

термообработка (спекание) геттеров при температуре до 1000°C в течении 0.5:4 часа не изменяет фазовый состав сплава. Измерение сорбционной емкости и скорости сорбции геттеров из TiV₃₀ изготовленных по разработанной технологии и показало, что они имеют сравнимые значения с характеристиками для геттеров, изготовленных из сплава циаля. Прочность газопоглотителей из сплава TiV30%, возрастает с увеличением усилия прессования, температуры спекания для составом порошка менее 71 мкм. Методика измерения прочности образцов на излом целесообразнее методики прочности на разрыв, так как более информативная и не требует склеивания образцов со штатными держателями разрывной машины (грибками), сушки, чистки грибков после испытаний. Температура спекания геттеров должна быть оптимальной (940-1000°C): при больших температурах увеличивается прочность, но снижается удельная внутренняя поверхность и соответственно сорбционная емкость. Температура активации для разработанных геттеров – 420-430°C, а время активации – 30-60 минут. Увеличение времени активации до 16 часов незначительно увеличивает сорбционную емкость, что указывает на стабильность фазового состава получаемых геттеров.

Литература

1. Попов В.Ф. Нераспыляемые газопоглотители. М.: Энергия, 1975.
2. Коган Я.Д., Калачев Б.А., Левинский Ю.В. и др. Константы взаимодействия металлов с газами. Спр., М.: Металлургия, 1987. – 280 с.
3. Каменская Е.А., Демина Т.И., Карпухин Е.П. и др. Влияние фазового состава на сорбционную способность сплавов циркония и алюминия. Электронная техника. Серия 1. Электроника СВЧ №11, 1972г., С.88-93.
4. Петров В.С., Быков Д.В., Кокова А.А. Сравнение свойств геттерных сплавов на основе титана. Ж. Вакуумная техника и технология №5, №3, 2005, С.247-249.
5. Касимцев А.В., Левинский Ю.В. Гидридно-кальциевые порошки металлов, интерметаллидов, тугоплавких соединения и композиционных материалов. – М.: МИТХТ, 2012. – 248 с.

Диагностика отказов вакуумных механизмов

Е.А. Деулин, В.П. Михайлов
Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2-я Бауманская, д. 5
e-mail: deulin@bmstu.ru, mikhailov@bmstu.ru

Целью системы диагностики отказов вакуумных механизмов является оценка состояния механизма и прогнозирование времени отказа. Параметрами, которые могут быть использованы для диагностики, являются: частота колебаний механизма, амплитуда вибрации, колебания остаточного давления.

Vacuum Mechanism Failure Diagnosis. E.A. Deulin, V.P. Mikhailov. The aim of the vacuum mechanisms fatigue prediction system is estimation of the mechanism state and its failure moment prediction. The parameters that may be used for diagnosis are: mechanism vibration frequency, vibration amplitude, residual pressure variation.

Представленный метод диагностики отказов механических элементов вакуумного оборудования [1], основан на частотном анализе потока газовой выделения, при использовании которого мы сталкиваемся с трудностью обнаружения потоков газовой выделения в рабочей камере из различных элементов механизма и трудностью расшифровки получаемых сигналов. Это объясняется несколькими факторами: 1.Потоки газовой выделения из механизмов малы и заметны лишь в СВВ; 2.Происходит уменьшение амплитуды и изменение формы измеряемого потока газовой выделения из-за процесса откачки; 3.Характеристики средств измерения и оцифровки

сигнала давления влияют на точность измерения; 4. Колебание базового давления в вакуумной камере. влияет на результаты измерения.

Пример суммирования сигналов потоков газовой выделении из работающего в вакууме механизма и случайного проявления всплесков суммарного давления P как функции времени приведён на рис.1, где наглядно видна сложность расшифровки сигнала рабочего давления в вакуумной камере, наглядно реагирующего на моменты пуска(start) и остановки (stop) но связь этого сигнала с исходным сигналом частоты вращения шарикоподшипника требует использования научных методов и навыков, показанных ниже.

