

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:  
6 февраля 2003 (06.02.2003)

РСТ

(10) Номер международной публикации:  
WO 03/010102 A1

(51) Международная патентная классификация<sup>7</sup>:  
C03B 33/09, B23K 26/00

(21) Номер международной заявки: PCT/RU02/00318

(22) Дата международной подачи:  
2 июля 2002 (02.07.2002)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(30) Данные о приоритете:  
2001120746 25 июля 2001 (25.07.2001) RU  
2001120747 25 июля 2001 (25.07.2001) RU  
2001122793 15 августа 2001 (15.08.2001) RU  
2002114928 7 июня 2002 (07.06.2002) RU  
2002114927 7 июня 2002 (07.06.2002) RU

(74) Агент: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТ-  
ВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПАТЕНТ ГАРАНТ»,  
[RU/RU]; 115114 Москва, Шлюзовая Набережная,  
д. 6, стр. 4-5 (RU) [«PATENT GARANT LI-  
MITED», Moscow (RU)].

(81) Указанные государства (национально): CN, JP, KR,  
US.

(84) Указанные государства (регионально): европей-  
ский патент (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE, SK, TR).

Опубликована  
С отчётом о международном поиске.  
С изменённой формулой изобретения

(71) Заявитель и

(72) Изобретатель: КОНДРАТЕНКО Владимир Степа-  
нович [RU/RU]; 111402 Москва, ул. Вешняковская,  
д. 12, корп. 1, кв. 41 (RU) [KONDRATENKO, Vla-  
dimir Stepanovich, Moscow (RU)].

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и дру-  
гих сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям»,  
публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюл-  
летеня РСТ.

(54) Title: CUTTING METHOD FOR BRITTLE NON-METALLIC MATERIALS (TWO VARIANTS)

(54) Название изобретения: СПОСОБ РЕЗКИ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ (ДВА ВАРИ-  
АНТА)

(57) Abstract: The aim of present invention is to improve the efficiency and quality of the cutting of brittle non-metallic materials. In the first variant, the inventive method for cutting brittle non-metallic materials consisting in notching along cutting line and in additionally acting on the surface of the material, is characterised in that the additional action on the surface of the material is performed with at least one elastic wave source in the area of the notch, the amplitude and frequency of elastic waves are selected according to a condition of deepening the notch to the predetermined depth or cutting through said material. In the second variant, the notching is performed by heating the material surface along the cutting line with the aid of a laser beam elongated therealong and by locally cooling the heated area. The additional action on the material surface is performed by successively cooling each point of the cutting line in the heating area during a period of time commensurable with the time for heating said point. The cooling time is selected in relation to the material thickness and the thermophysical properties thereof according to a condition of producing the cut having the predetermined depth.

[Продолжение на след. странице]



WO 03/010102 A1



---

**(57) Реферат:** В основу настоящего изобретения положена задача повышения производительности и качества резки хрупких неметаллических материалов.

В первом варианте задача решается за счет того, что способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий нанесение надреза по линии реза и дополнительное воздействие на поверхность материала, характеризуется тем, что дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют в зоне нанесения надреза по крайней мере одним источником упругих волн при этом амплитуду и частоту упругих волн выбирают из условия углубления надреза на заданную глубину или сквозной резки.

Во втором варианте изобретения поставленная задача решается за счет того, что нанесение надреза осуществляют путем нагрева поверхности материала по линии реза вытянутым вдоль нее лазерным пучком и локального охлаждения зоны нагрева, а дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют путем последующего охлаждения каждой точки на линии реза в зоне нагрева в течение периода времени, соизмеримого со временем нагревания этой точки. Продолжительность охлаждения выбирают в зависимости от толщины материала и его теплофизических свойств из условия получения реза заданной глубины.

## Способ резки хрупких неметаллических материалов (два варианта)

Изобретение относится к способам резки хрупких неметаллических  
5 материалов, в частности, к способам лазерной резки таких материалов, как любой  
тип стекла, включая кварцевое стекло, различные монокристаллы, например, сапфир  
и кварц, все типы керамики, а также полупроводниковые материалы.

Известен способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий  
нанесение надреза на поверхности материала по линии реза, нагрев линии реза  
10 лазерным пучком при относительном перемещении материала и пучка и локальное  
охлаждение зоны нагрева с помощью хладагента (Патент РФ №2024441, МКИ<sup>5</sup> С 03  
В 33/02, публ.15. 12. 94).

Данный способ позволяет осуществлять не только надрез, но и сквозную  
резку стекла либо других хрупких неметаллических материалов за счет применения  
15 повторного нагрева линии реза с помощью лазерного пучка или другого теплового  
источника.

Недостатком указанного способа резки является низкая производительность  
процесса резки, поскольку из-за низкой теплопроводности стекла углубление  
надреза может происходить только при низкой скорости перемещения, которая  
20 обеспечила бы прогрев материала на большую глубину.

Известен способ резки неметаллических материалов, включающий нагрев  
линии реза лазерным пучком при относительном перемещении материала и пучка,  
локальное охлаждение зоны нагрева с помощью хладагента и последующий нагрев  
поверхности материала вдоль линии реза двумя параллельными лазерными пучками  
25 (см. Патент США №6259058, МПК7 В 24 К 26/067, публ. 10. 07. 2001). Как и в  
предыдущем способе резки, повторный нагрев может обеспечить углубление  
надреза до сквозной трещины в материале. Однако этому способу присущи те же  
недостатки, что и в ранее описанном способе резки.

Известен способ резки хрупких неметаллических материалов, реализуемый в  
30 установке для лазерной обработки хрупких материалов, включающий нагрев одной  
из поверхностей листа разрезаемого материала лазерным пучком, обеспечивающий  
образование разделяющей трещины, а также дополнительное механическое

воздействие на противоположную поверхность листа (см. Патент РФ № 2139779, МКИ В 23 К 26/00, публ. 20. 10. 99).

Однако, как в случае применения постоянного механического воздействия на противоположную поверхность материала, так и в сочетании с постукиванием подвижным шариком по поверхности противоположной стороны листа по траектории перемещения лазерного пучка эти приемы позволяют лишь сократить запаздывание сквозной трещины относительно положения лазерного пучка на поверхности материала, но не позволяет повысить скорость резки.

Известен также способ резки листовых хрупких неметаллических материалов, основанный на применении перечисленных выше приемов, а именно: предварительное нанесение царапины (дефекта) с помощью алмазного инструмента по линии реза, нагрев линии реза лазерным эллиптическим пучком при относительном перемещении материала и пучка и локальное охлаждение зоны нагрева с помощью хладагента (международная заявка PCT/RU94/00276, номер международной публикации WO 96/20062, 1996г.). Этот способ можно успешно использовать при резке листовых материалов, как по прямолинейному контуру, так и по любому криволинейному контуру.

Известен способ резки листового стекла, при котором на одну из поверхностей стекла по линии реза воздействуют направленным тепловым потоком, обеспечивающим образование разделяющей трещины, а к противоположной поверхности листа прикладывают изгибающее усилие, обеспечивающее продвижение трещины вдоль намеченной линии (см. Патент США №4190184, МКИ С 03 В 33/02, приор. 23. 08. 78).

Однако эти способы не позволяют осуществлять сквозную высокопроизводительную резку материалов, а требуют для окончательного разделения надрезанных частей материала осуществления дополнительной операции механического или другого метода докалывания материала. Эта операция не позволяет обеспечить высокого качества разрезаемых изделий и, кроме того, требует применения дополнительного оборудования для ломки.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является способ резки стекла, включающий нанесение надреза по линии реза и дополнительное воздействие на поверхность стекла с помощью акустических

колебаний, при этом акустические колебания возбуждают параллельно поверхности стекла (см. Авторское свидетельство СССР №996347, МКИ<sup>5</sup> СОЗ В33/02, публ. 15. 02. 83 г.). В данном способе образование сквозной трещины происходит за счет сообщения стеклу акустических колебаний в ультразвуковом диапазоне 2 – 5 кГц, при этом акустические колебания возбуждают параллельно поверхности стекла после нанесения надреза. Кроме того, для повышения эффективности процесса частоту акустических колебаний выбирают равной частоте собственных колебаний стекла для возникновения резонансной частоты колебаний.

