

## 提高钢球磨煤机衬板使用寿命的措施探讨

第六图书馆

球磨机在运行当中的磨损特点是一种典型的三体磨损,即衬板、介质、钢球三者之间均存在着自身的磨损、崩离、破碎、失效问题。文章认为影响球磨机衬板磨损失效的因素主要有介质、运行工况、衬板材料、制造和安装质量等方面,指出通过提高原煤的可磨系数、合理选择衬板与磨球材质的匹配性、减少和杜绝空仓运行、合理使用磨煤机的出力、选用组合自固式衬板、选择合适的球磨和衬板材料等具体措施可提高衬板的使用寿命。如选用合金钢、高铬铸铁的合金材料和组合自固式的衬板结构后能够达到比较理想的磨擦付,其使用寿命可比高锰钢提高1—2倍,且维修工时能够减少98%以上。球磨机在运行当中的磨损特点是一种典型的三体磨损,即衬板、介质、钢球三者之间均存在着自身的磨损、崩离、破碎、失效问题。文章认为影响球磨机衬板磨损失效的因素主要有介质、运行工况、衬板材料、制造和安装质量等方面,指出通过提高原煤的可磨系数、合理选择衬板与磨球材质的匹配性、减少和杜绝空仓运行、合理使用磨煤机的出力、选用组合自固式衬板、选择合适的球磨和衬板材料等具体措施可提高衬板的使用寿命。如选用合金钢、高铬铸铁的合金材料和组合自固式的衬板结构后能够达到比较理想的磨擦付,其使用寿命可比高锰钢提高1—2倍,且维修工时能够减少98%以上。球磨机 耐磨材料 组合自固式 衬板 使用寿命电力设备董铁铭株洲湘能特钢铸造有限责任公司,湖南省株洲市4120012007第六图书馆

第六图书馆

[www.6lib.com](http://www.6lib.com)

# 提高钢球磨煤机衬板使用寿命的措施探讨

董铁铭

(株洲湘能特钢铸造有限责任公司,湖南省株洲市412001)

**摘要:**球磨机在运行当中的磨损特点是一种典型的三体磨损,即衬板、介质、钢球三者之间均存在着自身的磨损、崩离、破碎、失效问题。文章认为影响球磨机衬板磨损失效的因素主要有介质、运行工况、衬板材料、制造和安装质量等方面,指出通过提高原煤的可磨系数、合理选择衬板与磨球材质的匹配性、减少和杜绝空仓运行、合理使用磨煤机的出力、选用组合自固式衬板、选择合适的球磨和衬板材料等具体措施可提高衬板的使用寿命。如选用合金钢、高铬铸铁的合金材料和组合自固式的衬板结构后能够达到比较理想的磨擦付,其使用寿命可比高锰钢提高1~2倍,且维修工时能够减少98%以上。

**关键词:**球磨机;耐磨材料;组合自固式;衬板;使用寿命

**中图分类号:**TK223.24

## 0 引言

球磨机是一种普通的破碎设备,其工作原理是采用机械传动使磨筒作低速旋转(16~25 r/min),筒内的钢球因离心力的作用提升至水平夹角的 $53^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ,按抛物轨迹呈瀑布状落下,将破碎介质(矿、石头、煤等)磨成需要的颗粒状。

球磨机在运行中的磨损特点是一种典型的三体磨损,即衬板、介质、钢球三者之间均存在着自身的磨损、崩离、破碎、失效问题。衬板的磨损失效形式是,由于衬板与相接触的磨料、钢球产生相对滑动、滚动,频繁低能量的冲击,使衬板基体组织及本体表层逐步剥离和流失,发生磨料磨损。

## 1 影响球磨机衬板磨损失效的几大因素

### 1.1 介质的影响

球磨机可破碎的介质有各类矿山材料、各类石料、电力行业所用煤等。介质的硬度指标是决定衬板磨损失效的重要依据,硬度越高,衬板的使用寿命越短;反之,使用周期越长。火力发电厂的燃料煤是球磨机的主要碾磨介质,国内各地原煤的可磨系数一般为0.8~2.0,如果煤中掺入过多的煤矸石、砂子、石头,不仅发热量不足,而且可磨性差,必然造成衬板过早失效。

