

木浆基水刺固结湿厕纸厚度影响因素探究

杨自强¹ 甘益¹ 许士学¹ 陈洋¹ 李佳欣¹ 靳向煜^{2a,2b} 吴海波^{2a,2b}

1. 河南逸祥卫生科技有限公司, 河南 新密 452374;

2. 东华大学 a. 纺织学院, b. 产业用纺织品教育部工程研究中心, 上海 201620

摘要: 探究木浆基水刺固结湿厕纸厚度的影响因素, 发现短切纤维质量分数增加, 湿厕纸基布厚度降低; 成网速度减小, 湿厕纸基布厚度增加; 纤网缠结系数增加, 湿厕纸基布厚度降低; 加液量增加, 湿厕纸湿态厚度下降; 功能添加剂种类对湿厕纸湿态厚度影响较小。

关键词: 水刺固结; 湿厕纸; 厚度; 纤维配比; 成网速度; 缠结系数; 加液量; 功能添加剂

中图分类号: TS 176.4

文献标志码: A

文章编号: 1004-7093(2024)11-0018-05

Research on influencing factors of thickness of wood pulp based wet toilet paper consolidated by hydroentanglement

Yang Ziqiang¹, Gan Yi¹, Xu Shixue¹, Chen Yang¹, Li Jiabin¹, Jin Xiangyu^{2a,2b}, Wu Haibo^{2a,2b}

1. Henan Yixiang Health Technology Co., Ltd., Xinmi 452374, Henan, China;

a. School of Textiles, b. Engineering Research Center of Industrial Textiles, Ministry of Education,

2. Donghua University, Shanghai 201620, China

Abstract: The influencing factors of thickness of wood pulp based wet toilet paper consolidated by hydroentanglement were investigated. It was found that, the thickness of wet toilet paper substrate decreased with the increase of the mass fraction of cut fibers. The net forming speed decreased, and the thickness of wet toilet paper substrate increased. With the increase of entanglement coefficient, the thickness of wet toilet paper substrate decreased. The wet thickness of wet toilet paper decreased with the increase of liquid addition. The variety of functional additives had little effect on the wet thickness of wet toilet paper.

Keywords: hydroentanglement consolidation; wet toilet paper; thickness; fiber ratio; net forming speed; bonds per inch; liquid addition; functional additive

木浆基水刺固结湿厕纸的厚度除了会影响产品力学性能外,还会影响成品包装,进而影响生产成本,因此,对湿厕纸厚度的把控贯穿整个生产环节。如何控制好木浆基水刺固结湿厕纸的厚度,是其生

产的共性技术难题,因为原料的选配、加工、整理等都会对湿厕纸产品的厚度产生一定程度的影响^[1-4]。

本文将探究木浆基水刺固结湿厕纸厚度影响因素,以为木浆基水刺固结湿厕纸的生产提供参考。

收稿日期: 2024-06-04

作者简介: 杨自强,男,1970年生,董事长,主要从事非织造材料在制品端的开发与产业化应用方面的工作

1 试样的制备及性能测试

1.1 原料及生产设备

原料:3 种纤维,分别是木浆纤维(长度为 1~4 mm)、黏胶纤维(长度为 6~11 mm,线密度为 1.67 dtex)和 Lyocell 纤维(长度为 6~11 mm,线密度为 1.67 dtex)。3 种功能添加剂,分别是功能添加剂 A(纯水,赋予产品清洁功能)、功能添加剂 B(含抑菌成分,赋予产品抑菌功能)和功能添加剂 C(含杀菌成分,赋予产品杀菌功能)。

生产设备:3-3600-8 湿法水刺生产线(德国特吕茨施勒非织造有限公司)。

1.2 湿厕纸试样设计方案

1.2.1 湿厕纸基布

设计湿厕纸基布原料配比时,需考虑产品强度及可冲散性能等指标^[5-7]。仅单一使用木浆纤维并通过湿法成网、水刺加固、烘干制备的湿厕纸基布,无法满足产品强度要求,故实际湿厕纸基布多以木浆纤维和短切纤维为主要原料,其中木浆纤维长度一般在 1~4 mm,短切纤维长度一般在 8~10 mm。且除了赋予产品一定的强度外,短切纤维与木浆纤维的配比应适宜,以使产品满足可冲散性能要求。木浆纤维与短切纤维在水力作用下混合并均匀分散,再通过斜网式湿法成网和水刺加固制得湿态湿厕纸基布,此方法属于机械加固方法^[8],短切纤维在纤维网中起“加筋”的作用。还有一种添加交联剂制备湿厕纸基布的方法,其属于化学方法,此方法虽能增加湿厕纸基布的强度^[9],但无法满足可冲散湿厕纸对健康卫生和可生物降解的要求。

