

ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ ПРОЦЕССОВ КОНДЕНСАЦИИ И ИСПАРЕНИЯ В ОТКРЫТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАПИЛЛЯРАХ

В.В. Кутаров

Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова,
Научно-исследовательский институт физики,
ул. Пастера, 27, Одесса, 65082. E-mail: v.kutarov@onu.edu.ua

Процессы конденсации и испарения в открытых цилиндрических капиллярах, диаметр которых определен в интервале 2-50 нм, существенно необратимы. Это объясняется, прежде всего, различной геометрией поверхности раздела фаз в процессах конденсации и испарения. Основы теории подобия равновесных капиллярных поверхностей изложены в работе А.Адамсон. В данной работе разработана теория подобия равновесных капиллярных поверхностей в пространствах нанометрового масштаба.

В капиллярах нанометрового размера конденсация происходит в два этапа. На первом этапе на внутренней поверхности капилляра образуется пленка конденсата толщиной t . Эта пленка удерживается в равновесии под действием потенциала стенки. Толщина пленки t определяется как отношение количества вещества a , поглощенного пористым телом при некотором значении давления p в объемной фазе к количеству вещества в первом монослое a_m :

$$t = \sigma(a/a_m),$$

где σ - ван-дер-ваальсовский диаметр молекулы адсорбционного вещества. Влияние потенциала стенки убывает с увеличением толщины пленки. При достижении некоторого критического значения t_k пленка теряет устойчивость и оставшаяся часть капилляра радиусом $(r-t_k)$ – кора, спонтанно заполняется капиллярным конденсатом. Следовательно, в качестве масштабного размера необходимо выбирать радиус коры $(r-t_k)$. Это первая особенность, предлагаемой в данной работе теории подобия равновесных капиллярных поверхностей. Вторым отличием теории, предлагаемой в данной работе, является введение измененного

числа Бонда. Число Бонда в виде B_0 определяется как сравнение сил поверхностного натяжения и гравитационной составляющей. Для капилляров нанометрового размера гравитационная составляющая пренебрежимо мала, а определяющим является соотношение между силами поверхностного натяжения и силами, удерживающими в равновесии поверхность мениска. Для дальнейшего введем следующие приведенные параметры:

$$X = \frac{t-r}{t_k-r}; \quad T = \frac{t}{t_k}; \quad t'_k = t_k \sigma^{-1}$$

Ранее автором было получено уравнение для расчета величины давления p_d в объемной фазе, при котором происходит капиллярное испарение – десорбция. В безразмерных переменных это уравнение приводится к виду:

$$-\ln \frac{p_d}{p_0} = \frac{2X}{B(X^2-1)}(1-BAC)$$

$$A = \frac{b}{X(t'_k)^\alpha \left[1 - \frac{X(1-T)^2}{X-1} \right]^2};$$

$$B = \frac{\sigma R T t'_k}{\eta(X) V_l \gamma \left[1 - \frac{X(1-T)}{X-1} \right]}$$

$$C = \frac{T^{2-\alpha} - 1}{2-\alpha} - \frac{t'_k X(1-T)(T^{1-\alpha} - 1)}{(X-1)(1-\alpha)}$$

В приведенных уравнениях p_0 - давление насыщения при данной температуре. B - модифицированное число Бонда, V_l - мольный объем жидкой фазы; η - функция связности пор, b , α - параметры уравнения состояния пленки конденсата.

Полученные уравнения были использованы для обобщенного анализа низкотемпературной адсорбции азота на различных образцах композитного материала Davisil.