

激光改形油菜清选筛面基体浸润特性研究*

徐立章 马 征 李耀明

(江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室, 镇江 212013)

【摘要】 采用 YAG-M50 型激光打标机试制了 9 种仿生微改形油菜筛面基体,借助 NT1100 型表面形貌仪对试件加工区域的表面形貌进行了观测。利用 CAM101 型接触角测量仪分别测量了二次蒸馏水和过滤后菜籽油 2 种液相与 9 种仿生微改形油菜筛面基体的接触角,以仿生微造型的形态尺寸和形态间距为考察因素,分析了仿生微改形油菜筛面基体的浸润特性。结果表明,仿生微形态尺寸较小时,形态间距对界面浸润特性的影响较大;形态间距相同时,仿生微形态尺寸对界面浸润特性的影响与液相种类相关。

关键词: 联合收获机 仿生 激光改形 浸润特性 清选

中图分类号: S225.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)S0-0168-04

Wettability of Rape Cleaning Screen Surface by Laser-textured

Xu Lizhang Ma Zheng Li Yaoming

(Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

Nine sieve matrixes with different sizes and spacing of bionic micro surface-rebuild was fabricated by YAG-M50 laser-marking machine. Surface profile of the samples was analyzed by NT1100 optical profiling system. Double-distilled water and rapeseed oil were chosen as liquid component, with which contact angle of the nine sieve matrixes was obtained by CAM101 contact angle meter. Wettability of the bionic sieve matrix was analyzed with factors of figure size and spacing. The results showed that the spacing between two figures had significant influence on wettability when the figure size was small, while the influence of figure size on wettability was related to the liquid component with the same spacing condition.

Key words Combine harvester, Bionic, Laser-textured, Wettability, Cleaning

引言

在油菜机械化收获过程中,油菜脱出物常粘附在清选筛面上,堵塞筛孔,导致筛分能力降低、清选损失迅速增加^[1~2]。研究表明,油菜脱出物在清选筛面的粘筛堵孔问题属湿粘农业物料与运动金属部件之间的粘附摩擦问题。根据湿粘土壤与运动犁体之间粘附问题的解决办法,研究者将宏观仿生非光滑表面减粘降阻理念引入到了油菜脱出物与清选筛

之间的粘筛堵孔难题中,试制了仿生非光滑表面清选筛^[3],进行了室内试验和田间试验,取得了一定成效。

研究表明,在固体表面添加仿生微观非光滑形态会引起固体表面与液体之间接触角的变化,改变固体表面的浸润特性^[4~7]。本文采用激光技术在油菜清选筛筛面基体表面形成仿生微造型,测试微观仿生筛面的浸润特性,以期能为后续相关研究奠定基础。

收稿日期: 2011-07-30 修回日期: 2011-08-26

* 国家自然科学基金资助项目(50805068)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2009BADB5B05、2010BAD01B06)、江苏大学校基金资助项目(10JDC088)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏财教(2011)8号)和江苏省农业装备与智能化高技术研究重点实验室资助项目(BM2009703)

作者简介: 徐立章,副研究员,博士,主要从事现代农业机械设计及理论研究,E-mail: justxlz@126.com

1 试验与方法

1.1 试件制备

采用 YAG-M50 型激光打标机(图 1)对不锈钢材质的筛面基体进行仿生微改形加工。筛面基体长 75 mm、宽 60 mm,仿生微改形区域位于筛面基体中央,长 28 mm、宽 14 mm,如图 2 所示。YAG-M50 型激光打标机能进行微米级的点加工,每个点经放大后可以显示出一个半球状的凹坑,操作时可以通过改变凹坑直径来改变加工区域深度。



图 1 YAG-M50 型激光打标机

Fig. 1 YAG-M50 laser marking machine

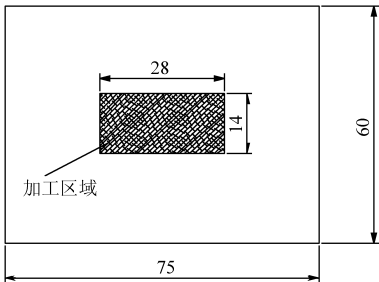


图 2 筛面基体及加工区域

Fig. 2 Sieve matrix with processing region

加工时,先用超声波清洗机对筛面基体表面进行清洗并将其平放在载物台中央位置,然后在联机计算机中设计出加工方案,最后启动激光打标机按设计尺寸进行加工,每个试件加工时间约 5 min。

