

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ШИРИНЫ ПОЯСОВ
МЕЖДУПИЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ ЛИНТЕРНОЙ МАШИНЫ
ПРИ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКЕ**

**STUDY OF BELTS WIDTH DEVIATION
OF LINTER MACHINE INTERSAW GASKET DURING LASER CUTTING**

Д.М. МУХАММАДИЕВ, О.Х. АБЗОИРОВ, Л.Ю. ЖАМОЛОВА, Н.К. ЖУМАЕВ

D.M. MUKHAMMADIEV, O.Kh. ABZOIROV, L.Yu. ZHAMOLOVA, N.K. JUMAEV

**(Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева
Академии наук Республики Узбекистан)**

**(Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urazbaev
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan)**

E-mail: davlat_mm@mail.ru

В статье приведены результаты исследования влияния условий обработки на точность изготовления междупильных прокладок, получаемых лазерной резкой. В результате предварительного анализа установлено, что основными факторами, влияющими на точность изготовления пояса линтерной прокладки, являются скорость резания и положение фокуса лазерного луча, определяемое расстоянием от объектива до обрабатываемой заготовки. Целью исследования является обеспечение требуемой точности, гарантирующей получение необходимого зазора между пилами и колосниками при сборке. Методами математического планирования эксперимента получена математическая модель второго порядка, которая позволила рекомендовать при изготовлении пояса на лазерном станке Bodor A3 2000W скорость резания 7000...7450 мм/мин и расстояние от объектива до обрабатываемой заготовки 0,6...0,77 мм.

The article presents the results of a study of the influence of processing conditions on the accuracy of manufacturing inter-saw gaskets obtained by laser cutting. As a result of a preliminary analysis, it was found that the main factors affecting the accuracy of manufacturing a linter gasket belt are the cutting speed and the position of the laser beam focus, determined by the distance from the lens to the workpiece. The purpose of the study is to ensure the required accuracy, guaranteeing the necessary gap between the saws and grate bars during assembly. Using the methods of mathematical planning of the experiment, a second-order mathematical model, which made it possible to recommend a cutting speed of 7000-7450 mm/min and a distance from the lens to the workpiece of 0.6-0.77 mm when manufacturing a belt on a Bodor A3 2000W laser machine.

Ключевые слова: линтерная машина, пильный цилиндр, междупильная прокладка, пояс, сталь 3, лазерный станок, скорость резания, фокус лазерного луча.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Фонда финансирования науки и поддержки инноваций при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан IL-21091375 "Разработка технологии изготовления новой конструкции прокладки для линтера".

Keywords: linter machine, saw cylinder, inter-saw spacer, belt, steel 3, laser machine, cutting speed, laser beam focus.

Введение

В настоящее время в пильных цилиндрах как пильных джинов, так и линтерных хлопкоочистительных машин используются междупильные прокладки, которые предназначены для обеспечения точной сборки пильного цилиндра [1, 2] (рис. 1).



Рис. 1

Задачей междупильной прокладки является обеспечение точного расположения пил в межколосниковом зазоре и необходимой жесткости пильного цилиндра. Прокладки отливают из алюминиевого сплава методом центробежного литья с последующей механической обработкой для обеспечения заданной толщины с точностью в несколько сотых долей миллиметра.

Конструкции алюминиевых междупильных прокладок подвергаются циклическому воздействию сжатия от технологических нагрузок, приводящему к их пластической деформации и изгибу пильного цилиндра. Именно по этой причине междупильные прокладки относятся к числу наиболее часто заменяемых деталей хлопкоочистительных машин.

Для устранения указанных недостатков исследователями рекомендован ряд конструктивных решений.

Д.Э. Якубовым [3] предложена междупильная прокладка, в которой внутренний и наружный пояса, определяющие толщину прокладки, изготавливались из стальной ленты, имеющей прочность, существенно превышающую прочность алюминиевой прокладки.

В работе А. Джураева [4] геометрические оси междупильных прокладок выполнены эксцентрично относительно оси вращения, а геометрические оси промежуточных деталей расположены по спирали вдоль оси вращения. Недостатком такой конструкции является дисбаланс по длине вала.

А. Артукметовым и С.М. Даллакяном [5] предложена междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин, представляющая собой сплошной диск с отверстием под вал, выполненный из полиамидного материала и имеющий одинаковую толщину с отклонениями с отклонениями не более $\pm 0,05$ мм.

