

环保可排放型水基着色渗透液的研制及应用

张鹏珍, 赵 成

(上海诚友实业集团有限公司, 上海 200437)

摘 要: 研制的水基着色渗透液以水为主要溶剂, 环保型红色染料为溶质, 不仅符合环保排放的控制标准要求, 并且具有检测灵敏度高、清洗性能好、无毒、无味、零 VOC(产生危害的挥发性有机物)等优点。该水基着色渗透液值得渗透检测相关行业的推广。

关键词: 环保; 水基; 着色渗透液; 可排放

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2019)03-0006-03

Research and Application of Dischargeable Environmental Protection Water Based Dye Penetrant

ZHANG Pengzhen, ZHAO Cheng

(Shanghai Chengyou Industrial Group Co., Ltd., Shanghai 200437, China)

Abstract: This paper studies a type of water based dye penetrant. Main solvent used here is water. The penetrant meets the dischargeable requirement and has advantages of high sensitivity, easy cleaning, zero VOC (harmful volatile organic compounds), non-toxicity, inodorousness, etc. This penetrant formula is valuable in the penetrate test field.

Key words: environmental protection; water based; dye penetrant; dischargeable

渗透检测用油基着色渗透液由于具有渗透能力强、着色鲜艳、润湿性能好及检测灵敏度高等特点而被广泛应用。

因为油基着色渗透液所用溶剂多为煤油、变压器油、丁酸丁酯、邻苯二甲酸二丁酯等, 均为有机溶剂, 所用溶质(着色染料)较多考虑的是着色鲜艳程度等, 所以该类油基着色渗透液使用后的废液排放会污染环境, 不符合环保要求。另外, 油基着色渗透液的废液很难降解, 即使通过一般的废水处理系统, 都很难达到排放标准, 而必须要通过相关专业的化工污水处理工程, 才能达到排放要求。

污水处理工程占地面积大、处理工序繁琐、费用昂贵等, 给渗透检测企业带来了较大负担。随着社会的发展, 环境问题越来越突出, 企业的环保意识也日益加强。渗透检测后的废液排放成为一个急待解决的问题。

研究的可排放(环保)型水基着色渗透液(以下简称“渗透液”)以水为主要溶剂, 以环保型染料为溶质, 其检测灵敏度高、清洗性能好、无毒、无味、零 VOC(产生危害的挥发性有机物), 300 倍的稀释液可达到 GB/T 8978—1996《污水综合排放标准》中的二级排放标准。

1 试验过程

1.1 原料与仪器

(1) 原料

原料主要包括: 去离子水、助溶剂、环保红色染料(市售)、吐温-80、三乙醇胺硼酸酯等。

(2) 仪器

仪器主要包括: QSJ 高速分散机、1 型参考试块、SY-05 型石油密度计、SYP1003-VI 黏度计、SYD-261 闪点仪、ZL300A 全自动界面张力测定仪等。

1.2 渗透液的配制

取 70.0%~85.0% 的去离子水, 加入 3.0%~4.0% 的红色环保染料, 开启搅拌机转速到 $500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 搅拌 3~4 h, 直至全部溶解, 然后加入质量分数范围

收稿日期: 2018-06-01

作者简介: 张鹏珍(1981—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事无损检测工作中渗透检测和磁粉检测的研发

通信作者: 张鹏珍, zhangpengzhen@cysygroup.com

分别为 6.0%~10.0%的助溶剂,2.0%~3.0%的吐温-80 和 1.5%~2.5%的三乙醇胺硼酸酯,再搅拌约 30 min。

1.3 性能测试

目视检测渗透液外观,按照 GB/T 18851.2—2008《无损检测 渗透检测 第 2 部分:渗透材料的检验》标准测定渗透液灵敏度(着色渗透液的 2 级灵敏度为高级灵敏度,1 级灵敏度为普通灵敏度),按照标准 GB/T 2013—2010《液体石油化工产品密度测定法》测定渗透液的密度,按照 ASTM D445《石油产品运动黏度测定》测定渗透液的黏度,按照 ASTM D93《闭口杯测定闪点》测定渗透液的闪点。

1.4 渗透液废水排放指标评价

渗透检测中,施加到工件表面及缺陷内的渗透液、去除剂及显像剂等,经过渗透、去除、显像、检验后,再经过清洗去除变成废水。废水的处理是目前一项重要的工作。

笔者将自己单位配制的渗透液和市售常用渗透液进行了废水排放主要指标的数据对比,废水综合排放基本指标测定如表 1 所示(其中 a 表示 1 份渗透液+300 份水+1 份中和液,b 表示 1 份市售常用渗透液+1 000 份水+1 份中和液)。