试验为二因素全排列试验,选用凹坑为仿生微造型形态,以形态尺寸和形态间距为考察因素,形态尺寸以仿生凹坑直径 D 为参数,形态间距以相邻两个仿生凹坑的中心距 L 为参数,每个因素取 3 个水平,共设计加工了 9 种仿生微造型筛面基体,仿生凹坑的排列为正方形均布排列,如图 3 所示,具体尺寸如表 1 所示。

1.2 形貌分析

为确保加工试样的误差在可接受范围之内,采用 NT1100 型表面形貌仪(图 4)观测加工试样表面仿生微造型的二维、三维形貌,如图 5、6 所示。

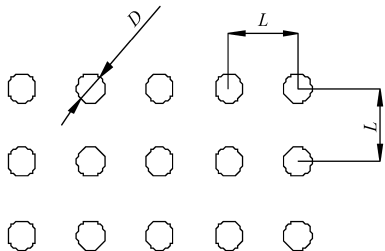


图 3 仿生微造型排列

Fig. 3 Arrangement of bionic micro surface-rebuild

表 1 试验因素水平

Tab. 1 Experiment level of factor

$L/\mu\text{m}$	$D/\mu\text{m}$		
	80	60	40
200	A1	B1	C1
250	A2	B2	C2
300	A3	B3	C3



图 4 NT1100 型表面形貌仪

Fig. 4 NT1100 optical profiling system

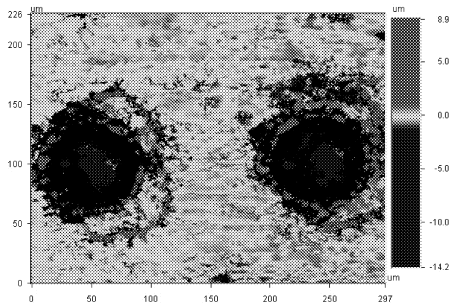


图 5 A1 试件的二维形貌图

Fig. 5 2-D surface topography of A1 sample

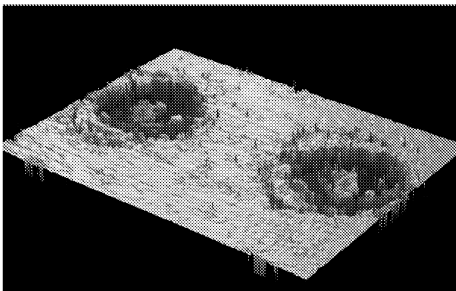


图 6 A1 试件的三维形貌图

Fig. 6 3-D surface topography of A1 sample

表 1 中编号为 A1 试件的设计尺寸:凹坑直径为 $80\text{ }\mu\text{m}$,中心距为 $200\text{ }\mu\text{m}$ 。由图 5 可见,A1 的试件表面所加工的凹坑实际直径约为 $90\text{ }\mu\text{m}$,中心距约为 $200\text{ }\mu\text{m}$,加工误差在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 之内,实际尺寸与设计尺寸基本吻合。

1.3 试验方案

在加工完成后,将试件分别放入超声波清洗机中,用丙酮溶液对试件表面进行超声波清洗,每个试件的清洗时间设定为 4 min 。清洗完成后,用镊子取出试件并置于试验台上自然晾干,晾干后立即展开接触角试验。

采用 CAM101 型接触角测量仪进行接触角测量(图 7),液相选用二次蒸馏水和过滤后的菜籽油。试验时,先将试样平放在接触角测量仪的载物台上,保证试件中央的仿生微造型区域位于注射器正下方,调整注射器的高度至适当位置,缓缓旋转注射器上方旋钮,使液滴缓缓落在筛面基体上,摄像头将采集到的清晰图像传输给联机计算机,用接触角测量软件计算出接触角大小,每个试验重复 6 次,取 6 次试验的均值作为最终结果。



图 7 CAM101 型接触角测量仪
Fig.7 CAM101 contact angle meter
1. 注射器 2. 样品台 3. CCD

2 结果与分析

2.1 间距对接触角的影响

由图 8 可知,当凹坑直径为 $80\text{ }\mu\text{m}$ 和 $40\text{ }\mu\text{m}$ 时,筛面基体与二次蒸馏水之间的接触角均在微形态间距为 $200\text{ }\mu\text{m}$ 时最大,分别达到 87° 和 83° ;当凹坑直径为 $60\text{ }\mu\text{m}$,筛面基体与二次蒸馏水之间的接触角在微形态间距为 $250\text{ }\mu\text{m}$ 时最大,达到 88° 。由图 9 可知,当凹坑直径为 $60\text{ }\mu\text{m}$ 和 $40\text{ }\mu\text{m}$ 时,筛面基体与菜籽油之间的最大接触角分别出现在微形态间距为 $300\text{ }\mu\text{m}$ 和 $250\text{ }\mu\text{m}$ 时。

