

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНООСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ СО СВЕРХСТРУКТУРОЙ $L1_2$

Липатникова Я.Д.¹, Соловьева Ю.В.¹, Старенченко В.А.¹, Валуйская Л.А.²

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
Томск, Россия

²Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия
yanna_lip@mail.ru

В настоящее время большой интерес представляет создание металл-интерметаллических слоистых композитов в качестве новых конструкционных материалов, обладающих высокой удельной прочностью, высокими антикоррозионными свойствами и значительной теплостойкостью. Большую роль при получении таких композиционных материалов играет численное моделирование, которое позволяет не только предсказать механические свойства материала, но и оценить вклад различных механизмов деформации и объяснить разрушение и развитие неустойчивость пластической деформации.

В данной работе моделировалась деформация и разрушение слоистых композитов в условиях динамического сжатия. Расчеты проводились в программном комплексе «РАНЕТ-3» [1] численным методом конечных элементов. В основе методики теоретического исследования лежит подход, объединяющий модель механики упругопластической среды [2] и модели дислокационной кинетики сплавов со сверхструктурой $L1_2$ и чистых металлов [3]. По результатам исследования системы уравнений дислокационной кинетики сплавов со сверхструктурой $L1_2$ были получены различные зависимости напряжение-деформация: периодические или аperiodически затухающие кривые течения или монотонно возрастающие кривые упрочнения, достигающие устойчивого насыщения. Кривые течения для чистых металлов являлись только монотонно возрастающими. Данные зависимости затем были включены в модель механики упругопластической среды для описания деформационного поведения элементарного объема образца.

Ранее такой подход позволил описать потерю устойчивости однородной пластической деформации однофазных материалов, в случае, если деформация элементарного объема описывалась с помощью периодической или аperiodической кривой упрочнения. Неустойчивость пластического течения выражалась в образовании полос суперлокализации пластической деформации при одноосном сжатии и в образовании «шейки» при растяжении. Явление суперлокализации пластической деформации наблюдалось в экспериментах на высокотемпературное сжатие монокристаллов сплавов Ni_3Ge и Ni_3Al , которые относятся к классу металлических соединений, имеющих $L1_2$ сверхструктуру.

Численное моделирование макроскопической деформации слоистых композитов типа металл-интерметаллид проводилось с образцами, имеющими прямоугольную форму, высотой 14 мм, отношение высоты к длине и ширине образца составляло 2:1:1. Ширина слоев чистого металла была равна 1 мм, а интерметаллической фазы составляла 2 мм (рис.1). Задачей данного исследования состояла в том, чтобы определить, каким образом вид кривых упрочнения элементарных объемов металлических и интерметаллических слоев влияют на макроскопическую деформацию композита.

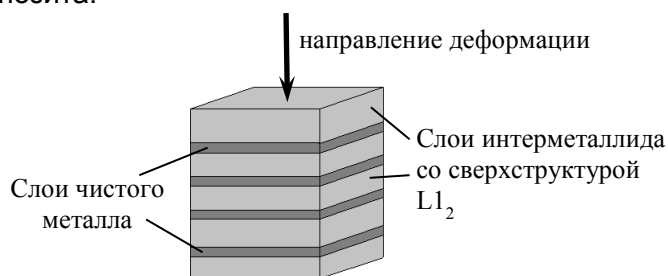


Рисунок 1 - Модель образца слоистого композита

Для этого были использованы аperiодически затухающие зависимости напряжение-деформация при описании упрочнения элементарных объемов слоев интерметаллида, которые в однофазном материале приводили к потере устойчивости однородной деформации, и монотонно возрастающие – для описания элементов металлического слоя. Результаты численного моделирования показали, что включение фазы чистого металла в интерметаллидную фазу увеличивает однородность пластического течения и частично подавляет образование полос суперлокализации. Это происходит только в том случае, если уровни напряжений кривых течения элементарных объемов интерметаллической и металлической фазы достаточно близки. В противном случае большая разница напряжений может привести к интенсивно развивающейся потере устойчивости однородной пластической деформации.

Если упрочнение элементарных объемов металлической и интерметаллической фаз описано монотонно возрастающими зависимостями напряжение-деформация, то есть в элементы интерметаллической фазы не заложены сценарии, приводящие к суперлокализации пластической деформации, то возможны различные сценарии развития макроскопической деформации. Здесь так же играет большую роль разность в уровнях напряжений кривых упрочнения фаз, составляющих композит. В случае, когда напряжения течения этих фаз отличается на порядок, пластическая деформация при сжатии отличается существенной неоднородностью, композит мог расслаиваться. Если же напряжения кривых упрочнения фаз отличаются максимум в два раза, то деформация протекает более однородно, без образования областей избыточных напряжений и локализации пластической деформации.

Таким образом, на однородность пластического течения слоистых композиционных материалов влияет как характер кривых упрочнения элементарных объема разных фаз слоистого композита, так и разница в уровнях напряжений этих кривых для фаз, составляющих композит.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 17-72-10042.

Список литературы

1. Югов Н.Т., Белов Н.Н., Югов А.А. Расчет адиабатических нестационарных течений в трехмерной постановке (РАНЕТ-3). Пакет программ для ЭВМ. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2010611042, 2010 г.
2. Старенченко В.А., Валуйская Л.А., Фахрутдинова Я.Д., Соловьева Ю.В., Белов Н.Н. Исследование процессов локализации пластической деформации методом компьютерного моделирования // Известия вузов. Физика. – 2012. – Т. 55. № 2. – С. 76-87.
3. Старенченко В.А., Соловьева Ю.В., Фахрутдинова Я.Д., Валуйская Л.А. Моделирование макроскопической локализации деформации в сплавах со сверхструктурой L_{12} // Известия вузов. Физика. – 2011. – Т. 54. № 8. – С. 47-57.