«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИМСС УрО РАН
академик РАН
_____ В.П.Матвеенко
«07» 02 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации, «Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук» – филиала федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ИМСС УрО РАН), о диссертационной работе Даниловой Лидии Владиславовны «Автоволновые процессы деформации Людерса и Портевена – Ле Шателье», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.08 — Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Л.В. Даниловой посвящена анализу пространственно-временных закономерностей развития локализованной пластической деформации на примере распространения волн Чернова-Людерса и эффекта Портевена-Ле Шателье. Безусловным достоинством работы является непротиворечивое и самосогласованное описание двух физически различных процессов в рамках автоволновой концепции пластического течения. В работе на основе универсального описания кинетики деформационных полос Людерса и Портевена-Ле Шателье

ИФПМ СО РАН
« 08 ФЕВ 2022 201_г.
вх. № 080222/1
индекс

предложены соотношения, описывающие скорости движения фронтов локализованной пластической деформации.

Задачи, рассмотренные в диссертационной работе, являются актуальными с точки зрения построения единой модели, описывающей процесс пластического деформирования металлов.

Научная новизна результатов диссертации заключается в демонстрации эффективности автоволновой концепции пластического течения к объяснению эффектов локализации пластической деформации и получении новых количественных критериев реализации деформации Людерса и Портевена-Ле Шателье.

Практическая значимость результатов заключается в разработке научных основ методов контроля и оценки остаточного ресурса металлических материалов. В частности, в работе показана возможность использования установленных закономерностей при разработке методов оценки остаточного ресурса теплоэнергетического оборудования.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в организациях, осуществляющих научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области разработки моделей пластического деформирования и разрушения металлических материалов. В настоящий момент они активно используются при подготовке кадров высшей квалификации в учебном процессе, реализуемом в ИФПМ СОРАН.

Анализ содержания работы. Работа состоит из введения, пяти глав и списка использованной литературы. Объем работы составляет 127 страниц, работа содержит 37 рисунков, 4 таблицы и 208 ссылок на цитируемую литературу.

Во введении исчерпывающе сформулирована актуальность темы исследования, определены цели и задачи, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, отражена научная новизна и личный вклад автора.

Первая глава содержит анализ физических представлений о природе процесса локализации пластической деформации. Отмечен нелинейный характер процесса, проходящего в активной неравновесной среде. Показана перспективность применения аппарата теории неравновесных систем (синергетики) при описании процесса пластического деформирования металлов. Кратко проанализированы известные попытки описания эффектов нелокальности в современных теориях пластичности.

Вторая глава диссертационной работы посвящена описанию использованных в диссертационной работе экспериментальных методик. В работе использованы два метода для анализа полей деформаций: метода цифровой корреляцией изображений и метод цифровой статистической спекл-фотографии. Оба метода позволяют в режиме реального времени наблюдать процессы развития пластической деформации на поверхности образца и получать количественную информацию о распределении компонент тензора пластической дисторсии с разрешением по деформациям до 10^{-4}.

Заключительная часть главы посвящена описанию химического состава, механических свойств и структуры исследованных материалов: сталь 08, АРМКО-железо, никелид титана, ТРИП-сталь 23Х15Н5АМ3 (ВНС9-Ш) и алюминиевый сплав Д1.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию начальных стадий процесса пластической деформации (площадки текучести), соответствующих развитию пластичности Людерса. Подтверждено, что для всех исследованных материалов пластическая деформация вблизи упругопластического перехода осуществляется путем генерации полос Чернова-Людерса. Показано, что кинетика развития полос оказывается практически одинаковой для случаев деформации железа и никелида титана, несмотря на принципиально разную физическую природу механизмов пластического течения в этих двух случаях. Получены соотношения, связывающие скорость движения деформационных фронтов и скорость

деформирования. Предложено рассматривать фронты полос Чернова-Людерса как автоволны переключения, переводящие деформируемую среду из метастабильного (упругого) в стабильное (пластически деформируемое) состояние.

Четвёртая глава посвящена экспериментальному исследованию эффекта Портевена–Ле Шателье. На основе анализа оригинальных экспериментальных данных предложена кинематическая схема распространения деформации Портевена-Ле Шателье,

Пятая глава содержит сравнительный анализ развития деформации Людерса и деформации Портевена-Ле Шателье. В результате анализа предложено единое описание обоих процессов на основе автоволнового подхода. На основе оценки времён рефрактерности показано, что фронт волны Чернова-Людерса представляет собой рождение и эволюцию автоволны переключения в среде из бистабильных элементов, а фронт Портевена-Ле Шателье является автоволной возбуждения в активной среде.

Заключение содержит выводы по диссертационной работе.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. В первой главе при описании теоретических подходов, направленных на введение в модель, описывающую процессы пластического деформирования, параметра (спектра параметров) с размерностью длинны основной акцент делается на работах профессора Айфантиса. В последние тридцать лет начиная с работ Флека и Хатчинсона в механике пластичности активно развиваются градиентные теории. Обзор данных исследований представляет самостоятельный интерес, но, наверно, более уместен для диссертации по механике деформируемого твёрдого тела.

2. На странице 13 дано не удачное определение пластической деформации: «Пластической деформацией называется изменение формы и размеров тел под действием приложенных напряжений». Возможно необходимо сразу указать на её необратимый характер.

3. Требует дополнительного пояснения один из предложенных сценариев встречи полос Чернова-Людерса. В описанном сценарии предполагается что «пластическая деформация, происходившая до этого в одной полосе, еще некоторое время продолжается в деформированной области, относящейся к другой». Означает ли это, что фронт волны может двигаться по пластически деформированному материалу?

4. На рисунке 3.1а (страница 53) при разном числе полос Чернова-Людерса наблюдаются разные наклоны диаграммы деформирования, соответствующие разным упругим модулям материала. Каким образом можно объяснить данный эффект?

5. В работе предложен изящный анализ процессов диссипации энергии в материале, позволивший получить степенную зависимость между скоростью движения фронта волны Чернова-Людерса и скоростью деформирования (скоростью перемещения захвата). Может ли в случае отсутствия зуба текучести? данное соотношение стать линейным?

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы и имеют дискуссионный характер.

Структура диссертации обладает внутренним единством. Автор хорошо знаком с текущим состоянием в области проведенного исследования, убедительно демонстрирует новизну и эффективность полученных результатов.

Объекты исследования являются актуальными и содержат в своем поведении большое число нетривиальных физических эффектов. Этот факт определяет научный интерес к работе и хорошие перспективы практического использования её результатов.

По своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне данная диссертационная работа соответствует пункту 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств металлов и их сплавов ... » и пункту 6 «Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ

промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами» паспорта специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Автореферат диссертации полностью соответствует основному тексту диссертации и опубликованным работам. Уровень апробации результатов работы (публикации в международных научных журналах и выступления на конференциях) – соответствует требованиям ВАК.

Диссертация Лидии Владиславовны Даниловой является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение ряда актуальных научных задач, вносящих существенный вклад в развитие моделей пластического деформирования металлов и сплавов.

В целом представленная диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. II.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 11.09.2021), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а Л.В. Данилова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научного семинара «Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского Федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (протокол 2-2021 от 28.01.22).

Заместитель директора по научной работе
«ИМСС УрО РАН»
д.ф.-м.н. О.А. Плехов