

Исследования образцов, подвергнутых последовательно обработке ЭИЛ и ЛО, показали, что образующийся упрочненный слой состоит также из двух зон – белого слоя, легированного элементами твердого сплава (карбида титана, вольфрама), и второй зоны – зоны термического влияния. Под ней располагается основной металл в исходном состоянии. Микротвердость белого слоя при данных условиях обработки находится в пределах от 5560 до 9640 МПа, что свидетельствует о некотором его разупрочнении.

Поверхностный слой, сформированный обработкой ЭИЛ, при последующей обработке лазерным лучом своих характеристик не теряет. Более того, весьма положительно то, что существенно, до 4 – 5 раз увеличиваются толщина белого слоя и зоны термического влияния (термодиффузионной зоны), а также наблюдается заметное увеличение ее микротвердости.

На некоторых образцах в слое, легированном электродом Т15К6, наблюдаются отдельные микропоры и микротрещины.

Рентгенофазовым анализом установлено наличие в упрочненном слое при легировании сплавами ВК8, Т15К6 твердых фаз Fe_3W_3C , WC , TiC .

Выводы. Совмещение методов ЭИЛ и ЛО обеспечивает получение положительного эффекта, выраженного в более высокой микротвердости легированного слоя и большей толщине зоны термического влияния.

УДК 621.791.78

ОСОБЕННОСТИ ДВУЛУЧЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОРАСКАЛЫВАНИЯ СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ

С.В. Шалупаев, Ю.В. Никитюк

УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

Введение. Важным направлением применения лазеров в технологических целях являются процессы разделения хрупких неметаллических материалов методами лазерного термораскалывания. Одно из первых сообщений по данной тематике было сделано Ламли (Lamley) [1]. В Советском Союзе широкую известность технология лазерного термораскалывания получила благодаря работам Г.А. Мачулки [2]. В дальнейшем В.С. Кондратенком был разработан метод управляемого лазерного термораскалывания (УЛТ) [3], характерной особенностью которого является последовательный нагрев поверхности материала лазерным излучением с длиной волны 10,6 мкм и ее охлаждение воздушно-водяной смесью. К преимуществам УЛТ относятся высокая точность и скорость разделения, его безотходность и низкая энергоемкость [3].

Однако этому методу присущ существенный недостаток, затрудняющий его широкое применение для обработки силикатных стекол. Этот недостаток заключается в ограничении глубины разделяющей микротрещины при использовании лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм вследствие его значительного поглощения поверхностными слоями материала. Решение данной проблемы было предложено в работах [4 – 5], посвященных новому двулучевому способу лазерного термораскалывания (ДЛТ). ДЛТ обладает основными преимуществами УЛТ и при этом обеспечивает возможность увеличения глубины проникновения разделяющей микротрещины. В [4] на основании численного моделирования выявлены основные физические закономерности ДЛТ, которые требуют дополнительной экспериментальной проверки. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований ДЛТ силикатных стекол.

Методы экспериментального исследования. Экспериментальные исследования были выполнены на лазерном технологическом комплексе (ЛТК), в состав которого входят два лазера с различной длиной излучения. На рис. 1 приведена схема расположения лазерных пучков и хладагента в плоскости обработки. Позицией 1 отмечен лазерный пучок с длиной волны $\lambda = 10,6$ мкм, позиция 2 – лазерный пучок с длиной волны $\lambda = 1,06$ мкм, позиция 3 – зона подачи хладагента. Обрабатываемое изделие перемещалось с помощью координатного устройства относительно неподвижно расположенных лазерных пучков и форсунки, обеспечивающей подачу хладагента.

