

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТРУБ

А. Н. Хамутовский

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

О. П. Корогода

Унитарное предприятие «Полимаг», г. Минск, Беларусь

Научный руководитель М. П. Кульгейко

Финишная обработка внутренних поверхностей длинномерных труб небольших диаметров является сложной задачей в связи с ограниченным доступом к полируемой поверхности и сложностью обеспечения интенсивного пересечения следов обработки. Наиболее часто применяемые для этих целей гидроабразивные и струйно-абразивные способы не обеспечивают высокого качества и равномерности обработки. Травление труб в растворах кислот является экологически вредным.

Большой интерес представляет применение для финишной обработки внутренних поверхностей труб сравнительно простого, эффективного и экологически чистого метода магнитно-абразивной обработки (МАО) [1]. При МАО для осуществления обработки достаточно воздействия магнитного поля на ферроабразивные частицы без непосредственного их контакта с источником поля. Перемещение порции ферроабразивного порошка происходит в результате перемещения максимума градиента магнитного потока [1].

В литературе известны различные схемы реализации МАО внутренних поверхностей труб. Магнитно-абразивная обработка может осуществляться за счет враще-

ния трубы и подачи магнитной системы [2] или вращения магнитной системы и подачи трубы [3]. В некоторых случаях магнитная система помещается внутрь трубы [4] или используется магнитный элемент для создания дополнительных магнитных полюсов [5]. Однако для MAO длинномерных труб малого диаметра известные схемы малоэффективны или неприменимы.

Предлагаемая схема магнитной системы является достаточно простой и универсальной и может применяться для MAO внутренних поверхностей немагнитных труб любых размеров. Магнитная система состоит из набора кольцевых постоянных магнитов с осевой намагниченностью. Проводилось моделирование магнитных систем, в которых варьировалось количество, размеры и направление намагниченности магнитов, расстояние между магнитами, исследовались различные сечения областей моделирования.

Компьютерное моделирование проводилось с помощью программы моделирования полей ELCUT, разработанной ПК TOP (Санкт-Петербург, Россия).

В ELCUT задачи магнитостатики решаются в нелинейной постановке [6]. Источниками поля в задачах являются постоянные магниты, намагниченность которых задается величиной коэрцитивной силы. Свойства материалов считаются изотропными ($\mu_z = \mu_r$) и задаются зависимостью В-Н, представленной кубическим сплайном. При решении задач используется уравнение Пуассона для векторного магнитного потенциала A ($B = \text{rot } A$, B – вектор магнитной индукции).

При построении модели на внутренних и внешних границах области задаются граничные условия. Условие Дирихле задает на части границы известный векторный магнитный потенциал A_0 в вершине или на ребре модели. Это граничное условие определяет поведение нормальной составляющей индукции на границе.

В качестве примера здесь рассматривается магнитная система, состоящая из трех магнитов (рис. 1, а). Магниты устанавливаются в ряд разноименными полюсами NS-NS-NS (рис. 1, б) или одноименными полюсами NS-SN-NS (рис. 1, в).

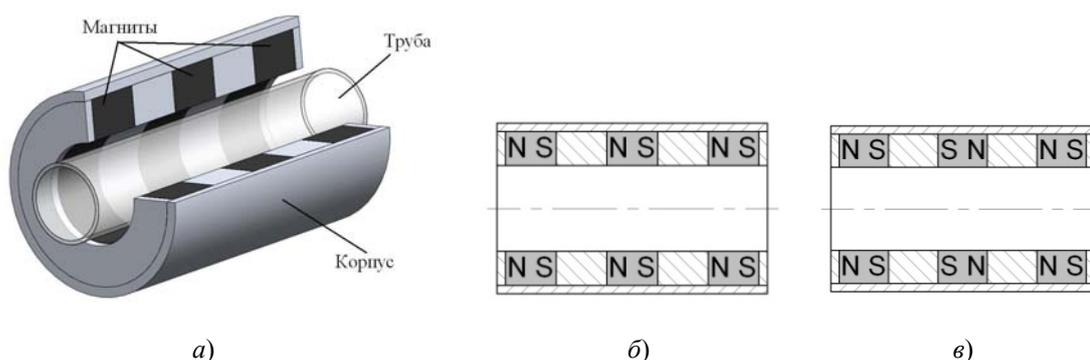


Рис. 1. Модель магнитной системы (а) и варианты предлагаемых схем магнитных систем (б, в)

На рис. 2 представлены картины магнитного поля и графики распределения магнитной индукции в сечении А-А для схемы NS-NS-NS (рис. 2, а, б) и NS-SN-NS (рис. 2, в, г) соответственно.

