

## Отзыв

Автором получен ряд важных результатов, имеющих научную новизну:

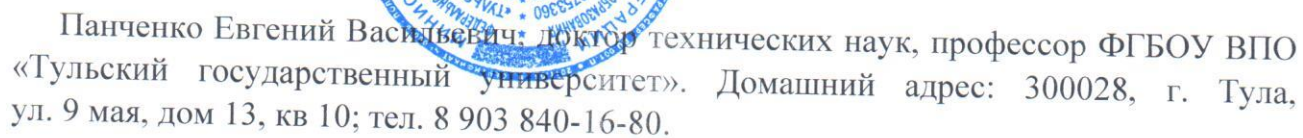
- Работа прошла апробацию на НТК различного уровня, и представлена в 5 публикациях автора.

Замечание: в автореферате не рассмотрен вопрос обеспечения герметичности прижима при замене формообразующих матриц.

Профессор,

доктор технических наук

Панченко Е.В.





## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нгуен Суан Зунг «Моделирование технологических процессов сверхпластической формовки оболочек из двухфазных титановых сплавов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением»

Титановые сплавы благодаря своим высоким эксплуатационным свойствам по достоинству считаются передовым материалом для деталей ответственного назначения в таких областях как авиастроение, судостроение, машиностроение. Если необходимо получить осесимметричное изделие из листовой заготовки в условиях мелко- и среднесерийного производства сверхпластическая формовка является наиболее рациональным способом. Диссертационная работа Нгуен Суан Зунг выполнена на **актуальную тему** и посвящена развитию технологических процессов сверхпластической формовки оболочек из двухфазных титановых сплавов с применением современных методов моделирования. Развитие направления допроизводственного компьютерного анализа процессов сверхпластической формовки и получение новых данных по реологическим характеристикам титановых сплавов, а также формоизменению заготовок позволит получать сложнопрофильные изделия на маломощном прессовом оборудовании.

**Научная новизна** работы заключается в разработке современной методологии и методик расчета для анализа сверхпластической формовки двухфазных титановых сплавов на примере ВТ6 и ВТ23. При этом были использованы самые последние достижения в области компьютерного моделирования процессов обработки металлов давлением, а также математические модели по реологической теории SP-среды. Учитывая многофакторность оценки формруемости при СПФ, разработан алгоритм по расчету на ЭВМ и экспериментальной проверкой для всех двухфазных титановых сплавов.

**Практическая ценность** работы заключается в полученных новых количественных данных по реологическим параметрам двухфазных титановых сплавов. Эти данные могут быть эффективно использованы при расчетах в современных вычислительных системах двумерного, трехмерного компьютерного моделирования процессов деформирования, а также при расчетах на основе классических инженерных подходов специалистами в области обработки металлов давлением. Предложены необходимые технологические рекомендации по схемам, температурно-скоростным и силовым режимам, а также конструкции установки и технологической оснастки для СПФ полых оболочек из двухфазных титановых сплавов.

Автореферат написан грамотным и доступным техническим языком.

По автореферату в качестве **замечания** следует указать, что следовало привести данные по анизотропии свойств исходной заготовки для СПФ и их влияния на формоизменение, а также способ контроля, точность и значения температур заготовки.

**В целом** диссертационная работа Нгуен Суан Зунг является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение важной научно-технической задачи теории и технологии обработки металлов давлением в области применения сверхпластической формовки. По научно-практическому содержанию она соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 - "Обработка металлов давлением".

Зам. ген. директора  
по научно-техническому развитию  
ЗАО «РИФАР»  
канд. техн. наук

Подпись Бегнарского В.В. заверяю  
Начальник отдела кадров



В.В. Бегнарский

И.С. Новак



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Нгуен Суан Зунг «Моделирование технологических процессов сверхпластической формовки оболочек из двухфазных титановых сплавов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Диссертационное исследование Нгуен Суан Зунг посвящено разработке процессов сверхпластической формовки (СПФ) оболочек из сплава ВТ6, как типичного представителя двухфазных титановых сплавов, для выяснения общих закономерностей их формообразования при СПФ оболочек на основе исследования влияния характеристик микроструктуры материала и температуры деформации на его реологическое поведение, а также технологические параметры процесса СПФ с использованием компьютерного и физического моделирования. На основе вычисленных реологических параметров и характеристик сверхпластичности исследуемого материала выбраны рациональные технологические режимы сверхпластической формовки. Проведены эксперименты по СПФ типовых оболочек из сплавов ВТ6 и ВТ23 для проверки расчетных результатов компьютерного моделирования, отработки технологии и исследования влияния микроструктуры исходного листа заготовки (направления прокатки) на параметры готовых изделий, а также эволюции микроструктуры в процессе СПФ.

