

Теплопроводность нитрида бора

Выбор фракций ТР для термопаст, компаундов и лабораторных испытаний

При разработке теплопроводной пасты, электроизоляционного компаунда или эластичной прокладки выбор наполнителя определяет эффективность отвода тепла, вязкость смеси, допустимую толщину рабочего слоя и технологичность нанесения. Гексагональный нитрид бора (h-BN) сочетает теплопроводные и электроизоляционные свойства, а подбор гранулометрического состава позволяет управлять структурой композиции.

ООО «Литпромабразив» предлагает теплопроводные порошки h-BN серии ТР с диапазонами D50 от 1–4 до 27–32 мкм. Номенклатура позволяет исследовать отдельные фракции и их сочетания, выбирать наполнитель под конкретную полимерную основу и переходить к рецептуре с контролируемыми характеристиками.

Теплопроводность нитрида бора в композиции

В гексагональном нитриде бора теплоперенос имеет выраженную анизотропию. Для композиционного материала значение приобретают ориентация пластинчатых частиц, количество и качество межчастичных контактов, распределение полимерной прослойки и присутствие пор. Эффективная теплопроводность формируется всей структурой материала.

Для лаборатории это означает необходимость оценивать систему «порошок — матрица — технология переработки». Один и тот же наполнитель при различных режимах смешения, формования и отверждения способен образовывать разные структуры и давать различный тепловой отклик.

Для паст и прокладок между источником тепла и радиатором приоритетен перенос тепла через толщину. Для теплораспределяющих плёнок существенен перенос вдоль поверхности. Направление измерения должно соответствовать функции изделия: высокое значение вдоль плоскости не подтверждает такое же значение через толщину.

Численная теплопроводность готовой композиции устанавливается испытанием её рецептуры. Значения, полученные для монокристалла, плёнки или другого полимера, не являются паспортным показателем порошков ТР.

Порошки h-BN серии ТР: марки и размер частиц

Для первоначального выбора сопоставляют размер частиц с матрицей, способом приготовления и геометрией рабочего слоя. Приведённые направления применения служат отправной точкой лабораторной проработки.

Марка	D50, мкм	Направление проработки
ТР0104	1–4	Мелкодисперсный компонент смесей; тонкие композиционные слои
ТР0507	5–7	Подбор упаковки частиц в сочетании с более крупными фракциями
ТР0812	8–12	Основной наполнитель паст, гелей и заливочных составов
ТР1316	13–16	Сравнение однокомпонентных и смешанных систем наполнения
ТР1722	17–22	Разработка высоконаполненных композиций и термоинтерфейсов
ТР2326	23–26	Формирование теплопроводной структуры в пастах и прокладках
ТР2732	27–32	Проработка крупнодисперсного компонента композиции

Для ТР0104–ТР1316 каталогом предусмотрены содержание BN не менее 98,5%, B_2O_3 не более 0,5% и удельная поверхность 5,0–11,0 м²/г. Для ТР1722–ТР2732 указаны BN не менее 99,0%, B_2O_3 не более 0,3% и удельная поверхность 0,5–3,0 м²/г. Плотность после утряски для серии ТР составляет 0,30–0,80 г/см³. Её следует отличать от истинной плотности вещества и от плотности готовой композиции.

Мелкие фракции представляют интерес для заполнения промежутков между крупными частицами. Средние фракции удобны как отправная точка при разработке основного наполнения. Крупные фракции позволяют исследовать влияние меньшей удельной поверхности и иной геометрии межчастичных контактов. Результативность каждого подхода определяется совместно с матрицей и режимом приготовления.

Гранулометрия, упаковка частиц и вязкость

Сочетание нескольких фракций позволяет изменять упаковку наполнителя без замены его химической природы. Лаборатория может варьировать соотношение мелкого и крупного компонентов и оценивать влияние на вязкость, однородность, пористость и тепловое сопротивление. Улучшение при смешении фракций является проверяемой технологической гипотезой.

D50 характеризует только медиану распределения. Для тонких слоёв дополнительно важны D90, наличие агломератов и морфология частиц. Условие «D50 меньше рабочего зазора» само по себе не подтверждает возможность получения равномерного слоя заданной толщины.

При лазерной дифракции результат зависит от модели рассеяния и условий диспергирования. Для пластинчатого h-BN эквивалентный размер не заменяет отдельную оценку длины и толщины пластинки. Поэтому при исследовании морфологии гранулометрический анализ целесообразно дополнять микроскопией, сохраняя в протоколе режим подготовки пробы.

Практически пригодная рецептура должна обеспечивать согласованность свойств: достаточное содержание наполнителя, воспроизводимое нанесение, требуемую толщину и эффективный теплоперенос. Оптимизацию проводят по нескольким показателям одновременно.

Теплопроводная паста: сопротивление рабочего слоя

Для термоинтерфейса прикладным критерием служит сопротивление теплопередаче между сопрягаемыми поверхностями. В упрощённой одномерной стационарной модели удельное по площади сопротивление записывается следующим образом:

$$R'' = t / \lambda_{\perp} + R''_{c1} + R''_{c2}$$

Здесь t — толщина слоя, м; $\lambda_{\perp}$ — эффективная теплопроводность через толщину, Вт/(м·К); R''_{c1} и R''_{c2} — контактные сопротивления, м²·К/Вт. Полное сопротивление соединения в К/Вт получают делением R'' на площадь контакта при применимости принятой модели.

Повышение теплопроводности оценивают совместно с фактической толщиной и качеством контакта. Более вязкая композиция может потребовать другого режима нанесения или прижатия. Поэтому выбор марки ТР завершают испытанием состава в условиях, приближенных к рабочему соединению.

