

Рис. 2. Схема безмасляной откачки:

VF1 – клапан натекагель; VEп – клапан электромагнитный; VПп – клапан; VMп – клапан; VTп – затвор; NRп – турбомолекулярный вакуумный насос; NI1 – спиральный вакуумный насос; PTп – преобразователь термодпарный; PAn – преобразователь ионизационный; CV – камера вакуумная; Sn – компенсатор; F1 – фильтр; M – привод вращения барабана; PBK1 – вакуумное реле

Система работает следующим образом: включается спиральный насос, по достижению необходимого давления открывается клапан и начинается откачка вакуумной камеры, одновременно откачивается трубопровод высоковакуумной линии и по достижению необходимого давления клапаны закрываются и открываются клапаны высоковакуумной линии, откачку продолжают турбомолекулярные насосы, а форвакуумные насосы продолжают откачку выходного патрубка высоковакуумного насоса.

УДК 621.793.18

ТИПЫ МАГНИТОВ В МАГНЕТРОННЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Желтко В.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Терещук О.И., инженер II категории

Аннотация:

В статье описаны основные типы магнетронных распылительных систем.

Магнетронная система- это система распыления, которая распыляет материал за счет того, что поверхность мишени бомбардируется ионами рабочего газа. Само распыление происходит за счет образования в газе аномально тлеющего разряда. Для локализации плазмы нужно сильное магнитное поле и, поэтому, одна из самых главных частей магнетронной системы- это магнитная система. Магнитная система- это элемент магнетронной системы, который с заданными параметрами формирует магнитное поле у мишени для того, чтобы появилась магнитная ловушка.

В зависимости от того, какие условия в магнетронных распылительных системах применяют различные виды магнитов. Это зависит от физических, химических и технических характеристик магнитов.

Самарий-кобальтовые магниты применяют в условиях, где техника соприкасается с материалами, которые могут вызвать коррозию, ведь самарий-кобальтовые магниты самые коррозионно-стойкие из всех. Кроме того, эти магниты идеально подходят для условий, когда рабочее тело находится под высокой температурой, т.к. эти магниты способны выдерживать до 350°C. Однако из-за дороговизны продукции, из которой делаются эти магниты они применяются на предприятиях только при необходимости соответствовать требованиям.

Магниты Самарий-кобальт производятся из продукции схожей с интерметаллическими соединениями $SmCo_5$ или Sm_2O_{17} . Сплав Sm_2O_{17} не легируется и обозначается $KC37$. Сами же магниты изготавливают методом порошковой металлургии т.е. из размолла порошкового сплава, после чего порошок прессуется в изделие с одновременной ориентацией частиц в магнитном поле, после всех вышеперечисленных процедур смесь спекается в заготовки для изделий. Для получения точных форм готовые магниты шлифуют.

По сочетанию магнитных свойств самарий- кобальтовые магниты являются промежуточным звеном между неодимовыми и ферритовыми магнитами, однако в отличии от них, самарий-кобальтовые магниты является устойчивостью к коррозии, а главное- стабильность свойств под нагрузкой и при изменении рабочих параметров.

Усредненные характеристики самарий-кобальтовых магнитов следующие:

Точка кюри(C) 700-800

Удельное сопротивление ($m\ ohm.cm$) 50-90

Твердость (Hv) 450-600

Плотность(г/см³) 8.0-8.5

Проницаемость возврата, (*urec*) 1.1

Сила области насыщения, *kOe(kA/m)* 37.5 (3000)

Температурный коэффициент *Br* (%/C) -0.05 - - 0.03

Температурный коэффициент *Hcj* +0.25 -+ 0.19

Неодимовые магниты

Неодимовые магниты *NdFeB* применяют для корректировки направления ионизирующего потока к мишени. Однако данный тип магнитов- достаточно нестабильные и его свойства в зависимости от резких изменений нагрузок может кардинально изменяться, для чего желательно перед использованием их в агрессивных средах проводить расчет. Неодимовые магниты на сегодняшний день самые сильные постоянные магниты. Эти магниты имеют очень высокие показатели остаточной магнитной индукции и устойчивы к размягчению, по этим показателям они в разы превосходят все существующие постоянные магниты. По ценам они куда дешевле, чем самарий-кобальтовые, однако в сравнении с ферритовыми все равно являются достаточно дорогими. Это обусловлено высокой потребностью в производстве и малым количеством естественных источников, где они добываются. Еще один недостаток этих магнитов- это неустойчивость к высоким температурам (после перегрева они теряют все магнитные свойства)

Неодимовые магниты изготавливаются из сплава неодима *Nd*, а также железа и бора. Производят их следующим образом: порошок запекается в печи под давлением при температуре 1200 °С.

