

表面活性剂在丙纶纤维脱油再生方面的试验研究

东北电力科学研究院调试所(辽宁沈阳, 110006)
吉林飞特水处理工程公司(吉林市, 132012)
东北电力学院研究生部(吉林市, 132012)

武哲
刘凡清 郝丽娟
谢世权

X789.03

TQ342.62

【摘要】用表面活性剂为洗脱剂, 做丙纶纤维脱油再生方面的定性定量研究, 当用阴离子型 PT 活性剂/NaCl 或 NaOH/水 = 0.1~1.0 g/2.0 g 或 1.5 g/100 g 比例配方时, 纤维表面残留油量在 13 mg/g 纤维以下, 洗净率达 99% 以上。并从理论上探讨了 PT 活性剂从纤维表面除油污的过程机理。

【关键词】表面活性剂; 反洗再生; 纤维滤料 脱油, 聚丙烯纤维,

【中图分类号】TQ423; TU991.24 【文献标识码】B 【文章编号】1005-829X(2000)01-0022-03

The study of surfactant removing oil from the surface of hydrophobic fibre

WU Zhe¹, LIU Fan-qing², XI Li-juan², XIE Shi-quan³

(1. Northeastern Electric Power Science and Research Institute, Shenyang 110006, China; 2. Jilin Feite Water Treatment Co., Jilin 132012, China; 3. Northeastern Electric Power Institute, Jilin 132012, China)

Abstract: By using the surfactant as washing agent, we found, if the concentration of PT surfactant/Electrolyte M or N/Water was 0.1~1.0 g/2.0 g or 1.5 g/100 g, the oil on the surface of washed fibre was reduced by lower than 13 mg oil/1.0 g fibre, the washout rate was above 99%.

The process of washing by surfactant removing oil from the surface of hydrophobic fibre. It was also discussed theoretically in this paper.

Key words: surfactant; backwash and regeneration; fibre filter material

为了解决 LLY—高效过滤器用来处理含油污水遇到的丙纶滤料脱油再生问题, 我们通过理论和试验, 确定了用表面活性剂水溶液来洗脱再生的方法, 成功地解决了这一难题。原油在丙纶—水界面上的接触角是 28°。

1 原理

表面活性剂减弱纤维与油膜间的作用力, 使油膜脱离纤维表面而分散、悬浮在洗脱液中, 完成洗脱过程^[1]。有如下关系:

纤维·油 + 表面活性剂 \rightleftharpoons 纤维·表面活性剂 + 油

具体经过三种过程: 置换—滚落、乳化、加溶。

置换—滚落: 表面活性剂水溶液润湿粘有油膜的纤维表面, 吸附在纤维—水、油膜—水界面上, 而使 σ_{sw} 和 σ_{ow} 降低, 以改变膜在纤维表面的接触角 θ_0 , 然后将油膜从纤维表面置换掉, 使油污被清除。

乳化: 洗涤过程中的机械搅动, 使纤维表面较厚油膜分散成小油珠, 从纤维表面加入水相, 形成油包水型乳状液。

加溶: 表面活性剂浓度大于临界胶团浓度 (CMC) 时, 溶液中有胶团形成, 使在水中不溶的油

污在胶团中加溶。

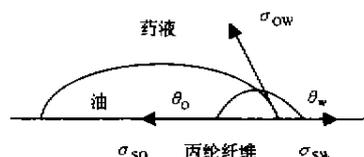


图1 接触角与 σ_{sw} 和 σ_{so} 相对大小的关系

2 试验

2.1 试验器材及药剂

恒温水浴锅、烧杯、丙纶纤维、原油、阴离子型含磺酸基团的表面活性剂 (PT)、NaCl 或 NaOH。

2.2 试验过程

将结成小束的纤维吸附油后, 在洗脱液中做洗脱试验。

2.3 洗净率 P 及残留油量 F 的计算方法

$P = \text{洗脱油量} / \text{吸附油总重量} \times 100\%$, $F = \text{洗后吸油纤维重量} - \text{纤维自重}$ 。

3 试验结果

表 1 采用不同浓度 PT 的洗涤试验结果

药液浓度/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	丙纶纤维自重/mg	吸油量/mg	温度/ $^{\circ}\text{C}$	清洗时间/min	洗后残留油量/mg	洗净率/%	洗净程度
0.523	1 001.8	1 192.8	40	10	609.2	48.9	纤维颜色发黑
1.072	1 011.2	1 266.2	40	10	381.3	69.9	纤维颜色发黑
4.132	1 030.8	1 386.1	40	10	271.3	80.4	纤维颜色稍黑
50.449	1 041.8	1 216.1	40	10	203.1	83.3	纤维颜色发黄

