

ДВУЛУЧЕВОЕ УПРАВЛЯЕМОЕ ТЕРМОРАСКАЛЫВАНИЕ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ С ОБРАЗОВАНИЕМ СКВОЗНОЙ ТРЕЩИНЫ

Шалупаев С.В., Никитюк Ю.В., Серeda А.А. (Гомель)

Одним из первых применений лазерного излучения, как технологического инструмента для размерной обработки хрупких неметаллических материалов стало его использование для раскалывания стекла под действием термоупругих напряжений, формируемых в результате поглощения лазерного излучения обрабатываемым материалом (так называемое лазерное термораскалывание). Первые сообщения по данной тематике были сделаны Ламли (Lamley) и датируются концом 70-х гг. XX в. [1].

В силу исторически сложившихся представлений под лазерным управляемым термораскалыванием первоначально имелось в виду «образование в стекле сквозной разделяющей трещины, следующей вслед за лучом лазера» [2]. В дальнейшем этот метод резки стекла стали называть сквозным термораскалыванием, а управляемым лазерным термораскалыванием стали называть метод размерной резки листового стекла с помощью микротрещины, проникающей в объем стекла на заданную глубину [3].

Отличительной особенностью управляемого лазерного термораскалывания является то, что разделение материала происходит вследствие образования микротрещины, формируемой в результате поверхностного нагрева материала лазерным излучением в сочетании с последующим охлаждением зоны нагрева хладагентом. К основным преимуществам этой технологии относятся высокая точность и безотходность разделения, а также высокая скорость обработки. Основным недостатком управляемого лазерного термораскалывания являются существенные ограничения, накладываемые на глубину разделяющей микротрещины вследствие применения поверхностного лазерного нагрева.

В работах [4–5] предложено для решения данной проблемы использовать дополнительный объемный нагрев, причем в качестве источника такого нагрева в [4] используется излучение YAG – лазер, а в [5] – излучение мощного полихроматического Хе – излучателя. Однако недостатком этой технологии является то, что при ее использовании возникает необходимость докалывания нанесенных лазерных микротрещин для получения конечного изделия. Окончательное разделение материала на заготовки осуществляется путем разламывания надрезанного материала вручную или при помощи специальных механизмов и приспособлений, что вследствие большого процента брака на практике значительно снижает количество годных изделий.

В данной работе для решения этой проблемы предлагается осуществлять окончательное разделение за счет второго объемного нагрева производимого полихроматическим источником светового излучения.

Для проведения экспериментальных исследований использовалась лазерная установка, изображенная на рисунке 1.

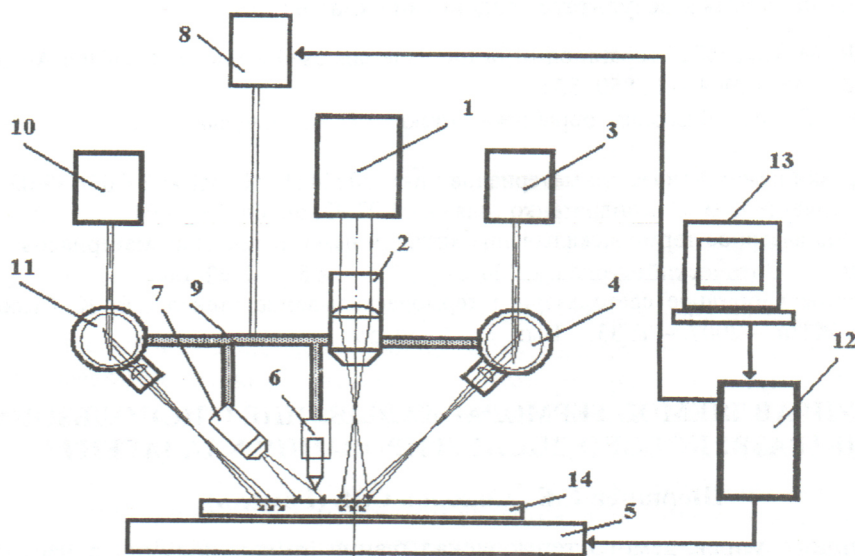


Рисунок 1 – Схема лазерной установки

Установка для лазерной резки хрупких неметаллических материалов состоит из лазера 1, длиной волны 10,6 мкм и его фокусирующего объектива 2, лазера 3, с длиной волны 1,06 мкм и его фокусирующего объектива 4, координатного стола 5, механизма 6 нанесения дефекта, устройства 7 подачи хладагента, механизма 8 вертикального перемещения с кареткой 9, полихроматического источника светового излучения 10 с объективом 11. Кроме того, установка содержит блок 12 управления координатным столом. Работа блока 11 координируется при помощи технологической программы вводимой в компьютер 12. Позицией 14 отмечено обрабатываемое изделие. В качестве полихроматического источника светового излучения 10 возможно использование мощной ксеноновой лампы с сапфировым окном.