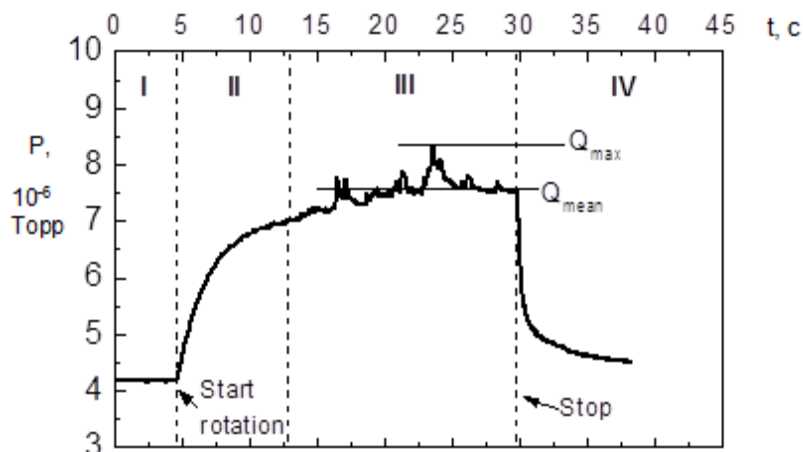


Рис.1. Рабочее давление в вакуумной камере как функция процесса «start-stop» (пуска–остановки) работы привода вакуумного механизма, использующего шарикоподшипники.

Практическая задача диагностирования вакуумного сигнала заключается в теоретическом восстановлении амплитуды и частоты исходного сигнала газовой выделении, знание которых позволяет ставить диагноз «состоянию здоровья» диагностируемого механизма.

Инструментом, удобным для «восстановления» исходного сигнала газового потока, выделяющегося из вакуумного механизма, является прецизионный импульсный вакуумный пьезо - натекатель, преимуществом которого является способность создавать импульсные малые потоки газа, имитирующие импульсы газовой выделении из механизма с частотой до 10^4 Гц и амплитудой газового потока до 10^2 м³Па/с.

Рассмотрим пример решения задачи создания модели диагностики с помощью рассмотренного пьезонатекателя. В нашем примере мы полагаем, что натекатель имитирует пульсирующий поток газовой выделении из вакуумного механизма: зубчатого зацепления, шарикоподшипника или др. На рис.2 (нижний график) показан измеренный исходный сигнал напускаемого в вакуумную камеру потока газа, который генерируется натекателем в форме меандра.

Верхний график на рис. 2. представляет сигнал давления, получаемого в вакуумной камере от импульсов, генерируемых натекателем. Как мы видим, по форме он становится похож на центральную часть диаграммы давления на рис. 1

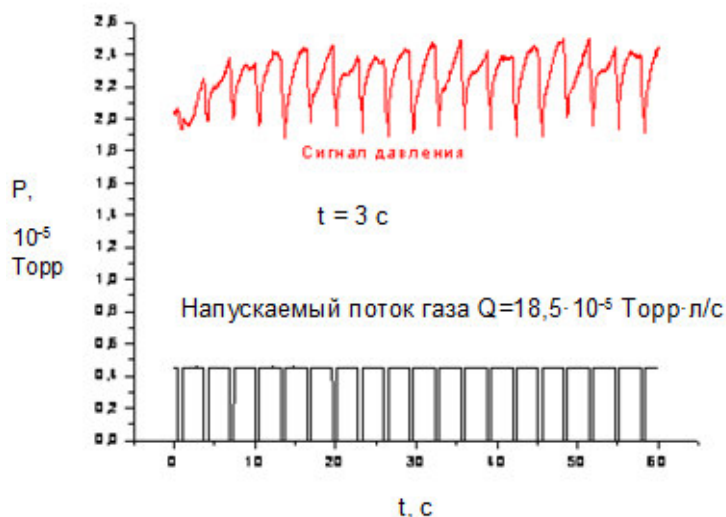


Рис.2. Исходный сигнал напускаемого в камеру потока газа Q , генерируемого натекателем с периодом цикла $T=3$ с (нижний график) и сигнал давления P (верхний график), получаемого и измеряемого в вакуумной камере.

Для сравнения на верхнем графике рис.3. приведен график давления в камере, где периодичность цикла пульсирующего потока газа Q уменьшена с $T=3$ с до $T=1$ с что придаёт диаграмме потока газовой выделению форму ещё более близкую к диаграмме давления на рис. 1 с которой мы начали обсуждение поставленной задачи.

