

集成创新热压过滤干燥固液分离技术的研究

周明远, 于伟, 关杰

(上海第二工业大学城市建设与环境工程学院, 上海 201209)

摘要: 简述了集成创新热压过滤干燥固液分离技术原理及其简捷、节能和高效的技术特点, 介绍了以干燥压滤机为核心的工艺系统和干燥压滤机的主要结构。以锐钛银白珠光颜料为试样, 试验研究了系统的工艺参数, 结果表明: 干燥板温度 85℃, 热压干燥时间 60 min, 滤饼最终水分质量分数 14.8%, 产品脱水分离周期由原工艺的 17.5 h 缩短至 1.5 h, 节约能耗 37%。

关键词: 热压过滤干燥; 干燥压滤机; 固液分离; 集成

中图分类号: TQ028.53; TQ051.85

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2010)02-0074-04

A study on separation of solid-liquid by an integrated technology of thermo-compression with filtration and drying

ZHOU Ming-yuan, YU Wei, GUAN Jie

(School of Urban Construction and Environmental Engineering, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

Abstract: The principle of thermo-compression-filtration-drying technique and its technical characteristics is indicated, the technology has the characters of simple, energy-saving and high efficient. The process system with dryer-filter press as the core and the major structure of the dryer-filter press are introduced. The system's parameters are studied with anatase satin silver pearlescent pigment as the trial sample, which runs under the conditions: drying plate temperature of 85℃, thermo-compression drying time of 60 min. The result show that the final mass ratio of moisture of filtration cake is 14.8%, the production period shortened from 17.5 h to 1.5 h, and the energy consumption is saved by 37%.

Key words: thermo-compression filtration-drying; dryer-filter press; solid-liquid separation; integration

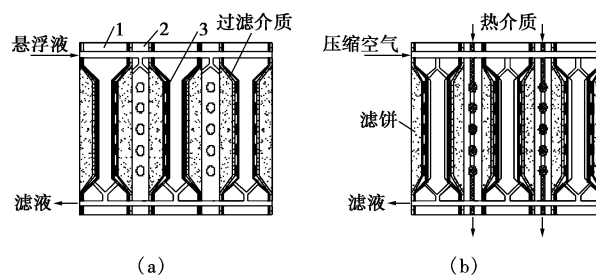
机械过滤与热力干燥为化学工程两种基本固液分离工艺单元, 广泛应用于化工生产和质量保证等工艺环节^[1]。机械过滤为悬浮液初步固液分离与回收, 存在固液分离的极限, 一般需后续热力干燥作业, 实现彻底的固液分离, 甚至使固体水分质量分数达到 0.1% 以下, 但热力干燥工艺复杂, 且为耗能作业, 应用受限。研究过滤单元突破固液分离极限, 达到热力干燥的分离效果, 对促进化工生产技术进步和节能降耗具有重要意义^[2]。

热压过滤干燥是机械过滤与热力干燥集成创新的交叉技术, 可一次性将悬浮液物料分离成滤液水和干燥的粉体物料。国外研究结果是以 90℃ 左右热水为热源, 作业循环时间约 10 h^[3], 本文中则是以导热油或饱和蒸汽为热源, 进行了原理、工艺参数和工业应用方面的研究。

1 原理与技术特征

如图 1 所示, 热压过滤干燥由形成饱和滤饼的

热压过滤和热压干燥 2 个阶段构成, 在传统箱式压滤机滤板之间加入干燥板, 待滤室内悬浮液过滤形成饱和滤饼后(图 1a), 进入热压干燥脱水阶段(图 1b), 即在单一压滤设备上连续实现悬浮液的热压过滤和热压干燥脱水全过程^[2]。



1—凹腔滤板; 2—干燥板; 3—挤压隔膜

图 1 热压过滤干燥脱水原理

受过滤推动力、滤层渗透性以及液体与固体自身物理性质的限制, 机械去饱和力受到制约, 热压过滤饱和滤饼存在极限剩余饱和度所决定的脱水极限^[4], 随后进行的热压干燥阶段包括 3 个操作