Однако данный способ имеет ряд очень существенных недостатков, которые препятствуют его широкому практическому применению в промышленности. Во-первых, для того, чтобы придать всему листу стекла ультразвуковые колебания, способные привести к раскалыванию стекла вдоль нанесенного резцом надреза, требуется провести огромные энергетические затраты. Во-вторых, данный процесс резки инерционен, так как состоит из отдельных, разнесенных по времени технологических операций: нанесение надреза, установка в строго заданном месте относительно линии надреза вибратора и его плотная фиксация на поверхности стекла для обеспечения жесткого контакта, включение магнитострикционного или пьезоэлектрического преобразователя. Кроме того, в связи с тем, что после каждого очередного реза изменяются размеры исходной заготовки стекла необходимо изменять частоту колебаний для получения резонансной частоты колебаний. Это требует трудоемких предварительных расчетов и постоянной корректировки частоты колебаний. В-третьих, плотный контакт вибратора с поверхностью стекла приводит к повреждению поверхности стекла, то есть к появлению царапин и сколов. Это приводит к появлению большого процента брака.

В основу настоящего изобретения положена задача повышения производительности и качества резки хрупких неметаллических материалов за счет возможности осуществления сквозной и несквозной резки, как в одном, так и в разных технологических циклах при равной скорости резки, обеспечения возможности осуществления пересекающихся резов, а также за счет возможности резки двухслойных пакетов материалов.

Поставленная задача в рамках данного изобретения решается двумя вариантами.

В первом варианте задача решается за счет того, что способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий нанесение надреза по линии реза и дополнительное воздействие на поверхность материала, характеризуется тем, что дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют в зоне

5 нанесения надреза по крайней мере одним источником упругих волн при этом амплитуду и частоту упругих волн выбирают из условия углубления надреза на заданную глубину или сквозной резки. При этом нанесение надреза по линии реза можно осуществлять с помощью резца, с помощью лазерного пучка, путем нагрева поверхности материала по линии реза лазерным пучком и дополнительного

10 охлаждения зоны нагрева с помощью хладагента с воздействием упругими волнами в зоне подачи хладагента. Нанесение надреза по линии реза можно осуществлять путем нагрева поверхности материала по линии реза двумя лазерными пучками, расположенными на поверхности материала на заданном расстоянии друг от друга в направлении, перпендикулярном направлению относительного перемещения

15 лазерных пучков и материала. При осуществлении способа преимущественно упругие волны концентрируют в объеме материала в зоне надреза по линии реза. В качестве источника упругих волн целесообразно использовать импульсное лазерное излучение, для которого материал непрозрачен.

В качестве резца используют алмазную пирамиду с режущей гранью,

20 имеющей угол 70 - 140 угловых градусов или вращающийся твердосплавный ролик с углом заточки 70 – 140 угловых градусов.

Воздействие упругой волны по линии надреза осуществляют, например, после завершения процесса нанесения надреза или только в заданных зонах материала по линии реза. Способ предусматривает, что линия воздействия

25 источника упругих волн и линия надреза смещены друг относительно друга в плоскости, перпендикулярной поверхности материала для получения наклонного реза.

В некоторых случаях концентрируют одновременно две упругие волны со стороны нанесения надреза вслед за наносящим надрез инструментом по обе

30 стороны относительно линии надреза или одновременно концентрируют упругую волну в объеме материала в зоне надреза, воздействуя на противоположную

поверхность материала в зоне, расположенной между зон воздействия двух других упругих волн, концентрируемых со стороны надреза.

Во втором варианте изобретения поставленная задача решается за счет того, что способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий нанесение надреза по линии реза и дополнительное воздействие на поверхность материала, характеризуется тем, что нанесение надреза осуществляют путем нагрева поверхности материала по линии реза вытянутым вдоль нее лазерным пучком и локального охлаждения зоны нагрева, а дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют путем последующего охлаждения каждой точки на линии реза в зоне нагрева в течение периода времени, соизмеримого со временем нагревания этой точки. Продолжительность охлаждения выбирают в зависимости от толщины материала и его теплофизических свойств из условия получения реза заданной глубины.

Сущность изобретения поясняется чертежами, на которых представлены:

- 15 - фиг. 1 - схема образования надреза в материале с помощью лазерного пучка;
- фиг. 2 - схема образования надреза с помощью лазерного пучка и хладагента;
- фиг. 3 - схема образования надреза в материале с помощью двух лазерных пучков;
- 20 - фиг. 4 - схема углубления выполненного резцом надреза в материале на заданную глубину с помощью упругой волны;
- фиг. 5 - схема сквозного углубления надреза с помощью упругой волны;
- 25 - фиг. 6 - схем проведения в одном цикле несквозного и сквозного реза и двух сквозных пересекающихся резов;
- фиг. 7 - схема осуществления наклонного реза по отношению к поверхности материала;
- фиг. 8 - схема сквозной резки одной из двух склеенных пластин;
- 30 - фиг. 9 - схема сквозной резки с применением механического волновода и концентратора упругой волны, расположенных с противоположной стороны разрезаемого листа;

- фиг. 10 – схема сквозной резки с применением двух лазерных пучков и двух концентраторов упругих волн, вид сверху;
- фиг. 11 – схема сквозной резки с применением двух лазерных пучков и двух концентраторов упругих волн, вид спереди (сечение);
- 5       - фиг. 12 – схема сквозной резки с применением трех упругих волн, вид спереди (сечение);
- фиг. 13 – схема концентратора упругой волны, воздействующего со стороны надреза;
- фиг. 14 – схема осуществления сквозного реза материала за счет
- 10       воздействия протяженного хладагента;
- фиг. 15 – схема осуществления управляемой резки на заданную глубину посредством многокаскадного управляемого охлаждения;

Первый вариант способа резки хрупких неметаллических материалов заключается в следующем.

- 15       При воздействии на поверхность стекла или другого хрупкого неметаллического материала 1 с помощью инструмента 2 при их относительном перемещении со скоростью  $v$  в объеме материала наносится надрез 3 глубиной  $\delta$ .

- В качестве инструмента 2 в соответствии с изобретением могут использоваться: лазерный пучок (фиг. 1), резец (фиг. 4), два лазерных пучка, расположенных на поверхности материала на заданном расстоянии друг от друга в направлении, перпендикулярном направлению относительного перемещения лазерных пучков и материала (фиг. 3) и другие подобные инструменты. Надрез может быть получен, например, путем нагрева поверхности лазерным пучком 2 и локального охлаждения зоны нагрева с помощью хладагента 4 (фиг. 2).

- 25       Основным отличием первого варианта описываемого изобретения является концентрация упругой волны 5, полученной от источника 6, в качестве которого может применяться концентратор или, например, импульсный лазер с излучением, для которого материал 1 непрозрачен, в объеме материала 1 в зоне образования надреза 3.

- 30       Следует сразу подчеркнуть, что в этом способе практически отсутствует какое-либо заметное механическое воздействие на поверхность материала, а также нет вибрации материала. При этом в зависимости от условий воздействия упругой

волны (амплитуды и частоты колебаний), связанных с основными параметрами нанесения надреза: скоростью и глубиной надреза  $\delta$ , можно легко осуществить углубленный рез 7 на заданную глубину  $h$ . Изменяя параметры процесса, легко получить сквозной рез 8 глубиной  $H$ .

- 5           Рассмотрим основные физические принципы образования и распространения упругой волны в твердом упругом теле и условия углубления надреза вплоть до сквозного реза за счет воздействия упругой волны в зоне надреза.

- При распространении упругой волны в твердом теле возникают механические деформации сжатия (растяжения) и сдвига, которые переносятся волной из одной  
10 точки материала в другую. При этом имеет место перенос энергии упругой деформации в объеме твердого тела. В изотропном твердом материале могут распространяться упругие волны двух типов – продольные и сдвиговые. Продольные волны вызывают деформации, представляющие собой комбинацию сжатия (растяжения) и чистого сдвига. В сдвиговых волнах деформация является чистым  
15 сдвигом. Упругая волна характеризуется амплитудой и направлением колебаний, переменным механическим напряжением и деформацией, частотой колебаний, длиной волны, фазовой и групповой скоростями, а также законом распределения смещений и напряжений по фронту волны. Эти параметры следует учитывать для определения оптимальных условий углубления надреза, а именно концентрации  
20 упругой волны в объеме материала в зоне надреза.

- Для передачи упругой волны от его источника к зоне надреза можно использовать акустические волноводы. Например, в пластине или стержне, представляющими собой твердые акустические волноводы, могут распространяться волны, представляющие собой комбинации продольных и сдвиговых волн,  
25 распространяющихся под острыми углами к оси волновода и удовлетворяющих граничным условиям: отсутствию механических напряжений на поверхности волновода. Волновод может заканчиваться концентратором, обеспечивающим концентрацию упругой волны в определенной зоне объема материала.

