

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу Маликова Александра Геннадьевича на тему «Управление механикой структурно-фазового состава высокопрочных лазерных сварных соединений термически упрочняемых алюминиевых сплавов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Маликов Александр Геннадьевич, учась на третьем курсе физико-технического факультета НГТУ, пришел в ИТПМ СО РАН в 2003 г., для выполнения бакалаврской и инженерной дипломных работ. Закончив в 2006 году НГТУ, поступил на очное отделение аспирантуры академии наук СО РАН при ИТПМ по специальности «механика жидкости, газа и плазмы». По завершению аспирантуры в 2009 году, Маликов А.Г. остался работать в лаборатории «Лазерные технологии» на должности младшего научного сотрудника. В 2010 году защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Оптимизация процесса лазерно-кислородной резки низкоуглеродистой стали», по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Тема докторской диссертации Маликова А.Г. посвящена решению актуальнейшей темы, связанной разработкой научных основ создания неразъемных соединений методом лазерной сварки самых современных высокопрочных Al сплавов авиационного назначения, что позволит отказаться от используемых в настоящее время заклепочных соединений. К моменту начала данной работы эта проблема не была решена. Прочность сварных соединений составляла 50-80 % от значений исходного сплава, что было абсолютно не приемлемо для применения данной технологии в авиа и ракетостроении.

Новизна подхода Маликова А.Г. к решению комплексной научной проблемы, связанной с достижением максимальных статических механических характеристик неразъемных лазерных сварных соединений нового класса материалов - термически упрочняемых алюминиевых - литиевых (Al-Li) сплавов третьего поколения заключалась в детальном исследовании физических процессов в сварном шве в первую очередь за счет впервые примененного метода диагностики: дифрактометрии синхротронного излучения на установки класса «мегасайенс» ИЯФ СО РАН и разработки на основе полученной физической картины процессов методов управления микро, нано структурой и фазовым составом сварного шва в результате оптимизации процесса лазерного воздействия, последующей оптимизации пост термообработки в виде закалки и искусственного старения, в сочетании с комплексной оценкой физико-механических, технологических и функциональных свойств.

Экспериментальное исследование выполнено Маликовым А.Г. на высоком научно-техническом и методическом уровне с привлечением самых современных методов диагностики, широкой кооперации институтов СО РАН, в том числе и установки класса Mega Science, входящую в ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения», экспериментальная станция "Дифрактометрия в «жестком» рентгеновском диапазоне" (ИЯФ СО РАН)..

В результате выполнения работы Маликовым А.Г. получены следующие

результаты:

1. Впервые созданы научные основы технологии лазерной сварки современных термически упрочняемых алюминиевых сплавов, которые позволили получить прочностные свойства сварных соединений близких или равных исходным сплавам.

2. Впервые на основе комплексного подхода, включающего оптимизацию процесса лазерной сварки и последующей оптимизации термической обработке (закалку и искусственное старение) удалось реализовать замкнутый цикл фазовых превращений в лазерных сварных соединениях алюминиевых сплавов: Д16Т система Al-4.4Cu-1.5Mg, 1420 системы Al-5.2Mg-2.1Li; 1424 системы Al-4.9Mg-1.65Li, 1441 системы Al-1.7Cu-0.9Mg-2Li, В-1461 системы Al-2.7Cu-0.3Mg-1.8Li, В-1469 системы Al-3.9Cu-0.3Mg-1.2Li.

3. Впервые показано, что, управляя параметрами пост термической обработки образцов со сварным соединением всех исследованных термически упрочняемых алюминиевых сплавов, возможно целенаправленно влиять на формирование заданных механических свойств сварного шва за счет изменения структурно-фазового состава.

4. Впервые для исследования эволюции фазового состава сварного шва в исходном состоянии и после оптимальной термообработки термически упрочняемых алюминиевых и алюминий-литиевых сплавов марки Д16Т, 1424, 1441, В-1461, В-1469 применено синхротронное излучения с использованием установки класса «мегасайенс» ИЯФ СО РАН, что позволило с высоким разрешением измерить распределение фазового состава поперек шва на всех этапах исследований.

5. Впервые по результатам экспериментальных исследований, на основе оптимизации процесса закалки и закалки с последующим искусственным старением построены 3D-карты механических свойств образцов со сварным соединением (временного сопротивления, предела текучести, предельного относительного удлинения) в зависимости от температуры и времени старения всех исследуемых сплавов.

