

羽毛清洗剂的研发与配方设计

王成信

(上海喜赫精细化工有限公司, 上海 201620)

摘要:在羽毛羽绒洗涤过程中表面活性剂具有很重要的作用,PO嵌段脂肪酸甲酯乙氧基化物FMEE及其磺酸盐FMES泡沫低,低温条件下的清洗力强,并具有显著的防止污垢二次沉积效果,洗涤后的羽毛白度高,色泽光亮。为了得到清洗力强、无磷环保的羽毛洗涤剂,通过正交实验确定羽毛清洗剂配方为:PO嵌段FMEE 8%,喜赫FMES 8%,无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠EDDHA-Na 2%,伯烷基磺酸钠PAS 6%,蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40 4%,纯净水72%。将该配方应用于羽毛清洗生产工艺,残脂率、浊度、耗氧量、白度等指标均优于现用清洗剂。

关键词:羽毛;羽绒;清洗剂;白度;配方

doi: 10.3969/j.issn.1008-553X.2023.02.023

中图分类号: TQ423.2

文献标识码: A

文章编号: 1008-553X(2023)02-0101-04

羽绒服既时尚又保暖,但在羽绒服的加工过程中,未洗净的羽毛羽绒作为填充物生产的羽绒服极易变质、发臭、滋生细菌,引发哮喘、过敏等疾病,对消费者的健康产生较大的危害。目前国内羽毛加工厂家主要采用水洗过程中加入清洗剂的方法处理羽毛羽绒。

羽毛的清洗一般是在pH值近中性、50℃的水温条件下进行,洗涤条件相对温和,这就需要羽毛清洗剂要有较强的低温净洗能力。PO嵌段脂肪酸甲酯乙氧基化物FMEE的低温乳化与分散作用强,具有优异的控泡性能,可以增强羽毛之间的摩擦力,有利于对顽固污垢的去除,提高羽毛的清洁度与脱脂率^[1]。脂肪酸甲酯乙氧基化物磺酸盐FMES是FMEE的磺化物,是在FMEE优异的乳化力基础上,通过引入-SO₃Na基团,进一步增加分子量,获得优异的分散力并具有显著的防止污垢二次沉积效果,在羽毛洗涤过程中可以提高羽毛洗涤后的白度^[2]。将喜赫FMEE和FMES作为羽毛清洗剂的净洗成分,复配阴离子型渗透剂伯烷基磺酸钠PAS,金属离子去除剂无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠EDDHA-Na以及乳化型抗静电剂蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40,并通过正交实验确定五种原料的最佳配比。

1 实验部分

1.1 主要试剂与仪器

PO嵌段脂肪酸甲酯乙氧基化物FMEE、脂肪酸甲酯乙氧基化物磺酸钠FMES、无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠EDDHA-Na、伯烷基磺酸钠PAS,均为工业级,上海喜赫精细化工有限公司;蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40,工业级,上海清奈实业有限公司;乙醚,分析级,国药集团化学试

剂有限公司;二氯化碳,分析级,上海三爱思试剂有限公司;高锰酸钾,分析级,天津红太阳试剂有限公司;硫酸,工业级,上海紫藤贸易有限公司;鸭毛,安徽三达羽绒有限公司。

XPR精密电子天平,梅特勒-托利多;高温小样染色机,常州第一纺织设备有限公司;索氏油脂抽提器,北京亚欧德鹏科技有限公司;WSB-5白度仪,杭州大吉实验仪器设备有限公司;SK686型电热恒温水浴锅,浙江亚展实验室设备有限公司;TQP300高温烘箱,金坛市宇杰化工设备有限公司。

1.2 方法测试

残脂率:参照GB/T 14272-2011方法测试。由于羽毛表面的油脂具有不均匀特点,为了减少误差,羽毛的取样量调整为8 g。

清洁度:参照GB/T 14272-2011方法测试。

耗氧量:参照GB/T 14272-2011方法测试。

白度:将洗净羽毛压成2 cm厚圆饼,装入三只试样盒,保证测量面规整,无漏出的浮游羽毛,按照标准GB/T 17644-1998,在白度仪上对三只试验样品盒逐个测量其两面的X、Y、Z,每个样品测6次。

