



**ГКМП**

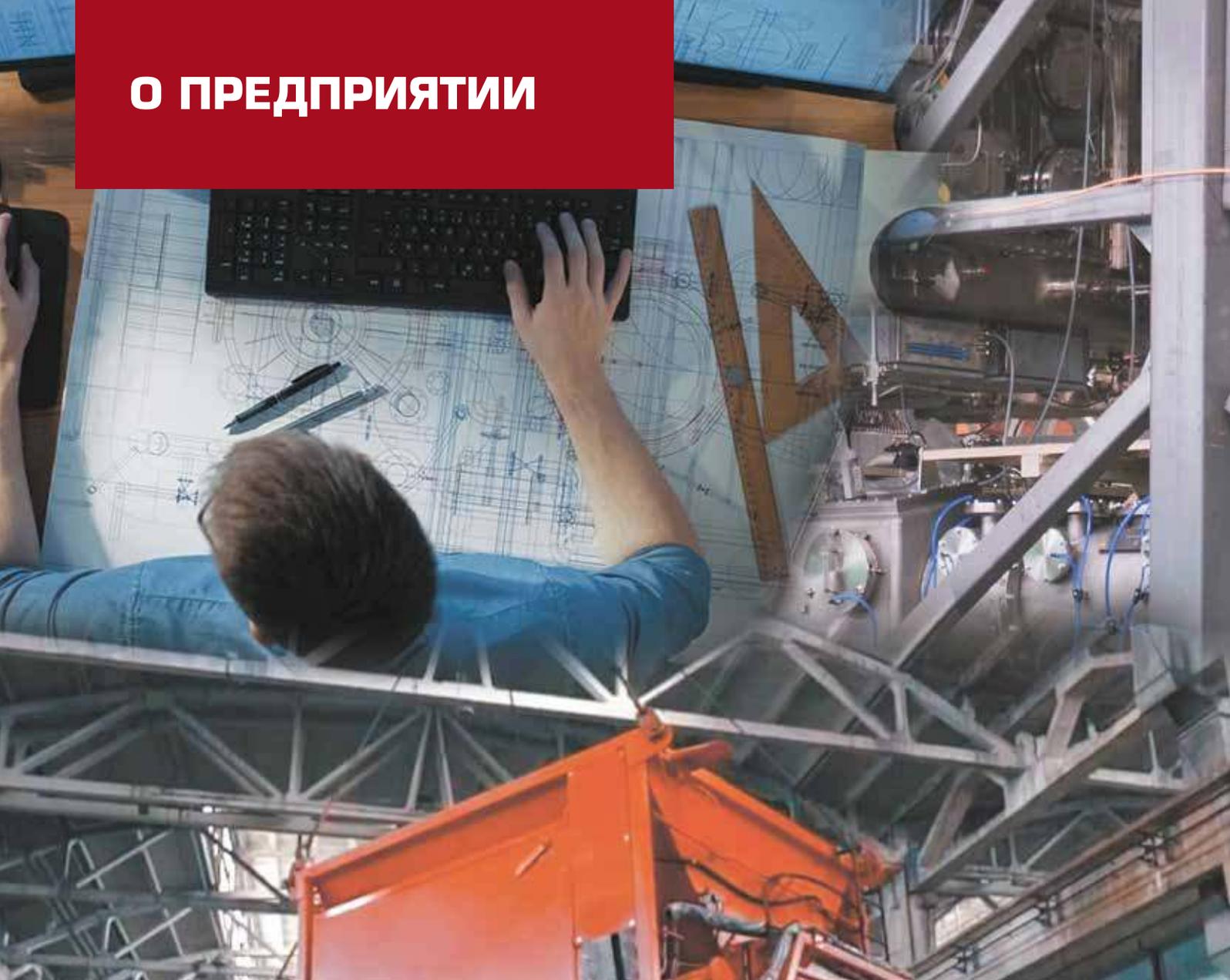
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ

**ИЗДЕЛИЯ  
ИЗ ТУГОПЛАВКИХ  
МАТЕРИАЛОВ  
И СПЛАВОВ,  
И ВЫСОКО-  
ТЕМПЕРАТУРНОЙ  
КЕРАМИКИ**



ВОПЛОЩАЕМ ИДЕИ  
В РЕАЛЬНОСТЬ

# О ПРЕДПРИЯТИИ



**Научно-производственное объединение «Группа Компаний Машиностроения и Приборостроения» (НПО «ГКМП»)** является отечественным производителем специализированного промышленного оборудования, высокотемпературных электропечей с резистивным нагревом различных конструкций и назначения, вакуумных камер, технологических линий для термообработки, закалки, отжига, отпуска сложных и крупногабаритных изделий, установок вакуумного напыления, термической диффузии, термокомпрессионных установок, установок для роста монокристаллов, испытательных стендов, термобарокамер и прочего высокотехнологического и инновационного оборудования.

Компания собрала лучших специалистов в своей области знаний. Многолетний опыт нескольких поколений инженерно-технических работников в совокупности с мастерством трудового коллектива и умелым руководством администрации компании позволили создать производственное предприятие мирового уровня. Полученный за последние годы опыт успешно реализованных проектов позволяет с уверенностью сказать, что сотрудникам предприятия по силам решить любые поставленные перед ними задачи.





Постоянное тесное сотрудничество с рядом предприятий оборонно-промышленного комплекса, электронной, атомной и авиакосмической промышленности нашей страны позволяет компании стабильно расти и развиваться, осваивать новые виды продукции и оборудования.

Сочетание высокой культуры производства, глубокой автоматизации классических видов оборудования, а также клиентоориентированная политика позволили компании стать лидером отечественного рынка в своём сегменте.

