

铁路货车轴承干燥机 干燥工艺过程分析

王小明

(机械工程系)

摘 要 就铁路货车轴承干燥工艺过程机理与影响干燥速度主要因素进行了分析和研究^[1]提出了一种附着有易燃易爆物品的特殊物料的干燥工艺方案^[1]。

关键词 轴承干燥; 干燥工艺

分类号 TN 269.32

0 引 言

KJ-1型货车轴承远红外自动干燥机是针对特殊工况条件要求下而进行设计制造的一种新型节能自动干燥机, 其与HQ-1型货车轴承自动清洗设备组成货车轴承自动清洗干燥生产线^[1]参考文献[1]中已就生产线的清洗工艺过程与该机的设计制造等问题进行了介绍, 这里只是对其干燥工艺过程中的几个问题进行分析和探讨^[1]。

1 轴承干燥工艺过程机理

通常概念下的固体物料的干燥与轴承的干燥有较大的区别^[1]一般地讲, 水分是以机械结合水、物化结合水和化学结合水的形式存在於物料之中^[1]而要被干燥的轴承是经洗涤剂洗 涤之后, 洗涤剂只是以机械结合的方式存在於轴承的表面, 或是存在於轴承的油沟凹槽, 保持架槽的窄缝之中^[1]这是由轴承材质的组织结构特性所决定的, 并且由于其加工表面粗糙度好, 无组织裂纹, 洗涤剂不可能渗透到轴承的内部组织里去^[1]在被干燥的轴承里不具有洗涤剂以物化结合和化学结合的方式存在, 也就是说在轴承干燥中不存在研究排除物化结合水和化学结合水的问题^[1]。

物料所含的总水分是自由水分和平衡水分之和^[1]当物料与一定温度及湿度的干燥介质接触时, 将排除水分或者吸收水分, 最终达到一个定值, 这个在一定条件下与干燥介质达到平衡状态时物料中的水分含量, 就是平衡水分^[1]在一定的干燥条件下, 干燥过程中可以除去的水分仅为自由水分^[1]而物料中的平衡水分的含量多少与许多因素有关^[1]干燥介质的相对湿度越小,

则平衡水分越少;干燥介质的温度越高,则平衡水分越少⁽¹³⁾除此之外还与物料的某些特性有关⁽¹³⁾平衡水分的意义在于它代表在一定温度及湿度的干燥介质中物料可被干燥的限度⁽¹³⁾钢材的平衡水分接近于零,也就表明轴承在干燥过程可以将水分全部排除⁽¹³⁾

按照工艺要求、轴承清洗需要经过除锈、水洗、油洗与干燥这样几道主要工序⁽¹³⁾轴承在油洗过程中,洗涤剂是采用煤油和柴油按一定比例调配的混合油,油洗后的轴承附着有大量的洗涤剂,但经过离心分离这一辅助工序之后,进入后一干燥工序的轴承表面仅仅只有一层薄薄的油膜⁽¹³⁾尽管如此,在干燥过程中,轴承所含油分还是超过其平衡油分,当轴承表面达到一定温度时,油分不断被汽化,即通过传热与传质这样两个过程同时作用,而达到干燥轴承的目的⁽¹³⁾

为了满足轴承清洗线生产节拍为 3min 的需要,该机采用双工位干燥,轴承实际干燥时间为 6min ⁽¹³⁾其干燥工艺流程采用由鼓风机向以远红外器件为加热元件的加热箱送风换热,热空气进入干燥箱直接干燥轴承的顺式射流干燥工艺⁽¹³⁾干燥介质以 $4\sim 5\text{m/s}$ 的速度向轴承表面喷射,带走向干燥介质中扩散的油汽,使与轴承接触的干燥介质中油汽组分浓度总是接近于零⁽¹³⁾这就是说在轴承干燥的这样一个传质过程,尽管油组分的浓度分布不仅随位置变化,而且随时间变化,但是被扩散的另一组分干燥介质中的油组分浓度梯度为零⁽¹³⁾看起来这是一个需要求解具有一个以上独立变量的偏微分方程的不稳态扩散问题,而实际工程解却是比较简单的⁽¹³⁾由于轴承外形尺寸较大且较重,显然,在 6min 的干燥过程中的导热过程也是一个非稳态导热问题⁽¹³⁾但是,油分仅仅存于轴承的表面,当其表面温度升到其湿球温度时,在轴承表面的含油量在没有降低到其平衡油分之前,其表面将维持湿球温度不变⁽¹³⁾同样使复杂问题简单化了⁽¹³⁾

