

УДК 548.3:669.018

ВОЗМОЖНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СОСТОЯНИЙ ФРАКТАЛЬНОГО ГИБРИДНОГО (FFF) КЛАССА ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИХ МОДУЛЯРНЫХ СТРУКТУР КОМПОЗИТОВ

Дерлугян П.Д., Иванова И.В., Иванов В.В., Шишка В.Г.

*ФГУП ОКБ «ОРИОН», Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) им. М.И. Платова, Новочеркасск, e-mail: valivanov11@mail.ru*

Обсуждаются возможные комплексные компоненты состояний фрактального гибридного (f f f) класса детерминистических модулярных структур композитов.

Ключевые слова: структурное состояние, фрактальная структура, модулярная структура, композиционный материал

POSSIBLE COMPLEX COMPONENTS OF THE STATES OF THE FRACTAL HYBRIDIC (FFF) CLASS FOR DETERMINISTIC MODULAR STRUCTURES OF COMPOSITES

Derlugian P.D., Ivanova I.V., Ivanov V.V., Shishka V.G.

*FGUE SDTU «ORION», Platov South-Russian state polytechnic university (Novocheerkassk polytechnic
institute), Novocheerkassk, e-mail: valivanov11@mail.ru*

The possible complex components of the states of fractal hybridic (f f f) class for deterministic modular structures of composites were discussed.

Keywords: structural state, fractal structure, modular structure, compositional material

В соответствии с концепцией синергизма свойств фаз твердой и смазочной компонент композиционных покрытий параметры химического и фазового состава, микроструктурные характеристики фаз твердой компоненты и особенности конфигурации межфазных границ влияют на трибологические свойства поверхности [1–7]. Квазифрактальные структуры в 2D пространстве могут рассматриваться как возможные аппроксиманты сайз-распределения ультрадисперсных частиц фаз и конфигураций межфазных границ на поверхности антифрикционных покрытий в процессе трибовоздействия со стороны контр-тела [5, 7–11].

Будем считать, что в общем случае состояния детерминистических модулярных структур определяются возможными кристаллическими r , наноразмерными n и фрактальными f компонентами. Множество вероятных структурных 1D состояний детерминистических модулярных структур композитов включает три основные состояния ($r_r \equiv r$, $n_n \equiv n$, $f_f \equiv f$) и три пары из сопряженных состояний (r_n и n_r , r_f и f_r , n_f и f_n). Возможные пространственные компоненты структурных состояний поверхности проанализированы в работе [12]. Сформулированы принципы формирования возможных структурных состояний из фрактальных компонент с учетом полугрупповых свойств

множества соответствующих 1D генераторов [13]. Проанализированы размерные характеристики возможных состояний многокомпонентных структур, включающих фрактальную компоненту, и их влияние на свойства системы [14, 15].

Из десяти классов вероятных структурных состояний класс (f f f) характеризует возможные структурные состояния, включающие в себя в основном только фрактальную компоненту. Симметрия структур R_{fff}^3 может описываться пространственными G_3^3 , слоевыми G_2^3 , ленточными $G_{2,1}^3$, точечными слоевыми $G_{2,0}^3$, точечными ленточными $G_{2,1,0}^3$, стержневыми G_1^3 группами [16, 17]. Перечислим возможные виды состояний фрактального гибридного класса (f f f), приведем сопряженные им (*) и соподчиненные состояния.

1) (f f f) – 3D фрактальная гибридная структура, $(f f f)^* = (f f f)$, $(f f f) \in (n_f n_r n_f)$,

2) (f f f) – 3D фрактал из 1D детерминистических фракталов, $(f f f)^* = (f f r_f)$, $(f f f) \in (n_f n_r n_f)$,

3) (f f f) – 3D фрактал из 1D фрактальных нанообъектов, $(f f f)^* = (f f n_f)$, $(f f f) \in (n_f n_r n_f)$,

4) (f f f) – 3D фрактал из 2D детерминистических фракталов, $(f f f)^* = (f r_f r_f)$, $(f f f) \in (n_f n_r n_f)$,

5) (f f f) – 3D фрактал из 1D детерминистических фракталов и из 1D фракталь-

ных нанообъектов, $(f_r f_n f_n)^* = (f_r r_f n_f)$, $(f_r f_n f_n) \in (n_f n_f n_f)$,

6) $(f_r f_n f_n)$ – 3D фрактал из 2D фрактальных нанообъектов, $(f_r f_n f_n)^* = (f_n r_f n_f)$, $(f_r f_n f_n) \in (n_f n_f n_f)$,

