

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 4457

(13) U

(46) 2008.06.30

(51) МПК (2006)

C 03B 33/00

(54)

## УСТАНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

(21) Номер заявки: u 20070781

(22) 2007.11.09

(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Гомельский государственный уни-  
верситет имени Франциска Скори-  
ны" (ВУ)

(72) Авторы: Шалупаев Сергей Викентье-  
вич; Никитюк Юрий Валерьевич; Се-  
реда Андрей Александрович; Побяха  
Александр Сергеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-  
зования "Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скори-  
ны" (ВУ)

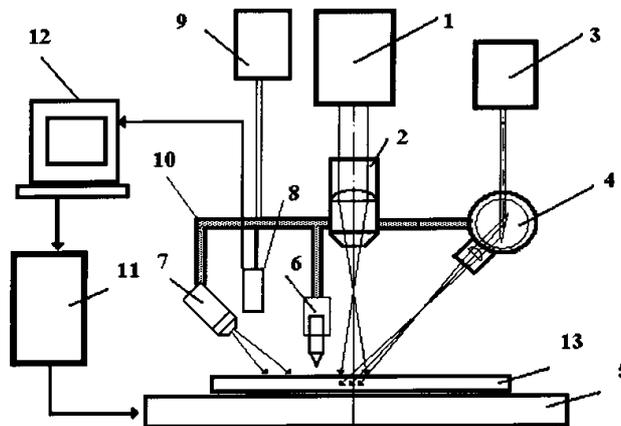
(57)

Установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов, содержащая установленные последовательно лазеры, один из которых имеет длину волны, соответствующую интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемым материалом, другой - объемному поглощению, механизм вертикального перемещения, на каретке которого установлены фокусирующие объективы лазеров, механизм нанесения дефекта, устройство обнаружения микротрещины, устройство подачи хладагента, координатный стол и блок управления, связанный с компьютером, **отличающаяся** тем, что устройство обнаружения микротрещины выполнено в виде источника света и фотоприемника, направленных в зону обработки.

(56)

1. Патент Российской Федерации 2024441, МПК С 03С 33/02, 1994.

2. Патент РБ 2283, МПК С 03С 33/02, 2005 (прототип).



ВУ 4457 U 2008.06.30

Полезная модель относится к оборудованию для лазерной резки хрупких неметаллических материалов методом лазерного термораскалывания и может быть использована в электронной, стекольной и авиационной промышленности для прецизионного разделения хрупких неметаллических материалов и, в первую очередь, различных типов стекла.

Известна установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов, содержащая лазер с длиной волны, соответствующей интенсивному поглощению поверхностными слоями обрабатываемого материала, фокусирующий объектив, координатный стол, механизм нанесения дефекта и устройство подачи хладагента [1].

Известная установка обеспечивает возможность качественного и безотходного разделения хрупких неметаллических материалов методом лазерного термораскалывания.

Однако применение известной установки обеспечивает хорошие результаты лишь при резке изделий небольшой толщины. В случае резки изделий с большой высотой торцевых поверхностей использование известной установки становится нецелесообразным. Это объясняется тем, что установка не обеспечивает поддержание оптимальных значений плотности мощности излучения одновременно на поверхности и в объеме обрабатываемого изделия. Это обусловлено использованием в известной установке только лазерного пучка с длиной волны, соответствующей интенсивному поглощению поверхностными слоями обрабатываемого материала, что, в свою очередь, делает невозможным выполнение качественной резки.

Кроме того, в известной установке затруднен контроль за процессом лазерной резки. Визуальное наблюдение за процессом термораскалывания не обеспечивает надежного определения инициализации и стабильного развития микротрещины и связано с неоправданным риском поражения отраженным лазерным излучением. В случаях срыва трещинообразования это приводит к увеличению брака. Выход годных изделий возможен лишь при своевременной повторной обработке по соответствующим участкам контура обработки.

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату к заявляемой полезной модели является установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов, содержащая установленные последовательно лазеры, один из которых имеет длину волны, соответствующую интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемым материалом, другой - объемному поглощению, механизм вертикального перемещения, на каретке которого установлены фокусирующие объективы лазеров, механизм нанесения дефекта, устройство обнаружения микротрещины, устройство подачи хладагента, координатный стол и блок управления, связанный с компьютером [2].

При этом устройство обнаружения микротрещины представляет собой видеокамеру.

Недостатком известного устройства является то, что видеокамера, передающая изображение зоны обработки на монитор компьютера, не обеспечивает надежное обнаружение и регистрацию практически невидимой нанесенной микротрещины.

