

На правах рукописи

С.А.Семин

Астрашабов Игорь Олегович

**РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ
СПЛАВОВ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ШТАМПОВКИ
КРУГЛЫХ В ПЛАНЕ ПОКОВОК**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание

степени магистра по направлению **Металлургия (150400.68)**

магистерская программа – **Обработка давлением металлов и сплавов
(150400.68.03)**

Красноярск 2014

Работа выполнена на кафедре обработки металлов давлением Института цветных металлов и материаловедения Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент Константинов Игорь Лазаревич

Рецензент:

Чернов С. В., менеджер технологической группы по штамповкам отдела главного технолога ООО КраМЗ

Защита диссертации состоится «9» июля 2014 г. в 9:00 часов в ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» по адресу:
660025, г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, 95, ауд. 104 л.

С авторефератом магистерской диссертации можно ознакомиться на сайте СФУ <http://edu.sfu-kras.ru/engineering> и в архиве открытого доступа: <http://elib.sfu-kras.ru>

Руководитель магистерской программы:

доктор технических наук,
профессор



С. Б. Сидельников

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Алюминиевые деформируемые сплавы широко используются в промышленности в качестве конструкционного материала, и одним из основных способов получения заготовок для деталей из этих сплавов является такой вид обработки металлов давлением (ОМД), как горячая объемная штамповка. Благодаря высокой пластичности алюминиевых сплавов штампованные поковки могут иметь сложную форму с резкими переходами сечения и такими элементами, как ребра жесткости, рифты, борта и т.д. Но усложнение формы ведет к усложнению технологии штамповки и поэтому получение поволок сложной формы требует тщательной разработки технологических процессов, в которых можно применять разные виды штампов, варьировать количеством переходов, режимами деформации и т.д. Одними из пунктов затрат являются процедуры освоения технологий, запуск оборудования, его опробование и т.д., но исследования и эксперименты в реальном производстве имеют следующие недостатки:

- большие энергозатраты и риск получения некачественной продукции;
- невозможность или высокая стоимость изменения параметров процесса в широких диапазонах;
- вероятность аварии и поломки оборудования и др.

В связи с этим использование моделирования при разработке технологических процессов горячей объемной штамповки следует считать актуальным, т.к. позволяет снизить затраты на эту процедуру и сделать ее оптимальной.

Данная диссертация выполнена в рамках договора о сотрудничестве между Сибирским федеральным университетом и ОАО Красноярский металлургический завод.

Предмет исследования – совершенствование режимов горячей деформации объемных полуфабрикатов из алюминиевых деформируемых сплавов.

Цель работы: совершенствование режимов горячей обработки алюминиевых сплавов, и разработка компьютерного программного обеспечения для сопровождения технологий производства горячештампованных полуфабрикатов.

Для ее достижения решаются следующие задачи:

- исследование существующей технологии изготовления горячештампованных полуфабрикатов из алюминиевого сплава АК6 для машиностроения;
- разработка компьютерной модели в программном комплексе DEFORM для анализа формоизменения и разработки технологических процессов производства объемных полуфабрикатов из алюминиевых деформируемых сплавов, а также проектирования штампового инструмента;
- разработка алгоритма построения компьютерной модели технологического процесса горячей объемной штамповки поволок из алюминиевых сплавов.

Практическая новизна работы

1. На основании реализации компьютерного моделирования горячей объемной штамповки круглой в плане поковки «Крышка» из алюминиевого сплава

АК6, выполненной в программном комплексе DEFORM, получена зависимость энергосиловых параметров процесса от времени штамповки и показано последовательное формоизменение от заготовки до готовой поковки при штамповке в закрытом и открытом штампе.

2. Усовершенствована методика и составлен алгоритм построения компьютерной модели горячей объемной штамповки поволоков из алюминиевых деформируемых сплавов.

Практическая значимость работы

1. Разработан алгоритм построения компьютерной модели технологического процесса горячей объемной штамповки поволоков из алюминиевых деформируемых сплавов в программном комплексе DEFORM, согласующийся с нормативными документами.