Для исключения использования дефицитного цветного металла, снижения веса и стоимости пильного цилиндра, расхода электроэнергии, затрачиваемой на вращение пильного цилиндра, и увеличения срока его службы М.М. Агзамовым [6] предложены прокладки, изготовленные из полимерного материала. Прокладки снабжены встроенными в них металлическими штифтами, расположенными на одинаковом расстоянии от центра вала и друг от друга, и буртиком, расположенным на внутренней торцевой поверхности основы. Две последние конструкции неустойчивы к перепадам температур.

П.Н. Тютиним и Р.Ю. Меламедовым предложен пильный барабан с установочными и фиксирующими прокладками, которые выполнены с кольцевыми пазами для фиксации секторов дисков. Установочные прокладки имеют впадины, расположенные против щелевых отверстий в секторах дисков, при этом последние имеют установленные в каждом отверстии пластинчатые фиксаторы, концевые участки которых размещены в кольцевых смежных фиксирующих прокладках [7]. Эта конструкция эффективна при однородной структуре материала междупильной прокладки.

Для повторного использования алюминиевой прокладки серии 4ДП 05.003 толщиной 16,5 мм Д.М. Мухаммадиевым и др. [8]

предложен рациональный и высокоэффективный метод холодной калибровки, при котором междупильная прокладка – заготовка – запрессовывается между полированными плитами на гидравлическом прессе. После калибровки погрешность толщины междупильной прокладки не превышает 25...30 мкм, а погрешность размера формы находится в пределах допустимой нормы, при этом шероховатость боковых опорных поверхностей соответствует 6...7 классу. Однако, как известно, боковая сторона прокладки будет иметь различные плотности из-за многократного использования алюминиевого сплава, что вызовет неравномерность по толщине междупильной прокладки.

В связи с вышесказанным наиболее эффективной является новая конструкция междупильных прокладок хлопкоочистительных машин, в которой диск с отверстием под вал и концентрически расположенный пояс выполнены из листовой стали, причем на наружной поверхности диска имеются прямообразные шлицы (рис. 2: 1 – диск; 2, 4 – прямообразные выступы; 5 – внутренний выступ; 6 – отверстие для вала; 7 – наружный пояс; 8 – внутренний пояс; 3, 9, 10, 11, 12 – отверстия). Эти шлицы заходят в отверстия наружного пояса, имеющего форму кольца, во внутреннее отверстие диска установлен второй пояс с отверстиями [9].

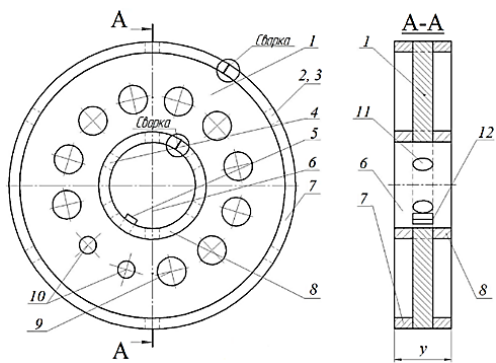


Рис. 2

Соединение и монтаж диска 1 и поясов 7, 8 производятся в следующем порядке. В стальной пластине поясов 7 и 8 шириной y просверливают отверстия 3, 11 и 12. Затем производят вальцовку поясов 7 и 8 до образования кольца, внутри наружного пояса 6

устанавливают диски 1 с вырезанными прямообразными выступами 2, которые входят в отверстия 3 пояса 7, затем концы пояса 7 сваривают. После вальцовки пояса 8 до образования кольца его устанавливают во внутреннем отверстии 6 диска 1 с вырезанными прямообразными выступами 4 и 5, которые входят в отверстия 11 и 12 пояса 8, далее концы пояса 8 сваривают.

Для снижения массы прокладки в диске 1 выполнены отверстия 9. Для балансировки прокладки два соседних отверстия 10 на диске 1, находящиеся на диаметрально противоположной стороне от сварных швов, выполнены меньшего размера, чем остальные. Сборка междупильных прокладок на вал пильного цилиндра осуществляется с заходом выступа 5 в паз пильного цилиндра.

У рекомендуемой стальной междупильной прокладки точность ширины пояса y такая же, как и толщины наружного и внутреннего поясов алюминиевой прокладки. Все детали новой прокладки изготавливаются с помощью лазерной резки листовой стали [10]. Поэтому наше дальнейшее исследование было направлено на выявление влияния режимов лазерной резки на точность получения размера y .

