

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 2283

(13) U

(46) 2005.12.30

(51)<sup>7</sup> С 03В 33/02

(54)

## УСТАНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

(21) Номер заявки: u 20050225

(22) 2005.04.18

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

(72) Авторы: Шалупаев Сергей Викентье-  
вич; Шершнев Евгений Борисович;  
Никитюк Юрий Валерьевич; Евтухов  
Андрей Михайлович (ВУ)

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

(57)

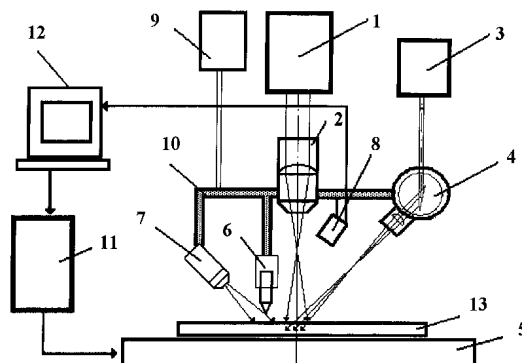
1. Установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов, содержащая лазер с длиной волны, соответствующей интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемым материалом, и его фокусирующий объектив, координатный стол, блок управления, механизм вертикального перемещения, на каретке которого установлены фокусирующий объектив, форсунка подачи хладагента и механизм нанесения дефекта, **отличающаяся** тем, что дополнительно содержит компьютер и устройство видеоконтроля, соединенные с блоком управления, лазер с длиной волны, соответствующей интенсивному объемному поглощению обрабатываемым материалом, и его фокусирующий объектив, при этом устройство видеоконтроля и дополнительный фокусирующий объектив размещены на каретке механизма вертикального перемещения, а механизм нанесения дефекта установлен с возможностью перемещения в вертикальной плоскости относительно каретки механизма вертикального перемещения.

2. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что механизм нанесения дефекта установлен на каретке между форсункой подачи хладагента и фокусирующим объективом лазера с длиной волны, соответствующей интенсивному поверхностному поглощению.

(56)

1. Патент Российской Федерации № 2024441, МПК С 03С 33/02. - Оpubл. 1994.

2. Патент РБ № 683, МПК С 03С 33/02. - Оpubл. 2002.



ВУ 2283 U 2005.12.30

Полезная модель относится к оборудованию для лазерной резки хрупких неметаллических материалов методом управляемого лазерного термораскалывания и может быть использована в электронной, стекольной и авиационной промышленности для прецизионного разделения следующих хрупких неметаллических материалов: различных типов стекла, различных типов керамики, кремния, сапфира, арсенида галлия и карбида кремния.

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 с резцом и форсунку 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 плоскопараллельной формы небольшой толщины. В случае резки по криволинейным траекториям изделий сложной трехмерной формы с большой высотой торцевых поверхностей использование известной установки для разделения стеклоизделий становится нецелесообразным из-за невозможности поддержания оптимальных значений плотности мощности излучения на поверхности обрабатываемого изделия. Это обусловлено дефокусировкой лазерного пучка и отклонением разделяющей трещины от линии воздействия лазерного луча, что, в свою очередь, делает невозможным получение качественной резки.

Кроме этого, в известной установке затруднен контроль за процессом лазерной резки материалов, так как визуальное наблюдение за процессом термораскалывания не обеспечивает надежного определения инициализации и стабильного развития микротрещины и связано с неоправданным риском поражения отраженным лазерным излучением. Это приводит к увеличению брака в случаях срыва трещинообразования, так как увеличение числа годных изделий возможно 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 лазер с длиной волны, соответствующей интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемым материалом, и его фокусирующий объектив, координатный стол, блок управления, механизм вертикального перемещения, на каретке которого установлены фокусирующий объектив, форсунка подачи хладагента и механизм нанесения дефекта [2].

Известная установка обеспечивает возможность высококачественного и безотходного разделения по криволинейным траекториям изделий сложной трехмерной формы из хрупких неметаллических материалов относительно небольшой толщины, определяемой глубиной залегания разделяющей микротрещины, величина которой контролируется распределением термоупругих полей, формируемых лазерным излучением с длиной волны, обеспечивающей его интенсивное поглощение тонким поверхностным слоем материала.

В случае лазерного термораскалывания изделий с большой высотой торцевой поверхности использование излучения с длиной волны, соответствующей интенсивному поверхностному поглощению, вызывает появление заметных отклонений линии разделения от линии воздействия лазерного излучения.

