

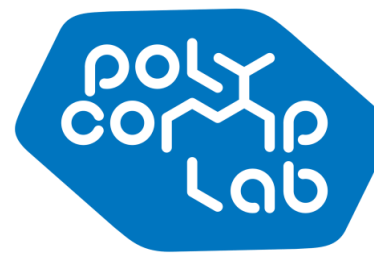


Thermostable thermoplastic-based composite materials for industrial application

Термоустойчивые композитные материалы для промышленного применения на основе термопластов

Prof. Jose M. Kenny

Институт высокомолекулярных соединений
Российской академии наук



Профессор Хосе Мария КЕННИ

- Число публикаций (Scopus): 620; Индекс Хирша: 62
- Степень бакалавра – Университет Буэнос-Айреса, Аргентина (1979);
- Степень доктора философии – Южный Университет, Аргентина (1984)
- Позиция постдока – Университет Неаполя, Италия (1984-1991), при поддержке Alenia Co.
- Приглашенный профессор:
 - Университет Коннектикута, США, 1989-1990
 - Университет штата Вашингтон (Сиэтл), США, 1991-1992
- Адъюнкт-профессор – Университет Перуджи, Италия, 1992-2000
- Профессор – Университет Перуджи, Италия, с 2001
- Президент SAMPE Europe (Society for the Advancement of Material and Process Engineering), 2001-2002
- Координатор европейской «Сети превосходства» NANOFUN-POLY, 2004-2008
- Президент Европейского центра наноструктурированных полимеров (ECNP), с 2006
- Руководитель лаборатории PolyComp в ИВС РАН, с 2014 г. в рамках Мегагранта

Институт высокомолекулярных соединений



ИВС РАН
20 лабораторий,
300 сотрудников

отдел
физики

отдел
химии

**Теоретические
исследования,
моделирование**

**Комплексное экспериментальное
исследование полимерных систем**
термостойкие полимеры (преимущественно полиимиды),
композиты и нанокompозиты на их основе,
биокompозиты и биоматериалы,
материалы для фотовольтаики, биодegradируемые полимеры
для доставки лекарств и др.

**Синтез
новых
полимеров**

Лаборатория полимерных композитов (PolyCompLab)

Новая **международная** лаборатория № 22 в ИВС РАН (открыта в 2014г.)
“Многомасштабное экспериментальное исследование и моделирование полимерных композитов на основе перспективных термопластов для промышленного применения”

Ключевой идеей проекта является модификация полимерных матриц композитных материалов введением наночастиц, что позволит создавать нанокompозиты со структурой, управляемой нанонаполнителями. Таким образом, композитные полимерные матрицы, наполненные наночастицами, могут быть использованы для создания композитных материалов с заданными и регулируемыми свойствами.



<http://polycomplab.ru>
<http://polycomplab.org>



Основные объекты исследования - композиты на основе полиимидов, синтезированных в ИВС РАН, и полиимидов, ПЭЭК и PPS, которые есть на рынке

Оборудование лаборатории PolyCompLab



Универсальная установка
для механических
испытаний
AG-100kNX Plus
(Shimadzu, Япония)



Термомеханический анализатор
ТМА 402 F1 (NETZSCH, Германия)



Универсальная установка
для диэлектрических
испытаний Novocontrol
Concept 22



Компьютерный кластер
на базе серверов
IBM/Lenovo

Научное оборудование ИВС РАН, привлекаемое для решения задач разработки новых полимерных композиционных материалов



Спектрометры ЯМР AVANCE II – 400 SB и AVANCE II – 500 WB (BRUKER, США)



Сканирующий электронный микроскоп Supra 55 VP (Carl Zeiss, Германия)



Универсальная реометрическая система MCR-301 (Anton Paar, Австрия)



Проект «РОСО»

Carbon Nanoparticle Confinement Strategies to Develop Novel POlymer Matrix COmposites

