

ОТЗЫВ

официального оппонента Сидельникова Сергея Борисовича
на диссертацию Замараевой Юлии Валентиновны
«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.

1. Актуальность

Магний и его сплавы широко применяются для изготовления конструкционных материалов и материалов со специальными физическими свойствами, а также для других целей (получения новых сплавов, легирования и т.п.). Это обусловлено их свойствами, такими как малая плотность в сочетании с достаточно высокими прочностными характеристиками, технологичность при обработке давлением и свариваемость. Одним из практических применений магния в нефтяной промышленности является производство шаров, выполняющих роль клапанов, временно запирающих скважины и саморастворяющихся под воздействием бурильных растворов. Поэтому одной из актуальных задач в настоящее время является разработка технологий получения конструкционных материалов из магния за счет использования приемов, повышающих его пластичность при обработке давлением. Реализация таких технологий связана с проведением комплексных исследований новых способов холодной деформации магния, где увеличение пластичности достигается за счет повышенного уровня сжимающих напряжений при его деформации.

Актуальность работы также подтверждается тем, что исследования проводились в рамках выполнения научно-исследовательских работ в ИФМ УрО РАН при финансовой поддержке РФФИ по научному проекту № 20-38-90051.

2. Структура и объем диссертации

Работа изложена на 159 страницах машинописного текста, включает введение, 4 главы, список литературы из 173 наименований и одно приложение.

Во введении показана актуальность данного исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе приведен обзор известных способов холодной деформации магния и его сплавов, в частности рассмотрены существующие

приемы повышения пластичности, их преимущества и недостатки. Также в этой главе рассмотрены программные продукты, использованные в данном исследовании. Проведенный анализ позволил автору определить основные проблемы, подлежащие решению, сделать выводы и сформулировать цель и задачи исследования.

Во второй главе выполнено исследование влияния бокового подпора на пластичность магния при холодной осадке посредством компьютерного моделирования в программном комплексе DEFORM-2D. Автором выявлено влияние отношения толщины стенки оболочки к диаметру заготовки на величину показателя напряженного состояния в процессе осадки магниевой цилиндрической заготовки в оболочках различного вида. Определено значение показателя напряженного состояния, при котором в процессе холодной осадки в условиях реального эксперимента происходит разрушение боковой поверхности магниевой заготовки, определено значение показателя напряженного состояния, при котором в процессе холодной осадки магниевой заготовки в медной оболочке в условиях реального эксперимента обеспечивается относительное обжатие на уровне 49 % без разрушения заготовки. Разработаны композиционные заготовки, включающие в себя короткие медные оболочки треугольного сечения и сечения в виде кругового сегмента. Применение таких оболочек ведет к получению образующей цилиндрической заготовки близкой к прямой линии, и, как следствие, к применению простого метода разделения осаженной сборки на цилиндр и оболочку в виде выпрессовывания. В процессе осадки магниевой заготовки в медной оболочке без ее обжатия выявлено повышение показателя напряженного состояния по модулю в 2...5 раз при сравнении его с показателем напряженного состояния при обычной осадке. При этом в сечении заготовки в месте контакта с облойкой имеется зона с коэффициентом Лоде, близким к нулю, где могут возникнуть трещины при деформации металла.

В третьей главе в программном комплексе DEFORM-3D выполнено компьютерное моделирование процесса углового прессования (НРКУП) магния при комнатной температуре. Результаты моделирования процесса НРКУП позволили оценить неравномерность деформации, возникающую в поперечном сечении прямоугольной полосы. Выявлено, что наибольшую степень деформации получает металл на кромках полосы, а также в области, примыкающей в ее верхней поверхности. Увеличение степени деформации в области, примыкающего к нижней поверхности полосы может достигать 24%. Этот вывод подтвержден результатами измерения твердости полосы, полученной в условиях реального эксперимента. Кроме того, разработано устройство для углового многоканального прессования, имеющее широкие

технологические возможности за счет возможности получения не только плоских заготовок, а также заготовок равноосного сечения, в том числе круглого, квадратного и иных сечений, при этом за счет применения нескольких каналов увеличивается количество получаемого продукта, кроме того возможно снижение напряжений и усилий прессования по отношению к одноканальному варианту прессования.

В четвертой главе с помощью комплекса DEFORM выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния шара из магния, выявлены опасные зоны: периферийные зоны, где возможно появление трещин из-за повышенных и локализованных пластических деформаций; центральная зона, где возможно появление растягивающих средних нормальных напряжений. Рассмотрено напряженное состояние шара из пористого материала, подвергнутого гидростатическому сжатию. Выявлено, что в такой схеме напряженного состояния эквивалентные напряжения равны нулю. Деформированное состояние описывается линейной зависимостью перемещений от радиальной координаты.

С помощью программного комплекса ABAQUS выполнено моделирование процесса уплотнения шара из магния, обладающего относительной начальной пористостью 10%. Установлено, что поле объемных деформаций и относительной плотности однородно и не зависит от координат.

Разработан способ изготовления шарового элемента клапана для буровых скважин, включающий изготовление оболочки деградируемого материала (магния или магниевое сплава), и заполнение оболочки другим (недеградируемым) материалом, например, сталью. При применении этого способа становится возможным утяжеление шарового элемента клапана, в отличие от шара, полностью изготовленного из деградируемого материала, или оболочки из деградируемого материала, заполненной сыпучим материалом.

Автором проведено исследование формоизменения металла в процессе обратного выдавливания стакана из сплошной магниевой заготовки и для успешного осуществления процесса определены следующие параметры: уровень напряжений, возникающих в инструменте, уровень пластических деформаций в обрабатываемом металле, разогрев металла за счет энергии деформации, форма переднего торца пуансона. Исследования, проведенные автором, показали, что опасная зона, где возможно разрушение, находится в области перехода зоны деформации к зоне свободной поверхности. Снижения рабочих напряжений 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 с образованием гофр. Установлено, что для предотвращения этого явления, необходимо использовать калибрующие пояски заданной длины.

