

研究与开发

热磨机磨片齿刃比负荷对木纤维形态的影响

刘龙, 花军, 张绍群, 陈光伟

(东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 选择8种热磨机磨片,通过计算齿刃比负荷(SEL),并测量其加工纤维样本的长度及长径比,采用线性回归方法建立磨片齿刃比负荷与纤维长度、长径比之间的关联模型。分析结果表明,磨片齿刃比负荷对纤维长度和长径比有显著影响,均为负相关关系,其中对纤维长度的影响更为明显。这一特征可为生产中纤维形态质量预估、热磨机磨片选型及齿形结构设计提供参考。

关键词: 磨片; 齿刃比负荷(SEL); 纤维形态; 纤维长度; 纤维长径比

中图分类号: TS64 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2014)01-0027-04

Refiner Plate Edge Load Effect on Fiber Morphology

LIU Long, HUA Jun, ZHANG Shao-qun, CHEN Guang-wei

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: Special Edge Load(SEL) of 8 different kinds of refiner plates selected were calculated and fiber size (fiber length and aspect ratio) machined by these plates were measured. Regression model of the Special Edge Load and fiber length, aspect ratio were established. Analysis results showed that SEL had significant influence on fiber length and fiber aspect ratio, and influence on fiber length was more obvious than fiber aspect ratio, which could provide reference to fiber quality forecast, refiner plate type selection and design of grinding tooth shape of the plates.

Key words: refiner plate; special edge load (SEL); fiber morphology; fiber length; fiber aspect ratio

热磨机对原料木片的研磨、分离作用,主要依靠动磨盘磨片高速旋转产生的剪切力与离心力,不断将齿槽中的纤维抛向磨齿表面,在摩擦、扭转、剪切等多种力的作用下,纤维发生扭曲、压溃,并逐步分丝、解离^[1-2]。研究发现,磨片磨齿齿刃处是纤维分离作用集中发生的区域,齿刃比负荷(Special Edge Load, SEL)对纤维形态具有重要的影响^[3-5],但目前关于磨片齿刃比负荷与纤维形态、质量之间关系的研究,大都处于定性讨论层面^[6-11]。

因此,本研究尝试定量分析热磨机磨片齿刃比负荷与纤维形态之间的关系,期望建立两者之间的联系,为纤维形态质量预估、热磨机磨片选型及齿形结构优化设计提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 磨片设备

试验选择8种不同齿形结构的磨片,均来自国内8家纤维板生产企业。

磨片具体参数如下:

① 尺寸:磨片3、6为54英寸;其他磨片均为42英寸。

② 型号:磨片3、6为进口磨片,型号分别为54 SC1L24和54 SB020;其余国产磨片无型号。

收稿日期: 2013-10-23; 修改日期: 2013-11-25

基金项目: 国家自然科学基金“连续动载作用解离木纤维的分形机理与建模研究”(31070499)。

作者简介: 刘龙(1989—), 男, 东北林业大学硕士研究生。

责任作者: 花军, 博士, 东北林业大学教授, 博士生导师。

表 1 8 种磨片的计算参数及其齿刃比负荷

Tab. 1 Calculation parameters and special Edge Load(SEL)for 8 kinds of refiner plates

磨片 编号	破碎区			粗磨区			精磨区			SEL/ (J·m ⁻¹)
	齿倾角/°	齿数	齿长/mm	齿倾角/°	齿数	齿长/mm	齿倾角/°	齿数	齿长/mm	
1	-	48	80	-	104	80	7	208	145	3.17
2	13	56	160	13	128	34	13	272	136	3.57
3	18	24	135	18	120	55	18	384	170	3.91
4	30	48	120	30	104	80	30	208	155	3.94
5 _动	4	112	84	4	400	56	4	400	195	4.02
5 _静	4	80	36	4	160	88	4	232	88	
6	56	24	259	39	24	148	39	336	123	4.02
7	15	48	130	15	104	60	15	208	135	4.10
8	16	48	120	16	104	50	16	192	130	4.99

注:1 号磨片的破碎区和粗磨区均为弧形尺;5 号磨片动、静磨盘上的磨片的齿形结构不同,故分别列出;其他 7 种动、静磨盘磨片的齿形结构相同。

③ 形状:磨片 5 为圆环分区 V 形齿磨片,动、静磨盘磨片的齿形结构参数不同;其他 7 种磨片均为扇块分区斜齿磨片,动、静磨盘磨片的齿形结构相同。

④ 分段数:8 种磨片均为 1。

磨片 SEL 的计算方法参照文献^[3]进行,其计算结果与磨片其他参数列于表 1。

1.2 木材原料

用于磨片分离纤维的木材原料,均来源于各纤维板生产企业所在地的林区间伐材和小径木,为松木、杨木及部分硬杂木混合木片。其中,松木和杨木两种木片占 65%以上,近似认为 8 种磨片研磨的原料相同,原料差异对试验结果的影响忽略不计。

