

Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от числа циклов скольжения:
1 — немодифицированная стальная поверхность, 2 — монослой БК, 3 — монослой МК

Заключение. Показана возможность получения горизонтальным осаждением ЛБ-монослоев монтановой кислоты, повышающих в 10 раз износостойкость стальных поверхностей. Сформированные покрытия превосходят по износостойкости монослой бегеновой кислоты. ЛБ-пленки на основе монтановой кислоты могут быть использованы в качестве защитных покрытий в прецизионных узлах трения.

1. Sahoo, R.R., Biswas S.K. Frictional response of fatty acids on steel // Journal of Colloid and Interface Science. – 2009 (333), Iss. 2, 707–718
2. Соломянский, А.Е., Жавнерко Г.К., Агабеков В.Е. Трибологические свойства пленок Ленгмюра–Блоджетт дикетонов и жирных кислот // Журн. прикладной химии. – 2012 (85), № 9, 1539–1544
3. Reeves, C. J., Menezes, P. L., Jen, T.-C., Lovell, M. R. The influence of fatty acids on tribological and thermal properties of natural oils as sustainable biolubricants // Tribology International. – 2015 (90), 123–134
4. Yang, Y., Li, S., Yang, W., Xu, J., Jiang, Y., & Wen, J. Chemical vapor phase polymerization deposition of layer-ordered conducting polymer nanostructure for hole injection layer // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2013 (24), Iss. 4, 1382–1388
5. Устройство для получения на твердой поверхности моно- или мультислойных пленок амфифильных соединений: Патент РБ № 15411 / Г.К. Жавнерко, В.Е. Агабеков, А.Е. Соломянский и др. – Опубл. 27.10.2011

ВЛИЯНИЕ КЛАСТЕР-ОБРАЗОВАНИЯ НА ВРЕМЕНА АДСОРБЦИИ В СИСТЕМАХ С КОНКУРИРУЮЩИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

Э.Э. Бильданов

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь;
eldar.bildanov@gmail.com

Цель работы. Исследовать особенности кинетики процесса адсорбции/десорбции, обусловленные образованием кластеров в системах с конкурирующим взаимодействием.

Методика исследования. В процессе исследования использовалось компьютерное моделирование по кинетическому методу Монте Карло, а также статистико-механический анализ.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрена микроскопическая модель адсорбции в кластер-образующих системах с конкурирующим взаимодействием. Изучаемая система представляла собой двумерную плоскую поверхность в виде треугольной решетки, узлы которой могут быть заняты осажденными частицами или вакантными. Взаимодействие между частицами на поверхности

носит конкурирующий характер: частицы притягиваются в первой координационной сфере и отталкивают друг друга в третьей (SALR-система — Short range Attraction Large range Repulsion). Притяжение и отталкивание обусловлены различными физико-химическими взаимодействиями. В большинстве случаев такое взаимодействие проявляет себя в коллоидных растворах глобулярных белковых молекул, заряженных липосом, где притягивающая часть взаимодействия возникает за счет Ван-дер-Ваальсовых сил, а отталкивающая — за счет электростатического экранирования. Подобные системы обладают богатой топологией фазовых состояний, вследствие чего в них наблюдаются различные типы кластеризации [1, 2].

Процесс адсорбции/десорбции описывается основным кинетическим уравнением и моделируется по методу Монте-Карло согласно алгоритму Метрополиса в большом каноническом ансамбле.

В ходе моделирования отслеживались такие характеристики как средняя решеточная концентрация частиц c и внутренняя энергия системы E при различных значениях химического потенциала осаждаемой фазы μ и температуры T . Термодинамический гамильтониан системы имеет следующий вид:

$$H = \frac{1}{2} \sum_{\mathbf{x}} (-J_1 S_{1,\mathbf{x}} + J_3 S_{3,\mathbf{x}}) \hat{\rho}(\mathbf{x}) - \mu n, \quad (1)$$

где J_1 и J_3 — энергия отталкивания первых и притяжения третьих соседей, соответственно; $S_{1,\mathbf{x}}$ и $S_{3,\mathbf{x}}$ — число занятых узлов в первой и третьей координационной сфере узла \mathbf{x} ; $\hat{\rho}(\mathbf{x}) = 0(1)$ — число заполнения, если узел \mathbf{x} свободен (занят); n — число частиц в системе.

Рассматриваются системы с отношением $|J_3/J_1| = 3$. В работе [3] были получены фазовые диаграммы таких систем. Химический потенциал, температура и гамильтониан системы выражались в единицах энергии отталкивания первых соседей. Критическая температура в них составляет $T_C = 0,95$. Результаты моделирования системы и определения характерных времен релаксации (выхода системы из состояния вакуума на равновесное состояние) концентрации τ_c и энергии τ_e представлены на рис. 1.

