

ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ СРЕДСТВА ВАКУУМИРОВАНИЯ

© С. И. Руденко, В. В. Шелухин, Б. П. Ефимчук

ВАТ «Український науково-дослідний інститут технології машинобудування»

Викладено деякі результати пошукових розрахунково-аналітичних та дослідно-експериментальних робіт зі створення на основі іонно-плазмової сублимації геттеру високоефективних засобів безмасляного вакуумування камер великих об'ємів різноманітного технологічного призначення.

Получение высокого безмасляного вакуума является одной из доминирующих технологических проблем производства наукоемкой продукции. Безмасляный вакуум может быть обеспечен за счет: низких температур, высоких скоростей движения газов или сорбции последних на геттерной пленке.

Самым дешевым источником геттерной пленки является электродуговой испаритель, где в ионно-плазменной дуге подавляющее количество подаваемой энергии уходит на сублимацию геттера, в качестве которого наиболее целесообразно использовать титан высокой чистоты (по газовым примесям — азот, углерод, водород и др.).

Процесс откачки осуществляется при условии непрерывного или периодического нанесения геттерной пленки (лучше всего в атомарном виде) на охлаждаемые поверхности. Температура поверхностей при сорбции лежит в пределах 10—50° С, расход геттера 15—25 г/ч. Количество сорбированного газа колеблется от одного до трех атомов на один атом титана — в идеальном случае. Реально же такие соотношения, в лучшем случае, находятся в пределах 1:1.

Но пленка геттера, с одной стороны, плохо сорбирует ряд разноатомных газов (H_2O , CO_2 , CH_4 , C_2H_2 и др.) и не сорбирует совершенно инертные газы. Для устранения этих недостатков при создании высоковакуумных насосов производят агрегатирование различных по физическим принципам откачки насосов.

Исходя из вышесказанного, был создан и отработан в лабораторных условиях опытно-промышленный образец высоковакуумного электродугового агрегата ЭДВА-0.9, который представляет собой систему откачки, состоящую из кольцевого электродугового насоса и вспомогательной вакуумной системы, систем обеспечения работоспособности вакуумных насосов и смонтированную на подвижной тележке. Общий вид агрегата и его принципиальная

схема представлены соответственно на рис. 1, 2.

Кольцевой электродуговой насос включает катодный блок, охватывающий его корпус-анод с крышкой, системы электропитания и управления. В состав катодного блока входит водоохлаждаемый титановый кольцевой катод с наружным диаметром 860 мм и четырьмя изолированными трубчатыми токо- и водоотводами, два кольцевых экрана с расположенными на них двумя узлами возбуждения разряда и двумя датчиками положения дуги.

Откачка несорбируемых пленкой геттера газов осуществляется вспомогательной вакуумной системой, подсоединяемой через затвор $d_z = 260$ мм к задней крышке корпуса-анода и состоящей из диффузионного Н-2Т и механического НВР-5Д насосов с соответствующей вакуумной арматурой и трубопроводами.

Скорость откачки (рис. 3) и производительность по азоту (рис. 4) показывают существенную зависимость первой от степени экранирования входа и зависимость предельной производительности от тока дугового разряда, т. к. экранирование входа только сдвигает вправо точку выхода на максимальный поглощаемый поток.

Учитывая, что часть паров титана не осаждается на стенках корпуса анода, а может мигрировать в рабочий объем и осаждаться на поверхностях испытуемого изделия, при исследовании эксплуатационных характеристик агрегата, кроме его скорости откачки по активным газам и производительности, исследовались также миграционные характеристики и выбирались оптимальные средства защиты от паров титана на выходе из агрегата. В результате был сделан вывод, что механические экраны являются эффективным средством защиты рабочего объема от паров титана.