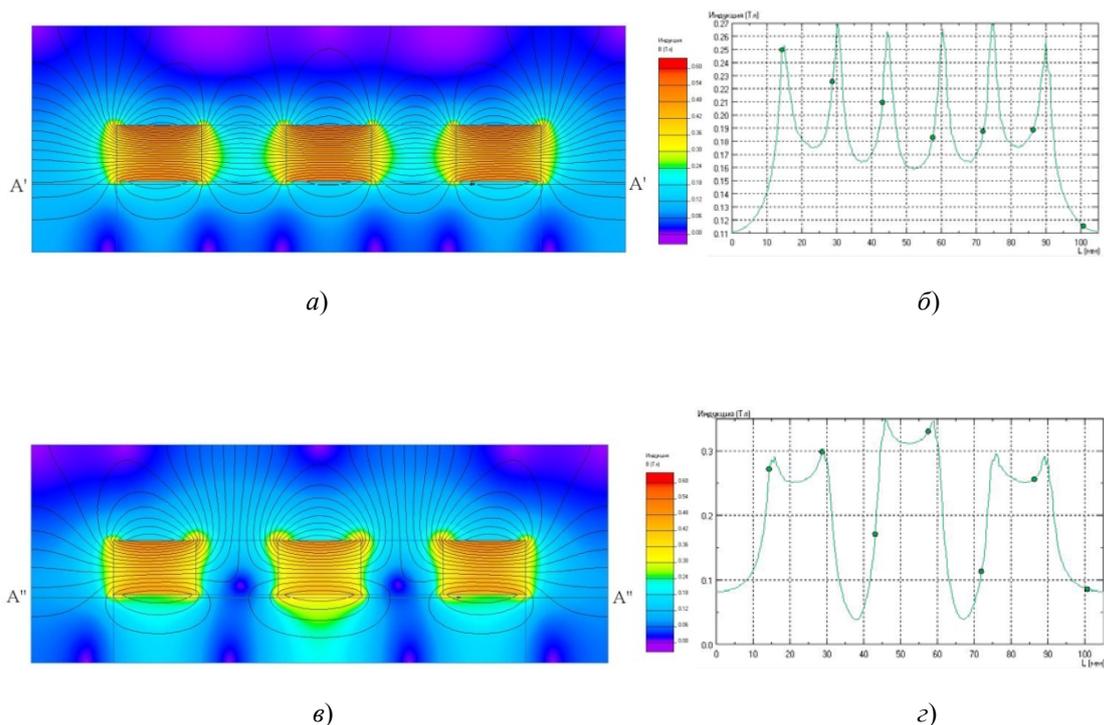


Рис. 2. Картины магнитного поля (а, в) и графики распределения магнитной индукции в сечении А-А (б, з) соответственно для двух схем

На рис. 3 представлены совмещенные графики индукции при варьировании расстояния между магнитами для схемы NS-NS-NS (рис. 3, а) и NS-SN-NS (рис. 3, б) соответственно. Из графиков видно, что для схем на определенном расстоянии между магнитами наблюдается постоянная индукция магнитного поля, которая формирует устойчивые цепочки ферроабразивного порошка.

Для схемы NS-NS-NS (рис. 3, а) характерно равномерное распределение ферроабразивного порошка по внутренней обрабатываемой поверхности трубы, но при этом значение максимальной магнитной индукции небольшое.

Для схемы NS-SN-NS (рис. 3, б) характерно высокая магнитная индукция относительно схемы NS-NS-NS, но не равномерное распределение ферроабразивного порошка.

Изготовлен макет магнитной системы, с помощью которого можно наблюдать распределение ферроабразивного порошка на внутренней поверхности трубы при различных схемах и варьировании расстояния между магнитами. На рис. 4 показано, как распределяется порошок при схеме NS-NS-NS (рис. 4, а) и схеме NS-SN-NS (рис. 4, б).