Номер гранта: CP-IP 213939-1

Координатор: Tekniker

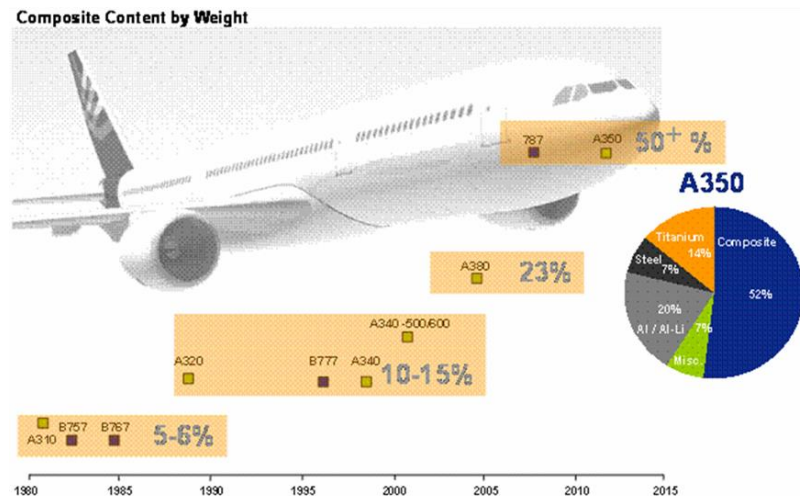
Грант на реализацию крупномасштабного совместного проекта

www.poco-project.com

Проект «РОСО»

РОСО выстраивает путь к полимерным нанокompозитным материалам, наполненным углеродными нанотрубками, для использования **аэрокосмической, автомобильной, строительной и биомедицинской** отраслях промышленности.

Композитные материалы в авиапромышленности



Пластики наполненные углеродным волокном

+ Низкий вес

+ Высокие механические свойства

- Повреждаются при ударных нагрузках

Проект «COMPANANOCOMP»



Multiscale computational approach to the design of polymer-matrix nanocomposites

Компьютерное моделирование, виртуальная разработка и функциональное тестирование органических матричных нанокompозитов для промышленного применения (включая оптические, электрические, механические свойства)

Соисполнители: МГУ им. М.В. Ломоносова, ООО «Физ-Хим», ИВС РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Dutch Polymer Institute, Rhodia S.A., National Technical University of Athens, Eindhoven University of Technology, CNRS, General Electric, ECNP, University of Ulm

Руководитель работ: **А. Р. Хохлов**

FP7-NMP-2011-EU-RUSSIA

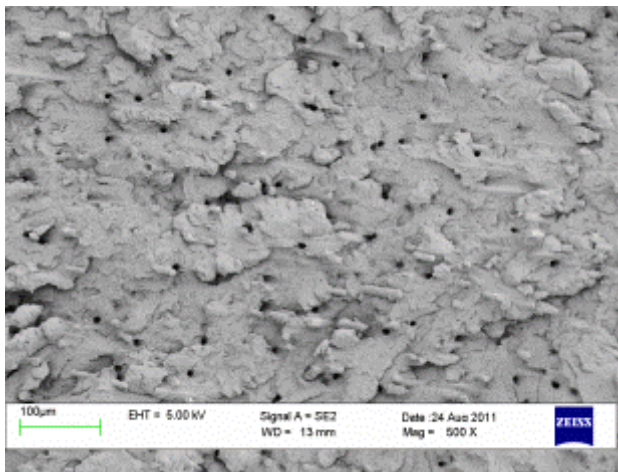
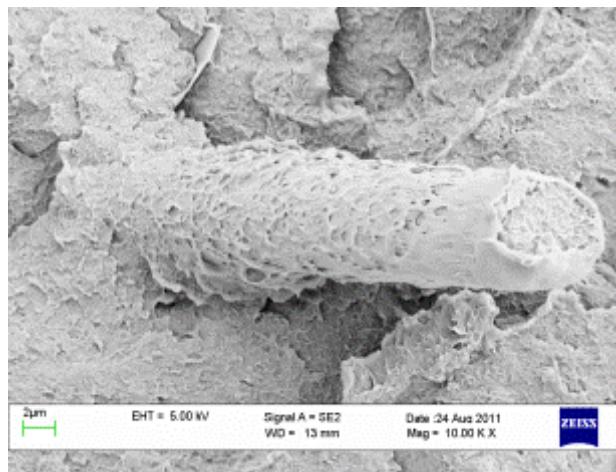
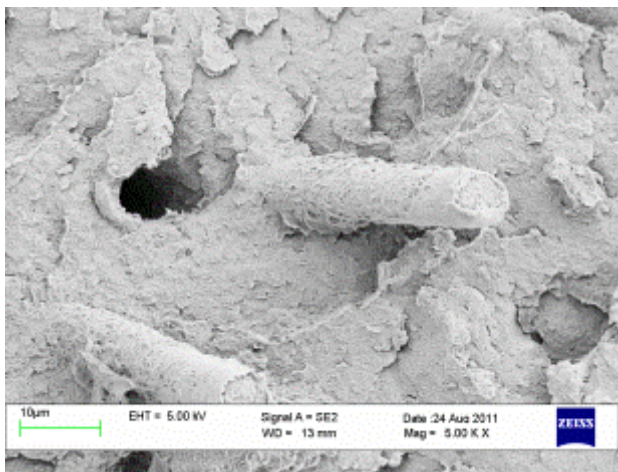
NMP4-SL-2011-295355

