



ИЗМЕРЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТОДОМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР

MEASUREMENT OF MECHANICAL PROPERTIES USING INSTRUMENTAL INDENTATION METHOD IN A LARGE TEMPERATURE RANGE

А.С.Усеинов*, к.ф.-м.н., первый зам. директора по науч. раб. ФГБНУ ТИСЧУМ, (ORCID: 0000-0002-9937-0954), Троицк, Россия, К.С.Кравчук*, к.ф.-м.н., науч. сотр., (ORCID:0000-0002-9956-9939), Троицк, Россия, Е.В.Гладких*, мл. науч. сотр., (ORCID 0000-0001-8273-3934), Троицк, Россия, С.В.Прокудин*, мл. науч. сотр., (ORCID: 0000-0002-6331-8919), Троицк, Россия / useinov@mail.ru

A.S.Useinov*, Cand. of Sci. (Physics and Mathematics), First Deputy Director of FSBI TISNCM, (ORCID: 0000-0002-9937-0954), Troitsk, Russia, K.S.Kravchuk*, Cand. of Sci. (Physics and Mathematics), Researcher, Troitsk, Russia, Ye.V.Gladkih*, Junior Researcher, Troitsk, Russia, S.V.Prokudin*, Junior Researcher, Troitsk, Russia

DOI: 10.22184/1993-8578.2021.14.2.108.116

Получено: 29.03.2021 г.

В данной работе приведен обзор решений для исследования физико-механических свойств материалов методом инструментального индентирования в диапазоне температур от -60 до $+450^{\circ}\text{C}$ с помощью нанотвердомеров серии "НаноСкан-4D". Актуальность данного обзора неоспорима, поскольку перед большинством специалистов-материаловедов встает задача изучения поведения материалов в расширенных эксплуатационных условиях. Рассмотрены особенности конструкции дополнительных модулей, используемых для измерений твердости в условиях с переменной температурой, приведены преимущества и ограничения рассмотренных конфигураций. Особое внимание уделено сравнению измерительных систем, в которых поддерживается равная температура на образце и приборе, с установками, в которых происходит нагревание только образца. Даны примеры исследований широкого круга материалов в различных температурных диапазонах. В том числе приведена зависимость твердости алюмоматричных композиционных материалов в диапазоне температур от 20 до 350°C .

This paper presents a review of solutions for studying the physical and mechanical properties of materials by instrumental indentation method in a temperature region from -60 to $+450^{\circ}\text{C}$ using "NanoScan-4D" series of hardness meters. Scientific timeliness is beyond dispute because the majority of professionals in materials science are trying to solve the problem of behavior of the materials in expanded conditions of operation. Reviewed are the peculiarities of additional modules used for measuring hardness at alternating temperature conditions and indicated the advantages and limits of the considered configurations. A special effort is made to comparison of measurement systems where uniform temperature is maintained both in a sample and instrument with the devices where a sample is heated only. Introduced are the examples of a wide range of materials studied in various temperature ranges. Besides, the temperature dependence of aluminium matrix composite materials hardness in the range from 20 to 350°C has been presented.

* Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов" ФГБНУ ТИСЧУМ, 108840, город Москва, город Троицк, улица Центральная, дом 7а / Federal State Budgetary Institution "Technological Institute of Superhard and Novel Carbon Materials" FSBI TISNCM, Moscow, Troitsk city, Tsentralnaya Str., 7A.



ВВЕДЕНИЕ

Инструментальное наноиндентирование в настоящее время является одним из самых популярных неразрушающих методов определения механических свойств любых материалов. Его большой успех объясняется простотой в использовании по сравнению с обычными испытаниями на растяжение или сжатие, которые требуют тщательно обработанных образцов и гораздо большего количества тестируемого материала [1]. Одной из причин популярности нанотвердомеров является их способность выполнять автоматический сбор и анализ данных: после установки образца и задания программы испытаний пользователь получает статистически обработанные данные, собранные с большой площади и полученные за достаточно короткое время.

Известно, что механические свойства многих материалов сильно зависят от температуры. Поэтому свойства покрытий и объемных материалов для высокотемпературных применений должны изучаться при температурах, максимально приближенных к условиям эксплуатации.

Это делает наноиндентирование при контролируемой температуре актуальным методом для промышленных приложений, поскольку в явной форме демонстрирует поведение материалов при рабочих температурах и условиях. С научной точки зрения, наноиндентирование с контролируемой температурой представляет интерес, поскольку небольшой объем вовлеченного во взаимодействие материала

позволяет гораздо более точно выбирать интересные микроструктурные образования в материале, которые исследуются данным методом. Это позволяет изучать кинетические аспекты физики материалов по-новому и в материалах, исследование которых с использованием обычных методов было бы невозможно.

С технической точки зрения высокотемпературное наноиндентирование получило значительное развитие именно в два последних десятилетия. Существенный прогресс наблюдается как в используемых материалах, из которых изготовлены элементы нагревателей и корпуса нагревательных устройств, так и в выборе материала индентора в зависимости от конкретной рабочей среды. Однако, основной проблемой измерений при повышенных или пониженных температурах является наличие температурных градиентов в конструкции прибора либо в области контакта образца и индентора, приводящих к температурным дрейфам, которые, в свою очередь, существенно искажают результаты измерений и делают невозможными количественные измерения.

Для уменьшения приборного термодрейфа используют материалы с малым или почти нулевым коэффициентом температурного расширения, а также так компонуют измерительную систему, чтобы относительные терморасширения конструкции компенсировали друг друга, сохраняя область контакта индентора с образцом в зоне нулевого смещения.