Оборудование, произведённое в стенах компании, работает на самых ответственных участках атомной и электронной промышленности. На текущий момент компания является единственной отечественной производственной фирмой с полным циклом собственного производства в сегменте установок вакуумного напыления, термодиффузионных и термокомпрессионных установок, а вакуумные камеры официально признаны лучшими среди отечественных. За годы работы компания удостоилась ряда наград, как местного значения, так и федеральных.



Компания предоставляет  
полный спектр  
услуг



**63 000** м<sup>2</sup>  
производственных  
площадей



Численность  
сотрудников более  
**500** человек



Свыше  
**250** станков  
с современной  
оснасткой



Штат инженерных  
специалистов более  
**80** человек



Система  
менеджмента качества  
**ISO 9001**

**Мы — лучшие в своём деле и на этом не останавливаемся!**

# НАША ПРОДУКЦИЯ

**Вакуумные камеры**

**Криовакуумные  
испытательные комплексы**

**Имитаторы солнечного  
и теплового излучения**

**Промышленное  
термическое оборудование**

**Ростовое оборудование**





**ГКМП**

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ

## **Магнитные катушки**

## **Металлорукава сильфонные из нержавеющей стали**

**Изделия из тугоплавких  
материалов и сплавов,  
и высокотемпературной  
керамики**

## **Дорожно-строительная техника**

## **Прочее специализированное оборудование**

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРИАЛОВ И СПЛАВОВ

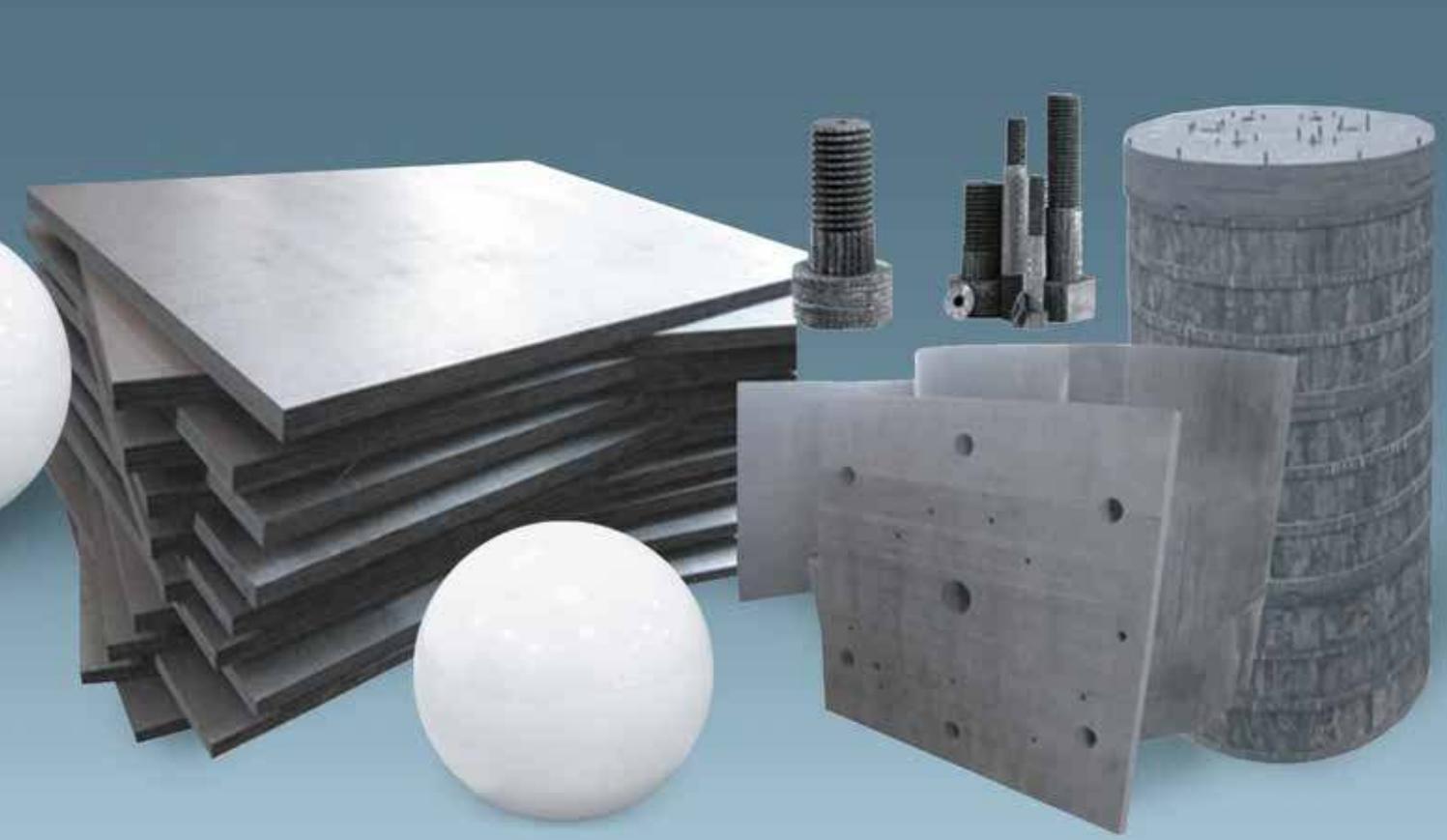


Поставка на заказ изделий и деталей любой сложности из тугоплавких материалов: вольфрама, молибдена и их сплавов, термостойкой керамики на основе диоксида циркония, оксида алюминия, нитрида бора, карбида кремния и сплавов из них, а также детали из углерод-углеродных композитных материалов и графитов.

Реализация самых сложных задач современных производств в сфере обработки тугоплавких материалов.



