

接装纸材质和激光打孔参数对卷烟的影响研究

徐培刚¹, 潘茹茹¹, 曾静¹, 张大波², 刘丹¹, 马明³

(1.广东中烟工业有限责任公司技术中心, 广州 510385; 2.中国烟草总公司郑州烟草研究院, 郑州 450001; 3.中国烟草标准化研究中心, 郑州 450001)

摘要: **目的** 研究不同材质接装纸和激光打孔参数对在线激光打孔卷烟的影响。**方法** 应用扫描电镜检测卷烟样品的打孔微观结构, 包括纸的表面形貌、打孔的大小、孔间距等指标, 对相应接装纸的卷烟物理指标差异和烟气指标差异以及相关性的研究。**结果** 激光打孔脉冲时间、打孔数量对激光打孔的微观形态有较大影响, 打孔脉冲时间和打孔数量与卷烟烟支吸阻呈线性负相关, 与总通风率呈线性正相关。在相同激光打孔参数下, 不同接装纸材质纸张孔径和孔间距明显不同, 单孔的形态差异较大; 不同材质接装纸对卷烟物理指标影响较小, 对卷烟烟气指标有一定影响。单孔打孔的高质量有利于提高卷烟物理指标和烟气指标的稳定性。**结论** 不同材质接装纸的在线激光打孔应用效果不同, 可以根据烟支设计需要进行选择接装纸材质。

关键词: 在线激光打孔; 接装纸; 扫描电镜

中图分类号: TS452 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)17-0249-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.17.033

Effect of Tipping Paper Materials and Laser Punching Parameters on Cigarette

XU Pei-gang¹, PAN Ru-ru¹, ZENG Jing¹, ZHANG Da-bo², LIU Dan¹, MA Ming³

(1. Technical Center of China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd., Guangzhou 510385, China;
2. Zhengzhou Research Institute of China National Tobacco Corporation, Zhengzhou 450001, China;
3. China Tobacco Standardization Research Center, Zhengzhou 450001, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the effect of tipping paper of different materials and laser punching parameters on the cigarette made by online laser punching. The punching microstructure of cigarette sample was detected by scanning electron microscope, including the surface shape of paper, the size of punching and hole spacing. The differences in physical indexes and smoke indexes of cigarette sample made by corresponding tipping paper were studied and the correlation was explored. Laser punching pulse duration and hole number had great effect on the micro-morphology of laser punching. The punching pulse duration and the number of holes had a linear negative correlation with the cigarette draw resistance and a linear positive correlation with the total ventilation rate. The size and spacing of tipping paper of different materials were obviously different, and the morphology of single hole was also different. Different materials had little effect on physical indexes of cigarette, but had a certain effect on the smoke indexes. The high quality of single hole was beneficial to improving the stability of physical indexes and smoke indexes of cigarette. The application effect of on-line laser punching of tipping paper of different materials is different, but the material of tipping paper can be selected according to the design of cigarette.

KEY WORDS: online laser punching; tipping paper; scanning electron microscope

收稿日期: 2022-05-22

基金项目: 广东中烟科研项目(粤烟工[2019]科字第005号)

作者简介: 徐培刚(1984—), 本科, 工程师, 主要研究方向为烟草工艺。

通信作者: 刘丹(1982—), 博士, 高级工程师, 主要研究方向为烟用材料。

烟用接装纸是用作香烟过滤嘴部分外包装的卷烟包装材料。随着近年来烟草行业的卷制工艺的飞速发展,烟用接装纸在功能和用途上有了很大创新,不再局限于单纯的包装功能,更注重外观设计、印刷效果、打孔降焦等功能搭配^[1-4]。

