

回收污水热能时污水对铜管 腐蚀的影响研究

李晓明 *

(哈尔滨工业大学)

王 磊

(黑龙江省电信工程公司)

崔福义

(哈尔滨工业大学)

摘 要 采用静态旋转挂片试验法,研究了污水中 Cl^- 、氨氮和 COD 对 HSn70-1A 铜腐蚀行为的影响。结果表明,随着 Cl^- 、氨氮和 COD 质量浓度的增大,铜的腐蚀率也增加。通过对试验数据进行方差分析,指出在试验水质条件下, Cl^- 和 COD 的质量浓度对铜腐蚀的影响不显著,而氨氮是影响铜腐蚀的主要因素。

关键词 铜管 腐蚀 Cl^- 氨氮 COD

中图分类号 TQ051.5

文献标识码 A

文章编号 0254-6094(2005)04-0203-04

污水中蕴藏着大量的热能,将其回收可节省大量的能源。早在 20 世纪 80 年代,瑞典的 Skurup、日本东京的后乐泵站、日本东京的汤岛污水泵站和莫斯科热电厂利用热泵来回收未处理污水中的热能^[1]。当前,国内对回收污水热能的研究主要集中在处理后污水的热能回收上。对未处理污水热能的回收研究还较少。本试验利用学校家属区生活污水作为试验水质,对回收未处理污水

中的热能时水中杂质对铜质换热设备的腐蚀进行了研究,为回收未处理污水中热能时的主要水质控制参数提供了试验依据。

1 试验

1.1 试验水质

试验用水取自学校家属区的生活污水,其水质分析结果见表 1。

表 1 家属区生活污水水质分析

数值	pH	总碱度	总硬度	Ca^{2+}	Cl^-	TDS	SS	COD	SO_4^{2-}	氨氮	PO_4^{3-}
最大	7.86	483.4	228.5	166.8	94.5	757	283	500	36.04	14.8	15.23
最小	7.02	196.2	87	16.8	41.4	349	6	244	10.9	8.78	2.93
平均	7.44	339.8	157.75	91.8	67.95	553	144.5	372	23.47	11.79	9.08

注:表中除 pH 值外,其他参数单位均为 mg/L。

1.2 试验装置

本试验所用装置如图 1 所示。在烧杯中放入配好的水样。将烧杯放入恒温水浴中,待烧杯中的水样温度达到指定值时,启动电动搅拌器。其中恒温水浴的温度是通过控温仪和测温探头来控制的。水浴温度控制范围在 30 ~ 80 ,精度是 ± 1 ;旋转轴转速 75 ~ 150 r/min,精度 $\pm 3\%$,试验时为 120 r/min;能连续运转 200h 以上;旋转轴、试片固定装置和烧杯用电绝缘材料制作。

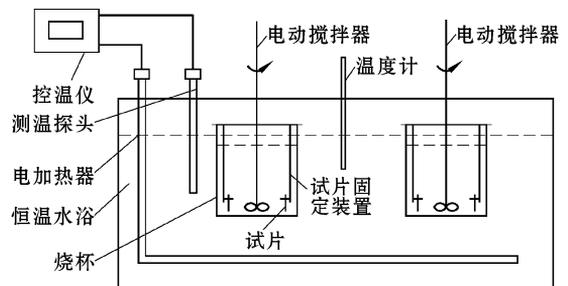


图 1 腐蚀试验装置图

* 李晓明,女,1977年 2月生,博士研究生。黑龙江省哈尔滨市,150090。

试验中所用试片是标准 II 型试片。试片的各部分尺寸见图 2, 材料为换热器中常用的型号 HSn70-1A。

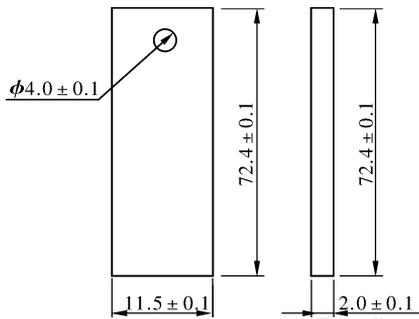


图 2 试片尺寸图

1.3 试验方法

水质分析方法主要采用的是国家环境保护总局和《水和废水监测分析方法》编委会主编的第四版《水和废水监测分析方法》。铜片腐蚀采用静态旋转挂片失重法来测定分析。根据《金属和合金的腐蚀试样上腐蚀产物的清除》(GB/T16545-1996)来清理腐蚀后的产物。铜片腐蚀率按下式计算:

