

中速磨煤机金属陶瓷复合磨辊及磨盘的研究

朱国政

内蒙古蒙东能源有限公司鄂温克电厂

[摘要]磨煤机是火力发电厂的重要设备之一。磨辊和衬板是磨煤机的关键核心部件，其质量尤其是耐磨性直接影响到制粉效率、煤粉质量、磨辊消耗和生产成本。在制粉工况下，以往的任何磨辊材料都会有严重的磨损。当磨损达到一定程度时，如果磨辊的外圆过小，磨辊就会报废。因此，国内外都在大力研究复合铸铁、离心铸造、堆焊磨辊等技术。目的是制造一种新的复合磨辊，使磨辊基础和工作面满足磨煤时抗冲击和耐磨的性能要求。传统上，磨煤机磨辊和磨盘衬板一般采用耐磨合金整体铸造或耐磨合金堆焊制造，但往往存在成本高、脆性大、磨辊易断裂开裂等问题。因此，国内外一些公司在制造磨煤机磨辊和衬板时开始采用复合耐磨堆焊的方法，复合制造技术是未来的一个发展方向。

[关键词]发电厂；中速磨煤机；金属陶瓷复合材料；磨辊；磨盘

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1230

磨辊和磨盘是磨煤机的关键核心部件。分析磨辊及磨盘衬板的工况特点及工作原理，阐述磨煤机磨辊及磨盘衬板的制造现状，介绍制备金属陶瓷复合磨辊及衬板的新工艺。新工艺产品与传统铸造工艺产品相比，前者使用寿命提高1倍，且研磨效率有较大提高。使用新工艺产品所产生的直接和间接经济效益显著。

一、概述

中速磨煤机碾磨件的使用寿命是影响燃煤电厂机组负荷及综合运行成本的重要因素。如何提高碾磨件，尤其是磨碗衬板、磨辊套的使用寿命，减少检修次数，是各个燃煤电厂急需解决的问题。金属陶瓷硬度高、耐磨性好、和钢铁类基体相容性好，应用于磨碗衬板和磨辊套耐磨强化可以获得非常好的效果。将金属陶瓷耐磨层复合到磨碗衬板和磨辊套上，可以采用复合熔铸法或者堆焊法。

二、磨煤机工作原理与工况特征

每台磨煤机配用3个磨辊和1个磨盘，磨辊及磨盘是磨煤机的核心部件。磨煤机依靠压碎和碾磨作用将煤粉碎。原煤下落在磨碗中间，煤受到磨碗转动而产生离心力，进入磨辊与磨碗之间。依靠磨弹簧加载装置的预紧力及一部分磨辊自身的质量，磨盘带动煤层，煤层通过摩擦力带动磨辊转动，使磨盘衬板上物料受到碾压和剪切的共同作用加以粉碎，导致磨辊外侧磨损严重，磨损区呈现有方向性的波浪形状，因此磨煤机磨辊及磨盘衬板运行到一定时间后就会失效，这就要求磨辊及衬板表面必须具有良好的耐磨粒磨损性能，以满足生产要求。

三、金属陶瓷复合磨辊及磨盘的优点

1. 增加耐磨寿命。所采用的陶瓷颗粒增强钢铁基复合材料，其硬度在HV2100以上，因此具有远超高铬和堆焊材料的寿命。

2. 降低停机时间。金属陶瓷工件使用寿命是高铬铸铁和堆焊材料工件的2倍以上，停机时间可减少1-3次。

3. 安全且可靠。将陶瓷材料的耐磨性和钢铁基体的机械性能有机地结合起来，既有陶瓷的高耐磨性能，同时也具备了钢铁基体机械性能，陶瓷不易破碎、脱落。

4. 研磨效率提高。陶瓷材料的耐磨性能远高于高铬材

料，使其能更好地保持原始外形，使出力得到更好的保证，因而可稳定磨煤机产量和降低磨煤机的生产成本。

5. 节约成本。采用新工艺生产的金属陶瓷复合磨辊、磨盘，在相同的使用周期内，无需堆焊，既减少了检修次数，又减少了检修费用，从而大大降低了生产成本。

6. 独特的复合结构可循环使用。新工艺的特点还在于磨辊滚套衬板磨损后，可继续使用原来的辊芯，表面可再次采用复合金属陶瓷辊套衬板，即表面可拆卸、更换，从而大幅降低因购置新品、库存备件和停机检修所造成的经济损失。

