



Национальный  
исследовательский  
Томский  
государственный  
университет

# КОМПЕТЕНЦИИ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ДЛЯ СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ





# ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕГОДНЯ

ТГУ – в лидерах ведущих университетов  
Российской Федерации

## #250

ТОП-250 лучших  
университетов  
мира

## #8

в рейтинге QS  
Emerging Europe  
and Central Asia

## #4

среди вузов  
Российской  
Федерации



Более 600 докторов наук  
и 1300 кандидатов наук

## 20

факультетов  
и институтов

## 15185

студентов

## 3019

иностранных  
студентов  
из 70 стран



## 49

научно-  
образовательных  
центров



## 66

лабораторий  
мирового уровня



НИИ прикладной  
математики и механики



Томский региональный центр  
коллективного пользования



Сибирский физико-  
технический институт



НИИ биологии и биофизики



Научная библиотека



Сибирский ботанический сад

**Н**а протяжении всей своей истории Университет развивался как классический, поддерживая фундаментальные и прикладные научные направления. Такой синтез позволил на высоком уровне проводить работы по междисциплинарным проектам в интересах реального сектора экономики. Приоритет всегда отдавался решению задач, результаты которых внедрялись в промышленность, а разработанные в лабораторных условиях макеты зачастую становились продукцией серийного выпуска. Одновременно с этим была создана система кадрового обеспечения научной и инновационной деятельности, направленная на подготовку специалистов и руководителей проектов, в т.ч. для международной научной коллаборации.

#### **Компетенции ТГУ в области станкостроения и инструментальной техники:**

1. Инструментальная режущая керамика на основе оксидных соединений
2. Функциональная техническая керамика на основе корунда
3. Антифрикционные высокотвёрдые тонкоплёночные керамические покрытия
4. Пневоциркуляционные установки получения абразивных порошков заданной дисперсности
5. Установки экструзионной 3Д-печати металлами, керамикой и керметами
6. Стенд испытаний аддитивных материалов на обрабатываемость резанием

#### **ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ:**

- 09.03.04 Программная инженерия
- 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
- 15.03.06 Мехатроника и робототехника
- 24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
- 27.03.05 Инноватика
- 27.03.02 Управление качеством

**#7**

в рейтинге RAEX  
в предметной области  
«машиностроение  
и робототехника» (2024)

# Техническая керамика на основе корунда конструкционного и функционального назначения

Руководитель проекта  
Григорьев Михаил Владимирович  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Разработки реализуются совместно  
с ООО «Нанокерамика»

**Изделия из корундовой керамики обладают высокой прочностью, твердостью, износостойкостью, устойчивостью к агрессивным средам и стабильностью при высоких температурах**

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Металлургия, строительная промышленность, машиностроение, нефтегазовая отрасль и т. д.

## ПРЕИМУЩЕСТВА

- Полный цикл производства создания продукта из технической керамики: от разработки трехмерных моделей изделий до изготовления форм, спекания и финишной обработки поверхности
- Получение изделий сложной геометрии с высокой точностью (до 0,05 мм) и шероховатостью поверхности (до Ra 0,1–0,3), в т. ч. резьбовых соединений. Плотность изделий близка к теоретической. Изготовление высокопористых изделий с объемной пористостью до 50 % по желанию заказчика

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

АО «ОЭМК», АО «НПЦ «Полюс», АО «Сибкабель», АО «НЗКМ», ЗАО «БПЗ», АО «ИСС» им. акад. М.Ф. Решетнёва, ООО «Металлопродукция» и другие крупные компании

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОТРУДНИЧЕСТВУ

- Разработка НИР, НИОКР в области технологий производства композиционных материалов и изделий из керамики, а также технологии получения новых видов наноструктурной керамики
- Увеличение межремонтного пробега оборудования за счет замены быстро изнашивающихся деталей из металла на изделия из керамики

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

| Свойства  | ВК94-1<br>(22ХС) | ВК95-1           | ВК100            |
|---|------------------|------------------|------------------|
| Объемная масса, г/см <sup>3</sup> не менее  | 3,65             | 3,67             | 3,8              |
| Водопоглощение, %, не более   | 0,02             | 0,02             | 0                |
| Предел прочности при статическом изгибе, МПа  | 320              | 310              | 320              |
| Модуль упругости, ГПа   | 300              | 280              | 390              |
| Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 <sup>6</sup> Гц и температуре 200°С, не более  | 10,3             | 10,4             | 10,5             |
| Тангенс угла tgδ·10 <sup>-4</sup> диэлектрических потерь при частоте 10 <sup>6</sup> /10 <sup>10</sup> Гц и температуре 200°С, не более | 6/15             | 5/10             | 2/1              |
| Удельное электрическое сопротивление 1000°С, Ом·см  | 10 <sup>13</sup> | 10 <sup>13</sup> | 10 <sup>14</sup> |
| Средний ТКЛР α·10 <sup>-6</sup> , К <sup>-1</sup> в интервале температур 20–600°С   | 6–8              | 5,8–8            | 8                |
| Теплопроводность, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> от 20 до 100°С  | 8–10             | 8–10             | 9–10             |

## НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

- Изоляторы различного назначения
- Торцевые уплотнительные кольца
- Ловители
- Втулки для сварки
- Втулки для нагревателей муфельных печей
- Сопла для сварочного инструмента и газовых горелок
- Сопла дробеструйных (пескоструйных) аппаратов
- Разное: керны, звездочки, прокладки, хим. посуда



# Керамический режущий инструмент на основе композита диоксида циркония и оксида алюминия для высокоскоростной обработки конструкционных материалов

Руководитель проекта  
Семёнов Артём Романович  
младший научный сотрудник

Разработки реализуются совместно  
с ООО «ПК МИОН»



## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

### Высокоскоростная механическая обработка

- закаленных углеродистых и нержавеющей сталей
- алюминиевых сплавов
- титановых сплавов
- жаропрочных сталей и сплавов
- технических пластиков
- других конструкционных и инструментальных материалов

## НОВИЗНА

- Инновационная технология получения керамических заготовок из оксидной керамики делает возможным изготовление из них металлорежущего инструмента, обладающего самыми высокими механическими характеристиками из всех оксидных керамик

## ПРЕИМУЩЕСТВА

- **Высокая стойкость инструмента** – за счет фазовых переходов материал выдерживает циклические высокие сжимающие напряжения в процессе обработки и значительно препятствует хрупкому разрушению режущих кромок
- **Высокие механические и технологические характеристики** – гомогенная структура материала исключает остаточные напряжения на поверхности режущих кромок, что обуславливает отсутствие в кромках микродефектов и их охрупчивания в процессе заточки. Возможность получения малого (до 2 мкм) радиуса округления режущей кромки, который в процессе ВСО долго сохраняет свою «остроту»

- Технология круглого и плоского алмазного шлифования заготовок позволяет получать качественный и высокоточный режущий инструмент
- Гибкая технология термической обработки материала заготовок позволяет изготавливать специальный инструмент сложной фасонной формы
- Заготовки режущего инструмента подходят для обработки на высокоточном алмазно-шлифовальном оборудовании, предназначенном для обработки твердого сплава
- Производство из отечественного и зарубежного сырья, не исключая их смесь

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

| Материал  | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Твердость по Виккерсу, ГПа | Прочность на изгиб, МПа | Трещиностойкость, МПа·м <sup>0,5</sup> |
|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------|--|
| Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>                    | 2,8–3,1                      | 20–24                      | 600–700                 | 5,9–7,5                                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC              | 4,1–4,4                      | 21–30                      | 600–950                 | 5,3–7,0                                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | 3,5–3,7                      | 18–22                      | 400–500                 | 3,3–5,0                                |
| ZrO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,5–5,5                      | 14–18                      | 900–1500                | 7,0–11,0                               |

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

Авиастроительные, аэрокосмические, нефтегазовые и предприятия атомной промышленности, такие как ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ОАК), ОКБ «Аэрокосмические системы», ПАО «Газпром», ПАО «Транснефть», ГК «Росатом» и другие высокотехнологичные предприятия и корпорации

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОТРУДНИЧЕСТВУ

Реализуем НИР и НИОКР в сфере обработки конструкционных материалов резанием



# Экструзионная 3D-печать металлами, керамикой и керметами

Руководитель проекта  
Лернер Марат Израильевич  
доктор технических наук, главный научный сотрудник

Исследования выполнены за счет гранта  
Российского научного фонда  
(проект № 21-79-30006)

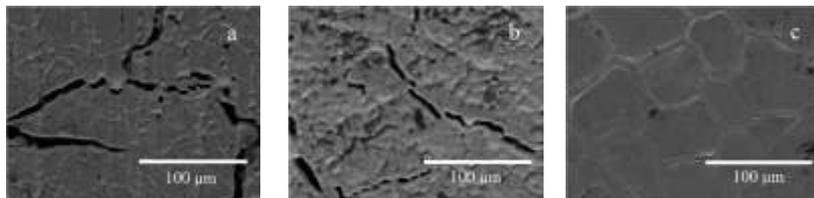
## Композиционные материалы (фидстоки) для производства деталей методами экструзионной 3D-печати и PIM (MIM, CIM и $\mu$ MIM)

