

XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПОСТОЯННЫМ МАГНИТАМ

ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

XXIII INTERNATIONAL CONFERENCE ABOUT PERMANENT MAGNETS

OPENING PLENARY SESSION

**ООО «РУСАТОМ МЕТАЛЛТЕХ» – ИНТЕГРАТОР
БИЗНЕС-НАПРАВЛЕНИЯ «МЕТАЛЛУРГИЯ»
В КОНТУРЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»**

А.Н. Андрианов

ООО «Русатом МеталлТех» ТК ТВЭЛ

Россия, 123098, Москва, ул. Рогова, д. 5а, e-mail: AnNAndrianov@tvel.ru

Развитие современного мира неразрывно связано с созданием новых продуктов и технологий. Роль Госкорпорации «Росатом» заключается в создании новых рынков и формирование устойчивых трендов, направленных на их развитие.

В настоящее время Госкорпорация «Росатом» активно развивает новые бизнесы по выпуску неядерной продукции. Один из основных неядерных бизнесов – «Металлургия».

Для развития данного направления в контуре Госкорпорации «Росатом» создана компания ООО «Русатом МеталлТех», как единый интегратор по направлению «Металлургия», в задачи которого входит создание новых продуктов, продвижение продукции на рынок, создание новых и расширение действующих производственных мощностей, а также формирование альянсов и бизнес-партнерств.

Одна из ключевых задач компании «Русатом МеталлТех» создание, по сути, новой отрасли для России – производство и потребление постоянных редкоземельных магнитов.

При этом, мы отдаем себе отчет, что реализация поставленной задачи зависит не только от усилия одной компании. Результат зависит от всех участников процесса: поставщиков и заказчиков перспективной продукции.

Уже не один раз в новейшей истории наше государство пыталось создать условия для успешного функционирования магнитной отрасли.

Российские ученые смогли не просто поучаствовать в процессе, но и создать прорывные технологии и материалы.

Однако в период с 2000 по 2010 годы в России закрылись 90% производств редкоземельных магнитов по причине отсутствия отечественного сырья, но самое главное – экспансии китайских производителей. При этом потребление магнитов российскими заказчиками не снижалось, а переориентировалось на поставки из-за рубежа.

Современный вызов заключается в создании целой отрасли, в которой должны быть решены следующие вопросы:

- сырьевое обеспечение производства магнитов;
- создание производственных мощностей по изготовлению магнитов, предназначенных для развития прорывных технологий;
- создание предприятий, способных обеспечить развитие и создание новых продуктов и потребительских рынков: ветроэнергетики и все виды электродвижения.

Цель ООО «Русатом МеталлТех», как интегратора, участвовать в создании большого кластера, который бы объединил усилия:

- ученых, работающих над созданием современных технологий, как в области материалов, так и в области использования постоянных магнитов;
- сырьевых компаний;
- предприятий, создающих новые магнитные производства.

**RUSATOM METALLURGICAL TECHNOLOGIES, LIMITED
LIABILITY COMPANY – INTEGRATOR OF THE METALLURGY
BUSINESS DIRECTION IN ROSATOM STATE CORPORATION**

A.N. Andrianov

Rusatom MetallTech LLC TVEL TC,

Russia, 123098, Moscow, st. Rogova, 5a, e-mail: AnNAndrianov@tvel.ru

The development of the modern world is inextricably linked with the creation of new products and technologies. The role of the State Corporation «Rosatom» is to create new markets and the formation of sustainable trends aimed at their development.

Currently, ROSATOM is actively developing new businesses for the production of non-nuclear products. One of the main non-nuclear businesses is «Metallurgy».

For the development of this area, «Rusatom MetallTech» LLC was established within the State Corporation «Rosatom» as a single integrator in the «Metallurgy» area, whose tasks include the creation of new products, the promotion of products on the market, the creation of new and expansion of existing production facilities, as well as formation of alliances and business partnerships.

