

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2021.02.008

铝合金表面油污清洗剂的制备及其腐蚀性研究

季伟¹, 孟繁东¹, 潘科宇¹, 王文军¹, 潘明华¹, 韩怡秋², 邵明亮², 刘东³,
周勇^{3*}

(1. 丽水正阳电力建设有限公司工程技术部, 浙江 丽水 323000; 2. 贵州晟展峰新材料科技有限公司工程技术部, 贵州 贵阳 550003; 3. 武汉工程大学 绿色化工过程教育部重点实验室, 湖北 武汉 430205)

摘要: 采用正交试验、单因素试验、电化学测试和扫描电镜等方法, 研究了铝合金表面清洗剂中表面活性剂组分、各类助剂组分、清洗温度和清洗时间对清洗效率的影响以及所制备水基清洗剂对铝合金基体的腐蚀性。结果表明: 清洗剂母液中表面活性剂组分的最佳配比为十二烷基苯磺酸钠 $1.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、辛基酚聚氧乙烯醚 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、脂肪醇聚氧乙烯醚 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、壬基酚聚氧乙烯醚 $4.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 各类助剂组分的最佳配比为硅酸钠 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、聚二甲基硅氧烷 $0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、钼酸钠 $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、乙二胺四乙酸二钠 $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$; 将母液与自来水按体积比 1:20 混合均匀后得到工作液, 工作液的最佳清洗温度为 40°C 、最佳清洗时间为 5 min; 与市售清洗剂相比, 自制清洗剂的清洗效率略高但腐蚀性明显降低。

关键词: 水基清洗剂; 表面活性剂; 铝合金; 油污; 腐蚀

中图分类号: TQ649.6 文献标识码: A

Preparation and Corrosion Research of a Water-Based Cleaning Agent for Aluminum Alloy

Ji Wei¹, MENG Fandong¹, PAN Keyu¹, WANG Wenjun¹, PAN Minghua¹, HAN Yiqiu²,
SHAO Mingliang², LIU Dong³, ZHOU Yong^{3*}

(1. Engineering and Technology Department, Lishui Zhengyang Electric Power Construction Co. Ltd., Lishui 323000, China; 2. Engineering and Technology Department, Guizhou Shengzhanfeng New Material Technology Co. Ltd., Guiyang 550003, China; 3. Key Laboratory for Green Chemical Process of Ministry of Education, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

Abstract: In this paper, the effects of surfactant components, additives, cleaning temperature and time on the cleaning efficiency of aluminum alloy surface cleaning agent and the corrosion of the prepared water-based cleaning agent on aluminum alloy substrate were studied by orthogonal test, single factor test, electrochemical test and scanning electron microscope. The results showed that in the mother fluid of the prepared water-based cleaning solution, the optimal content of surfactant component was SDBS $1.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, OP-10 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, AEO-9 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ and TX-10 $4.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, and the optimal content of assistant component was Na_2SiO_3 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, PDMS $0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, Na_2MoO_4 $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ and EDTA-2Na $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. The operating fluid of the prepared water-based cleaning solution was obtained by mixing mother fluid and

收稿日期: 2020-06-20

修回日期: 2020-07-28

作者简介: 季伟, 男, 高级工程师。email: jijiwewei2020@163.com

通信作者: 周勇, email: zhouyong@wit.edu.cn

基金项目: 国网浙江省电力公司集体企业科技项目(LSJTKJ-2018-3)

tap water with the volume ratio of 1 to 20. In the operating fluid, the optimal cleaning temperature and time were 40 °C and 5 min, respectively. Compared with a commercial surface cleaning agent, the prepared water-based cleaning agent exhibited both high efficiency and low corrosion.

