DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.04.011

一种新型高强度双金属制动鼓的研制

谢　源[1],卢森加[2],张红艳[3]

(1. 闽西职业技术学院 信息与制造学院,福建 龙岩 364021;2. 龙岩煜联信息技术有限公司技术中心,福建 龙岩 364101;3. 龙岩畅丰专用汽车有限公司技术中心,福建 龙岩 364101)

摘　要:通过对制动鼓失效机理的分析,采取合理的材料化学成分配比结合熔炼工艺来提高铸件强度、改善石墨形态,以增强导热性能,同时通过结构优化和预埋网状芯骨保证铸件的致密性,减少铸件缺陷,从而整体提高制动鼓的强度和致密性。研制的高强度双金属制动鼓,可满足国内高承载性重卡的需求,提高企业的经济效益和社会效益。

关键词:制动鼓;高强度;双金属

中图分类号:TG251　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)04-0292-04

Development of a New Type of High Strength Bimetal Brake Drum

XIE Yuan[1], LU Senjia[2], ZHANG Hongyan[3]

(1. School of Information and Manufacturing, Minxi Vocational and Technical College, Longyan 364021, China; 2. Technology Center of Longyan Yulian Information Technology Co., Ltd., Longyan 364101, China; 3. Technology Center of Longyan Changfeng Special Vehicles Co., Ltd., Longyan 364101, China)

Abstract: Based on the analysis of the failure mechanism of brake drum, the reasonable material chemical composition ratio and the smelting process were adopted to improve the casting strength and graphite morphology, so as to enhance the thermal conductivity. At the same time, the compactness of the casting was guaranteed by structural optimization and embedded mesh core bone, and the defects of the casting were reduced, so as to improve the strength and compactness of the brake drum. The results show that the high strength bimetallic brake drum can meet the domestic demand of high load-bearing heavy trucks and improve the economic and social benefits of enterprises.

Key words: brake drum; high strength; bimetal

制动鼓作为汽车制动系中的主要磨损消耗件,市场需求量很大,特别是中重型卡车用制动鼓由于载重量、路况等使用条件相对恶劣,频繁制动,制动鼓损耗量尤其巨大,每年需求量大约为 1.5 亿只。制动鼓同时又是保安件，它涉及到生命财产安全,对质量的要求也很高。但是,目前国内生产的制动鼓质量参差不齐,很多产品在使用不到 3 个月或 3 万公里就已失效。随着整车用户对质量要求的不断提高和售后成本的巨大压力,整车及制动鼓生产厂家也在不断的试验新材料、研发新技术。现在有 HT 200、HT 250、QT 450、蠕墨铸铁等材料的制动鼓,也有加散热筋、旋压或铸造实现内铁外钢双层制动鼓等新结构形式制动鼓,这些材料、工艺和结构的应用一定程度上提高了制动鼓的使用寿命,但其各有优缺点,离整车和用户的要求还有一定的差距。目前,整车企业已将制动鼓的质保期由原 3 个月提高到 6 个月,个别整车厂提高到 9 个月或 9 万公里。其要求对制动鼓同时要具备耐磨、抗高温裂变和高强度，而现有国内只有极少部分厂家制动鼓能达到此要求,若能开发满足此要求的高端制动鼓,则此市场需求更是巨大。同时将告别制动鼓是易耗件的历史,可节省大量的社会资源和节省售后故障费用，对整车企业、零部件制造商和整车用户来说都是利好。

1　制动鼓的失效模式和原因

图 1 为制动鼓的失效形式。可以看出,制动鼓在使用过程中的失效主要是开裂和磨损，就开裂来说包括纵向裂纹和横向裂纹,其中,横向裂纹大多出现在法兰盘圆角处,俗称掉顶。

从对开裂失效件进行失效分析后得出，失效原因主要有以下 3 点:①汽车过载严重,刹车频繁并在刹车过程中喷水冷却。该类失效件宏观上为白亮区,金相组织为石墨+马氏体+贝氏体。这些都是由高温转变后的奥氏体淬火产生的，因此制动鼓在抗弯应力、热应力、抗机械制动力作用下开裂失效[1],是制动鼓强度不足和石墨形态不利于导热所致；②铸件

收稿日期:2021-01-19

作者简介:谢　源(1964—),福建龙岩人,工学学士,副教授.研究方向:机械制造研究.电话:13215098589,E-mail:13860240618@163.com