通常,要说明轴承中平均油分与干燥时间的变化关系,即轴承干燥至某一含油量时所需要的干燥时间,其函数表达式为

$$w^d = f(\tau) \quad (1)$$

依此,就可以得出干燥机的所谓干燥曲线⁽¹³⁾如图1就是对该机进行实测后得出的干燥曲线⁽¹³⁾从图中可以看出,轴承的油分最初与干燥时间成直线关系变化,到临界点C后成曲线关系变化⁽¹³⁾

如果以每单位时间,在被干燥的一个轴承的单位面积上所能汽化的油分量表示轴承的干燥速度,其微分方程式可以表达为

$$V = \frac{dw}{F d\tau} \quad (2)$$

由于 $dw = -m^d dw^d$ 则上式可以写为

$$V = -\frac{m^d dw^d}{F d\tau} \quad (3)$$

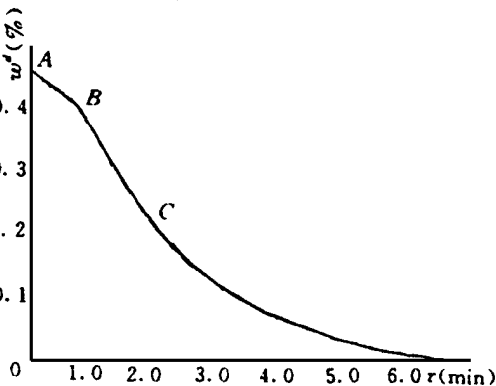


图1 轴承干燥曲线

式中 V ——干燥速度($\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$)

w ——被干燥轴承中除去的油分量(kg)

τ ——干燥所需要的时间(h)

w^d ——轴承含油量干基($\%$)

m^d ——轴承的净重量(kg)

F ——轴承的表面积(m^2)

式中的负号表示轴承含油量随时间增加而减少^[13]干燥时间可由式(3)积分求得

$$\tau = \int_0^{\tau} d\tau = \frac{m^d}{F} \int_{w_1^d}^{w_0^d} \frac{dw^d}{V} \quad (4)$$

由式(4)可知,干燥时间与轴承质量、干燥面积、轴承初始含油干基量及干燥速度有关^[13]因此要计算干燥时间 τ 必须找出干燥速度 V 与干基湿含 w^d 的关系^[13]也就此说明对该机进行干燥曲线的实测的意义^[13]

而由式(1)对 τ 取一阶导数后有:

$$\frac{dw^d}{d\tau} = f'(\tau)$$

$$\text{即 } V = -\frac{m^d dw^d}{F d\tau} = -\frac{m^d}{F} \frac{dw^d}{d\tau} = -\frac{m^d}{F} f'(\tau) \quad (5)$$

依据式(5)就可以方便地将该机的干燥曲线图1改成如图2所示的该机的干燥速度曲线^[13]图2中表明了轴承的干燥速度与轴承所含油分的关系,并且可以明显地看出干燥过程是分阶段进行的^[13]首先是加热阶段,初进入干燥机的轴承温度较低,与干燥介质充分接触后,热介质向轴承表面传热,由于单位时间内所传的热量远远大于表面油分蒸发所需要的热量,所以轴承迅速被加热并且温度很快上升到热干燥介质的湿球温度,同时在此温度下维持动态平衡^[13]这一阶段,轴承温升快、时间短、油分开始蒸发^[13]其次是等速干燥阶段,在这一阶段中轴承温度不再升高^[13]由于轴承在干燥过程中不存在干燥收缩变形、开裂等问题,可以考虑提高干燥速率^[13]在对该机的热工艺参数设计过程中,将此阶段作为重点考虑的特殊环节来进行热工艺参数的优化设计,并取得了明显的设计效果^[13]第三是降速干燥阶段,由于轴承所吸附的油分主要集中在其表面或沟槽内,所以这一阶段经历的时间较短^[13]

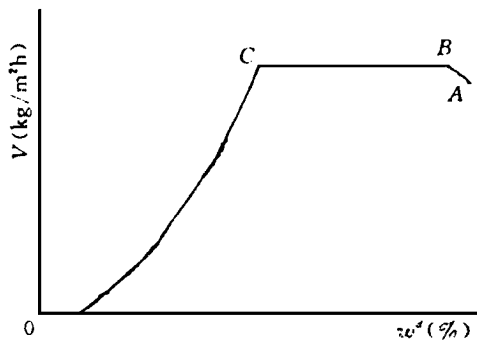


图2 轴承干燥速度曲线

2 影响轴承干燥速度的因素

轴承的干燥是依靠干燥介质的传热和轴承中吸附的油分汽化并向热介质中扩散这两个过程来实现的,显然这两过程进行速度如何直接影响着干燥速度的大小^[13]所以说影响干燥速度的因素,就是影响传热和传质速度的因素^[13]

