

3. Чаусов, Ф.Ф. К вопросу о механизме ингибирования кристаллизации органофосфатами / Ф.Ф. Чаусов. – Ижевск: Удмуртский НИЦ УрО РАН, УдГУ, 2004. – 76 с.

4. Чаусов, Ф.Ф. Ингибирование роста кристаллов солей щелочноземельных металлов в водных растворах. Теория и технические приложения: автореф. дисс. ... канд. химич. наук: 02.00.04 / Ф.Ф. Чаусов. – Ижевск, 2005. – 28 с.

5. Романенков, В.Е. Формирование новых пористых оксидно-металлических материалов с иерархической структурой на основе дисперсного алюминия / В.Е. Романенков [и др.] // Матер. 1 международной конференции «НАНО-2008». – С. 274.

6. Петюшик, Е.Е. Механизм ингибирования кристаллизации байерита при гидротермальном синтезе пористой наноструктурной керамики из пигментной алюминиевой пудры / Е.Е. Петюшик [и др.] // Порошковая металлургия: респ. межвед. сб. науч. трудов / редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск: НАН Беларуси, 2010. – Вып. 33. – С. 166-176.

УДК 621.793

Гречихин Л.И.¹, Комаровская В.М.¹,
Латушкина С.Д.², Иващенко С.А.¹

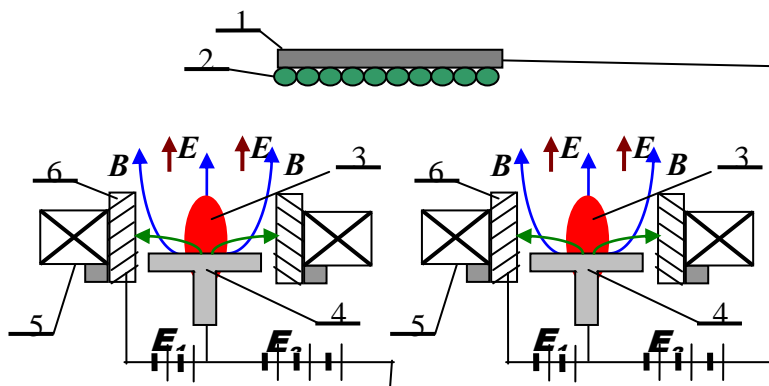
ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

¹ БНТУ, ² ФТИ НАН Беларуси, Минск

Для упрочнения и улучшения фрикционных свойств конструкционных материалов применяют разные способы формирования покрытий: газопламенный, газоплазменный, плазменно-вакуумные, лазерное легирование и др. В газопламенном, газоплазменном и лазерном легировании покрытие покрывается сравнительно толстым слоем жидкого материала.

В этом случае упрочняющий слой представляет собой сравнительно большую блочную структуру, формируемых кластерными образованиями.

В плазменно-вакуумном способе упрочняющие слои преимущественно создаются в виде плотноупакованного состояния. Подробный анализ этого состояния выполнен в работах и показано, что плотноупакованное состояние следует рассматривать как пятое агрегатное состояние вещества. Такое агрегатное состояние обладает сверхтвёрдостью, огромной энергией связи между частицами и является сверхпроводником. Учитывая такие необычные свойства плотноупакованного состояния, возникает цель: разработать технологию получения твердоупакованного состояния в процессе упрочнения конструкционных материалов вакуумно-плазменным методом и при этом важно выяснить какие силы сцепления возникают между разными плотноупакованными состояниями в статическом состоянии и при их относительном движении для обоснования возникновения сил трения на наноуровне.



1 – упрочняющая конструкция; 2 – покрытие; 3 – катодный факел; 4 – распыляемый катод; 5 – обмотка электромагнита; 6 – коаксиальный анод вакуумной дуги

Рисунок 1 – Схема формирования вакуумноплазменного покрытия

Твердые тела пребывают в виде кристаллов или в виде плотноупакованного состояния. Кристаллические твердые тела обладают кластерной структурой, а твердые тела с плотноупакованным состоянием представляют собой однородный твердый монолит.