6. Впервые четко экспериментально показано, что изменение прочности в следствии закалки при оптимальной температуре в области 560 0С лазерных сварных соединений сплава В-1469 физически обусловлено изменением микро и нано структуры т.е. фактически растворением агломератов на границе зерен и гомогенизация твердого раствора, что обуславливает первые стадии процесса распада пересыщенных твердых растворов: с образованием зон Гинье-Престона и с выделением промежуточных метастабильной θ'' фазы.

6. Впервые для сварных швов сплава В-1469 системы Al-3.9Cu-0.3Mg-1.2Li ($CCu/CMg \approx 13$ и $CCu/CLi \approx 3,25$) установлено оригинальное влияние большого относительного содержания CCu/CLi . Экспериментально установлено, что в отличие от исходного сплава с преобладающей упрочняющей фазой T1, в лазерном шве после оптимальной термической обработки в виде закалки и последующем искусственным старением преобладает упрочняющая фаза $\theta/(Al_2Cu)$.

7. Впервые проведены малоцикловые испытания лазерных сварных соединений до и после термообработки для алюминий-литиевых сплавов 1420 1441 и

В-1461 на пульсирующее растяжение при различных амплитудах нагрузки, при повышенных и пониженных температурах. Установлено предельное число циклов до разрушения. Показано, что для термообработанных сварных соединений количество циклов до разрушения увеличивается сплава в 3-4 раза и приближается к исходному сплаву.

8. Впервые оптимальное лазерное воздействие и последующая термообработка позволили достичь значений прочностных характеристик сварных соединений близких или равных исходному сплаву.

В результате выполнения работы созданы научные основы получения неразъемных соединений Al-Li сплавов с прочностью, близкой к прочности исходных сплавов и достигнуты следующие конкретные результаты:

- Для лазерных сварных соединений сплава Д16Т система Al-4.4Cu-1.5Mg. временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение сварного шва составляет 99%, 98% и 95 % соответственно от значений исходного сплава.

- Для лазерных сварных соединений сплава 1420 системы Al-5.5Mg-2Li временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение сварного шва составляет 100%, 132% и 21 % соответственно от значений исходного сплава.

- Для лазерных сварных соединений сплава 1424 системы Al-4.9Mg-1.65Li временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение сварного шва составляет 98%, 98% и 92 % соответственно от значений исходного сплава.

- Для сварных соединений сплава 1441 системы Al-1.7Cu-0.9Mg-2Li временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение сварного шва составляет 98%, 104% и 64 % соответственно от значений исходного сплава.

- Для сварных соединений сплава В-1461 системы Al-2.7Cu-0.3Mg-1.8Li временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение сварного шва составляет 93%, 94 % и 86 % соответственно от значений исходного сплава.

- Для сварных соединений сплава В-1469 системы Al-3.9Cu-0.3Mg-1.2Li временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение сварного шва составляет 95%, 94 % и 38 % соответственно от значений исходного сплава.

При выполнении работы Маликов А.Г. проявил себя вполне сформировавшимся ученым, способным самостоятельно формулировать задачи, проводить экспериментальные исследования и обобщать результаты исследований. Особо следует отметить научное чутье Маликова А.Г., его способность находить нетрадиционные пути решения казалось бы не решаемых задач, что собственно и проявилось в диссертационной работе, его организаторские способности, позволившие активно привлечь синхротронное излучение и создать широкую кооперацию институтов СОРАН, во многом определившим успешное решение очень важной Государственной технологической задачи и давшей научные основы для развития научного направления лазерной микрометаллургии, которая является прорывной технологией 21 века.

Считаю, что диссертационная работа Маликова А.Г. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора

технических наук, а сам автор, безусловно, заслуживает присуждения ему степени доктора технических наук по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы.

Научный консультант,
главный научный сотрудник лаборатории
лазерных технологий Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Института теоретической и прикладной
механики им. С.А. Христиановича Сибирского
отделения Российской академии наук,
д. ф.-м. н, профессор _____

___ А.М. Оришич

Подпись А.М. Оришича удостоверяю
Ученый секретарь Федеральн
государственного бюджетного учрежде
науки Института теоретической и прикладн
механики им. С.А. Христиановича Сибирского
отделения Российской академии наук
к.ф.-м.н. _____

___ Ю.В. Кратова