1.3 纤维制备

8 家纤维板生产企业的纤维制备工艺参数不尽相同。其中,使用磨片 3、6 的企业,纤维板年产量较大,采用高温快速蒸煮的方法处理原料,蒸煮温度为 220~240℃,蒸煮时间为 3~4 min;其余企业原料蒸煮温度大约为 185~225℃,蒸煮时间约为 5 min。

1.4 样本采集

参考文献^[12]进行。采集试验不同时段纤维样本 20 组,每组测量 20 条,即每种磨片对应测量纤维样本 400 条,纤维尺寸的测量,采用 OLYMPUS BX51 型生物显微镜,配数码摄像头。

1.5 纤维质量评价

参照《木材工业手册》,分段统计纤维长度、长径比的平均值及所占比例,作为该种磨片研磨分离纤维的特征形态。以落叶松早材的纤维长度(3.51 mm)和长径比(60.5)为评价纤维样本尺寸的上限参考值,分别定义为长纤维和大长径比;以大青杨、山杨和小

叶杨的平均纤维长度(1.27 mm)和长径比(47.0)为下限参考值,分别定义为短纤维和小长径比;介于上下极限值之间的纤维为标准纤维。

2 试验结果与分析

2.1 纤维形态测量

8 种磨片制备的纤维样本的长度与长径比测量结果,分别列于表 2、3。

表 2 8 种磨片制备纤维样本的长度分布

Tab. 2 Fiber length distribution from 8 kinds of refiner plates

样本 编号	纤维总 平均长度/ mm	长纤维		标准纤维		短纤维	
		含量/ %	平均长 度/mm	含量/ %	平均长 度/mm	含量/ %	平均长 度/mm
1	3.41	42.6	4.11	57.4	2.90	—	—
2	3.28	34.0	4.04	66.0	2.89	—	—
3	3.20	22.4	3.89	77.6	2.91	—	—
4	3.13	5.9	3.58	94.1	3.19	—	—
5	3.09	29.0	4.36	70.5	2.58	0.5	1.20
6	2.97	19.5	3.97	80.5	2.73	—	—
7	2.89	11.9	4.23	88.1	2.71	—	—
8	2.42	6.5	3.68	93.5	2.33	—	—

表 3 8 种磨片制备纤维样本的长径比分布

Tab. 3 Fiber aspect ratio distribution from 8 kinds of refiner plates

样本 编号	纤维总 平均长径比	大长径比		标准长径比		小长径比	
		含量/ %	平均长 径比	含量/ %	平均长 径比	含量/ %	平均长 径比
1	40.67	4.9	65.51	18.8	52.15	76.3	36.23
2	37.73	3.0	62.65	17.5	51.67	79.5	33.72
3	36.18	5.1	75.64	10.2	52.48	84.7	31.37
4	35.47	—	—	2.9	49.95	97.1	35.18
5	35.15	5.0	69.97	15.5	52.70	79.5	29.66
6	34.58	—	—	8.0	50.13	92.0	33.23
7	35.24	1.9	62.42	4.9	53.11	93.2	33.71
8	33.93	3.7	63.86	7.4	51.67	88.9	30.93

表 2、3 数据显示:除样本 1 外,其余纤维样本中标准纤维长度含量均超过 60%;8 种纤维样本的 70% 以上处于小长径比区间。纤维总平均长度差异 <1 mm;总平均长径比差异不超过 20%。说明 8 种纤维样本总体的形态差异不大。

2.2 齿刃比负荷与纤维形态的回归模型

根据表 1 中列出的磨片齿刃比负荷(SEL),及表 2、3 中列出的纤维总平均长度与总平均长径比的测量结果,可以看出:随着齿刃比负荷(SEL)的增大,纤维长度和长径比呈逐渐减小的变化趋势。以齿刃比负荷为参照进行一元线性回归,如图 1 所示。

