

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу КРАСНОВЕЙКИНА Владимира Алексеевича «Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов при динамическом канально-угловом и разноканальном прессовании», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа Красновейкина В.А. «Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов интенсивной пластической деформации легких (ИПД) конструкционных сплавов при динамическом канально-угловом и разноканальном прессовании» посвящена исследованию закономерностей интенсивной пластической деформации образцов из легких сплавов (ВТ1-0 и А1 1560) при динамическом канальном прессовании. Также в работе проведены экспериментальные исследования структуры и механических свойств магниевого сплава Mg2-1 и алюминиевого сплава 1560 до и после обработки с помощью равноканального углового прессования. Анализ поведения материала при канальном прессовании **актуален** для получения материалов с неоднородной ультрамелкозернистой структурой, обеспечивающей одновременно высокую предельную деформацию до разрушения, и предел прочности. На процессы ИПД при обработке влияют режимы прессования. Использование новых схем канального прессования может быть рассмотрено, как один из перспективных способов повышения прочностных свойств металлов и сплавов.

Диссертация включает введение, три главы и заключение, а также содержит список литературы из 188 работ.

**Во введении** диссертации обоснованы цели и задачи исследования, актуальность темы, положения, выносимые на защиту, обоснованность, достоверность, новизна и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** приведен обзор методов численного моделирования интенсивной пластической деформации (ИПД) металлов и сплавов. Описаны методики, базирующиеся на методе сглаженных частиц (SPH) и модифицированных вариантах его реализации. Обоснована необходимость совершенствования методик моделирования ИПД.

**Во второй главе** представлена общая физико-математическая постановка задачи о высокоскоростной деформации упругопластической среды с повреждениями при

интенсивной пластической деформации, а так же результаты моделирования для двух схем динамического канального прессования – равноканального углового и в каналах переменной формы. Разработанная физико-математическая модель, позволяет описывать закономерности пластической деформации и поврежденности легких сплавов при интенсивной пластической деформации в расширенном диапазоне скоростей деформации и температуры. Эволюционные уравнения для внутренних параметров модели механического поведения сплавов учитывают закономерности изменение размеров зерен в ГЦК и ГПУ сплавах при интенсивной пластической деформации.

Представлены результаты моделирования ИПД для титанового сплава ВТ1-0 и алюминий-магниевого сплава 1560. Показано, что для данных схем прессования при различных режимах происходит локализация пластической деформации в объеме прессуемого тела. Установлены параметры режимов прессования, при которых происходит накопление повреждений и разрушение материала.

**В третьей главе** приведены результаты экспериментальных исследований структуры и распределения микротвердости на гранях тел из сплавов Ма2-1 и Al 1560 до и после канального прессования, диаграммы напряжение-деформация при растяжении образцов, вырезанных из тел после РКУП.

**В заключении** к диссертации сформулированы основные выводы по проведенному исследованию.

**Научная новизна** диссертации состоит в разработке и реализации вычислительных моделей и алгоритмов численного описания механического поведения и напряженно-деформированного состояния лёгких сплавов при интенсивной высокоскоростной пластической деформации, а именно:

1. Разработана модель механического поведения легких сплавов в условиях интенсивной пластической деформации, позволяющая учесть влияние на сопротивление деформации и поврежденность материалов изменений структуры в зависимости от температуры и скорости деформации.

2. Получены новые экспериментальные данные об изменении механических свойств и параметров структуры в зависимости от режимов многопроходного равноканального углового прессования магниевого сплава (Ма2-1) и алюминий-магниевого сплава (Al 1560).

3. Получены новые данные о закономерностях развития интенсивных пластических деформаций в модифицированной схеме ИПД (в каналах прессования переменной формы - КППФ), обеспечивающей развитие больших пластических деформаций материала и низкий уровень его повреждений после обработки;

4. Проведен сравнительный анализ параметров напряженно-деформированного состояния материала и эволюции его зеренной структуры при обработке с помощью схем ДКУП и КППФ.

Достоверность полученных результатов и выводов обеспечивается выбором современных методов и средств моделирования поведения материалов, сходимостью численных результатов при выбранных параметрах пространственно-временной дискретизации, хорошим согласованием полученных численных результатов с экспериментальными данными.

Практическая ценность диссертации несомненна. Результаты диссертационной работы использованы при выполнении 3-х грантов РФФИ и 3-х НИР кафедры. Разработанные модели могут использоваться для моделирования динамической пластической деформации в различных схемах канального прессования, при проектировании и оптимизации режимов прессования и технологического оборудования.

По диссертации В.А. Красновейкина необходимо сделать ряд замечаний:

1. Следовало обосновать утверждение о преимуществах предлагаемой схемы КППФ. На мой взгляд, создать систему противодавления при РКУП гораздо проще, чем изготовить матрицу с каналами переменной формы.

2. В диссертации разработана модель и методика моделирования процесса канального прессования для получения объемов сплавов с ультрамелкозернистой структурой. Методика использует численный метод сглаженных частиц. Следовало рассмотреть вопрос о требованиях к размерам дискретных частиц для минимизации влияния численных эффектов на результаты прогноза развития интенсивной пластической деформации в объеме прессуемого тела и оценки измельчения зеренной структуры.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки проделанной работы.

Результаты диссертации опубликованы в 19 печатных работах, включая 3 работы в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Диссертационная работа Красновейкина В.А. является законченным научным исследованием, актуальным для современной механики деформируемого твердого тела. Автореферат соответствует диссертации и полностью отражает ее содержание. Диссертация соответствует специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, физико-математические науки, по области исследования «Математические модели и

численные методы анализа применительно к задачам, не допускающим прямого аналитического исследования».

Считаю, что диссертация «Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов при динамическом канально-угловом и разноканальном прессовании» соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям (Пункт 9), а ее автор Красновейкин Владимир Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент,  
заведующий лабораторией механики  
наноструктур  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт механики Уральского отделения  
Российской Академии наук,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Вахрушев Александр Васильевич

426067, г. Ижевск,  
ул. Т. Барамзиной, 34, к. 102,  
тел. +7(3412) 214583, +79124668029  
e-mail: [vakhrushev-a@yandex.ru](mailto:vakhrushev-a@yandex.ru),  
[postmaster@ntm.udm.ru](mailto:postmaster@ntm.udm.ru),



<http://www.udman.ru>

10.12.2014 г.

Я, Вахрушев Александр Васильевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Красновейкина Владимира Алексеевича, и их дальнейшей обработкой.

Подпись доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией механики наноструктур Вахрушева Александра Васильевича подтверждаю

Ученый секретарь ИМ УрО РАН,

к.ф.-м.н.



А.В. Северюхин