

PVA快速溶解的理论与实践

顾元华 张 强

(南通兴仁纺织厂)

【摘要】 本文从理论上阐述了完全醇解级PVA难溶解的实质和PVA快速溶解的机理,并在实验的基础上分析了温度、肥皂用量、pH值对PVA溶胀、溶解的影响,并介绍了PVA快速溶解的方法。本方法既省时节能,又提高了调浆设备的利用率。

PVA是一种成膜性良好的合成高分子聚合物,因其性能优异,在世界范围内得到了广泛应用。我国用浆量约16万吨/年,其中PVA就占了30%^[2]。目前,国内使用的PVA大部分采用完全醇解的。在调制完全醇解级PVA时,过去一直沿用传统的高温烧煮和高速搅拌的溶解工艺,采用这一工艺不仅调浆时间长(3小时以上),而且耗汽、耗电,高速调浆桶的利用率也不高。为了缩短调浆时间,国内外对PVA的快速溶解进行了广泛的探索^{[3][4][5][6][7]},并取得了较大的进展。本文从溶解机理及实验基础上分析,介绍了PVA快速溶解方法。

一、PVA难溶解的实质

PVA含有亲水性强的羟基,从理论上讲是易溶于水的。但由于PVA为高聚物,分子链长,向水中扩散既要移动大分子链的重心,又要克服它们之间的相互作用力,扩散速度受到很大的限制。因此,PVA的溶解必须经过水分子先渗透到PVA颗粒内部,使它膨胀(溶胀),然后PVA分子分散在水中进入溶解^[1]过程。而完全醇解级的PVA分子间因氢键的缔合作用力强,大分子间排列整齐,水分子向PVA颗粒内部渗透慢。为了提高水分子向完全醇解级PVA颗粒内部的渗透速度,加速完全醇解级PVA的溶解,传统的调浆方法采用了高温烧煮和高速搅拌的溶解工艺。这一工艺的特点是在PVA投入调浆桶后很快就开大蒸

汽进行高温烧煮,其目的是想通过高温烧煮使水分子运动速度加快,渗透能力增强,从而使PVA尽快溶解。事实上,PVA投入调浆桶后很快就高温烧煮,使PVA颗粒表面急速溶胀而形成一厚层玻璃状的浓胶块包覆层。由于这一包覆层的浓度和粘度都很大,水分子很难穿过它,这样就阻挡了水分子向PVA颗粒内部的进一步渗透。所以,只有当PVA颗粒表面已溶胀为玻璃状浓胶块的PVA分子分散到水中,使该包覆层不能阻挡水分子的渗透时,水分子才从表层向里层渗透,而里层的PVA分子与高温水分子相遇后,又迅速溶胀成新的胶块层使包覆层增厚,反过来又阻挡了水分子向PVA颗粒内部的进一步渗透。同时,随着PVA分子不断地向水中分散,溶液中PVA分子的浓度不断增高,PVA颗粒表面已溶胀的PVA分子向溶液中分散的速度就不断减慢。这样水分子穿过包覆层向PVA颗粒内层渗透的速度也不断减慢。因此,采用传统的调浆方法完全醇解级PVA需很长时间(3小时以上)才能完全溶解。

二、PVA快速溶解的机理

加速完全醇解级PVA溶解的途径有:①使已溶胀的PVA分子尽快地分散到溶液中去;②在高温烧煮时使水分子迅速地渗透到PVA颗粒的内部;③缩短渗透深度,使PVA颗粒变小。人们曾在这三条途径上分别进行过有益的探索^{[3],[4],[5],[7]}。我们认为,这些探索有效地

缩短了调浆时间,但尚还存在着某些不足。

1. 在调浆桶中加装振荡器,增加了 PVA 颗粒之间的相互碰撞机会,使 PVA 颗粒表面已溶胀的 PVA 分子更易脱离母体而分散到溶液中去,但高温烧煮仍需 2 小时^[4]。