Это объясняется тем, что формируемую при лазерном термораскалывании микротрещину можно визуально наблюдать лишь на небольшом расстоянии от места ее зарождения. Затем края микротрещины смыкаются, а так как они практически бездефектны, то трещина становится практически визуально невидимой.

Кроме того, использование видеокамеры требует разработки и применения сложного программного обеспечения, обеспечивающего анализ передаваемой видеоинформации. Качество передаваемой информации зачастую значительно понижается из-за помех, создаваемых при работе блоков питания лазеров и других устройств, входящих в состав установки.

Вышеперечисленные недостатки известной установки снижают надежность реализации процесса лазерного термораскалывания.

Техническая задача, решаемая заявляемой полезной моделью, - повышение надежности процесса обработки изделий из хрупких неметаллических материалов методом лазерного термораскалывания.

Технический результат, достигаемый полезной моделью, заключается в надежном обнаружении и регистрации прекращения развития разделяющей микротрещины и, в случае необходимости, в повторении резки вдоль заданной линии.

Достижение указанного технического результата обеспечивается тем, что в установке для лазерной резки хрупких неметаллических материалов, содержащей установленные последовательно лазеры, один из которых имеет длину волны, соответствующую интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемым материалом, другой - объемному поглощению, механизм вертикального перемещения, на каретке которого установлены фокусирующие объективы лазеров, механизм нанесения дефекта, устройство обнаружения микротрещины, устройство подачи хладагента, координатный стол и блок управления, связанный с компьютером, устройство обнаружения микротрещины выполнено в виде источника света и фотоприемника, направленных в зону обработки.

В отличие от прототипа, устройство обнаружения микротрещины, состоящее из источника света и фотоприемника, обеспечивает возможность надежного обнаружения и регистрации прекращения развития разделяющей микротрещины. В случае срыва процесса трещинообразования заявляемая полезная модель позволяет устранять брак за счет повторной обработки соответствующих участков траектории, что, в свою очередь, приводит к увеличению числа годных изделий.

На фигуре схематически изображена заявляемая полезная модель, вид сбоку.

Установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов состоит из лазера 1 и его фокусирующего объектива 2, лазера 3 и его фокусирующего объектива 4, координатного стола 5, механизма нанесения дефекта 6, устройства подачи хладагента 7, устройства обнаружения микротрещины 8, механизма вертикального перемещения 9 с кареткой 10. Фокусирующие объективы 2 и 4, механизм нанесения дефекта 6, устройство подачи хладагента 7 и устройство обнаружения микротрещины 8 размещены на каретке 10. Кроме того, установка содержит блок управления 11 координатным столом 5 и механизмом 9. Работу блока 11 координирует технологическая программа, вводимая в компьютер 12. Информация о наличии микротрещины, фиксируемая устройством 8, передается на компьютер 12. Позицией 13 отмечено обрабатываемое изделие.

Лазер 1 имеет длину волны излучения, соответствующую интенсивному поглощению поверхностными слоями обрабатываемого материала. Лазер 3 имеет длину волны излучения, соответствующую интенсивному объемному поглощению обрабатываемым материалом. Так, например, в случае обработки силикатных стекол целесообразно использовать в качестве лазера 1  $\text{CO}_2$ -лазер с длиной волны излучения  $\lambda = 10,6$  мкм, а в качестве лазера 2  $\text{CO}$ -лазер с  $\lambda = 5,5$  мкм. В некоторых случаях возможно использование в качестве лазера 2 YAG-лазера с  $\lambda = 1,06$  мкм (например, при обработке толстых неоптических силикатных стекол, для которых на этой длине волны наблюдаются заметные потери энергии).

Для регулирования подачи излучения от лазеров используют заслонки (на фигуре не показаны), предназначенные для отвода излучения из зоны обработки во время проведения операции установки изделия 13 на координатном столе 5, фокусировки лазерного излучения и настройки систем подачи хладагента и механизма нанесения дефекта 6. Фокусирующий объектив 2 для фокусировки излучения лазера 1 жестко закреплен на каретке 10, а фокусирующий объектив 4 для фокусировки излучения лазера 3 закреплен с возможностью поворота и фокусировки излучения лазера 3. Координатный стол 5 предназначен для относительного перемещения лазерных пучков и обрабатываемого изделия 13 в горизонтальной плоскости. Механизм 6 нанесения дефекта предназначен для нанесения локальной иницирующей трещины на линии термораскалывания изделия 13. Устройство подачи хладагента 7 предназначено для подачи под давлением в зону обработки дисперсной воздушно-водяной смеси.

