

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

21 - 25 сентября 2015 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Пластическая модель строится с использованием ассоциированного закона течения. В модели естественным образом появляется комбинация напряжений, фигурирующая в параметре Лоде – Надаи. Выписывается замкнутая система уравнений. В частном случае плоской деформации система переходит в классические уравнения, соответствующие условию пластичности Треска. В пространственном случае, а также в случае плоского напряжённого состояния уравнения различны, так как в рассматриваемом случае учитывается роль промежуточного главного напряжения.

Дан анализ уравнений плоского напряжённого состояния. Исследован тип уравнений. Указаны области эллиптичности и гиперболичности уравнений, а также особые случаи, когда система относится к параболическому типу. В качестве иллюстрации рассмотрена одномерная осесимметричная задача о деформировании плоскости, ослабленной круговым отверстием.

Показано, что построенная теория может использоваться в теоретических исследованиях, а также для решения конкретных краевых задач.

ИОННО-МАГНЕТРОННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Сергеев В.П.¹, Калашников М.П.¹, Воронов А.В.¹,
Свечкин В.П.², Христенко Ю.Ф.³

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,*

²*ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия», Россия,*

³*Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики Национального исследовательского Томского государственного университета, Россия
vsereg@mail.tomsknet.ru*

В открытом космосе поверхность оптических элементов КА подвергается непрерывной бомбардировке микрометеороидами и частицами космического мусора. Диапазон наиболее вероятных скоростей $V - 3 - 50$ км/сек. Интервал их наиболее вероятных размеров – $0,1 - 100$ мкм. При ударе высокоскоростной микрочастицы в поверхностном слое стекла образуются кратеры в результате протекания процессов:

- при $V < 7-8$ км/сек зарождения и распространения ударных волн, деформации и разрушения материала,
- при $V > 7-8$ км/сек плавления и испарения стекла,
- при $V > 20-30$ км/сек распыления и ионизации атомов.

В процессе эксплуатации происходит увеличение поверхностной плотности кратеров, что приводит к деградации оптических свойств и потере прозрачности стекол иллюминаторов в видимом диапазоне и понижению коэффициента полезного действия фотоэлектрических преобразователей (КПД ФЭП) солнечных батарей.

Предлагается и изучается новый метод защиты стекол от ударного воздействия высокоскоростных микрочастиц – ионно-магнетронное осаждение прозрачных нанокompозитных покрытий, препятствующих образованию кратеров на поверхности стеклянной подложки.

Наиболее широкий класс прозрачных в оптическом диапазоне покрытий - это оксиды металлов. Однако для этих целей они оказались неподходящими из-за низкого комплекса механических свойств. Лучшими качествами с этой точки зрения обладают нитридные покрытия. Но оптически прозрачных среди них немного – это в основном Si_3N_4 , легированный различными элементами. На примере системы Si–Al–N / Ni–Pd путем формирования оптимального структурно-фазового состояния показано, что можно создать новый класс покрытий, которые при нанесении на стекла достаточно эффективно защищают их поверхность от образования кратеров при ударах высокоскоростных микрочастиц при сохранении прозрачности и КПД ФЭП.

В ходе исследования выявлены проблемы формирования нанокompозитных покрытий на основе Si–Al–N на стеклах:

- 1) из-за выщелачивания поверхностного слоя стекла необходима предварительная обработка стеклянной подложки в едином вакуумном цикле для создания хорошей адгезии покрытия;
- 2) стекло – диэлектрик, в начале процесса происходит зарядка поверхности и осаждение покрытия прекращается или сильно затрудняется, не позволяя формировать нужную толщину и структуру;
- 3) образование наноструктуры в покрытии на основе Si–Al–N происходит при достаточно высокой температуре. Стекло нецелесообразно нагревать выше 400°C - начинается кристаллизация и ухудшаются оптические свойства;
- 4) ТКЛР стекла и покрытий существенно различаются. При охлаждении от высокой температуры покрытие обычно растрескивается и отслаивается из-за возникновения высоких остаточных напряжений.

Показаны пути решения этих проблем:

– бомбардировка высокоэнергетическими пучками ионами тяжелых металлов Ni, Pd для эффективного распыления поверхностного слоя стеклянной подложки и обеспечения ее поверхностной проводимости;

– импульсное магнетронное осаждение тонкого подслоя на основе нанокристаллического гцк-металла с высокой плотностью (Ni, Pd) для рассеяния энергии удара частиц со скоростями > 10 км/сек. Он является теплоотражающим и теплоотводящим, а также релаксирует остаточные напряжения при охлаждении и обеспечивает высокую адгезию покрытия.

– импульсное магнетронное с ионной бомбардировкой осаждение основного градиентного слоя Si–Al–N, эффективно рассеивающего энергию основной массы частиц со скоростями < 10 км/сек. С его помощью достигается также эффект просветления металлического подслоя.