



GAOQIANG GAOMO JUYIXICHUN
XIANWEI SHENGCHAN GONGYI



高强高模聚乙烯醇 纤维生产工艺

王光钊◎主编 高飞◎副主编

高强高模聚乙烯醇 纤维生产工艺

王光钊 主 编
高 飞 副主编

 合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高强高模聚乙烯醇纤维生产工艺/王光钊主编. —合肥:合肥工业大学出版社, 2018. 6

ISBN 978 - 7 - 5650 - 3353 - 7

I. ①高… II. ①王… III. ①聚乙烯醇纤维—生产工艺 IV. ①TQ342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 126115 号

高强高模聚乙烯醇纤维生产工艺

王光钊 主编

责任编辑 王钱超

出版	合肥工业大学出版社	版次	2018年6月第1版
地址	合肥市屯溪路193号	印次	2018年8月第1次印刷
邮编	230009	开本	710毫米×1010毫米 1/16
电话	人文编辑部:0551-62903205 市场营销部:0551-62903198	印张	16.25
网址	www.hfutpress.com.cn	字数	298千字
E-mail	hfutpress@163.com	印刷	安徽昶颜包装印务有限责任公司
		发行	全国新华书店

ISBN 978 - 7 - 5650 - 3353 - 7

定价: 39.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。



王光钊

男，1949年12月1日出生，1975年8月合肥工业大学高分子专业毕业，教授级高级工程师。1991年以来一直从事PVA、PVA纤维产品开发、项目设计、工程建设、生产管理工作，曾任安徽皖维高新材料股份有限公司设计研究所所长，技术中心主任，副总工程师，安徽大维新材有限责任公司总工程师。发表论文8篇，获安徽省科技进步一、二等奖各1项，巢湖市科技进步一等奖3项。现为巢湖学院外聘教授，从事和PVA、PVA纤维、PVA泡沫塑料等有关的教学研究工作。

序 言

我国的聚乙烯醇纤维于1965年开始生产,但随着涤纶等合成纤维的快速发展,其优良的服用性能得到充分体现,聚乙烯醇纤维逐步转向以产业用为主,其中具有代表性的高强高模聚乙烯醇纤维和水溶纤维因其独特的优良特性呈现出良好的发展前景。

本书主要对国内高强高模聚乙烯醇纤维的原料、生产流程、工艺计算、仪表控制、设备结构、岗位操作进行系统介绍,适用于从事高强高模聚乙烯醇的研发设计人员、技术管理人员、生产人员以及相关行业应用领域的技术人员参考。

本书第一章、第三章、第六章、第八章由王光钊编写;第二章、第四章、第五章、第七章由高飞编写。全书由王光钊拟定大纲,并审定书稿。在本书的编写中得到了作者单位安徽皖维高新材料股份有限公司和内蒙古双欣环保材料股份有限公司等单位的大力支持和帮助,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者给予批评指正。

王光钊

2018年1月于巢湖

目 录

第 1 章 概 述	(1)
1.1 高强高模 PVA 纤维发展	(1)
1.2 高强高模 PVA 纤维的性能	(1)
1.2.1 力学性能	(1)
1.2.2 耐碱性	(1)
1.2.3 耐酸性	(1)
1.2.4 耐溶剂性	(1)
1.2.5 耐光性	(2)
1.2.6 分散性	(2)
1.2.7 其他性能	(2)
1.3 高强高模 PVA 纤维的用途	(2)
1.3.1 替代石棉制品	(2)
1.3.2 纤维混凝土	(2)
1.3.3 用作橡胶增强材料	(2)
1.3.4 替代钢材	(2)
1.3.5 其他应用市场	(3)
第 2 章 原辅材料与添加剂	(4)
2.1 原料 PVA	(4)
2.1.1 平均聚合度	(4)
2.1.2 膨润度	(4)
2.1.3 着色度	(5)
2.1.4 醋酸钠	(5)

