



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006112521/03, 14.04.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.04.2006

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2007

(45) Опубликовано: 27.03.2008 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2024441 C1, 15.12.1994. RU 2020133
C1, 30.09.1994. KR 20020089711 A, 30.11.2002.
EP 1112974 A1, 04.07.2001. US 6211488 A,
03.04.2001.

Адрес для переписки:

246019, Республика Беларусь, г.Гомель, ул.
Советская, 104, учреждение образования
"Гомельский государственный университет имени
Франциска Скорины"

(72) Автор(ы):

Шалупаев Сергей Викентьевич (BY),
Шершнев Евгений Борисович (BY),
Никитюк Юрий Валерьевич (BY),
Середа Андрей Александрович (BY)

(73) Патентообладатель(и):

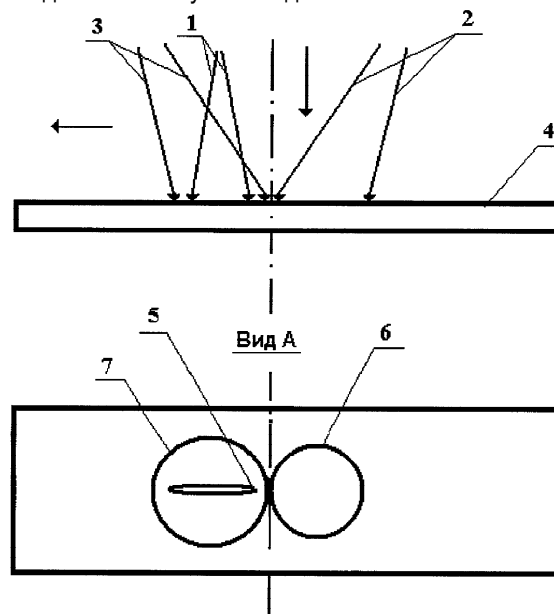
Учреждение образования "Гомельский
государственный университет имени Франциска
Скорины" (BY)

(54) СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам высокоточной лазерной резки хрупких неметаллических материалов, преимущественно стекла, и может быть использовано в электронной, стекольной, авиационной промышленности и других областях. Способ обеспечивает устранение капель хладагента, попадающих в зону воздействия лазерного пучка, и дополнительный нагрев поверхности материала одновременно с воздействием лазерного пучка. На поверхность материала в место нанесения дефекта направляют лазерный пучок и, перемещая материал по линии обработки, одновременно подают поток горячего воздуха так, чтобы зона воздействия лазерного пучка была размещена в зоне воздействия потока горячего воздуха и хладагента. Хладагент попадает в зону, нагретую воздействием лазерного пучка и потоком горячего воздуха. Поток горячего воздуха сдувает капли хладагента, находящиеся на траектории воздействия лазерного пучка, а также препятствует проникновению новых капель

хладагента в зону его воздействия. 1 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2006112521/03, 14.04.2006**

(24) Effective date for property rights: **14.04.2006**

(43) Application published: **10.11.2007**

(45) Date of publication: **27.03.2008 Bull. 9**

Mail address:

**246019, Respublika Belarus', g.Gomel', ul.
Sovetskaja, 104, uchrezhdenie obrazovanija
"Gomel'skij gosudarstvennyj universitet imeni
Frantsiska Skoriny"**

(72) Inventor(s):

**Shalupaev Sergej Vikent'evich (BY),
Shershnev Evgenij Borisovich (BY),
Nikitjuk Jurij Valer'evich (BY),
Sereda Andrej Aleksandrovich (BY)**

(73) Proprietor(s):

