

超声对含油浮渣脱水性能的影响

朱勇军¹, 韩萍芳²

(1. 南京工业大学城市建设与安全环境学院, 南京 210009; 2. 南京工业大学制药与生命科学学院, 南京 210009)

摘要: 扬子石化炼油厂目前年产含油浮渣 15000 吨左右, 由于含水率过大导致处置困难, 利用价值不高。采用超声波辐照法对含油浮渣进行预处理, 沉降一段时间后可降低其含水量, 从而减少浮渣体积, 达到简量化的目标。实验结果给出了达到最佳脱水效果时各影响因素如超声频率、声强、作用时间、沉降时间及沉降温度等的最适宜值。与原有采用添加絮凝剂过滤工艺相比较, 具有一定的优越性: 即在达到相同效果下, 无需使用絮凝剂, 从而降低含油浮渣的脱水成本; 同时, 在同样的沉降条件下, 超声作用后的浮渣含水率更低。

关键词: 含油浮渣; 超声波; 脱水

中图分类号: TE992.3, O644.3, X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2008)-01-0049-04

Effect of ultrasound on the dehydration of oily scum

ZHU Yong-jun¹, HAN Ping-fang²

(1. College of Urban Construction and safety & Environmental Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009; 2. College of Life Science And Pharmaceutical Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: About 15000t of oily scum with high water-containing can be produced per year by Yangtze Petrochemical Refinery. Experiments of using ultrasound pre-processing to reduce water-containing, as well as reduce the volume of the oily scum have been made. Results give the optimum values of some factors influencing dehydration effect, such as frequency, intensity, lasting time of ultrasound, sedimentation time and temperature. Comparing with the original technology of adding flocculants into the scum, the ultrasound method is obviously superior in saving the depletion of flocculants to make the processing cost much lower for the same effect, and meantime in making the water-containing of the oily scum lower under the same condition of sedimentation.

Key words: oily scum; ultrasound; dehydration

1 引 言

含油浮渣通常产生于石化企业油气田和炼油厂生产过程中的含油污水脱油净化处理单元。现阶段普遍使用铝系无机混凝剂, 对炼油厂污水进行混凝预处理, 由此而产生大量的含油浮渣, 其组成一般为: 含水 70%~95%, 含油 4%~30%, 固体含量 5%~7%^[1], 其中大部分水是以自由水的形式存在。含油浮渣的热值^[2]超过 16MJ/kg, 因而具有很高的回收

利用价值, 但其本身的高含水率影响了它的进一步利用, 因此对浮渣进行脱水的预处理是关系到浮渣有效利用的关键步骤。

目前含油浮渣的脱水方法主要有板框压滤和离心脱水工艺, 处理后滤饼的利用率很低, 同时设备投资大也是制约这些工艺发展的瓶颈。

超声波脱水是基于超声波作用于性质不同的流体介质所产生的位移效应来实现的^[3,4,5]。处理效果同时也会取决于所处理的介质^[6]。由于位移效应的存在, 浮渣中的水“粒子”不断向波幅或波节移动, 同时水滴之间也不断碰撞并聚集成直径较大的“粒子”, 从而加大了水滴的沉降速度, 并与浮渣分离。同时超声波还可产生局部发热、声射流以及空

收稿日期: 2007-01-29; 修回日期: 2007-05-05

作者简介: 朱勇军(1982-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为超声技术在废水处理中的应用。

通讯作者: 韩萍芳, E-mail: hpf@njut.edu.cn

化等物理化学作用,同样可以影响浮渣的脱水性能。也有专利^[7]表明:初始含油浮渣经初沉后,脱去部分水,调节 pH 值至弱碱性,将絮凝剂(聚合氯化铝铁、聚丙烯酰胺)加入到浮渣中,搅拌混合均匀后,送至超声波处理段,作用数分钟后进入沉降罐或沉降池中进行浮渣脱水分离,脱水后浮渣含水率显著降低。