INTRODUCTION

Nowadays, instrumental nanoindentation is one of the most popular nondestructive methods to determine mechanical properties of any materials. The great success of this method can be explained by ease of use in comparison with usual tension and compression tests which require thoroughly treated samples and large quantity of the materials to be tested [1]. One of the reasons of popularity of nanohardness testers is the possibility to automatically collect and analyse data. After installing a sample and choosing the test software the user will obtain statistically processed data collected from

a large area in a definitely short period of time.

It is well-known that mechanical properties of many materials are strongly dependent on temperature. Therefore, the coatings and bulky materials properties for high-temperature applications should be studied at the temperatures most closely approximated to the operating conditions.

It makes nanoindentation at controlled temperature to be a relevant method for industrial applications because of the explicit form to demonstrate behavior of materials at operating temperatures and conditions. From the scientific point of view, nanoindentation at controlled

temperature is interesting because a small quantity of materials allows of choosing microstructural formations of interest in the material studied by this method with higher accuracy. It allows of studying kinetic aspects of physics of the materials by a new method and in the materials wherein the use of conventional methods would be impossible.

From technical viewpoint, the high-temperature nanoindentation has developed especially in last two decades. The essential progress is in both the materials used for making heater elements and casings of heating devices and in the indenter materials, depending on the specific working medium.

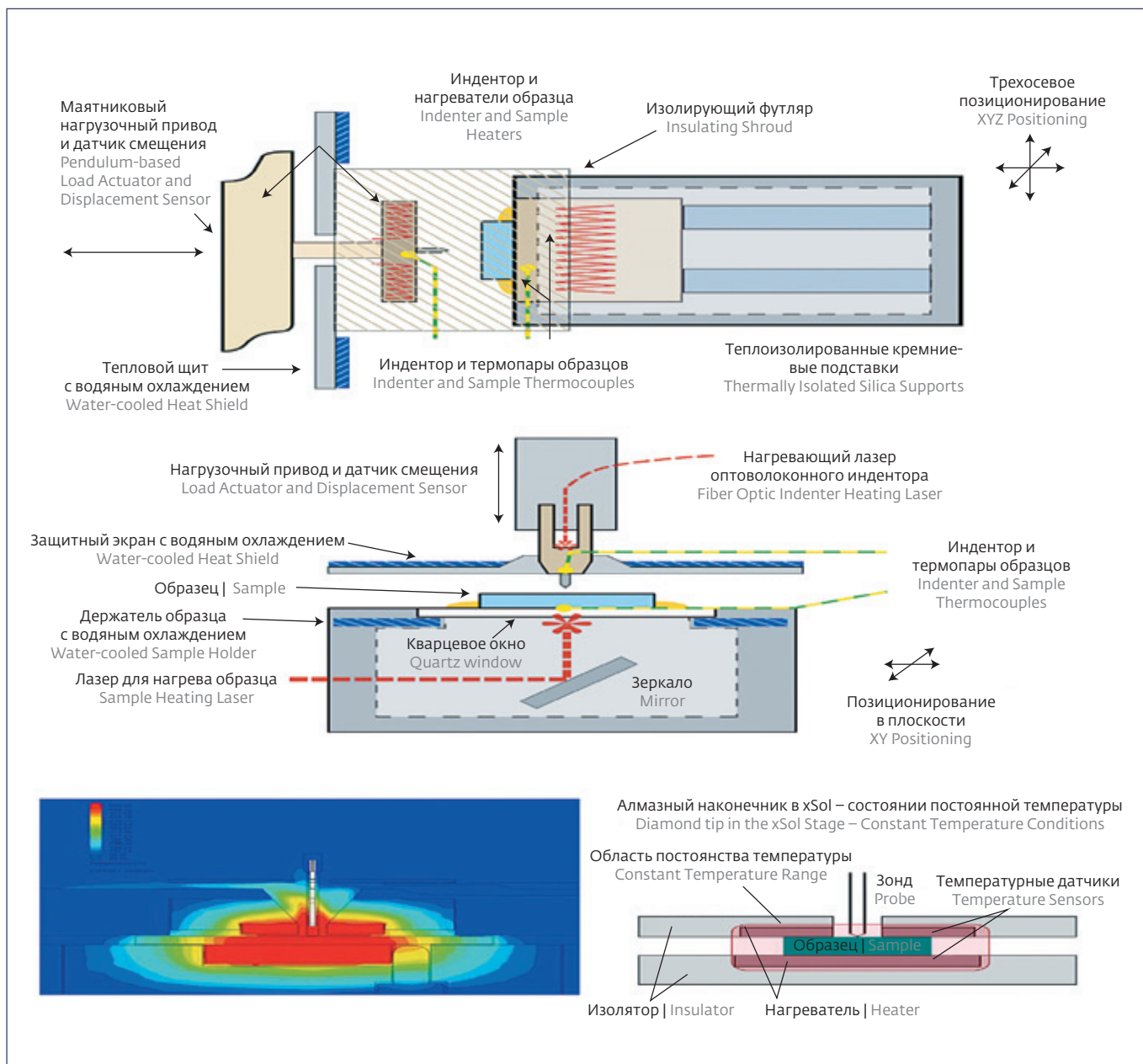


Рис.1. Схематическое изображение систем нагрева образца и индентора: a – MicroMaterials; b – Keysight; c – Brucker [1]
Fig.1. Schematic view of a sample and indenter heating system: a – MicroMaterials; b – Keysight; c – Brucker [1]

Температурные перепады в области контакта можно минимизировать специальной конструкцией нагревателя, делая так, чтобы образец и индентор имели одинаковую температуру в процессе индентирования. Различные производители приборов решают данную проблему по-своему (рис.1). Одним из решений является синхронный нагрев индентора и образца независимыми электрическими (рис.1a) или лазерными (рис.1b) нагревателями. Второй подход – создание системы нагревателей, формирующих равномерно прогретый

объем, в котором находится образец и индентор (рис.1c).