2. Установлены оптимальные параметры горячей объемной штамповки круглой в плане поковки «Крышка» из алюминиевого сплава АК6.

3. Результаты моделирования прошли успешное опытно-промышленное опробование на ряде штампованных поволоков на предприятии ОАО Красноярский металлургический завод.

4. Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в металлургическом производстве при разработке технологических процессов горячей объемной штамповки алюминиевых деформируемых сплавов и внедрены в учебный процесс для подготовки бакалавров и магистров по направлению 150400 - Металлургия.

Все результаты исследований получены в соавторстве при личном участии автора, основными из которых являются: анализ научной литературы; моделирование процесса горячей объемной штамповки поволоков из алюминиевых деформируемых сплавов; разработка алгоритма построения компьютерной модели технологического процесса горячей объемной штамповки поволоков из алюминиевых деформируемых сплавов в программном комплексе DEFORM, обработка, систематизация и анализ полученных результатов.

Место выполнения диссертации. Кафедра обработки металлов давлением Института цветных металлов и материаловедения Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет», ОАО Красноярский металлургический завод.

Место прохождения международной стажировки. Международная Академия Менеджмента и Технологий (INTAMT) (г. Дюссельдорф, Федеративная Республика Германия).

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы представлены на конференциях и конгрессах: ежегодный Международный конгресс «Цветные металлы» (Красноярск, 2012, 2013 гг.), ежегодная Всероссийская научно-техническая конференция Сибирского федерального университета с международным участием «Молодежь и наука» (Красноярск, 2013 гг.).

Публикации. Результаты диссертационной работы отражены в 4 печатных трудах.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Содержит _____ страниц машинописного текста, ___ рисунка, ___ таблиц, библиографический список из ___ позиций и ___ приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и сформулирована цель работы, отмечается ее новизна и практическая значимость.

В первой главе рассмотрены принципы, используемые при разработке технологий металлообработки, описаны основные методы моделирования, применяемые в процессах обработки металлов давлением, изложена сущность и главные положения метода конечных элементов (МКЭ), приведено структурное построение программного обеспечения, основанного на МКЭ, представлен обзор компьютерных программ, применяемых для моделирования процессов обработки металлов давлением, описана технология горячей объемной штамповки алюминиевых сплавов, дана характеристика видов брака штампованных поковок и методов его предупреждения, перечислены критерии экономической эффективности разработанных технологических процессов, приведен алгоритм создания компьютерной модели горячей объемной штамповки, даны сведения о разработках, использовавших компьютерное моделирование для процессов горячей объемной штамповки алюминиевых сплавов.

Проведенный обзор источников литературы показал актуальность применения компьютерного моделированию для процессов горячей объемной штамповки алюминиевых сплавов. При этом наиболее перспективно применение для этих целей таких программных комплексов, как QFORM и DEFORM, хорошо зарекомендовавших себя при решении подобных задач. Но при этом в большинстве рассмотренных примеров показаны только отдельные фрагменты технологических процессов горячей объемной штамповки и практически отсутствуют сведения о компьютерном моделировании реальных процессов штамповки в полном объеме, от начала и до конца с их подробным анализом, что позволило бы внести определенные коррективы в эти процессы и послужить ориентиром при последующей разработке технологических процессов для подобных поковок. На основании изложенного в работе были поставлены следующие задачи.

1. Сделать анализ действующего технологического процесса горячей объемной штамповки поковок из алюминиевого сплава.

2. Провести компьютерное моделирование выбранного технологического процесса.

3. Изучить характер течения, напряженно-деформированного состояния металла заготовки, а также энергосиловые параметры процесса горячей объемной штамповки.

4. Подготовить рекомендации по корректировке действующего технологического процесса.

