

一种低泡的中性喷淋式水基链条润滑剂的研制

黎英文, 张丽蓉, 宋金武, 邓金花*
(广东环凯微生物科技有限公司, 广东 广州 510663)

[摘要] 为了满足目前食品行业对自动输送设备使用的水基链条润滑剂所提出的既要润滑性好又要泡沫低的新要求, 研制了一种由脂肪酸、非离子表面活性剂、防锈剂、螯合剂、消泡剂及抑菌剂组成的低泡中性喷淋式水基链条润滑剂。该水基链条润滑剂的润滑度可达到目前市售主流的含脂肪酸组分的水基链条润滑剂产品的性能指标, 而且因其不含脂肪酸, 具有泡沫性极低的特性, 并具有去污、抗腐蚀和抑菌的特点。

[关键词] 链条润滑剂; 低泡; 无胺

[中图分类号] TQ

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-1865(2019)02-0062-03

Development of Aqueous Chain-Lubricant with Neutral and Low-Foaming Performance for Spraying

Li Yingwen, Zhang Lirong, Song Jinwu, Deng Jinhua*
(Guangdong Huankai Microbial Sci. & Tech. Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: In order to meet the new requirements, high lubrication with lower foaming performance, for the aqueous chain-lubricant using by the automatic conveyance equipment from the food industry, a neutral aqueous chain-lubricant performing less bubble for spraying has been developed, containing fatty acid, non-ionic surfactant, antirust agent, chelating agent, defoamer and bacteriostatic agent. The chain-lubricant owns efficient lubrication as those wildly marketed, which contain aliphatic amine, and has extremely low foam property due to the absence of aliphatic amine, with decontamination, corrosion resistance and bacteriostatic efficacy.

Keywords: chain-lubricant; low-foaming; absence of aliphatic amine

1 前言

近年来, 随着国民消费水平的不断提高, 国内食品饮料行业的产销量剧增。为了提高生产效率, 各食品饮料企业纷纷着力于规模化、自动化与现代化的生产管理模式^[1]。伴随着超大型灌装机和无菌冷灌^[2]工艺的普及, 生产车间内的产品运输设备从原每小时仅几千瓶的低速链条输送系统升级成了现今每小时数万瓶的高速链条输送系统。随着饮料灌装生产线的高速化, 对设备所使用的链条润滑剂的润滑、泡沫、清洗及抑菌等性能指标也有了更高的要求^[3]。

目前, 主流的高速型喷淋式水基链条润滑剂大多含有脂肪酸类的表面活性剂, 以求产品能具备优秀的润滑性能^[3,4]。可是, 大多数的脂肪酸类表面活性剂除了具有优秀的润滑性能, 还不可避免的有着泡沫性强的特点。因此, 这类链条润滑剂在使用过程中要严格控制其使用浓度和喷淋速度, 否则产生的大量泡沫给生产车间的卫生环境带来负面影响。

基于上述含脂肪酸类表面活性剂的喷淋式水基链条润滑剂的缺陷, 本文研制了一种不含脂肪酸类表面活性剂的喷淋式水基链条润滑剂。该水基链条润滑剂润滑性好, 泡沫度低, 并且具有去污、抗腐蚀的性能, 能直接等量等效替代主流的含脂肪酸类表面活性剂的水基链条润滑剂使用。

2 配方设计

水基链条润滑剂的润滑原理为: 润滑剂中的润滑组分以物理作用或化学作用等形式在输送链条表面形成一层摩擦系数更小的薄膜, 从而达到润滑的目的^[5]。因此, 润滑组分一般都会含-COOH、-CONH₂等强极性的官能团和较长的碳链结构, 以便所形成的薄膜与链条表面的结合更牢固、润滑效果更好。

与脂肪酸相似, 脂肪酸^[6]与聚氧乙烯醚^[7]两类表面活性剂均具有大量的强极性官能团和较长的碳链结构, 且泡沫性比脂肪酸低, 是水基链条润滑剂中脂肪酸组分的理想替代品。但是, 与脂肪酸相比, 脂肪酸的水溶性极差, 通常需要在较强的碱性条件下转化为脂肪酸盐或经催化转化为脂肪酸酯才能溶解于水中, 限制了其在水基润滑剂体系方向上的发展与应用^[8]。因此, 如何将脂肪酸在中性条件下添加到水基润滑剂体系中并使该体系在高低温条件下均能保持稳定, 是本研究的重点。本文选择油酸这一脂肪酸型表面活性剂为润滑剂的润滑组分, 通过聚氧乙烯醚与多元醇醚复配后的混合物的增溶作用, 研制了一种低泡无胺的中性喷淋式水基链条润滑剂, 其配方组成如表 2-1 所示:

表 2-1 水基链条润滑剂组分含量及酸碱度
Tab.2-1 The component and pH of the aqueous chain-lubricant

组分	含量/wt%
油酸	1~5
羧基醇聚氧乙烯醚	1~10
二丙二醇甲醚	3~8
乙二胺四甲叉磷酸钠	1~5
聚马来酸	1~5
苯扎氯铵	0.01~0.5
硅醚共聚物消泡剂	0.05~1.0
水	> 80
合计	100
酸碱度	6.78

油酸是来源于动植物中的甘油酯, 具有无毒无害、生物降解性好等优点。同时油酸也是一种多功能的表面活性剂, 具有去污力强和防锈等特性。油酸具有强极性的-COOH 官能团和长直碳链结构, 可以使其在输送链条表面形成的润滑膜具有稳固性强和润滑度高的特性^[9]。

羧基醇聚氧乙烯醚具有比一般聚氧乙烯醚更好的稳定性与去污能力的优点, 其起泡能力低, 在酸性或碱性的体系中表现十分稳定, 不易形成凝胶。将羧基醇聚氧乙烯醚与二丙二醇甲醚以一定的比例复配后, 可将水溶性极差的油酸增溶于水中, 使溶液不但具有优秀的润滑性能, 还具有极高的稳定性与去污能力。

乙二胺四甲叉磷酸钠是阴离子型有机多元磷酸盐缓蚀剂, 整合金属离子的能力是无机型聚磷酸盐整合剂的 3 至 5 倍, 其水溶性好, 无毒无污染并具有强化学稳定性与热稳定性, 对硫酸钙、硫酸钡等水溶性差的硫酸盐有很好的阻垢效果。聚马来酸是顺丁烯二酸酐经催化聚合而来的高分子聚合物, 化学稳定性与热稳定性高, 能与水中钙、镁等离子整合并有晶格畸变能力, 有优秀的阻垢能力, 并对已生成的水垢有一定的剥离能力。

苯扎氯铵为季铵基类阳离子表面活性剂, 具有非氧化性杀菌、毒性小、无累积毒性、去污清洗等功能作用^[10]。其杀菌灭藻的能力有广谱、高效的特点, 可有效地抑制水中细菌藻类的生长, 具有一定的除臭和缓蚀能力。

硅醚共聚物消泡剂由具有较强抑制泡沫的能力的聚醚片段和疏水性强、破泡速度快的硅氧烷分子聚合而成, 同时具有两者的优点, 是一种新型的高效消泡剂^[11]。其表面张力低、消泡迅速、抑制泡沫时间长、用量少的特点, 使其具有广泛的应用前景。

[收稿日期] 2018-12-06

[作者简介] 黎英文(1993-), 硕士研究生, 毕业于华南理工大学化学与化工学院。*为通讯作者。

3 产品性能测试及评价

3.1 润滑性能测试与评价

$$f = mg\mu \text{ 公式 3-1}$$

式中:

f 为滑动摩擦力, 单位为 N;

m 为容器质量, 单位为 kg;

g 为重力加速度, 单位为 N/kg;

μ 为滑动摩擦系数, 与两个摩擦接触面的状态与相对速度相关。

$$P = fv \text{ 公式 3-2}$$

式中:

P 为输送链条电机输出功率, 单位为 W;

f 为滑动摩擦力, 单位为 N;

v 为链条运行速度, 单位为 m/s。

根据摩擦力的原理公式 3-1 与车间的实际生产情景^[12], 实验室自制润滑性能测试设备: 将一定重量的容器(约 50 kg)置于输送链条上, 然后启动水基链条润滑剂喷淋系统以一定的流量喷淋按一定比例稀释后的水基链条润滑剂溶液对链条进行润湿, 最后以一定的速度运行链条并使容器保持静置不动, 此时观察设备输送链条电机的输出功率, 待 15 min 后, 记录此时电机的输出功率。根据公式 3-2 电机输出功率与滑动摩擦力的关系, 可知此时的电机的输出功率越小, 容器与链条间的摩擦力越小, 润滑剂的润滑效果越好。

表 3-1 油酸含量对水基链条润滑剂润滑性能的影响¹

Tab.3-1 The effect of oleic acid's content on the lubricating performance of the aqueous chain-lubricant¹

配方编号 ²	油酸含量/wt%	羧基醇聚氧乙烯醚含量/wt%	二丙二醇甲醚/wt%	电机输出功率/W
水	—	—	—	336
1	—	10	—	316
2	—	—	10	330
3	—	5	5	308
4	1	5	5	253