$$R = \frac{[8.76 \times 10^7 \times (M - M_t - M_k)]}{STD}$$

1.4 试验设计

众所周知, 水的 pH 值、水温、Cl⁻、氨氮和微生物都对铜管的腐蚀有一定的影响^[2]。对于本试验污水来讲, 其 pH 的变化范围内, 铜管都较为稳定, 水温也较低。因此本试验主要研究污水中氯离子、氨氮和 COD 对铜管腐蚀的影响。同时使用方差分析方法, 来分析对铜管腐蚀影响最大的因素。

2 结果和讨论

为了减小其他因素的影响, 试验的单因素影响采取表 1 中的水质分析数据作为依据, 采取去离子水模拟污水水质, 再变化其他影响因素浓度配水分析。

2.1 氯离子对铜腐蚀的影响

在去离子水中加入一定量的 NaCl 配置不同 Cl⁻ 浓度的水样, 来进行挂片试验, 试验结果如图 3 所示。从图 3 中可以看出, 随着 Cl⁻ 质量浓度的增加, 铜的腐蚀速率是逐渐增长的。在 Cl⁻ 质量浓度低于 40mg/L 时, 铜的腐蚀率增加比较平缓, 而在 40~100mg/L 期间, 铜的腐蚀速率增加速率

较大。但在整个试验期间, 铜的腐蚀速率均在 0.006mm/a 之下, 这是符合污水回用标准的。

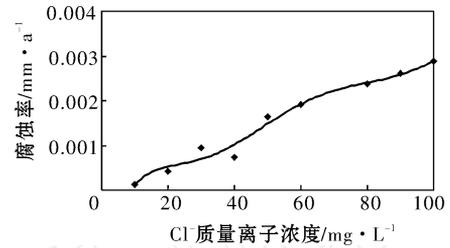


图 3 Cl⁻ 质量浓度对铜腐蚀的影响

2.2 氨氮对铜腐蚀的影响

试验中采用 NH₄NO₃ 配置水样, 根据试验期间取得的污水中所含有的氨氮含量, 在去离子水中加入 NH₄NO₃ 来配置不同浓度的水样进行试验, 试验结果见图 4。从图 4 可以看出, 在氨氮含量为 4mg/L 之前, 随着氨氮浓度的增加, 腐蚀率也快速增长, 但在 4~6mg/L 之间, 腐蚀率的增加比较平缓。6mg/L 之后, 腐蚀率又呈现快速增长的趋势。而且氨氮浓度在 0~6mg/L 之间时, 铜的腐蚀率都在 0.006mm/a 之下, 这是符合污水回用标准的。从试验期间取得的污水来看, 污水中氨氮的含量最小在 8.78mg/L, 最大在 14.8mg/L。因此, 如果在回收污水热能时采用铜质换热器, 一定要控制污水中的氨氮水平, 建议控制在 6mg/L 的浓度下。

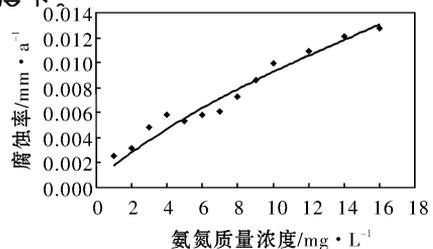


图 4 氨氮质量浓度对铜腐蚀的影响

2.3 COD 对铜腐蚀的影响

由于污水中所含有机物较为复杂, 在试验中难以实现。因此, 在试验中采取用葡萄糖配置水样, 来模拟污水中 COD 对铜腐蚀的影响。试验结果如图 5 所示。从图 5 中看到, COD 质量浓度在低于 300mg/L 时, 铜的腐蚀率增加得比较缓慢, 但在 300mg/L 之后, 随着 COD 质量浓度的增加, 铜的腐蚀率也迅速增加。这个原因可能是, 在初期, 微生物在铜表面生成了保护膜, 使得腐蚀发生

