

Analysis of Pipeline Scales in Hydrogen Press System

Zhaoshan Wu

Fujian Meizhouwan Chlor-Alkali Industry Co., Ltd., Quanzhou Fujian
Email: 1191528306@qq.com

Received: Jun. 30th, 2017; accepted: Jul. 17th, 2017; published: Jul. 20th, 2017

Abstract

The reasons for pipeline scales of two S6D20 types hydrogen booster compression system were analyzed by scale composition test, lubricating oil heating test. The results showed that the formation of scales is due to the reaction of lubricating oil with chloride ion and iron ion. Then the reactant mixed with other impurities in the nozzle after precipitation. Thus, the oil-free lubrication was suggested to compression system and as far as possible to eliminate the effect of chloride ions.

Keywords

Compression System, Chloride Ions, Pipeline Scales, Lubricating Oil

氢压机系统管道结垢分析

吴兆山

福建湄洲湾氯碱工业有限公司, 福建 泉州
Email: 1191528306@qq.com

收稿日期: 2017年6月30日; 录用日期: 2017年7月17日; 发布日期: 2017年7月20日

摘要

作者针对某氯碱公司2台S6D20型氢气增压压缩系统出口管道结垢造成压缩系统停机, 进行了污垢成分检测、润滑油加热试验。结果表明: 污垢的形成是由于压缩系统中润滑油与氯离子、铁离子等物质发生反应后与其他杂质混合物在管口沉淀而成。建议压缩系统采用无油润滑, 并尽可能消除上游氢气中氯离子的影响。

关键词

压缩系统, 氯离子, 管道结垢, 润滑油

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

某氯碱公司为了节约生产成本, 有效利用能源, 对生产过程中产生的氢气采用电石法进行加工处理, 进而生产 1, 4 丁二醇, 因此配置了两台 S6D20 型氢气增压压缩机将上游 0.08 MPa 氢气增压到 30 MPa 达到电石法生产工艺要求。该压缩机采用 UCON(R-4)50-HB-660 型润滑油, 俗称聚亚烷基乙二醇, 由于其具有良好的抗高压性能以及润滑性能, 因此被广泛应用于氢气压缩系统。然而自 2009 年装置投产至今, 该氢气增压压缩系统一直存在出口管道结垢、出口阀受到污物堵塞等问题, 致使压缩系统频繁停机(轻则半个月停机一次, 重则 5~7 天停机一次), 由此每年引起的直接维修费近 400 万元[1]-[8]。据了解, 江苏某厂采用无油润滑氢气压缩系统生产丁二醇, 并无发生出现上述问题。因此该厂压缩系统出口管道结垢问题跟其压缩系统所用的润滑油有一定的关系[9] [10]。然而, 目前对于该润滑油的特性研究却少有文献报道, 为了探究结垢形成原因以及了解该润滑油的特性, 防止事故再次发生, 本文作者对结垢进行了成分检测以及对该润滑油进行了一系列试验研究, 结合上述多项试验分析结果, 分析了压缩系统出口管道结垢的原因, 最后给出相应的防范措施。

2. 实验

对于污垢成分检测以及润滑油特性分析分别采用了物理与化学相结合的实验方法, 通过污垢外观颜色观察、水溶液、PH 值滴定、硝酸银等实验确定了污垢的成分。通过润滑油与水、NaCl 溶液、CuCl₂ 溶液以及 FeCl₂ 溶液的加热反应了解润滑油的特有性质。

2.1. 污垢宏观检测

打开氢气压缩系统出口管道和阀门, 发现有黄褐色与黑色的胶状沉淀物结垢如图 1 所示, 随后对这两种结垢进行了成分检测, 结果如表 1 所示。从表中可以看出结垢中不仅含有铁、氯离子而且还有 UCON 润滑油。

为了弄清污垢中氯离子的来源, 对进出装置的氢气工质进行了分析, 结果表明氢压机车间的来气呈弱碱性, 并含部分氯离子, 然而工质经过压缩系统的压缩、冷却分离器的分离之后, 溶液中氯离子含量增加呈现酸性, 且氯离子含量高达系统进料的 84 倍, 因此说明氯离子不仅来源原有氢气工质, 而且在压缩系统中有环节中加入了氯离子, 为此对压缩系统中可能存在氯离子的压缩系统用水水质分析, 结果如表 2 所示。其中循环水的氯离子含量高达 104 mg/L, 冷冻水次之, 脱离子水的氯离子含量比较低。此外发现在有用循环水和冷冻水冷却之处, 换热管管道易受氯离子的腐蚀作用, 出现管道腐蚀泄露情况, 冷却管道的泄露造成工质经过压缩系统压缩后含量增大。因此可以看出污垢中氯离子一方面来源于原有的工质, 另一部分来源于压缩系统中富含氯离子的循环水引起冷却管泄露造成氯离子泄露到原有工质。上述两种情况使得氯离子含量为进料口的 84 倍之多。综上分析结果表明 UCON 润滑油会与氯离子、铁离