### 1.2 运行工况的影响

(1) 消除缺陷不及时。如螺栓松动掉落,个别衬板断裂脱落,如果没有进行及时更换,缺陷将逐步扩展,会殃及其他衬板和导致筒体变形。

(2) 出率不正常,调整不当,出现空仓运行状态。这种状态下部分钢球会直接磨擦和撞击筒体衬板,形成两体磨损,可能造成衬板和钢球碎裂,使磨损机会

大幅度增加,这是一种非常恶劣的操作方式。

### 1.3 衬板材料的影响

从衬板材料的物理性能上分析,影响抗磨效果的主要因素是硬度和冲击韧性两大指标的匹配问题。材料的硬度高,则其耐磨性能就好,二者基本上成正比关系。由于球磨机在运行当中钢球是呈瀑布状态落下,故钢球对物料及衬板会产生一个冲击功,冲击功的大小取决于钢球直径和磨筒直径的大小。在20世纪80年代末,国内一些电厂选择一些比较适应球磨机工况条件的耐磨材料逐步取代了传统型的耐磨材料——高锰钢。其目的针对钢球主要存在问题如下:

(1) 硬度偏低。由于电力行业的球磨机工作特性是用球直径较小( $\phi 60$  mm以下),且煤质硬度低,正常运行的情况下可视为球与衬板之间的润滑剂和缓冲剂,因此衬板所承受的功是小能量、频次密集、无法充分达到高锰钢加工硬化的条件,表层残体硬度一般只有350 HB左右,相对钢球硬度普遍在HRC50以上,衬板与钢球的匹配硬度差别太大,衬板磨损加剧。

(2) 金相组织的影响。单一的奥氏体基体组织具有硬度低、韧性高、延伸率高的特点,它在外力的作用下将产生一种加工硬化的特性,其专业术语为:奥马转变(表层)。转变过程中,其表层体积膨胀变形,产生变形的作用力,沿筒壁方向伸展,这个力达到一定极限时,衬板则会产生弯曲变形,致使紧固螺栓剪断,导致筒体产生漏粉,如果问题得不到及时的发现并解决,将会殃及其他的拧固紧楔和衬板断裂、脱落,致使筒体产生变形等。

### 1.4 设计制造和安装质量的影响

衬板的作用:一是保护筒体;二是在特定的转速下将钢球提升到要求的高度,使钢球呈瀑布状下落,达到理想的碾磨效果。

目前,国内球磨机生产制造厂家基本上只提供两

种机型,即单进单出和双进双出。其衬板在筒体上的安装形式是:采用压条紧固筒体衬板,周向方向,衬板与衬板选择燕尾结构咬合,压条、固定楔、拧紧楔采用螺栓与筒壁紧固。这种结构的衬板一般多用于DTM系列的球磨机,即单进单出球磨机。另外一种安装形式是没有压紧条,而是每块衬板采用2~3个螺栓紧固在筒壁上,常用于BBD系列和NFA系列球磨机,即双进双出球磨机。这两种衬板结构的共同特点是,采用螺栓紧固方式将衬板固定在筒壁上,螺栓在整个运行周期内始终处于受力状态,一旦螺栓断落,就有垮钢瓦的可能。衬板上带有螺栓孔,铸造浇注成型过程中是内应力集中区,是出现裂纹缺陷高危区域,而且每块衬板最少有两颗以上螺栓,螺栓占用率多,每一个螺孔就是一个漏粉点。

衬板制造质量差,机械性能、化学成份没有达到合格要求等,都是影响球磨机正常运行的直接因素。

## 2 提高球磨机衬板使用寿命的措施探讨

(1) 严格控制进厂煤质,降低煤中含灰量和矸石含量,控制供应商渗砂、石,是提高原煤的可磨系数的有效途径。

(2) 三体磨损转化为两体磨损是加剧衬板磨损和磨球磨损的重要因素,这基本上是输煤系统带病工作,造成磨煤机内断续供煤、空仓运行。煤场到球磨机所有设备的正常运行是一个系统工程。从设备的选型、维护,易损材料的选择匹配,到运行过程中的监控,检查维护等都是工程中的相关因素。另外,合理使用磨煤机的出力。低负荷运行时,及时调整磨煤机的进煤量,根据负荷情况,将制粉出力集中在1台或几台磨煤机,而停用部分磨煤机,有粉仓的尽量在低负荷时对粉仓充粉,确保磨煤机在较高负荷区运行。

(3) 合理选择衬板、磨球材质的匹配等,主要体现在2大指标,即冲击韧性 $a_k$ 值和硬度HRC值。这2个指标在黑色金属中普遍的是互为倒数关系, $a_k$ 值大,HRC值小,材料不耐磨;反之,耐磨而容易破裂。