结合图 8 和图 9 可知,当凹坑直径为 $60\text{ }\mu\text{m}$ 和 $40\text{ }\mu\text{m}$ 时,微形态间距对筛面基体与二次蒸馏水和菜籽油之间接触角影响较为显著,凹坑直径为 $80\text{ }\mu\text{m}$ 时,微形态间距对接触角的影响不大。

可见,在仿生微凹坑直径较小时,凹坑间距对接

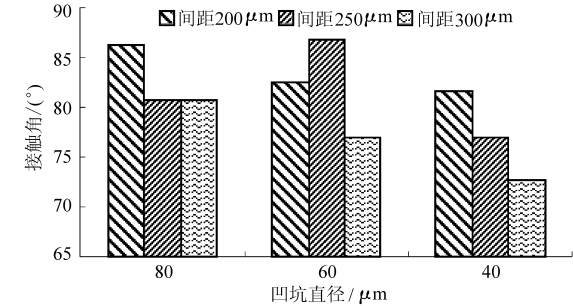


图 8 微形态间距对二次蒸馏水接触角影响
Fig.8 Infection of micro figure spacing on contact angle with double-distilled water condition

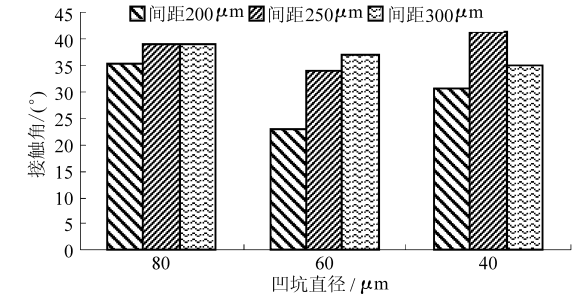


图 9 微形态间距对菜籽油接触角影响
Fig.9 Infection of micro figure spacing on contact angle with rapeseed oil condition

触角的影响较大,因此,在设计仿生微改形筛面时,若仿生形态尺寸较小,则要充分考虑到形态间距对接触角的影响,进行适当的优化设计,才能得到理想的仿生微改形筛面。

2.2 形态尺寸对接触角的影响

由图 10 可知,在形态间距为 $200\text{ }\mu\text{m}$ 和 $300\text{ }\mu\text{m}$ 时,筛面基体与二次蒸馏水之间的接触角均随仿生微凹坑直径的减小而减小;在形态间距为 $250\text{ }\mu\text{m}$ 时,筛面基体与二次蒸馏水之间的接触角随仿生微凹坑直径的减小而先增大后减小。

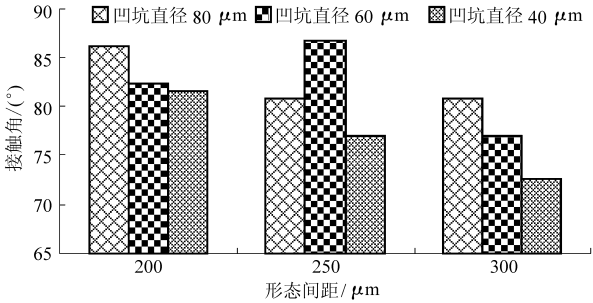


图 10 微形态尺寸对二次蒸馏水接触角影响
Fig.10 Infection of micro figure size on contact angle with double-distilled water condition

由图 11 可知,在形态间距为 $200\text{ }\mu\text{m}$ 和 $250\text{ }\mu\text{m}$ 时,筛面基体与菜籽油之间的接触角均随着仿生微凹坑直径的减小而先减小后增大;在形态间距为 $300\text{ }\mu\text{m}$ 时,筛面基体与菜籽油之间的接触角随着仿生微凹坑直径的减小而减小。