- Очень серьезным преимуществом описываемого изобретения является  
30 возможность воздействия упругой волны только в заданных зонах линии надреза, что позволяет в одном цикле резки чередовать несквозной надрез и сквозной рез. Один из примеров такой резки показан на фиг. 6, где в одном цикле начало и

завершение резки производят с помощью несквозного надреза 3, то есть без углубляющего воздействия упругой волны, а остальную часть резки осуществляют насквозь с образованием сквозной трещины 8. Во-первых, этот прием позволяет осуществлять сквозные пересекающиеся резы без ухудшения качества резки в  
5 местах пересечений и без применения дополнительных насечек в местах пересечений. Во-вторых, это позволяет обеспечивать высокую точность и качество резки, так как до полного завершения резки всей пластины на отдельные элементы она сохраняет свои первоначальные габариты и целостность.

Еще одним достоинством предлагаемого способа резки хрупких  
10 неметаллических материалов является возможность осуществления сквозного реза под некоторым углом по отношению к плоскости, перпендикулярной поверхности материала. Это может быть обеспечено за счет того, что линия воздействия источника 6 упругих волн и линия воздействия резца инструмента 2 смещены относительно плоскости, перпендикулярной поверхности материала 1 (фиг. 7). В  
15 результате такого смещения линия сквозного реза 9 наклонена под углом  $\phi$  к направлению, перпендикулярному поверхности материала. Такой способ резки дает очень хорошие результаты при резке дисков или других изделий с замкнутым контуром резки, так как позволяет достаточно легко извлекать вырезанную деталь из общей заготовки. При этом этот уклон может быть настолько мал, что практически  
20 не влияет на точность резки.

Описываемый способ резки хрупких неметаллических материалов может быть использован для резки не только однослойных материалов, но и склеенных пластин. На фиг. 8 показана схема резки пластины 1, склеенной с пластиной 10  
25 посредством клеевого соединения 11. В этом случае упругая волна 5 распространяется со стороны пластины 10 и, достигнув зоны надреза 3, углубляет надрез до сквозного реза 8 пластины 1.

В ряде случаев, размещение волновода и концентратора упругой волны с противоположной поверхности материала затруднено или не представляется возможным. Однако можно направлять упругие волны в объем материала и со  
30 стороны надреза 3 в пластине 1 (фиг. 10 и 11). Все зависит от конструкции и типа используемого источника упругой волны. В данном случае одновременно концентрируют с помощью двух волноводов 6 и двух концентраторов 12 две

упругие волны со стороны воздействия инструмента 2 по обе стороны от линии надреза 3. Дополнительное воздействие двух концентраторов упругой волны по обе стороны от линии надреза создают дополнительные растягивающие объемные напряжения, которые приводят к углублению надреза или к сквозному резу 8.

5           Рассмотрим один из простейших вариантов реализации предлагаемого способа, а именно: углубление надреза 3 или осуществления сквозной резки за счет применения механического волновода 6 и концентратора 12 упругой волны, возникающей под действием механического воздействия ударника 13 (фиг. 9). Механический волновод 6 может быть выполнен, как прямолинейным, так и

10 криволинейным, как показано на фиг. 9. Такое исполнение волновода исключает передачу механического удара от ударника 13 непосредственно на поверхность материала 1. В данном случае волновод 6 выполнен в виде изогнутого металлического стержня, заканчивающегося концентратором 12 - конусом с определенным углом у вершины, при этом вершина конуса имеет форму полусферы,

15 что может быть реализовано за счет запрессованного стального шарика. Это обеспечивает точечный контакт концентратора 12 с поверхностью материала 1. Концентратор устанавливается перпендикулярно поверхности материала 1 и расположен строго под линией надреза 3 в зоне его образования. При этом постоянное механическое воздействие концентратора силой  $P_1$  на поверхность

20 материала 1 должно быть минимальным и не должно вызывать никаких деформаций материала, а должно обеспечивать лишь контакт концентратора с поверхностью материала 1. Упругая волна в волноводе 6 и концентраторе создается за счет взаимодействия ударника 13 с торцом волновода 6 с силой  $P_2$ . При ударе по волноводу 6 в нем образуется упругая волна деформаций, которая распространяется

25 по волноводу 6 и накапливается в концентраторе. В точке контакта концентратора с поверхностью материала 1 энергия упругой деформации переносится в объем материала 1 и, достигнув вершины надреза 3, поперечные волны вызывают развитие надреза 3 вглубь материала, вплоть до сквозного реза 8.

В ряде случаев эффективной представляется комбинация воздействия

30 источников упругой волны одновременно с двух сторон разрезаемого материала 1 (фиг. 12). Этот случай наиболее эффективен для сквозной резки толстых листовых материалов.

На Фиг. 13 изображен один из вариантов выполнения волноводов 6 с концентраторами 12 для воздействия на материал 1 со стороны надреза 3.

Диапазон частот упругих волн, которые могут обеспечить углубление надреза, может быть чрезвычайно широким: от нескольких Гц до высокочастотных колебаний. В качестве источников упругой волны могут быть использованы самые различные варианты. При этом источник упругой волны может быть расположен, как со стороны надреза, так и с противоположной поверхности, в зависимости от типа используемого источника упругой волны и конструктивных особенностей используемого оборудования.

Второй вариант способа резки хрупких неметаллических материалов заключается в следующем.

При реализации известных способов резки при нагреве поверхности пластины хрупкого неметаллического материала, например, пластины стекла 1 лазерным эллиптическим пучком 2 в зоне воздействия пучка возникают высокие напряжения сжатия  $\sigma_c$ , значения которых однако недостаточно для разрушения материала. Это связано с тем, что предел прочности материала на сжатие значительно превышает предел прочности материала на растяжение или изгиб. Например, предел прочности стекла на сжатие в 8 – 10 раз выше предела прочности на растяжение. Напряжения сжатия возрастают по мере перемещения пучка вдоль линии реза и достигают своего максимального значения после полного прохождения пучка. При резком локальном охлаждении зоны нагрева с помощью точечного хладагента 4, например, воздушно-водяной струи, подаваемой с помощью форсунки, в поверхностных слоях материала 1 напряжения сжатия  $\sigma_c$  меняют свой знак на противоположный. Под воздействием возникших напряжений растяжения  $\sigma_p$  в материале зарождается микротрещина 3, которая распространяется вслед за границей “нагрев-охлаждение” по мере относительного перемещения пучка и хладагента со скоростью  $U$ . Локальный точечный хладагент обеспечивает отвод тепла только с тонкого поверхностного слоя. Поэтому дальнейшему распространению трещины 3 в объем материала препятствуют объемные напряжения сжатия  $\sigma_c$ , которые сохраняются на глубине прогретого материала.

Совершенно иная картина наблюдается при охлаждении зоны нагрева с помощью протяженного щелевого хладагента (фиг. 14). Как и в предыдущем случае, максимальные напряжения сжатия расположены в поверхностных слоях материала сразу после его прохождения. При подаче хладагента в первоначальный момент под  
5 действием огромных поверхностных напряжений растяжения  $\sigma_p$  происходит образование неглубокой микротрещины. По мере продолжения подачи хладагента в зону нагрева величина поверхностных напряжений растяжения падает, но возрастают объемные напряжения растяжения, которые приводят к распространению трещины вглубь материала вплоть до образования сквозной  
10 трещины 8.

В качестве хладагента можно использовать воздушную струю, специальную газовую смесь, воздушно-газовую смесь, газожидкостную смесь, например, воздушно-водяную смесь, или различные холодильные устройства. При этом количество компонентов в подаваемой смеси и интенсивность подачи смеси в  
15 зону нагрева регулируется и управляется в зависимости от толщины материала и его свойств, а также от требований и ограничений, накладываемых на процесс резки. Например, в ряде случаев не допускается использование в качестве хладагента воды, которая может загрязнять разрезаемый материал или специальные покрытия и структуры, сформированные на поверхности материала.

