

УТВЕРЖДАЮ
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт механики сплошных сред
Уральского отделения РАН,
академик РАН, профессор,
доктор технических наук

В.П. Матвеевко

«10» декабря 2014 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

– Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук на диссертацию
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

Актуальность темы диссертационной работы

Интерес к исследованию процессов интенсивной пластической деформации легких сплавов связан с потребностями техники в проведении инженерного анализа элементов конструкций из легких сплавов, полученных методами интенсивной пластической деформации, а также решения задач по разработке и оптимизации технологий канального прессования. При решении прикладных задач, востребованы методы и модели, позволяющие адекватно описывать и прогнозировать закономерности механического поведения сплавов при большой пластической деформации, сопровождающихся изменениями в их структуре и физико-механических свойствах. В этой связи, задача описания механического поведения сплавов при канальном прессовании с учетом локализации пластических деформаций в объеме материала имеет высокую актуальность. Решение данной задачи существенно усложняется влиянием скорости и температуры прессования на эволюцию напряженно-деформированного состояния в телах при канальном прессовании.

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертация посвящена развитию численно-аналитического аппарата для прогнозирования поведения лёгких сплавов при динамическом канальном прессовании легких сплавов. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, изложенных на 117 страницах машинописного текста, включая 56 рисунков, 5 таблиц, список литературы из 188 наименований.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования. Определены научные положения, выносимые на защиту, описана их обоснованность, достоверность, новизна и практическая ценность.

В первой главе представлены результаты анализа исследований, посвященных численному моделированию интенсивной пластической деформации (ИПД) металлов и сплавов. Показано, что существующие методики, основанные на сеточных методах, имеют ряд недостатков и ограничений. Также в данной главе обозреваются методики, основанные на бессеточном методе сглаженных частиц (SPH) и его модификациях. Обоснована необходимость создания адекватной модели для описания закономерностей механического поведения легких сплавов в условиях интенсивной пластической деформации, реализуемой в схемах динамического канального прессования.

Во второй главе представлена общая физико-математическая постановка задачи об интенсивной пластической деформации тел при динамическом канальном прессовании, а так же результаты моделирования ИПД для двух схем динамического прессования – канального углового прессования (КУП) и канального прессования переменной формы (КППФ).

Моделирование выполнено для сплавов ВТ1-0 и Al 1560. Показано, что в зависимости от режима прессования по схеме КППФ, в материале образца реализуются зоны локализации деформации. Выявлены режимы, при которых происходит повреждение, разрушение или расплющивание образцов.

В третьей главе диссертации представлены результаты исследований структуры и механических свойств образцов из легких конструкционных сплавов после равноканального углового прессования, включая данные о микротвердости образцов до и после прессования, диаграммы напряжение-деформация при растяжении и сжатии в широком диапазоне скоростей деформации.

В заключении диссертации сформулированы результаты работы и основные выводы по проведенному исследованию.

Основные полученные результаты.

1. Предложена физико-математическая модель, позволяющая описывать закономерности пластической деформации и поврежденности (ГЦК ГПУ) легких сплавов при интенсивной пластической деформации, с учетом скорости деформации, температуры, влияния на сопротивление деформации изменений размеров зерен и накопления повреждений структуры.

2. Получены новые результаты о закономерностях деформационного упрочнения и повреждения легких сплавов при динамическом прессовании по новой схеме прессования, использующей канал эллиптического сечения с переменной ориентацией осей.

Показано, что данная схема прессования, позволяет обеспечить интенсивную пластическую деформацию тела и формирование ультрамелкозернистой структуры в легких сплавах.

3. Получены новые данные о закономерностях пластической деформации и повреждений в объеме прессуемого тела при канальном прессовании в диапазоне скоростей деформации от 200 до 15000 с⁻¹ и диапазоне температуры от 300 К до 473 К, использовании различных схем углового и осевого прессования.

4. Выработаны рекомендации по рациональным формам и геометрическим параметрам каналов в пресс-формах, для режимов динамического прессования.

5. Получены новые данные о влиянии распределения зерен по размерам на механические характеристики легких сплавов Al 1560 и Mg2-1, после канального прессования по схемам ортогонального равноканального углового прессования в условиях квазистатического и динамического нагружения. Показано, что после четырех последовательных проходов при равноканальном прессовании по схеме Вс при 250 °С, сплав Al 1560 увеличивает предельную степень деформации в 1,5 раза при одновременном повышении временного сопротивления на 20 %. После четырех проходов равноканального углового прессования по схеме Вс при 250 °С, у сплава Mg2-1

увеличивается предел текучести на ~ 35 %, временное сопротивление до ~20 %, а предельной степени деформации до разрушения на 30 %.

6. Разработана методика моделирования больших пластических деформаций и развития повреждений при высоких скоростях динамического канального прессования легких сплавов в широком диапазоне скоростей с использованием метода сглаженных частиц (SPH).

