

# ВОПРОСЫ ОБРАЗОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР

Гайнанова И.В.<sup>1</sup>, Маслова Л.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Гайнанова Индира Владиковна – студент-магистр;

<sup>2</sup>Маслова Лариса Ивановна – кандидат технических наук,  
доцент,

кафедра технологии машиностроения,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г. Уфа

**Аннотация:** в статье анализируется предмет синергетики – самообразующиеся диссипативные структуры. В процессе самоорганизации возникает множество новых свойств и состояний. Благодаря особым свойствам такие структуры применяют в архитектуре, в медицине, в машиностроении и в других отраслях. В статье приведены несколько примеров самоорганизующихся систем, результаты исследований структур поверхностных слоев лопаток компрессора из сплавов титана при ионной имплантации.

**Ключевые слова:** синергетика, самоорганизация, диссипативные структуры, устойчивость, полигональные, полиэдрические структуры.

Синергетика не является одной из пограничных наук типа физической химии или математической биологии, возникающих на стыке двух наук.

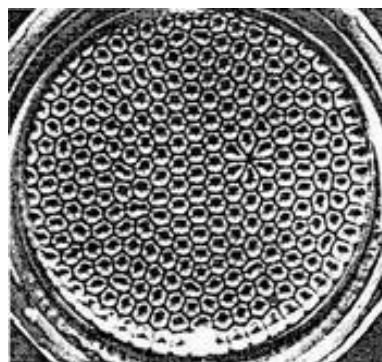
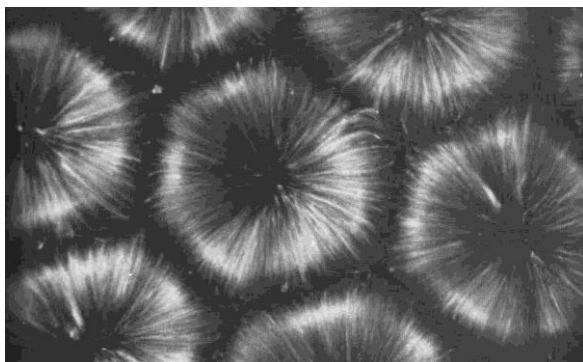
Синергетика – это своего рода метанаука, подмечающая и изучающая общий характер закономерностей и зависимостей частных наук.

Предметом синергетики являются сложные самоорганизующиеся системы. Самоорганизующейся называется система, которая без специфического воздействия извне обретает определенную пространственную, временную или функциональную структуру. Основными свойствами самоорганизующихся систем являются открытость, нелинейность и диссипативность [1].

Структуры, образующиеся в процессе самоорганизации, называются диссипативными структурами – это устойчивое состояние, возникающее в неравновесной среде при условии диссипации (рассеивания) энергии, которая поступает извне. Благодаря диссипативности в неравновесных системах могут спонтанно возникать новые типы структур, совершаться переходы от хаоса и беспорядка к порядку и организации, возникать новые динамические состояния материи [2]. В процессе самоорганизации возникает множество новых свойств и состояний.

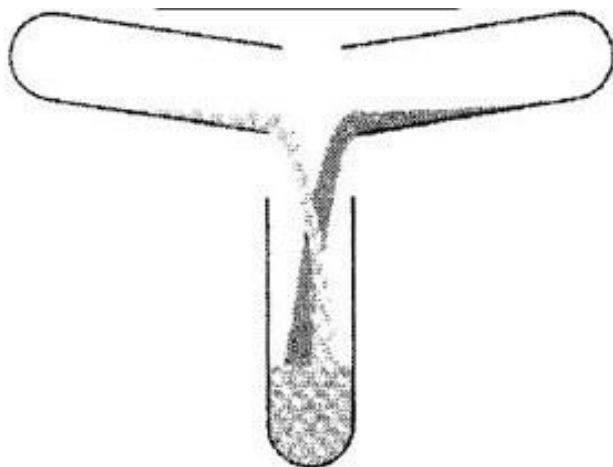
Синергетика способствует развитию нового стиля научного мышления – эволюционного, нелинейного, интегративного.