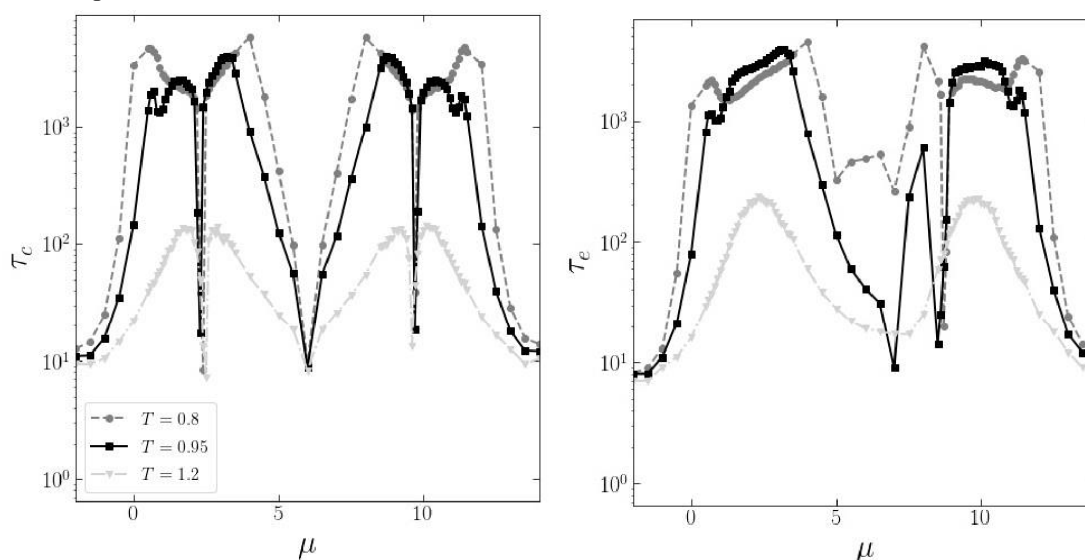


Рис. 1. Характерные времена выхода SALR-системы на равновесное состояние в шагах Монте Карло для решеточной концентрации (слева) и внутренней энергии (справа) в зависимости от химического потенциала при различных температурах

Изменение времен релаксации однозначно коррелирует с фазовой диаграммой рассматриваемой системы [4]. Максимальные значения τ_c соответствуют границам межфазных областей из неупорядоченного состояния в упорядоченное ромбоидальное (при $\mu < 6$) или пузырьковое (при $\mu > 6$). В этих областях наблюдается эффект, аналогичный критическому замедлению: эквilibризация системы путем адсорбирования частиц из раствора на межфазную поверхность в области фазового перехода системы на поверхности существенно замедляется.

Минимумы в областях вблизи $\mu = 2,4$ и $\mu = 9,6$ соответствуют наиболее упорядоченному состоянию кластерных ромбоидальных фаз, а при $\mu = 6$ — ламеллярной. Для времен релаксации внутренней энергии ситуация оказывается сложнее в силу более сложного характера кривых выхода на равновесие. В этом случае игра взаимодействий проявляет себя по-разному в процессе моделирования в зависимости от заселенности осаждаемой поверхности. Наличие кластер-образования в системе приводит к сильной вариации времен релаксации в пределах нескольких порядков величины.

Следует также отметить тот факт, что при температуре несколько выше критической ($T = 1.2$) на поведении времен релаксации тем не менее ощущается влияние областей образования фаз в системе. Зависимости времен выхода соответствующих характеристик на равновесные значения от химического потенциала в целом повторяют низкотемпературные зависимости, но их абсолютные значения меньше более чем на порядок величины.

1. Seul, M. Domain shapes and patterns: the phenomenology of modulated phases / M. Seul, D. Andelman // Science. – 1995. – Vol. 267, № 5197. – P. 476–483.
2. Pełalski, J. Periodic ordering of clusters and stripes in a two-dimensional lattice model. I. Ground state, mean-field phase diagram and structure of the disordered phases. / J. Pełalski, N. G. Almarza, A. Ciach // J. Chem. Phys. – 2014. – Vol. 140, № 11. – P. 114701.
3. Almarza, N.G. Periodic ordering of clusters and stripes in a two-dimensional lattice model. II. Results of Monte Carlo simulation. / N.G. Almarza, J. Pełalski, A. Ciach // J. Chem. Phys. – 2014. – Vol. 140, № 16. – P. 164708.
4. Bildanau, E. Adsorption time scales of cluster-forming systems / E. Bildanau, V. Vikhrenko / arXiv:2005.01051v2

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНА, НАПОЛНЕННОГО УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ

А.С. Брундуков, И.С. Шилько, В.А. Стратанович

Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси

Введение. При эксплуатации узлов трения в условиях полного или частичного отсутствия смазочного материала в совокупности с высокими рабочими температурами и нагрузками возникают проблемы с подбором материала, который способен обеспечить высокие показатели надёжности и долговечности.

В связи с этим особый интерес представляет изучение триботехнических характеристик высоконаполненных композиционных материалов на основе полимеров, имеющих высокие физико-механические характеристики. Одним из таких полимеров является полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), для которого характерны высокая химическая стойкость, прочность, твердость, износостойкость и теплостойкость [1, 2]. Следует отметить, что в настоящее время известны исследования триботехнических характеристик композитов на основе ПЭЭК при относительно невысоких нагрузках, что оставляет вопрос о применении данных композитов в тяжело нагруженных узлах трения открытым.

Цель работы — Изучение триботехнических характеристик композитов на основе ПЭЭК, наполненного углеродным волокном (УВ).

Материалы и методы. В качестве исходного сырья для получения композитов были выбраны порошок ПЭЭК фирмы “Victrex” марки “450PF” и измельченные углеродные волокна марки УВИ-ПХО-12. Образцы для исследований были изготовлены методом горячего прессования. Концентрация УВ в композите составила 20 мас. %.

Триботехнические характеристики определялись на машине трения 2070 СМТ-1 при трении скольжения без смазочного материала по схеме трения «ролик—вкладыш». Испытания осуществлялись при скорости трения 1,0 м/с и усилиях прижима — от 300 до 700 Н.