

文章编号:1002-1124(2006)07-0012-02

植酸的制取及阻垢、除垢性能的研究

刘西德,崔培英,顾克强

(曲阜师范大学 化学科学学院, 山东 曲阜 273165)

摘要:植酸为有机大分子化合物,具有特殊的分子结构和对金属离子较强的络合性能,本文介绍了以麦麸为原料制取植酸的操作方法和工艺流程,讨论了影响植酸络合能力的因素,研究了不同条件下植酸的络合能力和阻垢、除垢性能,确定了植酸作为低压锅炉阻垢剂使用的条件和方法。

关键词:植酸;络合能力;阻垢剂

中图分类号:TK228 **文献标识码:**A

Study on the performance of producing, preventing and removing scale of plant acid for preventing to removing scale

LIU Xi - de, CUI Pei - ying, GU Ke - qiang

(College of Chemical Science, Qufu Normal University, Qufu 273165, China)

Abstract: As a kind of organic macromolecular compound, plant acid have special molecular structure and greatly complex ability with metals ions. The operating methods and technological process on making plant acid were introduced with wheat bran. The influence factors of plant acid complex ability were discussed. Complex and preventing scale of ability were studied by the experiment. In addition, the methods and applying conditions on preventing scale agent of the low pressure boiler were determined.

Key words: plant acid; complex ability; preventing scale agent

植酸为天然有机化合物,亦称为环己六醇六磷酸脂,广泛存在于植物及其种子内,通常以植酸的钙-镁-钾盐(即菲汀)的形式存在,植酸为无色或淡黄色稠状液体,易溶于水及95%乙醇和丙酮,植酸是天然、无毒、无害的化工原料,在食品添加剂、水产品保鲜、及电镀添加剂、燃料油防爆剂和医药等方面都有一定的应用。植酸特殊的分子结构及理化性能,特别是对金属离子的较强络合能力,已受到人们的普遍重视,其用途和使用领域也越来越广泛。利用植酸对金属离子(特别是对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})较强的络合性能,在低压锅炉水处理方面我们进行了一些有益的尝试,结果表明,植酸在低压锅炉水处理方面具有良好的阻垢、除垢能力。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

干燥麦麸;氨水,盐酸,EDTA,三乙醇胺,铬黑T

指示剂等均为分析纯。

WMZK-01 温度控制器;GC-1 型蒸汽发生器(中南大学化机厂);QFQ-5B 全自动蒸汽发生器(无锡斯利斯特有限公司);FA2004N 电子天平(上海精密科学仪器有限公司);202-2AB 电热恒温干燥箱(天津泰斯特仪器有限公司);PHSJ-4A 型实验PH计(上海雷磁仪器厂)。

1.2 植酸的提取

选用含淀粉较少干燥的麦麸按1:6~8加水,用 0.2mol L^{-1} 的盐酸调pH值至2,控制温度为 30°C ,浸泡3h,期间每30min搅拌一次,然后过滤;滤液为淡黄色透明的稀植酸萃取液和其它盐类。加氨水,调节pH值至11.0左右,继续搅拌30min,然后过滤,水洗,得到粗的淡黄色植酸铵沉淀。将植酸铵沉淀先用水洗涤至洗液无色,按固液比1:10加入3%的盐酸溶液,搅拌使其完全溶解,加热使植酸铵转变为植酸,过滤除去杂质。将滤液经过强酸性阳离子交换树脂,控制滤液的流速在 $20\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$,交换液的pH值在2左右。交换完毕的植酸稀溶液进行浓缩,将交换液浓缩至原体积的1/4时,加入1g活性炭脱色,过滤,继续浓缩至原体积的1/3,再加入活

收稿日期:2006-03-20

作者简介:刘西德(1960-),男,副教授,主要从事应用化学的研究。

性碳 1g 脱色,最后浓缩至植酸含量为 50%,即为成品。

1.3 植酸络合能力试验

取 20kg 自来水,利用 0.01106mol L^{-1} EDTA 标准溶液、铬黑 T 为指示剂对其进行分析,硬度为 382 (本文中的硬度值均指以 CaCO_3/L 量计)。然后在低压锅炉(蒸汽发生器)内,分别进行不同 pH 值、不同温度及不同植酸加入量的络合性能试验,根据试验结果,确定植酸最佳络合能力时的使用条件。

