

煮茧余热的利用

许 逊 王健民 何超英 李登年 张艳葵

(苏州丝绸工学院)

【摘要】 本文通过缫丝厂煮茧机废水余热的调研, 提出用板式换热器进行废水余热利用的方案, 并取得实验结果, 为丝厂余热利用提供了有效途径。

缫丝厂每生产1千克生丝, 耗水1~2吨, 耗煤10~17千克, 在纺织行业中是耗能大户, 尤其是热回收利用更是空白点。在缫丝厂煮茧机内为了保持一定工艺参数和汤浓度, 必须不断加入冷水, 排出热水。这些热水过去都白白地流掉。为此, 我们进行了煮茧机废水余热利用模拟试验, 现介绍如下:

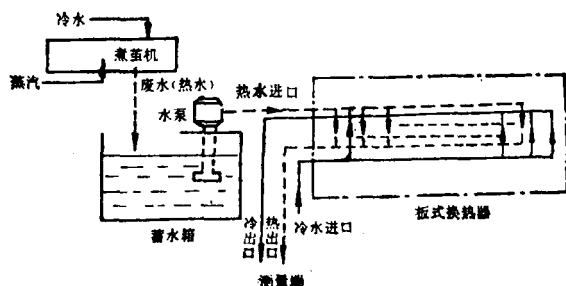


图1 废水余热利用实验装置

一、实验条件

1. 丝厂煮茧流出废水流量及温度调研

调研对象: 苏州一丝、二丝厂煮茧机。

仪器及方法: 秒表、定量器、0°~100℃半导体温度计; 测定煮茧机的低温部、吐水部, 调整出口部流量及水温, 每组测5~10次求平均值。然后测定各立缫机缫丝汤温及流量。

2. 煮茧机废水余热利用试验

目的: 求板式换热器最佳流程及换热效率、热回收率。

计算公式:

$$\eta_{换}(\text{换热效率}) = \frac{Q_{吸热(冷)}}{Q_{放热(热)}} \times 100\%$$

$$\eta_{回}(\text{回收效率}) = \frac{\text{热水进出口温差}}{\text{冷水与热水进口温差}} \times 100\%$$

3. 试验设备: 见图1

4. 试验方法

(1) 在稳定系统冷水、蒸汽流量基础上, 测冷水进口端及热水出口端水流量, 作为试验及计算基本参数。

(2) 调节板式换热器板片

数, 本试验用并联方法, 即(15×1/15×1)+1和(8×1/8×1)+1两种形式。

(3) 热水进口温度为40°~75℃, 冷水进口温度为24℃。

(4) 持续测量时间为5~15分。

二、试验结果(见表1、2)

冷流量大于热流量并通过水泵水箱使热流量基本稳定, 分三个温度等级做出三组数据, 列于表3。

表1 煮茧机废水余热情况

机种	内容	低温部	吐水部		调整部	出口部	平均	吨/天
			(I)	(II)				
苏丝一厂 中秋茧 水泥机(立)	温度(℃)	58°	96°	79°	79	47	67.5	34
	流量(ml/s)	198.98	78.63	59.36	195	159.84	691.81	
苏丝工厂 中秋茧 不锈钢(自)	温度(℃)	67	92	82.4	75	/	65.96	23
	流量(ml/s)	50	65.38	182.4	157.75	/	455.33	
二丝厂 不锈钢(立) 秋茧	温度(℃)	72	99	/	88.0	53	75.8	22
	流量(ml/s)	88.83	116.07	/	96.3	156	449.2	

注: 表中数据为五次平均值, 每天以14小时计。

表2 缙丝汤温、流量情况

次数	内 容	排水口 I	排水口 II	合计	平均	吨/天分
第一次	流量(ml/s)	4.13	3.84	7.94	/	0.420
	温度(°C)	40	40	/		
第二次	流量(ml/s)	3.95	3.66	7.61	/	40.5
	温度(°C)	40	41	/		

