

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Замараевой Ю.В.

«Анализ приемов обработки, повышающих уровень сжимающих напряжений в процессах холодной осадки и прессования магния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. – Обработка металлов давлением

Актуальность темы диссертационного исследования

Изделия из магния и его сплавов, за счет их низкой плотности и высокой удельной прочности нашли широкое применение при производстве продукции транспортного и авиационного назначения, модуль упругости примерно равный модулю упругости человеческой кости сделал магний и его сплавы перспективными материалами в медицинской промышленности, кроме того данный металл активно применяется в нефтяной промышленности, что обосновано высокой скоростью растворения в ионах хлора и других галогенов. Также следует отметить низкую пластичность магния при комнатной температуре, вызванную его гексагональной плотноупакованной кристаллической решеткой. Повышения уровня пластических свойств достигают в основном за счет повышения температуры. Вместе с тем горячая деформация данного металла влечет за собой ряд недостатков, а именно – при нагреве магний в отличие от алюминия склонен к газонасыщению и потере механических свойств. Таким образом, определение рациональных параметров холодной деформации магния является **актуальной** задачей.

Структура и основное содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и одного приложения. Текст диссертации изложен на 159 страницах машинописного текста, содержит 77 рисунков и 9 таблиц. Список литературы включает 173 наименований.

Во **введении** сформулированы цели и задачи диссертации, обоснована актуальность темы исследования, показаны теоретическая и практическая значимость работы.

В **первой главе** приведен анализ литературных источников. В главе рассмотрены свойства магния, в том числе отмечена его низкая плотность, биосовместимость и биоразлагаемость, а также высокая скорость растворения в жидких средах, содержащих ионы хлора и других галогенов. Приведены

сферы применения магния и его сплавов, а также особенности и способы деформации. Описаны программные комплексы, применяемые в данной работе для моделирования процессов холодной деформации магния.

В целом данная глава дает широкое представление о накопленных данных и направлении предстоящего исследования. На основании проведенного анализа литературных данных сформулирована цель и основные задачи работы.

Во **второй главе** исследование посвящено влиянию бокового подпора на пластичность магния при холодной осадке, в частности посредством моделирования осуществлена оценка напряженно-деформированного состояния при осадке магниевой цилиндрической заготовки в медной оболочке и при ее отсутствии, определены показатели напряженного состояния в наиболее выпуклой части боковой поверхности заготовки. Моделирование осуществлено на базе проведенных экспериментов. Кроме того, предложены приемы сборки композиционной заготовки для осадки цилиндрической магниевой заготовки в медном пояске. Также проведено исследование процесса осадки цилиндрической магниевой заготовки в медной оболочке без ее обжата, в том числе осуществлены расчеты показателя напряженного состояния и коэффициента Лоде по объему заготовки, по результатам которых определены опасные зоны с позиции разрушения.

В **третьей главе** осуществлено исследование углового прессования магния при комнатной температуре. Посредством анализа напряженно-деформированного состояния и свойств полосы, полученной методом неравноканального углового прессования при комнатной температуре выявлена неравномерность деформации, возникающая в поперечном сечении прямоугольной полосы. Установлено, что наибольшую степень деформации получает металл в кромках полосы, а также в области, примыкающей в верхней поверхности. Этот вывод подтвержден результатами измерения твердости полосы, полученной в условиях реального эксперимента.

Разработана схема многоканального углового прессования с повышенными коэффициентами вытяжек, применение которой позволит получать заготовки равноосного сечения, в том числе круглого, квадратного и иных сечений, при этом за счет применения нескольких каналов увеличено количество получаемого продукта, кроме того возможно снижение напряжений и усилий прессования по отношению к одноканальному варианту прессования.

В **четвертой главе** посредством моделирования приведено исследование напряженно-деформированного состояния при испытании магниевого шара, расположенного на кольцевой опоре и нагруженного гидростатическим

давлением, по результатам которого выявлены опасные зоны шара с позиции разрушения.

Предложен способ изготовления шарового элемента клапана для буровых скважин, включающий изготовление оболочки из деградируемого материала, например, магния или магниевых сплавов, и заполнение оболочки недеградируемым материалом, например, сталью. При применении этого способа становится возможным утяжеление шарового элемента клапана, так как полость магниевой сферы заполнена компактной средой из стали. Дополнительным преимуществом предлагаемого способа является наличие напряжений подпора со стороны стального шара при пластическом формоизменении магниевой оболочки.

Математическое описание формоизменения магния в процессе обратного выдавливания стакана из сплошной заготовки показало, что определяющими параметрами для успешного осуществления процесса являются: уровень напряжений, возникающих в инструменте, уровень пластических деформаций в обрабатываемом металле, разогрев металла за счет энергии деформации, форма переднего торца пуансона. Опасная зона с позиции разрушения лежит в области перехода зоны деформации к зоне свободной поверхности. Автором показано, что снижения рабочих напряжений в процессе обратного выдавливания можно достичь, применяя пуансоны со сферическим торцом, а также применяя калибрующие пояски, выполненные на торце пуансона. Однако при этом выявлена опасность потери устойчивости стенки на выходе из очага деформации в виде гофрообразования. Установлено, что для предотвращения этого явления нельзя использовать калибрующие пояски слишком малой длины. Кроме того, выявлено, что в процессе обратного выдавливания с противодействием его величина зависит от относительной толщины вспомогательной втулки, прочностных свойств материала втулки и показателя трения.

