

# Проект РФФИ № 15-53-12009

## «Исследование зависящих от магнитного поля свойств магнитных гибридных материалов со сложными внутренними взаимодействиями»

Работа по синтезу и исследованию свойств магнитных гибридных эластомеров проводилась в рамках комплексного взаимодействия российской группы синтетиков с двумя германскими группами по исследованию свойств гибридных эластомеров и конструированию приборов с использованием этого материала.

Отработана методика синтеза различных по составу магнитных гибридных эластомеров, содержащих в своём составе как магнитожёсткие частицы FeNdB, так и магнитомягкие частицы карбонильного железа. Модификация частиц гидридсодержащими силиконовыми соединениями и силиконовыми олигомерами позволили создавать высоконаполненные (до 85% масс) и высокоэластичные композиции. Полученные образцы передавались в Дрезденский технический университет для исследования магнитных и магнитореологических свойств и в Технический университет Ильминау для использования их при создании датчиков ускорения.

Отработана новая методика для измерения магнитной реологии на реометрах «Anton Paar Physica MCR30» или «HAAKE MARS 40» которые широко используются в мировых лабораториях. Методика предполагает увеличение толщины измеряемого цилиндра и жёсткую фиксацию торцов цилиндра на поверхностях статор – ротор, что позволяет измерять вязкоупругие свойства магнитных эластомеров при больших деформациях до 30%. Было обнаружено, что свойствами пассивного и активного состояния магнитоактивных композитов со смешанными порошками можно независимо управлять. Свойствами пассивного состояния можно управлять путем предварительного намагничивания магнитотвердых частиц, поскольку это влияет на остаточную намагниченность композита, а свойствами активного состояния можно управлять прикладывая внешнее магнитное поле. Диапазон пассивной настройки и активного управления зависит от количества магнитотвердых и мягких компонентов.

Предложена модель описывающая эффект магнитострикции для данного типа материалов. Стрикция объясняется образованием цепеподобных структур под действием магнитного поля. Гистерезис возникает вследствие задержки разрушения образовавшихся цепеподобных структур при уменьшении магнитного поля.

На основе подробных исследований магнитных свойств магнитных гибридных эластомеров выявлен эффект вращения магнитных частиц внутри полимерной матрицы в процессе намагничивания и перемагничивания. Эффект был подтвержден специалистами Дрезденского университета методом рентгеновской томографии. Намагниченный магнитный эластомер с магнитожёстким наполнителем невозможно размагнитить приложением обратного магнитного поля.

Создан стенд и отработана методика измерения электропроводящих свойств магнитных эластомеров в магнитном поле. Показано наличие значительного магниторезистивного и магнитопьезорезистивного эффектов.

Для получения магнитного наполнителя с высокой электропроводностью был разработан способ покрытия поверхности порошка карбонильного железа никелем методом электрохимической металлизации в магнитном поле. При нанесении 3%мас никеля на железо, сопротивление порошка понижалось на 3-5 порядка.

Синтезированы пластинчатые порошки железа и пермалоев на планетарной мельнице как новый тип магнитного наполнителя эластомеров. Рентгенофазовый анализ показал аморфную форму синтезированных порошков. Образцы с синтетическим пермалоем состава Fe75-Ni25 показал наиболее высокие результаты увеличения магнитореологического эффекта, как относительного в 200 раз, так и абсолютного на 7МПа.