



Создание электротехнических сталей

Ю.В. Черников

Первые наблюдения магнитных явлений относятся к глубокой древности. В старинных летописях и легендах [1] упоминается о способности магнита притягивать железные предметы. В китайских летописях рассказывается о волшебных магнитных воротах, сквозь которые не мог пройти человек, спрятавший на себе железное оружие. Свыше двух тысяч лет назад китайский историк Су Ма Тзян собрал отрывки древних летописей, в которых описывались применения естественных постоянных магнитов в виде компасов. Древние индийцы использовали магнит для извлечения железных наконечников стрел из тел раненых воинов. Знаменитый римский ученый Лукреций Кар (99 – 55 гг. до н.э.) в своей натурфилософской поэме «О природе вещей» упоминал о «камне магнитном», вызывающем бушующее движение железных опилок. Другой ученый, Плиний (73 – 29 гг. до н.э.), в своей 37-томной «Естественной истории» поведал легенду о пастухе Магнесе, пасшем стада у подножия горы на острове Крит, вблизи которой были разбросаны загадочные черные камни, притягивавшие железные гвозди его сандалий и железный наконечник посоха. И будто бы в честь Магнеса эти камни называли магнитами, а само явление притяжения – магнетизмом.

В 1269 году французский дворянин, профессор Парижского университета Пьер де Марикур по прозвищу Перегрин (паломник, странник) написал небольшую книгу «Письмо о магните», вобравшую в себя много сведений о магните, накопившихся до него и открытых им лично. Это был первый в Европе труд по магнетизму.

В эпоху Возрождения наиболее подробные исследования магнетизма принадлежат известному английскому натурфилософу Вильяму Гильберту, опубликовавшему в 1600 году свой восемнадцатилетний труд «О магните,

магнитных телах и о большом магните – Земле, новая физиология, доказанная множеством аргументов и опытов», в котором был подведен итог всему, что было в то время известно о магнетизме [2]. В 1589 году вышел из печати труд итальянского ученого Джамбаттиста Порты «Магия естественная», состоящий из 20 книг, где седьмая книга была посвящена магнетизму. Оба эти ученые, Гильберт и Порты, считали, что магнитные силы относятся к классу духовных сил.

В первой половине XIX века учение о магнитных свойствах материи получило новый импульс в своем развитии. В 1820 году Ханс Христиан Эрстед, профессор физики Копенгагенского университета, открыл магнитное действие электрического тока, а Андре Мари Ампер, член Парижской академии наук, высказал свою знаменитую гипотезу молекулярных токов, предвосхитившую в качественной форме современную электронную теорию магнитных свойств атомов и веществ. Основываясь на тождестве действия круговых токов и магнитов, Ампер пришел к выводу, что магнетизм какой-либо частицы обусловлен наличием круговых токов в этой частице, а свойства магнита в целом обусловлены электрическими токами, расположенными в плоскостях, перпендикулярных к его оси. Тем не менее долгое время с токовой концепцией Ампера конкурировала идея элементарных магнетиков (магнитных диполей).

Систематическое изучение магнитных свойств ферромагнетиков было начато русским ученым Александром Григорьевичем Столетовым в августе – ноябре 1871 года во время его пребывания в Гейдельбергском университете (Германия), где он работал в лаборатории выдающегося немецкого физика и электротехника Густава Роберта Кирхгофа, действительного члена Берлинской академии наук. В

результате проведенных в этой лаборатории теоретических и экспериментальных исследований Столетов впервые доказал, что магнитная восприимчивость железа (как он называл «функция намагничивания») с ростом напряженности магнитного поля сначала весьма быстро возрастает и при некоторой величине намагничивающей силы достигает максимума, а затем уменьшается (железо как бы «насыщается» магнетизмом). Одновременно им были предложены два важнейших измерительных метода:

- метод тороида с замкнутой магнитной цепью (исключающий самоослабление намагниченности брусков и стержней);
- метод измерения намагниченности путем замера баллистическим гальванометром количества электричества, протекающего через вторичную обмотку тороида при переключении полярности тока в его (тороида) первичной обмотке.

Эти методы с тех пор стали основными для измерений характеристик ферромагнитных веществ.

В 1872 году в Московском университете Столетов успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Исследование о функции намагничивания мягкого железа» [3]. Вскоре он был избран профессором физики Московского университета.

Исследования Столетова имели важное значение не только для развития физики ферромагнетизма. Они стали рациональной основой для расчета магнитных цепей электрических машин и трансформаторов. «С другой стороны, – писал Столетов, – изучение функции намагничивания железа может иметь практическую важность при устройстве и употреблении как электромагнитных двигателей, так и тех магнитоэлектрических машин нового рода, в которых временное намагничивание играет главную роль. Знание свойства железа относительно-



но временного намагничивания так же необходимо здесь, как необходимо знакомство со свойствами пара для теории паровых машин. Только при таком знании мы получим возможность обсудить а priori наивыгоднейшую конструкцию подобного снаряда и наперед рассчитать его полезные действия» [4].

В 1892 году молодой русский физик Борис Львович Розинг, годом ранее окончивший физико-математический факультет Петербургского университета, опубликовал в «Журнале русского физико-химического общества» свою первую научную статью «О магнитном движении вещества». В этой статье он впервые высказал предположение о существовании в ферромагнитных телах особого «молекулярного поля», названного им «частичной магнитной силой», обуславливающего их самопроизвольное намагничивание. Сила эта вызывается молекулярными токами [5].

