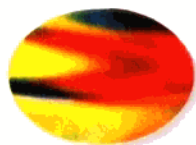
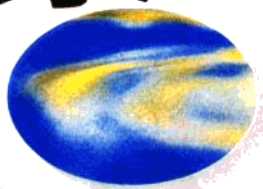
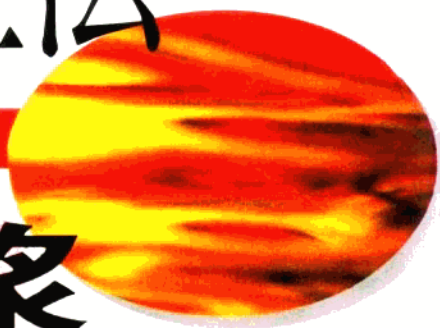


硫酸盐法

刘长恩 译
单乃礼 唐其铮 校

[前苏] IO. H. 聂伯宁 著

制浆



中国轻工业出版社

作者简介

本书作者Ю.Н.聂伯宁(生于1912.11)于1935年毕业于列宁格勒林学院化学工艺学系。1938年开始在该系工作。1946年获副博士学位,1965年获科学技术博士学位。

他于1965年到1980年一直担任化学工艺学系主任,并兼制浆造纸教研室主任。1980年到1988年,他辞去系主任工作,担任制浆造纸教研室主任。

从1969年到1988年,在Ю.Н.聂伯宁教授领导下开展了阔叶木及西伯利亚各种木材在制浆造纸工业中应用的科研课题。这些研究成果,为充分利用西伯利亚和远东森林资源奠定了理论基础。

Ю.Н.聂伯宁教授开展了大量科研工作,先后发表400多篇论文。他培养了60多名副博士研究生和数以千计的制浆造纸工业工程师。他的贡献不仅限于教学和科研,还于1976年主持修订了他的已故父亲H.H.聂伯宁编写的教材《制浆工艺学》第一卷《亚硫酸盐浆的生产》。1990年他又把该书第二卷,即《硫酸盐浆的生产》修订出版。这些书成为在苏联从事制浆造纸的每个研究人员、工程师和大学生必备的书籍。

为其卓著的科研、教育和社会活动方面的成就,Ю.Н.聂伯宁教授曾被原苏联政府授予劳动红旗勋章和七枚奖章。

摘自俄罗斯《Целлюлоза. Бумага. Кармон》

1992 No.12, p.33

原版序言

《制浆工艺学》教材的第二卷讲授的是硫酸盐法纸浆生产工艺学,或更准确地说,讲授的是各种木材的硫酸盐法和烧碱法制纸浆的生产工艺学。1853年出现的烧碱法,在历史上是第一个用木材制浆的工艺方法,但目前各国,包括苏联,只有个别的烧碱法纸浆厂,而且大多生产能力不大。相反,当前硫酸盐法制浆,在世界上占有主导地位,尽管还存在着急需解决的一些环境保护问题,但仍在继续快速发展。本书重点介绍硫酸盐浆的生产工艺。

1985年苏联生产了837万4千吨纸浆,比1980年增加17.6%。在苏联共产党第二十七届大会上通过的1986~1990年和2000年以前这一阶段国民经济主要发展方向中,预计苏联纸浆的生产将进一步增长。这主要依靠提高产量占纸浆总产量70%的硫酸盐浆厂的生产能力来实现。按规定将尽量少建新企业。这就必须坚决走大力提高现有工厂的生产能力来发展制浆工业的道路。这样的改革,只有在加速本企业的科技进步才能实现,这就必须改组工业管理以及在制浆生产技术和工艺中广泛采用先进技术。高等院校为企业培养出来的工艺工程师,应当首先成为先进技术思想的代表者。高等院校工作改革的方向,在于通过强化教师对大学生的个别工作,强化大学生的独立工作能力,来提高所培养的专家的质量。编写新教材应在很大程度上帮助完成这些任务。