Одним из простейших случаев такой спонтанной самоорганизации является неустойчивость Бенара. Если постепенно нагревать снизу не слишком толстый слой вязкой жидкости, то до определенного момента отвод тепла от нижнего слоя жидкости к верхнему обеспечивается только теплопроводностью, без конвекции. Однако когда разница температур нижнего и верхнего слоев достигает некоторого порогового значения, система выходит из равновесия и происходит следующее: в нашей жидкости возникает конвекция, при которой ансамбли из миллионов молекул внезапно, как по команде, приходят в согласованное движение, образуя конвективные ячейки в форме правильных шестиугольников. Это означает, что большинство молекул начинают двигаться с почти одинаковыми скоростями, что противоречит и положениям молекулярно-кинетической теории, и принципу порядка Больцмана из классической термодинамики. Если в классической термодинамике тепловой поток считается источником потерь (диссипации), то в ячейках Бенара он становится источником порядка [3].

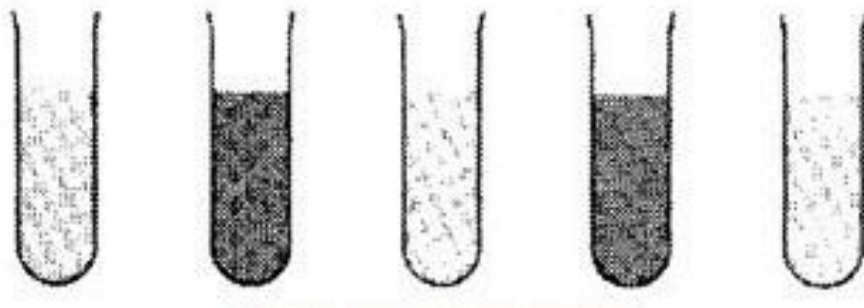


*Рис. 1. Ячейки Бенара*

Еще более удивительны явления самоорганизации, происходящие в неравновесных химических системах (например, в так называемых химических часах). Предположим, что у нас имеется сосуд с молекулами двух сортов – «синими» и «красными». Движение молекул хаотично, поэтому в любой из частей сосуда концентрация «синих» и «красных» молекул будет несколько отклоняться от средней то в одну, то в другую сторону, а общий цвет реакционной смеси должен быть фиолетовым с бесконечными переходами в сторону синего и красного. А вот в химических часах мы увидим нечто совершенно иное: цвет всей реакционной смеси будет чисто-синий, затем он резко изменится на чисто-красный, потом опять на синий, и т.д. первооткрывателю этого типа реакций Белоусову П.Б. пришлось на протяжении многих лет доказывать, что демонстрируемые им - причем именно «во плоти»! - химические часы не являются просто фокусом [3].



*Рис. 2. Химические часы. Соединение двух различных химических веществ обычно приводит к возникновению гомогенного конечного продукта*



*Рис. 3. Химические часы. Периодическая смена цвета жидкости с красного на голубой в реакции Белоусова–Жаботинского*

Синергетика играет важную роль в медицине. В свое время для использования в медицине на основе синергетики Гребенниковым В.С. было придумано устройство для лечебного воздействия на людей «Болеутолитель Гребенникова В.С.» на основе пчелиных сот.

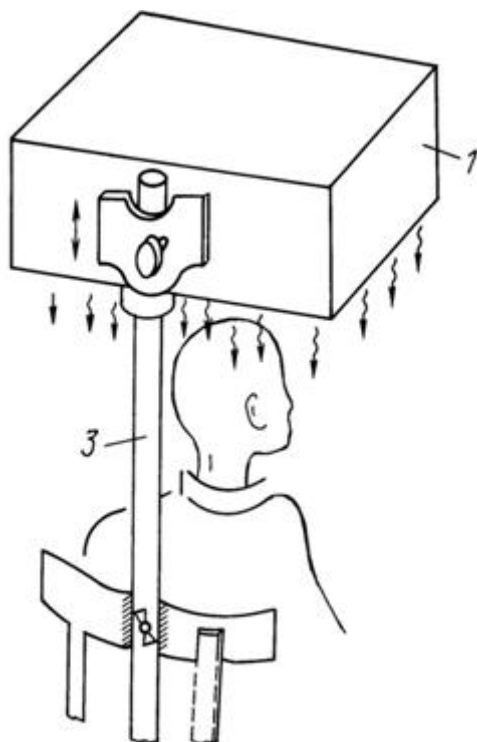


Рис. 4. Устройство для лечебного воздействия на людей «Болеутолител Гребенникова В.С.»

