



## ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



**Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины**

**Костин В. А.** (Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) защитил 25 марта 2014 г. докторскую диссертацию на тему «Закономерности структурообразования сварных соединений высокопрочных низколегированных сталей, полученных дуговой сваркой».

Диссертация посвящена изучению закономерностей и кинетики структурообразования сварных соединений ВМНЛ сталей с различными механизмами упрочнения. Исследованы судостроительные стали 12ХН2МДЦ, 10ХСНД, 14ХГНДЦ с преимущественно твердорастворным механизмом упрочнения; строительные стали 06ГБД, 10Г2ФБ, 15ХСАТЮД с дисперсионным механизмом упрочнения, стали для магистральных трубопроводов Х70 КП + УО и Х80 КП + УО с дисперсионным и зернограничным механизмом упрочнения; высокопрочные конструкционные стали WELDOX 1300 с «сложным» механизмом упрочнения.

Сварные соединения были получены с применением различных способов дуговой сварки (ручной дуговой сварки, автоматической сварки под флюсом и механизированной сварки в среде защитных газов).

В работе изучалось влияние процессов структурообразования на обеспечение механических свойств, хладостойкости, высокого сопротивления хрупкому разрушению и образованию холодных трещин. На основе экспериментального и теоретического анализа процессов распада аустенита в сварных соединениях ВМНЛ предложены новые

материаловедческие подходы к выбору оптимальных режимов сварки и сварочных материалов.

Установлено различие в характере влияния элементов ограниченно (Ti) и неограниченно (Mn) растворимых в железе на формирование структуры металла шва, приведены диаграммы распада аустенита, температуры фазовых превращений, уточнена роль и механизмы влияния неметаллических включений на формирование структуры металла швов ВМНЛ сталей твердорастворного упрочнения.

Установлены причины деградации свойств (снижения прочности, ударной вязкости, образование холодных трещин) сварных соединений ВМНЛ судостроительных, строительных сталей, трубных сталей для магистральных трубопроводов и предложены практические методы их преодоления. Предложены механизмы, объясняющие образование локальных зон охрупчивания в участках повторного нагрева, механизмы комплексного влияния системы Mo + Ti + V, обеспечивающие высокую ударную вязкость сварных соединений ВМНЛ сталей и причины снижения свойств при использовании сварочных проволок системы легирования Nb--Mo.

Получили дальнейшее развитие представления о механизмах превращения аустенита в сварных швах ВМНЛ сталей, предложены расчетные методы и реализованы компьютерные программы, позволяющие прогнозировать структурно-фазовый состав, температуры фазовых превращений и механические свойства, исходя из состава, скорости охлаждения, размера первичного зерна аустенита, размеров и количества неметаллических включений. Получил дальнейшее развитие критерий оценки стойкости сварных швов ВМНЛ сталей к образованию холодных трещин.

## СОТРУДНИЧЕСТВО УЧЕНЫХ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

25 декабря 2013 г. в Институте электросварки им. Е. О. Патона состоялось техническое совещание на тему «Совместные работы ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины и ГП «КБ «Южное», направленные на создание новых конструкторско-технических решений для перспективных изделий РКТ». Оно проходило с целью мониторинга выполнения работ согласно плану совместной научно-исследовательской деятельности ГП «КБ Южное» и научных организаций НАН Украины на 2013 г. и является частью Генерального соглашения о научно-техническом сотрудничестве между На-

циональной академией наук Украины и ГП «Конструкторское бюро «Южное».

На совещании от ГП «КБ «Южное» присутствовали: Генеральный конструктор А. В. Дегтярев, заместители Генерального конструктора А. П. Кушнарев и Е. В. Курячий, а также Н. Г. Литвин, Е. Д. Ерис, Е. И. Шевцов, С. К. Фартушный, А. А. Прокопчук, В. А. Шульга, А. М. Потапов, Ю. П. Бунчук, от ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины: зам. директора академик НАНУ С. И. Кучук-Яценко, зам. директора академик НАНУ Л. М. Лобанов, зам. директора академик НАНУ К. А. Ющенко,



зам. директора академик НАНУ И. В. Кривцун, чл.-кор. В. М. Нестеренков, В. Д. Шелягин, Ю. В. Фальченко, О. В. Махненко, С. В. Ахонин, Ю. С. Борисов, Т. М. Лабур.

