

■河南万向系统制动器有限公司/张晓东

汽车制动盘材料的优化

随着汽车工业的发展,人们对汽车的舒适性和安全性要求越来越高。为了保证行车安全,制动系统的性能及可靠性显得尤为重要。盘式制动器(见图1)以散热性好、制动效能稳定、抗水衰退性好和易维修等优点,成为当前汽车的主流配置。



图1 盘式制动器在汽车底盘中的结构形式

制动盘是制动系统中的关键零件,要求具有一定的抗拉强度、耐磨性、耐热性和减振性。汽车制动时,汽车的总质量和动力所形成的力矩能量总和转换到制动片上作用于制动盘所需的摩擦能量总和,将动能转化为热能,其中70%~80%通过制动盘吸收后扩散到空气中,制动盘产生的温度达到500~700℃。在此高温下,由于制动盘承受制动块的压紧力,易使制动盘变形,从而产生制动抖动、异响等故障。从我公司三包件统计数据看,制动盘的变形、热裂纹和异常磨损是主要的故障问题(见图2)。避免或减少以上故障的出现,制动盘材料的选用非常关键。



(a) 热裂纹 (b) 异常磨损件

图2 制动盘故障件

制动盘材料成分分析

HT200或HT250材料具有一定的强度和耐磨性,原材料及制造成本较低,成为制动盘的主要选用材料,其碳当量质量分数在3.8%左右。通过低的碳当量或提高含锰量可以提高强度和硬度,但切削性能较差,耐热性能及振动衰减性也不好,并且制动时易产生制动噪声,极大地影响了汽车的使用寿命及舒适度。过高的碳当量由于石墨丰富而热容量大、导热性好,从而提高了高温耐磨性和强度,且石墨具有良好的减磨和减振作用,可以提高制动盘的使用寿命,使制动平顺性好。但是石墨具有可塑性,石墨夹层易导致金属密度降低,材料很难得到高的强度和硬度。

针对以上问题,通过加入一些少量或微量合金元素可提高合金铸铁的强度和硬度。

钼(Mo): Mo是有效的促硬元素,但作用温和。铸铁中,Mo含量一般不超过0.8%。使用Mo时,要严控含磷量,因为二者会形成四元共晶。若在铸件中只加入Mo,则缓冷部位铁素体可能较多,因此最好与其他元素配合使用。

铜(Cu): 可以促进石墨化(作用相当于硅的1/5),减小白口倾向,促进珠光体形成并细化晶粒;有微弱的细化石墨的作用并能稳定铁素体。对于高碳、低硅铸铁,加Cu后提高强度和硬度的作用可靠且明显,通常加入量小于1%。

铬(Cr): Cr能增加碳在奥氏体中的溶解度,是阻碍石墨化的元素。Cr促进珠光体生成的作用很强,从而产生白口倾向,而通过细化珠光体晶粒提高强度的作用也不明显。铸铁件中加Cr主要是为了提升耐磨度以及耐热度。

镍 (Ni)：作用与Cu相似，既能促进石墨化，减轻白口倾向，又可以促进珠光体形成，细化晶粒。加Ni可以提高铸铁的强度及耐磨性，高镍铸铁通常用做耐磨材料。

材料优化

世界各国所采用的制动盘合金材料各不相同，其大多在于提高强度、硬度和耐磨性，但若铸件的成分和合金元素选择不当，将会导致异响、尖叫和热裂纹等售后问题的发生。

为此我们采取以下措施对制动盘材料成分进行了优化：

1) 将制动盘碳当量质量分数控制在4.1%~4.55% ($w_C=3.4\%\sim 3.8\%$, $w_{Si}=2.1\%\sim 2.3\%$)；在中频电炉中，对1510~1550℃的灰铸铁铁液进行低合金化处理，铁液中合金的化学成分（质量分数）为： $w_{Cu}=0.35\%\sim 0.6\%$ 、 $w_{Cr}=0.2\%\sim 0.35\%$ 、 $w_{Mo}=0.05\%\sim 0.10\%$ 、 $w_{Ni}=0.1\%\sim 0.25\%$ 、 $w_{Sn}=0.03\%\sim 0.1\%$ （在中转包内加入）。

2) 对灰铸铁铁液进行三次孕育处理：炉内孕育、转包孕育和随流孕育。炉内孕育是在铁液出炉前，向电炉内加入铁液质量0.3%~0.4%的碳化硅进行铁液预处理；转包孕育为铁液出炉时（出炉温度为1520~1550℃）在中转包中加入铁液质量0.2%~0.4%的硅钡孕育剂或锶硅孕育剂对铁液进行二次孕育；随流孕育是在浇注过程中（浇注温度为1370~1420℃）向铁液流中随流加入铁液质量0.1%~0.2%的硅钡孕育剂进行三次孕育。

以上方案通过验证，目前我公司已实施的产品如下：

1) 神龙266前通风制动盘（见图3）是神龙汽车有限公司在中国推进标志—雪铁龙集团汽车零部件国产化的一种灰铁制动盘。在武汉神龙汽车有限公司技术中心实验室通过台架试验的所有项目，包括磨合磨损



图3 神龙266前通风制动盘

试验、汽车运动试验（AMS）、抗扭强度试验（SC）和抗热冲击试验（CT），在上海博世公司通过制动噪声试验。

2) BYDM6前通风制动盘（见图4）是比亚迪汽车推出的新款车型所用前通风制动盘。该制动盘在比亚迪汽车试验中心通过制动盘台架试验，在上海博世公司通过制动盘噪声试验。



图4 BYDM6前通风制动盘

3) 东风雪铁龙T9后制动盘（见图5），在神龙公司中心实验室通过制动盘台架试验，在上海博世公司通过制动盘制动噪声试验。

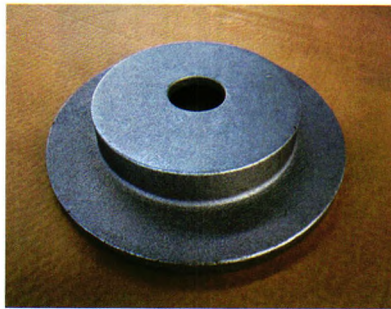


图5 东风雪铁龙T9后制动盘

结语

经过以上措施，在普通铸铁基础上加入Mo、Cu、Cr、Ni等合金元素，我公司生产的汽车制动盘抗拉强度稳定在300MPa以上，上、下制动面硬度差在10HB以内，同时具备高耐磨性、高耐热性、良好的切削性（制动面换刀频次达到100片以上）和振动衰减性，还大大改善了汽车制动时的制动噪声问题，从而提高了制动盘的使用寿命，提高了汽车的舒适性。

关键词：

制动盘 材料 合金 制动性能

（收稿日期20130912）