随着接装纸逐渐多样化,接装纸类型由普通型拓展到烫金、珠光、银转移、镭射等多种类型;卷制新工艺、新材料在接装纸上的广泛应用,在增强接装纸美观的同时,接装纸表面性能也发生了变化。烟支在线激光打孔,是烟支在卷接过程中利用光学手段在成型后的卷烟滤棒中部打上一圈/两圈微孔,由于激光能量高且为脉冲式,从而完全将接装纸、成形纸打穿并穿透滤棒一定深度;接装纸性能不同可能对激光打孔的效果产生影响;目前,关于在线激光打孔不同打孔参数和打孔方式对卷烟滤嘴通风率,以及主流烟气释放量、有害成分释放量、过滤效率等的影响的研究已经比较详尽^[5-10],但关于接装纸的材质对在线激光打孔结构或卷烟常规烟气的影响鲜有报道。鉴于此,文中选择不同材质接装纸,通过在线激光打孔工艺试验,对试验样品进行评价分析,以研究接装纸材质和激光打孔参数对在线激光打孔应用效果影响。

1 试验

1.1 主要材料与仪器

接装纸制作:银转移纸、镭射纸、普通纸采用相应接装纸原纸涂布单色油墨方式制作,绒面纸采用普通纸表面涂布特殊油墨方式制作。

主要材料:银转移纸定量为 39 g/m^2 ,厚度为 $46.2\text{ }\mu\text{m}$;镭射纸定量为 39 g/m^2 ,厚度为 $40.8\text{ }\mu\text{m}$;普通纸定量为 39 g/m^2 ,厚度为 $47.1\text{ }\mu\text{m}$;绒面纸定量为 39 g/m^2 ,厚度为 $42.8\text{ }\mu\text{m}$ 。

仪器:Hitachi S-3700N 台式扫描电镜,SODIMAX 型全能综合测试台。RM 20H 转盘式吸烟机(德国 Borgwalt KC 公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 卷烟样品制作

固定打孔位置,打孔脉冲时间从 20、40、60、80 μs 变化;打孔数量从 10、14、18、22、26 孔变化,考察打孔脉冲时间与打孔数量对卷烟烟支物理指标的影响。

按照仅变化接装纸(不打孔)材质的方法、其他辅材设计参数固定的原则,制备试验卷烟样品。利用在线激光打孔设备(见图1),分别制作孔排数为2、孔数为12、打孔位置(距离唇端)分别为12、13 mm的试验卷烟样品,在线激光打孔打孔脉冲均为40 μs 条件下,以考察不同接装纸材质在线激光打孔后对卷烟通风率及常规烟气成分释放量的影响。

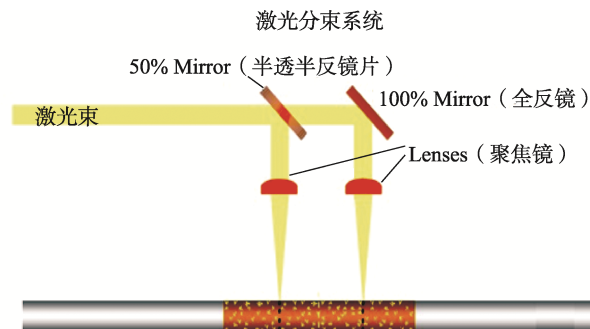


图1 在线激光打孔
Fig.1 Online laser punching

1.2.2 扫描电镜检测方法

扫描电镜样品的前处理^[11]:样品台上贴好导电胶带,选取纸样中具有代表性的区域,在不损伤污染纸面的情况下,剪取 $4\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ 的纸样,撕下导电胶的背纸,将样品直接与胶带粘牢,为了平整和牢固把纸的四边也用导电胶粘牢,但尽量少覆盖纸的表面,然后喷镀处理待测。喷金的参数为在真空度 10 Pa 下,电流 15 mA 喷金 50 s 。

