Лабораторная работа №2 «Исследование процесса управляемого лазерного термораскалывания силикатных стекол»

Цель работы: Изучить на эксперименте процесс управляемого лазерного термораскалывания силикатных стекол; определить допустимые режимы обработки при которых реализуется данный процесс.

Материалы и оборудование: Технологический комплекс лазерной обработки материалов, инструментальный микроскоп БМИ-1Ц.

Основные понятия по теме

В настоящее время наиболее эффективным методом разделения хрупких неметаллических материалов является управляемое лазерное термораскалывание. Сущность метода лазерного управляемого термораскалывания заключается в формировании несквозной трещины при нагревании поверхности хрупкого неметаллического материала лазерным излучением и последующего охлаждения зоны нагрева хладагентом (см.



1 – трещина; 2 – лазерный пучок; 3 – образец; 4 – зона воздействия хладагента

Рисунок 1 – Схема образования разделяющей трещины при управляемом лазерном термораскалывании

~

рисунок 1).

Разработчиком данной технологии является советский исследователь В. С. Кондратенко. К основным преимуществам управляемого лазерного термораскалывания относятся высокая точность и высокая скорость обработки, которая сочетается с его безотходностью. Кроме этого применение данной технологии обеспечивает повышение прочности получаемых изделий. Для выяснения особенностей механизмов управляемого лазерного термораскалывании целесообразно проведение анализа особенностей распределений термоупругих полей формируемых в обрабатываемых образцах.

При анализе процессов лазерного термораскалывания в качестве основного критерия, определяющего направление развития трещины, целесообразно использование критерия максимальных растягивающих напряжений, впервые введенного Е. Иоффе. В соответствии с этим критерием лазерная микротрещина распространяется в направлении, перпендикулярном действию максимальных растягивающих напряжений. При этом нужно учитывать, что трещина, распространяющаяся в зоне растяжения, прекращает свой рост в зоне сжатия.

На рисунке 2 представлено характерное распределение полей напряжений σ_{yy} в плоскости разделения силикатного стекла при воздействии на материал только лазерного излучения (режим сквозного





Рисунок 2 – Характерное распределение полей напряжений σ_{уу} в плоскости XZ при сквозном термораскалывании



Рисунок 3 – Характерное распределение полей напряжений σ_{уу} в плоскости XZ при управляемом термораскалывании

термораскалывания), а на рисунке 3 – при совместном воздействии на

обрабатываемый материал лазерного излучения и хладагента (режим управляемого термораскалывания).

Как видно при сравнении рисунков 2 и 3, в месте воздействия лазерного пучка в обеих случаях формируется зона значительных по величине сжимающих напряжений, которую огибает спереди и в глубине материала зона растягивающих напряжений.

Однако при управляемом лазерном термораскалывании в отличие от режима сквозного термораскалывания, в верхних слоях образца формируется еще одна зона растягивающих напряжений, расположение которой определяется локализацией воздействия хладагента.

Отметим, что эта зона растягивающих напряжений ограничена зоной сжимающих напряжений, сформированных лазерным пучком.

Из распределения термоупругих полей следует, анализа что инициирование разделяющей микротрещины при управляемом лазерном термораскалывании происходит в поверхностных слоях материала от растягивающих дефекта напряжений, микроструктуры В зоне сформированных вследствие подачи хладагента. Далее микротрещина движение и распространяется до начинает свое зоны сжимающих сформированных лазерным излучением. После напряжений, этого нестационарный трещины прекращается, рост И дальнейшее ee распространение определяется изменением пространственного распределения растягивающих сжимающих напряжений, 30H И перемещением обусловленным взаимным обрабатываемого материала, лазерного пучка и хладагента.

Таким образом, при управляемом лазерном термораскалывании распределение сжимающих напряжений в объеме образца определяет форму и глубину развития микротрещины, инициализация и развитие которой происходит в зоне растягивающих напряжений, сформированных в зоне воздействия хладагента.

Ход работы

Включение и настройка установки

Открыть вентиль системы подачи охлаждения лазера.

У. Включить на распределительном щитке подачу питания на установку.

3. Поворотом тумблера «Сеть» в положение «ON» включить шкаф управления TS-8.

4. Перевести тумблер «Устройство охлаждения» в положение «ВКЛ». При этом активируется система подачи сжатого воздуха на форсунку и в систему обдува линз.