Для управления глубиной распространения трещины механизм подачи хладагента целесообразно делать многокаскадным с возможностью независимого управления отдельными каскадами в процессе резки. Такой же прием целесообразно использовать при резке материалов различной толщины или материалов с различными свойствами. То есть количество работающих каскадов механизма  
20 подачи хладагента, например, многокаскадной щелевой форсунки, выбирается в зависимости от толщины материала и его теплопроводности. На фиг. 15 показана схема осуществления управляемой резки на заданную глубину посредством многокаскадного управляемого охлаждения. На поверхность материала 1 направляют лазерный пучок 2, формируемый с помощью оптической системы  
25 вытянутым относительно направления перемещения. Вслед за лазерным пучком размещена многокаскадная щелевая форсунка 14, подающая в зону нагрева хладагент 4, состоящая в данном случае из пяти независимых каскадов 14-I, 14-II,

14-III, 14-IV, 14-V, которые управляются посредством компьютера. Если работает только первый каскад форсунки 14-I, то в материале образуется трещина глубиной  $\delta_1$ . Если работают два каскада форсунки 14: 14-I и 14-II, то в материале распространяется трещина глубиной  $\delta_2$ . Если работают три каскада 14-I, 14-II, 14-III, то трещина углубляется до значения  $\delta_3$ . Увеличив количество каскадов охлаждения до необходимого значения, например, до пяти каскадов, можно получить сквозную трещину с глубиной  $\delta_5$ .

Ниже приведены конкретные примеры резки в соответствии с первым вариантом изобретения.

10        Пример 1. В качестве материала для резки использовались пластины из стекла толщиной 0,7 мм. Для нанесения надреза использовался скрайбер, содержащий в качестве режущего инструмента алмазную пирамиду с углом режущей грани 120 угловых градусов. В качестве средства перемещения стекла был использован двухкоординатный стол с ходом 500x400 мм, обеспечивающий скорость перемещения до 500 мм/сек. На противоположную поверхность пластины  
15        воздействовали источником упругой волны. Для этого в контакт с поверхностью материала напротив зоны воздействия лазерного пучка устанавливался концентратор механической волны, представляющий собой круглый стержень диаметром 5 мм, заканчивающийся конусом, вершина которого заканчивалась  
20        полусферой диаметром 1,5 мм. Усилие прижима концентратора к поверхности кварцевого стекла составляла  $P_1 = 2 \dots 4$  Г и предназначалось для обеспечения постоянного контакта концентратора и материала во время резки, то есть для отслеживания концентратором микро неровностей поверхности пластины. На торец волновода воздействовали ударником с силой  $P_2 = 45$  Г и частотой 200 Гц, который  
25        формировал упругую волну деформаций в концентраторе. При перемещении образца стекла со скоростью 350 мм/сек алмазная пирамида осуществляла надрез в виде царапины глубиной 0,07 мм, а воздействие упругой волны в зоне образования надреза обеспечивало углубление надреза до сквозного реза. При воздействии ударником на торец волновода с силой 25 Г и частотой 250 Гц было обеспечено  
30        углубление надреза на глубину 0,5 мм при скорости 350 мм/сек.

Пример 2. Производили резку листового стекла толщиной 1,1 мм на диски с наружным диаметром 65 мм и с внутренним диаметром 20 мм. В качестве

инструмента для нанесения надреза по заданному контуру использовали твердосплавный ролик диаметром 7 мм и с углом заточки 95 угловых градусов. В качестве источника упругой волны использовали устройство, описанное в предыдущем примере. При этом твердосплавный ролик и концентратор упругой

5 волны смещены друг относительно друга в плоскости, перпендикулярной поверхности материала, на величину 0,025 мм в сторону большего допуска на заданный геометрический размер. Это обеспечивало образование сквозного наклонного реза, в свою очередь обеспечивающего отделение облоя внутренней и наружной части диска без повреждения материала основной рабочей части диска.

10 Пример 3. Производили резку кварцевого листового стекла толщиной 2,2 мм. В качестве реза для нанесения надреза использовался твердосплавный ролик с углом заточки 115 угловых градусов. Для углубления надреза глубиной 0,15 мм воздействовали со стороны нанесения надреза вслед за роликом одновременно двумя концентраторами упругой волны, расположенными на расстоянии 3 мм друг

15 от друга по обе стороны относительно линии надреза. На торцы волноводов воздействовали ударником с силой 80 Г и частотой 150 Гц. При скорости резки 300 мм/сек происходила резка со сквозным докалыванием.

Во всех трех вышеприведенных примерах были использованы источники и концентраторы упругих волн деформаций, образующихся за счет механического

20 воздействия ударника на торец волновода. При этом, как уже подчеркивалось выше, не происходит механическое воздействие на поверхность материала со стороны концентратора. В то же время были опробованы и получены положительные результаты при использовании целого ряда других источников упругих волн.

Пример 4. В качестве материала для резки использовались пластины из

25 кварцевого стекла толщиной 0,8 мм. Для проведения тестов по резке использовалась установка, содержащая многомодовый CO<sub>2</sub>-лазер мощностью 85 Вт и двухкоординатный стол с ходом 550х650 мм, обеспечивающий скорость перемещения до 750 мм/сек. Излучение лазера фокусировалось на поверхность материала с помощью сферическо-цилиндрической оптики из селенида цинка,

30 обеспечивающей плотность мощности излучения на поверхности кварца около 20 Вт/мм<sup>2</sup>. На противоположную поверхность кварцевой пластины воздействовали источником упругой волны. Для этого в контакт с поверхностью материала напротив

зоны воздействия лазерного пучка устанавливался концентратор механической волны, представляющий собой круглый стержень диаметром 5 мм, заканчивающийся конусом, вершина которого заканчивалась полусферой диаметром 1,5 мм. Усилие прижима концентратора к поверхности кварцевого стекла составляла  $P_1 = 2 \dots 4$  Г и предназначалось для обеспечения постоянного контакта концентратора и материала во время резки, то есть для отслеживания концентратором микро неровностей поверхности пластины. На торец волновода воздействовали ударником с силой  $P_2 = 40$  Г и частотой 300 Гц, который формировал упругую волну деформаций в концентраторе. При перемещении образца кварцевого стекла со скоростью 350 мм/с лазерный пучок осуществлял надрез в виде микротрещины глубиной 0,09 мм, а воздействие упругой волны в зоне образования надреза обеспечивало углубление надреза до сквозного реза. При этом резка и докальвание осуществлялись одновременно со скоростью 350 мм/сек.

Весьма интересным представляется образование упругих волн для углубления надреза в материале за счет нагрева поверхности или объема материала импульсным лазерным излучением. Хотя это и приводит к некоторому удорожанию применяемого оборудования, однако в ряде случаев такой шаг представляется оправданным. Результаты такого метода приведены в примере 5.

Пример 5. В качестве материала для резки использовались пластины из стекла толщиной 0,7 мм. Для проведения тестов по резке использовалась установка, содержащая один многомодовый  $\text{CO}_2$ -лазер мощностью до 100 Вт для, предназначенный для осуществления надреза на поверхности материала, и второй импульсный  $\text{CO}_2$ -лазер мощностью до 85 Вт с регулируемой частотой излучения до 40 МГц для формирования упругой волны в материале. Стекло перемещалось с помощью двухкоординатного стола с ходом 670 x 720 мм, обеспечивающего скорость перемещения до 750 мм/сек. Излучение первого лазера фокусировалось на поверхность материала с помощью сферическо-цилиндрической оптики из селенида цинка, обеспечивающей формирование эллиптического пучка длиной 45 мм. При перемещении стекла со скоростью 350 мм/с под воздействием лазерного пучка и хладагента осуществлялся надрез в стекле глубиной 0,12 мм. Излучение импульсного лазера формировалось с помощью оптической системы в два пучка диаметром 1 мм, расположенных по обе стороны надреза на расстоянии 1,5 мм друг

от друга. Воздействие упругой волны в зоне образования надреза с частотой 100 Гц обеспечивало углубление надреза до сквозного реза. При этом резка и докальвание осуществлялись одновременно со скоростью 350 мм/сек.

Поскольку воздействие упругой волны сосредоточено в очень узком ограниченном объеме материала в зоне осуществления лазерного надреза, то это позволяет проводить соседние резы в непосредственной близости друг от друга. Можно осуществлять резку квадратных или прямоугольных заготовок, минимальный размер которых может быть не более толщины исходного материала. Например, удалось вырезать квадратные заготовки из стекла толщиной 1,1 мм размерами 1,1 x 1,1 мм, или заготовки размером 2,5 x 2,5 мм из стекла толщиной 3 мм.

Ниже приведены конкретные примеры резки различных хрупких неметаллических материалов в соответствии со вторым вариантом изобретения.

