



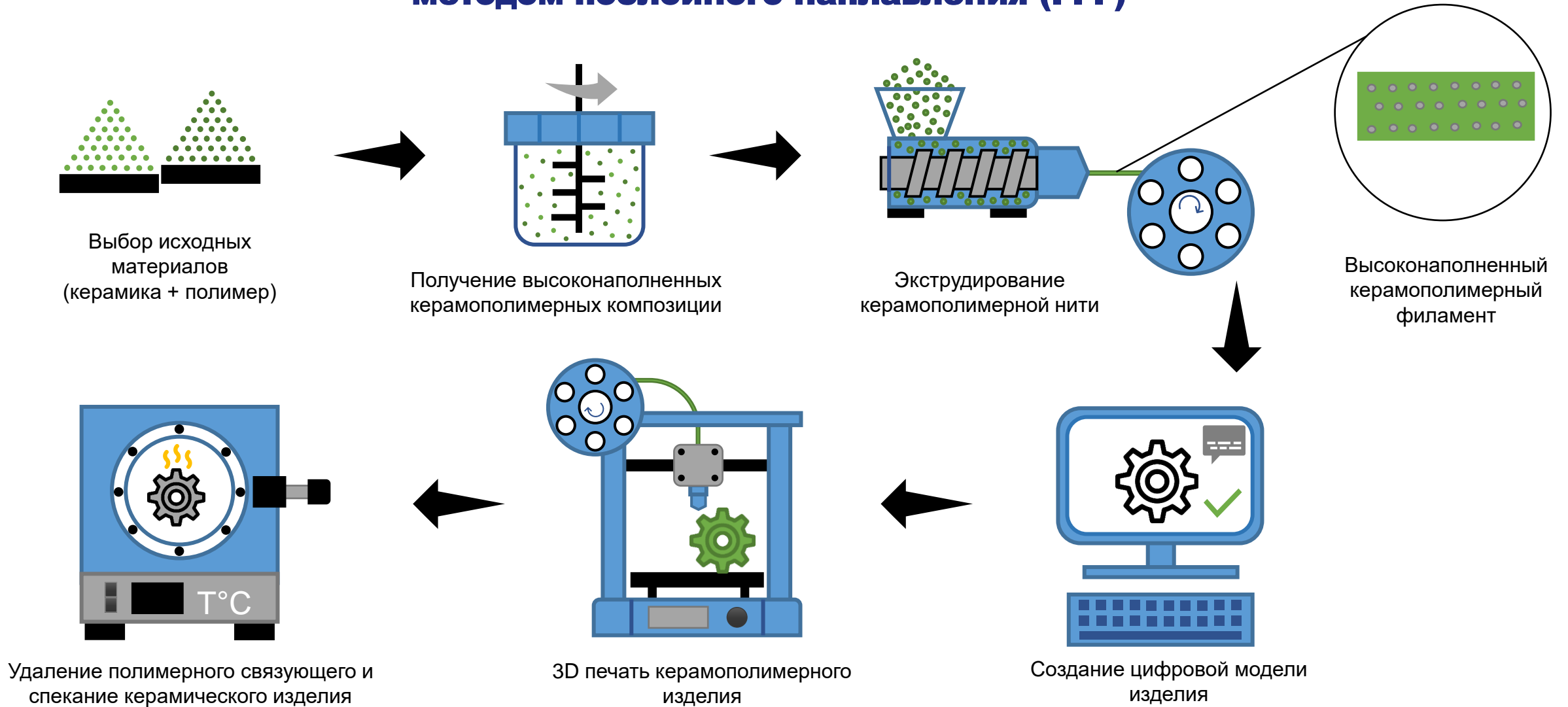
Кафедра «Высокоэффективные технологии обработки» ФГБОУ ВО МГТУ «Станкин»

**Исследование реологических свойств
высоконаполненных керамополимерных
смесей на основе полиамида 12 с
добавлением оксида графена**

Докладчик: Кузнецова Е.В.

