

膏糊状物料气流对流干燥试验研究

周健, 宋健斐, 时铭显

(中国石油大学(北京)化工学院, 北京 102249)

摘要:以分子筛滤饼作被干燥物料,模拟带式干燥机进行了干燥试验研究。考察了气流速度、温度以及干燥时间对物料干燥效果的影响,并与烘箱干燥试验数据进行对比。结果表明:气流速度越高,干燥温度越高,干燥后物料的水分含量越低;带式气流干燥机干燥时间短,处理量大,可以连续操作,干燥效果明显优于箱式干燥器,可以作为膏糊状物料的干燥设备。

关键词:Y型分子筛;干燥;膏糊状物料

中图分类号:TQ051.8

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2007)06-0049-04

Experimental study on characteristics of convective pneumatic drying of sticky materials

ZHOU Jian, SONG Jian-fei, SHI Ming-xian

(College of Chemical Engineering, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Using molecular sieve cakes as experimental materials, the simulative experiment of belt drier was carried out. The influences of the velocity and temperature of hot air and drying time on the drying effect were investigated. The results showed that water content of dried materials was lower if the velocity and temperature of hot air was higher. The belt drier could be used as the drying equipment for sticky materials because it had the advantages of short drying time, big output and continuous operation which were better than that of the box drier.

Key words: Y-type molecular sieve; dryness; sticky materials

在化工和医药产品的干燥过程中,常遇到膏糊状物料的干燥,如:FCC催化剂、分子筛(包括A、X、Y型分子筛及其他择型分子筛)^[1]、氧化铝凝胶和一些医药中间体的干燥等。由于这些物料粘结性强,粒度较细(0.5~50.0 μm),在送料、干燥、卸料等方面存在诸多问题。这些难题多年来一直困扰着相关领域的工程技术人员。对这些物料的干燥处理,一方面难以选择合适的干燥设备,另一方面,干燥效果也不理想^[2]。目前的干燥方法仍以烘箱、隧道窑干燥,或制备成浆液状后再闪蒸干燥等传统方法为主。这些干燥方法存在很多缺点,如物料与干燥介质接触不充分、干燥时间长、工序比较复杂、能耗较高等^[3],此外,在干燥过程中有时还要求高温下人工翻动物料和卸料,操作环境比较恶劣。带式干燥机是一种比较新型的干燥设备,具有连续操作、热利用率高等优点。在对高黏糊状物料进行干燥时,被干燥物料随输送带移动,物料颗粒间的相对位置比较固定,具有基本相同的干燥时间,物料在干燥带上不受任何冲击、碰撞和磨损等,物料颗粒不易破碎、粉化,比较适合膏糊状物料的干燥。

笔者以Y型分子筛作为被干燥物料,模拟带式干燥机进行干燥试验研究,考察了气流温度和速度对分子筛滤饼干燥性能的影响,并与干燥箱内的干燥试验效果进行了对比。

1 试验装置

图1是带式干燥机的干燥过程示意图。

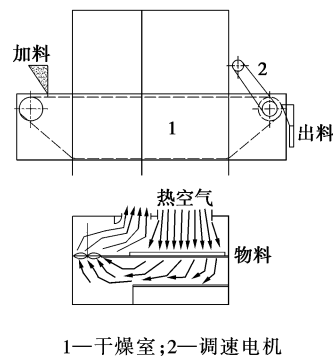


图1 带式干燥机示意图

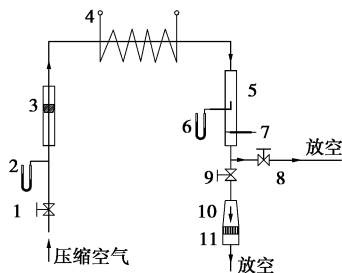
干燥的物料由进料段经加料装置被均匀分布到输送带上,输送带通常用多孔不锈钢板(或密织不锈钢丝网)制成,输送带由调速电机带动。干燥介质是

