

В диссертационный совет Д 212.125.16
При ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»
121552, г. Москва, ул. Оршанская д.3

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Комарова Романа Сергеевича «Экспериментальное исследование реологии металлов при высоких гидростатических давлениях с целью совершенствования процессов пластического формоизменения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы

Эффективность любого технологического процесса определяется с одной стороны, возможностью достижения при его применении таких результатов, которые нельзя достичь другими методами, а с другой – его экономичностью. Очевидно, что оптимальным будет вариант, когда новая технология позволяет сочетать обе эти стороны, являющиеся надежным стимулом для ее разработки и внедрения.

Высокий технико-экономический эффект в технологии ОМД достигается только там, где удастся выявить и использовать все специфические особенности процесса, связанные с возможностью наиболее гибкого управления НДС деформируемого металла на основе знания его реологии.

Реологические уравнения входят в систему уравнений описывающих математические модели процессов пластического формоизменения металлов. От качества этих уравнений зависит степень универсальности математических моделей, которые должны обеспечивать адекватность, точность и экономичность расчетов. Известно, что наиболее достоверные сведения по определению сопротивления деформации и предельной пластичности получают в результате исследований, проводимых с использованием кулачковых и торсионных пластометров по различным законам развития деформации во времени.

Однако, указанные испытания проводят при показателе напряженного состояния не ниже $-0,58$, а диаграммы сопротивления деформации и предельной пластичности строят экстраполяцией экспериментальных данных. Реальные же процессы ОМД осуществляют при значительных отрицательных показателях напряженного состояния (менее $-0,58$), обеспечить которые при испытаниях на кулачковых и торсионных пластометрах невозможно.

Таким образом, определение значений напряжений и пластичности, соответствующих области отрицательных значений показателя напряженного состояния ($-0,58 \div -3,6$) является актуальной задачей исследования, позволит усовершенствовать реологические уравнения, разработать новые и пересмотреть существующие процессы пластического формоизменения.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности 05.16.05

– Обработка металлов давлением. Соответствует п. 1 – «Исследование и расчет деформационных, скоростных, температурных процессов обработки металлов, сплавов давлением»; п. 2 – «Математическое описание процессов пластической деформации металлов, сплавов с целью создания математических моделей»; п. 3 – «Оптимизация процессов и технологий обработки давлением для производства металлопродукции с заданными характеристиками качества».

Степень достоверности результатов обеспечена адекватностью математических моделей процесса испытаний металлов на растяжение и сжатие на ПВД; использованием современного испытательного оборудования, КИП, световой микроскопии; результатами промышленного опробования нового технологического процесса изготовления биметаллических труб ВТ6с-1201 и усовершенствованием технологии холодной прокатки шестигранных прутков из титанового сплава ВТ16.

Результаты практического применения разработок автора подтверждены актами промышленного опробования на предприятии ООО «Мегаметалл» и в учебном процессе кафедры «ТиСАПРМП» МАИ.

Научная новизна состоит в:

- предложение нового принципа действия конструкции пластометра, который отличается от существующих тем, что исследования сопротивления деформации и предельной пластичности проводятся в контейнере высокого давления, что дает возможность варьировать степенью ($65 - 75 \%$), скоростью (от $2 \cdot 10^{-4}$ до $9 \cdot 10^{-1} \text{ с}^{-1}$), температурой (от 293 К до 1073 К) деформации и показателем напряженного состояния

(от 0,58 до -3,6), тогда как на кулачковых и торсионных пластометрах испытания при однородной деформации проводят при показателе напряженного состояния не ниже -0,58.

- численном эксперименте, которым доказано, что при варьировании диаметром центрального отверстия цилиндрического образца с торцевыми выточками возможно обеспечить однородную деформацию на протяжении всего цикла формоизменения (до 75 %) при испытаниях на сжатие в контейнере высокого давления.

- разработанной методике, с помощью которой впервые установлена закономерность взаимосвязи сопротивления деформации и предельной пластичности с технологическими параметрами формоизменения (температурой, степенью и скоростью деформации) при отрицательных значениях показателя напряженного состояния (от -0,58 до -3,6) на примере сплавов ВТ6с, 1201, ВТ16. Результаты исследования представлены в виде: принципиально новой конструкции пластометра высокого давления, нового образца для испытаний на сжатие и реологических уравнений для сплавов ВТ6с, 1201, ВТ16.

Практическая значимость заключается в:

- впервые разработанной технологии изготовления биметаллических труб ВТ6с-1201 для переходных элементов соединений деталей и узлов из разнородных металлов и усовершенствована технология холодной прокатки шестигранных прутков из титанового сплава ВТ16 для изготовления деталей крепления конструкций летательных аппаратов. Новые технологические процессы прошли промышленное опробование и подтверждены актом внедрения на предприятии ООО «Мегаметалл».

- разработанных технологических рекомендациях по изготовлению биметаллических труб ВТ6с÷1201 и холодной прокатке шестигранных прутков из титанового сплава ВТ16. Технологические рекомендации утверждены на НТС ООО «Мегаметалл».

- полученных четырех патентах РФ на пластометр высокого давления, способы проведения испытаний и конструкцию образца для сжатия в ПВД.