15

Пример 6. Производилась резка листового боросиликатного стекла толщиной 0,7 мм с помощью излучения CO<sub>2</sub>-лазера со специальной модовой структурой с длиной волны 10,6 мкм и мощностью 95 Вт. Фокусировку лазерного излучения на поверхность стекла осуществляли с помощью сферическо-цилиндрического объектива из ZnSe, обеспечивающего формирование эллиптического пучка в зоне резки длиной 45 мм. Резку осуществляют в следующей последовательности. Фиксировали стеклянную пластину на координатном столе с помощью вакуума. Включали движение координатного стола с закрепленной на нем стеклянной пластиной с заданной скоростью. Подавали лазерное излучение на поверхность движущейся пластины, а вслед за лазерным пучком подавали хладагент в виде воздушно-газовой смеси с помощью пятикаскадной щелевой форсунки. Каждый каскад щелевой форсунки имеет щель длиной 9мм, сориентированную по линии реза. Проводилась резка стеклянной пластины с различными условиями охлаждения:

1. Охлаждение традиционной однодюзовой форсункой;
2. Охлаждение одним щелевым каскадом 5-тикаскадной форсунки;
3. Охлаждение двумя щелевыми каскадами 5-тикаскадной форсунки;
4. Охлаждение тремя щелевыми каскадами 5-тикаскадной форсунки;

30

5. Охлаждение четырьмя щелевыми каскадами 5-тикаскадной форсунки;

6. Охлаждение пятью щелевыми каскадами 5-тикаскадной форсунки.

Для каждого случая определялась максимальная скорость сквозной резки и максимальная скорость резки с микротрещиной. Результаты тестовых испытаний

5 сведены в Таблицу I. В данной таблице приняты следующие обозначения:

- буква М – несквозная резка с микротрещиной;
- буква С – сквозная резка;
- знак “-” – нет резки.

Таблица I

| Примеры |                      | Скорость резки, мм/сек |     |     |     |     |     |     |
|---------|----------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| №       | Вид форсунки         | 250                    | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |
| 1       | Однодюзовая          | М                      | М   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 2       | 1- каскадная щелевая | С                      | С   | М   | М   | -   | -   | -   |
| 3       | 2- каскадная щелевая | С                      | С   | С   | М   | М   | -   | -   |
| 4       | 3-каскадная щелевая  | С                      | С   | С   | С   | М   | М   | -   |
| 5       | 4-каскадная щелевая  | С                      | С   | С   | С   | С   | М   | -   |
| 6       | 5-каскадная щелевая  | С                      | С   | С   | С   | С   | С   | М   |

10

Пример 7. В качестве материала для резки использовалась подложка из сапфира диаметром 50,8 мм и толщиной 0,43 мм. Для резки был использован многомодовый СО<sub>2</sub>-лазер со специальной модовой структурой мощностью 75 Ватт. С помощью двухлинзового объектива лазерный пучок формировался на поверхности подложки в виде пучка длиной 7 мм, вытянутого в направлении резки. В качестве хладагента была использована струя сжатого увлажненного газа, подаваемого с помощью щелевой форсунки с длиной щели 9 мм. При скорости от 350 до 700 мм/сек происходила сквозная резка сапфировой подложки. При дальнейшем увеличении скорости резка осуществлялась путем нанесения надреза на глубину, которая уменьшалась по мере увеличения скорости перемещения пластины

15

20

относительного лазерного пучка и хладагента. Максимальная скорость несквозной резки составила 1100 мм/сек.

Настоящее изобретение может быть использовано в различных областях техники для высокоточной и высокопроизводительной резки широкого класса материалов, как на всю толщину разрезаемого материала, так и на любую задаваемую глубину. При этом возможно в процессе резки по одной линии реза чередование сквозных резов с несквозными резами на заданную глубину. Представляется высокоэффективным использование данного изобретения для сквозной резки стекла толщиной от 0,1 до 20 мм, в том числе, в процессе выработки стекла. Кроме того, обеспечивается резка с пересекающимися линиями реза без ухудшения качества резки в точках пересечения. Также обеспечивается резка как однослойных материалов, так и склеенных пакетов, что чрезвычайно важно при резке таких изделий, как плоские дисплейные экраны (FPD), в том числе жидкокристаллические экраны (LCD). Еще одной особенностью настоящего изобретения является возможность сквозной резки, как под прямым углом к поверхности материала, так и с наклоном к поверхности разрезаемого материала. Последний прием очень важен при резке дисков или других изделий с замкнутым контуром.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий нанесение надреза по линии реза путем нагрева поверхности материала по линии  
5 реза с помощью лазерного пучка и дополнительное воздействие на поверхность материала, отличающийся тем, что дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют в зоне нанесения надреза по крайней мере одним источником упругих волн при этом амплитуду и частоту упругих волн выбирают из условия углубления надреза на заданную глубину или сквозной резки.
- 10 2. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что после нагрева поверхности материала по линии реза лазерным пучком дополнительно охлаждают зону нагрева с помощью хладагента, при этом упругие волны воздействуют в зоне подачи хладагента.
- 15 3. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что нанесение надреза по линии реза осуществляют путем нагрева поверхности материала по линии реза двумя лазерными пучками, расположенными на поверхности материала на заданном расстоянии друг от друга в направлении, перпендикулярном направлению относительного перемещения лазерных пучков и материала.
- 20 4. Способ по любому из пунктов 1 - 3, отличающийся тем, что упругие волны концентрируют в объеме материала в зоне надреза по линии реза.
5. Способ по любому из пунктов 1 - 3, отличающийся тем, что в качестве источника упругих волн используют импульсное лазерное излучение, для которого материал непрозрачен.
- 25 6. Способ по любому из пунктов 1 - 5, отличающийся тем, что воздействие упругой волны по линии надреза осуществляют после завершения процесса нанесения надреза.
7. Способ по любому из пунктов 1 - 6, отличающийся тем, что воздействие упругих волн осуществляют только в заданных зонах материала по линии реза.
- 30 8. Способ по любому из пунктов 1 - 7, отличающийся тем, что линия воздействия источника упругих волн и линия надреза смещены друг относительно друга в плоскости, перпендикулярной поверхности материала.

9. Способ по любому из пунктов 1 - 8, отличающийся тем, что концентрируют одновременно две упругие волны со стороны нанесения надреза вслед за наносящим надрез инструментом по обе стороны относительно линии надреза.

5 10. Способ по п. 9, отличающийся тем, что одновременно концентрируют упругую волну в объеме материала в зоне надреза, воздействуя на противоположную поверхность материала в зоне, расположенной между зон воздействия двух других упругих волн, концентрируемых со стороны надреза.

10 11. Способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий нанесение надреза по линии реза и дополнительное воздействие на поверхность материала, отличающийся тем, что нанесение надреза осуществляют путем нагрева поверхности материала по линии реза вытянутым вдоль нее лазерным пучком и локального охлаждения зоны нагрева, а дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют путем последующего охлаждения каждой точки на линии реза в зоне нагрева в течение периода времени, соизмеримого со временем  
15 нагревания этой точки.

12. Способ по п. 11 отличающийся тем, что продолжительность охлаждения выбирают в зависимости от толщины материала и его теплофизических свойств из условия получения реза заданной глубины.

## ИЗМЕНЁННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

[получена Международным бюро 31 декабря 2002 (03.12.0); первоначально заявленные пункты 1 и 3 формулы изобретения заменены новым изменённым пунктом 1; первоначально заявленные пункты 26 8 и 9 формулы изобретения изъяты; остальные пункты формулы изобретения оставлены без изменений]

1. Способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий нанесение надреза по линии реза и дополнительное воздействие на поверхность  
5 материала, отличающийся тем, что дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют в зоне нанесения надреза по крайней мере одним источником упругих волн при этом амплитуду и частоту упругих волн выбирают из условия углубления надреза на заданную глубину или сквозной резки.

2. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что нанесение надреза по линии  
10 реза осуществляют с помощью резца.

3. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что нанесение надреза по линии реза осуществляют путем нагрева поверхности материала по линии реза с помощью лазерного пучка.

4. Способ по пункту 3, отличающийся тем, что после нагрева поверхности  
15 материала по линии реза лазерным пучком дополнительно охлаждают зону нагрева с помощью хладагента, при этом упругие волны воздействуют в зоне подачи хладагента.

5. Способ по пункту 3, отличающийся тем, что нанесение надреза по линии реза осуществляют путем нагрева поверхности материала по линии реза двумя  
20 лазерными пучками, расположенными на поверхности материала на заданном расстоянии друг от друга в направлении, перпендикулярном направлению относительного перемещения лазерных пучков и материала.

