

2. Комплексные испытания космических аппаратов [Электронный ресурс] // Информационный спутниковые системы. – 2010. – №11. – С. 16 – 21. – Режим доступа: <https://www.iss-reshetnev.ru/media/journal/journal-11-2010.pdf>. – (Дата обращения: 07.02.2017).
3. О.В. Капралов, Н.В. Куксова, С.Б. Нестеров, В.В. Путырский, О.Р. Чернышев. Особенности создания испытательного комплекса для проведения проверок герметичности современных космических аппаратов в рамках их предстартовой подготовки // «Вакуумная техника, материалы и технология». Коллективная монография. Материалы XI Международной научно-технической конференции. Под ред. доктора технических наук, профессора С.Б. Нестерова. М.: НОБЕЛЛА. – 2016. – с. 246 – 250.
4. Ю. Вшивков, Ф.В. Танащенко, Е.Н. Головенкин, Е.В. Юртаев. Разработка и термовакуумные испытания тепловых экранов для защиты электропривода механического блока от эффекта «Солнечная ловушка» // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени акад. М.Ф. Решетнева. – 2012. – Выпуск 5(45). – С.117 – 122.
5. Е.Н. Капустин, Dr. Stefan Lausberg, М.В. Мурашкин, М.В. Абраев. Вакуумные технологии в имитации космического пространства // «Вакуумная наука и техника». Материалы XXII научно-технической конференции. Под. ред. академика А.С. Бугаева. М.: ~, 2015. – с.174–179.
6. Е.Н. Капустин, Р.Р. Зиганшин, М.В. Абраев, А.Е. Капустин. Разработка и производство термовакуумных установок (термобарокамер) в АО «Вакууммаш» // «Вакуумная наука и техника». Материалы XXII научно-технической конференции. Под. ред. академика А.С. Бугаева. М.: ~, 2015. – с.105–111.
7. Малоземов В.В. Тепловой режим космических аппаратов / В.В. Малоземов. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с., ил.
8. Н.В. Куксова, И.В. Петров, С.Б. Нестеров. Выбор режима работы криогенных экранов для имитаторов космического пространства больших объемов // Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России»: сборник докладов / Союз машиностроителей России, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – с. 766–768.
9. Е.В. Жировов. Опыт изготовления, монтажа, наладки и эксплуатации криовакуумных установок, оснащенных отечественным вакуумным и криогенным оборудованием за период с 1972 по 2014 г. // Вакуумная техника и технология. – 2015. – Т.25, №2. – с.64 – 65.

Влияние методов обезжиривания поверхностей конструкционных материалов на скорость газовыделения в вакууме

В.Г. Самоделов, А.К. Дедков, О.Е. Чубаров
ООО «Криомаш- БЗКМ», г. Балашиха, Московская обл., пр. Ленина, вл.65, стр.1.
E-mail: [samodelov vg@cryobzkm.ru](mailto:samodelov_vg@cryobzkm.ru)

В статье представлено сравнение соотношений скоростей газовыделений с поверхности образцов из нержавеющей стали, обращенных в вакуум, предварительно подвергнутых различным методам обезжиривания.

Methods to degrease surfaces – their effect on the gas emission speed in vacuum. V.G. Samodelov, A.K. Dedkov, O.E. Chubarov. The ratios of the gas emission speed from the surface samples of stainless steel are compared. These surfaces are facing vacuum and previously have been subjected to various methods of degreasing.

Необходимость проведения тщательной очистки поверхностей конструкционных материалов, обращенных в вакуум, связана с тем, что жировые и масляные загрязнения, источником которых являются чаще всего смазочно-охлаждающие жидкости и смазочные материалы, имеют высокое давление насыщенных паров, что препятствует достижению

требуемых рабочих давлений.

Часто обезжиривание производится водными моющими растворами, которые не разрушают молекул загрязнений, а благодаря сорбционной активности вытесняют их с поверхностей в растворы, при этом в растворе образуется однородная стабильная молекулярно-дисперсная среда.