本实验以扬子石化炼油厂含油浮渣的减量化处理工艺为例。针对该厂提供的含油浮渣,采用超声波作用的方法,考察了单独超声辐射对浮渣脱水性能的影响,并探讨了达到最佳脱水效果时各个影响因素的适宜值。另外,超声波破乳脱水与延迟焦化处理工艺相结合,可以达到含油浮渣资源化的目标,并可解决环保问题。

2 浮渣超声波脱水实验

文献表明^[8]:超声波对各种类型的乳状液均能破乳。

2.1 实验条件

本实验所有批次浮渣均由扬子石化炼油厂提供,但各个批次的初始含水率不同,性质差异也较大。此外,在测定含水率的实验中,需用到的药品有共沸液(二甲苯)。

实验仪器主要有水槽式超声波发生器、示波器、水听器、铁架台、蒸馏含水分析仪、恒温水浴、分析天平、分液漏斗等。

2.2 实验方法

实验采用蒸馏法(GB8929-88)测定含油浮渣的含水率。

为减少因实验设备而带来的误差,实验采用同一套含水分析仪。具体步骤是:首先测定原始浮渣的含水率,然后用水槽式超声发生器对其进行超声作用,静置一段时间后用分液漏斗分出上层,摇匀余下部分浮渣,再次测定含水率。通过比较含水率的数值,可以直观地看出单独超声作用对含油浮渣的脱水影响效果。

3 实验结果与讨论

3.1 超声频率对脱水效果的影响

Kotyusov^[9]从理论上导出了超声波频率对水滴的凝聚有影响,并导出了在声波作用下凝聚的最佳频率为 10kHz 以上,但却没给出具体的实验结果。

同时有文献报道^[10]:超声波的衰减与频率的平方成正比。

实验声强为 $400\text{W}/\text{m}^2$,考察了 20kHz 和 28kHz 两种不同超声频率以及在不作超声处理的情况下,分别测定三种情况下含油浮渣的含水率,考察其脱水性能。浮渣的原始含水率为 97.1%。实验结果如图 1 所示:

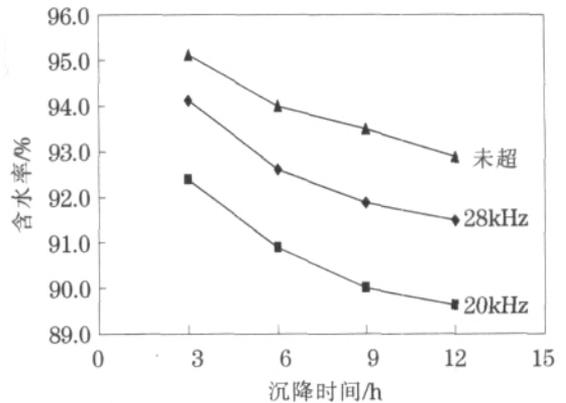


图 1 超声频率对浮渣脱水的影响

Fig.1 Effect of dehydration using ultrasound of various frequency

上图可以看出:超声作用后同条件下各自沉降 12h,其含水率分别为:频率 28kHz 时,含水率降为 91.5%;频率为 20kHz 时,含水率降到了 89.6% 而没有超声的浮渣含水率仍高达 92.9%。另外,在相同时间段,三者所对应的浮渣含水率也不同,20kHz 下浮渣含水率最低,未作超声处理的仍是最高。可见,低频超声(本实验中 20kHz)更有利于浮渣脱水。

3.2 声强的影响

声强也是影响浮渣脱水的重要因素之一。随着声强的不断增大,水滴加速运动,同时小水滴不断碰撞、凝聚聚集成大水滴,加速沉降并与含油浮渣分离,即所谓的“位移效应”。但当声强进一步加大时,浮渣的絮凝性会降低,浮渣颗粒会变得细小,比表面积会增大从而吸附更多的结合水,最终不利于浮渣的脱水,因此声强存在一个最佳值。

实验条件是:超声频率 20kHz,超声后在 70 恒温水浴下自由沉降 6h 后,分别测定各个声强下含油浮渣的含水率并进行比较。浮渣的原始含水率为 66.3%。如图 2。