**Наша миссия — привлечение новых современных материалов для развития отрасли термической обработки металлов.**



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Изделия из вольфрама _____                              | 8  |
| Вольфрамсодержащие сплавы _____                         | 9  |
| Изделия из молибдена _____                              | 10 |
| Изделия из керамики на основе ZTA _____                 | 11 |
| Изделия из керамики на основе оксида алюминия _____     | 12 |
| Изделия из керамики на основе оксида циркония _____     | 14 |
| Изделия из керамики на основе нитрида бора _____        | 16 |
| Изделия из керамики на основе карбида кремния _____     | 18 |
| Углерод-углеродные композитные материалы и графит _____ | 20 |
| Изделия из графитового твердого войлока _____           | 22 |
| Технологические экраны и оснастка для печей _____       | 23 |

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ ВОЛЬФРАМА

**Вольфрам** обладает исключительной тугоплавкостью и высокой прочностью и является наиболее перспективной основой для изготовления материалов и изделий, работающих в условиях высокотемпературных и радиационных нагрузок. Имеет максимальный предел прочности на разрыв и отличную коррозионную стойкость. Вольфрам и его сплавы на его основе используются для изготовления изделий, работающих в сфере высоких температур, для легирования сталей и сплавов. Сплавы, содержащие вольфрам, отличаются жаропрочностью, кислотостойкостью, твердостью и устойчивостью к истиранию. Вольфрам и его сплавы за счет своих уникальных свойств нашли применение в ядерной и авиакосмической отрасли, электронике и химической промышленности.

## Характеристики:

- Наивысшая температура плавления среди тугоплавких материалов (3420 °С).
- Высокая плотность (19,3 г,см<sup>3</sup>).
- Твердость (HV 30>460).
- Низкие показатели удельного электрического сопротивления, электронной эмиссии и теплового расширения.
- Максимальная температура эксплуатации: в бескислородной защитно-восстановительной среде до 2600°С.

## Области применения:

- Тигли и тепловые экраны электрических вакуумных печей.
- Нагреватели и нагревательные системы.
- Изделия для технологической оснастки термического оборудования и т.д.

На нашем предприятии разработана уникальная технология сварки вольфрама. Кроме того, мы осуществляем сложную механическую обработку вольфрама (5-координатная прецизионная обработка). Мы предлагаем вольфрамовые тигли, экраны из вольфрама, разнообразные вольфрамовые нагреватели и разнообразные изделия и детали из вольфрама и его сплавов.



## Размеры заготовки и изделий из вольфрама:

|           | Толщина (мм) | Ширина (мм) | Длина (мм) |
|-----------|--------------|-------------|------------|
| лист      | 0,1-15       | 100-450     | 100-1200   |
| прут      | Ø 4-100      |             | 500-2000   |
| труба max | Ø 20-450     |             | 6-2000     |

## Стандартные размеры тиглей и нагревателей:

| Диаметр (мм) | Толщина стенки (мм) | Высота (мм) |
|--------------|---------------------|-------------|
| 30-50        | 8-10                | <1300       |
| 50-100       | 8-15                |             |
| 100-150      | 10-15               |             |
| 150-200      | 12-20               |             |
| 200-300      | 15-20               |             |
| 300-400      | 15-30               |             |
| 400-450      | 15-30               |             |
| 450-550      | 15-30               |             |
| 550-650      | 25-35               |             |
| 650-750      | 25-35               |             |

# ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИЕ СПЛАВЫ

Все твердые сплавы можно разделить на 2 группы:

- вольфрамосодержащие;
- безвольфрамовые.

Главные области применения **сплавов на базе вольфрама** определяются их основными свойствами. В связи с тем, что вольфрамовые сплавы обнаруживают высокие показатели радиационной защиты за счет высокой плотности (вольфрамовые сплавы как минимум в 1,5 раза тяжелее свинца), поэтому заслуженно считаются лучшим материалом для защиты от гамма-лучей в сравнении с традиционно используемым свинцом, а также сталью, водой и чугуном. Кроме того, вольфрам обладает уникальным набором качеств и свойств, позволяющим использовать его в работе с экстремально высокими температурами. Поэтому изделия из вольфрамосодержащих сплавов нашли широкое применение во многих отраслях промышленности.



## Характеристики:

- Высокая плотность сплавов.
- Высокие показатели радиационной защиты.
- Высокая износостойкость.
- Высокая твердость.
- Жаропрочность и жаростойкость.
- Минимальная подверженность коррозии.
- Приемлемая стоимость.

## Области применения:

- Детали приборов радиоактивного каротажа.
- Емкости хранения радиоактивных веществ.
- Защитные экраны.
- Коллиматоры.
- Элементы оборудования неразрушающего контроля.
- Дозиметрическое оборудование и оборудование радиационного контроля и т.д.

Наиболее популярны следующие сплавы: карбид вольфрама, вольфрам-никель-железо, вольфрам-никель-медь. Медь, никель и железо в сочетании с вольфрамом увеличивают пластичность материала и его электропроводность, улучшают его обрабатываемость.