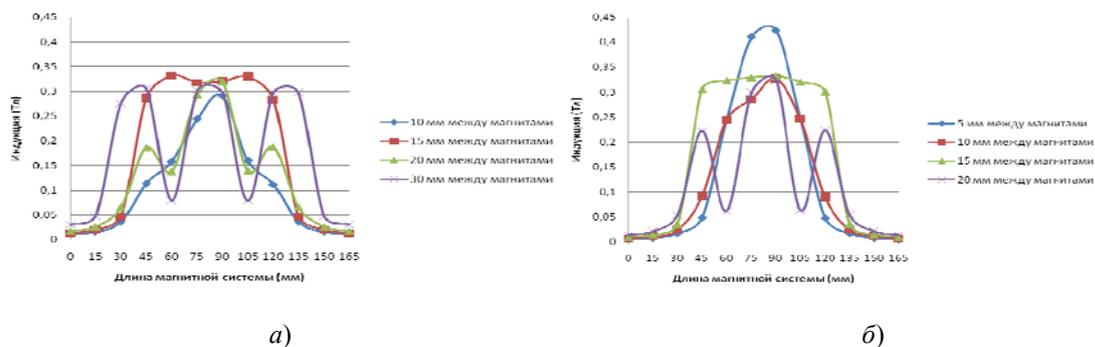


Рис. 3. Графики распределения магнитной индукции при варьировании расстояния между магнитами

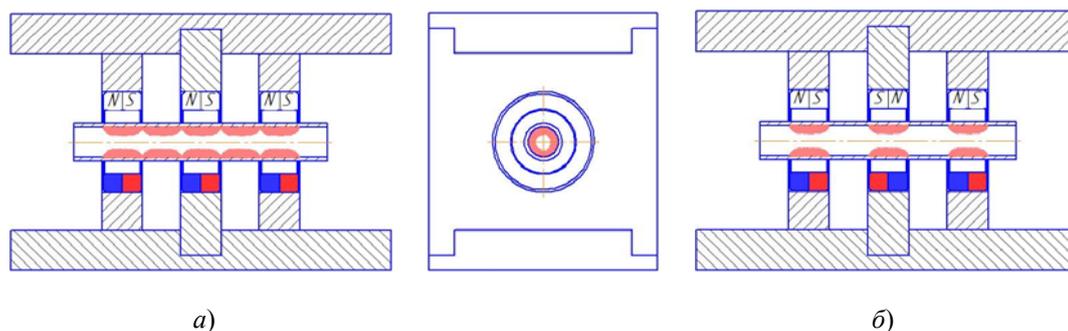


Рис. 4. Распределение порошка

Измерения, выполненные с помощью тесламетра на макете магнитной системы, показывают, что фактические значения магнитной индукции незначительно отличаются от значений, полученных при моделировании магнитной системы, что свидетельствует о достоверности предложенной методики компьютерного моделирования.

Заключение. Предложенная методика компьютерного моделирования может успешно применяться на предварительном этапе выбора оптимальной схемы для магнитных систем MAO. Результаты компьютерного моделирования магнитных систем учитывались при проектировании магнитных систем для установок модели Т09 и Т10, предназначенных для магнитно-абразивной обработки труб и разработанных УП «Полимаг» [7].

Литература

1. Хомич, Н. С. Магнитно-абразивная обработка изделий : моногр. / Н. С. Хомич. – Минск : БНТУ, 2006. – 218 с.
2. Study on the inner surface finishing of tubing by magnetic abrasive finishing / Yan Wang, Dejin Hu // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 2005. – Vol. 45. – P. 43–49.
3. Study on the inner surface finishing of tubing by magnetic abrasive finishing / Yan Wang, Dejin Hu // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 2005. – Vol. 45. – P. 43–49.
4. Устройство за магнито-абразивно обработване на вътрешни ротационни повърхнини : а. с. 21083 НРБ, МКИ В 24 В 5/06 / А. Д. Кочемидов, Б. Г. Македонски, И. М. Думанов, С. Г. Паяков. – № 26029 ; заявл. 12.03.74 ; опубл. 20.03.76. – 1976. – С. 10.
5. Study on the Polishing Characteristics of the Magnetic Abrasives Finishing to the Slender Pipe / Y. Chen, F. Yan, C. Q. Zhu // Key Engineering Materials. – 2008. – Vol. 373–374. – P. 824–827.
6. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов: руководство пользователя / ПК TOP. – СПб., 2007. – 297 с.
7. Polimag [Электронный ресурс]. Официальный сайт УП «Полимаг» (г. Минск). – Режим доступа: <http://www.polimag.by/ru/equip/tubes>, свободный. – Дата доступа: 17.03.2011. – Загл. с экрана.