

周利军, 郑力文, 李洪涛, 等. 压梗和切梗工序对片状梗丝成丝特性的影响 [J]. 中国烟草学报, 2020, 26 (5). ZHOU Lijun, ZHENG Liwen, LI Hongtao, et al. Effects of stem rolling process and stem cutting process on filamentation characteristics of flake cut stem [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2020, 26 (5). doi: 10.16472/j.chinatobacco.2020.067

压梗和切梗工序对片状梗丝成丝特性的影响

周利军¹, 郑力文¹, 李洪涛^{2*}, 关欣¹, 张东¹,

李高坡¹, 朱波¹, 王新辉¹, 王银龙¹

1 山东中烟工业有限责任公司青岛卷烟厂, 青岛市崂山区株洲路137号 266100;

2 山东中烟工业有限责任公司技术中心, 青岛市崂山区株洲路137号 266100

摘要: 为探讨片状梗丝成丝特性, 采用常规切丝机 (SD5 辊切式) 和新型复切设备 (轧切式) 对片状梗丝进行复切, 对比分析丝状梗丝物理特性。结果表明: (1) 与压梗相比, 未压梗处理后梗片结构稍有提高, 表观密度和真密度降低, 剪切力和穿透力强, 柔软度好, 抗破碎性较好; (2) 试验范围内, 随着切梗厚度的增加, 梗片尺寸增加, 表观密度、真密度以及力学特性指标整体上呈现增加趋势, 当切梗厚度为 0.15 mm 时梗片耐加工性好; (3) 复切后丝状梗丝结构变化明显, 尺寸减小, 与常规切丝机 (SD5 辊切式) 相比, 轧切式复切设备制得丝状梗丝具有较高的填充值和弹性, 梗丝宽度均匀性较好, 成丝效果明显。

(4) 生产线验证结果表明: 轧切式复切设备运行稳定性较好, 无故障率为 98.04%, 梗丝宽度合格率和出丝率分别达到 99.4% 和 68.68%, 出丝质量较辊切式复切有所提高。

关键词: 压梗; 切梗; 片状梗丝; 丝状梗丝; 轧切式复切; 成丝特性

梗丝具有较强的填充性和良好的燃烧性^[1-2], 能改善卷烟燃烧性能, 降低卷烟主流烟气释放量等^[3-5]。目前主要是通过烟梗预处理或利用现有切丝设备进行制梗丝^[6-7], 而制得梗丝形态多为片状, 在卷烟掺配均匀性方面存在一些问题, 因此, 必须使梗丝的物理形态尽可能地接近叶丝。陈景云等^[8]通过对比直接切梗丝法和压梗切梗丝法两种工艺研究得出, 复切式制梗丝工艺能有效提高梗丝掺配后在各烟支段及卷烟烟丝柱中的分布均匀性, 卷烟产品内在质量稳定, 烟支吸阻和烟气焦油量降低。许衡等^[9]通过在预处理工段将烟梗加工成丝状梗丝, 并掺兑到卷烟中, 结果表明: 丝状梗丝有效利用率、卷烟卷制质量和稳定性提高, 烟气质量稳定性得到提高。丁美宙等^[10]对微波膨胀烟梗进行两次切丝, 制成微波条状梗丝, 并掺配到卷烟中进行应用效果评价, 结果表明: 采用微波

膨胀制得条状梗丝, 整体尺寸较小, 结构更均匀, 总糖和还原糖高, 掺配卷烟后烟支单支质量标准偏差较小, 吸阻标准偏差较大, 抽吸口数较少, 主要烟气指标产量降低, 燃烧性好, 能显著改善口感特性。由于梗丝与烟叶差异较大, 采用现有切丝设备进行复切不利于成丝, 行业内对烟叶的物理特性有所研究^[11], 而梗片复切适应性加工及设备研究较少。基于此, 本文首先研究不同形变参数制得梗片的加工特性, 然后对比分析现有切丝机 (SD5 辊刀式) 和新型复切设备 (轧切式) 对丝状梗丝物理质量的影响, 为梗片复切工艺及设备研发提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