Оба этих подхода позволяют построить систему, характеризующуюся минимальными температурными дрейфами и приборными шумами. В серийном оборудовании с алмазными инденторами сегодня доступен диапазон температур нагрева образцов до 500°C. При этом сохраняется ограничение на исследование железосодержащих композиций из-за опасности разрушения индентора за счет образования карбида при взаимодействии углерода с железом.



ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРИБОРАХ "НаноСкан"

Отечественные нанотвердомеры "НаноСкан" – это серия приборов, предназначенных для измерения физико-механических свойств материалов на микрометровых и нанометровых масштабах линейных размеров (рис.2). В основе модельного ряда приборов семейства "НаноСкан" лежит модульный принцип. Базовый модуль приборов серии "НаноСкан-4D" позволяет производить измерение механических свойств методом инструментального индентирования в соответствии с рекомендациями стандартов ISO 14577 и ГОСТ Р 8.748-2011 в широком диапазоне нагрузок [2–4].

В зависимости от размера выбранной платформы прибор может содержать один, два или три измерительных модуля. В качестве дополнительных модулей могут использоваться оптический микроскоп, оптический конфокальный профилометр, модуль сканирующего зондового микроскопа или модуль микротвердомера Виккерса. Нанотвердомер модели "НаноСкан-4D" внесен в Государственный реестр средств измерений (свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.28.002.A № 63952). Сканирующий зондовый микроскоп-нанотвердомер модели "НаноСкан-3D" внесен в Государственный реестр средств измерений (свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.27.004.A № 36630/1).

В зависимости от модели прибора "НаноСкан-4D", на него могут устанавливаться дополнительные узлы, такие как датчик латеральной нагрузки, предметный столик с нагревом образцов и др.



Рис.2. Общий вид нанотвердомера "НаноСкан-4D" модели "Стандарт"

Fig.2. General view of a "NanoScan-4D" standard model

В приборах серии "НаноСкан-4D" используется несколько подходов к проведению измерений механических свойств с вариацией температуры.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

Компактная модель прибора "НаноСкан-4D" может быть установлена целиком в климатическую камеру типа "тепло-холод-влажность". Конструкция прибора отличается высочайшей надежностью и может работать в диапазоне температур от -60 до $+100$ °C. Управляющая рабочая станция и блок электронного

However, the main problem of measurements at high or low temperatures is temperature gradients within devices or in sample-indenter contact area that lead to temperature drifts which are significantly distorting the results and make the quantitative measurements impossible.

To reduce the temperature drift, use is made of the materials characterised by a small or almost zero thermal expansion coefficient, also, the measurement system is configured so that the relative thermal expansions of the construction compensate each other while preserving the indenter contact area with

th sample in the zero displacement zone.

Temperature differences in a contact area can be minimized by special design of a heater when a sample and an indenter have the same temperature during the indenting process. This problem is solved in the various way by different manufacturers (Fig.1). One of the solutions is a synchronous heating of the indenter and a sample by independent electrical (Fig.1a) and laser (Fig.1b) heaters. The second way is to create a heater systems so as to create a uniformly heated volume where a sample and indenter are located (Fig.1c).

Both ways allow of making a system with minimum temperature drifts and instrumental noise. Serial instruments equipped with diamond indenters have sample heating temperature range up to 500 °C. However, a study of iron-contained compositions has a limit connected with a danger of indenter destruction because of carbide formation at the interaction of carbon and iron.

VARIANTS OF TEMPERATURE MEASUREMENT METHODS USING "NanoScan"

Domestic nanohardness testers "NanoScan" are serial devices intended for measurements of the

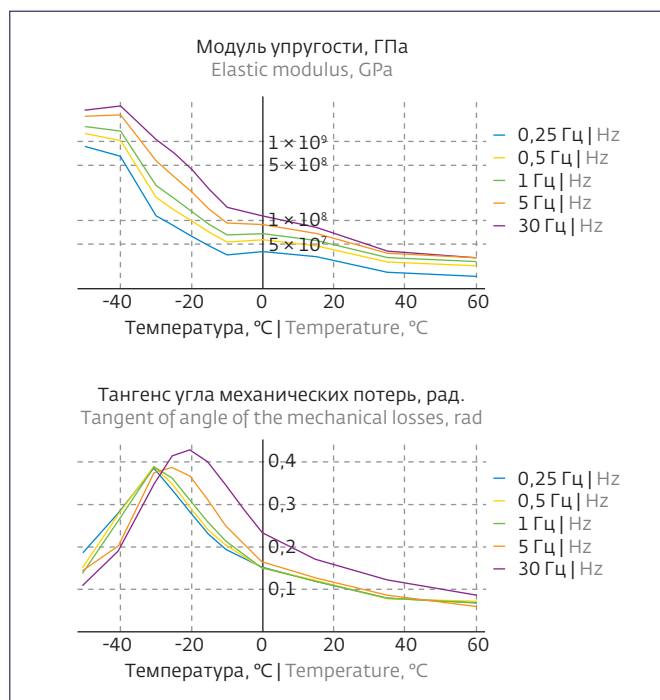


Рис.3. Результаты испытаний резины автомобильных шин, подвергшихся значительному износу

Fig.3. Test results of the worn-out automobile tires rubber

управления прибором располагается снаружи на рабочем столе, несущая рама с модулем индентирования помещается внутри камеры.

