

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В УСТРОЙСТВАХ ФОРМОВАНИЯ ФЕРРИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Эсауленко В.А.

Донецкий государственный технический университет

*The classification of the well known techniques and installations for forming the ferrous articles by the use of electromagnetic fields is suggested in the paper. It is dealt with the arrangements required for manufacturing the texturing samples of the hexahedron ferrites.*

В технологических и транспортных системах различных отраслей промышленности находят все возрастающее применение устройства с непосредственным воздействием электромагнитного поля на сыпучие ферромагнитные материалы [1].

В производстве ферритовых изделий используются различные методы формования в зависимости от желаемого вида изделия. Наиболее распространенными методами являются: прессование на гидравлических прессах в металлических прессформах, горячее литье под давлением, мундштучное прессование на экструзионных машинах и метод прокатки ферритовой ленты.

Магнитные, механические и технологические свойства ферритовых материалов сильно зависят от способа формования и уровня параметров физических величин, определяющих процесс изготовления изделия. С целью улучшения свойств ферритовых материалов широко применяются электромагнитные поля различной пространственно-временной конфигурации, которые воздействуют на изделие в процессе его формования или по окончании формования [2,3,4]. Предпочтительным является изготовление образцов с одновременным наложением поля и формирующих механических сил, так как при этом сокращается время изготовления изделия и удается достичь лучших магнитных характеристик из-за большей подвижности частиц.

В настоящем исследовании дан анализ патентов, авторских свидетельств и публикаций по проблеме применения электромагнитных полей в производстве ферритовых изделий с целью классификации рассмотренных способов и устройств, выбора наиболее перспективных направлений в этой области и рассмотрения опыта реализации некоторых из них в Донецком государственном техническом университете (ДонГТУ).

Обзор патентной и технической литературы, проведенный с ретроспективой 20 лет, показал наличие большого интереса к различным способам и устройствам формования ферритов в электромагнитных полях. Из 45 авторских свидетельств и патентов наибольшее число разработок выполнено в Японии (17 патентов) и в СССР (16 авт. свид.).

В результате анализа патентов, авторских свидетельств и публикаций по исследуемой проблеме предложены две классификационные таблицы, в которых классификация выполнена как по временным и пространственным характеристикам полей (рис.1), так и по физическим и технологическим характеристикам ферритов, на которые оказывают влияние эти поля в процессе формования (рис.2).

По виду применяемого поля электромагнитные устройства можно разделить на три группы:

1) устройства, использующие постоянные осевые и циркуляционные магнитные поля, причем как осевые поля совпадающие с осью прессования, так и перпендикулярные ей, а также поля без внешнего механического воздействия на материал;

2) электрические аппараты с переменными гармоническими пульсирующими, круговыми вращающимися и импульсными магнитными полями осевого и циркуляционного типа

3) устройства с коллинеарным и ортогональным наложением постоянных и переменных полей.

При прессовании ферритов в постоянном магнитном поле, совпадающем с осью прессования, могут быть использованы устройства с одним или двумя подвижными пуансонами. Во втором случае пуансоны, являющиеся одновременно и магнитными полюсами, многократно подаются вперед и останавливаются на определенных промежутки времени, вследствие чего суспензию феррита формуют, подвергая ее прессованию толчками. При безостановочном движении пуансонов возникает турбулентное течение в суспензии формируемого материала, приводящее к дезориентации частиц феррита. Беспорядочно ориентировавшиеся во время подачи пуансонов частицы феррита вновь упорядочиваются под действием сил магнитного поля при временной остановке пуансонов, что резко увеличивает степень ориентации частиц и способствует улучшению физических и технологических характеристик ферритовых изделий.

Устройства и методы формования ферритов в постоянных магнитных полях, совпадающих с осью прессования, используют для повышения плотности и магнитной энергии магнитотвердых ферритов, увеличения аксиальной составляющей магнитной индукции и выхода годных магнитов, создания ферритового материала с повышенной термической стабильностью поля анизотропии, увеличения производительности процесса, повышения магнитной проницаемости и противокоррозионных свойств материала.

Устройства и методы прессования ферритов в постоянных магнитных полях, перпендикулярных оси прессования, также используют для повышения плотности и магнитной энергии ферритов и улучшения магнитных и антифрикционных свойств изделий.

Постоянное циркуляционное магнитное поле применяют для увеличения магнитной энергии материала и повышения динамических параметров магнитофрикционных ферритовых сердечников и их временной стабильности. Устройство такого поля согласно японскому патенту 48-30757 содержит ферритовый прессуемый сердечник в виде цилиндра. Электрический ток пропускают в осевом направлении цилиндра и одновременно цилиндр подвергают обжатию по боковой поверхности. При этом на формируемый материал накладывается циркуляционное магнитное поле, силовые линии которого расположены в плоскостях, перпендикулярных оси цилиндра.