В 1896 году французский физик Пьер Кюри, лауреат Нобелевской премии по физике 1903 года и член Парижской академии наук с 1905 года, открыл для каждого ферромагнетика определенную критическую температуру, выше которой он теряет свои магнитные свойства. Эту температуру впоследствии называли точкой Кюри.

Количественно последовательную термодинамическую теорию «молекулярного поля» в ферромагнетиках в 1907 году разработал известный французский физик Пьер Эрнест Вейсс [6]. В основу своей теории он положил две гипотезы, первая из которых – о существовании самопроизвольной намагниченности в области температур от 0 °К до точки Кюри независимо от присутствия внешнего магнитного поля. Однако из опыта было известно, что в отсутствии внешнего магнитного поля при охлаждении ферромагнитного образца ниже точки Кюри он всегда оказывается в целом размагниченным.

Это привело Вейсса ко второй гипотезе, в соответствии с которой ферромагнитный образец ниже точки Кюри в отсутствии внешнего магнитного поля разбивается на малые области – домены, каждая из которых намагничена спонтанно, но векторы намагниченности распределены по областям так, что результирующий магнитный момент образца равен нулю. И только в присутствии внешнего магнитного

поля начинается ориентация векторов намагниченности доменов вдоль поля и возникает результирующий магнитный момент в образце.

Представление о «молекулярном поле» позволило объяснить многие макроскопические магнитные явления, а метод молекулярного поля широко используется в науке и в настоящее время.

Предположение о том, что спонтанный магнитный момент в ферромагнетиках возникает под действием внутреннего молекулярного поля магнитного происхождения, приводящего к параллельной ориентации элементарных магнитных моментов, выдвинутое еще до появления квантовой теории ферромагнетизма, впоследствии, в 1927 году, было опровергнуто Яковом Григорьевичем Дорфманом, сотрудником Магнитной лаборатории Физико-технического института в Ленинграде и учеником академика А.И. Иоффе [7, 8]. Опыт Дорфмана состоял в том, что через тонкую никелевую фольгу толщиной около 20 мкм, помещенную между полюсами электромагнита, нормально к ее поверхности пропускался узкий пучок быстрых электронов (β -частиц от какого-нибудь радиоактивного препарата). После прохождения через фольгу пучок электронов попадал на фотопластинку, на которой отмечался их след. При постановке опыта предполагалось, что, если никелевая фольга будет намагничена до насыщения параллельно ее поверхности, то молекулярное поле будет ориентировано во всем образце параллельно внешнему полю. Если это поле магнитной природы, то пучок электронов после прохождения через фольгу должен отклониться под действием суммарного поля (внешнего и молекулярного), что должно быть замечено по смещению следа электронов на фотопластинке. Ожидаемое отклонение должно составить около 10 мм. Однако в процессе проведения опыта было обнаружено значительно меньшее отклонение пучка электронов – всего 0,3 мм, которое соответствовало действию внешнего магнитного поля. На основании этого опытного результата и был сделан вывод о немагнитной природе молекулярного поля.

Неудачи с попыткой «магнитной» интерпретации молекулярного поля, естественно, привели к попыткам «электрического» объяснения. Но в

рамках классической теории получить его для такого, казалось, чисто магнитного явления, как ферромагнетизм, не удалось.

Решение вопроса о природе молекулярного поля, приводящего к возникновению самопроизвольной намагниченности, было найдено в 1928 году советским физиком-теоретиком Яковом Ильичем Френкелем (членом-корреспондентом АН СССР с 1929 г.) и, независимо от него, в том же году профессором теоретической физики Лейпцигского университета Вернером Гейзенбергом (лауреатом Нобелевской премии по физике 1932 г.). Согласно теории ферромагнетизма, предложенной Френкелем и Гейзенбергом, решающую роль в спонтанной намагниченности «играют силы обменного взаимодействия, которые носят чисто квантовый характер, имеют электростатическую природу и действуют на определенном расстоянии. Таким образом, в большой области кристалла магнитные моменты соседних атомов ориентируются параллельно» [9].

С развитием физики магнитных явлений создавались и совершенствовались технические магнитные материалы, но об этом – в следующей части статьи.

Литература:

1. История электротехники / Под ред. И.А. Глебова. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – С. 11.
2. Гильберт В. «О магните» / Пер. с лат. А.И. Даватура. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.
3. Столетов А.Г. Исследование о функции намагничивания мягкого железа / В кн. Столетов А.Г. Избранные сочинения / Под ред. и с прим. проф. А.К. Тимирязева. – М.-Л.: ГИТЛ, 1950. – С. 99 – 175.
4. Болховитинов В.Н. Столетов. – М.: Молодая гвардия, 1965. – С. 172.
5. Розинг Б.Л. Изобретения и изобретатели России/inventor.perm.ru>persons/inventor_rozing.htm.
6. Вонсовский С.В. Магнетизм. – М.: «Наука», 1971. – С. 19.
7. Там же, где 6. – С. 392 – 393.
8. Памяти Якова Григорьевича Дорфмана / С.В. Вонсовский, П.Л. Капица, И.К. Кикоин и др. – УФН, 1975, том 117, вып.4. – С. 706 – 710.
9. Там же, где 1. – С. 378.

(Продолжение следует)