

ISSN 2091-5527
№ 2/2025

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКНИСТО-ПОРИСТЫХ КОМПОЗИТОВ

Абед Н.С., Улмасов Т.У., Негматов С.С., Негматов Ж.Н., Туляганова В.С., Рузиева Б.Ю., Бозорбоев Ш.А., Шамсиева С.С.

ГУ «Фан ва тараккиёт» ТГТУ им. И.Каримова

В качестве второго типа наномодификаторов для исследований по улучшению акустических характеристик композитов были выбраны углеродные нанотрубки.

Обоснованность такого выбора может быть подкреплена общеизвестным фактом, что добавление углеродных нанотрубок (УНТ) в полимерные матрицы улучшает их механические, электрические и термические свойства.

Проанализированы принципы создания акустических композитов на основе нанотехнологий. В работе [1] изучено влияние слоистого силикатного наномодификатора (монтмориллонит) на динамические, механические и звукоизоляционные свойства нанокompозитов на основе эпоксидной смолы, используемой в составе многослойных шумопоглощающих структур. Показано, что введение в эпоксидную смолу 5% масс. нанонаполнителя в качестве функционального наполнителя позволяет повысить показатель потерь при прохождении (величину звукоизоляции) до 58 дБ, что на 36 дБ больше по сравнению с исходным образцом такой же толщины. Позже к практически аналогичным результатам пришли авторы работы [2], изучавшие влияние синтезированных золь-гель методом полых нанотрубок диоксида кремния на механические и акустические свойства эпоксидных нанокompозитов.

Постоянно растущие требования к экологической безопасности привело к использованию натуральных волокон, древесных опилок и другого сырья, полученного из биомассы. К числу таких компонент относятся растительные волокна и различные биодegradуемые натуральные линейные и разветвленные высокомолекулярные соединения (натуральный каучук, целлюлоза, полимеризующиеся смолы, крахмал, жидкость скорлупы орехов кешью, и т.д.). Результаты предшествующих исследований показали, что обеспечение высокого уровня акустических и эксплуатационных характеристик композитов, созданных на основе высокомолекулярных соединений природного происхождения и растительных волокон (биокомпозитов), возможно за счет сложного композиционного состава материалов.

В развитие неразрушающих методов исследования и контроля работоспособности композитов в работе [3] на примере W-Cu псевдосплавов предлагается использование взаимно-однозначного соответствия (ВОС) ряда физико-механических свойств (плотность g_i , скорость звука v_i , фазовый состав c_i , пористость p) компонентов и композитов. ВОС было установлено в рамках корпускулярно-волнового приближения (КВП) при решении задач по распространению ультразвука (УЗ) в 2- и 3-фазных композитах, в которых одной из фаз может быть пористость. Использование ВОС проводится с помощью компьютерной программы (КП) АКФ-МСК, предназначенной для акустического контроля физико-механических свойств любых композитов. КП позволяет решать как прямые задачи по определению фазового состава или/и пористости 2- и 3-фазных композитов, так и обратные: скорость УЗ в дисперсных частицах (микросферах) или волокнах армирующей фазы, кажущейся плотности в анизотропных композитах и др. Кроме этого, знание g_i , v_i , c_i , p позволяет определить спектр модулей упругости в зависимости от состава и/или пористости.

Анализ работы [4] Крока, позволяет отметить существование ВОС между 11 параметрами компонентов W, Cu и композитов на их основе: $3g_i + 3v_i + 3E_i + C_{Cu} + p$. Кроме этого, следует отметить приятную неожиданность предлагаемого метода – чувствительность к предыстории получения композитов. Действительно, просматривается определенная связь между распределением по размерам частиц исходного порошка W [3] и физико-механическими свойствами композитов: в данном случае модулей упругости от пористости, которая определяется гранулометрией частиц исходного порошка W. Получается, что объемная пористость – это своеобразная акупунктурная точка прочности сцепления (адгезии) фаз в композите и его потенциальных возможностей.

Результаты расчетов по КП состава и пористости W-Cu композитов по данным Яковкина [5] не дают повода сомневаться в работоспособности КП АКФ-МСК. Использование в расчетах продольных и поперечных скоростей УЗ привело к близким результатам как по составу, так и пористости

композитов, что свидетельствует об их объемной изотропии. Таким образом, к числу 11 параметров компонентов и 3-фазного композита, между которыми существует ВОС, можно добавить еще 6: $3v_i + 3G_i$, связанных с поперечными волнами.

Для демонстрации метода привлечены результаты известных работ по исследованию модулей упругости, измеренных статическим или динамическими (резонансный или импульсный) способами в зависимости от состава W-Cu композитов, изготовленных различными методами порошковой металлургии. Диапазон составов изменялся от чистого W до чистой Cu [3].