Научный сотрудник ФГБОУ МГТУ «СТАНКИН»

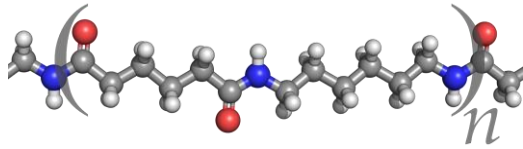
Схема технологического процесса получения керамических изделий методом послойного наплавления (FFF)



Выбор материалов для создания керамополимерной смеси

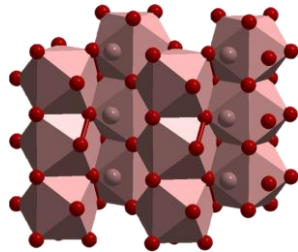
Полиамид (ПА)

ПА12



В качестве каркасного полимера выбран полиамид 12. Данный термопластик хорошо себя зарекомендовал при использовании в технологии FFF печати. Полиамид устойчив к истиранию и к воздействию ультрафиолета, к тому же он обладает отличной гибкостью, что позволит добавить к нему больше керамической составляющей не охрупчивая материал филамента. К тому же данный вида пластика не склонен к коксованию при высоких температурах, что важно при термическом разложении связующего и дальнейшем спекании керамических изделий.

Al₂O₃

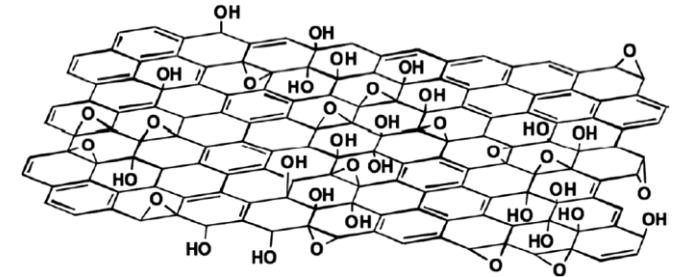


Оксид алюминия

Благодаря превосходным физико-химическим, термическим свойствам, таким как химическая стабильность, твердость, прочность, термостабильность и высокая теплопроводность, Al₂O₃ широко используется в различных отраслях машиностроения, автомобиле и авиастроения, а также в медицине (биосовместимые материалы). К тому же, нельзя не отметить низкую стоимость данного материала и его доступность.

GO

Оксид графена



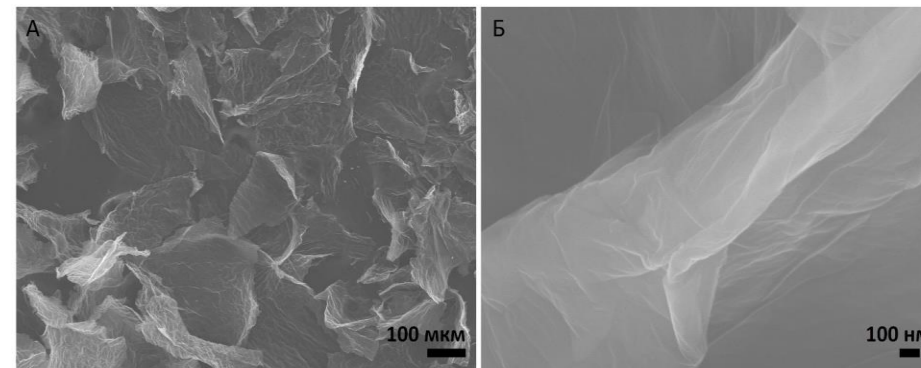
Добавление оксида графена позволяет улучшить электрические, механические, трибологические и термические свойства материалов, а также снизить пористость конечных изделий. Также его используют как реологический модификатор изменяющий вязкость материалов. Оксид графена содержит на своей поверхности функциональные кислородсодержащие группы, которые придают ему гидрофильность и способствуют лучшему смешиванию с полярными полимерами, такими как полиамид 12.