Keywords: water-based cleaning agent; surfactant; aluminum alloy; oil pollution; corrosion

金属材料在出厂后的运输、存放和加工过程中其表面会沾染上各种油污,包括:矿物油脂、动植物油脂和灰尘等,因此对金属材料表面进行清洗使其达到一定的光洁度对后续的使用和包装都是很有必要的^[1]。金属表面油污清洗剂发展到当下经历了三代,第一代为“有机溶剂型”,主要通过有机溶剂的溶解作用来达到清洗的目的,但是有机溶剂普遍存在易燃和无毒两个问题,因此第一代产品早已被淘汰;第二代为“碱性溶液型”,主要通过碱性溶液的皂化作用来达到清洗的目的,但是碱性溶液一方面对矿物油脂基本没有清洗效果,另一方面对人体表皮有较强的刺激性,因此第二代产品也逐渐被淘汰;第三代为“水基清洗型”,主要通过表面活性剂的乳化、分散和渗透作用来达到清洗的目的,第三代产品对矿物油脂和动植物油脂都有很好的清洗效果、且对环境与健康的影响也相对较小,因此具有很大的开发和应用空间。

关于金属表面水基清洗剂的研制,前人已经做了大量的工作^[2-10]。李高峰等^[4]将嵌段醇醚型非离子表面活性剂与阳离子表面活性剂复配并辅以各类助剂,得到了一种对铸铁、碳钢和合金钢等黑色金属表面油污有很好清洗效果的水基清洗剂,但是没有涉及此清洗剂在有色金属方面的应用;胡小强等^[5]将所制备的水基清洗剂用于多种黑色金属(碳钢、铸铁)和有色金属(黄铜、紫铜、硬铝)表面油污的清洗,清洗效果可满足要求但是清洗剂对不同金属的腐蚀性有一定的差异;余文博等^[9]也考察了多种表面活性剂复配对水基清洗剂的清洗效果的影响同时将所得清洗剂应用于碳钢和铝合金表面油污的清洗均有良好的效果,但是配方中的某些组分已经不能满足当前的环保要求。虽然目前已有更多关于金属表面水基清洗剂的研究报道,但依旧存在部分有待完善和解决的问题。首先,目前已报道的研究主要以黑色金属,特别是钢铁作为基体材料来研制清洗剂,很少考虑到所研制清洗剂对有色金属的适宜性,而有色金属与黑色金属的耐蚀性有较大

差别,对黑色金属表面油污有较好清洗效果的清洗剂在清洗有色金属表面油污时很可能引起基体的腐蚀。第二,水基清洗剂配方中表面活性剂的选用基本可以做到绿色环保,但是各类助剂的选用有时会涉及到一些对环境和健康有害的物质,例如:三聚磷酸钠常用作软水剂且有很好的效果、但是会导致水体的富营养化^[11],亚硝酸钠常用作缓蚀剂也有很好的效果,但是会导致人体的某些病变^[12]。因此,综合考虑以上原因,水基清洗剂的研制还有很大的发展和扩宽的空间。

本文研制了一种对铝合金表面油污有较好清洗效果且绿色环保的水基清洗剂,其中主成分(表面活性剂)的选择借鉴目前已有的经验,使用了阴离子表面活性剂与非离子表面活性剂进行复配^[11];辅成分(各类助剂)的选择兼顾了绿色环保和针对性强两点,使用了硅酸钠作为无机碱^[13]、聚二甲基硅氧烷作为消泡剂^[14]、钼酸钠作为缓蚀剂^[15]、乙二胺四乙酸二钠作为软水剂^[16]。通过正交试验得到了清洗剂的最优配方,并通过单因素试验获得了清洗剂的最佳使用条件,最后比较了自制水基清洗剂和市售水基清洗剂对同种油污的清洗效果以及对铝合金基体的腐蚀性。

1 试验

1.1 药品和试剂

实验所用药品和试剂的名称、化学式/缩写及其功能和用途见表1。所有药品和试剂的纯度等级均为分析纯。

1.2 油污来源

将在某汽车配件厂铝合金部件加工车间收集的生产油污(主要含各种矿物油脂)和在某饭店后厨收集的生活油污(主要含各种动植物油脂)等体积混合均匀,然后敞口放置在实验室中使其混入各种杂质和灰尘,得到实验所用油污。

