

动车组研磨子的研制

蔡仁华¹,陈 伟²,李西秦¹

(1. 浙江科技学院 机械与汽车工程学院,杭州 310023;2. 浙江科特汽配有限公司,杭州 311106)

摘 要: 通过对日本进口研磨子的材料、结构和性能分析,结合“动车组转向架研磨子技术要求”的规定,合理选用研磨子的挂钩、背板材料,对其磨耗体的材料、生产工艺进行了研究。结果证明,研制的研磨子通过动车组装车试用能满足使用要求,符合中国铁路部门制定的相关规定。

关键词: 动车组;研磨子;材料与工艺;研制

中图分类号: U260.35;U266.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2013)06-0458-05

Development of abrasive block on EMU

CAI Renhua¹, CHEN Wei², LI Xiqing¹

(1. School of Mechanical and Automotive Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou, 310023, China; 2. Zhejiang Kete Auto Parts Co., Ltd., Hangzhou 311106, China)

Abstract: We studied and analyzed the material, structure and properties of the abrasive block imported from Japanese. Combining with the requirements of “Technical requirements of the abrasive block in the bogie of EMU”, and selecting hook and plate, we studied the wear plate on material and process. The abrasive block developed was used in the EMU, and the experimental results show that it can meet the EMU using.

Key words: EMU; abrasive block; material and technology; research and development

为了提高制动性能,时速 200 km 及以上的“和谐号”CRH2 动车组装有研磨子。研磨子是由于动车组速度的提高及大功率盘形制动的应用,使得车轮与轨道之间有效利用黏着系数问题变得非常突出^[1-2]。研磨子是动车车辆踏面清扫装置的一个部件,固定在转向架的制动夹钳支持架上。在制动时,将研磨子压在踏面上进行清扫,保证了车轮踏面具有良好的表面状态,在车辆行驶过程中能清除附着在车轮踏面上的尘埃、锈迹、油脂等^[3];同时,研磨子在雨、雪天气等湿润状态下有增强轮轨之间黏着力作用,通常,使用研磨子时的黏着力是未使用研磨子时的 150%^[4],从而保证动车车辆在制动过程中避免空转和打滑。

收稿日期: 2013-10-02

作者简介: 蔡仁华(1964—),男,浙江省诸暨人,副教授,硕士,主要从事汽车与铁道车辆的制动摩擦材料研究。

研磨子结构如图1所示,它由挂钩、钢背和磨耗体组成。研磨子的钢背和挂钩通过焊接组合在一起,主要作用是保证在使用时有足够的强度;磨耗体是特种复合材料,通过模压和钢背结合在一起,是满足研磨子特殊性能的关键。

1 研制原则

根据日本国有铁路规定,登记号 JRS12114 38 MR41“车辆上专用增粘压研磨子”和中国制定的“动车组转向架研磨子技术要求”的规定,结合动车组运行速度 140~160 km/h、最高速度达到 200 km/h 的实际状况,以及动车组采用的盘形制动形式和轮轨之间的黏着条件,初步确定研磨子的研制目标。

研磨子分2部分进行研发:研磨子钢背和磨耗体。钢背主要是合理选择国内类似的材料,保证强度要求;磨耗体是研究的重点,必须和日本产品有类似的摩擦、磨损性能,相近的材料成分,基本一致的强度、密度和硬度。

磨耗体的摩擦、磨损性能关系到研磨子实际功能,研磨子要求有适当的磨损率、合理的摩擦系数,同时,研磨子的材料既要有足够的硬度,又不能损伤车轮踏面。这样,研磨子和车轮在摩擦过程中产生的磨屑能够黏着在车轮踏面的表面上,车轮转动以后在车轮和轨道之间存在一定数量的磨屑颗粒,以增加车轮和钢轨之间的黏着系数,从而有效保证在制动过程中轮轨之间有足够的黏着系数,防止车轮擦伤,缩短制动距离,特别对于雨天和下雪结冰天气提高轮轨黏着非常有利;同时,研磨子也能起到踏面清扫器的作用。此外,研磨子材质上要求无石棉、无铅,不损伤对偶,在摩擦过程中基本没有火星。

2 研磨子的研制

2.1 钢背和挂钩材料的选择

日本原样的研磨子钢背经过浙江大学分析测试中心的测定,材料的各种元素含量见表1。根据表1数据,结合相关资料查询,完全符合要求的钢板需要进口。通过钢背和挂钩实际受力分析,钢背承受的最大正压力为 490 N,因此选择国内某钢铁公司的冷轧钢板也能达到设计要求。