Научная новизна работы

Научная новизна результатов диссертации заключается в разработке и реализации вычислительных моделей и алгоритмов численного описания механического поведения и напряженно-деформированного состояния лёгких сплавов при интенсивной высокоскоростной пластической деформации, получении новых данных о свойствах алюминиевого сплава 1560 и магниевого сплава Ма2-1 после канального прессования.

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

Новые экспериментальные данные свидетельствуют о влиянии режимов многопроходного равноканального углового прессования на механические свойства магниевого сплава (Ма2-1) и алюминий-магниевого сплава (Al 1560).

Новые данные о закономерностях развития интенсивных пластических деформаций в Каналах Прессования Переменной Формы – КППФ свидетельствуют о возможности реализации больших пластических деформаций в материале при низком уровне повреждений в процессе прессования.

Обоснованность и достоверность результатов работы

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

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования

Результаты выполненных исследований могут быть использованы для проектирования режимов обработки сплавов методами ДКУП и КППФ, а также прогнозирования механических свойств легких сплавов после обработки методами ИПД.

Результаты были получены в результате выполнения в Национальном исследовательском Томском государственном университете трех проектов ФЦП, проекта РФФИ и трех НИР в рамках бюджетных субсидий на научные исследования.

Диссертационная работа В.А. Красновойкина является законченной квалификационной работой, содержащей решение задачи о механическом поведении легких сплавов в условиях интенсивной пластической деформации при динамическом канальном прессовании, имеющей существенное значение развития механики деформируемого твердого тела.

В работе с помощью методов численного моделирования проведено исследование особенностей интенсивной пластической деформации в динамике при канальном прессовании по двум схемам – ДКУП и КППФ. Показаны возможности равномерного деформирования легких сплавов по данным схемам.

Полученные результаты соответствуют областям исследований механики деформируемого твердого тела.

- 1) Содержательная часть диссертации, полученные результаты соответствуют специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. (п. 8 паспорта специальности).
- 2) Диссертация соответствует отрасли «физико-математические науки».

Выдвигаемые автором научные положения, сделанные выводы и рекомендации научно обоснованы, а представленные результаты достоверны, что обеспечивается корректным использованием современных представлений о физических процессах и соответствующих математических моделей, применением передовых экспериментальных методик и аппаратуры, согласием теоретических предсказаний с экспериментальными данными автора и других исследовательских групп.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация не свободна от недостатков:

1. Следовало подробно обсудить границы применимости предлагаемой модели для описания закономерностей пластической деформации, развития локализации интенсивной пластической деформации и повреждений в исследованных легких сплавах при динамическом канальном прессовании. Модель апробирована лишь для определенных условий динамического прессования сплавов алюминия и магния (диапазонах температуры, скоростей деформации при прессовании) и ее применение для получения прогнозов прессования других легких сплавов на основе титана, бериллия было бы целесообразно обосновать.

2. В работе следовало бы провести подробный анализ полученных при моделировании теоретических результатов с полученными диссертантом экспериментальными данными и данными других исследовательских групп на аналогичных материалах.

3. Следовало бы привести данные о влиянии трения между прессуемым телом и стенками каналов на характер развития деформации в теле в условиях высокоскоростного прессования. Подобные данные представляют большой практический интерес, но в диссертации не получили подробного изложения.

4. Работа, несомненно, выиграла, если бы было проведено сопоставление полученных теоретических прогнозов распределения структурных изменений в динамически прессуемых телах с экспериментальными данными.

Заключение

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки проделанной работы.

Диссертация Красновейкина Владимира Алексеевича «Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов при динамическом канально-угловом и разноканальном прессовании» является законченной научной квалификационной работой, выполненной на высоком научном и техническом уровне.

Основные результаты диссертации прошли апробацию на российских и международных конференциях. Результаты диссертации опубликованы в 19 печатных работах, в том числе в 3 статьях 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.

Результаты диссертационной работы В.А. Красновейкина могут представлять интерес в исследованиях процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов в учреждениях РАН, вузах РФ, институтах РФЯЦ, таких как Институт проблем химической физики РАН, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова, Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Нижегородский государственный университет (НИ), Национальный исследовательский Томский политехнический университет, НИТУ Московский институт стали и сплавов, РФЯЦ ВНИИ ТФ, РФЯЦ ВНИИ ЭФ и др. российских и зарубежных организаций.

В целом диссертация «Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов при динамическом канально-угловом и разноканальном прессовании», по содержанию, объему выполненных исследований, новизне, научной и практической значимости результатов соответствует требованиям к кандидатским диссертациям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842, (П. 9), а ее автор, Красновейкин Владимир Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на научном семинаре ИМСС УрО РАН (протокол № 15/14 от 6 ноября 2014 г.) и утвержден на заседании ученого совета (протокол № 10-14 от 25 ноября 2014 г.).

Заведующий лабораторией
физических основ прочности
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт механики сплошных сред
Уральского отделения
Российской академии наук
доктор физико-математических наук, профессор

Наймарк Олег Борисович

614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1
(342) 237-84-61,
mvp@icmm.ru, www.icmm.ru
naimark@icmm.ru