**74 масс.% Al₂O₃ + 26 масс.% полимерное
связующее**

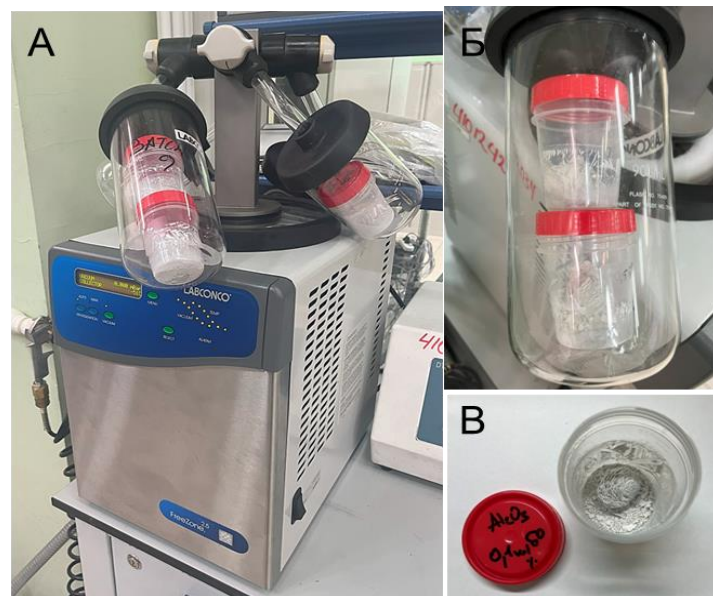
Добавление оксида графена

Выбор концентрации оксида графена для керамополимерных смесей

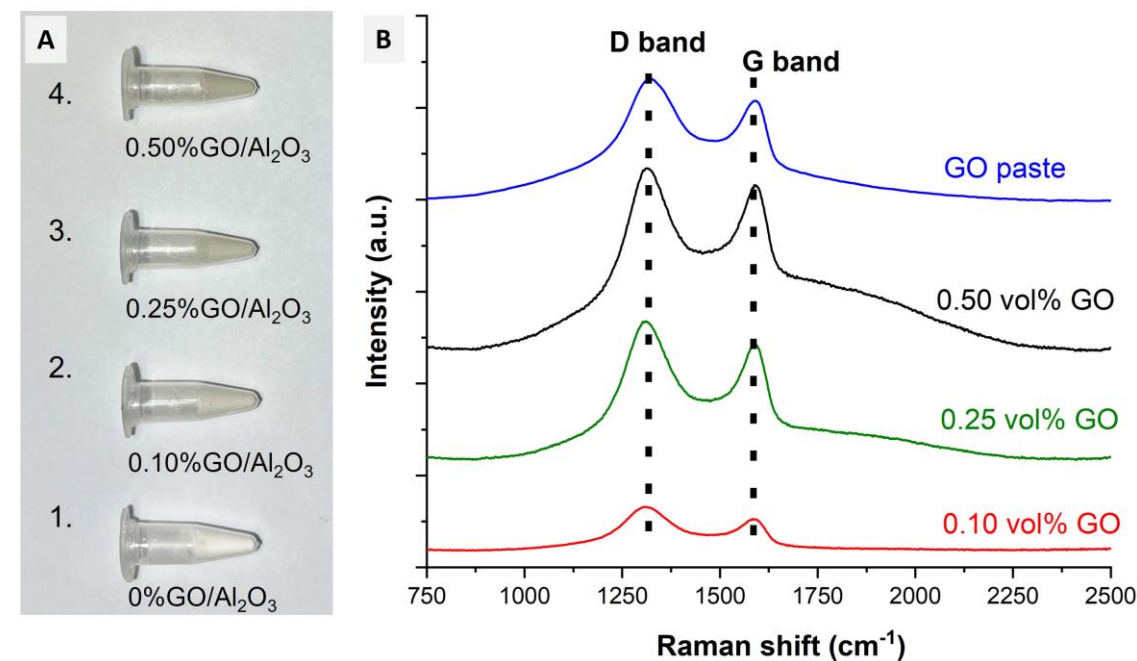
1. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 0\%$ об.GO
2. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.1\%$ об.GO
3. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.25\%$ об.GO
4. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.5\%$ об.GO