В разделе «**Заключение**» представлены основные результаты в форме десяти выводов.

Научная новизна диссертационной работы

Все научные выводы диссертации обоснованы, апробированы и опубликованы. Несмотря на достаточно большое количество работ в области исследований холодной деформации магния, автору диссертации удалось дополнить и расширить тематику исследований и получить в процессе выполнения диссертационной работы новые результаты. Среди них можно выделить следующие:

1. Исследовано влияние оболочек различных форм и размеров на напряженно-деформированное состояние при холодной кузнечной осадке, в том числе разработаны композиционные заготовки для кузнечной осадки, где оболочка имеет профиль равнобедренного треугольника и форму кругового сегмента. Применение таких оболочек позволит упростить операцию разделения композиционной заготовки на цилиндр и оболочку, применяя простой метод разделения – выпрессовывание.

2. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния при неравноканальном угловом прессовании магниевой полосы, сделан вывод о неравномерности распределения деформации полосы в поперечном сечении, что подтверждено измерениями твердости. Дана рекомендация учитывать эту неравномерность при дальнейшей прокатке полосы.

3. Разработана схема неравноканального углового многониточного прессования магния, позволяющая получать данным методом заготовки не только плоского поперечного сечения, а также круглого, квадратного и других сечений.

3. Сделано заключение о распределении деформаций и напряжений при нагружении в тестовых испытаниях магниевого шара как саморастворяющегося элемента запорной арматуры скважины для нефтегазодобычи, определены опасные зоны шара с позиции разрушения.

Достоверность результатов диссертации

Результаты диссертации Ю.В. Замараевой в экспериментальной части подтверждены применением современных средств измерений и методов статистической обработки полученных данных, сравнением с известными аналогами из технической литературы. В теоретической части – экспериментальной проверкой результатов вычислительного эксперимента. Это дает полное основание считать их **достоверными**.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении связей между видами и параметрами холодной деформации магния, приводящими к созданию условий получения заданных продуктов.

Практическая значимость работы состоит в создании приемов сборки композиционных заготовок для холодной осадки магния, в разработке новых устройств и способов холодной деформации магния, что подтверждается актом внедрения ИФМ УрО РАН.

Оформление диссертации. Публикации по работе

Диссертация написана грамотным техническим языком с использованием общепринятых терминов исследуемых предметных областей, аккуратно и правильно оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11 – 2011.

Основные результаты работы опубликованы в 19 научных публикациях, в том числе 5 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, 4 статьи проиндексированы международными базами Scopus и Web of Science. Также по результатам работы получен патент.

Автореферат также соответствует установленным требованиям и отражает основное содержание диссертации.

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В качестве способа для увеличения показателя напряженного состояния в магниевой заготовке в процессе ее кузнечной осадки в медной оболочке, а также для ликвидации зазора между заготовкой и оболочкой предложено увеличивать отношение толщины оболочки к диаметру заготовки. При этом другие способы не рассмотрены, например, поиск и применение наиболее эффективных смазок, которые могли бы решить проблему бочкообразования, или увеличение сопротивления деформации материала оболочки, что можно обеспечить заменой меди на материал с высоким значением σ_s или предварительной нагартовкой материала оболочки.

2. Почему допускаемое напряжение в процессе обратного выдавливания назначено на уровне 1500 МПа?

3. Почему в работе было решено ограничиться исследованием формоизменения заготовок только из магния марки Mg90 и не рассматривать другие марки магния или его сплавов?

4. В работе оценивается уровень напряжений сжатия в различных схемах деформации, но при этом не оценивается его влияние на структуру металла, которая существенным образом определяет механические свойства изделий из магния.

Указанные замечания не затрагивают основных положений, вынесенных автором на защиту и не сказываются на общей положительной оценке диссертационной работы.

Заключение по работе

Диссертационная работа Замараевой Ю.В. «Анализ приемов обработки, повышающих уровень сжимающих напряжений в процессах холодной осадки

и прессования магния» соответствует научной специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением. Работа полностью удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ.

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, связанную с определением рациональных параметров холодной деформации магния с применением приемов, повышающих уровень сжимающих напряжений, а ее автор, Замараева Юлия Валентиновна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент,
руководитель отдела «Материаловедение»
Общество с ограниченной ответственностью
научно-производственное предприятие
«Учебная техника – Профи»

Радионова
Людмила Владимировна

Дата подписания отзыва: «25» апреля 2022 г.

ООО НПП «Учтех – Профи»,
454080, Россия, г. Челябинск, ул. Коммуны, д. 147
тел.: +7 (351) 729-91-11,
моб. тел.: +79512319332
E-mail: radionovalv@rambler.ru

Подпись официального оппонента
Л.В. Радионовой заверяю



Директор, к.т.н
Зайнагетдинов