Госконтракт 16.523.12.3001

Углеродные нанотрубки в ПЭЭК и смеси ПЭЭК/ПЭИ

Морфологический анализ

ПЭЭК + 15% углеродного волокна (УВ) + 0,5% графен



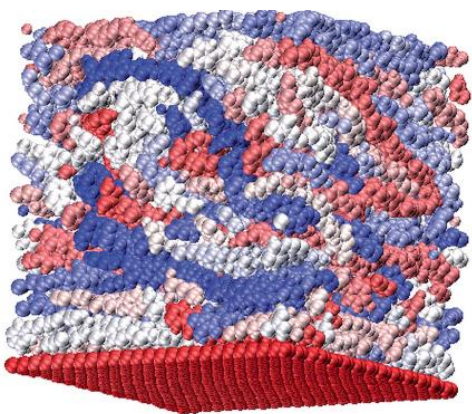
В гибридных системах наблюдается очень высокая диспергируемость наполнителя и адгезия матрицы к волокну

Углеродные нанотрубки в ПЭЭК и смеси ПЭЭК/ПЭИ

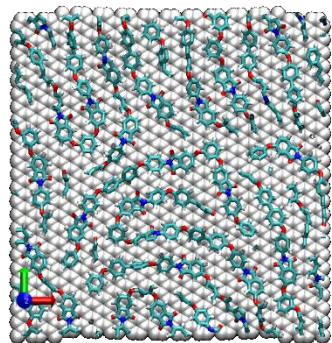
Механический анализ - испытание на растяжение

Материал	Модуль Юнга [МПа]	Предел текучести [МПа]	Деформация на пределе текучести [%]	Предел прочности [МПа]	Деформация при разрушении [%]
ПЭЭК	3549 ± 211	94.4 ± 0,9	5.23 ± 0,75	93.3 ± 6,7	81.4 ± 13,5
ПЭИ	3515 ± 178	115.5 ± 9,5	6.28 ± 0,09	94.5 ± 0,2	57.2 ± 1,5
ПЭЭК + 1% УНТ	3952 ± 22	96.6 ± 1,4	4.76 ± 0,18	89.2 ± 3,5	69.0 ± 24,0
ПЭЭК + 0,5% Графен	3974 ± 14	97.8 ± 1,5	4.95 ± 0,40	84.0 ± 0,8	16.9 ± 2,1
ПЭЭК + 15% УВ	9384 ± 192	148.5 ± 0,7	3.81 ± 0,18	144.5 ± 0,7	4.9 ± 0,2
ПЭЭК + 15% УВ + 1% УНТ	9652 ± 254	145.3 ± 3,5	3.54 ± 0,13	144.0 ± 5,6	4.6 ± 0,6
ПЭЭК + 15% УВ + 0,5% графен	8112 ± 49	141.3 ± 1,2	4.37 ± 0,15	136.5 ± 1,3	7.4 ± 0,1
ПЭЭК/ПЭИ	3145 ± 117	87.1 ± 0,1	5.25 ± 0,07	92.0 ± 17,0	87.0 ± 29,7
ПЭЭК/ПЭИ + 1% УНТ	3203 ± 4	86.1 ± 0,1	4.84 ± 0,05	95.2 ± 5,4	88.7 ± 4,7
ПЭЭК/ПЭИ + 0,5% графен	3153 ± 18	91.4 ± 4,7	5.41 ± 0,22	95.3 ± 8,7	92.7 ± 18,4
ПЭЭК/ПЭИ + 15% УВ	6911 ± 86	120.0 ± 1,4	3.68 ± 0,18	108.5 ± 0,7	4.7 ± 0,3
ПЭЭК/ПЭИ + 15% УВ + 1% УНТ	8343 ± 159	129.0 ± 1,4	3.35 ± 0,07	123.5 ± 0,7	4.1 ± 0,1
ПЭЭК/ПЭИ + 15% УВ + 0,5% графен	8420 ± 57	131.0 ± 1,4	3.30 ± 0,14	124.5 ± 2,1	4.5 ± 0,2

