



АО «ОКБ «Новатор»

Модификация клеев на основе полиуретанового связующего

АО «Опытное конструкторское бюро «Новатор» имени Л.В. Люльева»
Институт электрофизики УрО РАН
г. Екатеринбург

Докладчики: Санников А.А.
Авторы: Койтов С.А., Мельников В.Н., Санников А.А., Лейман Д.В., Сафронов А.П., Бекетов И.В.

2022 г.

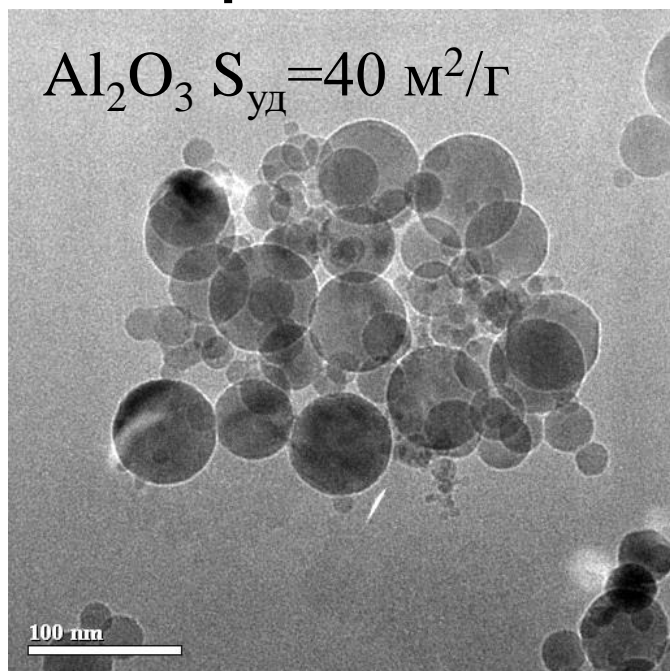


Клеевые составы

Цели и задачи работы

- Разработка модифицированных клеевых эпоксидно-уретановых составов, обладающих повышенной прочностью клеевого крепления композиционных теплозащитных материалов к металлу
- Исследование отверждения, термической стабильности и прочностных свойств эпоксидно-уретановых составов, наполненных нанопорошками оксида алюминия с различной удельной поверхностью

Характеристики нанопорошка Al_2O_3



- Нанопорошки оксида алюминия получены методом электровзрыва проволоки (ЭВП)
- Использовали партии порошков с удельной поверхностью 20, 46, 70 $\text{м}^2/\text{г}$
- Частицы Al_2O_3 сферической формы, средний диаметр частиц 83, 36, 24 нм
- Фазовый состав нанопорошков – γ - Al_2O_3



