

В диссертационный совет Д 212.125.16 на базе  
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)»  
ученому секретарю диссертационного совета  
Палтиевичу Андрею Романовичу  
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-  
80, ГСП-3, МАИ

## ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н., доцента Петрова Павла Александровича 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 работы.**

Работа посвящена разработке и апробированию методов испытаний с  
использованием пластометров высокого давления (ПВД) в сочетании с образцами новой  
конструкции, обеспечивающих достижение однородной деформации образцов в процессе  
испытаний на сжатие до величин  $65 \div 75 \%$  и получить значения напряжения текучести и  
предельной пластичности соответствующие области отрицательных значений показателя  
напряженного состояния.

В диссертационной работе обоснована актуальность поставленной научной  
задачи, позволяющей усовершенствовать реологические уравнения, применяемые для  
описания процессов пластического формоизменения, в частности, технологического  
процесса изготовления биметаллических труб и технологии холодной прокатки  
шестигранных прутков из титанового сплава.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ  
«11» 12 2020

## **Научная новизна, достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**

В результате проведенных исследований и анализа результатов автором предложен новый принцип 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, скоростью, температурой деформации и показателем напряженного состояния.

Автором диссертационной работы за счет проведения вычислительного экспериментом доказано, что при варьировании диаметром центрального отверстия цилиндрического образца с торцевыми выточками возможно обеспечить однородную деформацию на протяжении всего цикла формоизменения при испытаниях на сжатие в контейнере высокого давления.

В работе впервые для сплавов ВТ6с, 1201, ВТ16 установлена закономерность взаимосвязи сопротивления деформации и предельной пластичности с технологическими параметрами формоизменения (температурой, степенью и скоростью деформации) при отрицательных значениях показателя напряженного состояния в диапазоне от -0,58 до -3,6.

Достоверность результатов подтверждается 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 и усовершенствованием технологии холодной прокатки шестигранных прутков из титанового сплава.

### **Значимость полученных результатов.**

Разработана впервые технология 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».

### **Рекомендации по практическому использованию результатов.**

Так как полученные результаты подтверждены актом внедрения на предприятии ООО «Мегаметалл», то разработанные процессы можно предлагать для промышленного производства. Кроме того, имеются подтвержденные документы о регистрации результатов интеллектуальной деятельности и акты внедрения в учебный процесс вуза, которые также свидетельствуют о потенциале практического использования результатов диссертационной работы, в том числе:

- четыре патента РФ на пластометр высокого давления, способы проведения испытаний и конструкцию образца для сжатия в ПВД;
- акт внедрения в учебный процесс при проведении учебных курсов «Теория пластичности», «Физика и техника высоких давлений», «Теория и технология гидропрессования», утвержденный проректором МАИ по учебной работе.

### **Общая характеристика работы.**

В ходе выполнения диссертационной работ проведен анализ литературных данных по теории ОМД и реологии металлов; обоснован комплекс теоретических и экспериментальных методов, необходимых для достижения цели исследования и разработана обобщённая схема исследования, в соответствии с которой и выполнена работа.

На основании анализа сформулирована цель и задачи исследования.

В работе в полном объеме представлены используемые в работе материалы и методы исследования, а также применяемое оборудование.

В научной работе соискателем представлены исследования сопротивления деформации и предельной пластичности сплавов ВТ6с, 1201, ВТ16; математическое моделирование процессов испытаний и разработка методики исследования реологии металлов на пластометрах высокого давления (ПВД).

Установлены закономерности пластического течения сплавов ВТ6с, 1201, ВТ16 в интервале температур деформирования от 293 до 1073 К (сплав ВТ6с); от 293 до 673 К (сплав 1201); от 293 до 723 К (сплав ВТ16). Исследование проведено для скоростей деформации  $4 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ ;  $7 \cdot 10^1 \text{ с}^{-1}$ ;  $9 \cdot 10^1 \text{ с}^{-1}$ .

В качестве практической апробации научной работы представлены разработанная технология изготовления биметаллических труб ВТ6с-1201 для переходных элементов соединений деталей и узлов из разнородных металлов и технология холодной прокатки шестигранных прутков из титанового сплава ВТ16 для изготовления деталей крепления конструкций летательных аппаратов. При разработке технологий применялись закономерности, полученные в ходе выполнения научно-исследовательской части диссертационной работы, в том числе сведения о реологии сплавов ВТ6с, 1201 и ВТ16, установленных с применением ПВД.