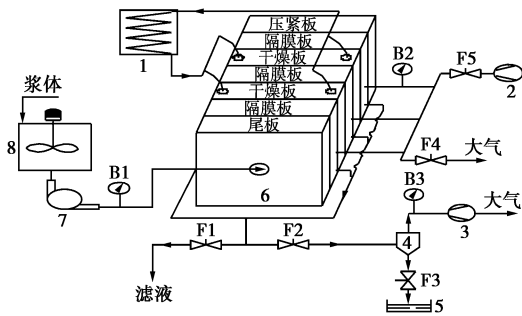
过程^[5]:①干燥板内通入热介质(如蒸汽),将干燥板加热,靠近干燥板的滤饼毛细管水开始传导受热而蒸发,所变成的蒸汽急剧膨胀,驱使其外侧毛细管水以液态形式涌出滤饼表面;②滤室抽真空,降低其内滤饼物料所含液体的气化温度;③隔膜挤压滤饼,进一步脱水的同时,保持滤饼与干燥板处于接触状态。

其明显的技术特征有^[2]:①可在单一设备上实现悬浮液过滤和干燥功能,突破机械脱水的极限,达到热力干燥的脱水效果;②达到同样的干燥脱水效果,仅需将其中部分水分气化,其余水分靠滤饼自身产生的蒸汽压力推动力予以脱除,所需热能仅是为脱水提供推动力,而常规干燥脱水则需将全部脱除水分气化,所需热能是干燥传质传热的需要,故节能效果显著;③控制滤饼内毛细管水负压气化,使水的饱和蒸汽温度低于大气条件下水的气化温度,加速靠近干燥板部分毛细管水分的气化,提高作业效率;④与其他干燥方式相比,无除尘回收系统,固体回收率100%。

2 工艺参数试验研究

2.1 试验系统

图2为以干燥压滤机为核心的试验系统,包括入料系统、压风系统、热介质系统和滤液水与真空系统。试验主机公称过滤面积2 m²,采用导热油加热方式。试样为锐钛银白珠光颜料,粒径 < 15 μm。



1—导热油炉;2—空压机;3—真空泵;4—汽水分离器;
5—滤液水槽;6—试验干燥压滤机;7—入料泵;8—搅拌桶

图2 热压过滤干燥试验系统图

2.2 工艺参数试验

物料条件一定,热压过滤形成饱和滤饼的水分取决于入料浓度、入料压力和入料时间等因素,试验重点研究热压干燥的工艺参数。

(1) 滤室真空负压影响

热压过滤在滤室内形成饱和滤饼后,控制不同热压干燥时间进行试验1~14(试验序号,下同),其中,试验1~7滤室未抽真空,试验8~14通过滤液

水管道对滤室抽真空,真空度0.07 MPa。试验结果如表1、表2和图3所示,相同热压干燥时间,抽真空比无真空条件所获滤饼水分低,且随着时间延长,效果越明显,获得相同质量分数17.26%的水分,真空操作比无真空操作可缩短热压干燥时间10 min。

表1 无真空脱水试验

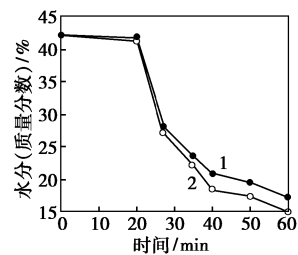
试验序号	1	2	3	4	5	6	7
热压干燥时间/min	0	20	27	35	40	50	60
水分质量分数/%	42.10	41.80	27.96	23.41	20.79	19.46	17.26