При резке методом лазерного термораскалывания термостойких материалов с малым коэффициентом термического расширения необходимые для инициализации разделяющей трещины величины растягивающих напряжений возникают, когда поверхность материала прогревается до температуры, очень близкой к температуре размягчения материала. Однако при этом в зоне воздействия лазерного излучения происходит заплавление микродфектов, от которых зарождается микротрещина. Поэтому возникает необходимость нанесения дефекта после начала лазерного нагрева образца.

Жесткое крепление механизма нанесения дефекта, изготовленного в виде алмазного или твердосплавного резца на каретке механизма вертикального перемещения в известной установке, делает невозможным повторное нанесение дефекта после начала лазерного на-

грева материала при одновременном сохранении оптимальной плотности мощности на обрабатываемой поверхности.

В известной установке также затруднен контроль за процессом инициализации и развития разделяющей микротрещины.

Вышеперечисленные недостатки известной установки приводят к невозможности ее использования для эффективной реализации процесса управляемого лазерного термораскалывания.

Техническая задача, решаемая заявляемой полезной моделью:

повысить точность разделения изделий из термостойких хрупких неметаллических материалов с большой высотой торцевых поверхностей.

Технический результат, достигаемый полезной моделью:

увеличение глубины микротрещины и устранение ее отклонений от линии воздействия лазерного излучения;

увеличение числа годных изделий;

обеспечение контроля за зарождением и развитием разделяющей микротрещины;

обеспечение возможности нанесения дефекта после начала лазерного нагрева материала при одновременном сохранении оптимальной плотности мощности на обрабатываемой поверхности материала.

Достижение указанного технического результата обеспечивается тем, что установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов, содержащая лазер с длиной волны, соответствующей интенсивному поглощению поверхностными слоями обрабатываемого материала, и его фокусирующий объектив, координатный стол, блок управления, механизм вертикального перемещения, на каретке которого установлены фокусирующий объектив, форсунка подачи хладагента и механизм нанесения дефекта, дополнительно содержит компьютер и устройство видеоконтроля, соединенные с блоком управления, лазер с длиной волны, соответствующей интенсивному объемному поглощению обрабатываемым материалом, и его фокусирующий объектив, при этом устройство видеоконтроля и дополнительный фокусирующий объектив размещены на каретке механизма вертикального перемещения, а механизм нанесения дефекта установлен с возможностью перемещения в вертикальной плоскости относительно каретки механизма вертикального перемещения.

Кроме этого, механизм нанесения дефекта установлен на каретке между форсункой подачи хладагента и фокусирующим объективом лазера с длиной волны, соответствующей интенсивному поглощению поверхностными слоями обрабатываемого материала.

В отличие от прототипа введение второго лазера с длиной волны, соответствующей интенсивному объемному поглощению обрабатываемым материалом, обеспечивает возможность формирования заданного распределения полей термоупругих напряжений не только в тонком поверхностном слое, но и по всей глубине обрабатываемого материала. Это, в свою очередь, обеспечивает повышение качества и точности обработки за счет значительного уменьшения отклонений от линии обработки и увеличения глубины разделяющей микротрещины.

Введение устройства видеоконтроля обеспечивает возможность надежной проверки зарождения и развития разделяющей микротрещины и в случае прекращения процесса трещинообразования позволяет устранять брак за счет повторной обработки соответствующих участков траектории.

Перемещение механизма нанесения дефекта в вертикальной плоскости относительно каретки механизма вертикального перемещения обеспечивает возможность нанесения дефекта в моменты времени после начала лазерного нагрева материала при сохранении оптимальной плотности мощности на обрабатываемой поверхности.

Таким образом, техническая задача, решаемая заявляемой полезной моделью, и технический результат достигаются всей совокупностью заявляемых признаков.

На фигуре схематически изображена заявляемая полезная модель, вид сбоку.

Установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов состоит из лазера 1, фокусирующего объектива 2, лазера 3, фокусирующего объектива 4, координатного стола

5, механизма 6 нанесения дефекта, форсунки 7 подачи хладагента, устройства 8 видеоконтроля, механизма 9 вертикального перемещения с кареткой 10. На каретке 10 размещены фокусирующие объективы 2 и 4, механизм 6 нанесения дефекта, форсунка 7 подачи хладагента и устройство 8 видеоконтроля. Кроме того, установка содержит блок 11 управления координатным столом 5 и механизмом 9 вертикального перемещения. Работа блока 11 управления координируется технологической программой, вводимой в компьютер 12. Кроме этого, информация из зоны обработки, фиксируемая устройством 8 видеоконтроля, передается на компьютер 12. Позицией 13 отмечено изделие из обрабатываемого материала.

