

PAE 型起皱粘缸剂的特征及涂膜物性

Characteristics of PAE-Based Creping Adhesives and Their Effects on Yankee Dryer Coatings

星光 PMC 株式会社
造纸用药品事业部 铃木 幸惠
铃木 洋

1. 序言

卷纸、抽纸、擦手纸等这些生活卫生用纸与一般常用印刷纸、板纸不同，纸上被赋予很多皱褶（图 1），皱褶越细、越均匀，纸张就越柔软膨松，纸张的质感也越好。

形成皱褶的一系列工序被称为“起皱工序”。在日本采用干式起皱法，包括以下三个步骤。

- ①将高速抄造的低定量湿纸粘附在旋转的杨克烘缸表面进行干燥。
- ②将粘合的纸用起皱刮刀按运行方向挤压形成皱褶。
- ③将挤压后的纸从烘缸取下。

起皱工序的操作性会随原料、成分、化学品配方等抄造条件而产生变动，所得到的皱褶也会产生变化。因此，为了起皱操作稳定并获得优质皱褶，需要配套使用起皱粘缸剂和起皱剥缸剂来调节杨克烘缸表面纸张的粘附性和剥离性之间的平衡。

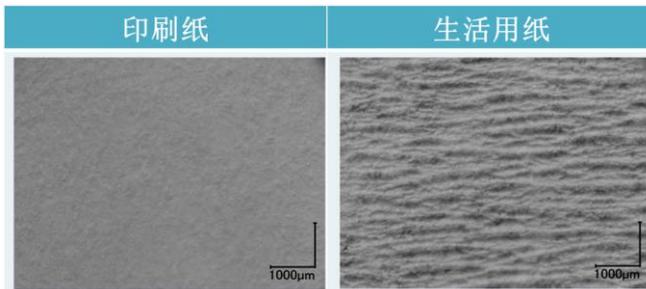


图 1. 电子显微镜下的纸表面

聚酰胺环氧氯丙烷树脂（以下简称“PAE”）是大多数起皱粘缸剂的主要成分，1974 年由我们公司改称前的 DIC HERCULES 在日本首次推出，至今也在不断在进行改良和提升¹⁾。在本文中我们对 PAE 起

皱粘缸剂的特征以及其对杨克烘缸表面涂膜的影响进行说明。

2. 起皱剂的功能

起皱剂主要包括两种化学药剂，贴缸剂（涂层剂）与剥缸剂（剥离剂）。将这些化学药剂喷涂到杨克烘缸上，在烘缸上形成涂膜。涂膜的形成分两个部分，在烘缸表面上是由起皱粘缸剂硬化的保护层形成，而在与湿纸接触的涂膜表面附近，是由粘缸剂和剥缸剂成分混合而成的软粘合层形成（图 2）。保护层的作用在于保护杨克烘缸不受到起皱刮刀损害，粘合层的作用在于将湿纸粘附到烘缸上²⁾。

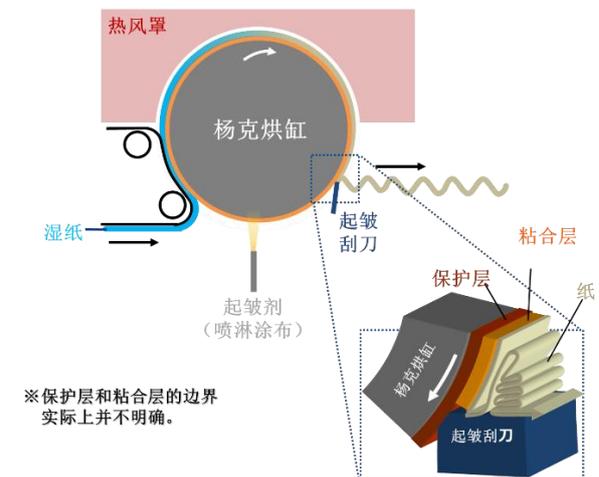


图 2. 起皱工艺示意图

为了形成具有足够功能的保护层和粘合层，作为涂膜主要成分的起皱粘缸剂的性能尤为重要，不但需要“高湿纸粘附性”，还需要“高涂膜耐水性”与“适度涂膜硬度”。如果涂膜的耐水性不足，湿纸的水分可能会将涂膜溶解，如果涂膜的硬度过低，

其可能会被起皱刮刀刮掉，导致保护层和粘合层功能受损。相反，如果涂层膜的硬度过高，它可能会在烘缸上堆积，引发各种问题。

3. PAE 型起皱粘缸剂

3-1. PAE 的特征

PAE 的结构如图 3 所示。PAE 是通过聚合酰胺树脂中的氨基和环氧氯丙烷的反应得到的。通过改变环氧氯丙烷的量和反应条件，能任意控制交联位点、反应性位点的数量和分子量，可以设计出用于各种不同造纸环境的起皱粘缸剂。