**Uchrezhdenie obrazovanija "Gomel'skij
gosudarstvennyj universitet imeni Frantsiska
Skoriny" (BY)**

(54) **METHOD FOR SEPARATING OF FRIABLE NON-METALLIC MATERIALS BY SUBJECTING TO THERMOELASTIC STRESS**

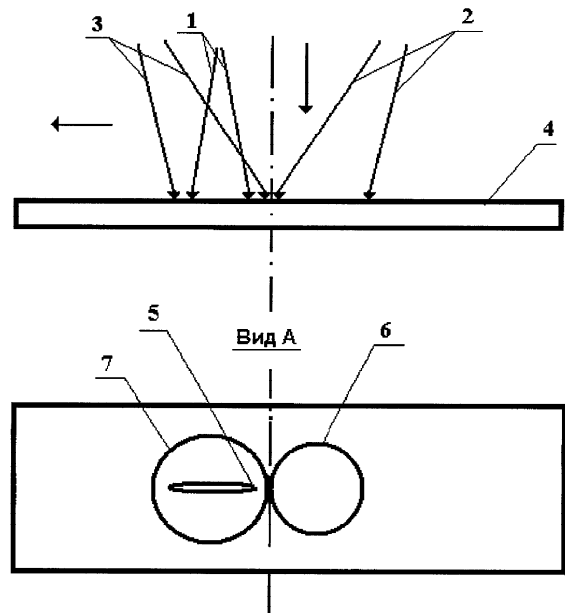
(57) Abstract:

FIELD: processes for high-precision laser cutting of friable non-metallic materials, in particular glass, used in electronic, aircraft, glass and other branches of industry.

SUBSTANCE: method involves directing laser beam onto portion of material to be cut and simultaneously feeding hot air flow so that laser beam action zone is within hot air flow action zone and coolant flow, while material advances along processing line, with the result that coolant is in zone heated by laser beam and hot air flow, and hot air flow blows-off coolant droplets being in laser beam action path to prevent penetration of other droplets.

EFFECT: removal of coolant droplets penetrated into laser beam action zone and additional heating of material surface simultaneously with action of laser beam.

1 dwg



RU 2 3 2 0 5 4 9 C 2

RU 2 3 2 0 5 4 9 C 2

Изобретение относится к способам обработки материалов, в частности к способам высокоточной лазерной резки хрупких неметаллических материалов, преимущественно стекла, под действием термоупругих напряжений.

Изобретение может быть использовано в электронной, стекольной и авиационной промышленности, в области архитектуры и стройматериалов, а также в других областях техники и производства, где существует необходимость прецизионной обработки изделий из хрупких неметаллических материалов.

Известен способ термораскалывания стекла и других хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений, возникающих в результате лазерного нагрева поверхностных слоев и образования в материале сквозной разделяющей трещины [1].

Сущность указанного способа заключается в следующем. При нагреве поверхности листового стекла лазерным излучением основная часть энергии поглощается в тонком поверхностном слое материала, что приводит к локальному поверхностному нагреву обрабатываемого изделия. При этом образование и развитие разделяющей трещины определяются распределением полей напряжений, сформированных в результате теплового расширения областей материала, температура в которых значительно увеличивается, вследствие поглощения лазерного излучения. При реализации способа термораскалывания хрупких неметаллических материалов разделение материала происходит по всей толщине и характеризуется достаточно низкой скоростью, увеличение которой возможно за счет увеличения мощности лазерного излучения. Однако чрезмерное увеличение мощности лазерного излучения приводит к перегреву стекла и образованию поперечных трещин вдоль линии обработки. Кроме того, известный способ не может обеспечить высокую точность резки. Это обусловлено распределением зон напряжений растяжения и сжатия в обрабатываемом материале, сформированных в результате лазерного нагрева. В месте воздействия лазерного пучка формируется зона значительных по величине сжимающих напряжений, которую огибает спереди и в глубине материала зона растягивающих напряжений. Инициирование разделяющей микротрещины в случае сквозного термораскалывания происходит в поверхностных слоях материала от трещиноподобного дефекта микроструктуры или искусственно нанесенного дефекта в зоне растягивающих напряжений. Далее начальная микротрещина начинает свое движение и распространяется в поле растягивающих напряжений. При этом рост разделяющей трещины характеризуется существенной нестабильностью, а ее движение в глубь материала определяется изменением пространственного расположения зоны растягивающих напряжений, величина которых сильно уменьшается в более глубоких слоях материала, что в свою очередь значительно увеличивает вероятность отклонения разделяющей трещины от линии воздействия лазерного излучения.