1.2.3 卷烟样品检测方法

依据 GB/T 22838—2009《卷烟和滤棒物理性能的测定》对卷烟样品进行检测,获取卷烟样品的圆周、硬度和吸阻等物理指标数据;依据 GB/T 19609—2004《卷烟用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油》对卷烟样品气相中的总粒相物和焦油进行测定^[12];依据 GB/T 23356—2009《卷烟 烟气气相中一氧化碳的测定 非散射红外法》对卷烟烟气气相中的一氧化碳进行测定^[13];依据 GB/T 23355—2009《卷烟 总粒相物中烟碱的测定气相色谱法》对卷烟烟气气相中的烟碱进行测定^[14]。依据 GB/T 23203.1—2013《卷烟 总粒相物中水分的测定 第1部分:气相色谱法》对卷烟烟气气相中的水分进行测定^[15]。

2 结果与分析

2.1 不同激光打孔参数的打孔微观结构分析

激光打孔是一种复杂的热物理过程,影响激光打孔质量的因素很多,如激光脉冲、激光模式、聚焦条件等等;通过设定打孔脉冲时间和打孔数量来调节打孔的参数。由于烟支激光打孔所成型的孔均匀分布于在双倍长烟支滤嘴的一圈,其非常小肉眼并不可见,可以通过扫描电镜进行观察和检测分析。图2和图3分别为不同激光脉冲时间和不同打孔数量的打孔微观结构。从图2和图3结果来看,激光打孔的孔径随打孔脉冲时间的增加会逐渐增加,孔的结构随脉冲时间由近似圆形逐渐变为椭圆形,打孔孔径随打孔孔数的增加逐渐减少,孔数增多后,孔洞结构逐渐有拖尾

的现象。脉冲时间和打孔数量需选择一个组合, 该组合使得孔被烧灼的边缘干净且又不烧进醋酸纤维过深。为保证打孔质量, 脉冲时间和孔数的选择均需控制在合理的范围内, 建议脉冲时间在 20~60 μs; 打孔数量选择 10~14 孔。

2.2 不同材质接装纸打孔微观结构分析

激光打孔是用激光照射到纸张表面上开始加工的, 纸张表面的状态, 对光的反射率有直接影响, 表面越精细粗糙度越小, 则反射率越大, 激光打孔稳定性越困难。用扫描电镜来观察不同材质接装纸样品的打孔微观结构, 包括纸的表面形貌, 打孔的大小、形貌、孔间距。各种类型的特种纸张的正面从电镜检测数据分析表明, 见表 1, 绒面纸、银转移纸、镭射纸、普通纸的孔径和孔间距明显不同, 在相同激光打孔参数下, 银转移纸孔径最大, 镭射纸孔径最小。为便于了解各种纸张在线激光打孔后孔洞的表面形态, 将图像放大 500 倍后 (图 4—7) 发现, 绒面纸打孔处有油墨片状剥离且孔有拖尾现象, 银转移纸打孔处较为规整, 镭射纸打孔处有油墨片状剥离且孔有拖尾现象, 普通纸打孔处较规整且孔呈椭圆, 不同材质纸张打孔单孔的形态差异较大, 这可能与纸张的墨层厚度有关。银转移纸表面有镀铝, 墨层和铝层叠加厚度大;

绒面纸表面涂布触感油, 上墨量高, 墨层较厚; 普通纸涂布珠光油墨和光油, 墨层也较厚; 镭射纸, 为体现镭射效果, 墨层较薄, 因此, 在线激光打孔后, 银转移纸孔径最大, 镭射纸孔径最小。为了尽可能得到均匀的孔型, 在产品开发设计过程中, 可以对不同材质激光打孔参数进行调整。