四、断裂磨辊宏观断口分析

断裂磨辊宏观断口形貌特征见图1，没有宏观塑性变形，有约1/3的面积晶粒较粗大，有完整的疲劳源区、疲劳裂纹稳定扩展区和快速断裂区。断口存在两处明显的疲劳弧线，分别位于5区以上扩展区和7区附近扩展区。疲劳弧线类似贝壳状，也称海滩状条纹，是金属宏观疲劳断口的典型特征，也是鉴别疲劳断口的重要依据。断口瞬断区表面局部呈现晶粒表象，颜色比较暗淡；另外，存在不同程度晶粒多面体特征，局部表现为脆性沿晶断裂，也就是说，在疲劳扩展到一定程度，发生脆性断裂的失效。由此可以判断该断裂属于疲劳脆性断裂。

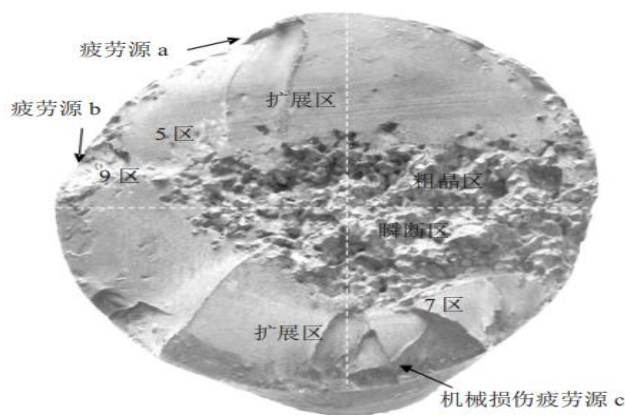


图1 磨辊断口宏观形貌及分区

由图1可以看出，根据疲劳条纹的扩展方向及断口宏观台阶的扩展，可以确定断口存在3处疲劳源，每个疲劳源宏观断口都包括裂纹源与开裂区、裂纹扩展区和最终断裂区，

在疲劳源a和疲劳源c的附近存在明显的疲劳弧线, 疲劳源a沿垂直于贝壳花纹疲劳弧线的方向扩展; 其中产生台阶的扩展疲劳源b不太明显, 但明显的解理台阶可以初步推断存在疲劳源b, 且在不同水平的解理台阶存在相连续的、从疲劳源a发展来的疲劳条纹; 疲劳源b沿9区扩展, 与疲劳源a扩展相互影响, 交叉扩展, 在有应力、碳化物聚集或大块夹杂的地方, 产生局部解理台阶(宏观表象见9区)。这个现象可以说明疲劳源a和疲劳源b是交互扩展的。随着3处疲劳源扩展的进行, 磨辊局部的单位面积应力在逐渐增大, 疲劳弧线之间的距离也在变大, 疲劳裂纹扩展速度增大, 随着解理裂纹的扩展, 到局部平均应力超过屈服极限时, 发生脆性沿晶间断裂。

五、金属陶瓷复合磨辊与磨盘

1. 磨煤机磨辊及磨盘衬板的制造现状。中速磨煤机的转速一般为50~300 r/min, 典型代表为HP型中速磨煤机、MPS型中速磨煤机及MBF中速磨煤机。中速磨煤机的失效形式主要是煤对磨辊及磨盘的摩擦损耗产生的三体磨料磨损, 其磨损方式主要是煤中硬质颗粒对碾磨件表面造成的显微切削、犁沟塑变及碳化物破碎与剥落。由于恶劣的工作环境, 备件成本高, 整体铸造和堆焊是目前制造及修复磨辊、衬板的主要手段及措施。受煤质的影响, 磨辊一般寿命只能达6000~10000h, 磨损后期的磨损深度在60mm左右, 甚至有磨穿现象; 同时, 表面会出现凹孔、犁沟现象, 使得磨煤电耗增加, 磨煤出力降低达5%以上, 无法保证最小出力, 振动明显增大。磨穿的辊套只能报废, 增加了电厂的维修成本。国外VEGA公司及Magotteaux公司推出一种新技术, 把陶瓷块镶嵌在磨辊套中, 耐磨陶瓷块工作面如蜂窝状, 这种复合层的硬度可达HRC66, 具有超强的耐磨性能, 但价格昂贵, 且其在国外生产, 交货期很长。颗粒增强复合材料在近年来得到广泛的研究和应用, 它采用在金属基体中引入具有高耐磨性高硬度的硬质相的方法提高材料的耐磨性。如果材料整体复合, 虽然耐磨性得到提高, 但其加工性不好、制造困难、质量不稳定, 而且材料的韧性下降、成本也比较高。在实际服役过程中, 特别是对一般的耐磨件, 磨损主要发生在特定部位, 如构件表面, 当这些部位被磨坏或尺寸被磨小时, 就会导致整个零件的报废。在实际场合下, 并不要求材料整体或整个零件耐磨, 只要提高材料局部(工作面)的耐磨性, 就可大幅度提高零件的使用寿命。如电厂、水泥厂的磨辊和磨盘的磨损, 主要发生在工作表面, 其他承受冲击载荷的部分则需要非常好的韧性。