Принимая во внимание низкую скорость известного способа термораскалывания стекла и низкую точность резки, описанный способ является практически неприменимым и бесперспективным.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому способу является способ разделения хрупких неметаллических материалов, преимущественно стекла, под действием термоупругих напряжений, путем нагрева линии реза воздействием лазерного пучка при относительном перемещении пучка и материала до температуры, не превышающей температуру размягчения материала, и локального охлаждения зоны нагрева подачей хладагента на поверхность материала [2].

Кроме того, перед началом резки осуществляют дополнительный нагрев зоны резки.

Известный способ обеспечивает высокую точность разделения, нулевую ширину реза, повышение механической прочности получаемых изделий, безотходность и низкую энергоемкость по сравнению с другими традиционными способами резки.

Сущность указанного способа заключается в следующем.

В месте воздействия лазерного пучка в материале формируется зона значительных по величине сжимающих напряжений, которую огибает спереди и в глубине материала зона

растягивающих напряжений. При этом совместное воздействие лазерного излучения и хладагента на верхние слои материала приводит к возникновению дополнительной зоны растягивающих напряжений, расположение которой определяется областью интенсивного охлаждения поверхности за счет подачи хладагента. Эта зона растягивающих напряжений
5 ограничена зоной сжимающих напряжений, сформированных лазерным пучком. Инициирование разделяющей микротрещины происходит в поверхностных слоях материала от трещиноподобного дефекта микроструктуры или искусственно нанесенного дефекта в зоне растягивающих напряжений, сформированных за счет подачи хладагента. Далее начальная микротрещина начинает свое движение и распространяется до зоны
10 сжимающих напряжений, сформированных лазерным излучением. После чего нестационарный рост трещины прекращается, и ее дальнейшее движение определяется изменением пространственного распределения зон растягивающих и сжимающих напряжений, обусловленным взаимным перемещением обрабатываемого материала, лазерного пучка и хладагента. Таким образом, распределение сжимающих напряжений в
15 объеме материала определяет форму и глубину развития микротрещины, инициализация и развитие которой происходят в зоне растягивающих напряжений, сформированных в области подачи хладагента.

Недостатком данного способа является низкая надежность процесса разделения при режимах, характеризуемых малым расстоянием от заднего фронта лазерного пучка до
20 переднего фронта зоны охлаждения. Это приводит к попаданию капель хладагента в зону воздействия лазерного пучка, тем самым резко уменьшая долю лазерного излучения, поглощенного поверхностными слоями обрабатываемого материала, и, как следствие, к прекращению роста разделяющей микротрещины.

Известный способ не обеспечивает надежного разделения в случае необходимости
25 нанесения разделяющих микротрещин на небольшом удалении друг от друга. Капли хладагента, оставшиеся после нанесения предыдущей микротрещины, попадают на траекторию воздействия лазерного пучка при нанесении последующей микротрещины. Это оказывает существенное влияние на теплофизические условия и приводит к прекращению развития разделяющей микротрещины.

Кроме того, в случае нанесения серии рядом расположенных микротрещин вследствие
30 воздействия хладагента происходит уменьшение температуры материала, что делает предварительный нагрев зоны обработки неэффективным, а осуществление предварительного нагрева перед нанесением каждой новой микротрещины значительно увеличивает общее время, затрачиваемое на разделение материала. Таким образом,
35 вышеперечисленные недостатки известного способа обуславливают в ряде случаев низкую эффективность его использования.

Техническая задача, решаемая изобретением, заключается в обеспечении надежности и повышении эффективности разделения хрупких неметаллических материалов под
действием термоупругих напряжений.