### **Подтверждение опубликования основных результатов исследования.**

По материалам диссертации опубликовано 20 печатных работ, из них 4 – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, 3 – технологических работы; 1 – методическая рекомендация, а также 4 патента РФ на изобретения.

Личный вклад соискателя при выполнении работы не вызывает сомнения. Автореферат диссертации отражает содержание работы в полном объеме. Работа выполнена согласно стандартам и требованиям ВАК.

### **Замечания по диссертации.**

1. Представленное в диссертации (стр.44) и в автореферате (стр.8) утверждение «для установления реологических зависимостей приходится применять различные экспериментально-аналитические методы построения соответствующих уравнений» (стр.44) и «для установления реологических зависимостей приходится применять различные методы экстраполяции экспериментальных сведений» (стр.8, автореферат) является дискуссионным даже в контексте данной работы. Для сплавов ВТ6с, 1201, ВТ16 исследован следующий интервал температур: 293-1073 К (для сплава ВТ6с), 293-673 К (для сплава 1201); 293-723 К (для сплава ВТ16). При использовании полученных реологических моделей для оценки сопротивления деформации за границами температурного интервала в расчетах, например, основанных на численных методах, неизбежно будет применяться метод экстраполяции.

2. На стр.56 диссертации и на стр. автореферата приводятся данные об условиях проведения численного эксперимента. Указывается на применение гидравлического пресса для проведения численного эксперимента. В связи с этим слабо просматривается связь между гидравлическим прессом и пластометром высокого давления. Возможно, она имеется, но в тексте работы не найдено обоснование возможности применения гидравлического пресса для проведения численного эксперимента.

3. В тексте диссертационной работы и автореферата встречается не системный термин «усилие».

4. На стр.70 диссертации и на стр.14 автореферата представлены данные о выбранных значениях скоростей деформации - ( $4 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ ;  $7 \cdot 10^1 \text{ с}^{-1}$ ;  $9 \cdot 10^1 \text{ с}^{-1}$ ) при которых проводились исследования. Выбранные значения соотнесены только с двумя диапазонами скорости деформации  $10^{-2}$  и  $10^1 \text{ с}^{-1}$ , принятыми в теории ОМД для описания реологического поведения. Не ясно, чем обоснован выбор фиксированных значений скорости деформации.

5. В главе 3 диссертационной работы недостаточно обоснован выбор структуры реологического уравнения (3.6).

6. Глава третья диссертационной работы, таблица 3.1: из анализа данных, представленных в таблице 3.1 не ясно как один и тот же материал может иметь различный набор значений коэффициентов реологического уравнения (3.6) при одной и той же скорости деформации, но разном значении накопленной деформации. Скорее, один материал характеризуется одним набором коэффициентов реологического уравнения в интервале температурно-скоростных параметров, исследованных в натурном эксперименте.

7. Автореферат диссертационной работы перегружен данными о методиках проведения испытаний и работе оборудования.

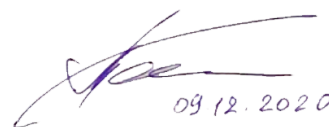
### **Заключение.**

Недостатки, отмеченные в работе, не являются факторами, которые снижают качество научных исследований Комарова Романа Сергеевича, и диссертация «Экспериментальное исследование реологии металлов при высоких

гидростатических давлениях с целью совершенствования процессов пластического формоизменения» является законченной научно-квалификационной работой. Работа выполнена на актуальную тему и позволит получать качественные отливки из алюминиевых сплавов с меньшими затратами и более высокими механическими характеристиками. Работа вносит существенный вклад в изучение сопротивления деформации конструкционных материалов; соответствует п.2 и п.3 паспорта научной специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Представленная диссертация по достоверности, научной новизне и практической полезности полученных результатов удовлетворяет требованиям п.9 Положения ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаю, что Комаров Роман Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Заведующий кафедрой  
«Обработка материалов давлением  
и аддитивные технологии»,  
Московского политехнического университета  
к.т.н., доцент



09.12.2020

Петров  
Павел Александрович

e-mail: petrov\_p@mail.ru

т.: 8 (903) 687-03-98

Почтовый адрес: 107023, г. Москва Большая Семеновская д. 38, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политехнический Университет).

ПОДПИСЬ Петрова П.А. заверяю

09.12.2020

СПЕЦИА ЛИСТ ПО КАДРОВОМУ  
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ  
К.А. ФИЛАТОВА