本教材是作者于1963年出版的同名教材的第二次修订版。自然,在过去的25年中,硫酸盐浆的生产工艺发生了一些变化。作者在修订本书时,力图把这些变化反映出来。但是究竟做到了多少?要由读者来评价。本书主要目的是帮助高年级大学生们深入学习硫酸盐浆生产工艺学这门课程。这门课程是公共专业教程《制浆

造纸生产工艺学》中的一部分,是根据苏联高教部批准的培养制浆造纸生产的化学工艺工程师的教学大纲编写而成的。

本书的第二个目的,是作为现从事硫酸盐浆厂实际工作的工程师和技术员,以及在科研和设计部门的科学工作者、设计师的参考书。为了使本书易于使用,将一些较详细的专业资料,以及大学生们在课程、毕业设计中要用到的计算例题排印成了小字。

本书是三卷本《制浆工艺学》(作者Н.Н.Непенин и Ю.Н.Непенин)教材的第二卷。讲述亚硫酸法制浆工艺的第一卷,已于1976年由林业出版社出版。作者向读者表示歉意,第二卷的出版耽搁至今,完全是他个人的过失;并希望按照《制浆工艺学》第一卷序言中所说的总的出版计划,第三卷新版,将不迟于1992年去付印*。在第三卷中将讲述纸浆的净化、干燥和漂白问题;纸浆生产的副产品加工;其它制浆方法(除亚硫酸盐法和碱法外);非木材制浆方法以及半化学浆的生产。最后,从特别重视环保问题的角度出发,将综述制浆工业的发展前景。

感谢在本书出版中,帮助我在技术上形成本书手稿的教研室同事们和我亲密的合作者们。

由衷地感谢我深为敬仰的评论家们在审定初稿时提出的批评和宝贵的意见。

恳请读者发现书中缺点和疏漏,按下列地址告知作者:

194018, Ленинград, Институтский пер., д.5, Лесотехническая академия им.С.М.Кирова, кафедра целлюлозно-бумажного производства

* 第三卷已于1994年出版。——译者注

中文版序言

本书是一部硫酸盐法制浆工艺学。此种制浆方法与其它方法相比,在世界上所有国家,也包括苏联在内,具有绝对优势的地位。作者在苏联列宁格勒林学院从事制浆造纸的教学工作50余年,汇总苏联科研单位和全教研室,连同作者本人的研究成果,着重从理论、实践等方面反映苏联硫酸盐法制浆生产实况,编纂成本书,共十章,是苏联培养制浆造纸工业工艺师、工程师用的高等林业技术和工艺专业的教科书。

作者在工作中,有幸结识好多中国的大学生、研究生和进修生。作者目睹他们勤勤恳恳、认真学习和钻研苏联制浆造纸文献、技术和经验,又身体力行,参加生产实践,深深地为之感动。由此触动作者愿将本书献给中国广大读者。

承蒙中国东北林业大学刘长恩同志助我一臂之力,将本书译成中文,使作者多年夙愿得以实现。他竟能在完成教学和科研任务之余,以非凡的拼搏精神,坚韧的毅力,迅速地完成了这项艰难的翻译工作,实令人敬佩。又靠多方有识之士的帮助,使本书的中文版同广大中国读者见面!

作者坚信该书会引起中国大学生、教师和从事造纸科研、生产人员的关注,并有所裨益。祝愿中国朋友、同志们在中国广袤的大地上进行的社会主义建设事业取得更大的成功!那将是我们最大的欣慰和荣幸!

教授



列宁格勒 1991.10.30

目 录

第一章 硫酸盐浆蒸煮理论	(1)
第一节 硫酸盐法蒸煮过程的一般特征	(1)
一、操作程序	(1)
二、蒸煮药液	(3)
三、产生之现象的一般情况	(6)
第二节 烧碱法蒸煮化学	(10)
一、黑液的化学组成	(10)
二、碱和木素的反应	(11)
三、碱作用下碳水化合物的降解	(16)
四、副产品的形成	(22)
第三节 硫酸盐法蒸煮化学	(23)
一、硫酸盐法蒸煮时木素的化学反应	(23)
二、硫酸盐法蒸煮的其它化学反应	(28)
第四节 碱法蒸煮机理和动力学	(30)
一、蒸煮的物理和胶体化学现象	(30)
二、碱法蒸煮动力学和数学描述	(36)
第五节 影响蒸煮速度、浆得率和质量的 主要因素	(43)
一、蒸煮温度	(43)
二、碱的初始浓度和用碱量	(46)
三、硫化度	(50)
四、木片质量	(55)
五、材种	(58)
六、其它因素	(60)