2.2 磨耗体材料的结构和成分分析

对日本研磨子磨耗体进行电子显微镜组织观察,材料表面主要分布着金属纤维和金属颗粒,如图2所示。通过扫描电镜对断面进行能谱分析,磨耗体材料的主要成分元素为 Fe、Cu、Zn、Al、Ca、Si、O、C 等,如图3所示。

磨耗体材料通过电子显微镜观察到的结构及元素成分分析,可以推断出这是以金属或者金属化合物为主体的、通过物理和化学方式组合构成的合成材料。进一步进行理化性能和摩擦磨损试验,磨耗体材料含有较多的铁和铁的化合物;特别是在按照 GB 5763—2008《汽车用制动器衬片》的试验方法检测摩

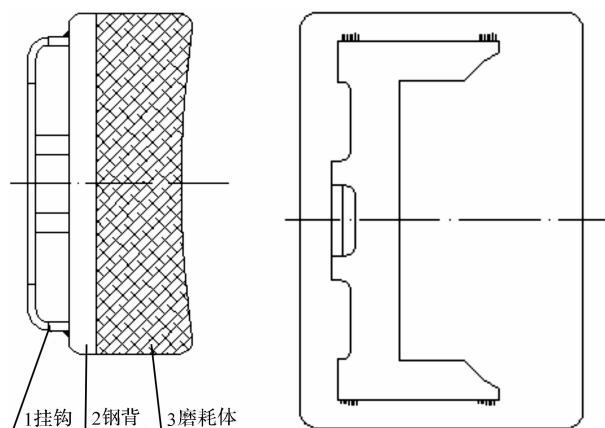


图1 研磨子的结构

Fig. 1 Structure of abrasive block

表1 钢背和挂钩材料的各种元素含量

Table 1 Content of elements in steel plate and hook %

名称	C	Si	S	P	Mn	Fe
背板	0.05	0.01	0.006	0.006	0.17	余量
挂钩	0.09	0.15	0.005	0.008	0.97	余量

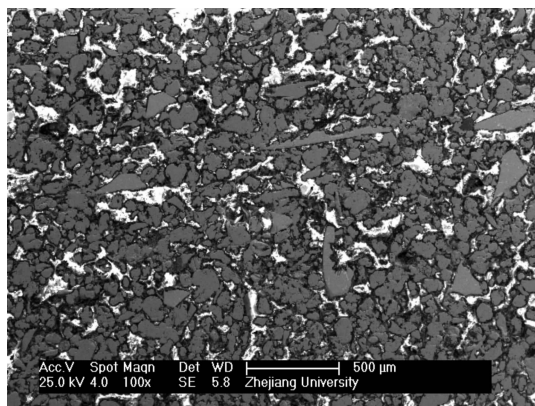


图 2 磨损体表面材料结构

Fig. 2 Surface structure of wear material

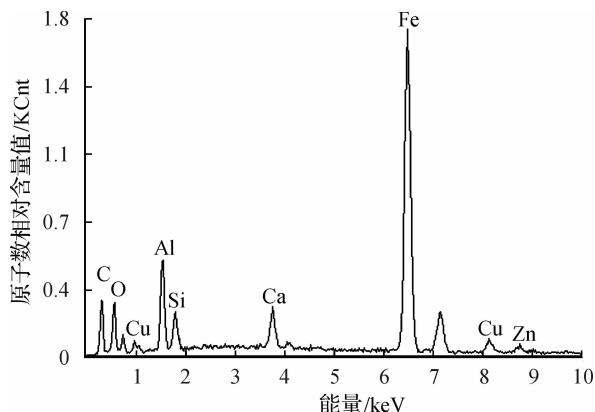


图 3 磨损体材料能谱图

Fig. 3 Energy spectrum of wear material

擦、磨损性能后,不难发现磨损体材料摩擦系数较高、磨损率较大;由此可以理解,研磨子在正常使用时可以产生较大的材料磨损,即脱落在车轮和钢轨之间,使得轮轨之间的黏着力增大,从而保证在制动时缩短制动距离、避免因打滑擦伤轮对踏面。同时,磨损体材料的磨损又不能过大,以免影响研磨子的使用寿命。

2.3 磨损体材料研究

结合“动车组转向架研磨子技术要求”的规定,通过分析研磨子的功能,研磨子磨损体材料的基本性能要求为:体积质量 $(4.0 \pm 0.10) \text{ g/cm}^3$;硬度(HRL)50~90;压缩强度大于等于 80 MPa,压缩模量小于等于 9 GPa;摩擦系数(100 °C)大于等于 0.5,磨损率(100 °C)大于等于 $5.0 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$;弯曲强度大于等于 20 MPa。