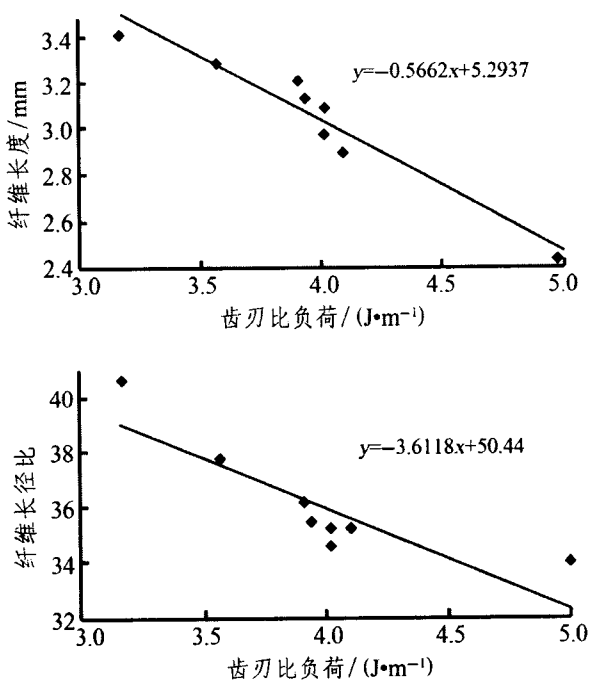


图 1 齿刃比负荷和纤维长度、长径比之间的关系

Fig. 1 Relationship between SEL and fiber length and fiber aspect ratio

为验证回归模型的有效性,分别对图 1 中的模型进行检验分析,结果列于表 4。

表 4 齿刃比负荷与纤维形态之间的回归分析检验

Tab. 4 Regression analysis between SEL and fiber morphology

项目	F 值	P 值	t 值	R ²	标准估计误差 S
纤维长度	82.5164	7.06×10^{-7}	21.2630	0.9322	0.08516
SEL		9.99×10^{-5}	-9.0838		
纤维长径比	17.7025	6.20×10^{-6}	14.7102	0.7469	1.17280
比 SEL		5.63×10^{-3}	-4.2074		

对磨片齿刃比负荷与纤维长度之间的回归式 1: $y = -0.5662x + 5.2937$, 进行拟合程度检验:决定系数 R^2 接近 1, 标准估计误差 S 较小, 说明齿刃比负荷与纤维长度的关系很密切; F 检验、t 检验以及 P 检验的结果均表明:式 1 是较优的回归模型, 因而可以确定, 齿刃比负荷对纤维长度有显著影响。

同理, 对磨片齿刃比负荷与纤维长径比之间的回归式 2: $y = -3.6118x + 50.4396$, 进行检验分析。结果表明:该式亦是一个较优良的回归模型, 可以确定齿刃比负荷对纤维长径比有显著的影响。

分析结果表明, 齿刃比负荷对纤维长径比的影响弱于其对纤维长度的影响。纤维分离是由磨齿切断纤维和纤维间的揉搓作用共同完成, 其中, 前者主要影响纤维长度, 后者主要影响纤维长径比。

磨片的齿刃比负荷, 体现纤维分离时单位长度上磨齿的功率消耗, 其值越小说明磨齿越长, 对纤维的切断作用则越强; 纤维间的揉搓是由纤维运动中的速度差形成的, 磨齿虽然对纤维具有驱动作用, 但磨齿相对长度对纤维运动速度的影响是间接的, 故其影响力略弱。

2.3 回归模型的分析

图 1 显示, 随着齿刃比负荷的增大, 纤维长度和长径比均逐渐减小, 说明齿刃比负荷与纤维长度、长径比之间皆为负相关关系。

在齿刃比负荷为 4 J/m 左右的五个点, 纤维长度和长径比非常接近:纤维长度最长为 3.20 mm、最短为 2.89 mm, 仅相差 0.31 mm; 纤维长径比最大为 36.18、最小为 34.58, 差异不足 5%。此结果很好地验证了已有结论^[13]:不同热磨机磨片对同种木纤维进行热磨时, 如果齿刃比负荷相等, 且其他影响因素相近时, 所得纤维形态的质量相同。

根据磨片齿刃比负荷与纤维长度、长径比的线性相关性, 生产中可以通过磨片的齿刃比负荷, 预测纤维的尺寸形态; 反之, 亦可根据所要求的纤维尺寸形态, 推算磨片的齿刃比负荷及磨齿切断长, 以此作为热磨机磨片选型、齿形设计的依据。

3 结论

1) 在本试验条件下, 磨片齿刃比负荷与纤维长度、长径比之间均呈负相关关系, 磨片齿刃比负荷对

纤维长度、长径比均有影响显著。

2) 基于纤维板生产实际,可根据磨片齿刃比负荷和纤维形态之间的线性关系,进行纤维尺寸预估,并作为热磨机磨片选型及齿形结构设计的参考依据。但在实际生产中,还应全面考虑纤维原料特性、原料蒸煮时间与温度、磨片的其他结构参数等,对纤维形态质量的影响。