1.4 植酸水处理阻垢、除垢性能试验

植酸分子结构中有十二个羟基、六个磷酸基,其中只有一个处在 α 位,其他五个均处在 ϵ 位上,其中有 4 个磷酸基处于同一平面上,植酸与金属离子络合时,其羟基和磷酸基等活性基团,具有很强的络合能力,与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等多种金属离子可形成稳定的螯合物,利用植酸对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 较强的螯合能力,作为低压锅炉水处理的络合剂,在调节剂(主要是调节锅炉用水的 pH 值、避免锅炉腐蚀的缓蚀剂和预膜剂等组成)的作用下,配制成低压锅炉水处理阻垢剂。使用时首先加入调节剂,然后加入植酸,控制一定的温度,改变水的 pH 值;再控制一定的 pH 值,改变加热温度,及加入不同量的植酸,以确定植酸最强络合能力时的试验条件及水硬度不同时植酸加入的量。结果发现,植酸与锅炉用水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 形成白色絮状沉淀,该沉淀物具有结构松散,性质稳定不易分解,不粘结炉壁易排除,无毒、无污染的特性,易于随锅炉排水而排出。

2 结果与讨论

2.1 温度对植酸络合能力的影响

植酸的络合能力受温度影响变化较大,实验结果表明,随着温度的增加,植酸的络合能力显著提高,但在不同温度下植酸的络合能力差别较大,温度在 20~60 时,植酸的络合能力较强,水的硬度下降明显;在 60~90 时,硬度降低的比较缓慢;温度高于 90 时,植酸对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的络合能力随着温度的增加而显著提高,水的硬度降低显著;温度达到 120 时,植酸对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的络合能力达到最大,这时用极少量的植酸,就可以与自来水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 发生反应,使 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 生成络合物而除去,水的硬度小于 3,完全达到了国家低压锅炉用水的要求(CB1576-1996)。而自来水的硬度虽然随温度

的增加而减小,但变化缓慢,且随着加热温度的提高和加热时间的延长, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子易形成水垢,粘附在炉壁上,难以除去,使传热效果和锅炉的使用寿命受到影响。

表 1 加入植酸阻垢剂水样及自来水硬度随温度变化实验结果(pH 值为 9.31 时)

温度	20	40	60	70	80	90	100	110	120
自来水硬度	382	278	263	261	186	146	82	67	60
加入阻垢剂水样硬度	273	186	132	119	108	97	45	4.7	1.8

2.2 pH 值对植酸络合能力的影响

取 20kg 自来水加入 1.502g 植酸,4.29g 调节剂,搅拌混合均匀,制成待测水样,测定不同 pH 值对植酸络合能力的影响,实验结果表明,随着 pH 值的增加,植酸的络合能力显著提高,但不同 pH 值对植酸的络合能力影响不同,pH 值小于 7 时,对植酸的络合能力影响不大;pH 值为 7~8.5 时,植酸对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的络合能力随着 pH 值的增加而显著提高;pH 值为 9.0~9.2 时,植酸对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的络合能力达到最大,这时用极少量的植酸,就可以与自来水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 发生络合反应,使 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 生成络合物而除去。若 pH 值大于 10 时, Mg^{2+} 易于生成白色的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀,该沉淀容易粘附在器壁上,结成难以除去的水垢,所以植酸对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的络合反应的 pH 值控制在 9.5 左右为宜。自来水的硬度随 pH 值的增加也呈现下降的趋势,但变化不是很大。

表 2 不同 pH 值对水的硬度的影响

pH 值	4.01	5.07	6.05	7.10	8.11	8.58	9.02	9.20	9.40
自来水的硬度	389	374	350	322	305	288	263	242	239
加入阻垢剂水样硬度									
60	222	217	230	228	218	206	110	86	69
80	238	232	235	232	223	144	69	58	52
90	256	249	246	218	152	117	53	46	37

2.3 不同浓度时植酸的络合能力

取 20kg 自来水按照 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 1:1 的比例,计算称取 $\text{CaCl}_2(\text{AR})$ 、 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{AR})$ 加入到水中,调节水的硬度,在同一加热温度及相同的加热时间下,调节水的 pH 值为 9.32,加入不同的植酸(植酸含量为 52%),测定植酸的络合能力,以确定植酸在水处理中最佳加入的浓度。实验结果表明,植酸的络合能力较强,只需要较少的植酸就可以达到阻垢、除垢的目的。

