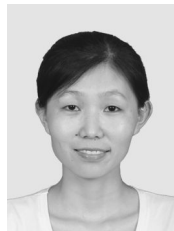


doi:10.3969/j.issn.0253-2417.2013.04.015

造纸法烟草薄片与天然烟叶表面润湿特性的研究



HAN Ying-ying

韩迎迎¹, 袁庆钊², 杨飞^{1*}, 陶红², 饶国华², 胡静², 周榕²

(1. 华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室, 广东 广州 510640;

2. 广东中烟工业有限责任公司技术中心, 广东 广州 510145)

摘要: 以造纸法烟草薄片、天然烟叶为研究对象, 分析不同相对湿度下表面的润湿特性。对造纸法烟草薄片和天然烟叶进行动态接触角测量, 同时利用扫描电子显微镜和原子力显微镜对造纸法烟草薄片与天然烟叶的表面形貌进行比较, 结果表明: 利用动态接触角分析仪测得无论是水还是

香精作为液体介质, 天然烟叶的前进接触角都大于 90° , 表现出一定的疏液性, 而造纸法烟草薄片的前进接触角都小于 90° , 表现出良好的润湿性; 天然烟叶表面平整、粗糙度低, 结构紧密, 而烟草薄片表面粗糙度高, 结构疏松多孔; 相对湿度40%和60%下天然烟叶表面粗糙度(37.23 nm, 82.97 nm)远低于烟草薄片(227.99 nm, 105.35 nm)等特性, 验证了动态接触角的结果。

关键词: 造纸法烟草薄片; 天然烟叶; 润湿性; 动态接触角

中图分类号: TQ35; TS41

文献标识码: A

文章编号: 0253-2417(2013)04-0079-04

Surface Wetting Characteristic of Paper-process Reconstituted Tobacco and Natural Tobacco Leaf

HAN Ying-ying¹, YUAN Qing-zhao², YANG Fei¹, TAO Hong²,
RAO Guo-hua², HU Jing², ZHOU Rong²

(1. State Key Lab of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Technology Centre, China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd., Guangzhou 510145, China)

Abstract: The surface wetting properties of paper-process reconstituted tobacco and natural tobacco leaf under different relative humidity were investigated in present study. The advancing contact angle was measured by Dynamic Contact Angle Analyzer (DCA). Scanning Electron Microscope (SEM) and Atomic Force Microscope (AFM) were also utilized to compare the surface morphology. The results showed that whether the water or essence was used as the liquid medium, the advancing contact angle of natural tobacco leaf was greater than 90° . It exhibited a hydrophobic property. While the advancing contact angle of paper-process reconstituted tobacco is less than 90° , it presents its hydrophilic surface property. For tobacco leaf, a smoother surface, and denser leaf structure were observed as compared to paper-process reconstituted tobacco. Furthermore, the surface roughness of tobacco leaf is lower than paper-process reconstituted tobacco under different relative humidity (respectively 37.23 nm, 82.97 nm and 227.99 nm, 105.35 nm). The coarser surface and porous structures of paper-process reconstituted tobacco verified the finding of its dynamic contact angle.

Key words: paper-process reconstituted tobacco; tobacco leaf; wetting characteristic; dynamic contact angle

在烟叶复烤及卷烟生产过程中, 会产生约占原烟料总质量1/3的烟梗、烟末等^[1-2]。烟草薄片是利用烟草加工过程中产生的烟梗、烟末等烟草废料通过一定的加工工艺生产的再造烟叶。烟草薄片的生产方法主要有辊压法、稠浆法、造纸法, 由于造纸法具有明显的优势, 是目前应用最广泛的方法。造纸法

收稿日期: 2012-05-28

基金项目: 广东高校产学研结合示范基地及科技成果转化重大项目(cgzhd1002)

作者简介: 韩迎迎(1990-), 女, 山东兖州人, 硕士生, 主要从事烟草植物资源高值化利用技术的研究

* 通讯作者: 杨飞, 副研究员, 博士, 研究领域为湿布化学与特种纸; E-mail: yangfei@scut.edu.cn.

