

目 录

前 言	(7)
第一章 亚硫酸盐法	(9)
第一节 亚硫酸盐法概述	(9)
一、原木的选择、处理和运输	(9)
二、原木的加工	(10)
三、蒸煮母液的制备	(12)
四、木片的蒸煮	(14)
五、浆料的洗涤和精选	(16)
六、浆料的漂白	(18)
七、抄浆	(21)
第二节 亚硫酸盐法的蒸煮原理	(22)
一、蒸煮液	(24)
二、蒸煮作用	(25)
第三节 亚硫酸盐法的蒸煮技术及其合理化	(32)
一、装锅	(32)
二、送液	(33)
三、升温蒸煮	(34)
四、蒸煮液的回收和加浓	(36)
五、蒸煮终点和浆料质量的控制	(40)
六、钠、铵和镁盐基的应用	(44)
第四节 从不同原料用亚硫酸盐法制取浆粕	(48)
一、阔叶树	(49)
二、落叶松	(53)
三、蘆葦	(58)
第五节 亚硫酸盐法的蒸煮新工艺	(59)

一、亚硫酸氢盐法	(60)
二、亚硫酸氢镁-二氧化硫二级法	(61)
三、中性亚硫酸盐法	(65)
四、无盐基的二氧化硫水溶液法	(67)
五、酸-碱二级法	(69)
第二章 預水解硫酸盐法以及其他制浆方法	(73)
第一节 硫酸盐法	(73)
第二节 預水解硫酸盐法	(74)
第三节 預水解工艺	(77)
第四节 預水解硫酸盐法蒸煮工艺	(85)
第五节 用預水解硫酸盐法制取帘子线浆粕	(87)
第六节 用預水解硫酸盐法从不同原料制取浆粕	(90)
第七节 其他制浆方法	(96)
第三章 人造纤维浆粕的漂白和精制	(99)
第一节 漂白和精制的工艺流程	(99)
第二节 氯化	(101)
第三节 碱精制	(108)
一、热碱精制	(109)
二、冷碱精制	(118)
第四节 次氯酸盐漂白	(123)
第五节 二氧化氯漂白	(128)
第六节 酸处理	(135)
第四章 人造纤维浆粕的均一性	(137)
第一节 原料条件	(137)
第二节 削片要求	(139)
第三节 蒸煮要求	(145)
第四节 蒸煮液的质量	(149)
第五节 精选、漂白和抄浆要求	(153)
第五章 提高人造纤维浆粕质量的途径	(159)

第一节	甲种纖維素和半纖維素·····	(159)
第二节	灰分及其成分·····	(174)
第三节	树脂·····	(185)
第四节	聚合度和粘度·····	(204)
第五节	反应能力和过滤性能·····	(207)
第六节	吸收性能·····	(210)

附 录

一、	国外人造纖維浆粕质量标准·····	(216)
二、	本书参考文献·····	(219)

前 言

在化学纖維中，以浆粕为原料的人造纖維占有主要地位。人造纖維工业的发展大大促进了化学加工用浆粕的生产。根据统计资料，世界化学加工用浆粕的产量，在1956年约为300万吨，到1961年已增加到400万吨左右，其中除少量用于制造硝化纖維素、胶卷、喷漆和塑料等以外，绝大部分都用于制造人造纖維。

在我国，为了滿足国家建设和人民生活的需要，在发展天然纖維生产的同时，正在大力发展化学纖維工业，其中人造纖維又是发展的重点。人造纖維工业的发展，要求浆粕生产不仅在数量上而且在质量上都有迅速的提高，这就是我们浆粕工业所面临的一项光荣而艰巨的任务。

可以用来制造人造纖維浆粕的原料，是很多的。棉短绒是制造人造纖維浆粕的优良原料，从这种原料可以制得高纯度的浆粕；但是由于棉短绒的产量有限，它不能成为人造纖維浆粕的主要原料来源。针叶树木材是传统的制造人造纖維浆粕的原料，直到目前为止仍然主要采用这种原料。近年来国外已在大量采用阔叶树木材制取人造纖維浆粕，阔叶树木材和针叶树木材一样，含有丰富的纖維素，只是多缩戊糖含量较高，纖維长度较短，柔软细胞含量较多。除此以外，竹子、甘蔗渣、芦苇等都可以作为制造人造纖維浆粕的原料，目前的问题主要是制浆工艺路线和技术装备的合理选择。