收稿日期:2007-01-17

作者简介:周健(1963-),男,博士,教授级高工,研究方向为催化剂制备工程;宋健斐(1979-),女,博士生,讲师,主要从事多相流与分离技术的研究,通讯联系人, flysheep04@126.com。

热空气,空气用循环风机由外部经空气过滤器吸入,经加热器加热后,经分布板由输送带下部垂直上吹。空气流过干燥物料层时,物料中水分气化,空气增湿、温度降低,物料得到干燥。部分湿空气排出箱体,另一部分则与循环风机吸入新鲜空气混合后再循环。为了使物料下层和上层干燥均匀,在热空气上吹后,向下吹气。最后干燥产品由干燥带排出。

模拟带式干燥机的试验装置见图 2。



1—针型阀;2—U 型压力计;3—转子流量计;4—管式电加热炉;
5—热空气测量管道;6—皮托管测速计;7—玻璃温度计;8—球阀 1;
9—球阀 2;10—气体扩张段及整流网格;11—过滤网干燥盒;

图 2 模拟带式干燥机试验装置

压缩空气经针型阀、转子流量计进入管式电加热炉,经加热炉加热后,热空气经弯头、热空气测量直管段、球阀 1、扩张段、整流网格后进入干燥盒;气体穿透装有滤饼的干燥盒滤网,从下部出口排出,或者经球阀 2 前的横管段、球阀 2 排空。其中压缩空气的气量由针型阀、转子流量计和 U 型压力计控制;气体的加热温度由加热炉的调压器控制;加热后的热空气的流量由直管段的标准皮托管测得。干燥

热空气的温度由温度计测得;要求干燥的物料放入干燥盒中,干燥盒为 60 mm × 60 mm 的方盒,另一段装有 200 目不锈钢丝网,可以挡住滤饼穿透。由于扩张段的扩散角较小,气流经过扩张段和整流网格,可形成一维均匀的流场,从而使热气体均匀稳定地穿过所要干燥的物料。

压缩空气的总用量为 2 ~ 40 m³/s,加热炉的电功率为 2 kW,空气可加热到 250℃,热空气穿透干燥盒的速度可在 1.0 ~ 2.7 m/s 调节。

2 试验原料及试验步骤

2.1 试验原料

样品的来源:试验采用的分子筛滤饼取自某厂的生产线,水含量为 65%(质量分数)。

样品含湿量的测定:取一定量的样品,经在马弗炉内 800℃焙烧 1 h,测其焙烧前后的质量变化,便可算出滤饼的含湿量。

2.2 试验步骤

(1) 试验流程如图 2 所示。开启球阀 2,关闭球阀 1,将试验装置供上压缩空气,预加热到要求的温度,精确调节针型阀、加热电压,根据皮托管的动压差、静压和温度计,控制热空气的温度和热空气的流量到所要求的值。

(2) 记录下转子流量计的读数,流量计前 U 型压差计的读数,记录下热空气的温度、皮托管的动压差、静压等参数。

(3) 将分子筛滤饼放入干燥盒中,滤饼形状均匀,

(上接第 48 页)

随 FMA 用量的增加,PFA 接触角增大,表现出良好的疏水性。FMA 质量分数 10%(PFA-10)时,接触角为 73.9°,FMA 质量分数 50%(PFA-50)时,接触角为 100.5°;120℃热处理 24 h 后,PFA-10 的接触角就上升到 100.3°,与未热处理的 PFA-50 水平相当。使用少量含氟单体能获得高疏水性共聚物。

