

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

УДК 621.9
Инв. №



**ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

«Разработка технологии получения наноструктурированного режущего слоя из
сверхтвердых материалов для высокоэффективного породоразрушающего инструмента»

Этап № 2

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.
ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ.**

Ответственный исполнитель
к.т.н.



С.А. Перфилов

г. Москва 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель
д.ф.-м.н. профессор


30.06.16
подпись, дата

В.Д. Бланк

Ответственный исполнитель,
зав. отделом, к.т.н.


30.06.16
подпись, дата

С.А. Перфилов
(Введение, заключение, реферат)

Исполнители темы:

Старший научный сотрудник


30.06.16
подпись, дата

Р.Х. Баграмов
(раздел 1)

Научный сотрудник


30.06.16
подпись, дата

И.А. Евдокимов
(раздел 2, приложение В)

Аспирант


30.06.16
подпись, дата

М.И. Жарченкова
(Приложения Б, В)

Инженер


30.06.16
подпись, дата

Е.Г. Иванов
(раздел 1)

Ведущий инженер


30.06.16
подпись, дата

Е.А. Николаева
(Приложение А)

Младший научный сотрудник


30.06.16
подпись, дата

Д.А. Овсянников
(раздел 1, приложение Б)

Аспирант


30.06.16
подпись, дата


Д.Ю. Пак
(раздел 1)

Научный сотрудник


30.06.16
подпись, дата

И.В. Пахомов
(раздел 1, 2)

Научный сотрудник


30.06.16
подпись, дата

И.А. Пережогин
(раздел 1)

Старший научный сотрудник


30.06.16
подпись, дата

Г.И. Пивоваров
(раздел 1, 2)

Начальник отдела


30.06.16
подпись, дата

Ю.С. Пирогов
(раздел 2)

Нормоконтролер


30.06.16
подпись, дата

Е.Е. Сапрыкин

РЕФЕРАТ

Отчет 43 страницы, 5 рисунков, 1 таблица.

АЛМАЗ, НАНОМАТЕРИАЛЫ, СВЕРХТВЁРДЫЙ МАТЕРИАЛ, КОМПОЗИТ, БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ.

Объектами исследования являются состав исходных компонентов и способ изготовления материалов режущего слоя, а также технологический процесс изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя для производства режущих элементов высокоэффективного породоразрушающего инструмента.

Цель работы – разработка технологий изготовления композиционных наноструктурированных материалов режущего слоя на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов с повышенными значениями твердости, износостойкости и трещиностойкости и режущих элементов для высокоэффективного породоразрушающего инструмента.

Настоящее ПНИ является составной частью комплексного проекта ПНИЭР по теме: «Разработка технологии изготовления высокоэффективных долот горизонтального и наклонного бурения для нефтегазовой отрасли» (шифр 2015-14-582-0034).

Целью работы на данном этапе были разработка Программы и методик исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя, изготовление и испытание образцов режущего слоя, проведение исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя.

Главной задачей этапа была экспериментальная проверка технологий изготовления режущего слоя, разработанных на предыдущем этапе ПНИ.

В процессе работы на 2 этапе получены следующие результаты:

1. Разработаны Программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя.
2. Изготовлены экспериментальные образцы материалов режущего слоя.
3. Проведены исследовательские испытания экспериментальных образцов материалов режущего слоя.
4. Установлено соответствие характеристик образцов требованиям технического задания.

Содержание

Введение	5
1 Разработка Программы и методик исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя.....	6
2 Изготовление экспериментальных образцов материалов режущего слоя.	10
3 Проведение исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя.....	12
4 Разработка программы и методик исследовательских испытаний макетов режущих элементов.....	17
5 Изготовление макетов режущих элементов.....	19
Заключение.....	21
Приложение А Акт изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя.....	22
Приложение Б Программа и методики исследовательских испытаний материалов режущего слоя.....	24
Приложение В Акт исследовательских испытаний материалов режущего слоя.....	45

Введение

Наиболее важной частью для создания инструмента, используемого для бурения твердых горных пород, является разработка технологии изготовления и методик исследования материала режущего слоя данного инструмента. Физико-механические свойства режущего слоя полностью определяют эксплуатационные свойства инструмента, изготовленного на его основе.

Среди существующих методов получения материалов режущего слоя бурового инструмента наиболее технологичным является метод спекания поликристаллических сверхтвердых материалов из порошков алмаза в условиях высоких статических давлений и температур. Для повышения механических и эксплуатационных свойств предлагается использование добавки ультрадисперсных порошков алмаза в состав шихты при спекании.

В результате проведения работ на первом этапе ПНИ был разработан комплект технологической документации на изготовление экспериментальных образцов материалов режущего слоя 01100.00297.

Для контроля конечного качества материала режущего слоя, полученного в соответствии с ней, необходима разработка программ и методик исследования его физико-механических свойств. Наиболее значимыми из таких свойств являются твердость, износостойкость и трещиностойкость, которые определяют эксплуатационные свойства конечного изделия.

Для достижения уровня значений характеристик материала режущего слоя, соответствующих требованиям технического задания необходимо провести отработку технологических параметров спекания образцов. Данная операция предполагает структурные исследования образцов, полученных при различных технологических параметрах спекания. По результатам данных исследований необходимо определить режимы спекания материала режущего слоя, при которых данный материал обладает необходимыми физико-механическими свойствами.

Таким образом, в результате проведенных работ на данном этапе необходимо получить технологию изготовления и исследования физико-механических свойств экспериментального материала режущего слоя.

1 Разработка Программы и методик исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя

Физико-механические свойства материала режущего слоя характеризуются следующими показателями:

- Геометрические размеры, мм;
- Твёрдость, ГПа;
- Износостойкость, мг/кг;
- Трещиностойкость K_{Ic} , МПа·м^{1/2};

1.1 Измерение геометрических размеров.

Геометрических размеров образцов материала режущего слоя проверяется с помощью штангенциркуля для каждого образца. Согласно техническому заданию образцы имеют два типоразмера, отличающиеся по диаметру: 15 и 17,5 мм. Для типоразмера 15 мм. диаметр образца должен быть не менее 14,4 мм. Для типоразмера 17,5 мм. диаметр образца должен быть не менее 16,8 мм. Для обоих типоразмеров высота образца должна быть не менее 1 мм и не превышать 3 мм.

1.2 Измерение твёрдости

Среди множества методов измерения твердости в настоящее время наибольшее распространение получили три из них – это методы измерения твёрдости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу, а также метод измерения микротвёрдости по Кнупу. Во всех случаях контакт осуществляется вдавливанием индентора определённой формы и размера со степенью деформации 30...40%. При этом реализуется состояние всестороннего неравномерного сжатия с коэффициентом “мягкости” $\alpha > 2$, что позволяет производить оценку твёрдости практически любых, в том числе и очень хрупких материалов.

Разница в этих методах определяется формой и материалом индентора, так в случае метода Бринелля - это стальной или тёрдосплавный шарик, Роквелла - алмазный конус, Виккерса - четырехгранной алмазной пирамиды, Кнупа – четырехгранная алмазная пирамида с разными углами ребер при вершине.

Метод Кнупа является одним из наиболее совершенных и распространённых в лабораторной практике методов определения твёрдости. Высокая твёрдость и недеформируемость алмаза обеспечивает большую точность определения твёрдости, а

форма индентора позволяет получать стабильные отпечатки даже при исследовании сверхтвёрдых материалов, к классу которых относится материал режущего слоя.

Измерение твёрдости по методу Кнупа основано на вдавливании четырехгранной алмазной пирамиды с углами между гранями 130° и $172,5^\circ$ под действием определенной нагрузки, поддержании постоянства приложенной нагрузки в течение установленного времени и измерении диагоналей отпечатка, оставшихся на поверхности образца после снятия нагрузки. Расстояние между центрами отпечатка и краем образца или краем соседнего отпечатка должно быть не менее 2,5 длины большей диагонали отпечатка.