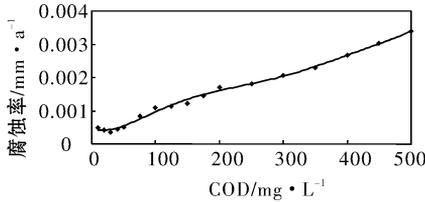


图 5 COD对铜腐蚀的影响

得比较缓慢,但随着 COD 浓度的增加,微生物繁殖,导致了腐蚀的进一步发生。同时发现,COD 对铜的腐蚀率影响比其他因素的要小,这除了因

为用葡萄糖模拟含有 COD的水样,要比真正污水简单得多,同时也可能是因为铜表面释放的离子具有一定的杀菌作用。

2.4 Cl⁻、氨氮和 COD的方差分析

采用方差分析的方法来确定在试验所用水质条件下,Cl⁻、氨氮和 COD中哪个是影响铜片腐蚀的显著因素(表 2~4)。从这 3 个因素的方差分析表中可以看到,氨氮是影响铜片腐蚀的主要因素,其变化会引起铜腐蚀的显著变化。

表 2 氨氮离子的方差分析表

方差来源	平方和	自由度	方差	统计量	临界值	显著性
因素 A	2.129 × 10 ⁻³	12	1.77417 × 10 ⁻⁴	227.9216	2.958	***
误差 E	9.34 × 10 ⁻⁶	26	7.78411 × 10 ⁻⁷			
总和 T	2.138 × 10 ⁻³	38				

表 3 Cl⁻的方差分析表

方差来源	平方和	自由度	方差	统计量	临界值	显著性
因素 A	-1.035 × 10 ⁻⁴	8	-1.29375 × 10 ⁻⁵	-776.25	3.705	不显著
误差 E	3 × 10 ⁻⁷	18	1.66667 × 10 ⁻⁸			
总和 T	-1.032 × 10 ⁻⁴	26				

表 4 COD的方差分析表

方差来源	平方和	自由度	方差	统计量	临界值	显著性
因素 A	-1.925 × 10 ⁻³	16	-1.20313 × 10 ⁻⁴	-818.125	2.532	不显著
误差 E	5 × 10 ⁻⁶	34	1.47059 × 10 ⁻⁷			
总和 T	-1.92 × 10 ⁻³	50				

3 结论

- 3.1 在回收污水热能时,铜片的腐蚀均随着氯离子、氨氮和 COD的质量浓度的增加而增加,但氯离子和 COD铜的腐蚀曲线比较平缓,而氨氮-铜的腐蚀曲线相对陡峭。
- 3.2 在回收污水热能时,一定要控制氨氮水平,建议控制在 6mg/L之下。
- 3.3 氨氮质量浓度是影响铜腐蚀的主要因素,

其变化会引起铜腐蚀的显著变化。

参 考 文 献

- 1 崔福义,李晓明,周红. 污水源及其在热泵供热中的应用. 建筑低温技术, 2005 (1): 96~97
- 2 李海舰,杨小琴,周宗权. 影响铜合金腐蚀因素分析. 电力环境保护, 1995, 11 (2): 45 - 48

(收稿日期: 2005-04-15)

Research on the Influence of Sewage on Copper Tube Corrosion When Reclaiming Heat Energy From Sewage

LIXiaoming¹, WANG Lei², CUI Fuyi¹

¹ Harbin Institute of Technology, Harbin, 150090, Heilongjiang, China;

² Heilongjiang Electric Communication Engineering Company, Harbin, 150001, Heilongjiang, China)

Abstract A research was conducted for the influences of Cl⁻, ammonia and nitrogen, and COD on HSn

70-1A copper tube corrosion behavior using the static rotary hanging lamella method. The result shows that the corrosion rate of the copper tubes rose with the increase of the quality concentrations of Cl^- , ammonia and nitrogen, and COD. It was pointed out that under the condition of experimental water, the influence of the quality concentrations of Cl^- and COD on the corrosion of the copper tubes was not evident, and the influences of ammonia and nitrogen on the corrosion of the copper tubes was a major factor according to variance analysis based on the test data. It was also found that the corrosion rate of the copper tubes was beyond 0.006mm/a when the quality concentrations of ammonia and nitrogen were over 6mg/L. Therefore, the quality concentration of ammonia and nitrogen must be below 6mg/L when reclaiming heat energy from sewage.