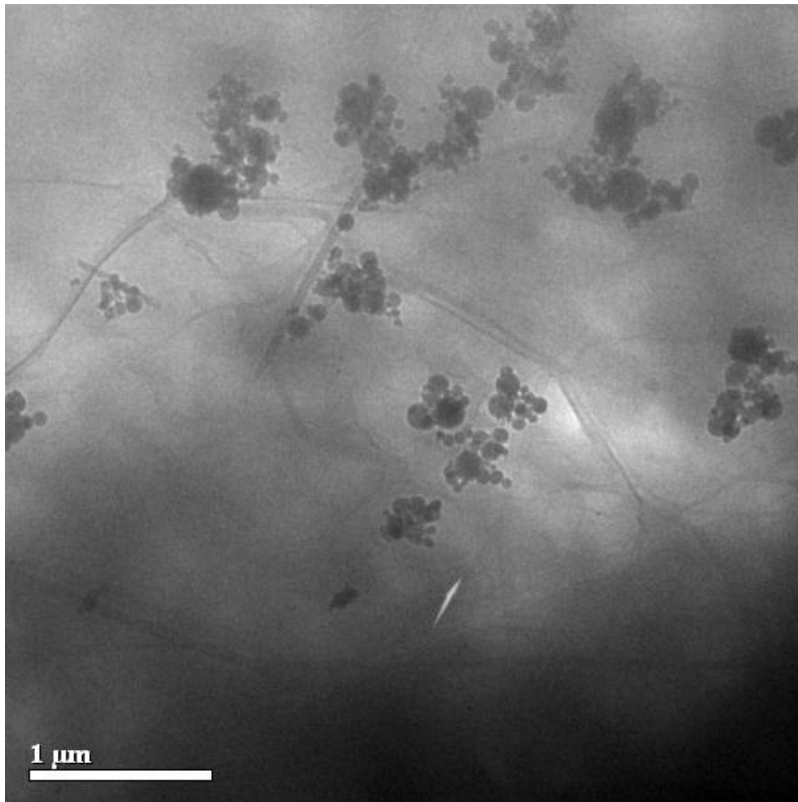
Методы исследования

Приборы и оборудование

- Электронная микроскопия JEOL JEM2100
- Комплексный термический анализ с синхронной масс-спектрометрией NETZSCH STA409/QMS403
- Измерения адгезионной прочности соединения «ТЗМ-клей металл» -испытательная машина «Instron» со скоростью движения подвижной траверсы не более 10 мм/мин
- Удельная поверхность порошков – метод БЭТ Micromeritics Tristar3000
- Рентгенофазовый анализ – Bruker D8 ADVANCE



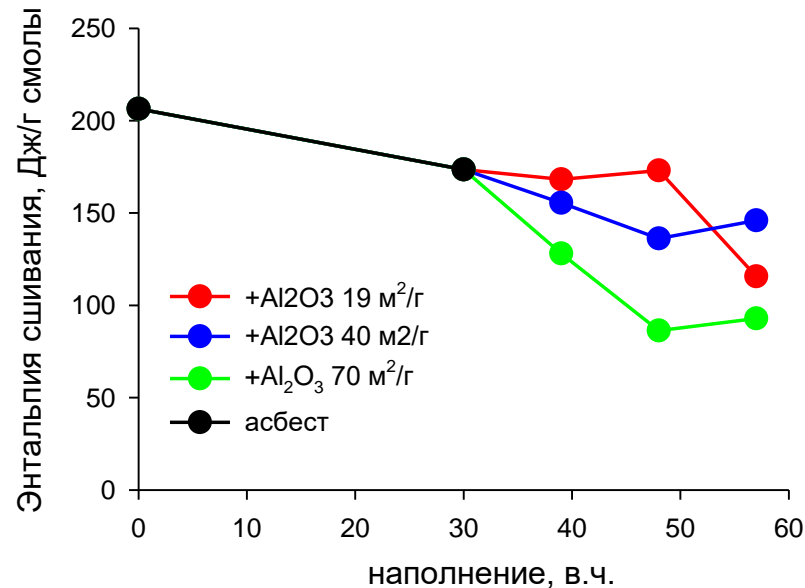
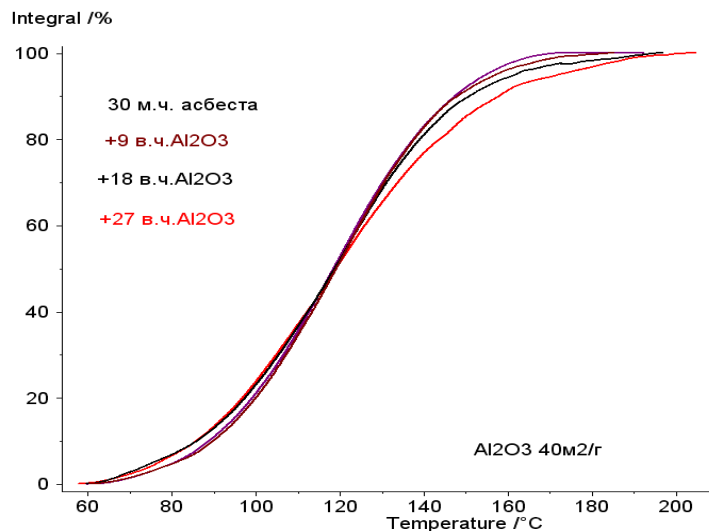
Распределение нанопорошка в композите