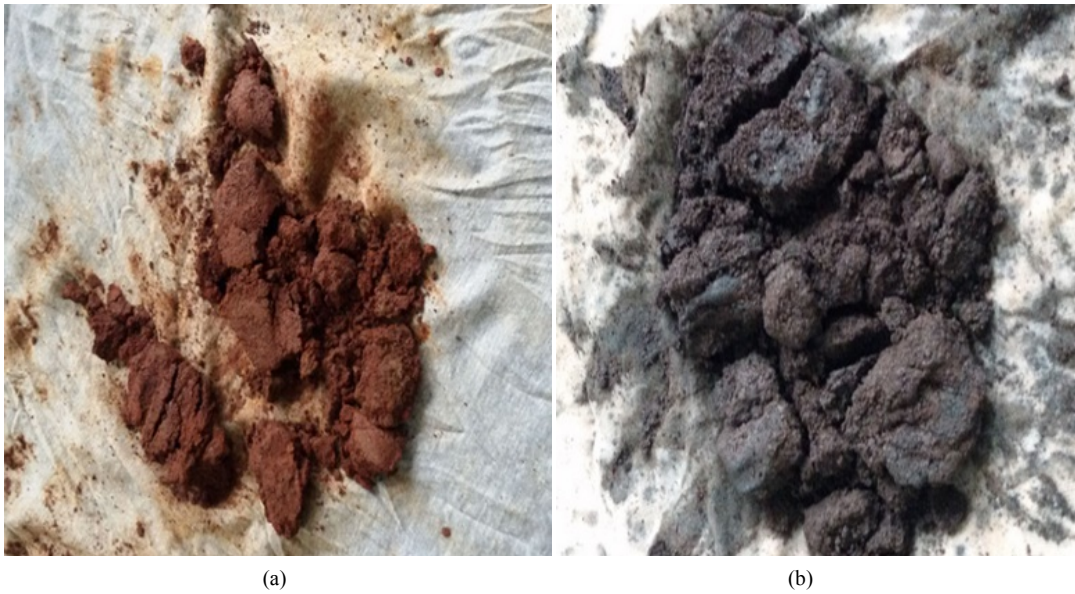


Figure 1. (a) Brown scales (b) Black scales
图 1. (a) 黄褐色污垢, (b) 黑色污垢

Table 1. The main components of the scales in compressor system
表 1. 压缩机系统污垢主要成分

检测项目	单位	检测值
水分	%	18.90
空干基碳 Cad	%	16.12
空干基氢 Had	%	2.43
pH	/	4.02
全铁(Fe)	ppm	29796.7
钠(Na)	g/kg	0.4
Cl ⁻	ppm	347
UCON 润滑油	-	-

Table 2. Water quality analysis of compressor system
表 2. 氢压机系统用水水质分析

水样名称	检测项目		
	pH 值(25℃)	电导率(25℃) (μS/cm)	氯离子 (mg/L)
循环水	7.18	622	104
冷冻水	6.84	135.6	24
脱离子水	6.74	17.9	3

子反应后形成淡黄色胶状沉淀物,当这些胶状沉淀物以及其他杂质(气缸磨屑)的混合物随气流在压缩系统排出过程中,水分不断蒸干便会在压缩机出口阀门与管道中形成结垢。

2.2. 润滑油特性研究

目前对于该系统润滑油的性质研究还未见相关文献报道,为了了解该润滑油的属性,本文作者针对结垢成分分别设计了润滑油和水、NaCl 溶液、CuCl₂ 溶液以及 FeCl₂ 溶液的加热反应。其中加热温度根据压缩机的进出口温度,本次所加温度的设定值为 40℃、60℃、80℃、100℃、130℃、150℃。先测试润滑油在常温下与上述溶液的反应情况,然后将上述溶液的反应液放在 DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器中加热到相应的设定温度,观察不同温度下溶液的变化情况。润滑油及各溶液参数如表 3 所示。