1.3 羽毛清洗工艺过程

将10 g羽毛、不同用量的羽毛清洗剂和300 g水放入常温染色机,水温升高到50℃,升温速率为2℃/min,清洗20 min,排液后常温水洗3道,每道水洗3 min,脱水晾干,测试羽毛的残脂率、清洁度等指标。

2 结果与讨论

2.1 正交试验因素水平的确定

收稿日期:2022-06-20

作者简介:王成信(1969-),男,本科,从事民用与工业洗涤用品的研发与应用研究工作,1132800629@qq.com。

PO 嵌段 FMEE 分子链结构中同时具有亲水性的环氧乙烷和亲油性的环氧丙烷结构,不仅对动物油脂的乳化力强,而且在蛋白质纤维表面的吸附力较弱,易于漂洗并减少在纤维表面的残留。磺化盐 FMES 具有优异的分散性,对羽毛有良好的防止污垢二次沉积效果^[3]。伯烷基磺酸钠 PAS 渗透性优异,能帮助工作液渗透到羽毛纤维和污垢的结合处,将羽毛表面的硬质污垢层浸润和膨胀,加速了物理吸附污垢的剥离与释放,有助于对蛋白污垢特别是牢固的变性蛋白质的去除^[4]。无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠对钙、镁、铁等金属离子捕捉能力强,络合速度快,可以快速地螯合工作液中的金属离子,减少不溶性金属皂在羽毛表面的沉积^[5]。蓖麻油聚氧乙烯醚 EL-40 具有良好的抗静电和润滑作用,可以减少羽毛的破碎损伤,提高羽毛的蓬松度,有效保护羽毛外表结构,延长使用寿命^[6]。以 PO 嵌段 FMEE、喜赫 FMES、无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠 EDDHA-Na、伯烷基磺酸钠 PAS、蓖麻油聚醚 EL-40 为因素确定了正交试验因素水平如表 1,测试方法按照 1.2.4,清洗剂各组分用量以对织物重表示,试验测试结果与极差分析见表 2、表 3。

2.2 各因素对残脂率的影响

由表 3 可知,对残脂率的影响因素排序为 PO 嵌段 FMEE>喜赫 FMES >伯烷基磺酸钠 PAS>EL-40>无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠。PO 嵌段 FMEE 为十八碳长碳链结构^[7],与禽类动物油脂有相似的碳烃结构。根据相似相溶原理,FMEE 对羽毛表面油污有优异的增溶作用,在中温条件下即可清洗有机污垢,因此具有优异的除油乳化性能的 FMEE 对羽毛表面污垢清洗影响最大。喜赫 FMES 是性能优异的阴离子型净洗剂^[8],可以使污垢和纤维带相同负电荷并产生相互排斥力,对污垢有剥离作用,并能起到分散悬浮污垢作用^[9]。伯烷基磺酸钠 PAS 渗透力出众,能协助清洗工作液沿污垢边缘进入污垢与硬表面的结合处,降低污垢在硬表面的附着力,对各种污垢有溶胀和卷离作用^[10]。蓖麻油聚氧乙烯醚 EL-40 对动物油有一定的乳化作用,同时也有很好的润滑与抗静电作用,能防止羽毛在清洗过程中相互缠结,使羽毛清洗后手感柔软,蓬松度高^[11]。无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠 EDDHA-Na 的螯合与分散性能优异,可以与钙镁铁等金属离子形成稳定的六元环状结构络合物,减少污垢以钙镁离子为中心相互吸附的倾向,防止产生钙镁离子沉积导致的黄变^[12],无磷乙二胺二邻苯基乙

表 1 正交试验因素水平表
Tab.1 Design of orthogonal test

水平	用量/%				
	A (FMEE)	B (FMES)	C (乙二胺二邻 苯基乙酸钠)	D (伯烷基磺 酸钠)	E (EL-40)
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

