

用过热蒸汽干燥蚕茧的探讨

陈建勇 陈时若

(浙江丝绸工学院)

【摘要】 本文探讨了使用过热蒸汽作为蚕茧干燥热介质的可能性及可行性,分析了使用过热蒸汽对蚕茧干燥特性及茧质的影响,并提出一种能提高茧质、降低缫折的蚕茧干燥新工艺。

用过热蒸汽作为干燥热介质是近年来国际干燥业的新趋势。过热蒸汽干燥是利用蒸汽因过热而具有的那部分热量使物料中的水分蒸发。与常规的热空气相比,过热蒸汽具有热容量大、不会使被干燥物料氧化变质,没有爆炸起火的危险,排出的蒸汽还可利用,有助于提高产品质量等优点^[1]。我们根据蚕茧干燥的特点,选用了过热度为 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的蒸汽作为热介质,通过一系列的试验证明,合理地制订用过热蒸汽干燥蚕茧工艺,可降低缫折,提高解舒率,同时生丝的清、洁、净也可得到保证。

一、试验设备及方案

1. 设备

本试验用图1所示的干燥机。

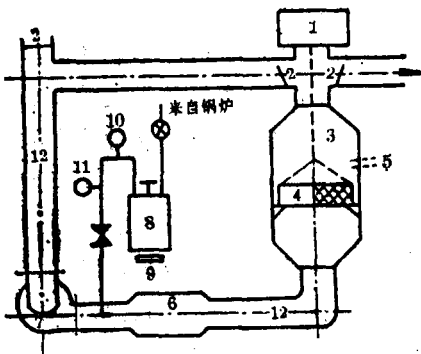


图1 干燥机示意图

1—称量装置; 2—风道挡板; 3—干燥室;
4—网状挂篮; 5—观察孔; 6—电加热器; 7—风机;
8—储气仓; 9—加热装置; 10—蒸气流量计;
11—压力表; 12—风道。

实验时将5千克鲜茧置于干燥室内的挂篮4中,钩挂在即时称量装置1上。干燥室内的温度可在室温 $\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的范围内自动控制。干燥室3内气流速度可通过送风管道内的孔板调节(范围 $0.1\sim 2$ 米/秒)。试验时,控制茧面感受气流速度于1米/秒左右。蒸汽用量约1千克/时左右,使用回风及部分余汽。

试验用过热蒸汽按下法制成:将锅炉送来的 $0.4\sim 0.6\text{MPa}$ 的近饱和蒸汽输入储气包加热,然后减压成 $0.04\sim 0.06\text{MPa}$ 的蒸汽,通过LFX-25旋翼式蒸汽流量计送入进风管道,再经加热器6加热而成为需要的过热蒸汽。

2. 方案

(1) 试验用茧:共试两期茧,1987年中晚秋茧,品种为浙农1×苏12,鲜茧茧层率约为22.0%;1988年春茧,品种为杭7×杭8,鲜茧茧层率为28.8%。

(2) 试验设计:试验条件及干燥程度见表1。

烘茧时,铺茧厚度为3~4粒茧,半干茧还性三天以上,干燥程度系机内测定。

(3) 测试项目及方法

① 蚕茧干燥曲线及干燥感温曲线:用机载称量装置记录干燥过程中各样号茧子干基含水率变化,绘制干燥曲线。将铜-康铜热电偶温度计的探头分别植入茧层、茧腔及蛹体,用自动平衡记录仪记录它们各自的感温曲线。

② 茧层及蛹体色泽观察:用肉眼及仪器观察经过热蒸汽干燥茧的茧层及蛹的色泽变化。

表 1 试验条件及干燥程度

样号	烘茧工艺条件			干燥程度(%)		
	头冲	二冲	直干	头冲	二冲	适干
87-1	105℃, 风	90℃, 风	—	65.08	42.32	42.32
87-2	130℃, 汽	90℃, 风	—	65.59	41.82	41.82
87-3	130℃, 汽	120℃, 汽	—	64.81	42.28	41.28
87-4	—	—	120℃, 风	—	—	40.37
87-5	—	—	120℃, 汽	—	—	41.68
88-1	115℃, 风	95℃, 风	—	63.41	41.06	41.06
88-2	130℃, 汽	95℃, 风	—	63.08	39.87	39.87
88-3	130℃, 风	95℃, 风	—	60.53	39.60	39.60
88-4	120℃, 汽	120℃, 汽	—	64.92	40.99	40.99
88-5	—	—	120℃, 风	—	—	40.40
88-6	—	—	120℃, 汽	—	—	40.69