材料: 某牌号配方烟梗。

作者简介: 周利军 (1991—), 硕士, 主要研究方向为烟草加工技术, Email: 1058009348@qq.com

通讯作者: 李洪涛 (1982—), Tel: 15898871120, Email: lihongtao022@126.com

收稿日期: 2020-03-24; **网络出版日期:** 2020-10-10

试剂：正己烷（AR，西陇化工股份有限公司），洗涤剂，高纯氮气（99.999%，西陇化工股份有限公司）。

1.2 仪器与设备

PL203 型电子天平（梅特勒~托利多仪器（上海）有限公司）；KBF 型恒温恒湿箱（德国 Binder 公司）；GDS-410 型梗丝填充值检测仪（郑州嘉德机电科技有限公司）；抗破碎仪；YB-3 型烟丝振动分选筛；ZD-T25 筛分仪（德国 Haver&Boecker 公司）；智能烟丝弹性测定仪（郑州嘉德机电科技有限公司）；UltraPYC1200e 真密度分析仪（美国 Quantachrome 公司）；TA.XT Plus 质构仪（英国 Stable Micro System 公司）；CWT200 烟丝宽度测定仪（中国科学院安徽光学精密机械研究所）；青岛卷烟厂制梗线生产线，轧切式梗丝复切设备（自主研制）。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

①首先，物料经浸梗、贮梗后分别进行压梗和未压梗试验（压梗厚度 0.8 mm、切丝厚度为 0.13 mm）；然后在未压梗处理条件下，进行切丝试验，根据设备要求，设置切丝厚度为 0.13 mm、0.15 mm、0.17 mm，物料流量 2800 kg/h，均采用滚筒干燥，蒸汽流量 245 kg/h。②取压梗试验后样品，分别采用切丝机（SD5）和轧切设备进行复切，切丝宽度为 1.0 mm，物料流量为 300 kg/h。待设备参数运行稳定时，分别在梗丝干燥设备和复切设备出口进行取样，将样品置于相对湿度（60±2）%、温度（22±1）℃ 的环境中平衡 48 h 备用。

1.3.2 测试方法

（1）梗丝填充值、弹性和结构测定：按照文献^[12-14]测定样品填充值、弹性和结构。

（2）梗片密度测定：取平衡后样品自然堆积在体积和重量恒定的容器中，待样品平铺满时称取容器

总质量，堆积密度计算如公式（1）所示：

$$\rho = \frac{M_1 - M_0}{V_0} \quad (1)$$

其中： V_0 为容积体积，单位 cm^3 ， M_0 和 M_1 分别为容器铺满样品前后的重量，单位为 g， ρ 为堆积密度，单位为 g/cm^3 ；

表观密度和真密度按照文献^[15]测定。

（3）梗片力学特性测定：选取大小均匀，结构完整的梗片，并进行固定，采用质构仪恒速下压法测定梗片剪切强度和穿透力，下降速率为 30 mm/min，重复 3 次取平均值；按照文献^[16-17]测定梗片柔软度抗破碎性。

（4）梗丝宽度、长度：每个样品取 30 根，采用烟丝宽度测量仪对样品宽度和长度进行测定。其中，将宽度 1.0 mm、厚度 0.15 mm、形态近似叶丝的梗丝定义为丝状梗丝。

1.3.3 数据处理与分析

采用 SPSS、Origin 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 压梗工序对片状梗丝加工性能的影响

（1）梗丝物理指标

表 1 为压梗处理样品主要物理指标对比检测结果。由表 1 可知，与未压梗相比，梗丝结构方面，压梗处理后梗片整丝率、长丝率和碎丝率分别降低 3.31%、8.88% 和 0.24%，中丝率和短丝率分别增加 5.58% 和 3.55%；弹性降低 6.85 百分点；而真密度和表观密度稍有增加，堆积密度变化不大。烟梗受到外界机械力的作用，切丝后宏观上烟梗形态变化较大，后序加工过程中梗片韧性降低，烘后梗片物理质量下降。同时在一定程度上破坏了烟梗内部结构，造成内孔体积减小，真密度和表密度增加。

表 1 压梗处理梗丝物理指标测定结果

Tab. 1 Results of physical indexes of cut stem in stem rolling process

处理	梗丝结构 / %					弹性 / %	密度 / (g/cm^3)		
	整丝率	长丝率	中丝率	短丝率	碎丝率		堆积密度	表观密度	真密度
未压梗	90.00	62.22	27.77	8.23	1.78	49.30	0.0464	0.9474	1.2918
压梗	86.69	53.34	33.35	11.78	1.54	42.45	0.0476	1.1008	1.3452
极差	-3.31	-8.88	5.58	3.55	-0.24	-6.85	0.0012	0.1535	0.0534