2. 采用高压煮浆,加用表面活性剂等方法,是加速水分子向 PVA 颗粒内部渗透的有效措施,但我们认为该方法是在 PVA 颗粒表面已形成包覆层后,而采用的一种强化水分子向 PVA 颗粒内部逐渐渗透的消极被动方法。高压煮浆虽则渗透力强,但需设备投资,且易泄漏,用 132℃ 的高温烧煮也需 40min^[5];而加用表面活性剂则要先经 80℃ 溶胀 20min 后,再高温烧煮 50min^[6]才能完全溶解。

3. 用机械碾磨法将经过 95℃ 高温烧煮 20min 的已溶胀的 PVA 胶粒碾磨后再调浆,不仅需增添钢磨机,而且仍需再高温烧煮 50 min^[7]。

我们认为,只有在高温烧煮时能使水分子同时向 PVA 颗粒的表面及内部进行全方位的纵深的快速渗透,使 PVA 颗粒内部的分子也能及时地向水中分散,才是加快 PVA 溶解的最佳途径。要达到这一目的,就必须首先设法避免 PVA 颗粒在高温烧煮时形成包覆层,同时打开水分子向 PVA 颗粒内部渗透的通道,并提高其渗透能力和已溶胀的 PVA 分子向溶液中的分散速度。

因 PVA 为高聚物,在其结晶固化时由于分子链很长、粘度很高,不可能全部排列成非常规整的结晶区,存在着大分子排列比较紊乱,堆砌比较疏松,有较多缝隙与孔洞的非结晶区,而且由于 PVA 分子中含有亲水性强的羟基,因此,水分子就容易通过非结晶区的缝隙和孔洞而进入 PVA 颗粒及分子的内部。其结果一方面使部分水分子与非结晶区的羟基进行缔合,促使 PVA 结构体膨胀。结果使高分子间的距离加大,分子间的作用力减弱,分子的自由运动能力增强;另一方面由于非结晶区大分子堆砌比较疏松,大量水分子渗入及 PVA

结构体膨胀后使 PVA 颗粒中原有的缝隙和孔洞进一步增大。因此,我们说,只要在高温烧煮前,让 PVA 颗粒进行充分的溶胀,使水分子渗透到它内部所有的缝隙和孔洞,使原有的缝隙和孔洞进一步扩大,水分子就能在 PVA 颗粒的表面至内部形成一个由扩大了了的缝隙和孔洞组成的纵横交错的水分子的通道网。这样在高温烧煮时,由于 PVA 表面的缝隙和孔洞已经扩大并被水分子所充塞,PVA 颗粒就不可能再被表面急速溶胀的 PVA 分子所覆盖。相反由于水分子通道网的存在,在 PVA 颗粒表面急速溶胀的同时,颗粒内部的 PVA 分子也因温度升高水分子渗透能力的增强而迅速溶胀。这样,由于 PVA 颗粒内外部的同时迅速溶胀,就促使 PVA 颗粒迅速而不断地解体;另一方面 PVA 颗粒内外层急剧溶胀后,高分子间的距离急剧增大,分子间的作用力急剧减小,PVA 分子的运动能力显著增强,使 PVA 分子向溶液里分散速度加快。而在此基础上进一步强化水分子的渗透能力同时辅以高速搅拌则可进一步加速 PVA 的溶解。

三、PVA 快速溶解的实践

(一) PVA 快速溶胀条件的选择

1. 温度

(1) 实验方法

在 250ml 的烧杯中加入 200ml 水,用水浴将烧杯中水温升至实验温度(见表 1),再将 0.14g 皂片加入烧杯,待皂片溶解后再加入 14g PVA,边放入 PVA 边用玻璃棒搅拌。然后再将烧杯放入调到规定温度的恒温水浴中,并用玻璃棒不停地搅拌,10min 后观察其溶胀情况,并将烧杯放到沸腾的水浴中烧煮,再用玻璃棒不停地搅拌,直至烧杯中的 PVA 完全溶解,记录其高温烧煮时间。