Обезжиривание водными моющими растворами и растворителями в зависимости от конструктивных особенностей и размеров изделий проводится следующими методами:

1. Погружением изделий деталей последовательно в две ванны с горячим водным моющим раствором и двукратной промывкой в горячей воде.
2. Двукратным заполнением изделий моющим раствором и промывкой горячей водой.
3. Протиранием поверхностей изделий щеткой или салфетками, смоченными горячим моющим раствором, с последующим протиранием салфетками, смоченными водой.
4. Подачей струи горячего моющего раствора на обезжириваемые поверхности.
5. Циркуляцией моющего раствора в изделии.
6. Ультразвуковой очисткой изделий, погруженных в моющий раствор.
7. Двукратным протиранием поверхности изделий бязевыми салфетками, смоченными детаналом ТУ 2381-001-58996909.

После обезжиривания поверхности обезвоживают спиртом. При обезвоживании вода растворяется в спирте и на поверхности остается некоторое количество водно-спиртовой смеси. В последнее время все шире применяются такие методы сушки поверхностей, как обдув воздухом ГОСТ 9.010, прогрев при атмосферном давлении.

С целью выяснения эффективности перечисленных технологий обработки поверхности материалов различными методами обезжиривания и установления количественных соотношений между скоростями газовыделения, были проведены экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования влияния методов обезжиривания поверхностей, обращенных в вакуум, на время обезгаживания материалов производились на установке, состоящей из вакуумной камеры, средств откачки, средств измерения вакуума и контроля герметичности. В установке использовались безмасляные средства откачки, широкодиапазонные датчики измерения остаточного давления и гелиевый масс-спектрометрический течеискатель. Определение зависимости суммарного газового потока с образцов, поверхности которых предварительно обезжирены различными методами, от времени вакуумирования проводилось методом измерения потока с помощью диафрагмы известной проводимости.

Установка предварительно обезжиривалась, обезгаживалась и проверялась на герметичность. Перед проведением экспериментов определялось фоновое газовыделение установки (без образца). В качестве образцов для исследования использовались пластины из стали 12Х18Н10Т площадью поверхности 0,25м². После размещения образцов в вакуумной камере, производилась высоковакуумная откачка до $P=1,33 \cdot 10^{-5}$ Па. Измеряя перепад давлений на диафрагме в различные периоды времени, получали зависимость газового потока с образцов и внутренних поверхностей элементов установки от времени вакуумирования. Расчет суммарного газового потока от образца, находящегося в камере, производили по формуле:

$$Q = U \times (P_1 - P_2) - Q_y,$$

где P_1 и P_2 – давление до и после диафрагмы, Па;

U – проводимость диафрагмы, м³/с;

Q_y – фоновое газовыделение установки, Па·м³/с.

Результаты экспериментальных исследований и их анализ.

Результаты экспериментальных исследований влияния методов обезжиривания поверхностей материалов, обращенных в вакуум, на скорость газовыделения представлены в таблице 1 и на рис.1 и 2.

Таблица 1. Зависимость скорости газовой выделения материала от методов обработки поверхности материала и времени их вакуумирования.

Скорость газовой выделения, Па·м/с							
Время, ч	Водно-моющий раствор, обезжиривания спиртом (ГОСТ 5962)	Водно-моющий раствор, обезжиривания спиртом (ГОСТ 18300)	Водно-моющий раствор, протирка бязью	Водно-моющий раствор, сушка обдувом воздуха ГОСТ 9.010 при T=(288-293)K	Водно-моющий раствор, сушка, обдув в воздухе по ГОСТ 9.010 при T=(373-393)K	Водно-моющий раствор, прогрев при T=(353-373)K в течение 1ч	Детанал ТУ 2381-001-58996909 Двукратное протираание бязевыми салфетками
1,0	$5,3 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$
3,0	$4,0 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$9,3 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$
5,0	$3,4 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-7}$	$7,3 \cdot 10^{-7}$	$9,3 \cdot 10^{-7}$	$7,3 \cdot 10^{-7}$	$4,6 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
7,0	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$5,2 \cdot 10^{-7}$	$6,0 \cdot 10^{-7}$	$7,3 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$

