

烧结机磁力密封中的磁场与台车移动速度的耦合研究

王凌燕¹, 于旭光¹, 杨九霄², 王俊帅¹

(1. 石家庄铁道大学 材料科学与工程学院 河北 石家庄 050043; 2. 福州大学 材料科学与工程学院 福建 福州 350108)

摘要: 为了解决烧结机台车与风箱之间的漏风问题,研究了烧结机磁力密封中的磁场与台车移动速度的耦合规律。在模拟装置上,设置了移动副和含磁场源的固定副,在可变的二者间隙中分别放入3种磁介质并观察其运动状态。结果表明:移动副以0.79~2.12 m/min的线速度移动时,磁介质分为移动层和固定层两层;分层面与间隙中的磁场强度、移动副移动速度、间隙大小以及磁介质的特性等因素有关。揭示了以“移动层厚度”为标志,与以上四因素具有函数关系的磁介质中“磁”与“速度”的耦合规律。

关键词: 烧结机; 磁力密封; 磁场; 速度; 耦合

中图分类号: TB33 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2014)03-0039-04

0 引言

漏风率是烧结机的一项重要技术经济指标,漏风率越高,总排气量越高,风机负担和能耗也随之增加。为了降低漏风率,人们做了大量的工作^[1-8],曾做了磁场密封模拟研究^[5],相比以往研究及生产中实用的绝大多数密封结构,磁场密封是一种软密封,可实现“0”泄露。

为了进一步弄清磁场密封机理,现利用烧结机缝隙磁场密封模拟装置^[5],对处于磁场中的磁介质所受到的磁场作用和移动副移动的影响,进行了“磁场”与“速度”的耦合研究。

1 实验

实验采用了以磁铁矿粉为主的3种磁介质。介质1为石墨粉与82.5%的磁铁矿粉(Fe_3O_4)进行混合并含有杂质的干粉,粒度在75~180 μm 之间的占60%以上。介质2为经过提纯处理的磁铁矿粉(Fe_3O_4 和 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$),粒度在0~75 μm 之间的占60%以上。介质3为硅油与介质2按照1:6的比例进行均匀搅拌的“湿”粉。

烧结机台车的运行特点是直线匀速前进。本研究用模拟装置^[5]移动副的线速度来模拟。通过电磁调速电机控制其线速度在0.79~2.12 m/min范围内变化,此速度与烧结机台车移动速度一致。用TA-102F型高斯计测量磁介质中的磁场强度。

通过增减垫片来调整移动副与固定副之间的间隙高度。

把磁介质放入移动副与固定副的间隙之间,在移动副不同的移动速度及其与固定副之间不同间隙的条件下,分别观察3种磁介质的运动状态。

2 实验结果及分析

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2014.03.08

收稿日期: 2013-06-28

作者简介: 王凌燕 女 1989年出生 硕士研究生

基金项目: 河北省自然科学基金(E2012210009)

2.1 间隙中的磁介质分为移动层和固定层 在磁场强度最低处产生分界面

3 种磁介质的运动状态均如图 1 所示(H_1 为密封磁场方向 H_2 为移动副移动产生的磁场方向 H 为耦合磁场方向),分为上下 2 层。上层是随移动副移动的移动层,下层是与作为磁场源的固定副之间保持不动的固定层。

该模拟装置的特点是:底部为同极性永磁体构成(固定副),其与磁介质、移动副共同构成一个磁回路。移动副为磁阻很小的导磁材料 Q235 钢制成,就磁介质而言可视为另一个磁极。实测结果也证实这种假设是正确的。图 2 是处于移动副和固定副间隙中的磁介质不同位置处的磁场强度实测值。其中,高度为“0”处为移动副表面,高度为“14”处是固定副表面。移动副与固定副之间的间隙为密封间隙,在同等条件下,该间隙越大,表明密封效果越好。

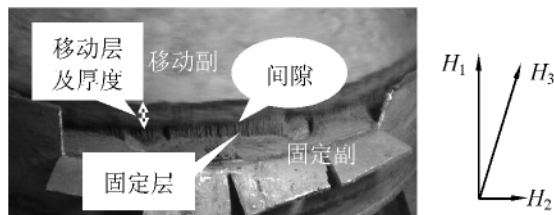


图 1 磁介质的运动状态实验照

可见 移动副和固定副表面磁场强度高,二者之间有一个最低点。磁介质受磁场的作用而被约束,磁场越强约束力越大,反之亦然。因此,磁介质就在移动副和固定副之间磁场强度最低处产生分界面。

2.2 磁介质中的另类物质影响其磁场强度

由图 2 可见,与介质 2 的纯磁铁矿粉相比,介质中掺加不导磁的另类物质时,影响了移动副和固定副之间间隙中的磁场强度。表现为掺加不导磁的粉状石墨时,间隙中的磁场强度高;掺加不导磁的液态硅油时,间隙中的磁场强度低。

