

как черчение и технология, привело к тому, что выпускники многих школ, показывающие высокие результаты на ЕГЭ, обладают крайне низкой общетехнической эрудицией. В аэрокосмическом университете любое положение стандарта, касающееся отображения технического объекта, иллюстрируется и комментируется в терминах предметной области. Поэтому абитуриенты обязаны иметь, как минимум,

самые общие представления о конструкции и технологии.

Для преодоления указанных проблем на кафедре инженерной графики СГАУ разработаны новые рабочие программы и реализуется графо-геометрическая подготовка, которая должна обеспечить заданный выпускающей кафедрой уровень компетенций студентов.

## ГИДРОДИАГНОСТИКА КЕРАМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2012 Галиновский А.Л., Муляр С.Г., Хафизов М.В.

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, Москва

## WATERJET DIAGNOSTICS OF CONSTRUCTION MATERIAL

© 2012 Galinovskiy A.L., Mulyar S.G., Khafizov M.V.

The article deals with the creating of information-diagnostic support for the performance properties estimation by using an acoustic emission and waterjet diagnostics combination approach

Одним из перспективных материалов для изготовления бронезащитных элементов входящих в состав средств индивидуальной защиты является специальная композиционная керамика (КК). Данный материал должен обладать высокими баллистическими свойствами, которые определяются физико-механическими характеристиками КК, такими как: твердость, пористость, прочность, зернистость, трещиностойкость и др [2]. Определение этих характеристик представляет собой сложную научно-техническую задачу, решение которой, в настоящее время, осуществляется с помощью натуральных экспериментов. Важным недостатком данного подхода является упрощенный критерий оценки качества бронеструктуры «пробитие - непробитие». В связи с чем поиск более информативных, менее затратных, и быстрых методов оценки физико-технических характеристик КК является актуальным и значимым.

Учитывая результаты исследований технологических возможностей гидроструйных технологий, в частности используя физические особенности гидроэрозионного разрушения поверхности

КК в месте воздействия сверхскоростной ультраструи воды, можно оценить параметры ее качества: прочность, ударную вязкость и т.д. Предварительный анализ возможностей данного ультраструйного метода диагностики (УСД) показал, что одними из информативных параметров могут стать результаты эрозионного разрушения ультраструей контролируемой КК, например геометрические размеры и форма гидрокаверны [1], керамических частиц, отделившихся от поверхности исследуемого образца, изменения массы образцов до и после ультраструйного воздействия (унос массы).

Это в целом создает реальные предпосылки для разработки и реализации инженерных методик экспресс-контроля и диагностики эксплуатационно-технологического состояния КК на основе метода УСД.

На предварительном этапе исследований возможностей УСД было проведено моделирование на основе метода конечных элементов. В результате выполненных расчетов было установлено, что значения напряжений в месте контакта гидроструи с преградой из КК на основе оксида алюминия сопоставимы с

напряжениями, возникающими при взаимодействии ударника с аналогичной преградой<sup>1</sup>.

Для проверки гипотезы о возможности использования УСД для оценки качественных характеристик керамических материалов на основе оксида алюминия, был подготовлен комплект пластин из КК на основе оксида алюминия изготовленных по различным технологиям. Образцы изготавливались в Институте порошковой металлургии ГНПО ПМ НАНБ, г. Минск при полусухом статическом прессовании ( $100 \text{ кг/мм}^2$ ) и режиме спекания на воздухе в течении двух часов при температуре  $1580 \text{ }^\circ\text{C}$ . Перед проведением УСД образцы были взвешены с использованием микровесов с ценой деления  $0,001 \text{ г}$ . и получены изображения микрошлифов их поверхности (Рис. 1) с целью анализа структуры материала.

Эксперименты проводились с использованием одного и того же технологического режим: скорость гидроструи ( $\sim 800 \text{ м/с}$ ), продольная подача сопловой головки ( $\sim 0,5 \text{ мм/с}$ ), диаметр гидроструи ( $\sim 0,15 \text{ мм}$ ), расстояние от среза сопла до керамической пластины ( $\sim 3-4 \text{ мм}$ ). В результате данного воздействия на поверхности образцов образовывались эрозивные гидрокаверны, размер и форма которых коррелируют на качественном уровне с физико-механическими свойствами материала. Так, например, в материалах с большим количеством внутренних дефектов края гидрокаверны сильно выкрашиваются, образуются крупные сколы материала, при этом унос массы материала является важнейшим диагностическим параметром, требующим точного ( $\Delta \sim 0,001 \text{ г}$ ) измерения. В сочетании с данными о значениях акустической эмиссии (АЭ), фиксирующей уровень сигнала при возникновении и распространении упругих колебаний (акустических волн), во время деформации напряжённого образца из КК, может быть получена объективная картина качественных и эксплуатационных характеристик данного материала. С целью

перевода некоторых качественных показателей в количественные может быть разработана относительная шкала. Оценочный балл может быть проставлен путем применения теории экспертного оценивания.

В результате перехода к количественной оценки характера повреждений образца становится возможным рассчитать коэффициент множественной корреляции между данной характеристикой, уносом массы материала и значение уровня сигнала АЭ. Расчеты по известным математическим зависимостям позволили установить значение корреляции  $r=0,92$ , которое демонстрирует эффективность предложенного способа диагностики с использованием ультразвуковой технологии.