Преимущество такого подхода заключается в том, что он позволяет исследовать образцы достаточно большого размера (до 100×100×50 мм). В качестве

physical and mechanical properties of materials in linear micro- and nanometer length scale (Fig.2). "NanoScan" serial devices have a module concept. The basic module of "NanoScan" series measures mechanical properties by instrumental indentation method according to recommendations of ISO 14577 and GOST P 8.748-2011 standards in the wide range of loads [2-4].

A device may have one, two or three measuring modules depending on dimensions of chosen platform. Moreover, available are the additional modules such as optical microscope, optical confocal profilometer, scanning probe microscope

module or Vickers micro-hardness tester. A model of "NanoScan-4D" nanohardness tester is listed in the National Register of Measuring Equipment (see the Certificate of Attendance of Measuring Equipment RU.C.28.002.A No. 63952). A scanning probe microscope – nanohardness tester is listed in the National Register of Measuring Equipment (see the Pattern Approval Certificate Measuring Instruments RU.C.27.004.A No. 36630/1).

Depending on "NanoScan-4D" model, it may be equipped with additional modules such as lateral loading detector, specimen stage with heating of samples, etc.

примера получаемых результатов на рис.4 приведены данные по испытаниям резины автомобильных шин, подвергавшихся значительному износу. В диапазоне температур от -60 до +60 °С были измерены действительная и мнимая части комплексного модуля упругости и тангенс угла механических потерь в диапазоне частот от 0,1 до 50 Гц [5, 6].

ВСТРАИВАЕМЫЙ ПРЕДМЕТНЫЙ СТОЛИК НА ЭЛЕМЕНТАХ ПЕЛЬТЬЕ

Принципиальная схема такого решения приведена на рис.5 [7]. Преимуществом использования элемента Пельтье является низкая инерционность процессов нагрева и охлаждения и, соответственно, быстрый выход на заданный режим.

Недостатком конструкции является малый размер образца для исследований, а также относительно узкий температурный диапазон – от 2 до 60°С. Для исследований с помощью такого модуля хорошо подходят полимерные материалы – поликарбонат, сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) и подобные им.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПРЕДМЕТНЫЙ СТОЛИК

Еще одним решением, существенно расширяющим функциональные возможности приборов серии "NanoScan-4D", является встраиваемый высокотемпературный предметный столик для нагрева образцов (рис.6). Данное устройство предназначено для работы с относительно небольшими образцами (не более 15×15×5 мм) в диапазоне температур от комнатной до +450 °С. Конструкция имеет

"NanoScan-4D" series makes use of several approaches to measure the mechanical properties at various temperatures.

USAGE OF A CLIMATE CHAMBER

A compact "NanoScan-4D" model can be installed as a unit into the "heat-cold-moisture" climate chamber. This model is highly reliable and can be operated in a temperature range from -60 to +100 °C. A control workstation and an electronic control unit are placed outside on the working desk, and a carrying frame with an indenter module is placed inside the chamber.

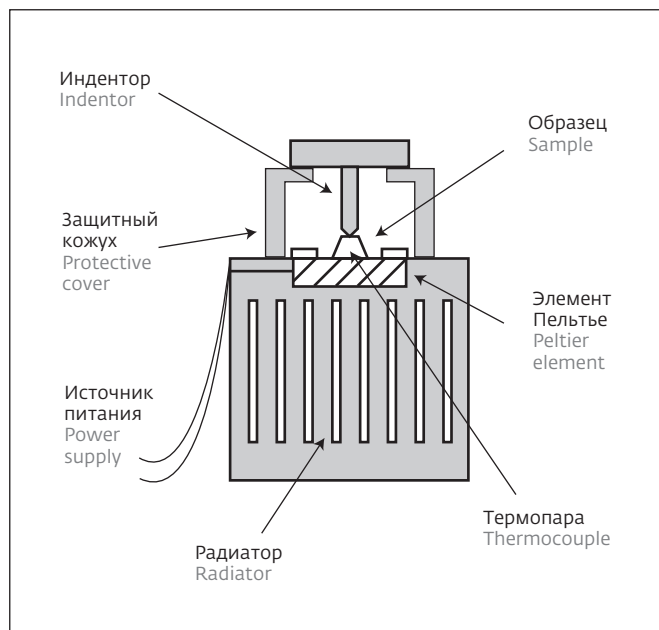


Рис.4. Принципиальная схема предметного столика с контролем температуры с помощью элемента Пельтье, помещаемого в прибор "НаноСкан-4D"

Fig.4. Principle diagram of a specimen stage with temperature control using Peltier elements placed inside the "NanoScan-4D"

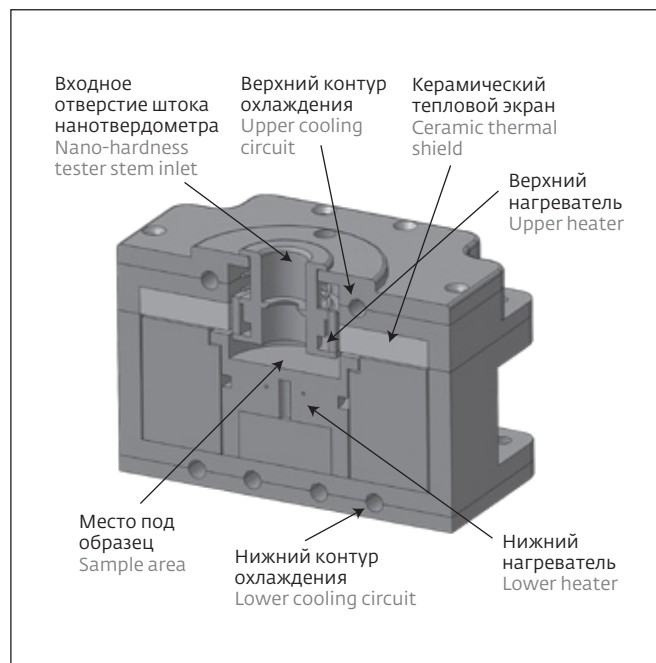


Рис.5. Принципиальная конструкция высокотемпературного предметного столика "НаноСкан-4D"