В соответствии с ГОСТ 9450-76 Твёрдость по Кнупу (НК) вычисляют по формуле

$$\text{НК} = 14,230 \cdot F/l_0^2$$

где F - нагрузка, кгс; l_0 – дiana большей диагонали.

Для получения точных результатов при измерении твёрдости по Кнупу необходимо строго соблюдать следующие условия:

1. отношение толщины образца к диагонали отпечатка должно быть не менее 1,5;
2. отношение глубины отпечатка к его диагоналям – 1/7;
3. расстояние между центром и краем образца, а также краем соседнего отпечатка должно быть не менее 2,5 диагоналей отпечатка;
4. испытания проводить на тщательно отшлифованной или полированной поверхности.

Приборы для измерения твёрдости должны обеспечивать плавное приложение заранее установленной нагрузки в диапазоне от 0,98 до 9,8.

Имеющиеся приборы для измерения твёрдости – микротвёрдомер ПМТ-3 (максимальная нагрузка до 200г) и твёрдомер DuraScan (максимальная нагрузка до 10кг) предъявленным требованиям соответствуют; оба прибора внесены в госреестр РФ. Однако для поставленной задачи разрешение оптической системы измерения размеров отпечатков алмазной пирамиды является недостаточной: потребуется измерять диагонали отпечатков размером от 4 до 15 мкм с точностью ± 0.1 мкм. Установленные на приборах микроскопы имеют максимальное увеличение $\times 630$, что приводит к неприемлемо большой ошибке.

Поэтому для повышения точности измерений необходимо определять размеры отпечатков с помощью металлографического микроскопа «Olimpus», обеспечивающего увеличение $\times 1000$.

1.3 Измерение износостойкости

Для определения износостойкости материала алмазного слоя используется испытательный стенд на базе токарно-винторезного станка. Областью применения исследуемого материала является изготовление инструмента для бурения высокотвердых горных пород. Таким образом наиболее целесообразно проводить измерение износостойкости при истирании образцом гранитной заготовки.

По ГОСТ 27674-88 износостойкость - свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания.

Сущность метода заключается во взаимном истирании образца материала режущего слоя и гранитной заготовки. Образец материала режущего слоя предварительно взвешивается на аналитических весах с точностью 0,005 г. Гранитная заготовка предварительно взвешивается на лабораторных весах с точностью 0,01 г. После взвешивания образец закрепляется в держатель резцедержателя, а заготовка из гранита закрепляется в патроне токарно-винторезного станка. После взаимного истирания образца и заготовки проводится их повторное взвешивание и определяется убыль массы.

Износостойкость материала вычисляется по формуле

$$N = \Delta m / \Delta M,$$

где Δm – убыль массы образца режущего слоя, мг; ΔM – убыль массы заготовки из гранита, кг.

1.4. Измерение трещиностойкости

Определение сопротивления разрушению материалов (трещиностойкости) методом индентирования осуществляется по ГОСТ Р 8.748-2011. Согласно методу (требования к оборудованию и качеству подготовки поверхности образцов совпадают с требованиями при измерении твердости), алмазный наконечник в виде четырехгранной пирамиды вдавливается в образец при нагрузке, обеспечивающей образование трещин из углов квадратного отпечатка.

После измерений длин диагоналей отпечатков и трещин значения трещиностойкости определяются по формулам:

$$K_{c(R-M)} = 0.0154 \cdot \left(\frac{E}{HV} \right)^{1/2} \cdot \frac{P}{c^{3/2}} \quad (3.3)$$

- для медианных трещин, и

$$K_{c(P)} = 0.0089 \cdot \left(\frac{E}{HV} \right)^{2/5} \cdot \frac{P}{a_d l^{1/2}} \quad (3.4)$$

- для трещин Палмквиста,

где P – приложенная нагрузка, E – модуль упругости, HV – твёрдость по Кнупу, c – длина медианной трещины, измеренная от центра отпечатка, l – длина трещины Палмквиста, измеренная от угла отпечатка, $2a_d$ – диагональ отпечатка.

По литературным данным:

– для образования трещин размером ≈ 1.5 диагонали отпечатка необходимо приложить нагрузку на 15-30% выше, чем необходимо при измерении твёрдости;

– погрешность определения K_c для исследуемых образцов указанным методом не превышала 10% (измерения были выполнены на ПМТ-3 при нагрузке 200 г). Поэтому можно считать, что описанная выше методика обеспечит измерение трещиностойкости с погрешностью не более 10%.

2 Изготовление экспериментальных образцов материалов режущего слоя

Для получения характеристик режущего слоя, соответствующих требованиям технического задания, были проведены исследования по уточнению параметров спекания экспериментальных образцов.

2.1 Приготовление шихты режущего алмазного слоя.

Шихта алмазного слоя включала следующие составляющие:

- алмазный микропорошок АСН 14/10 - 75 %
- алмазный микропорошок АН 5/3 - 20 %
- порошок наноалмаза УДА-С - 5%

Смешивание компонентов шихты алмазного слоя производили в смесителе MIXER-0.5. Расположение барабана с навесками относительно оси вращения (45 ± 5)°, частота вращения барабана – 50 об/мин; время смешивания – 120 мин.

2.2 Приготовление компонентов и снаряжение ячейки высоких давлений.

Шихту режущего слоя (позиция 10 на рисунке 1) помещали в ячейку высокого давления. Для передачи квазигидростатического давления в ячейке используются кольца из кальцита (позиции 1,4,5 на рисунке 1), изготавливаемые методом прессования с бакелитовым лаком и последующим отжигом. Для создания и поддержания необходимой температуры используются нагреватель и крышки, спрессованные из смеси графита и оксида алюминия (позиции 2,3 на рисунке 1), через которые пропускается электрический ток. При этом соотношение графита и оксида алюминия может варьироваться для изменения общего электрического сопротивления ячейки. Для изоляции шихты от графитовых элементов сборки используются боковые кольца и торцевые крышки из спрессованного порошка гексагонального нитрида бора (позиции 6 и 8 на рисунке 1). Для придания дополнительной жесткости и изменения высоты получаемого образца режущего слоя используется вставка из спрессованного оксида алюминия (позиция 9 на рисунке 1) варьируемой высоты.

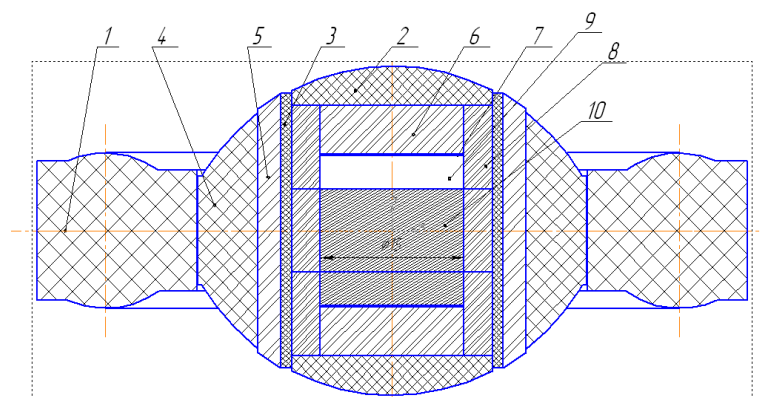


Рисунок 1: Схема ячейки высокого давления.

2.3 Спекание образцов материалов режущего слоя

Снаряженные ячейки помещали в камеру высокого давления типа наковальня с лункой «тороид» с диаметром лунки 40 мм и спекали в условиях высоких давлений и температур на установке УРС-1 на базе прессы ДО-044. Рабочее давление составляет 5 – 7 ГПа, температура составляет 1400 – 1600 °С, время выдержки при заданной температуре 5 мин. Отработку параметров проводили на образцах диаметром 9 - 13 мм, при спекании образцов диаметром до 20 мм для получения образца с аналогичными характеристиками достаточно увеличить мощность нагрева на 10%.

