

## IV Международный вакуумный конгресс

В апреле 1968 г. в Манчестере (Англия) проходил IV Международный вакуумный конгресс, организованный Международным союзом обществ вакуумной науки и технологии совместно с Британским комитетом вакуумной техники и технологии. В работе конгресса приняли участие более 600 ученых и инженеров из 21 страны. Во время работы конгресса была организована выставка вакуумно-технического оборудования.

В последние годы в разных странах мира повышается интерес к исследованию элементарных процессов физики вакуума, о чем свидетельствует большое число докладов по этой тематике, представленных на конгресс. Исследованиям механизма сорбции и десорбции как научной основе вакуумной техники посвящено 19 докладов. Немало докладов относится к описанию новых и известных методик исследования элементарных процессов физики вакуума. В докладе Д. Дегра (Франция) приводятся экспериментальные данные о хемосорбции на твердых телах, полученные методом вспышки, и показано хорошее совпадение данных, полученных этим методом, с расчетными данными и данными, полученными методом электронного тупа. Дж. Лаподжулейд (Франция) рассмотрел применимость метода вспышки для изучения процессов при взаимодействии металл — газ. Этот метод уже давно используется при изучении хемосорбции, в частности он подробно рассмотрен в статье В. Н. Агеева и др. [см. «Ж. техн. физ.», XXXIV, 546 (1964)]. Некоторые доклады посвящены вопросам адсорбции и абсорбции водорода на испаренных пленках титана и тантала. Д. Хайвард (Англия) привел данные об измерении коэффициентов прилипания для водорода на испаренных пленках тантала при различных температурах. До образования монослоя коэффициенты прилипания в диапазоне температур 77—300° К примерно одинаковы и равны 0,48 и 0,44 при температурах 77 и 300° К соответственно.

В докладе Г. Ф. Ивановского и др. (СССР) сообщены результаты исследования механизма сорбции водорода, азота и окиси углерода конденсированными пленками титана. Данные проведенных экспериментов показывают, что в диапазоне температур 77—293° К происходит поверхностная безактивационная адсорбция исследованных газов, которая не зависит от давления в диапазоне  $10^{-7}$ — $10^{-11}$  мм рт. ст. Новый подход к изучению процессов взаимодействия тяжелых частиц с металлическими поверхностями был предложен Дж. Кистемакером (Нидерланды). По его теории при столкновении тяжелой частицы с металлическими поверхностями могут протекать три основных процесса: 1) распыление, т. е. смещение атомов металла в кристаллической решетке при передаче им кинетической энергии; 2) отражение первичных и рассеяние вторичных тяжелых частиц; 3) неупругая передача энергии. Приведенные данные о независимости проникновения частицы в металлическую поверхность от угла падения подтверждают предложенную теорию.

Интересное сообщение по индуцированной электронной десорбции из алюминия было сделано М. Рабиновичем (США). Это исследование связано с сооружением сильноточного накопителя СЛАК для электрон-позитронного эксперимента с энергией частиц 3 Бэв. При такой энергии тепловая нагрузка на стенки камеры из-за синхротронного излучения может достигать  $2,5 \text{ ват/см}^2$ . Использовалась техника меченых атомов

(изотоп  $O^{18}$  в составе CO), которые затем регистрировались квадрупольным масс-спектрометром. Доклад о температурной зависимости коэффициента внедрения водорода в титан, цирконий, ниобий и эрбий был сделан Ж. Мак-Кракеном (Англия). При фиксированной плотности водорода в веществе мишени  $5 \cdot 10^{18}$  атомов/см<sup>2</sup> коэффициент внедрения при увеличении температуры возрастает для исследованных металлов в следующем порядке: ниобий, титан, цирконий, эрбий.