Основываясь на опыте, который был получен при создании и отработке опытно-промышленного образца высоковакуумного электродугового агрегата

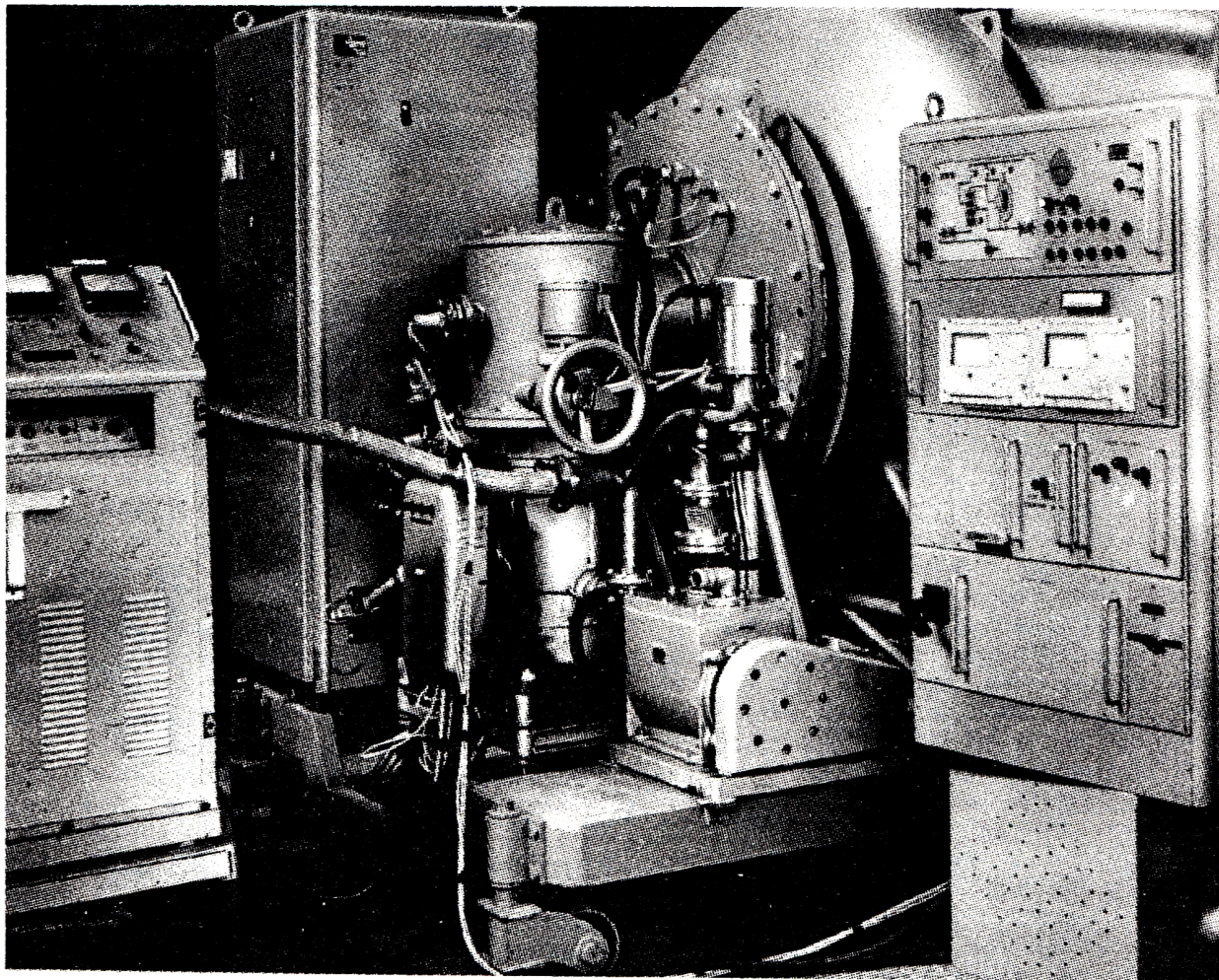


Рис. 1. Общий вид агрегата

ЭДВА-0.9, используя его основные схемно-конструктивные решения, был создан агрегат ЭДВА-900-25.000.

В схеме и конструкции созданного нового агрегата учтены целесообразность агрегатирования вакуумных насосов, геометрическое совершенство анода-корпуса, мобильность всей конструкции, а также технические и эксплуатационные недостатки опытного образца, основными из которых являются низкая надежность катодного узла, малый запас геттерного материала, отсутствие автоматического управления агрегатом в импульсном режиме работы испарителя. Кроме того, обнаружена необходимость изоляции полости агрегата от прямого контакта с атмосферой, т.е. его частого вскрытия, т.к. напыленная на корпусе пленка активно сорбирует

все атмосферные газы и пары, которые при последующем запуске испарителя легко десорбируются, затрудняя тем самым запуск агрегата и по времени, и по эффективности откачки. Вместе с тем опыт эксплуатации позволил четко сформулировать требования к форме, геометрии и конструкции катодного узла, которые заключаются в том, что, во-первых, катод должен быть технологичен в изготовлении; во-вторых, конструкция должна обеспечивать эффективный токоподвод и гарантированный теплоотвод с геттерного вкладыша; в-третьих, схемно-конструктивное исполнение узла должно создать условия для равномерного износа геттерного материала во времени при безусловно высоком коэффициенте его использования.