注：极差=压梗 - 未压梗，下同。

(2) 力学特性

对样品进行主要力学特性测定, 结果见图 1 和图 2。从图 1 可以看出, 与未压梗处理相比, 压梗处理后梗片剪切力、穿透力和柔软度分别降低 8.64%、4.23% 和 4.6%, 表明压梗处理后梗片的剪切性和穿透性减小, 柔软性增加, 其中柔软度值和柔软性呈负相关关系, 柔软度值越小柔软性越好。而柔软性的增加可能是由于外力破坏了烟梗内部纤维组织结构。图 2 为压梗处理样品梗片抗破碎性检测 results 和拟合曲线图。由图 2 可知, 压梗处理梗片破碎前后特征尺寸为 2.58 mm、2.45 mm, 分别较未压梗处理梗片低 0.27 mm、0.28 mm, 而破碎度增加 0.55 个百分点, 达到 4.90%, 表明采用压梗处理制得梗片形态相对偏小, 抗破碎性降低, 耐加工性稍弱。

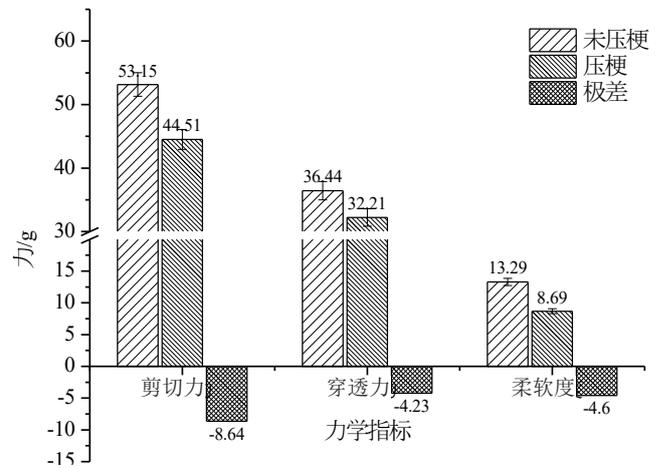
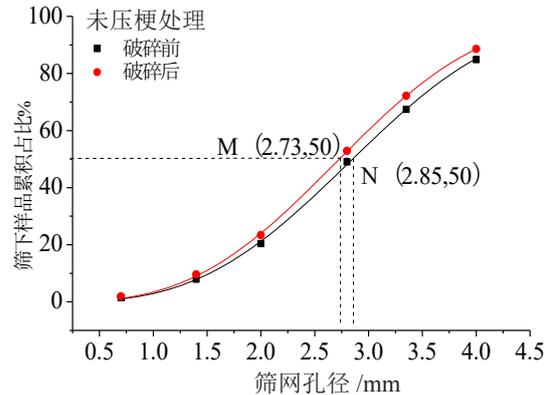
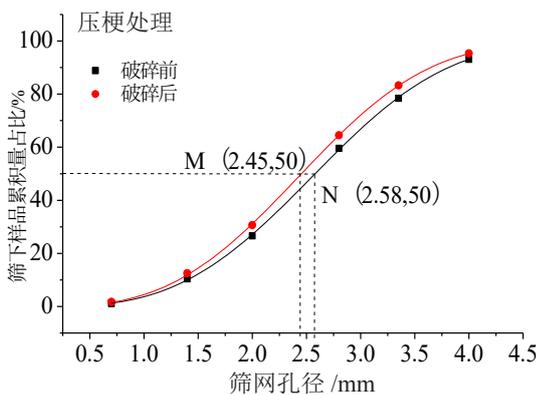


图 1 压梗处理梗片力学特性柱状图

Fig. 1 Bar graph of mechanical properties of flake cut stem in stem rolling process



注: 图中 M/N 点横坐标表示为特征尺寸, 下同。

图 2 压梗处理梗片抗破碎性拟合曲线图

Fig. 2 Fitting curves of crush resistance of flake cut stem in stem rolling process