Оказалось, что в природе существует достаточно совершенная ячеистая структура, способная оказывать на живые организмы лечебное воздействие.

После многочисленных экспериментов оказалось, что причиной эффекта являются не насекомые и не материал ячеек, а формы, размер и характер расположения полостей [4].

Такие правильные структуры встречаются и в машиностроении. Техника, являясь видоизмененным элементом природы, должна максимально задействовать природные процессы самоорганизации, чтобы малыми средствами и малыми изменениями получать максимальный результат [5].

Приведу несколько примеров, подтверждающих сказанное: «Явление самосинхронизации вращающихся тел (роторов)»; высокопрочный лезвийный инструмент из нержавеющей дамаска; композиты из десятков тысяч нанослоев различных металлов с уникально высокой прочностью и сверхпроводимостью; алмазоподобная керамика; биосовместимые медицинские устройства, в том числе с эффектом памяти формы; шунгитовые и фрактально-матричные нейтрализаторы электромагнитного «смога», преобразующие структуру патогенного поля в безопасную форму [6].

Такие впечатляющие открытия заставляют задуматься, насколько же выгодным для производителей и потребителей одновременно может быть продукция машиностроения, изготовленная с применением явления самоорганизации [6].

Характерным примером самоорганизации ритмически повторяющихся структур служат слоистые покрытия со строго определенными размерами слоев. Структура покрытия, представленная на рис. 5, обусловлена ритмическим повторением реакции при пиролитическом хромировании изделия путем разложения паров металлорганического соединения и охлаждения их на нагретую стальную подложку. Строгая повторяемость слоев и постоянство их толщин указывает на самоорганизованность структурообразования, которая возможна только в условиях, когда движущей силой процесса является стремление системы к минимуму производства энтропии. Структурообразование носит автоколебательный характер, а параметром порядка является теплопроводность среды. Это определяет чередование структур хромокарбидного соединения от близкого к аморфным (белые слои) к кристаллическим (черные слои) [7].

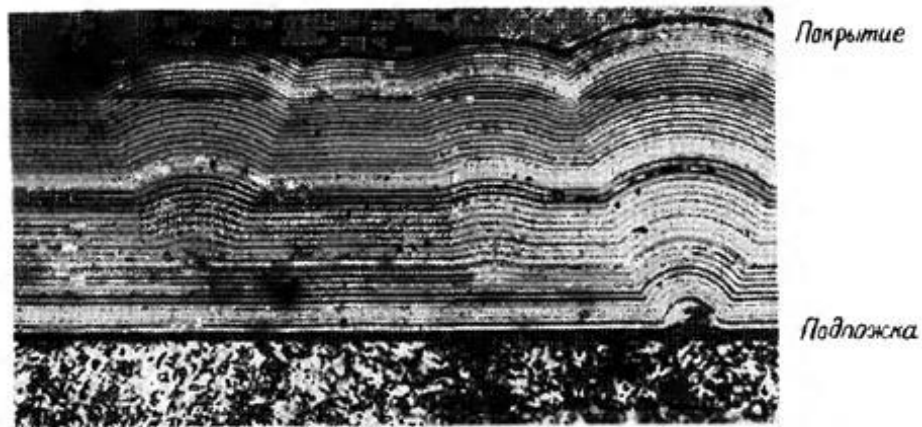


Рис. 5. Самоорганизованная структура покрытия, полученного при пиролизе хроморганической жидкости при плавном повышении температуры от 400 до 600°C в течение 120 мин [7]

Технологические процессы осаждения неорганических покрытий и пленок из паровой фазы при разложении металлорганических соединений представляют большой интерес, так как позволяют относительно просто создавать неравновесные условия, обеспечивающие самоорганизацию структур и, как следствие этого, получение покрытий с многообразными механическими (коррозионная стойкость, высокое сопротивление эрозии, износостойкость и др.) и особыми физическими свойствами (полупроводниковыми, сверхпроводящими, диэлектрическими и другими свойствами) [7].