В естественных условиях монокристалл образуется при температурах вблизи абсолютного нуля, а при высоких температурах плотноупакованное состояние реализуется в поверхностно активных пленках, когда их толщина не превышает трех монокристаллических (мономолекулярных) слоев. Такие поверхностно активные пленки выполняют роль упрочняющих покрытий. Упрочняющие покрытия в виде плотноупакованного слоя получают путем применения вакуумно-плазменного метода с катодным распылением.

Принципиальная схема реализации этого метода приведена на рисунке 1. Вакуумная дуга в этом случае горит в плазме материала холодного катода.

При катодном распылении применяют дуговой разряд со следующими параметрами: давление рабочего газа (аргон, азот) до $1,3 \cdot 10^{-1}$ Па; ток дуги 40-100 А; напряжение питания дуги 20-50 В; магнитная индукция в центре кругового соленоида 0-0,05 Тл, плотность тока в катодном пятне 10^9 - 10^{11} А/м² [2]. Указанной плотности тока соответствует поток энергии 10^{10} - 10^{11} Вт/м². При таком потоке энергии, переносимой положительными ионами, происходит интенсивное взрывное разрушение поверхностных слоев.

Материал в катодном пятне превращается в пар и происходит выброс пара в виде факела с достаточно высокой температурой. Скорость факела составляет несколько километров в секунду. Факел замыкает прикатодное падение напряжения, поток положительных ионов прекращается и возникает пробой прикатодного падения напряжения ионным потоком в другом месте, образуя новое катодное пятно. Таким образом, происходит распыление материала катода и создается парогазовая среда для протекания дугового разряда.

Малое катодное падение потенциала и высокая плотность электрического тока дугового разряда в катодном пятне

формируют условия, в которых возникают особые прикатодные процессы. Полагают, что электрический ток в дуговом разряде с холодным катодом обусловлен термоэмиссией и автоэлектронной эмиссией в катодных пятнах. В самом катодном пятне, размер которого $\sim 10^{-4}$ мкм происходит взрывная электронная эмиссия в эктонах.

В настоящее время под эктонами следует понимать кластеры. Их структура, размеры, энергия связи между частицами внутри кластера и между кластерами приведены в [5]. Для кластеров внутри катодного пятна в вакуумном дуговом разряде плотность тока термоэмиссии при температуре кипения материала катода T_K составляет:

$$J_T = \frac{\gamma_e e}{4R_{кл.}^3} \sqrt{\frac{8k_B T_K}{\pi m_{кл.}}} \left(\frac{\theta_{i,кл.}}{k_B T_K} + 1 \right) \exp\left(-\frac{\theta_{i,кл.}}{k_B T_K} \right) \text{А/М}^2. \quad (1)$$

где $\gamma_e = 1$ – число электронов, покидаемых с каждого кластера; $R_{кл.}$ – радиус кластера титана; $m_{кл.}$ – масса кластера и θ_i – энергия ионизации кластера материала катода.

Предельная плотность тока автоэлектронной эмиссии при температуре кипения материала катода:

$$J_{e, \max} = \frac{\gamma_e e}{4R_{кл.}^3} \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m_{кл.}}} \text{А/М}^2. \quad (2)$$

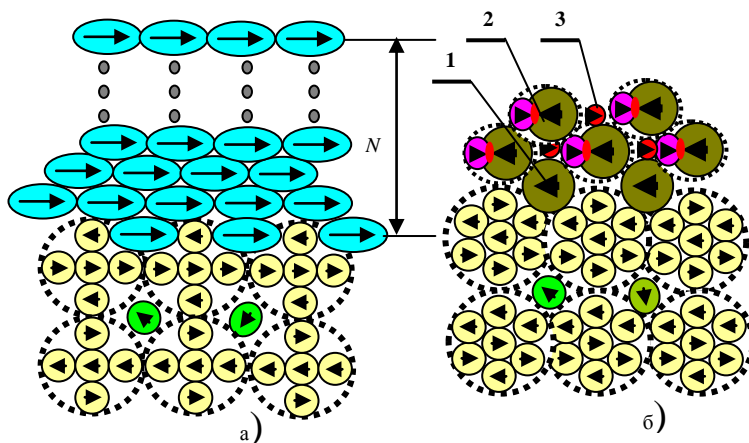
Примерные значения плотностей тока термоэмиссии и автоэлектронной эмиссии для разных катодов приведены в таблице 1.