(2) 结果与分析

由表 1 分析可知:① 溶胀温度为 55℃ 时,溶胀过程中 PVA 分子已开始向水中分散,其分散速度随温度升高而加快。② 溶胀温度在

表 1 温度高低与 PVA 溶胀效果的关系

温度 (°C)	PVA 溶胀情况	高温烧煮完全溶解所需时间 (min)
50	溶胀 10min 后 PVA 颗粒全部舒展为较硬的白色胶块。	26~31
55	溶胀 10min 后有少量 PVA 分子已向水中分散, 大部分颗粒软化呈青灰色, 部分颗粒呈白色。	18~23
60	溶胀 10min 后部分 PVA 分子已分散于水中, 但仍有少量胶块内层呈白色。	15~19
63	溶胀 10min 后仍有极少量 PVA 胶块内层呈白色, 部分 PVA 颗粒已接近溶解。	9~11
65	溶胀 10min 后大部分 PVA 颗粒已接近溶解, 但仍有极少量 PVA 胶块内层呈白色。	7~10
67	溶胀 10min 后仍有大量溶胀很少的白色胶块。	25~34
70	溶胀 10min 后仍有较多溶胀很少的白色胶块。	27~35
80	溶胀 10min 后有少量溶胀极少的白色颗粒浮在液面, 也有少量溶胀极小的白色颗粒沉在杯底。	10~16
85	溶胀 10min 后, 有少量胶块内层呈白色。	13~18

注: ① PVA 为安徽维尼纶厂生产的絮状的 PVA 1799; ② 同一溶胀温度重复实验五次; ③ 向烧杯中投入 PVA 后, 烧杯内的温度略有下降, 实验时的溶胀温度越高, 温度下降幅度越大; ④ 溶胀温度在 67°C~80°C 之间时, 随着溶胀温度的升高, 溶胀 10min 后烧杯中的白色 PVA 胶块颗粒变小, 外层亮度增加; ⑤ 将 14g 未经溶胀的 PVA 投入 200ml 的 0.07% 的高温肥皂液中直接放到高温水浴中烧煮, 完全溶解时间在 19~26min 之间。

65°C 以下时, 温度越高, PVA 溶胀速度越快。当溶胀温度超过 65°C 后, 因水分子的渗透能力进一步增强, 渗透速度加快较多, 而 PVA 分子向水中分散能力虽也有所增强, 但分散速度仍然较慢, 使 PVA 颗粒表层溶胀速度过快而形成一层较薄的胶状包覆层, 阻碍了水分子向 PVA 颗粒内部的渗透, 从而使 PVA 的溶胀速度急剧下降; 随着溶胀温度的进一步升高, PVA 分子向水中分散速度加快, 当溶胀温度超过 70°C 时, 随着温度的增高, 溶胀速度加快, 但溶胀温度在 85°C 左右时, 由于水分子

的渗透速度又快于 PVA 分子的分散速度, 使 PVA 颗粒表面形成包覆层, PVA 的溶胀速度又有所减慢。③ 在 0.07% 的高温肥皂液中投入 PVA 后直接高温烧煮, PVA 完全溶解的时间也较短, 但溶胀时 PVA 颗粒已形成包覆层或因 PVA 溶胀不充分在高温烧煮时形成包覆层, 反会使 PVA 溶解时间增长。④ 最佳溶胀温度为 65°C, 生产实际中以保持在 63~65°C 为好。

2. 肥皂用量

由实验分析(见表 2)可知, 肥皂对加速 PVA 溶胀、溶解有显著的效果。肥皂的浓度在 0.05% 以下时, 浓度越大, PVA 的溶胀、溶解速度越快; 当肥皂浓度超过 0.05% 后, 浓度增大, PVA 的溶胀、溶解速度不再加快, 因此, 肥皂用量达到 0.05% 即可。