表 2 正交试验结果
Tab.2 Results of orthogonal test

项目	A	B	C	D	E	残脂率/%
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.52
2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	3.29
3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	3.13
4	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4	2.71
5	0.2	0.1	0.4	0.3	0.4	2.93
6	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	2.85
7	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	2.23
8	0.2	0.4	0.3	0.2	0.1	2.58
9	0.3	0.1	0.3	0.4	0.2	1.71
10	0.3	0.2	0.4	0.3	0.1	1.63
11	0.3	0.3	0.1	0.2	0.4	1.06
12	0.3	0.4	0.2	0.1	0.3	1.26
13	0.4	0.1	0.4	0.2	0.3	1.34
14	0.4	0.2	0.3	0.1	0.4	0.60
15	0.4	0.3	0.2	0.4	0.1	0.77
16	0.4	0.4	0.1	0.3	0.2	0.59

表 3 正交试验极差分析
Tab.3 Range analysis of orthogonal test

项目	A	B	C	D	E	
残脂率/%	均值1	2.978	2.567	2.288	2.122	2.380
	均值2	2.647	2.430	2.185	2.252	2.230
	均值3	2.290	2.047	2.345	2.348	2.208
	均值4	1.130	2.000	2.228	2.322	2.228
	极差	1.848	0.567	0.160	0.226	0.172

钠 EDDHA-Na 主要起到的是螯合作用,对羽毛油脂的清洗影响因素较小。

参考表 2 中清洁效果最好的 16 号以及各因素对残脂率指标的影响排序,得到最优化的用量为 PO 嵌段 FMEE 用量为 0.4 g/L,喜赫 FMES 用量为 0.4 g/L,无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠用量为 0.1 g/L,伯烷基磺

酸钠用量为0.3 g/L,蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40用量为0.2 g/L。根据上述用量,将PO嵌段FMEE、喜赫FMES、无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠EDDHA-Na、伯烷基磺酸钠PAS、蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40五种原料按照4:4:1:3:2复配制得羽毛清洗剂,将羽毛清洗剂配制成含量28%的成品,配方如表4。

表4 羽毛清洗剂配方

Tab.4 Formulation of cleaning agent for down

类别	名称	配比/%
表面活性剂	PO嵌段FMEE	8
表面活性剂	喜赫FMES	8
螯合剂	乙二胺二邻苯基乙酸钠	2
渗透剂	伯烷基磺酸钠PAS-80	6
乳化剂	蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40	4
其他	去离子水	72

2.3 清洗剂用量对净洗效果的影响

将表4配得的清洗剂,以不同的用量按照1.2.1清洗工艺用于羽毛的清洗,通过分析清洗剂用量对残脂率和白度的影响,确定了羽毛清洗剂的最佳用量。

表5 净洗剂用量对净洗率和吸光光度的影响

Tab.5 Effect of detergent dosage on residual fat rate and whiteness

用量/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	残脂率/%	白度/%
0.1	3.20	46.8
0.2	2.71	49.2
0.3	1.42	49.7
0.4	1.35	51.0
0.5	1.14	53.6
0.6	1.08	53.9
0.7	1.07	54.2
0.8	1.03	54.2

由表5可知,随着净洗剂用量的提高,羽毛残脂率相应降低,当净洗剂用量超过0.6 g/L后,残脂率下降幅度变缓。白度的变化规律与残脂率相近,随着净洗剂用量的增加,白度逐渐增大,说明清洗后羽毛越来越白,当净洗剂用量超过0.6 g/L后,白度继续提升的幅度缓慢。最终将羽毛净洗剂的用量确定为0.6 g/L,用量继续增加,净洗效果提高不明显。