注：风表示热空气，汽表示过热蒸汽。

③ 茧层分析及鉴定：按《缫丝工艺设计》的要求，对各样号茧进行400粒解舒调查及清洁、洁净检验（1987年中晚秋茧由杭州缫丝试样厂进行，1988年春茧由浙江制丝一厂进行）。

④ 丝胶初期溶解速率测定：取各样号茧的外、中、内层各1.5克，在浴比1:500，水浴温度98℃的条件下进行溶解试验，按不同时间抽取液体，用岛津UV-240紫外分光光度计在274.5nm波长测定其吸光度，绘出半小时内丝胶溶解曲线，比较各样号茧丝丝胶溶解性能。

二、试验结果及讨论

1. 蚕茧干燥曲线

用过热蒸汽作干燥介质与用热空气作干燥介质所得的干燥曲线基本类似，见图2、3。

从图2可见，使用180℃的过热蒸汽可使头冲阶段明显缩短（与对照号相比）。中晚秋茧由于茧层较薄，这种加速现象在鲜茧进机10分钟后就有所表现（图2-a），而春茧则进机30分钟以后才能看出加速现象。干燥速度加快的原因是过热蒸汽温度高、热容量大、热湿交换快所致。

从图3可见，使用热空气与过热蒸汽进行直干操作时，两者的干燥曲线形状类似。相对而言，过热蒸汽试验区的预热阶段较长些（图2-b），两者恒速阶段相差不大，减速阶段是用过热蒸汽的干燥区短。这是由于所用的过热蒸汽的过热度仅在10~20℃，当它接触鲜茧时，茧周围空气中的蒸汽由于茧子表面润湿水分的蒸发而降焓成为饱和蒸汽，这种蒸汽的干燥能力比同温度的热空气差。因而，在干燥曲线上就出现预热阶段加长的现象。当茧层润湿水分蒸发后，茧层、蛹体感温才会上升到蒸发温度，干燥才能加快。故可认为，若扣除预热阶段，使用过热蒸汽可缩短蚕茧干燥时间，提高干燥效率。

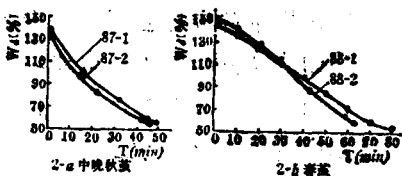


图 2 头冲干燥曲线

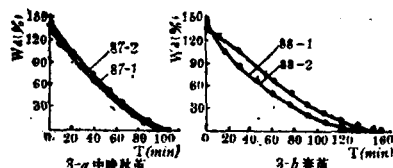


图 3 茧蚕一次干燥曲线

2. 蚕茧各部位的感温曲线

根据测得的茧层、茧腔、蛹体各部位的感温曲线可见，使用过热蒸汽可提高干燥时蛹体的内部温度(感温)。在恒速干燥阶段茧层、茧腔温度也有所提高(与热空气比较)；在第一减速干燥阶段茧层、茧腔、蛹体的感温上升较慢，但到第二减速干燥阶段，在过热蒸汽中三者的感温及升温速度都高于在热空气中，见图4、5。

此外，头冲中使用过热蒸汽时，蛹体感温比使用热空气时高。实验表明，即使用同温度的过热蒸汽或热空气干燥茧层较薄的中晚秋茧时，两者的蛹体温差仍在2℃以上，参见图5。可以说，这也是图2、3中干燥曲线

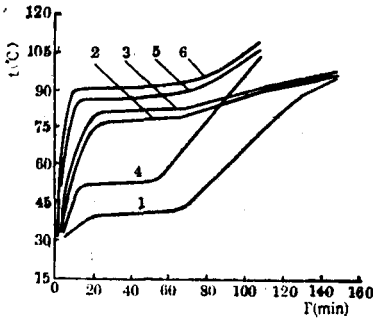


图4 春茧直干过程中各部位的感温曲线
1. 88-5蛹体；2. 88-5茧腔；
3. 88-5茧层；4. 88-6蛹体；
5. 88-6茧腔；6. 88-6茧层。