Искусственно плотноупакованные структуры создают путем нанесения поверхностно активного покрытия из атомов, молекул или кластеров. В этом случае вначале происходит заполнение открытых межкластерных пустот, основного материала, а затем формируются монослои, которые связаны между собой диполь-дипольным взаимодействием вдоль поверхности и нормально к поверхности, как это показано на рисунок 2.

Таблица 1 – Значения плотностей тока и потоков энергии в вакуумном дуговом разряде для катодов из разных материалов

Материал катода	Радиус кластера, нм	Температура плавления, $T_{пл.}$, К	Температура кипения, $T_{к.}$, К	Плотность тока термоэмиссии A/m^2	Плотность тока автоэлектронной эмиссии, A/m^2	Поток энергии $Вт/м^2$
Титан	0,438	1953	3573	$6,78 \cdot 10^9$	$1,66 \cdot 10^{11}$	$3,1 \cdot 10^{12}$
Медь	0,384	1356	2816	$1,76 \cdot 10^9$	$1,90 \cdot 10^{11}$	$3,8 \cdot 10^{12}$
Хром	0,381	2150	2945	$1,29 \cdot 10^{10}$	$3,00 \cdot 10^{11}$	$6,0 \cdot 10^{12}$
Алюминий	0,429	933,24	2793	$1,17 \cdot 10^{10}$	$2,08 \cdot 10^{11}$	$4,2 \cdot 10^{12}$
Железо	0,378	1811	3145	$8,94 \cdot 10^9$	$3,06 \cdot 10^{11}$	$6,1 \cdot 10^{12}$

Значения плотностей тока с кластера соответствуют экспериментальным данным, приведенным в работах Г.А. Месяца для эктона.



- а) – вытянутые молекулы на объемноцентрированной структуре;
 б) – почти сферически симметричные двухатомные молекулы

Рисунок 2 – Плотнупакованное состояние структуры

Такое расположение молекул приводит к плотному монокристаллическому образованию с энергией связи вдоль поверхности, превосходящее энергию связи нормально к поверхности. В результате реализуется упрочнение поверхности исходного материала во много раз. Поверхностно активное вещество наноразмерного уровня на твердой поверхности конструкционного материала представляет собой по существу новое агрегатное состояние с необычными физико-химическими, механическими, тепловыми, электрическими и магнитными свойствами.

УДК 544.11+641

Данилов В.А.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ КУЛИНАРИИ

*Мценский филиал Госуниверситета – УНПК, Мценск,
Россия*

Молекулярная кухня появилась лет десять назад, и сейчас считается самым свежим трендом. А новый подход возник как довольно логическое продолжение популярной в 90-е годы прошлого тысячелетия кухни fusion. Главная идея fusion заключается в «большом вкусовом взрыве» – такой эффект достигается путем сочетания разных кулинарных традиций. Одни повара создавали блюда, смешивая французскую, тайскую и японскую кухни, другие – латиноамериканскую, японскую и европейскую. Причем у некоторых это получалось так искусно, что определить национальные корни того или иного рецепта было практически невозможно. Некоторым кулинарам этого показалось мало, и на смену физике – механическому смешиванию – пришла химия.

В кулинарных учебных заведениях – техникумах и институтах – есть предмет под названием «Пищевая химия». Будущие кулинары и пищевые технологи изучают еду на уровне клеток. Главная цель курса – изучить влияние температурных режимов