Достоверность результатов обеспечена корректной постановкой решенных задач, использованием современных средств компьютерного моделирования и металлографического анализа, большим объемом экспериментальных данных, согласием их с данными других авторов и не вызывает сомнений.

Результаты работы апробированы на многочисленных научных мероприятиях республиканского и международного уровня, опубликованы в 5 печатных работах, в том числе в 3 из Перечня ВАК РФ.

Как недостаток следует отметить, что в работе не указан способ формирования необходимой для СПФ ультрамелкозернистой структуры в исследуемых титановых сплавах (осадка, всесторонняя изотермическая деформация, листовая, винтовая и сортовая прокатки, равноканальное угловое прессование, гидростатическая экструзия, винтовая экструзия, ротационная ковка). А от него существенно зависит механическое поведение, кинетика и механизм эволюции структуры в процессе деформации.

Сделанное замечание не умаляет заслуг соискателя. Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему и широко представленную в научной печати. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для научного материаловедения. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Рубаник Василий Васильевич, 210023 г. Витебск, пр. Людникова 13, Тел. (0212) 55 39 53, E-mail: [ira@vitebsk.by](mailto:ira@vitebsk.by), государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ», директор д.т.н.

Самолётов Владимир Григорьевич, 210023, Витебск, пр. Людникова 13, Тел. (0212) 55 29 66, E-mail: [ira@vitebsk.by](mailto:ira@vitebsk.by), государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ», завлаб ЛИПЗП, к.т.н.





### ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Нгуена Суана Зунга «Моделирование технологических процессов сверхпластической формовки оболочек из двухфазных титановых сплавов» по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением»

Диссертационная работа Нгуена Суана Зунга посвящена актуальной научной проблеме исследования процессов сверхпластической формовки (СПФ) оболочек из двухфазных титановых сплавов. Разработаны методики и компьютерные модели, позволяющие оценить формуемость титановых листов в состоянии сверхпластичности (СП) и разработать технологию для производства изделий из двухфазных титановых сплавов методом СПФ. В настоящее время, эта тематика имеет важное практическое значение.

**Практическая ценность** работы заключается в разработке базы данных реологических свойств двухфазных титановых сплавов, которые могут быть использованы при проектировании технологических процессов изготовления оболочек методом СПФ. Предложены компьютерные модели, позволяющие быстро оценить формуемость любого двухфазного титанового сплава при СПФ оболочек. Разработана комбинированная методика технологических проб для испытаний листовых материалов с ультрамелкозернистой структурой на пригодность к СПФ, сочетающая компьютерное моделирование и тестовые эксперименты. Предложены технологические рекомендации по схемам, температурно-скоростным и силовым режимам, а также конструкции установки и технологической оснастки для СПФ полых оболочек из двухфазных титановых сплавов.

**Научная новизна** данной работы заключается с получении новых данных о реологических характеристиках СПД для двухфазных титановых сплавов на примере сплавов ВТ6 и ВТ23 по выбранной модели «SP-среды» и определении количественных зависимостей напряжения течения, показателя скоростной чувствительности ( $m$ ) от скорости, температуры и размера зерна при СПД. Разработана методика, сочетающая математическое моделирование и экспериментальную проверку, для комплексной оценки формуемости для всех двухфазных титановых сплавов при СПФ оболочек. Выявлены основные закономерности формоизменения и определены рациональные технологические режимы, характеристики напряженно-деформированного состояния, а также геометрической формы и размера изделий при СПФ оболочек из двухфазных титановых сплавов.

**Достоверность и обоснованность** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается большим количеством экспериментов по СПФ. В научных трудах опубликованных автором полностью отражено содержание работы. Научные результаты опубликованы в 3

статьях в рецензируемых изданиях, внесенных в перечень рекомендуемых ВАК, в 2 статьях в сборниках материалов российских и международных научно-технических конференций.

По тексту автореферата можно сделать следующее замечание: в работе автор не дал оценку эффективности экономики технологии СПФ по сравнению с методами обычной штамповки.

В целом, данное исследование является новаторским для отрасли обработки металлов давлением в состоянии сверхпластичности. Автореферат написан хорошим техническим языком, ход рассуждений автора последователен и обоснован поставленными целями и задачами, выводы убедительны и представляют большой интерес для исследователей. Автореферат диссертации отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а Нгуен Суан Зунг заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 «обработки металлов давлением».

Президент ЗАО «КИМПФ»  
д.т.н., профессор



Коллеров М.Ю.





