

Модернизация технологии оценки эксплуатационных динамических свойств композиционной конструкционной керамики путем использования гидроабразивной ультразвуку

03, март 2014

DOI: 10.7463/0314.0701307

Судник Л.В.¹, Галиновский А.Л.², Колпаков В.И.², Муляр С.Г.², Абашин М.И.², Проваторов А.С.²

УДК 621.001.5

¹Беларусь, Минск, НИИ импульсных процессов с опытным производством
²Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

lsudnik@tut.by
galcomputer@mail.ru
kolpakov54@mail.ru
m_sergey@inbox.ru
texhelp@list.ru
sanru41@rambler.ru

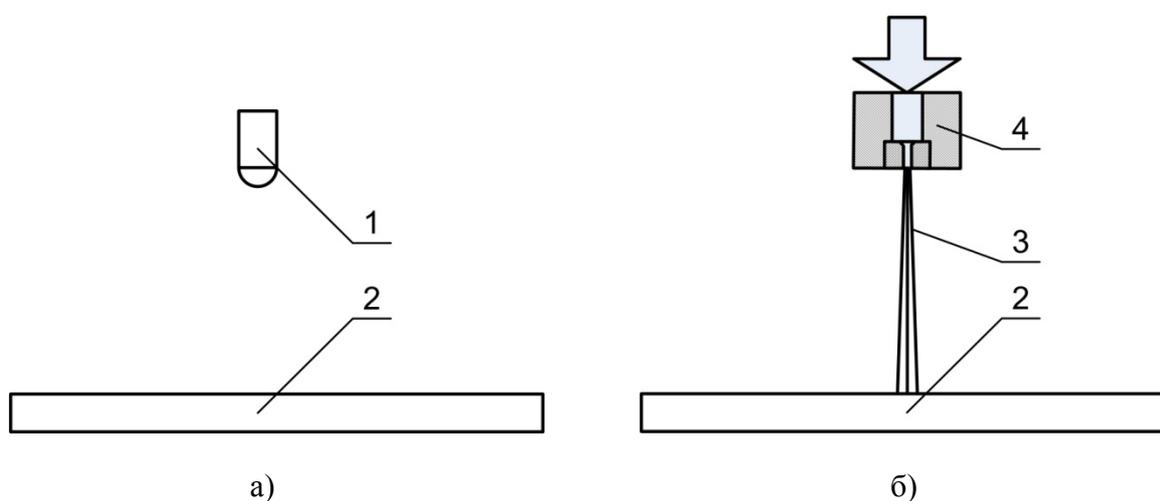
В МГТУ им. Н.Э. Баумана была предложена технология ультразвуковой диагностики (УСД) материалов и изделий общего машиностроения и ракетно-космической техники [1-4]. В результате проведенных исследований была теоретически обоснована и экспериментально подтверждена однозначная связь физико-механических характеристик поверхностного слоя материала объекта контроля с параметрами его гидроэрозионного разрушения ультразвуковой жидкостью. Этот факт позволяет путем анализа параметров гидроэрозионного разрушения поверхностного слоя материала получать информацию о его эксплуатационно-технологических и физико-механических характеристиках, в частности: поврежденности, твердости, напряженно-деформированном состоянии и др. Особое место этой технологии отводится этапу технологической подготовки производства и изучению некоторых параметров поверхностного слоя материалов.

Основываясь на полученных ранее результатах исследований возможностей УСД, было предложено использовать диагностический потенциал метода для оценки эксплуатационных свойств конструкционной композиционной керамики (ККК) [5-7]. Актуальность данного метода обусловлена отсутствием средств имитации высокоэнергетического воздействия на ККК в лабораторных условиях. До сих пор практически единственным достоверным методом оценки качества данной группы материалов является применение твердотельных ударников. Недостатком

данного традиционного подхода является ограничение его практической реализации, связанное с необходимостью наличия полигонных условий экспериментальной оценки эксплуатационных свойств, высокие стоимостные и временные затраты.

Несмотря на наличие ряда положительных результатов применения метода УСД ККК [7] остались нерешенными вопросы обеспечения идентичности микроструктуры материала в сравнении с традиционным методом (применение твердотельного ударника).

