 公司拥有该产品的专利权。

E2-D DVD 碟片的主要应用目标是光盘出租市场。该种光盘以密封包装形式供应给顾客,打开包装后,光盘媒体与空气接触便开始降解,应立即读取,否则 48 h 后,光盘透明度降低,就不能被播放机读取。因此这种光盘适于作为一次性使用,即租用人不必归还光盘,也不需支付昂贵的延误过期费,只要把光碟买回家就行了。而且供应给每个用户的

光盘都是新的,不必担心碟片因被划伤或被以前的租用人损坏而不能读取产生的租借纠纷等问题。这种光盘价格较低,因为不需收回,极大地提高了方便性。

光盘媒体采用新的专用聚碳酸酯共聚物,共聚物分子结构中有能导致材料氧化降解的共聚单体,这种共聚物具有控制动力学“结构,能控制降解速率和确保材料在一定时间内发生降解。碟片失效从打开其包装后开始,不开封的光盘保质期为一年左右,用户辨别光盘降解的标志为光盘颜色由红转为黑,光盘降解时不会有残存物留在 DVD 播放机内,也不会对播放机有其它影响。

Flexplay 公司声称这种一次性光盘的生产十分方便,只需对现有光盘复制设备“稍加改造”便能满足要求。

(唐伟家)

山东大学成功研制透明导电膜

山东大学物理与微电子学院在有机衬底上制备高质量的铝掺杂的氧化锌透明导电膜项目,已于近日通过了由山东省科技厅组织的成果鉴定。

鉴定认为,在有机衬底上低温制备透明导电膜的技术具有创新性。在国际上率先在聚酰亚胺 (PI)、聚丙烯二酯 (PPA) 和电工聚酯薄膜等柔性衬底上低温制备高质量的氧化锌透明导电膜,其电阻率低,透射率高于 80%,且附着性好,性能稳定。目前国内尚无同类技术和产品,该技术产品拥有自主知识产权,达到国际先进水平。

(中化报)