2.3 不同激光打孔参数对卷烟物理指标影响

固定打孔位置, 考察了不同打孔脉冲时间、打孔数量对物理指标的影响, 结果见图 8。通过回归分析, 得出了在线激光打孔数量与卷烟烟支吸阻和总通风率的关系方程, 卷烟烟支吸阻与在线激光打孔数量呈负相关, 回归方程为 $y=1\,450-27.00x$; 卷烟烟支总通风率与在线激光打孔数量成正相关, 回归方程为 $y=33.82+1.278x$ 。固定打孔孔数, 通过回归分析, 得出了在线激光打孔脉冲时间与卷烟烟支吸阻和总通风率的关系方程, 卷烟烟支吸阻与在线激光打孔打孔脉冲时间呈负相关, $y=1\,694-5.875x$; 卷烟烟支总通风率与在线激光打孔脉冲时间成正相关, 回归方程为 $y=26.51+0.276\,3x$ 。综上所述, 卷烟烟支吸阻随打孔脉冲时间和打孔数量增加而减少; 卷烟烟支总通风率随打孔脉冲时间和打孔数量增加而增加。通过调整在线打孔脉冲时间和打孔数量, 达到目标的卷烟吸阻和总通风率指标。

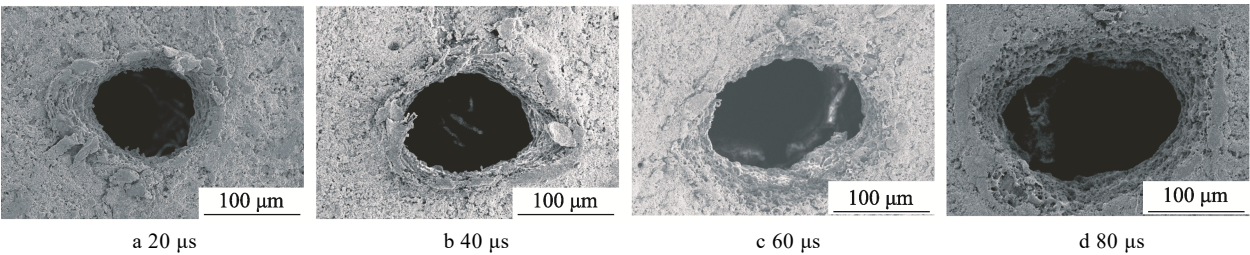


图 2 不同打孔脉冲时间在线激光打孔扫描电镜照片
Fig.2 SEM photos of online laser punching for different pulse duration

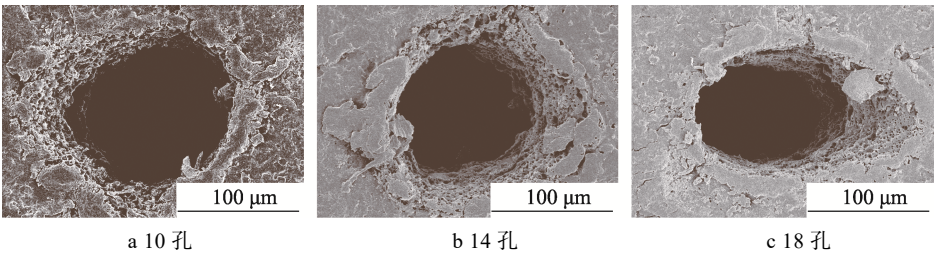


图 3 不同打孔数量在线激光打孔扫描电镜照片
Fig.3 SEM photos of online laser punching with different hole numbers

表 1 不同接装纸材质的扫描电镜检测数据
Tab.1 SEM test data of tipping paper of different materials

样品编号	接装纸	孔径/μm	孔间距/mm
T1	绒面纸	145.1	1.25
T2	银转移纸	151.1	1.25
T3	镭射纸	136.9	1.24
T4	普通纸	141.1	1.23