Fig.5. Principle design of a high-temperature specimen stage for "NanoScan-4D"

в составе два нагревателя, верхний и нижний, обеспечивающих равномерный прогрев рабочего объема камеры, в которой находятся исследуемый образец и индентор.

Использование специального керамического нагревателя, теплового экрана, двухсторонней

системы водяного охлаждения и прецизионной системы терморегулирования позволило минимизировать температурные дрейфы в процессе измерений. На рис.7 приведен график температурного дрейфа, измеренного при индентировании образца плавленого кварца с нагрузкой 50 мН при

The advantage of that approach is a possibility to measure samples of a significantly larger scale (up to 100×100×50 mm). As an example, Fig.4 indicates testing data of rather worn out automobile tires. The real and supposed parts of a complex elastic module and tangent of mechanical losses in the frequency range from 0.1 to 50 Hz [5, 6] have been measured in the temperature range from -60 to +60 °C.

BUILT-IN SPECIMEN STAGE WITH PELTIER ELEMENTS

A principle diagram of such design is indicated in Fig.5 [7]. The advantage of Peltier elements usage is a

low response to heating and cooling processes, and, accordingly, a fast stabilisation of the operation mode. The disadvantage of this design is a small size of a study sample and relatively narrow temperature range (from 2 to 60°C). This module can be used to study polymer materials, for example, polycarbonate, ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE) and there analogies.

HIGH-TEMPERATURE SPECIMEN STAGE

One more solution to enlarge operation possibilities of "NanoScan-4D" serial devices is a built-in high-temperature specimen stage to

heat samples (Fig.6). This device is intended to operate with the relatively small samples (no more than 15×15×5 mm in size) in the temperature range from 20 to +450 °C. The device has the upper and lower heaters that provide the uniform heating up of the working chamber volume where the study sample and indenter are placed.

A special ceramic heater, thermal shield, double-sided water cooling system and precision thermal controlled system make it possible to minimize temperature drifts during the measurements. Figure 7 shows the temperature drift diagram measured at melted quartz sample

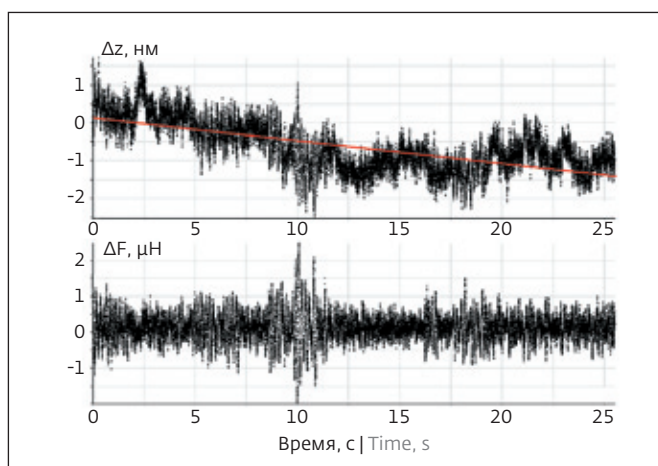


Рис.6. Температурный дрейф смещения индентора dz , измеренный во время поддержания нагрузки 50 мН на плавленом кварце при температуре 400 °С

Fig.6. Thermal drift of indenter dz measured while maintaining 50 mN load on melted quartz at 400 °С

температуре 400 °С. После термостабилизации предметного столика термодрейф во время контакта индентора с образцом не превышает 0,06 нм/с при поддержании постоянной нагрузки на индентор с точностью $dF=1$ мкН.

В качестве примера использования данного модуля можно привести зависимость твердости наноструктурных алюмоматричных композиционных материалов от температуры: испытания № 1 – вдоль оси экструзии, № 2 – поперек оси экструзии [8]. Измерение твердости производилось методом инструментального

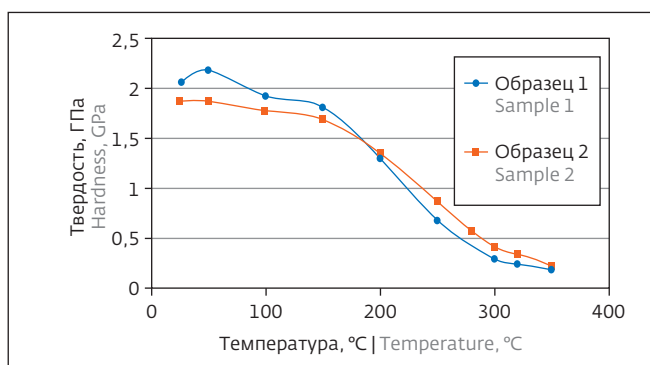


Рис.7. Зависимость твердости наноструктурных алюмоматричных композиционных материалов от температуры испытания № 1 – вдоль оси экструзии, № 2 – поперек оси экструзии [8]

Fig.7. Temperature dependence of nanostructured aluminium composite materials hardness versus test temperature, No. 1 – along the extrusion axis, No. 2 – in perpendicular direction to the extrusion axis [8]

индентирования в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 8.748-2011 (ISO 14577-1:2002).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе приведен обзор технических решений, применяемых для исследования физико-механических свойств материалов методом инструментального индентирования в диапазоне температур от -60 до +450 °С с помощью нанотвердомеров серии "НаноСкан-4D". В зависимости от конкретных задач, существует широкий выбор модулей (см. табл.1).

indenting loaded with 50 mN at a temperature of 400 °С. After thermal stabilization of a specimen stage, a thermal drift during a contact between a sample and the indenter does not exceed 0.06 nm/sec at constant loading of the indenter with an accuracy of $dF=1$ μN.

