

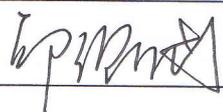


南通职业大学

毕业设计（论文）

类 型:	<input type="checkbox"/> 毕业设计说明书 <input checked="" type="checkbox"/> 毕业论文
题 目:	超声波辅助酶退浆节能工艺优化 与应用
指导教师:	朱蓓蓓 周杰 马群锋
学生姓名:	顾飞琪
专 业:	应用化工技术
班 级:	应化 152D
学 号:	150304232
时 间:	2018 年 4 月

南通职业大学 2018 届毕业设计（论文）任务书

学生姓名	顾飞琪	所学专业	应用化工技术	班 级	应化 152D
课题名称	超声波辅助酶退浆节能工艺优化与应用				
工作内容 (应完成的设计内容、论文内容)	1. 查阅有关超声波辅助退浆工艺的资料和文献, 对文献资料进行整理; 2. 研究对超声波辅助酶退浆节能工艺的影响因素, 对工艺进行优化; 3. 拟定实验方案, 准备实验所需的仪器与试剂, 进行实验, 记录分析数据; 4. 超声波辅助酶退浆的优化工艺应用于企业中试, 调整参数, 完善工艺。				
工作要求 (设计应达到的性能、指标, 论文质量要求)	1. 熟练掌握参考文献的查阅, 包括数据库、图书资料和搜索引擎的应用。 2. 具有一定的化学理论基础知识、实验操作能力及数据处理能力。 3. 所得实验数据要真实可信, 正确处理实验数据, 检测结果精确, 对实验结果进行正确分析, 以分析结果为依据得出结论。 4. 论文格式规范、语言精练、结构合理, 论文观点正确且有理论依据。				
主要参考资料	[1] 王维明, 虞波, 蔡再生. 黄麻/棉混纺织物退浆工艺探讨[J]. 印染助剂, 2012, 29(6):30-32. [2] 路正辉. 聚焦式超声波退浆技术研究[D], 上海: 东华大学, 2010. [3] 苏革. 棒式超声波退浆技术研究[D], 上海: 东华大学, 2013. [4] 蔡英, 陈溶. 超声波技术在真丝印花织物退浆中的应用[J]. 浙江理工大学学报, 2009, 26(6):841-845. [5] 王杰欧, 许海育. 超声波与碱联合作用对棉织物退浆的影响[J]. 印染助剂, 2010, 27(11):47-50. [6] 路正辉, 郭建生. 聚焦式超声波退浆技术研究[J]. 上海纺织科技, 2011, 39(4):18-20.				
工作进度要求	17年10月10日~17年10月30日 查阅资料, 确定论文题目 17年11月01日~17年11月15日 列出论文大纲, 查阅相关资料 17年11月16日~18年01月15日 文献整理、资料整合、实验实施 18年01月16日~18年02月09日 撰写论文, 递交论文电子版初稿 18年02月10日~18年03月15日 修改论文, 实验补充数据 18年03月16日~18年04月12日 修改论文, 定稿(打印稿) 18年04月12日~18年04月15日 制作PPT, 准备论文答辩				
课题组其他成员					
指导教师 (签名)			教研室主任 (签名)		
部门批准 (盖章)			签发日期	2017.10.09	

注: 本任务书一式三份, 由指导教师填写, 教研室主任审核, 系部批准后下发; 学生、指导教师、系部各一份

超声波辅助酶退浆节能工艺优化与应用

摘 要

本文应用自主研发的一体化超声波退浆装置辅助不同退浆工艺,比较超声波对不同退浆工艺的促进作用。考察促进效果明显的酶退浆工艺过程,对其超声波辅助下的节能工艺进行优化。在淀粉酶浓度 5 g/L, 超声波功率 320 W, 浸泡时间 30 min, 浸泡温度 50 °C 的最优条件下, 酶退浆率可高达 92.5%。然后将最优的超声波辅助酶退浆节能工艺在企业进行中试,对工艺运行前后的蒸汽消耗、水耗等参数进行比较,探索其应用可行性和推广价值。

关键词: 超声波、酶退浆、节能、优化、应用

Optimization and application of energy saving technology for ultrasonic assisted enzyme desizing

ABSTRACT

A self-developed integrated ultrasonic desizing was used to assist different desizing processes, and the effects of ultrasonic on different desizing processes were compared. The enzymatic desizing process with obvious promoting effect was investigated, and the energy-saving process assisted by ultrasonic wave was optimized. The results indicate that under the optimum conditions of amylase concentration 5 g/L, ultrasonic power 320 W, immersion time 30min and immersion temperature 50 °C, the desizing rate of amylase can reach 92.5%. The optimal ultrasonic-assisted enzymatic desizing energy-saving process was tested in a pilot plant, the steam consumption and water consumption before and after operation were compared to explore its application feasibility and popularization value.

Keywords: ultrasound, enzyme desizing, energy saving, optimization, application

目 录

摘要	I
ABSTRACT	II
1 绪论.....	1
1.1 退浆及其传统工艺	1
1.2 传统退浆工艺的比较	1
1.3 超声波辅助退浆研究进展	2
1.4 论文来源及研究思路	3
1.4.1 论文来源.....	3
1.4.2 研究思路.....	4
2 实验部分	5
2.1 实验药品和实验仪器	5
2.1.1 实验药品.....	5
2.1.2 实验仪器.....	5
2.2 溶液配制	5
2.3 自主设计超声波退浆装置	6
2.4 实验过程	6
2.4.1 退浆工艺过程.....	7
2.4.2 测试方法.....	7
2.4.3 淀粉标准工作曲线溶液的配置.....	8
3 实验结果与结论	9
3.1 淀粉浓度与吸光度的标准曲线	9
3.2 超声波对不同退浆工艺的影响研究	9
3.2.1 热水退浆工艺.....	9

3.2.2 碱退浆工艺.....	10
3.2.3 淀粉酶退浆工艺.....	10
3.3 超声波对淀粉酶退浆影响因素研究	11
3.3.1 超声功率对退浆的影响.....	11
3.3.2 不同温度对退浆的影响.....	12
3.3.3 超声浸泡时间对退浆的影响.....	12
3.3.4 酶浓度对退浆的影响.....	13
3.3.5 超声的使用对退浆的影响.....	14
3.3.6 超声波退浆对织物微观结构的影响.....	14
3.3.7 最佳工艺条件.....	16
4 超声波辅助酶退浆工艺的工业应用	16
4.1 超声波辅助退浆中试装置图	16
4.2 超声波退浆工业应用效果	17
5 结论与展望	18
5.1 结论	18
5.2 展望	18
参考文献	20
致 谢.....	21
附件：论文相关成果	22
F.1 授权实用新型专利	22
F.2 大学生创新创业训练计划结题证书	23
F.3 发表的课题相关论文	24
F.4 江苏省工业分析与检验大赛获奖证书	25
F.5 盐城工学院录取通知书	26

1 绪论

近年来,经济与社会飞速发展带来的环境与能源的问题受到了越来越多的关注。“低碳生活”已是现代生活的代名词,所以节能减排成为了缓解能源危机、减少环境污染的重要举措。其中作为轻工业中污染严重的行业之一的纺织印染行业,也正面临着严峻的挑战,退浆工序作为纺织生产工序中最大的能耗步骤和废水产生步骤,更应该引起人们的重视。