Структура поверхностных слоев деталей из сплавов титана при ионной имплантации приобретают диссипативную полиэдрическую структуру. Создание полигональной структуры обеспечивает повышение прочностных свойств и, тем самым, снижение скорости развития усталостных трещин при циклических нагружениях.

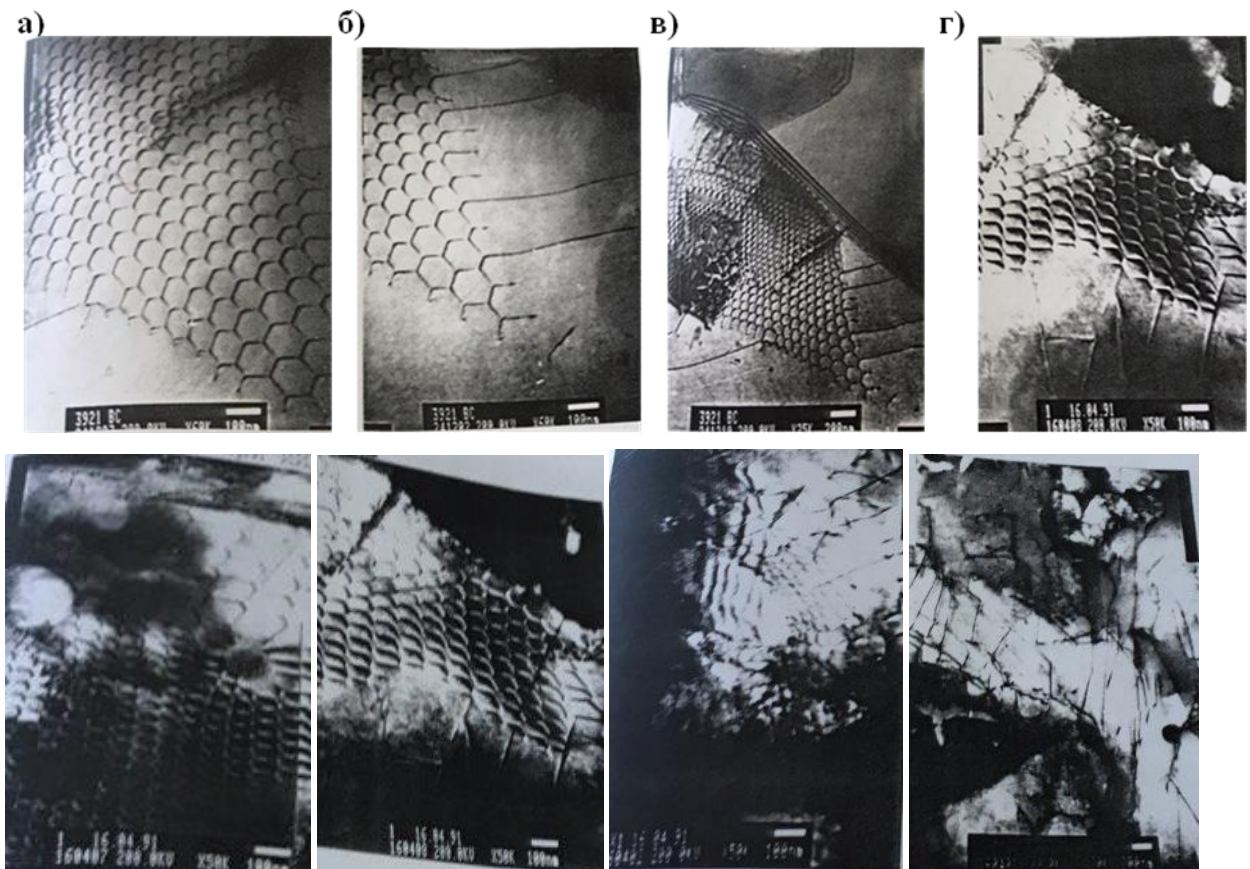


Рис. 6. Дислокационная структура поверхностных слоев деталей из сплава на основе титана при ИИМ а, б) на глубине от поверхности 0-10 мкм, в) 10-15 мкм, г) 15-25 мкм

Следующий график показывает изменение скорости развития усталостной трещины в зависимости от типа субструктуры.