3 Проведение исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя

3.1 Исследование спектров КРС полученных образцов материалов режущего слоя.

В таблице 1 приведены составы шихты и режимы спекания наиболее характерных из исследуемых методом спектроскопии КРС образцов материалов режущего слоя.

Таблица 1: Образцы, исследуемые методом спектроскопии КРС.

№ образца	Состав	Параметры спекания		
		Давление, ГПа	Температура, °С	Время выдержки, мин.
14-156-2	АСН 14/10 + 20% АН5/3 + 5% УДА-С	5,5	1600	4
14-196		5,5	1500	4
14-226		5,5	1400	4

Спектры КРС и фотолюминесценции получены на установке с микроскопической приставкой на базе спектрометра TRIAX 552 (Jobin Yvon) и детектора CCD Spec-10, 2KBVU (2048x512) (Princeton Instruments), с системой отрезающих фильтров для подавления возбуждающих лазерных линий. Источником возбуждающего света служит лазер STABILITE 2017 компании Spectra-Physics.

Спектральный диапазон 200 – 800 нм

Спектральное разрешение 1 см⁻¹

Лазерное возбуждение спектра 514 нм

Пространственное разрешение 1 – 2 мкм

Методом КРС исследовано не менее 10 точек на каждом образце. Наиболее представительные спектры показаны ниже.

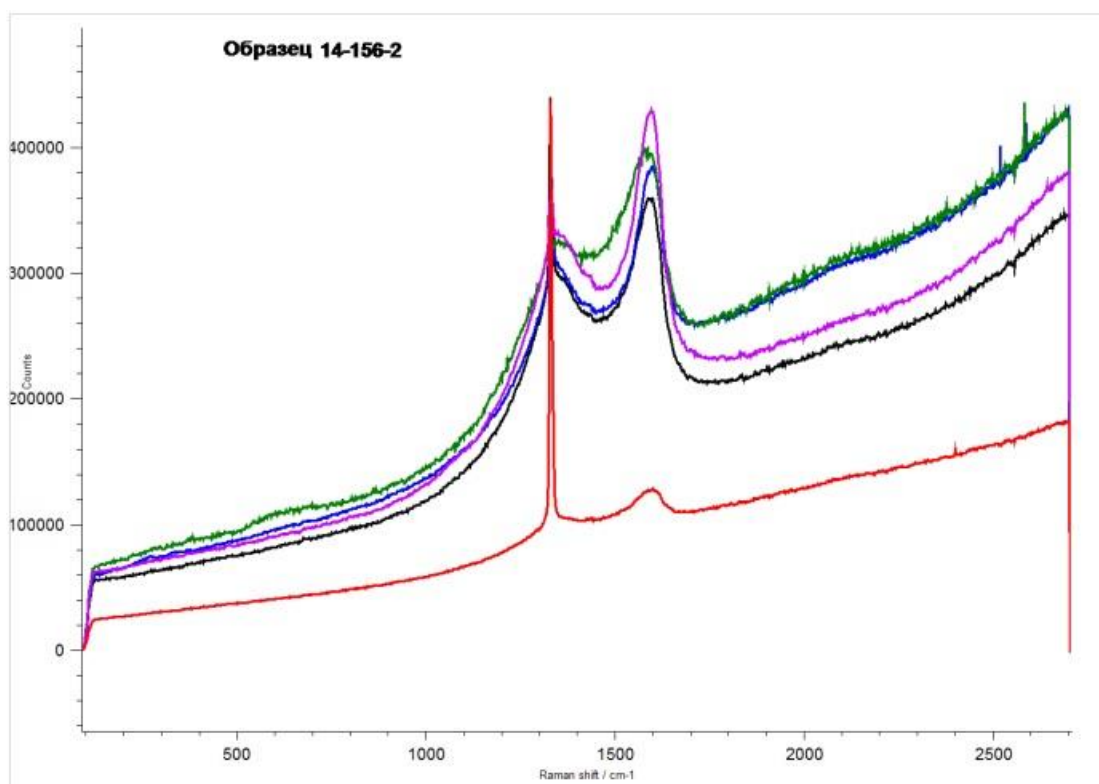


Рисунок 2: Спектры КРС образца № 14-156-2.

На рисунке 2 представлены спектры КРС образца № 14-156-2. В спектре данного образца наблюдается полоса алмаза в области 1332 см^{-1} и полосы графита в области 1350 см^{-1} (Д-полоса) и 1580 см^{-1} (Г-полоса) на сильном люминесцентном фоне.

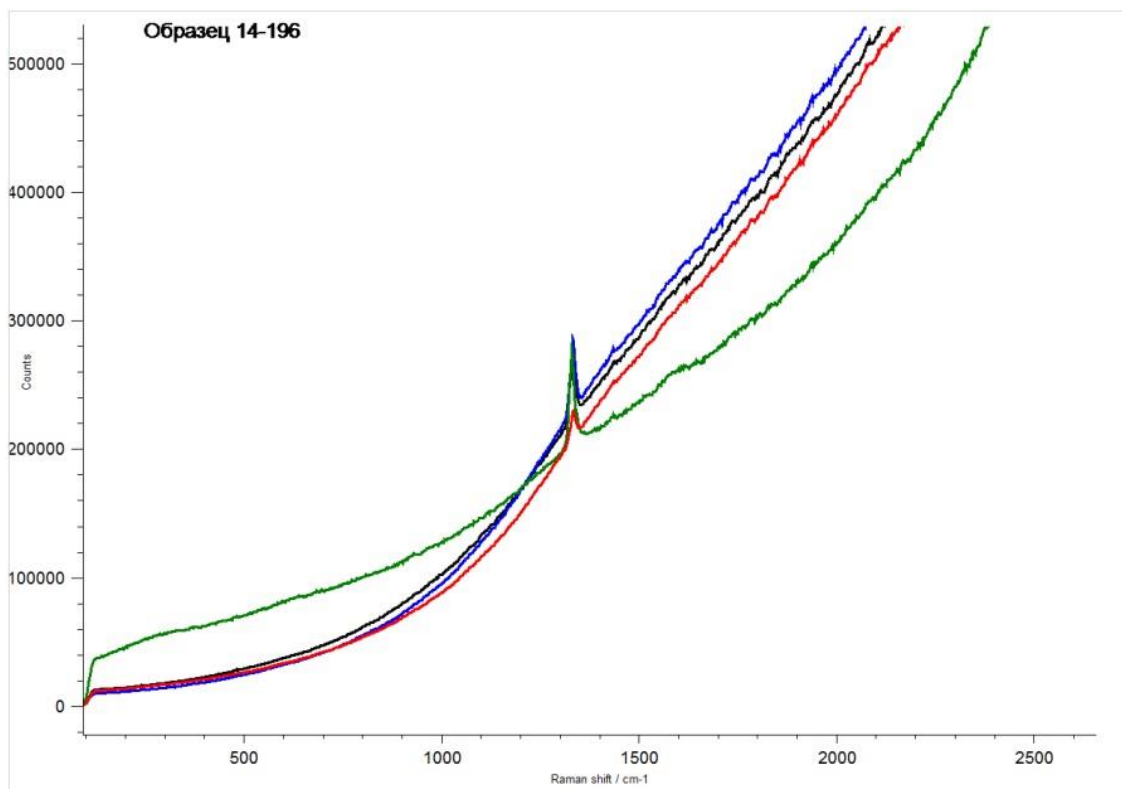


Рисунок 3: Спектры КРС образца № 14-196.

На рисунке 3 представлены спектры КРС образца № 14-196. В спектре данного образца наблюдается полоса алмаза в области 1332 см^{-1} и полосы графита в области 1350 см^{-1} (Д-полоса) и 1580 см^{-1} (Г-полоса) на сильном люминесцентном фоне (в отдельных точках). Максимальная интенсивность полос графита в отдельных точках в 20 раз слабее полосы алмаза.