6. Способ по любому из пунктов 1 - 5, отличающийся тем, что упругие волны концентрируют в объеме материала в зоне надреза по линии реза.

25 7. Способ по любому из пунктов 1 - 5, отличающийся тем, что в качестве источника упругих волн используют импульсное лазерное излучение, для которого материал непрозрачен.

8. Способ по пункту 2, отличающийся тем, что в качестве резца используют алмазную пирамиду с режущей гранью, имеющей угол 70 - 140 угловых градусов.

30 9. Способ по пункту 2, отличающийся тем, что в качестве резца используют вращающийся твердосплавный ролик с углом заточки 70 - 140 угловых градусов.

10. Способ по любому из пунктов 1 - 9, отличающийся тем, что воздействие упругой волны по линии надреза осуществляют после завершения процесса нанесения надреза.

5 11. Способ по любому из пунктов 1 - 10, отличающийся тем, что воздействие упругих волн осуществляют только в заданных зонах материала по линии реза.

12. Способ по любому из пунктов 1 - 11, отличающийся тем, что линия воздействия источника упругих волн и линия надреза смещены друг относительно друга в плоскости, перпендикулярной поверхности материала.

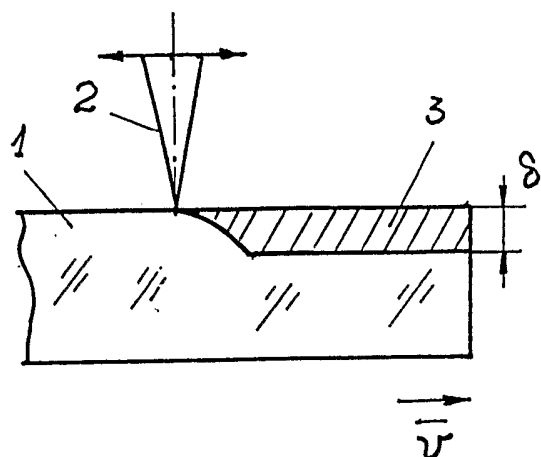
10 13. Способ по любому из пунктов 1 - 12, отличающийся тем, что концентрируют одновременно две упругие волны со стороны нанесения надреза вслед за наносящим надрез инструментом по обе стороны относительно линии надреза.

15 14. Способ по п. 13, отличающийся тем, что одновременно концентрируют упругую волну в объеме материала в зоне надреза, воздействуя на противоположную поверхность материала в зоне, расположенной между зон воздействия двух других упругих волн, концентрируемых со стороны надреза.

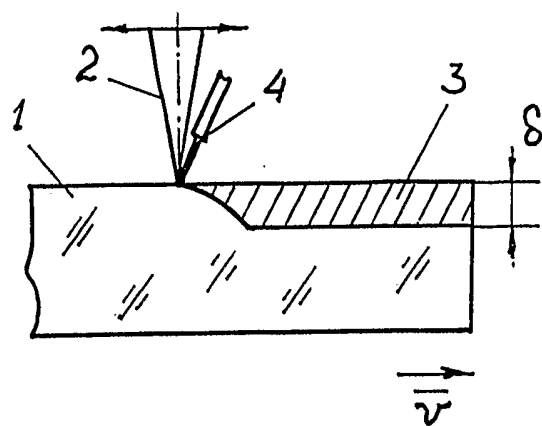
20 15. Способ резки хрупких неметаллических материалов, включающий нанесение надреза по линии реза и дополнительное воздействие на поверхность материала, отличающийся тем, что нанесение надреза осуществляют путем нагрева поверхности материала по линии реза вытянутым вдоль нее лазерным пучком и локального охлаждения зоны нагрева, а дополнительное воздействие на поверхность материала осуществляют путем последующего охлаждения каждой точки на линии реза в зоне нагрева в течение периода времени, соизмеримого со временем нагревания этой точки.

25 16. Способ по п. 15 отличающийся тем, что продолжительность охлаждения выбирают в зависимости от толщины материала и его теплофизических свойств из условия получения реза заданной глубины.