40 Технический результат, достигаемый заявляемым изобретением, заключается в устранении влияния капель хладагента, попадающих в зону воздействия лазерного пучка, и обеспечении дополнительного нагрева поверхности обрабатываемого материала при воздействии лазерного пучка.

Технический результат достигается тем, что в способе разделения хрупких
45 неметаллических материалов, преимущественно стекла, под действием термоупругих напряжений путем нагрева линии реза воздействием лазерного пучка при относительном перемещении пучка и материала до температуры, не превышающей температуру размягчения материала, и локального охлаждения зоны нагрева подачей хладагента, одновременно с лазерным пучком и хладагентом на поверхность материала направляют
50 поток горячего воздуха, при этом зону воздействия лазерного пучка размещают в зоне воздействия потока горячего воздуха.

Сущность заявляемого способа разделения хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений заключается в следующем.

При нагреве поверхности неметаллического материала воздействием лазерного пучка основная часть энергии поглощается в тонком поверхностном слое материала, что приводит к формированию локального поверхностного источника тепла. Воздействие потока горячего воздуха одновременно с воздействием лазерного пучка и размещение
5 зоны лазерного воздействия в зоне воздействия потока горячего воздуха обеспечивают удаление капель хладагента, находящихся на траектории воздействия лазерного пучка, а также препятствуют проникновению новых капель хладагента в зону его воздействия. Тем самым действие потока горячего воздуха обеспечивает стабилизацию теплофизических
10 условий в зоне воздействия лазерного пучка, размещенной на поверхности материала в зоне потока горячего воздуха. Кроме этого, поток горячего воздуха обеспечивает дополнительный нагрев поверхности обрабатываемого материала при воздействии лазерного пучка.

Вследствие воздействия лазерного пучка и потока горячего воздуха в материале формируется зона сжимающих напряжений, величина которых больше, чем в случае
15 использования только лазерного нагрева, как в прототипе. Зону сжимающих напряжений огибает спереди и в глубине материала зона растягивающих напряжений. В результате локального охлаждения зоны нагрева подачей хладагента происходит возникновение дополнительной зоны растягивающих напряжений, расположение которой определяется областью интенсивного охлаждения поверхности за счет подачи хладагента. Эта зона
20 растягивающих напряжений ограничена зоной сжимающих напряжений, сформированных лазерным пучком и потоком горячего воздуха. Инициирование разделяющей микротрещины происходит в поверхностных слоях материала от трещиноподобного дефекта микроструктуры или искусственно нанесенного дефекта в зоне растягивающих
25 напряжений, сформированных за счет подачи хладагента. Далее начальная микротрещина начинает свое движение и распространяется до зоны сжимающих напряжений, сформированных лазерным излучением. После чего нестационарный рост трещины прекращается, и ее дальнейшее движение определяется изменением пространственного
30 распределения зон растягивающих и сжимающих напряжений, обусловленным взаимным перемещением обрабатываемого материала, лазерного пучка, потока горячего воздуха и хладагента.

Таким образом, распределение сжимающих напряжений, сформированных в объеме образца вследствие воздействия лазерного излучения и потока горячего воздуха, определяет форму и глубину развития микротрещины, инициализация и развитие которой
35 происходит в зоне растягивающих напряжений, сформированных в области подачи хладагента при локальном охлаждении зоны нагрева, при этом действие потока горячего воздуха обеспечивает стабилизацию теплофизических условий в зоне лазерного воздействия при ее размещении на поверхности материала в зоне воздействия потока горячего воздуха. Кроме этого, воздействие потока горячего воздуха обеспечивает
40 дополнительный нагрев поверхности обрабатываемого материала при воздействии лазерного пучка, что приводит к увеличению скорости разделения.

Сопоставительный анализ заявляемого решения с прототипом показывает, что заявляемый способ отличается от известного осуществлением нового действия и
45 выбранным условием, при котором выполняют действия, характеризующие заявляемый способ, и не является частью уровня техники.