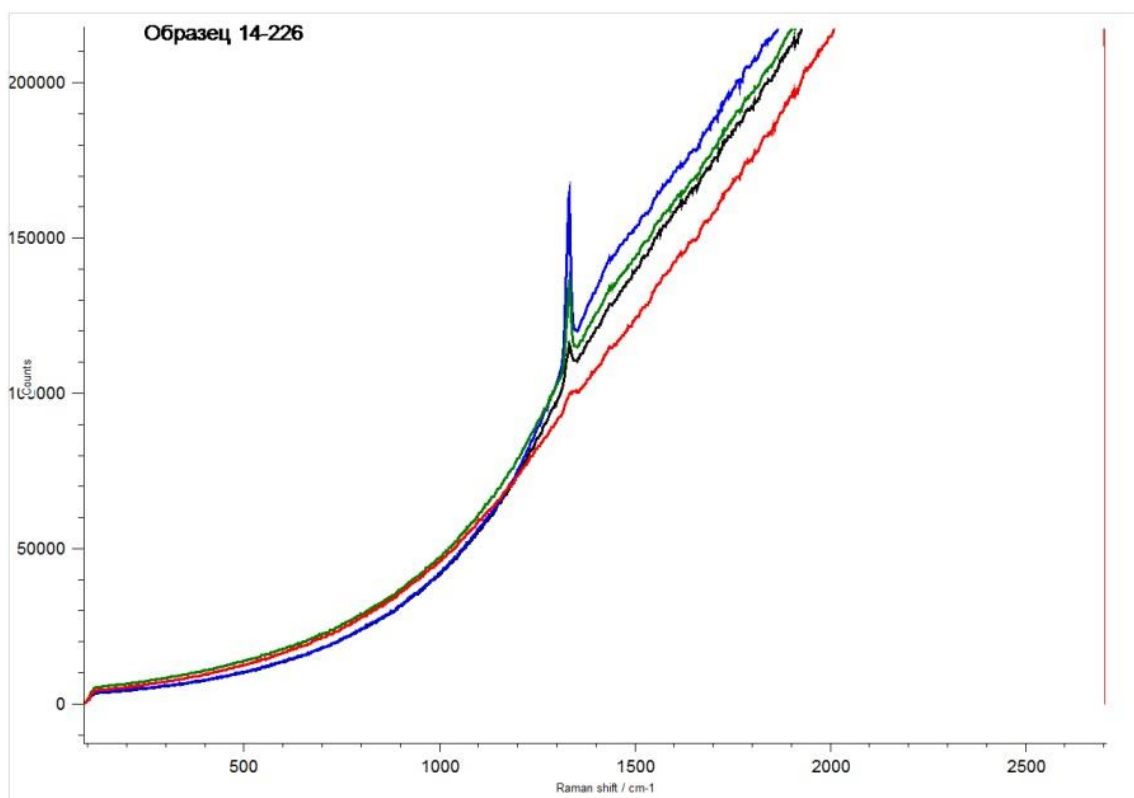


Рисунок 4: Спектры КРС Образца № 14-226.

На рисунке 4 представлены спектры КРС образца № 14-226. В спектре данного образца наблюдается полоса алмаза в области 1332 см^{-1} на сильном люминесцентном фоне. Полос графита не выявлено.

Таким образом, по результатам исследования образцов методом спектроскопии КРС можно сделать вывод об оптимальной температуре спекания образцов материалов режущего слоя. При повышении температуры выше 1400 °C в образцах происходит частичная графитизация алмаза: образуется графитоподобная фаза, негативно влияющая на структуру и механические свойства материала режущего слоя.

3.2. Измерение микротвердости полученных образцов материалов режущего слоя.

Основной характеристикой, оказывающей наибольшее влияние на эксплуатационные свойства материала режущего слоя, является значение его твердости. Среди методов измерения твердости наиболее подходящим и информативным является метод измерения микротвердости по Кнупу. Выбор данного метода связан со сложностями измерения твердости материалов, чья твердость сопоставима с твердостью измерительного индентора. В таких условиях при измерении твердости по методу Виккерса или Роквелла не позволяет получать стабильные результаты вследствие

отсутствия возможности нанесения ровного отпечатка индентора на исследуемый сверхтвердый материал. Кроме того, измерение микротвердости по методу позволяет получать значения твердости отдельных структурных элементов исследуемого материала.

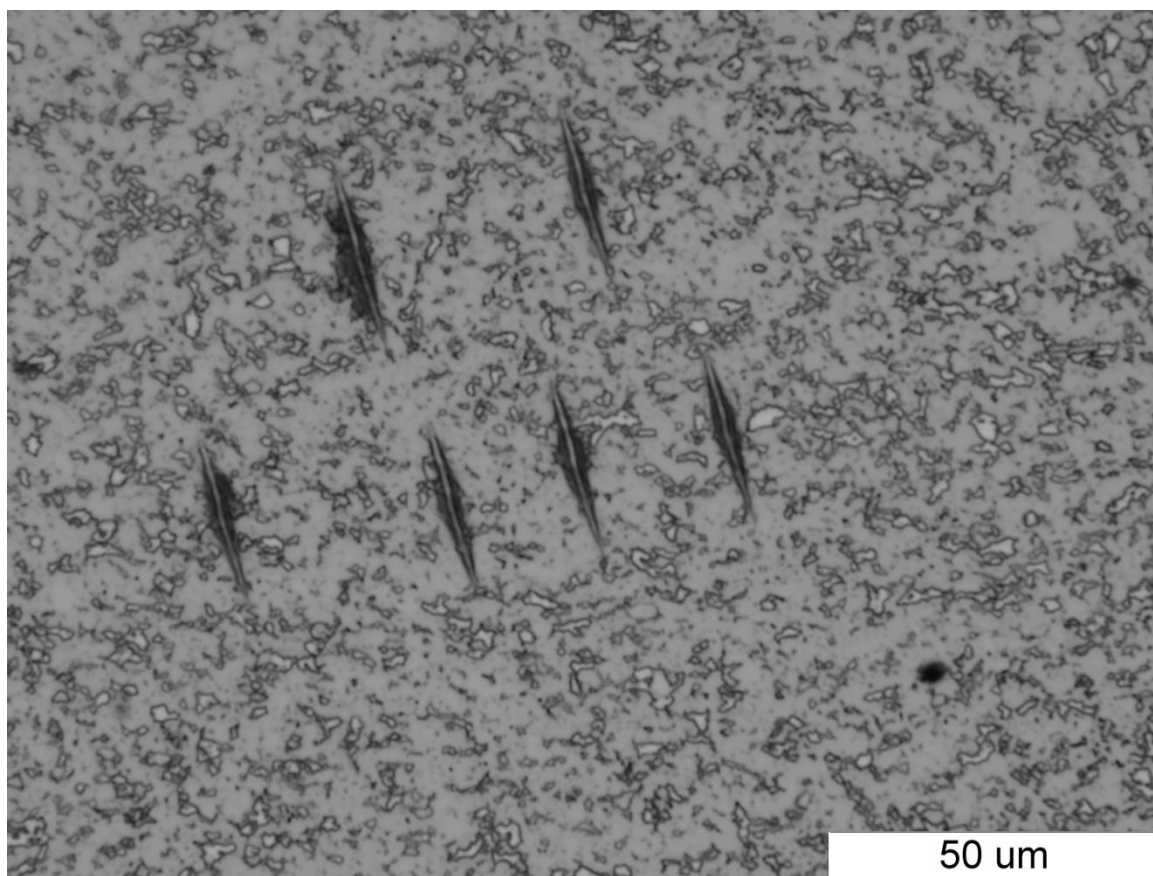


Рисунок 5: Измерение микротвердости образцов.