Keywords: Copper Tube, Corrosion, Cl^- , Ammonia and Nitrogen, COD

化学工业出版社图书推荐

压力容器专业图书专栏



欧盟承压设备实用指南

[英] Simon Earland David Na 著

16开 / 48元

本书紧密结合欧盟承压设备有关指令和标准 97/23/EC《承压设备指令》、EN13445《非火焰接触压力容器》和 PD550《非火焰接触熔焊式压力容器》以及 ASME 锅炉压力容器规范第一篇等国际权威规范标准,通过综合分析比较,全面介绍了承压设备的设计、制造、检验、安装和在役检验。本书收录

87/404/EEC《简单压力容器指令》、97/23/EC《承压设备指令》全文。

可供从事承压设备管理、科研、设计、制造、检验等工作的技术人员,以及高等院校过程装备与控制工程专业及其他相关专业的师生参考。

化工设备设计全书

化工设备设计全书编辑委员会 编 16开

“化工设备设计全书”共 15种。其中涉及压力容器的有:

《化工容器》(48元)

《高压容器》(35元)

《超高压容器》(38元)

《球罐和大型储罐》(52元)

书中列举了许多计算和设计的实例,可供压力容器设计、研究、制造及使用管理的工程技术人员参考。

化工压力容器设计——方法、问题和要点

王非 编著 16开 / 39元

对压力容器设计中常见的、容易引起争议的一些问题,进行了讨论和分析,给出解决问题的思路和要点。目的是提醒如何搞好设计,而不仅是如何从事设计。

本书不但对石化、化工、医药领域的压力容器工程师提供帮助,而且对冶金、能源、环保、轻纺、食品、城建等领域的压力容器工程师提供参考。

压力容器实用技术丛书

压力容器实用技术丛书编写委员会 编 16开

丛书涵盖了压力容器设计、材料、制造、现场组焊、检验、监督、使用、防腐、维护、修理、管理等诸多环节的实用技术,是我国第一套有关压力容器实用技术的综合性丛书。

丛书共 6种,包括:

《压力容器用材料及热处理》(90元)

《压力容器制造和修理》(90元)

《压力容器腐蚀与控制》(80元)

《压力容器设计知识》(即将出版)

《压力容器检验及无损检测》(即将出版)

《压力容器安全监察与管理》(即将出版)

其他在版相关图书

ASME压力容器设计指南(第二版) 16开 / 32元

化工容器及设备简明设计手册(第二版) 16开 / 140元

化工容器设计(第二版) 16开 / 127元

化工容器设计例题习题集 16开 / 25元

特殊压力容器 16开 / 41元

压力容器材料实用手册——特种材料 16开 / 62元

压力容器材料实用手册——碳钢及合金钢 16开 / 82元

压力容器焊接结构分析 16开 / 27元

《压力容器定期检验规则》释义 大 32开 / 22元

压力容器焊接结构工程分析 16开 / 27元

承压设备失效分析与处理 大 32开 / 25元

压力容器安全技术(劳动保护丛书) 32开 / 28元

压力容器安全技术(石油化工安全培训教材) 16开 / 27元

压力容器安全技术(现代生产安全技术丛书) 大 32开 / 28元

化学工业出版社出版机械、电气、化学、化工、环境、安全、生物、医药、材料工程、腐蚀和表面技术等专业技术图书。如要出版新著,请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录,或者更多的专业图书信息,请登录化学工业出版社网站:www.cip.com.cn。

地址:北京市朝阳区惠新里 3号(100029)

邮购:010-64982530,64982511(发行部邮购科)

编辑:010-64982557,64982532(装备与信息出版中心)