人造纖維浆粕的制造方法，也是很多的。传统的亚硫酸盐法用于制取人造纖維浆粕，技术成熟，易于漂白，所得浆粕具有良好的反应能力，成本也低。但是，这种方法对于原料具有很大的选择性，在发展上受到限制。现在国内外都在研究和发展预水解硫酸盐法。



本书着重介绍用亚硫酸盐法制取针叶树浆粕的工艺及其原理，特别是对于浆粕质量的要求和提高浆粕质量的方法和途径，作了比较详细的叙述。

本书由开山屯化学纤维浆厂程鲁常副总工程师和顾民达、林远球、冯迪、陈侃山、张燕谋五位工程师执笔编写，并请北京轻工业学院制浆系曹光锐主任校阅全稿。

限于编写人员的水平，本书内容可能有疏漏和错误之处，希望读者和有关专家指正。



第一章 亚硫酸盐法

第一节 亚硫酸盐法概述

一、原木的选择、处理和运输

白松(包括臭松、沙松和鱼鳞松)，是用亚硫酸盐法制造人造纤维浆粕的最优良的原料。因为这种原料的纤维素含量高，树脂含量少，材质不紧密，多糖及酚类物质也比较少，所以易于蒸煮，也易于漂白，所得浆粕的质量好。白松的化学成分，如表1所示。制造人造纤维浆粕的白松，质量应该达到林业部颁布的一、二等材的标准。质量不适合于制造人造纤维浆粕的原木，可

表1 白松的化学成分

化学成分	材种	“中国造纸植物原料志”数据			我国某化学纤维浆厂数据		
		臭松	沙松	鱼鳞松	臭松	沙松	鱼鳞松
纤维素 (%)		49.92	49.29	48.45			
木素 (%)		30.85	30.06	29.12	30.17	25.33	24.53~29.11
冷水抽出物 (%)		1.34	1.46	0.96	2.77	2.09	1.46~0.95
热水抽出物 (%)		2.81	3.47	2.35	3.67	2.81	2.63~1.56
果胶 (%)		1.01	1.04	1.28			
1%碱抽出物 (%)		11.76	12.75	10.68	12.15	10.67	13.38~10.46
多缩戊糖 (%)		11.57	10.18	11.45	9.97	10.16	10.75~10.08
灰分 (%)		0.58	0.47	0.13	0.29	0.423	0.18~0.148
树脂 (%)					2.74	2.03	2.31~1.527
全纤维素 (%)					59.17	58.27	60.44~58.57
甲种纤维素 (%)					77.3	72.01	78.99~74.59

用来做一般纸浆。

林场的作业规律一般是，在冬季进行大量砍伐，在春夏季集中运输。这是符合浆粕生产的要求的，因为在冬季砍伐时原木的水分最少，春季运输到浆粕厂后，浆粕厂正好利用夏秋季时令进行储存风干。

原木由林区运到储木场后，进行选材分类，然后再转运到浆粕厂。运输以水运或陆运均可，但以水运最好。因为在水运中由于原木老皮大量脱落，可以减少储存中的虫害；同时原木经过一定时间的浸渍，既能减少树脂含量，又便于风干。但是，水运往往受到地理条件的限制。

为了调节原木的水分，浆粕厂必须将原木进行储存，在夏季至少也得储存三个月以上。生产实践证明，储存时采用层迭堆垛法对降低原木水分和树脂含量最为有效。但是，往往由于进厂原木长短不齐、场地限制以及为了堆垛拆垛方便，一般都采用平迭堆垛法，这样储存效果要差一些。

在浆粕厂，原木的卸车、选材、堆垛、拆垛及投料等，花费的劳动力很多，而且劳动强度很大，必须实行机械化，例如国外的一些浆粕厂大多采用桥式吊车并辅以悬臂汽车起重机来负担上述全部作业。储木场应当设有消防装置，同时距离主厂房应当在百米以上。原木的堆积高度以不超过7米为宜，过高就不安全。

二、原木的加工

经过选材和储存风干的原木，用拉木机送去进行剥皮。原木的老皮必须除净，这项工作最好是在砍伐之后即进行，这样可以省去老皮的运输，并且可以减少原木在储木场和浆粕厂储存过程中的虫害，更有利于原木水分的风干和树脂的挥发。但是，目前在林区剥皮尚有一定困难，因此只好在浆粕厂把老皮和嫩皮一起剥除。

