

5. Акулович Л.М., Роцня М.А. Выбор магнитных и электрических параметров процесса магнитоэлектрического упрочнения в среде азота. – В сб.: Вопросы прочности и пластичности металлов. - Минск: ФТИ АН БССР 1974. - с. 213-214.
6. Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Филонов И.П. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин. – Минск: УП «Технопринт», 2000. -268 с.
7. Кожуро Л.М., Акулович Л.М., Мрочек Ж.А., Иванов А.А. Механизм переноса расплава материала порошка при электромагнитной наплавке // Весці акад. навук БССР, Сер. физ.-техн. наук. – 1996. - №4. –С. 39-42.
8. Акулович Л.М., Чемисов Б.П., Сакулевич Ф.Ю., О действии электродинамических сил на порошок магнитоэлектрическом упрочнении // Сб. ст. Твердосплавные износостойкие защитные покрытия деталей машин. - Минск, 1979. – С. 22-24.
9. Формирование покрытий ферропорошками в электромагнитном поле / М.Л. Хейфец, Б.П. Чемисов, Н.Л. Грецкий, С.К. Толстиков // Вестник ПГУ. Серия В. Прикладные науки. Промышленность. 2007, №2. – С. 2-10.

УДК 539.4.015

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА АДГЕЗИИ ПО ИСПЫТАНИЯМ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Холодарь Б.Г.

Брестский государственный технический университет, г. Брест

При нанесении покрытия сцепление его с подложкой в разных ее точках в силу многих обстоятельств отличается, и представляет интерес получение некоторых интегральных оценок, позволяющих характеризовать качество нанесенного покрытия.

С этой целью можно применить подход, основанный на разбросе показателей долговечности адгезионного соединения. Соответствующие опыты могут быть проведены, например, в виде испытаний на раздирание или отрыв путем приложения нагрузки нескольких уровней и измерения времени до полного разрушения (расслоения) соединения. Не представляет больших сложностей также проведение и соответствующая обработка данных для опытов с возрастающей нагрузкой, поскольку во всех случаях напряженное состояние соединения определяется только нормальными напряжениями, перпендикулярными поверхности отрыва. Методика проведения подобных экспериментов хорошо известна, имеются подтвержденные опытами с разными материалами зависимости экспоненциального типа, связывающие время до разрушения с уровнем приложенной нагрузки, например, формулы Журкова и Бартенева [1]. Наличие таких формул характерно для кинетических процессов, к которым относятся как процессы адгезии, так и процессы разрушения. В этой связи развились современные термофлуктуационные представления о природе прочности материалов [1].

Подобного рода формулы можно представлять как чисто феноменологические, а можно получить их как результат решения соответствующих кинетических уравнений, описывающих процесс разрушения связей между частицами материала. Используя известное в механике деформируемых тел понятие о поврежденности материала $0 \leq \omega \leq 1$, можно записать для рассматриваемого одномерного случая уравнение развития поврежденности в виде

$$\frac{d\omega}{dt} = \nu(1 - \omega) \cdot Sh\left(\frac{\alpha\sigma}{1 - \omega}\right), \quad (1)$$

где α и ν – структурные параметры материала (далее считаем их константами при заданной температуре), σ – уровень номинального напряжения, $Sh(x)$ – функция гиперболического синуса.

Обработка опытных данных для многочисленных материалов при разных уровнях температур эксперимента показывает, что произведение σt имеет порядок от нескольких единиц до десятков единиц, поэтому вместо функции $Sh(x)$ в уравнении (1) можно использовать экспоненциальную функцию. При этом для случая $\sigma = const$ долговечность материала T_p определится как

$$T_p = -\frac{1}{v} Ei\left(-\frac{\alpha\sigma}{1-\omega_0}\right),$$

где ω_0 – начальная поврежденность материала, $Ei(x)$ – интегральная показательная функция. На базе такого подхода в [2] на основе данных по определению долговечности образцов из поликристаллического цинка [1] были построены распределения вероятности разрушения $P(T_p)$; плотности вероятности разрушения $\frac{dP}{dT_p}$, распределение начальной поврежденности в функции долговечности $\omega_0(T_p)$, которые имеют вид, показанный на рис.1, а на рис.2 – вероятность присутствия в материале поврежденности заданного уровня $P(\omega_0)$ и ее плотность $\frac{dP}{d\omega_0}$.