7) $(f_r f_r f_r)$ – 3D детерминистический фрактал, $(f_r f_r f_r)^* = (r_f r_f r_f)$, $(f_r f_r f_r) \in (n_r n_r n_r)$,

8) $(f_r f_r f_n)$ – 3D фрактал из 2D детерминистических фракталов и 1D фрактальных нанообъектов, $(f_r f_r f_n)^* = (r_f r_f n_f)$, $(f_r f_r f_n) \in (n_r n_f n_f)$,

9) $(f_r f_n f_n)$ – 3D фрактал из 1D детерминистических фракталов и 2D фрактальных нанообъектов, $(f_r f_n f_n)^* = (r_f n_f n_f)$, $(f_r f_n f_n) \in (n_r n_f n_f)$,

10) $(f_n f_n f_n)$ – 3D фрактальный нанообъект, $(f_n f_n f_n)^* = (n_f n_f n_f)$, $(f_n f_n f_n) \in (n_f n_f n_f)$.

Размерный параметр D для каждого структурного состояния может быть представлен следующим образом: $D = d_r D(r) + d_f D(f) + d_n D(n)$, где d_r , d_f и d_n – количества соответствующих компонент одного сорта, размерный параметр для кристаллической компоненты $D(r) = 1$, для фрактальной компоненты $D(f) = \text{Dim}R_f = \text{Dim}(\text{Gen}R_f) < 1$, для наноразмерной компоненты $D(n) = \langle n \rangle / n_0 < 1$, если средний размер нанообъекта $\langle n \rangle < n_0 = 100$ нм [14, 15].

Пример. Определим размерный параметр для состояния $(f_r f_n f_n)$, характеризующего 3D фрактал из 1D детерминистических фракталов и 2D фрактальных нанообъектов. Сопряженным с ним является состояние $(r_f n_f n_f)$, представляющее собой 3D струк-

туру из 1D локального фрактала и 2D нанообъекта с фрактальной структурой. С учетом разложения

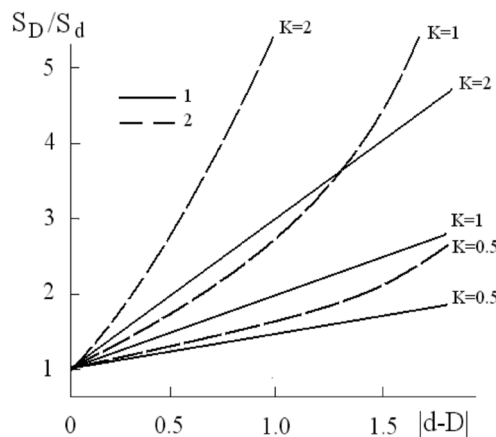
$(f_r f_n f_n) = 1/6 [2(n n n) + (r r r) + 3(f f f)]$ окончательно получим

$$D = 1/6 [6(\langle n \rangle / n_0) + 3 + \text{DimGen}R_{\text{fff}}^{-1} + \text{DimGen}R_{\text{fff}}^{-2} + \text{DimGen}R_{\text{fff}}^{-3}].$$

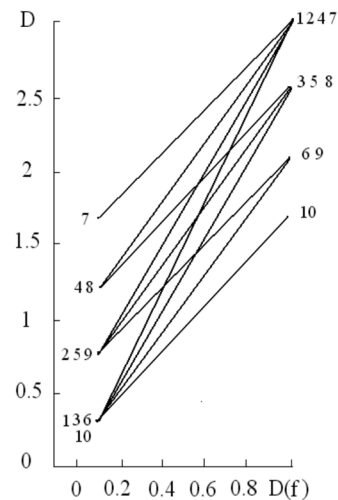
Отметим, что для сопряженного структурного состояния $(f_r f_n f_n)^* = (r_f n_f n_f)$ размерный параметр идентичен.

В соответствии с [15] на свойство S_D влияет отклонение размерного параметра D от мерности пространства d и формально можно рассматривать два вида зависимостей: $S_D = S_d(1 + K|d-D|)$ и $\ln(S_D/S_d) = K|d-D|$. Коэффициент пропорциональности K обусловлен как характеристиками структурного состояния, так и характеристиками пространства, в котором существует система с данным состоянием.