С целью оптимизации методики ультразвуковой диагностики ККК были проведены исследования по возможности использования высокоскоростной струи жидкости с включенными в ее состав микро частицами гранатового концентрата, например алмандина ($\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$), имеющего высокую твердость и режущую способность. Феноменологическое предположение состояло в том, что наличие граната в составе высокоскоростной жидкостной струи позволит обеспечить повышение уноса материала (эрозию, унос массы ККК), заметно уменьшит время разрушения ККК, обеспечит на поверхности наличие микро участков допрессовки разрушаемого образца вследствие высокоскоростного взаимодействия частиц гранатового концентрата с поверхностью образца по принципу «твердое тело - твердая поверхность». Таким образом, будет достигнуто соответствующее приближение к условиям и особенностям разрушения ККК, получаемым в результате применения твердотельного металлического ударника. Исключением является наличие на поверхности ККК микрочастиц ударника и очевидное их отсутствие после УСД.



1 – твердотельный ударник; 2 – керамическая пластина; 3 – высокоскоростная абразивно-жидкостная струя; 4 – сопло гидроструйной установки.

Рис. 1. Схемы воздействия на испытываемый образец а) высокоскоростным ударником, б) высокоскоростной абразивно-жидкостной струей

С целью проведения экспериментального исследования возможности УСД с применением гидроабразивной струи экспериментальным методом было изготовлено несколько образцов ККК на основе оксида алюминия. Затем была проведена её УСД [1-4] водяной и гидроабразивной струями (рис. 1 б), а также осуществлено высокоскоростное воздействие с помощью стального ударника (рис. 1 а). Причем параметры скорости струй и ударника были соизмеримыми и варьировались в диапазоне 700-800 м/с. С целью сохранения скоростных параметров концентрация была выбрана на уровне 50 граммов на 1 литр. Однако следует предположить, что данное значение является оптимизируемым и может варьироваться в достаточно широком диапазоне. Критерием оптимизации может быть картина морфологии разрушения, скорость разрушения и скорость ультразвуку, экономическая целесообразность и др.

В результате исследований были получены изображения сколов образцов ККК, представленные на рис. 2-4.