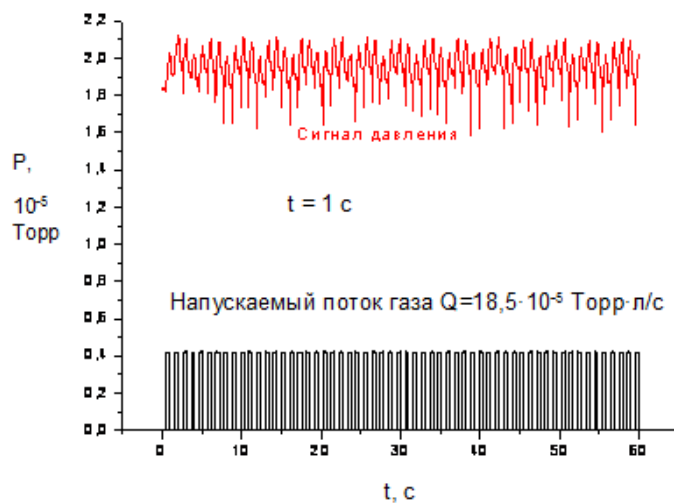


Рис.3. Верхний график - сигнал давления P , получаемого в вакуумной камере, нижний график - исходный сигнал напускаемого в вакуумную камеру потока газа, генерируемого пьезонатекателем с периодом цикла $T=1$ с.

Мы видим, что сопоставление диаграмм изменения давления, получаемых при разных частотах напускаемого в вакуумную камеру потоков газа, генерируемых пьезонатекателем убедительно показывает на возможность решения задачи, стоящей при создании системы диагностики.

Для развития способов решения задачи рассмотрим график на рис. 4, где показана зависимость отношения амплитуд входного и выходного сигналов при изменении частоты входного сигнала газового потока, от 0,1 до 1 Гц, при скорости откачки $1 \text{ м}^3/\text{с}$ и объёме вакуумной камеры $0,5 \text{ м}^3$.