2.2 切梗厚度对片状梗丝加工性能的影响

(1) 梗丝物理指标

不同切梗厚度处理后梗片主要物理指标检测结果见表 2。由表 2 可知, 随着切梗厚度增加, 梗丝结构方面整丝率和长丝率升高, 短丝率和碎丝率降低,

但变化不明显; 弹性变化无明显规律, 当切梗厚度为 0.13 mm 时梗片弹性最高, 达到 49.30%。梗片表观密度和真密度均增加, 分布在 0.94~1.07 g/cm³ 和 1.27~1.30 g/cm³ 之间, 堆积密度变化不明显。

表 2 不同切梗厚度处理梗丝物理指标测定结果

Tab. 2 Results of physical indexes of flake cut stem with different cutting thickness

切梗厚度 / mm	梗丝结构 / %					弹性 / %	密度 / (g/cm ³)		
	整丝率	长丝率	中丝率	短丝率	碎丝率		堆积密度	表观密度	真密度
0.13	90.00	62.22	27.77	8.23	1.78	49.30	0.0464	0.947	1.292
0.15	91.40	62.26	29.15	7.23	1.36	44.28	0.0461	1.035	1.269
0.17	92.39	66.15	26.24	6.36	1.25	46.42	0.0470	1.068	1.292

(2) 梗片力学特性

不同切梗厚度处理后梗片力学特性测定结果见图3、图4。由图3可以看出，试验范围内，随着切梗厚度增加，梗片剪切力和穿透力呈现增加趋势，表明梗片越厚，抗剪切能力和穿透力越强，而梗片柔软度值呈先降后升趋势；由图4可知，梗片破碎前后的特征尺寸先增加后降低，当切梗厚度为0.15 mm时柔软性和抗破碎性最好，破碎度为4.02%，表明梗片的耐加工性好。

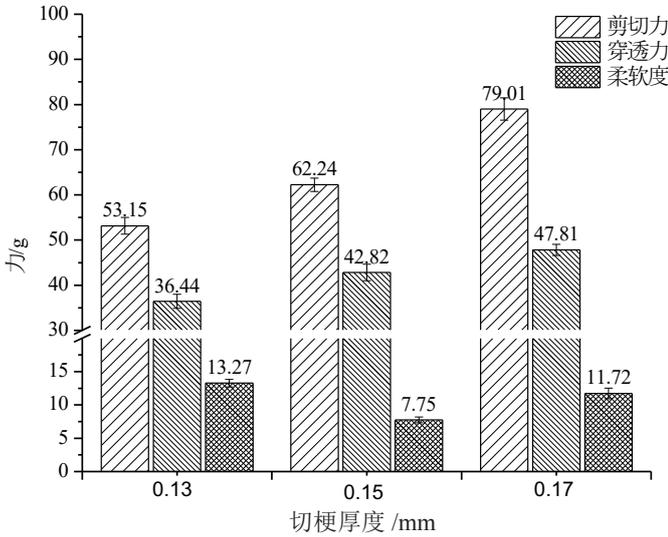


图3 不同切梗厚度处理梗片力学特性柱状图

Fig. 3 Bar graph of mechanical properties of flake cut stem with different cutting thickness

2.3 不同成丝方式对梗丝质量的影响

根据上述梗片力学特性研究，本研究采用自主研发新型复切设备（见图5）与常规切丝设备（SD5 辊刀式）对梗片进行复切，对比分析不同复切方式对片状梗丝成丝效果的影响。

(1) 梗丝结构

采用未压梗处理制得梗片为样品，不同复切设备处理后梗丝结构检测结果见图6。从图6中可以看出，与复切前梗片相比，复切后梗丝结构变化较大，尺寸减小，主要表现在整丝率和长丝率大幅降低，中丝率、短丝率和碎丝率明显增加。采用轧切式复切后梗丝整丝率、中丝率较辊切式（SD5）复切梗丝均增加15个百分点以上，且碎丝率由25.55%降低至7.06%，两者长丝率和短丝率差别不大，可以看出轧切式复切后梗丝整丝率的提高主要是由于中丝率的增加造成。因此，梗丝经复切后片状形态梗丝减少，丝状形态梗丝增加，长丝率减少，而采用轧切式复切，可以有效改善梗丝结构，降低整丝率，提高中丝率。