PAE 型起皱粘缸剂根据是否含有作为反应位点的氮杂环丁烷 (AZR) 基团，被大致分为反应型和非反应型。

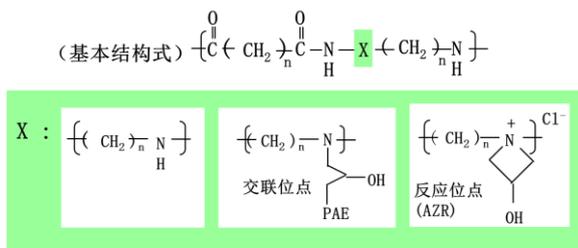


图 3. PAE 的基本结构

非反应型的 PAE 型起皱粘缸剂不含 AZR 基团。PAE 的分子量在烘缸上的变化很小，能形成硬度低、湿纸粘附性好的涂膜。

相反，反应型的 PAE 起皱粘缸剂含有 AZR 基团，在烘缸上发生交联反应以增加分子量，与非反应型相比，反应型的涂膜硬度高，耐水性强。

3-2. 起皱粘缸剂的选用

使用反应型还是非反应型的选择，通常取决于湿强剂、柔软剂等并用化学药剂以及抄纸速度。譬如，在抄造抽纸或擦手纸时，需要将湿强剂添加到纸浆中，湿强剂在杨克烘缸上形成的涂膜过硬，因此优选使用膜硬度较低的非反应型起皱粘缸剂。

相反，在纸上需要赋予柔软性和光滑度时，纸浆中需要添加柔软剂，柔软剂会使湿纸的粘附性下降的同时使杨克烘缸表面上的涂膜软化，特别是涂膜硬度极度下降时，涂膜可能会被刮刀刮掉，因此在这种情况下，优选使用能形成较硬涂膜的反应型起皱粘缸剂。

另外，如新月型纸机这种高速纸机上的湿纸含水量大，涂膜容易被湿纸中的水分溶解，在这种情况下也优选具有涂膜耐水性好的反应型起皱粘缸剂。

近年来，为提高产量降低成本，提高抄速或增设高速纸机成为主流。生活用纸厂商也在考虑使用柔软剂或用柔软剂增量来提高纸产品的品质。较高的机速和使用柔软剂都会妨碍涂膜形成，因此要求起皱粘缸剂具有更好的湿纸粘附性和涂膜耐水性。

3-3. PAE 型起皱粘缸剂的基本设计和物性

提高了 PAE 分子量和 AZR 含量的起皱粘缸剂的涂膜虽显示湿纸粘附性和涂膜耐水性良好，但存在涂膜硬度增加的问题。硬涂膜在杨克烘缸的末端堆积，增加了涂膜和刮刀之间的负荷。刮刀负荷大会导致刮刀磨损加速、纸中针眼增加或断纸。

PAE 树脂之间氢键的强度是导致涂膜硬度上升的因素之一。因此，我们对怎样松弛 PAE 树脂之间氢键进行了研究，成功开发了新型起皱粘缸剂 A 和 B，做到即使提高 PAE 的分子量和 AZR 含量，也能保持涂膜硬度不上升。

表 1 显示了新开发的起皱粘缸剂 A 和 B 以及现有产品 a1、a2、b1、b2 的性状及特征。粘缸剂 A、现有产品 a1、a2 是非反应型，不存在反应位点，并且 AZR 基团量为零。粘缸剂 B、现有产品 b1、b2 则为反应型，AZR 基团量如表 1 所示。AZR 基团量和分子量是以现有产品 b1 为基准的相对值。

表 1. PAE 型起皱粘缸剂的性状

种类	a1	a2	A	b1	b2	B
	非反应	非反应	非反应	反应	反应	反应
外观	黄色液体	黄色液体	黄色液体	黄色液体	黄色液体	黄色液体
不挥发成分 (%)	30	10	10	30	15	15
B型粘度 (mPa·s、25℃)	200	50	50	200	40	40
pH	4	9	9	4	3	3
AZR基团量 (固含相对值)	0.0	0.0	0.0	1.0	1.3	1.3
PAE分子量 (相对值)	1.0	7.4	7.4	1.0	2.0	2.0
氢键松弛处理	无	无	有	无	无	有

3-4. 评估方法

湿纸粘附性:

将粘缸剂涂布于粘性检测探头(110℃)后,检测涂布面压向湿纸后提起的阻力(图4)。阻力数值越高证明湿纸粘附力越好。

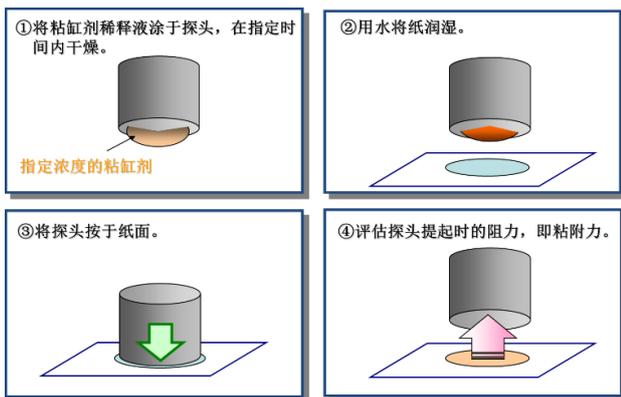


图 4. 湿纸粘附性评估

涂膜耐水性:

将培养皿中制备的起皱粘缸剂涂膜浸入水中一段时间,通过浸泡前后的重量变化来评估未溶解涂膜的残留率。数值越大,说明耐水性越好。

涂膜硬度:

通过铅笔硬度测试进行评估。用铅笔在培养皿中制备的起皱粘缸剂涂膜上进行划擦,以直到擦出划痕的铅笔的最小硬度为基准进行对比。相对值越高,说明涂膜的硬度越高。

3-5. 评估结果

图 5、6、7 显示各样品的湿纸粘附性、涂膜耐水性和涂膜硬度。非反应型常规品 a1 与反应型常规品 b1 相比,能看出 a1 的湿纸粘附性好, b1 的涂膜耐水性好。此外,将 a1 高分子量化后的 a2 的湿纸粘附性与将 b1 高分子量化后的 b2 的涂膜耐水性都进一步提高,这表明高分子量化对提高性能有帮助。但随着分子量的增加,涂膜硬度也增加,这在反应型 b2 中明显可见。如上所述,涂膜硬度的极度上升会导致杨克烘缸末端的涂膜沉积问题。相对而言,新型粘缸剂 A 和 B 通过松弛 PAE 树脂之间的氢键,能够在不增加薄膜硬度的情况下保持湿纸粘附力和涂膜耐水性。