Фотографии полученных в результате эксперимента гидрокаверн, микрошлифов образцов и полученные данные о значениях АЭ представлены на рисунке 1.

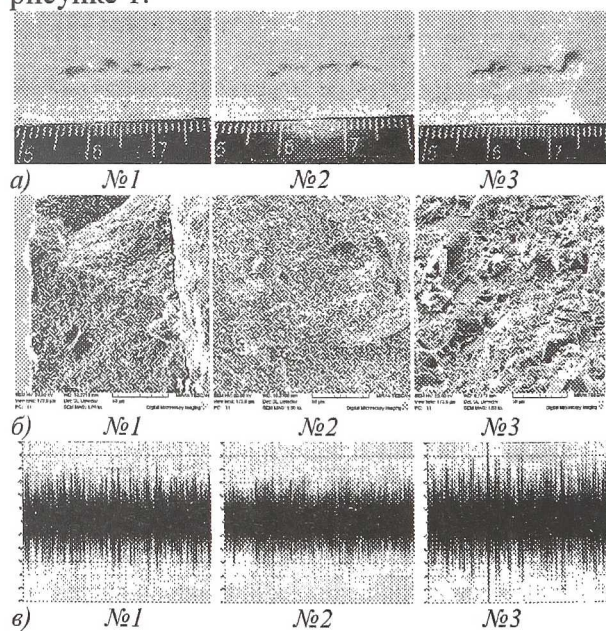


Рисунок 1.- Образцы композиционной керамики после УСД  
(а - изображение гидрокаверн, б - изображение микрошлифа при увеличении  $100\times$ , в - данные о значениях АЭ)

В заключении следует предположить, что универсальность ультразвуковой технологии имеет широкие перспективы для распространения в производстве изделий бронезащиты. Применение гидроструйной технологии позволит решить не только многочисленные задачи, связанные с

<sup>1</sup> Моделирование методом конечных элементов с применением ПО AnsysAutoDyn

обработкой материалов, но и благодаря инновационности идеи УСД, решать как вопросы входного контроля качества керамических материалов, так выходную диагностику бронезилов путем имитирующего воздействия.

Данное исследование проводилось в рамках гранта президента РФ №16.120.11.5069-МД и гранта РФФИ № 12-08-00802-а «Разработка научных основ ультразвуковой диагностики материалов и изделий машиностроения».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов В.А., Полухин А.Н. Оценка геометрических параметров формируемой поверхности при гидроструйной обработке. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». - №1(86). – 2012. – с. 107-116.

2. Эванс А.Г., Ленгдон Т.Г. Композиционная керамика – М.:Металлургия, 1980. – 256с.

## ФОРМИРОВАНИЕ НАНОПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ И ОЦЕНКА ИХ СВОЙСТВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АВИАСТРОЕНИИ

© 2012 Гамлицкий Е.Ю.<sup>1</sup>, Гелиев А.В.<sup>1,2</sup>, Семенов В.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт, г. Жуковский,

<sup>2</sup> Центральный аэрогидродинамический институт (ФГУП «ЦАГИ»), Жуковский.

## FABRICATION, PROPERTIES AND POSSIBILITY OF THE APPLICATION TO AIRCRAFT BUILDING ESTIMATION OF NANOFILM COMPOSITES

© 2012 Gamlitsky E.Y., Geliev A.V., Semenov V.N.

Technology of the nanofilm coating on the rubber substrate is developed. Elastic-strength, electric and other properties of rubber-like composites are studied. Technology of fabrication of the nanosize film, particularly  $Al_2O_3$ -nanofilm on the aluminum surface, is proposed. Temperature and acceleration voltage dependence of the ion free path in the substrate crystal lattice is investigated.

Поверхности технических объектов, в том числе летательных аппаратов (ЛА), необходимо защищать от климатических

воздействий и явлений, таких как обледенение, соленость среды, солнечное излучение, резкие перепады температуры. Необходимо также обеспечить получение новых свойств для материалов конструкции и ее элементов: адаптационных, электропроводных, радиотрагательных, фрикционных, обливковых и иных, необходимых для создания конструкций, адаптирующихся к режиму полета [1].

Приведены результаты использования метода магнетронного распыления для нанесения металлических и металлооксидных пленок на техническую резину. Описаны режимы напыления и параметры пленочного покрытия. Приведены результаты влияния

механического воздействия на свойства пленок. Показано, что наноразмерные покрытия при больших деформациях по структуре и свойствам существенно отличаются от макроструктурного металлического покрытия. Скольжение кластеров – блоков из нанослоев относительно друг друга сохраняет полное перекрытие площади упругой подложки металлом при больших относительных деформациях (псевдоэластичность). нанопленок. При больших обратимых деформациях резины или упругого пластика с нанесенной пленкой их внешний вид, величина адгезии и в значительной мере проницаемость не меняются. Исследуется возможность создания на основе таких покрытий тензодатчиков для лабораторных работ.

Развита технология нанесения нанопленок на резиновую подложку и