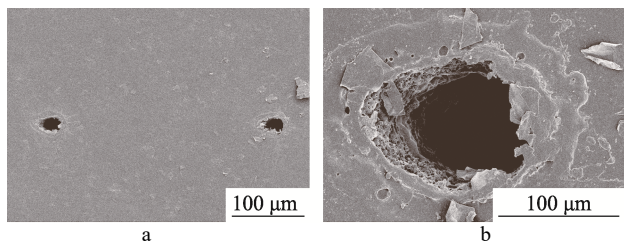


图4 绒面纸在线激光打孔扫描电镜照片

Fig.4 SEM photos of online laser punching on suede paper

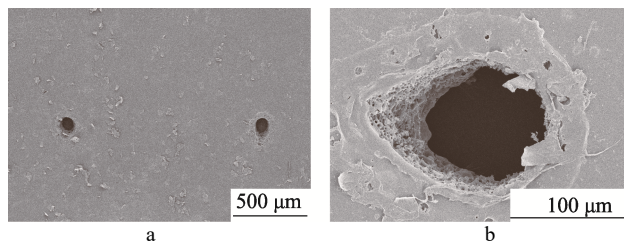


图6 镭射纸在线激光打孔电镜照片

Fig.6 SEM photos of online laser punching on laser ambulant paper

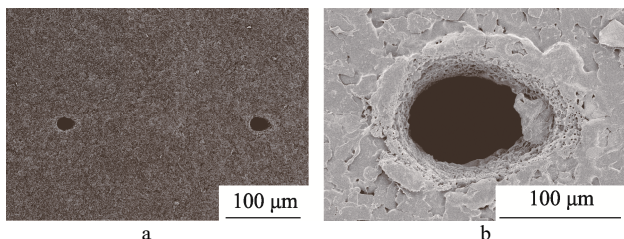


图5 银转移纸在线激光打孔电镜照片

Fig.5 SEM photos of online laser punching on silver transfer paper

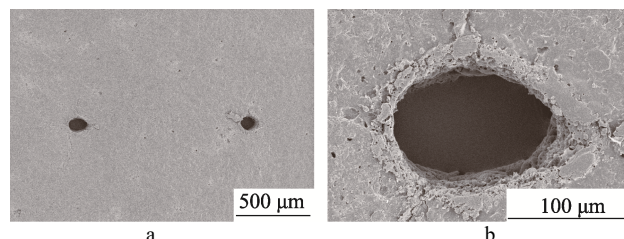


图7 普通纸在线激光打孔电镜照片

Fig.7 SEM photos of online laser punching on plain paper

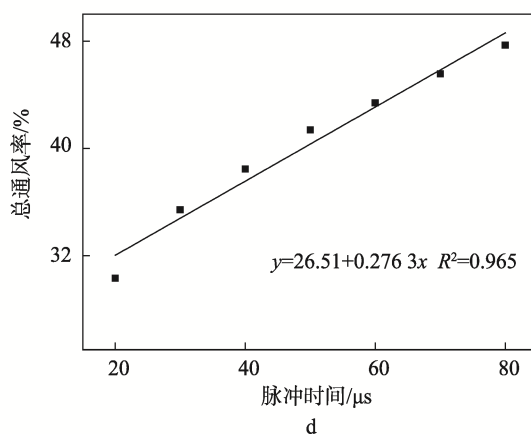
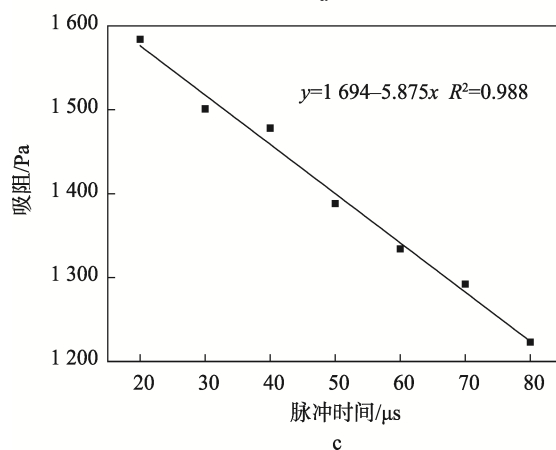
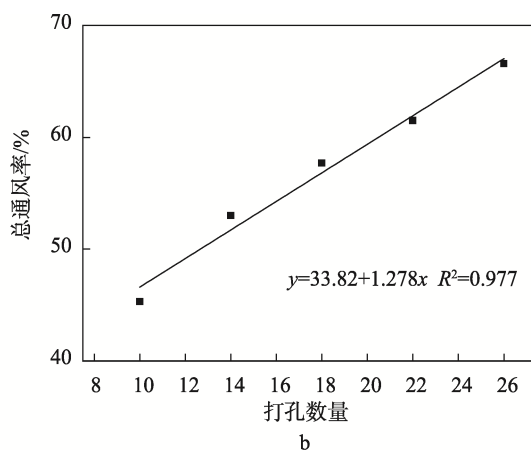
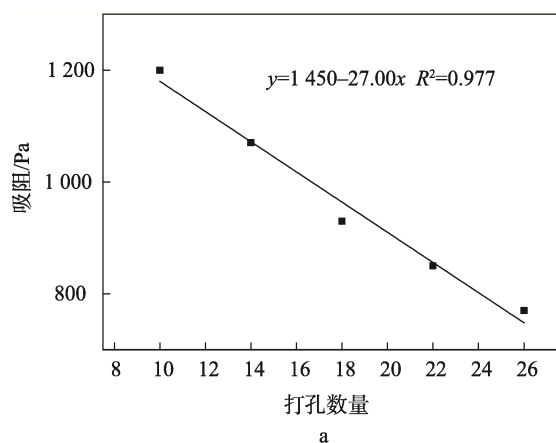