注:热压过滤时间22 min,干燥板温度85℃,真空操作。

表2 真空气化脱水试验

试验序号	8	9	10	11	12	13	14
热压干燥时间/min	0	20	27	35	40	50	60
真空度/MPa	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
水分质量分数/%	42.10	41.30	26.96	22.11	18.37	17.26	14.80
热压干燥脱水质量/kg	—	0.10	1.14	1.45	1.66	1.75	1.89
脱水速率/kg·(m ² ·h) ⁻¹	—	1.47	9.83	8.51	8.11	6.42	5.54

注:热压过滤时间22 min,干燥板温度85℃。



真空度/MPa:1—0;2—0.07

图3 真空度影响水分曲线

(2) 干燥板加热温度影响

热压干燥时间35 min不变,设定不同干燥板温度进行试验15~21,试验结果如表3和图4所示。相同热压干燥时间条件下,干燥板温度升高,滤饼水分明显降低,当温度135℃时,滤室出现未充满滤饼现象;温度145℃时,滤室同样未充满滤饼,且拉开各板卸饼时,伴随有粉尘爆发。分析其原因是热压过滤期间,干燥板温度过高,将入料浆体水分直接气化成蒸汽,占据滤室空间,随着热压干燥时间的延长,滤室内蒸汽压力升高,影响后续入料泵进料,正常固液分离作业受到影响,所以,实际操作并非干燥板温度越高越好。根据试验结果,考虑滤液水负压气化效应,控制干燥板温度高于69℃;考虑防止热压过滤期间入料浆体水分气化影响过滤作业,控制干燥板温度低于125℃。

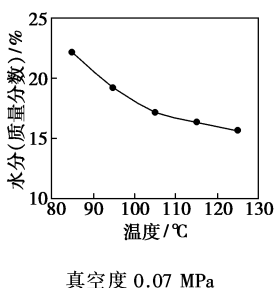


图 4 热压干燥温度影响水分曲线

(3) 热压干燥脱水速率

热压干燥脱水速率定义为单位时间和单位干燥板热传导面积脱出滤饼水分的质量。相同干燥板温度、不同热压干燥时间,脱水速率由小到大,又由大到小变化(图 5);相同热压干燥时间、不同热压干燥温度,脱水速率随干燥板加热温度升高而增大,但随着温度继续升高,增长幅度趋缓(图 6),所以应控制最终水分与脱水速率的对应关系,实验结果见表 3。

表 3 干燥板温度与脱水速率实验

试验序号	15	16	17	18	19	20	21
干燥板温度/°C	85	95	105	115	125	135	145
真空度/MPa	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
水分质量分数/%	22.11	19.13	17.08	16.34	15.60	—	—
脱水速率/ kg·(m ² ·h) ⁻¹	7.75	8.51	9.56	9.98	10.30	—	—
备注	正常	正常	正常	正常	正常	滤室未	粉尘爆发

注:热压过滤时间 20 min,热压干燥时间 35 min。

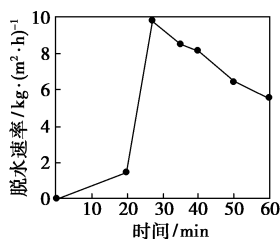


图 5 脱水速率相对时间曲线

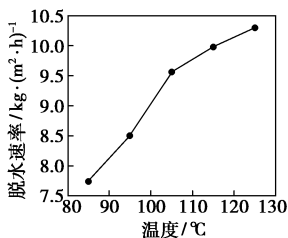
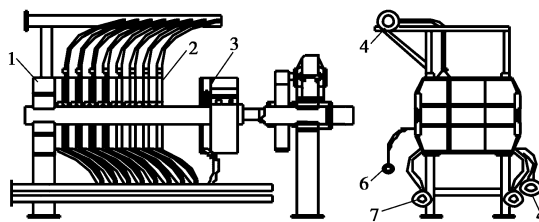