One of the key tasks of «Rusatom MetallTech» is to create, in fact, a new industry for Russia – the production and consumption of permanent rare earth magnets.

At the same time, we are aware that the implementation of the set task depends not only on the efforts of one company. The result depends on all participants in the process: suppliers and customers of promising products.

More than once in recent history, our state has tried to create conditions for the successful functioning of the magnetic industry.

Russian scientists were able not only to participate in the process, but also to create breakthrough technologies and materials.

However, in the period from 2000 to 2010, 90% of the production of rare earth magnets was closed in Russia due to the lack of domestic raw materials, but most importantly, the expansion of Chinese manufacturers. At the same time, the consumption of magnets by Russian customers did not decrease, but was reoriented towards supplies from abroad.

The modern challenge is to create an entire industry in which the following issues must be resolved:

- raw materials for the production of magnets;
- creation of production facilities for the manufacture of magnets intended for the development of breakthrough technologies;
- creation of enterprises capable of ensuring the development and creation of new products and consumer markets: wind energy and all types of electric propulsion.

The goal of «Rusatom MetallTech» LLC, as an integrator, is to participate in the creation of a large cluster that would combine efforts:

- scientists working on the creation of modern technologies, both in the field of materials and in the field of the use of permanent magnets;
- commodity companies;
- enterprises creating new magnetic productions.

P-01-03

СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ НА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ВЫЗОВЫ

A.M. Tishin^{1,2}

¹Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В.Ломоносова

²Группа AMT&C
142191, г. Москва, г.Троицк, ул. Промышленная, д. 4
E-mail: tishin@amtc.org

Быстрый прогресс в технологии производства редкоземельных постоянных магнитов марки NdFeB (ПМ) привел к существенному расширению параметров серийно производимых ПМ вплоть до максимальных энергетических произведений (ВН)_{max} на уровне 56 МГсЭ, рабочих температур 230С и коэрцитивной силы H_{cj} до 35кЭ. Использование ПМ в синхронных электроприводах (СЭПМ) является основным применением высокомагнитных и высокотемпературных ПМ и может одновременно обеспечить как повышение КПД, так и снижение массогабаритных характеристик. Именно поэтому до 90% нового электротранспорта в мире использует в своем составе СЭПМ [1]. Ожидается дальнейший рост производства ПМ, поскольку Европа запретит продажу машин с двигателями внутреннего сгорания с 2035 года.

Новыми текущими драйверами рынка ПМ и изделий на их основе в России, являются области ветрогенерации и синхротронного излучения. Осуществляется локализация производства ПМ в рамках ПП РФ №719. Формируется редкоземельная сырьевая база, что в свою очередь, обеспечило заметный интерес к применению ПМ в электротранспорте, планируемом к производству компаниями РФ.

В работе представлена информация о тенденциях и вызовах быстро формирующегося рынка электротранспорта и других применений ПМ в РФ. Описываются требования разработчиков и их подходы к выбору марок ПМ. Акцентируется внимание на выполненных ранее [2] и новых разработках коллектива ученых, инженеров и конструкторов группы компаний AMT&C в данных областях.

[1] M.Schmid Mineralogical Magazine 84 (2020) 5.

[2] Л.В.Долгов, А.Н.Дорошенко, А.М.Тишин Патент РФ №: 2633129, дата выдачи 11.10.2017, Патент США №: 10,131,218 В2 Дата выдачи патента: 20.11.2018, Патент КНР Патент №: 4691498. Дата выдачи патента: 21.09.2021.

P-01-03

SYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVES ON RARE-EARTH PERMANENT MAGNETS: NEW TRENDS AND CHALLENGES

A.M. Tishin^{1,2}

¹Faculty of Physics M.V.Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia

² AMT&C Group
142191, Moscow, Troitsk, Promyshlennaya, 4
E-mail: tishin@amtc.org

Rapid progress in the production technology of rare-earth permanent magnets of the Nd-FeB (PM) has led to a significant expansion of the working parameters of mass-produced PMs up to maximum energy products (BH)_{max} at the level of 56 MGOe, operating temperatures of 230C and coercive force H_{cj} up to 35kOe. The use of PM in synchronous electrical motors (PMSM) is the main application of high-energy and high-temperature PM and can simultaneously provide both an increase in efficiency and a decrease in weight and size characteristics of . That is why up to 90% of the new electric transport in the world uses PMSM [1]. PM production is expected to rise further as Europe bans the sale of combustion engine vehicles from 2035.