表 1 废水综合排放基本指标测定

项目	GB 8978—1996 污水综合 排放标准第二类污染物 最高允许排放浓度			
			a	b
	二级标准	三级标准		
pH 值	6~9	6~9	6.5	6.3
色度(稀释倍数)	80	—	32	2 000
悬浮物含量/(mg·L ⁻¹)	150	400	17	234
五日生化需氧量/ (mg·L ⁻¹)	30	300	25.4	—
化学需氧量/ (mg·L ⁻¹)	150	500	114	5 700

从表 1 可以看出,研制的水基着色渗透液通过水洗后(相当于稀释 300 倍),再加入自配的中和液就可以达到国家规定的二级或三级排放要求;而市售普通的着色渗透液先稀释 1 000 倍,再通过简单处理,远远达不到排放标准。

2 结果与讨论

2.1 溶剂的选择

渗透液中,溶剂起到溶解染料和渗透的作用。

常用的溶剂有煤油、芳香烃等,其中芳香烃对人体有一定伤害。所有溶剂中,对环境没有污染且对人体没有伤害的只有水。

笔者选用水作为主要溶剂,添加环保水性染料等,配制出的水基着色渗透液具有灵敏度高、零 VOC、无毒、无味、润湿性能好等优点。

2.2 润湿剂的选择

加入少量的表面活性剂即润湿剂,能大大降低溶剂(通常为水)的表面张力或界面张力,改变物系的界面状态,能够产生润湿、乳化、起泡、增溶及分散等一系列作用,从而达到实际应用的要求^[1]。

渗透液的润湿能力与渗透能力相关联,且对渗透检测整个性能有重要影响。润湿性好,渗透液在工件表面的铺展好;润湿性差,渗透液液体容易收缩,渗透液在工件表面的覆盖不好,容易造成漏检^[2]。所以,选择合适的润湿剂,降低水的表面张力,增加水基渗透液对受检固体表面的润湿能力尤其重要。选了 5 种润湿剂进行试验,结果如表 2 所示。

表 2 加入不同种类润湿剂的表面张力

(×10⁻³ N·m⁻¹)

表面活性 剂含量/%	吐温- 60	吐温- 80	Dynol 960	Twin 4100	SN- 4727
0.0	70.2	70.0	69.9	70.1	70.1
0.5	34.7	29.2	34.4	28.6	25.6
1.0	29.8	28.1	24.3	26.6	25.1
1.5	29.3	27.7	24.3	25.6	24.2
2.0	28.8	27.6	24.3	25.6	23.6
2.5	28.7	27.5	24.4	25.7	21.5
3.0	29.0	27.5	24.4	25.7	21.5
3.5	29.2	27.5	24.4	25.7	21.5

通过表 2 发现,SN-4727、Dynol 960 和 Twin 4100 可以大大降低表面张力,但是会引起渗透液在工件表面的缩孔现象;而吐温-80 可以将渗透液调整到合适的表面张力,并且无缩孔、缩边等现象,渗透液灵敏度也高。渗透液并不是表面张力越低越好,这点可以从以下理论来解释。

渗透液在毛细管中的上升高度为

$$h = 2\alpha \cos \theta / (rdg)$$
 (1)

式中:h 为润湿液体在毛细管中的上升高度;α 为液体的表面张力系数;θ 为接触角;α·cos θ 为静态渗透参量(SPP);r 为毛细管内壁半径;d 为液体密度;g 为重力加速度。

分析式(1)可知,渗透液在表面开口缺陷中的上升高度与渗透液表面张力及渗透液接触角直接相关。

静态渗透参量可表征渗透液渗入缺陷的能力。表面张力与接触角余弦的乘积越大,润湿性越好,渗透力越强^[3]。所以,在保证润湿性能好的条件下,表面张力应取适当值。

2.3 染料的选择

染料是决定渗透液灵敏度的主要因素之一。着色渗透液的着色强度是指缺陷内一定数量的着色渗透液被显像剂吸附出来后显示色泽的能力。渗透液的着色强度越大,被吸附出的一定量的渗透液在显像后显示色泽的能力越强,从而越容易被观察,渗透检测灵敏度也就越高。着色强度可以用吸光度准确测量。