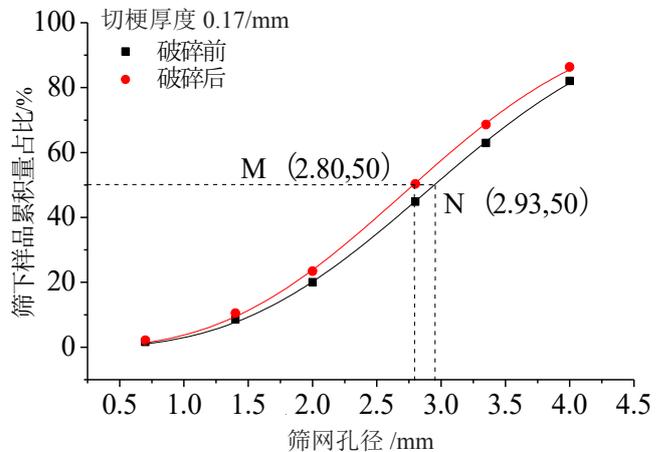
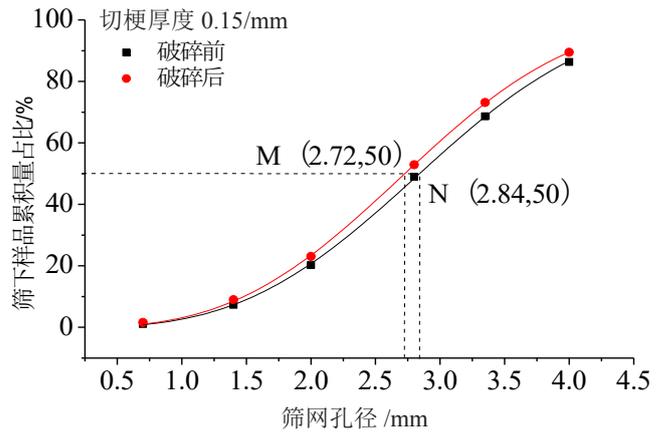
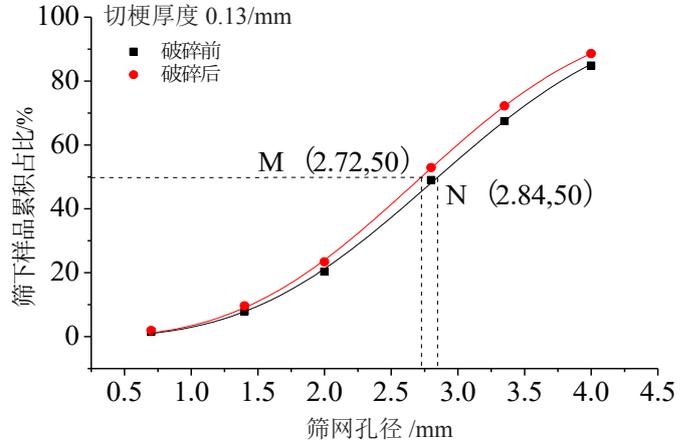


图4 不同切梗厚度处理梗片抗破碎性拟合曲线图

Fig. 4 Fitting curves of crush resistance of flake cut stem with different cutting thickness