1. 测试条件: 链条输送速度: 1 m/s; 喷头喷淋流量: 2 L/h; 润滑剂稀释比例: 1 : 250;

2. 以纯水替代配方中的不足的组分

从表 3-1 中可以看出, 羧基醇聚氧乙烯醚有一定的润滑性能, 而二丙二醇甲醚的润滑效果不明显。这是因为, 与羧基醇聚氧乙烯醚相比, 二丙二醇甲醚的碳链结构相对较短, 无法形成有效的润滑薄膜, 因此润滑效果不明显^[13]。羧基醇聚氧乙烯醚与二丙二醇甲醚复配后, 体系的润滑效果有一定的提高, 表明了二丙二醇甲醚对羧基醇聚氧乙烯醚在摩擦表面形成的润滑薄膜有一定的增强作用^[14]。当在体系中加入油酸后, 润滑效果有了明显的提高。这是因为油酸既具有十八个碳的较长的直链结构, 又具有比羧基醇聚氧乙烯醚的醇醚键极性更强的羧基官能团。因此, 油酸在摩擦表面上形成润滑薄膜的速度快, 所形成的润滑薄膜紧密度高, 抗挤压能力强, 润滑效果更好^[15]。

表 3-2 研制产品与市售竞品的润滑性能比较¹

Tab.3-2 The comparison of lubricating performance between the developed chain-lubricant and the marketed ones¹

测试样本	电机输出功率 ² /W	电机输出功率 ³ /W
水	336	560
1 [#] 竞品 ⁴	251	397
2 [#] 竞品 ⁴	248	378
3 [#] 竞品 ⁵	284	469
本研制产品 ⁵	244	384

1. 测试条件: 喷头喷淋流量: 2 L/h; 润滑剂稀释比例: 1 : 250;

2. 链条输送速度: 1 m/s; 3. 链条输送速度: 2 m/s; 4. 产品中含有脂肪胺类表面活性剂组分; 5. 产品中不含脂肪胺类表面活性剂组分。

如表 3-2 所示, 在市面所售的水基链条润滑剂中, 含脂肪胺类表面活性剂的润滑剂的润滑效果通常都比不含脂肪胺类表面活性剂的润滑剂好。而本研究所研制的含脂肪胺类表面活性剂的水基链条润滑剂, 在相同条件下所表现的润滑效果可以与含脂肪胺类表面活性剂的润滑剂的润滑效果相媲美, 且在高速链条运输速度的条件下仍可保持优良的润滑效果。因此, 本研究所研制的水基链条润滑剂产品的润滑效果可达到行业的领先润滑性能指标。

3.2 起泡性能测试与评价

参照《洗涤剂发泡力的测定(Ross-Miles 法)》(GB/T 13173.6-91)方法, 将测试样品用纯水配制成一定浓度的溶液, 在一定温度条件下, 将 200 mL 试液从 90 cm 高度流到刻度量筒底部 50 mL 相同试液的表面, 当滴液管中的溶液流完时, 立即开启秒表并读取

起始泡沫高度, 在 5 min 末再读取第二次读数。实验重复三次, 取平均值。

表 3-3 研制产品与市售竞品的起泡性能比较¹

Tab.3-3 The comparison of foaming between the developed chain-lubricant and the marketed ones¹

测试样本	泡沫高度/mm	
	起始	5 min
1 [#] 竞品 ²	85	77
2 [#] 竞品 ²	166	137
3 [#] 竞品 ³	35	12
本研制产品 ³	30	0

1. 测试条件: 室温: 25℃, 润滑剂稀释比例: 1 : 250;

2. 产品中含有脂肪胺类表面活性剂组分;

3. 产品中不含脂肪胺类表面活性剂组分。

如表 3-3 所示, 相较于无胺类型的水基链条润滑剂, 含脂肪胺类表面活性剂的润滑剂的泡沫是十分丰富的。以相同的比例稀释后, 其起泡性及泡沫持续的能力均明显比不含脂肪胺的水基链条润滑剂强。本研究所研制的水基链条润滑剂不仅具有优秀的润滑性能, 还克服了含脂肪胺类表面活性剂的润滑剂起泡性强、泡沫持续时间长的缺点。在起泡性能测试实验的测试条件下, 本研制产品所产生的泡沫在 5 min 内就可完全消除。同时, 在润滑性能测试的过程中, 使用本研制产品进行稀释喷淋时, 测试设备运行了 3 h 后, 运输链板上也没有观察到有明显的泡沫残留。因此, 所研制的水基链条润滑剂可以在实际的使用过程中可以达到低泡甚至无泡的设计使用效果。

