

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Липатниковой Яны Данияровны «Исследование суперлокализации пластической деформации монокристаллов сплава  $Ni_3Ge$ », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Липатниковой Я.Д. посвящена изучению явления суперлокализации пластической деформации. Появление полос суперлокализации в процессе пластической деформации свидетельствует о разупрочнении деформируемого кристалла и приводит к катастрофической скорости его разрушения. Для того чтобы предотвратить появления суперлокализации пластической деформации необходимо знание условий и понимание механизмов, лежащих в основе этого явления. Однако из-за небольшого количества материалов, при деформации которых было обнаружено это явление, оно является недостаточно изученным. В качестве материала для исследования выбраны монокристаллы сплава  $Ni_3Ge$  с  $L1_2$  сверхструктурой, в котором при высокотемпературной деформации была обнаружена потеря устойчивости однородной пластической деформации вследствие образования полос суперлокализации. Изучение суперлокализации в этом сплаве является особенно актуальным, так как сплавы с  $L1_2$  сверхструктурой являются основой для материалов, используемых в авиационной и ракетной технике.

Диссертационную работу условно можно разделить на две части. В первой части автор приводит экспериментальные исследования явления суперлокализации пластической деформации, во второй части – теоретические.

Экспериментальная часть содержит описание исследования влияния оси ориентации одноосного квазистатического сжатия на возникновение полос суперлокализации, геометрию следов скольжения и структуру полосы суперлокализации. Исследована дислокационная структура в полосе суперлокализации и вне полосы. Также автор проводит исследование этого

процесса в режиме высокотемпературной ползучести. В конце экспериментальной части сделаны выводы об условиях и механизмах образования полос суперлокализации.

Теоретическая часть диссертации содержит описание моделей дислокационной кинетики возможного развития суперлокализации пластической деформации сплавов со сверхструктурой  $L1_2$  и модели механики деформируемого твердого тела, а также описана возможность синтеза этих моделей. Автором получены решения системы уравнений модели дислокационной кинетики в виде кривых упрочнения. Представлена схема возникновения полос суперлокализации пластической деформации в зависимости от вида полученных кривых упрочнения. Последняя глава теоретической части исследования содержит результаты 3х-мерного моделирования деформации образцов, основанного на синтетической модели, которую автор приводит ранее. Здесь изучено влияние различного вида кривых деформационного упрочнения элементарного объема образца, полученных при решении уравнений модели дислокационной кинетики, на макроскопическую картину деформации и явление суперлокализации. А также рассмотрено влияние присутствия в деформируемом образце более мощных концентраторов напряжения, чем углы кристалла, на возможность появления и развития полос суперлокализации.

Завершают диссертацию основные выводы и результаты. **Обоснованность положений и основных выводов** по экспериментальной части диссертации базируется на тщательном исследовании как внешней, так и внутренней структуры областей кристалла. Причем для исследования брались области как в зоне появления полосы суперлокализации, так и в зонах далеких от этой полосы. Обоснованность теоретических положений и выводов базируется, во-первых, на качественном исследовании решений системы уравнений модели кинетики развития дислокационной структуры, во-вторых, на хорошей воспроизводимости результатов численного 3D

моделирования и, в-третьих, на согласованности экспериментальных и теоретических результатов.

Полученные автором результаты являются **новыми**. Явление суперлокализации пластической деформации в монокристаллах  $Ni_3Ge$  при ползучести изучено впервые. Также впервые выявлен набор механизмов и условий, обуславливающих возможное возникновение явления суперлокализации в сплавах данного класса. Впервые получены результаты 3х-мерного моделирования процесса суперлокализации в сплавах  $Ni_3Ge$ , основанные на синтезе моделей дислокационной кинетики сплавов с  $L1_2$  сверхструктурой и механики деформируемого твердого тела. Теоретические результаты, описанные автором в диссертационной работе, позволяют глубже понять закономерности и причины возникновения этого явления.

Замечания по диссертации следующие:

1. При описании модели дислокационной кинетики возможного развития суперлокализации пластической деформации сплавов с  $L1_2$  сверхструктурой в главе 4 не все коэффициенты, входящие эту модель, приведены или оценены. Также необходимо было включить более подробное описание уравнений этой модели.

2. В главе 5.4 только упоминается о конечно-разносных уравнениях метода конечных элементов. Для полноты представления работы необходимо было привести эти уравнения.

Несмотря на отмеченные замечания, диссертационная работа Липатниковой Я.Д. не теряет своей научной ценности.

Диссертация Я.Д. Липатниковой является научно-квалифицированной работой, в которой изложены новые научно обоснованные результаты и содержится решение задачи, имеющей значение для развития физики прочности и пластичности металлов и сплавов. Полученная в диссертационной работе синтетическая модель может быть также применена для описания деформации более широкого класса сплавов. Представление о природе механизмов суперлокализации пластической деформации, благодаря

данной работе, значительно расширено. Изучение условий появления данного явления определяют практическую значимость диссертационной работы, так как знание этих условий позволит избежать катастрофического разрушения деталей вследствие возникновения полос суперлокализации пластической деформации.

Все вышеизложенное позволяет считать диссертацию Липатниковой Я.Д. «Исследование суперлокализации пластической деформации в монокристаллах сплава  $Ni_3Ge$ » отвечающей требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям по Положению о порядке присуждения ученых степеней. Липатникова Яна Данияровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Иванов Юрий Федорович,  
доктор физико-математических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник  
ФГБУН «Институт сильноточной электроники»  
Сибирского отделения РАН,  
634055, Россия, Томск, пр-т Академический, 2/3.  
e-mail: [yufi55@mail.ru](mailto:yufi55@mail.ru)  
р.т. 8-3822-491713

Подпись Иванова Ю.Ф. удостоверяю.  
Ученый секретарь ИСЭ СО РАН, д. ф.-м. н.

21.11.2014



И.В. Пегель