3) 热磨机磨片齿形结构参数对纤维形态质量的影响,将在后续研究中进一步探讨。

参考文献:

- [1] 陈光伟,花军,贾娜,等. 影响热磨机磨片齿形结构设计要素分析[J]. 林业机械与木工设备,2008,36(6): 11-13.
- [2] 徐大鹏,陈光伟,张绍群,等. 纤维分离过程力学模型的建立及其运动状态分析[J]. 东北林业大学学报,2012,40(1): 90-93.
- [3] 王忠奎. 热磨机磨片对中密度纤维板纤维分离质量影响机理的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2003.
- [4] 刘存芬,陈国平,谭宁华. 提高磨浆效率提升纸浆品质和降低磨浆电耗[J]. 江苏造纸,2006(2): 31-33.
- [5] 刘长恩. 造纸工业中磨浆理论与设备[M]. 哈尔滨:黑龙江科学

技术出版社,1994.

- [6] 徐登伟,周定国. 草木纤维一步分离磨片设计初探[J]. 木材加工机械,2012(3): 26-29.
- [7] Bae, J-H, Kim, et al. A new method for measuring fiber length and fiber coarseness using image analysis [J]. Technical Association of the Pulp and Paper Industry of Korea, 2002, 34: 13-21.
- [8] J Y Zhu, G S Wang, X J Pan, et al. Specific surface to evaluate the efficiencies of milling and pretreatment of wood for enzymatic saccharification [J]. Chemical Engineering Science, 2009, 64(3): 474-485.
- [9] 沈立新. $\phi 450$ 双圆盘磨浆机切断长与比刀缘负荷的测算[J]. 上海造纸, 1996, 27(3): 131-134.
- [10] 张辉,李忠正. 盘式磨浆机技术研究进展与趋势[J]. 中国造纸, 2007, 26(10): 40-45.
- [11] 陈国平. 低强度打浆在造纸过程中的应用[J]. 纸和造纸, 2008, 27(1): 6-7.
- [12] 王玉,谭敏. 现代电子技术在造纸纤维测量仪中的应用[J]. 中国造纸, 2008, 27(5): 69-72.
- [13] 陈光伟. 热磨法磨片纤维分离机理的模型分析与实验研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2012.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)

(上接第 26 页)

从图 6 中看出,与常规 PID 控制相比,模糊 PID 控制波动度小,超调量小,稳定度好,过渡时间短,有较强的鲁棒性。

4 结论

1) 笔者设计的模糊自适应 PID 温度控制系统,能够在线自动调整控制参数,适应被控过程参数的变化;并利用 MATLAB 模糊逻辑工具箱,计算出模糊控制器输入变量 $|e|$ 、 $|ec|$ 取不同的值时,输出变量 k_p' 、 k_i' 、 k_d' 对应的控制查询表。

2) 应用结果表明,与常规 PID 控制算法相比,模糊自适应 PID 算法在系统的稳定性、响应速度、超调量和稳态精度等方面均有明显改进。

参考文献:

- [1] 顾浩飞,刘闯,章雅玲,等. 人造板甲醛释放量不同检测方法之

间的相关性分析[J]. 木材工业,2013,27(2): 33-37.

- [2] 周少英,杨建华,海凌超. 人造板游离甲醛释放量测试方法概述[J]. 木材加工机械,2010,21(1): 46-47, 37.
- [3] 安源. 甲醛释放量快速检测装置的研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2006.
- [4] 安源,周玉成,侯晓鹏,等. 甲醛释放量气体分析法快速检测装置的设计与实现[J]. 林业科学,2009,45(6): 116-120.
- [5] 周玉成,程放,李晓群. 一类非线性系统的鲁棒自校控制器设计[J]. 木材工业,2003,17(3): 10-12.
- [6] 周玉成,程放,安源,等. 具有通讯约束的线性状态反馈控制系统的可控性[J]. 林业科学,2003,39(6): 131-135.
- [7] 周玉成,程放,范留芬,等. 离散时间奇异系统的可测扰动解耦[J]. 控制与决策,2004,19(7): 787-790.
- [8] 王晓员. 基于模糊自适应 PID 的温度控制系统[J]. 成都大学学报(自然科学版),2011,30(4): 361-363.
- [9] 张胜生,胡丹,宋春华. 模糊 PID 控制在硫化机温度控制中的应用[J]. 仪表技术与传感器,2012, (10): 73-75, 78.
- [10] 石辛民,郝整清. 模糊控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京:清华大学出版社,2008.

(责任编辑 张一萍)

欢迎订阅 2014 年《木材工业》杂志,邮发代号 2-311

订单下载请登录: www.criwi.org.cn/mcgy_zz/