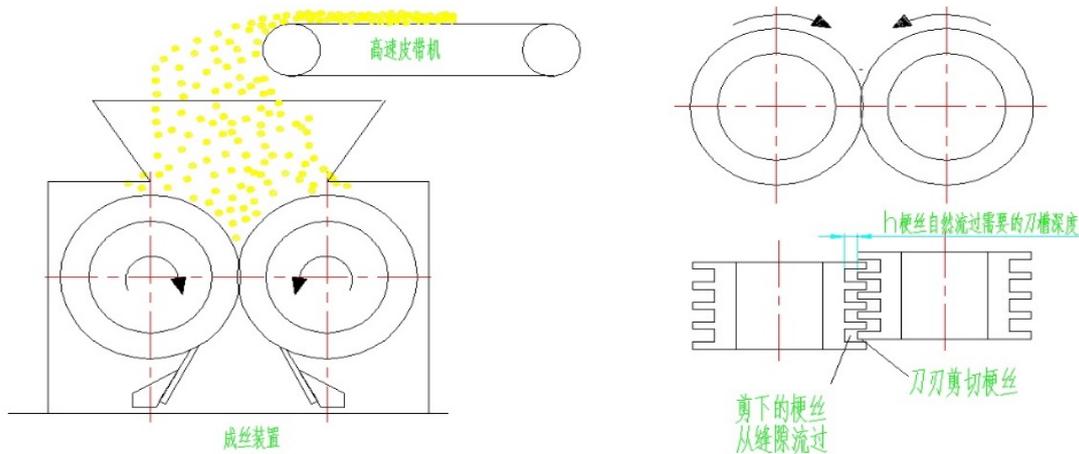


图5 轧切式复切设备示意图

Fig. 5 Schematic diagram of crush re-cutting equipment

(2) 梗丝填充值和弹性

不同复切设备处理后梗丝填充值和弹性检测结果见图7。由图7可知，采用轧切式复切的丝状梗丝填充值和弹性均高于辊刀式(SD5)复切方式处理。其中，填充值增加 $0.25 \text{ cm}^3/\text{g}$ ，达到 $6.30 \text{ cm}^3/\text{g}$ ，梗片弹性提高3.28个百分点。采用轧切式复切加工强度小，有利于提高梗丝的填充能力。

(3) 梗丝宽度和特征长度

采用图像法对两种复切后丝状梗丝宽度和特征长度进行测量，结果见表3。由表3可知，两种复切方式制得丝状梗丝宽度均符合工艺要求($1.0 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$)，形态接近于叶丝；采用轧切式复切设备制得丝状梗丝的特征长度稍大于常规切丝设备(SD5辊刀式)，且梗丝宽度均匀性较好。

表3 两种复切方式梗丝宽度和特征长度测定结果

Tab. 3 Results of thickness and characteristic length of cut stem under different re-cutting methods

复切方式	特征长度 (图像法)/mm	梗丝宽度/mm	
		均值	标准偏差
辊切式(SD5)	3.62	1.052	0.085
轧切式	4.03	1.042	0.047

2.4 生产验证

根据前期研究，辊切式复切梗丝出丝率为33.45%，采用轧切式复切设备进行多批次物料生产验证，流量设置为 400 kg/h ，设备运行情况及梗丝质量

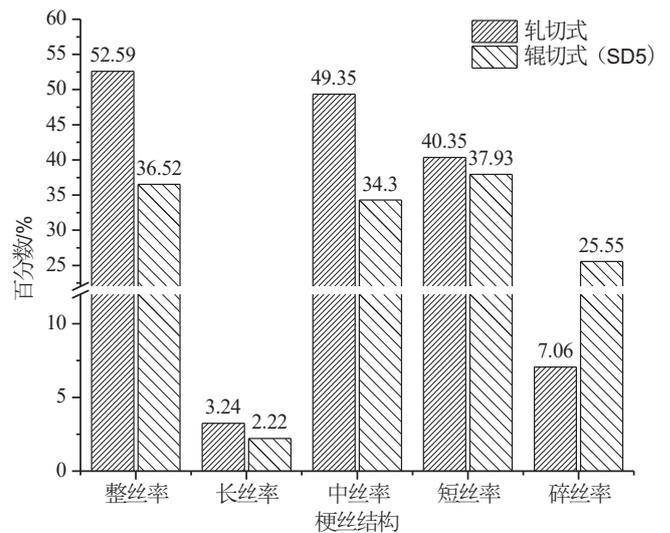


图6 两种复切方式梗丝结构对比柱状图

Fig. 6 Bar graph of structure of filamentous cut stem under different re-cutting methods

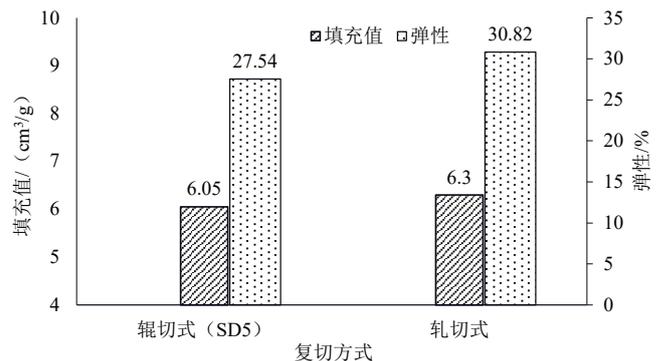


图7 不同复切方式处理梗丝填充值和弹性对比图

Fig. 7 Bar graph of filling value and elasticity of filamentous cut stem under different re-cutting methods

见表4。由表4可知,生产过程中轧切式复切设备稳定性较好,连续无故障率达到98.04%,梗丝宽度合格率和出丝率分别为99.4%和68.68%,出丝率较辊切式复切提高一倍以上。

