

ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПЕРФОРАЦИИ КОЖИ

Т.В. Бувевич, канд. техн. наук, доц.,

А.Э. Бувевич, канд. техн. наук, доц.

Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,

Витебск, Беларусь

В статье рассмотрена оптимизация траектории векторного контура для лазерной перфорации. Предлагаемая последовательность подготовки траектории движения луча сокращает число проходов для сквозной перфорации, обеспечивает значительное повышение производительности обработки, сохранение структуры материала. Рекомендуются к использованию на лазерных комплексах в производствах легкой промышленности.

Ключевые слова: *лазерный комплекс, импульсный режим, параметры обработки, производительность.*

В настоящее время, благодаря уникальным возможностям и технологичности, лазерная перфорация и гравировка широко применяются при производстве обуви, одежды, сувенирной продукции, галантерейных изделий. Преимуществом лазерного метода обработки является бесконтактное воздействие на материал, нанесение изображений любой точности с высоким разрешением и детализацией, работа с любыми видами материалов с сохранением их структуры.

Цель исследования – оптимизация параметров режима работы лазера и траектории векторного контура для лазерной перфорации с целью повышения производительности обработки, сохранения структуры материала.

Материалы и методы. Работа основана на результатах анализа научно-технической информации по лазерному оборудованию; экспериментальных работ по исследованию технологических процессов лазерной обработки; использовании методов компьютерного моделирования.

Результаты и их обсуждение. В лазерной установке свет от лампы фокусируется в луч, передается через систему зеркал или оптическое волокно на линзу для окончательной фокусировки на материал. При помощи системы управления лазерный луч выжигает (испаряет) с обрабатываемой поверхности верхний слой или слои материала, что приводит к возникновению углублений, сочетания которых дают необходимое рельефное изображение, изменение цвета или структуры, образование отверстий.

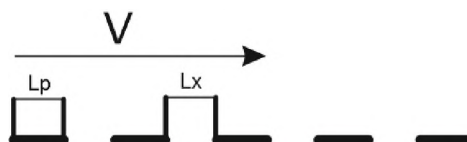
Разрешающая способность лазера до 1000 dpi. Температура целенаправленного луча в месте обработки может достигать 20 000 градусов. Преимуществами лазерной технологии являются высокая скорость обработки (снижение себестоимости); отсутствие физического воздействия на материал (обработка труднодоступных участков, не требуется смена инструмента); воздействие на минимальную площадь поверхности 10–20 микрон

(точность нанесения рисунка, сохранение структуры материала); программное управление (точность позиционирования и обработки); работа с любыми видами материалов (универсальность); требуемые точность, четкость, разрешение и детализация, высокая долговечность и износостойкость изображений.

При обработке контура лазер работает в импульсном режиме. Задание режима работы импульсного лазера сводится к настройке двух параметров: скорости перемещения координатного устройства V [мм/с] и частоты импульсов N [импульсов/с]. Отношение N/V , согласно руководству пользователя лазера Sei Flexi 600 должно находиться в пределах от 0.1 до 0.2 мм, что соответствует диаметру светового пятна лазерного луча на материале. Таким образом, при скорости $V = 6000$ мм/с и частоте $N = 30\,000$ импульсов/с за один импульс участок воздействия луча лазера на материал составляет 0.2 мм. При заданном соотношении N/V воздействие на материал будет непрерывным. Однако большое значение частоты N ведет к сокращению времени воздействия луча лазера на материал, и соответственно к малой глубине реза (около 0.2 мм для кожи). На участок обрабатываемого материала 0.2 мм время воздействия составляет $1/30000$ с. Для сквозной перфорации кожи толщиной 2 мм понадобится десять проходов – повторений траектории. С увеличением количества проходов траектории соответственно увеличивается время обработки и снижается производительность технологического процесса.

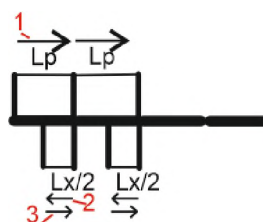
Очевидно, что для повышения производительности скорость перемещения лазера следует увеличивать, а частоту импульсов N уменьшать. Так, при скорости $V = 6000$ мм/с и частоте $N = 1000$ импульсов/с линия воздействия луча на материал L_p будет составлять 6 мм. При этом такую же величину 6 мм составит перемещение лазера с выключенным лучом без воздействия на материал L_x . Луч лазера будет воздействовать на материал прерывисто. На рисунке 1 показана линия воздействия луча лазера на материал при установленных параметрах: $V = 6000$ мм/с и $N = 1000$ импульсов/с.

Рисунок 1. – Линия прерывистого воздействия луча лазера на материал



Для устранения прерывистого воздействия на материал с сохранением высокой скорости обработки предлагается изменить характер движения луча лазера. На рисунке 2 изображена траектория движения луча лазера.

Рисунок 2. – Траектория движения луча лазера



Вначале лазер включается и луч воздействует на материал на величину L_p – на рисунке позиция 1. Затем лазерный луч выключается и перемещается в обратном направлении на величину равную половине холостого хода $L_x/2$ – позиция 2. Вторую половину

холостого хода $L_x/2$ луч лазера перемещается снова вперед – позиция 3. Далее лазерный луч включается – совершается рабочий ход L_p . Процесс повторяется. Таким образом, холостой ход лазера, движение с выключенным лучом, происходит по траектории, на которую ранее уже воздействовал луч лазера. Этим достигается непрерывность воздействия на материал. Уменьшение частоты N ведет к существенному увеличению времени воздействия луча лазера на материал за один импульс. На участок обрабатываемого материала 0.2 мм время воздействия составляет 1/1000 с. Соответственно увеличивается глубина реза кожи до 1 мм за один проход. Для сквозной перфорации кожи толщиной 2 мм понадобится всего два прохода. Уменьшение количества повторений траектории соответственно сокращает время обработки и увеличивает производительность технологического процесса.