## Сплав вольфрам-медь:

| Класс    | Хим.состав (%) |           |        | Плотность<br>г/см <sup>3</sup> ≥ | Твердость<br>НВ кгс/мм <sup>2</sup> | Удельное<br>сопротивление<br>μΩ.см ≤ | Прочность<br>на изгиб<br>Мпа ≥ |
|----------|----------------|-----------|--------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
|          | Cu             | Примеси ≤ | W      |                                  |                                     |                                      |                                |
| W50/Cu50 | 50±2.0         | 0.5       | основа | 11.85                            | 115                                 | 3.2                                  | --                             |
| W55/Cu45 | 45±2.0         | 0.5       | основа | 12.30                            | 125                                 | 3.5                                  | --                             |
| W60/Cu40 | 40±2.0         | 0.5       | основа | 12.75                            | 140                                 | 3.7                                  | --                             |
| W65/Cu35 | 35±2.0         | 0.5       | основа | 13.30                            | 155                                 | 3.9                                  | --                             |
| W70/Cu30 | 30±2.0         | 0.5       | основа | 13.80                            | 175                                 | 4.1                                  | 790                            |
| W75/Cu25 | 25±2.0         | 0.5       | основа | 14.50                            | 195                                 | 4.5                                  | 885                            |
| W80/Cu20 | 20±2.0         | 0.5       | основа | 15.15                            | 220                                 | 5.0                                  | 980                            |
| W85/Cu15 | 15±2.0         | 0.5       | основа | 15.90                            | 240                                 | 5.7                                  | 1080                           |
| W90/Cu10 | 10±2.0         | 0.5       | основа | 16.75                            | 260                                 | 6.5                                  | 1160                           |

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ МОЛИБДЕНА

**Молибден** за счет своих характеристик, как и вольфрам, применяется для горячих зон при производстве термического оборудования. Молибденовые кольца используются в производстве аморфных полос и фланцев для высокотемпературных печей. Фланцы из молибдена при соприкосновении с вольфрамовым корпусом при высоких температурах ведут себя практически как вольфрам. Молибден и изделия из него нашли широкое применение в разнообразных отраслях производства, таких как черная металлургия, электровакуумная техника, электроламповое оборудование, автомобиле- и авиастроение.

## Характеристики:

- Высокая температура плавления (2620 °С).
- Высокая теплопроводность (300 К) 138 Вт/м·К.
- Устойчивость к высоким температурам при сохранении механических свойств.
- Низкий уровень загрязнения.
- Относительная легкость механической обработки.
- Минимальная подверженность коррозии.
- Максимальная температура эксплуатации: в бескислородной защитно-восстановительной среде до 1800°С.

## Области применения:

- Тигли.
- Тепловые экраны и нагреватели.
- Высокотемпературная технологическая оснастка и т.д.



## Стандартные размеры изделий из молибдена:

|        | Толщина (мм) | Ширина (мм) | Длина (мм) |
|--------|--------------|-------------|------------|
| лист   | > 0,3        | 800         | 2000       |
| лист   | 1-3          | 350         | 700        |
| пруток | Ø до 110     |             | до 2000    |
| круг   | Ø до 20-600  |             | до 6-45    |

## Стандартные размеры тиглей и нагревателей:

| Диаметр (мм) | Толщина стенки (мм) | Высота (мм) |
|--------------|---------------------|-------------|
| 30-50        | 0.3-10              | <2000       |
| 50-100       | 0.5-15              |             |
| 100-150      | 1-5                 |             |
| 150-300      | 1-20                |             |
| 300-400      | 1,5-30              |             |
| 400-500      | 2-30                |             |

Наше предприятие предлагает трубы, тигли, нагреватели и экраны из молибдена, а также высокотемпературную технологическую оснастку. При производстве мы выбираем оптимальные для разных сфер применения способ производства и процесс обработки.

Также предлагаем поставку готовых изделий из молибденосодержащих сплавов по Вашим чертежам любой сложности.

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZTA

Материал **ZTA** — это комбинация оксида алюминия и 10-20% диоксида циркония. Максимальная температура использования изделий из ZTA — 1450°C.

## Характеристики:

- Дополнительная прочность и вязкость по сравнению с оксидом алюминия.
- Более низкая стоимость, чем у диоксида циркония.
- Высокая коррозионная стойкость.
- Высокая вязкость разрушения.
- Высокая прочность на изгиб.

## Области применения:

- Изоляторы, датчики, поршневые втулки и компоненты насоса.
- Компоненты системы подачи жидкостей.
- Носители светодиодных чипов.



| Свойства                               | Единица измерения                  | $Al_2O_3+ZrO_2$   |
|--|------------------------------------|-------------------|
| Содержание $Al_2O_3+ZrO_2$             | %                                  | $ZrO_2 \geq 20\%$ |
| Плотность                              | г/см <sup>3</sup>                  | $\geq 4.00$       |
| Твердость                              | HRA $\geq$                         | 92                |
| Прочность на изгиб                     | МПа $\geq$                         | 400               |
| Максимальная температура использования | °C                                 | 1450              |
| Коэффициент термического расширения    | $\times 10^{-6}/^{\circ}C$         | 8.4               |
| Диэлектрическая постоянная             | $\epsilon_r 20^{\circ}C, 1MHz$     | 10                |
| Диэлектрические потери                 | $\tan \delta \times 10^{-4}, 1MHz$ | 5                 |
| Удельное объемное сопротивление        | $\Omega \cdot см 20^{\circ}C$      | 1014              |
| Электрическая прочность диэлектрика    | кВ/мм, DC $\geq$                   | 20                |
| Кислотостойкость                       | мг/см <sup>2</sup> $\leq$          | 2.0               |
| Щелочестойкость                        | мг/см <sup>2</sup> $\leq$          | 0.1               |
| Износостойкость                        | г/см <sup>2</sup> $\leq$           | 0.1               |
| Прочность на сжатие                    | МПа $\geq$                         | 2800              |
| Прочность на разрыв                    | МПа $\geq$                         | 280               |
| Модуль упругости (Юнг)                 | ГПа                                | 360               |
| Коэффициент Пуассона                   |                                    | 0,23              |
| Теплопроводность                       | Вт/м · К (20°C)                    | 25                |

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Керамика на основе **оксида алюминия ( $Al_2O_3$ )** отличается высокой твердостью при более низкой прочности и высоким модулем упругости. Преимуществом является невысокая стоимость по сравнению с рядом других керамических материалов. Материал обладает высокой коррозионной стойкостью, устойчивостью к воздействию большинства органических и неорганических кислот и солей.