Исследования Ledbetter [6] позволили обнаружить по некоторым направлениям образца анизотропию, связанную, по мнению автора, с различной сплюснутостью частиц композита, которая не столь очевидна на приведенных микроструктурах. Использование КП позволило выявить более тонкие детали изменения ряда параметров исследуемого псевдосплава. Так, с помощью продольных волн вдоль его 3 ортогональных направлений и средней плотности $16,16 \text{ г/см}^3$ установлено незначительное снижение концентрации Cu (~26,5 - 27,0 об. %) и наличие пористости (1,9 - 2,2 %). Аналогичное применение поперечных волн дало возможность определить широкий диапазон изменения скоростей УЗ (2532 - 2749 м/с), который свидетельствует о больших вариациях состава (~22,0 - 29,9%) и пористости (0 - 3,9%). Использование поперечных скоростей УЗ позволяет более корректно судить о причинах анизотропии образца по некоторым его направлениям, тогда как применение для исследований средней плотности образца нивелирует этот эффект. Об этом, кстати, и говорят расчеты по КП для 3-фазного композита по усредненным плотности и скоростям УЗ (как продольным, так и поперечным), определенным из модулей упругости. В заключение, можно согласиться с мнением Ledbetter относительно влияния сплюснутости частиц (в основном Cu) на анизотропию образца и дополнить причинами, связанными с наличием неоднородности по различным направлениям пористости и/или состава.

Давно и хорошо известно, что качество конечного продукта из разнообразных композитов, получаемых различными методами, зависит от множества факторов. Среди них роль исходной granulometрии порошков, фазового состава смесей, применяемых режимов (по напряжению, температуре, времени выдержки и др.), приводящих к определенной

микроструктуре образца, трудно переоценить. Рассмотрим далее работы [7], в которых исследуется влияние различного сочетания отмеченных факторов.

Работа Безмянного [8] является богатым источником для разнообразного применения КП АКФ-МСК. Несмотря на множество факторов (исходный размер порошков Cu и W, фазовый состав заготовок, анизотропия скоростей УЗ, пористости и кажущейся плотности вдоль и поперек направления холодного прессования и т.д.) КП позволила установить в каждом конкретном случае ВОС 8 параметров компонентов и 3-фазных композитов. А установление анизотропии кажущейся плотности композитов разного состава вдоль и поперек направления прессования заслуживает особого внимания, поскольку «ставит крест» на использовании средней по объему плотности, которая вводит в заблуждение относительно величины и характера изменения всех свойств, зависящих в первую очередь от кажущейся плотности (как следствие анизотропии пористости).

В работах Крока [4, 9, 10] уже отмечалась роль влияния пары «гранулометрия – пористость» на модули упругости. Подчеркнем, что в нашей работе в полной мере учтено высказывание Безмянного [8] о роли пористости в композитах. К сожалению, в рассматриваемой работе [8] это мнение не нашло естественного продолжения.

В работе Roosta [7] основным переменным параметром в условиях горячего прессования (W- 0.2Cu) композита была температура. Расчет по КП позволил надежно установить, что при повышении температуры с 1250 до 1450°C, в композитах по не известной нам причине происходит изменение состава (28,7...22,4...17,5 об.%Cu) и пористости (6,65...7,0%) по сравнению с приведенными в [7] значениями: 20,0 и 0,78%, соответственно. Кроме этого, трудно объяснить характер изменения модулей упругости, твердости и прочности на изгиб изготовленных при разных температурах композитов.

Модули упругости для промежуточного положения оси волокна и направления распространения волны в композите определяются значением угла между отмеченными направлениями [11]. Переход от нелинейной зависимости $E_i(C_{Cu})$ (для порошка и поперек волокон) к линейной (вдоль волокон) обусловлен только приростом скорости УЗ в волокне для любого состава (плотности) композита (рис.1). То есть, природа использует волокна в качестве каналов для распространения волны (квазичастиц), что было связано с

акустическим эффектом каналирования [4,12-13]. Прочность однонаправленного композита вдоль волокон также подчиняется правилу смесей, что и привело к широкому использованию таких материалов в технике.

Таким образом, между исходными и расчетными параметрами (17 величин, среди которых 11 независимых) изотропных компонентов и композитов надежно установлено ВОС. Причем, для определения 1) пористости холоднопрессованного или спеченного материала, 2) состава 2-фазного компактного композита, 3) пористости и состава 3-фазного композита необходимо и достаточно измерение (определение) соответственно.

В анизотропных композитах (как было показано в [12-13, 14-15, 16, 17]) может изменяться даже одна из главных характеристик компонентов – скорость УЗ вдоль волокна, что приводит к существенным изменениям ряда свойств композитов от их состава (плотности). При хаотичном расположении волокон по отношению к направлению распространения волны определяемая скорость УЗ усредняется. Анизотропия свойств порошковых композитов может быть обусловлена как исходной гранулометрией частиц порошка, так и появляющейся неоднородности структуры зерен

и пор в результате холодного или горячего прессования.