第六节 硫酸盐浆的性能特点和应用范围	(63)
一、硫酸盐浆的性能特点	(63)
二、硫酸盐浆的应用范围	(64)
参考文献	(66)
第二章 间歇蒸煮技术	(76)
第一节 蒸煮锅	(76)
一、蒸煮锅的类型、形状和尺寸	(76)
二、强制循环装置	(79)
三、蒸煮锅附属设备	(83)
四、蒸煮锅的保温	(87)
五、蒸煮锅的防腐	(88)
第二节 木片和药液的装锅	(89)
一、木片装锅	(89)
二、送液和用碱量的计算	(89)
第三节 碱法蒸煮规程	(91)
一、烧碱法蒸煮	(91)
二、硫酸盐法慢速蒸煮	(92)
三、硫酸盐法快速蒸煮	(94)
四、高得率浆的蒸煮	(97)
第四节 放锅	(98)
一、大放汽和喷放	(98)
二、喷放装置	(99)
第五节 蒸煮工段的生产能力和物料衡算	(101)
一、蒸煮锅运转周期和浆得率	(101)
二、蒸煮工段生产的强化	(103)
三、硫酸盐法蒸煮的物料衡算	(104)
第六节 放锅热能和产物的利用	(114)
一、放汽产物的组成	(114)
二、放汽热能和产物的利用	(115)

三、喷放蒸汽的热利用装置	(119)
第七节 蒸煮的蒸汽用量	(125)
一、硫酸盐法蒸煮的热量衡算	(125)
二、影响间歇式蒸煮用汽量的各种因素	(129)
三、间歇式蒸煮的现代节能方法	(130)
第八节 蒸煮工段的生产控制和操作	(133)
一、蒸煮工段的生产控制	(133)
二、蒸煮过程自动化	(134)
三、蒸煮工段的操作	(136)
参考文献	(136)
第三章 连续蒸煮技术	(139)
第一节 连续蒸煮的特点	(139)
一、连续蒸煮过程的优点	(139)
二、连续蒸煮浆料的理论	(140)
三、连续蒸煮的工艺和设备外形特征	(142)
第二节 卡米尔立锅式连续蒸煮装置	(146)
一、卡米尔式连续蒸煮装置	(146)
二、卡米尔式装置蒸煮硫酸盐浆的工艺	(157)
三、卡米尔式蒸煮器蒸煮浆料的“工程物理”和 数学描述	(160)
四、卡米尔式连续蒸煮装置运行的技术经济和 生产技术指标	(163)
五、卡米尔式装置中连续蒸煮硫酸盐浆的物料衡算	(164)
六、卡米尔式连续蒸煮装置中的热衡算	(170)
七、卡米尔式连续蒸煮装置的操作	(173)
第三节 其它类型的硫酸盐浆连续蒸煮装置	(175)
一、立锅式连续蒸煮装置	(175)
二、带木片机械输送系统的管式连续蒸煮装置	(180)
第四节 连续蒸煮装置的自动化和操作	(188)

一、连续蒸煮装置的自动化	(188)
二、连续蒸煮车间的操作	(190)
参考文献	(192)
第四章 碱法蒸煮纸浆的各种现代方法	(196)
第一节 现有蒸煮方法的完善	(196)
一、改进蒸煮药液对木片的浸渍	(196)
二、注入法蒸煮和深度脱木素	(199)
三、双温蒸煮	(201)
四、沉淀半纤维素蒸煮	(202)
五、大活性碱用量蒸煮	(203)
第二节 应用还原剂和氧化剂的蒸煮方法	(203)
一、添加还原剂的碱法蒸煮	(203)
二、多硫化物蒸煮	(206)
三、电化学法蒸煮	(213)
四、添加蒽醌的碱法蒸煮	(215)
第三节 碱法多级蒸煮	(219)
一、预水解硫酸盐法蒸煮	(219)
二、硫化钠-硫酸盐法蒸煮	(228)
三、硫化氢-硫酸盐法蒸煮	(228)
第四节 其它碱法蒸煮	(231)
一、苏打-烧碱法	(231)
二、碱性亚硫酸盐法蒸煮	(232)
三、绿液蒸煮	(234)
参考文献	(235)
第五章 纸浆的洗涤	(243)
第一节 洗涤过程理论	(243)
一、洗涤过程的任务和一般特征	(243)
二、洗涤过程及伴生现象的特征	(244)
三、洗涤效果的评价	(248)