В качестве образцов для исследования режимов лазерного разделения были использованы пластины из силикатного стекла толщиной 5 мм. Глубина лазерной микротрещины определялась с применением инструментального микроскопа БМИ-1Ц. Мощность лазерного излучения с длиной волны $\lambda = 10,6$ мкм и энергия импульсного излучения с длиной волны $\lambda = 1,06$ мкм определялись прибором ИМО-2М. Лазерный пучок CO_2 -лазера фокусировался на поверхности стекла в эллиптическое пятно с большой полуосью $A = 3 \cdot 10^{-3}$ м и с малой полуосью $B = 2 \cdot 10^{-3}$ м. Расстояние L было равным 3 мм. Лазерный пучок YAG-лазера фокусировался на поверхности стекла в круглое пятно с радиусом $R = 1 \cdot 10^{-3}$ м. Скорость относитель-

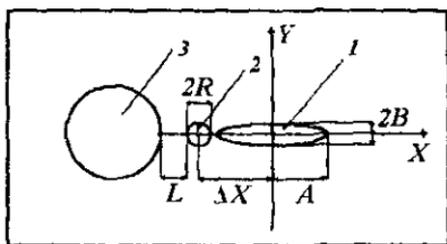


Рис. 1. Схема расположения лазерных пучков и хладагента в плоскости обработки:
1 – CO_2 -лазер, 2 – YAG-лазер, 3 – хладагент

ного перемещения лазерных пучков и обрабатываемого материала задавалась программно.

Результаты и обсуждение.

При проведении исследований были выявлены зависимости глубины лазерной микротрещины, формируемой при ДИТ, от скорости относительно перемещения лазерных пучков и обрабатываемого материала (рис. 2), от мощности лазерного излучения с длиной волны $\lambda = 10,6$ мкм (см. рис. 2) и от мощности лазерного излучения с длиной волны $\lambda = 1,06$ мкм (рис. 3).

Как видно из рис. 2 - 4, глубина микротрещины практически линейно зависит от скорости термораскалывания и от мощности лазерного излучения, как с длиной волны $\lambda = 1,06$ мкм, так и с длиной волны $\lambda = 10,6$ мкм (за исключением небольшого участка на рис. 3, где при дальнейшем увеличении мощности лазерного излучения происходит резкое уменьшение глубины микротрещины, обусловленное чрезмерным нагревом материала и его оплавлением).

Отдельно нужно обратить внимание на рис. 5, на котором представлена зависимость глубины лазерной микротрещины от взаимного расположения лазерных пучков на поверхности стекла (ΔX - расстояние между центрами лазерных пучков, которое на графике принимает отрицательное значение при размещении пучка YAG-лазера между зоной воздействия хладагента и пучком CO₂-лазера).

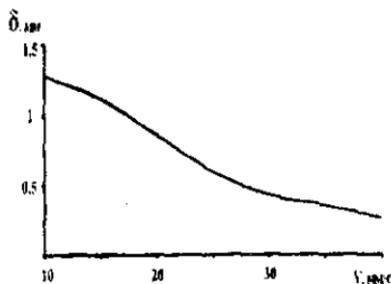


Рис. 2. Зависимость глубины микротрещины от скорости обработки

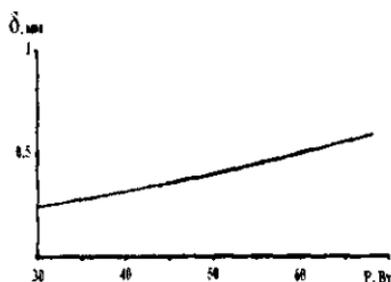


Рис. 3. Зависимость глубины микротрещины от мощности CO₂-лазера

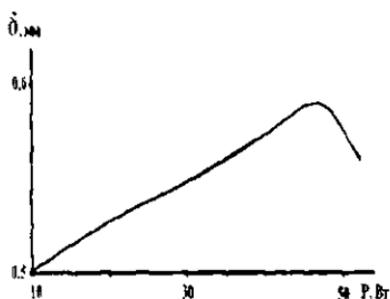


Рис. 4. Зависимость глубины микротрещины от мощности YAG-лазера

На рис. 5 видно, что максимальных значений глубина микротрещины достигает при смещении центра пучка YAG-лазера в сторону зоны воздействия хладагента. При смещении центра пучка YAG-лазера в противоположную сторону наблюдается резкое уменьшение глубины микротрещины с последующим прекращением трещинообразования.