The new present drivers of the market for PM and products based on them in Russia are the fields of wind generation and synchrotron radiation. The localization of the production of PM is carried out within the framework of the PP RF No. 719. A rare-earth raw material base is being formed. This, in turn, ensured a noticeable expansion of the use of PM in electric transport planned for production by Russian companies.

The paper provides information on the trends and challenges of the rapidly emerging Russian electric transport market. The requirements of developers and their approaches to the choice of PM grades are described. Attention is focused on previously performed [2] and new developments of a team of scientists, engineers and designers of the AMT&C group of companies in this area.

[1] M.Schmid Mineralogical Magazine 84 (2020) 5

[2] L.V.Dolgov, A.N.Doroshenko, A.M.Tishin RF Patent No.: 2633129, issue date 10/11/2017, US Patent No.: 10,131,218 B2 Patent issue date: 11/20/2018, Chinese Patent No.: 4691498 Date patent issue: 21.09.2021.

П-01-04

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПОСТОЯННЫХ РЗ МАГНИТОВ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 1 000 Т В ГОД**

A.V. Сапегин

ООО «Русатом МеталлТех» ТК ТВЭЛ
Россия, 123098, Москва, ул. Рогова, д.5а
E-mail: AVeSapegin@rosatom.ru

Проект «Создание производства постоянных РЗ магнитов» является частью продуктовой стратегии ТК ТВЭЛ, которую реализует интегратор ООО «Русатом МеталлТех».

В рамках инвестиционного проекта компания планирует создать производство постоянных магнитов полного цикла, начиная от оксидов РЗМ и до готовых изделий для ветроэнергетики, электродвижения и остальных отраслей народного хозяйства. Создание масштабного производства стало возможным:

- благодаря запросу отраслевого предприятия АО «Новавинд», оператора по строительству и эксплуатации ветропарков на территории РФ;
- запросу производителей электродвигателей, электроприводов и медицинского оборудования, производящих и проектирующих решения с применением постоянных магнитов, в том числе по требованиям Постановления Правительства РФ №719 в части локализации производимой продукции в РФ;
- производственных компетенций предприятий ТК ТВЭЛ и ГК Росатом.

В рамках реализации проекта будет создано современное предприятие, выпускающее постоянные высокоэнергетические РЗ магниты различных модификаций для ветроэнергетики, электродвижения и других отраслей народного хозяйства. Разработанная специалистами предприятия, при участии сотрудников, ведущих Российских НИИ, технология производства магнитов обеспечит эффективность использования основных магнитных материалов на уровне не ниже 75% и будет включать в себя металлургию, порошковую металлургию, механическую обработку, операции нанесения гальванического и эпоксидного покрытия и намагничивания.

В рамках работ будут решены вопросы:

- по выбору сырьевого обеспечения РЗ сырьем;
- места размещения производства, разработки проектной документации и последующих строительно-монтажных работ;
- отработка базовой технологии производства постоянных магнитов и выход на проектную мощность 1000 тонн в год;
- реализация НИР по снижению себестоимости производимых магнитов, разработка и реализация мероприятий по оптимизации стоимости технологических операций;
- повышение эффективности производства за счет внедрения технологии переработки отходов магнитного производства, позволяющего извлечь ценные РЗМ;
- развитие производственных мощностей для обеспечения растущих запросов на постоянные магниты.