5. Включить стойку числового программного управления (ЧПУ) координатным столом поворотом тумблера на боковой панели стойки ЧПУ в положение «ON».

6. Включить подачу питания CO₂-лазера переключением сетевого тумблера «I/O» на блоке «ИПЛ-3» в положение «ВКЛ». Нажать кнопку «Пуск».

7. Подать питание на шаговые двигатели управления перемещения координатного стола, нажав кнопку «Станок ВКЛ».

8. Для вывода координатного стола в нулевое положение нажать кнопки «-х», «-у», «-ф» и дождаться прекращения движения механических частей координатного стола.

9. Установить сфероцилиндрическую линзу в систему фокусировки излучения. Поворотом регулировочного винта на системе фокусировки излучения, установить линзу так, чтобы большая ось эллинса была ориентирована вдоль линии обработки. Перемещая линзу в вертикальной плоскости, добиться размеров эллипса на поверхности образца равным а=6 мм, b=2 мм.

II. Экспериментальное исследование.

1. Положить стеклянную пластинку на координатный стол в области обработки.

2. Загрузить на стойке ЧПУ файл «Uprav.mpf»

G94

G1A90F1000

G1X408Y150F2000

M50M42M44M48

G1x408Y450F600

M43

M51M45M49 M30

3. Вращая регулировочные винты системы позиционирования форсунки настроить подачу хладагента так, чтобы центр пятна хладагента на поверхности образца находился на линии обработки, а расстояние между центрами лазерного пучка и центром хладагента составляло 7 мм. Радиус хладагента 2,5 мм.

4. На блоке питания лазера «ИПЛ-3» установить рукояткой «ТОК» ток лазера 45µА. В файле изменить скорость обработки материала с F600 на F180, что соответствует скорости 3 мм/с. Запустить программу на исполнение. В процессе выполнения программы пронаблюдать образование несквозной трещины вдоль линии обработки на поверхности образца в области воздействия хладагента. Дождаться окончания выполнения программы. Механически доколоть образец. Образец пронумеровать.

5. Увеличивая скорость с шагом 1 мм/с, получить серию образцов с несквозной управляемой трещиной. Образцы пронумеровать. Скорость увеличивать до тех пор, пока не прекратится возникновение и развитие трещины.

6. Уменьшая скорость относительно начальной с шагом 1мм/с получить серию образцов. Образцы пронумеровать. Скорость уменьшать до тех пор, пока трещина не начнет перерастать в сквозную.

7. Повторить последовательность операций по пунктам 4-6 при следующих начальных параметрах тока лазера и скорости обработки:

I=50 µA	F240 (4 мм/с)
I=55 μA	F300 (5 мм/с)
I=60 µA	F300 (5 мм/с)

8. Установить ток лазера I=55µA и скорость обработки 4 мм/с. Исследовать влияние расстояния между центрами лазерного луча и хладагента на процесс зарождения и развития разделяющей трещины. Для этого, вращая регулировочные винты системы позиционирования форсунки хладагента, изменять расстояние между центрами хладагента и лазерного пучка с шагом 1 мм.

9. На инструментальном микроскопе БМИ-1Ц измерить глубину трещины для каждого полученного образца и данные занести в таблицы 1 и 2.

Таблица 1 – Экспериментальные значения глубины трещины для режимов обработки по пунктам 3-6.

	Значение тока на блоке ИПЛ-3, мкА						
ежимы работки	45	50	55	60			
	Скорость	Скорость	Скорость	Скорость			
	обработки, мм/с	обработки, мм/с	обработки, мм/с	обработки, мм/с			
P.	2						
Ζ, мм							
		7					

Таблица 2 – Экспериментальные значения глубины трещины для режимов обработки по пункту 8.

Расстояние между центром лазерного пучка и хладагента, мм						
Daton Kr	7	8	9			
Z, MM						
\mathbf{OY}						

3 Требования к оформлению отчета по лабораторной работе

Отчет должен содержать:

- 1. Титульный лист.
- 2. Цель работы .

3. Перечень режимов обработки при которых реализуется данный процесс.

4. Фотографии торцов разделенных стекол с инструментального микроскопа.

5. Выводы по лабораторной работе.

PEROMANNAMA