1.1 退浆及其传统工艺

退浆为织物染整前处理的关键环节(见图 1-1),主要是将织物上用于提高纱线耐磨性和可织性,贴伏毛羽的浆料去除的过程。

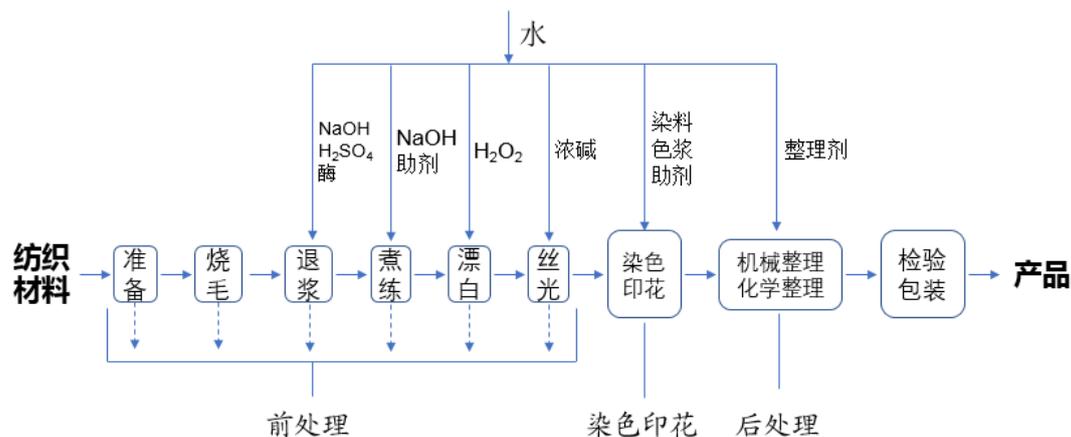


图 1-1 染整工艺过程流程图

传统的退浆方式有五种^[1]:热水退浆、碱退浆、酸退浆、酶退浆以及氧化剂退浆,见表 1-1。实际生产中退浆方式会根据坯布、浆料、设备等要求进行选择。

表 1-1 传统退浆工艺原理及过程一览表

退浆工艺	工艺原理	过程
热水退浆	利用织物在热水中的溶胀性	热水浸泡→冷水洗涤→烘干
碱退浆	热碱液使浆料剧烈膨胀,提高溶解度	热的酶溶液浸泡→冷水洗涤→烘干
酸退浆	稀硫酸使淀粉浆料水解,提高溶解度	热的酸溶液浸泡→冷水洗涤→烘干
酶退浆	生物酶将浆料分解为水溶性较高的小分子,提高其溶解度	热的酶溶液浸泡→冷水洗涤→烘干
氧化退浆	氧化剂使浆料氧化,分解成小分子,降低粘度,提高溶解性	热的含氧化剂的溶液浸泡→冷水洗涤→烘干

1.2 传统退浆工艺的比较

(1) 热水退浆工艺的退浆效率低，水耗量大，且极易对环境造成污染，所以目前使用甚少；

(2) 碱退浆^[2]工艺是印染行业较为常用的一种退浆方法，其适用性强，成本较低，退浆率在 50%~70%，实用性强。但碱退浆对大多数浆料都没有起到化学降解的作用，在水洗过程中，织物上的浆料会从凝胶态转变为溶胶态，接着溶落到洗槽中被排放，大分子 PVA 溶胶在水系中非常难被生物降解，会对水域产生严重的污染^[3]；

(3) 酸退浆一般采用稀硫酸，对酸的浓度要求较为精确，且最终织物的质感会有一定损伤，一般不单独使用，与其他退浆工艺配合使用；

(4) 酶退浆过程中使用到的酶作为一类生物催化剂^[4]，具有专一性，该工艺退浆效率高、不会对环境产生污染，且处理出的织物手感较好，被众多纺织企业广泛应用。但也由于酶的专一性，使得酶退浆法的使用被限制^[5]，此外酶退浆对酶的选择条件严苛，需严格控制退浆的酶的用量、溶液 pH、温度等因素；

(5) 氧化剂退浆的最大特点是可以缩短前处理工艺流程，达到退煮漂二步法或一步法，但一方面浆渣的氧化退浆过程开裂，会使纸浆不能再循环利用，也导致污水 COD 值显著提高；另一方面与其他退浆工艺相比，氧化退浆工艺过程必须严格控制和熟练掌握，而其他退浆过程中相对容易控制；第三氧化退浆法易受金属离子的影响，可引起氧化分解和脆性布的风险^[2, 6]。

因此从环境友好性上来说，现在酶退浆所使用的酶自身具有生物降解的功效，基本上不会对环境产生污染，是绿色环保退浆工艺的首选。

1.3 超声波辅助退浆研究进展

由于传统的退浆方法或多或少会带来环境污染、资源浪费的缺点，在保障或提升产品质地的前提条件下，减少退浆时长、能耗、环境污染等问题，成为优化退浆工艺的首要目标。经过不断的研究，相继开发出如红外线加热、微波、超声波等多种特殊的新型加工技术^[7-8]。由于超声波技术的低碳、绿色清洁，被公认为具有重要的研究价值。国内外许多研究者已经将超声波技术应用于碱浆料和酶浆料工艺中，且取得了不错的效果。

早在 1999 年，Mathur^[9]等人发现利用超声波退浆应用于碱退浆，发现超声

波的辅助对减轻碱液对纤维的降解，降低碱的浓度、缩短退浆时间，节约能源，降低环境污染有很大帮助，且处理后纺织品的性能无明显变化。

董春芳^[10] 在此研究基础上发现超声波的辅助能实现低温条件下的碱退浆，退浆率高，织物质量改善，但断裂强度有所下降。

Vouters^[11]等人将超声波技术应用于纺织整理工艺，蔡英^[3]等将超声波应用于真丝印花织物，皆发现采用超声波辅助后退浆率提高，织物质量改善，且节约能源。

路正辉^[6]研究聚焦式超声波退浆技术，更适用于紧密组织织物，在提高退浆率，降低退浆温度，减少化学药剂量的基础上，织物断裂强度和伸长率更优于常规方法。

高树珍^[7]将超声波与酶退浆联合作用，提高了织物的退浆率和织物的润湿性和白度，织物性能损失少，节约退浆时间，减少了能耗，应用前景广阔。

从现有状况来分析，国内外研究学者已经认识到超声波对退浆工艺中的重要影响，开始探索将超声波退浆或是超声波辅助退浆，并取得了一定进展。

研究表明，相较于传统退浆工艺的高污染、高能耗，超声波退浆技术着时间短、能耗低、化学试剂使用量少，环境污染小的优点，并且能提高产品质量和性能，对人体基本无辐射影响。

虽然超声波技术的应用在退浆过程有很多优势，但其研究主要局限于实验室阶段。目前较为成熟的聚焦式超声波退浆技术虽然在退浆率，退浆后织物白度等方面有所提高，但同样存在布样的断裂强度受到一定程度的损伤，断裂伸长率有所下降的问题^[12]，棒式超声波退浆技术还存在着棒式超声波设备加工成本昂贵，噪音大的问题无法解决^[13]，还没有能进入工厂生产环节的成熟工艺。

本论文的主要目的就是优化超声波辅助的酶退浆工艺并将其应用于企业，探索超声波辅助在实际企业退浆工段的应用前景和推广前景。

1.4 论文来源及研究思路

1.4.1 论文来源

受南通市汇泰纺织有限公司委托，针对传统染整行业的退浆工序存在的不足，开发可替代长久以来污染严重、能源消耗成本大的传统退浆工艺的新型环保退浆工艺，提高退浆率，减少能源消耗。本论文为企业委托项目“染整退浆节能

强化工艺技术开发”的子项目，同时也是南通市科技局科技计划项目（MS12015027）和江苏省大学生创新训练计划项目（201611052005Y）。

1.4.2 研究思路

本课题的研究内容主要有：

- （1）实验室中，采用自主研发的一体化超声波退浆装置模拟实际工艺，研究超声波退浆技术对热退浆、碱退浆和酶退浆过程的影响；
- （2）详细考察超声波功率、温度、时间、浓度等因素对退浆效果的影响，以得到较佳的工艺参数，为实际应用提供基础数据；
- （3）应用超声波退浆技术对委托企业进行退浆工艺改造，考察工艺改造前后蒸汽消耗、水耗等参数对比，为进一步应用推广提供参考数据。