Микроструктура оксида графена на различных увеличениях: x100 (а) и x50000 (б)



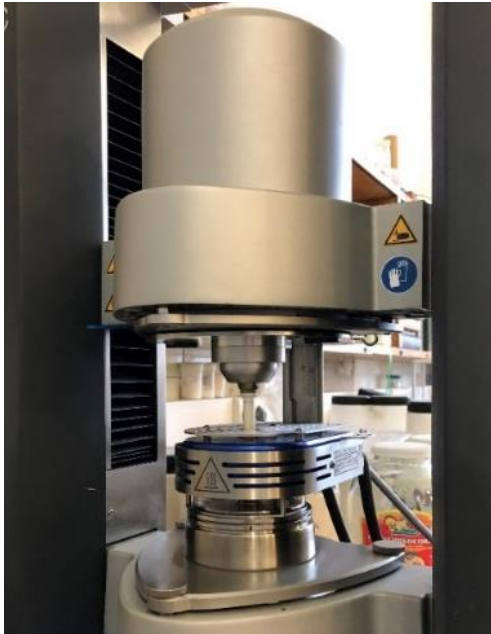
Лиофильная сушка Labconco freezezone 2.5 plus (США) (а) с загруженными в нее образцами суспензии (б), высушенные образцы $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{GO}$ (в)



Фотографии керамополимерных смесей с различным содержанием графена (а) и их спектры комбинационного рассеяния (б) керамополимерных смесей.

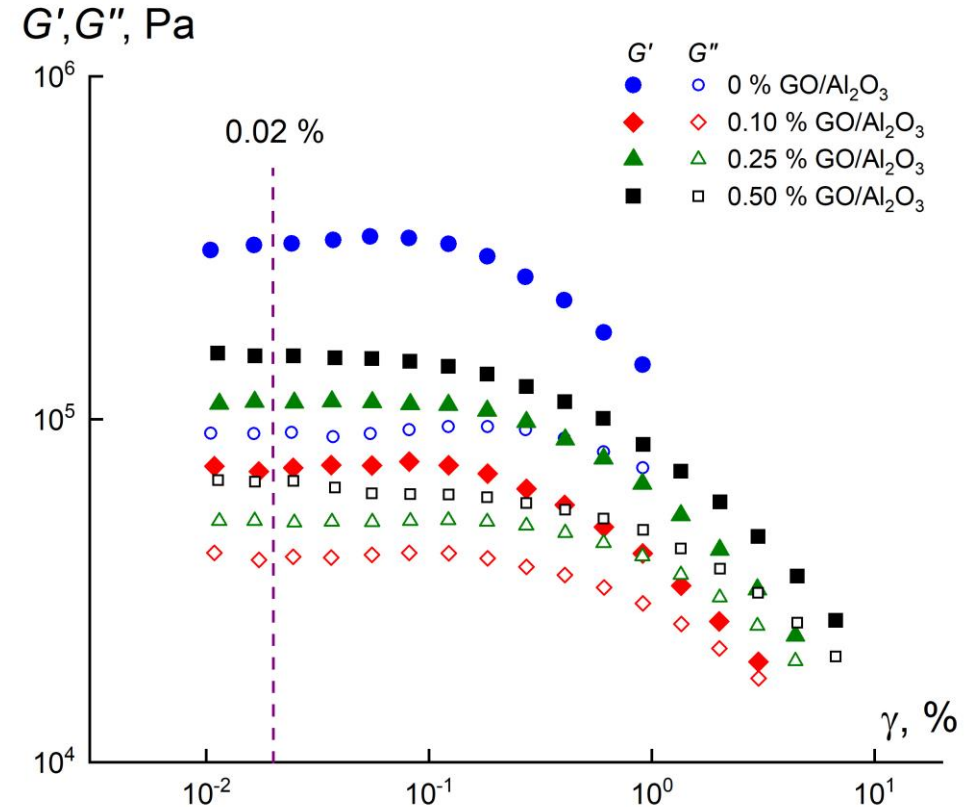
Исследование влияния оксида графена на реологические свойства керамополимерных композиций