关于球磨机衬板的受力状况,国内外已有不少分析和论证球对衬板的冲击功。通常引用的经验公式<sup>[1]</sup>:

$$U = K \cdot N \cdot G \cdot H / F$$

式中, $U$ 为衬板轴向单位截面上所受冲击功, $J/cm^2$ ;  $K$ 为集中载荷系数,一般取2;  $N$ 为衬板轴向方向上可同时排落球的个数;  $H$ 为磨球最大降落高度,m;  $G$ 为球的单重,kg;  $F$ 为衬板的纵(轴)向截面积, $cm^2$ 。

专家认为:运行过程中球与物料虽然呈瀑布状泻下<sup>[1-2]</sup>,但衬板受力较均匀,而且物料的铺衬大大分散了冲击力。如果在正常、平稳运行时衬板所受的冲击功大约2~6  $J/cm^2$ 。但是火力发电厂筒式磨煤机的制粉系统是一个复杂的系统工程,对球磨机供煤不正常,如空仓现象,为安全运行起见,设定球对衬板的冲击功为6~14  $J/cm^2$ (单进单出球磨机)、4~8  $J/cm^2$ (双进双出球磨机),在此基础上,确定和选择抗磨材料相应的硬度。球磨机衬板材料见表1。

国内常用的大致三大类材料,即合金钢系列、高锰钢系列和高铬铸铁系列,合金钢在火电磨煤机上应用得到较好的经济效益,具有优良的综合力学性能和耐磨性,其使用寿命比高锰钢衬板高1~2倍,且具有磨损均匀,不变形的特点。高铬铸铁是近几年应用在BBD双进双出和运行工况条件较好的DTM系列球磨机上的超耐磨材料,其耐磨性能比高锰钢高3倍左右,由于合金含量高,综合生产成本高,相对价格较高,但总体社会效益较好,是一种优质选用材料。

(4) 衬板结构和衬板安装工艺是球磨机正常运行的重要因素。组合自固式衬板的问世,给各使用厂家带来了极大的便利。

1) 主要特点:衬板的安装结构改变了传统型衬板采用螺栓紧固模式;衬板材料选择,按工况条件可达到理想的抗磨匹配(衬板、介质、磨球);衬板的形貌按最佳的力学性能设计。

2) 主要功能:寿命比ZGMn13提高2倍以上;运行噪声可降低2~5 dB;球磨机衬板的维修工时减少98%以上;筒体螺栓在运行中不受力,故无螺栓断裂和

表1 球磨机衬板材料

牌号	材质	化学成分/%									力学性能	
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Re	Ni	冲击韧性 / $J \cdot cm^{-2}$	硬度 HRC
ZG30CrMoRe	合金钢	0.25~0.35	0.40~1.20	0.60~1.50	≤0.040	≤0.040	0.80~2.00	0.30~0.60	适量	1.1~1.7	≥40	≥42
ZG40CrMoRe		0.35~0.45	0.40~0.80	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	3.00~5.00	0.30~0.80	适量	1.40~1.70	≥20	≥45
ZG55CrMoRe		0.50~0.70	0.40~0.80	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	3.50~5.50	≤0.30	适量		≥10	≥52
ZGMn13	高锰钢	0.90~1.35	0.30~1.00	11.00~14.00	≤0.040	≤0.080					≥147	HB≤300
ZGMn13Cr <sub>2</sub> Ti		0.90~1.30	0.30~0.60	11.00~14.00	≤0.040	≤0.080	1.50~2.50			0.04~0.08	≥60	HB≤300
KmTBCr15Mo	高铬铸铁	2.00~3.30	≤1.20	≤2.00	≤0.060	≤0.100	11.00~18.00	≤3.00		≤2.50		≥58
KmTBCr20MoCu		2.20~3.00	≤1.20	0.50~3.00	≤0.050	≤0.050	18.00~22.00	≤0.30		≤0.1	≥5	≥56

注:① ZG为铸钢的代号;KmTB为抗白口铸铁代号;② ZGMn13-2的抗拉强度 $\delta_b \geq 685$  MPa,延伸率 $\delta_s \geq 25\%$ 。