剥皮的方法，分人工剥皮、机械剥皮和化学剥皮三种。人工

剥皮的效率很低，原木的损失率也大。机械剥皮的种类很多，近来多使用堪比欧式剥皮机、鼓式剥皮机，或者将这两种机器联合使用。至于化学剥皮，则还有待于研究。

剥皮后的原木，借拉木机送入备木工段。原木在备木工段首先被锯断，以适应削片机的需要。如果是大径材或有内朽和外朽，就还要进行劈木和清除腐朽部分。然后将原木投入削片机进行削片。削成的木片经过轻微的粉碎、除尘，用圆筛或平筛进行筛选，以除去长条木片和碎小木屑，并在进入木片槽的输送过程中进行选节。

必须提到的是，人造纤维浆粕生产对于木片质量有较高的要求，要求切口平正，规格均整，否则将会影响到浆粕的质量。为此，要求采用12~16片刀的多刀削片机，以防止原木在切削过程中的跳动，减少碎小木片的产生；同时使木片在切片之后不再经过削片机刀盘风翅的粉碎，这就在很大程度上保证了木片规格的均整。这样，由于碎片的减少和木片损伤的降低，还可以节约原木。关于碎片及损伤木片对于人造纤维浆粕均一性的影响，将在第四章中讨论。

根据生产实践，在供制造人造纤维浆粕的木片中，15~22毫米的木片要求达到80%以上。因此，必须根据原木水分以及不同季节，相应地调整削片工艺条件：削片刀刀距一般为8~10毫米，刀高为15~18毫米，刀刃角度以 36° ~ 38° 为宜。为了保持刀刃的锋锐，一般在切削15~20立方米木片后即应停机锉刀，在切削80~100立方米后即应换刀。在切削硬质木材时，更应勤加换刀。

装锅时木片的输送必须均匀，不得中断。这样才能使木片很好地装入蒸煮锅内，装得均一，紧密度一致。为此，必须尽可能把木片槽设在地平面上，使木片通过一系列输送装置进入蒸煮锅，这样就可以避免由于木片槽在蒸煮锅上面，以致槽内产生桥拱现象而造成木片下落不均和中断。木片槽壁的倾斜角必须保持在 55° 以上，木片槽的下部应装设卸料装置（如螺旋输送机或高频率

振动器), 以促使下料均一。木片槽的容积应为蒸煮锅容积的2~3倍甚至更大一些, 以利储存木片。木片槽距离蒸煮厂房应当尽可能远一点, 最好是设置在浆粕厂的储木场, 这样切片系统就可安置在储木场。木片的输送比原木要容易得多, 可采用运输皮带或离心式鼓风机。根据国外资料记载, 风送一般可达500~600米的距离, 甚至更远一些。

三、蒸煮母液的制备

亚硫酸盐法制造人造纤维浆粕所用的蒸煮母液, 是亚硫酸氢盐和亚硫酸的混合物, 要求它的游离酸含量较高(一般应当占总酸的60%以上), 而化合酸含量不要过高。因为游离酸和化合酸的比值越小, 蒸煮后的浆料中被保留下来的多缩戊糖就愈多, 同时不利于控制蒸煮粘度; 而且化合酸过高还会延长蒸煮时间, 甚至发生沉淀, 以致堵塞蒸煮锅的循环系统。因此, 对蒸煮母液组成的要求是: 总酸应该在3.6~3.8%之间, 化合酸以1.4~1.6%为宜。蒸煮母液中的杂物如硒、铁、砷的化合物, 升华硫以及矿尘等, 均对蒸煮有不利影响, 尤其是会引起浆粕灰分和铁含量增加, 以致造成粘胶加工困难。因此, 要求蒸煮母液中的铁含量应在2P.P.M.以下。

为了达到上述要求, 在蒸煮母液制备的工艺和设备等方面, 应当作如下选择:

(一) 硫铁矿的焙烧

应当采用沸腾炉焙烧尾砂矿或粉碎矿。尾砂矿的矿粉粒度一般要求在0.5毫米以下, 粉碎矿的矿粉粒度一般要求在1.5毫米以下。如果粒度过大, 则要考虑采用焙烧强度较大的沸腾炉。其所以要采用沸腾炉, 是由于它利用固体流态化的原理, 使硫铁矿在沸腾层中进行完全燃烧, 得到较高浓度的炉气(一般在10~12%甚至15%), 这就能够使蒸煮母液中的游离酸含量较高。此外, 沸腾炉的焙烧温度在850~900°C之间, 这就减少了三氧化硫的生