Исследования реологических свойств проводило на базе лаборатории реологии полимеров ФГБУН «ИНХС им. А.В. Топчиева» РАН



Ротационный реометр RS 600 (Thermo Fisher Scientific, США)

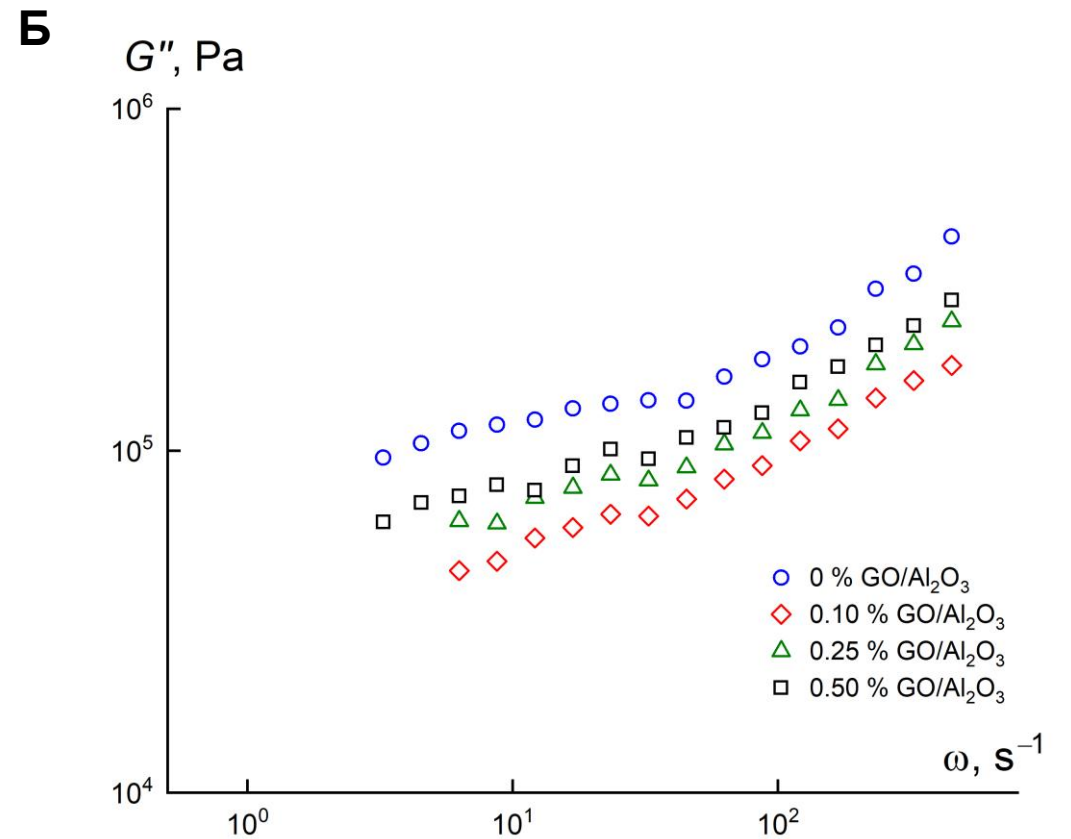
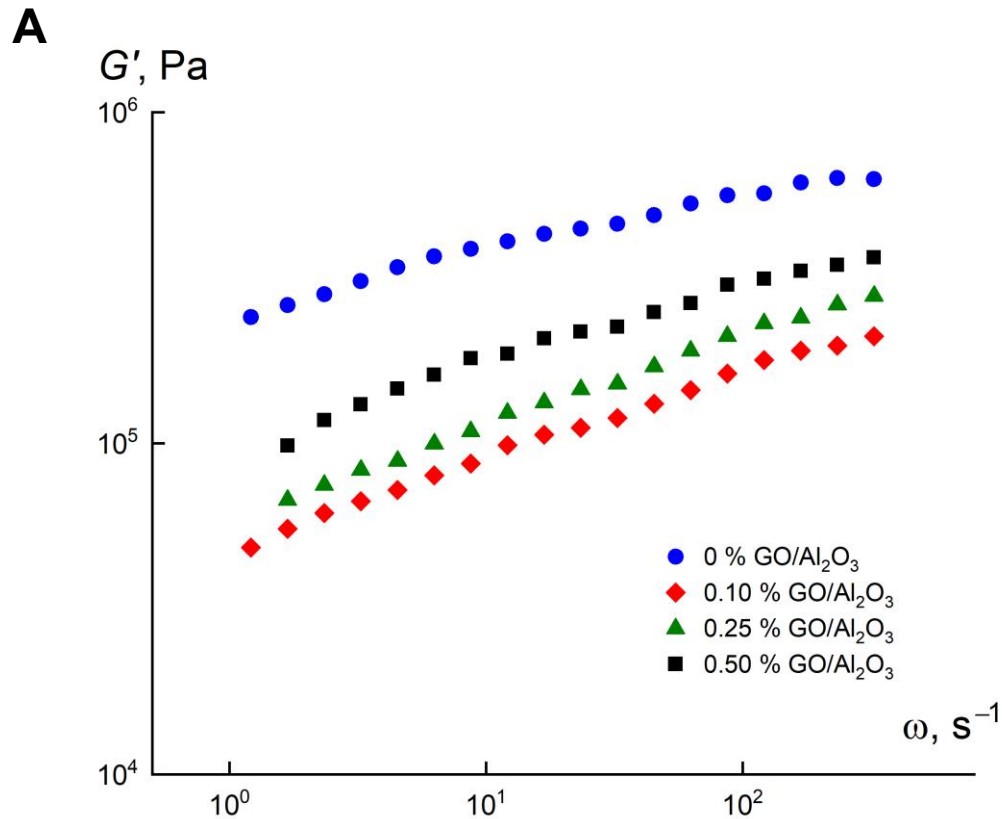
Зависимости компонент динамического модуля от амплитуды деформации при 220 °С.



