

КОНДЕНСАЦИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ НА КРИОГЕННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ В ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ ОТ 100 ДО 4000 Па

А.Б. Батраков, Ю.Н. Волков, В.А. Кравченко, А.А. Мацько

ИПЭНМУ ННЦ ХФТИ, Украина, г.Харьков, ул.Академическая, 1

Приведены результаты экспериментального исследования процессов конденсации смесей газов аргон-азот и кислород-азот различной концентрации на поверхность, охлаждаемую жидким неоном. Показана зависимость удельной быстроты действия от ориентации криоповерхности и толщины слоя конденсата при различных составляющих откачивающей смеси. Результаты работы используются при создании вакуумных систем для ускорителей релятивистских электронных пучков (РЭП).

PACS: 29.17.+w

ВВЕДЕНИЕ

Исследования в области физики плазмы, космической техники, электроники, разработка крупных сверхпроводящих устройств потребовали создания качественно новых вакуумных систем, обеспечивающих высокую быстроту действия, низкие остаточные давления в больших объемах, отсутствие загрязнения откачиваемых объектов, в частности, эти задачи необходимо решать при откачке ускорителей релятивистских электронных пучков (РЭП) [1].

Выполнить эти требования в наиболее полной мере позволяют криогенные вакуумные системы. В широком интервале давлений, в частности в форвакуумной области, обеспечивают высокую скорость откачки и чистоту откачиваемой среды криогенные конденсационные насосы, охлаждаемые жидким неоном [2]. Как правило, при получении вакуума часто приходится откачивать не чистые газы, а их различные смеси. Распространены установки, где используются аргон и его смеси [3]. Актуальной является и откачка смесей кислорода. Компоненты оказывают различное влияние на конденсацию смесей [4] и потому были необходимы экспериментальные данные в диапазоне давлений 100...4000 Па. Известно, что азот и кислород эффективно конденсируются на поверхностях, охлаждаемых жидким неоном [2], и для охлаждения откачивающего элемента в качестве хладагента был выбран жидкий неон.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования конденсации проводились на установке, схематическое изображение которой показано на рис.1.

Установка состоит из следующих основных узлов: вакуумной камеры 3, вентиля тонкой регулировки 4, емкости 5 для хладагента с горизонтальной откачивающей поверхностью 6, которая в некоторых экспериментах заменялась на вертикальную конденсирующую поверхность, манометрического преобразователя 7, образцового вакуумметра 8, вентиля 9, 11, 13, форвакуумного насоса 10 для предварительной откачки камеры и U-образного манометра 1. Фланец 2 вакуумной камеры

изготовлен из оргстекла, что дает возможность проводить оптические измерения толщины слоя криоосадка катетометром КМ-6.

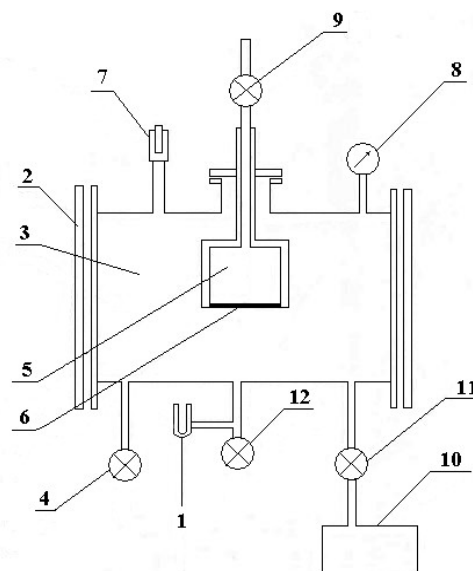


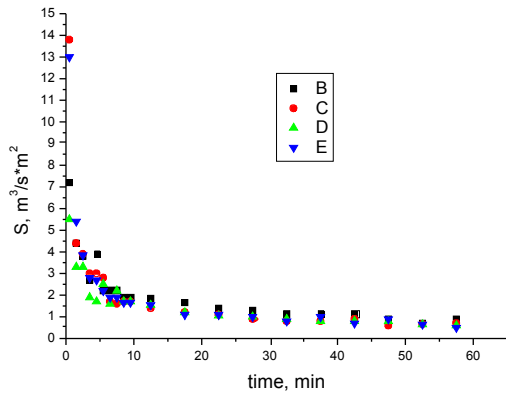
Рис. 1. Схема установки

Смеси газов приготавливали в отдельной камере и подавали в установку через вентиль тонкой регулировки. Конденсация проводилась при ряде постоянных давлений и различных ориентациях откачивающей поверхности.