P-01-04

**CREATION OF THE PRODUCTION
OF RARE-EARTH PERMANENT MAGNETS
WITH 1000 TONS PER YEAR CAPACITY**

A.V. Sapegin

Rusatom Metal Tech LLC, JSC TVEL Russia
123098, Moscow, Rogova str., 5a
E-mail: AVeSapegin@rosatom.ru

The project “Creation of the production of permanent rare-earth magnets” is part of the Rusatom Metal Tech LLC product strategy, which is being implemented by the integrator Rusatom MetallTech LLC.

As part of the investment project, the company plans to create a full-cycle production of permanent magnets, from rare-earth oxides to finished products for wind energy, electric propulsion and other sectors of the national economy. The creation of large-scale production became possible:

- thanks to the request of the industry enterprise NovaWind JSC, an operator for the construction and operation of wind parks in the Russian Federation;
- at the request of manufacturers of electric vehicle, electric engines and medical equipment producing and designing solutions using permanent magnets, including in accordance with the requirements of Decree of the Government of the Russian Federation No. 719 regarding the localization of manufactured products in the Russian Federation;
- production competencies of the enterprises of FC TVEL and State Atomic Energy Corporation Rosatom (ROSATOM).

As part of the project, a modern plant will be created that produces permanent high-energy rare-earth magnets of various modifications for wind energy, electric vehicle and other sectors of the national economy. The magnet production technology developed by the company's specialists, with the participation of employees from leading Russian research institutes, will ensure the efficiency of using basic magnetic materials at a level of at least 75% and will include metallurgy, powder metallurgy, machining, electroplating and epoxy coating and magnetization.

As part of the work, the following issues will be resolved:

- supply of rare-earth raw materials;
- production location, development of project documentation and subsequent construction and installation works;
- adjusting the basic technology for the production of permanent magnets and reaching the design capacity of 1000 tons per year;
- implementation R&D to reduce the cost of manufactured magnets, development and implementation of measures to optimize the cost of technological operations;
- increasing the efficiency of production through the introduction of technology for the processing of waste from magnetic production, which makes it possible to extract valuable rare-earth metals;
- development of production capacities to meet the growing demand for permanent magnets.

П-01-05

**ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ
В РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Д.В. Таранов, А.В. Огурцов

*ООО «ПОЗ-Прогресс», 624092, Россия, Свердловская область,
г. Верхняя Пышма, ул. Петрова, 59
www.poz-progress.ru*

Геополитическая обстановка в мире и России за последние полгода существенно изменила ситуацию на внутреннем рынке потребления высокоэнергетических редкоземельных постоянных магнитов – резко вырос спрос от российских предприятий. При этом, учитывая, как правило, специальный характер заказов, требования по качеству, срокам изготовления и условиям приёмки предъявляются повышенные. Особо выделяются требования по сокращению сроков поставок. Большинство производителей и поставщиков магнитов оказались не готовы к такому повороту событий ни технологически, ни логистически, ни морально.

Российские производители не имеют технологической возможности увеличить объёмы производства в три-пять раз одномоментно. А поставщики импортных магнитов столкнулись с возросшими сроками доставки продукции из Китая. Кроме того, импортные магниты зачастую не удовлетворяют предъявляемым техническим требованиям, что влечёт необходимость их дополнительной обработки, а значит и затрат, в том числе времени.

Решением данного вопроса является полное техническое перевооружение существующих производств, либо создание новых, соответствующих современным требованиям, что требует значительных капитальных вложений как со стороны государства, так и крупных инвесторов, частных и государственных. При этом инвесторы должны осознавать, что это долговременные инвестиции, не дающие быстрых дивидендов, это – вклад, в первую очередь, в промышленную безопасность и независимость страны.

Принятые и реализуемые в последние годы программы по восстановлению РЗМ-отрасли России, созданию производств магнитов неодим-железо-бор для ветрогенераторов и самарий-кобальтовых магнитов для вентильных двигателей по существу топчутся на месте и давно отстали от ранее намеченных сроков по разным причинам – высокой стоимости затрат, низкой экономической эффективности, отсутствие квалифицированных кадров, наличия конкурентов в виде китайских производителей ПМ.