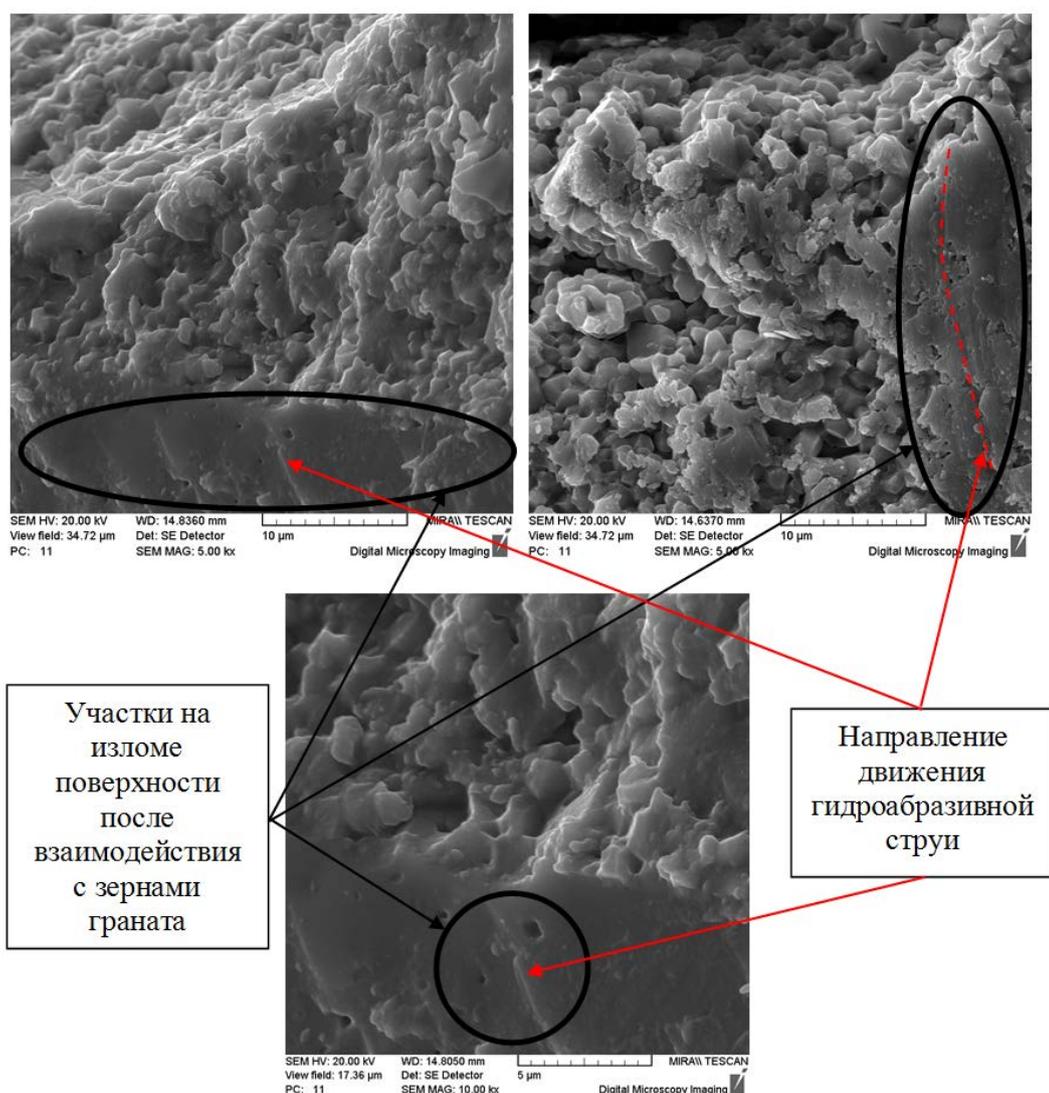


Рис. 2. Оксидная ККК после УСД гидроабразивной струей

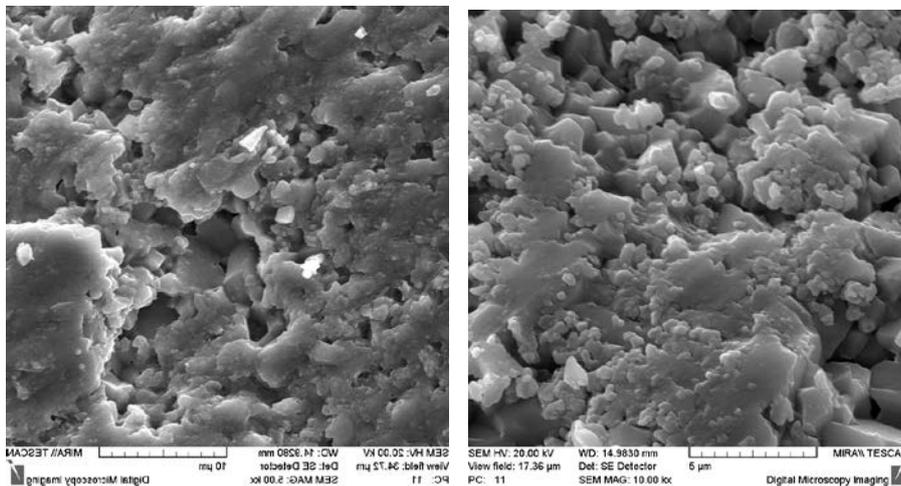


Рис. 3. Морфология места эрозии поверхности в результате УСД водяной струей

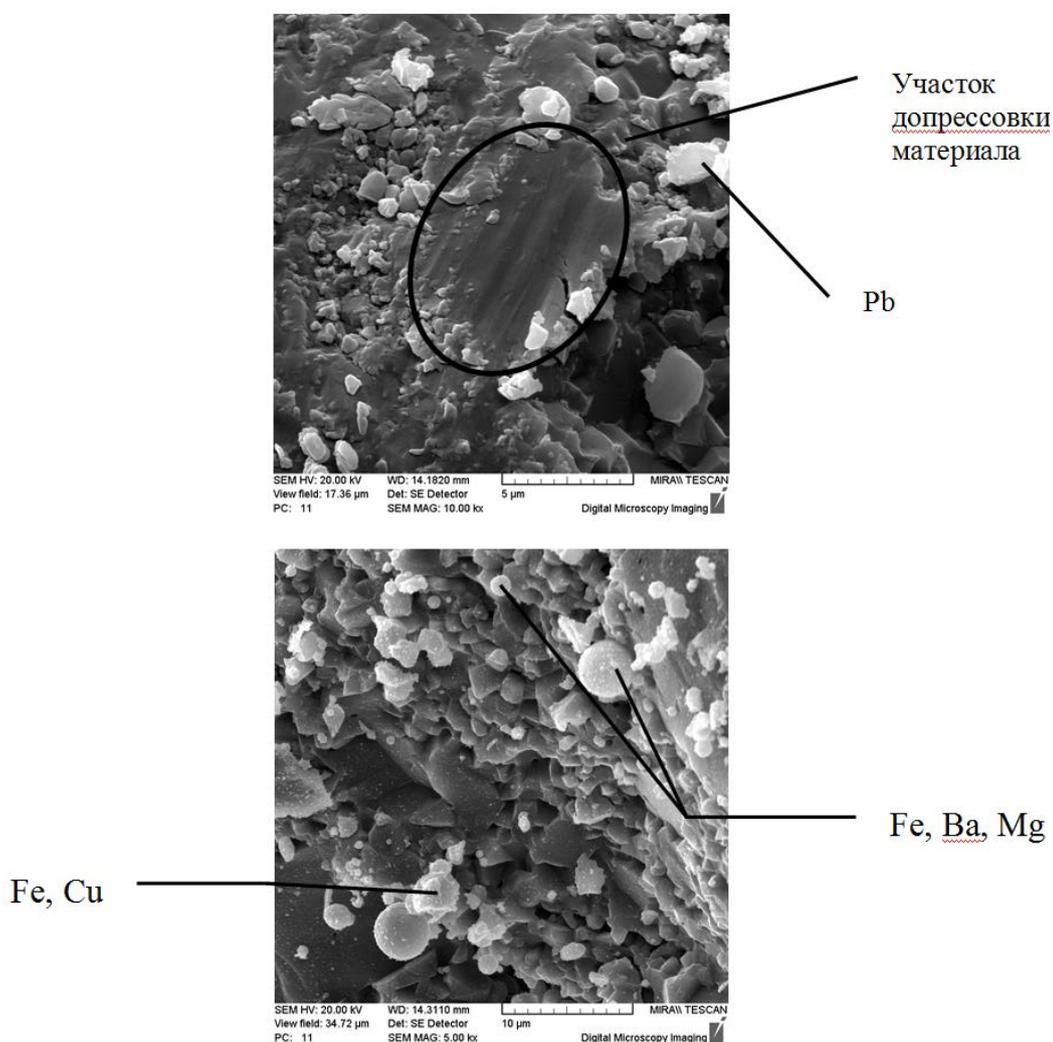


Рис. 4. Морфология скола ККК после высокоскоростного воздействия стального ударника

Полученные данные позволили установить, что описанное выше феноменологическое предположение было верным. При этом основной особенностью использования при УСД гидроабразивной струи взамен чисто водяной является наличие на поверхности участков