本论文的主要研究思路如图 1-2 所示。

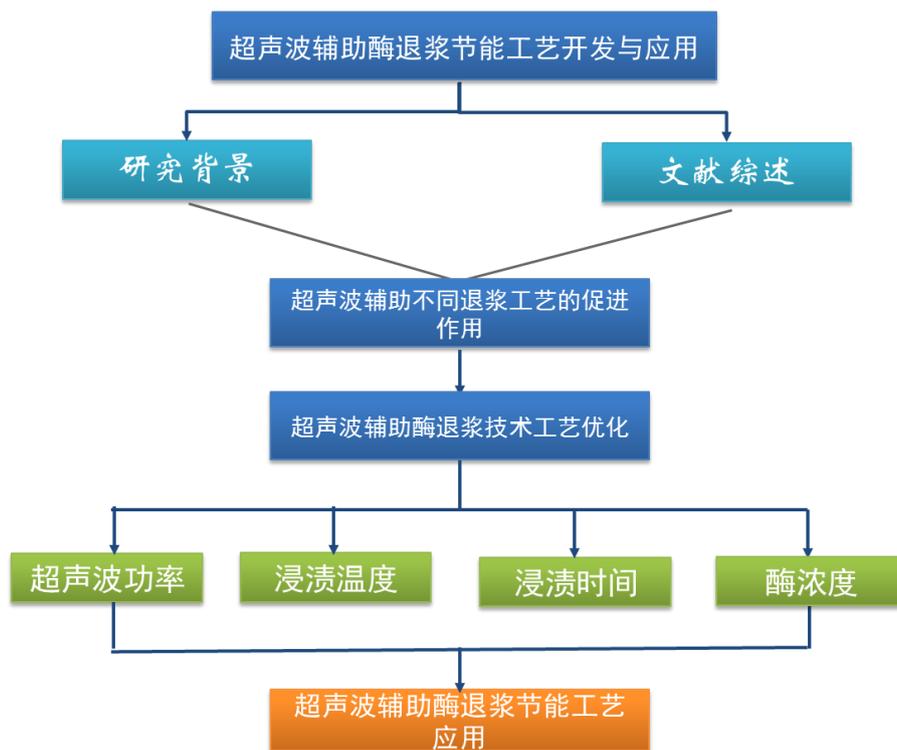


图 1-2 超声波一体化染整退浆节能强化技术研究路线图

2 实验部分

2.1 实验药品和实验仪器

2.1.1 实验药品

实验所用药品试剂规格及厂家见表 2-1。

表 2-1 实验药品试剂一览表

试剂名称	规格	生产厂家
α -淀粉酶	BR	上海阿拉丁生化科技股份有限公司
碘化钾	AR, $\geq 99.0\%$	上海阿拉丁生化科技股份有限公司
冰乙酸	GR	国药集团化学试剂有限公司
高氯酸	AR, 70.0-72.0%	国药集团化学试剂有限公司
水溶性淀粉	AR	上海申翔化学试剂有限公司
氢氧化钠	AR (片状)	国药集团化学试剂有限公司

2.1.2 实验仪器

实验中所用主要仪器设备见表 2-2。

表 2-2 实验仪器设备一览表

仪器名称	型号	生产厂家
扫描电镜	Supra55	德国 Zeiss 公司
紫外可见分光光度计	UV-1801 型	北京北分瑞利分析仪器（集团）公司
电子分析天平	JA 系列	上海方润仪器有限公司
白度仪	SP62	美国 X-Rite 公司
超声波清洗器	AS7240AT	天津奥特赛恩斯仪器有限公司
电子织物强力仪	HD026N 型	南通宏大实验仪器有限公司

2.2 溶液配制

(1) 42% 高氯酸溶液：冰水浴下，在 1L 烧杯中放入 200mL 水，搅拌下加入 300mL 高氯酸(70%)，冷却后转移至 500mL 容量瓶，定容，冷却后使用。

(2) 2mol/L 醋酸溶液：60.35g 冰醋酸稀释至 500mL。

(3) 10% 碘化钾溶液：10g KI 溶剂于 100mL 水中。

(4) 0.05mol/L 碘酸钾溶液：准确称取 214g KIO_3 ，用水搅拌溶解，定容至 1000mL 容量瓶。

(5) 6mol/L 氢氧化钠溶液：称取 24g NaOH 溶解于 100mL 水中。

2.3 自主设计超声波退浆装置

本实验选用的新型一体化超声波退浆装置是由本校自主研发的，拥有独立的自主知识产权（专利号 CN205617084U）。超声波辅助的退浆装置主要由超声波发生器，换能器，变幅器，振头和水槽组成，其结构如图 2-1 所示。

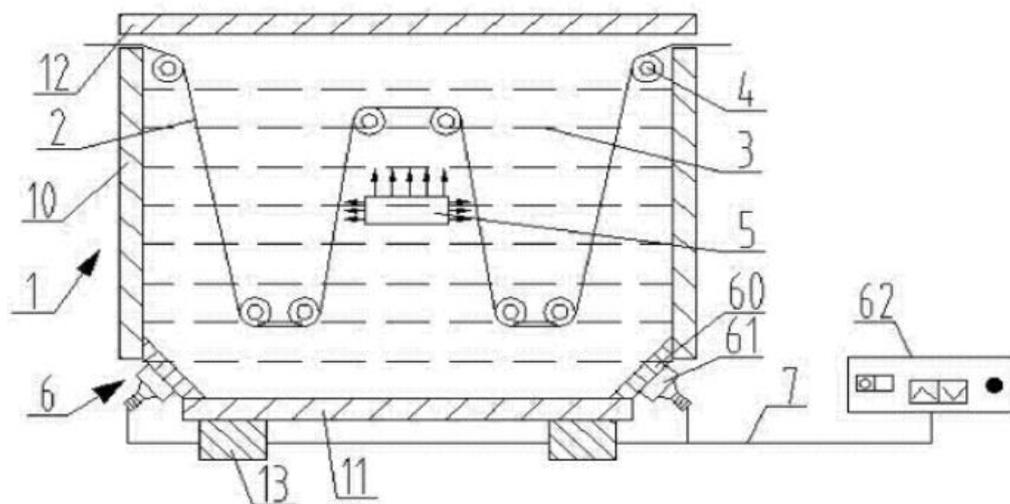


图 2-1 一体化超声波退浆装置示意图

1-箱体（10-侧板；11-底板；12-盖板；13-底座）；2-织物；3-水；4-滚筒；5-超声波装置（50-箱体；51-超声波振子）；6-超声波震动组件（60-振板；61-换能器；62-超声波发生器）；7-导线；

超声波退浆装置的原理是连接超声波发生器与换能器，通过换能器的压电陶瓷将电能转化为机械能；连接换能器与变幅器，通过变幅器改变拉伸与压缩的放大和缩小可以使得机械能呈纵波的形式释放到液体中，引起清洗液中的空化作用。

2.4 实验过程

实验过程采用自主研发的一体化退浆装置，研究超声波辅助对常见的传统退浆工艺如热水退浆、碱退浆和酶退浆工艺的影响，并研究超声对浸泡时间、超声功率、温度及酶浓度对退浆过程的影响，同时检测超声波对于织物的性能和超声波退浆对织物微观结构的影响，得到了详细的数据报告。其中织物的含浆量采用高氯酸法^[14]测定，退浆效果用退浆率表示。退浆后坯布的质量通过测定其白度、断裂强度和断裂伸长率说明，织物退浆前后的微观样貌采用扫描电镜来测试。

2.4.1 退浆工艺过程

2.4.1.1 热水退浆工艺

坯布 → 95℃热水浸泡 → 70℃温水洗涤 → 冷水洗净 → 烘干冷却

2.4.1.2 碱退浆工艺

坯布 → 90℃碱液浸泡 → 70℃温水洗涤 → 冷水洗净 → 烘干冷却

碱液工艺处方：NaOH, 2g/L; 渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚（JFC）1~2滴/L, 浴比为1:50。

2.4.1.3 酶退浆工艺

试验所用织物为 100%纯棉平纹织物，上浆浆料以淀粉浆为主。

运用的退浆工艺处方为： α -淀粉酶, 5g/L; 渗透剂 JFC, 2g/L; 温度, 20~60℃; 时间, 10~50min。（热水洗涤条件：80~90℃洗涤 20min，洗涤两遍）