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- Получение бимодальных порошков с заданным соотношением nano- и микрочастиц
- Получение фидстоков с бимодальными порошками, обладающих низкой вязкостью (менее 30 Па\*с)
- Изготовление деталей сложной формы из материалов, аддитивное формирование из которых другими методами затруднено или невозможно

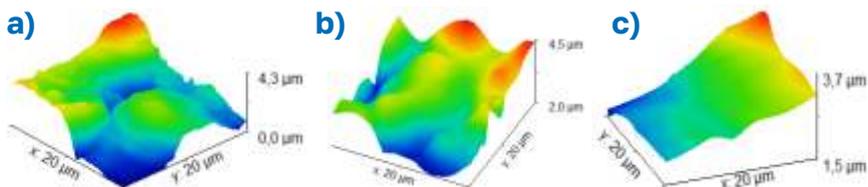
SEM-изображение поверхности спеченных образцов SS 316L: температура спекания

**a) 1250 °C, b) 1280 °C, c) 1300 °C**



AFM-фотографии поверхности образцов, спеченных при различных температурах:

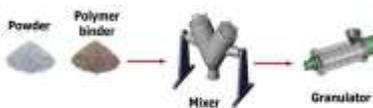
**a) 1100 °C, b) 1200 °C, c) 1300 °C**



## КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

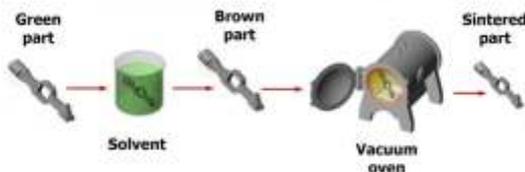
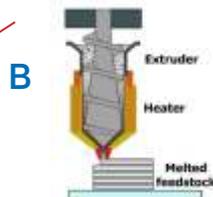
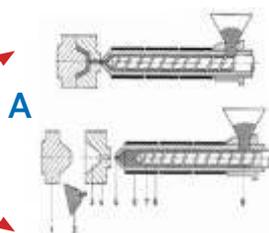
- Большой выбор недоступных в настоящее время порошков металлов и сплавов, керамики, интерметаллических соединений керметов и псевдосплавов
- Высокое качество конечных деталей, а также возможность использования дешевых 3D-принтеров
- Снижение затрат на MIM, печать или формовку деталей, которые становятся доступными для различных предприятий
- Гибкость в разработке и создание различных исходных материалов, оперативное изменение их свойств для удовлетворения требований к конкретным деталям, изготовленным по технологиям 3D-печати или PIM
- Возможность заранее проектировать материалы для деталей и определять их характеристики, такие как электропроводность, теплоустойкость и теплопроводность, прочность, магнитные свойства и др.

### Процессы изготовления металлических и керамических деталей с использованием фидстоков



**A** PIM-технология

**B** – Экструзионная 3D-печать (EAM/FDM/FFF)



**3D bimodal Feedstocks Printing**

# Лабораторно-производственный комплекс испытаний на обрабатываемость металлических сплавов, полученных аддитивными технологиями

Руководитель проекта  
Бабаев Артём Сергеевич  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Разработка реализуется при поддержке гранта  
Российского научного фонда  
(соглашение № 23-79-10166 от 14.08.2023)

Комплекс создан на базе фрезерного станка мод. DMU 50 с ЧПУ, обладающего высокой жёсткостью и возможностью работы на режимах черновой обработки. Комплекс оснащён аналитическим оборудованием динамического контроля параметров фрезерования

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Обрабатывающие производства, использующие аддитивные технологии при выпуске продукции из металлов (стали нержавеющей аустенитного и мартенситного класса; стали жаростойкие и сплавы на основе никеля; сплавы на основе титана)