参考文献

- [1] 程时远,陈艳军,王康丽.含氟丙烯酸酯三元共聚物乳液的研究[J].高分子学报,2002(5):560-565.
- [2] 张庆华,詹晓力,陈丰秋,等.氟代丙烯酸酯三元共聚物细乳液的合成与表征[J].高等学校化学学报,2005,26(3):575-579.
- [3] 陈沛智,陈艳军,严斌.甲基丙烯酸全氟烷基乙酯与丙烯酸酯共聚物乳液的制备[J].涂料工业,2002,32(10):11-14.
- [4] Richard R, Thomas D R, Anton W F, et al. Preparation and surface properties of acrylic polymers containing fluorinated monomers [J]. *Macromolecules*, 1997, 30:2883-2890.
- [5] Landfester K, Rothe R, Antonietti M. Convenient synthesis of fluorinated latexes and core-shell structures by miniemulsion polymerization [J]. *Macromolecules*, 2002, 35:1658-1662.
- [6] Morita M, Ogisu H, Kubo M. Surface properties of perfluoroalkylethyl acrylate/n-alkyl acrylate copolymers [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 1999, 73(9):1741-1749.
- [7] 陈艳军,王艺峰,陈沛智.甲基丙烯酸六氟丁酯-丙烯酸酯共聚物乳液研究[J].涂料工业,2005,35(9):28-32.
- [8] 林义,余自力,徐彬.含氟丙烯酸酯三元共聚乳液的制备及表征[J].高分子材料科学与工程,2005,21(5):63-66.
- [9] 秦总根,涂伟萍,夏正斌,等.室温自交联含氟乳液聚合反应的稳定性研究[J].高校化学工程学报,2004,18(6):782-788.
- [10] 赵兴顺,丁小斌,张军华,等.含氟丙烯酸酯共聚乳液及其膜表面特性的研究[J].高分子学报,2004(2):196-200.
- [11] 汪海伟,袁莽龙,吴树森.含氟丙烯酸酯乳液及膜表面性能[J].华东理工大学学报:自然科学版,2006,32(6):648-654.
- [12] 兰云军,周建飞,鲍利红,等.关于欧盟对 APEO 的使用限制及我国皮革工业应采取的对策[J].西部皮革,2006,28(2):5-8. ■

装入厚度为 9~10 mm;开启球阀 1,关闭球阀 2,让空气从旁路放空;将干燥盒装入管路中,此装入盒是快开连接装置,试验中可尽量减少干燥盒在外部空气的停留时间。

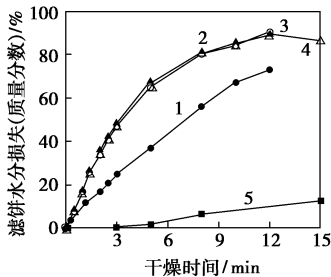
(4)打开球阀 2,关闭球阀 1,记录干燥时间;当到达要求的干燥时间时,打开球阀 1,关闭球阀 2,拆卸下干燥盒,用天平测其水分损失量。

(5)重复步骤(3)、(4),直到试验结束。

3 试验结果

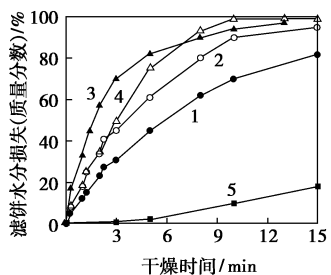
3.1 相同温度下气流对流干燥与干燥箱干燥试验的对比

图 3、图 4 和图 5 分别为 120、150、200℃时,干燥箱和气流对流干燥的试验结果对比,气流对流干燥



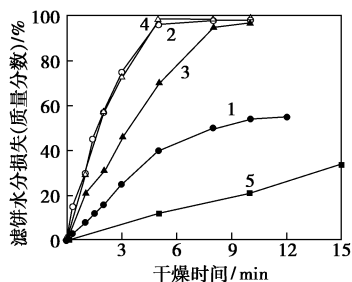
气流对流干燥风速:1—1.0 m/s;2—1.5 m/s;3—2.0 m/s;
4—2.5 m/s;5—干燥箱