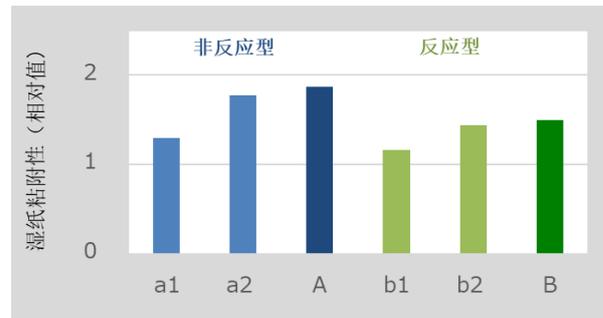


图 5. 湿纸粘附性

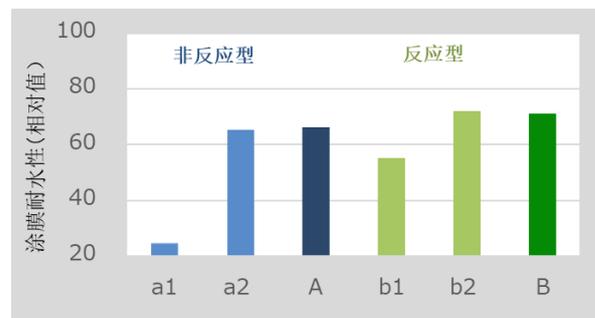


图 6. 涂膜耐水性

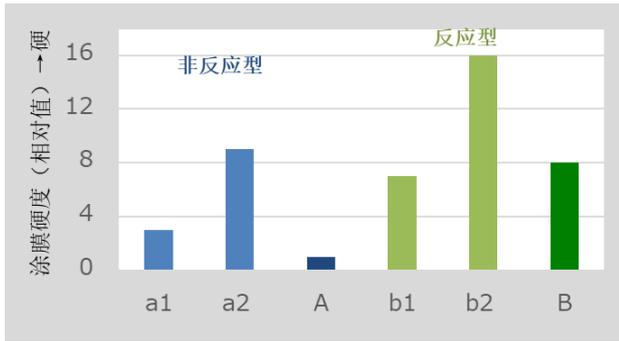


图 7. 涂膜硬度

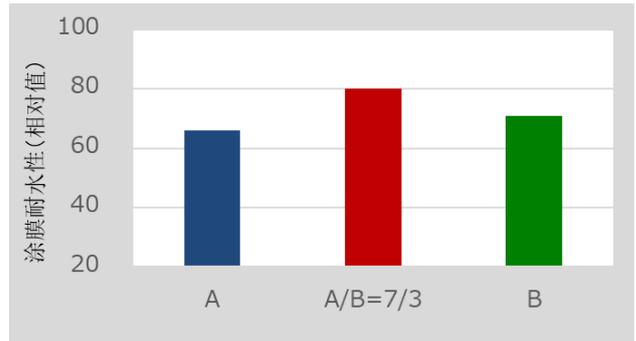


图 9. 粘缸剂并用配方的涂膜耐水性

3-6. 非反应型与反应型粘缸剂的并用配方

为了更进一步提高起皱粘缸剂的性能，我们对非反应型和反应型粘缸剂的并用配方进行探讨，结果发现并用配方可以达到单独配方无法达到的卓越效果。通过采用这种配方，不仅可以实现起皱工序的操作稳定性，还可获得高质量皱褶。

图 8、9、10 显示非反应型粘缸剂 A 与反应性粘缸剂 B 的单独配方与并用配方的湿纸粘附性、涂膜耐水性与涂膜硬度。

如图所示，非反应型与反应型粘缸剂的并用配方与其各自单独配方相比，涂膜硬度与 B 单独配方基本相同，湿纸粘附性与涂膜耐水性明显提高。

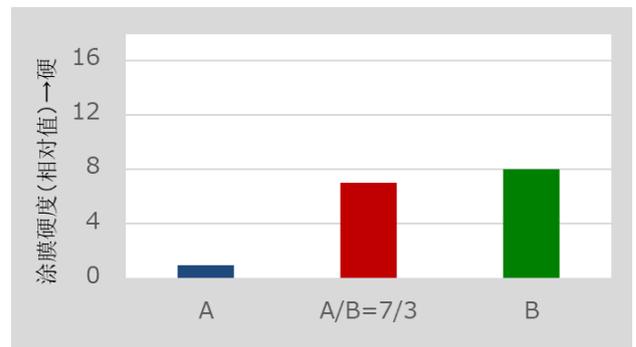


图 10. 粘缸剂并用配方的涂膜硬度

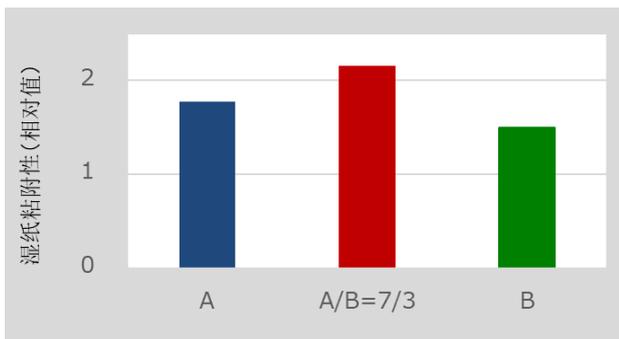


图 8. 粘缸剂并用配方的湿纸粘附性

获得上述结果，应该是非反应型粘缸剂 A 和反应型粘缸剂 B 混合并加热和干燥后引发了交联和高分子量化。

在非反应型与反应型的并用配方中，通过改变非反应型与反应型的比例，能自由控制湿纸粘附力、涂膜耐水性和涂膜硬度，因此，不仅能适用于擦手纸、抽纸和卫生纸等纸种，还能适用于湿强剂、柔软剂等不同化学药剂配方的其他纸种。此配方在实机生产中也能提高操作性、减少刮刀磨损、提高抄速、改善质地，已被数家纸厂采用。

4. 结语

起皱粘缸剂是决定涂膜性能并能对起皱质量和起皱工序产生影响的不可或缺的化学药剂。PAE 起皱粘缸剂能通过调节 PAE 的化学结构和分子量来控制涂膜的湿纸粘附力、涂膜耐水性和涂膜硬度。新型粘缸剂 A、B 在保持较低硬度的同时能提高湿纸粘附力和涂膜耐水性。此外，与单独的粘缸剂配方相

比，反应型与非反应型粘缸剂并用配方能进一步发挥湿纸粘附力和涂膜耐水性。

未来我们将继续开发适合用于各种纸机、原料、和抄造环境的起皱剂，以满足客户的多方面需求，在生活用纸行业的发展中做出贡献。

<参考文献>

- 1) 铃木幸惠, 吉谷孝治, 纸浆技术时报, 第 74 卷 (第 5 号), 32-35 页.
- 2) 吉谷孝治, 纸浆技术时报, 2010 年 7 月号, 29-33 页.

研究员简介



星光 PMC 株式会社
造纸用药品事业部
技术统括部
千叶研究所
铃木 幸惠
(Yukie Suzuki)



星光 PMC 株式会社
造纸用药品事业部
技术统括部
千叶研究所
科长 铃木 洋
(Hiroshi Suzuki)
