

релаксировать ранее неизвестными в классическом металловедении способами, например, сдвигом зерен металла или возникновением волновых процессов в металле.

О силе возникающих водородных напряжений свидетельствует экспериментально зарегистрированный факт развития пластической деформации в области разбавленных твердых растворов водорода в палладию ( $\alpha$ -PdH<sub>x</sub>). Этот эффект может применяться на практике, например, в области разработки датчиков утечек водорода, чему будут посвящены будущие работы.

Литература

1. Колачев Б.А. Водородная хрупкость металлов. М.: Металлургия, 1985. – 216 с.
2. А.А. Ильин, Гольцова М.В. Водородная обработка материалов : исторические аспекты и теоретические основы (обзор современного состояния) // Металловедение и термическая обработка металлов. 2008, т. 50 (№5-6), стр. 261-264.
3. Progress in Hydrogen Treatment of Materials / [editor V. A. Goltsov]. – Donetsk–Coral Gables: Kassiopeya Ltd., 2001. – 543 p.
4. Альтернативная энергетика и экология (спецвыпуск журнала) 2014, №1 (141).

УДК 621.793

### **Упрочнение технологического покрытия при длительном распылении комбинированных катодов**

Ковалевский В.Н., Керженцева Л.Ф., Жук В.А.  
Белорусский национальный технический университет

Длительное распыление комбинированных катодов при магнетронном распылении сопровождается разогревом зоны эрозии катодов. Распыление идет кластерами и капельной фазой. Возможный нагрев катодов в процессе эрозии влияет на состав и однородность распыляемого потока и степень его активности. Источником питания регулировали толщину конденсата, как функцию времени и условия осаждения. Нанесение тонкопленочного покрытия на поверхности подложки, располагаемой под различным углом относительно эмиссионного потока позволило установить, что адгезия растет с увеличением угла встречи потока с подложкой до 30°, а затем падает интенсивно после 45°.

Длительное распыления одновременно Mo и C или C и Si с использованием комбинированных катодов или моно (W) катодов

получены композиционные или слоистые покрытия из смеси атомов, кластеров или дисперсных частиц на дробии. При кратковременном распылении использовали процесс с циклическим чередованием распыления в жестких режимах при давлении аргона 0,3 Па и охлаждения поверхности катода обдувом холодным аргоном под давлением 10 Па, что обеспечивало создание условий раздельного синтеза и получение смеси в аморфном состоянии.

Свойства керамических покрытий (плотность  $\rho \sim 3,18 \text{ г/см}^3$ ), твердость (3260 МПа), модуль нормальной упругости (354 ГПа), адгезионная прочность (определялась качественно по методу царапания), стойкость к окислению до 1000°C, фазовый состав (близок к стехиометрическому) и электрическое сопротивление ( $\rho 10^9 - 10^{10} \text{ ом см}$ ) исследовали в зависимости от параметров напыления. После испытаний на раздавливание порошков – композитов на основе АСМ 14/10 изучена тонкая структура и по микродифракции оценивался фазовый состав покрытия.

Предельной плотностью карбидокремниевых покрытий является плотность  $\alpha$ -SiC монокристаллов равная  $3,214 \text{ г/см}^3$ . Плотность покрытий регулируется силой тока (0,9 – 1,0 А) разряда, напряжением на катоде (0,6 – 0,7 кВ), давлением газа в камере (0,2 – 0,35 Па), расстоянием между обрабатываемой поверхностью и распыляемым катодом (200 мм).

УДК 621.793

### **Эффективность обработки плазмой тлеющего разряда при нанесении покрытия**

Ковалевский В.Н., Керженцева Л.Ф., Жук В.А.

Белорусский национальный технический университет

Значительная роль придается процессу обработки плазмой тлеющего разряда. Обработка плазмой тлеющего разряда при отключенной магнитной катушке при магнетронном распылении позволяет не только очистить частицы, подвергаемые напылению, от загрязнений, но и выполнить дегидратацию и дегазацию адсорбированных компонентов, получить требуемую адгезионную прочность между частицами и покрытием. Перед нанесением покрытий осуществляли обработку (очистку) поверхности частиц от оксидов, гидроксидов (для влажных порошков). После каждой смены катодов проводили обработку поверхности плазмой тлеющего разряда. Для повышения адгезионной прочности покрытия с частицей предусматривается очистка ее поверхности (дегидратации и дегазации) ионной бомбардировкой плазмой