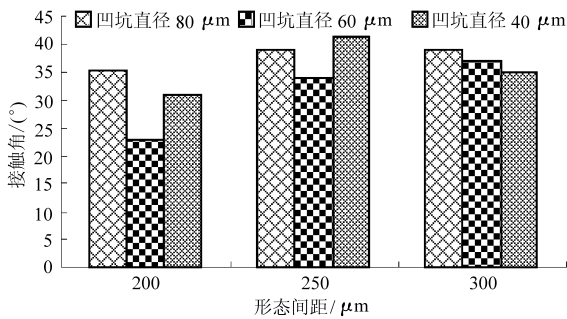


图 11 微形态尺寸对菜籽油接触角影响

Fig. 11 Infection of micro figure size on contact angle with rapeseed oil condition

可见,在同等形态间距条件下,仿生微造型的形态尺寸对筛面基体与二次蒸馏水和菜籽油之间接触

角的影响方式是不完全一样的。因此,后续研究中,对仿生微改形筛面的优化研究应针对具体的接触液体而展开。

3 结论

(1) 在仿生微凹坑的直径较小时,凹坑间距对接触角的影响较大,因此在设计仿生微改形筛面时,若仿生形态尺寸较小,则要充分考虑到形态间距对接触角的影响,进行适当的优化设计。

(2) 在同等形态间距条件下,仿生微造型的形态尺寸对筛面基体与二次蒸馏水和菜籽油之间接触角的影响不完全一样。

参 考 文 献

- 李耀明,马征,徐立章. 油菜联合收获机筛面粘附物摩擦特性[J]. 农业机械学报,2010,41(12):54~57,47.
Li Yaoming, Ma Zheng, Xu Lizhang. Tribological characteristics of adhesive materials on rape cleaning sieve[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(12):54~57,47. (in Chinese)
- 徐立章,李耀明,马征. 油菜清选仿生减粘防堵试验研究[C]//2010 国际农业工程大会论文集,2010:179~182.
- Ma Zheng, Li Yaoming, Xu Lizhang. Bionic desorption & damp-tiny material screening technology and their use in rape cleaning[C]//2011 International Conference on New Technology of Agricultural Engineering, 2011: 189~193.
- 任露泉,王再宙,韩志武. 激光处理非光滑凹坑表面耐磨试验的均匀设计研究[J]. 材料科学与工程,2002,20(2):214~216.
Ren Luquan, Wang Zaizhou, Han Zhiwu. Research on wear resistance of concave nonsmoothed surface with well distribution design[J]. Materials Science & Engineering, 2002,20(2):214~216. (in Chinese)
- 王再宙,韩志武,任露泉. 激光处理非光滑凸包表面的耐磨性试验[J]. 吉林大学学报:工学版,2002,32(2):45~48.
Wang Zaizhou, Han Zhiwu, Ren Luquan. Research on wear resistance of unsmoothed surface with regular burrs[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2002, 32(2): 45~48. (in Chinese)
- 韩志武,任露泉,刘祖斌. 激光织构仿生非光滑表面抗磨性能研究[J]. 摩擦学学报,2004,24(4):289~293.
Han Zhiwu, Ren Luquan, Liu Zubin. Investigation on anti-wear ability of bionic nonsmooth surfaces made by laser texturing[J]. Tribology, 2004, 24(4): 289~293. (in Chinese)
- 高东海,刘堃,袁根福. 微加工凹坑表面形貌摩擦特性的试验研究[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2008,31(10):1581~1584.
Gao Donghai, Liu Kun, Yuan Genfu. Test research on tribological properties of the laser-textured surface with micropores[J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2008, 31(10): 1581~1584. (in Chinese)

(上接第 189 页)

- Yuan J. Gaussian processes based bivariate control parameters optimization of variable-rate granular fertilizer applicator[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2010,70(1):33~41.
- 廖宗建. 基于 GPS、GIS 的精确农业自动变量施肥控制系统研究[D]. 长春:吉林大学,2005.
- 吕新民,孙马丽,张林鹤,等. 几种谷物条播排种器的比较研究[J]. 干旱地区农业研究,1999,17(3):109~114.
Lü Xinmin, Sun Mali, Zhang Linhe, et al. Comparison research on several seed drill feeds[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1999,17(3):109~114. (in Chinese)
- 丁为民. 农业机械与设施[M]. 南京:南京农业大学出版社,2008.
- Yuan Jin, Wang Kesheng, Yu Tao. Integrating relevance vector machines and genetic algorithms for optimization of seed-separating process[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence,2007, 20(7):970~979.