本研究选择短切纤维——黏胶纤维和 Lyocell 纤维与木浆纤维共混,通过机械加固方法制备湿厕纸基布,以满足卫生性能指标和可生物降解性能的要求。同时,为确保湿厕纸具备一定的湿强,选择湿厕纸基布中 Lyocell 纤维质量分数为 8%。制备的湿厕纸基布面密度均为 80 g/m²。具体湿厕纸基布设计方案见表 1,以探究纤维配比、成网速度及缠结系数(bonds per inch, BI)对湿厕纸基布厚度的影响。

1.2.2 功能添加剂

烘干得到的湿厕纸基布卷绕成型后需要施加功

表 1 湿厕纸基布设计方案

Tab. 1 Wet toilet paper substrate design schemes

成网速度/ (m·min ⁻¹)	黏胶纤维 质量分数/%	Lyocell 纤维 质量分数/%	木浆纤维 质量分数/%
105	12	8	80
	17	8	75
	22	8	70
80	12	8	80
	17	8	75
	22	8	70
70	12	8	80
	17	8	75
	22	8	70

能添加剂,以赋予湿厕纸产品相应的功能。加液量是指加入功能添加剂后湿厕纸湿态面密度相对于湿厕纸基布面密度的百分比。本研究以功能添加剂 A 为例,设计表 2 所示的方案,探究加液量对湿厕纸试样湿态厚度的影响。湿厕纸基布试样中黏胶纤维、Lyocell 纤维与木浆纤维质量比为 22:8:70,试样面密度为 80 g/m²。

表 2 加液量设计方案

Tab. 2 Liquid holdup design schemes

成网速度/(m·min ⁻¹)	加液量/%
105	180
	220
	260
80	180
	220
	260
70	180
	220
	260

在面密度为 80 g/m² 的湿厕纸基布(黏胶纤维、Lyocell 纤维与木浆纤维质量比为 22:8:7,成网速度为 70 m/min)上,分别加入 3 种不同成分的功能添加剂,制备加液量为 220% 的湿厕纸试样,探究不同功能添加剂对湿厕纸试样湿态厚度的影响。

1.3 测试仪器及方法

测试仪器:YG141N 型数字式织物厚度仪(温州方圆仪器有限公司),YH-6002 型电子天平(永康市五鑫衡器有限公司),XLW(EC)-A 型智能电子拉力试验机(济南兰光机电技术有限公司)。

测试方法:试样厚度参照标准 GB/T 24218.2—2009 进行;试样纵横向拉伸断裂强力参照纸张测试标准 GB/T 24328.3—2009 进行。

2 测试结果与讨论

2.1 纤维配比与成网速度对湿厕纸基布厚度的影响

不同纤维配比和成网速度制备的湿厕纸基布厚度如图 1 所示。

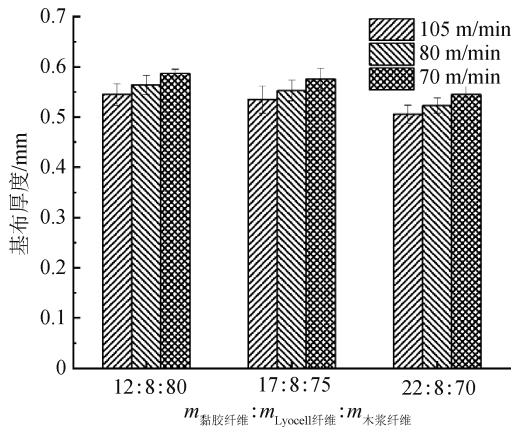


图 1 纤维配比与成网速度对湿厕纸基布厚度的影响
Fig. 1 Effect of fiber ratios and mesh formation speeds on thickness of wet toilet paper substrate