表4 轧切式复切设备生产验证结果

Tab. 4 Results of production verification of crush re-cutting equipment

批次	投料量 /kg	设备运行情况		梗丝质量		
		停机时间 /min	无故障率 /%	切丝宽度合格率 /%	出丝率 /%	填充值 / (cm ³ /g)
1	400	0	100	99.3	67.18	6.12
2	600	2	97.8	99.4	68.59	6.05
3	800	3	97.5	99.3	70.33	6.20
4	800	2	98.3	99.5	67.62	6.11
5	400	0	100	99.4	68.15	6.06
6	600	2	97.8	99.3	69.84	6.14
7	400	0	100	99.4	67.73	6.16
8	400	2	96.7	99.3	70.36	6.09
9	600	4	95.6	99.5	67.64	6.12
10	400	2	96.7	99.2	69.37	6.08
均值	540	1.7	98.04	99.4	68.68	6.11

注:生产流量设定值为400 kg/h。

3 结论

①与压梗相比,未压梗处理后梗片整丝率、长丝率和碎丝率稍有增加,中丝率和短丝率稍低,表观密度和真密度降低,剪切力和穿透力强,柔软度好和抗破碎性较好。②试验范围内,随着切梗厚度的增加,梗片整丝率增加,短丝率和碎丝率降低,表观密度、真密度以及力学特性指标整体上呈现为增加的趋势,当切梗厚度为0.15 mm时耐加工性较强。③复切后丝状梗丝结构变化明显,尺寸减小,主要表现为整丝率和长丝率大幅降低,短丝率和碎丝率大幅增加;与常规切丝(SD5 辊切式)复切相比,轧切式复切制得丝状梗丝具有较高的填充值和弹性,梗丝宽度均匀性较好。④生产验证表明:轧切式复切设备运行可靠性和稳定性较好,梗丝质量达到要求,其中,设备连续无故障率达到98.04%,丝状梗丝出丝率为68.68%。因此,采用未压梗、切梗厚度0.15 mm制得梗片进行轧切式复切,丝状梗丝成丝特

性较优。目前在片状梗丝物理特性检测方面主要是执行烟叶的相关检测方法,而且丝状梗丝的添加对卷烟质量会有一定地影响。因此,有必要进行关于片状梗丝相关物理指标检测标准以及丝状梗丝对卷烟综合质量的研究,以此提高丝状梗丝在卷烟中的应用效果。

参考文献

- [1] Metzner W, Spallek B, Weiss A. Method and plant for treating tobacco stems for the production of cut tobacco:US,5826590 [P].1998-10-27.
- [2] 陈良元. 卷烟加工工艺 [M]. 郑州:河南科学技术出版社, 1996:138-156.
CHEN Liangyuan. Cigarette processing technology [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1996: 138-156.
- [3] 秦前浩,刘朝贤,戴晓军,等. 卷烟工艺测试与分析大纲 [M]. 成都:四川大学出版社,2004.
QIN Qianhao, LIU Chaoxian, DAI Xiaojun, et al. Cigarette manufacturing technology test and analysis program[M]. Sichuan University Press, 2004.1.
- [4] Smith E T. Method for utilizing tobacco stems in smoking products: US, 076030 [P].1978-02-28.
- [5] Davis D L, Nielsen M T. Tobacco production, chemistry and technology[M]. London: Blackwell,1999:265-284.
- [6] 金勇,谭海风,范红梅,等. 盘磨梗丝对卷烟烟气成分和烟支性能的影响及其应用研究 [C]. 中国烟草学会 2015 年度优秀论文汇编, 2015:254-264.
JIN Yong, TAN Haifeng, FAN Hongmei, et al. Study on the effect of disc milled stem on cigarette smoke composition and performance and its application[C]. Collection of excellent papers of Tobacco Society of China in 2015, 2015:254-264.
- [7] 邹泉,廖晓祥,赵云川,等. 微波膨胀烟梗二次切丝工艺参数研究 [J]. 烟草科技,2015(11):59-64.
ZOU Quan, LIAO Xiaoxiang, ZHAO Yunchuan, et al. Effects of Technical Parameters of Twice Cutting on Quality of Microwave Expanded Cut Stem[J]. Tobacco Science & Technology, 2015(11): 59-64.
- [8] 陈景云,樊杰. 复切式制梗丝工艺研究 [J]. 烟草科技,2004(2): 4-8.
CHEN Jingyun, FAN Jie. The study of stem recutting process [J]. Tobacco Science & Technology, 2004(2):4-8.
- [9] 许衡,姚二民. 丝状梗丝在卷烟中的应用效果研究 [J]. 轻工科技, 2016, 210(5):119-121.
XU Heng, YAO Ermin. Study on the application effect of filamentous stem in cigarette[J]. Light industry Science and Technology,2016,210(5):119-121.
- [10] 丁美宙,熊安言,王海滨,等. 微波膨胀条状梗丝应用效果评价 [J]. 烟草科技, 2015, 48(2):79-84.
DING Meizhou, XIONG Anyan, WANG Haibin, et al. Application Assessment of Microwave Expanded Bar-shaped Stem Shreds [J]. Tobacco Science & Technology, 2015, 48(2):79-84.
- [11] 张玉海,席年生,王岩,等. 造纸法再造烟叶与烟叶部分物理特性指标的对比分析 [J]. 烟草科技, 2015, 48(8):72-75.
ZHANG Yuhai, XI Niansheng, WANG Yan, et al. Comparison of Physical Characteristics Between Paper-making Process