Во второй главе представлена характеристика исследуемого материала: алюминиевого деформируемого сплава АК6, включая химический состав, на-

значение, применение, технологические, механические и реологические свойства, виды термообработки а также требования, предъявляемые к полуфабрикатам из этого сплава, дано описание производственного процесса-аналога. Описана методика компьютерного моделирования технологического процесса горячей объемной штамповки алюминиевых сплавов с использованием компьютерных программ SolidWorks и DEFORM-3D. Приведена пошаговая последовательность построения компьютерной технологии горячей объемной штамповки.

В третьей главе представлено компьютерное моделирование процесса горячей объемной штамповки круглой в плане поковки «Крышка» из алюминиевого сплава АК6.

Разработка компьютерной модели начиналась с создания блок-схемы процесса моделирования горячей объемной штамповки круглой в плане поковки (рис. 1).

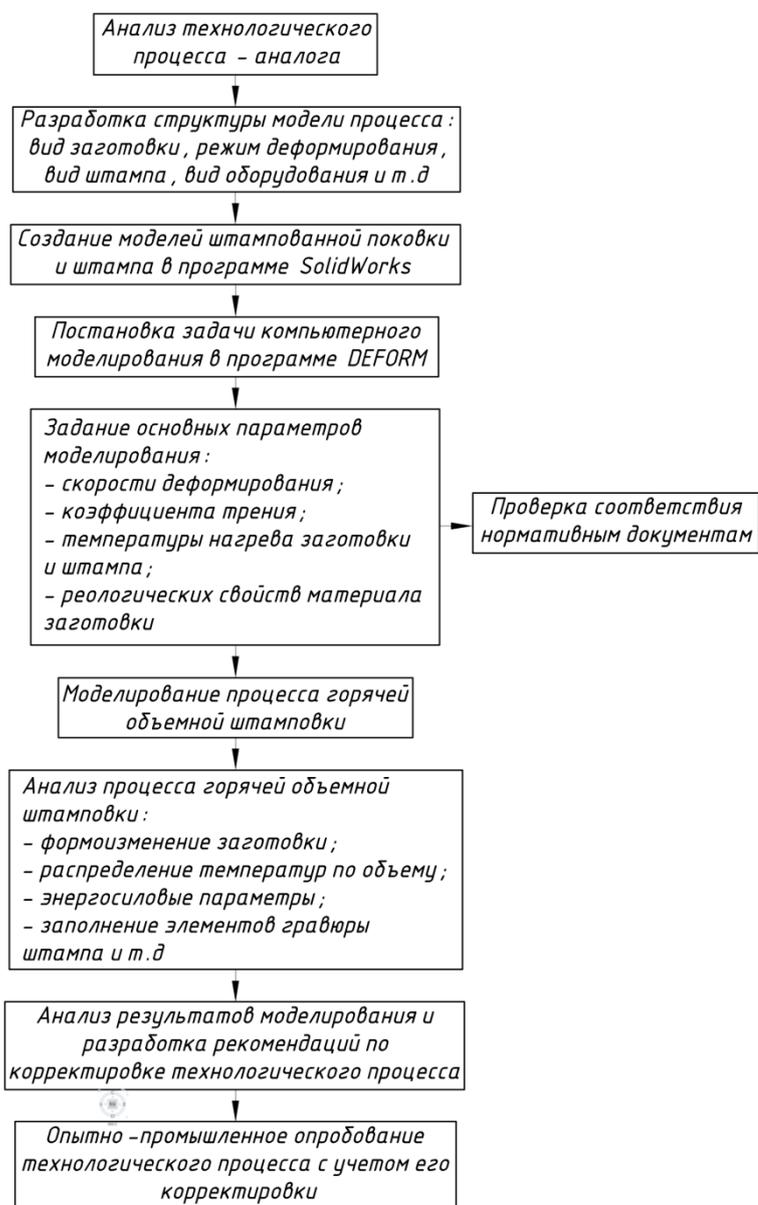


Рисунок 1 – Блок-схема процесса моделирования горячей объемной штамповки поковок из алюминиевых сплавов

Исследования начинали с анализа технологического процесса штамповки поковка «Крышка». Затем по чертежу штампованной поковки с помощью

SolidWorksстроили объемную модель поковки и штампов, загружали в программу DEFORM-3Ди включали расчет. Виртуальный эксперимент проводили для открытого и закрытого штампов.