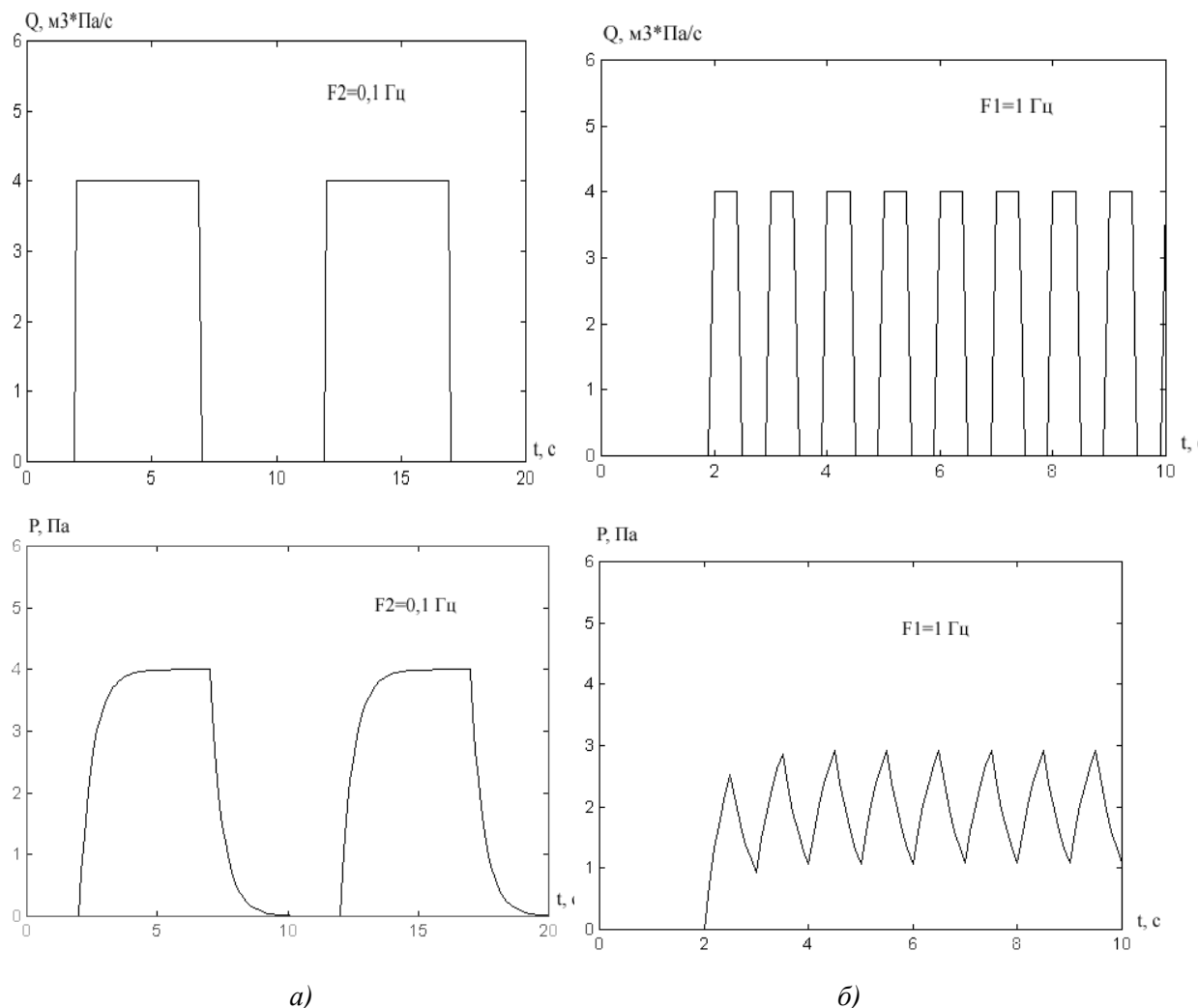


Рис.4. Примеры напускаемых потоков Q и исследуемых сигналов давления P : а) диаграммы при частоте исходного сигнала $F_1=0,1$ Гц, б) при частоте исходного сигнала $F_2=1$ Гц.

Сложность применения частотного анализа для расшифровки сигнала потока в вакуумной камере связана с трудностью выделения спектров потоков газовыделения из различных элементов механизма. Это объясняется тем, что имеет место «смазывание сигнала» – уменьшение амплитуды сигнала давления под влиянием объёма камеры и быстроты откачки. Поток газовыделения Q из вакуумного механизма поступает в вакуумную камеру объёмом V , которая откачивается со скоростью S_0 . Уравнение газового баланса в камере описывается [2]:

$$Q = PS_0 + V \frac{dP}{dt}, \quad (1)$$

где Q - суммарный поток в вакуумной камере; P - давление в вакуумной камере; V - объём вакуумной камеры; S_0 - скорость откачки; которое можно преобразовать в уравнение апериодического звена:

$$T \frac{dx_2}{dt} + x_2 = kx_1, \quad (2)$$

где x_1 - входное воздействие на систему; x_2 - выходной сигнал (отклик) системы; T - постоянная времени системы; k - коэффициент усиления системы.

Для вакуумной системы входным воздействием будет поток газовой выделенности из элемента механизма Q , а выходным сигналом (откликом системы на входное воздействие) - давление P в вакуумной камере. Разделив обе части уравнения газового баланса (1) на S_0 получим коэффициенты уравнения: $T=V/S_0$ - постоянная времени вакуумной системы, $k=1/S_0$ - коэффициент усиления вакуумной системы.

Рассматриваемая нами вакуумная система является динамической системой, которая описывается передаточной функцией для апериодического звена и имеет согласно теории автоматического управления следующий вид:

$$W = \frac{k}{TS + 1}. \quad (3)$$

Из теории газообмена [3] известно также, что процесс механически стимулированной десорбции происходит при выходе поверхностей из контакта, поэтому для системы диагностики важно учитывать тот факт, что выделение газа из пар трения происходит в такт процессу контактирования поверхностей вакуумных механизмов, и поэтому, для моделирования потоков газовой выделенности из работающих кинематических пар вакуумных механизмов наиболее близким сигналом является сигнал в форме меандра. Представленная модель диагностики позволяет применять её для всех видов вакуумных систем.

Выводы

1. Показано, что динамика изменения потока газовой выделенности и давления связана с процессами в зоне трения контактных поверхностей и характеристиками вакуумной системы.
2. Анализ динамической модели вакуумной системы позволяет по параметрам измерения давления газов восстанавливать поток газовой выделенности, являющийся диагностируемым показателем «здоровья» механизма.

Литература

1. Патент РФ №1835065, «Способ диагностики технического состояния циклически нагруженных элементов вакуумного оборудования» БИ №30 от 15.08.1993.
2. Л. Н. Розанов. Вакуумная техника - М.: Высшая школа. 1990 - 320 с.
3. Mechanics and Physics of Precise Vacuum Mechanisms/ Deulin E.A., Mikhailov V.P., Panfilov Y.V., Nevshupa R.A. / Springer edition.- 2012, 234pp.