Поэтому для агрегата разработана и реализована

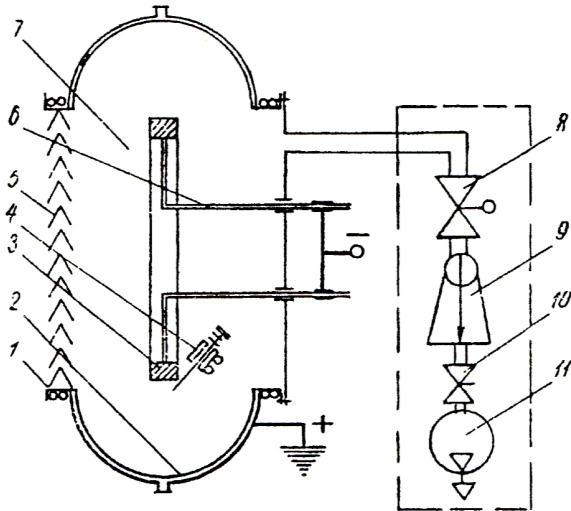


Рис. 2. Принципиальная вакуумная схема агрегата: 1 -- управляющий соленоид; 2 -- корпус-анод; 3 -- титановый катод; 4 -- узел возбуждения разряда; 5 -- экран входа; 6 -- токо- и водопровод; 7 -- кольцевой электродуговой насос; 8 -- затвор $d_z = 260$ мм с электроприводом; 9 -- насос Н-2Т; 10 -- клапан с электромагнитным приводом КМУ-50; 11 -- насос НВР-5Д

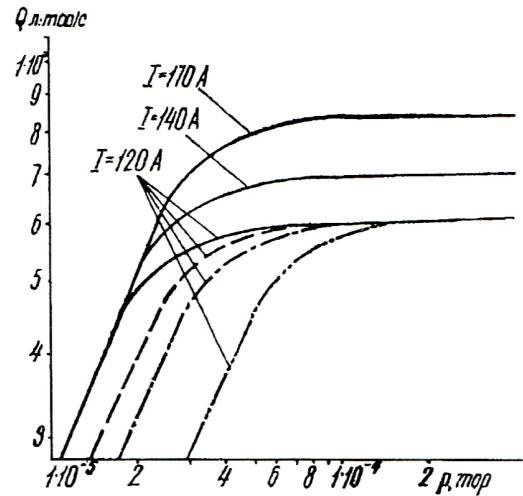


Рис. 4. Зависимость производительности Q агрегата от давления p азота в измерительном объеме при различных рабочих токах дугового разряда и вариантах экранирования входа электродугового насоса: сплошная линия -- без экрана; штриховая -- вариант II Б; штрих-пунктир -- II В; штрих-пунктир двойной -- IА

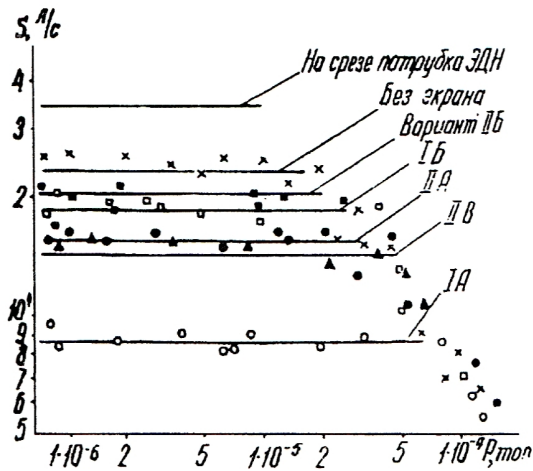


Рис. 3. Зависимость быстроты действия S агрегата от давления p азота в измерительном объеме при различных вариантах экранирования входа электродугового насоса (ЭДН) (сплошной линией показаны расчетные характеристики)

