

Российский Национальный комитет по теоретической и прикладной механике
Российская академия наук
Министерство образования и науки РФ
Министерство промышленности и энергетики РФ

**IX ВСЕРОССИЙСКИЙ СЪЕЗД
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ
МЕХАНИКЕ**

Аннотации докладов

(Нижний Новгород, 22–28 августа 2006 г.)

Том III

Нижний Новгород
Издательство Нижегородского госуниверситета
им. Н.И. Лобачевского
2006

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРАТЕРООБРАЗОВАНИЯ И МАСШТАБНЫЙ ЭФФЕКТ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ СОУДАРЕНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ В КИЛОДЖОУЛЬНОМ И МЕГАДЖОУЛЬНОМ ДИАПАЗОНАХ ЭНЕРГИИ

А.А. Коляев, Т.М. Платова (Томск)

Представлены результаты экспериментального моделирования параметров кратерообразования в полубесконечных преградах и пластинах конечной толщины из сплавов стали и алюминия различной исходной прочности, проведенного на пороховых и легкогазовых баллистических установках. Ударники компактной формы и стержни массой $1 \text{ г} \div 1 \text{ кг}$ ускорялись до значений кинетической энергии $1 \text{ кДж} \div 2,5 \text{ МДж}$. Предложена система критериев подобия и установлен вид функциональных связей между ними, в безразмерной форме отражающих пропорциональность параметров кратерообразования кинетической энергии ударника. Эмпирические коэффициенты, определенные в модельных экспериментах, связаны с величиной энергопотерь и отражают специфику краевых условий. Основной моделирующий комплекс представляет собой отношение плотности кинетической энергии ударника к прочностной характеристике материала преграды. Число Маха в системе критериев подобия ограничивает произвольное варьирование скорости, поскольку величина энергопотерь и соответствующие эмпирические коэффициенты в критериальных соотношениях решающим образом зависят от данного критерия. Скорость удара можно произвольно варьировать только в тех диапазонах, где числом Маха можно пренебречь. Показано, что относительные параметры кратера и предельная пробиваемая толщина пластины возрастают с ростом абсолютных размеров системы ударник-преграда. Величина масштабного эффекта возрастает с ростом масштабного коэффициента от 1 до 7. В мегаджоульном диапазоне энергии величина масштабного эффекта составляет от 10 до 17% соответственно для стержней и компактных ударников. Масштабный эффект аппроксимирован размерной величиной – диаметром ударника (в сантиметрах) в степени 0,06. Полученные результаты согласуются с оценками Саммерса и Слэттери величины масштабного эффекта для ударников массой менее 1 г.

Коляев Алексей Алексеевич, НИИ прикладной математики и механики

ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ МОДУЛЕЙ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

С.П. Копысов, Ю.А. Сагдеева (Ижевск)

В механике композитов одной из важных задач является задача определения эффективных характерис-

тик для некоторой однородной среды, решение краевой задачи для которой с теми же граничными условиями, что и для задачи композиционной среды, мало отличается от решения соответствующей задачи для композита. Предложен метод получения эффективных (осредненных) оценок упругих характеристик композитов, основанный на многомасштабной декомпозиции функции с помощью вейвлет-разложения Хаара. Характеристики композитов, например, тензор упругости и поля перемещений, являются быстроосциллирующими функциями. Вейвлет-преобразование позволяет получить осредненное (глобальное) поведение этих неизвестных быстроменяющихся величин. Преобразование применяется к системе линейных алгебраических уравнений, полученной с помощью метода конечных элементов. Искомый вектор решения системы разбивается на осредненные и детализирующие компоненты. Вектор осредненных компонент затем вычисляется с помощью дополнения Шура. Применяя вейвлет-преобразование несколько раз, на каждом шаге будем получать решение с разной степенью осреднения

Численные результаты представлены для пластины с включениями разной формы. В качестве модельной решается статическая одноосная задача теории упругости. Сначала проводится осреднение поля перемещения, а затем вычисляются осредненные модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Приведено сравнение для различных объемных долей включений. Кроме того, полученные значения сравниваются с аналитическими оценками и оценками асимптотического метода осреднения.

Сагдеева Юлия Альбертовна, Институт прикладной механики УрО РАН

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

В.В. Корепанов, М.А. Кулеш, В.П. Матвеевко, И.Н. Шардаков (Пермь)

Одной из главных причин, ограничивающих практические приложения несимметричной теории упругости, является отсутствие надежных методов определения материальных констант. Другим важным обстоятельством является недостаточное количество экспериментов, свидетельствующих о «моментных» эффектах при упругом деформировании материалов. Важным условием преодоления этих проблем является получение новых решений задач несимметричной теории упругости.