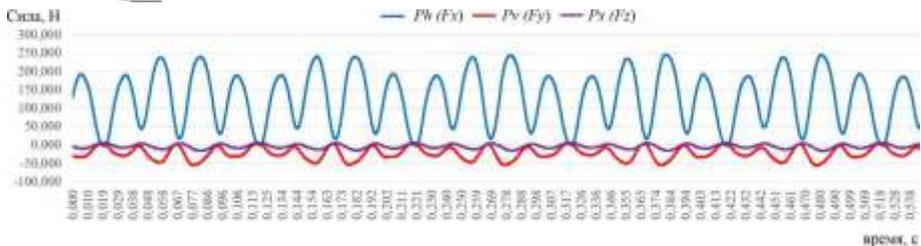
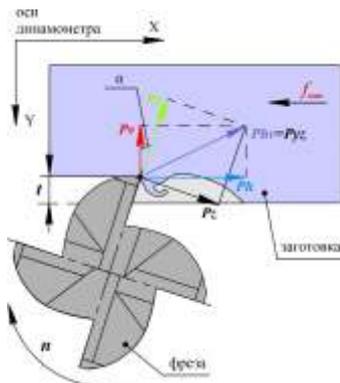


## ПРЕИМУЩЕСТВА

- Методика проведения испытания включает анализ свойств обрабатываемого материала, обоснованный выбор режущего инструмента и режимов обработки, динамическое получение данных о силах резания и виброускорениях технологической системы с последующей полуавтоматической обработкой данных
- Разработан алгоритм определения режимов обработки на критических режимах для получения предельных характеристик по удалению обрабатываемого материала с учётом анизотропии свойств аддитивной заготовки
- Комплекс апробирован при обработке нержавеющей сталей аустенитного класса, полученных по технологиям лазерного выращивания из порошка и проволоочной наплавки

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

- испытания при фрезерно-сверильной обработке
- динамический контроль сил резания до 4 кН
- динамический мониторинг виброускорений технологической системы
- измерения шероховатости ( $R_a$ ,  $R_t$ ,  $R_z$ ) обработанной поверхности
- контроль микрогеометрии (острота, сколы) режущих кромок
- регрессионный анализ и выработка коэффициентов обрабатываемости
- систематизация данных и приведение к табличному виду



## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОТРУДНИЧЕСТВУ

- Разработка НИР, НИОКР в области субтрактивной обработки аддитивных металлических материалов с использованием современного обрабатывающего и аналитического оборудования
- Обоснованный подход к назначению характеристик технологической системы для обеспечения повышенной производительности и снижения производственных затрат при фрезеровании металлов, полученных аддитивными методами

# Пневмоциркуляционные установки получения порошков заданной дисперсности

Руководитель проекта

Жуков Илья Александрович

доктор технических наук, заведующий лабораторией

## Специализированное оборудование для измельчения и центробежной классификации порошковых материалов под действием направленных высокоинтенсивных газовых потоков

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Производство абразивных порошков для шлифовки и полировки поверхностей, производство порошков заданной дисперсности для применения в аддитивных технологиях, производство порошковых материалов для электроники и др.



### ПРЕИМУЩЕСТВА

- Возможность измельчения материалов повышенной твердости
- Отсутствие мелющих тел
- Минимизация намола

### ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

- Машиностроение, транспорт, подшипниковые заводы
- Производство электродов, аккумуляторов
- Фармацевтические предприятия
- Строительные организации

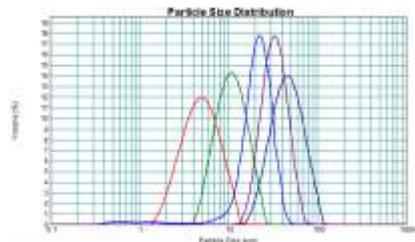
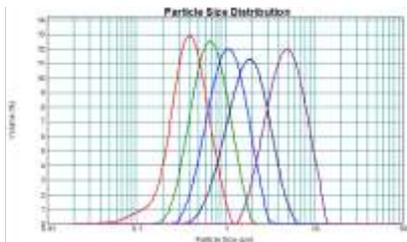
### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОТРУДНИЧЕСТВУ

- Проведение НИР/ОКР по подбору режимов измельчения и классификации для наработки требуемых фракций материала
- Контрактная переработка и поставка порошковых материалов заданных фракций
- Поставка оборудования, техническое сопровождение

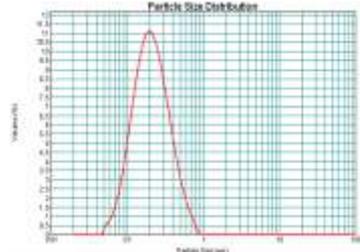
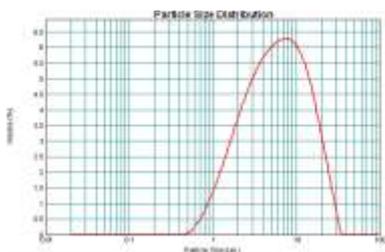
## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