中的过热蒸汽干燥区恒速、减速阶段缩短的原因。

因此，使用过热蒸汽干燥蚕茧是符合蚕茧干燥特性，即主要干燥蛹体、保护

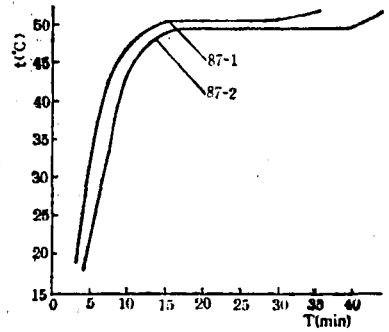


图5 中晚秋茧蛹体感温曲线

茧层。它尤其符合鲜茧在含水率极高阶段的干燥，也就是头冲阶段。所以，这种方法从传热传质及干燥原理的角度来看是值得推广使用的。

3. 茧层、蛹体外观变化

过热蒸汽及热空气干燥的蚕茧两者外观上的变化是两者的茧层的色泽、白度基本一致，但前者的蛹体呈褐色，色泽偏暗，而后者的蛹体色泽较黄。从蛹体干燥的均匀度来看是过热蒸汽干燥的好，它外形的收缩程度、老嫩基本一致，但蛹体总的趋势是偏老。

4. 茧质调查结果

茧层调查结果见表2。

表2 茧质对比调查结果

样号	解舒率 (%)	添绪丝长 (米)	解舒光折 (千克/百千克)	新茧有绪率 (%)	落绪分布率 (%)			清洁(分)	洁净(分)
					外层	中层	内层		
87-1	66.67	607.1	245.4	15	11	13	76	98.25	93.17
87-2	65.07	587.3	241.4	24	19	15	66	98.00	93.67
87-3	69.99	621.2	252.2	12	13	16	71	98.75	92.82
87-4	70.35	632.7	246.4	21	13	8	79	99.00	92.67
87-5	72.00	636.2	246.0	20	17	14	69	99.25	96.33
88-1	60.37	759	227.0	2	43	27	30	97.50	94.25
88-2	65.00	850	216.0	5	49	18	33	98.33	94.33
88-3	61.71	795	222.0	3	36	29	35	98.00	94.33
88-4	58.60	692	245.0	1	31	38	31	97.00	93.83
88-5	56.54	723	223.0	2	44	28	28	98.33	95.00
88-6	51.83	608	246.0	0	31	45	24	97.33	94.83

87年中晚秋茧是杭州缫丝试样厂进行的，其煮茧工艺为高温渗透98~99℃，低温渗透56℃，煮煮(I)、(2)100℃，静煮92℃，出口78℃，长笼循环式，煮茧机车速14转/分，

表3 中晚秋茧长吐率及蛹衬率

项 目	87-1	87-2	87-3	87-4	87-5
长吐(毫克/粒)	18.32	15.98	19.15	14.71	17.83
蛹衬(毫克/粒)	16.04	18.59	19.20	18.09	16.10

从表2可见,使用过热蒸汽作为蚕茧干燥的热介质的关键在于烘茧工艺。当头冲使用180℃过热蒸汽,二冲使用90~95℃热空气时,解舒光折下降较明显,87-2号下降5千克,88-2号下降11千克,而且88-2的添绪丝长比88-1增加91米。可见,使用2号区这种工艺方案既可提高头冲温度,又可提高茧质,是较佳的工艺。

但头冲同温度的88-3样号的茧质就不如88-2,可见温度并不是茧质变化的主要因素,而是由于使用了过热蒸汽缘故,然而,在头、二冲都使用过热蒸汽时,如88-3、88-4效果并不理想。

5. 丝胶初期溶解性能对比

过热蒸汽对丝胶变性的影响参见图6、7。根据上述资料及图6、7可知,87-2由于使用了部分过热蒸汽,促使了丝胶适当变性,结果在同样的煮茧条件下,丝胶容易膨润溶解。所以,新茧有绪率增加,长吐率下降,茧子机台内重索重理减

