

Разработка технологии получения магнитотвердых магнитных материалов и магнитных систем на их основе для нового поколения низкопольных магнитно-резонансных томографов

Соглашение о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017 года № 14.578.21.0255 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (уникальный идентификатор соглашения RFMEF157817X0255)

ПНИЭР «Разработка технологии получения магнитотвердых магнитных материалов и магнитных систем на их основе для нового поколения низкопольных магнитно-резонансных томографов.»

Цель

Разработка инновационной технологии получения магнитотвердых магнитных материалов и постоянных магнитов с пониженной себестоимостью.

Разработка высокотехнологичных конструкций и изготовление макетов магнитных систем для нового поколения низкопольных магнитно-резонансных томографов для замещения импорта и обеспечения экспортного потенциала высокотехнологичного здравоохранения.

Описание проблемы, обоснование актуальности исследований

Магнитно-резонансная томография — это один из самых эффективных диагностических методов современной медицины. С помощью магнитно-резонансного томографа производится диагностика рака, рассеянного склероза, болезней опорно-двигательного аппарата и суставов на ранних стадиях.

Как почти все в нашем мире, магнитно-резонансные томографы (МРТ) появляются самых разных размеров: особо-малые, малые, средние, большие и особо-большие. В силу технической природы МРТ их называют приборами с ультраслабым, слабым, средним, сильным и сверхсильным магнитными полями. Эти эпитеты относятся к напряженности постоянного магнитного поля соответствующего прибора. Эта напряженность измеряется в тесла (Тл), в единицах, несколько лет назад заменивших прежнюю единицу Гаусс (Гс), хотя Гаусс по-прежнему иногда используют

(10000 Гс=1 Тл). Приборы со сверхслабым полем работают при напряженности менее 0.1 Тл, со слабым — от 0.1 до 0.5 Тл, средним — от 0.5 до 1 Тл, сильным — от 1 до 2 Тл, а со сверхсильным — более 2 Тл.

Из аналитических приложений МР было известно, что отношение сигнал/ шум возрастает с ростом поля. Чем больше это отношение, тем лучше будет изображение. Но более сильное поле требует больших градиентов, чтобы снизить влияние артефактов, обусловленных химическими сдвигами, растущими вместе с полем. Сильные градиенты увеличивают пространственное разрешение. Эти простые соображения заставили некоторых изготовителей под давлением своих разработчиков и специалистов по маркетингу сделать решительный выбор в пользу сверхпроводящих магнитных систем. Они были дорогими, сложными в изготовлении, дорогими в эксплуатации, но с их помощью было реализовано выдающееся качество изображения.

Разумеется, томографы с сильными полями остаются хорошим диагностическим средством и сохраняют свой рынок. Определенные преимущества за ними сохранялись: сверхбыстрые экспозиции, например, все-таки легче обеспечить в сильных полях за счет роста аппаратурной чувствительности.

Но и в будущем большинство МРТ будут работать в слабых и средних полях. Новое поколение пользователей МРТ, небольшие больницы и частные врачи, будут предпочитать более дешевые МРТ, которые обеспечивают возможность проведения подавляющего большинства наиболее часто встречающихся диагностических обследований. Большие госпитали, в особенности те из них, которые интересуются локальной спектроскопией и исследованиями в области функциональной томографии, сохраняют интерес к сильным магнитным полям, но и они будут покупать томографы со слабыми и средними полями в качестве вторых и третьих установок для массовых обследований (и разгрузки от них большого томографа).

В настоящее время в России несколько компаний (НПФ «Аз», НПФ «МИП-Нано») производят низкочастотные МРТ (НМРТ), но, к сожалению, основа томографа — магнитная система собрана на китайских предприятиях из местных постоянных магнитов. В России постоянные магниты и магнитные системы для НМРТ не производятся.

В рамках проекта создан макет магнитной системы полностью цифрового, облачного, экономичного и экологически чистого магнитно-резонансного томографа, на базе магнитотвердых магнитных материалов и компонентов, выпускаемых в России.

Для его эксплуатации не потребуется криогенная техника, жидкий азот, жидкий гелий и вода для охлаждения; он будет иметь границу поля рассеяния 1 м и низкий уровень шума при сканировании.

Потребляемая мощность этого томографа до нескольких кВт, что значит, что его можно будет питать даже от возобновляемых источников энергии, таких как солнечные батареи и ветрогенераторы.

За счет разработанной в рамках проекта технологии получения магнитотвердых магнитных материалов и постоянных магнитов с пониженной себестоимостью конструкция магнитной системы для нового поколения низкочастотных магнитно-резонансных томографов имеет следующие характеристики:

- тип магнитной системы — открытый;
- индукция магнитного поля — не менее 0.45 Тл;
- направление магнитного поля — вертикальное;
- апертура Гентри — не менее 42 см.

Российские и зарубежные аналоги значительно уступают по величине индукции магнитного поля при большей стоимости магнита магнитной системы.