从表 1 看出,无论 PT 用何种浓度,都无法将纤维上的油污彻底清除,纤维表面残留油量最少为 203.1 mg/g 纤维,纤维外观仍然发黄。但发现 PT 在浓度 0.1%~1.0% 内加入 NaCl 或 NaOH 浓度为 2.0% 或 1.5%,在水温 $>40^{\circ}\text{C}$ 时,可获得相当满意的清洗效果,洗净率接近 100%,残留油量在 13 mg/g 纤维以下。

表 2 加 NaCl 后的洗涤试验结果

纤维编号	纤维自重/mg	吸油量/mg	温度/ $^{\circ}\text{C}$	时间/min	残留油量/mg	洗净率/%	洗净程度
1	1 021.7	1 319.81	40	10	12.2	99.0	白色
2	1 010.6	1 276.5	40	10	6.0	99.5	白色
3	1 032.9	1 188.5	40	10	9.1	99.5	白色

药液配比:水/PT/NaCl=100 g/0.2 g/2.0 g。

表 3 加 NaOH 后的洗涤试验结果

纤维编号	纤维自重/mg	吸油量/mg	温度/ $^{\circ}\text{C}$	时间/min	残留油量/mg	洗净率/%	洗净程度
1	1 015.8	1 421.1	40	10	11.0	99.2	白色
2	1 012.2	1 349.4	40	10	9.4	99.8	白色
3	1 076.0	1 265.2	40	10	6.1	99.5	白色

药液配比:水/PT/NaOH=100 g/0.2 g/1.5 g。

从表 2、3 得出,PT 活性剂加入 NaCl 或 NaOH,是将丙纶纤维表面油污清除干净的理想、可行的方法。

4 测试方法

4.1 PT 对油、水界面张力改变的测定方法

仪器:JYW—200 自动界面张力仪;方法:圆环法。

4.2 PT 对油、水界面张力改变的测定方法

仪器:Texas—500 型旋转滴界面张力仪;方法:旋转滴法。

4.3 PT 对油在纤维—水界面上的接触角改变的测定方法

仪器:JY—82 接触角测定仪;方法:液滴法。进行上述测试时油水温度均为 40°C 。

5 结果分析

5.1 PT 单独用于洗脱试验的理论分析

根据测试的数据结合理论计算出水对纤维表面的粘附张力及油对纤维表面的粘附张力; $A_{\text{SW}} - A_{\text{SO}} = \sigma_{\text{OW}} \times \cos(180 - \theta_0)$ 值和油污对纤维的粘附功: $W_{\text{SO/W}} = \sigma_{\text{OW}} + \sigma_{\text{SW}} - \sigma_{\text{SO}} = \sigma_{\text{OW}}(1 + \cos \theta_0)$ 值。

表 4 计算数据

PT 药液浓度/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	0	0.513 8	1.596 3	4.339 2	15.148
接触角 $\theta_0/^{\circ}$	28	31	42	55	<60
油水界面张力 σ_{OW} / $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$	31.04	13.8	6.3	4.0	4.0
$W_{\text{SO/W}}/\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$	58.45	25.63	10.98	6.29	>6.0
$A_{\text{SW}} - A_{\text{SO}}/\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$	-27.41	-11.82	-4.69	-2.30	<-2.0

从表 4 中的数据看出,随着 PT 浓度的增加,油水界面张力下降,接触角 θ_0 变大,粘附功 $W_{\text{SO/W}}$ 变小(但没有降至 0), $A_{\text{SW}} - A_{\text{SO}}$ 就大(但始终为负值),表现在洗脱过程中,随着 PT 浓度的增加,油水界面张力的逐渐下降,纤维表面的厚油污越易被乳化而分散去除,在浓度达到 $>\text{CMC}$ 后,随着油水界面张力的不再改变,接触角也不再改变,此时加溶过程去除下来的油污量也很少,而因为接触角 θ_0 始终 $<90^{\circ}$,置换—滚落过程不起作用,纤维表面的油膜不能被完全清除。这在表 1 中的“残留油量”、“洗净率”、“洗净程度”等项中都反映了出来。这些结果表明,单独使用 PT,仅能将油水界面张力降为 4.0 mN/m,将油在纤维—水界面的接触角改变到 60° ,纤维表面残留油量最低为 203.1 mg/g 纤维,根本不能完全清除油污。