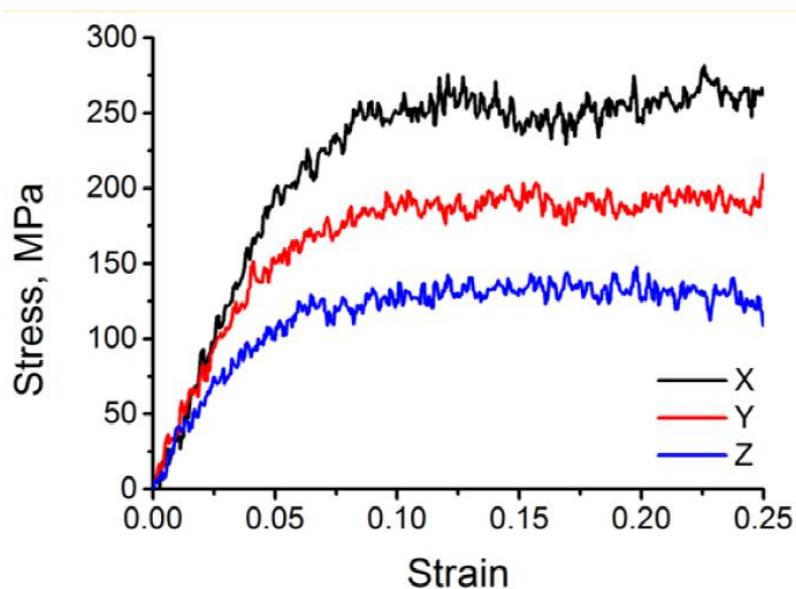
Повышение механических свойств кристаллизующейся полиимидной матрицы вблизи поверхности графена (моделирование методом молекулярной динамики)



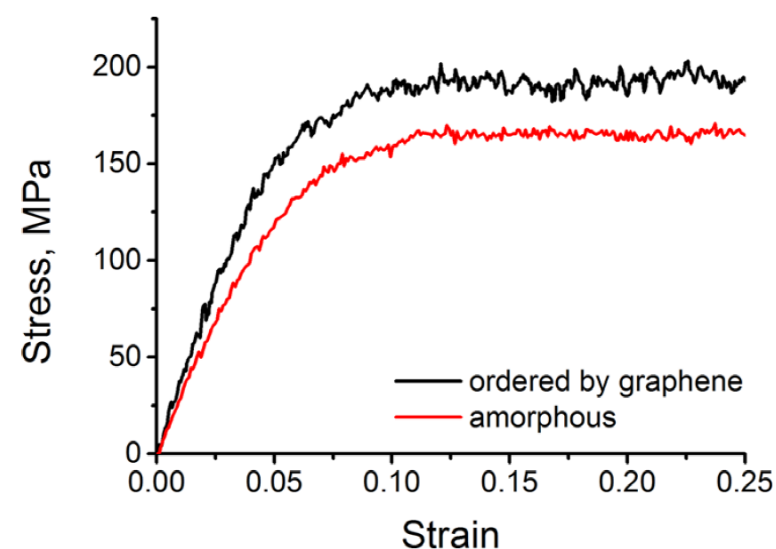
Конфигурация композита на основе полиимида, наполненного графеном



Упорядоченный слой полимера вблизи поверхности графена

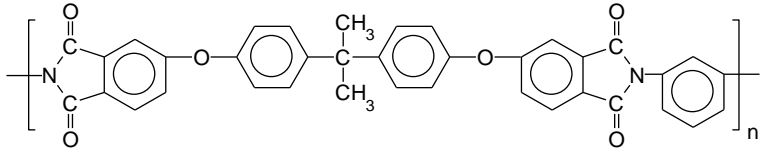
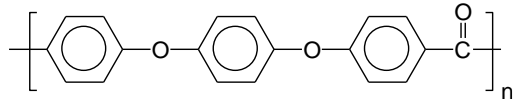
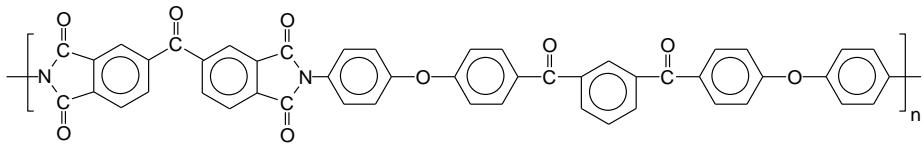
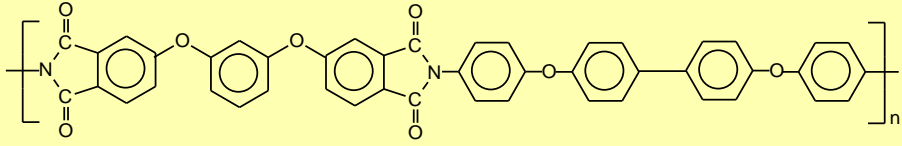


