

## ПРОТЕКАНИЕ ПРОЦЕССА СВС ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

**В. В. Клубович, М. М. Кулак, Ю. В. Хлопков**  
*Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск*

*Изложены основные положения протекания процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) под действием лазерного излучения. Разработано оборудование для осуществления лазерного СВС. Представлены предварительные результаты лазерного СВС композиций Ti-C и Ni-B.*

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез, представляющий сильную экзотермическую реакцию, является весьма перспективной технологией с точки зрения получения материалов и изделий, обладающих уникальными свойствами [1].

Для управления параметрами процесса СВС и расширения его возможностей представляет научный интерес дополнительный подогрев реакционной зоны сфокусированным лазерным излучением [2, 3].

В управляемом лазерным излучением процессе СВС планируется решить следующие технические задачи:

1. При соответствующем подборе параметров лазерного облучения и состава реагирующей шихты процесс СВС будет идти только в зоне воздействия лазерного луча.

2. Дополнительный подогрев лазерным излучением шихты позволяет производить СВС смеси материалов, обладающих низкой экзотермической энергией.

3. Возможен синтез материалов, имеющих широкий спектр количественного элементного и фазового составов.

4. Подогрев поверхности подложки способствует схватыванию («припеканию») к ней образующихся материалов синтеза.

5. Послойный синтез образующихся материалов СВС позволяет получать изделия из сложных объемных материалов с высокими геометрическими параметрами.

Нами было разработано и изготовлено оборудование для изучения взаимодействия лазерного излучения с реагирующей шихтой СВС и проведены исследования процессов формирования материалов с высокими физико-механическими свойствами.

В качестве активной среды использовали порошки Ti +  $\alpha$ C и Ni +  $\alpha$ B, находящиеся в стехиометрическом соотношении  $\alpha = 1$ . Указанные компо-

зиции в результате протекания СВС образуют материалы, обладающие уникальными химическими и физическими свойствами. Порошковую смесь наносили методом свободного насыпания на керамическую подложку из оксида алюминия.

В качестве основного источника лазерного излучения использовали установку «Квант-15» с длиной волны 1,06 мкм, длительностью импульса 4 мс и частотой следования 10 Гц. Энергию импульса варьировали от 1 до 5 Дж, а размер пятна излучения составлял 100...500 мкм. Относительная скорость перемещения луча и зоны воздействия составляла 0,5...3,0 см/с. Физические процессы, протекающие при СВС, зависели от состава смеси, плотности мощности излучения и скорости перемещения рабочей кюветы. Совокупные характеристики параметров процесса подбирали таким образом, чтобы СВС протекал только в границах, близких к размеру пятна облучения.

Схема наиболее важного узла установки, а именно реакционной кюветы, приведена на рисунке 1.