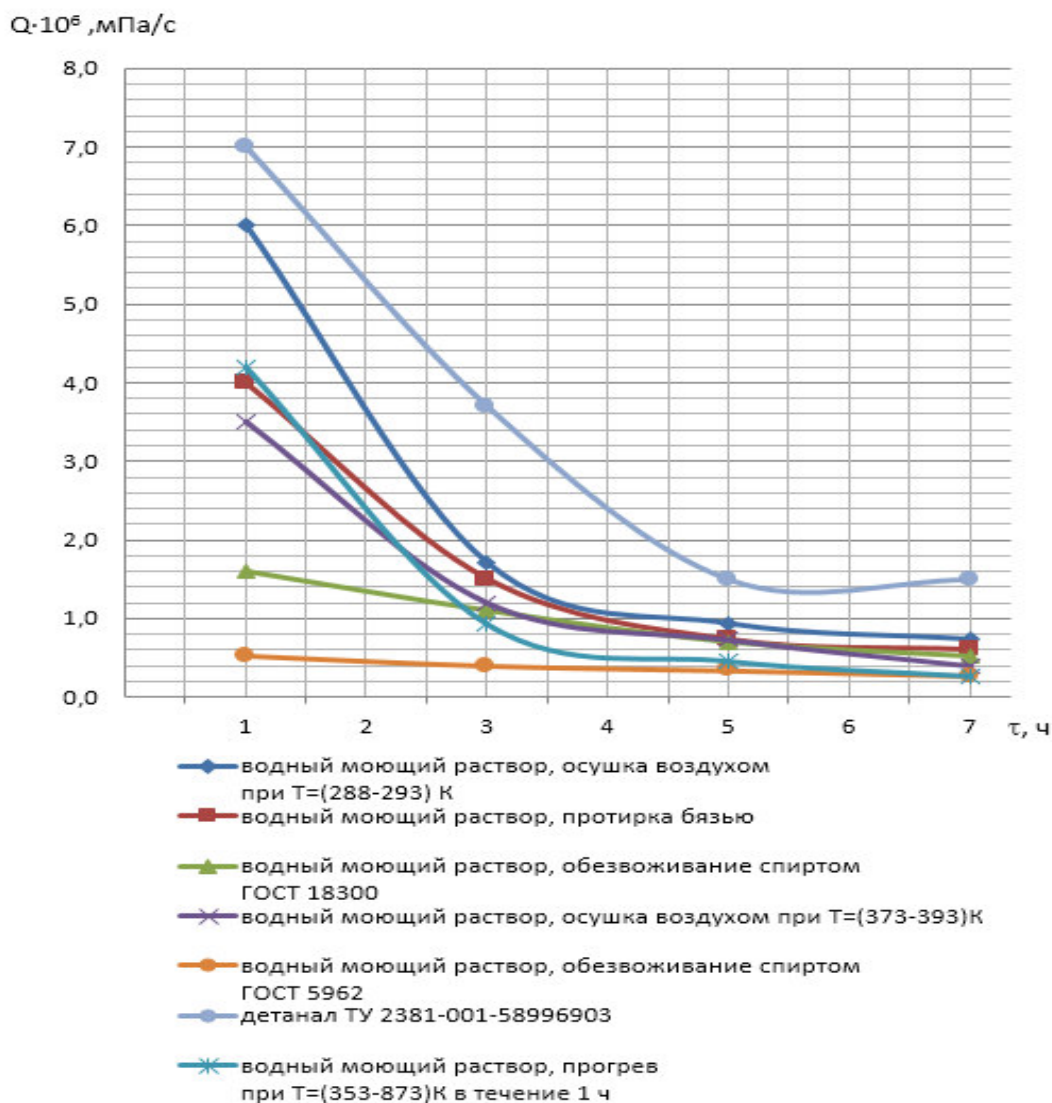


Рис. 1. Зависимость скорости газовой выделения от методов обезжиривания поверхности материалов и времени вакуумирования.