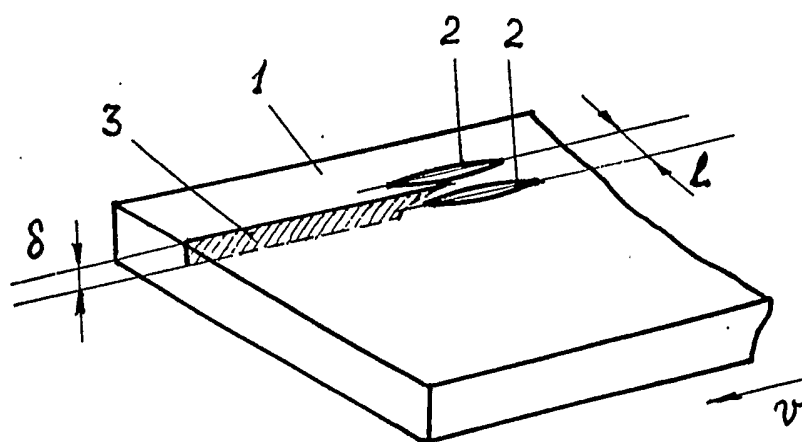
1/7



Фиг. 1



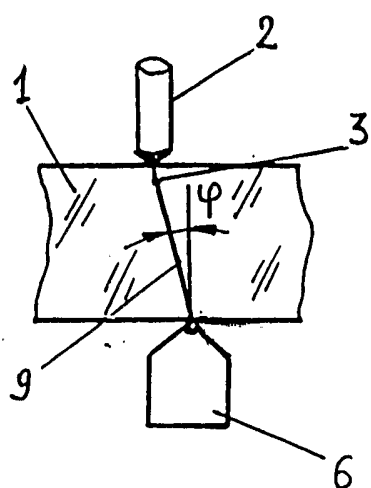
Фиг. 2



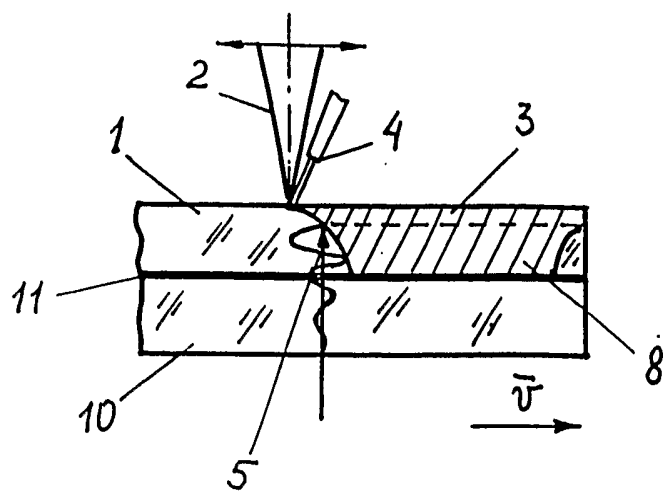
Фиг. 3



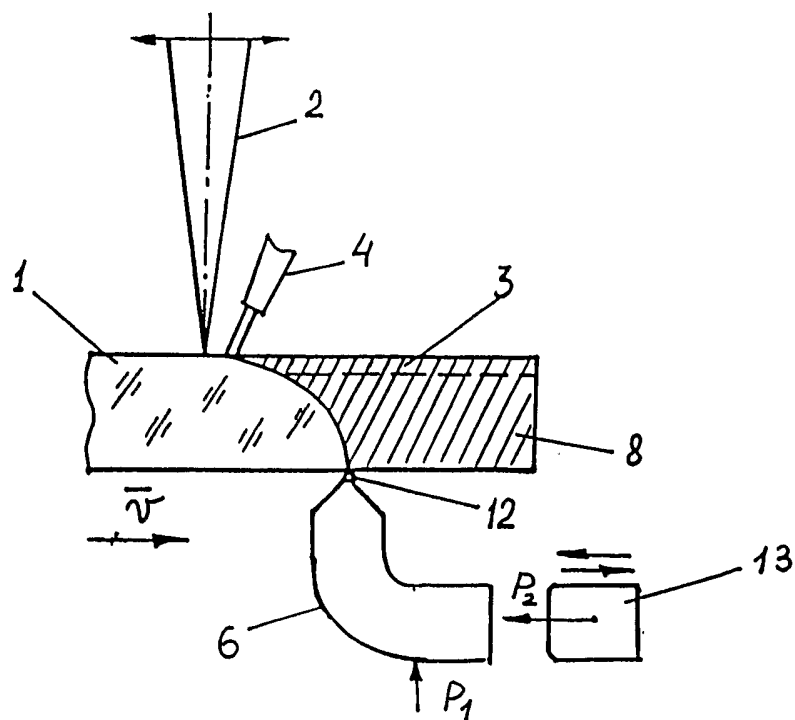
3/7



Фиг. 7

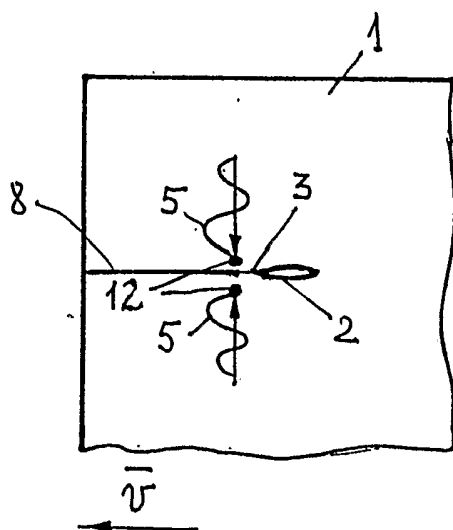


Фиг. 8

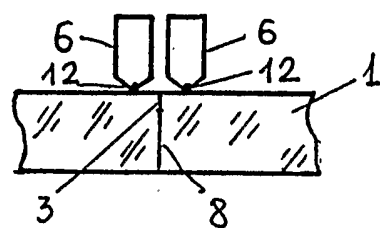


Фиг. 9

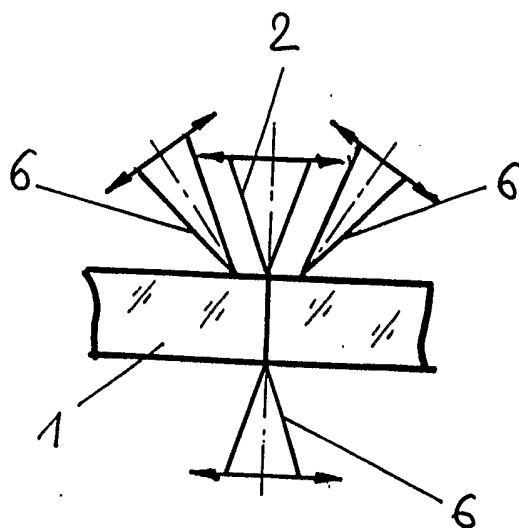
4/7



Фиг. 10

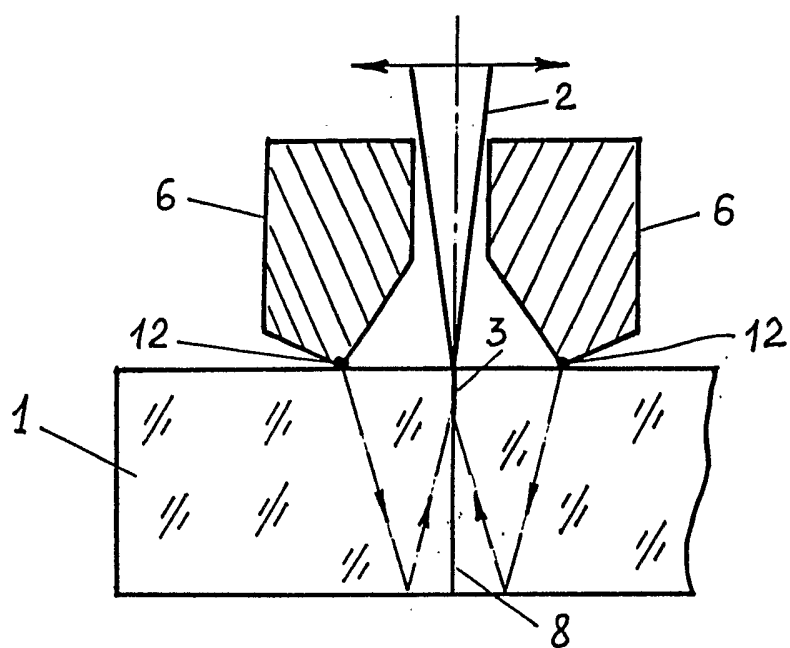


Фиг. 11



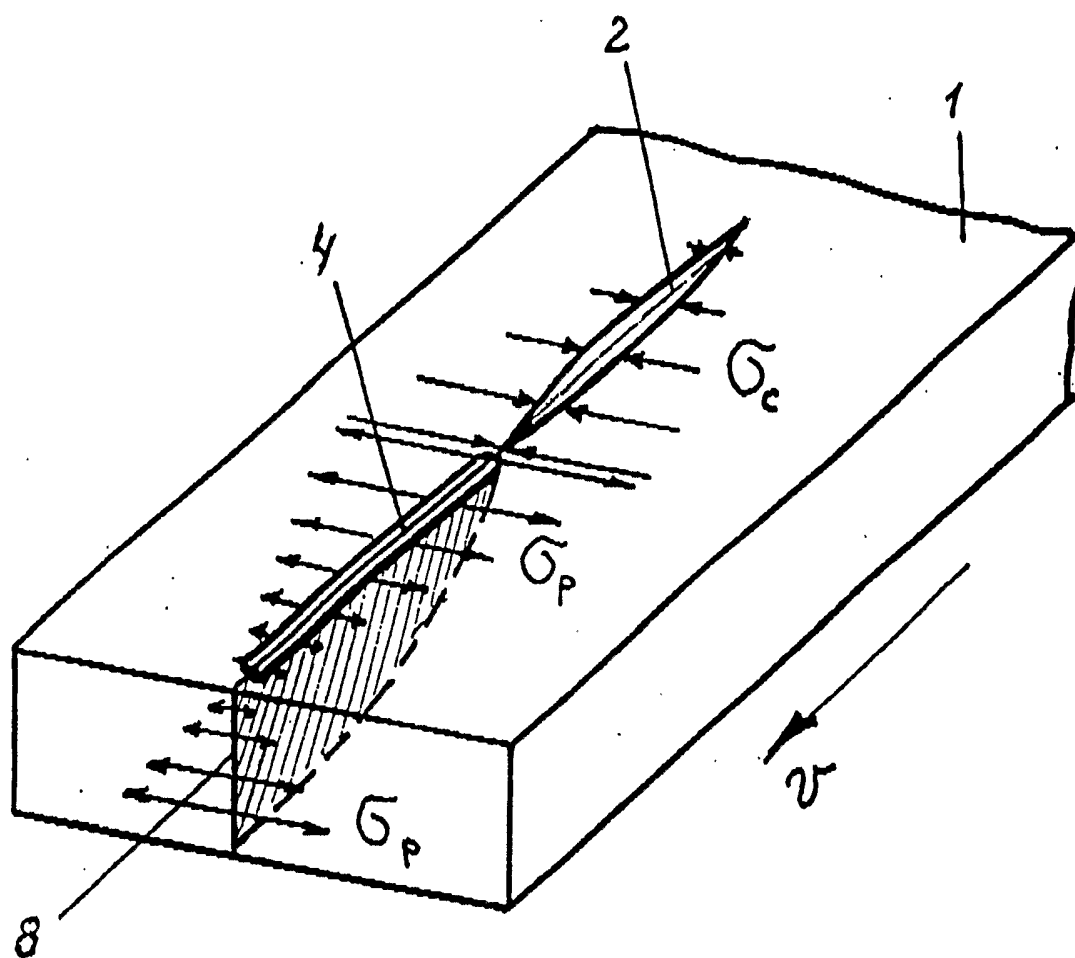
Фиг. 12

5/7



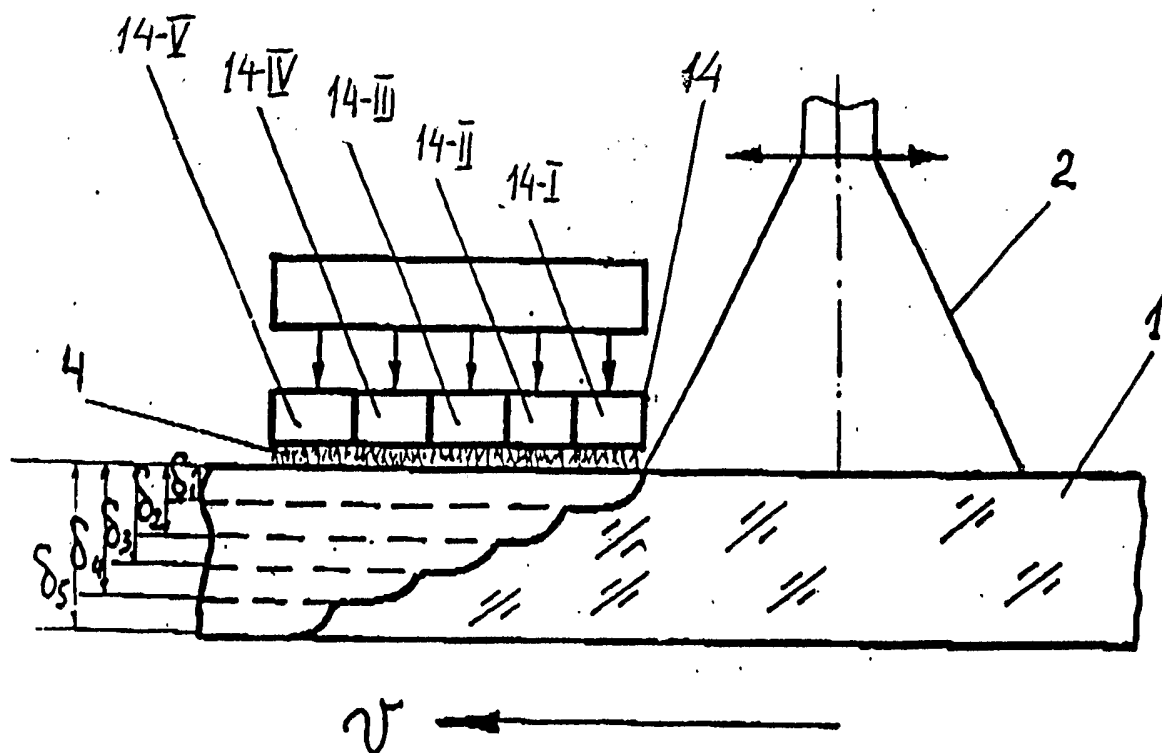
Фиг. 13

6/7



Фиг. 14

7/7



Фиг. 15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 02/00318

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B 33/09, B23K 26/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03B 33/00-33/14, B23K 26/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                 | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y    | SU 996347 A (ODESSKY FILIAL VSESOJUZNOGO NAUCHNO-<br>ISSLEDOVATELSKOGO I PROEKTNO-KONSTRUKTORSKOGO INSTITUTA<br>STEKOLNOGO MASHINOSTROENIYA), 15.02.1983,<br>column 3, pages 30-65 | 1-2<br>3, 8-9         |
| Y<br>A    | RU 2024441 C1 (KONDRATENKO VLADIMIR STEPANOVICH),<br>15.12.1994,<br>column 3, lines 53-60, column 19, lines 10-15                                                                  | 3, 8-9<br>15-16       |
| A         | WO 01/51425 A1 (SCHOTT GLAS et al.) 19 July 2001                                                                                                                                   | 1-16                  |
| A         | DE 19856346 A1 (SCHOTT SPEZIALGLAS GMBH) 15. 6.2000                                                                                                                                | 1-16                  |
| A         | EP 0448168 A1 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIKEN) 25.09.1991                                                                                                                       | 1-16                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 September 2002 (25.09.02)

Date of mailing of the international search report

03 October 2002 (03.10.02)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 02/00318

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-14 and Claim 15 of the present application are not linked by a common inventive concept. In independent Claim 1, the basic technical feature, which constitutes a contribution over the prior art, is the additional action on the surface of the material which is performed in the area of the notch by means of an elastic wave source. However, in independent Claim 15, the additional action is performed by successive cooling of each point on the cutting line in the area of heating. In so far as Claims 1 and 15 of the invention do not contain the same basic technical features, the requirement for unity of invention for the claimed groups of inventions is not considered to have been met.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU 02/00318

| A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: C03B 33/09, B23K 26/00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Согласно международной патентной классификации (МПК-7)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| B. ОБЛАСТИ ПОИСКА:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7:<br>C03B 33/00-33/14, B23K 26/00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| Категория*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей                                                                                               | Относится к пункту №                                                                 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | SU 996347 A (ОДЕССКИЙ ФИЛИАЛ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО ИНСТИТУТА СТЕКОЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 15.02.1983, кол. 3, стр. 30-65 | 1-2                                                                                  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                     | 3, 8-9                                                                               |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | RU 2024441 C1 (КОНДРАТЕНКО ВЛАДИМИР СТЕПАНОВИЧ) 15.12.1994, кол. 3, строки 53-60, кол. 19, строки 10-15                                                             | 3, 8-9                                                                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                     | 15-16                                                                                |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | WO 01/51425 A1 (SCHOTT GLAS et al.) 19.Juli 2001                                                                                                                    | 1-16                                                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DE 19856346 A1 (SCHOTT SPEZIALGLAS GMBH) 15. 