

ЧАСТНЫЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ РАССЛОЕНИЙ В СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ

Щугорев В.Н., Касьянов К.Г., Подмазов Д.А.

(НИУ «МЭИ» Москва, Россия)

E-mail: Shchugorev.VN@gmail.com

Абстракт: Слоисто-волоконистая структура обуславливает низкую межслойную прочность таких материалов. В связи с необходимостью оценки межслойной прочности встает ряд задач о границах распространения расслоений в конструктивных элементах различного типа. В статье рассматриваются такие задачи для образцов, работающих на растяжение-сжатие и изгиб.

Ключевые слова: Композиционные материалы, отслоение, расслоение, элемент конструкции, балочный элемент, оболочечный элемент.

Первый признак, по которому производится классификация возможных расчетных моделей – геометрический (пластина, оболочка, стержень). При этом стоит различать две принципиально различных группы дефектов: отслоения внешнего слоя и расслоения “в глубине” материала.

Также, значение имеет характер нагружения по отношению к параметру времени (циклическое, квазистатическое нагружение, нагружение падающим грузом). Кроме того, для квазистатического случая рассматриваются альтернативы силового (мягкого) и деформационного (жесткого) нагружения.

Критериями потери несущей способности для рассматриваемых элементов могут являться:

- недопустимые максимальные перемещения (стрелы прогиба) отслоившегося участка;
- превышение фактическими (расчетными или определенными экспериментально) значениями эквивалентных напряжений в материале допускаемых значений.

В качестве параметров стойкости рассматриваются:

- геометрическими параметрами образца;
- межслойной прочностью материала, обычно характеризующейся параметром (группой параметров), называемым работой разрушения;
- прочими макропараметрами материала (модули упругости, коэффициенты Пуассона и т.д.).

Основные инструменты анализа в рассматриваемых задачах: аналитический подход, предложенный В.В. Болотиным и метод конечных элементов.

Аналитический подход предполагает вычисление особых параметров, называемых “обобщенные силы роста дефектов” и “обобщенные силы сопротивления росту”, соотношение которых определяет состояние системы “тело с расслоением-нагрузка”.

Частные задачи о росте расслоений формулировались следующим образом:

1. Оценка субравновесности отслоений, т.е. при каких соотношениях параметров системы “тело с дефектом-нагрузка” имеет место состояние, при котором обобщенные силы, продвигающие дефект не превышают обобщенных сил сопротивления.
2. Оценка возможности мгновенного подрастания дефекта (“проскок” на устойчивую ветвь), т.е. поиск совокупностей параметров системы “тело

с дефектом-нагрузка”, при которых возможен и/или неизбежен мгновенный рост.

3. Вычисление размеров отслоения после “проскока”, в том числе в случае слияния двух и более дефектов. Данный вопрос актуален в связи с тем, что после “проскока” расслоение может иметь размер, недопустимый по критерию потери несущей способности, когда данный критерий сформулирован по перемещениям.

В ряде случаев задачи решены как аналитическим путем, так и численно с помощью конечно-элементного программного комплекса. Сопоставление результатов показывает их согласованность.

МКЭ позволяет относительно просто, для систем с множественными геометрическими особенностями (в том числе, трещинами) вычислить обобщенные силы, продвигающие дефекты. Также, МКЭ может быть применен для вычисления коэффициентов интенсивности напряжений – критериальных параметров, используемых в традиционном подходе механики разрушения.

Рассмотренные частные задачи являются этапами выполнения предложенных авторами в [1] общих алгоритмов оценки несущей способности конструктивных элементов, содержащих отслоения. Однако подходы к решению таких частных задач являются применимыми и для алгоритмов, которые будут созданы впоследствии для случаев, не подпадающих под классификацию, приведенную выше. Например, для сферических, тороидальных конструктивных элементов.

Список литературы: 1. Щугорев В.Н., Касьянов К.Г. Классификация и нелинейный анализ отслоений в конструкциях// Материалы XXI международной научно-технической конференции “Машиностроение и техносфера XXI века”, Севастополь 2014. С.292 2. Щугорев В.Н. Трещиностойкость конструктивных элементов с расслоениями . «X Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механика.» Избранные тезисы докладов. (Нижн. Новг. 24-30 августа 2011). Нижний Новгород. Издательство Нижегородского государственного университета 2011. С.218-219