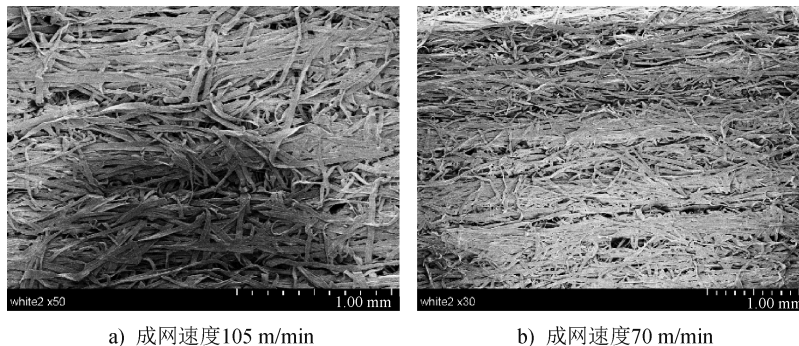


图 2 成网速度对湿厕纸基布纹路的影响

Fig. 2 Effect of mesh formation speed on the pattern of wet toilet paper substrate

2.2 纤网缠结系数对湿厕纸基布厚度的影响

湿厕纸基布主要是利用水刺工艺进行缠结加固的。纤网缠结程度影响湿厕纸基布的厚度。为进一步了解缠结程度对湿厕纸基布厚度的影响,定义缠结系数(BI)=(纵向拉伸断裂强力+横向拉伸断裂强力)/面密度^[10],利用 BI 间接反映湿厕纸基布中纤维缠结的程度。纤维间有效缠结越多,则 BI 值越

大,纤网紧密程度越高。以黏胶纤维、Lyocell 纤维与木浆纤维质量比为 22:8:70、成网速度为 70 m/min 时,调节最高水刺压力,制备的面密度为 80 g/m² 的湿厕纸基布为例,其 BI 与厚度测试结果如表 3 所示。

由于纤维原料中, Lyocell 纤维质量分数保持 8% 不变,因而此处分析用黏胶纤维质量分数表征纤维配比的变化。图 1 中,当纤维原料中黏胶纤维质量分数从 12% 增加到 22% 时,3 种成网速度(105、80 和 70 m/min)制备的湿厕纸基布厚度分别降低了 7.16%、7.27%、7.16%;当成网速度从 105 m/min 下调到 70 m/min,3 种黏胶纤维质量分数(12%、17% 和 22%)制备的湿厕纸基布厚度分别增加了 7.70%、7.67% 和 7.71%。可以得出,当成网速度保持不变时,随着原料中黏胶纤维质量分数的增加,湿厕纸基布厚度呈降低趋势,这与短切黏胶纤维直径(约 30 μm)小于木浆纤维宽度(40~50 μm)有关;当纤维配比保持不变时,随着成网速度的减小,湿厕纸基布厚度增加,这与成网速度减小,纤维排列取向度降低,纤维交叠概率增多有关。

图 2 展示了 2 种成网速度(105 m/min 和 70 m/min)制备的湿厕纸基布试样纹路,其黏胶纤维、Lyocell 纤维与木浆纤维质量比为 22:8:70,面密度为 80 g/m²。从图 2 可以看出:随着成网速度的减小,纤维网单位面积受到的冲击次数增加,湿厕纸基布表面的水刺纹路变得更加清晰;同时,受水刺影响,纤维向水刺孔外围移动并缠结,湿厕纸基布厚度增加。

大,纤网紧密程度越高。以黏胶纤维、Lyocell 纤维与木浆纤维质量比为 22:8:70、成网速度为 70 m/min 时,调节最高水刺压力,制备的面密度为 80 g/m² 的湿厕纸基布为例,其 BI 与厚度测试结果如表 3 所示。

从表 3 可以看出:BI 越大,则湿厕纸基布的厚度越小。其中,当 BI 从 0.154 增大至 0.254 时,相

表 3 BI 对湿厕纸基布厚度的影响

Tab.3 Effect of BI on thickness of wet toilet paper substrate

成网速度/ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	最高水刺 压力/MPa	纵向拉伸断裂 强力/N	纵向断裂伸长 率/%	横向拉伸断裂 强力/N	横向断裂伸 长率/%	BI	基布厚度/ mm
70	3.0	8.320	25.960	3.970	55.412	0.154	0.582
70	3.5	10.530	26.420	5.380	51.300	0.199	0.563
70	4.0	12.630	32.020	7.690	52.420	0.254	0.542

