

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Москвичева Евгения Николаевича
«Механические свойства и структура алюминиевых и магниевых сплавов,
обработанных методом циклического рифления при прессовании»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Актуальность. Работа Москвичева Е.Н. посвящена исследованию закономерностей деформирования конструкционных сплавов, обладающих различными типами кристаллических решеток, в зависимости от их структурного состояния. В работе исследуются вопросы установления закономерностей формирования характеристик механических свойств отечественных марок листового проката алюминиевых и магниевых сплавов в результате циклического рифления при прессовании, изучения их деформации и разрушения в зависимости от структурного состояния. Известно, что обработка металлов и сплавов методами интенсивной пластической деформацией за счет изменения их внутренней структуры позволяет существенно повысить прочностные свойства. С этой точки зрения тематика диссертации Москвичева Е.Н. является весьма актуальной.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы из 199 наименований. Диссертация изложена на 107 страницах машинописного текста, включая 49 рисунков и 5 таблиц.

Во введении приведено обоснование актуальности работы, сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту, обоснованность и достоверность результатов и выводов.

Первая глава посвящена описанию экспериментальной методики циклического рифления при прессовании. Описаны режимы обработки алюминиевого сплава 1560 и методы исследования его структуры и механических свойств. Приведены результаты механических испытаний и результаты исследований внутренней структуры сплава.

Показано, что после четырех циклов рифления при прессовании в алюминиевом сплаве формируются две моды зеренной структуры: крупные зерна, которые ориентируются в направлении деформации формы, и скопления зерен микронных размеров. Установлено, что достигнутое изменение зеренной структуры материала по сравнению с исходной структурой обеспечивает увеличение условного предела текучести и временного сопротивления разрушению соответственно в 1,4 и в 1,5 раза в сравнении с исходными значениями. При этом в 2,8 раза увеличивается микротвердость рассматриваемого алюминиевого сплава.

Во второй главе приведено описание экспериментальных методик повышения прочностных свойств магниевых сплавов, достигаемого за счет применения методов интенсивной пластической деформации. Дано описание

режима обработки листового проката магниевого сплава МА8 системы Mg-Mn-Сe, приведено описание методик исследования зеренной структуры и кристаллографической текстуры материала, а также методик исследования механических характеристик.

Представлены результаты структурных исследований и механических испытаний. Показано, что после трех циклов циклического рифления при прессовании в магниевом сплаве средний размер зерна уменьшается более чем в 3 раза, что обеспечивает увеличение условного предела текучести в 1,3 раза, а временного сопротивления разрушению – в 1,17 раза. Микротвердость сплава при этом увеличивается в 1,125 раза.

Третья глава посвящена математическому моделированию поведения алюминиевого сплава в процессе циклического рифления при прессовании. Рассмотрена динамическая постановка упругопластической задачи с краевыми условиями, моделирующими процесс циклического рифления. Собственно рифление представляет собой первую фазу обработки образца, в то время как вторая фаза представляет собой стадию выпрямления. Выбрана математическая модель с учетом параметра поврежденности. Приращения пластических деформаций описаны в рамках ассоциированного закона теории пластического течения. Поверхность текучести задана с использованием модели Джонсона-Кука с учетом влияния температуры.

Решение задачи осуществлялось численно с привлечением программного обеспечения ANSYS. В результате численного моделирования показано, что наибольшее значение накопленной пластической деформации как в фазе рифления, так и в фазе выпрямления, реализуется в зонах сдвига. Установлено, что рост поврежденности в ходе полуцикла циклического рифления при прессовании наблюдается в зоне растягивающих напряжений (области выступов пресс-формы). Приведены эпюры накопленной пластической деформации и параметра поврежденности на различных стадиях процесса деформирования.

В заключении приведены основные научные результаты диссертационной работы.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования обеспечивается применением апробированных экспериментальных методик, сертифицированного оборудования и лицензионного программного обеспечения, выбором современных методов численного моделирования, корректностью постановок краевых задач, согласованностью полученных в работе численных и экспериментальных результатов, а также согласованностью результатов работы с данными литературных источников.

Научная новизна полученных результатов.

В ходе выполнения диссертационной работы автором были получены новые научные результаты о механическом поведении листового проката отечественных марок алюминиевых и магниевых сплавов в зависимости от состояния их внутренней структуры. Впервые были установлены режимы

циклического рифления при прессовании для обработки листового проката отечественных марок, позволившие получить мелкозернистую структуру.

В результате численного моделирования были изучены закономерности процесса интенсивной пластической деформации и локализации повреждений тонколистового проката в процессе циклического рифления при прессовании. К наиболее важным результатам, полученным в диссертационной работе, можно отнести следующие:

1. Получены новые экспериментальные данные о механическом поведении листового проката алюминиевого сплава 1560 и магниевого сплава МА8, обработанных методом циклического рифления при прессовании.