具体的超声波酶退浆技术的工艺流程图如图 2-1，浴比为 1:50。

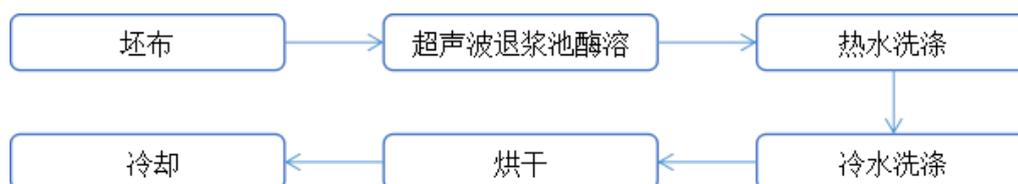


图 2-1 超声波辅助酶退浆技术工艺流程

2.4.2 测试方法

2.4.2.1 退浆率

为测定织物的含浆量这里采用的是高氯酸法^[14]。

- (1) 分别精确称量退浆前后织物各约 2g，并剪成小块（5mm×5mm），放入烧杯中；
- (2) 加入高氯酸水溶液（30mL42%）溶解淀粉，滴加酚酞指示剂 2 滴，先滴加氢氧化钠（6mol/L）至淡粉色，再滴加醋酸（2mol/L）至粉色消失；
- (3) 抽滤，多次洗涤，合并滤液至 250mL(V1)的容量瓶，定容；
- (4) 吸取滤液 5mL(V3)于 50mL(V2)容量瓶中，加入醋酸(2mol/L)25mL，碘化钾（10%）0.5mL，碘酸钾（0.5mol/L）溶液 2mL，定容，避光显色 5min，以空白溶液作为参比，测定吸光度，查浓度 C 织物含浆量用公式（1）计算：

$$\text{织物含浆量} = \frac{c \times (V_2/V_3) \times (V_1/100)}{1000W} \times 100\% \quad (1)$$

退浆的效果用退浆率来表示，计算公式如（2）所示。

$$\text{织物退浆率} = \frac{\text{退浆前织物的淀粉含量} - \text{退浆后织物的淀粉含量}}{\text{退浆前织物的淀粉含量}} \times 100\% \quad (2)$$

2.4.2.2 白度

按照 GB/T8424.2-2001^[15]，利用 SP62 白度仪测定织物相对白度。保持经纬方向一定，测三次，取均值。

2.4.2.3 断裂强度和断裂伸长率

按照 GB/T 3923.1-2013^[16]，通过使用电子织物强力仪来测定织物的断裂强度和断裂伸长率。布料精剪为 30cm×5cm，钳口间距 10cm。

2.4.2.4 扫描电镜

织物退浆前后的微观样貌采用 Supra55 扫描电镜。测试条件为：样品表面喷金处理，工作电压 4~5KV，放大倍数 600 倍。

2.4.3 淀粉标准工作曲线溶液的配制

（1）准确称取 0.05g（精确到 0.0002g）的淀粉于 100ml 烧杯中，加入 20mL 左右 42% 高氯酸溶液，搅拌，充分溶解，放置 30min。

（2）滴酚酞指示剂，先滴加 NaOH(6mol/L) 至淡粉色，再滴加醋酸(2mol/L) 至粉色消失，转移至 500mL 容量瓶，定容，为淀粉母液。

（3）分别去淀粉母液 0ml、1ml、3ml、6ml、9ml、12ml 稀释定容到 50mL 容量瓶，精确配置淀粉浓度为 0mg/L、2mg/L、6mg/L、12mg/L、18mg/L、24mg/L 的溶液，避光放置 5min。

（4）在波长 620nm 处，以空白溶液为参比，用紫外可见分光光度计对各组分溶液的吸光度进行测定，并对数据进行记录，绘制标准工作曲线。

3 实验结果与结论

3.1 淀粉浓度与吸光度的标准曲线

在波长为620nm处，以空白溶液（不加淀粉）作为参比，测定出对应标准溶液的吸光度。以吸光度作纵坐标，淀粉的浓度作横坐标，绘制标准工作曲线。结果如图3-1所示。

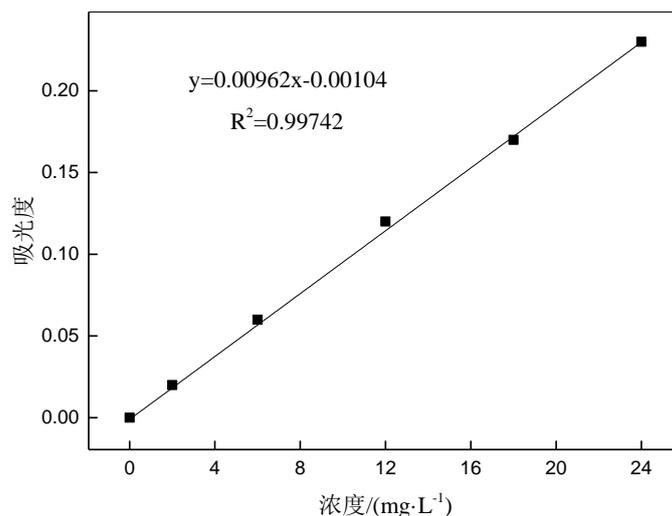


图 3-1 淀粉浓度与吸光度的标准曲线

由图3-1得出，淀粉浓度与吸光度之间的方程为 $y=0.00962x-0.00104$ ， $R^2=0.99742$ ，标准工作曲线线性较好，可用于退浆率的计算。

3.2 超声波对不同退浆工艺的影响研究

3.2.1 热水退浆工艺

热水退浆工艺中，坯布在常规热水退浆和超声波条件下退浆的退浆率结果如表 3-1 所示。

表 3-1 超声波辅助对热水退浆率的影响

退浆时间/min	常规热水退浆	超声波辅助热水退浆
	淀粉退浆率/%	淀粉退浆率/%
10	15.8	16.8
20	27.9	29.5
30	36.2	38.4
40	39.9	42.4
50	41.3	45.6

由表 3-1 可知，淀粉在热水中的退浆率较低，利用超声波辅助退浆对淀粉有一定的促进作用，但效果不明显。这主要是因为淀粉退浆主要依靠淀粉的吸湿、膨胀和脱落的过程，热水只是破坏了淀粉浆层的内部结构，使其发生形变，在没有退浆剂和一定的机械帮助下，很难获得高退浆率。

3.2.2 碱退浆工艺

碱退浆工艺中，坯布在常规条件和在超声波条件下织物的淀粉退浆率结果如表 3-2 所示。

表 3-2 超声波辅助对碱退浆率的影响

退浆时间/min	常规碱退浆	超声波辅助碱退浆
	淀粉退浆率/%	淀粉退浆率/%
10	28.1	33.0
20	41.1	52.2
30	62.3	75.3
40	74.5	76.6
50	82.4	88.2

比较表 3-1 和 3-2 可见，碱退浆中淀粉退浆率明显提高，这是因为淀粉在碱溶液中易于溶胀，脱落，而比较常规碱退浆和超声波辅助下的碱退浆发现，超声波对淀粉去除比优于热水退浆，但效果仍不突出。

3.2.3 淀粉酶退浆工艺

酶退浆工艺中，坯布在常规淀粉酶退浆和在超声波条件下退浆后织物的淀粉退浆率结果如下表 3-3 所示。

表 3-3 超声波辅助对酶退浆率的影响

退浆时间/min	常规酶退浆	超声波辅助酶退浆
	淀粉退浆率/%	淀粉退浆率/%
10	62.5	72.3
20	77.3	88.5
30	80.4	92.5
40	83.5	93.8
50	87.2	94.4

由表 3-3 可见，采用淀粉酶退浆工艺，淀粉的去除率明显增加，在超声波辅助下对淀粉的去除率促进更为明显，并且退浆时间在 30min 后，退浆率基本变化不大，所需退浆时间减少了一半。

由表 3-1，3-2 和 3-3 比较可以判断出，超声波对淀粉酶退浆工艺的促进作用最为明显。因此后期主要对超声波条件下淀粉酶退浆的影响因素进行研究。

3.3 超声波对淀粉酶退浆影响因素研究

3.3.1 超声功率对退浆的影响

表 3-4 实验条件

酶浓度	浸泡时间	酶溶液温度
5g/L	30min	50℃

为了测试在不同超声波功率下退浆效果的差别，从而固定了如表 3-4 的测试条件，通过改变超声波的功率，来测试在使用不同的超声波功率下的退浆效果如何，测得的结果如图 3-2 所示。