- Reconstituted Tobacco and Tobacco Leaf[J]. Tobacco Science & Technology, 2015, 48(8):72-75.
- [12] YC/T 152—2001 卷烟烟丝填充值的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
YC/T 152—2001 Determination of filling value of cut tobacco[S]. Beijing: China Standard Press, 2004.
- [13] YC-T 186—2004 卷烟烟丝弹性的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
YC-T 186—2004 Determination of elasticity of cut tobacco[S]. Beijing: China Standard Press, 2004.
- [14] YC/T 178—2003 卷烟烟丝整丝率、碎丝率的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
YC/T 178—2003 Determination of percentage of whole and broken tobacco of cut tobacco[S]. Beijing: China Standard Press, 2004.
- [15] YC/T 473—2013 烟丝表观密度、真密度和内孔容积的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
YC/T 473—2013 Determination of apparent density, true density and pore volume of cut tobacco[S]. Beijing: China Standard Press, 2013.
- [16] GB/T 8942—2016 纸柔软度的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
GB/T 8942—2008 Determination of softness of paper[S]. Beijing: China Standard Press, 2016.
- [17] YC/T 351—2010 卷制过程烟丝破碎度的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
YC/T 351—2010 Determination of the degree of fragmentation of cut tobacco[S]. Beijing: China Standard Press, 2010.

Effect of stem rolling process and stem cutting process on filamentation characteristics of flake cut stem

ZHOU Lijun¹, ZHENG Liwen¹, LI Hongtao^{*2}, GUAN Xin¹, ZHANG Dong¹,
LI Gaopo¹, ZHU Bo¹, WANG Xinhui¹, WANG Yinlong¹

1 Qingdao Cigarette Factory, China Tobacco Shandong Industrial Co., Ltd., Qingdao 266101, China;

2 Technology Center, China Tobacco Shandong Industrial Co., Ltd., Qingdao 266101, China

Abstract: In order to explore the filamentation characteristics effect of flake cut stem, conventional cutting machine (SD5 roll cutting type) and new cutting equipment (crush cutting type) were used to recut the flake cut stem, and then the physical characteristics of filamentous cut stems were analyzed. The results showed that: (1) Comparing with rolled stem, unrolled stem had better structure, lower apparent and true density, higher shear force, penetration, softness and crush resistance; (2) The size, apparent density, true density and mechanical properties of cut stem generally showed increasing trend with the increase of stem thickness, the processing resistance of cut stem was the best when stem thickness was 0.15mm; (3) The cut stem exhibited an obvious change of structure after recutting, with its size being reduced. Compared with roll-recutting (SD5), filamentous cut stem made by crush-recutting had a higher filling value, elasticity, homogeneity and filamentation effect. (4) The verification results of the production line show that the crush-recutting machine had a stable operation, with failure free rate of 98.04%, qualified and silk yielding rate of filamentous cut stem of 99.4% and 68.68%, which could improve the silk yielding quality.

Keywords: stem rolling; stem cutting; flake cut stem; filamentous cut stem; crush-recutting; filamentation characteristics

*Corresponding author. Email: lihongtao022@126.com