图8 在线激光脉冲时间和打孔数量与卷烟烟支吸阻、总通风率的回归分析图

Fig.8 Regression analysis of pulse duration and hole number with cigarette draw resistance and total ventilation rate

2.4 不同材质接装纸对卷烟物理指标的影响

在线激光打孔打孔脉冲均为 40 μs 的条件下, 采用细支卷烟参数、不同材质接装纸分别进行实验。卷

烟样品质量、吸阻、圆周、硬度其结果见表2。从表2中可以看出, 卷烟样品的物理指标参数略有差异, 硬度从 56.1%到 57.7%之间变化, 镭射纸卷烟硬度略有升高; 总通风率在 40.1%到 40.7%之间变化。

2.5 不同材质接装纸对卷烟烟气指标的影响

卷烟样品烟气指标见表 3。从表 3 中可以看出, 卷烟样品烟气指标数据差异不明显, 抽吸口数方面差异较小, 仅在个别指标上有微弱差异。对于普通纸在线打孔卷烟, 焦油量和一氧化碳量有所降低, 水分含量有所降低, 这与普通纸孔的结构有一定关系, 普通纸打孔孔形保持较好, 不存在拖尾现象, 抽吸过程有利于空气进入烟支中, 从而起到稀释烟气, 降低焦油量和一氧化碳量的效果。同等接装纸参数条件下, 接装纸的不同材质对烟气指标有一定影响。通过调节激

光打孔, 保持好的打孔形状, 对后续卷烟烟气指标稳定性有较大影响。

2.6 不同批次在线激光打孔卷烟物理指标和烟气指标稳定性评价

采用细支卷烟参数、普通接装纸分别进行实验, 在线激光打孔打孔脉冲均为 $(40\pm3)\mu\text{s}$ 条件下, 其物理指标和烟气指标见表 4。从表 4 中可以看出, 批次 2、3 的卷烟指标波动性稍大, 经过对激光打孔的孔形状进行微调后, 批次 4 和 5 卷烟样品吸阻、总通风率、焦油量、烟气烟碱量、一氧化碳均具有较好的重现性。

表 2 不同材质接装纸卷烟样品烟支物理指标分析
Tab.2 Analysis of physical indexes of cigarette samples made by tipping paper of different materials

样品编号	质量/g	圆周/mm	吸阻/Pa	硬度/%	总通风率/%	含水率/%
T1	0.575	16.96	1360	56.7	40.1	12.17
T2	0.572	16.94	1350	56.1	40.5	12.24
T3	0.58	16.96	1360	57.7	40.2	12.1
T4	0.576	16.98	1340	57	40.7	12.07

表 3 不同材质接装纸卷烟样品烟气指标分析
Tab.3 Analysis of smoke indexes of cigarette samples made by paper of different materials

