

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ КАНАЛЬНО-УГЛОВЫМ ПРЕССОВАНИИ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Валуйская Л. А.¹⁾, Старенченко В. А.²⁾, Соловьева Ю. В.²⁾, Липатникова Я. Д.²⁾,
Валуйская К. Д.³⁾**

^{1)Сибирский государственный медицинский университет, ^{2)Томский государственный архитектурно-строительный университет, ^{3)Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, val_larisa@mail.ru}}}

Целью данной работы является исследование макроскопической локализации пластической деформации сплавов в условиях углового прессования. В статье рассмотрен процесс образования полос суперлокализации пластической деформации, который заключается в образования полос сильно локализованной пластической деформации, вдоль которых происходит разрушение образца при прессовании.

Разработана многоуровневая модель, сочетающая в себе две модели: модель дислокационной кинетики сплавов со сверхструктурой $L1_2$ и модель механики сплошной среды [1, 2]. Именно комбинированная модель, основанная на объединении теоретических подходов механики твердого тела и накопления дефектов в ходе пластической деформации, позволяет более полно описать и объяснить закономерности процессов повреждения и разрушения, происходящих при динамическом канальном прессовании.

Численные эксперименты проводились с использованием метода конечных элементов. Кривая деформационного и термического упрочнения элементарного объема среды задавалась моделью дислокационной кинетики. При решении системы уравнений дислокационной кинетики в зависимости от параметров, контролирующих перераспределение дислокаций в границы разориентации были получены различные кривые упрочнения, как монотонно возрастающие (рис.1), так и немонотонные (рис.2) имеющие один или несколько пиков максимума. Данные зависимости $\sigma - \varepsilon$ задавали упрочнение элементарных объемов в конечно-элементарной модели.

Оказалось, что только в условиях немонотонного упрочнения элементарных деформируемых объемов при одноосном прессовании можно наблюдать явление суперлокализации пластической деформации. Причем образование нескольких полос суперлокализации возможно только в условиях немонотонного упрочнения элементарного объема с несколькими пиками максимума на зависимости $\sigma - \varepsilon$

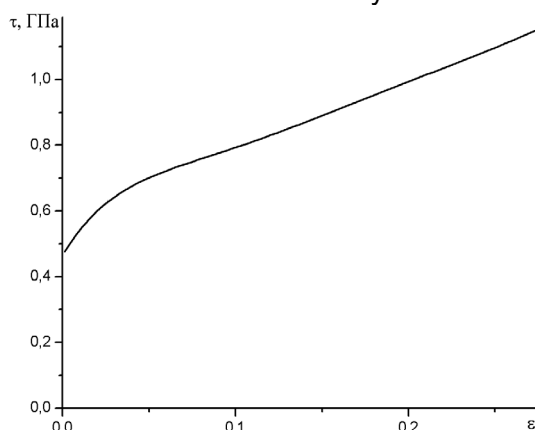


Рисунок 1 - Зависимость касательных напряжений от относительной деформации для элементарного объема деформационной среды.

В условиях монотонно возрастающего упрочнения элементарных объемов полос суперлокализации пластической деформации не наблюдалось.

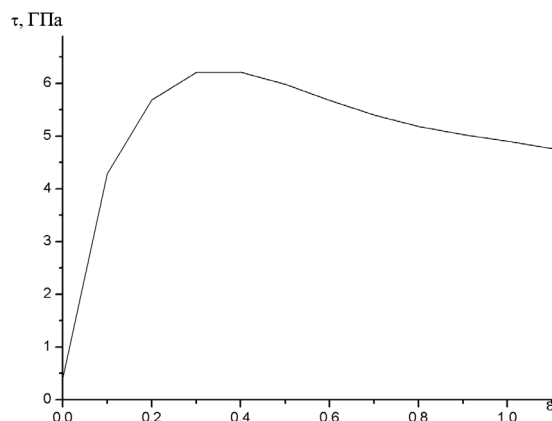


Рисунок 2 - Зависимость касательных напряжений от относительной деформации для элементарного объема деформационной среды.

В данной работе исследовался процесс образования полос суперлокализации пластической деформации в зависимости от вида деформационного и термического упрочнения в условиях высокоскоростного углового прессования. Образец продавливался через пересекающиеся под углом 90° и 120° каналы.

Если кривая упрочнения элементов среды имела немонотонный вид с одним пиком максимума (рис.2), то при более жестком прессовании (под углом 90°) наблюдалось последовательное образование нескольких полос суперлокализации (рис.5). Это связано с тем, что пластическая деформация при канальном прессовании протекает исключительно в области пересечения каналов, в то время как остальные области образца остаются практически недеформированными. Напряжения в образце в области пересечения каналов первыми достигают значений, соответствующих максимуму на кривой упрочнения, что приводит к деформациям, снижающим сопротивление деформированию материала и к формированию полосы суперлокализации. По мере прохождения образца через канал начинает деформироваться ранее недеформированная часть образца, формируется еще одна область избыточных напряжений, в которой напряжения также достигают значений максимума на кривой упрочнения, что приводит к формированию еще одной полосы суперлокализации.

При менее жестком прессовании (под углом 120°) в условиях немонотонного упрочнения полосы суперлокализации не образуются, так как прохождение материала в канал в менее жестких условиях деформирования не позволяет достичь напряжений в небольшой области, необходимых для образования полосы суперлокализации (рис.6).