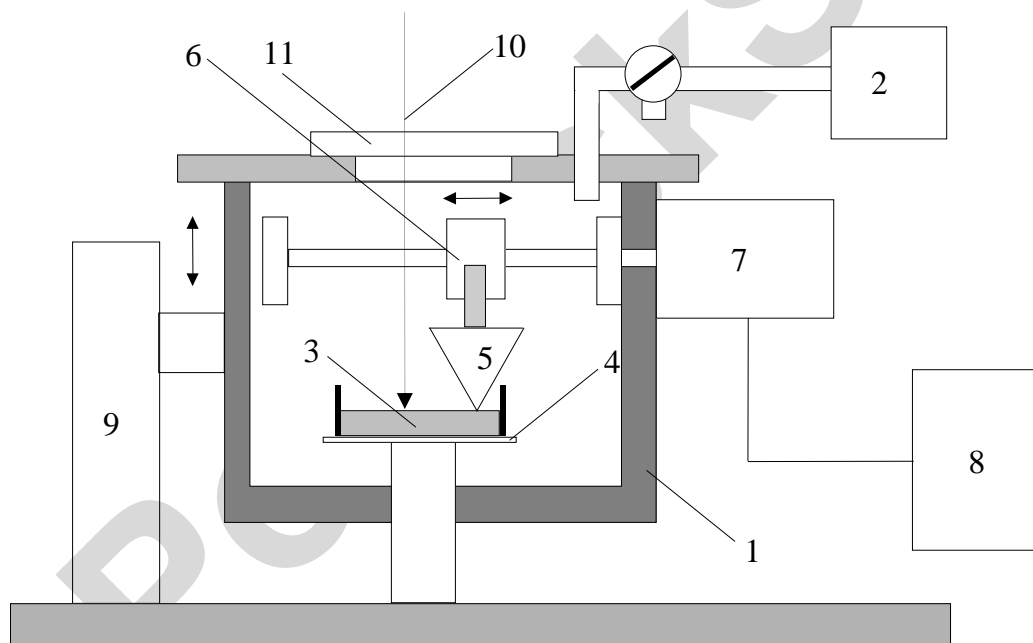


Рис. 1. Реакционная кювета для лазерного СВС

В герметичной кювете 1 через газовую систему 2 создавали контролируемую атмосферу или вакуум. Металлический порошок 3 наносили на подложку 4 слоями одинаковой толщины при помощи питающего бункера 5. Возвратно-поступательное движение бункера обеспечивается механизмом типа винт-гайка 6 с приводом от электродвигателя постоянного тока 7. Управление двигателем осуществляется от устройства 8. Толщину наносимых слоев порошка регулировали вертикальным перемещением корпуса кюветы вместе с бункером относительно подложки при помощи устройст-

ва 9. Сфокусированное излучение лазера 10 направляли в кювету через окно из кварцевого стекла 11.

В процессе предварительных исследований установлено, что подогрев исходной шихты сфокусированным лазерным излучением существенно влияет на параметры процесса СВС, что проявляется в следующем:

1. За счет дополнительного баланса энергии возможно значительное уменьшение объема реагирующей массы.

2. Реакция СВС идет при составе компонент, отличающихся от стехиометрического соотношения  $\alpha = 1$ .

3. Зона протекания процесса сильно зависит от плотности, мощности и скорости перемещения лазерного луча. При высоком лазерном энерговыделении реагирующая зона может значительно превышать размеры пятна фокусировки. Подбор параметров процесса позволяет производить синтез в пределах зоны воздействия лазера.

4. Формируемые за один ход синтезируемые слои надежно соединяются друг с другом.

5. Наличие инертной атмосферы или вакуума обязательно.

На рисунке 2 приведена фотография следа лазерного СВС процесса порошка в одном из исследуемых режимов. Отмечается расплавленный характер образующейся компоненты и малый ее размер.

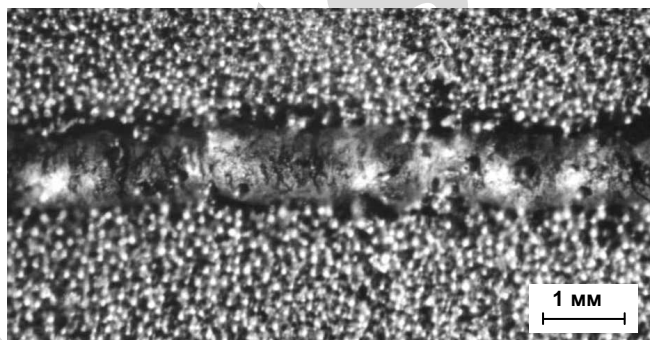


Рис. 2. Фотография реакционного следа лазерного СВС на поверхности Ti-C ( $q \approx 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>,  $V = 2$  см/с)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Khina, V. V. Combustion Synthesis of Advanced Materials / V. V. Khina. – New York : Nova Science Publishers, 2010. – 110 p.
2. Шишковский, И. В. Лазерный синтез функциональных мезоструктур и объемных изделий / И. В. Шишковский. – М. : Физматлит, 2009. – 421 с.
3. Клубович, В. В. Взаимодействие лазерного излучения с реагирующей смесью СВС / В. В. Клубович, М. М. Кулак, Ю. В. Хлопков // Перспективные материалы и технологии: сб. ст. Междунар. науч. симп., Витебск, 2011 г. / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2011. – С. 65 – 68.