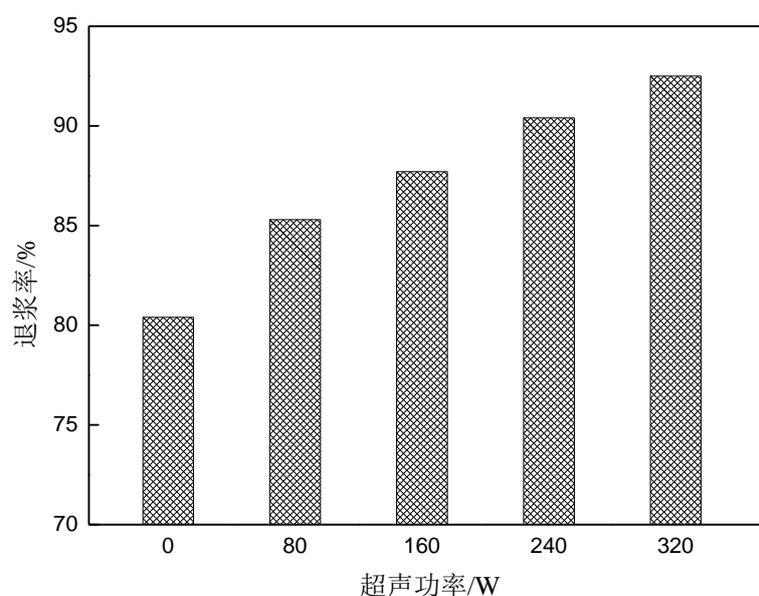


图 3-2 超声波功率对退浆率的影响

由表 3-4 和图 3-2 可知，随着超声波的引入，退浆效率明显提高。当功率为 320W 时，退浆率高达 90% 以上。超声波会使织物纤维孔隙增加，酶和淀粉接触面增加，并能提高浆料的水溶性。但如果过分提高超声功率一是会引起能耗增加，增加了成本，而是噪音率大幅度上升，会带来噪音污染。

3.3.2 不同温度对退浆的影响

表 3-5 实验条件

酶浓度	浸泡时间	超声波功率
5g/L	30min	320W

固定测试条件如表 3-5 所示，通过对不同温度下退浆的效果进行测试，然后得出温度对退浆效果所产生的影响，结果如图 3-3 所示。

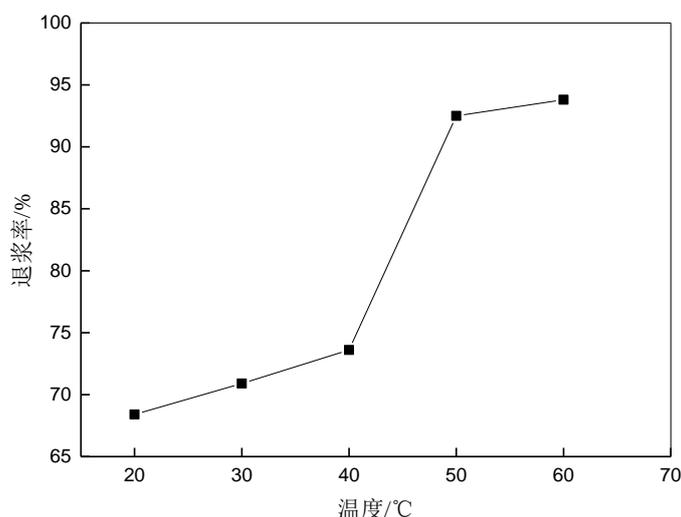


图 3-3 温度对退浆率的影响

由图 3-3 可以见得，通过升高温度，会使得退浆率得到提高，尤其是在将温度由 40°C 提至 50°C 时，这一段的退浆率的提高尤为明显，但是往后继续升温度然而退浆率却是几乎不变的。其中的原因是在 50°C 左右的范围时， α -淀粉酶的反应的活性是最高的。所以酶溶液的浸泡温度在 50°C 时最为合理，反之再进一步升温不但会增加能耗，同时退浆率也并得不到有效的提高。

3.3.3 超声浸泡时间对退浆的影响

表 3-6 实验条件

酶浓度	浸泡温度	超声波功率
5g/L	50°C	320W

固定了如表 3-6 的实验环境，并对不同浸泡时间对于退浆效果影响进行测试，得到结果如图 3-4 所示。

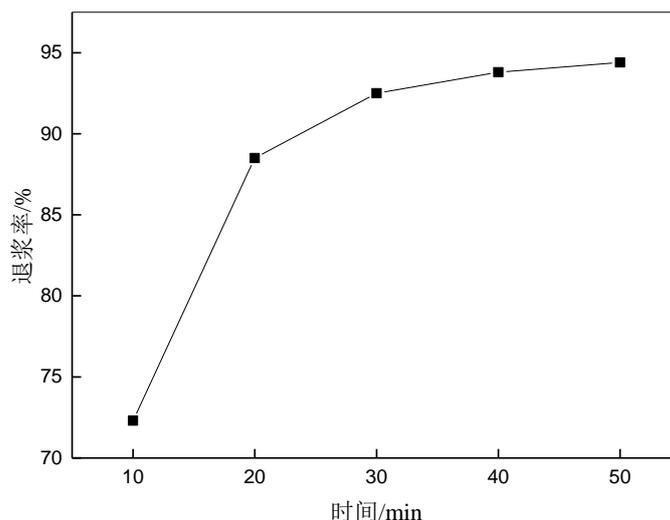


图 3-4 浸泡时间对退浆率的影响

图 3-4 表明，增加浸泡的时间，对退浆率的提高是有利的。退浆率的提高最明显的浸泡时间是在 10~30min 范围之内，然而在浸泡时间达到 30min 以后对退浆率的增幅微乎其微。其中的原因这可能是在浸泡了 30min 左右时 α -淀粉酶的浸渍作用已经几乎达到了饱和的状态，不能够进一步的对退浆率产生影响。所以控制浸渍时间应该在 30min 左右最宜。

3.3.4 酶浓度对退浆的影响

表 3-7 实验条件

超声波功率	浸泡温度	浸泡时间
320W	50℃	30min

在固定了如表 3-7 的条件后，通过改变酶浓度来对退浆效果的影响进行测试，得到的结果如图 3-5 所示。

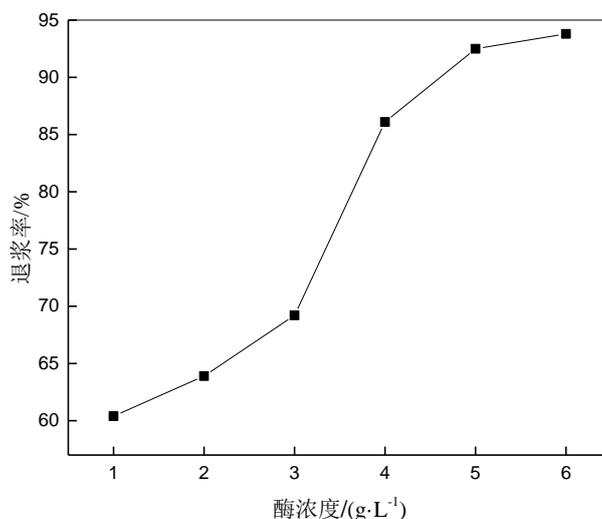


图 3-5 酶浓度对退浆率的影响

从图 3-5 可知，在通过增大酶浓度后，退浆的效果从而得到了提高，尤其是在将酶浓度增大至 4g/L 的时后，退浆率提升的最为明显，继续将酶浓度提高至 5g/L 以后，可以看出退浆率却是不会再随酶浓度的提高而提升的。因此得出在酶浓度为 5g/L 左右超声波辅助酶退浆效果最佳。

3.3.5 超声的使用对退浆的影响

综合了上述的最佳工作条件，得到了表 3-8，并在该条件下比较了使用超声波退浆和常规退浆方法对织物性能影响的对比，得到的数据如表 3-9 所示。

表 3-8 综合测试条件

超声波功率	浸泡温度	浸泡时间	酶浓度
320W	50℃	30min	5g/L

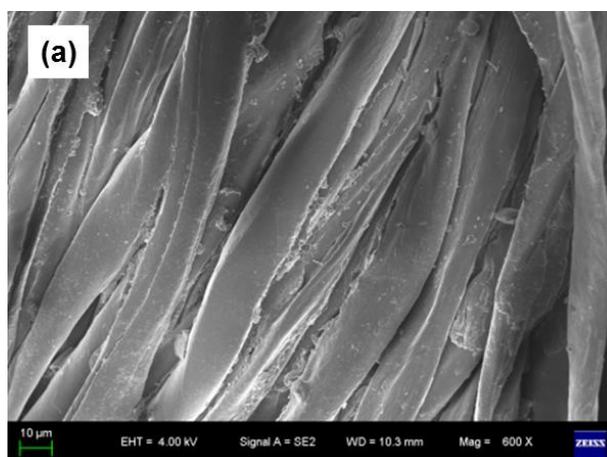
表 3-9 不同退浆方式对织物性能的影响

退浆方式	断裂强度/N	断裂伸长率/%	白度/%
常规退浆	842.6	53.2	84.93
超声波退浆	835.1	49.6	87.31

由表 3-9 可以看出，比较超声波退浆和常规酶退浆工艺，在使用了超声波酶退浆以后，织物的断裂强度略有下降，但是织物的白度却略有增加，单这变化的幅度两种工艺均不明显，所以可以确定使用超声退浆对于织物的性能几乎没有影响。