Резюме – необходима государственная воля и решительные действия для создания реальных современных производственных площадок без оглядки на экономические показатели и эффективность.

На кону – безопасность страны!

P-01-05

**PRODUCTION AND CONSUMPTION
OF RARE-EARTH PERMANENT MAGNETS
IN RUSSIA IN CURRENT REALITY**

D.V. Taranov, A.V. Ogurtsov

*POZ-Progress, 59. Petrova str. V. Pyshma,
Sverdlovsk region, 624092 Russia
www.poz-progress.ru*

The geopolitical situation in the world and Russia over the past six months has significantly changed domestic market for consumption of high-energy rare-earth (RE) permanent magnets (PM). The main trend is a sharp increase in demand from Russian enterprises. Considering that usually their orders have a special character, enterprises impose higher requirements for the quality, production time and acceptance conditions. In particularly, requirements for reduced delivery times are outstanding. Most manufacturers and suppliers of magnets were unprepared for such a turn of events, neither technologically, nor logistically, nor morally.

Russian manufacturers do not have the technological capacity to increase production volumes by three to five times at once. On the other hand, suppliers of imported magnets faced increased delivery times for products from China. In addition, imported magnets often do not meet the technical requirements, which causes additional expenses for processing and prolonged manufacturing time.

The solution of this problem is complete technical modernization of existing enterprises or the creation of new ones that meet modern requirements. The later requires significant investments from both the government and large private and state investors. At the same time, the investors should be aware that these investments are long-term, they will not give fast profits and should be regarded as contribution into industrial safety and independence of the country.

Recently, Russia has been implementing programs for restoration of the RE material industry and the creation of neodymium-iron-boron and samarium-cobalt magnets production for wind-power generators and valve motors, respectively. However, these programs are essentially marking time and have long lagged behind the scheduled dates for various reasons, i.e., high costs, low economic efficiency, lack of qualified personnel, and competition with Chinese PM manufacturers.

Summarizing, the State willpower and decisive actions are required to create real modern production sites without regard to economic indicators and efficiency.

At stake is the security of the country!

P-01-06

**МАГНИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ЭРГА»*****В.В. Котунов¹****¹ООО «ЭРГА», Россия, 248018, Калуга, ул.Хрустальная, 22
www.erga.ru*

Основанная в 1991 г. научно-производственная компания ООО «ЭРГА» более 30 лет является ведущим специализированным Российским производителем постоянных редкоземельных магнитов и изделий на их основе. По итогам 2021 года «ЭРГА» признана победителем конкурса Национальной премии «Золотой Меркурий» в номинации «Лучшее малое предприятие» в сфере промышленного производства.

За последние 10 лет научно-производственная компания ООО «Эрга» провела целый ряд НИОКР по созданию высокоскоростных электрических машин ВЭЛМА® и их элементов с использованием редкоземельных магнитов, а также современных технологий, разработанных в компании.

P-01-06

**MAGNETIC TECHNOLOGIES
OF THE ERGA GROUP OF COMPANIES*****V.V. Kotunov¹****¹LLC “Erga”, 248018, Kaluga, Khrustalnaya st. 22
www.erga.ru*

Founded in 1991, the research and production company ERGA LLC has been a leading specialized Russian manufacturer of permanent rare earth magnets and products based on them for more than 30 years. At the end of 2021, ERGA was recognized as the winner of the Golden Mercury National Award competition in the nomination “Best Small Enterprise” in the field of industrial production.

Over the past 10 years, the research and production company “Erga” LLC has conducted a number of R&D activities to create high-speed electric machines WELMA® and their elements using rare earth magnets, as well as modern technologies developed in the company.

П-01-07

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ В РОССИИ****В.А. Сеин**

*АО «Спецмагнит», Россия, Москва, 127238, Дмитровское шоссе, 58
E-mail: seinva@mail.ru*

Состояние разработки и производства постоянных магнитов, во многом, определяют уровень достижений в других отраслях промышленности, особенно радиоэлектронной, авиационной, медицине, атомной и оборонной.