В качестве источника света устройства обнаружения микротрещины 8 может быть использован полупроводниковый лазерный модуль, а в качестве фотоприемника - фототран-

зистор. Целесообразно использование дополнительных оптических элементов перед источником света, обеспечивающих соответственно формирование эллиптического светового пучка и его фокусировку в зоне с максимальной шириной микротрещины. Также целесообразно размещение перед фотоприемником объектива, проецирующего отраженный от обрабатываемого изделия расходящийся пучок света.

Принцип работы устройства контроля микротрещины основан на анализе отраженного или проходящего через образец света. Этот принцип наиболее подходит для регистрации микротрещин в стекле и других хрупких неметаллических материалах, прозрачных в видимом диапазоне. В случае отсутствия трещины коэффициент отражения находится по формулам Френеля и определяется показателем преломления и углом падения света. В случае наличия микротрещины в месте падения пучка происходит частичное отражение и рассеяние света. Это приводит к понижению интенсивности света, попадающего в фотоприемник. Таким образом, определенное повышение интенсивности света, попадающего в фотоприемник, служит основанием для отправки сигнала в компьютер о необходимости корректировки работы блока 11 управления координатным столом 5.

Программное обеспечение компьютера 12 на основании сигнала о прекращении трещинообразования, переданного устройством 8, направляет работу блока 11 на выполнение повторение реза по заданной линии. Механизм 9 может быть выполнен в виде шагового двигателя, связанного с кареткой 10, установленной на направляющей или иным образом.

Установка работает следующим образом. Компьютер 12 в соответствии с заданной технологической программой координирует работу блока 11 и задает перемещение координатного стола 5 в горизонтальной плоскости с необходимой скоростью по требуемым координатам. Изделие 13 из хрупкого неметаллического материала устанавливается на координатный стол 5, размещают механизм для нанесения дефекта 6 над началом предполагаемой траектории разделения и наносят дефект (закол, надрез) в начале контура термораскалывания. После этого координатный стол 5 совмещает надрез с начальным положением лазерных пучков лазеров 1 и 3. Подают на обрабатываемое изделие 13 лазерное излучение двух длин волн. При этом объектив 2 фокусирует на надрезе излучение лазера 1 в пятно круглого или эллиптического сечения. Объектив 4 фокусирует излучение лазера 2, длина волны которого соответствует интенсивному объемному поглощению обрабатываемым материалом, в объеме изделия 13. Координатный стол 5 перемещает изделие 13 по линии обработки, при этом одновременно устройство подачи хладагента 7 подает под давлением дисперсную воздушно-водяную смесь в зону, предварительно нагретую лазерным излучением. В месте подачи хладагента инициируется разделяющая микротрещина, которая, зародившись от нанесенного дефекта, развивается в зоне растягивающих напряжений, сформированных хладагентом. Далее начальная микротрещина распространяется до зоны сжимающих напряжений, сформированных лазерным излучением, которое формирует в обрабатываемом материале два тепловых источника: поверхностный, созданный лазером 1, и объемный, созданный лазером 3. В результате их совместного с хладагентом воздействия в материале происходит развитие разделяющей микротрещины, распространение которой в поверхностных слоях определяется воздействием хладагента и излучения лазера 1 с длиной волны, соответствующей интенсивному поглощению материалом, а глубинное развитие трещины контролируется излучением лазера 3 с длиной волны, соответствующей интенсивному объемному поглощению.

Если изделие имеет сложную пространственную форму, компьютер 12 через блок 11 задает траекторию перемещения каретки 10 (а значит, и зон нагрева и охлаждения) в вертикальной плоскости в соответствии с заданным месторасположением точек траектории на поверхности обрабатываемого изделия, регулируя работу механизма вертикального перемещения 9. При этом при перемещении объектива 2 и объектива 4 в вертикальном направлении сохраняются оптимальные значения плотности мощности излучения на

# **ВУ 4457 U 2008.06.30**

поверхности обрабатываемого изделия и в его внутренних слоях вдоль пространственной траектории термораскалывания.

В ходе выполнения вышеописанных операций устройство 8 постоянно регистрирует микротрещины, и в случае прекращения процесса трещинообразования блок 11 обеспечивает повторную обработку соответствующих участков траектории.

После завершения процесса обработки изделия 13 прекращается подача лазерного излучения и хладагента в зону обработки. При этом компьютер 12 при помощи блока 11 выводит координатный стол 5 и механизм вертикального перемещения 9 в исходное положение.

Использование предлагаемой установки обеспечивает надежное разделение изделий из хрупких неметаллических материалов. При этом использование устройства обнаружения микротрещины, состоящего из источника света и фотоприемника, направленных в зону обработки, позволяет надежно контролировать развитие разделяющей микротрещины и, в случае прекращения процесса трещинообразования, обеспечивает возможность устранения брака за счет повторной обработки соответствующих участков траектории.