样品编号	焦油量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	总粒相物质质量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	抽吸口数 ($\text{口}\cdot\text{支}^{-1}$)	总粒相物中水分含量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	烟气烟碱量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	一氧化碳/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)
T1	8.4	10.58	5.1	1.47	0.7	6.8
T2	8.1	10.28	5	1.46	0.68	6.7
T3	8.3	10.44	5.3	1.44	0.71	6.8
T4	8.1	10.18	5.1	1.36	0.7	6.3

表 4 不同批次卷烟样品物理指标和烟气指标分析
Tab.4 Analysis of physical indexes and smoke indexes of different batches of cigarette samples

批次	质量/g	圆周/ mm	吸阻/Pa	硬度/ %	总通风 率/%	含水率/ %	焦油量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	总粒相 物质质量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	抽吸 口数 ($\text{口}\cdot\text{支}^{-1}$)	总粒相物中 水分含量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	烟气烟 碱量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	一氧化碳/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)
1	0.557	17.03	1 190	55.1	47.3	12.58	7.7	9.32	5.2	0.92	0.7	6.2
2	0.552	17	1 180	58.4	44.5	12.77	7.9	9.68	5.4	1.07	0.68	6.4
3	0.561	17.02	1 200	56.1	46.8	12.94	8	9.7	5.2	1.04	0.69	6.5
4	0.568	17.02	1 180	56.5	48.7	12.66	7.6	9.36	5.4	1.08	0.68	6
5	0.569	17.02	1 180	56.4	47.9	12.5	7.7	9.34	5.3	1	0.68	6.2

3 结语

通过上述试验和结果分析, 得到结论如下。

1) 激光打孔脉冲时间、打孔数量对激光打孔的微观形态有较大影响, 激光打孔的孔径随打孔脉冲时间的增加会逐渐增加, 打孔孔径随打孔孔数的增加逐渐减少。为保证打孔质量, 脉冲时间和孔数的选择均需控制在合理的范围内, 建议脉冲时间在 20 ~ 60 μs ; 打孔数量选择 10 ~ 14 孔。针对具体的机台, 我们分别建立了打孔脉冲时间和打孔数量与卷烟烟支吸阻、总通风率回归方程, 可根据卷烟吸阻和总通风率的设计值选择合适的激光打孔参数。

2) 在相同激光打孔参数下, 不同接装纸材质纸张孔径和孔间距明显不同, 单孔的形态差异较大。银转移纸孔径最大, 镭射纸孔径最小。不同材质接装纸对卷烟物理指标影响较小, 对卷烟烟气指标有一定影响。为使不同材质的接装纸满足卷烟设计需要, 需选择得到均匀的孔型的激光打孔参数, 这样后续卷烟样品物理指标和化学指标均具有较好的重现性。

参考文献:

