

физико-химических свойств элементов, так и взаимодействием лазерных импульсов на поверхности и в объеме пористого тела.

Таким образом, выполненные спектроскопические исследования приповерхностной лазерной плазмы, образуемой вблизи поверхности пористого тела, при воздействии на нее двух последовательных импульсов показали возможность определения содержания элементов в жидкостях с хорошей чувствительностью. Определены параметры установки, обеспечивающие возможность получения максимальной интенсивности линий Pb, Cu и Zn.

Это может иметь значение не только для развития методов лазерной атомно-эмиссионной многоэлементной спектрометрии, но и для развития методов модифицирования поверхности пористых твердых тел, например оксидированного алюминия.

Работа выполнена при частичной поддержке БР ФФИ (грант Ф07-206).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карякин, А.В. Эмиссионный спектральный анализ объектов биосферы / А.В. Карякин, И.Ф. Грибовская. – М., 1979.
2. Сухов, Л.Т. Лазерный спектральный анализ / Л.Т. Сухов. Новосибирск. – 1990.
3. Зайдель, А.Н. Таблицы спектральных линий / А.Н. Зайдель [и др.]. – М., 1962.
4. Анисимов, С.И. Избранные задачи теории лазерной абляции / С.И. Анисимов, Б.С. Лукьянчук // УФН. – 2002. – Т.172, №3. – С.301-333.
5. Воробьев, В.С. Плазма, возникающая при взаимодействии лазерного излучения с твердыми мишенями / В.С. Воробьев // УФН. – 1993. – Т.163, №12. – С.51-83.

УДК 621.762.4

Петюшик Е.Е., Дробыш А.А.

#### КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОКСИДА КРЕМНИЯ

*Белорусский государственный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь*

Questions of reception of a porous material on the basis of the quartz sand reinforced by a layer of a wire are considered. It is carried out research of laws of a curvature of coils of winding. Dependences of geometrical parameters of winding on pressure of repeated pressing are established.

Развитие технологий получения пористых материалов и изделий обусловлено ростом требований к качеству реализации процессов фильтрации, тепло- и массообмена, катализа и др. При этом, наряду с повышением эксплуатационных свойств проницаемых изделий из традиционных материалов, ставятся и задачи расширения функциональных областей их использования.

Современные пористые материалы на основе оксида кремния, уже получившие практическое применение [1, 2], к сожалению, не в полной мере обладают достаточными прочностными свойствами. Одним из путей повышения прочности является армирование пористого материала непрерывным волокном (проволокой) по известной технологии [3]. Отметим, что пористые изделия, армированные подобным образом перспективно использовать в качестве тепловых электрических нагревателей [4].

В процессе армирования пористого материала проволокой, последняя претерпевает деформации, способствующих появлению дефектов: искривление витков проволоки, и как следствие, касание деформированным витком соседнего. Это может привести к искажению прочностных и структурных характеристик композиционного материала, а для случая теплового электрического нагревателя – искажению эксплуатационных характеристик.

Установление закономерностей деформирования витков проволоки станет основой для разработки научных основ технологии получения нового композиционного материала на основе кварцевого песка, а так же позволит оценить возможность использования полученных композиционных трубчатых образцов в качестве нагревательных элементов.

Образцы материала в форме труб  $\varnothing 17 \times 100$  мм изготавливали следующим образом: на не спеченную прессовку в виде трубы, полученную при давлении  $p=60$  МПа способом сухого радиального прессования, наматывали проволоку (диаметр проволоки 0,18 мм, материал - X15H60) с шагом в диапазоне 4...6 мм и углом намотки  $30^\circ$ . Полученную заготовку устанавливали в пресс-форму и подвергали повторному сухому радиальному прессованию (при давлении 0,5...1,15р).

Закономерности деформирования витков намотки определяли на основе данных обмеров геометрических параметров образцов с помощью измерительного инструмента высокой точности.

В результате обмеров установлено, что витки намотки в целом искривляются незначительно за исключением одной...двух локальных зон (рис. 1а). Эти зоны присутствуют на каждом витке проволоки и имеют вид равнобедренного треугольника (рис. 1б). Возможность возникновения таких треугольников обусловлена используемым способом прессования. Как установлено в процессе повторного прессования происходит доуплотнение прессовок, однако более интенсивно этот процесс протекает в местах контакта намотки с пористым материалом, где образуется след от проволоки – канавка.

Таблица 1 – Геометрические параметры треугольников

Давление повторного прессования, МПа	Угол у основания треугольника, °	Высота треугольника $h$ , мм	Длина основания треугольника $l$ , мм
30	19	1,05	6,73
40	18	1,15	7,41
50	21	1,13	5,86
60	14	1,22	9,81
70	16	1,29	9,52

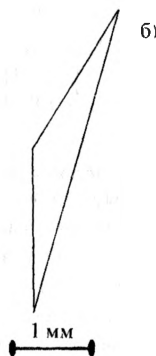


Рисунок 1 -- а) – локальный участок искривления витка намотки (давление повторного радиального прессования =  $p$ ); б) – треугольник деформирования