应的湿厕纸基布厚度降低了 6.9%。

2.3 加液量对湿厕纸湿态厚度的影响

向黏胶纤维、Lyocell 纤维与木浆纤维质量比为 22:8:70、面密度为 80 g/m^2 的湿厕纸基布中添加功能添加剂 A, 制备不同加液量的湿厕纸试样, 测得试样湿态厚度及断裂强力如图 3 所示。

从图 3 可以看出: 随着湿厕纸加液量的增加, 湿厕纸湿态厚度呈下降趋势。如当成网速度为 105 m/min 时, 加液量 260% 的湿厕纸湿态厚度相较于加液量 180% 的湿厕纸降低了约 11.33%; 当成网速度为 80 m/min 时, 加液量 260% 的湿厕纸湿态厚度相较于加液量 180% 的湿厕纸降低了 8.66%; 当成网速度为 70 m/min , 加液量 260% 的湿厕纸湿态厚度相较于加液量 180% 的湿厕纸降低了 6.89%。

此外, 随着湿厕纸加液量的增加, 湿厕纸湿态断裂强力呈下降趋势。这是因为干态条件下, 湿厕纸基布的拉伸断裂强力主要由纤维间的缠结和氢键共同提供, 强力较高; 加液后, 试样呈湿态, 纤维间的氢键作用力迅速被破坏, 且随着加液量的增加, 氢键被破坏的程度增加, 最终使得只有纤维间的物理缠结对试样的力学性能产生贡献^[11]。因此, 为满足湿厕纸湿态强度要求, 需合理控制湿厕纸中的加液量。

2.4 功能添加剂种类对湿厕纸湿态厚度的影响

普通湿厕纸多以湿法非织造布为载体, 以纯化水为生产用水, 并适量添加防腐剂等制成, 其主要用于对皮肤黏膜、手部或其他物体表面进行清洁, 不具备杀菌功能。而杀菌消毒类湿厕纸则在普通湿厕纸的基础上, 适当加入含抗、抑菌等成分的助剂, 如酒精、季铵盐类、胍类等, 以达到杀灭大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、白念珠菌等目的。

本研究选择 3 种不同成分的功能添加剂, 并在黏胶纤维、Lyocell 纤维与木浆纤维质量比为 22:8:70 和成网速度为 70 m/min 条件下制备的面密度为 80 g/m^2 的湿厕纸基布基础上, 制备相同加液量