## Характеристики:

- Температура плавления – 2044 °С.
- Высокая твердость и низкая плотность.
- Хорошая теплопроводность.
- Отличная коррозионная стойкость.
- Сохранение прочности при высоких температурах.
- Электроизоляционные свойства.

Все эти сочетания делают материал незаменимым при изготовлении коррозионностойких, износостойких, электроизоляционных и термостойких изделий для самых различных отраслей промышленности.

## Области применения:

- Футеровка изнашиваемого оборудования.
- Кольца торцовых уплотнений.
- Фильтры, проводки, направляющие.
- Подшипники.
- Мелющие тела.
- Горелки.
- Тигли.
- Элементы клапанов и запорной арматуры.
- Сопла для аппаратов аргоно-дуговой сварки.
- Электроизоляторы и т.д.

Существует несколько модификаций оксида алюминия в зависимости от содержания основной фазы и примесей, которые различаются прочностью и химической стойкостью.





### Основные свойства материала:

|   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                | %                                 | 60    | 75    | 80    | 85    | 92    | 95    | 99    | 99.7  |
| Плотность                                     | г/см <sup>3</sup>                 | 3.0   | 3.1   | 3.3   | 3.4   | 3.6   | 3.7   | 3.81  | 3.85  |
| Прочность при изгибе                          | МПа                               | 205   | 280   | 215.7 | 230   | 312   | 304   | 340   | 370   |
| Коэффициент линейного термического расширения | (·10 <sup>-6</sup> /°С)(25-800°С) | 7.1   | 7.6   | 7.6   | 7.6   | 7.5   | 7.3   | 7.6   | 7.6   |
| Диэлектрическая прочность                     | Кв/мм                             | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |
| Удельное электрическое сопротивление          | 20°С, Ω·см                        | >1014 | >1014 | >1014 | >1014 | >1014 | >1014 | >1014 | >1014 |
|   | 300°С, Ω·см                       | >1013 | >1013 | >1013 | >1013 | >1013 | >1012 | >1010 | >1010 |
| Рабочая температура                           | °С                                | 1350  | 1000  | 1250  | 1290  | 1390  | 1480  | 1600  | 1700  |
| Твердость по Моосу                            |                                   | 7.5   | 7.5   | 7.5   | 7.5   | 8.5   | 8.8   | 9.0   | 9.0   |
| Огнеупорность                                 | °С                                | 1800  | 1700  | 1800  | 1850  | 1920  | 2000  | 2030  | 2040  |

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

**Диоксид циркония** обладает уникальным набором качеств, которые делают материал незаменимым при изготовлении коррозионно-, износо- и термостойких изделий для самых разнообразных отраслей. Керамика на основе диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) частично стабилизированного оксидом иттрия ( $Y_2O_3$ ) выделяется среди других конструкционных керамик высокими прочностными показателями и трещиностойкостью при сохранении устойчивости к коррозии и износу. Высокое значение коэффициента термического расширения благоприятствуют сочленению деталей из диоксида циркония с металлическими и стальными деталями, имеющими близкие значения КТР.



## Характеристики:

- Сохранение прочности при высоких температурах (температура плавления 2715°C).
- Высокая твердость.
- Коррозионная стойкость.
- Низкая теплопроводность.

## Области применения:

- Футеровки изнашиваемого оборудования.
- Подшипники.
- Мелющие тела.
- Тигли.
- Шнеки.
- Элементы клапанов и запорной арматуры.
- Ролики для проката арматуры.
- Нагреватели.
- Огнеупорные изделия и т.д.

Возможно изготовление из материала с другим процентным соотношением  $ZrO_2+Y_2O_3$ .

По желанию заказчика возможно применение в качестве стабилизатора оксида кальция или магния.





### Основные свойства материала:

|   |   |
|---|---|
| Состав  | ZrO <sub>2</sub> 95% + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5% |
| Плотность, г/см <sup>3</sup>  | 6,03  |
| Открытая пористость, %  | 0   |
| Твердость по Виккерсу   | 1150 (HV0.5)  |
| Модуль упругости, ГПа   | 205   |
| Прочность при изгибе, МПа   | 1300  |
| Прочность при сжатии, МПа   | 3000  |
| Теплопроводность при 20-100°C, Вт/м·К   | 2,0   |
| Термостойкость  | 280 (ΔТ °С)   |
| Коэффициент линейного термического расширения при 20-1000°C, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup> | 10-11   |
| Объемное удельное сопротивление (20°C)  | ≥ 1010 (Ω)  |
| Максимальная температура эксплуатации, °С   | 1000  |

### Основные свойства материала:

|   |   |
|---|---|
| Состав  | ZrO <sub>2</sub> 85.5% + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 14.5%                      |
| Плотность, г/см <sup>3</sup>  | 6,04  |
| Структура кристаллической решетки   | Кубическая (при высоких температурах)<br>Тетрагональная (при низких температурах) |
| Тетрагональная (при низких температурах)  | 1150 (HV0.5)  |
| Прочность при изгибе, МПа   | 200-300   |
| Твердость   | 1100 (HV)   |
| Теплопроводность, Вт/м·К  | 27  |
| Коэффициент линейного термического расширения при 20-1000°C, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup> | 10  |
| Температура плавления, °С   | 2715  |
| Диапазон рабочих температур, °С   | 0-2300  |

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НИТРИДА БОРА

Изделия из **нитрида бора** широко применяются в изделиях высокотемпературной техники. Одной из важнейших характеристик нитрида бора является то, что это вещество придает любому изделию термостойкость, плотность и стабильность.