As an example how this module is used, it is possible to demonstrate a dependence of the hardness of nanostructured aluminium matrix composite materials versus temperature: test No.1 – along the extrusion axis, test No.2 – in the perpendicular direction to the extrusion axis [8]. Measurements of hardness were

performed by the instrumental indentation method according to recommendations of GOST P 8.748-2011 (ISO 14577-1:2002).

CONCLUSIONS

This paper presents a review of the technical solutions which can be applied for measuring physical and mechanical properties of the materials by the instrumental indentation method in temperature range from -60 to +450 °С using "NanoScan-4D" series nanohardness instruments. There is a wide choice of the instrument modules depending on specific tasks to be accomplished (see Table 1).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to Mr Reshetov V.N. for the active participation in discussion of a design and methods to carrying up the high-temperature measurements using "NanoScan" serial devices. The research was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of Russian Federation in a frame of National Assignment for FSBI TISNCM. ■

Declaration of Competing Interest. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

19 - я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

ChipEXPO-2021

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

14-16.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

СКОЛКОВО



ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
 - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878)
 - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109)
 - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Стартапы в электронике
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



РОСЭЛ



ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО» Москва, 121351, ул. Ярцевская, д.4. Тел.: +7 (495) 221-50-15
E-mail: info@chipexpo.ru <http://www.chipexpo.ru>



Таблица 1. Обзор решений "НаноСкан" для исследования механических свойств в широком интервале температур
Table 1. Review of "NanoScan" solutions to measure the mechanical properties in a wide temperature range

Предлагаемое решение Proposed solution	Условия исследований Conditions of study	
Климатическая камера Proposed solution	Диапазон температур: от –60 до +100 °С Temperature region: from –60 to +100 °С	Размер образца: 100×100×50 мм Sample size: 100×100×50 mm
Столик на элементе Пельтье Stage with Peltier elements	Диапазон температур: от 2 до +60 °С Temperature region: from 2 to +60 °С	Размер образца: 5×5×3 мм Sample size: 5×5×3 mm
Высокотемпературный предметный столик High-temperature specimen stage	Диапазон температур: от комнатной до +450 °С Temperature region: from 20 to +450 °С	Размер образца: 15×15×5 мм Sample size: 15×15×5 mm

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Решетову В.Н. за активное участие в обсуждении конструктивных решений и методических подходов к организации высокотемпературных измерений с использованием приборов семейства "НаноСкан". Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ ТИСНУМ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Wheeler J.M., Armstrong D.E.J., Heinz W., Schwaiger R. High temperature nanoindentation: The state of the art and future challenges // *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 19-2015, pp. 354-366. <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2015.02.002>
2. Коплак О.В., Дворецкая Е.В., Кравчук К.С., Усеинов А.С., Королев Д.В., Валеев Р.А., Пискорский В.П., Дмитриев О.С., Моргунов Р.Б. Морфология и механические свойства микропроводов PrDyFeCoB // *Физика твердого тела*, 2020, т. 62, вып. 12, с. 2026–2033. <https://doi.org/10.21883/FTT.2020.12.50205.164>
3. Zhuikov V.A., Zhuikova Y.V., Makhina T.K., Myshkina V.L., Rusakov A., Useinov A., Voinova V.V., Bonartseva G.A., Berlin A.A., Bonartsev A.P., Iordanskii A.L. Comparative structure-property characterization of poly(3-Hydroxybutyrate-Co-3-Hydroxyvalerate)s films under hydrolytic and enzymatic degradation: Finding a transition point in 3-hydroxyvalerate content // *Polymers* – 2020–12 (3), No. 728. <https://doi.org/10.3390/polym12030728>
4. Gladkikh E.V., Kravchuk K.S., Useinov A.S., Nikitin A.A., and Rogozhkin S.V. A Study of the Effect of Ion Irradiation on the Mechanical Properties of Eurofer 97 Steel // *Journal of Surface Invest-*

igation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2019, v. 13, no. 1, pp. 48–52. <https://doi.org/10.1134/S1027451019010075>

5. Кравчук К.С., Gladkikh E.V., Морозов А.В. Исследование нанодинамических механических свойств автомобильных протекторных резин в диапазоне температур от –60 до 60 °С с помощью нанотвердомера "НаноСкан-4D" // *НАНОИНДУСТРИЯ*, 2019, т. 12, no. 7–8 (93), pp. 444–449. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2019.12.7-8.444.449>
6. Кравчук К.С., Gladkikh E.V., Морозов А.В., Оплачко Д.А. Исследование вязкоупругих свойств резины при помощи нанодинамического механического анализа при отрицательных температурах // Сборник тезисов докладов II Международной конференции молодых ученых, работающих в области углеродных материалов, г. Москва, г. Troitsk, 29–31 мая 2019.
7. Gladkikh E., Kravchuk K., Useinov A. Исследование температурно-зависимых механических свойств полимеров, измеренных методом динамического механического анализа // *НАНОИНДУСТРИЯ*, 2018, т. 11, № 3–4, с. 238–244. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2018.83.3.238.244>
8. Evdokimov I.A., Khairullin R.R., Prokudin S.V., Bagramov R.K., Aksenonkov V.V., Perfilov S.A., Pozdnyakov A.A., Useinov A.S. Study of the Thermal Stability of Nanostructured Aluminum Matrix Composite Materials Modified with C60 Fullerenes // *Journal of Surface Investigation*, 2020, 14(3), pp. 621–625. <https://doi.org/10.1134/S1027451020030258>