Лазерная резка – это метод термического разделения материала с использованием лазерного луча, который фокусируется после прохождения через линзу объектива. Во время обработки фокус лазерного луча может располагаться над поверхностью заготовки, на поверхности или под ней в зависимости от толщины δ и свойств материала. Положение лазерного луча характеризуется размером (X_1) (рис. 3). Одновременно соосно лучу из сопла выходит струя газа под давлением, которая удаляет расплавленный материал из образующейся при резке прорези.

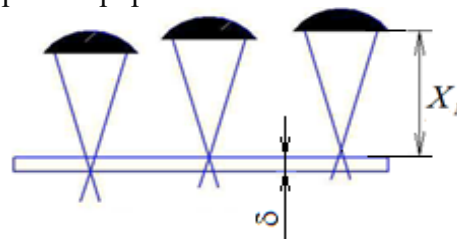


Рис. 3

В работе [11] установлено, что качество обработки материала лазерной резкой зависит от параметров лазера, режимов резания, свойств материала и геометрических размеров заготовки.

Цель исследования – определение режимов обработки, обеспечивающих минимальное отклонение ширины пояса у от заданной по чертежу.

Методы исследования

Управляемыми факторами в данном исследовании являются (табл. 1): X_1 – расстояние от объектива до поверхности заготовки, мм; X_2 – скорость резания, м/мин. Другие факторы, такие как диапазон мощ-

ности и длительность импульсов лазерного излучения, оставались неизменными.

Для проведения эксперимента используем матрицу ортогонального планирования второго порядка для двухфакторного процесса (табл. 2) [12, 13].

Эксперимент проведен на предприятии ООО «Қишлоқ хўжалиқ машиналари» на лазерном станке для резки металла с ЧПУ Vodor A3 2000W MAX [14] при изготовлении пояса междупильной прокладки линтерной машины (рис. 4) из стального листа толщиной $\delta=1,5$ мм. Отбор образцов и измерение размеров поясов производились с использованием микрометра с точностью 0,01 мм в пятикратной повторности.

Таблица 1

| Кодированные значения факторов | | -1 | 0 | +1 |
|--------------------------------|---|------|------|------|
| Натуральные значения факторов | Расстояние от объектива до поверхности заготовки X_1 , мм | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| | Скорость резания X_2 , мм/мин | 7000 | 7500 | 8000 |

Таблица 2

| № | Значения факторов | | Отклонение ширины поясов междупильной прокладки линтерной машины Δ_i , мм | | | | | |
|---|-------------------|----------------|--|------------|------------|------------|------------|------------------|
| | X_1 , | X_2 , мм/мин | Δ_1 | Δ_2 | Δ_3 | Δ_4 | Δ_5 | $\bar{\Delta}_n$ |
| 1 | + | + | 0.0428 | 0.043 | 0.0434 | 0.0436 | 0.0433 | 0.0432 |
| 2 | - | + | 0.0312 | 0.031 | 0.0314 | 0.0314 | 0.0309 | 0.0312 |
| 3 | + | - | 0.0221 | 0.0223 | 0.0224 | 0.0225 | 0.0221 | 0.0223 |
| 4 | - | - | 0.0157 | 0.0155 | 0.0158 | 0.0159 | 0.0156 | 0.0157 |
| 5 | - | 0 | 0.0272 | 0.0273 | 0.0276 | 0.0277 | 0.0274 | 0.0274 |
| 6 | + | 0 | 0.0364 | 0.0367 | 0.0369 | 0.0371 | 0.0365 | 0.0367 |
| 7 | 0 | - | 0.0229 | 0.0228 | 0.023 | 0.0231 | 0.0227 | 0.0229 |
| 8 | 0 | + | 0.0407 | 0.0408 | 0.0413 | 0.0414 | 0.0411 | 0.0411 |
| 9 | 0 | 0 | 0.0357 | 0.036 | 0.0362 | 0.0363 | 0.0358 | 0.0360 |

