

Г. А. Аминова, В. Г. Кузнецов, А. И. Исмагилова,
В. В. Бронская, М. А. Назарова

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ПЕНА НА ОСНОВЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Ключевые слова: пенометалл, гидрид титана, ароматизация.

Экспериментально полученные образцы пенометалла из благородных сплавов, отлитые в пресс-формы сложной геометрической формы, показали высокие технологические и физико-механические характеристики: прочность, низкая удельная плотность, хорошая обрабатываемость изделий наряду с возможностью ароматизации и придания объемности изделиям.

Keywords: metallic foam, hydride titanium, flavoring.

Considered experimental obtained samples of metal foam from precious alloys, which pumped in high geometric cast press. Showed high technological, physical and mechanical properties: strength, low specific density, good workability of products with ability of aromatization and imparting volume to products.

Основной технологической задачей на сегодняшний день является модификация традиционных материалов с целью значительного повышения или появления у них новых качественных характеристик. Пенометалл (сплав ячеистого строения) – новый материал, значительно отличающийся по своим экстраординарным свойствам от исходного материала [1].

Пеноматериалы на основе металлических сплавов сочетают в себе целый комплекс уникальных свойств: более высокая температура плавления в сравнении с точкой плавления исходного сплава, низкая плотность в сочетании с высокой удельной жесткостью, низкая гидравлическая сопротивляемость и теплопроводность, шумопоглощение; обладают высокой прочностью при большом напряжении. Данные характеристики объясняют multifunctionality пенометаллов. Список отраслей, используемых пеноматериалов, с каждым годом увеличивается.

Вспенивание сплавов благородных металлов позволяет получить уникальный сплав с регулируемыми значениями пористости за счет подбора размера частиц металла (Au, Ag, Cu) и гидрида титана, циркония, т.п. Металлическая матрица (Au – 75%, Ag – 12,5%, Cu – 12,5%) и газовыделяющий реактив подвергаются термообработке (930-935° С). Образовавшаяся трехмерная ячеистая структура фиксируется быстрым охлаждением.

В зависимости от технологии получения пенометалла, можно получить металлопен с открытыми и закрытыми ячейками. При открытой сообщающейся пористости содержание воздуха по объему может достигать до 98%.

Возможность применения пенометаллов в ювелирной промышленности – это наиболее перспективное направление [2]. Изделия из пенометаллов на основе драгоценных сплавов получают габаритными, легкими, поддаются ароматизации. То есть, полученное изделие, например, из золота можно пропитать ароматическим маслом (пропитка осуществляется заполнением масла в поры). Ароматизация держится в течение трех месяцев.

При адсорбции ароматических соединений, за счет водородных связей, образуется энергия, которая сопоставима с энергией связи металл-жидкость. В зависимости от природы металла адсорбция жидкости возможна диссоциативная и недиссоциативная. Экспериментально можно получить 4 этапа развития недиссоциативной адсорбции жидкости на металл:

1. Жидкость связана с поверхностью металла при помощи атомов кислорода.

2. Эта связь сопровождается переносом молекулы H_2O на металл. То есть здесь вода проявляет себя как основание Льюиса. Такой перенос сопровождается снижением работы выхода электрона из металла.

3. Если сравнить поведение молекул газа с поведением молекул жидкости при адсорбции на металл, то молекулы жидкости претерпевают некоторые изменения, незначительные.

4. Как только поверхность металла покрывается молекулами воды, это приводит к образованию поверхностных ассоциатов, вследствие водородных связей. Энергия последних сопоставима с прочностью связи металл-жидкость.

Модель адсорбции можно изучать на примере лишь теоретических моделей. Например, Андерсон [3]. Спектроскопическим методом энергетических потерь электрона Андерсон и его сотрудники установили условия развития мономерной адсорбции. При низких заполнениях поверхности молекулами мономерная адсорбция может наблюдаться и грани монокристаллов меди и палладия при очень низких температурах (10 К). повышение температуры приводит к образованию поверхностной диффузии молекул и образованию поверхностных ассоциатов (до 20 К).

Скорость адсорбции жидкости на металл не зависит от поверхностного заполнения до тех пор, пока не образуется мономерный слой. Такое положение объясняется энергетическим барьером перехода молекулы из одного устойчивого состояния в ближайшее другое устойчивое состояние. Расчет энергии сделать непросто, но для некоторых металлов есть рассчитанные значения:

для меди – 34 кДж/моль, для серебра – 26,6 кДж/моль, для золота – 29,7 кДж/моль.