3.3.6 超声波退浆对织物微观结构的影响

通过使用扫描电镜对退浆前(a)、常规酶退浆(b)和超声波酶退浆(c)后织物的微观结构进行观察，如图 3-6。



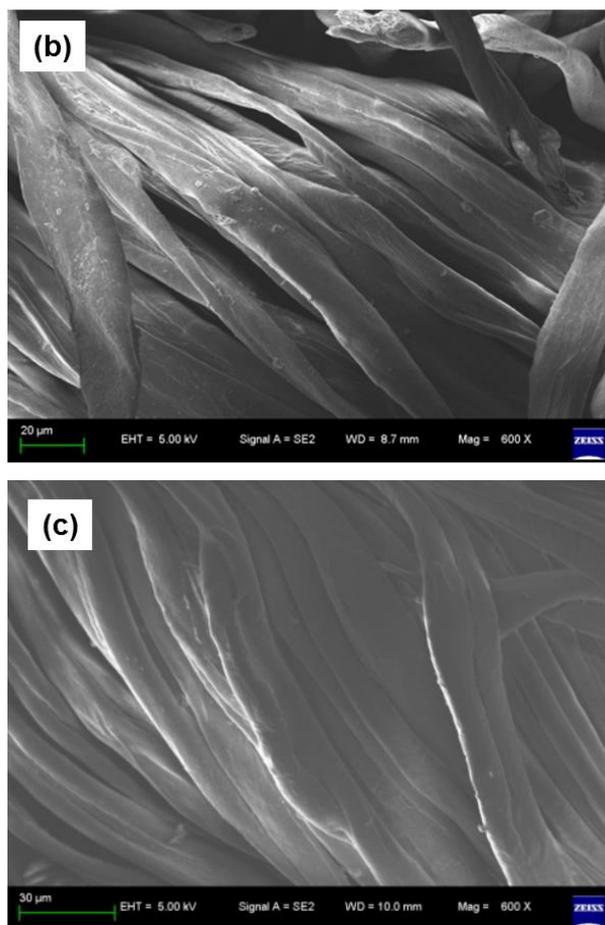


图 3-6 退浆前后织物的 SEM 图

由图 3-6 可以看出，使用常规酶退浆之后的织物表面上的浆料的量显然的有所减少，但依旧还有一些残留，然而在使用超声波退浆工艺之后，织物表面的浆料近乎没有，所以使用超声波辅助酶退浆工艺对织物的退浆有着明显的成效。

3.3.7 最佳工艺条件

通过不同影响因素的研究，选定最佳工艺条件为：淀粉酶浓度 5 g/L，超声波功率 320 W，浸泡时间 30 min，浸泡温度 50 °C，此时退浆率可达 92.5%。

4 超声波辅助酶退浆工艺的工业应用

4.1 超声波辅助退浆中试装置图

实验室工艺优化时所采用的为一体化超声波退浆装置，但在南通汇泰纺织有限公司中试过程中发现，一体化超声波装置虽然构造简单，能有效降低超声过程中产生的噪音污染，但实际使用的局限性较大，不能灵活运用于不同的退浆工艺，且出现故障时维修麻烦。因此在中试时，将一体化超声波装置进行改进为可拆卸式超声波辅助退浆装置，如下图 4-1。



图 4-1 超声波辅助退浆装置在企业的中试装置图

4.2 超声波退浆工业应用效果

应用超声波辅助的退浆技术对南通汇泰纺织有限公司实施酶退浆工艺改造，在退浆槽内安装了一个可调式功率为 1kw 的超声波装置，对工艺运行前后的蒸汽消耗、水耗等参数进行测试，比对结果如表 4-1 所示。

表 4-1 改造前后能耗对比表

指标	实施前	实施后
退浆率 (%)	50	80
退浆时间 (min)	120	55
蒸汽温度 (°C)	90	80
蒸汽消耗 (t/h)	3	1
水消耗 (t/万米织物)	6	3
COD (mg/L)	3000	1000

由表 4-1 可知：新工艺实施后，退浆率由 50% 升高至 80%，退浆时间由 120 min 降至 55 min，蒸汽温度由 90 °C 降至 80 °C，蒸汽消耗由 3 t/h 降至 1 t/h，水耗由 6 t/万米织物降至 3 t/万米织物，COD 由 3000 mg/L 降至 1000 mg/L。

改造后酶退浆工艺整齐消耗、水耗明显降低，按一条退浆工艺生产线计算，粗略计算每月可节约蒸汽消耗 150 吨/月，节约成本约 20 万元/年；减少水消耗 300 吨/月，节约用水成本 7 万元/年；降低废水排放的 COD 值，节约废水处理成本约 3 万元/年，综合计算企业每年节约成本约 30 余万元。

5 结论与展望

5.1 结论

(1) 本文采用已有知识产权的自制超声波一体化退浆装置研究超声波辅助对热水退浆、碱退浆和酶退浆三种退浆工艺的影响，结果显示超声波辅助对酶退浆的促进效果是最为明显的，不仅可以提高酶退浆的退浆率，同时还可以缩短退浆时间。

(2) 选用淀粉酶退浆工艺，考察不同浸泡时间、超声功率、温度及酶浓度对退浆过程的影响，并对织物的退浆率、退浆前后的白度、断裂伸长率、微观结构作为考察因素，选择最佳的工艺条件，最终选定的最佳酶退浆条件为在淀粉酶浓度 5g/L，超声波功率 320w，浸泡时间 30min，浸泡温度 50℃时，退浆率可达 92.5%。

(3) 应用超声波退浆技术对南通汇泰纺织有限公司实施酶退浆池进行改造，在退浆槽内安装了一个可调式功率为 1kw 的可拆卸的超声波退浆装置，采用超声波辅助下的酶退浆中试，最终发现退浆率从原来的 50% 升高至 80%，退浆时间由 120min 降至 55min，蒸汽温度由 90℃ 降至 80℃，蒸汽消耗由 3t/h 降至 1t/h，水耗由 6t/万米织物降至 3t/万米织物，COD 由 3000mg/L 降至 1000mg/L，为企业节约了大量的能源，减少了废水的污染排放 COD 值。按一条退浆工艺生产线粗略计算企业每年节约成本约 30 余万元。

5.2 展望

本论文的研究表明超声波工艺应用于常规酶退浆工艺实验中，在实验室和工业实际应用中都表现出了不俗的效果，但也存在着一些不足需要进一步改进。

(1) 超声波工作的噪音污染问题，实验室小试时超声的噪音污染不明显，但到工业放大应用时比较明显，考虑后期采用封闭或半封闭的手段减少超声的噪音污染，并进一步增加对超声噪音的控制研究；

(2) 在实验室和工业分析中缺少对于超声前后浆液的分子大小的检测和反应均匀性的研究，需要进一步完善；

(3) 中试应用中对反应系列的破坏、仪器仪表的影响、超声波波长的增长研究需要进一步的开展和深入研究下去。

目前对于超声波辅助酶退浆的装置和工艺都在进一步优化过程中，在南通汇泰纺织有限公司的中试成功也为进一步大范围的推广超声波辅助提供了参考。当然，不同纺织企业的工艺和退浆方式都有差别，设计开发出一个灵活的超声波辅助退浆装置是我们目前正在着重研究的内容。

此外，超声波在退浆工艺中的显著效果被验证，同样可以考虑是否能将超声波辅助这种低碳、绿色、清洁生产的手段应用于上浆工艺中。这部分的实验研究目前正在进行中，部分实验结果发表在《印染助剂》上（见附件 F.3）。后期将考虑是否能利用原来的超声波退浆装置或对其进行改进，以适用于上浆工艺中，若能磨合出一套可调节同时适用于上浆和退浆工艺的超声波退浆装置，将大幅降低企业的投入成本。