磨损体材料采用四元复合结构组成,即黏结剂、摩擦颗粒和增强材料、摩擦性能调节剂及填充料 4 部分组成。

2.3.1 黏结剂

黏结剂主要选用改性的树脂与橡胶混合型黏结剂^[5]。如果采用单一的树脂、橡胶为黏结剂,就会出现磨损体材料脆性较大、磨损体材料耐温性差的结果。在研磨子磨损体中,树脂、橡胶的质量分数为 10%左右,如果比例过高,磨损体材料压缩弹性模量高、产品硬度高、磨损率较小,使用时没有足够的磨损体材料分布在轮轨之间,黏着作用就会降低;如果比例低,磨损体材料的磨损率较大、强度低,不能满足研磨子使用寿命要求。

2.3.2 摩擦颗粒和增强材料

摩擦颗粒是研磨子磨损体材料产生黏着作用的关键材料,其质量分数约为 35%。摩擦颗粒主要选用硬度低于轮、轨的材料,如铁、铜、铝等金属粉末和适量的金属氧化物^[5-6],同时也需要添加一定数量的细度控制的硬质颗粒,从而保证摩擦颗粒既不会损伤车轮与钢轨,又能起到清洁轮轨接触面、增加轮轨之间的黏着系数的作用。增强材料采用钢纤维及其他耐高温的有机矿物纤维材料,质量分数约为 15%。钢纤维既是摩擦颗粒又是增强纤维材料,同时亦可以增加研磨子的导热性,使得研磨子磨损体材料温度不至于上升过高;有机矿物纤维可保证在使用过程中研磨子温度上升时摩擦系数的稳定性及合适的磨损率^[7],同时保证研磨子材料的强度、硬度。

2.3.3 摩擦性能调节剂

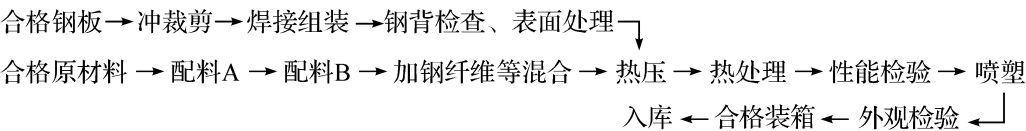
摩擦性能调节剂的质量分数为 10%左右,主要采用石墨、硫化铁等固体润滑剂。目的是降低磨损体与车轮的初始摩擦系数,保证摩擦系数稳定,减少磨损率^[7];另外也可以减轻磨损体材料对车轮踏面的磨损,使车轮踏面保持清洁,有利于增加车轮和轨道之间的黏着系数。

2.3.4 填充料

填充料主要采用硫酸钡、碳酸钙等物质,以降低研磨子磨耗体材料的成本,提高磨耗体材料的强度,要求填充料性能稳定、价格低廉;同时,采用氧化铁、氢氧化镁等具有阻燃作用的物质以防止研磨子磨耗体材料和车轮摩擦过程中产生火星及烟雾。填充料质量分数超过 30%。

2.4 研磨子生产工艺研究

为保证研磨子磨耗体材料和钢背能够充分黏合成一体,采用在磨耗体材料均匀混合后,再与钢背在模具内热压成形的干法生产工艺,即经过钢背组装、混合料的准备、热压成形、热处理等主要工序来完成。具体工艺路线如下:



其中,热压与热处理是保证磨耗体材料各项性能及磨耗体材料与钢背结合强度的关键工序,热压是将混合料及钢背放入加热到 160 ℃左右的模具内,施加 25 MPa 左右的单位压力,并保持一定时间使其成形的过程。热压过程中,需要注意放气的时间,防止产品因出现气泡、开裂而报废。热处理是在烘箱内用不同的梯度温度,使已经成形的产品进一步固化,以及保证磨耗体材料的强度及磨耗体材料与钢背产生较大的黏结强度的过程,通常需要 10 h 左右时间。喷塑的主要作用是为了防止研磨子的锈蚀。