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



图 1 制动鼓的失效形式
Fig.1 Failed style of brake drums

内部存在铸造缺陷，尤其是法兰盘圆角处存在缩松,是铸件结构及工艺问题;③铸件本体抗拉强度低于 250 MPa。

2 总体技术方案制定

由失效原因分析可知,要解决制动鼓开裂问题最关键的还是如何提高铸件的本体强度、致密性和抗热裂性。总体的技术方案是:①通过材料配方的调整结合熔炼工艺来提高铸件本体强度和改善石墨形态以增强导热性能;②通过结构改进来保证铸件的致密性减少铸件缺陷。表 1 为制动鼓力学性能和金相组织的要求。可以看出,制动鼓抗拉强度要求大于 250 MPa,硬度达到 187~255 HB。此外,制动鼓内部质量致密性应达到 ASTME 446-98 标准中 X 检测的缩松缺陷接收等级为 2 级的要求[2]。

3 高强度双金属制动鼓试制方案

3.1 制动鼓材料及熔炼工艺研究

目前制造制动鼓的材料是 HT 200,该材质含碳量低,组织粗大,强度硬度也较低,在使用过程中容易发生龟裂和磨损严重，也容易产生热疲劳裂纹,使用寿命较低[3]。而使用 HT 250 材料制造的制动鼓,其强度基本能满足要求,但含碳量也较低(<3.3 %),石墨量少,散热性差,铸件容易产生热疲劳裂纹,从而导致失效，此类制动鼓的寿命一般低于 3 万公里。所以,普通 HT 200 和 HT 250 制造的制动鼓已满足不了新形势下汽车重载高速的市场需求,尤其是重型卡车制动鼓的要求。需进一步提高制动鼓的强度和抗热裂性,这些性能指标对普通灰铸铁来说,其发展受到了较大的局限。国内正在研究的制动鼓新材料有两类,一是蠕墨铸铁,二是添加合金元素的高碳含量的 HT 250 和 HT 300，目的均是提高制动鼓的使用寿命，增加制动的可靠性，增加汽车的有效载荷。蠕墨铸铁虽说各方面性能均优于灰铁[4],但其总的成本比较高，所以在制动鼓方面使用受到了比较大的限制，现国内主要做高端制动鼓企业均往高碳低合金方向进行研发,而如何找到高碳、合适的合金元素及合金化的平衡点则成为主要技术难点。

经过不断的优化调整配方，用自行研制的制动鼓疲劳试验机进行对比试验，研发出一种适合国内重载的制动鼓制造工艺及配方,即在灰铸铁 HT 250 基础上提高碳的含量至 3.35%~3.70%，同时加入少量铜、钼两种元素,这两种元素都能起到细化球光体的作用,同时钼能增加强度,能减少组织中的马氏体转变,防止白斑出现,不易出现刹车打滑,不会出现硬质相[5],加入量为重量百分比为铜 0.3%~0.8%、钼 0.1%~0.2%,经中频熔炼、浇注、V 法造型、退火、清砂、机械加工而得,其最终的化学成分列于表 2。

为保证石墨形态和孕育充分，在熔炼材料及工艺上也进行了研究和改进。原铁液熔炼采用炉料主要是生铁+废铸铁,由于石墨的遗传性导致制动鼓强度的降低,使用寿命短。现采用增碳剂+废钢+30%的回炉料,只要控制熔炼温度在 1 500 ℃以上,消除了石墨的遗传性,保证了制动鼓的强度和使用寿命。铁

表 1 制动鼓力学性能和金相组织技术要求
Tab.1 Technical requirements in mechanical properties and metallographic structure for brake drum

牌号	力学性能		金相组织			
	抗拉强度 /MPa	本体硬度(HB)	石墨形状	A 型石墨长度等级	珠光体(%)	碳化物磷共晶(%)
HT250	单注试棒≥260 本体≥250	187~255	A 型≥85%	3~5	细片状≥95	≤3

表 2 高强度制动鼓的化学成分 *w*(%)
Tab.2 Chemical composition of high strength brake drum

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo
含量	3.35~3.7	1.3~2.1	0.5~1.05	≤0.12	≤0.10	0.2~0.6	0.3~0.8	0.1~0.2

注:含碳量应不低于表中给出的下限值

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

液熔炼好后，出铁液时，采用 1~5 mm 粒度的 75 硅铁冲包孕育，从出铁液至浇注完成的总时间控制在 15min 以内。原浇注温度采用 1 400~ 1 430 ℃，导致制动鼓内部缩孔缩松发生的比例高，现采用 1 370~1 400 ℃浇注，大大降低了制动鼓内部缩孔缩松的发生。