图 6 脱水速率相对温度曲线

3 干燥压滤机研究设计

干燥压滤机为该项技术的核心,将原本独立的压滤操作和热力干燥操作合二为一。图 7 是干燥压滤机总体设计简图,它包括机架、干燥板、热压隔膜滤板、入料管路、热介质进出管路、压缩空气管路和滤液与真空管路等。所有干燥板和热压隔膜滤板间隔置放在机架上,构成若干热压过滤干燥单元,各管路系统总管通过软管与各连接处连接^[6]。

热压过滤同压滤机工作方式一样,各板压紧,中心入料,滤液水流出,滤室内形成饱和滤饼,之后的热压干燥包括各干燥板通入热介质,压缩空气隔膜挤压滤饼和滤室抽真空,直至拉开各板卸出干燥滤饼,完成 1 个周期的循环。热介质循环系统的流体热介质可以是饱和蒸汽,也可以是导热油,均为闭路循环系统。



1—机架;2—干燥板;3—热压隔膜滤板;4—热介质进管;
5—热介质出管;6—压缩空气管;7—滤液与真空管路

图 7 干燥压滤机总体设计简图

4 化工应用

锐钛银白珠光颜料为精细化工产品之一,是一种高折射率的片状结晶物,由进口优质云母经浸泡、细磨后,利用液相法在其扁阔光滑的表面涂覆一层高折射率的金属氧化物透明薄膜而成,最细者粒径在 10 μm 以下^[7],目前其最终产品脱水回收工艺分 3 步完成:①产品悬浮液自流入真空抽滤槽,经 4 h 真空脱水分离,得到水分 40%~50% (质量分数)的湿滤饼;②滤饼由人工分装在干燥盘上,置于滑车上,由一端推入隧道式干燥窑,烘干 13 h 后,滑车由另一端推出,出料水分质量分数 3%~5%,其占地面积大,热效率非常低;③隧道式干燥窑产品再经气流式干燥器,将产品水分干燥至 0.5%。

三段脱水回收工艺存在问题:①工艺环节多,劳动强度大和作业环境差;②生产效率低,整个脱水作业周期长达 17.5 h,影响产量和企业经济效益;③经 2 道干燥工序,滤饼水分质量分数由 40%~50%

降至0.5%,所脱出去的水全部转变成蒸汽排入大气,能耗问题相当突出,脱水成本占总生产成本的50%以上。

为此,在某精细化工公司装备1套以GYJ20/800型干燥压滤机为核心的热压过滤干燥固液分离工业试验系统,回收处理锐钛银白珠光颜料。加热介质为饱和蒸汽,因处理的物料不能有任何污染,所以,设备关键部件采用不锈钢材料,关键部位喷涂聚四氟乙烯,既耐高温又耐腐蚀。结果表明,锐钛银白珠光颜料悬浮液一次性分离成含水分质量分数14.8%的干燥滤饼和清澈的滤液水,循环时间1.5 h,产量200 kg/h,省去隧道式干燥器干燥环节,干燥滤饼直接送入气流干燥器干燥至水分质量分数0.5%。

改进的效果:①工艺环节简化,劳动生产率提高,分离作业周期由17.5 h缩短至1.5 h,作业环境改善;②干燥蒸发水量减少47%,节约能耗37%,生产成本降低。

5 结论

(1)集成创新包括机械过滤与热力干燥的热压过滤干燥固液分离技术,可突破机械脱水的极限,一次性将悬浮液物料分离成清澈滤液水和干燥的粉体

物料,简化了生产工艺。

(2)对滤室抽真空可缩短热压干燥时间,具有节能和高效的特点。

(3)干燥板适宜温度为85~125℃。

(4)应用于珠光颜料生产企业,产品固液分离回收工艺由原三段变成二段,生产工艺简化,产品固液分离作业周期由17.5 h缩短至1.5 h,干燥蒸发水量减少47%,节约能耗37%。