- В структуре наполненного композита присутствуют агрегаты частиц Al_2O_3 с размером 100 – 200 нм
- Асбест в структуре композита представлен случайной сеткой одиночных волокон и их пучков.
- Агрегаты Al_2O_3 размещаются в ячейках сетки волокон асбеста

Микрофотография наполненного композита (JEOL 2100)

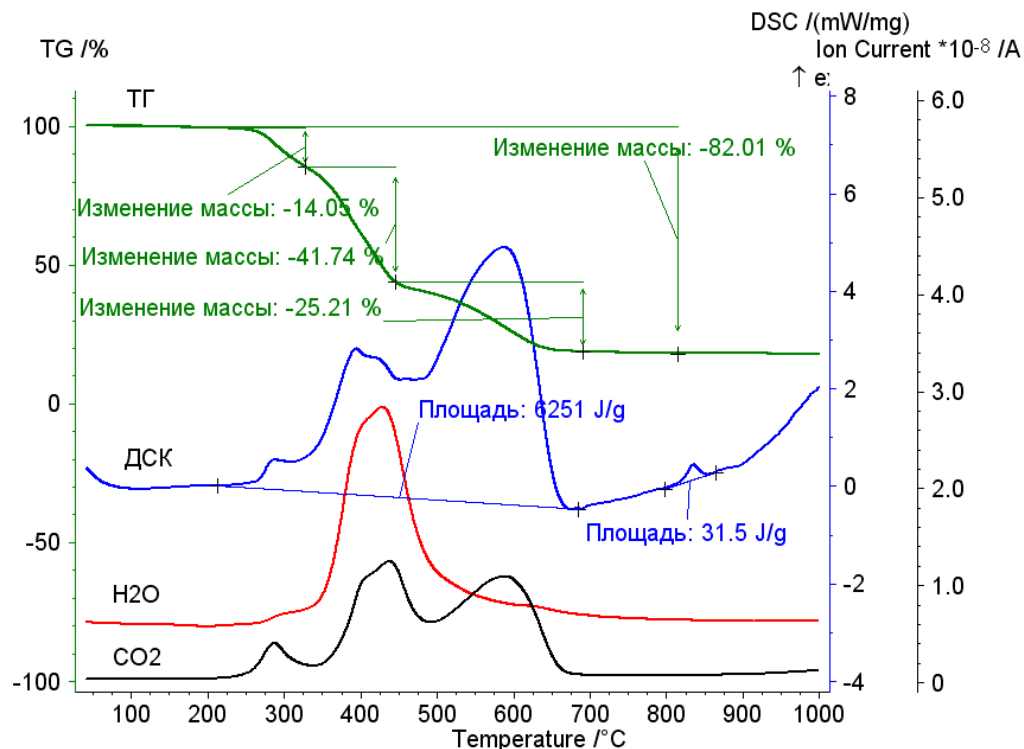
Кинетика отверждения композиций



- Отверждение клеевых составов по данным ДСК происходит в интервале температур 60 – 160 °С. Максимум скорости наблюдается при 120 °С
- Введение асбеста приводит к уменьшению энтальпии сшивания за счет адсорбции эпоксидных групп на поверхности волокон
- При введении Al₂O₃ до 20 в.ч. энтальпия сшивания также снижается тем больше, чем выше удельная поверхность
- При введении Al₂O₃ в количестве 60 в.ч. энтальпия сшивания увеличивается для нанопорошков с удельной поверхностью 40 и 70 м²/г