Анизотропия механических свойств полимерной матрицы с ориентированным расположением цепей в зависимости от направления деформации



Сравнение механических свойств аморфного образца и образца с упорядоченным расположением цепей

Высокотехнологичные термопласты

Химическая структура	Марка	Tg °C	Tm °C	Вязкость Па·с
	ULTEM-1000 GE-Sabic	216	--	10 ² -10 ³ (330-350°C)
	ПЭЭК ICI	143	340	10 ³ -10 ⁴ (340-360 °C)
	LaRC-CPI (NASA)	220	360	10 ⁴ -10 ⁵ (380°C)
	R-BAPB ИВС РАН	205	320	10 ² -10 ³ (330-350°C)

Сравнительные характеристики полимерных материалов

Характеристика	PPS	РА-66	ПЭЭК	Полиэфиримид Extem ХН	Полиимид ПИ-ПР-20	Полиэфирими д ИВС РАН
Прочность при растяжении, МПа	85-95	85	110-130	100	70	150
Прочность при изгибе, МПа	140-145	115	150	160	100	-
Модуль упругости, ГПа	3.8-4.2	3.0	3.7-3.8	3.5	2.7	2.9-3.1
Температуры эксплуатации, °С	от -60 до +220	от -40 до +220	от -50 до +250	от -50 до +240	от -50 до +270	до +260

Предварительные исследования крепежных деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) (в сотрудничестве ГБОУВО Московской области «Технологический университет»)

Преимущества крепежа из ПКМ

1. возможность существенного (примерно в пять раз) снижения веса изделий (плотность сталей 7.7-8.0 г/см³, плотность термопластов и ПКМ 1.35-1.5 г/см³)
2. высокая коррозионная стойкость
3. низкая теплопроводность и электропроводность
4. возможность монтажа СВЧ-оборудования



Используемый крепеж из низкомагнитной стали типа Click Bond



Опытные образцы крепежных изделий из ПКМ на основе полиэфирэфиркетона (ПЭЭК)