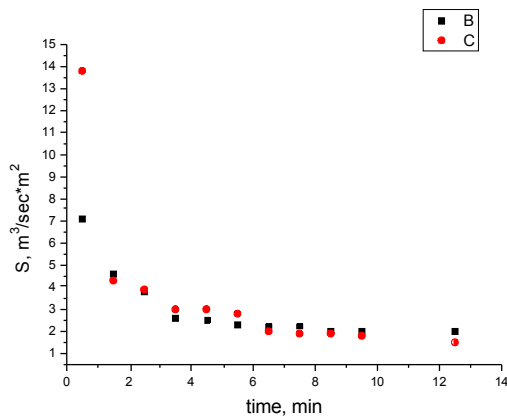
Результаты исследований приведены на графиках рисунков. На рис.2 - 4 показаны зависимости удельной быстроты откачки смесей аргона и азота. На рис. 2 – зависимости удельной быстроты откачки при конденсации смесей аргона и азота при давлении 133 Па (1 мм рт.ст.) на горизонтально расположенную откачивающую поверхность.

На рис.2,а – удельная быстрота действия за 60 минут откачки, а на рис.2,б – удельная быстрота действия за 15 мин откачки.

B–Ar 100%, C–Ar 75%, D–Ar 50%, E–Ar 25%



a



б

Рис.2. Скорость конденсации газовой смеси (а): B–Ar 80%, C–Ar 20%, D–Ar 50%, E–Ar 33%; скорость конденсации газовой смеси (б): 1–Ar 80%, 2–Ar 20%

На рис.3 дана удельная быстрота действия насоса за 15 мин откачки при давлении конденсации 1330 Па (10 мм рт.ст.) на вертикально расположенной откачивающей поверхности (удельная быстрота действия при конденсации на вертикальные стенки на 10...15% ниже, чем при конденсации на горизонтальную стенку при одинаковых условиях) [5].

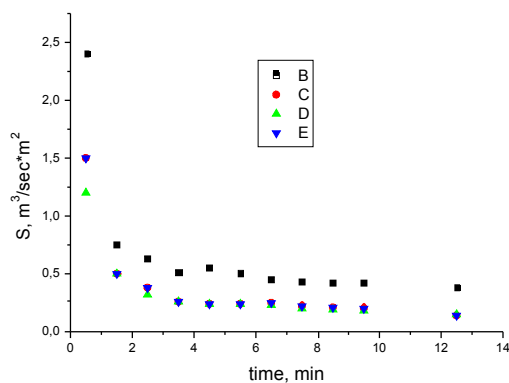


Рис.3. Скорость конденсации газовой смеси:

На рис.4 для сравнения приведены удельная быстрота откачки чистого азота и аргона на вертикальную стенку при давлении конденсации 1330 Па (10 мм рт.ст.). Необходимо отметить, что после накопления на откачивающей поверхности слоя криосадка толщиной ~3 мм, быстрота откачки уменьшается (этот криосадок образуется через 9...15 мин) и резко падает при толщине слоя ~5мм, что происходит при давлении 1330 Па на 20...25 мин, а при давлении 133 Па - на 25...30 мин.

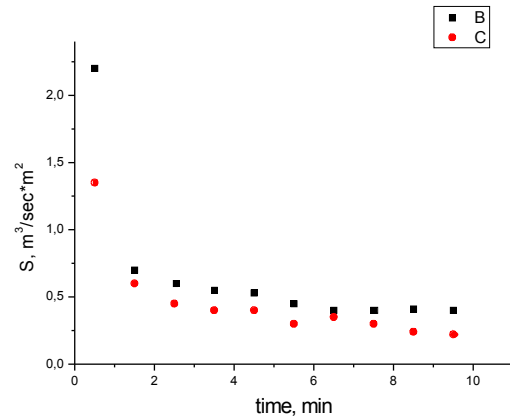


Рис.4. Скорость конденсации чистых газов: B–Ar, C–N₂

Из проведенных экспериментов следует, что после достижения толщины слоя 6...7 мм откачка смесей практически прекращается (для чистых газов эта величина на 2...2,5 мм больше). Это обусловлено увеличением температурного перепада по слою конденсата и повышением температуры его поверхности.

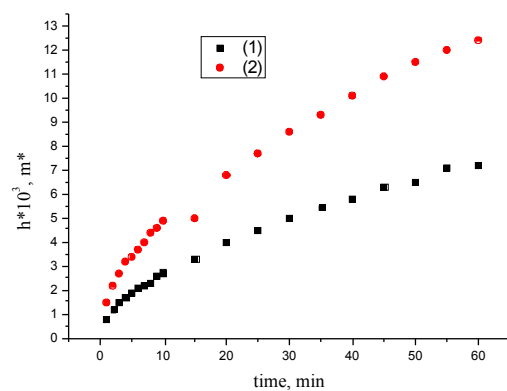


Рис.5. Рост слоя конденсата: 1–Ar 50%; 2–Ar 100%

На рис.5 показана динамика роста слоя конденсата при откачке смеси 50% аргона и 50% азота при давлении 1330 Па и чистого аргона для сравнения. При достижении толщины слоя 5...