- [1] 赵荣艳, 杨江涛, 王安. 新型烟用接装纸及其应用现状简述[J]. 纸和造纸, 2021(4): 26-31.
ZHAO Rong-yan, YANG Jiang-tao, WANG An. Application Status of New Tipping Paper for Cigarettes[J]. Paper and Paper Making, 2021(4): 26-31.
- [2] 顾健龙, 孟红明, 马静, 等. 烟用纸张的应用研究进展[J]. 化工设计通讯, 2017(1): 89-91.
GU Jian-long, MENG Hong-ming, MA Jing, et al. Review on Application of Cigarette Paper[J]. Chemical Engineering Design Communications, 2017(1): 89-91.
- [3] 曹伏军, 解晓翠, 刘畅, 等. 等离子和静电打孔接装纸特性及其对卷烟物理和常规烟气指标的影响[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(3): 21-26.
CAO Fu-jun, XIE Xiao-cui, LIU Chang, et al. Characteristics of Plasma and Electrostatically Perforated Tipping Papers and Their Influence on Physical and Regular Smoke Indicators of Cigarettes[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2021, 27(3): 21-26.
- [4] 杨金龙, 王文婷, 朱萍, 等. 接装纸透气度对卷烟烟气及感官质量影响的 PLS 回归分析[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2021, 33(3): 86-90.
YANG Jin-long, WANG Wen-ting, ZHU Ping, et al. Influence of the Air Permeability of Tipping Paper on Smoke Chemical Components and Sensory Quality of Cigarettes by Partial Least Squares Regression[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Science and Technology), 2021, 33(3): 86-90.
- [5] 崔春, 楚文娟, 田海英, 等. 打孔方式对细支卷烟滤嘴通风率及感官品质的影响[J]. 轻工学报, 2020, 35(4): 40-45.
CUI Chun, CHU Wen-juan, TIAN Hai-ying, et al. Effects of Perforation on Filter Ventilation Rate and Sensory Quality of Slim Cigarette[J]. Journal of Light Industry, 2020, 35(4): 40-45.
- [6] 高明奇, 顾亮, 李明哲, 等. 在线打孔参数对细支卷烟理化指标的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 200-203.
GAO Ming-qi, GU Liang, LI Ming-zhe, et al. Effects of Online Laser Perforation Parameters on Physical and Chemical Indexes of Fine Cigarettes[J]. Food & Machinery, 2017, 33(11): 200-203.
- [7] 曹伏军, 解晓翠, 汪旭, 等. 在线激光打孔参数对卷烟通风率及常规烟气成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2014(11): 45-49.
CAO Fu-jun, XIE Xiao-cui, WANG Xu, et al. Effects of Online Laser Perforation Parameters on Cigarette Ventilation Rate and Deliveries of Routine Smoke Constituents[J]. Tobacco Science & Technology, 2014(11): 45-49.
- [8] 何峰, 袁琳, 刘伟, 等. 在线激光打孔对卷烟烟气及感官质量的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(7): 86-88.
HE Feng, YUAN Lin, LIU Wei, et al. Effect of On-Line Laser Drilling on Smoke and Sensory Quality of Cigarette[J]. The Food Industry, 2020, 41(7): 86-88.
- [9] 邬金余. 烟支在线激光打孔系统设计及其关键技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2020, 1-90.
WU Jin-yu. Design of Cigarette Online Laser Drilling System and Research on Its Key Technology[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2020.
- [10] 陈明明. 基于双 ARM 和 CPLD 的水松纸在线激光打孔系统设计[D]. 镇江: 江苏大学, 2016: 1-67.
CHEN Ming-ming. Design of Tipping Paper Online Laser Drilling System Based on Dual ARM and CPLD[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016.
- [11] 黄滢波, 王若韞. 制浆造纸学科的扫描电镜样品制备及成像探讨[J]. 中国造纸学报, 2020(3): 46-52.
HUANG Yan-bo, WANG Ruo-yun. Discussion on SEM Sample Preparation and Imaging Techniques in Pulp and

Paper Discipline[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2020, 35(3): 46-52.

[12] GB/T 19609—2004, 卷烟用常规分析吸烟机测定-总粒相物和焦油[S].

GB/T 19609—2004, Cigarette-Determination of total and Nicotinefree Dry Particulate Matter Using a Routine Analytical Smoking Machine[S].

[13] GB/T 23356—2009, 卷烟 烟气气相中一氧化碳的测定 非散射红外法[S].

GB/T 23356—2009, Cigarette—Determination of Carbon Monoxide in the Vapour Phase of Cigarette Smoke—NDIR Method[S].

[14] GB/T 23355—2009, 卷烟 总粒相物中烟碱的测定气相色谱法[S].

GB/T 23355—2009, Cigarette—Determination of Nicotine in Smoke Condensates Gas- Chromatographic Method[S].

[15] GB/T 23203.1—2013, 卷烟 总粒相物中水分的测定 第 1 部分: 气相色谱法[S].

GB/T 23203.1—2013, Cigarettes-Determination of Water in Smoke Condensates-Part 1: Gas-Chromatographic Method[S].

责任编辑: 曾钰婵