Технические характеристики неодимовых магнитов:

Магнитная индукция в Теслах и градусах 1 Тл= 10000 Гс

Остаточная индукция 1.2-1.4 Тл (1200-1400Гс) эти показатели справедливы для испытаний в замкнутой цепи, на деле показатель магнитной индукции коррелируется формой и размером магнита в прямой пропорциональности (чем больше магнит, тем сильнее его магнитное поле). Потери магнитных свойств со временем не превышают 2–3% за десятилетие (только при соблюдении температурного режима). Точка кюри или же фазовый переход, и в следствии, разрушение 80С, но есть более температуростойкие неодимовые магниты: *N38H* и *N38UH*. Они выдерживают температуру в 180°С.

Ферритовые магниты

Ферритовые магниты – самые слабые постоянные магниты из всех

и их применяют в основном в случаях, когда нужна точная корректировка излучения. Из достоинств можно подчеркнуть высокую температуру работы, долговечность, а главное- цену, ведь материалы из которых изготавливаются неодимовые магниты следующим образом: ферритовой порошок подвергают мокрому измельчению, сушат, и затем подвергают дезагрегации до получения порошка с насыпной плотностью $0,6 - 0,8 \text{ г/см}^3$, после чего смесь спекают. Основные материалы- оксида железа (Fe_2O_3) Карбоната стронция ($SrCO_3$), наркита ($Al_2O_3SiO_2 \cdot 2H_2O$), карбоната кальция ($CaCO_3$)

Физические характеристики Ферритовых магнитов:

Температурный коэффициент H_{cJ} , %/ $-0,2^\circ\text{C}$

Температурный коэффициент B_r , %/ $+0,27^\circ\text{C}$

Максимальная рабочая температура, 300°C

Температура Кюри, 450°C

Плотность, г/см^3 4,9-5,1

Электрическое удельное сопротивление, Ом.см 1×10^3

На рисунке 1 показаны формы магнитов в магнетронных системах.

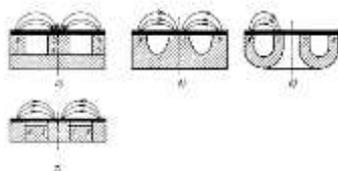


Рис. 1. Формы магнитов в магнетронных системах:

- а – наборные магнитные блоки, перекрытые сверху общим полюсным наконечником;
- б – магнит специфической формы, который трудно изготовить;
- в – магнит подковообразной формы;
- г – магнит с радиальным намагничиванием

Вывод: в магнетронных распылительных системах нету единого типа применяемых магнитов, ведь в зависимости от условий эксплуатации, потребностей к точности, дифференцируется вид и размер магнитов. В основном применяют неодимовые магниты, но часто при смене условий на предприятиях сталкиваются с тем, что свойства меняются, и ионная ловушка в таких случаях может сформироваться не в том месте. Для этого я предлагаю в качестве решения этой проблемы установление термодар и водяной охлаждающей системы в районе магнитной системы для того, чтобы постоян-

но замерять температуру магнитов и благодаря системе охлаждения подводить нужное количество жидкости для того, чтобы держать постоянную температуру. Это очень сильно облегчит использование распылительной системы и избавит инженеров от потребности рассчитывать перед каждым экспериментом как поведет себя магнитная система в агрессивной среде.

Список использованных источников

1. Supermagnet.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://supermagnet.ru/content/info.html>
2. Научно-производственная компания «Магниты и системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://magnet-prof.ru/index.php/proizvodstvo-magnitov-protsess-proizvodstva-ferritovyih.html>
3. Научно-производственная компания «Магниты и системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://magnet-prof.ru/index.php/magnity-smco.html>
4. Fermite.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ferrite.ru/products/magnets/smco/>

УДК 62-50

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИШЕНИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ

Ильин В.С.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В.М.

Аннотация:

В данной статье показано, что при получении покрытий вакуумным магнетронным методом одной из основных проблем является низкий коэффициент использования материала (КИМ) мишени.

Магнетронный метод нанесения покрытий является весьма дорогостоящим, а низкий КИМ делает порой данный метод неэффектив-