Выводы. Полученные экспериментальные результаты находятся в хорошем соответствии с результатами численного моделирования термоупругих полей, приведенными в [4], на основании которых был сделан вывод о возможности корректировки глубины проникновения разделяющей микротрещины при двулучевом воздействии на силикатное стекло. При этом было экспериментально подтверждено, что размещение лазерного пучка с длиной волны 1,06 мкм на линии реза между участками, подверженными воздействию лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм и хладагента, обеспечивает возможность максимального увеличения глубины лазерной микротрещины.

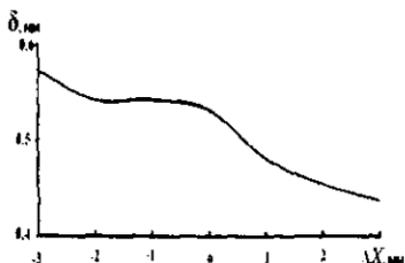


Рис. 5. Зависимость глубины микротрещины от взаимного расположения лазерных пучков

Литература

1. Lumley, R.M. Controlled separation of brittle materials used a laser / R.M. Lumley // 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. 202444] РФ, МКИ 5 С03В33/02 / В.С. Кондратенко; заявитель В.С. Кондратенко; заявл. 04.02.92; опубл. 12.15.94.
4. Двулучевое лазерное термораскалывание хрупких неметаллических материалов / С.В. Шалушаев [и др.] // Оптический журнал. — 2005. — Т. 73. — № 5. — С. 62 — 66.
5. Способ разделения хрупких неметаллических материалов под действием термоупругих напряжений : пат. 2342333, Российская Федерация, МПК С 03В 33/00 / С.В. Шалушаев, Е.Б. Шершнев, Ю. В.Никитюк, А.А. Серeda; заявитель Гом. гос. ун-т ям. Ф. Скорины. — № 2006113101; заявл. 18.05.06; опубл. 27.12.08 // Бюл. № 9.

РVD-ПОКРЫТИЕ ДЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ, ОСНАЩЕННЫХ ПСТМ НА ОСНОВЕ КНБ

М.Ю. Копейкина, С.А. Клименко

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев

Введение. В последнее время в каталогах продукции мировых производителей режущих инструментов и в технической литературе появилась информация об инструментах, оснащенных поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ) с защитными РVD-покрытиями.

Резцами с рабочей частью из ПСТМ с покрытием обрабатывают закаленные стали со скоростями резания, на 25 % выше в сравнении с инструментами без покрытий. Такие инструменты рекомендуют также для обработки марганцевых сталей и отбеленного чугуна, а наличие покрытия, кроме повышения стойкости инструмента, облегчает оценку величины его износа.

Нужно отметить, что для инструментов, оснащенных ПСТМ на основе КНБ, в технической литературе рекомендуются защитные покрытия, аналогичные традиционно применяемым для инструментов из быстрорежущих сталей и твердых сплавов. При этом специфика явлений, сопровождающих контактное взаимодействие такого инструмента с обрабатываемым материалом, не учитывается.

Наличие на контактных поверхностях инструмента защитных покрытий приводит к изменению механики и физико-химии контактного взаимодействия инструмента и обрабатываемого изделия. Первое предопределяется изменением условий трения, величины и перераспределением напряжений на поверхностях инструмента и, как следствие, сил и температуры резания. Второе связано с тем, что для обеспечения наиболее оптимальных условий работы режущего инструмента в каждом конкретном случае должно выбираться такое покрытие, которое обеспечивает минимизацию или отсутствие эффектов, оказывающих наибольшее отрицательное влияние на работоспособность режущего инструмента. Защитное покрытие может играть роль пассивного протектора, который препятствует непосредственному контактированию инструментального и обрабатываемого материалов в зоне резания, или играть «активную» роль, изменяя условия их химического взаимодействия в зоне резания.