



ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕМАТИКА НИР В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЙ СОЕДИНЕНИЯ, ПРОВОДИМЫХ БРИТАНСКИМ ИНСТИТУТОМ СВАРКИ И ОБЪЕДИНЕНИЕМ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ DVS (Обзор)

О. К. МАКОВЕЦКАЯ, канд. экон. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены данные об организации и тематике исследований в области технологий соединения, проводимых Британским институтом сварки и Объединением исследователей Немецкого общества сварщиков.

Ключевые слова: технологии соединения, тематика НИР, Британский институт сварки, Объединение исследователей DVS

В условиях глобализации мирового экономического развития практика «открытости» тематики исследований приобретает общепринятый характер. Ведущие сварочные институты, центры и сварочные общества многих стран мира публикуют в национальных изданиях, а также на страницах своих web-сайтов тематику планируемых и проводимых научных проектов и программ фундаментальных и прикладных исследований, приглашая к сотрудничеству и взаимному обмену научной информацией.

Британский институт сварки и Объединение исследователей DVS — ведущие европейские и мировые научные центры в области технологий соединения. Тематика работ, проводимых в этих научных центрах, ориентирована на решение конкретных, актуальных задач промышленности: разработку новых технологий соединения, изучение свариваемости новых конструкционных материалов, сокращение производственных затрат в сварочном производстве, улучшение качества и безопасности сварочных работ, повышение надежности сварных конструкций, получение научно-экспериментальных обоснований к нормам и стандартам и др. В программах исследований TWI и DVS предусмотрен высокий уровень завершенности разработок, резко сокращающий время на трансфер технологии.

Британский институт сварки (TWI) в последние годы заметно наращивает свой научно-технический потенциал. За период 2005–2010 гг. в 1,3 раза увеличилась численность института с 500 до 640 человек. Общий доход от различных сфер деятельности в 2010 г. превысил 53 млн фунт. стерл.

Основу фундаментальных и прикладных научных исследований в области сварки и родственных технологий TWI составляют работы по тематическому плану Программы основных исследований (CRP). Бюджет программы CPR на 2010–2012 гг. составил около 3,3 млн фунт. стерл., а доход TWI в 2010 г. от результатов выполненных НИОКР — порядка 10 млн фунт. стерл.

TWI выполняет значительный объем работ по подготовке, переподготовке и аттестации сварочного персонала, инженерных и научных кадров — общий фонд финансирования этой сферы деятельности превышает 14 млн фунт. стерл. в год.

Основным источником финансирования научно-производственной деятельности TWI являются членские взносы предприятий и физических лиц как Великобритании, так и других стран мира. В последние годы заметно увеличивается численность членов TWI. Так, в 2010 г. коллективными членами стали 110 компаний, что позволило дополнительно получить около 1 млн фунт. стерл., а общий доход от членских взносов составил около 7 млн фунт. стерл. В 2010 г. количество организаций и предприятий — коллективных членов TWI достигло 660.

Промышленные предприятия и фирмы (члены TWI) оказывают финансовую поддержку при выполнении конкретных тем и влияют на направленность выполняемых исследований или разработок. Представители отраслей промышленности, как правило, рассчитывают на получение максимальной выгоды от результатов Программы CRP для обеспечения конкурентоспособности своей продукции на мировом рынке. Заключительные отчеты результатов НИР, выполненных в рамках Программы CRP, предоставляются исключительно промышленным членам TWI, которые также могут получать дополнительную информацию по проектам CRP, в том числе в процессе их выполнения.



Организация проведения исследований в TWI осуществляется по целевым проектам: для выполнения работ по тому или иному научному направлению на время проведения проекта НИР создается научная лаборатория или отдел, который прекращает свое существование после окончания работ по данному направлению.

Программа CRP TWI на 2009–2012 гг. включает 57 проектов НИР, которые сгруппированы по пяти тематическим направлениям (прочность сварных конструкций; металлы и свариваемость; лазерная, дуговая и контактная сварка, обработка поверхности; электронно-лучевые технологии и технологии сварки трением; пластмассы, клеи, керамика и электроника). Каждый исследовательский проект четко ориентирован на один или несколько конкретных секторов промышленного производства (аэрокосмический; автомобилестроение; сварные конструкции и проектирование; военная промышленность; нефте-, газо-, химическая промышленность; энергетика; железнодорожный транспорт; датчики контроля и медицина; судостроение), где предполагается реализация полученных результатов НИР или который является заказчиком данной темы.