产生这种现象的原因是,介质 2 是纯磁铁矿粉,主要成分为 Fe_3O_4 ,其磁性来源于被氧离子所分隔的磁性铁离子间的超交换相互作用,它使处于不同晶格位置上的铁离子磁矩反向排列,但相反排列的磁矩不相等,对外显示有净磁矩,即亚铁磁性。每一个磁铁矿粉粉粒,相当于一个磁偶极子,在磁场作用下,磁偶极子之间呈链状排列^[9],形成低磁阻通道,从而使磁阻较大的空间散磁场减弱;当不导磁的粉状石墨掺入后(介质 1),使磁铁矿粉粉粒之间的距离加大,“低磁阻通道”现象减弱,而使空间散磁场增大,表现为“掺加石墨粉后磁场强度增大”;掺入硅油后(介质 3),由于硅油的界面张力作用,使磁铁矿粉粉粒之间的距离进一步缩小,使“低磁阻通道”现象进一步加强,相应空间散磁场进一步减弱,表现为“掺加硅油后磁场强度降低”。

如图 2 所示,与介质内部一样,掺加石墨粉和硅油后,磁极(移动副和固定副)表面的磁场强度也相应“增强”、“减弱”。这是因为,在有高磁导率磁性细粉存在时,磁极表面不可能处于裸露状态,总有一层磁介质吸附于其表面,测得的“磁极表面磁场强度”,严格来说应该是磁极表面附近介质中的散磁场强度。因此,与前者一样,也受这两种另类物质的影响。

2.3 移动层的厚度随线速度的增加而增大

图 3 是实测的移动副线速度与移动层厚度的关系图。其中,纵坐标为移动层厚度所占间隙总高度的百分比。可见,3 种介质在移动副不同的线速度下,磁介质移动层的厚度变化基本呈现相同的趋势—移动层的厚度随线速度的增加而增大。

产生这种现象的原因之一,中心轴吊挂式的移动副,在运转过程有轴线倾角,致使移动副与固定副间隙发生周期性变化。间隙变小时分界面下移,当移动速度提高时,下移的分界面以上的移动层推动其前方的磁介质一起移动,而显示“移动层厚度提高”;而移动速度较低时这种“推动”效应减弱,而显示为“移动层厚度降低”。由此,实际应用时移动副表面的凸起物,当移动副移动速度高时将增加移动层厚度。

产生这种现象的原因之二,是与电磁感应现象有关。如图 1 右侧所示, H_1 表示原有磁场,即密封磁场。由于移动副是电的良导体,当其在磁场中移动时,必然在其内部产生感应电流,由此又产生一个感应

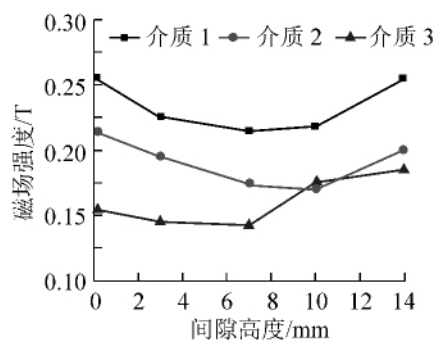


图 2 磁介质在不同位置的磁场强度

磁场 H_2 其方向如图1 与 H_1 垂直与移动副的移动方向平行。 H_2 与 H_1 耦合的合磁场 H 作用于磁介质上。显然 H 大于 H_1 ,且移动副的移动速度越大 H 也越大。而表现为“移动层的厚度随线速度的增加而增大”。

2.4 间隙大小对移动层的影响

图4 是对1号、2号两种介质,分别在2种间隙下测定的移动副移动速度与移动层厚度的关系。

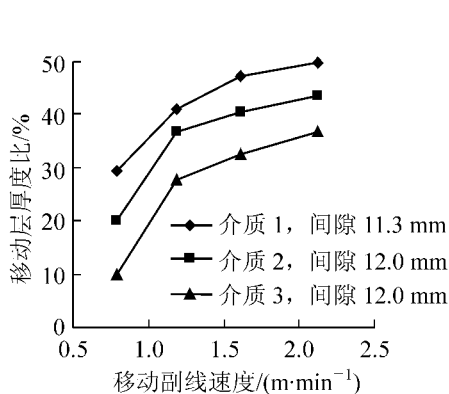


图3 移动副线速度对移动层厚度的影响

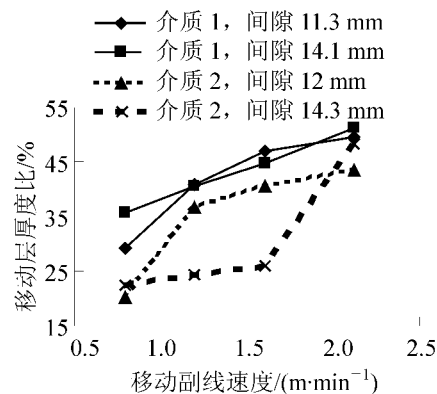


图4 间隙对移动层厚度的影响

可见,间隙对介质1 移动层厚度的影响不明显;对介质2 的影响呈“平行四边形”状——小间隙时,移动副中高速运行时移动层厚度比较稳定;大间隙时,移动副中低速运行时移动层厚度比较稳定。说明介质2 对间隙的影响敏感,介质1 不敏感。原因也是由于介质1 中不导磁的石墨粉粒的存在,使介质总磁阻增大,而使间隙对其的影响减弱;介质2 高磁导率的纯磁铁矿粉,磁阻小,所以间隙变化时就较敏感。由此,选用高磁导率磁介质时,间隙变化时应考虑其对移动层厚度的影响。