допрессовки ККК, которые отсутствуют на рис. 3 и представлены на рис.2. Для наглядности на рис. 5 представлены изображения образцов ККК, подвергнутых воздействию ударника и гидроабразивной струи. Помимо этого исследуемый образец ККК после воздействия гидроабразивной струи был разрезан полностью по всей толщине материала (10 мм), а образец, подвергнутый диагностическому воздействию чистой струей воды имел следы эрозии поверхностного слоя на глубину порядка 1-3 мм. Режимы работы гидротехнологического оборудования в обоих случаях были одинаковыми.

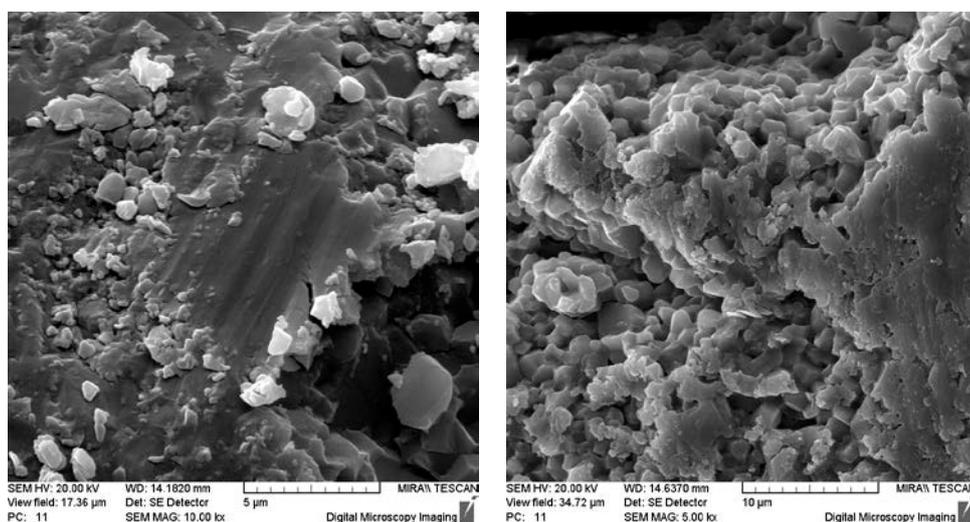


Рис. 5. Сопоставление морфологии поверхности ККК после использования ударника (слева) и гидроабразивной струи (справа)