По направлению «Прочность сварных конструкций» было выполнено/выполняется 17 проектов, тематику которых можно разбить на две основные группы: математическое моделирование и визуализация физико-химических и механических процессов (6) и методы контроля качества сварных соединений (11 проектов). Математическое моделирование и визуализация при исследованиях сварочных процессов находят все более широкое распространение, заменяя проведение многочисленных дорогостоящих экспериментов. В проекте «Разработка прогрессивных методов оценки сварных кольцевых швов трубопроводов» предполагается разработать и обосновать модели точного прогнозирования остаточных напряжений в сварных кольцевых швах трубопроводов. Проект включает исследование изменения свойств металла кольцевого шва в напряженно-деформированном состоянии с использованием диаграмм напряженного состояния (a strain-based failure assessment diagram), разработку и обоснование модели достоверного прогнозирования остаточных напряжений в сварных кольцевых швах трубопроводов, создание методики определения влияния остаточных напряжений на образование трещин для оценки сопротивления разрушению кольцевого шва. Целью проекта «Прогрессивные методы моделирования» является разработка модели направленного осаждения металла (Direct Metal Laser Deposition) с использованием лазерных технологий, что позволит определить зависимости между параметрами процесса, свойствами материала и результирующим качеством.

Большая группа проектов посвящена разработке методов неразрушающего контроля, сварных металлоконструкций, которые, в частности, касаются оценки коррозионных повреждений сталей в кислых средах, разработки ультразвуковых методов контроля фазированными решетками, обнаружения малых усталостных трещин. Интересным представляется использование для контроля и оценки пористости и волнистости волокна углепластика компьютерной рентгеномографии.

Тематика исследований по направлению «Металлы и свариваемость» включает 15 проектов, направленных на исследование свариваемости конструкционных, жаропрочных, нержавеющих сталей, никелевых сплавов и разнородных материалов с применением различных технологий сварки, включая электронно-лучевую, дуговую, сварку вольфрамовым электродом в инертном газе (ТИГ). В частности, ведутся исследования по следующим проектам НИР:

«Улучшение технологии сварки разнородных материалов» — тематика актуальная в атомной энергетике;

«Оценка свариваемости ультрасверхкритических материалов для силовых установок/электростанций» — для разработки новых конструкционных материалов, предназначенных для изготовления турбогенераторов ТЭС с суперсверхкритическими параметрами пара;

«Ремонт сварных конструкций из жаропрочных сталей с 9 % Сг без термообработки» — применительно к ремонту турбо- и котлоагрегатов в условиях ТЭС и АЭС.

Тематика исследований по направлению «Лазерная, дуговая сварка, сварка сопротивлением и инженерия поверхности» включает 12 проектов. В ней представлены работы, тематика которых направлена на разработку новых технологий сварки — дуговой МИГ/МАГ, лазерной, гибридной (лазерно-дуговая) для сварки изделий из углеродистой стали, коррозионностойких сплавов, разнородных материалов (сталь и медь, сталь и алюминий), жаропрочных сталей, сплавов никеля, титана, алюминия.

Проекты «Сварка и резка с применением нового поколения сверхмощных волоконных лазеров», «Одно- и многопроходная лазерная гибридная сварка с адаптивным управлением» непосредственно связаны с изучением особенностей взаимодействия лазерного и дугового источников нагрева при гибридном процессе; выбором альтернативных сочетаний лазера с дуговыми или плазменными источниками нагрева, обеспечивающих высокую производительность сварки и качество соединения; исследованием и разработкой технологии лазерно-дуговой гибридной сварки тонких листов алюминиевых сплавов и комбинации разнородных материалов.



Такие исследовательские темы, как «Высокопроизводительная лазерная послойная наплавка металла» и «Лазерное напыление и плакирование» отражают направление исследования TWI в области создания и разработки процессов наплавки и нанесения специальных и защитных покрытий, а также разработки расходных материалов улучшенного качества со специальными физико-механическими и трибологическими свойствами, предназначенных для нанесения покрытий.

Тематика исследований по направлению «Технологии сварки электронным лучом и сварка трением» включает семь проектов. В программе представлены проекты, связанные с разработкой новых технологий электронно-лучевой сварки и сварки трением с перемешиванием ферритных и аустенитных сталей, высокопрочных алюминиевых сплавов.

