

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Горбуновой Юлии Дмитриевны
«Анализ формоизменения эллиптических стальных днищ
при горячей штамповке»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением»

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертация Горбуновой Ю.Д. посвящена изучению формоизменения эллиптических стальных днищ при горячей штамповке, разнотолщинности стенки днищ, получаемой в результате деформации и направлена на решение проблемы повышенной металлоемкости продукции.

Необходимость исследования разнотолщинности эллиптических днищ связана с тем, что такая форма обеспечивает более высокие прочностные характеристики и имеет преимущественное применение в химической аппаратуре. Для выполнения требований нормативной документации при расчете толщины исходной листовой заготовки днища необходимо учитывать утонение стенки, возникаемое при технологических операциях, что обуславливает увеличенную металлоемкость изделия.

Исследование, направленное на потенциальное снижение технологического напуска для компенсации утонения стенки, **является актуальным**, так как приводит к экономии металла, а также снижению расходов на производство эллиптических горячештампованных днищ.

Актуальность работы подтверждается также тем, что она выполнялась в соответствии с планом организационно-технических мероприятий, направленных на снижение издержек производства ПАО «Уралхиммаш».

2. Структура и содержание диссертации

Диссертация изложена на 124 страницах машинописного текста, включает 46 рисунков, 10 таблиц и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 133 наименований и одного приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, указаны цели и задачи работы, подчеркнута научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе представлен достаточно подробный обзор технической литературы и нормативной документации по теме диссертации. Описаны особенности технологического процесса горячей штамповки эллиптических днищ, влияние технологических факторов на

изменение толщины стенки. Показана проблема недостаточной изученности характера разнотолщинности эллиптических днищ в зависимости от технологических параметров, а также отсутствие подобных исследований для днищ из аустенитных сталей и из двухслойного стального листа. Приводится описание программных пакетов для моделирования процессов обработки металлов давлением.

В результате анализа данных, взятых из научно-технических и литературных источников, сформулированы цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена экспериментальному исследованию формоизменения эллиптических днищ при горячей штамповке в ПАО «Уралхиммаш». Выполнен большой объем работ по определению изменения толщины стенки днищ в результате горячей штамповки. Всего исследовано 60 днищ, отштампованных на предприятии, – 24 типоразмера, 7 разных материалов, включая аустенитные стали и днища из двухслойного стального листа. Автор подробно описал порядок выполнения экспериментальной части работы.

При этом следует заметить, что толщины стенки днищ в общем случае являются случайными функциями координат точек днищ и описываются случайными полями, т. е. являются случайными величинами при каждом фиксированном значении координаты точки днища. Для статистической обработки случайных полей существуют специальные методы обработки, которые в общем случае не сводятся к статистической обработке значений толщин стенки вдоль меридиональной образующей сечения днища. Для правомерности применения статистической обработки данных вдоль отдельной образующей случайное поле толщин должно быть статистически однородным и должно обладать свойствами эргодичности. Эти свойства обычно проверяются статистическими методами на достаточно большом количестве данных или с использованием физических соображений, связанных с существом случайной функции толщины стенки днища. Применительно к данной работе наиболее перспективен второй метод.

Экспериментальные результаты обработаны строго в соответствии с известными статистическими методами, построены эпюры распределения толщины вдоль образующей, представлены графики распределения с аналитической обработкой.

Автором установлено, что по результатам проведенного экспериментального исследования, имеется возможность снижения технологического напуска для компенсации утонения. Так, при расчете исполнительной толщины днищ из аустенитных сталей данный

технологический напуск допускается снизить с 15% до 7%, для днищ из углеродистых и низколегированных сталей – до 10%.

В третьей главе представлены результаты решения задачи по моделированию горячей штамповки эллиптического днища с внутренними базовыми размерами $\varnothing 1600 \times 28$ мм из аустенитной стали 12X18H10T в программном комплексе DEFORM-3D. Автором описаны начальные и граничные условия задачи, допущения, представлена модель оснастки. Автором проведен анализ силовых параметров процесса, рассчитанного в DEFORM-3D. Отмечено, что требуемые силы штамповки и прижима заготовки – переменные, а, сила вытяжки днища, рассчитанная в DEFORM-3D, больше на 15% производственных данных. В работе приведена кривая, характеризующая разнотолщинность стенки модели днища, полученной в результате расчетов задачи. Автором сделан вывод, что использование переменного в процессе штамповки прижима позволяет снизить утонение стенки днища, при этом получаемое днище не имеет недопустимых отклонений формы. Проведен анализ распределения поврежденности и интенсивности деформации по объему днища, рассмотрено распределение компонентов тензора напряжений. Выполнено сопоставление результатов экспериментального исследования с результатами компьютерного моделирования – наблюдается достаточная сходимость по силовым параметрам и по разнотолщинности.

В работе исследовался изотермический процесс штамповки днищ. В случае зависимости свойств штампуемого изделия от температуры необходимо решать связанную задачу термопластичности или приближать процесс к изотермическому за счет специальных технологических операций. В данном процессе, по всей видимости, наиболее перспективен второй подход.

Кроме того, при определении тензора напряжений было бы наглядней использовать сферическую или цилиндрическую системы координат, а не ортогональную.

Четвертая глава содержит технологические рекомендации для производства, направленные на улучшение существующего технологического процесса изготовления горячештампованных днищ. Автором проведены опытные работы по защите поверхности заготовок при помощи покрытий, так нанесение меловых растворов перед посадкой заготовки в печь, позволяет уменьшить толщину слоя образованной печной и воздушной окалины на половину. Штамповка тонкостенных эллиптических горячештампованных днищ представляет собой сложную

технологическую задачу, так как высок риск образования местных утонений или разрывов металла. Автор описывает опыт использования многослойной заготовки для таких днищ, который решит данную проблему. Автором освоен современный подход к оценке качества днищ с использованием принципов квалиметрии. При этом, вероятно, можно было бы ввести понятие статистической квалиметрии.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при выполнении исследований. Отмечено перспективное направление в развитии актуального вопроса, касающегося представленных в работе аспектов научных исследований.