烟草薄片具有密度小、填充值高、机械性能好、焦油释放量低等优点^[3],但是与天然烟叶相比仍有差距,难以达到天然烟叶的水平。在卷烟生产过程中,可以通过添加香精香料实现不同卷烟的独特风味,但是在与造纸法烟草薄片使用单位的技术交流中,技术人员提出烟草薄片与烟叶在加香过程中存在吸收不一致的问题,当然也有技术人员认为薄片就应该比烟叶具有更好的吸收特性,这样可以更好的将造纸法烟草薄片作为载体,添加风味类与功能性物质。因此研究造纸法烟草薄片与天然烟叶的浸润性能显得尤为重要,目前表征固体表面浸润性的基本理论主要是接触角^[4],接触角的测量可以分为静态接触角和动态接触角。静态接触角是在平衡条件下测试得到的,只能反映平衡时的润湿性,而当液滴落在样品表面时,液滴会渗入样品里面,接触角在一段时间内会连续变化,此时用动态接触角测量。本实验采用动态接触角测量仪测试烟草薄片和天然烟叶的动态接触角,同时结合烟草薄片与天然烟叶的形貌特征,分析两者表面润湿特性的不同,为薄片品质的提高提供理论依据。

1 实验

1.1 实验原料

造纸法烟草薄片为法国摩迪公司生产;天然烟叶取自广东中烟工业有限责任公司;香精取自广东中烟工业有限责任公司加香工段混合好后的香精。

1.2 实验方法

1.2.1 湿度调节 将烟草薄片和天然烟叶分别置于恒温恒湿箱中,温度 20 °C,相对湿度分别调节为 40 % 和 60 %,在每一恒定湿度下平衡 7 h。

1.2.2 动态接触角的测试 吊片法是测量前进接触角(θ_A)、后退接触角(θ_R)及接触角滞后值常用的方法,当一固体部分插入液体时,液体会沿着固体的垂直壁上升(亲液)或下降(疏液),吊片法就是通过测定液体对固体的拉力(推力)——润湿力的方法来间接测定接触角。本研究采用 DCAT21 型表面界面张力仪(德国 Dataphysics 公司)测试,测试条件:温度(20 ± 0.1) °C,蒸馏水及香精作为润湿液体,浸入深度 2 mm,测试 θ_A 和 θ_R 。

1.2.3 扫描电子显微镜(SEM)表征 将烟草薄片和天然烟叶进行喷金处理后,采用 Hitachi S-3700N 扫描电镜观察形貌。

1.2.4 原子力显微镜(AFM)表征 采用 Veeco 公司的 Nanoscope IIIa MultiMode SPM 分析烟草薄片和天然烟叶的表面特性,测定模式为轻敲模式。

2 结果与讨论

2.1 造纸法烟草薄片与天然烟叶动态接触角的比较

动态接触角是目前测定固体表面润湿性的先进技术,由于静态接触角是在平衡条件下测试得到,它只能反映平衡时的润湿性,无法揭示表面结构的变化信息,对于研究材料表面结构与润湿性关系及表面结构的精确调控无能为力。然而,动态接触角恰好弥补了这一缺点。动态接触角可以提供材料表面的粗糙程度、化学性质的均匀性、亲/疏水链段的重构等信息^[5-9]。同时造纸法烟草薄片具有较好的吸收性,若采用静态接触角方法测得接触角,液滴在接触到薄片的一瞬间迅速润湿,不能准确反映薄片间表面吸收特性。

动态接触角值不是唯一的,具有随意性,可在 2 个相对稳定值之间变化,最大值称为前进接触角,最小值为后退接触角,并将此称为“接触角滞后现象”^[10-11]。现有研究认为“接触角滞后现象”这一现象的产生主要是由表面粗糙、化学组成不均匀等引起的。表 1 和表 2 为进口造纸法烟草薄片与天然烟叶的表面分析对于香精和水的润湿性能的研究,实验分别考察了 40 % 和 60 % 相对湿度的润湿性能。研究表明:无论是香精还是水作为液体介质,天然烟叶前进接触角都大于 90 度,表现出明显的疏液性,而造纸法烟草薄片表面前进接触角都远小于 90 度,表现出良好的润湿性,具有较好的亲液性能。据此可以说明造纸法烟草薄片与天然烟叶表面具有两种截然相反的表面润湿特性,也决定它们的吸收特性具

有较大差别,这也解释了为什么在加香过程中,造纸法烟草薄片具有较好的吸收性,而烟叶的吸收性较差。这种差异性是由表面特性决定的,比较难改变,若要通过表面浸渍涂料涂布方式改变造纸法烟草薄片的表面润湿特性,会带入其他杂质并影响卷烟吸味,所以没有改变的必要。

表1 烟草薄片与天然烟叶对香精润湿性能的比较¹⁾

Table 1 The wetting properties of reconstituted tobacco and natural tobacco leaf in essence

相对湿度/% relative humidity	天然烟叶 natural tobacco leaf/°			烟草薄片 reconstituted tobacco/°		
	θ_A	θ_R	$\theta_A - \theta_R$	θ_A	θ_R	$\theta_A - \theta_R$
40	95.72	73.20	22.52	70.81	48.67	22.14
60	95.20	79.27	15.93	62.18	42.48	19.70

1) θ_A 为前进接触角 advancing contact angle; θ_R 为后退接触角 receding contact angle; $\theta_A - \theta_R$ 为接触角滞后 contact angle hysteresis, 下表同 the same as in following tables