图 2 表示了随着声强的逐渐增大,含油浮渣含水率的变化规律。可以看出,超声声强在 $500\text{W}/\text{m}^2$ 左右时,浮渣的含水率达到最低,脱水效果也最好。实验中^[11],超声声强 I 是用水听器测得声压 Pa 后通过公式换算得出,公式如下:

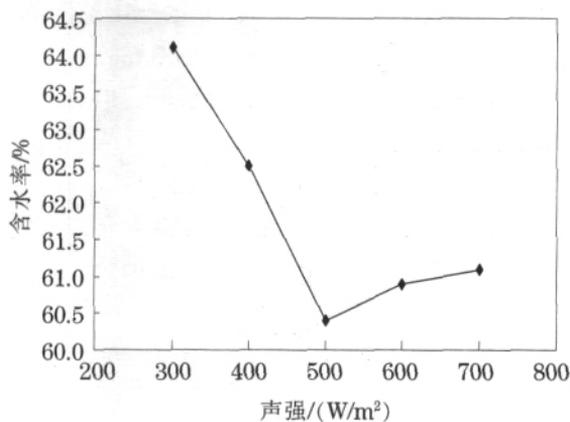


图 2 声强对含油浮渣脱水的影响

Fig.2 Effect of dehydration using ultrasound of various intensity

$$I = \frac{\rho a^2}{2\rho C} \quad (1)$$

而浮渣密度 ρ 和声速 c 会随着原始含水率的变化而变化。一般情况下, ρ 会随含油浮渣的原始含水率的增加而小幅增加, c 随含油浮渣的原始含水率的增加而降低, 但变化幅度大于 ρ 随含油浮渣原始含水率的变化。因此在相同的超声输出功率下, 超声声强会随着含油浮渣原始含水率的提高而相应增加。实验结果表明: 较好的超声声强应控制在 500W/m^2 左右。

3.3 超声作用时间的影响

为了考察超声作用时间对脱水效果的影响, 对原始含水率约为 65.2% 的浮渣进行了实验。

实验条件为: 频率 20kHz, 声强约 500W/m^2 , 分别对浮渣超声作用 4min~8min。在 70℃ 恒温水浴下自由沉降 6h 后, 分离出水层, 摇匀后分别测定各浮渣的含水率, 考察其变化规律。如图 3 所示:

从图 3 中可以看出: 超声作用时间同样存在一个最佳值。当时间为 7min 时, 浮渣可以达到最低的含水率 60.6%。超声作用时间大于 7min 和小于 7min 时, 浮渣的含水率都不是最低。可以理解为: 超声时间小于 7min 的时候, 超声波所产生的“位移效应”没有完全体现, 因而不能有效去除含油浮渣中的自由水; 相反, 当超声时间大于 7min 的时候, 输入总能量增大, 导致浮渣运动加剧, 各颗粒之间的剪切作用力也相应增强, 从而造成颗粒破碎行成更小的颗粒, 整体比表面积增大, 导致大量的水又被吸附到浮渣的表面而难以去除, 从而降低了脱水效果。实验确定最佳的超声作用时间为 7min。

3.4 沉降时间对脱水效果的影响

理论上讲: 沉降时间越长, 越有利于大水滴的

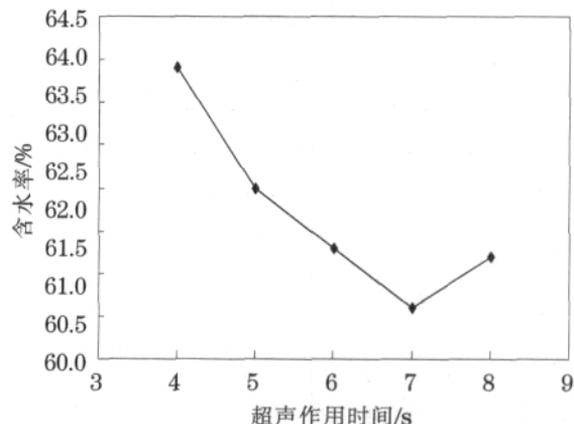


图 3 超声作用时间对含油浮渣脱水的影响

Fig.3 Effect of dehydration using ultrasound with various time

沉降分离, 水和浮渣的分层现象也越明显。

在超声声强为 500W/m^2 、超声频率为 20kHz, 超声作用时间为 7min, 并在 70℃ 恒温水浴下自由沉降的实验条件下, 对原始含水率为 66.9% 的浮渣进行了对比实验。