Установка работает следующим образом. Компьютер 13 в соответствии с заданной технологической программой координирует работу блока 12 и задает перемещение координатного стола 5 в горизонтальной плоскости с необходимой скоростью по требуемым координатам. Изделие 14 из хрупкого неметаллического материала устанавливают на координатный стол 5, размещают механизм 6 для нанесения дефекта над началом предполагаемой траектории разделения и наносят дефект (закол, надрез) в начале контура термораскалывания. После этого координатный стол 5 совмещает надрез с начальным положением лазерных пучков лазеров 1 и 3. Подают на обрабатываемое изделие 13 лазерное излучение двух длин волн. При этом объектив 2, фокусирует на надрезе излучение лазера 1 в пятно круглого или эллиптического сечения. Объектив 4 фокусирует излучение лазера 2, длина волны которого соответствует интенсивному поглощению обрабатываемым материалом, в объеме изделия 14. Координатный стол 5 перемещает изделие 14 вдоль контура обработки, при этом одновременно устройство 7 подачи хладагента подает под давлением дисперсную воздушно-водную смесь в зону, предварительно нагретую лазерным излучением.

В месте подачи хладагента инициируется разделяющая микротрещина, которая, зародившись от нанесенного дефекта, развивается в зоне растягивающих напряжений сформированных хладагентом. Далее начальная микротрещина распространяется до зоны сжимающих напряжений, сформированных лазерным излучением, которое формирует в обрабатываемом материале два тепловых источника: поверхностный, созданный лазером 1 и объемный, созданный лазером 3. В результате их совместного с хладагентом воздействия в материале происходит развитие несквозной разделяющей микротрещины, углубление которой на всю толщину материала происходит в результате последующего воздействия излучения источника 10, сфокусированного в объеме изделия объективом 11.

Таким образом, использование полихроматического источника светового излучения, обеспечивает возможность формирования распределения термоупругих полей, которое необходимо для качественного сквозного термораскалывания обрабатываемого материала. Данный эффект обеспечивается за счет использования второго дополнительного объемного нагрева осуществляемого после последовательного нагрева обрабатываемой поверхности лазерным излучением и ее охлаждения в результате воздействия хладагента.

- 1 Lumley R. M. Controlled separation of brittle materials used a laser // J. Of the Amer. Cer. Soc. – 1968. – Vol. 49. – № 9. – P. 850–854.
- 2 Мачулка, Г. А. Лазерная обработка стекла / Г. А. Мачулка. – М. : Сов. радио, 1979. – 136 с.
- 3 Способ резки неметаллических материалов : пат. 2024441 РФ, МКИ 5 C03B33/02 / В. С. Кондратенко ; заявитель В. С. Кондратенко ; заявл. 04.02.92; опубл. 12.15.94.
- 4 Двулучевое лазерное термораскалывание хрупких неметаллических материалов / С. В. Шалупаев [и др.] // Оптический журнал. – 2005. – Т. 73. – № 5. – С. 62–66.
- 5 Управляемое гибридное светолазерное термораскалывание стекол / В. К. Сысоев [и др.] // Письма в ЖТФ. – 2007. – Т. 33. – Вып. 1. – С. 54–59.

ЛАЗЕРНОЕ УПРАВЛЯЕМОЕ ТЕРМОРАСКАЛЫВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ХЛАДАГЕНТА

Шершнева Е.Б., Соколов С.И. (Гомель)

Метод лазерного управляемого термораскалывания стекол получил в настоящее время широкое распространение из-за своей точности и повышенной механической прочности стеклоизделий, полученных этим методом. Однако применение этого метода к резке кварцевых стекол является затруднительным из-за малого температурного коэффициента расширения и