Для благородных металлов, таких как Ti, Cr, Fe, Mo, W имеют диссоциативный характер адсорбции. В таких случаях при адсорбции жидкость сохраняет свою форму и не претерпевает никаких изменений.

Процесс адсорбции является нестационарным [4], ввиду некоторых причин, одна из которых – неравномерное распределение концентрации сорбата по длине слоя сорбента. В таком случае для элементарного объема за элементарное время для неподвижной и подвижной фаз уравнение баланса можно записать:

$$\begin{cases} \partial C_i / \partial t = - \partial(uC_i) / \partial x + D_i [\partial^2 C_i / \partial x^2] + \omega, \\ i = 1, n; \\ \partial T / \partial t = - 1 / S \rho c \cdot \partial(G \cdot T) / \partial x + \lambda_i / \rho c \cdot [\partial^2 T / \partial x^2] + \\ 1 / \rho c \cdot q_{пр} \omega + Z, \\ Z = 1 / \rho c \cdot k_t \cdot F / V \cdot (T_{вн} - T) \end{cases}$$

где C_i – концентрация компонента в i -й элементарной зоне; n – количество зон разбиения; ω – скорость массопередачи; x – расстояние по оси потока; u – скорость потока через поперечное сечение площадью S ; D_i – параметр, характеризующий перемешивание; T – температура, в рассматриваемом участке x ; c – теплоемкость потока; ρ – плотность потока $G = S \rho u$; λ_i – коэффициент теплопроводности; $q_{пр}$ – теплота процесса; k_t – общий коэффициент массопередачи; F – поверхность теплопередачи; V – объем системы; $T_{вн}$ – температура, передаваемая от внешней среды.

Численное решение системы уравнений является затруднительным, в связи с этим, опираясь на лимитирующие стадии математическое описание примет вид (система уравнений материального баланса сорбата для неподвижной и подвижной фаз):

$$\begin{cases} \partial C / \partial t = D_{эф} \cdot [\partial^2 C / \partial x^2] - \partial(uC) / \partial x - \beta c \cdot (C - C^*), \\ u \cdot \partial y / \partial t = \beta c \cdot (C - C^*), \quad C^* = \eta(C) \end{cases}$$

где $D_{эф}$ – эффективный коэффициент внутренней

диффузии; γ_v – плотность сорбента; βc – коэффициент скорости массопередачи; y – содержание сорбата в массовых долях от сорбента; C^* – величина определяемая из второй системы уравнений [5-8].

В результате проведенных исследований получена математическая модель ароматизации, определены свойства пенометалла. Экспериментально полученные образцы пенометалла из благородных сплавов, отлитые в пресс-формы сложной геометрической формы, показали высокие технологические и физико-механические характеристики: прочность, низкая удельная плотность, хорошая обрабатываемость изделий наряду с возможностью ароматизации и придания объемности изделиям.

Литература

1. www.chem100.ru.
2. www1.fips.ru.
3. Anderson S., Nyberg C., Tengstal C. G. // Chem. Phys. Lett. 1984. Vol. 104. P. 305-310.
4. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн. / Ю. И. Дытнерский. – 3-е изд. – М.: Химия, 2002. – 768 с.
5. Романков, П.Г. Массообменные процессы химической технологии / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов. – Л.: Химия, 1990. – 336 с.
6. Аминова Г. А. Влияние режимных параметров технологического процесса синтеза каучука СКДН на характеристики разветвленности полимера / Г. А. Аминова, Г. В. Мануйко, В. В. Бронская, Т. В. Игнашина, Г. И. Литвиненко, Г. С. Дьяконов, Д. В. Башкиров, Э. М. Демидова // Теоритические основы химической технологии. – 2008. – Т.42, № 1. – С. 63-68.
7. Дьяконов Г. С. Взаимовлияющие процессы теплообмена и химического превращения при получении бутадиенового каучука на кобальт- и неодимосодержащих каталитических системах / Г. С. Дьяконов, Г. А. Аминова, Г. В. Мануйко // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. - №4. – С. 178-211.
8. Г.С. Дьяконов. Проблема замыкания аналитической термодинамики Леннард-Джонсовых флюидов / С.Г. Дьяконов // Вестник КГТУ. - 2010. - №1. - С.7-9.

© Г. А. Аминова – д.т.н., проф., зав.каф. ТКМ КНИТУ, a_guzel@mail.ru; В. Г. Кузнецов – к.т.н. доцент той же кафедры; А. И. Исмагилова – к.х.н., зав. лаб. той же кафедры; В. В. Бронская – к.т.н. с.н.с. той же кафедры; М. А. Назарова – инж. той же кафедры.