表 2 肥皂用量与 PVA 溶胀、溶解的关系

水 (ml)	溶 胀 条 件				高温烧煮完全溶解时间 (min)
	PVA (g)	肥皂片 (g)	温度 (°C)	时间 (min)	
200	14	0.00(0.00)	63	10	27~35
200	14	0.06(0.03)	63	10	13~15
200	14	0.10(0.05)	63	10	9~11
200	14	0.14(0.07)	63	10	9~11

注: ① 表中括号中的数据为肥皂片对水的百分比; ② 同一溶胀条件重复实验五次。

3. pH 值

在 pH 值为 6~9 之间时, 进行对比实验, 发现 pH 值对 PVA 的溶胀、溶解速度并无影响, 但 pH 值高于 7.5 时, PVA 溶解后浆液中气泡明显增多且不易消失。因此, pH 值不宜超过 7.5, 以使用自然的自来水(pH 值 6.5 左右)为好。

(二) PVA 溶胀时间的确定(见表 3)

由表 3 可见, PVA 溶胀时间达 10min 时, PVA 溶胀已相当充分, 而溶胀时间少于 10min 则溶胀不充分, 高温烧煮时 PVA 完全溶解时

表 3 溶胀时间与 PVA 溶胀效果的关系

溶 胀 条 件					高温烧煮完全 所需溶解时间 (min)
水 (ml)	PVA (g)	肥皂片 (g)	温度 (°C)	时间 (min)	
200	14	0.1	63	6	18~21
200	14	0.1	63	8	15~19
200	14	0.1	63	10	9~11
200	14	0.1	63	15	8~9
200	14	0.1	63	20	7~9

间增长; PVA 溶胀时间达 15min 时, PVA 溶胀已很充分, 再增长溶胀时间对加速 PVA 的溶解效果并不明显。因此, 在溶胀温度为 63~65°C, 肥皂浓度在 0.05% 的条件下, 溶胀时间宜掌握在 10~15min 之间。

(三) 快速调浆的实践

1. 方法

在高速调浆桶内放入 0.3m³ 左右的水, 倒入已溶解的肥皂液(肥皂两条, 0.45kg), 开动搅拌器, 然后边加水, 边徐徐倒入 50kg PVA, PVA 投完后, 用水将表面尚未浸水的 PVA 颗粒打沉。待 PVA 颗粒分散在水中后再徐徐倒入 8kg CMC, 并将溅在桶壁等处的 PVA, CMC 冲洗干净, 再放水冲洗漂浮的 CMC, 待 CMC 全部吸湿, 体积达到 0.50~0.55m³ 后停止加水, 开蒸汽升温至 63~65°C, 保温溶胀 15min 后, 投入 12.5kg PMA(聚丙烯酸甲酯)和皂化的羊油 1.5kg, 然后高温(90°C 以上)烧煮 15min 后加入 2-萘酚, 定积 0.70m³, 校正 pH 值(8~9), 浆液粘度(18 s)后待用。

2. 几点说明

(1) 快速调浆的关键在于投 PVA, CMC 后, 吸湿并分散于水中后再升温, 否则不仅影响 PVA 的溶胀效果, 而且 CMC 易结团难溶。

(2) 63~65°C 保温溶胀 15min 后, 开大蒸汽烧煮 10min(包括升温过程), PVA, CMC, PMA 均已全部溶解。实际上温度达到 90°C 后仅需高温烧煮 5min, 它们就已彻底溶解。但由于溶解速度很快, 溶解后浆液中气泡很多, 约需 5min 才能全部从浆液中逸出。

(3) 在 PVA, CMC 保温溶胀结束后, 高温烧煮前, 加入 PMA、羊油对 PVA, CMC 的溶解并无不良影响, 但却有效地缩短了整个调浆时间。

(4) 调浆时总放水量不宜过多。放水多虽料的浓度减小, 但由于高速搅拌时不易形成漩涡, PVA 等浆料颗粒之间的碰撞机会减少、碰撞强度减弱, 加之升温时间增长, 因此 PVA 等浆料的整个溶解时间反而增长。