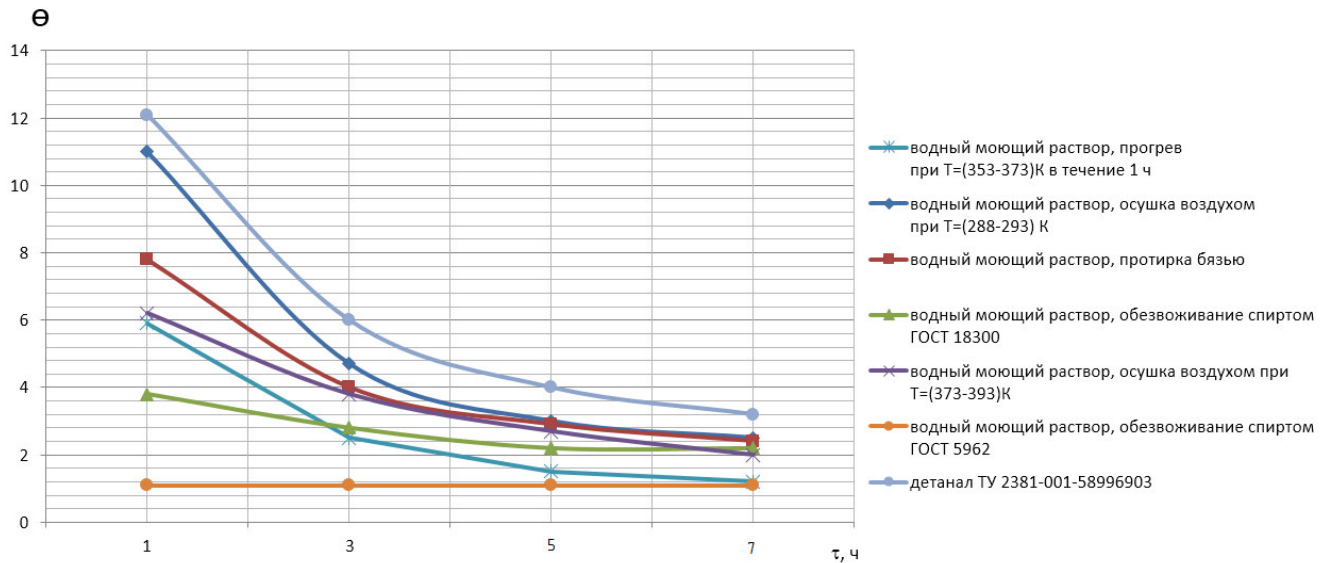


Рис. 2. Зависимость $\theta=Q/Q_0$ от времени при различных способах обезжиривания поверхности материала.

Крутой наклон кривых газовыделения (рис.1) свидетельствует о том, что в основном откачиваются молекулы, адсорбированные на поверхности. Из сравнения скоростей газовыделения с образцов, подвергнутых различным методам обработки поверхности, после одного часа вакуумирования (рис. 2) следует, что скорость газовыделения с образца, обезжиренного водным моющим раствором с последующим обдувом воздухом высокого давления при $T=293\text{K}$ в 11 раз больше, а с образцов, обезжиренных водным моющим раствором с последующим обдувом воздуха при $T=(373-393)\text{K}$ или прогревом в печи при $T=(353-373)\text{K}$, в 5 раз больше, чем с образца, обезжиренного водным моющим раствором с последующим обезвоживанием спиртом по ГОСТ 5962. Это соотношение скоростей газовыделения уменьшается с увеличением времени вакуумирования и через 7 часов составляет не более 1,5-2,5 раза.

Поэтому технологические процессы обезжиривания поверхностей водными моющими растворами с последующим обдувом воздухом (лучше горячим) в сочетании с вакуумированием в течение 6-7 часов могут использоваться как альтернативные варианты методам обезжиривания поверхностей с использованием спирта.

Полученные результаты экспериментальных исследований позволяют выбирать методы обезжиривания поверхностей материалов в зависимости от конструктивных особенностей и размеров изделий, возможностей производства и имеющихся технических средств обезжиривания.