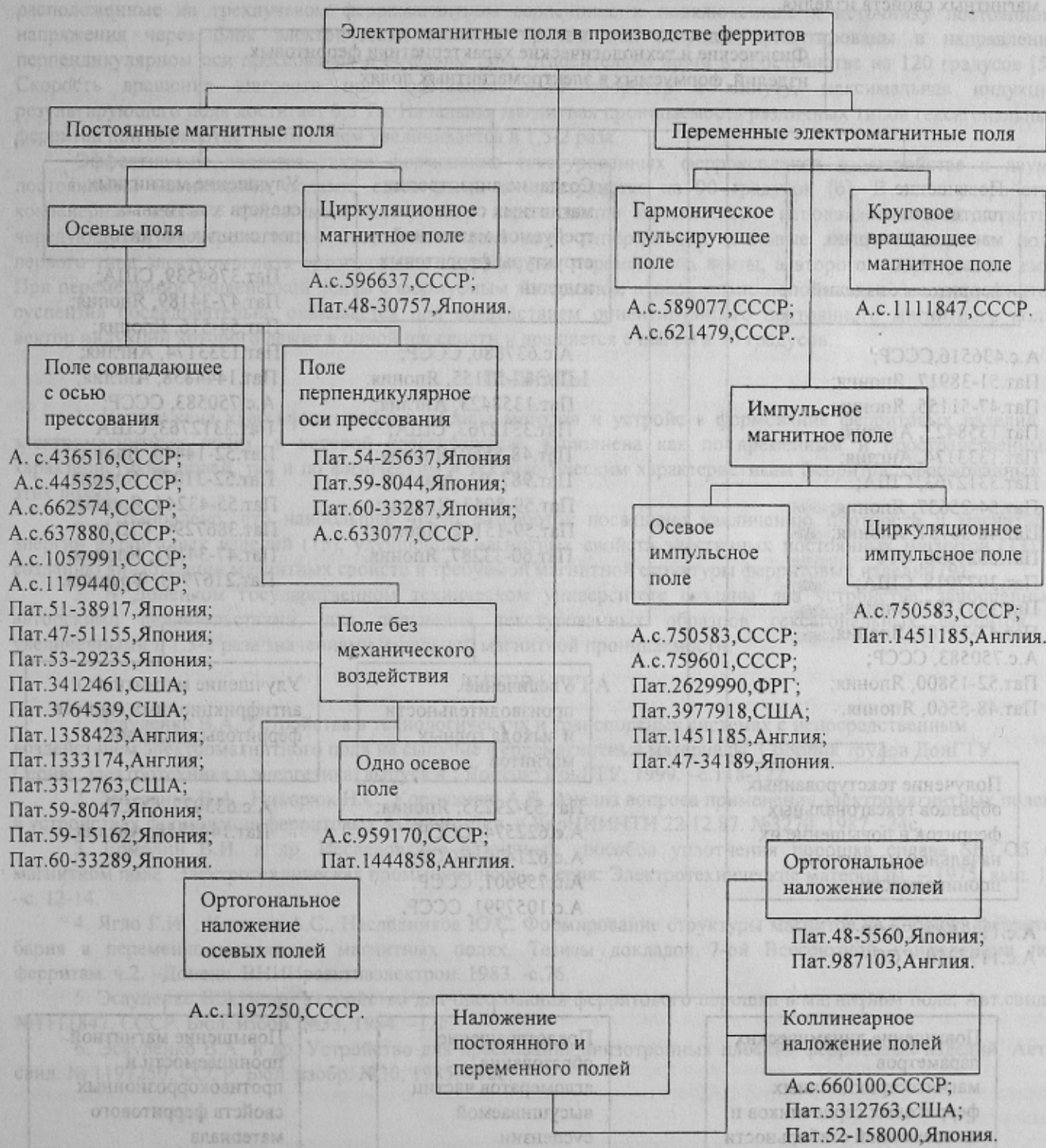


Рисунок 1 - Классификационная таблица электромагнитных полей, применяемых в производстве ферритов

Устройства и методы формования ферритов в переменных электромагнитных полях применяются для увеличения плотности, остаточной магнитной индукции и магнитной энергии материалов, уменьшения требуемой энергии источника питания, увеличения производительности операции сушки ферритовой

суспензии, повышения выхода годной продукции при обработке магнитов сложной формы и увеличения начальной магнитной проницаемости текстурованных образцов гексагональных ферритов с высокой степенью ориентации.