表2 烟草薄片与天然烟叶对水润湿性能的比较

Table 2 The wetting properties of reconstituted tobacco and natural tobacco leaf in water

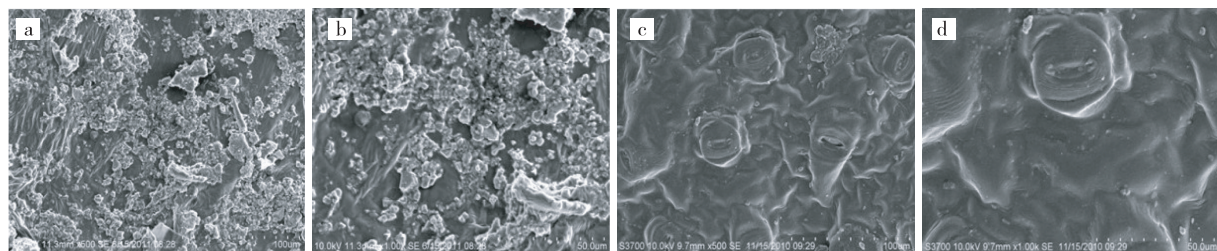
相对湿度/% relative humidity	天然烟叶 natural tobacco leaf/°			烟草薄片 reconstituted tobacco/°		
	θ_A	θ_R	$\theta_A - \theta_R$	θ_A	θ_R	$\theta_A - \theta_R$
40	104.40	90.81	13.59	43.24	13.00	30.24
60	98.70	77.24	21.46	40.84	20.02	20.82

研究还发现,无论是天然烟叶还是造纸法烟草薄片,在40%相对湿度时的接触角滞后现象比60%相对湿度时明显,接触角滞后值大,表明在较低的相对湿度下,烟草薄片对液体的润湿性能更好,具有更好的吸收性。

2.2 造纸法烟草薄片与天然烟叶表面形貌的比较

由于表面粗糙、化学组成不均匀等原因是造成表面润湿特性和接触角滞后现象的主要原因,本研究通过SEM和AFM两种表面分析手段测定造纸法烟草薄片与天然烟叶表面特性,验证动态接触角实验的结论。

2.2.1 SEM分析 SEM是常用的表面形貌分析手段之一。图1(a)~(d)是进口造纸法烟草薄片与天然烟叶的扫描电镜图片。由于造纸法烟草薄片的浆料由烟梗浆、木浆和烟末组成,造纸法烟草薄片表面分布着较多的烟末,有些烟草薄片中还添加一定的碳酸钙调节透气度和燃烧性能,所以表面粗糙度较高。由图1(a)和图1(d)可以看出,相对于造纸法烟草薄片,天然烟叶表面非常平整,结构致密,这可能是造成表面疏液的主要原因之一。从化学成分来说,造纸法烟草薄片表面纤维具有较好的亲液性和润湿性,这与动态接触角的研究结果相一致。



烟草薄片 reconstituted tobacco: a. $\times 500$; b. $\times 1000$;
天然烟叶 tobacco leaf: c. $\times 500$; d. $\times 1000$

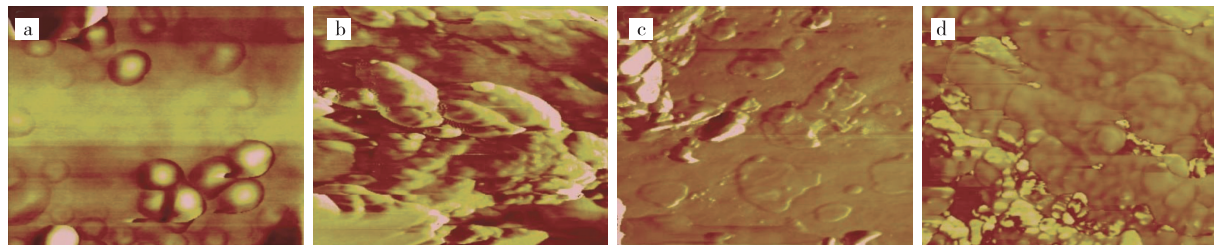
图1 烟草薄片和天然烟叶的SEM图

Fig.1 SEM of reconstituted tobacco and natural tobacco leaf

2.2.2 AFM分析 为了更深入的研究造纸法烟草薄片与天然烟叶的表面特性,采用AFM对烟草薄片和天然烟叶表面结构进行分析。结果如图2(a)~(d)所示。

40%相对湿度下,利用AFM测得的天然烟叶和造纸法烟草薄片的粗糙度分别为37.23 nm和227.99 nm;在60%相对湿度下,测得的天然烟叶和造纸法烟草薄片的粗糙度分别为82.97 nm和105.35 nm。天然烟叶表面粗糙度远低于造纸法烟草薄片,这也验证了动态接触角试验所得到的结论。