В TWI, несмотря на то, что STIR-процесс был создан и реализован еще в 1990-х годах, в том числе путем продажи лицензий на технологию и оборудование, объем серьезных поисковых исследований в области создания новых разновидностей STIR-техники и рабочего инструмента не сокращается. Так, по плану TWI разработана и уже широко внедряется технология микросварки трением с перемешиванием (μ FSW) применительно к выполнению протяженных и точечных швов на алюминиевых сплавах толщиной от 0,2...0,3 до 1,5...2,0 мм.

Аддитивные технологии находят все большее применение в промышленном производстве, в частности, заменяя технологии литья в черной металлургии. В проекте «Аддитивные технологии применительно к сварке трением» предполагается исследовать возможность применения этой технологии для процесса сварки трением, в частности, создания рабочего инструмента.

Тематика исследований по направлениям «Пластмассы, клеи, керамика и электроника» включает девять проектов. В программе представлены проекты, направленные на исследование и разработку технологии сварки (лазерную сварку, стыковую сварку плавлением) и нанесения покрытий на изделия из пластмасс и композитов, в частности:

«Исследование полимерных материалов, усиленных углеродными нанотрубками, предназначенных для работы в экстремальных условиях окружающей среды»;

«Улучшение качества сварки армированных волоками термопластов»;

«Технологии соединения в медицине» [1].

Немецкое сварочное общество (DVS) — федеральное общество (союз), осуществляющее управление и координацию научно-технической, производственной и образовательной деятельности различных учреждений Германии, занимаю-

щихся проблемами сварки и родственных технологий. DVS входит в состав Ассоциации промышленных исследовательских объединений им. Отто фон Герике (AiF) и включает 14 земельных и 94 окружных отделения, 9 сварочных учебно-экспериментальных центра (институты SLV) и более 12 учебно-сварочных центров (SL).

Количество членов DVS (коллективных и индивидуальных) в 2010 г. составило 18 456, включая 597 коллективных членов.

В соответствии с основными функциями DVS в его составе сформированы:

Объединение (Сообщество) исследователей DVS;

DVS — издательство;

DVS-ZERT — сертификационный центр;

AiF — комиссия по профобучению и независимый орган DVS- PersZert ;

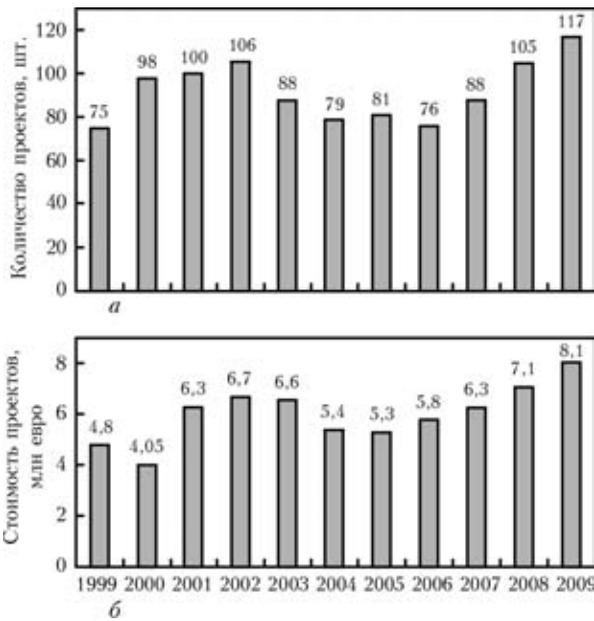
TK — технический комитет по стандартизации;

Национальная делегация в МИС и ЕСФ.

С целью активизации инженерных исследований и повышения эффективности профессионального обучения с 1999 г. в составе DVS функционирует Общество институтов сварочной техники (GSI) DVS, которое объединяет сварочные учебно-экспериментальные центры (институты): SLV Дуйсбург, SLV Берлин-Бранденбург, SLV Галле, SLV Мюнхен, SLV Фелбах, SLV Ганновер, SLV Саабрюккен, SLV Билефельд.

