

Механическое поведение тонких нанометровых покрытий различной природы на полимерной подложке¹

Панчук Д.А.

студентка

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

pandaa85@rambler.ru

В настоящее время бурно развивается наука о фундаментальных свойствах вещества измельченного до наноразмеров. В этой связи несомненную актуальность приобретает развитие новых подходов, способных дать информацию о свойствах «нановещества», в частности о его деформационно-прочностных характеристиках. Отметим, что особый интерес представляют материалы, состоящие из полимерной подложки и тонкого покрытия различной химической природы толщиной до 100 нм, такие как металлизированные полимеры, или многослойные полимерные пленки. Однако изучение таких систем затруднено в связи с их малыми размерами, которые ограничивают применение классических методов определения механических свойств и требуют разработки иных нетрадиционных подходов для их определения.

В работе предложен новый подход к определению механических свойств различных покрытий (металлов и неметаллов) нанометровой толщины, заключающийся в исследовании процесса фрагментации покрытия при деформировании полимера-подложки. Ранее было установлено, что преобладающим механизмом разрушения покрытия нанесенного на полимерную подложку, независимо от физического состояния полимера-подложки, является механизм деления фрагментов пополам. Исходя из этого, был выведен физико-математический аппарат, который установил зависимость среднего размера фрагментов разрушения от толщины покрытия, напряжения в подложке, а также напряжения в покрытии, то есть прочности покрытия. Таким образом, оказалось, что, используя взаимосвязь между указанными параметрами, можно оценить прочность покрытия. Отметим, что простой на первый взгляд подход на сегодняшний день является единственным способом оценки прочностных характеристик покрытий при растяжении в слоях нанометровой толщины. Для реализации указанного явления необходимо выполнение трех условий, во-первых, различие в модулях упругости материалов как минимум на порядок (выполнение принципа жесткое покрытие на гибком основании), во-вторых, толщина покрытия должна быть много меньше толщины полимерного субстрата, а также наличие хорошей адгезии между полимерной подложкой и покрытием.

Объектами исследования явились пленки аморфного неориентированного полиэтилентерефталата с покрытиями различной природы, такими как платина, золото, алюминий, неструктурированный аморфный углерод. Установлено, что разрабатываемый подход носит универсальный характер и применим к покрытиям различной природы. Показано, что как для слоев металлов, так и для неметаллических слоев в области малых толщин (5-15 нм) наблюдается резкое увеличение напряжения, возникающего в покрытии при растяжении. Для слоев толщиной более 20 нм прочность покрытия перестает зависеть от толщины слоя и сопоставима со значениями прочности блочного материала. Предложен механизм упрочнения покрытий в тонких слоях, учитывающий их дефектность и основанный на дислокационной теории упрочнения наноструктурированных металлов.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 06-03-32452-а, 06-03-08025-офи) и Ведущей научной школы (№ гранта 4897.2006.3).