На рисунке 5 представлен шлиф образца материала режущего слоя с отпечатками индентора. Значение микротвердости всех полученных образцов было не менее 75 ГПа и для большинства измерения находилось в диапазоне от 85 до 90 ГПа. Стабильность результатов измерения микротвердости образцов свидетельствует об однородности структуры и полноте процесса спекания алмазных частиц, происходящего с образованием связей алмаз-алмаз.

4 Разработка Программы и методик исследовательских испытаний макетов режущих элементов.

Физико-механические свойства макетов режущих элементов характеризуются следующими показателями:

- Непараллельность относительно базовой поверхности, мм;
- Геометрические размеры, мм;
- Шероховатость поверхности после шлифования, мкм.

4.1 Измерение непараллельности.

Проверка параллельности двух плоских поверхностей образца-изделия проводится согласно ГОСТ 25889.2-83. Проверка по данной методике осуществляется с помощью прибора для измерения длин, измерительный наконечник которого касается верхней поверхности поверочной линейки, приложенной к проверяемой поверхности исследуемого образца. За значение непараллельности принимается наибольшее отклонение измеряемой длины в разных сечениях макета режущего элемента.

4.2 Измерение геометрических размеров.

Геометрические размеры макетов режущих элементов проверяется с помощью микрометра для каждого образца. Согласно техническому заданию образцы имеют два типоразмера, отличающиеся по диаметру. Диаметр макета типоразмера I должен составлять $(13,44 \pm 0,05)$ мм. Диаметр макета типоразмера II должен составлять $(15,88 \pm 0,02)$ мм. Для обоих типоразмеров высота образца должна быть не менее 1 мм и не превышать 3 мм.

4.3 Измерение шероховатости.

Для измерения параметров профиля и шероховатости по системе средней линии по ГОСТ 25142-82 применяется профилометр модели 130.

Принцип действия данного прибора заключается в преобразовании в цифровой сигнал механических колебаний щупа, проходящего по поверхности исследуемого образца. Чувствительность индуктивного датчика профилометра имеет величину в 0.002

мкм, что позволяет описывать рельеф неровностей высотой от 0.005 мкм. В комплекте с прибором присутствует ряд эталонных образцов с заданным параметром шероховатости.

Для измерения шероховатости исследуемого образца необходимо попеременно сравнить шероховатость исследуемого образца с эталонным образцом. После этого необходимо выбрать из эталонных образцов наиболее близкий по значению шероховатости к исследуемому образцу. Таким образом, за величину шероховатости исследуемого образца принимается значение данного параметра для выбранного эталонного образца.

5 Изготовление макетов режущих элементов

Изготовление макетов режущих элементов необходимо проводить при использовании технологии спекания при высоких давлениях и температурах. Процесс спекания, оборудование и технологические параметры аналогичны таковым для получения материала режущего слоя. Исключение составляет температурный режим спекания. Это связано с необходимостью появления жидкой фазы в твердосплавной подложке изготавливаемого макета режущего элемента. Жидкая фаза из твердосплавной подложки обеспечивает пропитку режущего слоя и припекание его к самой подложке. Таким образом температура спекания должна составлять не менее 1600 °С, но в то же время не должна сильно превышать данную величину. Данное обстоятельство связано с технологическими ограничениями, при которых оборудование не может выдерживать большое количество циклов изготовления изделия.

В качестве шихты для спекания макетов режущих элементов используются две предварительно спеченные пластины:

- 1) Пластина твердосплавной подложки, изготовленная согласно КТД 01100.00297.
- 2) Пластина алмазного режущего слоя, изготовленная согласно КТД 01100.00298.

Пластины подложки и режущего слоя (позиция 10 на рисунке 1) помещали в ячейку высокого давления. Для передачи квазигидростатического давления в ячейке используются кольца из кальцита (позиции 1,4,5 на рисунке 1), изготавливаемые методом прессования с бакелитовым лаком и последующим отжигом. Для передачи температуры используются нагреватель и крышки, спрессованные из смеси графита и оксида алюминия (позиции 2,3 на рисунке 1), через которые пропускается электрический ток. При этом соотношение графита и оксида алюминия может варьироваться для изменения общего электрического сопротивления ячейки. Для изоляции шихты от графитовых элементов сборки используются боковые кольца и торцевые крышки из спрессованного порошка гексагонального нитрида бора (позиции 6 и 8 на рисунке 1). Для придания дополнительной жесткости и изменения высоты получаемого образца режущего слоя используется вставка из спрессованного оксида алюминия (позиция 9 на рисунке 1) варьируемой высоты.

Снаряженные ячейки помещали в камеру высокого давления «тороид» с диаметром лунки 40 мм. и спекали в условиях высоких давлений и температур на установке для спекания при высоких давлениях и температурах на базе пресса ДО-044». Рабочее давление составляет 5 – 7 ГПа, температура составляет 1600 °С, время выдержки при

заданной температуре 5 мин. Для получения образцов макетов режущих элементов типоразмера I диаметром 15 мм, при спекании образцов типоразмера II диаметром 17,5 мм для достижения аналогичных характеристик конечного изделия необходимо увеличить мощность нагрева на 10%.

При соблюдении вышеописанной технологии изготовления полученные образцы макетов режущих элементов соответствует заданным физико-механическим свойствам.

Заключение

Разработаны программы и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов материала режущего слоя, полученных в соответствии с комплектом технологической документации на изготовление экспериментальных образцов материалов режущего слоя 01100.00297.

Для измерения твердости материала режущего слоя применяется метод измерения микротвердости по Кнупу. Для измерения износостойкости материала применяется метод соотношения убыли массы образца и истираемой заготовки. Для измерения трещиностойкости применяется метод индентирования с последующим анализом трещин от отпечатка индентора.

На основе выбранных методов была разработана «Программа и методики испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя», приведенная в Приложении Б к данному отчёту.

Методом спекания при высоких давлениях и температурах изготовлены экспериментальные образцы материала режущего слоя. Для оптимизации технологических параметров спекания были проведены исследования образцов методом спектроскопии КРС. В результате исследований была определена оптимальная температура спекания материала режущего слоя, составляющая 1400 °С. Проведены измерения твердости полученных образцов. Результаты измерения показали удовлетворительные значения данного параметра.

Проведены исследовательские испытания экспериментальных образцов материалов режущего слоя. Результаты проведенных испытаний, приведенных в Приложении В, показали полное соответствие измеренных значений с заявленными в техническом задании.

Приложение А

Акт изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ

В.Д.Бланк

«30» июля 2016 г.

АКТ №1

изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя

НУМК.397000.100

Соглашение № 14.577.21.0159 о предоставлении субсидии от

27 июля 2015 г.

14 марта 2016 г.

г. Троицк

Комиссия в составе:

председателя	заместителя директора ФГБНУ ТИСНУМ	В.М. Прохорова
членов комиссии	заведующего отделом	А.С. Усеинова
	заведующего отделом	С.А. Перфилова
	ведущего инженера-экономиста	Е.Е. Сапрыкина

назначенная приказом по ФГБНУ ТИСНУМ от 23 апреля 2015 г. № 28-о, составила настоящий акт о нижеследующем.

1. Комиссии предъявлены:

1.1 Экспериментальные образцы материалов режущего слоя НУМК.397000.100 для проведения исследовательских испытаний в количестве 20 шт

1.2 Комплект технологической документации на материалы режущего слоя КТД 01100.00297 в составе: ведомость материалов, маршрутная карта, карта эскизов.

1.3 Распоряжение директора ФГБНУ ТИСНУМ от 01.02.2016г. № 03-и на изготовление экспериментальных образцов материалов режущего слоя.

1.4 Протоколы исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя №№ 1, 2, 3, 4.

2. В результате проверки установлено:

2.1 В период с 01.02.2016 г. по 14.03.2016 г. в отделе функциональных и конструкционных наноматериалов ФГБНУ ТИСНУМ изготовлены экспериментальные образцы материалов режущего слоя в соответствии с комплектом технической документации КТД 01100.00297 в комплектности, установленной техническим заданием.