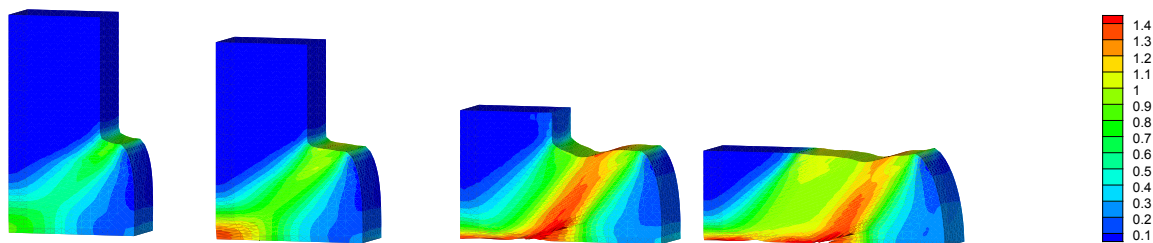


Рисунок 3 - Распределение величины интенсивности пластических деформаций (среднеквадратический сдвиг) при канальном прессовании под углом 90° пересечения каналов в различные моменты времени в случае монотонного упрочнения среды.

В условиях монотонно возрастающего упрочнения элементарного объема при канальном прессовании под углом 90° наблюдается неоднородное развитие деформации и локализация напряжений в образце в области соединения каналов, однако полосы суперлокализации не образуются (рис.3). При менее жестком

прессовании (под углом 120°) в условиях монотонного упрочнения полосы суперлокализации также не образуется (рис.4).

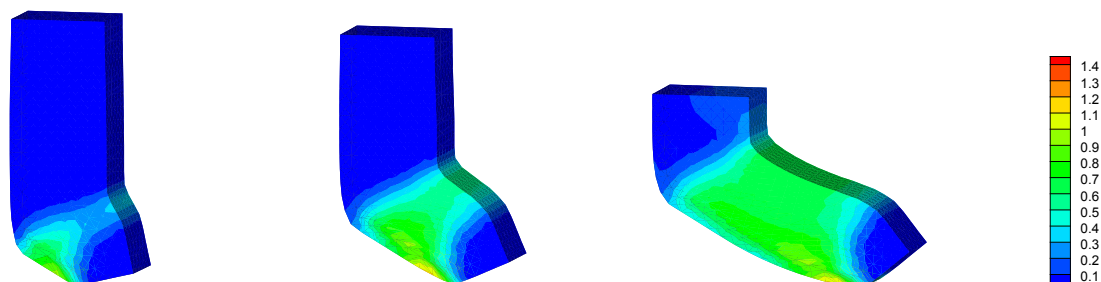


Рисунок 4 - Распределение величины интенсивности пластических деформаций (среднеквадратический сдвиг) при канальном прессовании под углом 120° пересечения каналов в различные моменты времени в случае монотонного упрочнения среды.

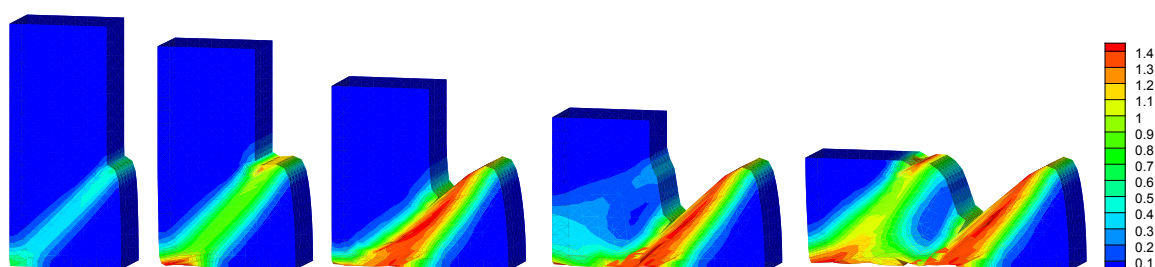


Рисунок 5- Распределение величины интенсивности пластических деформаций (среднеквадратический сдвиг) при канальном прессовании под углом 90° пересечения каналов в различные моменты времени в случае немонотонного упрочнения среды.

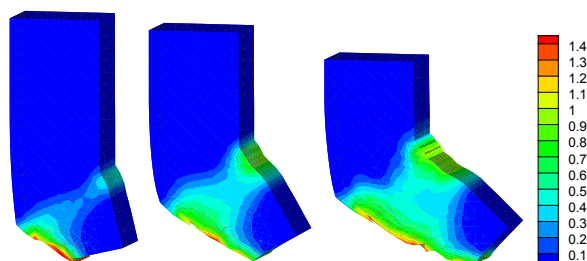


Рисунок 6- Распределение величины интенсивности пластических деформаций (среднеквадратический сдвиг) при канальном прессовании под углом 120° пересечения каналов в различные моменты времени в случае немонотонного упрочнения среды.

Таким образом, образование полосы суперлокализации пластической деформации можно наблюдать при канальном прессовании под углом 90° пересечения каналов и при одноосном прессовании образца, в том случае, когда упрочнение элемента деформационной среды имеет немонотонный вид.

Список литературы

1. Старенченко В.А., Соловьева Ю.В. Фахрутдинова Я.Д. Валуйская Л.А. Суперлокализация деформации в монокристаллах Ni_3Ge с L_{12} сверхструктурой // Изв. вузов. Физика. – 2012. – №1. - с.62-73.
2. Соловьева Ю.В., Фахрутдинова Я.Д., Старенченко В.А. Моделирование высокотемпературной суперлокализации пластической деформации в монокристаллах сплавов со сверхструктурой L_{12} // Физика металлов и металловедение. – 2015. – Т. 116. – № 1. с. 12-20.

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