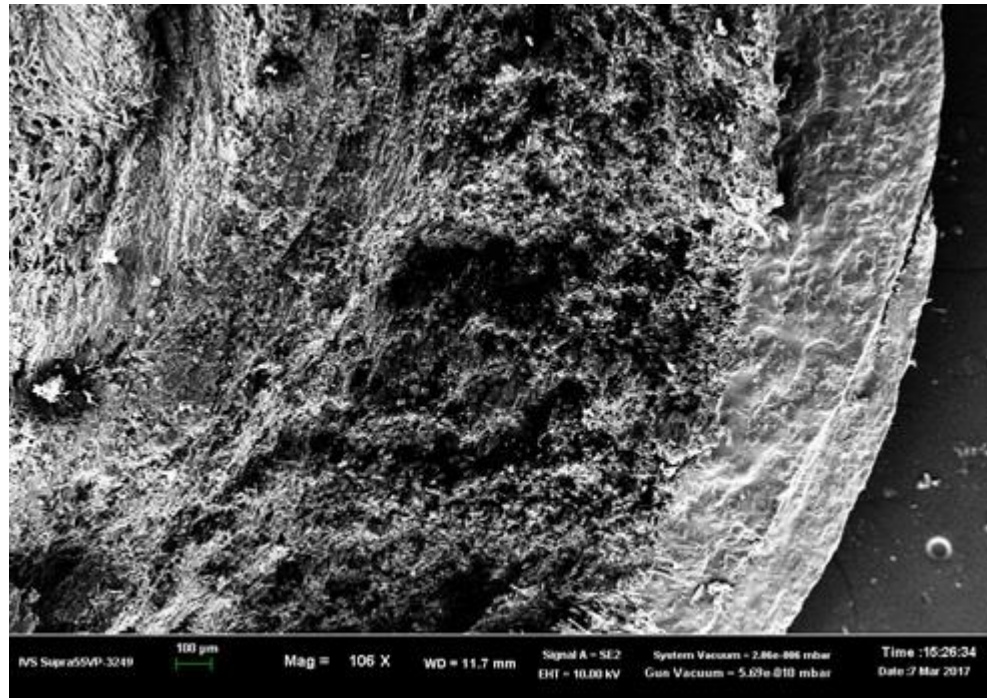


Испытание крепежных элементов из стали (слева) и ПКМ (справа)

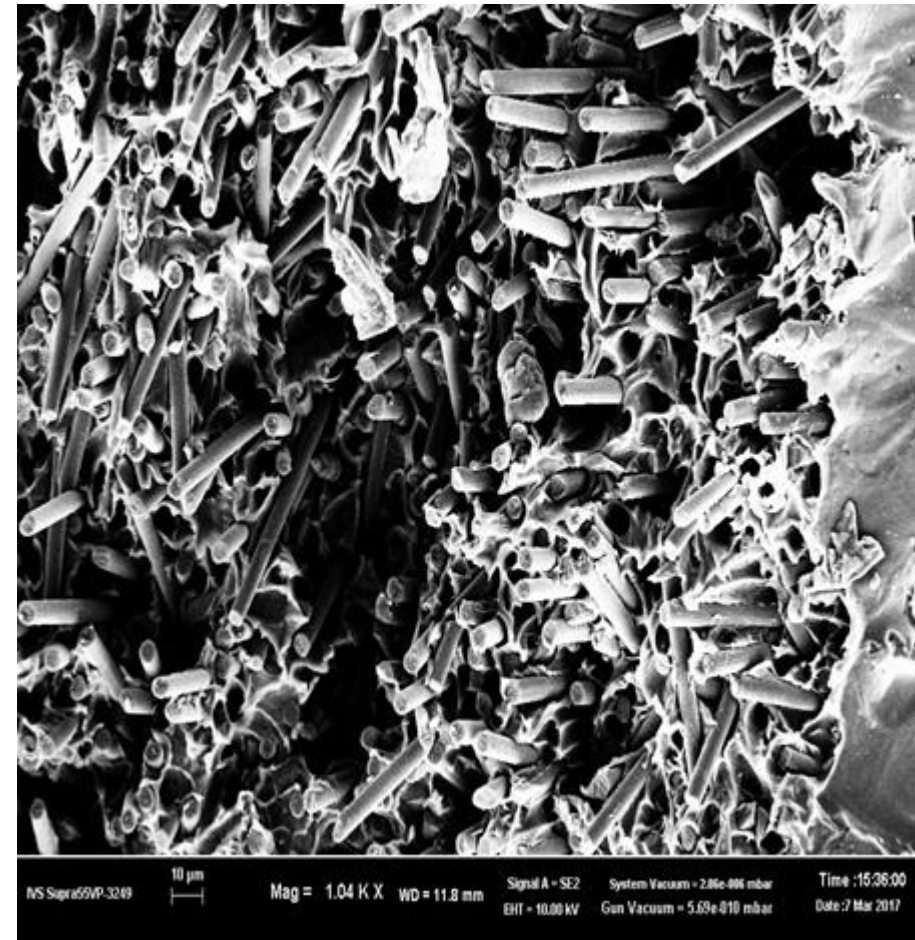
Результаты испытаний прочности опытных образцов крепежа

Материал	Табличное значение σ_p , МПа	Экспериментальное значение σ_p , МПа	Характер разрушения
Сталь	310-330	320	Разрыв стержня по резьбе (между зажимками)
Композит на основе ПЭЭК	330	72	Отрыв головки болта
Композит на основе ПЭЭК	330	102	Разрыв стержня по границе гайки

Испытание крепежа из ПКМ: микроскопия



На самом краю болта наблюдается более плотный слой композита (толщиной около 500 мкм). Далее при приближении к центру наблюдается более рыхлый слой, обедненный полимером, и следом, при приближении к центру, плотность композита снова увеличивается



СЭМ-фотографии места разрыва:
требуется доработка технологических режимов производства

Потребность авиационной промышленности в полиимидных материалах на основе разработок ИВС РАН



Директору
Института высокомолекулярных соединений РАН

С.В. Люлину

В.О. Большой пр., 31,
г. Санкт-Петербург, 199004

факс: 8(812) 328-68-69
эл.почта: imc@hg.macro.ru

04.04.2017 № И-17-6047

по вопросу:

Уважаемый Сергей Владимирович!