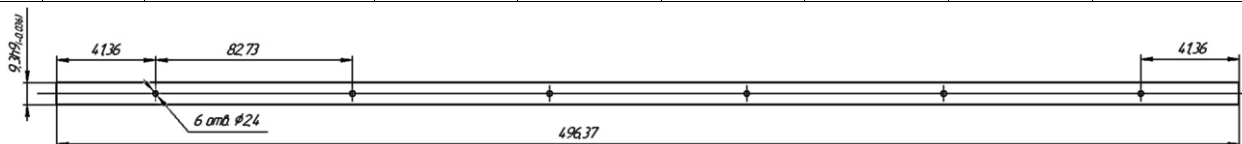


Рис. 4

Результаты

Принятая для эксперимента матрица ортогонального планирования второго порядка позволяет получить математическую модель в форме полинома второй степени:

$$\Delta = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2. \quad (1)$$

Определение коэффициентов $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ проводилось в соответствии с [11]. В результате обработки получены следующие значения коэффициентов регрессии:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 0,0366 \pm 6,03 \cdot 10^{-5}, \\ \beta_1 &= 0,0047 \pm 7,39 \cdot 10^{-5}, \\ \beta_2 &= 0,0091 \pm 7,39 \cdot 10^{-5}, \\ \beta_{12} &= 0,0014 \pm 9,05 \cdot 10^{-5}, \\ \beta_{11} &= -0,0044 \pm 1,28 \cdot 10^{-4}, \\ \beta_{22} &= -0,0045 \pm 1,28 \cdot 10^{-4}. \end{aligned}$$

Все коэффициенты регрессии значимы. Проверка модели по критерию Фишера показала ее адекватность.

Таким образом, уравнение (1) с установленными коэффициентами регрессии статистически описывает характер изменения отклонения толщины Δ поясов междупилльной прокладки линтерной машины, получаемых с помощью лазерной резки.

Полученная модель изменения отклонения толщины поясов междупилльной прокладки линтерной машины в зависимости от расстояния X_1 и скорости резания X_2 иллюстрируется графиком на рис. 5. Анализ графиков показывает увеличение Δ с 0,015 до 0,043 мм при изменении скорости резания от 7000 до 8000 мм/мин и расстояния X_1 от 0,6 до 0,8 мм. Наименьшее значение $\Delta_{\text{мин}}=0,015$ мм достигается при скорости резки 7000 мм/мин и высоте резки 0,6 мм.

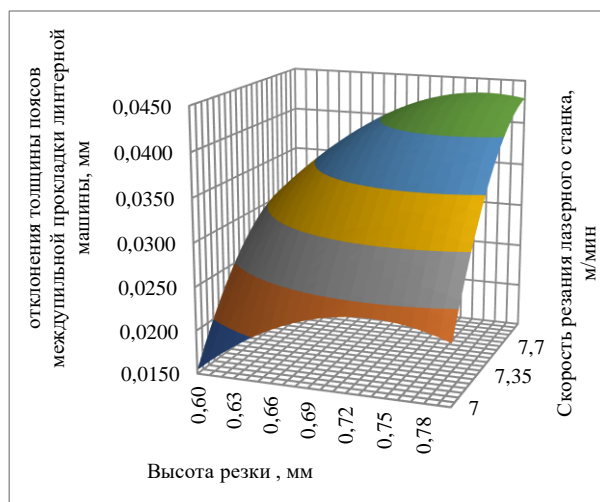


Рис. 5

Допустимое отклонение Δ от номинального $\Delta_{\text{доп}}=0,036$ мм, заданного по чертежу, достигается при скорости резания 7450 мм/мин и расстоянии X_1 0,77 мм. Эти значения параметров рекомендуется применять в процессе производства.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что точность изготовления заготовки для поясов междупилльной прокладки линтерной машины с использованием лазерной технологии зависит от расстояния от объектива до поверхности заготовки и скорости резания.