Предлагаемый метод имеет в рамках ВОС параметров компонентов и композитов все возможности взаимопроверки (контроля) их расчета. Так, состав 2-фазного композита может быть проверен 5 способами, включающими раздельное измерение плотностей (для использования правила смесей) или одноименных скоростей УЗ (для применения КВП); совместное измерение плотностей и скоростей УЗ компонентов и почти компактного ($\rho = 0,1\%$) композита (для использования схемы расчета 3-фазного композита); применение эталонов; привлечение любого из компонентов в качестве источника падающей на поверхность композита волны (для возбуждения и использования проходящих или отраженных волн) [3].

В многочисленных примерах на W-Cu композитах разного состава показана реализация акустического метода, в котором необходимые параметры просто и точно измеряются с помощью существующих серийных приборов и аппаратуры. Это позволило надежно проверить состоятельность корпускулярно-волнового приближения для анализа 2- и 3-фазных композитов с разной структурой упрочняющей фазы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов. Киев: Наукова Думка, 1982, 286с.
2. Безмяный Ю.Г., Епифанцева Т.А., Козирацкий Е.А. и др. Использование ультразвука при обработке состава и свойств порошковых прессовок. Акустичний симпоз «Консонанс-2011».Київ. ІГМ НАНУ України, 2011, с.38-43.
3. Мясников А.М., Князев В.И., Панчев А.М. Возможности акустического метода исследований W-Cu композитов //Современные научные исследования и инновации. 2023. №1. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2023/01/99764> .
4. Krock R.H. Effect of Composition and Dispersed-phase Particle Size Distribution on the static Module of W-Cu Composite Materials. Proc. Am. Soc. Test. Mater. ASTM STP-63, v.63, 1963, p.605-612.
5. Ledbetter H.M., Naimon E.R. Elastic Properties of Metals and Alloys. II Copper. J. of Physics and Chem. Reference Data. v.3, n.4, 1984, p.897-935.
6. Чоба А.В., Пасичный В.В., Пилиповский Ю.Л. и др. Расчет теплофизических свойств W-Cu псевдосплавов. Порошковая металлургия (Киев), №8, 1984, с.50-54.
7. Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов. Киев: Наукова Думка, 1982, 286с.
8. Князев В.И. Акустический контроль физико-механических свойств композитов. Свидетельство России о гос регистрации в Реестре программ для ЭВМ №2008615672 от 27.11.2008;
9. Крок Р. Неорганические порошковые композиты. В кн. «Современные композиционные материалы» под ред. А.Браутмана и Р.Крока, пер. с англ. под ред. И.Л. Светлова, М., «Мир», 1970. 555с.
10. Roosta M., Baharvandi H., Abdizade H. An experimental investigation on the fabrication of W-Cu composite through hot-press. Intern. J. Ind. Chem. v.3, n.10, 2012, p.1-6.
11. Krock R.H. Some Comparisons between fiber-reinforced and continuous sceleton W-Cu composite materials. J. of Materials. v.1, n.2,1966, p.278.
12. McDanel D.L., Jech R.W., Weeton J.W. Analysis of stress-strain Behavior of W-fiber-reinforced Copper Composites. Transactions of the Met. Soc. of AIME, v.233, n.4, 1965, p.636.
13. Woo E.M., Seferis J.C. Thermal sonic Analysis of polymer Matrices and Composites. J. of Composite Materials. v.21, 1987, p.262.
14. Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Сапожникова А.Б. и др. Композиционные материалы в технике. Киев. Техника,1985, 152с.
15. Ledbetter H., Datta S. Elastic Constants of a Tungsten – Particle Copper – Matrices Composite. J.S.M.E. Int. J. Ser.1, v.34, n.2, 1991, p.194-197.
16. Яковкин В.Н. Упругие свойства прессованных вольфрам-медных композитов. Проблемы прочности, №2, 1986, с. 104-110.