(下转第 59 页)

$$A_3 = (0.100 \ 0.200 \ 0.400 \ 0.200 \ 0.100)$$

$$A_4 = (0.100 \ 0.200 \ 0.400 \ 0.200 \ 0.100)$$

$$A_5 = (0.053 \ 0.105 \ 0.211 \ 0.421 \ 0.211)$$

按照式(7),单因素模糊综合评判矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} 0.432 & 0.295 & 0.253 & 0.021 \\ 0.327 & 0.358 & 0.258 & 0.058 \\ 0.250 & 0.270 & 0.300 & 0.180 \\ 0.210 & 0.250 & 0.350 & 0.210 \\ 0.174 & 0.316 & 0.427 & 0.084 \end{bmatrix}$$

2.4 二级模糊综合评判

根据经验,按照式(7)将各因素的权重集设定为:

$$B = (0.05, 0.1, 0.05, 0.4, 0.4)$$

按照式(8),模糊综合评判集为:

$$C = B \cdot R = (0.220, 0.282, 0.364, 0.133)$$

2.5 印染废水处理效果的确定

由上述模糊综合评判结果,根据最大隶属度原则,最大值 $c_3 = 0.364$,对应于决策集中的 v_3 (需改进后排放),因此,在化学需氧量较高、色度较高、处理方法的合理性一般、处理设备运行状况一般及处理过程操作水平较低条件下,印染废水的处理效果不理想,需进一步改进后再排放。

3 结语

本文将模糊综合评判方法引入了印染废水处理效果的评估,所建立的模糊集理论模型的物理意义明确且简单实用。同时将该方法应用于江阴某公司印染厂印染废水处理效果的评判,其评估结果是:改进后再排放。

参 考 文 献

- [1] 洪枫. 纺织印染工业污染控制的经济学分析[J]. 印染, 2004, 30(20): 33 - 35.
- [2] Bowles J B, Pelfaez C E. Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis [J]. Reliability Engineering and System Safety, 1995, 50:203 - 213.
- [3] 黄洪钟, 胡宗武. 失效致命度分析的模糊方法及其在 CHT12 型吊机设计中的应用[J]. 建筑机械, 1997, (4): 14 - 18.
- [4] 莫文辉. 可靠度分配的模糊综合评判法[J]. 机械设计与研究, 1998, (2): 18 - 19.
- [5] 苏春. 机械产品可靠性考核中的模糊综合评价法[J]. 机械设计, 1996, (6): 9 - 11.
- [6] 宋晓秋. 模糊数学原理与方法(第二版)[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2004. 200 - 210.
- [7] 杨松林. 工程模糊论方法及其应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1996.

(上接第 13 页)

表 3 不同浓度时植酸的络合能力

加入植酸的量/g	0.00	0.402	0.905	1.238	1.292
pH 值	9.36	9.41	9.38	9.40	9.42
加热温度/°C	110	110	110	110	110
水的硬度/L	1190	580	205	4.2	1.2

3 结论

目前,国内锅炉给水处理的化学药物方法较多,都存在工艺操作复杂,水质处理效果不十分理想,排出的水中含有富营养物质较多等弊端,而对于低压锅炉采用离子交换法进行水处理,虽然效果较好,但运行成本较高。利用植酸配制的低压锅炉阻垢剂具有阻垢、除垢、防腐蚀及阻止菌藻类生长的效果,无毒、无味、无污染,化学性质稳定,植酸对水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及其他金属离子均具有良好的络合性能,络合

生成的螯合物为白色絮状沉淀,具有结构松散,不粘炉壁易于排除的特性。随着对植酸阻垢剂研究的深入和加强,其应用价值和经济效益会更加突出,特别是植酸与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 形成络合物的优良特性,在锅炉阻垢、除垢方面必将展现出其特有的潜力。

参 考 文 献

- [1] 夏明珠,雷武,王风云,等. 水基液压介质多功能添加剂的研制[J]. 化学世界, 2003, 44(2): 69 - 71.
- [2] 周和平. 植酸在金属表面处理中的应用[J]. 电镀与环保, 2003, 2(23): 23 - 25.
- [3] 李建秀,王树清,景丽杰,等. 吸附法制取植酸钠的工艺研究[J]. 化学世界, 1998, 38(10): 518 - 519.
- [4] 崔培英,孙启祥. 利用米糠、麦麸制备植酸的研究[J]. 枣庄师专学报, 2002, 19(5): 42 - 43.
- [5] 李本高. 现代工业水处理技术与应用[M]. 北京:中国石化出版社, 2004. 6.
- [6] 郑书忠. 循环冷却水水质及水处理剂标准应用指南[M]. 北京:化学工业出版社, 2003. 10.