Таким образом, можно сделать вывод, что применение в качестве средства УСД ККК гидроабразивной струи более перспективно в сравнении с водяной струей. При этом необходимо отметить, что технологическое оборудование, применяемое для УСД полностью адаптировано для обоих видов струй и не требует каких либо дополнительных модернизаций. При этом существует возможность включения в состав гидроабразивной струи частиц порошков металлов, которые традиционно используется в производстве стальных ударников, что, по всей вероятности, обеспечит полную идентичность морфологии поверхности в сравнении с поверхностью после воздействия ударника.

Важно подчеркнуть, что для динамических методов оценки эксплуатационных свойств ККК статические методы испытаний [8] не являются взаимозаменяющими и адекватными, поскольку, как было установлено, микроструктура поверхности после воздействия ударника и излома, полученного статическим методом, принципиально отличается. Этот факт в целом говорит о том, что традиционные прочностные характеристики ККК, полученные традиционными статическим методами испытаний образцов, нельзя использовать для оценки динамических свойств данной группы материалов. Неоднократно было отмечено, что образцы с высокими прочностными

характеристиками, установленными статическими методами, зачастую показывают неудовлетворительные результаты при поведении натурных испытаний. Одной из причин этого является высокоэнергетическая картина волновых возмущений, возникающая в объеме ККК при воздействии ультразвука или ударника и сравнительно отсутствующая при статической, например изгибной нагрузке.

Список литературы

1. Барзов А.А., Галиновский А.Л., Абашин М.И. Анализ физико-технологических особенностей ультразвуковой диагностики // Инженерный журнал: наука и инновации. 2012. № 11. Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/mathmodel/technic/421.html> (дата обращения 01.02.2014).
2. Абашин М.И., Барзов А.А., Галиновский А.Л., Шутеев В.А. Ультразвуковая экспресс-диагностика материалов и изделий машиностроения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 123. С.141-147.
3. Барзов А.А., Галиновский А.Л., Елагина О.Ю. Анализ возможностей применения ультразвукового диагностирования для обеспечения промышленной безопасности // Машиностроение и инженерное образование. 2010. № 1 (22). С. 9-15.
4. Барзов А.А., Галиновский А.Л. Технологии ультразвуковой обработки и диагностики материалов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 246 с.
5. Галиновский А.Л., Кузнецов И.Е., Сайфутдинов Р.Р., Проваторов А.С. Перспективы реализации гидротехнологий для обработки и диагностики конструкционной керамики и композиционных эластомеров // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Новые материалы и технологии-НМТ» (Москва, 16-18 ноября 2010 г.). Т 2. М.: ИЦ МАТИ, 2010. С. 65.
6. Барзов А.А., Галиновский А.Л., Жигарев Г.А., Муляр С.Г., Сайфутдинов Р.Р. Ультразвуковая экспресс диагностика конструкционной керамики // XIII Харитоновские чтения: сб: тезисов докладов. Саров, 2011. С. 288-290.
7. Судник Л.В., Галиновский А.Л., Колпаков В.И., Хафизов М.В., Муляр С.Г., Сайфутдинов Р.Р. Формирование и ультразвуковая диагностика спеченного материала из наноразмерного порошка бемита // Наноинженерия. 2013. № 1. С. 26-31.
8. Хрустов В.Р. Разработка и исследование керамик на основе нанопорошков оксидов алюминия, циркония и церия: дис. ... канд. тех. наук. Екатеринбург, 2010. 123 с.

Modernization of technology of composite constructional ceramics operational dynamic properties estimating by means of a hydroabrasive ultrastream

03, March 2014

DOI: 10.7463/0314.0701307

L.V. Sudnik¹, A.L. Galinovsky², V.I. Kolpakov², S.G. Mulyar², Mi.I. Abashin², A.S. Provatorov²¹Belarus, Minsk, Research Institute of Pulse Processes with Pilot Production²Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federationlsudnik@tut.bygalcomputer@mail.rukolpakov54@mail.rum_sergey@inbox.rutexhelp@list.rusanru41@rambler.ru