Кроме того, в данной главе рассмотрена схема обратного выдавливания с противодавлением, позволяющим повысить величину напряжений сжатия, что приводит к повышению пластических свойств металла. Противодавление создано за счет применения втулки, перекрывающей зазор между боковой поверхностью пуансона и стенкой контейнера. Установлено, что величина противодавления зависит от относительной толщины вспомогательной втулки, прочностных свойств материала втулки и показателя трения.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные на основании решения комплекса задач, поставленных в работе при выполнении исследований.

В приложении для подтверждения практической значимости диссертационной работы приведен акт внедрения результатов исследований в Институте физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает ее основные положения.

3. Научная новизна

На наш взгляд в качестве научной новизны можно выделить следующее:

- установлены закономерности изменения напряжений сжатия при осадке магниевой заготовки из сплава Mg90 в медной оболочке в зависимости от высоты, толщины и формы стенки оболочки, а также от геометрических параметров заготовки;

- с применением программного комплекса DEFORM-3D проведена оценка неравномерности распределения степени деформации по сечению полосы, полученной методом неравноканального углового прессования, что подтверждено экспериментальными результатами измерения твердости;

- путем моделирования выявлены опасные зоны с позиции разрушения магниевого шара из сплава Mg90 (саморастворяющегося элемента запорной арматуры скважины для нефтегазодобычи) при нагружении;

- установлены закономерности изменения параметров процесса обратного выдавливания тонкостенного магниевого стакана, а также определены приемы, применение которых позволит снизить его энергосиловые параметры.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость работы заключается в установлении зависимостей характеристик напряженно-деформированного состояния металла от параметров инструмента и заготовок при реализации различных деформационных способов холодной деформации магния и его сплавов.

Практическая значимость работы состоит в усовершенствовании и разработке новых устройств и способов холодной деформации магния, что подтверждается актом внедрения ИФМ УрО РАН.

5. Апробация работы и публикация основных результатов

Материалы исследования достаточно апробированы на научно-технических конференциях различного уровня и опубликованы в научной печати. Основные результаты исследований опубликованы в 19 научных работах, в том числе 5 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 4 статьях, проиндексированных в международных базах Scopus и Web of Science. Отдельно следует отметить, что по результатам исследований получен патент РФ.

6. Замечания и вопросы по работе

1. Из автореферата и диссертации не совсем ясно, что объединяет приведенные в них исследования различных процессов обработки металла и какова логика подхода к их выбору. Если это практическое использование результатов исследований, то они касаются лишь способов получения шаров из магниевых сплавов. Если теоретическое – то необходимо было, на наш взгляд, более точно сформулировать для каких целей эти исследования проводились.

2. Для исследований процесса холодной осадки магниевой цилиндрической заготовки в оболочках различных видов (глава 2 диссертации) не рассмотрено влияние коэффициента трения. Это очень важно, так как известно, что формоизменение и напряженно-деформированное состояние металла при осадке в значительной мере зависит от контактного трения и влияет на вероятность разрушения поковок, особенно в случае, когда осадка заготовки из основного металла производится в оболочке.

3. Не совсем обосновано применение различных программных комплексов для моделирования исследуемых процессов деформации металла (DEFORM-2D, DEFORM-3D, ABAQUS), при этом, почему-то для одних и тех же целей (моделирование напряженно-деформированного состояния металла) применяются пакеты 2D и 3D моделирования.

4. В работе не представлены диаграммы пластичности, несмотря на то, что такие данные обладают научной новизной и характеризуют уровень результатов исследований, направленных на повышение пластичности изделий из сплавов магния.

5. В диссертации, кроме раздела по изучению процесса обратного выдавливания металла, не приведены силовые параметры остальных процессов, которые безусловно важны для проектирования технологических процессов и выбора оборудования.

6. Важным параметром состояния изделий ответственного назначения, влияющим на качество изделий при деформации, является структурное и фазовое состояние материалов, а также их физико-механические свойства. Влияние данного фактора на технологические параметры процессов обработки металла, к сожалению, в диссертации не нашло отражения.

7. В диссертации автором указано, что «... разработано устройство для углового многоканального прессования, имеющее широкие технологические возможности за счет возможности получения не только плоских заготовок, а также заготовок равноосного сечения, в том числе круглого, квадратного и иных сечений», однако ссылка на подготовленную заявку или полученный патент на изобретение отсутствует.

Указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости работы и полученных в диссертации результатов исследований, при этом некоторые из замечаний носят дискуссионный характер.

7. Заключение по работе

1. Диссертация Замараевой Юлии Валентиновны, содержит научную новизну, обладает практической и теоретической значимостью и является законченной научно-квалификационной работой. Материалы диссертации достоверны, достаточно апробированы и опубликованы в научной печати.

2. Основные результаты исследований Замараевой Ю.В. направлены на создание комплекса технических и технологических решений по созданию эффективных способов обработки магния и его сплавов, их научным обоснованием и использованием, что, безусловно, имеет важное хозяйственное значение для всей экономики Российской Федерации.

3. 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, полностью удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, Замараева Юлия Валентиновна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением.

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Замараевой Юлии Валентиновны и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Обработка металлов давлением» института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель РФ

Сидельников Сергей Борисович

Дата подписания отзыва: « 21 » 04 2022 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», 660025, г. Красноярск, пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, ауд. 208, тел.: +7 (391) 206-37-31, e-mail: sbs270359@yandex.ru