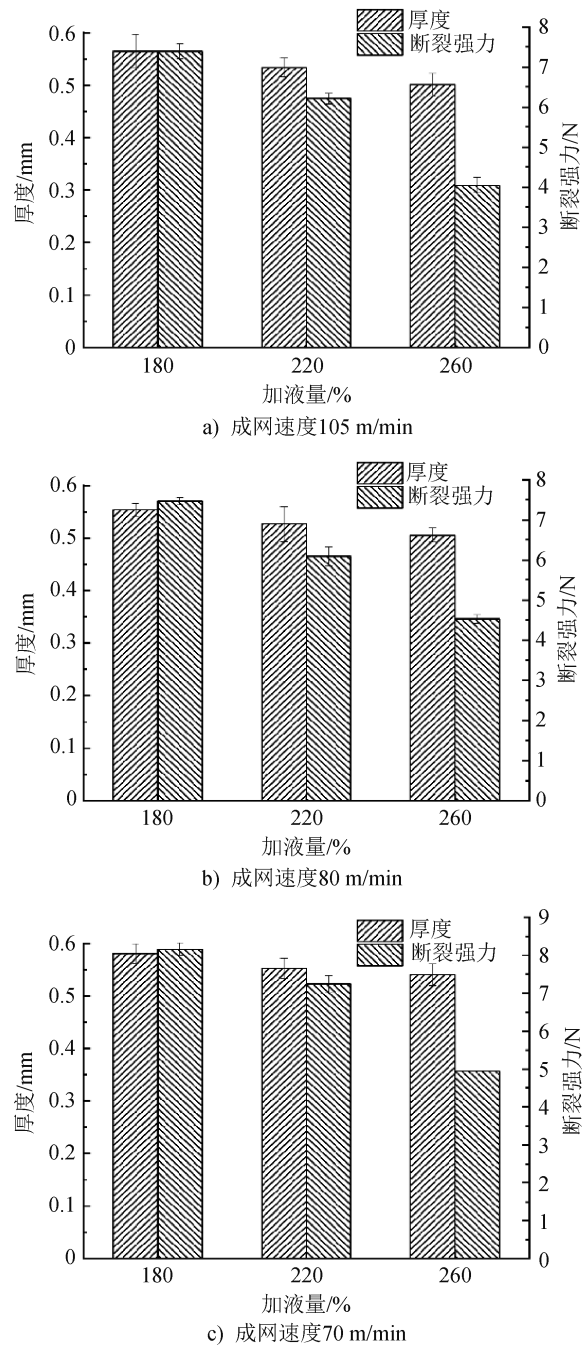


图 3 加液量对湿厕纸湿态厚度及断裂强力的影响
Fig.3 Effect of liquid holdup on wet thickness and breaking strength of wet toilet paper

(220%)的湿厕纸试样,探讨不同种类的功能添加剂对湿厕纸湿态厚度的影响,结果见图4。从图4可以看出,3种功能添加剂对试样的湿态厚度影响较小,说明湿厕纸试样湿态厚度主要取决于湿厕纸的加液量。

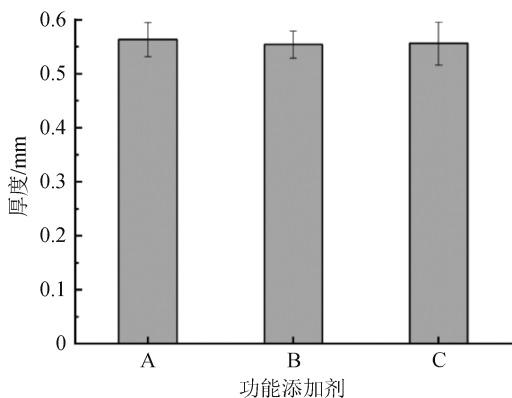


图4 功能添加剂种类对湿厕纸湿态厚度的影响
Fig. 4 Effect of types of functional additive on wet thickness of wet toilet paper

3 结论

(1)在相同的成网速度条件下,随着纤维配比中短切纤维质量分数的增加,湿厕纸基布厚度呈现降低的趋势;在相同的纤维配比条件下,随着成网速度的减小,湿厕纸基布厚度呈现增加的趋势。

(2)随着水针能量的增加,纤网BI增加,纤维间的有效缠结点增多,纤网结构变得紧密,湿厕纸基布厚度降低。

(3)随着湿厕纸中加液量的增加,其湿态厚度及断裂强力呈现降低的趋势。

(4)功能添加剂的种类对湿厕纸湿态厚度影响较小。



期刊采编平台



中国知网下载

参考文献

- [1] 王远富,马腾飞,雍园园,等.水刺非织造布厚度影响因素分析[J].山东纺织科技,2021,62(6):26-29.
- [2] KARTHIK T, PRABHA KARAN C, RATHINAMOORTHY R. Nonwovens: process, structure, properties and applications[M]. New York: WPI Publishing, 2016.
- [3] 林祥,金振宇,孟凯,等.可冲散湿巾的发展概述[J].产业用纺织品,2021,39(11):1-8.
- [4] 祝晶晶,王洪,吴海波,等.水刺非织造布的纤维缠结效果分析及影响因素初探[J].产业用纺织品,2012,30(9):6-10.
- [5] 杨自强,许士学,李琳佩,等.木浆基湿法非织造可冲散湿厕纸特征及性能[J].上海纺织科技,2023,51(11):13-17.
- [6] 宣志强.国外非织造布消费品的可冲散性评价及产品现状[J].产业用纺织品,2013,31(5):24-33.
- [7] PHILLIP M. 厕用湿巾的可冲散性[J].温雪梅,译.生活用纸,2009,9(1):48-49.
- [8] STRANDQVIST M. Flushable moist wipe or hygiene tissue: US8668808[P]. 2014-03-11.
- [9] 美国气体产品聚合物公司.可冲洗和可分散的干的化学粘合非织造物:CN1896359[P].2007-01-17.
- [10] 刘奉济,彭飞云.水刺法非织造布纤维缠结程度评价方法的探讨[J].非织造布,2006,14(5):27-29.
- [11] 邓超.长/短纤混合湿法成型水力缠结非织造材料的制备、可分散机理及性能研究[D].上海:东华大学,2019.

汇小流成大海

积小善成大德