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 не оптических 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 6 нанесения дефекта. 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 относительно каретки 10. Координатный стол 5 предназначен для перемещения обрабатываемого изделия 13 в горизонтальной плоскости и относительно лазерных пучков. Механизм 6 нанесения дефекта предназначен для нанесения локальной иницирующей трещины на линии термораскалывания изделия 13 и установлен с возможностью перемещения в вертикальной плоскости. Форсунка 7 подачи хладагента предназначена для подачи под давлением в зону обработки дисперсной воздушно-водяной смеси. В качестве устройства 8 видеоконтроля может быть использована видеокамера, передающая изображение зоны обработки на компьютер 12. Устройство 8 видеоконтроля фокусируется на поверхности образца 13 так, чтобы центр изображения находился в зоне подачи хладагента. Программное обеспечение компьютера 12 позволяет на основании анализа информации, переданной устройством 8 видеоконтроля, корректировать при необходимости работу блока 11 управления координатным столом 5 и механизмом 9 вертикального перемещения. 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 управления 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 6 для нанесения дефекта 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 излучение лазера 1 фокусируется объективом 2 на надрезе в пятно круглого или эллиптического сечения, а излучение лазера 2, длина волны которого соответствует интенсивному объемному поглощению обрабатываемым материалом, фокусируется объективом 4 в объеме изделия 13. Далее координатный стол 5 перемещает изделие 13 по линии обработки, при этом одновременно через форсунку 7 подачи хладагента подается под давлением дисперсная воздушно-водяная смесь в зону, предварительно нагретую лазерным излучением. В месте подачи хладагента иницируется разделяющая микротрещина, которая, зародившись от нанесенного дефекта, развивается в зоне растягивающих напряжений, сформированных хладагентом. Далее начальная микротре-

## BY 2283 U 2005.12.30

шина 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, то компьютер 12 через блок 11 управления 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 9 вертикального перемещения. При этом при перемещении объектива 2 и объектива 4 в вертикальном направлении сохраняются оптимальные значения плотности мощности излучения на поверхности обрабатываемого изделия и в его внутренних слоях вдоль пространственной траектории термораскалывания. В ходе выполнения вышеописанных операций устройство 8 видеоконтроля передает изображение зоны обработки в компьютер 12. Соответствующее программное обеспечение компьютера 12 анализирует переданную устройством 8 информацию, и в случае прекращения процесса трещинообразования блок 11 управления обеспечивает повторную обработку соответствующих участков траектории.

После завершения процесса лазерной резки изделия 13 из хрупкого неметаллического материала методом управляемого лазерного термораскалывания прекращается подача лазерного излучения и хладагента в зону обработки. При этом компьютер 12 при помощи блока 11 управления выводит координатный стол 5 и механизм 9 вертикального перемещения в исходное положение.

В случае термораскалывания термостойких материалов с малым коэффициентом термического расширения установка работает следующим образом. Изделие 13 устанавливается на координатный стол 5, который совмещает начальное положение лазерных пучков с началом обработки изделия. Подают на обрабатываемое изделие 13 лазерное излучение двух длин волн. Далее координатный стол 5 перемещает изделие 13 по линии обработки, при этом одновременно подается под давлением дисперсная воздушно-водяная смесь через форсунку 7 подачи хладагента в зону, предварительно нагретую лазерным излучением. В момент, когда начальная точка обработки находится между зонами воздействия лазерного излучения и зоной воздействия хладагента, компьютер 12 через блок 11 управления задает механизму 6 нанесения дефекта перемещение в вертикальной плоскости и нанесение дефекта на поверхности изделия 13. Далее установка работает так, как описано выше.

Таким образом, заявляемая в качестве полезной модели установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов обеспечивает прецизионное разделение по криволинейным траекториям изделий сложной формы с большой высотой торцевой поверхности. При этом совместное использование лазерного излучения с двумя длинами волн обеспечивает возможность формирования заданного распределения полей термоупругих напряжений не только в тонком поверхностном слое, но и по всей глубине обрабатываемого материала. Это, в свою очередь, обеспечивает повышение качества и точность обработки, значительно уменьшая искривления от линии разделения материала и увеличивая глубину разделяющей микротрещины. Использование устройства видеоконтроля обеспечивает возможность надежной проверки зарождения и развития разделяющей микротрещины и в случае прекращения процесса трещинообразования обеспечивает возможность устранения брака за счет повторной обработки соответствующих участков траектории.