2.4 应用案例

将羽毛清洗剂在工厂上机试验,根据2.3的实验,针对该工厂的羽毛清洗,确定了清洗剂的最佳用量为0.6 g/L,洗涤设备为水洗机,清洗工艺流程:将粗分除灰后

的鸭毛共计100 kg放入水洗机,加入自配羽毛清洗剂1.5 kg,加入2.5 t热水,锅炉蒸汽加热,保持水温50℃,清洗时间30 min,排液后加入室温水漂洗,总共漂洗10道,共计漂洗时间为50 min,清洗后湿羽毛经管道落入离心机,离心脱水,脱水时间为12 min,脱水后进入烘干装置蒸汽烘干10 min,同时进行消毒、灭菌与除臭。取处理后的羽毛测试,残脂率为0.83%,清洁度为750 mm,耗氧量为2.5 mg/100 g,将羽毛压缩成2 cm厚圆饼,测量白度,白度为58.3%,各项指标均符合生产要求,白度比现用的净洗剂高,清洗效果见表6。

表6 清洗试验结果

Tab.6 The results of washing test

	残脂率 /%	清洁度 /mm	耗氧量 /mg/100 g	白度 /%	气味
自配清洗剂	0.83	750	2.5	58.3	合格
现用清洗剂	1.39	690	3.3	56.8	合格

3 结论

(1) PO嵌段脂肪酸甲酯乙氧基化物FMEE及其磺酸盐FMES的泡沫低,低温乳化与分散作用强,适用于羽毛清洗工艺。将FMEE和FMES作为羽毛清洗剂的净洗成分,复配阴离子型渗透剂伯烷基磺酸钠PAS,金属离子去除剂无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠EDDHA-Na以及乳化型抗静电剂蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40,并通过正交实验确定五种原料对羽毛清洗的影响因素,其中FMEE和FMES对羽毛清洗效果影响较大,其次是渗透剂伯烷基磺酸钠PAS和乳化抗静电剂EL-40,螯合剂乙二胺二邻苯基乙酸钠EDDHA-Na对羽毛清洗效果影响较小。

(2) 通过正交实验确定羽毛清洗剂配方:PO嵌段FMEE 8%,喜赫FMES 8%,无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠EDDHA-Na 2%,伯烷基磺酸钠PAS 6%,蓖麻油聚氧乙烯醚EL-40 4%,纯净水72%,将该配方应用于羽毛清洗生产工艺,残脂率、清洁度、耗氧量、白度等指标均优于现用清洗剂。

参考文献

- [1] 唐安喜.低泡沫环氧丙烷封端FMEE的合成与性能研究[J].精细与专用化学品,2022,30(3):38-42.
- [2] 徐铭勋.脂肪酸甲酯乙氧基化物及其磺酸盐的生产技术与应用[J].化学工业,2012(30):30-32.
- [3] 唐安喜.二元催化剂在脂肪酸甲酯乙氧基化物FMEE合成中的应用[J].中国洗涤用品工业,2022(2):34-39.
- [4] 冯鹏耀,武守营,胡啸林,等.高效渗透剂的制备及应用[J].印染,2018,44(17):28-31.
- [5] 于兴凯,卫杰刚,左建民.乙二胺二邻苯基乙酸钠的合成以及在皂

- 洗中的应用[J]. 染整技术, 2012(9):35-38.
- [6] 杜辉, 殷宁, 赵雨花, 等. 蓖麻油基聚醚多元醇的制备及其表征[J]. 聚氨酯工业, 2008(5):39-41.
- [7] 欧秀琼, 钟正泽, 解华东, 等. 鸭油提取工艺研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(9):8-11.
- [8] 贾路航. 马来酸酐-丙烯酸共聚物/FMES 二元体系在皂洗中的应用[J]. 安徽化工, 2013, 39(6):37-40.
- [9] 王琛. 表面活性剂的复配及其在除油清洗中的应用[J]. 印染, 2022, 48(3):50-52.
- [10] 郑顺姬, 张景斌, 强西怀, 等. 新型皮革渗透剂的制备及其组成与渗透性能的相关性[J]. 皮革化工, 2004(3):1-3.
- [11] 宗红亮, 陆逸峰, 房成, 等. 含环己烷侧基的蓖麻油聚醚多元醇的制备及应用[J]. 聚氨酯工业, 2020, 35(4):61-64.
- [12] 陈春乐, 杨婷, 邹县梅, 等. 可生物降解螯合剂亚氨基二琥珀酸和谷氨酸 N,N-二乙酸对重金属污染土壤的淋洗修复及动力学特征[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(3):394-401. □