2. В результате обработки образцов алюминиевого сплава 1560 и магниевого сплава МА8 методами интенсивной пластической деформации (циклическое рифление при прессовании) получены новые улучшенные прочностные характеристики указанных сплавов. Установлены параметры циклического рифления при прессовании, обеспечивающие достижение улучшенных прочностных свойств.

3. С использованием численного моделирования процесса циклического рифления при прессовании сплавов установлены закономерности эволюции очагов интенсивной пластической деформации, накопления повреждений и формирования макроскопического разрушения в зависимости от условий деформирования.

Значимость диссертационной работы для науки и практики.

Полученные в диссертационной работе фундаментальные результаты о влиянии структурных изменений, привнесенных вследствие реализации в материале интенсивной пластической деформации, на механические свойства листового проката алюминиевых и магниевых сплавов дополняют известные представления о закономерностях пластической деформации и разрушения ГЦК и ГПУ материалов.

Установленные закономерности о влиянии параметров зеренной структуры и кристаллографической текстуры на механические характеристики материала и особенности его механического поведения представляют интерес для промышленного применения в части создания листового проката с улучшенными механическими свойствами.

Полученные данные могут быть использованы при решении прикладных задач, включая выполнение инженерного и прочностного анализа при проектировании деталей и конструкций из листового проката легких алюминиевых и магниевых сплавов с повышенными прочностными свойствами.

Данные численного моделирования могут быть использованы для проектирования режимов обработки листового проката методом циклического рифления при прессовании, а также прогнозирования механических свойств легких сплавов после обработки методами интенсивной пластической деформации.

По работе имеются следующие **замечания:**

1. В работе сказано, что равномерное распределение накопленной деформации по всему объему рассматриваемой заготовки достигается за счет ее смещения при последующих циклах рифления. При этом не указан шаг такого смещения. Кроме того, проведенный численный анализ при одном цикле рифления показывает, что пластическая деформация накапливается весьма неравномерно не только по ширине зоны рифления, но и по толщине заготовки. В этом случае равномерность распределения деформации по всему объему заготовки даже при малом шаге сдвига вызывает сомнения.
2. При анализе сходимости результатов расчетов методом конечных элементов (стр. 71) не очень ясно сформулирован критерий сходимости. Из приведенной табл. 5 следует, что при числе конечных элементов (КЭ) 18913 расчетные значения эквивалентных деформации и напряжения соответственно составили 0,73206 и 400,71 МПа, а, например, для числа КЭ 13513 – они составили соответственно 0,72407 и 399,8 МПа. В приведенных примерах полученные величины достаточно близки, отличие по деформациям составляет около 1%, а по напряжениям – 0,22%. При этом очевидно, что при использовании меньшего числа КЭ время расчета уменьшается. Неясно, почему в работе сделан выбор в пользу первого из описанных вариантов.
3. В формуле (3.11) на стр. 67, по-видимому, вместо скорости деформации $\dot{\varepsilon}_{ij}$ должна быть скорость пластической деформации $\dot{\varepsilon}_{ij}^p$.
4. Выражение (3.21) (стр. 68) задает начальное значение температуры в расчетах T^0 , однако, при проведении численных расчетов не сказано, чему равна эта температура.

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертации.

Квалификационная оценка работы.

Диссертация представляет собой законченную научную квалификационную работу, в которой предложены методы экспериментального и численного исследования процесса рифления при прессовании алюминиевых и магниевых сплавов. Полученные в диссертации результаты являются новыми. Работа имеет практическую значимость. Диссертация оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями, автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационного исследования Москвичева Е.Н. позволяют заключить, что в работе решена задача, имеющая существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела в части исследования влияния интенсивной пластической деформации на изменение механических характеристик алюминиевых и магниевых сплавов за счет изменения внутренней зеренной структуры материала. Тема диссертации Москвичева Е.Н. соответствует п. 1 и п. 9 паспорта специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Основные результаты диссертации опубликованы в 30 работах, в том числе 3 статьях в журналах, включенных в Перечень ВАК, где должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Заключение:

Диссертационная работа Москвичева Евгения Николаевича соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в ред. от 01.10.2018), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент:

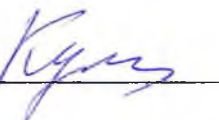
Главный научный сотрудник лаборатории механики деформируемого твердого тела и сыпучих сред Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения российской академии наук, доктор физико-математических наук (01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела), старший научный сотрудник



Лавриков Сергей Владимирович

29 ноября 2019 года

Подпись С.В. Лаврикова удостоверяю
Ученый секретарь ИГД СО РАН
к.т.н.



А.П. Хмелинин

Данные об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения российской академии наук

630091, Новосибирск, пр. Красный, 54,

Тел: +7(383)2053030;

admin@misd.nsc.ru; <http://www.misd.ru/>