

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПУЧКА НА ХАРАКТЕР ЛАЗЕРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ

УО «Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины»,  
Гомель, Республика Беларусь

*Научный руководитель канд. ф.-м. наук доцент Мышковаец В.Н.*

Приведены результаты расчетов распределения температурных полей и термоупругих напряжений в диэлектрическом образце с многослойной металлизированной экранной поверхностью при двухлучевом разделении с целью оптимизации технологических режимов и выяснения механизма образования разделяющей трещины при воздействии лазерных пучков различной формы.

Современные технологии широко используют различные методы соединения разнородных материалов, например полупроводников, керамики, стекла и металлов. Одними из наиболее перспективных из таких соединений являются металлокерамические конструкции, вследствие их высокой механической прочности, способности работать при высоких температурах и устойчивости к термическим ударам. К такого рода изделиям относятся керамические подложки для гибридных интегральных схем с экранной металлизированной поверхностью. Существующие в микронике и приборостроении технологии обработки подобных конструкций основаны на применении механических станков с использованием абразивного инструмента, при этом режимы резки устанавливают эмпирически, исходя из физико-механических свойств

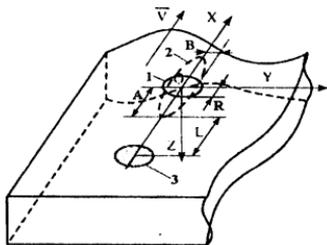


Рис. 1. Схема расположения лазерных пучков и хладагента в плоскости обработки.

- 1 - круглый лазерный пучок,  
2 - эллиптический лазерный пучок, 3 - хладагент

материалов, геометрических размеров образцов и требований к их точности. Другие известные методы размерной обработки (термохимический, электроэрозионный, химико-каталитический, ультразвуковой) не нашли широкого применения в промышленной технологии, вследствие низкой производительности труда и сложности реализации в производственных условиях. В связи с этим представляется важным дальнейшее исследование одного из наиболее перспективных направлений применения лазеров - процесса лазерного термораскалывания.

Для расчетов в данной работе использовалась трехмерная конечноэлементная модель, описывающая распределение температурных полей и термоупругих напряжений возникающих в исследуемом образце при управляемом лазерном термораскалывании, представляющая собой пластину из алюмооксидной керамики с нанесенными на нее слоями золота, никеля и меди.

Согласно приведенной выше физической модели процесса лазерного разделения керамическую пластину нагревают два локальных поверхностных источника тепла: один на поверхности алюмооксидной керамики, второй на границе керамика – многослойное металлизированное покрытие, и объемный источник, сформированный лазерным излучением с длиной волны 1.06 мкм, распределение интенсивности которого по глубине подчиняется закону Ламберта-Бугера-Бера.

В соответствии с этим, выполнено конечно-элементное решение задачи о распределении термоупругих полей, формируемых при нагревании лазерными источниками многослойного материала с учетом объемного поглощения алюмооксидной керамикой лазерного излучения с длиной волны  $\lambda = 1.06$  мкм в квазистатической постановке.

Для расчетов полагалось, что плотность и удельная теплоемкость керамики, золота, меди и никеля постоянны и равны соответственно  $\rho_1=3960$  кг/м<sup>3</sup> и  $c_1=760$  Дж/кг·°С для керамики,  $\rho_2=19320$  кг/м<sup>3</sup> и  $c_2=130$  Дж/кг·°С для золота,  $\rho_3=8900$  кг/м<sup>3</sup> и  $c_3=440$  Дж/кг·°С для никеля и  $\rho_4=8930$  кг/м<sup>3</sup> и  $c_4=380$  Дж/кг·°С для меди. Были учтены зависимости коэффициентов теплопроводности керамики и золота от температуры. Модуль упругости, коэффициент Пуассона и коэффициент температурного расширения для керамики полагались равными  $E_1=380$  ГПа,  $\nu_1=0.222$ ,  $\alpha_1=80 \cdot 10^{-7}$  (1/°С), для золота -  $E_2=80.6$  ГПа,  $\nu_2=0.422$   $\alpha_2=165 \cdot 10^{-7}$  (1/°С), для никеля -  $E_3=202.9$  ГПа,  $\nu_3=0.3$   $\alpha_3=155.6 \cdot 10^{-7}$  (1/°С) и для меди -  $E_4=112$  ГПа,  $\nu_4=0.358$   $\alpha_4=191.5 \cdot 10^{-7}$  (1/°С).

В первом случае расчеты выполнялись для пучков эллиптического сечения, формируемого на поверхности излучением СО<sub>2</sub>-лазера с длиной волны  $\lambda_1=10.6$  мкм и пучком кольцевого сечения, действующего непосредственно на многослойное металлизированное покрытие, формируемого излучением твердотельного лазера на АИГ с длиной волны  $\lambda_2=1.06$  мкм.

Во втором случае на исследуемый образец воздействовали пучками кольцевой формы формируемые излучением СО<sub>2</sub>-лазером и твердотельного лазера на АИГ. В обоих случаях в зону обработки подавался хладагент в виде воздушно-водяной смеси.

Из анализа распределения полей напряжений  $\sigma_{yy}$  (рис. 2, 3) следует, что формирование разделяющей микротрещины происходит в поверхностных слоях материала в зоне растягивающих напряжений, сформированных за счет подачи хладагента, которые более ярко выражены при разделении пучками кольцевого сечения.

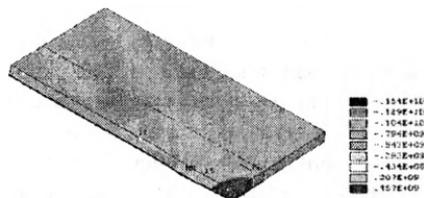


Рис. 2. Пространственное распределение термоупругих полей в образце, при воздействии пучками эллиптического и кольцевого контуров  $\sigma_{yy}$ , (Па)

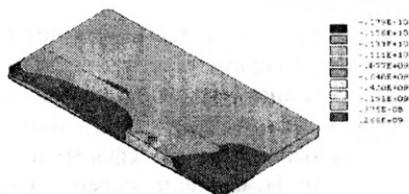


Рис. 3. Пространственное распределение термоупругих полей в образце, при воздействии пучков кольцевого сечения  $\sigma_{yy}$ , (Па)

Проведенные расчеты позволят в дальнейшем оптимизировать режимы лазерного термораскалывания металлокерамики.

УДК 621.791

**Бабевич Г.А., Грищенко В.В., Козлов А.И.**

## **КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ**

*УО «Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины»,  
Гомель, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. ф.-м. наук доцент Мышковец В.Н.*

Авторами проведены теоретические расчеты распределения температурных полей в образце из нержавеющей стали 12Х18Н10Т при воздействии импульсного лазерного излучения с различными временными и энергетическими характеристиками с целью оптимизации технологических режимов сварки и получения качественных сварных соединений, используя метод сквозного проплавления.

Основной физической характеристикой процесса нагрева при лазерной сварке металлов является температурное поле на поверхности и в объеме материала, которое может быть определено теоретическими или экс-