1.3 正交试验设计

采用四因素三水平 $[L_9(3^4)]$ 正交试验分别确定

主成分(表面活性剂)和辅成分(各类助剂)中各组分含量,正交试验表如表2和表3所示,其中各因素的选择以及各水平的设置通过查阅文献资料和前期探索性实验确定。进行正交试验中的各组实验时,清洗温度固定在50℃、清洗时间固定在10 min;进行主成分(表面活性剂)正交试验中的各组实验时,不添加辅成分(各类助剂)到母液和工作液中。

表1 实验所用药品和试剂

Tab.1 Reagents used in the experiment

名称	化学式/缩写	功能和用途
十二烷基苯磺酸钠	SDBS	阴离子表面活性剂
脂肪醇聚氧乙烯醚	AEO-9	非离子表面活性剂
辛基酚聚氧乙烯醚	OP-10	非离子表面活性剂
壬基酚聚氧乙烯醚	TX-10	非离子表面活性剂
乙二胺四乙酸二钠	EDTA-2Na	软水剂
硅酸钠	Na ₂ SiO ₃	无机碱
钼酸钠	Na ₂ MoO ₄	缓蚀剂
聚二甲基硅氧烷	PDMS	消泡剂

表2 主成分(表面活性剂)正交试验表

Tab.2 Orthogonal test table of principal component (surfactant)

水平	各因素(表面活性剂)含量/(g·L ⁻¹)			
	A (SDBS)	B (AEO-9)	C (TX-10)	D (OP-10)
1	0.5	4.0	2.0	6.0
2	1.0	6.0	4.0	8.0
3	1.5	8.0	6.0	10.0

表3 辅成分(各助剂)正交试验表

Tab.3 Orthogonal test table of assistant component

水平	各因素(助剂)含量/(g·L ⁻¹)			
	A (Na ₂ MoO ₄)	B (EDTA-2Na)	C (Na ₂ SiO ₃)	D (PDMS)
1	0.1	0.2	0.5	0.1
2	0.2	0.5	1.0	0.2
3	0.3	0.8	1.5	0.3

1.4 清洗工艺和清洗效率

将AA2024铝合金加工成尺寸为50 mm×50 mm×5 mm大小的试片,使用水砂纸依次逐级将试片打磨到1000#,去离子水冲洗并吹干后称其质量为 m_0 (g);将试片放入油污中使其各表面均被油污沾染,然后将试片从油污中取出,待没有油污滴落时称其质量为 m_1 (g);将表面附着了油污的试片悬挂在工

作液(母液与自来水按体积比1:20均匀混合得到)中进行超声波清洗,清洗结束后取出试片吹干后称其质量为 m_2 (g),使用公式(1)计算清洗效率 η (%)。

$$\eta = (m_1 - m_2) / (m_1 - m_0) \quad (1)$$

1.5 腐蚀失重实验和电化学测试

使用公式(2)计算腐蚀失重速率。腐蚀失重实验结束后,使用JSM-5510LV型扫描电子显微镜(SEM)观察铝合金试片的表面形貌。

$$v = (m_0 - m_3) / (S \times t) \quad (2)$$

其中: v 表示腐蚀失重速率, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; m_0 为浸泡前的铝合金试片质量, g ; m_3 为浸泡后去除表面腐蚀产物的铝合金试片质量, g ; S 为铝合金试片的表面积, cm^2 ; t 为浸泡时间, h ,固定为24 h。

电化学测试使用CS310电化学工作站在清洗剂工作液中室温条件下进行。电化学测试使用传统的三电极体系,其中参比电极为饱和甘汞电极(SCE)、辅助电极为Pt电极、工作电极为AA2024铝合金试片。动电位极化测试时电位扫描速度为 $0.5 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$ 、电位扫描范围从相对开路电位(OCP) -0.3 V 到 0.3 V ;电化学阻抗谱(EIS)测试时正弦波交流信号振幅为10 mV、频率范围为100 kHz到10 mHz。腐蚀失重实验和电化学测试都在室温下进行。