2.1.5	残存醋酸基	(5)
2.1.6	透明度	(5)
2.1.7	单体活性度	(5)
2.2	添加剂	(6)
2.2.1	硼酸	(6)
2.2.2	醋酸	(6)
2.2.3	聚乙二醇	(6)
2.2.4	乙二胺四乙酸	(7)
2.2.5	聚氧乙烯脂肪胺醚	(7)
2.3	辅助材料	(7)
2.3.1	芒硝	(7)
2.3.2	硫酸	(9)
2.3.3	烧碱	(10)
第3章	原液制造	(11)
3.1	投料准备	(11)
3.1.1	取消 PVA 水洗	(11)
3.1.2	PVA 投料方式	(13)
3.1.3	添加剂配制	(14)
3.1.4	添加水	(14)
3.1.5	投料准备设备	(14)
3.2	PVA 溶解	(15)
3.2.1	溶解工艺过程	(15)
3.2.2	溶解工艺参数	(15)
3.2.3	溶解机控制系统	(19)
3.2.4	溶解设备	(21)
3.3	废丝回收	(23)
3.3.1	废丝收集	(23)
3.3.2	废丝洗涤	(23)
3.3.3	废丝溶解	(23)
3.3.4	废丝洗涤脱水设备	(24)

3.4	原液过滤	(26)
3.4.1	滤布选择	(26)
3.4.2	原液过滤设备	(27)
3.4.3	新型过滤机	(28)
3.5	原液脱泡	(30)
3.5.1	脱泡工艺过程	(30)
3.5.2	脱泡预纺控制系统	(31)
3.5.3	脱泡设备	(32)
3.6	纺丝调压槽	(33)
3.6.1	控制过程	(33)
3.6.2	纺丝调压槽设备	(33)
3.6.3	压缩空气输送原液优点	(34)
3.7	原液保温热水	(34)
3.7.1	保温热水的制备	(34)
3.7.2	保温热水设备	(34)
3.8	原液节水系统	(35)
3.9	原液工艺计算	(35)
3.9.1	溶解机生产能力	(36)
3.9.2	添加水量计算	(36)
3.9.3	脱泡桶计算	(37)
3.10	水洗浴(四浴)	(37)
3.10.1	水洗机理	(37)
3.10.2	水洗工艺条件	(38)
3.10.3	四浴设备	(38)
3.10.4	四浴控制系统	(38)
3.11	油浴(五浴)	(39)
3.11.1	五浴工艺条件	(39)
3.11.2	油剂回收	(40)
3.11.3	油浴设备	(40)
3.11.4	五浴控制系统	(40)
3.12	原液岗位操作	(41)

3.12.1	开车前准备	(41)
3.12.2	开车及运行	(42)
3.12.3	原液停车	(58)
3.12.4	事故处理	(62)
3.13	原液安全操作规程	(66)
3.14	原液巡回检查制	(67)
3.15	原液工艺参数一览表	(68)
3.16	原液主要设备一览表	(70)
3.17	原液主要仪表一览表	(71)
第4章	凝固浴站	(80)
4.1	凝固剂	(80)
4.1.1	凝固原理	(80)
4.1.2	凝固剂种类	(82)
4.1.3	凝固剂的选择	(83)
4.1.4	凝固能力与纤维结构	(83)
4.2	酸碱供应	(84)
4.2.1	酸碱供应范围	(84)
4.2.2	酸碱供应设备	(84)
4.2.3	酸碱供应控制系统	(84)
4.3	凝固浴(一浴)	(85)
4.3.1	芒硝配制	(85)
4.3.2	凝固浴循环	(86)
4.3.3	凝固浴透明度	(89)
4.3.4	凝固浴碱度	(91)
4.3.5	浓度与比重	(91)
4.3.6	凝固浴设备	(93)
4.3.7	凝固浴控制系统	(95)
4.3.8	凝固浴蒸发	(97)
4.3.9	减温减压	(100)
4.3.10	六级闪蒸设备	(101)