图 3 干燥温度为 120℃时干燥效果对比



气流对流干燥风速:1—1.0 m/s;2—1.5 m/s;3—2.0 m/s;
4—2.5 m/s;5—干燥箱

图 4 干燥温度为 150℃时干燥效果对比



气流对流干燥风速:1—1.0 m/s;2—1.5 m/s;3—2.0 m/s;
4—2.5 m/s;5—干燥箱

图 5 干燥温度为 200℃时干燥效果对比

的气流速度分别为 1.0、1.5、2.0、2.5 m/s。

由图 3、图 4 和图 5 可见,相同温度下,气体对流干燥速度远远高于干燥箱的干燥速度。比如,要将分子筛滤饼的湿含量(质量分数,下同)由 65% 降到 30%,在干燥温度为 120℃时,干燥箱干燥要经过 50 min,气流对流干燥在气流速度为 1.0 m/s 时,约 8 min 完成;在气流干燥速度为 2.0~2.5 m/s 时,约 3 min 即可完成。在干燥温度为 200℃时,干燥箱干燥要经过 20 min 将分子筛滤饼的湿含量由 65% 降到 30%,气流对流干燥在速度为 1.0 m/s 时,约 6 min 完成,在气流干燥速度 2.0~2.5 m/s 时,约 3 min 完成。

若要求滤饼的湿含量更低,比如降到 15%~20%时,在干燥温度为 120℃的条件下,干燥箱干燥需要更长的时间;气流对流干燥在气流速度为 1.0 m/s 时,约 12 min 即可完成;在气流速度为 2.0~2.5 m/s 时,仅需 7 min 即可完成。在干燥温度为 200℃的条件下,干燥箱干燥要经过 20 min 可将分子筛滤饼的湿含量由 65% 降到 30%,气流对流在气流速度为 1.0 m/s 时,10~12 min 即可完成干燥过程;在气流速度为 2.0~2.5 m/s 时,约 3 min 可完成干燥过程。在 200℃时,若采用气流速度为 2.0~2.5 m/s 的气流对流干燥,经 6 min 后,分子筛滤饼的湿含量可降低到 5% 以下,若采用干燥箱干燥则需要更长的时间才能达到同样的结果。

3.2 相同温度下气体干燥速度对分子筛滤饼干燥性能的影响

由图 3、图 4 和图 5 可见,相同温度条件下,气流干燥速度越高,滤饼的水分损失量越大。在干燥初期,气流穿透速度对干燥效果的影响不明显。随着时间的推移,滤饼中的水分逐渐减少,滤饼的空隙率增大,热气流与物料的接触面加大,使干燥速度加快。气流穿透速度越高,滤饼的水分蒸发量明显增大;因此,当需要较低湿含量的分子筛滤饼时,可选用 2.0 m/s 以上的气体干燥速度,可在较短的时间内达到所要求的干燥效果,另外还可减少设备投资。

3.3 相同气体流速下不同干燥温度对分子筛滤饼干燥性能的影响

由图 6 至图 9 可知,相同气流干燥的速度条件下,干燥温度越高,滤饼的水分损失量越大。在干燥初期,气流干燥温度的影响不明显,随着时间的推移,滤饼的水分蒸发量随气流温度升高,滤饼的水分蒸发越快,因此,当对分子筛滤饼湿含量要求不高时,可选用 120~150℃的干燥温度,若要求滤饼的湿