2 结果与讨论

2.1 主成分(表面活性剂)正交试验

表4为所制备水基清洗剂中主成分表面活性剂的正交试验结果。比较各因素的极差 R 可知,SDBS对清洗效率的影响明显大于AEO-9、TX-10和OP-10,此结果与目前已报道的钢铁表面水基清洗剂研制中发现的规律相一致,即阴离子表面活性剂对清洗效果的影响更为显著^[11]。通过极差分析所得各因素最佳水平的组合为 $A_3B_3C_2D_2$,此组合未在正交表中的九组实验中出现,计算其清洗效率为98.76%,大于正交试验中九组实验所得清洗效率的最高值,即7号实验所对应组合的清洗效率(98.25%)。因此,得到自制水基清洗剂母液中表面活性剂的最佳含量为SDBS $1.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、AEO-9 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、TX-10 $4.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和OP-10 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。之后,在此基础上进行了辅成分(各类助剂)的正交试验。

表 4 主成分(表面活性剂)正交试验结果

Tab. 4 Orthogonal test results of principal components (surfactants)

序号	A (SDBS)	B (AEO-9)	C (TX-10)	D (OP-10)	$\eta/\%$
1	1	1	1	1	91.43
2	1	2	2	2	93.06
3	1	3	3	3	92.81
4	2	1	2	3	95.72
5	2	2	3	1	94.98
6	2	3	1	2	96.05
7	3	1	3	2	98.25
8	3	2	1	3	97.81
9	3	3	2	1	98.07
k1	92.43	95.13	95.24	94.83	—
k2	95.58	95.28	95.62	95.79	—
k3	98.04	95.64	95.35	95.45	—
R	5.61	0.51	0.38	0.96	—
最佳	A ₃	B ₃	C ₂	D ₂	—

2.2 辅成分(缓蚀剂、软水剂、无机碱和消泡剂)正交试验

表 5 为所制备水基清洗剂中辅成分各类助剂的正交试验结果,实验中主成分表面活性剂的添加量按照上述实验所得的最佳值添加,即 SDBS 为 $1.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、AEO-9 为 $8.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、TX-10 为 $4.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、OP-10 为 $8.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。比较各因素的极差 R 可知, Na_2SiO_3 作为无机碱对清洗效率的影响明显大于缓蚀剂、软水剂和消泡剂,这是因为正交试验选择“清洗效率”作为指标,而水基清洗剂配方中无机碱的主要作用是清洗油污中的动植物油脂^[11];通过极差分析所得各因素最佳水平的组合为 $\text{A}_2\text{B}_1\text{C}_2\text{D}_1$,此组合未在正交表中的九组实验中出现,计算其清洗效率为 99.79%,仅比正交试验中#4 实验所对应组合的清洗效率略低,两者差别仅是消泡剂 PDMS 的含量不同,同时在实验过程中发现 PDMS 的含量为 $0.1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时已经可以发挥很好的消泡效果。因此,综合清洗效率和原料成本,得到自制水基清洗剂母液中各类助剂的最佳含量为 Na_2MoO_4 $0.2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、EDTA-2Na $0.2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 Na_2SiO_3 $1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 PDMS $0.1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

2.3 清洗温度和清洗时间

将表面活性剂和各类助剂按上述正交试验所得的最优含量加入到去离子水中均匀混合后得到自制水基清洗剂的母液,将母液与自来水按体积比

1:20 混合均匀后得到工作液,在工作液中探讨了清洗温度和清洗时间对自制水基清洗剂清洗效果的影响,分析了自制水基清洗剂的最佳使用条件。

表 5 辅成分(各助剂)正交试验结果

Tab.5 Orthogonal test results of assistant components (auxiliaries)

序号	A (Na_2MoO_4)	B (EDTA-2Na)	C (Na_2SiO_3)	D (PDMS)	$\eta/\%$
1	1	1	1	1	99.43
2	1	2	2	2	99.76
3	1	3	3	3	99.16
4	2	1	2	3	99.81
5	2	2	3	1	99.21
6	2	3	1	2	99.36
7	3	1	3	2	99.14
8	3	2	1	3	99.38
9	3	3	2	1	99.78
k1	99.45	99.46	99.39	99.47	—
k2	99.46	99.45	99.78	99.42	—
k3	99.43	99.43	99.17	99.45	—
R	0.03	0.03	0.61	0.05	—
最佳	A ₂	B ₁	C ₂	D ₁	—