Измерение нескольких толщин позволяет оценить отдельно вклад материала и контактов, если структура состава и контактные условия остаются сопоставимыми. Для деформируемых паст толщину фиксируют под испытательной нагрузкой. Заметная нелинейность зависимости сопротивления от толщины требует проверки допущений модели и состояния образцов.

Лабораторная программа для выбора наполнителя

Первая серия включает ненаполненную матрицу, композиции с отдельными выбранными фракциями ТР и их смеси при одинаковой суммарной объёмной доле BN. Это позволяет оценивать влияние гранулометрии при сопоставимых условиях. Следующий этап посвящают изменению содержания наполнителя и режимов переработки.

При дозировании по массе объёмную долю пересчитывают с использованием плотностей компонентов. Плотность после утряски для такого пересчёта не подходит: она учитывает межчастичные пустоты порошка. Используемые значения плотности и основание их выбора сохраняют в протоколе.

Для каждой композиции фиксируют партию порошка, состав матрицы, порядок ввода компонентов, время и интенсивность смешения, дегазацию, условия отверждения, размеры образца и направление измерения. Независимые приготовления нужны для оценки воспроизводимости рецептуры; повторное измерение одного образца характеризует главным образом повторяемость измерительной процедуры.

В программу целесообразно включать вязкость при заданных температуре и скорости сдвига, однородность после приготовления и выдержки, фактическую толщину слоя, тепловое сопротивление и, при электроизоляционном назначении, электрические характеристики готового материала. Свойства матрицы, пористость и загрязнение влияют на результат всей композиции.

Методы измерения и интерпретация результатов

Для паст, гелей и прокладок программу строят вокруг теплового сопротивления при заданных толщине, температуре и давлении. В качестве методической основы рассматривают ASTM D5470-17(2024), посвящённый теплопередаче через теплопроводные электроизоляционные материалы. Полная процедура выбирается лабораторией с учётом области применения стандарта и возможностей установки.

Для сформованных полимерных образцов применим метод нестационарного плоского источника по ISO 22007-2:2022 при подходящих геометрии и модели материала. Анизотропию следует учитывать при выборе режима анализа. Метод вспышки ASTM E1461-13(2022) определяет температуропроводность; теплопроводность рассчитывают с учётом плотности и удельной теплоёмкости. Его применимость к конкретному многокомпонентному образцу проверяют отдельно.

В отчёте приводят средний результат, число независимых образцов, разброс и оценку неопределённости. Различие двух рецептов следует сопоставлять с вариацией приготовления и измерения: небольшое численное преимущество в одном опыте ещё не подтверждает устойчивого технологического эффекта.

Экономическая эффективность готового состава

Стоимость наполнителя сопоставляют с расходом композиции, технологией переработки и полученным тепловым сопротивлением. Для производства значимы удобство дозирования, стабильность нанесения и доля годных изделий. Сравнение только по цене килограмма порошка не учитывает эти факторы.

Серия TP позволяет проверить несколько путей достижения целевых характеристик: изменение размера частиц, сочетание фракций и подбор концентрации. Экономический эффект устанавливают по результатам испытаний — по возможности уменьшить толщину слоя, скорректировать расход или получить необходимые свойства при удобной для производства вязкости.

Для производственного сравнения используют стоимость годного изделия: фактический расход состава, цену его компонентов, затраты на приготовление и нанесение, потери и переделку. Такой подход позволяет выбрать рецептуру, которая одновременно выполняет теплотехнические требования и укладывается в экономику процесса.

Подбор и поставка нитрида бора «Литпромабразив»

Для первоначального выбора марки укажите матрицу, назначение изделия, рабочую толщину, способ нанесения или формования и целевой тепловой показатель. Это позволит связать заявку на порошок с задачей лаборатории и требованиями производства.

Каталог предусматривает согласование отдельных характеристик при специальных требованиях к гранулометрии и составу. Серия PC предназначена для индивидуальной спецификации; для

РС2 предусмотрено согласование теплопроводности с фактическим измерением при моделировании применения в базовой пасте.

ООО «Литпромабразив» поставляет гексагональный нитрид бора в фасовке 5 и 10 кг. Склад расположен в Истре. Для расчёта поставки направьте марку или задачу подбора, требуемый объём и город доставки. Цена и условия поставки согласовываются по заявке.

Вопросы о выборе h-BN для термопаст

Какую теплопроводность обеспечит порошок ТР в пасте?

Значение устанавливают для конкретной рецептуры, температуры и направления теплового потока. В каталоге ТР не задана единая гарантированная теплопроводность всех паст. Для выбора сравнивают составы в одной основе и при сопоставимых условиях испытания.

Можно ли смешивать мелкие и крупные фракции?

Такой подход предусмотрен направлениями применения серии ТР. Соотношение фракций выбирают экспериментально с учётом упаковки частиц, вязкости, толщины слоя и теплового сопротивления.

Достаточно ли D50 для выбора наполнителя тонкого слоя?

Дополнительно оценивают верхнюю часть распределения размеров, агломераты, форму частиц и поведение смеси под нагрузкой. Медиана D50 не устанавливает максимальный размер частицы или минимальную толщину пасты.

Какие сведения нужны для запроса цены?

Укажите марку ТР или назначение состава, полимерную основу, необходимые показатели, объём, фасовку и город доставки. Для лабораторной проработки добавьте рабочий зазор и метод планируемого испытания.

Запросить цену и подобрать фракцию ТР

info@litpromabrasiv.ru · +7 (495) 432-32-63

8 (800) 555-98-76 · litpromabrasiv.ru

Фасовка 5 и 10 кг. Склад: Истра, с. Лучинское, ул. Центральная, д. 3Б.