Р. Стреглов (США) доложил об экспериментах по изучению кинетики сорбции водяных паров на нержавеющей стали. Как известно, достижение предельного разрежения и время откачки системы часто определяются скоростью десорбции воды. Полученные данные находятся в хорошем соответствии с хемосорбционным критерием Еловича  $q = a \log t + b$ , где  $q$  — величина адсорбции;  $t$  — время пребывания газа на поверхности;  $a$  и  $b$  — константы. Вопросам сорбции азота непрерывно возобновляемыми титановыми пленками была посвящена работа Н. Бирюковой и др. (СССР). Получена зависимость коэффициента прилипания азота от степени заполнения при различной температуре поверхности титана и показано, что коэффициент прилипания постоянен вплоть до больших степеней заполнения. Максимальное заполнение поверхности пленки азотом соответствует атомному соотношению титана и азота 2 : 1. Показано, что отравление поверхности пленки даже малым количеством кислорода влияет на коэффициент прилипания и его зависимость от температуры.

На секции «Газовая кинетика» Дж. Чабб (Англия) показал применимость метода Монте-Карло для расчета вероятности прохождения молекулярных потоков через ловушки различных конфигураций. К. Пизани (Италия) предложил новую теорию расчета движения молекул в высоковакуумных системах с адсорбирующими стенками. Доклад В. Юбера (Лихтенштейн) был посвящен экспериментальному исследованию с помощью радиоизотопной методики переноса молекул паров рабочей жидкости насосов в трубопроводах.

В настоящее время ускорители и термоядерные установки являются системами, требующими применения наиболее сложных комплексов сверхвысоковакуумного оборудования. В докладе Ю. Пустовойта (СССР) были рассмотрены общие требования к вакуумным системам ядерного синтеза, к средствам откачки и измерения вакуума. Доклад З. Следзиевского (Франция) посвящен вакуумной системе магнитной ловушки ММJJ. Вакуумная система накопителя ЦЕРН описывается в докладе Галдера (Швейцария). Вакуум по длине орбиты ( $\sim 2 \text{ км}$ )  $\leq 1 \cdot 10^{-9}$  мм рт. ст. обеспечивается с помощью 248 электроразрядных, 64 турбомолекулярных, 68 геттерных насосов. Вакуум  $10^{-11}$  мм рт. ст. в местах пересечений колец достигается с помощью восьми криогенных насосов с жидким гелием.

В настоящее время на ускорителях NINA (Англия) и DESY (ФРГ) старые камеры, изготовленные на основе стекловолокон, пропитанного эпоксином, заменяются новыми — керамическими, что даст возможность значительно улучшить вакуумные условия в этих установках. Технологии изготовления керамической камеры посвящен доклад В. Гиббонса (Англия).

Сделано несколько сообщений о необычных вакуумных системах с использованием мощных откачных средств. Л. Штункель (ФРГ) доложил о плазменной



аэродинамической трубе с тепловыделением 2 Мвт (скорость разреженного газа 16 М при температуре 12 000° К). В докладе Ш. Стрегга (США) описана вакуумная камера для испытания бортовых ядерных реакторов США-8 при вакууме  $10^{-5}$  мм рт. ст. в течение 10 тыс. ч. О сверхвысоковакуумной камере с разрежением  $1 \cdot 10^{-8}$  мм рт. ст., примененной в ядерных экспериментах по измерению энергетического спектра протонов, рождающихся в результате распада нейтрона, доложил Е. Бэлтэсла (Австрия).

Основные тенденции развития откачных средств за прошедшие три года после III Вакуумного конгресса проявляются в большом количестве докладов, посвященных разработке и исследованию безмасляных средств откачки. В настоящее время сверхвысокий безмасляный вакуум получают с помощью ионных, геттерно-ионных, магниторазрядных, сорбционных и криогенных насосов. Этим средствам откачки посвящено 28 докладов.

Доклад Д. Эндрю (Англия) посвящен развитию магниторазрядных насосов за прошедшие 10 лет. Описаны экспериментальные исследования механизма разряда, элементарной ячейки; приводятся соображения по экономическим показателям в зависимости от компоновки, по повышению скорости откачки инертных газов и др.

В некоторых докладах описаны характеристики нестабильностей, усовершенствования конструкции динодных и триодных магниторазрядных насосов, безмасляные электроразрядные насосы типа орбитрон.

Доклад Д. Робертсона (США) посвящен разработке титанового геттерного насоса для откачки камеры имитации космического пространства. Для получения титанового геттера применяется испаритель титана со скоростью испарения 6 г/ч и ресурсом работы 200 ч.