3. Вывод

3.1 Экспериментальные образцы материалов режущего слоя пригодны для проведения исследовательских испытаний.

Председатель
Члены комиссии



В.М. Прохоров
А.С. Усеинов
С.А. Перфилов
Е.Е. Сапрыкин

Приложение Б

Программа и методики исследовательских испытаний материалов режущего слоя

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБНУ ТИСНУМ



В.Д.Бланк

30 июня 2016 г.

ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ
исследовательских испытаний экспериментальных образцов материалов режущего слоя

НУМК.397000.100 ПМ

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Разработал

М.С.Казарина

Нормоконтроль

Е.Е.Сапрыкин

Заведующий отделом

С.А.Перфилов

Главный конструктор

А.В.Рассказчиков

Главный технолог

А.А.Сичевский

Главный метролог

В.В.Соловьев

Условные обозначения и сокращения, принятые в тексте

ТЗ Техническое задание

ТУ Технические условия

ПМ Программа и методика испытаний

НД Нормативная документация

Продукция Материал (вещество, изделие), производимый по ТП

1 Общие положения

1.1 Наименование и обозначение объектов исследовательских испытаний.

1.1.1 Объектом исследовательских испытаний являются экспериментальные образцы материалов режущего слоя на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов с повышенными значениями твердости, износостойкости и трещиностойкости, изготовленные в соответствии с технологической документацией на изготовление материалов режущего слоя (КТД 01100.00297), разработанной в ФГБНУ ТИСНУМ.

1.1.2 Наименование и обозначение продукции, изготавливаемой по методике: экспериментальные образцы материалов режущего слоя с улучшенными физико-механическими свойствами.

1.2 Цель испытаний.

1.2.1 Оценка соответствия технических характеристик экспериментальных образцов материалов режущего слоя требованиям ТЗ (п.4.2.1), проверка достаточности и правильности выбора испытательного оборудования, контрольно-измерительных средств.

1.3 Условия предъявления на исследовательские испытания.

1.3.1 Исследовательские испытания образцов материалов режущего слоя проводятся средствами технологического оснащения разработчика.

1.3.2 Образцы материалов режущего слоя предъявляются на исследовательские испытания в сопровождении следующих документов:

- Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0159 от 27 июля 2015г. с Приложениями;
- Технологическая документация на изготовление материалов режущего слоя (КТД 01100.00297)
- настоящая ПМ;

Изм. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подпись и дата	

НУМК.397000.100 ПМ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Программа и методики исследовательских испытаний материалов режущего слоя ФГБНУ ТИСНУМ
Разработ.		Казарина		30.06	
Проверил.		Сичевский		30.06	
Н. контр.		Сапрыкин		30.06	
Утверж.		Перфилов		30.06	
			Литера	Лист	Листов
				2	15

- нормативная документация, указанная в настоящей ПМ;
- акт изготовления экспериментальных образцов материалов режущего слоя с улучшенными физико-механическими свойствами НУМК.397000.100.

1.3.3 На исследовательские испытания предъявляются:

- экспериментальные образцы материалов режущего элемента диаметром 15 мм;
 - экспериментальные образцы материалов режущего элемента диаметром 17,5 мм;
- на основе порошков высококачественных природных и синтетических алмазов, из которых случайным образом отбираются 1 % изделий, но не менее 3-х образцов для проведения исследовательских испытаний по каждому пункту испытаний согласно Таблице 1 настоящей ПМ.

1.3.4 Образцы материалов режущего слоя предъявляются на исследовательские испытания в следующей комплектности:

- образец материалов режущего слоя;
- индивидуальная тара – полиэтиленовые пакеты ГОСТ 12302-83.

1.3.5 Организация-исполнитель (ФГБНУ ТИСНУМ) взаимодействует с организациями, участвующих в испытаниях в следующем порядке:

- уведомляет о готовности к проведению исследовательских испытаний;
- обеспечивает условия для работы на всех производственных участках при проведении исследовательских испытаний.

2 Общие требования к условиям, обеспечению и проведению исследовательских испытаний

2.1 Место проведения исследовательских испытаний.

2.1.1 Исследовательские испытания образцов материалов режущего слоя проводятся на базе ФГБНУ ТИСНУМ.

2.2 Требования к средствам испытаний.

2.2.1 Применяемые средства испытаний должны быть внесены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации, иметь техническую документацию и быть поверенными в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94. Не допускается применять средства исследовательских испытаний, не прошедшие поверку в установленные сроки.

2.2.2 Испытательное оборудование должно быть аттестовано по ГОСТ Р 8.568-97.

2.2.3 Перечень средств испытаний приведён в приложении Б настоящей ПМ.

2.2.4 Средства исследовательских испытаний, указанные в приложении Б, могут быть заменены другими, обеспечивающими требуемую точность измерений.

2.3 Требования к условиям проведения исследовательских испытаний (состояние окружающей, искусственно создаваемой или моделируемой среды):

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	НУМК.397000.100 ПМ	Лист
						3

2.3.1 Все исследовательские испытания проводят (если условия не оговорены особо) в нормальных климатических условиях при:

температуре окружающего воздуха, °С	от плюс15 до плюс 35
относительной влажности воздуха, %	от 45 до 80
атмосферном давлении, кПа (мм рт.ст.)	от 84 до 104 (от 630 до 780)

2.4 Требования к подготовке к испытаниям.

2.4.1 Перед началом исследовательских испытаний все используемое технологическое оборудование должно быть исправным и готовым к эксплуатации.

2.5 Требования к обслуживанию технологического оборудования в процессе исследовательских испытаний.

2.5.1 В процессе проведения исследовательских испытаний работы по обслуживанию технологического оборудования, выполняет квалифицированный персонал, имеющий право обслуживания.

2.6 Требования к порядку работы по завершении исследовательских испытаний.

2.6.1 После завершения исследовательских испытаний работы по обслуживанию технологического оборудования, на котором продолжается производство продукции прерванное на время исследовательских испытаний, выполняются в установленном порядке.

2.6.2 Образцы материалов режущего слоя по завершении испытания должны быть упакованы в индивидуальную тару – полиэтиленовые пакеты по ГОСТ 12302-83.

2.7 Требования к персоналу, осуществляющему подготовку к исследовательским испытаниям и исследовательские испытания.

2.7.1 Специалисты, осуществляющие подготовку и проведение исследовательских испытаний, должны иметь профессиональную подготовку, квалификацию и опыт работы на применяемом для исследовательских испытаний оборудовании.

2.7.2 К проведению исследовательских испытаний допускается персонал, прошедший обучение, изучивший технологическую и эксплуатационную документацию на обслуживаемое технологическое оборудование, средства исследовательских испытаний, а также инструкции по охране труда и технике безопасности.

3 Требования безопасности

3.1 Требования безопасности труда при подготовке, проведении и завершении исследовательских испытаний образцов материалов режущего слоя должны удовлетворять

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	НУМК.397000.100 ПМ	Лист
						4

нормам, правилам, инструкциям и положениям по охране труда, действующим в ФГБНУ ТИСНУМ.

3.1.1 При подготовке к проведению исследовательских испытаний и проведении исследовательских испытаний, персонал должен надеть спецодежду и иметь средства индивидуальной защиты:

- халат ГОСТ 12.4.131-83 или ГОСТ 12.4.132-83;
- очки защитные ЗП ГОСТ Р 12.4.013-97;
- перчатки трикотажные типа I ГОСТ 5007-87.

3.2 При проведении исследовательских испытаний необходимо соблюдать правила: охраны труда, техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей и личной гигиены.

3.3 Требования безопасности при выполнении работ по завершению исследовательских испытаний.