3 结论

有移动副移动的磁场间隙中的磁介质分为移动层和固定层两层;分层面与间隙中的磁场强度、移动副移动速度、间隙大小以及磁介质的特性等因素有关。其中:

- (1) 间隙中的磁场,在移动副和固定副表面强度高,在二者之间有一最低点,由此产生分层面。
- (2) 移动层的厚度随移动副线速度的增加而增大,移动副表面凸起和电磁感应现象是其增大的原因。
- (3) 不导磁的另类物质,通过影响介质的密度,来影响介质的磁导率,最终影响移动层厚度。石墨降低了介质的密度,增大了散磁场强度,降低了介质的磁导率,增大了移动层厚度;硅油提高了介质的密度,降低了散磁场强度,提高了介质的磁导率,减小了移动层厚度。
- (4) 间隙大小对移动层厚度的影响因磁介质而异,对高磁导率磁介质较敏感。

参 考 文 献

- [1] 宋国良,傅志华,张全,等. 浅议烧结机的漏风及对策[J]. 钢铁研究, 2000(2): 15-22.
- [2] 黄钢,洪永年. 烧结机台车与风箱的密封[J]. 重型机械, 2007(1): 56-59.
- [3] Matsumoto, Syobutani, Fujigami. Pallet Position Recognition Device of Sinter Machine and Air Leak Detector: Japan, EP2306131 [P]. 2011-04-06.
- [4] 于旭光,樊云昌,付华,等. 一种气隙的磁场密封方法: 中国 ZL200710061449.9 [P]. 2007-07-25.
- [5] 于旭光,刘亮,秦茶,等. 烧结机缝隙磁场密封模拟实验[J]. 特殊钢, 2009, 30(2): 25-26.
- [6] 胡荣,曹辉,张镇,等. 全封闭多级磁力密封技术在酒钢3号烧结机上的应用[J]. 烧结球团, 2005, 30(3): 46-48.
- [7] 孙新杰,王恩双. 磁力密封装置的应用与研究[J]. 装备应用与研究, 2011(18): 65-67.
- [8] 曹成勇. 杭钢1号烧结机漏风处理[J]. 浙江冶金, 2010(2): 29-32.
- [9] 孙光飞,强文江. 磁功能材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 403.

(下转第63页)

Research on Rolling Bearing Fault Diagnosis Based on EMD Decomposition and Resonance Demodulation

Zuo Qinglin^{1,2}, Ma Huaixiang¹

(1. School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Tianjin Metro Company, Tianjin 300051, China)

Abstract: This paper introduces the fault mechanism of the rolling bearing, uses the vibration signal analysis method to research rolling bearing condition monitoring and fault diagnosis. Through the LabVIEW programming, combining the EMD decomposition and resonance demodulation, the vibration signal is analyzed, and useful fault features are obtained to confirm the fault types.

Key words: rolling bearing; fault diagnosis; EMD; resonance demodulation

(责任编辑 车轩玉)

~~~~~

(上接第 41 页)

## Research on Coupling of Magnetic Field of Magnetic Seal and Walking Speed of Trolley in Sintering Machine

Wang Lingyan<sup>1</sup>, Yu Xuguang<sup>1</sup>, Yang Jiuxiao<sup>2</sup>, Wang Junshuai<sup>1</sup>

(1. School of Material Science and Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. School of Material Science and Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** To solve the problem of air leakage between the sintering machine trolley and the air box, the coupling law of magnetic field of magnetic seal on sintering machine and trolley's speed is studied. A set of simulated device is applied, which includes moving part, fixed part, and a variable gap between them. The magnetic field source is set in the fixed part. Three kinds of magnetic media are put in the gap and their motion states are observed. The results show that when the moving part moves with a linear velocity of 0.79 ~ 2.12 meter per second, the magnetic media is divided into two layers, which are the moving layer and the fixed layer. The layered interface are associated with many factors such as the strength of the magnetic field in the gap, the moving speed of the moving part, the size of the gap and the characteristics of the magnetic medium. It reveals the coupling law of the magnetic medium's magnetic properties and speed which is marked by the "thickness of moving layer" in the magnetic medium having function relationship with the above four factors.

**Key words:** sintering machine; magnetic seal; magnetic field; speed; coupling

(责任编辑 车轩玉)