

Абдылдаев О.Т., Жусуева Б., Омуралиева Ч.

## ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ

УДК: 535.211

В статье даны результаты исследования механизма взаимодействия лазерного излучения на длине волны 1,06 мкм с синтетическими алмазами. И проведенные исследования показывают, что лазерное воздействие может быть использовано как один из способов улучшения качества анализа.

Метод лазерной обработки отличается от известных способов высокой интенсивностью и направленностью излучения, возможностью локальной обработки участков недоступных для других методов. Технология обработки алмазов лазерным излучением (ЛИ) применяется, в основном, как средство локального нагрева.

Как высококонцентрированный источник нагрева ЛИ имеет ряд значительных преимуществ - оно позволяет за счет высокой скорости бесконтактного ввода энергии материала и ее строгого дозирования осуществить сверхскоростной нагрев локальных областей материала в широком диапазоне температур.

Структурные и фазовые изменения в исследуемых синтетических алмазах (СА) определяются температурным режимом лазерного нагрева. Характеристики лазерного нагрева зависят от ряда факторов, связанных с источником нагрева, характеристиками обрабатываемого материала, условиями их взаимодействия.

При взаимодействии ЛИ с веществом важным фактором является наличие в последних поверхностных и объемных дефектов. Установлено, что определяющее влияние структурных дефектов (типа неоднородностей состава, включений инородной фазы и т.д.) на процесс лазерного разрушения [1]. Одним из явлений, широко известных, является изменение поглотительной способности веществ в процессе нагрева. Исследования, проведенные в [2-4] показали, что по мере увеличения плотности энергии падающего ЛИ уменьшается оптическое пропускание и изменяется структура алмазных пленок. Наблюдаемые изменения авторы связывают с образованием графита на поверхности алмазной пленки. А также наблюдается графитизация, приводящая к увеличению поглощения алмазоподобных пленок при взаимодействии с излучением на длинах волны 0,53 мкм и 0,248 мкм.

Влияние химических и физических обработок показали о зависимости влияния дозы облучения на содержание примесей на поверхности синтетических алмазов [5,6].

Изучение эксплуатационных свойств СА стимулируется их широким применением в технике. Расширение объема и областей применения зависит от потребительских качеств выпускаемых СА, которые по своим физико-механическим свойствам уступают природным алмазам. Такое различие в механических свойствах кристаллов обусловлено тем, что в СА

содержат в объеме внутрикристаллических металлических включений, представленных сплавами переходных металлов. Поэтому представляет интерес исследование этих включений на механическое свойство СА при нагреве ЛИ.

**Экспериментальная часть.** Исследования процесса взаимодействия ЛИ с СИ проводили на специальной экспериментальной установке (рис.), в состав которого входили твердотельный лазер ЛТН-102А (1), на длине волны 1,06 мкм, поворотное зеркало (2), лазерное излучение фокусировалось сферической линзой (3) из кварца с фокусным расстоянием 10 см, специальный столик (4), в котором расположена подложка (5). На горизонтальной плоскости расположен измеритель средней мощности ИМО-2 (6) и ослабитель ЛИ (7). Мощность ЛИ в зависимости от тока накачки можно было варьировать от 0 до 100 Вт.

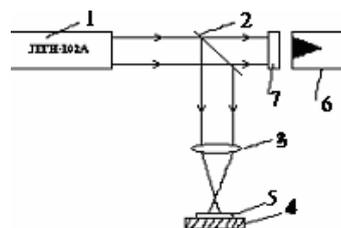


Рис. 1.

Одна из основных задач настоящего исследования - определение значений интенсивности ЛИ нагрева СИ и соответствующих им условий облучения, при котором не наблюдается ухудшение прочностных характеристик кристаллов.

Поставленную задачу решали следующими способами. При прямом облучении алмазов, расположенных на медной и кварцевой подложках.

Образцы материалов из СИ поликристаллической структуры типа карбонадо, выращенных при высоких давлениях и температурах обрабатывали на воздухе ЛИ при различных интенсивностях мощности, в пределах 10,2 - 203,8 Вт/см<sup>2</sup> и время обработки 2 - 30 сек. Образцы, полученные дроблением синтетических алмазов, имели размеры 100 - 200 мкм. Плотный монослой синтетических алмазов был нанесен на медную и кварцевую подложки.

После лазерной обработки СИ подвергали испытаниям на статическую прочность по стандартной методике. Относительная ошибка измерений величины прочности F была не более 15 - 20 %.

**Обсуждение полученных результатов.** Измерения средней мощности ЛИ проводились прибором ИМО - 2, калориметр которого расположен на расстоянии 50 см от выхода излучения лазера. На основе полученных данных был построен график зависимости мощности ЛИ от тока накачки лампы

(рис. 2) как видно, из-за линейной зависимости  $P$  от  $i$  можно легко варьировать выходную мощность ЛИ.