Декларация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



Гибридные наночастицы биоактивных и лекарственных веществ

*Под ред. М.Я. Мельникова,
Л.И. Трахтенберга*

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 408 с.
ISBN 978-5-94836-596-1

Цена 1300 руб.

В учебном пособии, состоящем из введения и 11 глав, обобщены результаты исследований, посвященных различным аспектам биоактивных и лекарственных наноконструктивных систем. Большое внимание уделено особенностям синтеза и тому новому, что дает наноразмер объектов в протекании в них различных физико-химических процессов. Кроме того, сделана попытка систематизировать методы синтеза, приводящие к получению соединений различного класса. Подчеркивается, что эффективность лекарственных веществ и их фармакологические свойства во многом зависят от кристаллической структуры, в частности от наличия тех или иных полиморфных модификаций или аморфного состояния. Первоочередное значение имеет размер наночастиц, так как малым частицам проще преодолевать защитные барьеры организма человека и животных, проникать в клетки и накапливаться в тканях.

Все главы написаны группами научных сотрудников, активно работающих в разных областях нанобиомедицины. Наряду с обзорным материалом, излагаются и оригинальные исследования авторов, обобщающие их работы за несколько последних лет. Предлагаемая книга будет полезным учебным и учебно-научным пособием для читателей с широким кругозором от студентов и аспирантов до преподавателей и научных сотрудников, интересующихся различными аспектами теории и практики наноразмерных биоактивных и лекарственных веществ.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosfera.ru
sales@technosfera.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosfera.ru



ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СПАСУТ ХУДОЖНИКА ОТ БЕДНОСТИ, А ИСКУССТВО — ОТ ЗАБВЕНИЯ



За прошлый год рынок цифрового искусства вырос в десять раз. Такие данные привела художник и заместитель председателя правления Федерации креативных индустрий России Вероника Пономарева-Коржевская на сессии "Art-Chain" в рамках международного форума лидеров креативных индустрий и мира интеллектуальной собственности IPQuoign 2021: Tech for Content. Форум проходит 26–27 апреля в Технопарке Инновационного центра "Сколково".

Цифровые сделки с объектами искусства заставляют двигаться к прозрачности арт-рынка в целом. В мире активно развиваются легальные международные цифровые платформы, где продаются и покупаются арт-объекты. При этом рынки цифрового и аналогового искусства развиваются и коммерциализируются параллельно. Один из самых коммерчески успешных российских художников современности, идеолог нового направления в изобразительном искусстве – "каллиграфуризма", Покрас Лампас в своем выступлении на сессии "Art-Chain" отметил, что сегодняшний рынок предоставляет художнику множество инструментов для монетизации

своего творчества: "С помощью новых технологий художники легко выходят на мировой рынок. Многие художники и дизайнеры решаются уволиться из рекламных агентств, чтобы самостоятельно заниматься творческой деятельностью, продавать свои работы на онлайн-сервисах и зарабатывать гораздо больше".

Покрас Лампас добавил, что дальнейшее развитие рынка современного искусства напрямую зависит от повышения уровня его открытости: "Стоимость произведения искусства возрастет благодаря открытости продаж". Галереям, которые пока неохотно раскрывают такую информацию, а также мало работают с диджитал-художниками, нужно будет адаптироваться к трансформации рынка, иначе они пропадут. Также важную роль в развитии арт-рынка, вторичных продаж на рынке искусства играет охрана авторских прав художника. "Роль художника в обществе в будущем будет только возрастать, особенно с развитием технологий дополненной реальности", – считает Вероника Пономарева-Коржевская. Покрас Лампас, в свою очередь, упомянул еще один важный тренд – технологии NFT вывели в авангард сообщество коллекционеров. Причиной

популярности онлайн-аукционов по продаже объектов цифрового искусства можно считать, в том числе, публичность ставок. Для покупателей они как азартная игра, поэтому на такие площадки привлекаются новые пользователи, и это повышает интерес к современному искусству в целом.

В цифровом пространстве рождается новое искусство, основными ценностями которого являются независимость, демократичность, открытость, взаимоподдержка, которая выражается в том, что критика творчества художника считается неприемлемой. Таким образом, интернет-площадки для защиты авторских прав и монетизации контента становятся все более доступными и коммерчески выгодными для творцов. Объем продаж на NFT-платформе Rarible к апрелю 2021 года достиг отметки в 120 млн долларов. Сооснователь NFT-платформы Rarible Алексей Фалин подчеркнул, что блокчейн-технологии позволяют защитить цифровой объект от копирования с помощью сертификата: "Онлайн-искусство проще продавать и перепродавать, чем физические произведения. Его гораздо удобнее хранить и защитить от злоумышленников. Файлы хранятся на блокчейн-эфирах, поддерживаемых 10 000 компьютеров. Система имеет много уровней резервирования". Однако все еще открытым остается вопрос, как правильно привязывать NFT-токен к материальному объекту искусства, не уничтожая его.