На встрече были проанализированы результаты исследований и разработок перспективных способов сварки конструкций элементов РКТ, выполненных специалистами ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. В частности, особенности контактной стыковой сварки оплавлением разнородных алюминиевых сплавов, которые применяются в силовом наборе сухих отсеков РН прежде всего силовых элементов типа «фитинг-стрингер», а также перспектива использования лазерной сварки для изготовления охлаждающихся сопел двигателей, внутренних стенок камер двигателя, особенно при соединении разнородных материалов.

Большой интерес у специалистов КБ «Южное» вызвала технология соединения углерод-углеродных композиционных материалов с металлами, в частности, с титаном. Подобные материалы используют в качестве защитных панелей от солнечного нагрева носовой части фюзеляжа и передних кромок крыльев летательных аппаратов. Ранее углерод-углеродные элементы конструкции теплозащиты использовали в виде отдельных деталей с их последующим механическим креплением к силовой конструкции планера. В качестве промежуточных применяли детали из ниобиевого сплава и жаростойких литейных сплавов на никелевой основе. Из них изготавливали кронштейны. Для хорошей совместимости углеродных деталей с указанными металлами последние имели соответствующие покрытия. С целью снижения массы конструкции теплозащитных панелей предпочтительно использовать жаростойкие сплавы. При температурах эксплуатации до 1200 °С такие сплавы характеризуются высокой способностью сохранять свои функциональные свойства. Перспективу получения ряда технических преимуществ этих защитных панелей по сравнению с механическими вариантами соединения открывает использование технологии соединения таких материалов диффузионным методом. При этом достигаются достаточно высокий уровень физико-механических свойств соединений при температурах эксплуатации и сравнительно высокая технологичность.

Известно, что повышение функциональности изделий со сложными внутренними 3D структурами неразрывно связано с применением трехслойных сотовых панелей. Подобная конструкция обеспечивает герметичность деталей, состоящих из отдельных структурированных и пакетирован-

ных пластин. Панели получают путем неразъемного соединения отдельных конструктивных компонентов по всей поверхности их контакта пайкой или диффузионным способом. В связи с этим на встрече обсуждался вопрос разработки новой технологии и оборудования сварки легких сотовых панелей. Применение прослоек с наноструктурой при их соединении позволит избежать появления жидкой фазы, способной заполнять полые пространства. Для гарантии их функциональных свойств необходимо соединять штампованные элементы заполнителя между собой нахлесточными швами, а тавровыми швами приваривать к плоскости обшивки.

Одним из актуальных вопросов, рассмотренных на встрече, был вопрос использования технологии лазерной сварки для создания стрингерных панелей и оболочек с внешним или внутренним оребрением. В ходе анализа технологических возможностей данного способа сварки были затронуты особенности его применения и в конструкциях других узлов РКТ, которые разрабатываются в КБ «Южное». Для обоснования перспективных способов сварки типовых элементов топливных баков и сухих отсеков было предложено провести комплексный анализ их преимуществ и недостатков. Среди них сварка трением с перемешиванием, контактная стыковая, лазерная и гибридные виды сварки.

Еще одной важной задачей при производстве РКТ является обеспечение бесконтактного автоматизированного контроля качества узлов из полимерных композиционных материалов. Такая работа предполагает разработку методов и средств автоматизированного ультразвукового контроля сплошности узлов цилиндрической формы из полимерных материалов. Это также рассматривалось на техническом совещании.

В ходе обсуждения проблемных вопросов были уточнены отдельные положения по материалам, используемым в данных конструкциях, а также способам сварки и методам контроля качества соединений. Представители ГП «КБ Южное» подтвердили необходимость развития двухстороннего сотрудничества с целью создания новых перспективных изделий РКТ, а также предложили расширить круг проблемных вопросов. ИЭС им. Е. О. Патона подтвердил готовность выполнить экспериментальную работу по сварке и наплавке материалов, используемых в конструкциях РКТ.

По результатам встречи был подготовлен протокол намерений, который от ГП «КБ «Южное» подписали Генеральный конструктор А. В. Дегтярев, а от ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины – зам. директора академик НАНУ Л. М. Лобанов.