成，不仅能降低硫耗，而且能提高蒸煮母液的质量。

(二) 爐气的淨化

采用沸騰炉所得炉气的含量尘大，因此必须经过强力的炉气淨化系统，否则蒸煮母液的澄清晰度很难达到要求。国内很多化工企业是采用文丘里除尘器和旋风除沫器联合使用，当炉气进入文式管时喷入清水，水被高速度的炉气所分散而形成尘雾，然后经除沫器分离。因此，它具有除尘和降温的作用，可以将 $450\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的炉气冷却到 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，除尘效率高达99%以上。这种淨化系统的工艺流程是：炉气从沸騰炉顶部导出，经过列管冷却器进行初步降温，经过旋风除尘器进行干式除尘，经过第一文式管、第二文式管及其除沫器，最后以炉气风车送入吸收塔。

但是，国内有的厂没有采用文丘里除尘器，而是采用多层泡沫洗滌塔，也显著地提高了除尘和降温的效率。生产经验证明，只要泡沫层的高度、液体流量、炉气流速和系统压力控制得当，除尘效率可以达到99.5%，蒸煮母液的铁含量可以减少到 $2\sim 3$ P.P.M.，炉气温度可以由 $480\sim 500^{\circ}\text{C}$ 降低到 50°C 以下。这种淨化系统的工艺流程是：炉气经沸騰炉顶部导出并经过空心联络管和旋风除尘器送入泡沫塔的底部，通过多层筛板进行洗滌和降温，最后借强有力的炉气风车送入吸收塔。

(三) 爐气的吸收

为了获得质量合格的蒸煮母液，必须很好掌握炉气的吸收条件。要考虑到游离酸和化合酸的关系，要考虑到二氧化硫在酸性亚硫酸盐中的溶解度要比在水中的溶解度小的情况。用水的温度应在 8°C 以下，这就要求在夏季使用蒸汽喷射式冷冻设备，即使在东北地区也很需要。

鈣盐的吸收，最好使用高塔。高塔以石灰石作填充物，炉气从塔底部进入，水从塔顶部喷淋。炉气先经强酸塔吸收，尾气再经弱酸塔用水吸收。在弱酸塔中获得的二氧化硫弱酸水溶液，送入强酸塔顶部。炉气在强酸塔中，所含二氧化硫可吸收90%以上。

作为高塔填充物的石灰石，要求硬度大一些，酸不溶物少一些，铁含量越少越好，石灰石块的大小以150~200毫米为宜。为了避免塔内堵塞、吸收不良及酸液混浊，吸收塔应当每天进行掏洗。

镁盐的吸收，可使用低塔。先将镁盐制成乳液，然后在4~5台串联的低塔中吸收二氧化硫。炉气与水成逆流方向运行。塔内用瓷环填充。低塔吸收设备比高塔简单，但是操作比高塔繁复。

(四) 蒸煮母液的过滤及储存

蒸煮母液制成以后，为了减少悬浮杂质，提高澄清度，必须经过砂滤器进行过滤。经过过滤后的蒸煮母液置于储存槽中。储存槽最好采用钢板衬砖(用合脂构缝)，或者用耐酸钢板衬里。储存槽的容积，应该是每锅蒸煮母液消耗量的3~4倍，这样才可避免液面波动太大，以保持蒸煮放气的完全吸收。蒸煮母液的储存总量，应不少于蒸煮日用量的2倍。

四、木片的蒸煮

木片的蒸煮是要除去木片中的木素和部分半纤维素等杂物，把纤维分离出来。在生产一般纸浆时，要求在蒸煮过程中尽可能保留半纤维素，以求提高得率，便于打浆，并提高纸张的强度和外观质量。但在生产人造纤维浆粕时，就要求在蒸煮过程中尽可能除去半纤维素，以求相对地提高甲种纤维素的含量，但又不要不会导致纤维素的过度降解，以免造成过煮和粘度偏低的情况。为了适应人造纤维浆粕的质量要求，在蒸煮过程中必要采取一切措施对木片进行强制浸透，促使磺化完全。

可采用180~200°C的饱和蒸汽将木片装入蒸煮锅内(蒸汽装锅)，以提高木片的装入密度及温度，同时使废汽从蒸煮锅底部排出，排气温度要求在80~90°C之间。蒸煮锅内装满木片后，将经过预热器预热到80~90°C的蒸煮液送入蒸煮锅内。这种蒸煮液，就是用蒸煮母液吸收在蒸煮过程中回收的二氧化硫气体和混合回收液而制得的。锅内送满蒸煮液后进行加压，压力以不超过蒸煮