4.3.11	蒸发控制系统	(105)
4.4	中和浴(二浴)	(106)
4.4.1	二浴循环量	(106)
4.4.2	二浴温度	(106)
4.4.3	二浴浓度	(106)
4.4.4	二浴比重	(107)
4.4.5	二浴回收	(108)
4.4.6	二浴设备	(108)
4.4.7	二浴控制系统	(108)
4.5	湿热牵伸浴(三浴)	(109)
4.5.1	三浴温度	(109)
4.5.2	三浴浓度	(109)
4.5.3	三浴循环	(110)
4.5.4	三浴液平衡	(110)
4.5.5	三浴设备	(111)
4.5.6	三浴控制系统	(111)
4.6	凝固浴站工艺计算	(111)
4.6.1	一浴循环量	(111)
4.6.2	一浴循环槽停留时间	(112)
4.6.3	一浴烧碱补正量	(112)
4.6.4	冷却水液位差	(112)
4.6.5	浓缩液液位差	(112)
4.6.6	蒸发量计算	(113)
4.6.7	蒸发出液比重计算	(113)
4.6.8	二浴反应生成芒硝计算	(113)
4.6.9	二浴反应消耗硫酸计算	(114)
4.6.10	二浴硫酸加入量	(114)
4.6.11	二浴芒硝回收加碱量	(115)
4.6.12	三浴补加水计算	(115)
4.7	凝固浴岗位操作	(115)
4.7.1	开车前准备	(115)

4.7.2	开车及运行	(117)
4.7.3	凝固浴停车	(126)
4.7.4	凝固浴事故处理	(126)
4.8	凝固浴安全操作规程	(128)
4.9	凝固浴巡回检查制	(128)
4.10	凝固浴工艺参数一览表	(129)
4.11	凝固浴主要设备一览表	(130)
4.12	凝固浴主要仪表一览表	(131)
第5章 纺丝与中和水洗		(136)
5.1	纺丝工艺过程	(136)
5.1.1	纺丝工序内容	(136)
5.1.2	纺丝成型	(136)
5.1.3	纺丝拉伸	(137)
5.1.4	集束	(138)
5.2	纺丝基本原理	(138)
5.2.1	纤维凝固过程	(138)
5.2.2	纺丝成形结构	(140)
5.2.3	纺丝过程中的化学反应	(141)
5.3	纺丝工艺条件	(141)
5.3.1	原液	(141)
5.3.2	凝固浴	(142)
5.3.3	纺丝速度	(144)
5.4	纺丝机及纺丝组件	(145)
5.4.1	纺丝机	(146)
5.4.2	喷丝头	(149)
5.4.3	烛形滤器	(152)
5.4.4	纺丝计量泵	(154)
5.4.5	纺丝浴槽	(157)
5.5	纺丝工艺计算	(158)
5.5.1	纺丝理论产量	(158)

5.5.2	半成品理论纤度	(159)
5.5.3	喷出速度	(159)
5.5.4	一浴负拉伸	(159)
5.5.5	泵轴转数及 20 转秒数	(160)
5.5.6	导丝辊拉伸率及拉伸倍数	(160)
5.5.7	罗拉表面速度	(160)
5.5.8	纺丝单锭流量	(160)
5.6	中和水洗	(161)
5.6.1	中和水洗机形式	(161)
5.6.2	中和水洗过程	(162)
5.6.3	中和水洗工艺	(164)
5.6.4	中和水洗联合机	(167)
5.7	纺丝岗位操作	(167)
5.7.1	开车前准备工作	(167)
5.7.2	开车及运行	(169)
5.7.3	纺丝停车	(177)
5.7.4	事故处理	(178)
5.8	纺丝安全操作规程	(179)
5.9	纺丝巡回检查制	(180)
5.10	纺丝工艺参数一览表	(180)
5.11	纺丝主要设备一览表	(181)
5.12	纺丝主要仪表一览表	(182)
第 6 章	热处理	(183)
6.1	热处理工艺过程	(183)
6.1.1	上油	(183)
6.1.2	干燥	(184)
6.1.3	预热	(184)
6.1.4	延伸	(184)
6.1.5	冷却	(184)
6.1.6	卷绕	(184)