Проект направлен на обеспечение высокоэффективными ПМ и МС существующих и перспективных разработок приборов и устройств в высокотехнологичном российском здравоохранении. В XXI веке редкоземельные ПМ определяют развитие энергосберегающих технологий, экологически чистых видов транспорта, альтернативной энергетики, робототехники и бытовой техники. Уровень разработок, состояние производства и объёмы применения ПМ являются индикатором уровня научно-технического развития страны и её производительных сил.

Сегодня основным производителем редкоземельных ПМ (до 80%) является Китай, который одновременно является основным поставщиком РЗМ (95% мирового производства). Однако в последние годы в РФ производство РЗМ постепенно восстанавливается, что создаёт уникальную возможность

существенно увеличить производство ПМ и МС на их основе для нужд отечественной промышленности, поскольку более 90% редкоземельных ПМ, используемых в РФ, завозятся из Китая.

Разработанная в рамках проекта технология производства ПМ и МС на их основе, позволяет не только обеспечить отечественных производителей высокотехнологичной продукцией (импортозамещение), но также вернуться на зарубежные рынки. При этом цель проекта достигнута за счет комплексного подхода к разработке новых типов МТМ и одновременной оптимизации технологий изготовления из них ПМ и МС.

Особенностью работы МРТ является очень узкий температурный интервал их эксплуатации: 20-25°C. Это позволило разработать специальные МТМ и ПМ на их основе с пониженной максимальной температурой эксплуатации и пониженной коррозионной стойкостью, что сделало возможным снижение содержания в них дорогостоящих легирующих элементов: тяжелых РЗМ (диспрозия, тербия), кобальта и т.д. Помимо вышесказанного, снижение себестоимости МТМ достигнуто за счет повторного использования твердых отходов производства МТМ и ПМ, а также частичного замещения неодима на более дешевые мишметаллы.

За счет снижения себестоимости МТМ увеличена масса магнита в НМРТ, что позволило повысить его магнитные характеристики.

Задачи и пути их решения

В целом в ходе данного проекта создана наукоемкая инновационная технология производства магнитотвердых магнитных материалов и постоянных магнитов с пониженной себестоимостью, изготовленных из сплавов отечественных редкоземельных металлов и их соединений, разработана конструкция магнитной системы нового поколения НМРТ для замещения импорта и обеспечения экспортного потенциала высокотехнологичного здравоохранения, в том числе:

- магнитотвердых материалов на основе сплавов отечественных редкоземельных металлов и их соединений;
- макетов магнитных систем на основе разработанных постоянных магнитов.

В процессе реализации проекта разработаны следующие современные методы и технологии с целью их промышленного внедрения, а именно:

- технологии получения магнитотвердых материалов на основе сплавов отечественных редкоземельных металлов и их соединений;
- математические методы расчета макетов магнитных систем нового поколения низкочастотных магнитно-резонансных томографов;
- технологии переработки техногенных отходов магнитных производств;
- методы контроля, средств и систем стандартизации и сертификации, соответствующие международным требованиям.

Уникальность (новизна) проекта состоит в разработке:

- нового уникального состава магнитотвердых материалов, позволяющий повысить эксплуатационные характеристики постоянных магнитов и магнитных систем при одновременном снижении их себестоимости;
- новой высокотехнологичной конструкции магнитной системы для нового поколения НМРТ.

Сочетание перечисленных выше особенностей наряду с использованием в качестве исходных материалов более дешевых лигатур редкоземельных металлов с железом и других соединений РЗМ позволяет производить новые магнитотвердые материалы с существенно повышенными, по сравнению с зарубежными и отечественными аналогами, характеристиками, обеспечивая при этом экологичность и экономическую эффективность технологических процессов благодаря повторному использованию части отходов в производстве постоянных магнитов и магнитных систем.

Инновационный характер реализуемого проекта обеспечивается:

- разработкой макетов магнитных систем для нового поколения низкочастотных магнитно-резонансных томографов с существенно повышенными, в сравнении с зарубежными и отечественными аналогами, характеристиками;
- использованием в качестве исходных материалов более дешевых лигатур на основе соединений РЗМ и отходов производства, что позволит за счет снижения себестоимости постоянных магнитов и магнитных систем на их основе создать условия для массового применения их в низкочастотных магнитно-резонансных томографах.

Сочетание перечисленных выше особенностей делает проект уникальным в мировой практике и оптимально отвечающим потребностям отечественных производителей редкоземельных магнитов, направленным на сферы применения в высокотехнологичном здравоохранении.

Реализация проекта обеспечивает практическую возможность создания в России конкурентоспособного промышленного производства магнитных материалов с пониженной себестоимостью и получения импортозамещающих высокотехнологичных магнитных систем нового поколения низкочастотных магнитно-резонансных томографов на основе отечественных сплавов редкоземельных металлов. Благодаря этому будут достигаться:

- Полное обеспечение потребностей отечественных потребителей постоянных магнитов и магнитных систем с пониженной себестоимостью для нужд высокотехнологичного здравоохранения;
- Выход на растущий мировой рынок НМРТ.

В качестве основных потребителей постоянных магнитов и магнитных систем, которые будут производиться с помощью разработанной технологии, выступают предприятия-производители НМРТ, медицинского оборудования и устройств широкого спектра назначения.