$$A = C \cdot L \tag{2}$$

式中: A 为吸光度; C 为着色液的染料浓度; L 为液层的厚度。

从式(2)可以看出,染料的浓度 C 越大,吸光度 A 就越大,即着色强度越大,因而检测灵敏度就越高^[4]。

选择的染料溶解度高,符合环保要求,不含 24 种芳香胺,不含国际、国内禁用产品,不含重金属^[5]。

2.4 防锈剂的选择

水基产品中的防锈性能是最主要的,而传统的防锈剂主要有亚硝酸盐、磷酸盐或铬酸盐等,虽然防锈效果良好,但毒性较强^[6]。采用易生锈的低碳钢,并选择几种环保防锈剂进行防锈试验,不同防锈剂防锈性能测试结果如表 3 所示,防锈试验的步骤如下所述。

(1) 取三乙醇胺硼酸酯、有机胺类缓蚀剂、硅酸盐类防锈助剂、磷酸酯型防锈助剂 4 种环保防锈剂,分别配制防锈剂含量为 0.5%,1.0%,1.5% 和 2.0% 的水溶液。

(2) 取 16 块易生锈低碳钢板,用砂纸将其表面打磨光滑,然后用分析级丙酮洗净、晾干。

(3) 将洁净、光滑的试板浸入准备好的 16 种防锈液中,在 50℃ 下静置 1 h,取出试板观察表面锈蚀的情况。

表 3 不同防锈剂防锈性能测试结果

防锈剂含量/%	三乙醇胺硼酸酯	有机胺类缓蚀剂	硅酸盐类防锈助剂	磷酸酯型防锈助剂
0.5	少量锈点	有锈点	有锈点	少量锈点
1.0	极少锈点	有锈点	少量锈点	少量锈点
1.5	无锈点	有锈点	极少锈点	极少锈点
2.0	无锈点	有锈点	极少锈点	无锈点

由表 3 可知,含有 1.5% 三乙醇胺硼酸酯防锈剂

溶液的耐腐蚀性好,并且 1 h 内无任何锈迹,所以在渗透液中选择三乙醇胺硼酸酯作为防锈剂。

2.5 渗透液性能

研究的环保可排放型水基着色渗透液,可应用于渗透检测中非多孔性的金属或其他材料表面开口缺陷的检测。将其与市售传统的着色渗透液进行对比,结果见表 4。由表 1 和表 4 可知,相比传统渗透液,制备的水基着色渗透液不仅通过简单处理就可达到排放要求,而且具有灵敏度高、清洗性好等优点。

表 4 研制的水基着色渗透液与市售着色渗透液的性能对比

项目	研制的水基着色渗透剂	市场通用着色渗透剂 A	市场通用着色渗透剂 B
外观	红色	红色	暗红色
密度/(g·cm ⁻³)	1.03	0.93	0.92
黏度/(mm ² ·s ⁻¹)	2.2	2.8	2.6
闪点/℃	无	56	25
灵敏度/级	2	1	2
清洗性	极易清洗	清洗性良好	清洗性一般

四川某铸造单位原来每个月需要处理近 10 t 的废水,处理周期较长、费用昂贵。使用该可排放型水基着色渗透液后,大大提高了工作效率,减少了生产成本。

3 结论

(1) 以水为主要溶剂,以溶解度高的环保染料为溶质,可配制成环保可排放型水基着色高灵敏度渗透液。

(2) 选择吐温-80 作为润湿剂,三乙醇胺硼酸酯作为防锈剂,可使得渗透液具有渗透能力强、润湿性能好、灵敏度高、防锈性能好等优良特性。

参考文献:

[1] 王世荣,李祥高,刘东志,等. 表面活性剂化学[M]. 北京:化学工业出版社,2011.

[2] 美国无损检测学会. 美国无损检测手册 渗透卷[M]. 上海:世界图书出版公司,1994.

[3] 全国锅炉压力容器资格考核委员会表面专业组. 渗透探伤[M]. 北京:中国锅炉压力容器安全杂志社,1997.

[4] 陈玉宝,陈以方. 高灵敏度着色渗透液的研制[J]. 无损检测,1999,21(10): 445-447.

[5] 章杰. 禁用染料和环保型染料[M]. 北京:化学工业出版社,2001.

[6] 焦斌,衣守志,杜天源,等. 环保型水基防锈剂的合成及其性能[J]. 材料保护,2015,48(6): 39-41.