6. Проблемные обзоры

Абед Н.С., Негматов С.С., Улмасов Т.У., Негматов Ж.Н., Туляганова В.С., Рузиева Б.Ю., Хаминов Б.Т., Бозорбоев Ш.А., Шамсиева С.С. Современное состояние и анализ акустических композиционных полимерных материалов, применяемых в различных отраслях промышленности	160
Эминов А.М., Хокимов А.Э., Кадирова З.Р., Худайназаров Ф.С., Турдикулов И.Э. Перспективы применение нефтяных шламов в производстве керамических строительных материалов	164
Улмасов Т.У., Абед Н.С., Негматов С.С., Негматов Ж.Н., Хаминов Б.Т., Туляганова В.С., Рузиева Б.Ю., Бозорбоев Ш.А., Шамсиева С.С. Актуальность создания акустических композиционных материалов с применением нанодисперсных модификаторов	168
Юлдашов Д.Я., Юсупбеков А.Х., Зубков Д.Г., Шамсиева С.С. Особенности состава тонкодисперсных шунгитовых порошков	171
Safarov A.R., Bozorov A.N., Ibragimov A.V. Bir o'lchamli Zn(II) koordinatsion polimerida azot molekularining adsorbsiyalanish jarayonini o'rganish	173
Каримов Ш.А., Шакиров Ш.М., Мирзарахимова З.Б. Способы переработки изношенных шин	176
Кадиров С.У., Дадаходжаев А.Т. Производство железоксидного пигмента из отработанных среднетемпературных катализаторов	179
Inomova D.X., Yunusxodjayeva X.M. Insonning tana tuzilishi xususiyatlarini inobatga olib kiyimning konstruktiv-kompozitsion yechimini takomillashtirish	181
Pardayev O.T., Kenjayev N.N., Abdurakhmonov E.B. Kaolin gilidan olingan y-tipli zeolitning rentgen difraksiya tahlili	185
Максудходжаева М.С. Комплексное использование промпродуктов переработки клинкера техногенного сырья цинкового производства	188
Sherbutayeva D.D., Azizova X.M. Sorbsiya usuli orqali sanoat sharoitida renydan AP-00 ammoniy perrenat olish texnologiyasi	191
Yunusxodjayeva N.D., Mirtolipova N.X., Yunusxodjayeva X.M. Ayollar ustki kiyimlarida transformatsiya elementlarini qo'llanilishi va iqlimga mos konstruktiv-dekorativ yechimlarini ishlab chiqish	195
Kenjayev N.N., Pardayev O.T., Abdurakhmonov E.B. Skanerli elektron mikroskopiya (SEM) kaolin gilidan sintez qilingan y zeolitning tahlili	198
Садикова Н.К., Амонов М.Р. Изучение очистки сточных вод нефтеперерабатывающих производств комбинированным способом	201
Abdulahobova S.A., Mirtalipova N.X., Kamilova H.H. Ekstremal sovuq iqlim uchun mo'ljallangan maxsus kiyim paketini takomillashtirish	205
Panjiyev O., Negmatov S., Abed N., Talipov N. Rheological and mechanical properties of microsilica composite grouting materials for soil wall stabilization in oil well casing	209
Абед Н.С., Негматов С.С., Абдукахаров А.А., Туляганова В.С., Касымов Ш.Б., Джабаров Б.Т., Мурадов И.И., Эргашев Н.Э., Хайдаров И.Ю., Курбанов У.М., Бозорбоев Ш.А. Выбор полимеров и органоминеральных наполнителей и методика получения композиционных материалов с высокими электрофизическими и триботехническими свойствами	212
Negmatov S., Panjiyev O., Talipov N., Abed N. Investigation of the physico-mechanical properties of cement-microsilica compositions based on inorganic ingredients for soil wall stabilization in gas wells	215

7. Вести из лаборатории

Абед Н.С., Улмасов Т.У., Негматов С.С., Негматов Ж.Н., Туляганова В.С., Рузиева Б.Ю., Бозорбоев Ш.А., Шамсиева С.С. Изучение и анализ органоминеральных компонентов, применяемых для улучшения акустических характеристик волокнисто-пористых композитов	219
Абед Н.С., Негматов С.С., Касымов Ш.Б., Туляганова В.С., Мурадов И.И., Джаббаров Б.Т., Эргашев Н.Э., Шамсиева С.С., Хайдаров И.Ю., Курбанов У.М., Бозорбоев Ш.А., Абдукахаров А.А. Перспективы создания композиционных полимерных материалов и покрытий с электропроводящими структурами и высокими триботехническими и механическими характеристиками	222
Xolmirzayev N.B., Turaxodjayev N.D., To'rayev A.N., Toshmatova Sh.T., Nurdinov Z.B., Nazarova N.T. Po'lat qotishmalaridan quymalar olishda nometall qo'shimchalarni kamaytirish ustida olib borilgan tadqiqotlar tahlili	224
Muxtorov S.A. Mahalliy va ikkilamchi xom-ashyolardan, issiqlikka chidamli, yuqori xromli cho'yanlar olishning amaliy istiqbollari	226
Yakubov M.M., Jumayeva X.Y., Yakubov O.M., Maksudxo'jayeva M.S., Suzeva S.N. "Yoshlik 1" karyerini mis porfir rudasini flotatsiya qilish jarayoni uchun tog'jinlarini hosil qiluvchi minerallarning selektiv yig'uvchi reagentini va depressorini tanlash	228