- внедрении материалов научных исследований в учебный процесс при проведении учебных курсов «Теория пластичности», «Физика и техника высоких давлений», «Теория и технология гидропрессования», отражены в «Методическом руководстве к практическим занятиям» по курсу «Физика и техника высоких давлений» и подтверждены актом внедрения, утвержденным проректором МАИ по учебной работе.

Замечания по диссертационной работе:

1. На стр.57 указано, что «*Осуществлены численные эксперименты по осадке на примере цилиндрических образцов из титанового сплава ВТ16 с торцевыми выточками и отверстием различного диаметра, заполненным смазкой*», т.е. было проведено

компьютерное моделирование процесса осадки образцов в программе QForm. При этом совершенно не понятно, каким образом при моделировании был задан смазочный материал, тем более в отверстии в образце, и какие приняты условия трения.

Тем более не ясно, как в результате компьютерного моделирования был сделан вывод, что *«Благодаря непрерывному поступлению смазки из отверстия в торцевые цилиндрические выточки образца создается гидродинамическое трение между рабочей поверхностью бойков и торцами образца в течение всего процесса сжатия.....»* (стр.59).

2. В диссертации не указано, какие результаты были получены при экспериментальной осадке цилиндрических образцов из титанового сплава ВТ16 с торцевыми выточками и отверстием различного диаметра (стр.61) и были ли подтверждены результаты компьютерного моделирования.

3. Из диссертации не ясно, на каком оборудовании и при использовании каких образцов были построены диаграммы сопротивления деформации сплавов ВТ6с, 1201 и ВТ16 в практически важном диапазоне термомеханических параметров пластической деформации (стр.72).

4. На стр. 72 также указано, что *«Испытания охватывают температурный интервал 293 К ÷ 1073 К, показатель напряженного состояния –0,58 ÷ –3,6, три значения постоянной скорости деформации ($4 \cdot 10^{-2} \text{с}^{-1}$; $7 \cdot 10^1 \text{с}^{-1}$; $9 \cdot 10^1 \text{с}^{-1}$) и величину степени деформации до 75%»*. При этом практически на всех построенных диаграммах степень деформации имеет наибольшее значение 1,7.

5. На стр. 89 указано, что *«Исследование предельной пластичности и сопротивления деформации сплавов ВТ6с и 1201..... позволили впервые установить реологические уравнения для всей области температурно-скоростных условий деформации каждого сплава.....»*.

Далее следует голословное утверждение, что *«На основе анализа реологических уравнений установлены температурно-скоростные условия совместной пластической деформации композиции ВТ6с÷1201»*, при этом технологические параметры процесса горячего гидропрессования были рассчитаны по известной методике, приведенной в источнике [41].

Однако в диссертации данные температурно-скоростные условия отсутствуют.

6. Также не ясно, какие величины имеют показатели напряженного состояния при гидропрессовании компонентов биметаллической трубы и соответствуют ли они исследуемому диапазону показателя напряженного состояния -0,58...-3,6.

7. Из диссертации не ясно, какие требования к качеству предъявляют к биметаллическим трубам из сплавов ВТ6с и 1201 и соответствуют ли изготовленные по предложенной технологии изделия этим требованиям.

8. На стр. 98 указано, что *«Известно, что наиболее рациональная и высокопроизводительная технология изготовления титановых крепежных деталей, предназначенных для применения в конструкциях, работающих при температуре до 473 К, предусматривает холодную деформацию»*, а на стр.99 - *«Поэтому сплав ВТ16 относится к числу наиболее пригодных для производства титанового крепежа холодным пластическим деформированием»*.

При этом совершенно не ясно, почему в работе предложена технология изготовления крепежных изделий (гаек) из сплава ВТ16 с применением обработки резанием, а не холодной объемной штамповкой, которая широко применяется в настоящее время для изготовления титанового крепежа для авиастроения.

9. Из диссертации не ясно, каким образом полученные в работе диаграммы сопротивления деформации и кривые пластичности сплава ВТ16 позволили усовершенствовать базовый технологический процесс холодной прокатки шестигранных титановых прутков и сократить число проходов с 5 до 2 с сохранением количества суммарных обжатий (стр.105).

10. В диссертации встречаются опечатки, грамматические ошибки, некорректные фразы и формулировки, например, «усилие» вместо «сила», *«Проверка адекватности компьютерного моделирования процесса осадки экспериментальных образцов новой конструкции в QForm 3D осуществленный для каждого цикла осадки сравнением параметров реального образца с параметрами компьютерного моделирования»* (стр.62) и другие.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

Заключение

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения из области обработки металлов давлением, заключающиеся в экспериментальном исследовании реологии металлов при высоких гидростатических давлениях с целью совершенствования процессов пластического формоизменения. Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 6 научно-технических конференциях, опубликованы в 4 статьях в отраслевых журналах рекомендованных ВАК, 3 технологических рекомендациях подготовленных совместно с

предприятием и методических указаниях к практическим занятиям по курсу «Физика и техника высоких давлений» для студентов МАИ. Результаты работы могут быть использованы в области авиа- и машиностроения. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Комаров Роман Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент

д.т.н., доцент
заведующий отделом стандартизации продукции авто-мото-тракторостроения Федерального Государственного унитарного предприятия «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ»



Лавриненко Ю.А.

125438, Москва г, Автомоторная ул, дом № 2
Тел.: (495) 456-45-39
E-mail: lavrinenko52@mail.ru



И.В. Турев
30.11.2020