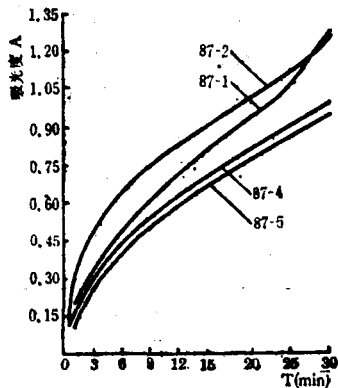


图6 全茧层丝胶溶解曲线

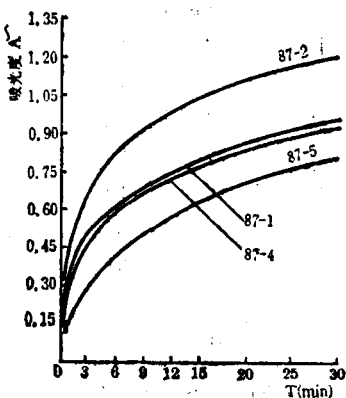


图7 内层丝胶溶解曲线

少,纛折下降。而87-3由于二冲使用了120℃的过热蒸汽,使丝胶变性过度,故在同样的煮茧条件下,丝胶膨润溶解不够,茧子不易煮熟,使新茧有绪率下降,长吐、蛹衬增加,纛折上升。

三、分析与探讨

对蚕茧干燥来说,由于过热蒸汽的分子量比空气小,通过茧层的阻力小,穿透能力比空气强,热湿交换比空气快。从热工手册可查到蛹体这样的固体表面上的放热系数,空气为1~50千卡/米²·时·℃,过热蒸汽为20~100千卡/米²·时·℃,故在蛹体表面上过热蒸汽的总放热量比热空气大,宏观上表现出蛹体感温上升。故使用过热蒸汽加快了蛹体的干燥过程。因此,理论上讲应该使恒速干燥阶段及第一减速干燥阶段缩短,这和实验的结果是吻合的。

其次,因为过热蒸汽放热后就成为饱和蒸汽,故对保护茧层,防止茧层过度缺水创造了条件。实验中,测得过热蒸汽干燥区的茧层感温,在头冲及直干的恒速阶段比环境蒸汽温度低20~25℃,因而,蒸汽透过茧层时,由于降温而有可能成为含有冷凝水的湿蒸汽,有利于防止茧层的过度脱水,保护茧质;这在头冲使用过热蒸汽时得到了证实。但在直干或二冲使用过热蒸汽情况就不同了,因为直干后阶段及二冲中蛹体含水率已经较低,这时从蛹体内部传递到蛹体表面的水分跟不上蒸发的速度,过热蒸汽的富余热量被用来加热蛹体及茧层,使蛹体感温逐步接近茧层感温,过热蒸汽通过茧层就不会变成饱和蒸汽(变成过热度稍低的过热蒸汽),这时茧层就接触了高温蒸汽,加上过热蒸汽的良好穿透力,结果使茧层比在热空气中更容易脱水,致蛹体过老,丝胶变性过度而出现茧难煮等现象,造成茧质下降。这就是不宜采用全部过热蒸汽进行烘茧的原因。

另外,由于过热蒸汽是气态水分子,渗透力强,能使茧内、外层丝胶均匀变性,改善丝

(下转第25页)

(上接第 22 页)

胶的溶解性能,促使茧层丝胶胶着均匀,这也是 88-2,87-2 茧质提高的原因之一。

总之,使用过热蒸汽干燥蚕茧,除了具有常规热空气干燥法所具有的特性外,还可调整茧质,值得进行工业化试验。

四、结 论

1. 过热蒸汽作为蚕茧的干燥介质是完全可行的,且具有调整茧质的特殊功能。

2. 头冲或直干前阶段使用过热蒸汽,可提高蛹体的感温。试验中发现,春茧 120℃ 时,过热蒸汽区蛹体感温比热空气区高近 10℃,中晚秋茧提高 2℃。

3. 头冲使用 130℃ 过热蒸汽,二冲使用 95℃ 热空气干燥蚕茧,缫折可下降 5~10 千克/百千克,生丝的其他指标也有不同程度的提高,是一种有效的调整茧质的新工艺。

4. 使用过热蒸汽干燥蚕茧时,要注意接近适干时茧子的过度脱水,以防烘茧偏老,茧子难煮。

本文曾得到加拿大姆吉尔大学 Arun S. Mujumdar 教授的指导,在此谨致谢意。

(收稿日期:1988 年 11 月 15 日。)

参 考 资 料

- [1] Colin, Beeby and Owen E. Potter, «Steam Drying Proceedings of 4th IDS», Vol. 1, p. 52~53, 1984.