

Эффект такой обработки позволяет увеличить коэффициент теплопередачи в сравнении с трубами иных видов больше чем на 54%. Кроме увеличения коэффициента теплопередачи данные оребренные трубы являются: коррозионностойкими, увеличивается ресурс работы, повышается стойкость к низким и высоким температурам и появляется возможность эксплуатировать их в агрессивных средах.

УДК 537.3

Казачёк А.А.

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Комаровская В.М.*

История сверхпроводимости характеризуется цепочкой открытий все более и более сложных структур, своеобразной «химической эволюцией» от простого к сложному. Она ведет начало с 1911 г., когда голландский физик Камерлинг-Оннес, впервые получивший жидкий гелий и тем самым открывший путь к систематическим исследованиям свойств материалов при температурах близких к абсолютному нулю, обнаружил, что при 4,2 К обычная металлическая ртуть полностью теряет электрическое сопротивление.

Открытие в 1986-1993 ряда высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) далеко отодвинуло температурную границу сверхпроводимости и позволило практически использовать сверхпроводящие материалы не только при температуре жидкого гелия (4,2 К), но и при температуре кипения жидкого азота (77 К).

Следует отметить, что сверхпроводимость была обнаружена не у интерметаллидов, а у оксидной керамики, обычно проявляющей диэлектрические или полупроводниковые свойства.

По своему поведению сверхпроводники подразделяются на две большие группы: сверхпроводники 1 и 2 рода.

Сверхпроводники 1 рода могут существовать в сверхпроводящем или нормальном состоянии, а сверхпроводники 2 рода в одном из трех состояний – в сверхпроводящем, смешанном или нормальном.

К сверхпроводникам 1 рода относятся все чистые металлы, за исключением ниобия, ванадия и технеция.

К сверхпроводникам 2 рода относится большинство сверхпроводящих сплавов, а также ниобий, ванадий и технеций. Кроме того, сверхпроводниками 2 рода становятся и сверхпроводники 1 рода при введении в них достаточно большого количества примесей.

Современные исследования свойств сверхпроводящих материалов позволяют расширить область применения сверхпроводников. Рассмотрим некоторые из них.

Вращающийся сверхпроводник генерирует магнитное поле, точно выровненное с осью вращения, возникающий магнитный момент получил название «момент Лондона». Он применялся, в частности, в научном спутнике «Gravity Probe B», где измерялись магнитные поля четырёх сверхпроводящих гироскопов, чтобы определить их оси вращения. Поскольку роторами гироскопов служили практически идеально гладкие сферы, использование момента Лондона было одним из немногих способов определить их ось вращения.

Отсутствие потерь на нагревание при прохождении постоянного тока через сверхпроводник делает привлекательным применение сверхпроводящих кабелей для доставки электричества, так как один тонкий подземный кабель способен передавать мощность, которая традиционным методом требует создания цепи линии электропередач с несколькими кабелями много большей толщины. Проблемами, препятствующими широкому использованию, является стоимость кабелей и их обслуживания – через сверхпроводящие линии необходимо постоянно прокачивать жидкий азот.

Интенсивно проводятся работы по созданию поездов на магнитной подушке, которые используют сверхпроводники. Например, прототип в Японии использует низкотемпературные сверхпроводники.

Комбинация полупроводниковых и сверхпроводящих приборов открывает новые возможности в конструировании электронных вычислительных устройств.

УДК 621.387.143

Кеда С.С.

## ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПЛАЗМЫ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ В ВАКУУМЕ

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Иванов И.А.*

Вакуумно-дуговое нанесение покрытий (катодно-дуговое осаждение) – это физический метод нанесения покрытий в вакууме, путём конденсации на подложку материала из плазменных потоков, генерируемых на катоде-мишени в катодном пятне вакуумной дуги сильнооточного низковольтного разряда. Вакуумно-дуговой процесс испарения начинается с зажигания вакуумной дуги, которая формирует на поверхности катода одну или несколько точечных, в которых концентрируется вся мощность разряда. Локальная температура катодного пятна чрезвычайно высока (около  $15000^{\circ}\text{C}$ ), что вызывает интенсивное испарение и ионизацию в них материала катода и образование высокоскоростных (до 10 км/с) потоков плазмы, распространяющихся из катодного пятна в окружающее пространство. В вакуумной дуге в катодных пятнах концентрируется крайне высокая плотность мощности, результатом чего является высокий уровень ионизации (30-100 %) образующихся плазменных потоков.

Методика расчета дуговых источников с дисковым катодом.

Параметры расчета: характерный размер изделия  $D_{\text{изд}}$  (радиус  $R_{\text{изд}} = D_{\text{изд}}/2$ ); материал изделия; масса изделия  $M_0$ ; материал покрытия (катода); толщина дефектного слоя на поверхности изделия  $\delta_{\text{деф}}$ , который необходимо удалить в ходе технологического