四、黑液衡算	(251)
五、各种洗涤方法的试验结果	(253)
第二节 转鼓式洗浆机洗涤浆料	(257)
一、转鼓式洗浆机	(257)
二、影响薄层浆料洗涤过程的因素	(262)
三、转鼓式洗浆机洗涤流程	(262)
四、消泡和自动控制	(266)
五、真空洗浆机洗浆的黑液衡算	(267)
六、转鼓式洗浆机洗浆的生产技术指标	(274)
第三节 挤浆机和压滤机洗浆	(278)
一、螺旋挤浆机洗浆	(278)
二、压滤机洗浆	(279)
第四节 间歇操作扩散器洗浆	(283)
一、扩散器的结构和洗浆程序	(283)
二、影响扩散器洗浆过程的因素和所达到的指标	(288)
第五节 卡米尔式连续蒸煮器和连续扩散 器洗浆	(290)
一、卡米尔式蒸煮器的热洗涤	(290)
二、连续扩散器洗浆	(293)
第六节 带式洗浆机洗浆	(300)
一、带式洗浆机的结构	(300)
二、带式洗浆机的性能指标	(301)
第七节 洗浆工段的生产控制和操作	(302)
一、洗浆工段的生产控制	(302)
二、洗浆工段的劳动组织	(303)
参考文献	(304)
第六章 黑液的蒸发	(308)
第一节 黑液的物理性质	(308)
一、黑液的密度和粘度	(308)

二、黑液的比热容、沸点和表面张力	(312)
第二节 蒸发过程的理论	(314)
一、蒸发水量和蒸发效率	(314)
二、多效蒸发器的温度分配	(315)
三、蒸发器组热衡算和蒸发量	(316)
第三节 黑液蒸发前的处理	(322)
一、黑液撇皂和除去小纤维	(322)
二、硫酸盐黑液的空气氧化	(324)
三、氧化装置的结构	(327)
第四节 黑液蒸发技术	(333)
一、蒸发器的结构	(333)
二、蒸发站的配置和运行	(344)
三、蒸发站的辅助设备	(353)
四、黑液蒸发生产中的故障	(355)
五、蒸发站的生产技术指标	(356)
六、热压缩二次蒸汽的蒸发	(357)
七、蒸发工段的生产检验和操作	(358)
参考文献	(359)
第七章 黑液的燃烧	(363)
第一节 黑液燃烧过程的理论	(363)
一、黑液固形物的数量和组分	(363)
二、烧碱法黑液燃烧时发生的化学过程	(365)
三、硫酸盐法黑液燃烧时发生的化学过程	(365)
四、芒硝还原反应和硫酸盐熔融物的组成	(369)
五、燃烧产物组分的热力学分析	(372)
六、黑液燃烧时碱和硫的损失	(373)
七、黑液燃烧过程的热力学	(375)
第二节 芒硝和它的贮存	(378)
一、天然芒硝和工业用芒硝	(378)