3.2 铸件结构的优化以提高铸件致密性

现有制动鼓的结构都是中空圆柱形与法兰盘的结合体，其圆柱形与法兰盘联接处由于受到空间布置限制，过渡段短小而厚实，不管其浇注和造型工艺如何布置，在此处均极易产生缩松缺陷，而此处从制动鼓受力分析看此处又是应力集中区[6]，在实际使用中也很多制动鼓是在此处开裂脱底失效，虽说有一部分是干涉引起，但大部分还是此处因缩松导致铸件致密性差而失效。为了解决此问题，前期在过渡段采取了与法兰等壁厚设计，解决了铸件“卡脖子”铁液流动问题，取得了一定效果，废品降低了 3%左右，但仍有一部分达不到铸件缩松 2 级的要求。参照钢筋混凝土这种结构，研发出一种双金属制动鼓，采用卷筒钢丝网埋铸在铸铁材料中制成毛坯，其制造方法如下：

(1)用卷筒机将网孔为 10 mm×10 mm，网丝直径为 2 mm 的低碳钢丝网卷成上下开口的圆筒，圆筒的最大直径和高度根据不同型号制动鼓图纸上的制动面直径和深度而定。

(2)采用上下两箱砂型铸造工艺，分型分模面设置在制动鼓加强带中间，先后造出自带砂芯的下箱砂型型腔和上箱砂型型腔。

(3)将圆筒低碳钢丝网罩在下箱砂型的自带砂芯上，距离制动面外侧的 2/3 壁厚处。

(4)上、下砂型合箱，具体如图 2(a)所示。

(5)浇入 1 370~1 400 ℃铁液，凝固 15 min 后，再开箱落砂倒出制动鼓铸件，继续空冷至室温。最终的铸件结构示意图如图 2(b)所示。

经上述方法制成的制动鼓经解剖测试其铁丝完全熔合于灰铁中，但由于是网状定位良好，在浇注过程中不跑位，用 100 倍显微镜观察其形状保持完好，在灰铁中形成网状的芯骨，形成了双金属制动鼓。由于钢丝网圆筒在浇注凝固的过程中有一定的激冷作用，很好的解决了制动面根部及顶部法兰转角处的缩孔缩松缺陷，经 X 光检测其缩松质量缺陷等级为二级，完全达到了设计要求。此外，由于制动鼓内部存在低碳钢丝网及其结构，在制动鼓装车使用过程中，可以阻碍裂纹的扩展，提高制动鼓的使用寿命。在高速行驶强力制动或频繁制动时，不会导致制动鼓突然暴裂飞出制动鼓碎片。

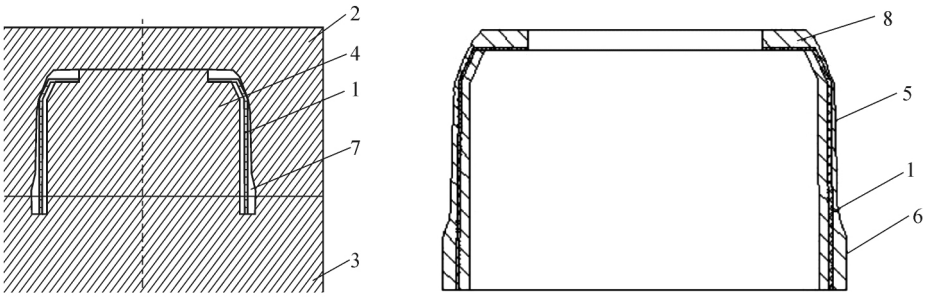
4 国内主要同类产品技术性能指标对比

为便于对比分析某企业制动鼓与国内外一些厂家的同一规格型号制动鼓的技术性能状况，经送往国家机动车质量监督检验中心(重庆)做疲劳强度试验，在同一试验参数条件下进行对比测试，结果列于表 3。从检测结果对比，可以看出某企业研发的制动

表 3 国内主要同类产品技术性能指标对比

Tab.3 Comparison of the technical performance against competitive products

厂家与型号	某企业技术要求	某企业		国内外一些厂家产品				备注
	高强度制动鼓	高强度制动鼓 1	高强度制动鼓 2	410×180 制动鼓	410×180 制动鼓	410×180 制动鼓	410×180 制动鼓	
抗拉强度 /MPa	250~300	284	272	258	263	243	251	
制动面硬度(HB)	187~255	213	205	210	220	184	225	
疲劳试验次数	≥50 000	52 435	53 608	48 372	49 650	43 251	44 675	自制疲劳试验机
		198 378	195 146	183 685	191 286	-	-	国家机动车质量
				172 952	185 342			监督检验中心



(a)上、下箱砂型合箱时的剖面结构图　　(b)双金属制动鼓的剖面结构图

1- 鼓型结构；2- 上箱砂型；3- 下箱砂型；4- 砂芯；5- 制动鼓；6- 加强带 7- 浇铸空腔；8- 法兰面

图 2 合箱后上下型剖面和双金属制动鼓剖面

Fig.2 Cross sections of the closed upper and lower mold and the bimetal brake drum

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

鼓技术性能指标均高于国内其他厂家生产的制动鼓,达到了预期的效果。

5　结论

本产品为一种高强度双金属制动鼓,材质配方成分设计科学,熔炼工艺简单易行,采用了埋铸芯骨的双金属结构,不但提高了制动鼓的强度和致密性,同时提高了铸件抗热裂性,经用户使用反响很好,具有高强度、高致密性、疲劳寿命长等优势,达到了国内领先水平,给国内车桥及整车制造企业开发高端重卡开航铺路,具有广阔的市场前景。

参考文献:

[1] 陈永泰. 重型载重车辆制动鼓失效分析及对策研究 [D]. 昆明理工大学, 2008.

