Исследование вакуумной дуги с диффузной катодной привязкой как источника плазмы для задач плазменной сепарации оят

Р.Х. Амиров, Н.А. Ворона, А.В. Гавриков, Г.Д. Лизякин, В.П. Полищук, И.С. Самойлов, В.П. Смирнов, \*Р.А. Усманов, И.М. Ярцев

ОИВТ РАН, Москва, РФ, gavrikov@ihed.ras.ru
\*МФТИ, Долгопрудный, РФ, ravus46@yandex.ru

Среди проблем, решаемых при создании технологии плазменной сепарации ОЯТ, стоит задача конструирования высокопроизводительного (100 г/ч) источника практически полностью ионизованной плазмы вещества ОЯТ. Основой для такого источника может служить вакуумная дуга с диффузной привязкой на расходуемом катоде, преимуществами которой, по сравнению с другими типами дуг, являются высокая степень ионизации плазмы и отсутствие капель в продуктах эрозии катода [1].

Разряд зажигался в вакуумной камере при остаточном давлении менее 10 мПа. Катодом дуги служило вещество, моделирующее ОЯТ, находившееся в молибденовом тигле с внешним диаметром 25 мм и высотой 14 мм (площадь расплава составляла около 5 см2). Под тиглем располагался электронно-лучевой подогреватель (ЭЛП) мощностью 1 кВт, позволявший менять температуру катода при постоянном токе. Анодом дуги являлся водоохлаждаемый стальной диск с центральным отверстием диаметром 32 мм или 16 мм. Межэлектродное расстояние составляло около 30 мм. Дуговой разряд возникал в парах испаряющегося катода. Система диагностики включала измерение температуры тигля, а также контроль ВАХ разряда и мощности ЭЛП. Плазма исследовалась при помощи спектрального и зондового методов.

Основным веществом, моделирующим ОЯТ, являлся гадолиний. Его первые три потенциала ионизации близки к урану (U: 6.19-11.9-20.0 эВ; Gd: 6.15-12.1-20.6 эВ), а отношение потока испаряющихся атомов к электронам термоэмиссии, определяющее характеристики вакуумных дуг, для обоих элементов много меньше единицы (при температуре 2 кК ξ U = 0.05, ξ Gd = 0.01) [2]. В качестве вещества, моделирующего оксид урана (более 90% ОЯТ составляет UO2) выступал оксид ниобия, его выбор также обусловлен низким значением атом-электронного отношения. В этом случае к порошку оксида добавлялся хром, обеспечивающий необходимое, для пробоя промежутка давление насыщенных паров. Веществом, имитирующем динамику движения тяжелых ионов, являлся свинец (mPb = 207 a.e.m, mU = 238 a.e.m.).

В результате проведенных экспериментов определен средний заряд ионов гадолиниевой плазмы на выходе из анодного отверстия, при напряжении дуги около 5 В его величина близка к единице. Определена зависимость температуры электронов от напряжения на дуге, она возрастает от 1 до 9 эВ при повышении напряжения от 3 до 30 В. Определен диапазон температур свинцового катода 1.3-1.4 кК, при котором возникает дуговой разряд с диффузной привязкой. Спектральным методом показано, что ниобий, содержащийся в оксидной составляющей катода, поступает в разрядный промежуток и является одним из компонентов плазмообразующей среды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14‑29‑00231).

Литература

1. Васин А. И., Дороднов А. М., Петросов В. А. Письма в ЖТФ. – 1979. Т. 5, вып. 24. – С. 1499-1505.
2. Полищук В. П., Сердюкова О.К., Ярцев И.М. ЖТФ. – 1993. - Т. 63, вып. 3. – С. 66-74