Подготовка траектории движения лазера выполняется в следующей последовательности.

1) Исходная траектория для обработки вычерчивается в любом графическом редакторе, который имеет возможность импорта и экспорта в формат dxf. На рисунке 3 представлена вычерченная траектория. В качестве примера взята линия, которая определяется двумя точками или узлами – начальным и конечным. На рисунке узлы показаны синими квадратиками. Длина линии составляет 100 мм.



Рисунок 3. – Исходная траектория

2) Выполняется экспорт исходной траектории в формат dxf. На рисунке 4 изображен фрагмент файла, который содержит координаты начальной и конечной точек представленной линии: (X_1, Y_1) и (X_2, Y_2) соответственно.

3) Реализуется алгоритм преобразования исходной траектории. Линия разбивается на участки равные $L_x/2$ (3 мм) и формируется новая траектория в следующей последовательности:

- начало – точка 1,
- движение вперед на величину L_p (6 мм) – точка 2,
- движение назад на величину $L_x/2$ (3 мм) – точка 3,
- движение вперед на величину $L_x/2$ (3 мм) – точка 2,
- начало – точка 2,
- движение вперед на величину L_p (6 мм) – точка 4,
- движение назад на величину $L_x/2$ (3 мм) – точка 5,
- движение вперед на величину $L_x/2$ (3 мм) – точка 2 и так далее до конца линии заданной длины 100 мм.

Новая траектория представлена на рисунке 5.

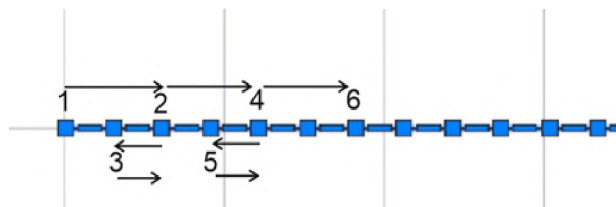
Рисунок 4. – Описание исходной траектории

```

100
AcDbPolyline
90
2
70
0
43
0.0
10
10.0
20
10.0
10
110.0
20
10.0
0
ENDSEC
0
SECTION
2
OBJECTS
0

```

Рисунок 5. – Новая траектория



Время t_c выполнения сквозной перфорации участка материала длиной $L = 100$ мм с использованием существующей технологии, при которой луч лазера совершает число проходов $n = 10$ со скоростью $V = 6000$ мм/с, не изменяя направления движения от начальной до конечной точки траектории (длина траектории движения лазера L_1 равна длине обрабатываемого участка материала L), рассчитывается по формуле: $t_c = (L_1/V) * n = (100/6000) * 10 = 0.17$ с.

В результате преобразования траектории движения луча лазера, ее длина для обработки участка материала длиной $L = 100$ мм составит $L_1 = 200$ мм. Время t_n выполнения сквозной перфорации участка материала длиной $L = 100$ мм с использованием новой технологии, при которой луч лазера совершает число проходов $n = 2$ со скоростью $V = 6000$ мм/с, с изменением направления движения при совершении холостых ходов, рассчитывается по формуле: $t_n = (L_1/V) * n = (200/6000) * 2 = 0.07$ с.

Вывод. Исследование показало, что использование реверсивного движения лазерного луча значительно повышает производительность и качество обработки материалов по сравнению с традиционными прерывистыми методами. В частности, сокращается количество проходов для полного прорезания материала, увеличивается глубина реза за один проход, что уменьшает общее время обработки и повышает эффективность процесса. Кроме того, непрерывное воздействие лазера на материал способствует улучшению качества обработки за счет получения ровных и гладких краев. Материал не перегревается от многократных проходов луча, сохраняется его структура, исключаются пережоги и существенно уменьшается нагар и копоть, не требуется очистка деталей после обработки. Разработанная программа, работающая в среде AutoCAD, позволяет эффективно генерировать траектории движения лазера с учетом заданных

параметров. Это обеспечивает точное управление лазерным комплексом и высокую точность обработки деталей.

Научная новизна заключается в разработке и внедрении алгоритма реверсивного режима движения лазерного луча, что позволило значительно улучшить параметры лазерной обработки. Производительность обработки при этом возрастает на 60 %. Предлагаемая технология рекомендуется для использования на лазерных комплексах в производствах легкой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буюевич, Т. В. Технологическая оснастка для лазерной гравировки деталей верха обуви / Т. В. Буюевич, А. Э. Буюевич // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : Материалы Международной научно-технической конференции, Витебск, 13-14 ноября 2019 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. – С. 141–143.
2. Лёвошкина, А. А. Автоматизированная технология лазерной обработки мелких деталей / А. А. Лёвошкина, П. Л. Сопильник, Т. В. Буюевич, А.Э. Буюевич (науч. рук.) // Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы XII Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 26 апреля 2024 года : в 2 т. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2024. – Т. 1. – С. 44–46.
3. Лёвошкина, А. А. Анализ производительности обработки деталей на лазерных комплексах / А. А. Лёвошкина, П. Л. Сопильник, Т. В. Буюевич, А.Э. Буюевич (науч. рук.) // XVIII Машеровские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 25 октября 2024 г. : в 2 т. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2024. – Т. 1. – С. 30–33.