3 试验结果

由于研磨子的特殊要求,在进行摩擦性能试验时不能按照常规进行考虑,按照 GB 5763—2008《汽车用制动器衬片》的试验方法进行试验,确定研磨子产品的摩擦性能要求。表 2 为研制的研磨子和日本进口样品的摩擦性能及理化性能数据对比。从数据可以看到,研制的研磨子与样品材料的密度、洛氏硬度基本一致;摩擦、磨损性能接近,摩擦系数随温度变化的曲线形状非常相似。从试验过程和试验结束观察,磨耗体摩擦表面的状态相似,有较多的摩擦粉末出现在摩擦表面。在 200 ℃时测量摩擦、磨损性能,由于磨损到限,无法进一步试验。

表 2 样品与研制品的摩擦性能及理化性能数据对比

Table 2 Comparison results of friction properties and physicochemical properties for abrasive block between the sample and the developed

对比对象	体积质量/ (g·cm ⁻³)	硬度(HRL)	摩擦系数			磨损率/[10 ⁻⁷ cm ³ ·(N·m) ⁻¹]	
			100 ℃	150 ℃	再 100 ℃	100 ℃	150 ℃
样品	3.94	50~90	0.55	0.52	0.53	9.59	9.25
研制品	3.96	52~90	0.53	0.52	0.53	9.57	7.65

表 3 为研制的研磨子和样品的弯曲强度试验数据对比,从试验数据看,弯曲强度基本一致,研制品的弯曲强度稍高于样品。

表 3 样品与研制品的弯曲强度试验数据对比

Table 3 Comparison results of bending strength for abrasive block between the sample and the developed

对比对象	弯曲强度平均值/MPa	标准差/MPa	最大值/MPa	最小值/MPa	最大应变/(mm·mm ⁻¹)
样品	25.58	4.92	29.06	22.10	0.05
研制品	31.29	1.90	32.63	29.94	0.05

经浙江方圆检测集团股份有限公司检测,研制的研磨子磨耗体材料的压缩强度为 92.3 MPa、压缩模量 2.52 GPa,满足“动车组转向架研磨子技术要求”中压缩强度大于等于 80 MPa、压缩模量小于等于

9 GPa 的要求。

上海铁路局相关部门对研制的研磨子进行装车试验,共装车 16 片进行实际运行考核。考核路段为上海至郑州、南京、武汉;装车试用 3 个小修(即 2 个多月);试验车辆每次入库都由专职的工程技术人员和作业人员进行全面、仔细的检查。经过装车试用跟踪检查,研制的研磨子在使用过程中没有发现异常情况。通过装车试验可以得到如下结果:研磨子挂钩安装尺寸符合与 T015 型踏面清扫装置缸体的接口尺寸,安装正常;在试验过程中,钢背与安装挂钩固定可靠,没有出现脱焊、安装钩变形和裂纹等强度与刚度问题;磨耗体材料与钢背结合牢固,磨耗体材料没有出现破裂、碎裂、掉块、急剧磨耗等现象;使用笔者研制的研磨子的车轮踏面没有出现擦伤、急剧磨耗、剥离等损伤,轮缘磨耗正常;研制的研磨子磨耗量为 2~3 mm/万 km,使用寿命超过 10 万 km,预计可达到 15 万 km。因此符合中国铁路部门制定的“动车组转向架研磨子技术要求”的规定。

4 结 语

通过对研磨子磨耗体材料组成的配方筛选、生产工艺研究、性能试验,研制出来的研磨子具有与日本研磨子相似的材料结构、性能特点,研制的研磨子其体积质量、硬度、弯曲强度、最大应变、压缩强度、压缩模量、摩擦系数、磨损率等符合开发要求,装车进行道路试验考核表明,能满足装车运行要求。

参考文献:

- [1] Frohling R D, Hettasch G. Wheel-rail interface management: a rolling stock perspective[J]. Journal of Rail and Rapid Transit, 2010, 224(5): 491-497.
- [2] Enblom R. Deterioration mechanisms in the wheel-rail interface with focus on wear prediction [J]. Vehicle System Dynamics, 2009, 47(6): 661-700.
- [3] 裴顶峰, 张国文, 党佳, 等. 动车踏面清扫器研磨子的研制[J]. 中国铁道科学, 2011, 32(3): 142-144.
- [4] 傅佩喜. CRH2 型动车组研磨子国产化研究[J]. 铁道车辆, 2010, 48(7): 27-29.
- [5] 唐路林, 乃宁, 吴培熙. 高性能酚醛树脂及其应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 1-4.
- [6] 陈刚, 段为樑, 涂川俊. 酚醛和丁腈橡胶配比对铝基复合材料用树脂基摩擦材料性能的影响[J]. 非金属矿, 2013, 36(1): 77-80.
- [7] 高惠民. 矿物复合摩擦材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 211-230.