The article considers a possibility to use the ultrajet diagnostics methods for definition of ceramics operational characteristics at the stage of production. The ultrajet technology means a complex of processing methods or research of constructional materials, which are subjected to the high-speed compact stream of liquid. In particular, the article considers the test method of the constructional ceramics used as a means of an armored protection, which means the influence of an water ultrajet flowing out at high speed (800 m/s) from a nozzle with a diameter of 0,1 mm. By quantity of the ceramics, which has been taken away from a zone of ultrajet influence, the article draws conclusion concerning the operational properties of a studied sample of ceramics. Apart from a widely used method of ceramics shooting, this way allows us to obtain information on a studied armor without using special equipment (the ballistic stand). However, the goal of the offered way is to obtain information on operational characteristics of a sample at the stage of production, the subsequent tests using shooting thus are not excluded.

The possibility to use the ultrajet diagnostics methods as an addition to shooting is revealed from results of the experiments made with samples of ceramics after three types of tests such as shooting using a rigid drummer, ultrajet impact on a sample (including that of with using abrasive particles available in liquid), and static loading tests of samples. By results of each type of tests the misrostructure analysis of demolition zone of samples was carried out. The analysis has shown a similarity of a microstructure of dynamic influence zone on the samples subjected to shooting by the rigid drummer and an ultrajet

(including that of with available abrasive particles). Thus, at static tests the demolition zone was essentially different in microstructure from the samples under dynamic trials. So, the conclusion was drawn that the ultrajet diagnostics method is admissible for use in retrieving more information about a sample at the stage of production.

Publications with keywords: [test](#), [ultra-jet](#), [striker](#)

Publications with words: [test](#), [ultra-jet](#), [striker](#)

References

1. Barzov A.A., Galinovskiy A.L., Abashin M.I. [Physical processing features analysis of ultrajet diagnostics]. *Inzhenernyy vestnik MGTU im. N.E. Baumana - Engineering Herald of the Bauman MSTU*, 2012, no. 11. Available at: <http://engjournal.ru/catalog/mathmodel/technic/421.html> , accessed 01.02.2014. (in Russian).
2. Abashin M.I., Barzov A.A., Galinovskiy A.L., Shuteev V.A. Ul'trastruynaya ekspres-diagnostika materialov i izdeliy mashinostroeniya [Ultra-fluid jet express diagnostics of materials and engineering products]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU*, 2011, no. 123, pp.141-147. (in Russian).
3. Barzov A.A., Galinovskiy A.L., Elagina O.Yu. [Analysis of possibilities for ultrajet hydrodiagnosis using in ensuring the industrial safety]. *Mashinostroenie i inzhenernoe obrazovanie - Mechanical Industry and Engineering Education*, 2010, no. 1 (22), pp. 9-15. (in Russian).
4. Barzov A.A., Galinovskiy A.L. *Tekhnologii ul'trastruynoy obrabotki i diagnostiki materialov* [Technology of ultra-fluid jet processing and diagnostics of materials]. Bauman MSTU Publ., 2009. 246 p. (in Russian).
5. Galinovskiy A.L., Kuznetsov I.E., Sayfutdinov R.R., Provatorov A.S. [Prospects of realization of hydrotechnologies for processing and diagnostics of constructional ceramics and composite elastomers]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Novye materialy i tekhnologii-NMT"* [Proc. of the All-Russian Scientific and Technical Conference "New Materials and Technologies-NMT"], Moscow, 16-18 November 2010, vol. 2. Moscow, MATI Publishing Center, 2010, pp. 65. (in Russian).
6. Barzov A.A., Galinovskiy A.L., Zhigarev G.A., Mulyar S.G., Sayfutdinov R.R. [Ultrajet express diagnostics of constructional ceramics]. *13 Kharitonovskie chteniya: sb: tezisov dokladov* [13 Kharitonov's readings: theses], Sarov, 2011, pp. 288-290. (in Russian).
7. Sudnik L.V., Galinovskiy A.L., Kolpakov V.I., Khafizov M.V., Mulyar S.G., Sayfutdinov R.R. [Formation and ultra-fluid jet diagnostics of sintered material of nanosized powder boehmite]. *Nanoinzheneriya*, 2013, no. 1, pp. 26-31. (in Russian).
8. Khrustov V.R. Razrabotka i issledovanie keramik na osnove nanoporoshkov oksidov alyuminiya, tsirkoniya i tseriya. Kand. diss. [Development and research of ceramics on the basis of nano-powders of oxide of aluminum, zirconium and cerium. Cand. diss.]. Ekaterinburg, 2010. 123 c. (in Russian).