По завершению исследовательских испытаний выключить электропитание установок, убрать инструмент, спецодежду и средства индивидуальной защиты в специальные шкафы, вымыть руки с мылом или принять душ.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	НУМК.397000.100 ПМ					Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дат	

НУМЖ.397000.100 ПМ

Лист	6
------	---

4. Определяемые показатели и точность их измерения

Таблица 1. Определяемые показатели и точность их измерений

Пункт программы	Вид испытаний	Пункт требований ТЗ	Един. измерений	Номинальное значение	Предельные отклонения	Пункт методики
4.1	Экспериментальные образцы материалов режущего слоя двух типоразмеров: - типоразмер 1 диаметр 15 мм - типоразмер 2 диаметр 17,5 мм Геометрические размеры: Типоразмер 1 - диаметр - высота Типоразмер 1 - диаметр - высота	4.2.1	мм мм мм мм	не менее 14,4 2,0 ±1,0 не менее 16,8 2,0 ±1,0		6.1
4.2	Твердость	4.2.1.	ГПа	не менее 75		6.2
4.3	Износостойкость	4.2.1.	мг/кг	не менее 0,27		6.3
4.4	Трещиностойкость	4.2.1.	МПа•м ^{1/2}	не менее 5		6.4

6.1.3. При несоответствии хотя бы одного образца заданным показателям, произвести контроль удвоенного количества образцов. Принять результаты повторного контроля за окончательные.

6.1.4. Образец считается выдержавшим испытание, если его геометрические размеры соответствует требованиям п. 4.1. настоящих ПМ.

6.2 Исследовательские испытания по п. 4.2 Программы выполняется следующим образом.

6.2.1. Произвести подготовку образцов материала режущего слоя в соответствии с п.4 ГОСТ 9450-76. Шероховатость испытываемой поверхности Ra должна быть не более 0,32 мкм.

6.2.2. Подготовить микротвердомер к измерению твердости образцов материалов режущего слоя, для чего произвести проверку чувствительности механизма нагружения, определить масштаб увеличения окуляр-метрометра и центровку положения опытного образца в соответствии с инструкцией к прибору.

6.2.3. Для испытания применять алмазный наконечник Кнупа с формой рабочей части в виде четырехгранной пирамиды с ромбическим основанием.

6.2.4. При помощи ручного прессика, являющегося составной частью прибора, закрепить образец на рабочей поверхности таким образом, чтобы исследуемая область расположилась параллельно плоскости столика.

6.2.5. Поместить на утолщенную часть штока груз.

6.2.6. Выбрать место нанесения отпечатка. Плавно повернуть предметный столик до упора и зафиксировать в этом положении винтом.

6.2.7. Опустить шток на рабочую поверхность исследуемого образца так, чтобы алмаз коснулся исследуемого предмета. Нагрузка на алмазный наконечник должна составлять 0,981 Р (0,1 кгс). Продолжительность выдержки под нагрузкой должна быть не менее 10 с.

6.2.8. Нанести на исследуемую поверхность не менее 3-х отпечатков.

6.2.9. Отжать фиксирующий предметный столик винт.

6.2.10. Измерить наибольшую диагональ отпечатка при помощи микроскопа микротвердомера. Разность размеров максимального и минимального отпечатков не должна превышать 3% от минимального значения.

6.2.11. Вычислить значение числа Кнупа (I) по формуле:

$$I=14,230 \cdot F/l_0^2$$

где F – значение нагрузки, 0,981 Н (0,1кгс); l_0 – длина большей диагонали ромбического отпечатка, мм.

6.2.12. Образец считается выдержавшим испытание, если его твердость соответствует требованиям п. 4.2. настоящих ПМ.

Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	НУМК.397000.100 ПМ	Лист
						8

6.3 Исследовательские испытания по п. 4.3. Программы выполняются следующим образом.

6.3.1. Подготовить образцы материалов режущего слоя к определению износостойкости, для чего произвести их обработку по торцам на плоскошлифовальном станке и по образующей – на круглошлифовальном станке до следующих геометрических размеров:

- образцы материала режущего слоя диаметром 15 мм – диаметр (13,44±0,05) мм, высота (2±1) мм;

- образцы материала режущего слоя диаметром 17,5 мм – диаметр (15,88±0,02) мм, высота (2±1) мм;

6.3.2. Для измерения использовать заготовку из гранита с известным показателем износостойкости.

6.3.3. Определить массу заготовки из гранита. Погрешность взвешивания ±0,01 г.

6.3.4. Определить массу исследуемого образца материала режущего слоя. Погрешность взвешивания ±0,005 г.

6.3.5. Поместить и отцентровать гранитную заготовку в патроне токарно-винторезного станка.

6.3.6. Установить и закрепить образец материала режущего слоя в держатель резцедержателя.

6.3.7. Произвести резание по следующему режиму:

- частота вращения шпинделя – 100 об. мин⁻¹;

- глубина резания – 5 мм;

- подача – 0,1 мм/об.

6.3.8. Извлечь заготовку и образец материала режущего слоя.

6.3.9. Определить массу заготовки после обработки. Вычислить убыль массы образца по сравнению с первоначальной.

6.3.10. Определить массу образца материала режущего слоя (N) по формуле:

$$N = \Delta m / \Delta M$$

где Δm – убыль массы образца режущего слоя, мг; ΔM – убыль массы заготовки из гранита, кг.

6.3.11. Образец считается выдержавшим испытание, если его износостойкость соответствует требованиям п. 4.3. настоящих ПМ.

6.4 Исследовательские испытания по п. 4.4 Программы выполняется следующим образом.

6.4.1. Произвести подготовку образцов материала режущего слоя в соответствии с п.4 ГОСТ 9450-76. Шероховатость испытываемой поверхности Ra должна быть не более 0,32 мкм.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	НУМК.397000.100 ПМ	Лист
						9

6.4.2. Подготовить микротвердомер к измерению твердости образцов материалов режущего слоя, для чего произвести проверку чувствительности механизма нагружения, определить масштаб увеличения окуляр-метрометра и центровку положения опытного образца в соответствии с инструкцией к прибору.

6.4.3. Для испытания применять алмазный наконечник Виккерса с формой рабочей части в виде четырехгранной пирамиды с квадратным основанием.

6.4.4. При помощи ручного прессика, являющегося составной частью прибора, закрепить образец на рабочей поверхности прибора так, чтобы исследуемая область расположилась параллельно плоскости столика.

6.4.5. Поместить на утолщенную часть штока груз.

6.4.6. Выбрать место нанесения отпечатка. Плавно повернуть предметный столик до упора и зафиксировать в этом положении винтом.

6.4.7. Опустить шток на рабочую поверхность исследуемого образца так, чтобы алмаз коснулся исследуемого предмета. Нагрузка на алмазный наконечник должна составлять 4,905 Н (0,5 кгс). Продолжительность выдержки под нагрузкой должна быть не менее 10 с.

6.4.8. Нанести на исследуемую поверхность не менее 3-х отпечатков.

6.4.9. Отжать фиксирующий предметный столик винт.

6.4.10. Измерить наибольшую диагональ радиальных трещин каждого отпечатка при помощи микроскопа микротвердомера. Разность размеров максимального и минимального отпечатков не должна превышать 3% от минимального значения.

6.4.11. Вычислить значение коэффициента трещиностойкости (K_{1c}) по формуле:

$$K_{1c} = 0,016 (E/H_{\mu})^{0,5} \cdot (P/c^{1,5})$$

где E – модуль упругости, ГПа; H_{μ} – микротвердость (число микротвердости по Кнупу), ГПа; P – нагрузка на индентор, Н; c – длина наибольшей радиальной трещины, 10^{-6} м.

6.4.12. Образец считается выдержавшим испытание, если его коэффициент трещиностойкости соответствует требованиям п. 4.4. настоящих ПМ.

7 Отчетность

7.1 Заданные и фактические данные, полученные при испытаниях по каждому пункту программы, оформляются протоколами, представляемыми на заседание комиссии по проведению испытаний.

