

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ВБЛИЗИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА И "ЭФФЕКТ" ПРИТЯЖЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОДНИКА К ПОЛЮСАМ МАГНИТА

Э.А. Васильев

Показано, что наблюдающийся эффект захвата высокотемпературного сверхпроводника магнитным полем полностью обусловлен конфигурацией напряженности магнитного поля и наличием обычного эффекта Мейсснера.

В первой половине 1988 года появились сообщения о способности некоторых образцов из числа высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) иттриевой ¹ и галлиевой ² систем притягиваться к магниту. В работе ² приведены фотографии образцов ВТСП, удерживающихся при температуре жидкого азота в магнитном поле на некотором расстоянии от плоскости полюса кольцевого магнита как при горизонтальном, так и при вертикальном положении магнита. Мы наблюдали аналогичное явление притягивания образцов ВТСП, находящихся в сверхпроводящем состоянии, к полюсу магнита, имеющего форму четырехгранной призмы. В этом случае образец ВТСП притягивался к полюсу магнита без какого-либо зазора. В ² утверждается, что наблюдающееся явление не может быть объяснено только эффектом Мейсснера и предлагаются объяснения, основанные на представлении о "программируемом" захвате магнитного потока в сверхпроводнике. Как альтернатива предполагается сосуществование в объеме образца сверхпроводящей и ферромагнитной фаз или сосуществование ферро- и диамагнетизма в однофазном ВТСП.

Проведенный нами анализ показал, что все наблюдающиеся случаи "антимейсснеровского" поведения сверхпроводников объясняются характером распределения индукции магнитного поля вблизи полюсов постоянного магнита.

При практическом применении постоянных магнитов они, как правило, используются с магнитопроводами из магнитомягкого материала, обеспечивающим требуемую конфигурацию магнитного поля в зазоре. В постоянном магните без магнитопровода в значительно большей степени проявляется действие размагничивающего фактора и распределение магнитной индукции в нем оказывается неоднородным.

На рис. 1 приведено распределение нормальной составляющей магнитной индукции, измеренной с помощью датчика Холла, на различных расстояниях от плоскости полюса призматического магнита размером 120 x 80 x 15 мм, намагниченного вдоль короткой оси. Непосредственно на поверхности полюса магнитная индукция, совпадающая по значению с индукцией в объеме магнита, имеет максимально неоднородное распределение с минимумом в центре симметрии. При увеличении расстояния от поверхности полюса происходит перераспределение магнитной индукции. Характер ее изменения по нормали к поверхности полюса иллюстрируется кривой 1 на рис. 1, откуда следует, что вблизи полюса имеется область, в которой магнитная индукция уменьшается при приближении к поверхности магнита. Размер этой области соизмерим с размерами образцов ВТСП. Образец, обладающий обычным эффектом Мейсснера, попав в эту область будет не отталкиваться от полюса магнита, а прижмется к нему.

В случае кольцевого магнита наличие вблизи плоскости полюсов области с минимальным значением индукции магнитного поля обусловлено самой конфигурацией магнита. На рис. 2 приведены зависимости распределения магнитной индукции вдоль оси кольцевого магнита и в радиальном направлении на различных расстояниях от поверхности полюсов. На оси магнита в точке *b*, отстоящей на некоторое расстояние от плоскости полюса, магнитная индукция равна нулю и по абсолютной величине возрастает в обе стороны от

этой точки. Конкретная величина расстояния от плоскости магнита до точки b определяется геометрическими характеристиками магнита. В приведенном случае диаметр магнита 60 мм, толщина 18 мм и диаметр отверстия 24 мм. Область с нулевым значением индукции располагалась в 7 мм от поверхности полюса.

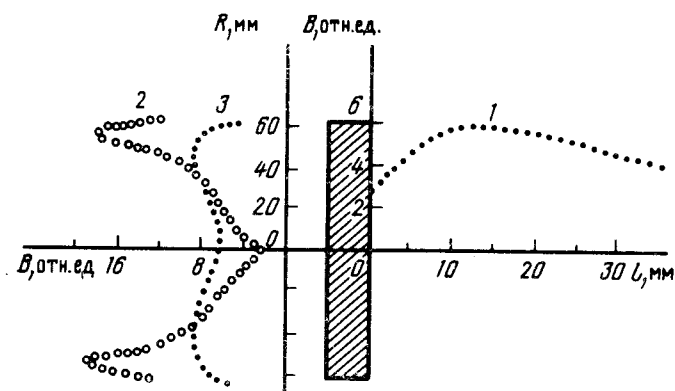


Рис. 1. Распределение нормальной составляющей магнитной индукции вблизи полюсов призматического магнита. 1 – в центре по нормали к поверхности; 2 – на поверхности вдоль длинной оси, проходящей через центр симметрии; 3 – то же в 10 мм от поверхности магнита

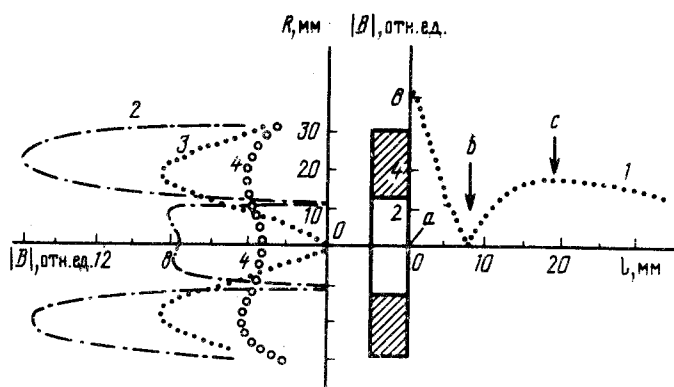


Рис. 2. Распределение нормальной составляющей магнитной индукции кольцевого магнита. 1 – на оси симметрии над поверхностью полюсов; 2, 3, 4 – в радиальном направлении соответственно в точках a , b и c на оси симметрии

Следовательно, во всех случаях захват магнитным полем ВТСП происходит при образовании вблизи полюсов постоянных магнитов областей с минимумом магнитной индукции, ограниченных областями пространства с большей индукцией или, в случае плоского магнита, поверхностью полюса и областью с большим значением магнитной индукции.

Эффект захвата сверхпроводника магнитным полем имеет общий характер и не связан с какими-либо специфическими свойствами ВТСП. Он обусловлен лишь наличием обычного эффекта Мейсснера в магнитном поле соответствующей конфигурации и может наблюдаться на сверхпроводниках первого рода в области гелиевых температур.

Литература

1. *Wu M.K., Ashburn J.R., Higgins C.A. et al.* Abstract Int. Conf. on the Two First Years of High Temperature Superconductivity, 11 – 13 april, 1988.
2. *Hermann A.M., Sheng Z.Z.* Abstracts of JCMC, Shenyang, China, DD2, june 7 – 10, 1988.

Институт физики твердого тела и полупроводников
Академии наук Белорусской ССР

Поступила в редакцию
16 декабря 1988 г.