Таким образом, заявляемый способ разделения хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений является новым.

Анализ научно-технической и патентной литературы выявил способ и устройство для резки стекла вдоль заранее нанесенной линии, при котором на стекло наносят
50 искусственный дефект в кромочной зоне листа, нагревают стекло по его поверхности в зоне нанесенной линии резки с помощью нагревателей (горячим газом), и, применяя изгибающий момент, стекло разделяют в зоне полученной при этом термической трещины (см. патент ФРГ №PS 2141587, опублик. 1981 г. - ИЗР №2, 1982 г.).

Сущность назначения потока горячего воздуха в известном способе резки стекла

заключается в следующем. Поток горячего воздуха обеспечивает локальный нагрев поверхности стекла, который в свою очередь приводит к формированию термической трещины.

В заявляемом способе на поверхность материала направляют одновременно лазерный пучок, обеспечивающий локальный нагрев, поток горячего воздуха и хладагент, при этом поток горячего воздуха в первую очередь обеспечивает удаление капель хладагента, находящихся на траектории воздействия лазерного пучка, а также препятствует проникновению новых капель хладагента в зону его воздействия. Поток воздуха может быть и не нагретым, но при выполнении условия размещения зоны лазерного воздействия в зоне воздействия потока ненагретого воздуха он все равно обеспечивает удаление капель хладагента, находящихся на траектории воздействия лазерного пучка, а также препятствует проникновению новых капель хладагента в зону воздействия лазерного пучка. Использование в заявляемом способе горячего потока воздуха обеспечивает получение дополнительного технического результата: увеличение скорости разделения за счет дополнительного нагрева поверхности обрабатываемого материала.

Действие потока воздуха, и притом, горячего обеспечивает стабилизацию теплофизических условий в зоне лазерного воздействия.

Таким образом, в известном способе применение потока горячего воздуха обеспечивает иной технический результат, чем в предложенном способе, который, как отмечалось выше, достигается всей совокупностью признаков и предполагает кроме нагрева линии реза воздействием лазерного пучка, при относительном перемещении пучка и материала, подачу потока горячего воздуха и локальное охлаждение зоны нагрева подачей хладагента и не является суммой технических результатов от использования известных признаков.

Анализ научно-технической и патентной литературы не выявил в известных технических решениях заявляемой совокупности существенных признаков и изобретение явным образом не следует из уровня техники, что позволяет сделать вывод, что заявляемый способ разделения хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений имеет изобретательский уровень.

Заявляемый способ разделения хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений является промышленно применимым, так как в случае его осуществления с помощью технических средств, известных в данной области техники, возможна реализация указанной области назначения.

На чертеже приведена схема взаимного расположения зоны воздействия лазерного пучка, зоны охлаждения за счет подачи хладагента и зоны подачи потока горячего воздуха.

Позицией 1 отмечен лазерный пучок, позицией 2 - хладагент, позицией 3 - поток горячего воздуха, позицией 4 - обрабатываемый материал, позицией 5 - сечение лазерного пучка 1 на плоскости обрабатываемого материала 4, позицией 6 - зона охлаждения, образуемая в результате воздействия хладагента 2, позицией 7 - зона воздействия потока 3 горячего воздуха. Стрелкой отмечено направление перемещения материала.

Способ осуществляют следующим образом. Берут исходный материал 4, например лист стекла, и укладывают его на плиту координатного стола. Включают перемещение стола и на поверхности материала 4 наносят дефект (закол, надрез) в начале линии обработки. Далее на поверхность материала 4 в место нанесения дефекта направляют лазерный пучок 1 и перемещают материал 4 по линии обработки. Подают поток 3 горячего воздуха, при этом зону воздействия лазерного пучка 1 размещают в зоне 7 воздействия потока 3 горячего воздуха. Одновременно с лазерным пучком 1 и потоком 3 горячего воздуха на поверхность материала подают хладагент 2, при этом хладагент 2 попадает в зону, нагретую воздействием лазерного пучка 1 и дополнительно потоком 3 горячего воздуха. Поток 3 горячего воздуха удаляет (сдувает) капли хладагента 2, находящиеся на траектории воздействия лазерного пучка 1, а также препятствует проникновению новых капель хладагента 2 в зону его воздействия. В месте подачи хладагента 2 инициируется разделяющая микротрещина, которая, зародившись от нанесенного дефекта, развивается