2. 金属陶瓷复合磨辊及磨盘的制备。针对目前陶瓷颗粒增强金属基复合材料存在的不足, 作者提出2种新的工艺方法。(1)方法1。将预先铸造好的与工件表面形状相吻合的网格状预制件(由金属陶瓷颗粒浇铸体的复合材料制备而成)固定在磨煤机磨辊或磨盘砂型的表面, 将高铬合金熔液浇铸在砂型型腔内, 冷却成型, 制备成金属陶瓷复合磨辊及磨盘。该复合磨辊及磨盘的表面具有金属陶瓷网格增强体。这种工艺的优点是可使金属和陶瓷各自的缺点通过彼此的优

点被弥补, 既保持抗冲击性能又能使材料的韧性得到提高, 其使用寿命可达20000~25000h, 故采用这种工艺制成的磨辊、磨盘使用寿命是传统整体铸造的高铬合金辊套、磨盘以及堆焊的辊套、磨盘的2倍以上。(2)方法2。通过特有技术将高铬合金熔液及陶瓷颗粒(氧化锆增韧氧化铝)混合后浇注在磨辊或磨盘的表面, 得到表面具有金属陶瓷颗粒增强体的磨辊或磨盘。混合陶瓷颗粒体积占比为45%~55%, 陶瓷颗粒经权威机构检测并出具检测报告, 陶瓷颗粒硬度为HRC79, 故采用这种工艺制成的磨辊或磨盘使用寿命比高铬合金材料大大延长。采用上述2种新工艺制备的金属陶瓷复合磨辊及磨盘已在水泥厂、电厂投入生产使用, 运行状况良好。经现场测量, 前者最大磨损深度10mm, 后者最大磨损深度30mm, 经对比可知金属陶瓷复合磨盘衬板耐磨寿命明显高于高铬合金磨盘衬板。

3. 采用金属陶瓷复合磨辊及磨盘的经济效益。直接经济效益: 金属陶瓷耐磨辊套、衬板的单面使用寿命为高铬铸铁和堆焊的2倍以上, 也就是相当于高铬铸铁辊套、衬板使用一次后再加上堆焊一次后的使用寿命之和。相同使用寿命情况下, 金属陶瓷耐磨辊套、衬板价格仅为高铬铸铁辊套、衬板的75%。间接经济效益: 金属陶瓷耐磨辊套、衬板的磨损深度即使在45 mm左右, 其磨损表面也是均匀的, 没有凹孔和犁沟现象, 因而完全保证了磨煤机磨损后的出力。同时, 金属陶瓷耐磨辊套、衬板表面的特殊颗粒结构减少了它们与物料间的相对滑动, 可以提高磨煤机出力5%左右, 磨损后期的磨煤机出力变化很小, 通风阻力和振动也明显降低。与高铬铸铁磨辊比较, 金属陶瓷耐磨复合磨辊磨煤单耗可降低1 (kW·h)/t, 磨损后期二者的区别更加明显, 若磨煤机全部采用金属陶瓷产品, 单台炉每年可以节约电费20万元左右。以2×300 MW机组计算每台配套5台磨煤机, 每年可节约磨辊、衬板配件费用250万元; 以2×600MW机组计算每台配套6台磨煤机, 每年可节约磨辊、衬板配件费用300万元; 以2×1000 MW机组计算每台配套6台磨煤机, 每年可节约磨辊、衬板配件费用400万元。

总之, 采用此工艺方法制造出的金属陶瓷复合磨辊及磨盘, 解决了现有制造技术的不足, 提高了磨辊及磨盘的使用寿命。磨煤机采用金属陶瓷复合磨辊及磨盘, 可直接和间接提高发电机组的经济效益和安全运行水平。相信金属陶瓷复合磨辊及磨盘将会在我国电力及相关行业得到推广和应用。

参考文献

- [1] 岳峻峰, 黄磊, 陈华桂. MPS磨煤机工作特性试验研究[J]. 热能动力工程, 2005, 20(1): 65-68.
- [2] 钱兵, 孙书刚, 朱昱, 等. 中速磨煤机金属陶瓷复合磨辊及磨盘的研究[J]. 中国电力, 2014, 47(10): 122-125.
- [3] 刘红艳. 中速平盘磨煤机磨辊的耐磨堆焊修复工艺. 2018.