注：表中数据是二次平均值，每天以15小时计。

表3 三个温度等级的三组数据

组别	热进出温度 (°C)	$\Delta t_{热}$ (°C)	冷进出温度 (°C)	$\Delta t_{冷}$ (°C)	$Q_{放}$ (cal/s)	$Q_{吸}$ (cal/s)	$\eta_{热}$ (%)	$\eta_{回}$ (%)
第一组	47→29.5	17.5	24→36	12	11462.5	9660	84.3	76.1
	52→32.5	19.5	24→39	15	12773	12075	94.5	69.6
	52→32	20.0	24→39	15	13100	12075	92.2	71.4
	51→32.5	18.5	24→37	13	12117	10465	86.4	63.8
	50.5→32	18.5	24→38.5	14.5	12117	11673	96.3	69.8
平均							90.74%	70.14%
第二组	45.5→30.5	15	24→35.5	11.5	9825	9258	94.2	69.8
	42.5→29.5	13	24→33.5	9.5	8515	7648	89.8	70.3
	44.5→30.5	14	24→34.5	10.5	9170	8453	92.2	68.3
	45→31	14	24→35	11	9170	8855	96.6	66.7
	46→30.5	15.5	24→35	11	10153	8855	87.6	70.5
平均							90.28%	69.12%
第三组	66→36.5	29.5	24→45.5	21.5	19323	17308	89.6	70.2
	65.5→36	29.5	24→45.5	21.5	19323	17308	89.6	71.1
	69→37.5	31.5	24→47	23	20633	18515	89.7	70.0
	72→38	34.0	24→48	24	22270	19320	86.8	70.8
	72→38.5	33.5	24→49	25	21943	20125	91.7	69.8
平均							89.48%	70.38%
总平均							90.76%	69.88%

注： $m_{冷} = 805 \text{ ml/s}$ ； $m_{热} = 655 \text{ ml/s}$ ；换热器 $15 \times 1/15 \times 1$ 流程换热器换热效率。

三、换热器板片选择计算

HBB-R1 型板式换热器的准数方程为：

$$N_u = 0.178 Re^{0.677} \cdot P^n \text{ (热流体 } n = 0.3; \text{ 冷}$$

流体 $n = 0.4)$

$$E_n = 795 Re$$

式中： N_u (努谢尔特数) = ad/λ ； Re (雷诺数) = wd/v ； P (普朗特数) = $cv\rho/\lambda$ ； E (欧拉数)； $E_n = \Delta P/\rho\omega^2$ 。 a (给热系数) = $w/m^2\text{°C}$ ； d —板间隙的两倍(m)； λ —流体导热系数； ω (流速)(m/s)； v —运动粘度系数； c —流体比热(J/kg·°C)； ρ —流体密度 kg/m³。

换热器的设计计算是指设计换热器的板片数和流道数，可在计算机上完成(具体计算程序从略)。计算结果是以选用19块板片效果较好(本课题用17块板片效果也较好，其温度下降幅度的理论值与实测值相差仅1.5°C)。

四、分析和讨论

1. 煮茧排水余热利用的经济效益估算

测试结果显示，一台煮茧机综合排水参数为：温度为65°C的排水量为32吨/天。用 $8 \times 1/8 \times 1$ 组合形式的换热器， $m_{冷} > m_{热}$ ，热流体温度在65~75°C之间波动下，65°C水可降为35°C，可放出能量 $4.0 \times 10^6 \text{ KJ/天} \cdot \text{台}$ ，相当于247 kg/天的锅炉耗煤量(计算从略)。以每吨煤价200元算，则一年可节省 $200 \text{ 元} \times 0.247 \text{ (吨)} \times 306 \text{ (天)} = 1.51 \text{ 万元}$ ；而一台 $[(8 \times 1/8 \times 1) + 1]$ 板式换热器价约3千元，包括按装约4千元，故投资不到半年就可收回。

2. 余热利用方向

(1) 提供给缙丝汤，测得自动缙丝汤为常温24°C，立缙车为40°C。据计算一台煮茧机的余热可供2.04组立缙车用水量(70台/组)。

(2) 可供生活用水等。

(3) 最后排出的废水可作洗澡间等用水。

(4) 如在冬季, 可同时用来提供立缫和自动缫、缫丝汤。

五、结论

1. 目前一台煮茧机每天排水的余热相当于 200 千克煤燃烧产生的热量, 回收利用有较显著的节能价值, 且经济效益较好, 可推广。

2. 用板式热交换器效率可达 90%, 切实可行。交换出的水温能用于缫丝汤, 也可作为

生活用水, 最后排出的废水可用于洗澡间。

3. 缫丝汤余热利用尚待研究。

参考资料

- [1] 《制丝手册》, 纺织工业出版社。
- [2] 《热工学》, 蒋汉文主编, 高等教育出版社。
- [3] 《换热器原理、结构、设计》, 邱树林, 钱滨江, 上海交通大学出版社。
- [4] 《换热器原理及计算》, 朱骋冠, 清华大学出版社。
- [5] 《板式换热器计算手册》, 上海化工机械二厂。