Research and Formulation Design of Cleaning Agent for Down

WANG Cheng-xin

(Shanghai Xihe Fine Chemical Co. Ltd., Shanghai 201620, China)

Abstract: Surfactant plays an important role in the washing process. The PO blocked fatty acid methyl ester ethoxylates FMEE and FMES have low-foaming and high-washing ability, which have the remarkable effect of anti-deposition of dirt, so the whiteness of the washed feather and down is high. In order to get the no-phosphorus feather detergent with strong cleaning power, the formulation of feather cleaning agent was determined by orthogonal test as follows: PO blocked FMEE 8%, FMES 8%, phosphorus free EDDHA-Na 2%, primary alkyl sulfonate sodium PAS 6%, EL-40 4%, purified water 72%, the residual fat rate, turbidity, oxygen consumption and whiteness of the formulation are better than the current cleaning agent.

Key words: down; feather; cleaning agent; whiteness; formulation

(上接第 100 页)

学水处理结垢量进行预测的过程中, 较传统方法的预测结果误差更小, 准确性更高, 具备极高的实际应用价值。

参考文献

- [1] 付川琪, 刘清捲, 杨杰, 等. 基于 CFD 仿真和 SVM 算法的建筑能耗预测系统[J]. 现代电子技术, 2022, 45(8):75-79.
- [2] 周德强. 估计灰色 Verhulst 模型参数的 LS-SVM 方法及应用[J]. 中国管理科学, 2022, 30(3):280-286.
- [3] 闫艳, 鱼涛, 李金灵, 等. 采出水结垢机理及趋势预测研究[J]. 装备环境工程, 2021, 18(9):101-106.
- [4] 张伟国, 金颖, 杜庆杰, 等. LH 深水油田采出水动态结垢特性及预测模型[J]. 油气田地面工程, 2021, 40(7):29-34.
- [5] 方惠明, 戚凯, 李向东, 等. 高矿化度矿井水结垢趋势及影响因素研究[J]. 中国煤炭地质, 2021, 33(2):60-63.
- [6] 刘泽桑, 潘志松. 基于 Spark 的并行 SVM 算法研究[J]. 计算机科学, 2016, 43(5):238-242.
- [7] 何兆云. 基于支持向量机的电厂化学水处理结垢量预测研究[J]. 科技资讯, 2008(31):129. □

Prediction Method of Scaling Amount of Chemical Water Treatment in Thermal Power Plant Based on SVM Algorithm

CHENG Hui-qin¹, TIAN Guo-liang²

(1. Linyi Hengyuan Energy Conservation and Environmental Protection Engineering Co. Ltd., Linyi 276000, China;
2. Linyi Smart New Energy Technology Co. Ltd., Linyi 276000, China)

Abstract: The prediction result of the traditional method for predicting the scaling amount of chemical water treatment in thermal power plants has a large deviation from the actual scaling amount. There is a certain prediction error, which affects the operation and maintenance of equipment. Therefore, this paper proposes a chemical water treatment method based on SVM algorithm for thermal power plants. A method for predicting the amount of fouling. The scaling prediction model of support vector machine is designed. On the basis of analyzing the equipment operating parameters of the thermal power plant, the correlation analysis method is used to select the scaling prediction parameters, and the heat transfer relationship is used to calculate the heat transfer temperature parameters in the equipment from the external data, and the SVM is established. In order to improve the accuracy requirements of the prediction model, three evaluation indicators were selected to evaluate the model. The experimental results show that the designed prediction method has a maximum error of 0.02 mg/m³ in the process of predicting the scaling amount of chemical water treatment in thermal power plants, with high accuracy and good practical application value.

Key words: SVM algorithm; chemical water in thermal power plants; chemical water treatment; prediction of scaling amount