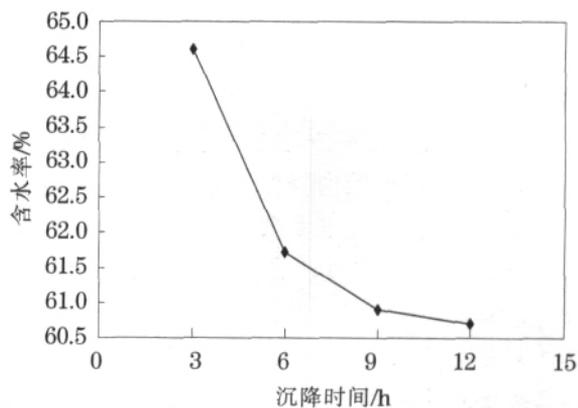


图 4 沉降时间对含油浮渣脱水的影响

Fig.4 Effect of dehydration caused by varying sedimentation time

图 4 反映了浮渣含水率随沉降时间推移的变化情况, 从趋势来看: 沉降 6h 后, 浮渣含水率降为 61.7% 之后随着沉降时间的进一步加大, 含水率也会降低, 但脱水率增加的幅度却变小 (可从斜率看出)。主要原因是: 随着沉降时间的增长, 大水滴逐渐沉降下来, 小水滴的沉降速度变慢, 分离最终会变得更困难。

考虑到处理成本的问题, 可以取沉降时间为 6h, 这样可以在短时间内达到一个比较低的含水率, 同时缩短了停留时间, 从而增大了处理设备对浮渣的总处理量。

3.5 沉降温度的影响

沉降温度也是众多影响含油浮渣脱水率的重要

因素之一。含油浮渣粘度和温度成反比,高温时浮渣变得较稀,更利于水和浮渣的分离。同时由斯托克斯(Stokes)公式:当温度升高时,水的粘滞度降低,颗粒的沉降速度会增大,所以水温高有利于颗粒的沉降。浮渣原始含水率为63.1%。

实验条件为:超声频率20kHz,声强500W/m²,超声作用时间7min,沉降时间为6h。

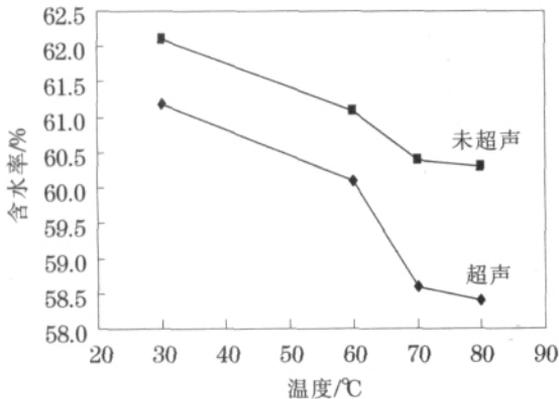


图5 沉降温度对含油浮渣脱水的影响

Fig.5 Effect of dehydration caused by varying sedimentation temperature

上图反映了沉降温度对含油浮渣脱水性能的影响。可以看出:不管浮渣是否经过超声处理,温度的升高都能在一定范围内降低浮渣的含水率;但经过超声处理后的浮渣含水率会降得更多,由此也可以看出单独超声处理对浮渣含水率有一定的影响。在温度为60至70这个区间,含水率降低的幅度最大,70至80之间,幅度变得很小(可从斜率看出),考虑到高温条件对设备和能耗的要求,70为最适宜的沉降温度。