В приложении приведен акт внедрения результатов диссертационной работы в ПАО «Уралхиммаш».

В целом материал диссертации изложен достаточно полно, в правильной логической последовательности, включает большое количество иллюстративного материала и таблиц, имеет все признаки научного исследования и свидетельствует о способности результатов, представленных в диссертации, решать актуальные научно-технические задачи по профилю специальности 05.16.05 - «Обработка металлов давлением» с применением методов исследований из смежных научных дисциплин.

3. Новизна и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их достоверность

Основные результаты, представленные Горбуновой Ю.Д. в диссертационной работе, являются новыми, а их практическая значимость для действующего предприятия, подтверждает их степень обоснованности.

Так, автором получены новые данные о закономерностях изменения толщины стенки эллиптических днищ при штамповке в зависимости от группы стали и режимов обработки. Разработана трехмерная компьютерная модель процесса горячей штамповки эллиптического днища в DEFORM-3D, сопоставление которой с экспериментальными данными и авторитетной технической литературой в области штамповки днищ свидетельствуют о ее достоверности и допустимости применения этой модели для исследований в данной предметной области. Автором предложена иерархическая структура единичных показателей качества днищ, проведена оценка их качества с помощью комплексных показателей, что особенно эффективно для продукции, для которой невозможно определить определяющий показатель качества.

Указанные выше результаты и положения основаны на применении современного программного комплекса, обширным экспериментальным исследованием, статистической обработкой полученных данных, а также согласуются с общепринятыми закономерностями и практикой процесса горячей штамповки днищ, что дает полное основание считать их **достоверными**.

4. Практическая и теоретическая значимость результатов

Практическая значимость работы состоит в формулировке рекомендаций по расчету толщины стенки днищ из различных сталей, разработке мероприятий по рационализации процесса горячей штамповки эллиптических днищ с целью снижения их металлоемкости, а также методов исследования качества указанных изделий, что подтверждается актом внедрения ПАО «Уралхиммаш».

Теоретическая значимость работы заключается в результатах компьютерного моделирования процесса горячей штамповки эллиптических днищ, которые расширяют знания об этом виде обработки давлением; в получении регрессионных зависимостей распределения изменения толщины стенки горячештампованных днищ по их образующим.

5. Соответствие работы паспорту специальности

Содержание диссертации Горбуновой Ю.Д. соответствует Паспорту научной специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением», а именно пунктам: Исследование и расчет деформационных, скоростных, силовых, температурных и других параметров разнообразных процессов обработки металлов, сплавов и композитов давлением. Исследование процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования. Разработка способов, процессов и технологий для производства металлопродукции, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих качество и расширяющих сортамент изделий.

Диссертация написана грамотным техническим языком с использованием общепринятых терминов исследуемых предметных областей, аккуратно и правильно оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ, предъявляемыми к диссертациям на соискание ученых степеней (ГОСТ Р 7.0.11-2011). Структура работы понятна и последовательна.

6. Опубликовано результатов работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах: V Российская научно-техническая конференция «Ресурс и диагностика материалов и конструкций», г. Екатеринбург, ИМАШ УрО РАН, 2009; VI Российская научно-техническая конференция «Ресурс и диагностика материалов и конструкций», г. Екатеринбург, ИМАШ УрО РАН, 2011; X Международная научно-техническая конференция «Авиационное машиностроение и транспорт Сибири», ИРНТУ, Иркутск, 2018; XIX Международная научно-техническая конференция «Уральская школа-семинар металлоспециалистов-молодых ученых», УрФУ, Екатеринбург, 2018; Научно-практический семинар студентов, аспирантов и соискателей кафедры «Обработка металлов давлением» ИНМиТ УрФУ «Методы вычислительного (на математических и компьютерных моделях) физического и промышленного экспериментов и эффективное использование их для исследования технологических процессов», УрФУ, Екатеринбург, 2018.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 6-ти печатных трудах, в том числе 4 статьи опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Две статьи вошли в международную реферативную базу данных Chemical Abstracts.

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

7. Замечания по диссертации

Необходимо дополнительно показать обоснованность и достаточность использованных в работе методов экспериментального исследования и компьютерного моделирования процессов горячей штамповки эллиптических днищ.

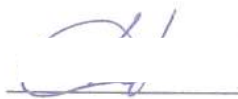
8. Заключение по диссертации

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, ценности ее научных и практических результатов, а также степени их достоверности. Диссертация, выполненная Горбуновой Ю.Д., представляет собой самостоятельную и законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, практическая значимость которой имеет существенное значение для развития химического машиностроительного производства.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Горбунова Юлия Дмитриевна

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент,
 доктор технических наук, профессор,
 профессор кафедры «Мехатроника»
 ФГБОУ ВО «Уральский
 государственный университет путей
 сообщения»,
 лауреат премии Совета Министров
 СССР
 Адрес: 620034, г. Екатеринбург,
 ул. Колмогорова, д. 66
 Тел. 8 (343) 221-24-06
 e-mail: bmgotlib@usurt.ru



Готлиб
Борис Михайлович

«06» 05 2019 г.

Подпись Готлиба Б.М. заверяю:

Начальник отдела
 документационного обслуживания
 УрГУПС



06.05