**Фонд Развития Материаловедения и  
Технологии Обработки Материалов (Фонд "МиТОМ")**

107031, Россия, Москва

Петровка 27

Тел.: (495)417-88-78

Факс: (495)417-89-78

Moscow, Russia, 107031

Petrovka Str. 27,

Phone: (495)417-88-78

Fax : (495)417-89-78

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат кандидатской диссертации Нгуена Суана Зунга  
«Моделирование технологических процессов сверхпластической формовки  
оболочек из двухфазных титановых сплавов» по специальности 05.16.05 –  
«Обработка металлов давлением»**

В условиях современного, мелкосерийного производства технология сверхпластической формовки является весьма перспективной для изготовления оболочек из листов двухфазных титановых сплавов. Применение СПФ позволяет получать тонкостенные объемные изделия сложной конфигурации, производство которых с использованием традиционных способов обработки листов не рентабельно или практически невозможно. Сюда можно отнести такие детали как полусферы, шаробаллоны, стаканы, детали сложного рельефа или коробчатой формы, крупногабаритные тонкостенные изделия, то есть те, которые характеризуются сложной геометрической формой, тонкими стенками с ребрами, приливами, выступами, рельефами на стенке и др. Для оптимизации технологии СПФ и повышения качества получаемых изделий, разработка комплексной методики оценки формуемости двухфазных титановых листов представляет значительный интерес, таким образом, тему рассматриваемой работы можно считать актуальной.

В работе проводится анализ характеристик сверхпластичности и технологии СПФ металлических материалов, в частности, двухфазных титановых сплавов. Разрабатываются методика и технология СПФ оболочек из двухфазных титановых сплавов на основе математического моделирования с использованием современных компьютерных технологий. Большое внимание уделено реологическим характеристикам исследуемых сплавов, что позволяет дополнить базы данных вычислительных систем новыми значениями.

Особенно можно отметить то, что разработанная методика позволяет на стадии подготовки производства не только сократить затраты и сроки разработки новой технологии, но и спрогнозировать технологические параметры СПФ оболочек из двухфазных титановых сплавов, а так же оценить качество готовых деталей.

Достоверность результатов моделирования подтверждена проведением экспериментальных исследований на опытном участке Ханойского технологического института и в производственных условиях на одном из заводов авиакосмической отрасли.

Замечание: В автореферате не указаны методы подготовки микроструктуры листов из двухфазных титановых сплавов перед последующей сверхпластической формовкой.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод о том, что данная работа по своей структуре, содержанию и объему отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Нгуен Суан Зунг – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением».

Исполнительный директор

Фонда «МиТОМ»,

к.т.н., доцент



Мамаев В.С.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нгуен Суан Зунг «Моделирование технологических процессов сверхпластической формовки оболочек из двухфазных титановых сплавов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением»

Сверхпластическая формовка (СПФ) является одним из эффективных процессов обработки листовых материалов, который дает возможность получать изделия сложной пространственной формы. Для промышленного применения СПФ необходимы рациональные технологические режимы, определенные с помощью математического моделирования. Поэтому представленная работа, посвященная разработке компьютерных моделей процессов СПФ оболочек, является актуальной. Выбор титанового сплава ВТ6 в качестве модельного материала верен, поскольку данный сплав широко используется в аэрокосмической технике для изготовления оболочек различного назначения.

Расчет реологических параметров сплава ВТ6 выполнен с учетом температуры и размера зерен, что важно, поскольку ультрамелкозернистая структура двухфазных титановых сплавов склонна к эволюции в процессе нагрева и деформирования. Достоверность результатов компьютерного моделирования подтверждена данными экспериментальных формовок оболочек. Впервые на листах из сплава ВТ6, используя компьютерное и физическое моделирование, исследован макро и микрорельеф, образующийся в процессе СПФ.

Интересным результатом является определение значения давления газа, при котором скорость деформации не выходит из скоростного интервала сверхпластичности на всех стадиях формовки полусферы. К сожалению в автореферате не указан исходный размер зерен в листе титанового сплава ВТ6, при котором был получен этот результат.

По актуальности, уровню и содержанию проведенных исследований, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Нгуен Суан Зунг удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и ее автор Нгуен Суан Зунг заслуживает присуждения ученой степени



кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Ведущий научный сотрудник

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН

д.т.н.



А.В. Корзников

450001, г. Уфа, ул. Халтурина, 39

Тел. (347) 282-38-14

[korznikov@imsp.ru](mailto:korznikov@imsp.ru)

Старший научный сотрудник

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН

к.т.н.



А.А. Круглов

450001, г. Уфа, ул. Халтурина, 39

Тел. (347) 282-38-14

[alweld@go.ru](mailto:alweld@go.ru)

*Сергеев Круглов А.А. в удостоверение  
кадр. отдела*



*Сергеев Круглов А.А. в удостоверение  
кадр. отдела*

