

МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ РАЗРУШЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХ РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Бозоров Носиржон Содикович

канд. физ-мат. наук, зав. кафедрой методики преподавания физики и астрономии Кокандского государственного педагогического института

Умуркулов Каюмжон Парпиевич

Преподаватель кафедры методики преподавания физики и астрономии Кокандского государственного педагогического института

Алишеров Отабек Алишер ўгли

Преподаватель кафедры методики преподавания физики и астрономии Кокандского государственного педагогического института

АННОТАЦИЯ

В статье изложены основные закономерности микромеханический подход к анализу разрушение гетерогенных материалов, также показано, микромеханический подход используя локальные поля на трех разных уровнях: усредненное по фазе, усредненное по ячейке и точечное поле (материальные точки).

Ключевое слово: Микромеханический подход, фаза, ячейка, прочность, разрушение гетерогенны материал, композит, армированные, частиц, композит, волокном, матрица, волокна, граница раздел, объемная доля.

ABSTRACT

The article outlines the main regularities of the micromechanical approach to the analysis of the destruction of heterogeneous materials, it also shows the micromechanical approach using local fields at three different levels: phase-averaged, cell-averaged and point field (material points).

Keyword. Micromechanical approach, phase, cell, strength, fracture heterogeneous material, composite, reinforced, particles, composite, fiber, matrix, fiber, interface, volume fraction.

Обеспечение прочности конструкций осуществляется следующим образом. На стадии их проектирования производится расчётная или экспериментальная

оценка возможности развития в несущих элементах проектируемых конструкций процессов разрушений различных типов: усталостного, хрупкого, квазистатического, разрушения вследствие ползучести материала, коррозии, износа в процессе эксплуатации и т. п. При этом должны быть рассмотрены все возможные в условиях эксплуатации конструкции, известные на данный момент механизмы разрушения материала, из которого выполнены её несущие элементы. Для вновь создаваемого композитного материала указанные механизмы разрушения выявляются на стадии научно-исследовательского цикла проектирования [1]. С каждым из таких механизмов разрушения связывается определённый критерий прочности — та или иная характеристика физического состояния материала элементов композитного материала, определяемая расчётным или экспериментальным путём [2].

В микромеханическом подходе разрушение можно анализировать на основе составляющих гетерогенного материала. Как обсуждалось в Ref. [3], если разрыв происходит локально, нагрузка с поврежденной части переходит на неповрежденную часть составляющих. Этот процесс приводит к локальному и глобальному распределению нагрузки через поле напряжения. На микроуровне разрушение можно проанализировать, используя локальные напряжения в компонентах и локальные межфазные напряжения или любая их комбинация. Локальные взаимодействия определяют доминирующие факторы, которые контролируют прочность на разрушение и поведение материала. Например, прочность на разрыв композита карбид кремния и титановой матрицы (SiC/T) определяется объемной долей волокна. Для объемной доли волокна более 20% волокно в основном контролирует разрушение композита, в противном случае разрушение SiC/T определяется матрицей [4]. Дворжак и его коллеги [5] продемонстрировали, что для композитов с поперечной нагрузкой свойства матрицы будут в основном определять условия текучести, тогда как для композитов с продольной нагрузкой отношение модулей Юнга составляющих определяет разрушение композита. Следовательно, очень важно критически исследовать начальный и окончательный отказ гетерогенных материалов на микроуровне. В микромеханическом подходе разрушение можно анализировать, используя локальные поля на трех разных уровнях: усредненное по фазе, усредненное по ячейке и точечное поле (материальные точки).

I. В анализе, основанном на усреднении фаз, разрушение оценивается на основе среднего поля в каждой составляющей. Различные модели разрушения, такие как Chamis, Puck, Hart-Smith и другие, использовали микромеханический подход для оценки прочности на разрушение композитных материалов. Chamis [6] использует изотропные свойства, однако существует фактор концентрации

напряжений, который учитывается для напряжения вокруг круглого отверстия. Пак [7,8] использует феноменологический подход к анализу разрушения. В этой работе предполагаются различные режимы разрушения в зависимости от условий нагрузки. Разрушение композита оценивали по средним полям в волокне и матрице при продольном и поперечном нагружении соответственно. Точно так же Харт-Смит [9] также использовал усредненное поле в каждой составляющей для оценки разрушения.

Подход анализа разрушения, основанный на усреднении фаз, может разумно предсказать прочность разрушения гетерогенного материала по сравнению с макромеханическим подходом. Однако ясно заметить, что этот подход не может уловить эффект локального возмущения поля в гетерогенном материале. Таким образом, анализ разрушения с использованием усредненного по фазе поля может значительно переоценить общую прочность материала.