[2] 刘天平,王爱丽,王有林,等. ASTM A159-83 标准与载重汽车制动鼓的开发 [C]// 全国铸铁及熔炼学术会议暨先进球化处理方法研讨会. 2010.

[3] 黄笑梅,程和法,苏勇,等. 低合金化灰铸铁汽车制动鼓的研制 [J]. 汽车工艺与材料, 2002(1): 22-24.

[4] 彭德奎,任善之. 蠕墨铸铁汽车刹车制动鼓的试验研究[J]. 中国机械工程,1987(4): 44-45.

[5] 李孙德. 一种合金钢汽车制动鼓的生产工艺: CN 106048407A [P]. 2016.

[6] 方明霞, 宋建培. 制动鼓的有限元分析 [J]. 上海汽车, 1999(4): 4-8.

海纳百川终破浪,厚积薄发在此时

——福建省中德顺机械集团有限公司招募令

福建省中德顺机械集团有限公司（简称 ZDS),是一家以机械、铸件制造、配件生产、机械钢结构件产品生产、进出口贸易等多种产业链经营发展的集团股份公司,年产铸件 10 万吨,拥有 30 余人的专业技术团队。公司位于福建四大名镇之一的晋江市安海镇,2000 年元月成立。占地 200 多亩,厂房 6 万 m^2,总投资约两亿人民币,员工 300 多人。

福建省中德顺机械集团有限公司目前拥有晋江市中德顺机械有限公司、福建中德顺机械铸造有限公司、晋江市中德顺钢结构件工程发展有限公司、晋江市中德顺机械销售中心有限责任公司、三明市中德顺机械有限公司 5 家全资子公司。集团公司重视企业发展和产品质量,2003 年获得 ISO9001:2008 质量体系证书和 ISO14001:2004 环境管理体系认证证书。自成立以来“中德顺”商标被认定为“福建省著名商标及泉州市知名商标”, 被福建省工商管理局、泉州市人民政府、晋江市人民政府授予“守合同 重信用”单位等荣誉称号。二十余年的创新发展,使福建省中德顺机械集团有限公司取得了巨大的进步和飞跃。中德顺集团的自动化造型线系统为企业节约了生产成本,提高效率并缩短了制造周期,使国际上一些知名企业纷纷主动与我公司合作。每一份荣誉都是一种认可, 每前进一步都凝聚着中德顺人的汗水和责任,收获这一份份的荣誉和进步,中德顺人唯有秉持好品质,以提高客户的满意度为己任,才能创造更辉煌的未来。

海纳百川,唯才是举,给人才更多机会,给梦想更大舞台。中德顺集团现招聘以下岗位:

一、机械设计:1 名

要求:1、大专以上学历,1 年以上相关工作经验。 2、精通 CAD、solidworks 等设计软件的应用。 3、具有较高的知识层次,勇于创新。 4、具备扎实的机械设计及工艺知识。 5、具有团队荣誉感,敬业,有责任心。 6、英语四级以上,听、说、写能力强。

二、专业铸造管理人员和机加工管理人员:数名

要求:有相关工作经验优先录用。

三、铸件清理打磨:数名

要求:有相关工作经验优先录用。

四、福利待遇:

1. 员工发展:公司十分重视人才的培养,并为有潜力的员工提供广阔的晋升发展空间。

2. 订单常年稳定,没有淡季,员工收入稳定,工资日 100%准时发放,绝不拖欠。

3. 宿舍楼在厂区里,环境优美、宽敞明亮、方便。独立洗手间、阳台、热水器等。

4. 公司配有夫妻房,配备食堂,伙食水平较高。

5. 春节享受返厂交通费、工龄奖、保险等福利。

6. 各种带薪假期:法定节假日、婚假、产假、丧假、带薪休假。

7. 子女入学: 与市相关部门协调解决员工子女入学难问题,解除员工后顾之忧。

中德顺集团的飞速发展,期待您的加入!有意者请致电公司咨询并预约面试时间。

联系人:杨先生

联系电话:15377981267

2021 年 4 月 1 日

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net