图 1 为清洗温度对自制水基清洗剂清洗效率的影响(清洗时间固定为 10 min)。可以看出,在 30 °C 到 50 °C,清洗效率随着温度的升高逐渐增大,这归因于温度对清洗剂和油污中各分子运动剧烈性的影响,在此温度范围内随着温度的升高,清洗剂和油污的相互作用逐渐增强,因此清洗效率得以升高;在 60 °C 到 80 °C,清洗效率随着温度的升高逐渐降低,这是因为从 60 °C 开始温度依次达到三种非离子表面活性剂的浊点,在此温度范围内随着温度的升高,非离子表面活性剂逐渐失效^[17],因此清洗效率反而下降。由于 40 °C 和 50 °C 时的清洗效率相差不大,从节能的角度考虑,自制水基清洗剂的最佳清洗温度选定为 40 °C。

图 2 为清洗时间对自制水基清洗剂清洗效率的影响(清洗温度固定为 40 °C)。可以看出,随着清洗时间的延长,清洗效率逐渐增大,但是前期清洗效率的提高速率明显快于后期,从工效的角度考虑,自制水基清洗剂的最佳清洗时间选定为 5 min。

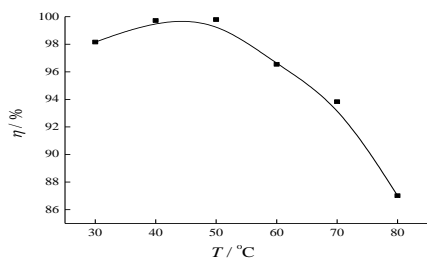


图1 清洗温度对水基清洗剂清洗效率的影响

Fig.1 Influence of cleaning temperature on work efficiency of water-based cleaning solution

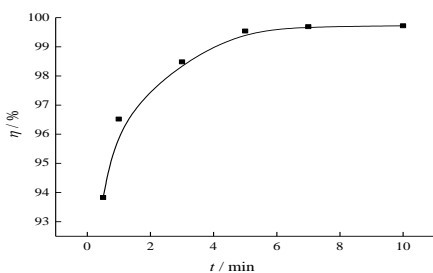


图2 清洗时间对水基清洗剂清洗效率的影响

Fig.2 Influence of cleaning time on work efficiency of water-based cleaning solution

2.4 自制清洗剂和市售清洗剂的性能比较

将所制备清洗剂 and 某市售清洗剂对同种油污的清洗效果以及对铝合金基体的腐蚀性进行了对比。图3为AA2024铝合金试片在自制水基清洗剂和市售水基清洗剂中的极化曲线和交流阻抗谱图(EIS)。表6为自制水基清洗剂和市售水基清洗剂的清洗效率(η)以及AA2024铝合金试片在两种清洗剂中的腐蚀失重速率(v)、腐蚀电流密度(J_c)和EIS阻抗模值($|Z|$)。

从图3和表6可以看出,铝合金试片在自制清洗剂中的腐蚀电位(E_c)明显正于市售清洗剂, J_c 明显小于市售清洗剂,而铝合金试片在自制清洗剂中的容抗弧半径明显大于在市售清洗剂中的半径。自制清洗剂的 η 值比市售清洗剂的 η 值略高,即清洗效果略好; v 值和 J_c 值明显减小、 $|Z|$ 明显增大,说明自制清洗剂的腐蚀性明显低于市售清洗剂。

图4为AA2024铝合金试片在自制水基清洗剂和市售水基清洗剂中腐蚀失重实验后表面的SEM形貌。浸泡24 h后,铝合金试片在自制清洗剂中的表面腐蚀状态明显比在市售清洗剂中的表面腐蚀状态轻微,即自制水基清洗剂的腐蚀性更小。