对于天然烟叶,在40%相对湿度下,表面粗糙度非常低,随着相对湿度的提高,天然烟叶表面可能附着一些水膜,这些水膜平整性较天然烟叶低,因此在60%相对湿度时粗糙度增大;而对于造纸法烟草薄片,由于在40%相对湿度时表面粗糙度非常高,随着相对湿度的提高,烟草薄片表面吸附一些水膜,由于水膜的粗糙度远低于薄片的表面粗糙度,会使得表面粗糙度降低。



40%湿度 40% relative humidity: a. 天然烟叶 tobacco leaf; b. 烟草薄片 reconstituted tobacco;
60%湿度 60% relative humidity: c. 天然烟叶 tobacco leaf; d. 烟草薄片 reconstituted tobacco

图2 烟草薄片和天然烟叶的AFM图

Fig.2 AFM of reconstituted tobacco and natural tobacco leaf

2.3 讨论

造纸法烟草薄片与天然烟叶的吸收特性差别是由两者表面特性决定的,而且两者具有2种相反的润湿性能,很难通过采用表面施胶浸渍涂布的方式改变,且改变后会引入杂气,影响卷烟的吸味,因此没有改变的必要。造纸法烟草薄片仍然更适合作为风味物质和功能性物质的载体,造纸法烟草薄片将可能沿着由废物利用到功能性载体的趋势继续发展。

3 结论

3.1 采用动态接触角对造纸法烟草薄片、天然烟叶进行研究,结果表明无论是香精还是水作为液体介质,天然烟叶前进接触角都大于 90° ,具有一定的疏液性,润湿性较差;而造纸法烟草薄片表面前进接触角都远小于 90° ,具有较好的亲液性和润湿性。

3.2 SEM研究结果表明天然烟叶表面平整,结构致密,而烟草薄片的烟梗纤维本身具有较好的亲水性,这是使得造纸法烟草薄片与天然烟叶表面润湿的吸收特性产生差别的重要原因之一。

3.3 AFM研究结果表明40%相对湿度下天然烟叶和造纸法烟草薄片的粗糙度分别为37.23 nm和227.99 nm;60%相对湿度下天然烟叶和造纸法烟草薄片的粗糙度分别为82.97 nm和105.35 nm,天然烟叶表面粗糙度远低于造纸法烟草薄片,所以两者表面润湿特性存在差别。

参考文献:

- [1] 韩卿,张美云,吴养育,等.造纸法烟草薄片制造工艺的研究[J].西北轻工业学院学报,2002,20(1):19-22,34.
- [2] 唐兴平,陈学榕,戴达松,等.烟草废弃物造纸法制烟草薄片[J].福建农林大学学报:自然科学版,2007,36(2):205-207.
- [3] 陈祖刚,蔡冰,王建新,等.国内外造纸法薄片工艺与品质比较[J].烟草科技,2002(2):4-10.
- [4] 王丽芳.静电纺丝制备形貌可控纤维及其浸润性研究[D].北京:中国科学院研究生院博士学位论文,2007.
- [5] 杨珊,宫永宽.精确测定表面动态接触角的方法及影响因素[J].西北大学学报:自然科学版,2011,41(5):821-826.
- [6] 王新平,陈志方,倪华钢,等.端羧基化聚苯乙烯的表面性质[J].高等学校化学学报,2005,26(9):1752-1756.
- [7] 赵振国.接触角及其在表面化学研究中的应用[J].化学研究与应用,2000,12(4):370-374.
- [8] CHEN Y L, HELM C A, ISRAELACHVILI J N. Molecular mechanisms associated with adhesion and contact angle hysteresis of monolayer surfaces[J]. The Journal of Physical Chemistry, 1991, 95(26):10736-10747.
- [9] 王晓东,彭晓峰,阎敬春.接触角滞后现象的理论分析[J].工程热物理学报,2002,23(1):67-70.
- [10] MORRA M, OCCHIELLO E, GARBASSI F. Knowledge about polymer surfaces from contact angle measurements[J]. Advances in Colloid and Interface Science, 1990, 32(1):79-116.
- [11] 王新平,陈志方,沈之荃.高分子表面动态行为与接触角时间依赖性[J].中国科学:B辑化学,2005,35(1):64-69.
- [12] 徐清华,秦梦华,石淑兰.表面分析技术在制浆造纸研究中的应用[J].中国造纸学报,2004,19(1):207-211.
- [13] 杨飞.造纸用无机载体抗菌沸石及抗菌纸的研究[D].广州:华南理工大学博士学位论文,2007.