## Характеристики:

- Термостойкость.
- Нетоксичность.
- Химическая инертность.
- Устойчивость к окислению (до 700°C).
- Высокая диэлектрическая прочность.
- Низкая диэлектрическая проницаемость.

## Области применения:

- Тигли, изоляторы и высокотемпературная керамика.
- Высокотемпературные смазочные материалы.
- Синтез сверхтвердых веществ.
- Электривакуумное и полупроводниковое приборостроение.



Предлагаемые модификации нитрида бора: гексагональная ( $\alpha$ ) —  $h$ -BN, (белый графит), похожий на тальк порошок, имеет гексагональную, графитоподобную кристаллическую структуру, температура плавления 3000 °C, обладает полупроводниковыми свойствами.

Уникальная комбинация исключительных тепловых, физических и химических характеристик керамики на основе нитрида бора делает ее идеальным материалом для решения сложных задач и достижения широкого спектра промышленных целей.

Мы предлагаем термостойкую керамику на основе гексагонального нитрида бора разнообразных форм и размеров с учетом требований и пожеланий заказчика

## НИТРИД БОРА ГЕКСАГОНАЛЬНЫЙ ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫЙ (BN)

| Состав  |                  | Ед.изм.              | BN>99%            | BN>98%                        | BN+SiC+ZrO <sub>2</sub> | BN+AlN            |
|---|------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Связующее вещество                            |                  |                      | самосвязующее     | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | AlBO <sub>3</sub>       | AlBO <sub>3</sub> |
| Плотность                                     |                  | (г/см <sup>3</sup> ) | 1.9-2.0           | 2.1-2.2                       | 2.3-3.0                 | 2.5-2.6           |
| Удельное сопротивления (при 25°C)             |                  | Ω-см                 | >10 <sup>14</sup> | >10 <sup>13</sup>             | >10 <sup>12</sup>       | >10 <sup>14</sup> |
| Максимальная температура эксплуатации         | Окисляющая среда | °C                   | 900               | 900                           | 900                     | 900               |
|   | Инертный газ     | °C                   | 2000              | 2300                          | 1700                    | 2100              |
|   | Высокий вакуум   | °C                   | 1800              | 1800                          | 1700                    | 1900              |
| Прочность на изгиб                            |                  | МПа                  | 25                | 75                            | 100                     | 130               |
| Прочность на сжатие                           |                  | МПа                  | 100               | 100                           | 300                     | 250               |
| Коэффициент термического расширения 25-1000°C |                  | 10 <sup>-6</sup> /K  | 0-2               | 2.0                           | 4.0                     | 4.5               |
| Теплопроводность                              |                  | Вт/м·К               | 50                | 30                            | 40                      | 60                |

## НИТРИД БОРА ПИРОЛИТИЧЕСКИЙ (p-BN)

Одним из видов материалов из нитрида бора в его гексагональной форме является **пиrolитический нитрид бора** (получается в результате газофазного химического осаждения). В сравнении с обычным соединением нитрида бора, ПНБ имеет гораздо более высокий уровень чистоты и ряд преимуществ.



### Характеристики:

- Высокая степень чистоты (>99,99%).
- Высокая термостойкость.
- Химическая инертность.
- Высокая теплопроводность.
- Радиопрозрачность.
- Нетоксичность.

### Области применения:

- Высоковакуумные процессы (в качестве материала для тиглей, лодочек, труб, колб и т.д.)
- Процессы по выращиванию кристаллов (в т.ч. сложных полупроводниковых кристаллов).
- В сфере молекулярно-лучевой эпитаксии.
- Область специальной техники и электроники (производство интегральных микросхем, окон вывода СВЧ-энергии и т.д.)
- Синтез и выращивание полупроводников.

| Свойство  | Ед.изм.           | Значение                   |                            |
|---|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| Плотность   | г/см <sup>3</sup> | 1.95-2.20                  |                            |
| Константа кристаллической решетки                     | мкм               | a: 2.504·10 <sup>-10</sup> | c: 6.692·10 <sup>-10</sup> |
| Максимальная температура эксплуатации                 | Окисляющая среда  | °С                         | 900                        |
|   | Инертный газ      | °С                         | 1600                       |
|   | Высокий вакуум    | °С                         | 1600                       |
| Удельное сопротивление                                | Ω×см              | 3.11 · 10 <sup>11</sup>    |                            |
| Предел прочности на разрыв (ab)                       | Н/мм <sup>2</sup> | 153.86                     |                            |
| Прочность на изгиб                                    | c                 | Н/мм <sup>2</sup>          | 243.63                     |
|   | ab                | Н/мм <sup>2</sup>          | 197.76                     |
| Коэффициент упругости                                 |                   | Н/мм <sup>2</sup>          | 235690                     |
| Теплопроводность                                      | 200°С             | Вт/м·К                     | a:60      c:2.6            |
|   | 900°С             | Вт/м·К                     | a:43.7      c:2.8          |
| Диэлектрическая прочность (при комнатной температуре) | КВ/мм             | 56                         |                            |

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Керамика на основе **карбида кремния (SiC)** обеспечивает изделиям высокую термостойкость и высочайшие эксплуатационные характеристики. Основное преимущество — устойчивость материала к перепадам температуры, высокая коррозионная стойкость и стабильные размеры изделия.