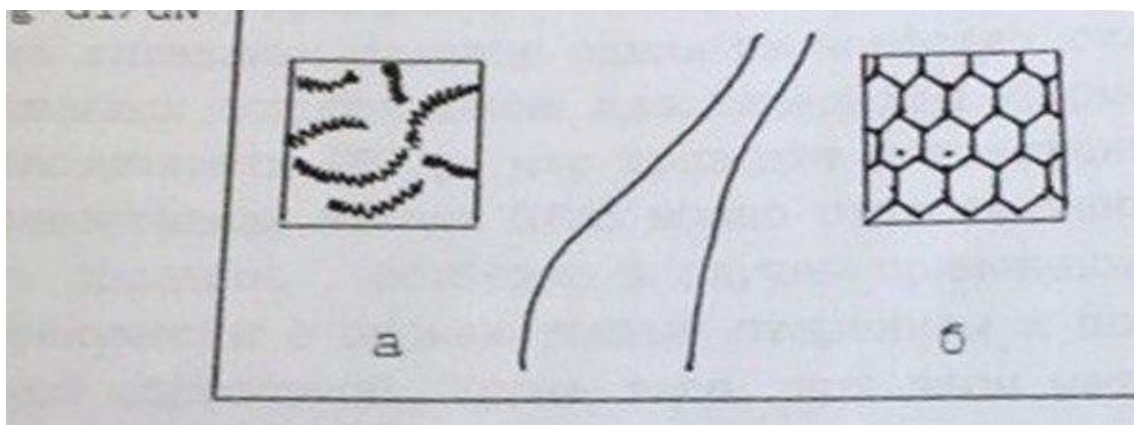


Рис. 8. Изменение скорости развития усталостной трещины в зависимости от типа субструктуры по Л. И. Тушинскому [8]  
а) ячеистая структура; б) полигонизованная структура армко-Fe

Полиэдрическая структура очень устойчивая. Она встречается и в организме человека, и в природе, и в металлах. Благодаря особым свойствам его применяют в архитектуре, в медицине, в машиностроении и в других отраслях.

Идея использования самоорганизации в технологии машиностроения не противоречит ни законам развития техники, ни законам природы. Кроме того, она позволяет с оптимизмом смотреть в будущее, где деятельность человека с его «природоподобной» техникой позволит ему не разрушать окружающую среду обитания, а гармонично слиться с ней, повысив степень и ее, и своего саморазвития. На этом пути требуется еще многое узнать, исследовать. Нужно выявить уровни самоорганизации, наметить линии их развития, уточнить механизмы их преобразований, законы, которым они подчиняются, принципы применения и многое другое.

#### Список литературы

1. Синергетика в современной науке. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/21425.html/> (дата обращения: 24.05.2017).
2. Мандель Б. Р. Некоторые актуальные проблемы современной науки. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений гуманитарного направления (все уровни подготовки). М.: Директор-Медиа, 2014. 615 с.
3. Еськов К.Ю. История Земли и жизни на ней. Экспериментальное учебное пособие для старших классов.
4. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://ru-patent.info/20/60-64/2061509.html/> (дата обращения: 24.05.2017).
5. Дайновец А.А., Захарова Н.В. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. № 6. Том 1, 2010.
6. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогов А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. М.: Наука, 1994. 384 с.
7. Тушинский Л.И., Плохов А.В., Токарев О.А., Синдеев В.И. Методы исследования материалов: структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий. М.: Мир, 2004. 384 с.