4 结 论

(1) 超声波(本文中采用20kHz,28kHz)处理炼油厂气浮池所产生的含油浮渣,能够改善浮渣的脱水性能,达到简量化的处理目标,同时为后续的资源化过程提供原料。该过程无需添加相应的絮凝剂,节约了处理成本,缩短了预处理时间。

(2) 实验结果表明:影响脱水效果的主要因素包括超声频率、声强、超声作用时间、沉降时间和沉降温度等等。超声辐射能够提高浮渣的脱水效果。实验得出的各个影响因素的最佳值分别为:超声频率20kHz,声强500W/m²,超声作用时间7min,沉降时

间6h以及沉降温度为70。在上述操作条件下,浮渣含水率可从原先的63.1%降低到58.6%。

(3) 研究表明,实验的重复性较好。但对于不同批次的浮渣,其物理性质会有所变化,浮渣对应的原始含水率也会不同,所以本文所提供的影响因素的最佳值也会因此发生变化,但实验研究的方法和超声过程中的主次因素是和本文一致的。

参 考 文 献

- [1] 周寅飞. 超声增强炼厂含油浮渣絮凝脱水的研究[D]. 南京: 南京工业大学化学化工学院, 2005.
ZHOU Yingfei. Study on the flocculation and dehydration of oily scum in petroleum refinery intensified by ultrasound[D]. Nanjing: Nanjing University of Technology, College of Chemical Technology, 2005.
- [2] 叶国祥, 吕效平, 束长好, 等. 炼油厂浮渣超声破乳脱水及资源化利用进展[J]. 化工进展, 2006, 25(12): 1381-1385.
YE Guoxiang, LV Xiaoping, SHU Chao hao, et al. Development of ultrasonic dewatering and reuse of refinery scum[J]. Chemical Industry and Engineering Progress. 2006, 25(12): 1381-1385.
- [3] 韩萍芳, 周寅飞, 吕效平. 炼油厂含油浮渣絮凝脱水的研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(11): 91-93.
HAN Pingfang, ZHOU Yingfei, LV Xiaoping. scum in petroleum refinery intensified[J]. Environment science and technology, 2006, 29(11): 91-93.
- [4] 孙宝江, 颜大椿, 乔文孝. 乳化原油的超声波脱水研究[J]. 声学学报, 1999, 24(3): 327-331.
SUN Baojiang, YAN Dachun, QIAO Wenxiao. The study of demulsification with ultrasonic irradiation on oil emulsion[J]. Acta Acustica, 1999, 24(3): 327-331.
- [5] Heng Kwong Tsao, Donald L Koch. Collision of slightly deformable high Reynolds number bubbles with shortrange repulsive forces[J]. Fluids, 1994, 6(8): 2591-2605.
- [6] E. Riera-Franco de Sarabia, J A. Allego-Jua rez, G. Rodriguez-Corral, et al. Application of high-power ultrasound to enhance fluid/solid particle separation processes[J]. Ultrasonics, 2000, 38: 642-646
- [7] 吕效平, 叶国祥, 彭飞, 等. 一种含油浮渣脱水工艺[P]. 2005-10122936. 2. 2006-7-19.
LV Xiaoping, YE Guoxiang, PENG Fei, et al. A craft on the dehydration of the oily scum[P]. 200510122936. 2. 2006-7-19
- [8] 秦国鲲. 影响原油超声破乳效果的因素分析[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(4): 76-77.
QIN Guokun. The factor analysis on the effect for crude oil by ultrasonic demulsification[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2005, 12(4): 76-77.
- [9] Kotyusov, et al. Induced coagulations of sound particles under the action of sound[J]. Acoustica, 1996, 82: 459-463.
- [10] 虞建业, 袁萍, 俞力. 超声波原油破乳脱水的声场参数实验研究[J]. 应用声学, 2001, 20(3): 27-30.
YU Jian, YUAN Ping, YU Li. Experiment study on the sound-field parameters for crude oil dehydration by ultrasonic demulsification[J]. Applied Acoustics, 2001, 20(3): 27-30.