漏粉事故,且安装简便,运行安全、稳定、可靠。

湖南的株洲电厂、金竹山电厂、石门电厂等均已全部采用这种新型衬板。该衬板应用的材料是ZG40CrMoRe,它的初始硬度HRC在45~48左右,通过一段时间工况运行,表层硬度可达到52~56,这个硬度能与任何材料的高硬度磨球匹配使用。冲击值 $a_k \geq 20 \text{ J/cm}^2$ ,能承受筒体直径5 m以内,钢球直径 $\phi 80 \text{ mm}$ 以下。所有球磨机的冲击载荷已成功应用在DTM250/390、DTM287/470、DTM320/580、DTM350/700、DTM380/650等系列机型上,BBD系列双进双出球磨机近年来,国内各新建、改建、扩建电厂使用量突增,600 kW的发电机组几乎全部选用球磨机制粉,而该系列球磨机占主要用量。它的主要特点是煤种适应广,自动化程度高,维护操作简便。具有烘干、粉磨、选粉、送粉等功能,也可称其为直吹式制粉系统。沈阳重型机械厂、上海重型机械厂是目前国内两大主要生产厂家。2006年该系列球磨已有600多台套正在投运。通过运行小结,该球磨机在材料抗磨方面大有潜力可挖。原因是:①生产厂家选择的ZGMn13材料不佳;②衬板设计安装方案有待改进。实践证明,株洲电厂30万kW机组2003年4月投运,衬板只使用了3年就全部更换,断、掉螺栓故障频繁,且不耐磨,筒体上将近有900多个衬板紧固螺栓孔洞,故筒体的漏粉点多,给安全文明生产带来阻碍。

对此株洲湘能特钢铸造有限责任公司与株洲电厂联合对该球磨机内衬板进行全方位的技术改造,结合DTM系列磨机组合自固式衬板的结构原理,于2006年上半年逐步将该机8台套衬板改造为组合自固式合金钢衬板。将原筒体上900多个螺栓孔减少至90个左右,且在运行中螺栓完全不受力,仅在安装和拆卸时起安全保障作用。改造后的新衬板给株洲

电厂带来良好经济效益。新建长沙电厂60万kW机组也委托湘能特钢公司与上海重型机械集团总公司对制粉系统12台BBD双进双出球磨机进行抗磨衬板的技术改造,选择组合自固式衬板结构,使用寿命可提高到6~8年,而且筒体在运行使用过程中不需维护,深受各电厂的好评。

### 3 结论

(1) 保证煤的质量控制和球磨机的正常运行,减少和杜绝空仓运行,及时根除设备运行中的故障缺陷。

(2) ZG40CrMoRe材料具有良好的抗冲击、抗变形、抗磨损等特性,其使用寿命比高锰钢普遍提高1~2倍,使用安全可靠并显示出良好的效益。

(3) 组合自固式衬板改变了螺栓固紧的方式,根治了球磨机在运行过程中因螺栓、衬板掉落而产生的漏粉故障。有利于超抗磨材料的选用,衬板的设计结构简单、合理,且安装简便,运行安全稳定可靠。

(4) BBD系列双进双出球磨机采用组合自固式衬板结构,可带来较好的经济效益。

### 4 参考文献

- 1] 苏世祥. 球磨机衬板机械性能的选择[J]. 水泥,1984(2).
- 2] 李茂林. 球磨机衬板磨损失效分析案例汇集[M]. 机械工业出版社,1985.

收稿日期:2007-04-30

作者简介:

董铁铭(1955-),男,总工程师,从事铸造研究。

(责任编辑 韩伟)

## Measure Discussion on Raising Service Life of Liner for Ball Crusher

DONG Tie-ming

(Zhuzhou Xiangneng Special Steel and Casting Co. Zhuzhou 412001,China)

**Abstract:** The wear characteristics of ball crusher in operation are the typical 3-body wears, they are liner, medium and steel ball. The paper described the factors of effect on the wear of liner for ball crusher, mainly including the medium, operating conditions, liner material, production and installation quality, and pointed out that it can be raised for service life of liner through specific measures such as raising wearable coefficient of raw coal, reasonably selecting the match of liner and mill ball material, decreasing and stopping empty storehouse operation, using output of ball crusher reasonably, choosing combined self-fixed type liner and suitable ball mill and liner material. If alloy steel, alloy material of high chromium casting iron and combined self-fixed type liner were chosen, its service life can raise the time of 1 to 2 than material of high manganese steel, and the man-hours of maintenance can reduce 98% more.

**Keywords:** ball crusher; antifriction material; combined self-fixed type; liner; service life