В 2009-2011 годах между ФГУП «ВИАМ» и ИВС РАН в рамках контракта № 9208.1007900.18.736 от 11.06.2011 с Минпромторгом России был заключен договор № 486/4629 от 11.06.2009 на проведение НИР «Разработка рецептуры и технологии синтеза полиимидного форполимера».

В результате данной работы был разработан состав полиимидного форполимера, отработана опытная технология его получения, выпущены технические условия ТУ 001-225341-02698594-11 «Форполимер полиимидный» (опытная партия) и технологическая инструкция ТИ 8-03-2011 на процесс получения форполимера полиимидного (опытные партии) с Изменением № 1 к ТИ 8-03-2011 с присвоением литеры «О».

Разработанный Вашей организацией материал был передан для проведения исследований во ФГУП «ВИАМ», на основании которых создан трудносгорающий эластичный пенополиимид марки ВПП-1. Пенополиимид ВПП-1 паспортизован, имеет ТУ и необходимую НТД. Пенополиимид чистый или облицованный тонкой полиимидной пленкой рекомендован для применения в качестве теплоизоляции пневмо-, масло- и гидросистем авиакосмической техники, в том числе трубопроводов сложной конфигурации, элементов системы кондиционирования воздуха летательных аппаратов.

В настоящее время в связи с открытием контракта по созданию изделия «80» возникла необходимость возобновления работ по полиимидному



2

форполимеру, необходимого для производства пенополиимид марки ВПП. Ориентировочное количество форполимера – 150-250 кг/год.

Просим Вас в возможно короткий срок подтвердить готовность Вашей организации в проведении работ по изготовлению и поставке полиимидного форполимера. Работа будет проведена на договорной основе.

Начальник НИО «Функциональные материалы и технологии синтеза»

Б.Ф.Павлюк

ФАНО РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук
(ИВС РАН)

В.О. Большой пр., д.31, г. Санкт-Петербург, 199004
телефон (812) 323-74-07, факс (812) 328-68-69
e-mail: imc@hg.macro.ru
ОГРН 1037800046041 ИНН 7801003479

Начальнику НИО
«Функциональные материалы и технологии синтеза»

Б.Ф. Павлюку

19.05.2017 № 9311/с-149
На № И-17-6047 от 07.04.2017

Уважаемый Богдан Филиппович!

В 2009-2011 годах ИВС РАН в рамках договора с ФГУП ВИАМ выполнял НИР «Разработка рецептуры и технологии синтеза полиимидного форполимера». В результате данной работы был разработан состав полиимидного форполимера, который представляет интерес для создания трудносгорающего эластичного пенополиимид марки ВВП-1. Работа была выполнена в лабораторном масштабе и не предполагала разработки перехода на уровень выпуска продукции. За период выполнения работ было получено 12,3 кг форполимера.

Для производства, требуемого Вам количества форполимера (150-250 кг/год), нужно организовать промышленное производство, стоимость которого составляет не менее 50 млн.руб.

С надеждой на плодотворное сотрудничество, по реализации данного проекта.

Директор

С.В. Люлин

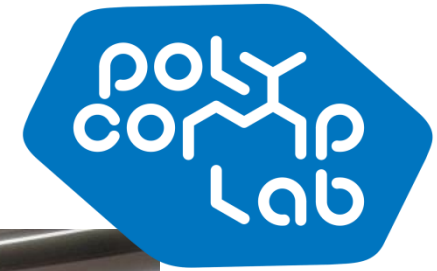
Письмо-запрос от ФГУП «ВИАМ» о производстве полиимидного форполимера для создания трудносгораемых эластичных пенополиимидов

Благодарность

Сергей Люлин,
Сергей Ларин,
Алексей Люлин,
Станислав Фалькович,
Наталья Лукашева,
Александр
Якиманский,
Виктор Назарычев,
Игорь Волгин,
Иосиф Гофман,
Владимир Юдин,
Валентин Светличный



PolyComp Lab





Спасибо за внимание!