

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Маликова Александра Геннадьевича  
«УПРАВЛЕНИЕ МЕХАНИКОЙ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТАВА  
ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЛАЗЕРНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕРМИЧЕСКИ  
УПРОЧНЯЕМЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ»

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности  
1.1.9 (01.02.05) – «Механика жидкости газа и плазмы».

Диссертационная работа А.Г. Маликова, несомненно, **актуальна**, в ней получены **новые уникальные научные данные**, большая **практическая ценность** которых при внедрении технологий, разработанных автором, в промышленное производство, совершенно очевидна.

В аэрокосмической промышленности массогабаритные характеристики являются одними из важнейших параметров создаваемых аппаратов. Уменьшение «сухого» веса летательного аппарата на 3-4% считается большим достижением. А как известно, широко используемая ныне «заклепочная» технология соединений при производстве сложных и габаритных деталей – это не самое идеальное решение проблемы. Заклепки утяжеляют вес летательного аппарата (по оценкам увеличение веса из-за их большого числа может составлять более 20%), сама технология трудоемкая, а главное – коррозия и разрушение конструкций начинается чаще всего именно в местах этих соединений. Поэтому замена «заклепочной» технологии лазерной сваркой (которая имеет много преимуществ перед другими способами – они перечислены автором и в автореферате) крайне желательна и будет востребована (при условии, конечно, что сварной шов будет удовлетворять всем жестким прочностным требованиям, которые существуют в аэрокосмической промышленности). И поскольку при использовании лазерной сварки вместо заклепок речь может идти уже о снижении веса аппарата на более чем десять процентов, а предполагаемое широкое внедрение сварки именуют «технологической революцией», то диссертационную работу А.Г. Маликова – если её оценивать в целом – можно считать научной основой для такой революции.

Задача, поставленная автором: найти причинно-следственную связь между главными параметрами процесса сварки (мощностью лазера, положения фокуса луча, толщины сплава, скорости перемещения луча и т.д.) а также последующей технологией пост термической обработки сварного шва – найти связь со структурой фазового состава материала в шве, что бы на основании полученных в уникальных экспериментах данных об этой структуре, выйти на понимание, как управлять этой структурой и как оптимизировать весь технологический

процесс так, что бы получать рекордные значения прочностных характеристик сварного шва. Задача сколь сложная, столь и значительными получились результаты.

Результаты значительны как с точки зрения получения фундаментальных научных знаний – фактически заложены научные основы технологий сварки алюминиевых и алюминий-литиевых сплавов, так и с точки зрения их несомненной практической ценности. Получение статических механических характеристик сварного шва, близких к характеристикам исходных сплавов (если раньше они оценивались на уровне 50-80% от характеристик исходного сплава, то в работе достигнуты эти значения на уровне 98%) – это, конечно, открывает большие перспективы применения разработанной технологии автором в аэрокосмической промышленности. И хотя сегодня уже есть много примеров применения композитных материалов при разработке некоторых узлов летательных аппаратов, но полностью уйти от использования алюминий-литиевых сплавов в аэрокосмической промышленности, конечно, невозможно. Поэтому переоценить значение полученных результатов трудно.

Надо отметить следующее. С точки зрения физики лазерная сварка — это сложный процесс. Сложность проистекает из того факта, что в этом процессе поглощения лазерного излучения разными средами, которые образуются при проплавлении металла – а это сначала газообразная и жидкая фаза, а затем фазы затвердевания и последующей кристаллизации металла, одновременно происходит много явлений и реакций, относящихся к разным направлениям науки. То есть мы имеем многопараметрическую задачу на стыке, как принято говорить, многих наук: газо- и гидродинамики, термодинамики и термохимии, физики твердого тела, а также и оптики - прохождение излучения через турбулентную среду. Понятно, что создать адекватную математическую модель такого сложного явления трудно, поэтому задача решалась экспериментально. Сегодня, когда публикуется больше всего работ, связанных с численными исследованиями (в газовой динамике появилось даже отдельное направление, которое называют «численная визуализация физического эксперимента»), экспериментальная работа такого уровня – это неординарное событие.

Впечатляет, конечно, тот комплекс установок и экспериментальных методик, которые автор использовал в ходе исследования. Кроме применения промышленно выпускаемых лазерных и электронных микроскопов (и другого экспериментального оборудования, большой список которых приведен в автореферате) Маликову А.Г. удалось провести исследования и получить уникальные данные по фазовому составу сварного шва с помощью установки класса «мегасайенс» «Центра синхротронного и терагерцового излучения» ИЯФ СО РАН и экспериментальной станции «Дифрактометрия в «жестком» рентгеновском диапазоне». Эти

полученные с высоким разрешением данные и позволили автору изучить эволюцию фазового состава сварного шва и совершить прорыв в понимании главных причин его ослабления.

Можно, конечно, сказать, что автору повезло работать в Сибирском Отделении, в составе которого входит ИЯФ СО РАН, который и разработал столь уникальную установку для получения синхротронного излучения (только ещё надо было добиться возможности проводить на ней исследования). Но, как известно, без удачи больших достижений и открытий не бывает. Установление причин ослабления сварного шва и понимание как их минимизировать – это несомненное большое научное (и имеющее серьезные перспективы промышленного применения) достижение и автора, и научной группы, в которой он работает.

В качестве замечания (скорее пожелания). В ходе исследования сварные швы были получены с помощью CO<sub>2</sub>- лазера с  $\lambda=10,6$  мкм. Промышленность выпускает сейчас лазерные комплексы на базе волоконных лазеров с  $\lambda \leq 1$  мкм (проще и удобнее в эксплуатации). Но известно, чем короче  $\lambda$ , тем сильнее влияние турбулентности на прохождение излучения через такую среду. Поэтому влияние  $\lambda$  на процесс сварки, по – видимому, будет, т.е.  $\lambda$  как ещё один параметр в задаче. Но он не обсуждался в работе. На мой взгляд, на научной дискуссии при защите было бы правильно затронуть этот вопрос. Автор мог бы привести самые общие соображения на этот счет: может, существует оптимальная  $\lambda$  для конкретного металла, а коротковолновые лазеры плохо подходят для сварки (может работы в этом направлении в группе уже идут – или обсуждаются).

И в заключении. Считаю, что Маликов Александр Геннадьевич получил в ходе своей работы важные **научные результаты как фундаментального, так и прикладного характера**, и диссертация, судя по автореферату, удовлетворяет всем требованиям ВАК (новизна результатов, актуальность, достоверность, количество печатных работ, апробация, объём и т.д. ) предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора технических наук, и поэтому автор несомненно заслуживает присуждения искомой степени по специальности 1.1.9 (01.02.05) – «Механика жидкости газа и плазмы».

#### **Согласие на обработку персональных данных**

*Я, Мальков Виктор Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.*

Д.Т.Н.

**В.М.Мальков.**

Личную по  
Ученый се  
им. Д.Ф.У

**М.Н. Охочинский**

Мальков Виктор Михайлович, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Плазмогазодинамика и теплотехника»  
ФГБОУ ВО Балтийский Государственный Технический Университет -  
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова.  
Служ. Тел. 8(812) 325 67 45  
Моб. Тел. +7 921 911 0 0 0 0  
e-mail : [y.m.malkov@gmail.com](mailto:y.m.malkov@gmail.com)

**Сведения об организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф.Устинова.

Россия , 1900005 Санкт –Петербург, 1-ая Красноармейская , д.1.

Интернет страница БГТН «Военмех»: [www.voenmeh.ru](http://www.voenmeh.ru)

Телефон: 8-812 -316-23 -94