6.2000                                                                                                                 | 1-16                                                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | EP 0448168 A1 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIKEN) 25.09.1991                                                                                                        | 1-16                                                                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| * Особые категории ссылочных документов:<br>A документ, определяющий общий уровень техники<br>E более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее<br>O документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.<br>P документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета и т.д.<br>T более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения<br>X документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень<br>Y документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории<br>& документ, являющийся патентом-аналогом |                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| Дата действительного завершения международного поиска: 25 сентября 2002 (25.09.2002)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                     | Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 03 октября 2002 (03.10.2002) |
| Наименование и адрес Международного поискового органа<br>Федеральный институт промышленной собственности<br>РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30,1 Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                     | Уполномоченное лицо:<br><br>Г. Буровцева<br><br>Телефон № 240-25-91                  |

Форма PCT/ISA/210 (второй лист)(июль 1998)

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU 02/00318

## Графа I. ЗАМЕЧАНИЯ ДЛЯ СЛУЧАЯ, КОГДА НЕКОТОРЫЕ ПУНКТЫ ФОРМУЛЫ НЕ ПОДЛЕЖАТ ПОИСКУ (продолжение пункта 2 первого листа)

Настоящий отчет о международном поиске не охватывает некоторые пункты формулы в соответствии со статьей 17 (2) (а) по следующим причинам:

1. ☐ пункты №:  
т.к. они относятся к объектам, по которым настоящий Международный поисковый орган не обязан проводить поиск, а именно:
2. ☐ пункты №:  
т.к. они относятся к частям международной заявки, настолько не соответствующим установленным требованиям, что по ним нельзя провести полноценный поиск, а именно:
3. ☐ пункты №:  
т.к. они являются зависимыми пунктами и не составлены в соответствии со вторым и третьим предложениями правила 6.4 (а).

## Графа II. ЗАМЕЧАНИЯ ДЛЯ СЛУЧАЯ НЕСОБЛЮДЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗОБРЕТЕНИЯ (продолжение пункта 3 первого листа)

В настоящей международной заявке изобретения по пунктам 1-14 и 15 не связаны единым изобретательским замыслом. В независимом пункте 1 формулы особым техническим признаком, который определяет вклад в уровень техники, является дополнительное воздействие на поверхность материала, которое осуществляют в зоне надреза источником упругих волн, а в независимом пункте 15 - дополнительное воздействие осуществляемое путем последующего охлаждения каждой точки на линии реза в зоне нагрева. Поскольку изобретения по пункту 1 и по пункту 15 не содержат одинаковых особых технических признаков, требование единства изобретения для заявленной группы изобретений считается невыполненным.

1. ☐ Т.к. все необходимые дополнительные пошлины (тарифы) были уплачены своевременно, настоящий отчет определяет вклад впризнак -
2. ☒ Т.к. все пункты формулы, по которым можно провести поиск, могут быть рассмотрены без затрат, оправдывающих дополнительную пошлину, Международный поисковый орган не требовал оплаты никакой дополнительной пошлины.
3. ☐ Т.к. только некоторые из требуемых дополнительных пошлин (тарифов) были уплачены своевременно, настоящий отчет о международном поиске охватывает лишь те пункты формулы изобретения, за которые была произведена оплата, конкретно за пункты №:
4. ☐ Необходимые дополнительные пошлины (тарифы) своевременно не были уплачены заявителем. Следовательно, настоящий отчет о международном поиске ограничивается группой изобретений, упомянутой первой в формуле изобретения;

Замечания по возражению

- ☐ Уплата дополнительных пошлин (тарифов) за поиск сопровождалась возражением заявителя
- ☐ Уплата дополнительных пошлин (тарифов) за поиск не сопровождалась возражением заявителя