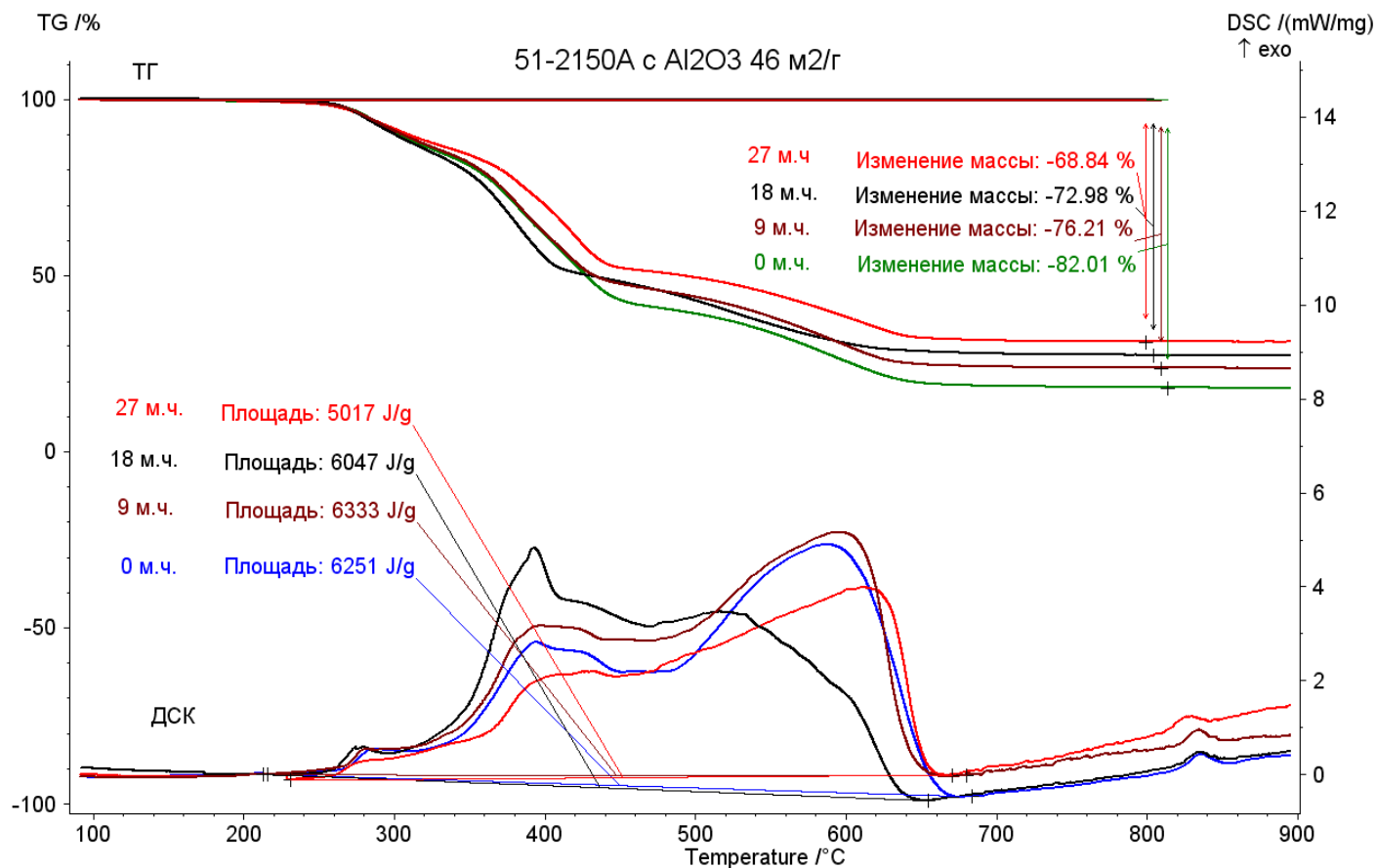
Термодеструкция клеевых составов



- Термодеструкция связующего происходит в трехстадийном режиме, сопровождается потерей массы 82%, выделением воды и CO₂
- На термодеструкцию эпокси-уретановой смолы в диапазоне 550 – 750 °С накладывается дегидратация асбеста, который теряет 13% кристаллизационной воды
- При 850 °С в дегидратированном асбесте происходит фазовый переход