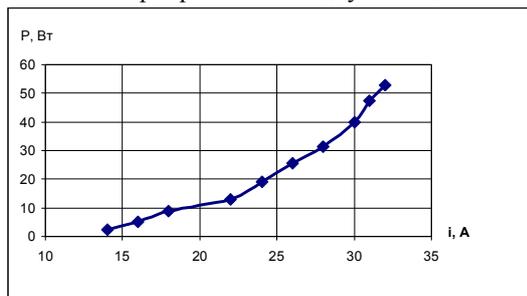


Рис.2

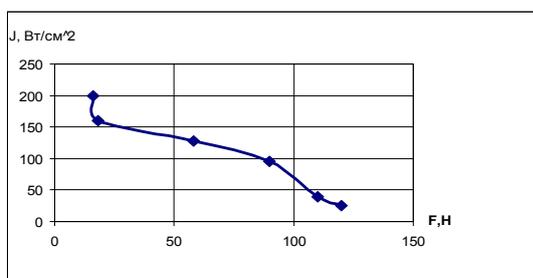


Рис.3

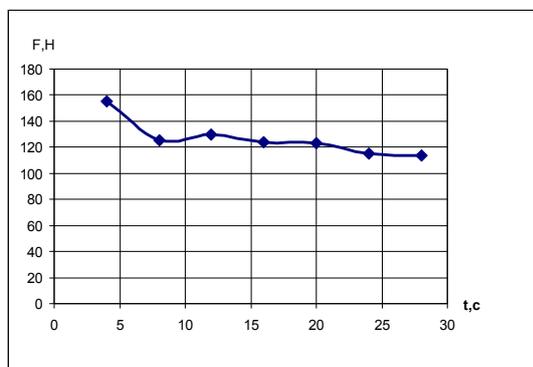


Рис.4.

Зависимость испытанных на прочность ( $F$ ) облученных кристаллов алмаза от интенсивности ЛИ показана на рис.3. Анализ данных показывает, что при больших интенсивностях лазерного нагрева снижаются прочность алмазных зерен. Уменьшение прочности СА, может быть обусловлено растрескиванием алмазов, вследствие возрастания внутренних напряжений вокруг расплавленных включений. Действительно, в работах [7,8] при нагреве до 14000С, на гранях СА обнаружены микротрещины и застывшие капли сплава-растворителя, приводящие к существенному снижению прочности СА. Причиной появления трещин является внутреннее напряжение алмазных зерен, их дефектность, поскольку внешняя силовая нагрузка на алмаз отсутствует[9]. Указанное объясняется тем, что алмазная матрица захватывает включения в условиях высоких давлений и температур. Поэтому при нагреве СА объем включений увеличивается в большой степени, чем она уменьшался после синтеза.

На рисунке 4 представлен график зависимости прочности  $F$  после нагрева от времени экспозиции  $t$  при одной интенсивности ЛИ  $I=10,2$  Вт/см<sup>2</sup>. Видно, что значение  $F$  при изменении  $t$  в пределах ошибки измерения остается постоянной. В работе [9] изучение состояния алмазных зерен показало, что в

процессе лазерного облучения они имели хороший тепловой контакт с расплавленными металлами. При этом заметное разрушение алмазов под действием термических напряжений не обнаруживается. Можно предположить, что причиной устойчивости к лазерному нагреву, возможно, является состояние включений на поверхность СА. В СА имеется в приповерхностном слое пленка, состоящая из тонко рассеянных металлических включений [10]. По-видимому, СА, включения которых расположены равномерно по объему, способны выдерживать более высокие значения интенсивности ЛИ. В общем случае можно констатировать, что зерно прочных СА при временных режимах лазерного облучения прочность практически не теряет.

Выводы. Результаты исследований показали, что прочность СА зависит от интенсивности ЛИ и в некоторой степени снижает прочность алмазных зерен. У кристаллов СА отмечено, что при нагреве на малых интенсивностях ЛИ прочность не меняется. При обработке алмазных зерен с ЛИ важным является не нарушения их структуры. Выяснение физической картины и механизма лазерной обработки твердого тела является исключительно важной задачей и позволяет найти практические пути повышения прочности материалов.

#### Литература

1. Углов А.А., Фокин С.А., Сипягин В.В., Васильев К.Д. Использование лазеров для обработки, улучшения качества и контроля алмазного сырья // *ФиХОМ.*-1977.- №6. -с. 10 - 18.
2. Данилейко Ю.К. Статические закономерности лазерного разрушения // *Известия АН СССР. -Сер. Физическая.* - 1982. - Т. - 46. - №6. - С. 1119 - 1126.
3. Буйлов Л.Л., Конов В.И., Пименов С.М. и др. Взаимодействие излучения импульсного СО<sub>2</sub>- лазера с алмазными пленками // *Поверхность.* - 1990.-№6. - С. 128 -135.
4. Prawer S., Kalish R., Adel M. Pulsed laser treatment of diamondlike carbon films// *Appl. Phus. Lett.* - 1986.v. 48. - №23 - p.1585.
5. Смежнов А.А., Андреева С.В. Влияние химических и физических воздействий на состав поверхности синтетических алмазов // *Сверхтвердые материалы.* - 1997. - №4. - С.3-6.
5. Пугач Э.А., Огородник В.В., Цыпин Н.В., и др. Высокотемпературное окисление алмазов, термообработанных при высоких давлениях // *Сверхтвердые материалы.* - 1981. - №4. - С.48-51.
6. Гаргин В.Г. Влияние условий нагрева на прочность синтетических алмазов // *Сверхтвердые материалы.* - 1981. - №4. - С.9.
7. Ветров А.Л., Урюков Б.А. Разрушение алмазных зерен при одностороннем нагреве // *Сверхтвердые материалы.* - 1987. - №3.С.34-37.
8. Новиков Н.В., Шепелев А.А., Сороченко В.Г. и др. Применение лазерной технологии для изготовления дисковых алмазных инструментов // *Сверхтвердые материалы.* - 2004. - №1. С.52-63
2. 10. Богатырева Г.П., Гатилова Е.Г., Базалий Г.А. Цветовые характеристики шпипорошков синтетических алмазов // *Сверхтвердые материалы.* - 1987. - №4. - С.37-40.