二、芒硝的贮存	(379)
第三节 现代碱回收锅炉	(380)
一、碱回收锅炉结构的一般原理	(380)
二、碱回收炉的工艺流程	(383)
三、中小型碱回收设备	(386)
四、现代大型碱回收设备	(395)
第四节 碱回收锅炉的尾部设备	(403)
一、在蒸发器和文丘里涤气器中黑液的蒸发	(403)
二、用电除尘器捕集碱尘	(406)
三、湿式涤气器的二次热回收利用和含硫产物 的捕集	(407)
四、熔融物溶解槽的蒸汽中烟气排放物和烟尘捕集	(410)
第五节 碱回收锅炉机组的运行	(411)
一、碱回收设备的工作状况	(411)
二、碱回收炉燃烧室的爆炸和预防	(417)
三、碱回收设备的生产技术指标	(418)
第六节 碱回收炉的物料和热量衡算	(419)
一、碱回收炉的物料衡算	(419)
二、碱回收炉的热量衡算	(428)
第七节 其它类型的碱回收设备	(432)
一、回转炉	(432)
二、新型碱回收设备	(434)
第八节 碱回收锅炉机组的生产检验和维护	(437)
一、碱回收间的生产检验	(437)
二、碱回收间的作业	(437)
参考文献	(439)
第八章 绿液苛化	(443)
第一节 苛化过程的理论	(443)
一、苛化反应及其平衡条件	(443)

二、影响平衡苛化率的主要因素	(448)
三、苛化过程的动力学	(452)
四、苛化白泥的沉降速度	(455)
第二节 石灰和它的贮存	(459)
一、苛化用石灰的质量要求	(459)
二、石灰和石灰石的贮存和粉碎	(460)
第三节 连续苛化系统	(461)
一、连续苛化流程	(461)
二、石灰消化和制得悬浮液的净化	(466)
三、连续苛化器	(468)
四、道尔式连续澄清器(浓缩器)	(469)
五、在转鼓式过滤机或离心机中白泥的最终洗涤	(474)
六、苛化系统的辅助设备	(476)
七、Эймко式连续苛化装置	(477)
八、配备Кларифил式过滤机的苛化装置	(479)
九、其它类型的连续苛化装置	(483)
第四节 连续苛化的生产技术指标	(486)
一、连续苛化系统的物料衡算	(486)
二、绿液苛化的蒸汽用量	(492)
三、连续苛化系统的生产技术指标	(493)
第五节 间歇苛化系统	(495)
一、间歇苛化流程	(495)
二、间歇苛化系统的生产技术指标	(496)
第六节 苛化工段的生产控制和劳动组织	(498)
一、苛化工段的自动控制	(498)
二、苛化装置的管理	(498)
第七节 由白泥回收石灰	(500)
一、石灰回收的经济、环境卫生效益	(500)
二、煅烧反应和燃料用量	(500)

三、石灰回收回转炉的结构和运行	(501)
四、在沸腾炉和机械炉中白泥的煅烧	(506)
五、石灰回收炉的物料和热量衡算	(510)
六、石灰回收工段的生产控制和劳动组织	(516)
参考文献	(518)
第九章 生产中化学药品的循环	(521)
第一节 碱的循环	(521)
一、生产中碱的损失	(521)
二、平衡环和碱回收率	(523)
三、周转中的碱贮备	(526)
四、用新化学品补偿碱损失	(527)
第二节 硫酸盐浆生产中硫的循环	(528)
一、生产循环中硫的损失	(528)
二、硫酸盐浆厂的硫平衡和它同碱平衡的联系	(533)
三、改善硫回收和调节药液硫化度的措施	(537)
四、不良气味硫化物的消除和无害化	(538)
参考文献	(543)
第十章 碱回收和黑液利用的其它方法	(546)
第一节 其它碱回收方法	(546)
一、黑液的自动苛化	(546)
二、黑液的电解和电渗析	(551)
三、黑液热解	(554)
四、部分利用有机物的黑液回收	(557)
第二节 由黑液制取有机产物	(558)
一、制取碱木素	(558)
二、由碱木素制取塑料和其它产品	(561)
三、制取香草醛	(562)
四、制取有机酸	(563)
五、制取二甲硫醚和二甲亚砷	(564)

参考文献	(565)
复习题	(569)

