

Моделирование механических свойств металломатричного композита с комбинированным армированием

Семенов Б. Н., Земцова Е. Г., Морозов Н. Ф., Смирнов В. М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Благодаря своим высоким эксплуатационным свойствам металломатричные композиты (ММК) широко применяются в различных отраслях, в частности, в машиностроении, авиа- и автомобилестроении. В качестве армирующих элементов в этих материалах используются как микро-, так и наноразмерные карбидные частицы, углеродные структуры (углеродные нанотрубки, графены, фуллерены и наноалмазы). Существенное влияние на свойства ММК помимо концентрации, распределения частиц по объему, размера и формы армирующих частиц оказывают равномерность распределения их частиц по матрице и интерфейсное взаимодействие матрицы и частиц. Кроме того, повышение прочности и предела текучести сопровождается уменьшением пластической деформации ММК по сравнению с пластической деформацией материала матрицы.

Для решения некоторых из этих проблем применяются различные способы. В частности, карбидные частицы покрываются металлическим нанослоем, что исключает слипание армирующих частиц, обеспечивает равномерное распределение частиц по матрице, улучшает адгезию между матрицей и армирующими частицами, а также плотность микродефектов вблизи интерфейса. Также используется армирование углеродными структурами и карбидными наночастицами.

В рамках работы проведен анализ микромеханических и компьютерных методов для моделирования деформирования ММК, армированных карбидными частицами с металлическим покрытием, углеродными нанотрубками и их комбинацией. Выявлены механизмы упрочнения, вносящие существенный вклад в итоговое упрочнение металлокомпозита.

Для ММК с армирующими частицами TiC/Ni методом конечных элементов построены кривые деформирования, с учетом фактического упрочнения матрицы, полученные на основе микромеханического подхода. Кривые деформирования, построенные по разработанным компьютерным моделям, хорошо согласуются с экспериментальными кривыми деформирования.

По результатам конечно-элементного моделирования выявлены зоны инициации разрушения, и исследовано влияние тонкого слоя никеля на поверхности армирующей частицы на эффективные механические параметры металлокомпозита.

Проведена оценка упрочнения металлической матрицы за счет комбинированного армирования углеродными нанотрубками и наночастицами карбида титана.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-11-20083).