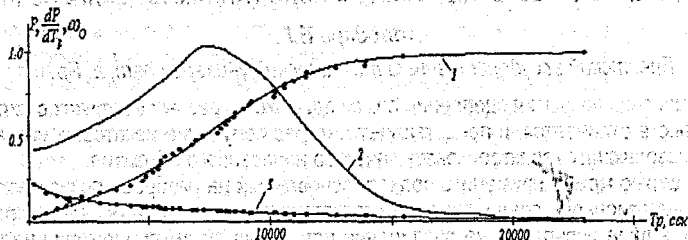


Рис.1. Зависимости $P(T_p)$, $\frac{dP}{dT_p}$, $\omega_0(T_p)$ – кривые 1,2,3 соответственно.

Точки у кривых – экспериментальные данные

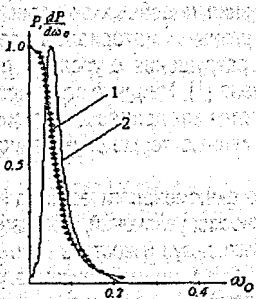


Рис.2. Зависимости $P(\omega_0)$, $\frac{dP}{d\omega_0}$ – кривые 1,2 соответственно

Понятие поврежденности в одномерном подходе трактуется обычно как относительная доля занятой трещиной части сечения, поэтому имея графики $\omega_0(T_p)$, $P(\omega_0)$ и $\frac{dP}{d\omega_0}$, можно с

определенной уверенностью говорить об однородности нанесенного покрытия и вообще о качестве использованной для этого технологии. Например, если нанесение покрытия производится с помощью истекающей из сопла струи газа с содержащимися в ней каплями расплавленного материала, то ввиду наличия неизбежной пульсации скорости истечения струи давление в зоне соударения напыляемых частиц с подложкой будет

также неравномерным, поскольку в первом приближении оно пропорционально квадрату скорости истечения. Поэтому смещение термоструйного аппарата вдоль поверхности подложки в процессе нанесения на нее покрытия автоматически вызовет наличие неравномерности в характеристиках сцепления частиц с подложкой, что в той или иной степени отразится на долговечности соединения.

На наш взгляд, использование представлений об исходной поврежденности материала соединения достаточно удобно и имеет вполне ясную физическую трактовку сравнительно с простым использованием вероятностных характеристик для оценки разброса получающихся в испытаниях результатов.

Литература

1. Регель В.Р., Слущер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. - М.: Наука, 1974. - 560с.
2. Холодарь Б.Г. Связь долговечности материала с уровнем его исходной поврежденности. Вестник БГТУ, серия "Строительство и архитектура", №1(37), 2006, стр.40-45; Брест, 2006.

УДК 546.26-162: 676.017, 535.42

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕПЛИК ДЛЯ СОЗДАНИЯ МИКРОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Ральченко В.Г., Совеык Д.Н., Хомич А.В.

*Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской Академии Наук,
г. Москва, Россия*

Введение.

Преимущества алмаза как многофункционального материала, способного работать в экстремальных условиях (высокие температуры и уровни радиации, агрессивные среды), имеющего рекордные для своего класса характеристики (теплопроводность, скорость распространения звука, твердость, оптическую прозрачность - от ультрафиолета до дальнего ИК, высокие значения дрейфовой скорости носителей тока и напряжения поля электрического пробоя) в сочетании с прогрессом в области синтеза кристаллов алмаза привели к резкому расширению исследований в области физики, технологии и применений алмаза [1-2]. В последние годы достигнуты большие успехи в синтезе из газовой фазы толстых алмазных пленок, которые по своим свойствам не только не уступают лучшим природным алмазам, но могут и превосходить их [3]. Возможность использовать особо чистые реакционные газы позволяет выращивать CVD алмаз с содержанием примесей (в частности, $<10^{15}$ см⁻³ азота) меньше, чем в природных или синтетических (выращиваемых при высоких давлениях) алмазах. По этой причине всерьез рассматривается идея именно CVD алмаз принять за эталон алмаза с физической точки зрения.

Особый интерес представляют рекордные механические свойства алмаза. Это в первую очередь, исключительная твердость (80-105 ГПа), стойкость к абразивному износу и истиранию, самый высокий (по сравнению с другими известными материалами) модуль упругости и самый низкий коэффициент сжатия. Немаловажно, что алмаз сохраняет эти качества и при высоких температурах. Так, пластичность кристаллов алмаза при механическом сдвиге наблюдается лишь при температурах порядка 1700°С, а твердость алмаза при 1100°С выше, чем твердость сапфира и карбида вольфрама при комнатной температуре [4], что актуально при использовании алмаза как материала для режущего инструмента.