3.3 抑菌性能分析及评价

抑菌实验参照《消毒技术规范》(2002 年版)中方法进行。分别取实验用润滑剂用纯水稀释, 取各润滑剂稀释液 2.5 mL 加入到含 2.5 ml 双倍浓度营养肉汤的试管中; 取 0.1 mL 含菌量约为 10⁸ cfu/mL 大肠杆菌/黑曲霉菌悬液接种于含润滑剂的营养肉汤的试管中, 作为试验组样本; 以同样方法接种不含润滑剂的营养肉汤的试管中, 作为阳性对照组样本; 取 2 支含营养肉汤的试管中, 作为阴性对照组样本。将试验组样本(3 个)、阳性对照组样本(2 个)及阴性对照组样本(2 个)放置在 37℃ 培养箱中, 培养 48 h, 观察结果。

表 3-4 研制产品与市售竞品对大肠杆菌的抑菌性能比较¹
Tab.3-4 The comparison of bacteriostatic efficacy on colibacillus between the developed chain-lubricant and the marketed ones¹

测试样本	抑菌效果		
	平行实验组	阴性对照组	阳性对照组
1 [#] 竞品	---	--	++
2 [#] 竞品	+++	--	++
3 [#] 竞品	---	--	++
本研制产品	---	--	++

1. 测试条件: 润滑剂稀释比例: 1:250, 试验用菌悬液浓度约为 2.0×10^6 cfu/mL, “+”表示有菌生长,“-”表示无菌生长。

表 3-5 研制产品与市售竞品对黑曲霉菌的抑菌性能比较¹
Tab.3-5 The comparison of bacteriostatic efficacy on aspergillus niger between the developed chain-lubricant and the marketed ones¹

测试样本	抑菌效果		
	平行实验组	阴性对照组	阳性对照组
1 [#] 竞品	---	--	++
2 [#] 竞品	+++	--	++
3 [#] 竞品	+++	--	++
本研制产品	---	--	++

1.测试条件: 润滑剂稀释比例: 1:250, 试验用菌悬液浓度约为 2.0×10^6 cfu/mL, “+”表示有菌生长,“-”表示无菌生长。

从表 3-4 与表 3-5 的抑菌性能实验结果可以看出, 相较于市面上的水基链条润滑剂竞品, 本研制产品的抑菌性能优秀, 在较低的使用浓度条件下即可具有很强的抑菌效果, 为食品饮料的微生物安全提供重要的保障。

3.4 抗硬水性能分析与评价

按照《表面活性剂已知钙硬度水的制备》(GB/T 6367-2012)方法配制硬水: 称取 16.7 g 无水氯化钙和 24.7 g 硫酸镁, 以纯净水完全溶解后, 转移至 10 L 的容量瓶, 定容, 制备得硬度约为 2500 mg/L 硬水。使用时按比例将其稀释为不同硬度的水, 然后用稀释后的硬水按一定比例与润滑剂制备溶液, 考察其抗硬水性能。

表 3-6 研制产品抗硬水性能的分析与评价¹
Tab.3-6 The resistance to hard water of the developed product

硬度/(mg/L)	溶液外观
250	透明、无沉淀
375	透明、无沉淀
500	透明、无沉淀
625	透明、无沉淀

1. 测试条件: 润滑剂稀释比例: 1:250。

如表 3-6 所示, 所研制的水基链条润滑剂具有优异的抗硬水能力, 在硬度高达 625 mg/L 的水溶液仍不会出现有絮状物或沉淀的现象。这是因为本研制产品的非离子表面活性剂与螯合剂含量较高, 非离子表面活性剂不会与金属离子结合形成不溶物, 螯合剂与金属离子螯合以防止其与阴离子反应生成沉淀。同时, 因为非离子表面活性剂的润湿、乳化的能力与螯合剂的作用, 本研制产品对有机类与无机类的污垢均有溶解能力, 具有一定的清洗性能, 在使用过程中可以避免喷嘴的堵塞, 保持输送设备良好的卫生条件。

3.6 稳定性能分析与评价

参照《手洗餐具用洗涤剂》(GB9985-2000)方法对所研制的水基链条润滑剂进行稳定性能分析: 将产品置于-3~-10℃的环境下静置 24 h, 取出后恢复至室温时观察产品外观; 将产品置于