- Объем загрузки 0,03–1,1 м<sup>3</sup>
- Давление газа на рабочем сопле 6–8 кг/см<sup>2</sup>
- Расход газа 100–600 м<sup>3</sup>/ч
- Производительность 0,5–20 кг/ч  
(в зависимости от размера частиц и установки)
- Элементы установок изготовлены из нержавеющей стали и в зонах взаимодействия с частицами футеруются износостойкой керамикой. Интегральный намол примесей составляет менее 0,005 %

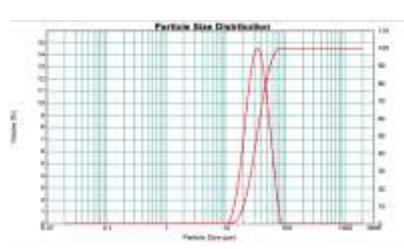
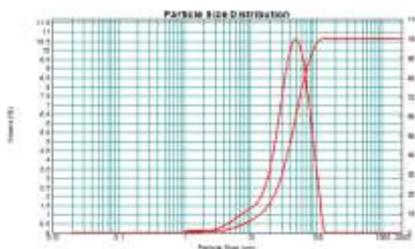
### Фракции шлифпорошков



### Выделение мелкой узкой фракции из порошка вольфрама



### Выделение фракции а ПВ для аддитивного выращивания методом



# Антифрикционные высокотвердые керамические покрытия

Руководитель проекта  
Жуков Илья Александрович  
доктор технических наук, заведующий лабораторией

Партнёр  
Институт сильноточной электроники СО РАН

**Снижение коэффициента трения повышение износостойкости, твердости, и срока службы рабочих поверхностей узлов трения и режущего инструмента**

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Повышение эффективности и срока службы узлов трения различного назначения, режущего инструмента

## НОВИЗНА

- Энергоэффективный способ получения исходного материала для напыления покрытий на основе  $AlMgB_{14}$
- Снижение коэффициента трения
- Повышение твердости и износостойкости

## ПРОИЗВОДСТВО И СЕРТИФИКАЦИЯ

- Уровень готовности технологии: TRL 4–5
- Отработаны научно-технологические подходы и режимы получения исходных материалов и формирования покрытий на их основе
- Проведены испытания различных узлов трения и образцов режущего инструмента с нанесенными покрытиями

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

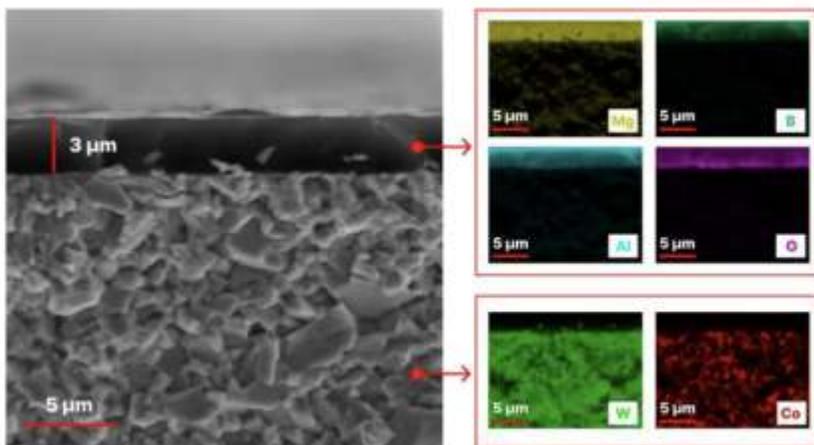
Машиностроительные и приборостроительные компании, предприятия, выпускающие режущий инструмент



Подробнее  
о разработке

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

- Состав покрытий –  $\text{AlMgB}_{14}$ ,  $\text{AlMgB}_{14} - \text{TiB}_2$   
(в варьируемом соотношении от 30 до 70 масс. %  $\text{TiB}_2$ )
- Структура покрытий – аморфная, наноструктурная
- Твердость – до 37 ГПа
- Коэффициент трения – до 0,12 в сухих условиях, до 0,02 в условиях смазывающей среды
- Скорость износа – до  $3,8 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$



Национальный  
исследовательский

**Томский  
государственный  
университет**

Россия, 634050,  
Томск, пр. Ленина, 36  
Тел.: (3822)785-343  
(3822) 783-732  
e-mail: [partnes@mail.tsu.ru](mailto:partnes@mail.tsu.ru)  
<http://www.tsu.ru>