2. Для получения заготовки пояса междупилльной прокладки с точностью

(кавалитет h9) $y=9,3$ (-0.036) мм с использованием лазерной резки необходимая рабочая зона находится на расстоянии 0,6...0,77 мм, а скорость резания составляет 7000...7450 мм/мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзюров О.Х., Жамолова Л.Ю. Испытания междупилльных прокладок линтерной машины на сжатие // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №4. С. 146...151.
2. Муродов О.Ж., Рудовский П.Н., Корабельников А.Р. Обоснование параметров и конечно-элементное моделирование движения хлопковоздушной смеси в сепараторе хлопка // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 266...271.
3. Пат. на полезную модель РУз. № FAP 00348. Междупилльная прокладка для хлопкоочистительных машин.
4. Пат. на полезную модель РУз. № FAP 05747. Пильный цилиндр джина.
5. Пат. на полезную модель РУз. № FAP 00654. Междупилльная прокладка для хлопкоочистительных машин.
6. Пат. на полезную модель РУз. № FAP 01029. Междупилльная прокладка для хлопкоочистительных машин.
7. Тютин П.Н., Меламедов Р.Ю. Применение калибровки при изготовлении междупилльных джино-линтерных прокладок // Хлопковая промышленность. 1975. №3. С. 14...16.
8. Mukhammadiev D., Ibragimov F., Axmedov Kh. Calibration of between saw gaskets of 156 saw gin // Digest of Scientific and Technical Achievements in the Realm of Cotton Industry of the Republic of Uzbekistan (UzPSIM-90): book of papers. Tashkent: Ilimiy texnika axboroti-press nashriyoti, 2017. P. 195...200.
9. Пат. на изобретения РУз. № IAP 06691. Междупилльная прокладка для хлопкоочистительных машин.
10. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh. Calculation of gasket vibrations under a steady operating mode of the linter machine // Journal of Physics: Conference Series. 2388(1), 012064.
11. Альтудов Ю.К. Лазерные микротехнологии и их применения в электронике. М.: Радио и связь, 2001. 632 с.
12. Аугамбаев М., Иванов А.З., Терехов Ю.Т. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента. Тошкент: Ўқитувчи, 1993. 141 с.
13. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.K., Abzoirov O.K. Study of a linter machine with steel gaskets in production // Journal of Physics: Conference Series 2388(1), 012082.

14. <https://ru.bodor.com/fiber-laser-cutting-machine/metal-sheet-and-tube-laser-cutting-machines/at.html>.

REFERENCES

1. *Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh., Zhamolova L.Yu.* Compression testing of saw gaskets of a linter machine // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti.* 2023. №4. P. 146...151.

2. *Murodov O.J., Rudovskiy P.N., Korabelnikov A.R.* Substantiation of parameters and finite element modeling of hie movement of a cotton-air mixture in a cotton separator // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti,* 2022, (1), pp. 266...271.

3. Patent for utility model of the Republic of Uzbekistan. No. FAP 00348. Inter-saw spacer for cotton ginning machines.

4. Patent for utility model of the Republic of Uzbekistan. No. FAP 05747. Saw cylinder for cotton ginning machines.

5. Patent for utility model of the Republic of Uzbekistan. No. FAP 00654. Inter-saw spacer for cotton ginning machines.

6. Patent for utility model of the Republic of Uzbekistan. No. FAP 01029. Inter-saw spacer for cotton ginning machines.

7. *Tjutin P.N., Melamedov R.Ju.* Primenenie kalibrovki pri izgotovlenii mezhdupil'nyh dzhinnolinternyh prokladok // *Hlopkovaja promyshlennost'.* 1975. №3. S. 14...16.

8. *Mukhammadiev D., Ibragimov F., Axmedov Kh.* Calibration of between saw gaskets of 156 saw gin // *Digest of Scientific and Technical Achievements in the Realm of Cotton Industry of the Republic of Uzbekistan (UzPSIM-90): book of papers.* Tashkent: Ilmiy texnika axboroti-press nashriyoti, 2017. P. 195...200.

9. Patent for inventions of the Republic of Uzbekistan. No. №IAP 06691. Inter-saw spacer for cotton ginning machines.

10. *Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh.* Calculation of gasket vibrations under a steady operating mode of the linter machine // *Journal of Physics: Conference Series* 2388(1), 012064.

11. *Al'tudov Ju.K.* Lazernye mikrotehnologii i ih primenenija v jelektronike. M.: Radio i svjaz', 2001. 632 p.

12. *Augambaev M., Ivanov A.Z., Terekhov Yu.T.* Fundamentals of planning a research experiment. Tashkent: O'qituvchi, 1993. 141 p.

13. *Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.K., Abzoirov O.K.* Study of a linter machine with steel gaskets in production // *Journal of Physics: Conference Series.* 2388(1), 012082.

14. <https://ru.bodor.com/fiber-laser-cutting-machine/metal-sheet-and-tube-laser-cutting-machines/at.html>.

Рекомендована семинаром "Динамика хлопкоперерабатывающих машин и систем". Поступила 03.07.24