40±1℃的环境下静置 24 h, 取出后立即观察产品外观。

所研制的水基链条润滑剂经-5℃环境静置 24 h 后, 恢复至室温时无结晶无沉淀; 在 40℃环境静置 24 h 后, 不分层、不浑浊、无异味。因此, 本研制产品具有较高的稳定性, 可长期储存并保持稳定的性能。

3.7 现场使用结果

所研制的水基链条润滑剂于某食品饮料厂试用, 在保持相同的润滑效果的条件下, 所研制产品的使用浓度比该厂原使用的水基链条润滑剂使用浓度更低, 进一步节省了生产成本。饮料包装线的流量分别为 2400 瓶/h、36000 瓶/h, 将所研制的水基链条润滑剂分别用于两条包装线后, 包装线运行平稳, 无明显的倒瓶现象, 运行过程中基本不积累泡沫, 对包装车间的环境卫生状况无任何不良影响。

4 总结

本研究研制了一种由脂肪酸、非离子表面活性剂、防锈剂、螯合剂、消泡剂及抑菌剂组成的低泡中性喷淋式水基链条润滑剂。相较于现有技术及产品, 本研制产品具有如下的优点:

(1)既具有可媲美含脂肪胺表面活性剂的水基链条润滑剂的润滑性能, 又具有无胺水基链条润滑剂的低起泡性, 不会对生产车间环境造成不良影响;

(2)具有优秀的抑菌能力;

(3)水基链条润滑剂的酸碱值为中性, 不会对生产设备造成腐蚀, 并具有较高的抗硬水能力和清洗能力, 能避免喷嘴的堵塞, 保持输送设备良好的卫生条件;

(4)克服了脂肪酸水溶性差的缺点, 润滑剂体系具有较高的稳定性;

(5)相同润滑效果的条件下, 使用浓度较市场竞品低, 可有效降低企业的生产成本。

参考文献

- [1]申海鹏. 浅谈食品包装机械中自动化技术的应用与发展[J]. 食品安全导刊, 2012(z1): 38-39.
- [2]李光强. 浅析饮料无菌冷灌装技术[J]. 中国高新技术企业, 2008(19): 121-122.
- [3]陈维. 水基链条润滑剂的研制[J]. 润滑与密封, 2009, 34(2): 78-81.
- [4]曾宪洲, 段家贵, 马杰. 食品工业包装链条润滑剂开发及应用[J]. 广东化工, 2014, 41(1): 42-44.
- [5]Wang X Y, Zhang H, Li D Y. Characterization of lubricated worn surfaces using a nano/micro-indenter[J]. Materials Science & Engineering A, 2004, 371(1): 222-228.
- [6]胡志孟, 党鸿辛, 刘维民, 等. 植物油脂肪酸的摩擦特性[J]. 润滑油, 2000(4): 38-41.
- [7]杨汉民, 陈东亚, 刘天晴, 等. 辛烷基苯酚聚氧乙烯醚与正癸醇层状液晶的结构及润滑性能研究[J]. 摩擦学学报, 2000, 20(5): 356-359.
- [8]祁有丽, 徐小红, 周旭光, 等. 不同润滑剂对水基切削液摩擦学性能的影响[J]. 润滑油, 2014, 29(1): 33-37.
- [9]Bernat S, Armada S, Espallargas N. Friction Mechanisms by Carboxylic Acids in Aqueous Lubricants[J]. Tribology Letters, 2018, 66(3): 83.
- [10]张丽蓉, 陈维, 邓金花, 等. 苯扎氯铵与十二烷基二亚丙三胺杀菌活性比较研究[J]. 中国消毒学杂志, 2016, 33(7): 625-627.
- [11]李春静, 卢义和, 宫素芝, 等. 聚醚改性硅油消泡剂的合成[J]. 日用化学工业, 2006, 36(5): 284-286.
- [12]田中利. 链条润滑剂摩擦特性的评价[J]. 合成润滑材料, 2008, 35(4): 6-9.
- [13]胡志孟. 羟基植物油脂肪酸的合成及其润滑性[J]. 化工科技, 2001, 9(3): 3-6.
- [14]谭援强, 王学业, 黄伟九, 等. 润滑剂作用能力的分子轨道指数判据-润滑剂分子极性基团与金属表面之间的相互作用[J]. 摩擦学学报, 2000, 20(4): 280-283.
- [15]廖明福. 油酸在机器润滑上的应用[J]. 机械制造, 1965(6): 43-45.

(本文文献格式: 黎英文, 张丽蓉, 宋金武, 等. 一种低泡的中性喷淋式水基链条润滑剂的研制[J]. 广东化工, 2019, 46(2): 62-64)