Поставленная на сегодня Правительством РФ в лице вице-премьера Мантурова Д.В. задача обеспечения технологического суверенитета России не может быть решена без наличия в стране собственного производства всего разнообразия современных постоянных магнитов разных классов и широкой номенклатуры.

Вместе с тем современное состояние разработки и производства материалов для постоянных магнитов, оборудования, подготовки квалифицированных кадров и молодых специалистов не отвечает поставленной задаче.

Оставшиеся специализированные предприятия по разработке и производству постоянных магнитов (АО «Спецмагнит», Москва, АО НПП «Магнетон», г. Владимир, ОАО «Магнит», г. Владикавказ, ПАО «Магнит» г. Новочеркасск, ООО «ПОЗ-Прогресс», г. Верхняя Пышма, НПК «Эрга», г. Калуга) не оснащены в должной мере современным технологическим оборудованием, испытывают трудности с набором квалифицированных специалистов. Малые предприятия в этой области имеют ограниченные мощности и рынки сбыта.

В этих условиях значительная часть потребностей в постоянных магнитах для различного применения удовлетворяется поставками магнитов из Китая. Также на сегодня обеспечение производства РЗМ магнитов в России закрывается поставками редкоземельных металлов из Китая.

На сегодня разрабатываются и начинают реализовываться новые проекты по организации промышленного производства постоянных магнитов на АО НПП «Исток» и ООО «Русатом Металлтех».

В докладе будут представлены обобщенные данные по объемам производства и потребления современных постоянных магнитов в России.

P-01-07

**ANALYSIS OF THE STATE OF PRODUCTION
OF PERMANENT MAGNETS IN RUSSIA****V.A. Sein**

*JSC "Spetsmagnit", Russia, Moscow, 127238, Dmitrovskoe highway, 58
E-mail: seinva@mail.ru*

The state of development and production of permanent magnets largely determines the level of achievements in other industries, especially radioelectronic, aviation, medicine, nuclear and defense.

The task set for today by the Government of the Russian Federation in the person of Deputy Prime Minister Manturov D.V. to ensure the technological sovereignty of Russia cannot be solved without the country's own production of all the variety of modern permanent magnets of different classes and a wide range of nomenclature.

At the same time, the current state of development and production of materials for permanent magnets, equipment, training of qualified personnel and young specialists does not meet the task.

The remaining specialized enterprises for the development and production of permanent magnets (JSC "Spetsmagnit", Moscow, JSC NPP "Magneton", Vladimir, JSC "Magnet", Vladikavkaz, PJSC "Magnet", Novocherkassk, LLC "POZ-Progress", Verkhnyaya Pyshma, RPC "Erga", Kaluga) they are not adequately equipped with modern technological equipment, and they have difficulties recruiting qualified specialists. Small enterprises in this area have limited capacities and markets.

Under these conditions, a significant part of the needs for permanent magnets for various applications is met by the supply of magnets from China. Also today, the provision of the production of REM magnets in Russia is closed by the supply of rare earth metals from China.

Today, new projects are being developed and are being implemented to organize the industrial production of permanent magnets at JSC NPP «Istok» and LLC «Rusatom Metalltech».

The report will present generalized data on the volume of production and consumption of modern permanent magnets in Russia.

P-01-08 **РОЛЬ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
МЕЖДУ МИКРООБЪЕМАМИ В ПРОЦЕССАХ
ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ
ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В СПЛАВЕ $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_{7,5}$**

А.С. Лилеев

Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»
Россия, Москва, Ленинский пр., 4
E-mail: magnito@mail.ru

Проведено моделирование процесса перемангничивания постоянного магнита, в котором магнит представляет собой ансамбль однодоменных микрообъемов и каждый микрообъем характеризуется своим критическим полем отрыва доменной стенки ($H_{кр.}$). В магнитном поле $H > H_{кр.}$ происходит отрыв доменной стенки от единственно-го в данном микрообъеме места закрепления, сила взаимодействия которого с доменной стенкой однозначно определяется величиной $H_{кр.}$

Проведено моделирование доменной структуры и её изменение в результате различных термических обработок в сплаве типа $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zr})_{7,5}$.