参考文献

- [1] 王维明, 虞波, 蔡再生. 黄麻/棉混纺织物退浆工艺探讨[J]. 印染助剂, 2012, 29(6): 30-32.
- [2] 刘涛, 郭建生. 超声波在退浆工艺中的应用[J]. 山东纺织科技, 2005, 46(4): 49-52.
- [3] 蔡英, 陈溶. 超声波技术在真丝印花织物退浆中的应用[J]. 浙江理工大学学报, 2009, 26(6): 841-845.
- [4] 李立. 酶退浆工艺探讨[J]. 印染, 2004, 30(12): 17-19.
- [5] 王杰欧, 许海育. 超声波与碱联合作用对棉织物退浆的影响[J]. 印染助剂, 2010, 27(11): 47-50.
- [6] 路正辉, 郭建生. 聚焦式超声波退浆技术研究[J]. 上海纺织科技, 2011, 39(4): 18-20.
- [7] 高树珍. 超声波在酶退浆中的应用[J]. 印染助剂, 2003, 20(4): 45-48.
- [8] J A Gallego-Juarez, E Riera, V Acosta, et al. Ultrasonic system for continuous washing of textiles in liquid layers[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2010, 17(1): 234-238.
- [9] M R Mathur. Ultrasound and textiles[M]. Man-made Textiles in India, 1999, (3).
- [10] 董春芳. 超声波技术在退浆工艺上的应用研究[J]. 轻纺工业与技术, 2011, 40(3): 10-12.
- [11] M Vouters, P Rumeau, P Tierce, et al. Ultrasounds: an industrial solution to optimise costs, environmental requests and quality for textile finishing[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2004, 11(1): 33-38.
- [12] 路正辉. 聚焦式超声波退浆技术研究[D], 上海: 东华大学, 2010.
- [13] 苏苹. 棒式超声波退浆技术研究[D], 上海: 东华大学, 2013.
- [14] 陈英. 染整工艺试验教程[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2004, 24.
- [15] 国家质量技术监督局发布. 纺织品, 色牢度试验相对白度的仪器评定方法[M]. 中国标准出版社, 2001.
- [16] 国家质量技术监督局发布. 纺织品, 织物拉伸性能, 第1部分: 断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)[M]. 中国标准出版社, 2013.

致 谢

蓦然回首，发现三年的大学时光就这样匆匆地过去，回想这三年我觉得自己很幸运，幸运地在这个原本陌生的城市、陌生的学校里结识了一群志同道合的朋友，幸运地认识了一群可亲可敬且可爱的老师，幸运地在老师的悉心教导下学到了许多的专业知识和生活的道理，没有虚度大学光阴。

我在大一下学期开始就参加了朱蓓蓓老师和周杰老师指导的大学生创新创业技术项目——超声波辅助的染整退浆节能强化工艺及关键装备开发团队。在这个团队里，得到老师的帮助和指导，我从实验小白慢慢成长为能独立完成实验的老手，收获的不仅是学术上的进步，更是学习能力和思考能力的飞跃。虽然实验过程中常常遇到各种疑难，但每一次和老师一起解决问题的过程都是一次学习和成长。在朱蓓蓓老师的指导下，我还参加了江苏省工业分析检验大赛并获得三等奖。感谢马群锋老师对我学习上的用心的指导，和在最后的毕业设计中给予我的指导和帮助，让我学到了许许多多。感谢南通汇泰纺织有限公司的徐均总经理在中试实验期间对我生活上的关心和照顾。

感谢团队里志同道合的小伙伴们，有你们的陪伴实验室生活不再是枯燥无聊的，而是感谢纺织品检验专业的朱娣学姐，是你耐心的向我讲解染整的基本过程，基本原理，帮助我了解布料上浆、退浆过程；感谢机械专业的周道学长，在超声波退浆装置的调试和改进过程中给予我无私的帮助，无论何时装置出现问题，他都能及时出现，与我们一起讨论，帮助解决；还感谢精化专业的朱凯、制药专业的洪艳、同班的刘晶晶等同学与我一起在实验室奋斗的日日夜夜。

这两年多在实验室的锻炼，对我转本成功也起到了很大的帮助，同时让我对即将开始的本科生活不再彷徨和担忧。我相信我会在未来的道路上走得更远，走得更稳，走得更出色！

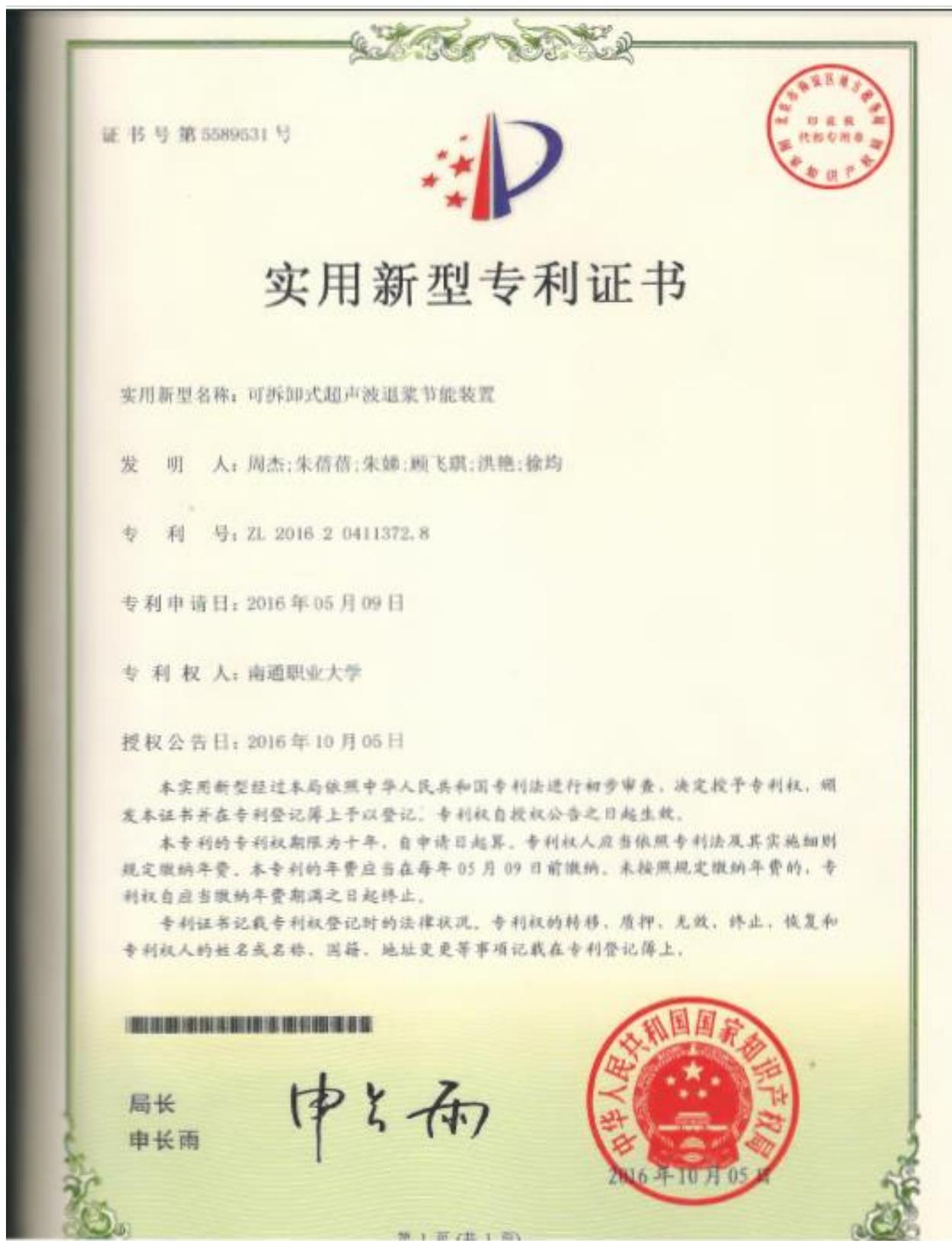
感谢我的同学和朋友，感谢你们三年的陪伴，在生活中给我提出的宝贵意见和给出的鼓励，有你们的陪伴，我才能愉快的度过了这段宝贵时光，这是我终生的美好回忆。

感谢父母对我学业的全力支持和不辞劳苦，使我得以完成了自己的学业。

最后感谢南通职业大学给与我的成长平台，感谢在我人生道路上帮助我陪伴我的所有人！

附件：论文相关成果

F.1 授权实用新型专利



F.2 大学生创新创业训练计划项目结题证书



F.3 发表的课题相关论文

- 1、吴莉莉,朱蓓蓓,顾飞琪,等. 经纱的超声波辅助上浆技术研究[J]. 印染助剂, 2017, 34(9):41-43.