含量较低,可选用150~200℃的干燥温度。

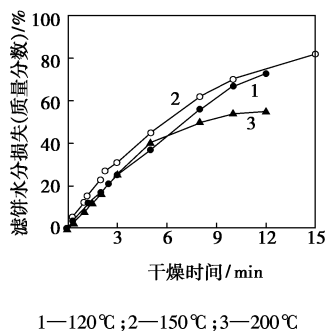


图6 干燥气流速度为1.0 m/s时干燥效果对比

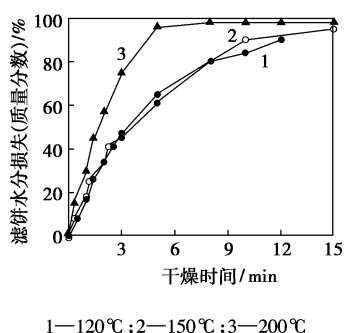


图7 干燥气流速度为1.5 m/s时干燥效果对比

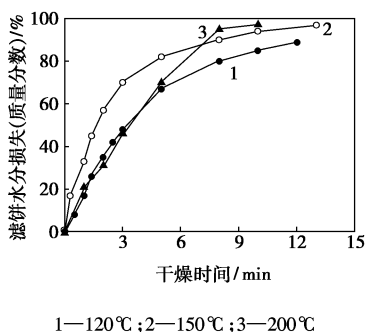


图8 干燥气流速度为2.0 m/s时干燥效果对比

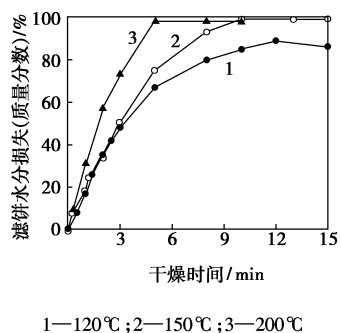


图9 干燥气流速度为2.5 m/s时干燥效果对比

从试验结果可知,物料为干燥膏糊状物料时,对流传热的干燥效果同样优于辐射传热的干燥效果,选用气流式穿透干燥方式,干燥时间短、温度低,节

约操作费用。在对流干燥初期(1.5 min以内),气流干燥的温度和速度对分子筛滤饼的水分蒸发影响不明显;随着干燥时间的延长,气流干燥的温度和速度对分子筛滤饼的水分蒸发影响越来越突出,特别是气流速度的影响更为突出。因此,当要求物料的湿含量适中时,可选用低温120~150℃的干燥温度,气流速度低于1.5 m/s,当要求物料水含量较低时,可选用较高的温度如150~200℃,气流速度选择1.5~2.5 m/s。

4 结语

(1)在膏糊状物料的干燥过程中,气流对流式干燥明显优于干燥箱式干燥,具体表现在干燥时间较短、干燥效果较好,在设备操作时可以根据实际情况调节多种操作参数,如气流速度、热风温度、干燥带运行速度等,达到优化操作、降低能耗的目的。

(2)在相同温度下,热风速度越高、被干燥物料达到一定水含量所需要的时间越短;同样,在热风速度一定的条件下,热风温度越高,干燥时间越短。

(3)干燥初期,由于滤饼空隙充满水分,因此适当提高热风温度和气流速度对干燥效果影响不明显。随着水分蒸发、空隙率加大,提高气流温度和速度可以使干燥速度迅速加快,但当干燥过程进入降速干燥阶段时,热风温度和速度的调节对干燥效果的影响逐渐减弱。

(4)对膏糊状物料的干燥,尤其是批量生产或干燥过程为某个工艺的生产步骤时,可以根据物料的性质,设计生产带式干燥设备,这样不仅使整个生产连续化、提高生产效率、降低劳动强度,还可以综合利用能量、降低能耗。

现有膏糊状物料的干燥技术如直管干燥、旋转闪蒸干燥、喷雾干燥、箱式干燥存在进出风温差较大、能耗较高等诸多不足。由于带式干燥机的干燥过程在稳定的温度场中进行,因此带式干燥具有能耗较低、物料性状保持较好(尤其是热敏物料性状)的特点,具有一定的工业应用价值。

参考文献

- [1] 张继光. 催化剂制备过程技术[M]. 北京:中国石化出版社,2004: 166-173.
- [2] 潘永康,王喜忠. 现代干燥技术[M]. 北京:化学工业出版社,1998.
- [3] 孟巍,孟祥春. 气流式旋转闪蒸干燥器[J]. 化工装备技术,1998, 19(3):37-39. ■