в зоне растягивающих напряжений, сформированных хладагентом 2. Далее начальная микротрещина распространяется до зоны сжимающих напряжений, сформированных в результате воздействия на поверхность обрабатываемого материала 4 лазерного пучка 1 и потока 3 горячего воздуха. Таким образом в материале 4 происходит развитие

5 разделяющей микротрещины, распространение которой определяет воздействие лазерного пучка 1, хладагента 2 и потока 3 горячего воздуха. После нанесения первой разделяющей микротрещины прекращают подачу лазерного пучка 1, хладагента 2, потока 3 горячего воздуха и перемещают материал 4 в начало следующей линии разделения для повторения описанной выше последовательности действий. После нанесения всех разделяющих
10 микротрещин прекращают воздействие лазерного пучка 1, подачу хладагента 2, потока 3 горячего воздуха и останавливают координатный стол. Разделение материала производят по нанесенным разделяющим микротрещинам.

Пример осуществления способа

15 Качественная оценка заявляемого способа осуществлена при нанесении параллельных разделяющих микротрещин на расстоянии 5 мм друг от друга в образцах из стекла марок М3-М5 толщиной 3-5 мм. В работе использовали лазер ИЛГН 802 мощностью излучения 60 Вт, с длиной волны излучения $\lambda=10,6$ мкм. При разделении стекла лазерное излучение фокусировали сфероцилиндрической линзой в эллиптические пучки с геометрическими размерами $a \times b$, где большая ось $a=10-14$ мм, а малая ось $b=0,5-2$ мм. Поток воздуха
20 перед подачей в зону обработки нагревали до температуры 300-500°C. Скорость резки образцов составляла 20-50 мм/с.

При этом реализация предложенного способа обеспечила высокую повторяемость процесса разделения стекла под действием термоупругих напряжений.

25 Для сравнения было осуществлено разделение аналогичных образцов по способу, изложенному в прототипе. В ходе экспериментов было определено, что реализация процесса по способу, изложенному в прототипе, характеризуется частыми срывами трещинообразования из-за попадания охлаждающей смеси в зону воздействия лазерного излучения, тем самым резко уменьшая долю лазерного излучения поглощенного
поверхностными слоями обрабатываемого изделия.

30 В случае реализации процесса по способу, изложенному в прототипе, при нанесении серии параллельных микротрещин, расположенных на небольшом удалении друг от друга, надежность процесса была существенно ниже из-за попадания капель охлаждающей жидкости на траекторию лазерного воздействия, поданной в зону лазерного нагрева при предшествующем нанесении соседней микротрещины, и которая оказала влияние на
35 теплофизические условия, что привело к прекращению развития разделяющей трещины.

Анализируя результаты проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что предлагаемый способ обеспечивает высокую надежность разделения хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений.

Источники информации

- 40 1. Мачулка Г.А. Лазерная обработка стекла. М.: Сов. Радио, 1979, с.48-67.
2. Патент РФ №2024441, МПК C03B 33/02, опубли. 1994 - прототип.

Формула изобретения

45 Способ разделения хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений путем нагрева линии реза воздействием лазерного пучка при относительном перемещении пучка и материала до температуры, не превышающей температуру размягчения материала, и локального охлаждения зоны нагрева подачей хладагента, отличающийся тем, что одновременно с лазерным пучком и хладагентом на поверхность
50 материала направляют поток горячего воздуха, при этом зону воздействия лазерного пучка размещают в зоне воздействия потока горячего воздуха.