Измерения реологических свойств керамополимерных смесей проводили на ротационном реометре RS 600 (Thermo Fisher Scientific Inc., США) с использованием геометрии рабочего узла плоскость-плоскость (диаметр 20 мм, зазор 0.5 мм) с рифленной поверхностью во избежание проскальзывания материала о поверхность измерительного узла. Измерения проводили при температуре 220 °С.

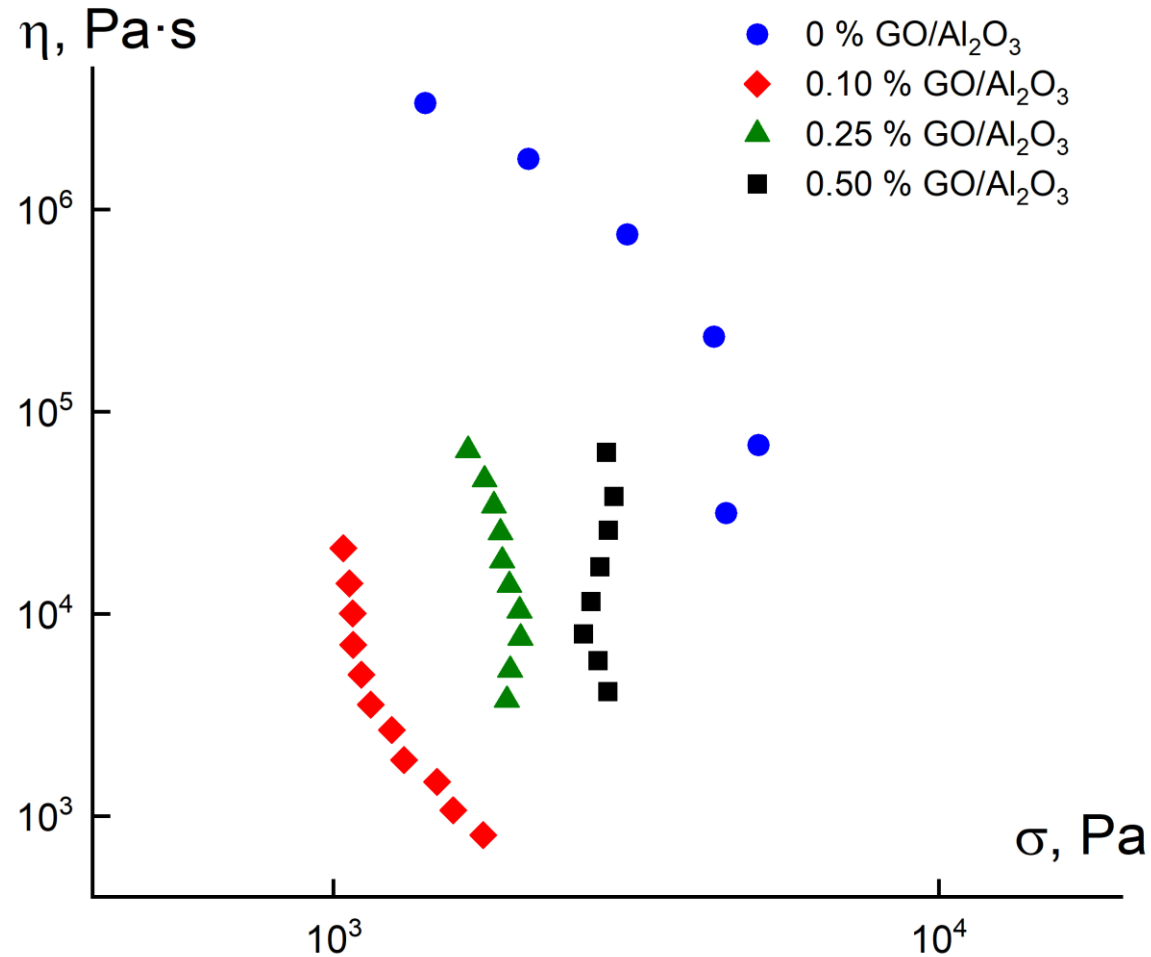
Исследование влияния оксида графена на реологические свойства керамополимерных композиций

Зависимости модуля упругости и модуля потерь (G' и G'') от частоты деформации при выбранной амплитуде деформации



Исследование влияния оксида графена на реологические свойства керамополимерных композиций

Зависимости эффективной вязкости от напряжения сдвига при 220 °С



Основные выводы

1. Выявлено, что оксид графена выступает реологической добавкой, снижающей вязкость смесей по сравнению со смесью без оксида графена.
2. Наибольшее падение вязких и вязкоупругих свойств удастся достичь при введении всего 0.10 об. % оксида графена.
3. Увеличение содержания оксида графена (при сопутствующем уменьшении содержания оксида алюминия) приводит к увеличению вязкоупругих характеристик образцов и возрастанию величины предела прочности.

Достигнутые положительные результаты могут способствовать созданию филаментов с увеличенным содержанием керамики, улучшению получаемой формы и размеров при 3D-печати керамополимерных заготовок, что в свою очередь позволит получать более плотные и прочные керамические изделия. Положительные результаты работы также возможно будет применять для улучшения реологических свойств керамополимерных композиций в технологиях литья керамики под давлением.



Спасибо за внимание!

- Email: e.kuznetsova@stankin.ru
- Телефон: +7 (499) 972-95-85
- Сайт: stankin.ru