Важная задача арт-рынка – создание платформы для регистрации аналоговых произведений искусства и сделок с ними, но рынок еще не совсем готов к таким изменениям. На сегодняшний момент оцифровкой аналоговых ценностей и произведений искусства занимаются музеи и отдельные коллекционеры. Государственный музей изобразительных искусств им. А.С. Пушкина уже оцифровал 60% своего фонда в высоком качестве. Остальные



40% пока что оцифрованы в среднем качестве. Для воплощения цифровой копии произведения искусства создается в среднем 3000 фотографий объекта, и это огромная работа. Для сохранения своего богатого архива музей работает над созданием собственной электронной экосистемы. Заместитель директора по цифровому развитию ГМИИ им. А.С. Пушкина, заведующий базовой кафедрой информационных технологий в сфере культуры НИУ ВШЭ Владимир Определенов уверен, что классическому искусству необходима цифровая трансформация: "Мы не бежим за каждодневным хайпом. Музей смотрит в вечность. Мы должны избежать так называемой "цифровой амнезии". Сейчас надо оцифровать все музейные ценности, чтобы не допустить их забвения. Мы создали на нашем сайте полноценный цифровой двойник выставки, с помощью которого пользователь может "гулять" по залам, не выходя из дома. Кроме того, мы поместили музейный контент в очки виртуальной реальности. Очень важно, что человек

может потреблять такой цифровой продукт напрямую от нас – то есть из авторитетного источника, мы уже не разделяем посетителей по признаку онлайн/офлайн".

Организаторы Форума – Министерство культуры Российской Федерации, Фонд "Сколково", Ассоциация IPChain. Соорганизаторами и партнерами Форума выступают Федерация интеллектуальной собственности (ФИС), Евразийская конфедерация обществ правообладателей (ЕАКОП), Всемирная организация интеллектуальной собственности (WIPO), Научно-образовательный центр интеллектуальной собственности и цифровой экономики Digital IP. Коммуникационный партнер Форума – агентство комплексных коммуникационных решений Prophet. Официальный партнер Форума – холдинг "Газпром-Медиа". Партнер вечернего мероприятия – Первое музыкальное. Мероприятие проходит при поддержке Роскультцентра, Ассоциации продюсеров кино и телевидения (АПКиТ), Ассоциации анимационного кино России (ААК), Банка

"Новый век", киностудии мультипликационных фильмов "Союзмультфильм", "Смыслотеки", MEDIANA, Russian Seasons, IPEX, IPCodex, Fonmix, Co-Fi, n'RIS, IPEX, Universal University, Alpina B2B.

Генеральные информационные партнеры IPQuorum 2021: Tech for Content – ТАСС и издательский дом "Коммерсантъ". Информационные партнеры – Forbes, "Российская газета", МИЦ "Известия", Союз журналистов России, информационное агентство InterMedia, "АртМосковия", газета "Культура", Евразийская патентная организация (ЕАПО), "КиноРепортер" – главный журнал о кино и телевидении, медиахолдинг "Регионы России", информационное агентство "Федерал Пресс", журналы "Стратегия", "Эксперт", "Инвест-Форсайт" и "Точка АРТ", порталы "Наука и жизнь", "Культуромания", ICT-Online, Expromar, Devdiscourse, ComNews, MovieStart, Telesputnik, MIXED.NEWS, Kino-Teatr.ru, ГАРАНТ, Агентство креативных индустрий, "Типичная Москва" и "Цифровая экономика".

Фонд "Сколково" – некоммерческая организация, созданная в 2010 году и исполняющая функции управляющей компании Инновационного центра "Сколково". Цель Фонда – поддержка технологического предпринимательства в России и коммерциализация результатов научно-исследовательской деятельности.

Ассоциация IPChain создана в 2017 году Фондом "Сколково", Всероссийской организацией интеллектуальной собственности (ВОИС), НИУ "Высшая школа экономики" (НИУ ВШЭ), Российским союзом правообладателей (РСП), Санкт-Петербургским национальным исследовательским университетом информационных технологий, механики и оптики (ИТМО), Российским авторским обществом (РАО), Ассоциацией правообладателей по защите и управлению авторскими правами в сфере искусства (УПРАВИС), Банком "Новый век".

Партнерами Ассоциации и непосредственными участниками проекта IPChain выступают Министерство культуры РФ, Министерство образования и науки РФ, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент) и Федеральный институт промышленной собственности. Основная цель Ассоциации IPChain – формирование стандартов, технологий и инструментов взаимодействия участников рынка интеллектуальных прав в цифровой среде.

IPQuorum – коммуникационный бренд – создан Ассоциацией IPChain и Евразийской конфедерацией обществ правообладателей с целью организации постоянно действующих международных коммуникационных площадок для диалога с мировым сообществом по вопросам развития сферы интеллектуальной собственности в условиях цифровой экономики.

IPQuorum – трансграничная коммуникационная сеть, которая связывает участников мирового рынка интеллектуальной собственности, представителей творческих индустрий, отраслевых новаторов, экспертов-визионеров, венчурных инвесторов, национальных и международных регуляторов. Под брендом IPQuorum на ежегодной основе проводится серия мероприятий в России и за рубежом, комплекс выставок, конференций, дискуссий, презентаций и бизнес-сессий, призванный стать драйвером качественных изменений глобального рынка интеллектуальной собственности, развития сфер изящных (beaux-arts) и промышленных искусств (arts industriels) как полноправных субъектов цифровой экономики.

Работа всех коммуникационных площадок IPQuorum направлена на поиск прикладных инфраструктурных и системообразующих решений для инновационного развития сферы интеллектуальной собственности.