6 мм на 1 см² откачивающей поверхности конденсируется около 0,4...0,5 нл смеси.

На рис. 6 приведены результаты экспериментов по измерению удельной быстроты действия насоса при откачке смесей кислород-азот при давлении 4000 Па за 40 мин откачки.

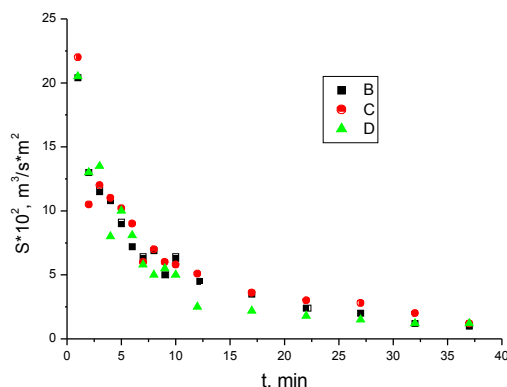


Рис. 6. Скорость конденсации газовой смеси: В–O₂ 10%, С–O₂ 5%, D–O₂ 20%

ВЫВОДЫ

Исследования конденсации смесей аргона показывают влияние толщины слоя криоосадка и ориентации откачивающей поверхности на конденсацию смесей аргона. Показано для смесей аргона и кислорода, что толщина криоосадка более 5 мм резко уменьшает быстроту действия насоса. Следовательно, при проектировании крионасосов необходимая площадь должна быть не менее 1,8...2 см² на 1 л откачиваемой смеси при атмосферном давлении. Также подтверждено, что удельная быстрота откачки

на горизонтально расположенной поверхности на 10...20 % выше, чем при вертикальном расположении.

Полученные результаты могут найти применение при разработке форвакуумных конденсационных насосов, в частности, для смесей аргона и кислорода.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Батраков, А.В. Кравченко, Ю.Ф. Лонин, Ya.A. Chernishenko Cryogenic adsorption pumps for REB accelerators // *Problems of atomic science and technology. Ser.: "Nuclear Physics Investigations"*(42). 2004, № 1, p. 206-208.
2. Б.П.Батраков, В.А.Кравченко, Ю.Н.Волков. Криооткачка с помощью жидкого неона в диапазоне 10⁵-10⁻¹ Па // *Вопросы атомной науки и техники*. Серия: «Общая и ядерная физика». 1982, в. 3(21), с. 40-46.
3. Б.Г.Песков, А.Ф.Щебетов, Я.А.Касман, Н.Г.Колыванова. Установка магнетронного распыления для изготовления суперзеркал // *Вакуумная техника и технология*. 2003, т. 13, № 3, с. 163-170.
4. Р.Хэфер. *Криовакуумная техника*. М.: «Энергоиздат», 1983, 95 с.
5. Б.П.Батраков, Ю.Н.Волков, В.А.Кравченко, А.А.Мацько, А.К.Жебровский, М.К. Трубецков. Теплообмен при нестационарной конденсации двухкомпонентного газа. // *Вопросы атомной науки и техники. Серия: «Ядерно-физические исследования (теория и эксперимент)»*. 1990, в. 2(10), с. 14-19.

КОНДЕНСАЦІЯ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ НА КРИОГЕННУ ПОВЕРХНЮ В ДІАПАЗОНІ ТИСКУ ВІД 100 ДО 4000 Па

О.Б. Батраков, Ю.М. Волков, В.О. Кравченко, О.О. Мацько

Приведено результати експериментального дослідження процесів конденсації сумішей газів аргон-азот і кисень-азот різної конденсації на поверхню, охолоджувану рідким неоном. Показано залежність питомої швидкості дії від орієнтації криповерхності і товщини шару конденсату, при різних складових відкачуємої суміші. Результати роботи використовуються при створенні вакуумних систем для прискорювачів релятивістських електронних пучків (РЕП).

CONDENSATION OF AIR MIXTURES ON A CRYOGENIC SURFACE IN PRESSURE RANGE FROM 100 TO 4000 Pa

A.B.Batrakov, Yu.N.Volkov, V.A.Kravchenko, A.A. Matsko

The outcomes of experimental research of processes of condensation of mixtures of gases argon - nitrogen and oxygenium - nitrogen of different concentration on a surface cooled by a liquid neon are reduced. The dependence of specific speed of operation on orientation cryosurfaces and width of a stratum of a condensate is shown, at

different evacuating mixture. The outcomes of operation will be utilized at creation of vacuum systems for accelerators of relativistic electron beams (REB).