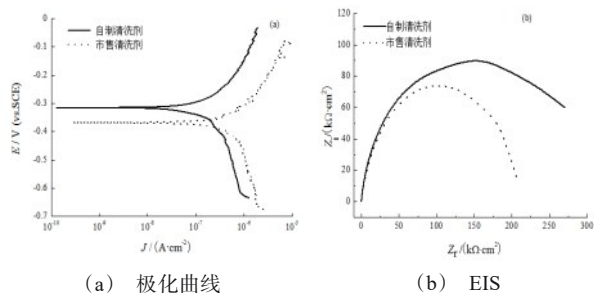


图3 AA2024铝合金试片的极化曲线和EIS

Fig.3 Polarization curves and EIS of AA2024 samples

表6 自制和市售清洗剂的清洗效率及AA2024铝合金试片在两种清洗剂中的腐蚀参数

Tab.6 Work efficiency of two kinds of water-based cleaning agents and corrosion parameters of AA2024 aluminum alloy in them

清洗剂种类	$\eta / \%$	$v / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$	$J_c / (\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2})$	$ Z / (\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2)$
自制清洗剂	99.54	0.09	0.36	276.83
市售清洗剂	99.12	0.18	1.07	206.85

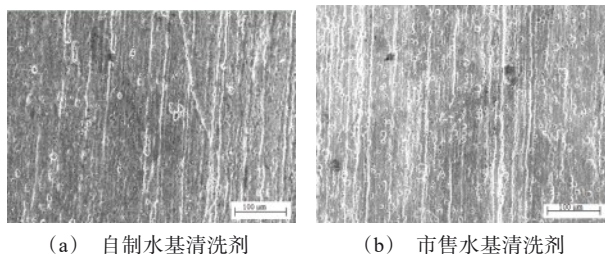


图4 AA2024铝合金试片腐蚀失重实验后表面的SEM形貌

Fig.4 Surface SEM morphology of AA2024 samples after corrosion loss-weight test

3 结论

(1) 得到了一种对铝合金表面油污具有较好清洗效果同时绿色环保的水基清洗剂,清洗剂的配方如下: SDBS $1.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、AEO-9 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、TX-10 $4.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 OP-10 $8.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 Na_2MoO_4 $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、EDTA-2Na $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 Na_2SiO_3 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 PDMS $0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。最佳清洗温度为 40°C 、最佳清洗时间为 5 min。