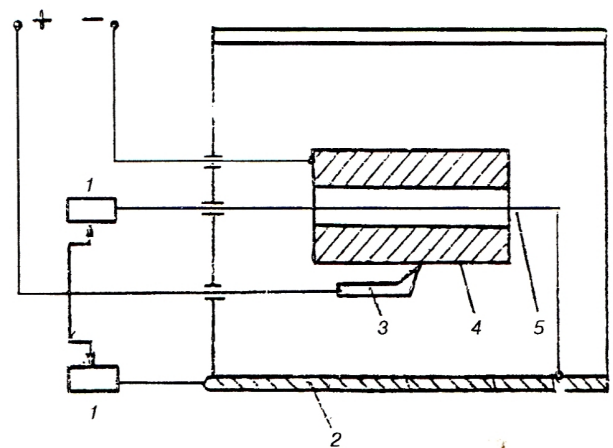


Рис. 5. Принципиальная схема системы «катод-анод»: 1 -- регулировочные сопротивления, 2 -- анод-корпус, 3 -- электрод возбуждения разряда, 4 -- цилиндрический катод, 5 -- осевой анодный провод

новая схема (рис. 5), основанная на создании магнитных полей управления с помощью анодного провода дугового испарителя. В предложенной схеме имеются две параллельные ветви анодного провода, одна из которых проложена по оси катода и подсоединена к корпусу (осевой анод), а вторая непосредственно подключена к корпусу. Характер-

но, что малейшее (до 10 %) рассогласование токов в анодных ветвях приводит к смещению дугового столба к одному или другому концу цилиндрического катода, а наиболее равномерный износ материала по всей поверхности осуществляется при равенстве токов в этих ветвях. Следует также отметить, что даже в случае равенства токов харак-

тер выработки катода неодинаков, хотя на равномерности распределения геттера по сорбирующим поверхностям корпуса это мало сказывается.

Экспериментальная оценка износа катодного вкладыша во времени показала, что, во-первых, расход титана зависит только от тока дугового разряда и эффективности охлаждения, причем при повышении температуры поверхности испарения за счет, например, прекращения подачи охлаждающей воды, расход геттера несколько (до 20 %) возрастает, по всей видимости, в результате частичной кристаллической сублимации материала. Характерно, что вначале наблюдается преимущественный износ по концам катода, что является, по-видимому, результатом краевого эффекта с последующим выравниванием ситуации. В конце выработки катода отмечено даже повышение интенсивности износа в средней части цилиндра, что, очевидно, вызвано также воздействием температурного поля на процесс образования катодных пятен.

Основные технические характеристики агрегата во многом совпадают с таковыми для его опытного образца, частично улучшены:

| | |
|--|--------------------|
| максимальная скорость откачки | |
| по азоту, л/с | 25000 |
| производительность по азоту, л·тор/с | 0.5 |
| ресурс работы, ч | |
| в непрерывном режиме | 1000 |
| в импульсном режиме, до | 5000 |
| установленная мощность, кВт | 10 |
| расход охлаждающей воды, м ³ /ч | 0.5 |
| масса, кг | 1860 |
| габариты, мм | 2270 × 1700 × 2350 |

Выводы. На основе ионно-плазменного (электродугового) испарения геттера (титана) создан и отработан в условиях производства серийный образец электродугового высоковакуумного агрегата с большой скоростью откачки и высокой производительностью, особенно по активным газам, а также большим ресурсом непрерывной и импульсной работы для использования на крупногабаритных технологических вакуумных камерах различных отраслей промышленности. Агрегат применяется для вакуумирования испытательных технологических вакуумных камер объемом не менее 50 м³.

1. Саксаганский Г. Л. Источники возобновляемых геттерных пленок. — М.: ЦНИТИхимнефтемаш, 1988.—38 с.
2. Саблев Л. П., Шулаев В. М., Андреев А. А. Сорбционные высоковакуумные электродуговые насосы большой производительности для технологического оборудования // Тр. научно-практического симп. «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов в машиностроении». — Харьков, 2000.—С. 16—21.
3. Шелухин В. В., Рябинина И. В., Руденко С. И. и др. Электродуговой испаритель металлов // Патент Украины.

ELECTRIC ARC RESORTS OF AN EVACUATION

S. I. Rudenko, V. V. Sheluhin, B. P. Efimtchuk

Some results of rated — analytical and experimental — experimental operations on making enunciated on the basis of an ionic - plasma sublimation of a Getter of high-performance resorts non oil of an evacuation of cabinets of major volumes of different technological assignment.