反应液的颜色变化主要分为三个阶段。当温度从 40℃加热到 100℃时,润滑油与去离子水的反应液先出现浑浊到浑浊减少最后浑浊消失并伴有出现油水分离现象如图 2 所示,之后温度不再上升;当温度从 40℃加热到 100℃时,润滑油与 NaCl 反应液从出现浑浊到白色浑浊状,沉淀继续减少,状态慢慢接近胶体,当加热到 120℃时,溶液出现胶体,有少量气泡生成,白色沉淀消失。如图 3 所示。当温度从 40℃加热到 100℃时,反应液出现浅绿色浑浊,当加热到 130℃时,从浅绿色浑浊到柠檬黄澄清液并伴有少量气泡如图 4 所示。对于润滑油与 FeCl₂ 反应液从 40℃加热到 100℃时,出现淡黄色溶液,表明漂浮少量絮状物沉淀,当加热到 120℃时,出现油水分层,油层在下,出现部分黄色油泡,当加热到 130℃时,黄色油泡逐渐变淡,当加热到 150℃时,油水分层消失,生成少量黑色西沙状沉淀,如图 5 所示。对于润滑油与氯离子、铁离子反应后形成淡黄色胶状沉淀物烘干后进行检测,其含量与压缩系统管道中的结垢极为相似,可以看出压缩系统中结垢的形成与润滑油、氯离子等物质有一定的关系。反应过程如表 4 所示。

Table 3. The properties of oil and its reaction solution

表 3. 润滑油及其反应溶液属性

	润滑油	去离子水	NaCl 溶液	CuCl ₂ 溶液	FeCl ₂ 溶液
PH 值	4.86	7.03	5.56	4.39	2.64
浓度(g/ml)	-	-	0.01	0.005	0.005

Table 4. Heating reaction of lubricating oil with different solution

表 4. 润滑油与不同溶液加热反应

温度(℃)	去离子水	NaCl 溶液	CuCl ₂ 溶液	FeCl ₂ 溶液
40	无明显变化	白色浑浊状	绿色浑浊	黄色浑浊
60	白色絮状物	白色浑浊状	浅绿色浑浊	黄色浑浊
80	白色絮状物沉淀变少	白色浑浊状 + 少量沉淀	浅绿色浑浊	淡黄色浑浊
100	悬浊液变清澈,油水分层,油层在下	白色浑浊状 + 沉淀减小	浅绿色浑浊	淡黄色浑浊,少量絮状沉淀
110		白色浑浊状 + 沉淀减小	草绿色浑浊	淡黄色澄清液,少量絮状沉淀
120		胶体,有少量气泡生成,沉淀消失	柠檬黄澄清液,油水分层,油层在下	淡黄色澄清液,油水分层,油层在下
130			柠檬黄澄清液,少量油气泡	淡黄色澄清液,油水分层,油层在下

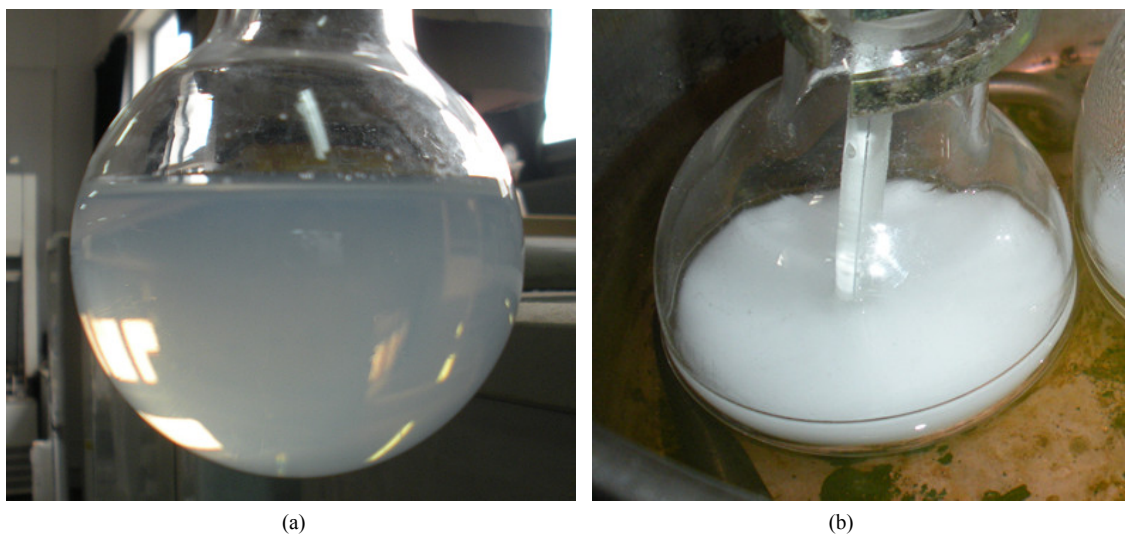


Figure 2. Heating reaction of lubricating oil with water (a) 30°C; (b) 100°C
图 2. 润滑油与水的加热反应: (a) 30°C; (b) 100°C