表 4 快速调浆与传统调浆方法效果对照表

对 比 项 目	快速调浆	传统调浆	
平均粘度 (s)	16.5	17.0	
粘度变化极差 (s)	2.4	3.3	
浆 纱	上浆率 (%)	8.5	8.4
	增强率 (%)	19.7	18.8
	减伸率 (%)	14.5	17.7
织造断头率 (根/台时)	0.61	0.64	

注: ① 生产品种, 98 cm13/13 433/299 涤棉细布;
② 用 YT821 型可调漏斗式浆液粘度计的 2 号孔板测量浆槽粘度, 其水值为 6.5 s。

3. 效果

快速调浆法与传统调浆方法相比(见表 4), 除了在调浆方法上作了改进外, 还在浆料配方中加用了少量的肥皂。由表 4 可见, 在浆料配方中加用少量的肥皂, 不仅没有任何副作用, 而且浆液粘度的稳定性, 浆纱增强率、减伸率均略有改善, 织造断头率也略有降低。当肥皂用量超过调浆总用水量的 0.1% 时, 浆纱增强率开始下降, 织造断头率开始上升; 如果原浆料配方中油脂用量偏高, 加入少量的肥皂后, 油脂用量宜适当降低, 否则浆纱增强率会有所下降。

四、结 语

1. PVA 快速溶解的机理是在高温烧煮前, 让水分子充分渗透到 PVA 颗粒内部所有的缝隙和孔洞中去, 使原有的缝隙和孔洞进一

步扩大,从而在高温烧煮时不仅使PVA颗粒表面无法形成包覆层,而且能使PVA颗粒内外层同时迅速溶胀,促使PVA颗粒迅速而不断地解体,同时PVA颗粒内外层急剧溶胀后,高分子间的距离急剧增大,高分子之间的作用力急剧减小,使PVA分子向溶液里的分散速度加快。

2. 温度对PVA的溶胀速度有显著的影响,65℃以下,温度越高溶胀速度越快,温度超过65℃,溶胀速度急剧下降,溶胀温度以控制在63~65℃之间为好。

3. 肥皂对加速PVA的溶胀、溶解有显著的效果,但肥皂浓度超过0.05%后,浓度增加PVA溶胀,溶解速度不再加快。在浆料配方中加入少量的肥皂后不仅能加速PVA的溶胀、溶解,而且浆纱效果也略有改善。当肥皂用量超过调浆总用水量的0.1%时,浆纱效果开始变差,所以肥皂用量宜控制在定积前调浆用水的0.05%~0.10%之间为好。

4. 快速调浆法在PVA、CMC保温(63~

65℃)溶胀15分钟后,加入PMA、羊油,再高温烧煮15分钟就能使浆料全部溶解,较传统调浆方法的3小时以上的高温烧煮,在节电、节汽、提高调浆桶利用率等方面效益是十分显著的。

5. 快速调浆法与压力调浆相比,不仅高温烧煮时间短,且无压力调浆易泄漏的缺陷,整个调浆时间也较压力调浆为少,而且不需设备投资(压力调浆桶约7~8万元/只),日常耗电,耗汽和调浆桶的维修难度均相应降低。因此,推广快速调浆法简单易行,其社会效益是十分可观的。

参 考 资 料

- [1] 周永元,《浆料化学与物理》,纺织工业出版社, p.140, 60.
- [2] 《棉纺织技术》, 1987, №2, p.18.
- [3] 《棉纺织技术》, 1984, №10, p.11~15.
- [4] 《纺织学报》, 1984, №3, p.52.
- [5] 《纺织学报》, 1987, №8, p.47~49.
- [6] 《棉纺织技术》, 1987, №1, p.25~28.
- [7] 《棉纺织技术》, 1982, №10, p.17~20.