## Характеристики:

- Высокая механическая прочность.
- Высокая твердость.
- Стойкость к термоудару.
- Высокая износостойкость в условиях абразивного изнашивания и повышенных температур.
- Стойкость к коррозии и окислению.
- Высокое сопротивление воздействию агрессивных сред.
- Высокая электропроводность.
- Низкий коэффициент термического расширения + высокая теплопроводность = высокая термостойкость, стабильность геометрических характеристик.
- Высокая химическая стойкость.

## Области применения:

- Фурнитура и конструкционные элементы высокотемпературных печей.
- Сопла различного назначения и насадки горелок, реторты.
- Чехлы для термодар, жаропрочные трубы.
- Тигли, стаканы, гильзы различной конфигурации.
- Пары трения.
- Нагреватели.
- Элементы установок термического сжигания и т.д.



## РЕАКЦИОННОСПЕЧЕННЫЙ КАРБИД КРЕМНИЯ (SiSiC)

|                                     | Ед.изм.                            | Показатель |              |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------|--------------|
| Температура использования           | °С                                 | 1380       |              |
| Плотность                           | г/см <sup>3</sup>                  | ≥3.02      |              |
| Открытая пористость                 | %                                  | ≤0.1       |              |
| Прочность на изгиб                  | МПа                                | 250(20°С)  | 280 (1200°С) |
| Модуль упругости                    | ГПа                                | 330(20°С)  | 300(1200°С)  |
| Теплопроводность                    | Вт/м·К                             | 45(1200°С) |              |
| Коэффициент термического расширения | К <sup>-1</sup> · 10 <sup>-6</sup> | 4.5        |              |
| Жесткость                           |                                    | 13         |              |
| Устойчивость к кислоте и щелочи     |                                    | высокая    |              |



## СПЕЧЕННЫЙ КАРБИД КРЕМНИЯ (SSiC)

|                       | Ед.изм.           | Показатель |
|-----------------------|-------------------|------------|
| Свободный кремний     | %                 | <0.1       |
| Карбид кремния        | %                 | ≥99        |
| Насыпная плотность    | г/см <sup>3</sup> | 3.1-3.15   |
| Твердость по Виккерсу | HV                | 2500       |
| Твердость по Роквеллу | HRA               | 94         |
| Открытая пористость   | %                 | <0.2       |
| Прочность на сжатие   | МПа               | >3000      |
| Прочность на изгиб    | МПа               | >400       |
| Модуль упругости      | ГПа               | 410        |
| Теплопроводность      | Вт/м·К            | 100-120    |



## РЕКРИСТАЛЛИЗОВАННЫЙ КАРБИД КРЕМНИЯ (RSiC)

|  | Ед.изм.                          | Показатель |
|--|----------------------------------|------------|
| α- SiC                                     | %                                | 98.5       |
| Максимальная температура эксплуатации      | °C                               | 1650       |
| Пористость                                 | %                                | 15         |
| Насыпная плотность                         | г/см <sup>3</sup>                | 2.60-2.74  |
| Прочность на сжатие                        | МПа                              | ≥600       |
| Прочность на изгиб                         | МПа                              | 90-100     |
| Модуль Юнга                                | ГПа                              | 240        |
| Коэффициент термического расширения при 0С | 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup> | 4/8        |
| Теплопроводность                           | Вт/м·К                           | 24         |



## ОКСИДНО - СВЯЗАННЫЙ КАРБИД КРЕМНИЯ (OSiC)

|   | Ед.изм.            | Показатель |
|---|--------------------|------------|
| SiC   | %                  | ≥90        |
| Максимальная температура Эксплуатации         | °C                 | 1550       |
| Огнеупорность                                 | SK                 | 39         |
| Открытая пористость                           | %                  | 7-8        |
| Насыпная плотность                            | г/см <sup>3</sup>  | 2.75       |
| Прочность на сжатие                           | кг/см <sup>2</sup> | ≥1300      |
| Коэффициент термического расширения (1000 0С) | %                  | 0.42-0.48  |
| Прочность на разрыв при комнатной температуре | кг/см <sup>2</sup> | ≥500       |



# УГЛЕРОД–УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ГРАФИТ

## ИЗДЕЛИЯ ИЗ УГЛЕРОД–УГЛЕРОДНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

Легковесный сверхпрочный композиционный материал, способный выдерживать температуру свыше 3000°C во многих средах.

### Основные свойства материала:

|                                  |                    |           |
|----------------------------------|--------------------|-----------|
| Плотность (г/см <sup>3</sup> )   | 1,45-1,75          |           |
| Теплопроводность 1150°C (Вт/м·К) | 0,05-0,10          |           |
| Зольность                        | ≤0,05              |           |
| Предел прочности на сжатие (МПа) | 200-300            |           |
| Предел прочности на разрыв (МПа) | 250-380            |           |
| Модуль эластичности (МПа)        | 80                 |           |
| Температура процесса (°C)        | 2400               |           |
| Рабочая температура (°C)         | Воздух             | ≤400      |
|                                  | Вакуум             | ≤2200     |
|                                  | Инертный газ       | ≤3200     |
| Стандартный размер (мм)          | Пластина, диск     | 1000×1000 |
|                                  | U-образное изделие | 60×40×60  |
|                                  | L-образное изделие | 65×65     |

## ГРАФИТОВЫЙ МЯГКИЙ ВОЙЛОК

Мы предлагаем 2 типа графитового мягкого войлока:

- углеродное волокно на основе полиакрилонитрила (ПАН-основа);
- углеродное волокно на основе вискозы.

## ГРАФИТОВЫЙ МЯГКИЙ ВОЙЛОК НА ПАН-ОСНОВЕ

Производится на основе углеродного войлока из ПАН-волокна, который подвергается процессу графитизации.