При оценке размерных параметров структурных состояний для отдельных компонент использовали следующие условные значения: $D(r) = 1$, $D(f_1) = D(f_2) = D(f_3) = 0,5$, $D(n_1) = D(n_2) = 0,1$. Экспоненциальная зависимость от размерного параметра $S_D = S_d \exp(K|d-D|)$ является более сильной по сравнению с первой (рисунок, а). На величину $|d-D|$ существенно влияют значения компонент $D(f)$ и $D(n)$. В частности, влияние величины фрактальной компоненты $D(f)$ на условный размерный параметр D для каждого из десяти структурных состояний класса $(f f f)$ показано на рисунке, б.



а)



б)

Влияние условного размерного параметра D структурного состояния детерминистических модулярных структур на свойства систем по зависимостям вида $S_D = S_d(1 + K|d-D|)$ (а-1) и $S_D = S_d \exp(K|d-D|)$ (а-2). Влияние величины фрактальной компоненты $D(f)$ на условный размерный параметр D десяти структурных состояний класса $(f f f)$ (б)

В ранее опубликованных работах проанализированы спектральные характеристики вероятных детерминистических гибридных фракталов – сложных фрактальных структур с двумя и более точечными или линейными генераторами в 2D пространстве [18–26]. Разработан алгоритм выбора и идентификации данных структур с необходимыми характеристиками. Значения локальной и лакунарной размерностей каждой фрактальной структуры могут быть использованы при определении квазиупорядоченного сайт-распределения определенных фаз по поверхности композиционных покрытий и конфигурационных характеристик межфазных границ [27–37]. На основе этих данных возможна оценка поверхностной доли твердого смазочного компонента и расчет трибологических свойств покрытия в соответствии с синергической моделью [1, 38, 39]. Расчетные данные косвенно подтверждают, в частности, результаты трибологических испытаний соответствующих антифрикционных покрытий [2, 5–11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.В., Щербаков И.Н. Моделирование композиционных никель-фосфорных покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2008. – 112 с.
2. Иванов В.В., Щербаков И.Н., Иванов А.В. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2010. – № 1. – С. 84–87.
3. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2010. – № 5. – С. 72–75.
4. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2010. – № 6. – С. 79–82.
5. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – № 3. – С. 54–57.
6. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – № 5. – С. 47–50.
7. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т. и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 132 с.
8. Иванов В.В., Арзуманова А.В., Иванов А.В., Балакай В.И. // Журн. прикладной химии, 2006. – Т. 79. – Вып. 4. – С. 619–621.
9. Иванов В.В., Курнакова Н.Ю., Арзуманова А.В., и др. // Журн. прикладной химии, 2008. – Т. 81. – Вып. 12. – С. 2059–2061.
10. Балакай В.И., Сметанкин Г.П., Иванов В.В., Балакай И.В. // Вестник ВЭЛНИИ, 2009. – Вып. 1 (57). – С. 32–41.
11. Иванов В.В., Арзуманова А.В., Балакай И.В., Балакай В.И. // Журн. прикладной химии, 2009. – Т. 82. – Вып. 5. – С. 797–802.
12. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 126–128.
13. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 100–104.
14. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 121–123.
15. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 124–125.
16. Заморзаев А.М. Теория простой и кратной антисимметрии. Кишинев: Штиинца. 1976. – 283 с.
17. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 93–95.
18. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 9. – С. 86–88.
19. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 10. – С. 158–160.
20. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 10. – С. 161–163.
21. Иванов В.В. // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 5. – С. 29–31.
22. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 8. – С. 136–137.
23. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 8. – С. 134–135.
24. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 8. – С. 129–130.
25. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 11. – С. 61–65.
26. Иванов В.В. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 9. – С. 89–93.
27. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7-1. – С. 35–37.
28. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7-1. – С. 28–30.
29. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7-1. – С. 31–33.
30. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7-1. – С. 30–31.
31. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7-1. – С. 33–35.
32. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7-1. – С. 26–28.
33. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 8-1. – С. 25–27.
34. Иванов В.В. // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. № 10(3). – С. 493.
35. Иванов В.В. // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. № 10(3). – С. 493–494.
36. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 4. – С. 105–108.
37. Щербаков И.Н., Попов С.В., Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2014. № 3(22). – Часть 2. – С. 22–23.
38. Иванов В.В. // Междунар. журнал экспериментального образования, 2014. – № 4. – Part 2. – С. 58–59.
39. Иванов В.В. // Междунар. журнал экспериментального образования, 2014. – № 4. – Part 2. – С. 59–60.