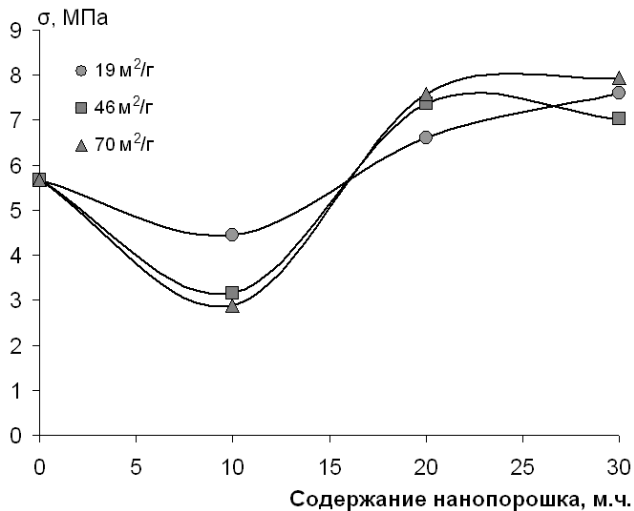


Термодеструкция композитов, наполненных Al_2O_3



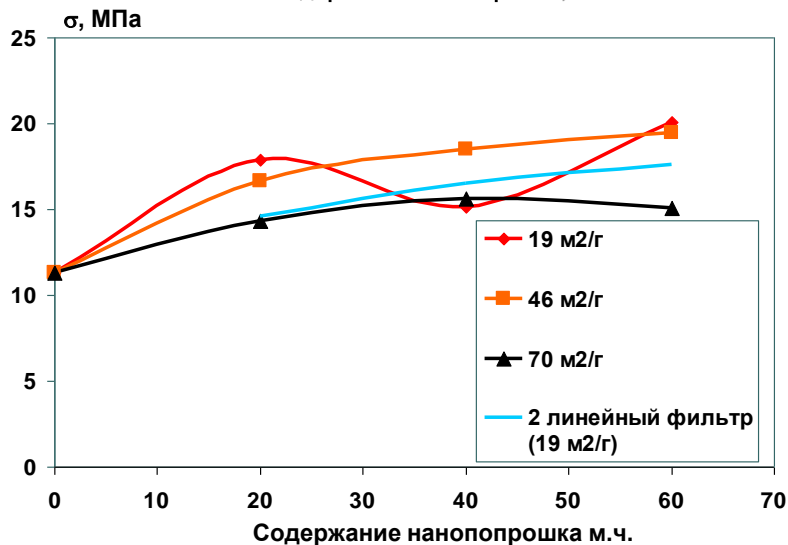
Введение Al_2O_3 в эпоксидно-уретановые клеевые составы мало влияет на характер процесса термодеструкции

Адгезионная прочность клеевого соединения ТЗМКТ-8К - металл



- Зависимости адгезионной прочности клеевого состава 51-2150 от концентрации для всех исследованных нанопорошков имеют вид кривых с минимумом при концентрации Al_2O_3 10 м.ч.
- Увеличение концентрации оксида алюминия до 30 м.ч. сопровождается ростом адгезионной прочности по сравнению с ненаполненным клеевым составом.

- При увеличении концентрации нанопорошков оксида алюминия с уд. пов. 19 и $46 \text{ м}^2/\text{г}$ происходит увеличение адгезионной прочности клеевого состава 51-2156-2
- Увеличение концентрации оксида алюминия с уд. пов. 19 и $46 \text{ м}^2/\text{г}$ сопровождается ростом адгезионной прочности по сравнению с ненаполненным клеевым составом.
- При концентрации 40 м.ч. адгезионная прочность наполненной нанопорошком оксида алюминия с уд. пов. $70 \text{ м}^2/\text{г}$ клеевой системы достигает максимума 15,7 МПа.





Выводы

- Структуру клеевого эпоксидно-уретанового композита, наполненного нанопорошком Al_2O_3 , образует сетка волокон асбеста, в ячейках которой размещены агрегаты наночастиц, размером 100-200 нм
- Введение асбеста и нанопорошка оксида алюминия понижает энтальпию отверждения связующего за счет адсорбции эпоксидных групп на поверхности волокон и частиц
- Введение асбеста и нанопорошка Al_2O_3 мало влияет на температурный диапазон и характер термодеструкции эпоксидно-уретанового связующего
- Введение 20 и 30 в.ч. нанопорошка Al_2O_3 приводит к увеличению адгезионной прочности клеевого соединения ТЗМ – металл на 30 – 40%



АО «Опытное конструкторское бюро «Новатор» имени Л.В.Люльева»

г.Екатеринбург

**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ!**

Докладчик: Санников А.А