Моделирование технологического процесса позволило проследить процесс формоизменения заготовки и показать распределение температуры непосредственно внутри заготовки для открытой (рис. 2) и закрытой (рис. 3) штамповки.

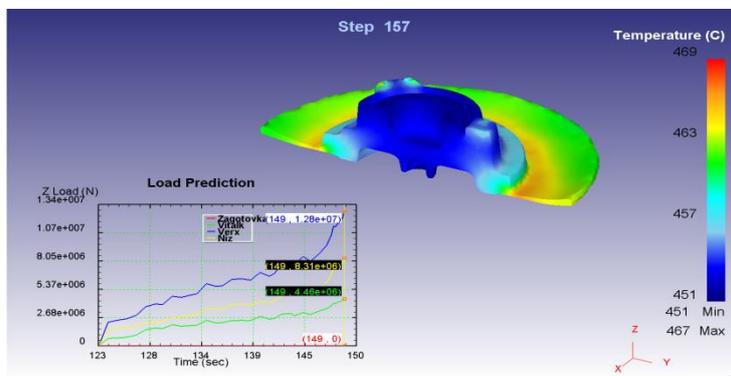


Рисунок 2 – Модель текущего формоизменения заготовки при облойной штамповке

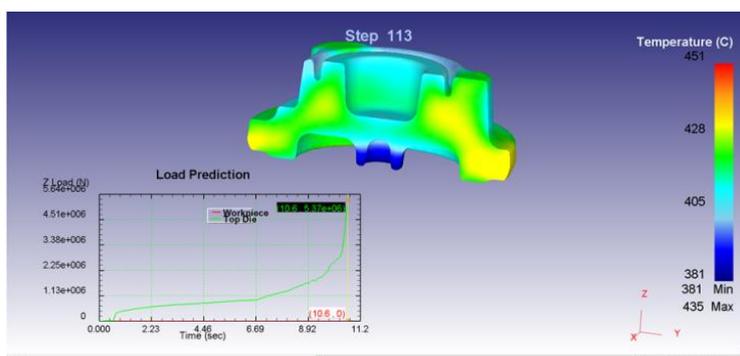


Рисунок 3 – Модель текущего формоизменения заготовки при безоблойной штамповке

Для изучения характера течения металла при штамповке (рис. 4) процесс формоизменения был совмещен с графиком зависимости усилия штамповки от времени.

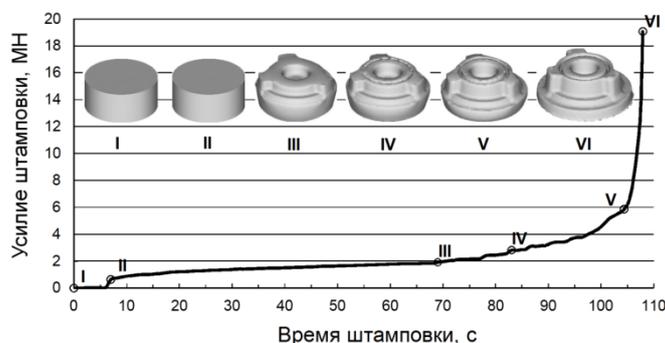


Рисунок 4 – Изменение усилия штамповки и формы заготовки при моделировании штамповки в закрытом штампе (номера точек на кривой соответствуют номерам формы заготовки на данной стадии)

Моделирование процесса показало, что в условиях штамповки в закрытом штампе полного оформления поковки не достигается, в частности, остаются не-

заполненными бобышки на торцевой поверхности поковки. При этом резко возрастает усилие штамповки, что может привести к разрушению штампа.