II. Этот подход использует усредненные локальные поля в каждой ячейке для анализа разрушения гетерогенного материала. В исх. [10, 11, 12] метод ячеек (МОС) используется для прогнозирования предела прочности при разрушении, начальной и последующей поверхностей текучести композита, армированного непрерывным волокном. Bednarczyk и Arnold [13] также использовали обобщенный метод клеток (ГМС) для прогнозирования выхода из строя вязкоупругого материала с использованием модели разрыва волокна Curtin и модели границы раздела развивающихся жалоб (ЕСI). МОС и ГМС могут лучше прогнозировать прочность композита на разрушение на основе локальных полей. Однако в МОС и ГМС локальные напряжения и деформации оцениваются путем усреднения локальных напряжений и деформаций по каждой субъячейке, и, кроме того, они по своей природе лишены эффекта связи осевого сдвига, т. е. достаточно аппроксимируются только нормальные локальные напряжения и деформации. Эти факторы могут привести к недостаточному восстановлению данными методами локального поля напряжений в составных частях гетерогенных материалов для различных условий нагружения [14]. Следовательно, МОС и ГМС могут неадекватно предсказать сопротивление разнородным материалам.

III. В этом случае разрушение анализируется с помощью материальной точки или точки поточечного численного интегрирования. Scida и его коллеги [15] проанализировали разрушение тканого композита, используя метод точечного расслоения. Этот подход использует классическую теорию расслоения для восстановления локальных напряжений в тканом композите. Этот метод не может обеспечить хорошую аппроксимацию локальных полей, что, в свою очередь, влияет на предсказание разрушения. Чой и Тамма [16]

использовали МКЭ для анализа возникновения повреждений в тканом материале. Композит с использованием подхода снижения жесткости для нормальных и сдвиговых условий нагрузки. Также используется для анализа разрушения в каждой точке численного интегрирования для аппроксимации прочности на разрыв армированного волокном композита. Такой подход может быть целесообразным для критического анализа разрушения на уровне компонентов. Однако он может оценивать прочность композита на разрушение, если в материале существуют дефекты. Эти дефекты могут быть концентраторами напряжений, такими как микротрещины и небольшие трещины. Наличие дефектов может существенно повлиять на точные прогнозы прочности композита на разрушение. Кроме того, предсказания этого подхода сильно зависят от формы. Однако, если этот подход используется с нелокальным подходом, то это взвешенное усредненное поле в окрестности критической точки. Точечный анализ разрушения может лучше предсказывать прочность на разрыв разнородных материалов независимо от формы и при наличии различных форм дефектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Ф. Пэрис. Исследование критериев разрушения волокнистых композиционных материалов. NASA/CR-2001-210661, Национальное агентство по авиационным и космическим исследованиям, 2001г.
2. А.С. Каддур, М.Дж. Хинтон, П.А. Смит и С. Ли. Сравнение прогностической способности критерия растрескивания, повреждения и разрушения матрицы для армированных волокном композитных ламинатов: Часть А третьего всемирного упражнения на разрушение. Журнал композитных материалов, 47 (20-21): 2749–2779, 2013.
3. П.Д. Соден, М.Дж. Хинтон и А.С. Каддур. Сравнение прогностических возможностей современных теорий разрушения композитных ламинатов. Наука и технология композитов, 58:1225–1254, 1998.
4. Л. Дж. Харт-Смит. Прогнозы обобщенного критерия разрушения при максимальном напряжении сдвига для некоторых волокнистых композитных пластин. Наука и технология композитов, 58:1179–1208, 1998.
5. Д.Л. Макдэнелс. Анализ напряженно-деформированного состояния, разрушения и пластичности композитов с алюминиевой матрицей, содержащих прерывистое армирование из карбида кремния. Metallurgical Transactions A, 16:1105–1115, 1985.
6. [The zone of damage for high-modulus materials in explosion-loaded granite](#)
AM Leksowskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanonov, AB Sinani, ...
Technical Physics Letters 28 (8), 705-706
7. [Tech. Phys. Lett.](#)
AM Leksowskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanonov, AB Sinani, ...

8. [Зона поврежденности высокомоульных материалов при взрывном нагружении гранита](#)
AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanonov, ...
Письма в ЖТФ 28 (16)
9. [Obnaruzhenie mikrotreshhin v obrazcah gornyh porod s pomoshh'ju ljuminescentnoj mikroskopii](#)
AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanov
Pis'ma v Zhurnal tehnicheckoj fiziki–JETP Letters 22 (3), 6-10
10. [Обнаружение микротрещин в образцах горных пород с помощью люминесцентной микроскопии](#)
AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanonov
Письма в ЖТФ 22 (3), 6-9
11. [Observation of microcracks in rocks by means of luminescence microscopy](#)
AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, A Abdumanonov
Technical Physics Letters 22 (2), 93-94
12. The influence of external factors on the mechanical Properties of the material
Bozorov N. S, Umurkulov K. P.
Central asian journal of mathematical theory and computer sciences
<https://Cajmtcs.Centralasianstudies.Org>, 123-127
13. Boundary separation and binding energy of atoms in the real surface of a solid
Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A.
Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 65-67
14. Formation of ideas about micromechanics destruction in the process of teaching a physics course
Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A.
Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 60-64
15. Some aspects of surface processes on a solid body
Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A.
Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 78-80
16. Кинетика поверхностных процессов на твердом теле
Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A.
Та'лим jarayoniga raqamli texnologiyalar va zamonaviy usullarni joriy etishda ta'lim sifatini boshqarish muammolari.