### Характеристики:

- Низкая плотность.
- Высокое содержание углерода.
- Способность противостоять высокой температуре без испарения.
- Коррозионная стойкость.
- Низкий коэффициент теплопроводности.
- Простота применения.

| Сорт                             |              | GFA       |
|----------------------------------|--------------|-----------|
| Плотность (г/см <sup>3</sup> )   |              | 0,12—0,14 |
| Содержание углерода (%)          |              | ≥99       |
| Зольность                        |              | 0,03      |
| Теплопроводность 1150°C (Вт/м·К) |              | 0,08      |
| Температура процесса (°C)        |              | 2400      |
| Рабочая температура (°C)         | Воздух       | ≤400      |
|                                  | Вакуум       | ≤2200     |
|                                  | Инертный газ | ≤3200     |
| Длина (м)                        |              | 13-28     |
| Ширина (м)                       |              | 1-1,2     |
| Толщина (мм)                     |              | 5, 10, 12 |

### ГРАФИТОВЫЙ МЯГКИЙ ВОЙЛОК НА ОСНОВЕ ВИСКОЗЫ

Производится из вискозы на основе углеродного волокна, подвергшейся сначала процедуре карбонизации (при температуре 600-800°C), а затем и графитизации (при температуре от 1500 до 2200°C).

#### Характеристики:

- Высокое содержание углерода.
- Коррозионная стойкость.
- Стойкость к термическим ударам.
- Долговечность.

| Сорт                             |              | GFA       |
|----------------------------------|--------------|-----------|
| Плотность (г/см <sup>3</sup> )   |              | 0,08-0,10 |
| Содержание углерода (%)          |              | ≥99       |
| Зольность                        |              | 0,005     |
| Теплопроводность 1150°C (Вт/м·К) |              | 0,06      |
| Температура процесса (°C)        |              | 2400      |
| Рабочая температура (°C)         | Воздух       | ≤400      |
|                                  | Вакуум       | ≤2200     |
|                                  | Инертный газ | ≤3200     |
| Длина (м)                        |              | 13-28     |
| Ширина (м)                       |              | 1-1,2     |
| Толщина (мм)                     |              | 5, 10, 12 |



# ИЗДЕЛИЯ ИЗ ГРАФИТОВОГО ТВЕРДОГО ВОЙЛОКА

**Твердый войлок** — изоляционный материал с высокой геометрической стабильностью, состоящий из графитовых волокон и углеродного связующего. Для улучшения теплоизоляционных свойств твердый углеродный войлок армируется углеродной тканью и ламинируется графлексом (графитовой фольгой), что обеспечивает отражение тепла во внутреннюю часть печи, а также служит преградой для конвекции горячих газов. Полученный материал проходит процесс графитизации.



## Характеристики:

- Коррозионная стойкость.
- Термическая стойкость.
- Воздухонепроницаемость.
- Низкий коэффициент линейного термического расширения и теплопроводности.

Твердый графитовый войлок чаще используется в форме плит, цилиндров, экранов и иных конструктивных элементов в высокотемпературных печах, в аэрокосмической отрасли, в сфере производства высокотемпературной керамики и многих других.

| Сорт   |              | RFA, MFA, RFAC, RFACC, MFAC, MFACC |
|--|--------------|------------------------------------|
| Плотность (г/см <sup>3</sup> )                     |              | 0,16-0,20                          |
| Зольность (ппм)                                    |              | ≤300                               |
| Теплопроводность (Вт/м·К)                          |              | 0,28                               |
| Электрическое сопротивление (Ω мм <sup>2</sup> ·м) |              | 35-45                              |
| Температура процесса (°С)                          |              | 2300                               |
| Рабочая температура (°С)                           | Воздух       | ≤400                               |
|  | Вакуум       | ≤2200                              |
|  | Инертный газ | ≤3400                              |
| Длина (мм)   |              | 1500-1700                          |
| Ширина (мм)  |              | 1000-1250                          |
| Толщина (мм)                                       |              | 20-240                             |
| Стандартный размер плиты (мм)                      |              | 1500×1000×40                       |

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКРАНЫ И ОСНАСТКА ДЛЯ ПЕЧЕЙ

Благодаря своим уникальным свойствам, изделия и детали из УУКМ нашли широкое применение в сфере термообработки в качестве жаропрочной оснастки для высокотемпературных печей.

Цилиндр из графитового войлока формируется путем соединения графитовой бумаги, углеродного волокна и углеродной ткани, которые в дальнейшем проходят последующую высокотемпературную очистительную обработку.

## Характеристики:

- Коррозионная стойкость.
- Термическая стойкость.
- Воздухонепроницаемость.
- Низкий коэффициент линейного термического расширения и теплопроводности.



## ГРАФИТОВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ЭКРАНЫ

Производятся по индивидуальным запросам по чертежам заказчика.

## УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЕ ДЕТАЛИ И КРЕПЕЖИ

Болты, винты, гайки, шпильки и твердые крепежные детали из УУКМ для использования в высокотемпературной среде.



|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Плотность (г/см <sup>3</sup> ) | 0,16—0,20 |
| Содержание углерода (%)        | ≥99       |
| Температура процесса (°C)      | 2300      |
| Внешний диаметр (мм)           | 200-1500  |
| Толщина (мм)                   | 30-120    |
| Высота (мм)                    | 300-2000  |





# ГКМП

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ

**ООО «НПО «ГКМП»**

Адрес: 241022 г. Брянск, Бульвар Щорса, д. 7  
Телефон +7(4832)58-19-66,  
Email: [keramika@gkmp32.com](mailto:keramika@gkmp32.com)  
[www.gkmp32.com](http://www.gkmp32.com)

ВОПЛОЩАЕМ ИДЕИ  
В РЕАЛЬНОСТЬ