2.1 干燥介质的温度

干燥介质的温度越高,与轴承的温差越大,则传热量就多,干燥速度自然增大^[13]但是被干燥物是洁净的滚动轴承,而绝对不允许采用热含量极高的烟气直接干燥^[13]由于被干燥物中大量地含有能燃烧的油料,所以干燥介质的温度不能太高,否则将在轴承表面闪燃而留下碳斑,这是决不允许的^[13]

2.2 干燥介质的流速

干燥介质的流速越高,对流传热量越大,同时能不断地更换由于干燥过程而使温度增高的干燥介质^[13]但流速过快,会降低热效率提高干燥成本^[13]

2.3 干燥介质的湿度

干燥介质的相对湿度越低,油分汽化越快,因此干燥速度也就提高^[13]这就要求冷干燥介质进入干燥换热之前,要进行必要的净化除尘处理^[13]

2.4 干燥机的构造

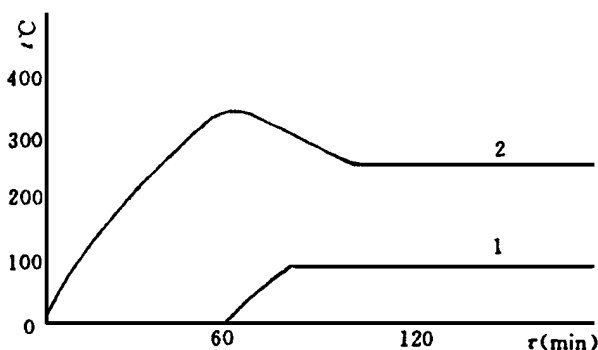
合理的尺寸、结构形式(该机的结构形式在文献[1]已有叙述),良好的密封等,将有利于提高干燥速度^[13]

3 干燥工艺过程中的主要热工参数及性能介绍

经过热平衡计算和热工设计并经样机现场运行后,按实际需要调整后的该机主要热工参数如下:

热介质温度: 100~120℃
 热介质压力: 0.05~0.1Mpa
 热介质流量: 320m³/h
 热介质流速: 4~5m/s
 干燥箱湿度: 65~80℃
 加热箱温度: ≤380℃
 远红外加热器型号:TR-5
 被干燥的轴承型号:197726^[13]

另外,图3所示的是该机工作温度变化曲线^[13]



4 结束语

经过长时间的现场运行和鉴定表明,该机干燥工艺设计合理,热效率高,比同类产品节能35%^[13]有较高的安全性和可靠性,能很好的解决附着有易燃易爆物品的物料的干燥问题^[13]目前,该机已小批量生产^[13]

图3 干燥机工作温度曲线

- 1 干燥箱工作温度曲线
- 2 加热箱工作温度曲线

参 考 文 献

- 1 王小明,熊国良等¹⁹铁路货车轴承远红外自动干燥机设计制造与分析¹⁹机械设计与研究,1995,(4)
- 2 上海化工学院编¹⁹基础化学工程¹⁹上海:上海科学技术出版社,1976
- 3 丁绪淮等编著¹⁹化工操作原理与设备¹⁹上海:上海科学技术出版社,1966
- 4 杨强生¹⁹对流传热与传质¹⁹北京:高等教育出版社,1985

5 刘 谦 19传递过程原理 19北京:高等教育出版社,1990
6 杨世铭 19传热学 19北京:人民教育出版社,1980
7 冯伯华等 19化学工程手册(第四册) 19北京:化学工业出版社,1989
8 桐荣良三 19气流干燥装置 19日刊工业新闻社,1960
9 化学工学学会(日) 19化学工学便览(日) 19丸善株式会社,1978

Investigation and Analysis of the Drying Process of the Bearing Dryer on Railway Trains

Wang Xiaoming

(Mechanical Engineering Department)

Abstract The main focus of this paper is put firstly on the investigation of the drying process of the bearing dryer on railway trains, secondly on the main factors which bring interference upon drying speed. Based on this, a new drying process approach is provided.

Key words bearing drying; drying process

(上接第18页)

参 考 文 献

1 骆振黄 19工程振动导引 19上海:上海交大出版社,1989. 111~130
2 D. J 哈托 19振动分析的矩阵计算机方法 19北京:机械工业出版社,1982. 57~79
3 季文美等 19机械振动 19北京:科学出版社,1985, 182~238

The Method of Building Coefficient Matrix of Motion Differential Equation Directly by Using Multi-Degree-of-Vibration Mechanics Model

Zhong Yue

(Mechanical Engineering Department)

Abstract This paper discusses how to establish coefficient matrixes of motion differential equation of multi-degree-of-vibration system directly.

Key words multi-degree-of-vibration system; differential equation; coefficient matrix