6.2	热处理工艺	(185)
6.2.1	热处理拉伸倍数	(185)
6.2.2	热处理温度	(186)
6.2.3	热处理机理	(187)
6.2.4	热处理时间	(188)
6.2.5	热处理效果测定	(190)
6.3	热处理设备	(192)
6.3.1	上油设备	(192)
6.3.2	干燥热处理设备	(192)
6.3.3	冷却机	(196)
6.3.4	卷绕机	(197)
6.3.5	设备安装特点与要求	(198)
6.4	热处理工艺计算	(198)
6.4.1	罗拉表面速度计算	(198)
6.4.2	丝束在短烘箱内停留时间	(199)
6.4.3	拉伸率与拉伸倍数	(199)
6.4.4	拉伸倍数与总拉伸倍数	(199)
6.4.5	热处理一条线每天产量	(200)
6.5	热处理岗位操作	(200)
6.5.1	开车前准备	(200)
6.5.2	开车及运行	(201)
6.5.3	热处理停车	(203)
6.5.4	事故处理	(203)
6.6	热处理安全操作规程	(204)
6.7	热处理巡回检查制	(205)
6.8	热处理工艺参数一览表	(205)
6.9	热处理主要设备一览表	(206)
6.10	热处理主要仪表一览表	(206)
第7章	成 品	(207)
7.1	切断	(207)

7.1.1	切断过程	(207)
7.1.2	切断工艺	(207)
7.1.3	切断设备	(208)
7.2	打包	(210)
7.2.1	打包原理	(210)
7.2.2	打包重量与包形尺寸	(211)
7.2.3	打包设备	(211)
7.3	成品工艺计算	(214)
7.3.1	切断机产量	(214)
7.3.2	打包机能力计算	(215)
7.3.3	成品实际纤度	(215)
7.4	成品岗位操作	(215)
7.4.1	开车前准备工作	(215)
7.4.2	开车及运行	(216)
7.4.3	成品停车	(218)
7.4.4	事故处理	(218)
7.5	成品安全操作规程	(218)
7.6	成品巡回检查制	(219)
7.7	成品工艺参数一览表	(219)
7.8	成品主要设备一览表	(219)
7.9	成品主要仪表一览表	(220)
第8章	化验分析	(221)
8.1	原液分析	(221)
8.1.1	原液浓度的测定	(221)
8.1.2	原液硼酸含量的测定	(221)
8.1.3	原液 pH 值的测定	(222)
8.1.4	原液黏度的测定	(222)
8.1.5	丝束中硼含量的测定	(223)
8.2	凝固浴分析	(224)
8.2.1	比重的分析	(224)

8.2.2	一浴全碱度的测定	(224)
8.2.3	二三浴全酸度的测定	(225)
8.2.4	二三浴硫酸含量的测定	(225)
8.2.5	醋酸含量的测定	(226)
8.2.6	硫酸钠含量的测定	(226)
8.2.7	硫酸锌的测定	(227)
8.2.8	透明度的测定	(227)
8.2.9	油浴浓度的测定	(228)
8.3	高强高模聚乙烯醇纤维分析	(228)
8.3.1	范围	(228)
8.3.2	规范性引用文件	(228)
8.3.3	技术要求	(229)
8.3.4	试验方法	(229)
8.3.5	检验规则	(234)
8.4	附录	(236)
A.	合成短纤维含油率试验方法	(236)
B.	外推起始温度试验	(238)
C.	分散性试验	(239)
D.	纤维单位换算	(243)
8.5	化验分析安全操作规程	(243)
8.6	化验主要设备一览表	(244)
参 考 文 献		(245)

第 1 章 概 述

1.1 高强高模 PVA 纤维发展

我国的高强高模 PVA 纤维研究起于 20 世纪 70 年代。1981 年吉林化纤研究所提出了高模量维纶长丝(FWB)的研究报告,建立了能稳定生产的小试条件。1991 年北京维尼纶厂组织中试,并通过了国家科技部组织的成果鉴定,建立了一条工业化的生产线。1992 年安徽省维尼纶厂开始对卧式纺丝生产线进行改造,1994 年生产出合格高强高模聚乙烯醇纤维。以后国内多家维尼纶厂利用维纶生产线进行改造,相继建成高强高模 PVA 纤维生产线,现总能力已超过 6 万 t/年。