Допускается оформлять одним протоколом данные, полученные при испытаниях по нескольким пунктам программы.

7.2 По результатам испытаний в течение 3 дней комиссией оформляется акт испытаний.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	НУМК.397000.100 ПМ	Лист
						10

Акт испытаний должен содержать:

- подтверждение выполнения программы испытаний;
- оценку результатов испытаний с конкретными точными формулировками, отражающими

соответствие испытываемой Методики и экспериментальной партии образцов НКМ, изготовленных с помощью данной Методики, требованиям ТЗ;

- выводы по результатам испытаний;

К акту прилагаются протоколы испытаний по пунктам программы.

7.3 Первичные материалы испытаний хранятся в ФГБНУ ТИСНУМ в течение 10 лет со дня окончания испытаний.

7.4 Отчётная документация рассылается в следующие адреса:

Минобрнауки России;
Индустриальному партнёру

Приложения

- Приложение А ПМ Перечень ссылочных документов
- Приложение Б ПМ Перечень средств испытаний
- Приложение В ПМ Типовая форма протокола испытаний

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата					Лист
									11
					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Приложение А ПМ

(информационное)

Перечень ссылочных документов

ГОСТ 2.114-95	ЕСКД. Технические условия.
ГОСТ 3.1105-84	ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения.
ГОСТ Р 8.568-97	ГСОЕИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
ГОСТ 12302-83	Пакеты из полимерных пленок и комбинированных материалов. Общие технические условия.
ГОСТ 9450-76	Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников
ГОСТ 12.4.131-83	Халаты женские. Технические условия.
ГОСТ 12.4.132-83	Халаты мужские. Технические условия.
ГОСТ Р 12.4.013-97	ССБТ. Очки защитные. Общие технические условия.
ГОСТ 5007-87	Изделия трикотажные перчаточные. Общие технические условия.
ТУ 3-3.2388-91	Микротвердомер ПМТ-3М1.
ГОСТ 14-88	Станки плоскошлифовальные с круглым столом и горизонтальным шпинделем
ГОСТ 11654-90	Станки круглошлифовальные. Основные параметры и размеры.
Нормы точности	
ГОСТ 18097-93	Станки токарно-винторезные и токарные. Основные параметры.
Нормы точности	
ГОСТ 21241-89	Пинцет медицинский
ГОСТ 29329-92	Весы электронные
ГОСТ 24104-2001	Весы лабораторные. Общие технические требования.
ТУ 25-1894.003-90	Секундомеры механические
ГОСТ 166-89	Штангенциркули. Технические условия.
ГОСТ 5007-2014	Изделия трикотажные перчаточные. Общие технические условия.
ГОСТ 9377-81	Наконечники и байки алмазные к приборам для измерения твердости металлов и сплавов.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					НУМК.397000.100 ПМ	Лист 12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ПР 50.2.006-94

ГСОЕИ. Порядок проведения поверки средств измерений.

РД 153-34.0-03

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	НУМК.397000.100 ПМ				Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

Приложение Б ПМ

(обязательное)

Перечень средств испытаний

Наименование, тип и марка	Кол-во	ГОСТ, ТУ или обозначение	Основные характеристики
Штангенциркуль Micron	1	ГОСТ 166-89	Диапазон измерений – от 0 до 125мм Цена деления – 0,01мм
Микротвердомер ПМТ-3М1	1	ТУЗ-3.2388-91	Диапазон нагрузки от 0,0196 до 4,9 Н Увеличение микроскопа: 130, 500, 800.
Весы лабораторные электронные HR-202i A&D	1	ГОСТ 29329-92	Пределы измерений: 0,1-120,0 г. Шаг дискретности 0,001 г.
Весы электронные ЕК 2000i	1	ГОСТ 24104-2001	Пределы измерений: 0,1-2000 г. Цена деления 0,1
Шлифовально-полировальная машина Tegra pol-11	1	Документация производителя	Скорость вращения диска: 50-300 об/мин.
Станок плоскошлифовальный 3Е711В	1	ГОСТ 14-88	Наибольшие размеры обрабатываемых изделий: 630×200×375 мм. Класс точности по ГОСТ 8-82: В.
Станок круглошлифовальный 3У12аф11	1	ГОСТ 11654-90	Наибольшие размеры обрабатываемых изделий: 500×200×375 мм.
Станок токарно-винторезный мод.316 ВН	1	ГОСТ 18097-93	Наибольшие размеры обрабатываемых изделий: 500×200×316 мм.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

НУМК.397000.100 ПМ

Лист

14

**Приложение В ПМ
Типовая форма протокола**

**ПРОТОКОЛ
испытания по пункту № *число*
Программы и методики (*вид испытаний*) испытаний
*обозначение документа***

№ *число*

число *месяц* в *родительном падеже* 2016 г.

1. **Объект испытания:** *Наименование и обозначение в соответствии с основным конструкторским документом*
2. **Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № *число* технического задания: *Текст соответствующего пункта ТЗ.*
3. **Дата начала испытания:** *число* *месяц* в *родительном падеже* 2016 г.
4. **Дата окончания испытания:** *число* *месяц* в *родительном падеже* 2016 г.
5. **Место проведения испытания:**
6. **Перечень средств измерений и испытательного оборудования:**

Наименование оборудования	Заводской номер	Номер сертификата о поверке	Дата поверки

7. Результаты испытания:

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методика испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение			

8. Замечания и рекомендации:

9. Выводы:

9.1 Объект испытания *наименование объекта* выдержал (не выдержал) испытание по пункту № *число* Программы и методики *обозначение документа*.

9.2 Объект испытания *наименование* соответствует (не соответствует) требованиям пункта № *число* технического задания.

Испытание проводили:

От *наименование организации в родительном падеже*

От *наименование организации в родительном падеже*

Должность

Должность

И.О. Фамилия

И.О. Фамилия

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	НУМК.397000.100 ПМ	Лист
						15

Приложение В

Акт исследовательских испытаний материалов режущего слоя



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ

В.Д. Бланк

“30” июля 2016 г.

АКТ
исследовательских испытаний
экспериментальных образцов материалов режущего слоя
по программе и методикам исследовательских испытаний
НУМК.397000.100 ПМ

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0159
от 27 июля 2015г.

26 апреля 2016 г.

г.Троицк

Комиссия в составе:
председателя

заместителя директора ФГБНУ ТИСНУМ

В.М. Прохорова

членов комиссии

заведующего отделом

А.С. Усеинова

заведующего отделом

С.А. Перфилова

ведущего инженера-экономиста

Е.Е. Сапрыкина

назначенная приказом по ФГБНУ ТИСНУМ от 23 апреля 2015 г. № 28-о, в период с 15 марта 2016 г. по 26 апреля 2016 г. выполнила исследовательские испытания экспериментальных образцов материалов режущего слоя (далее – объект испытаний). Испытания проведены в ФГБНУ ТИСНУМ по программе и методикам исследовательских испытаний НУМК.397000.100 ПМ

1. Комиссией установлено:

1.1. Программа исследовательских испытаний выполнена полностью.

1.2. Состав и комплектность объекта испытаний соответствует Техническому заданию на выполнение ПНИ по теме: «Разработка технологии получения наноструктурированного режущего слоя из сверхтвердых материалов для высокоэффективного породоразрушающего инструмента».

1.3. Объект испытаний выдержал исследовательские испытания по Программе и методикам НУМК.397000.100 ПМ

2. Выводы

2.1. Объект испытаний соответствует заданным в техническом задании требованиям, перечисленным в Программе и методиках.

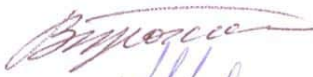
3. Замечания и рекомендации

Замечаний и рекомендаций нет.

Приложения

Протоколы испытаний по пунктам ПМ.

Председатель



В.М. Прохоров

Члены комиссии



А.С. Усеинов



С.А. Перфилов



Е.Е. Сапрыкин