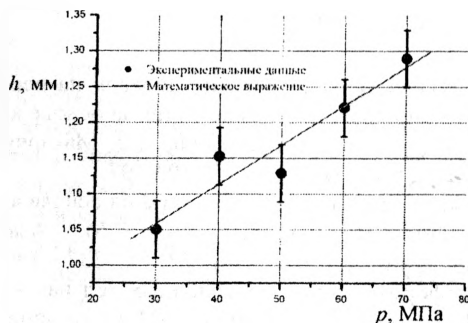


Рисунок 2 – Зависимость высоты треугольника от давления повторного прессования

Так же установлено, что при изменении давления повторного прессования изменяются геометрические параметры этих «треугольников». Геометрические параметры треугольников представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных показал, что с увеличением давления прессования размеры «треугольников» растут. Причем зависимость высоты треугольника от давления прессования носит линейный характер (рис. 2). Нели-

треугольника от давления прессования носит линейный характер (рис. 2). Нели-

нейная зависимость угла основания и длины основания треугольника от давления прессования объясняется изменением интенсивности доупложнения прессовки при повторном прессовании [5].

Аппроксимацией данных установлена зависимость высоты треугольника  $h$  от давления прессования  $p$ :

$$h = 0,85 + 0,005 \cdot p.$$

Исходя из известных тригонометрических функций шаг намотки  $\Delta$  для заданной высоты треугольника  $h$  следует выбирать из условия:

$$\Delta > \frac{2h}{\sqrt{3}} + d,$$

или

$$\Delta > \frac{1,7 + 0,01 \cdot p}{\sqrt{3}} + d,$$

где  $d$  – диаметр проволоки, мм.

Проведенные исследования позволили установить зависимости геометрических параметров намотки от давления повторного прессования, сформулировать граничные условия шага намотки проволоки, исключая касание между соседними витками и определить аналитические зависимости между параметрами прессования.

Проведенные исследования продемонстрировали целесообразность и перспективность их дальнейшего проведения. Интерес представляет установление закономерностей поведения геометрических параметров дефектов проволоки в зависимости от ее диаметра, угла намотки, количества слоев намотки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петюшик, Е.Е. Оценка влияния технологических добавок на некоторые свойства пористых изделий из минеральных композиций на основе кварцевого песка / Е.Е.Петюшик, С.М. Азаров, А.А. Дробыш, Д.В. Макаrchук // Поршковая металлургия. – Минск, 2007. – Вып. 30. – С. 193-197.
2. Петюшик, Е.Е. Доля силиката натрия в порции шихты на основе кварцевого песка / Е.Е. Петюшик, В.Е. Романенков, С.М. Азаров, А.А. Дробыш // Машиностроение. – Минск, 2007. – Вып. 23. – С. 337 – 340.
3. Петюшик, Е.Е. Основы деформирования проволочных тел намотки / Е.Е. Петюшик, О.П. Реут, А.Ч. Якубовский. – Минск.: УП «Технопринт», 2003. – 218 с.
4. Петюшик, Е.Е. Композиционный материал на основе оксида кремния / Петюшик Е.Е., Дробыш А.А., Ярмолинский В.И., Макаrchук Д.В. // Материалы докладов 8-й Международной научно-технической конференции Новые

материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, г. Минск, 27-28 мая 2008 г. / редкол.: А.Ф.Ильющенко [и др.]. – Минск: ГНУ «ИПМ», 2008. с. 131-132.

5. Петюшик, Е.Е. Расчетно-экспериментальная методика оценки соотношения давление прессования – плотность при уплотнении многокомпонентной шихты на основе порошка кварца / Е.Е. Петюшик, А.А. Дробыш // Вестник ПГУ. Сер. В. – Прикладные науки. – 2007. – № 2. – С. 38-47.

УДК 533.9; 621.793.6

Фадаиян А.Р., Воропай Е.С., Загогин А.П.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СДВОЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ ПАДЕНИЯ НА МНОГОЭЛЕМЕНТНУЮ МИШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛАЗМЫ В ПРОЦЕССАХ ИЛПН**

*Белорусский государственный университет,  
г. Минск Республика Беларусь*

A special attachment and methods have been developed to analyze the composition and characteristics of laser plasma on ablation of multicomponent targets by double laser pulses at different incidence angles in the process of the pulsed laser film deposition (PLFD).

Лазерная абляция твердых тел наносекундными импульсами умеренной интенсивности используется во многих научных и практических приложениях. Импульсное лазерное напыление широко используется для формирования тонкопленочных структур и покрытий из самых различных материалов. Физические процессы, связанные с образованием приповерхностной лазерной плазмы, разлетом ее и осаждением на подложке настолько многофакторны, что не удастся получить достаточно простых закономерностей, описывающих эти процессы. Так в частности методу импульсного лазерного напыления присущи некоторые недостатки, одним из которых является образование микрокапель (0,1...1 мкм) при абляции мишеней [1]. Анализ и целенаправленное изменение компонентного, зарядового и энергетического распределения состава лазерного факела возможно на основе дополнительного воздействия на первичную плазму дополнительного лазерного воздействия. При использовании схем и методов двухимпульсного лазерного воздействия при различных углах падения на мишень и плазму возможно одновременное проведение высокочувствительного спектрального анализа [2], контроля концентрации возбужденных и заряженных частиц плазмы и управлением составом плазмы, направляемой на подложку.