参考文献

- [1] 陈敏恒,丛德滋,方图南,等.化工原理(下册)[M].3版.北京:化学工业出版社,2008:80-87.
- [2] 周明远.热压过滤干燥脱水原理与技术的研究[D].北京:中国矿业大学,2008.
- [3] Peuke U A, Stahl W. Steam pressure filtration: Mechanical-thermal dewatering process[J]. Drying technology, 2001, 19(5): 807-848.
- [4] Wakeman R J. Vacuum dewatering and residual saturation of incompressible filter cakes[J]. International Journal of Mineral Processing, 1976(5): 193-206.
- [5] Peuke U A. Erweiterung der modellvorstellung der zentrifugalenfeuchtung-berücksichtigung der mechanisch-thermischen entfeuchtung[J]. Chemie ingenieur technik, 2003, 75(9): 1237-1249.
- [6] 周明远.干燥压滤机的研究与应用[J]. 矿山机械, 2008, 36(3): 99-102.
- [7] 徐扬群.珠光颜料的制造加工与应用[M].北京:化学工业出版社,2005:80-87. ■

艾默生智能无线技术验证了安装在英国 BP Dalmeny 码头储罐保护系统上的温度监测方案

BP 勘探公司的 Dalmeny 海岸码头安装了艾默生过程管理的无线温度变送器。安装结束后,无线网络便即刻确认储罐现有的系统能够提供必要的保护措施。

Dalmeny 地处英国爱丁堡附近,可常年储存 400 万桶来自于 Forties 油田的原油。8 个直径为 40~50 m 的储油罐相互连接,用来调整油井与储油罐或冶炼厂输油管道之间的流量。

BP 已经在储罐的一边安装了油温测量设备,但是由于容器的尺寸较大,储罐边缘和中心的温度会有明显差异,因此需要大量测量数据来确定温度差异。这就出现了挑战,因为储罐需要一直使用,导致安装温度传感器变得无法实现。

没有适当的温度测量,储罐就不能很好地工作,这为安装必要的仪器提供了很好的机会。但是,这些特殊储罐没有布线设施,所以如果 BP 安装有线变送器,就必须安装电缆回复系统来处理储罐浮顶问题。这将花费 15 000 美元。

无线技术显然是一种经济的方案,鉴于 Wytch 油田已成功使用艾默生智能无线技术检测井口环空压力的经验, BP 相信艾默生的无线方案也同样适用此次应用。

储罐上安装了 2 台 Rosemount[®] 无线温度变送器,以验证整个容器是否存在温度差异,1 台放在中央,另 1 台放在 2/3 处。此外还有 1 台变送器安装在主进料口。变送器的位置距安装在控制室外墙上的智能网关所在的距离大概是

300 m,通过串行连接,数据由网关送达原有的 SCADA 系统。根据智能无线变送器的数据,BP 发现在容器的不同位置不存在明显的温度差异。

BP 通过智能无线设备持续测量储油罐的原油温度。无线变送器是自组织网络的一部分,作为网络的一部分,2 台备用的无线变送器安装在关键位置作为中继器。尽管距离很长,但是所有的无线设备可以通过网关进行直接通信而不用通过中继器。备用的变送器通过向通往网关的数据提供冗余路径来增加网络安全性。无线自组织网络会自动为阻塞的信号重新寻找路径,使通讯可靠性达到 99% 以上。无线基础设施能够快速和方便地增加新的无线设备。

安装智能无线设备非常简单,完成整个工程包括到 SCADA 系统串行链接的配置仅需 1 天。无线网络采用艾默生的 AMS Suite 预测维护软件进行管理。网络自安装运行以来一直非常可靠,从未发生数据丢失的情况。

SmartWireless 是艾默生现场仪表和工厂运行方案——PlantWeb 数字工厂结构的延伸。除了已经安装在 Dalmeny 码头的智能无线方案,艾默生还提供其他各种无线现场仪表,包括 Fisher 阀位监测器、Rosemount Analytical 分析仪和机械设备状态管理设备以及与 AMS Suite 预测维护软件、DeltaV 数字化系统和 SmartStart[™] 服务连接的本地无线接口。(马)