第34卷第9期
2017年9月

印染助剂
TEXTILE AUXILIARIES

Vol.34 No.9
Sep.2017

经纱的超声波辅助上浆技术研究

吴莉莉¹, 朱蓓蓓², 顾飞琪², 朱 娣², 吴 啸³, 王剑雄¹

[1. 南京科技职业学院化工与材料学院, 江苏南京 210048; 2. 南通职业大学化学与生物工程学院, 江苏南通 226007; 3. 盟迦科技(常州)有限公司, 江苏常州 213022]

摘要: 针对常规经纱上浆工艺存在高能耗和上浆效果不均匀等问题,应用超声波技术辅助经纱上浆,考察了超声波功率、浆料浓度、上浆时间和上浆温度对经纱上浆率的影响。结果表明:超声波可以显著提高经纱的上浆率,在超声波功率为600 W、上浆时间为10 min、上浆温度为60 ℃、浆料对水的体积分数为10%时,上浆率可达12.15%。超声波作用下经纱上浆后断裂强度、断裂伸长率和耐磨次数有所提高。

关键词: 经纱; 上浆; 超声波; 上浆率

中图分类号: TS190.63 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-0439(2017)09-0041-03

Ultrasonic assisted warp sizing technology

WU Lili¹, ZHU Beibe², GU Feiqi², ZHU Di², WU Xiao³, WANG Jianxiong¹

(1. Department of Chemical Engineering and Material, Nanjing Polytechnic Institute, Nanjing 210048, China;

2. College of Chemical and Biological Engineering, Nantong Vocational University, Nantong

226007, China; 3. Menea Technology Co., Ltd., Changzhou 213022, China)

Abstract: To solve the problem of high energy consumption and uneven sizing in the traditional sizing process, an integrated ultrasonic sizing technology was developed. The effects of ultrasonic power, slurry concentration, sizing time and sizing temperature on the warp sizing rate were investigated. The results indicated that ultrasonic could significantly increase the sizing rate of warp yarns. When the ultrasonic power was 600 W, the sizing time was 10 min, the sizing temperature was 60 ℃, the volume ratio of slurry to water was 10%, the sizing efficiency was 12.15%. Under the effect of ultrasonic sizing, the breaking strength, elongation at breaking and wearing times of the warp improved somewhat.

Key words: warp; sizing; ultrasonic; sizing efficiency

上浆就是经纱上施加浆料以提高其可织性的工艺过程。经纱上浆处理后可提高强力和耐摩擦性能,减少织机上的断头率,确保织造效率和高质量织物的生产^[1]。生产中一般采用经轴上浆的方法,普遍存在上浆温度偏高、浆料体积分数变化而导致上浆不均匀等问题,影响了上浆效率和织物质量。因此,开发新型环境友好、低温高效的上浆工艺成为国内外学者和技术人员研究的主要方向,如预湿上浆^[2-3]、

泡沫上浆^[4-5]等均已取得工业应用。另外,各类新型上浆剂的开发和应用是上浆技术研究的另一个重要方向^[6-7]。以超声波为代表的新型技术在纺织品染整加工过程中日益显现出独特的优点,符合低碳、绿色清洁生产理念^[8]。

本试验采用超声波技术辅助经纱上浆,研究超声波功率、浆料体积分数、上浆时间和上浆温度等因素对经纱上浆率的影响。

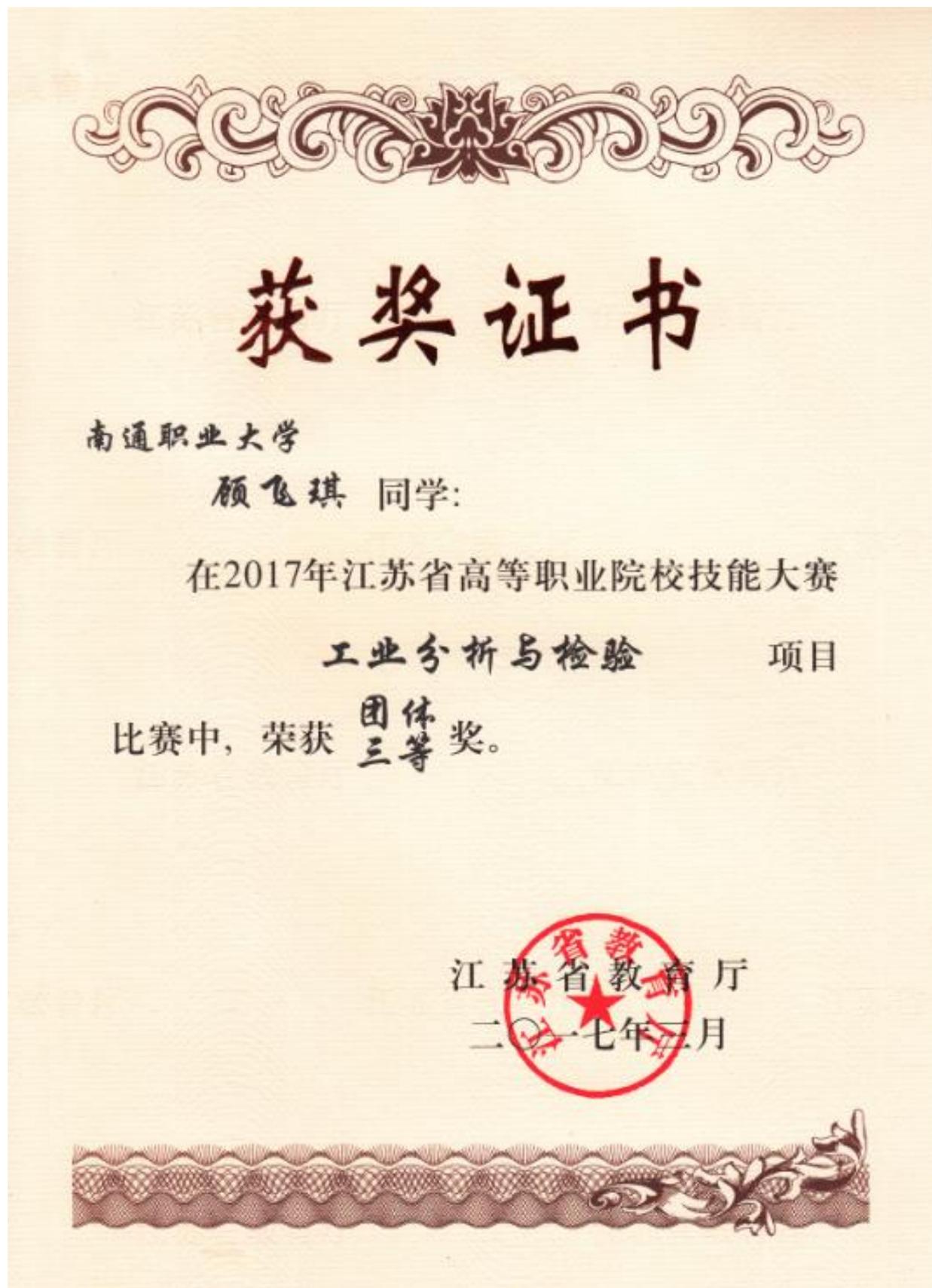
收稿日期: 2017-03-02

基金项目: 江苏省“青蓝工程”资助项目[苏教师(2016)15号];江苏省大学生创新计划项目(201611052005Y);南通市重点实验室研究计划(CP12014004);南通市科技局应用基础研究(MS12015027, MS12016045)

作者简介: 吴莉莉(1981-),女,江苏金坛人,讲师,硕士研究生,研究方向为色素提取、印染、传质与分离。

通信作者: 朱蓓蓓(1981-),女,副教授,主要从事材料电化学、纺织品化学方面的研究。

F.4 2017年江苏省工业分析与检验大赛获奖证书



F.5 盐城工学院录取通知书