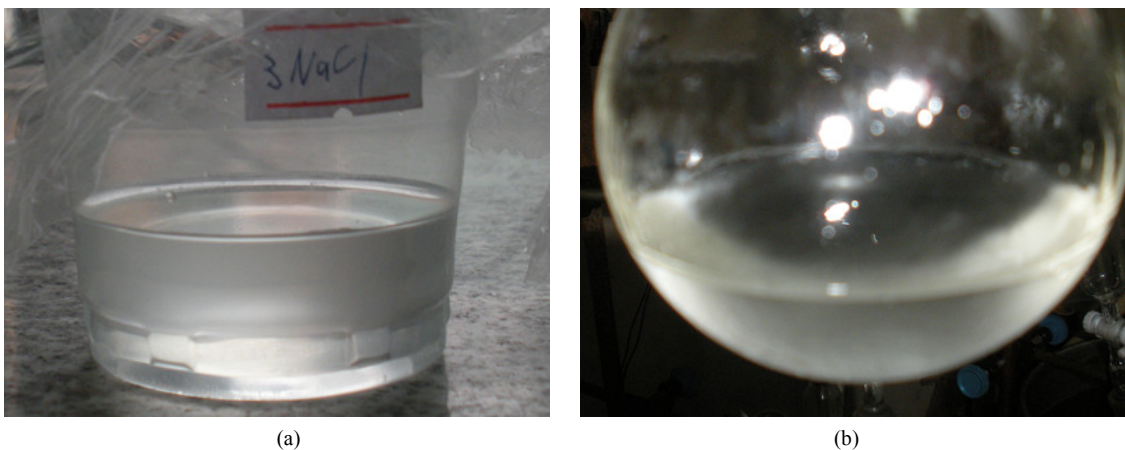


Figure 3. Heating reaction of lubricating oil with NaCl (a) 30°C; (b) 120°C
图 3. 润滑油与 NaCl 溶液的加热反应: (a) 30°C; (b) 120°C

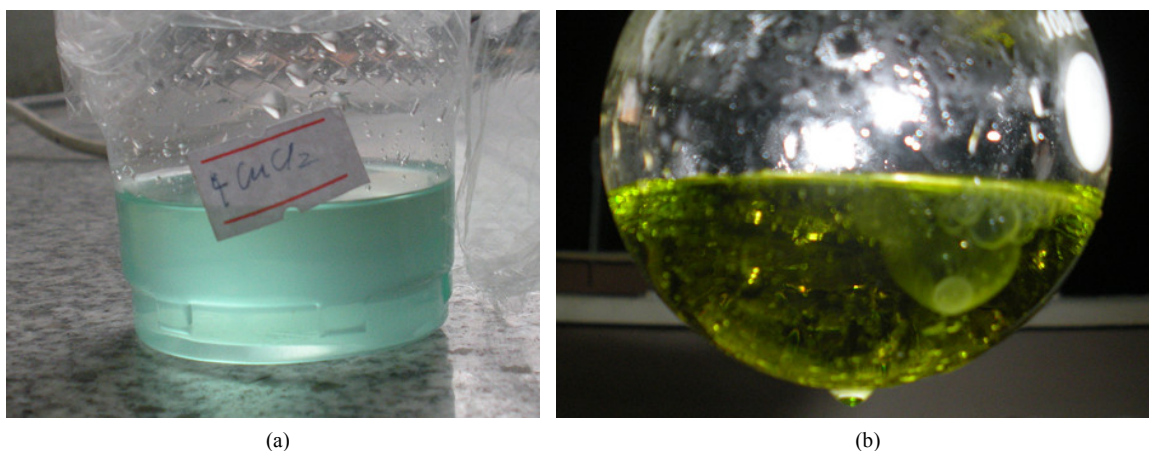


Figure 4. Heating reaction of lubricating oil with CuCl_2 (a) 30°C; (b) 130°C
图 4. 润滑油与 CuCl_2 溶液的加热反应: (a) 30°C; (b) 130°C

