

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Крауса Александра Евгеньевича «Определение прочностных свойств гетерогенных материалов при динамических воздействиях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – механика деформируемого твердого тела.

Развитие способов изготовления гетерогенных материалов и металоматричных композитов, а так же широкое внедрение их в конструкции ставит задачу об определении свойств таких материалов. Упругие параметры гетерогенных материалов рассчитываются по упругим параметрам гомогенных компонентов, однако, для нахождения прочностных параметров необходимы данные экспериментов. В задачах динамического нагружения гетерогенного материала важную роль играют параметры разрушения. Даже оценки параметров разрушения гетерогенного материала позволят определить область применения гетерогенного материала для обеспечения безопасных нагрузок. Таким образом, возможность определения параметров разрушения гетерогенного материала на основе параметров прочности его компонент значительно упростит, как моделирование, так и применение гетерогенного материала.

В связи с этим, перед диссертантом была поставлена основная задача провести идентификацию прочностных характеристик гетерогенных материалов при динамических воздействиях. На данный момент отсутствует универсальный метод определения параметров разрушения гетерогенного материала на основе его компонент. Образцы материалов, изготовленные при помощи новых технологий, таких как PrintCast, часто лишены динамических нагрузочных испытаний, а их специфическая структура требует специального учета при численном моделировании. Все эти особенности подчеркивают актуальность разработки методологии, способной эффективно решать данную проблему.

В работе Краусом А.Е. проведено сравнение «классической» аддитивной модели смеси, доказавшей свою достоверность на большом количестве натурных экспериментов, с прямым численным моделированием. Этот метод предлагается как альтернатива аддитивной модели смеси.

Автором в работе впервые были сформулированы соотношения для определения предельных откольных напряжений и деформаций разрушения гетерогенного материала на основе параметров входящих в него компонент. В работе численные эксперименты включали в себя:

- Нагружение гетерогенного материала плоской ударной волной и нагружение ударной волной гетерогенного образца для воспроизведения откольного эксперимента, гетерогенного материала. На основе полученных результатов прямого численного

моделирования проведена аппроксимация предельного откольного разрушения гетерогенного материала, а именно смеси WC+Co с объемным содержанием кобальта от 2% до 12% и Ni+Ti с объемным содержанием титана 50%. В результате аппроксимации получена зависимость предельного откольного напряжения гетерогенного материала от объемной концентрации его компонент. Полученное соотношение проверено на результатах экспериментов со смесями WC+Co, Ni+Ti и (95%) INCONEL 625 + (5%) NiTi+TiB₂. Полученное соотношение позволяет получить предельное откольное напряжение гетерогенного материала, если имеются предельные откольные напряжения для компонент этого гетерогенного материала.

- На основе численных экспериментов проведен анализ предельных деформаций разрушения гетерогенного материала. Получено соотношение для определения предельных деформаций разрушения гетерогенного материала на основе концентрации его компонент из определения аддитивной модели смеси.
- Впервые проведено моделирование высокоскоростного нагружения микрочастиц объемно-армированного металлматричного композита с полной реализацией его геометрической структуры включений с учетом разрушения. На основе сравнения результатов численных экспериментов проведена оценка стойкости объемно армированного металлматричного композита со стойкостью других гетерогенных структур при условии сохранения массогабаритных характеристик. Показано, что гетерогенные экраны ведут себя, практически, аналогично двуслойным экранам. Гетерогенные экраны с градиентным распределением стали являются аналогами слоеных преград, но с непрерывным переходом от одного материала к другому без явно выделенных границ раздела. Показано, что градиентная преграда, объемно-армированный металлматричный композит демонстрирует стойкость к воздействию микрочастиц, не допуская образования запреградного облака осколков.

Проведенные Краусом А.Е. исследования открывают широкую перспективу для анализа и моделирования разрушения гетерогенных материалов. Результаты, описанные в диссертационной работе, являются новыми и получены с использованием апробированных методик. Отдельного внимания заслуживают следующие результаты работы:

1. Показано, что упругие модули гетерогенного материала, построенного прямым численным моделированием в условиях нагружения плоской ударной волной без учета разрушения, соответствуют с погрешностью менее 5% данным эксперимента и результатам аддитивной модели смеси.

2. Показано, что параметры за фронтом плоской ударной волны в гетерогенном материале, построенном прямым численным моделированием при всех рассмотренных типах граничных условий между матрицей и включениями, сходятся с результатами аддитивной модели смеси в пределах погрешности 2%, без учета разрушения.
3. Показано, что применение гетерогенных пластин в защитных пакетах позволяет снизить давление, приходящее в имитатор тела человека почти вдвое по сравнению с пакетом из слоеной пластины при скоростях до 400 м/с.
4. Показано, что при взаимодействии объемно-армированного металломатричного композита с высокоплотным удлиненным стержнем при скоростях до 1,6 км/с, повышается баллистический предел на 60% в сравнении с двуслойной преградой при тех же массогабаритных параметрах.

Краус А.Е. работает в ИТПМ СО РАН с 2016 года. В 2020 г. он поступил в аспирантуру ИТПМ СО РАН после окончания факультета летательных аппаратов в НГТУ. По теме исследования опубликовано 18 печатных работ, из которых 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК. За исследования Краус А.Е. удостоен дипломом: «Получателя именной стипендии Правительства Новосибирской области для проведения перспективных научных исследований и разработок в 2023 году».

Как научный сотрудник Краус А.Е. отличается инициативностью, настойчивостью в достижении целей, способностью формулировать и решать сложные междисциплинарные проблемы, обладает организаторскими способностями. Представленная им диссертация свидетельствует о его высокой квалификации и способности к самостоятельной научной деятельности.

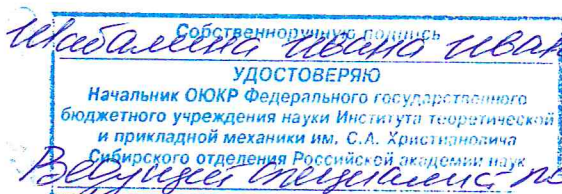
Диссертация оформлена в соответствии с требованиями Высшей Аттестационной Комиссии. Автореферат отражает наиболее существенные положения и выводы диссертационной работы. Считаю, что Краус А.Е. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – механика деформируемого твердого тела.

Научный руководитель:

Старший научный сотрудник лаборатории № 11, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, кандидат физико-математических наук:

09.09.24

И.И. Шабалин



Шабалин
09.09.2024