第一章 硫酸盐浆蒸煮理论

第一节 硫酸盐法蒸煮过程的一般特征

一、操作程序

现代企业既使用间歇操作的蒸煮锅,也使用连续式蒸煮装置,进行各种木材的碱法(烧碱法和硫酸盐法)蒸煮。

在间歇式蒸煮锅中,烧碱法和硫酸盐法蒸煮技术,都与亚硫酸盐法蒸煮技术十分相似。通过料仓或由皮带输送机把木片装入锅中,并将计量槽中含有蒸煮所需活性碱的所谓白液泵入。通常要往白液中加入一定量的黑液,以便使蒸煮后废液有较高的浓度,从而节省回收过程中蒸发黑液所需的蒸汽。直接通汽,或以经常采取的间接方法,也就是使药液通过蒸汽加热器循环的间接加热方法,把锅内物料加热到 $165\sim 175^{\circ}\text{C}$ 。在较低温度下中间不停顿地大致均匀地将温度立即升到最终值。升温过程中,要进行所谓的小放汽,从锅内主要是放出松节油汽(故而称为松节油放汽)、少量的水蒸汽、装料后锅内残留的空气,以及某些有机挥发性产物。这样,达到最高温度时,在锅内的气相空间中,实际上除水蒸汽外,就没有其它气体了。压力表所指示的压力就几乎准确地与水蒸汽的分压($0.75\sim 0.85\text{MPa}$,或 $7.5\sim 8.5\text{kg}/\text{cm}^2$)相符。在最高蒸煮温度下,按蒸煮规程规定的时间进行保温。此时,通常都是不间断地进行药液循环,但不通蒸汽。按照蒸煮时间和温度,根据经验决定蒸煮终点。在蒸煮期间,一般均不从锅内取黑液或浆料进行分析。保温终了,进行大放汽,锅内压力降到 $0.4\sim 0.5\text{MPa}$ ($4\sim 5\text{kg}/\text{cm}^2$),并把浆料和黑液一起喷入喷放锅(仓)、旋风分离器或扩散洗涤器。硫酸盐浆

厂近来已不再采用冲洗排放法放锅。

采用上述规程时,蒸煮时间比较短(3~5h),所以蒸煮周期也短。因此,烧碱法和硫酸盐法浆厂蒸煮锅单位容积日产和年产浆量均约为亚硫酸盐法的两倍。

连续蒸煮设备的蒸煮技术决定于其类型。在用得最为广泛的卡米尔式连续蒸煮器中,先在预汽蒸器中对木片进行短时间的汽蒸,然后用喂料泵将其同碱液一起送入高达30~90m的立式蒸煮器的上部。木片在器内由上向下运动,依次地通过浸渍区(温度115~120℃)、加热区和蒸煮区(170~175℃),而在某些类型的蒸煮器中,还通过下部的热扩散洗涤区。为了能在锅的不同部位保持不同的温度,锅内的上部要保持剩余的液压1.1~1.3MPa(11~13kg/cm²),以防止液化和产生气相空间。蒸煮期间实际上不进行小放汽。

卡米尔式连续蒸煮器的放料和间歇式蒸煮锅的一样,只采用喷放的方法。这时,从带有热洗涤区或黑液热提取区的蒸煮器中,部分或全部回收黑液。喷放前,把浆料温度降到100℃或100℃以下。木片在器内运行总时间为3~6h。

在烧碱法或硫酸盐法蒸煮之前,先进行备料,采用的方法和《制浆工艺学》第一卷中所述的亚硫酸盐法纸浆生产的备料方法完全一样。蒸煮之后进行浆料洗涤,也就是从纸浆中分离出黑液,送去回收蒸煮所用的化学药品。回收过程由三个主要工序组成:黑液的蒸发、燃烧和苛化。浓缩黑液燃烧时,其中的有机物完全燃烧,而无机部分形成液态熔融物,其主要成分是碳酸钠。熔融物的水溶液,或称为绿液,用石灰苛化,以使碳酸盐转化为活性氢氧化钠。苛化后得到的白液返回蒸煮锅。回收过程中难免有碱的损失。因此要补加部分新的化学药品:烧碱法生产中,苛化前将碳酸钠补加到绿液中,而在硫酸盐法生产中,燃烧黑液时加入硫酸钠(由此而得名为硫酸盐法)。在碱回收燃烧炉里,硫酸钠与有机物碳化所生成的碳发生反应,被还原成为硫化钠,在碱性蒸煮条件