Получен ряд новых аналитических решений статических задач: о пластине, закрепленной по краям и находящейся под действием собственного веса; о деформировании жестко закрепленного по внешнему контуру кольца за счет поворота или смещения внутреннего контура; о растяжении бесконечной полосы,

ослабленной центральным круговым отверстием. Для указанных задач приведено сравнение с аналитическими решениями в рамках классической теории упругости и на модельных материалах проиллюстрированы проявления «моментных» эффектов. Одним из важных результатов является вычисление для полученных решений макропараметров (перемещения, силы, моменты), которые отражают «моментные» эффекты и могут быть измерены в физическом эксперименте доступными и достаточно надежными методами.

Рассмотрена новая динамическая задача о распространении поверхностных акустических волн в полупространстве. Получены два новых решения, описывающих поверхностные волны. Первое решение описывает эллиптическую волну и содержит те же самые компоненты перемещений, что и классическая волна Рэлея, но, в отличие от нее, обладает дисперсией. Второе решение – поверхностная волна, имеющая поперечную компоненту перемещения по отношению к направлению распространения волны и лежащую в плоскости поверхности. Эта волна обладает яркими дисперсионными свойствами.

Параллельно с получением аналитических решений были разработаны на основе метода конечных элементов численные алгоритмы решения задач несимметричной теории упругости о статическом деформировании и о собственных колебаниях. На основе этих алгоритмов получен ряд численных результатов, которые существенно дополнили расчетную базу для постановки физических экспериментов. Полученные аналитические и численные решения статических и динамических задач несимметричной теории упругости являются основой для постановки физических экспериментов, направленных на установление фактов «моментного» поведения материалов при их упругом деформировании.

Шардаков Игорь Николаевич, Институт механики сплошных сред УрО РАН

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И РАСКРЫТИЕ ТРЕЩИН В ЗОНЕ ПРЕДРАЗРУШЕНИЯ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

В.М. Корнев (Новосибирск)

Для описания распределения напряжений и раскрытия трещин в зоне предразрушения в окрестности вершин трещин отрыва используется подход Нейбера–Новожилова, когда решения задач классической теории упругости имеют сингулярную составляющую. Пусть исходный материал и материал зоны предразрушения имеют регулярную структуру с одним характерным линейным размером. Для внутренних и краевых трещин отрыва предлагается использовать достаточный критерий прочности, который является двухпараметрическим.

За нулевое приближение выбрано распределение напряжений в классической модели Леонова–Панасю-

ка–Дагдейла, когда на продолжении реальной трещины-разреза действуют сжимающие напряжения в зоне предразрушения. Предлагается модификация этой модели для фиктивной трещины, когда зона предразрушения занимает прямоугольник перед вершиной исходной трещины, причем ее ширина отождествляется с поперечником зоны пластичности в вершине реальной трещины, а длина зоны предразрушения получается из решения, описывающего классическую модель. При построении решения используется двулистность этого решения со своеобразными условиями склейки: на всей плоскости с двусторонним разрезом используются классические уравнения линейной теории упругости, а для прямоугольника зоны предразрушения используются простейшие уравнения пластичности для пучка растянутых волокон. Продвижение зоны предразрушения и вершины реальной трещины связывается с параметрами стандартной диаграммы напряжение–деформация материала. После нагружения получено пластическое притупление вершины трещины.

Предложена модель малоциклового разрушения для трещин нормального отрыва. Эта модель учитывает накопление повреждений в зоне предразрушения и опирается на характеристики диаграммы напряжение–деформация материала при циклическом нагружении и критическую величину работы диссипации материала. Показано, что при малоцикловом разрушении надо учитывать как остаточные деформации в зоне предразрушения, так и перераспределение напряжений в окрестности этой зоны после снятия нагрузки. Для квазихрупких и квазивязких материалов объяснено образование чередующихся микрополос на поверхности излома тел со структурой, характерное для усталостного малоциклового разрушения. Для тел конечных размеров получены оценки критического числа циклов нагружения при переходе от стадии постепенного продвижения вершины реальной трещины к процессу долома.

Работа поддержана РФФИ (проект 04-01-00191).

Корнев Владимир Михайлович, Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЕКТИВНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЛИ ТЕНЗОРОВ К ПОСТРОЕНИЮ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СООТНОШЕНИЙ ГИПЕРУПРУГОСТИ

С.Н. Коробейников (Новосибирск)

Рассматриваются объективные как по Лагранжу, так и по Эйлеру тензоры второго ранга. Для описания скоростных характеристик деформирования сплошной среды используются производные Ли тензоров, являющиеся естественным расширением понятия материальных производных тензоров. Определяется класс объективных производных Ли тензоров, т.е. таких производных Ли объективных тензоров, которые сами являются объективными тензорами того же типа, что и исходные тензоры. Предлагаются достаточные условия объективности производных Ли тензоров. Эти доста-