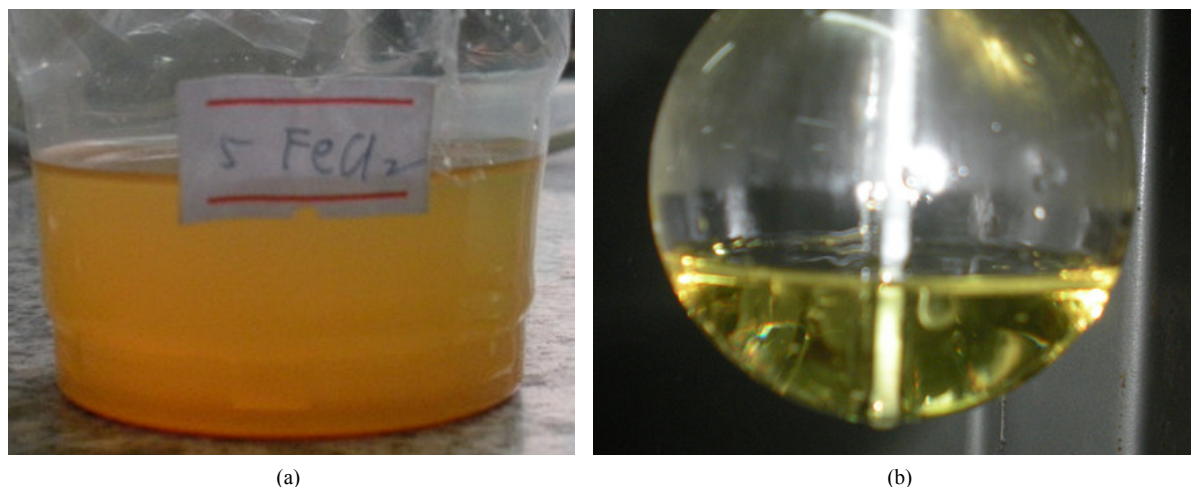


Figure 5. Heating reaction of lubricating oil with FeCl_2 (a) 30°C ; (b) 150°C
图 5. 润滑油与 FeCl_2 溶液的加热反应: (a) 30°C ; (b) 150°C

3. 结论及措施

1) 通过对污垢成分、压缩系统用水水质分析。结果表明压缩系统结垢产生的原因与润滑油及所含氯离子有一定的关系。其中氯离子的产生一方面是来源于上游工质，另一方面来源于压缩系统用水。因此对上游工质进行烘干处理，减少氯气及水蒸气，防止与润滑油发生反应。

2) 润滑油分别和水、 NaCl 溶液、 CuCl_2 溶液、 FeCl_2 溶液的反应液加热溶解试验，结果表明 UCON 润滑油不仅会与水发生乳化，还会与氯离子、铁离子相互作用，形成黄色与黑色的胶状沉淀物。而正是在这些胶状物与气缸磨屑及其他杂质的混合物随气流从压缩机出口排出时，因水分的蒸发而在压缩机出口阀门与管道中形成结垢。因此可采用无油润滑压缩机，避免因润滑油与铁离子、氯离子等物质发生反应造成管道系统结垢。

参考文献 (References)

- [1] 杨黎博, 何旭东. 氯碱企业富余氢气利用方案探讨[J]. 氯碱工业, 2013, 49(11): 25-26.
- [2] 梁诚. 氢气综合利用及下游产业链开发[J]. 江苏氯碱, 2013(2): 1-6.
- [3] 付希涛. 往复式压缩机故障诊断研究与展望[J]. 技术与市场, 2014, 21(7): 119-120.
- [4] 王恒. 往复式压缩机的故障类型及其机理分析[J]. 民营科技, 2013(2): 21-22.
- [5] 李岩书. 氢气压缩机的故障分析和维修探究[J]. 技术与市场, 2013(13): 138-139.
- [6] 张亮. 氢气压缩机的故障分析和维修探究[J]. 当代化工, 2012, 41(12): 1372-1374.
- [7] 徐庆勇. 循环氢压缩机叶轮结垢分析及对策[J]. 石油化工设备技术, 2003, 24(5): 22-23.
- [8] 吕玉臣. 压缩机结垢[J]. 压缩机技术, 1997(6): 31-33.
- [9] 杨咏. 裂解气压缩机结垢原因及应对措施[J]. 工业技术, 2011, 23(2): 30-33.
- [10] 王泓. 润滑油黏度下降引起的烃类压缩机故障分析及措施[J]. 润滑与密封, 2016(7): 143-145.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjctet@hanspub.org