5.2 PT 加入电解质后洗脱结果分析

PT 加入 NaCl 或 NaOH 后无法测量接触角。所以,从 PT(0.2% 浓度)加入 NaCl 或 NaOH 后的对油水界面张力改变关系来讨论。

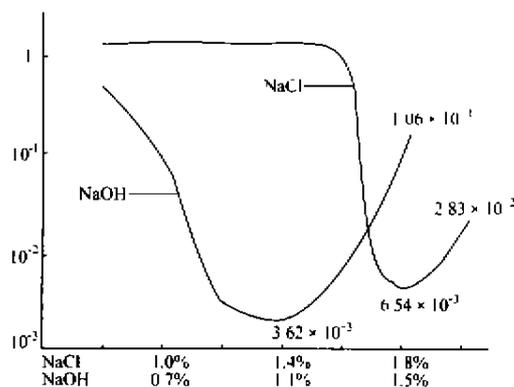


图2 0.2%PT加入不同浓度NaCl,NaOH的界面张力曲线

从图2得出,随着NaCl或NaOH的加入,油水界面张力逐渐降低,图上曲线呈抛物状,在浓度1.8%或1.1%时,界面张力降至最低点接近超低界面张力程度为 6.54×10^{-3} mN/m或 3.62×10^{-3} mN/m(超低界面张力为 $< 10^{-3}$)。理论上讲,此时乳化过程最容易进行,而定性试验表明,NaCl或NaOH在这一浓度下,仍然洗不下纤维表面最后的油膜。可见此时 θ_0 仍然 $< 90^\circ$,置换—滚落过程不起作用,单靠乳化过程无法完全清除油污。而这层油膜的完全去除,却是在NaCl或NaOH浓度为2.0%或1.5%,但这时油水的界面张力却是 2.83×10^{-2} mN/m或0.106 mN/m,比最低点高出2个数量级。定性试验表明,只要加入NaCl或NaOH达到这一浓度,PT浓度在0.1%~1.0%之间,都可以将纤维表面的油膜完全去除。由此看来,NaCl或NaOH浓度达到这一浓度时,使纤维—水的界面张力 σ_{sw} 大大降低,接触角 θ_0 达到了 $> 90^\circ$,在此情况下,置换—滚落将和乳化、加溶过程共同起作用,而使油膜完全去除。

上述看法的理论分析^[2]:在离子型PT活性剂

用于反渗透系统预过滤的新技术——JAMES A. BELL. IWC-96-15

一项新技术可用于反洗深滤器,可提供去除固体颗粒水平达到 $2 \mu\text{m}$,并使其反洗需水量降低。这种叫作螺旋缠绕深滤器的装置,可起到维持水质和保护反渗透膜的作用。它可以用来替代多介质过滤器并减少不纯物的水平,以帮助减少停机时间和运行成本,延长反渗透膜的使用寿命。

一项革新的反渗透技术可使反渗透系统承受 $450 \times$

水溶液中,存在离子间的电性相互作用,加入NaCl或NaOH,压缩了活性剂离子头的离子氛厚度,减少了它们间的排斥作用,使活性剂更容易吸附于纤维表面,导致纤维—水界面张力 σ_{sw} 降低,接触角 θ_0 变大。并且这种作用,随着NaCl或NaOH浓度增加而加强,在NaCl或NaOH达到2.0%或1.5%时,达到了活性剂在纤维表面吸附使 $\theta_0 > 90^\circ$ 的最小需要量,导致纤维—水界面张力 σ_{sw} 急剧降低,接触角 $\theta_0 > 90^\circ$ 。定性试验也表明,NaCl或NaOH浓度在 $> 2.0\%$ 或 $> 1.5\%$ 浓度后,洗脱效果更加明显。

6 结论

1)用PT/NaCl或NaOH/水=0.1~1.0 g/2.0 g或1.5 g/100 g比例配方,在水温 $> 40^\circ\text{C}$,洗涤丙纶纤维,可使纤维表面的油污完全清除。

2)理论上,NaCl或NaOH的浓度对活性剂在纤维—水表面的吸附有影响。在加入NaCl或NaOH浓度为2.0%或1.5%时,NaCl或NaOH减小了活性剂间的相互排斥,增大了活性剂在纤维—水表面的吸附量,使 σ_{sw} 的降低足以使 $\theta_0 > 90^\circ$,而使乳化、置换—滚落、加溶过程共同作用,将纤维表面油污彻底去除成为可能。

文中符号: θ_0 —油膜在纤维表面的接触角; σ_{ow} —油膜—水界面张力; σ_{sw} —纤维—水界面张力; σ_{so} —纤维—油界面张力; $W_{so/w}$ —油污对纤维的粘附功; $A_{sw}-A_{so}$ —油对纤维表面的粘附张力。

【参考文献】

- [1] 顾惕人等,表面化学[M].北京:科学出版社,1994.
- [2] 赵国玺,表面活性剂物理化学[M].北京:大学出版社,1984.

【作者简介】第一作者武哲,男,1969年生,1992年武汉水利电力大学毕业,1997年东北电力学院研究生毕业,工程师。现从事电厂化学方面的调试工作。

收稿日期:1999-01-20

10⁻⁶的硅含量——DENNIS McBRIDE. IWC-96-16

已被开发出来的一项新技术可使RO排除液中硅含量保持在 450×10^{-6} 以上,而不用使用阻垢剂。同时采用该技术可减少由于生物繁殖和固体颗粒而引起的污垢,从而大大减少了RO的清洗频率。(表2,参1,图6)

(以上李绍全供稿)