В докладе Е. Масленникова и др. (СССР) описываются три типа испарителей титана, применяемых для азотитной откачки в термоядерной установке «Огра-II», со скоростью испарения 60 и 100 мг/мин. Механизм холодного разряда с распылением титана используется в новом типе ловушек на линиях форвакуумной откачки, о которых доложил Дж. Саррау (Франция). Применением таких ловушек удается почти полностью избавиться от паров масел, идущих из механических насосов.

По-прежнему много внимания уделяется методам измерения вакуума и калибровке манометров. В докладах В. Дэвиса и Л. Бёквиста (США) описывается методика, аппаратура и анализируются возможные ошибки при калибровке манометров при давлениях ниже  $10^{-13}$  мм рт. ст.

Доклад Г. Грошковского (Польша) посвящен новому типу ионизационного манометра для измерения давлений в диапазоне  $10^{-5}$ — $10^{-12}$  мм рт. ст. А. Григорьев

(СССР) доложил о самоочищающемся манометре, предназначенном для работы в системах с большим содержанием масляных паров.

На секции «Масс-спектрометрии и газового анализа» основное внимание было уделено квадрупольным масс-спектрометрам, а также миниатюрным и упрощенным устройствам для анализа остаточных газов в электровакуумных приборах и установках. Г. Шварц (США) доложил о разработке квадрупольного ионизационного манометра. В докладе Ф. Кандаля и др. (США) было доложено об использовании вакуумного четырехполосника (эквивалентного четырехполоснику Кирхгофа) для анализа газа. Импульсно меняя давление газа в одном объеме и затем измеряя изменение давления во времени в другом объеме, можно определить массовый состав газа, так как проводимость канала между двумя объемами зависит от молекулярного веса газа. Таким методом можно проводить анализ газа при давлениях до 50 мм рт. ст. с точностью до долей процента.

Наибольшее количество докладов было посвящено вакуумному напылению тонких пленок. В докладах описаны исследования структуры и свойств поликристаллических и монокристаллических пленок, конструкции напылительных установок, техника программного управления процессами напыления, методы и приборы для контроля толщины пленок в процессе нанесения, аппаратура для ионно-плазменного распыления.

На секции «Вакуумная металлургия» Р. Банишем (США) был сделан доклад с некоторым рекламным оттенком о будущем бурно развивающейся электронно-лучевой технологии, ее месте в новых областях промышленности. В докладе В. Дитриха (ФРГ) приводится описание новой электроннолучевой плавильной установки с максимальной мощностью в каждом из четырех лучей до 125 квт.

На выставке вакуумно-технологического оборудования и приборов были представлены разнообразные типы вакуумного откачного, измерительного, контрольного, аналитического оборудования, вакуумные технологические установки, вакуумные материалы и компоненты. В электронной части этих вакуумных установок широко используются полупроводниковые приборы и интегральные схемы, автоматическое программное управление; появились новые термостойкие упругие уплотнительные материалы, которые заменяют неудобные в эксплуатации металлические уплотнения в прогреваемых до 300—400° С установках сверхвысокого вакуума (фторкаучуки, полиимиды и др.); в технологии изготовления аппаратуры сверхвысокого вакуума все чаще отказываются от сварки и заменяют ее пайкой в вакууме.

Ю. М. Пустовойт

## Урановая промышленность капиталистических стран в 1967 г.

1967 год явился поворотным в развитии урановой промышленности капиталистических стран. Намечившийся в 1966 г. выход этой отрасли из кризисного состояния, в котором она находилась в 1960—1965 гг., сменился в 1967 г. подъемом. Это нашло выражение в росте добычи урановой руды и производства концентратов; значительном расширении поисковых и геологоразведочных работ; активизации подготовки к возобновлению эксплуатации некоторых закрытых ранее предприятий; модернизации и расширении мощности

отдельных действующих рудников и заводов по производству урановых концентратов; строительстве новых крупных предприятий. Значительно выросли цены на урановые концентраты на «свободном» рынке.

Быстрый переход урановой промышленности в группу «процветающих» отраслей экономики объясняется резким возрастанием темпов развития ядерной энергетики. В конце 1967 г. в капиталистических странах действовали 49 АЭС (65 реакторов) общей мощностью 8,9 млн. квт, велось строительство или были заказаны