Магнитостатическое взаимодействие между микрообъемами учитывали, используя результаты работы [1].

Наблюдение изменения доменной структуры при различных термических обработках и их корреляция с результатом моделирования однозначно показывает закономерность увеличения размера доменов с уменьшением коэрцитивной силы материала.

Коэрцитивная сила структурно чувствительное свойство и она не входит в параметры, определяющие размер домена. Корреляция наблюдается на термически размагниченных образцах в отсутствие магнитного поля и, как правило, на образцах одной формы и размера. Последние обстоятельства исключают влияние размагничивающего поля. При используемых термообработках практически не меняются фундаментальные свойства: намагниченность насыщения и константы анизотропии. Отсюда можно предположить, что в данном случае основную роль играет магнитостатическое взаимодействие и его соотношение с эффективностью мест закрепления доменной стенки. Когда закрепление слабое, магнитостатическое взаимодействие проталкивает доменную стенку на большее расстояние, соответственно, размеры доменов становятся больше.

Таким образом, формирование доменной структуры связано не столько с величиной критического поля отрыва доменной стенки $H_{кр.}$, сколько с соотношением поля отрыва $H_{кр.}$ и полем магнитостатического взаимодействия $H_{вз.}$

I. E. Schabes and A. Aharoni // IEEE Transactions on Magnetism, vol., mag-23, No.6 November 1987, p. 3882–3889.

P-01-08 **THE ROLE OF MAGNETOSTATIC INTERACTION
BETWEEN MICROVOLUMES IN THE PROCESSES
OF REMAGNETIZATION AND THE FORMATION
OF THE DOMAIN STRUCTURE IN THE ALLOY $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_{7,5}$**

A.S. Lileev

National University of Sciences and Technology "MISiS"
Moscow, Leninsky Pr. 4, Russia
E-mail: magnito@mail.ru

A simulation of the process of remagnetization of a permanent magnet was carried out, in which the magnet is an ensemble of single-domain microvolumes and each microvolumes is characterized by its critical domain wall separation field ($H_{cr.}$). In a magnetic field, $H > H_{cr.}$ there is a separation of the domain wall from the only fixation place in this microvolumes, the strength of interaction with the blast furnace wall is uniquely determined by the value of the $H_{cr.}$

Modeling of the domain structure and its change as a result of various thermal treatments in an alloy of the type $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zr})_{7,5}$ was carried out. Magnetostatic interaction between microvolumes was taken into account using the results of the work [1] Observation of changes in the domain structure during various heat treatments and their correlation with the simulation result clearly shows the pattern of increasing the size of domains with a decrease in the coercive strength of the material.

Coercive force is a structurally sensitive property and it is not included in the parameters that determine the size of the domain. The correlation is observed on thermally demagnetized samples in the absence of a magnetic field and, as a rule, on samples of the same shape and size. The latter circumstances exclude the influence of the demagnetizing field. With the heat treatments used, the fundamental properties practically do not change: saturation magnetization and anisotropy constants. Hence we can assume that in this case the main role is played by the magnetostatic interaction and its relationship with the efficiency of the places of fixation of the domain wall.

When the fixation is weak, the magnetostatic interaction pushes the domain wall a greater distance, respectively, the sizes of the domains become larger. Thus, the formation of the domain structure is associated not so much with the magnitude of the critical field of separation of the blast furnace wall of the $H_{cr.}$ but with the ratio of the $H_{cr.}$ separation field and the field of magnetostatic interaction of the $H_{in.}$

I. E. Schabes and A. Aharoni // IEEE Transactions on Magnetism, vol., mag-23, No.6 November 1987, p. 3882–3889.