Для сравнения и анализа процесса моделирования также было проведено моделирование в открытом штампе (рис. 5).

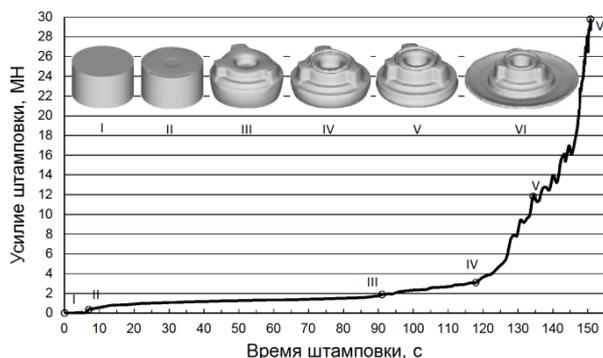


Рисунок 5 – Изменение усилия штамповки и формы заготовки при моделировании штамповки в открытом штампе (номера точек на кривой соответствуют номерам формы заготовки на данной стадии)

Анализ графика и изменения формы заготовки показали, что окончательное оформление поковки, включая и мелкие элементы рельефа, произошло на стадии доштамповки в интервале времени штамповки, составившем 135 – 150 с (рис. 5).

По результатам моделирования были даны рекомендации для корректировки действующего технологического процесса.

В заключении представлены основные выводы и результаты работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Анализ проведенной работы позволил сделать следующие выводы.

1. Компьютерное моделирование в программе DEFORM целесообразно использовать для изучения формоизменения при горячей объемной штамповке алюминиевых сплавов, как на стадии разработки технологического процесса, так и для корректировки действующего процесса, т.к. оно позволяет проследить поэтапное заполнение гравюры штампа, оценить энергосиловые параметры процесса, распределение температуры по объему заготовки, а также предупредить возможный брак поковок, как по форме, так и по свойствам.

2. В изученном технологическом процессе горячей объемной штамповки круглой в плане поковки из алюминиевого сплава АК6 следует исключить операцию осадки, проводить штамповку в окончательном ручье штампа за один жим, снизить номинальное усилие штамповочного пресса до 50 МН.

3. Корректировку технологического процесса штамповки поковки «Крышка» можно провести без изменения уже используемой штамповой оснастки.

Скорректированный технологический процесс горячей объемной штамповки был успешно опробован на предприятии ОАО Красноярский металлургический завод.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. **Астрашабов, И.О.** Применение компьютерного моделирования при разработке технологических процессов штамповки алюминиевых сплавов с использованием эффекта сверхпластичности / И.Л.Константинов, Ю.В.Горохов// Цветные металлы-2012: Сб. научн. статей. – Красноярск: Версо, 2012. – С.850 – 853.

2. **Астрашабов, И.О.** Использование компьютерного моделирования при разработке технологии горячей объемной штамповки алюминиевых сплавов / И.Л. Константинов, И.Ю. Губанов, Н.А. Белан// Цветные металлы-2013: Сб. научн. статей. – Красноярск: Версо, 2013. – С. 610 – 611.

3. **Астрашабов, И.О.** Компьютерное моделирование технологических процессов горячей объемной штамповки алюминиевых сплавов / Н.А. Белан, Д.В. Клеменкова// Специальное инженерное образование – подготовка современных инженерных кадров [Электронный ресурс]: тезисы I региональной научно-технической конференции магистрантов 19 ноября 2013 года / Сиб. федерал.ун-т ; отв. за вып. Е. А. Шипилова. - Электрон.текстовые дан. (PDF, 14,8 Мб). - Красноярск: СФУ, 2013. – С.58 – 61.

4. «Принята к публикации в 2014 г статья» **Астрашабов. И.О.**, Моделирование процесса горячей объемной штамповки поковок из алюминиевого сплава АК6// И.Л.Константинов, И.Ю.Губанов, С.Б.Сидельников, Н.А.Белан. Известия вузов «Цветная металлургия», 2015, №1.