高强高模 PVA 纤维获得发展的另一重要原因是纤维的质量不断提高,特别是纤维的分散性,有了很大提高,得到了国外市场的认可。国内市场也从试验阶段转向批量使用,市场在逐年扩大。

另外,我国具有丰富的石灰石、煤、天然气等天然资源,而且高强高模 PVA 纤维制造技术已有了一定的基础,因此,高强高模 PVA 纤维在我国获得了快速发展。未来,高强高模 PVA 纤维发展将呈现多元化局面。

1.2 高强高模 PVA 纤维的性能

1.2.1 力学性能

高强低伸,力学性能优越断裂强度 $\geq 12\text{cN/dtex}$,初始模量 $\geq 280\text{cN/dtex}$,伸长率 $\geq 5.5\%$ 。

1.2.2 耐碱性

高强高模 PVA 纤维由于分子结构本身含有羟基,所以有良好的抗碱能力,在浓度 30%、常温氢氧化钠溶液中浸泡 24h,强度保持不变,该纤维有良好的抗碱性能。

1.2.3 耐酸性

高强高模 PVA 纤维在浓度 10%常温盐酸溶液中浸泡 7d,强度保持不变。在浓度 30%的硫酸中浸泡 7d,强度下降 3.5%,所以该纤维耐酸性能也是好的。

1.2.4 耐溶剂性

高强高模 PVA 纤维在常温工业汽油中浸泡 7d,强度保持不变,在常温苯溶剂

中浸泡 7d, 强度不变。

1.2.5 耐光性

高强高模 PVA 纤维放在日光下晒 28d, 强度损失 7%, 优于其他多种纤维。

1.2.6 分散性

纤维不粘连, 遇水分散好, 与水亲和性好。

1.2.7 其他性能

该纤维无毒无害, 安全可靠, 对环境及施工人员不造成危害, 与水泥结合性能好, 且施工简单, 经济合算。

1.3 高强高模 PVA 纤维的用途

高强高模 PVA 纤维具有优良的物理机械性能和耐腐蚀性、耐日光性, 被广泛应用于建材、橡胶制品、涂层布以及其他一些高强力的工业领域。

1.3.1 替代石棉制品

由于石棉在运输、加工使用过程中能形成易被人体吸收的粉尘, 而直径 $3\mu\text{m}$, 长度 $5\mu\text{m}$ 以下的粉尘有致癌及产生硅肺病的危险。因此, 石棉引起的公害问题已越来越被公众认识, 人们对此已高度重视并着手寻求解决的办法。国际上许多国家已采取措施, 禁止或部分禁止、限制使用石棉及其制品。

经长期试验, 由于高强高模 PVA 纤维在代用石棉方面, 以其综合性能优势、性价比高、价格合理等特点, 已被广大国外客户认可, 这种纤维是替代石棉制作水泥制品的理想材料。

1.3.2 纤维混凝土

自有水泥混凝土以来, 裂缝问题一直困扰着人们, 不少学者企图从不同的途径来解决收缩裂缝问题, 常规混凝土在浇灌以后一般都会产生裂缝。在大量的实验和建筑实践中证明, 一定体积的混凝土只要加 0.1%, 即每立方米加 0.9kg 纤维, 对混凝土的结构起到较好的承托作用。特别是防止混凝土早期容易出现的离析沉降裂缝、塑性裂缝、干缩裂缝方面, 纤维的功能尤为明显, 发展潜力巨大。

1.3.3 用作橡胶增强材料

目前用于橡胶增强材料或轮胎帘子线的主要是高强高模涤纶, 但由于涤纶分子结构限制, 它与橡胶粘合问题始终没能很好地解决, 而且上胶方法复杂, 高强高模 PVA 纤维的分子结构中有大量的羟基, 在和橡胶的复合中有很好的粘接性。因此, 高强高模 PVA 纤维被期望作为高强涤纶的替代品来用作橡胶的增强材料。

1.3.4 替代钢材

如在塑料中加入 10%~30% 的高强高模 PVA 纤维做成的门窗, 不仅轻巧, 而