的最高压力(一般耐酸砖衬的蒸煮锅采用6~7公斤/平方厘米)为限。为了使木片充分浸透和获得均一的浆料,在蒸煮过程中应当采用两段或三段的升温方法。通汽一律使用间接汽,最高温度为145~147°C。蒸煮8~10小时,经过最后一次保温达到蒸煮终点,即进行放气减压,然后放锅。

亚硫酸盐法的蒸煮,一般在容积为150~350立方米的直立式蒸煮锅中进行,蒸煮锅应有强制循环和间接加热装置。国内有的浆粕厂采用沙菲尔别尔格式循环系统,蒸煮液从锅内中上部抽出,经过加热器再送入锅的上、下部。也有采用布罗伯克式循环系统的,蒸煮液从锅内下部抽出,经过加热器再送入锅的上部。

亚硫酸盐法的蒸煮必须使用高酸,这对人造纤维浆粕尤为重要。因此蒸煮液的总酸应当保持在9~10%之间,蒸煮一小时后相应为6~7%,化合酸为0.9~1%。蒸煮总酸的提高,一方面有赖于蒸煮母液对蒸煮硫耗的相应补充,另一方面有赖于在蒸煮过程中的大量积累。这种积累,主要依靠蒸煮达到最高压力前的放压和蒸煮达到最后终点时的放汽。因此,蒸煮需要强力的冷却系统和分高、中、低压的三级吸收系统。必要时可应用喷射器来强化吸收,以使二氧化硫的损失减少到最低限度。高压回收锅所控制的压力比蒸煮锅的压力低1.5~2.0公斤/平方厘米,而低压回收锅的压力比高压回收锅的压力低1.5~2.0公斤/平方厘米,实际上这是中压回收。回收槽也应有1.0~1.5公斤/平方厘米的压力。为了充分放出蒸煮锅内剩余的二氧化硫,应将放锅压力降到2.0公斤/平方厘米以下。除了上述以外,在日常生产中工艺条件的合理调整,例如木片装入量、蒸煮液量、残液量的调整,蒸煮母液游离酸量的提高以及在中小修之后蒸煮慢煮的合理安排等,也能对蒸煮总酸的提高起着良好的作用。

在提高总酸的同时,要适当控制液体的回收。回收液体是蒸煮液的组成部分,它的回收量、回收时间和回收温度都必须符合一定的要求。一般回收量为30%左右,回收时间宜短,回收温度

以105~110°C为宜。回收时总酸为5.0%左右，化合酸为0.6~0.7%。回收过早，化合酸偏高。回收过晚或过多，会使较多的木素磺酸、多糖类以及部分有机酸进入蒸煮液中，使蒸煮液变质，不利于总酸的提高，也影响蒸煮的正常进行。在蒸煮过程中控制放压带水，也是由于这一原因。如果遇到这种情况，应适当地从锅底抽液，降低蒸煮锅的液面。为了防止由于抽液所引起的二氧化硫的损失，还应采取气水分离器回收二氧化硫。

为了确保高酸蒸煮，还可以用索米尔法从蒸煮喷放气体中制取液体二氧化硫或者另行制备液体二氧化硫，不过目前还很少采用这种方法。

木片蒸煮的后期，基本上是一个木素磺酸的溶出过程，也是粘度降低的变化过程。在蒸煮的后期，由于酸度的降低，会产生强烈的水解作用，促使纤维降解和粘度下降。如果保温后最终放气时间短一些，或者在保温中化合酸偏高一些，则粘度均会偏高。因此，除应采用适当的放汽时间和较低的化合酸外，还应采用比一般纸浆为高的最高温度。

五、浆料的洗涤和精选

(一) 洗涤

木片经过蒸煮而成为浆料，在一定的压力下和废液一起放入洗涤池进行充分的洗涤，以除去废液和降低浆料的树脂含量。结合洗涤的要求和废液的综合利用，第一、二次洗涤可用稀废液进行，以后用温水、清水洗涤4~5次。每次洗涤后必须经过沉淀，放出洗涤水，再进行下一次洗涤。而且在洗涤时应采用高压水进行循环搅拌，以求洗涤彻底，并清除或冲散液面浮料，这些浮料是含树脂最多的东西。洗涤池应密闭并备有排汽装置。池底设滤水砖，它的滤水孔应保持畅通。

最好在洗涤池中进行一般洗涤之后，进行粗选除节，然后在真空洗浆机或压力洗浆机上进行两次连续洗涤，中间经过扩散装