Комбинированные устройства и методы формования ферритов в электромагнитных полях третьей группы с наложением постоянного и переменного полей используют коллинейрное и ортогональное наложение полей. Переменное электромагнитное поле применяют для встряски частиц и сообщения им большей свободы, а постоянное поле – для создания остаточной намагниченности изделия. Под воздействием переменного поля все частицы обрабатываемой смеси участвуют во вращательно-колебательном движении, что приводит систему в бесструктурное или слабоструктурное состояние. Смесь приобретает свойство текучести и хорошо заполняет форму. При последующем наложении постоянного магнитного поля возникает требуемая анизотропия магнитных свойств изделия.



Рисунок 2 - Классификационная таблица физических и технологических характеристик ферритовых изделий, формируемых в электромагнитных полях

На рис 2 приведена классификационная таблица авторских свидетельств и изобретений, оставленная по физическим и технологическим характеристикам ферритовых изделий, формуемых в электромагнитных полях. Как следует из таблицы, наибольшее число разработок посвящено увеличению плотности и магнитной энергии ферритовых материалов (15), улучшению магнитных свойств эластичных постоянных магнитов (13) и созданию анизотропии магнитных свойств и требуемой магнитной структуры ферритовых изделий (9).

Для получения текстурованных образцов гексагональных ферритов с повышенными значениями начальной магнитной проницаемости в Донецком государственном техническом университете разработаны электромагнитные устройства с круговым вращающимся магнитным полем и с ортогональным наложением осевых постоянных полей.

Устройство, генерирующее круговое вращающееся шаговое поле, содержит три неподвижные катушки, расположенные на трехлучевом ферромагнитном сердечнике и подключенные к источнику постоянного напряжения через блок электрических ключей, причем оси катушек ориентированы в направлении перпендикулярном оси прессования и смещены друг относительно друга в пространстве на 120 градусов [5]. Скорость вращения шагового поля составляет 1-10 оборотов в минуту, максимальная индукция результирующего поля достигает 0,3 Тл. Начальная магнитная проницаемость различных типов гексагональных ферритов при обработке таким полем увеличивается в 1,5-2 раза.

Эффективным является также формование текстурованных феррооксидов в устройстве с двумя постоянными магнитными полями, сдвинутыми в пространстве на 90 градусов [6]. В этом устройстве конвейерная лента с формуемым материалом перемещается относительно неподвижных эквидистантно чередующихся электромагнитов постоянного тока двух типоразмеров. Силовые линии магнитного поля первого типа электромагнита ортогональны направлению перемещения ленты, а второго - параллельны ему. При перемещении конвейерной ленты с формуемым материалом относительно неподвижных электромагнитов суспензия последовательно оказывается под воздействием ориентирующего постоянного магнитного поля, вектор индукции которого лежит в одной плоскости и вращается с шагом в 90 градусов.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена классификационная таблица методов и устройств формования ферритовых изделий в электромагнитных полях, в которой классификация выполнена как по временным и пространственным характеристикам полей, так и по физическим и технологическим характеристикам ферритов, сформованных в этих полях.

2. Установлено, что наибольшее число разработок посвящено увеличению плотности и магнитной энергии ферритовых изделий (15), улучшению магнитных свойств эластичных постоянных магнитов (13) и созданию анизотропии магнитных свойств и требуемой магнитной структуры ферритовых изделий (9).

3. В Донецком государственном техническом университете созданы два устройства, защищенные авторскими свидетельствами, для получения текстурованных образцов гексагональных ферритов с увеличенными в 1.5-2 раза значениями начальной магнитной проницаемости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Эсауленко В.А. Устройства в технологических и транспортных системах с непосредственным воздействием электромагнитного поля на сыпучие ферромагнитные материалы. Сборник трудов ДонГТУ. Серия: Электротехника и энергетика, выпуск 4 : Донецк: ДонГТУ, 1999. –с.118-122.

2. Эсауленко В.А., Никорюк Н.С., Корошенко А.В. Анализ вопроса применения электромагнитных полей в устройствах формования ферритовых изделий. Деп. в УкрНИИТИ 22.12.87. №3270, 1987. -24с.

3. Ермолин В.И. и др. Исследование различных способов уплотнения порошка сплава  $\text{SmCO}_5$  в магнитном поле. Электротехническая промышленность. Серия: Электротехнические материалы. – 1975, вып. 1. –с. 12-14.

4. Ягло Г.И., Котенев А.С., Наследников Ю.С. Формирование структуры магнитов из порошка феррита бария в переменном-постоянных магнитных полях. Тезисы докладов 7-ой Всесоюзной конференции по ферритам. ч.2. –Донецк. ВНИИреактивэлектрон. 1983. -с.76.

5. Эсауленко В.А. и др. Устройство для прессования ферритового порошка в магнитном поле. Авт.свид. №111847, СССР. Бюл. изобр. №33, 1984. –12с.

6. Эсауленко В.А. и др. Устройство для прессования анизотропных плоских ферритовых изделий. Авт. свид. № 1197250, СССР. Бюл. изобр. №30, 1985. –10с.