(2) 对比自制和市售水基清洗剂对铝合金表面油污的清洗效果及对铝合金基体的腐蚀性后发现,自制清洗剂的清洗效果略好,但腐蚀性明显降低。

参考文献

- [1] 武丽丽. 金属清洗剂概述[J]. 中国洗涤用品工业杂志, 2015, (5): 36-39.
Wu L L. Metal cleaning solution overview[J]. China Cleaning Industry, 2015, (5): 36-39 (in Chinese).
- [2] 陶源, 张威, 王丰收. 环保型水基金属清洗剂的研制及其性能研究[J]. 应用化工, 2019, 48(12): 2872-2875.
Tao Y, Zhang W, Wang F S. Development of water-based metal cleaning agent and its properties[J]. Applied Chemical Industry, 2019, 48(12): 2872-2875 (in Chinese).
- [3] 陈春风, 刘洪亮, 陈磊, 等. 安全环保的油污清洗剂制备及性能研究[J]. 清洗世界, 2018, 34(7): 17-20.
Chen C F, Liu H L, Chen L, et al. Study of the preparation and properties of a safe and environment friendly oil contaminants detergent[J]. Cleaning World, 2018, 34(7): 17-20 (in Chinese).
- [4] 李高峰. 低温高效低泡水基黑色金属清洗剂的研究与开发[J]. 清洗世界, 2017, 33(6): 15-21.
Li G F. Research and development of high efficiency low foam under low temperature water based ferrous metal cleaning agent[J]. Cleaning World, 2017, 33(6): 15-21 (in Chinese).
- [5] 胡小强. 一种环保型水基金属清洗剂的实验研究[J]. 清洗世界, 2016, 32(8): 30-33.
Hu X Q. Experimental study of an environmentally friendly aqueous based cleaning agent[J]. Cleaning World, 2016, 32(8): 30-33 (in Chinese).
- [6] 何政伟, 李维, 邹士平, 等. 一种高效金属油污清洗剂研制及性能测试[J]. 清洗世界, 2015, 31(6): 27-31.
He Z W, Li W, Zou S P, et al. Development and performance testing of a highly efficiency metal oil cleaner[J]. Cleaning World, 2015, 31(6): 27-31 (in Chinese).
- [7] 方华, 朱再旭. 机械行业金属零部件加工的化学清洗[J]. 清洗世界, 2014, 30(12): 34-38.
Fang H, Zhu Z X. Chemical cleaning for metal parts processing in machine industry[J]. Cleaning World, 2014, 30(12): 34-38 (in Chinese).
- [8] 陶秀成, 鲍习芝, 魏冬. 一种环保型水基金属清洗剂的研制[J]. 清洗世界, 2013, 29(5): 33-37.
Tao X C, Bao X Z, Wei D. Study of an aqueous metal detergent[J]. Cleaning World, 2013, 29(5): 33-37 (in Chinese).
- [9] 余文博, 陈启明, 闫志平, 等. 低泡水基金属清洗剂的研制[J]. 清洗世界, 2012, 28(1): 10-15.
Yu W B, Chen Q M, Yan Z P, et al. Study of lower-foam aqueous metal detergent[J]. Cleaning World, 2012, 28(1): 10-15 (in Chinese).
- [10] 文措杰, 王双田, 单素灵. 一种低泡水基清洗剂的研制及应用[J]. 清洗世界, 2011, 27(11): 22-27.
Wen C J, Wang S T, Dan S L. Preparation and usage of a low foaming water-based detergent[J]. Cleaning World, 2011, 27(11): 22-27 (in Chinese).
- [11] 杨亚莉. 水基型油污清洗剂的配方设计[J]. 大众科技, 2009, (8): 114-116.
Yang Y L. Recipe design of water-based detergent[J]. Popular Science & Technology, 2009, (8): 114-116 (in Chinese).
- [12] 杨海莹, 郭风军, 范维江, 等. 饮食中亚硝酸盐的来源及其对人体的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 209-213.
Yang H Y, Guo F J, Fan W J, et al. Source of nitrite in the diet and its effects to human health [J]. Food Research and Development, 2016, 37(3): 209-213 (in Chinese).
- [13] 张巧云, 陈泽民, 贾利蒙. 20碳钢水基清洗剂的配制以应用前景[J]. 材料保护, 2018, 51(2): 85-86.
Zhang Q Y, Chen Z M, Jia L M. Preparation and application effect of water-based cleaning agent for carbon steel [J]. Materials Protection, 2018, 51(2): 85-86 (in Chinese).
- [14] 蔡可而, 王严飞, 陆豫. 聚醚接枝聚二甲基硅氧烷合成及其泡沫消除应用研究[J]. 化学世界, 2015, (9): 534-537.
Cai K E, Wang Y F, Lu Y. Study on synthesis and de-foaming performance of polyether-grafted polydimethylsiloxane[J]. Chemistry World, 2015, (9): 534-537 (in Chinese).
- [15] 张志刚, 郭帝, 周华峰, 等. 钼酸盐应用于有色金属缓蚀的研究进展[J]. 材料保护, 2015, 48(4): 40-43.
Zhang Z G, Guo D, Zhou H F, et al. Research progress of molybdate-based inhibitors used for nonferrous metals [J]. Materials Protection, 2015, 48(4): 40-43 (in Chinese).
- [16] 王忠慧, 崔志明, 韩辉, 等. 洗涤助剂的应用性能浅析和前景展望[J]. 中国洗涤用品工业杂志, 2011, (4): 66-68.
Wang Z H, Cui Z M, Han H, et al. Application and prospect of washing assistant[J]. China Cleaning Industry, 2011, (4): 66-68 (in Chinese).
- [17] 王建军, 苏学军. 非离子表面活性剂浊点应用研究进展[J]. 天津化工, 2010, 24(3): 15-27.
Wang J J, Su X J. Research progress of cloud point in nonionic surfactant[J]. Tianjin Chemical, 2010, 24(3): 15-27 (in Chinese).