Объединение исследователей DVS (Forschungsvereinigung Schweissen und Verwandte Verfahren E.V.) формирует программу тематики исследований DVS, отвечающую интересам промышленности и общей стратегии развития научных направлений; осуществляет ежегодное распределение ассигнований на их выполнение, координирует комплексные разработки. Отбор проектов НИР для включения в план НИР Объединения исследователей DVS осуществляется в рамках 15 экспертных комиссий (комитетов): FA1 — металлургия и металловедение; FA2 — термическое напыление и автогенная техника; FA3 — дуговая сварка; FA4 — сварка сопротивлением; FA5 — специальные способы сварки; FA6 — лучевые процессы; FA7 — пайка; FA8 — склеивание; FA9 — конструирование и расчет; FA10 — техника микросоединений; FA11 — соединение пластмасс; FA12 — моделирование процессов сварки; FA Q6 — техника безопасности и охрана окружающей среды; FA V4 — подводная сварка; FA13 — способы изготовления — технология производства.

В 2010 г. Объединение исследователей DVS выполняло НИР по 160 проектам, с общим объемом финансирования 11,5 млн евро. Большая часть проектов НИР финансируется AiF. В 2010 г. AiF про-



Количество (а) и общая стоимость (б) выполненных проектов НИР

финансировал 124 исследовательских проекта DVS на сумму 8,8 млн евро.

На рисунке приведены данные о количестве проектов НИР, выполненных Объединением исследователей DVS в рамках финансирования AiF, в период с 1999 по 2009 гг. и их стоимость.

В 2009 г. тематика исследований DVS была распределена следующим образом: 86 % — исследования в области технологий соединения и по 7 % — исследования в области технологии нанесения покрытий и в области технологии резки.

Тематика исследований DVS в области технологий соединения в разные годы приведена в табл. 1.

В структуре тематики исследований DVS основную долю составляют исследования в области сварочных технологий, хотя их доля в период с 2002 по 2009 гг. сократилась на 10 %. За этот же период практически в 3 раза возросла доля исследований по технологиям соединения пайкой. Немецкие ученые значительное внимание уделяют технологиям соединения склеиванием, которая относится к числу наиболее востребованных на рынке техники соединения. Прогнозируется, что наряду с технологией лазерной сварки склеивание будет иметь наибольший прирост. Например, в 2007 г. в странах ЕС в структуре производства сварочной техники и предоставления услуг более

Таблица 1. Тематика исследований DVS в области технологий соединения, %

Вид соединения	2002	2007	2009
Сварка	73	62	64
Микросоединения	11	14	12
Склеивание	11	16	8
Пайка	5	8	16

Таблица 2. Распределение направлений исследований в области технологий сварки, %

Технология соединения	2002	2007	2009
Дуговая сварка в среде защитного газа	45	37	38
Сварка сопротивлением	18	12	13
Электронно-лучевая	7	5	5
Гибридная	8	13	13
Лазерная	17	22	19
Прочие	5	11	12

30 % объема производства составлял клей и оборудование для склеивания (около 6500 млн евро).

Тематика исследований DVS в области технологий сварки в разные годы приведена в табл. 2. Как видно из таблицы, дуговая сварка плавлением сохраняет позиции базовой сварочной технологии. Доля тематики исследований в этой области высока и составляет порядка 40 %. В структуре исследований DVS растет доля лазерных и гибридных технологий.

Основным материалом для сварных конструкций остается сталь (табл. 3). После роста объема исследований в области технологий сварки алюминия в 2002, 2007 гг. в 2009 г. отмечено сокращение работ по этому направлению. В связи с увеличением применения во многих отраслях промышленности (транспорте, авиапромышленности и др.) новых материалов — керамики, композитов, а также возрастанием потребности соединения разнородных материалов объем исследований по этим направлениям повышается.

Количественно тематика исследований DVS по основным направлениям НИР была распределена следующим образом: технологии соединения соответственно в 2007 г. — 42, в 2009 г. — 38 %; материалы — 27 и 17 %; расчет, конструирование, моделирование — 13 и 28 %; автоматизация — 10 и 7 %; техника безопасности — 8 и 10 %.

Разработка новых технологий соединения занимает в тематике исследований DVS основную долю — около 40 %. Однако все большее внимание уделяется исследованиям по визуализации сварочных процессов, включающих расчеты, кон-

Таблица 3. Структура исследований в области соединения свариваемых материалов, %

Материал	2002	2007	2009
Сталь	40	28	34
Алюминий	28	36	21
Пластмассы	6	7	14
Стекло/ керамика	5	5	7
Разнородные материалы	14	16	10
Магний	5	5	—
Прочие	2	2	14



Таблица 4. Проекты НИР по отдельным тематическим направлениям

Тематическое направление	Название проекта
Металлургия и материаловедение	Системы легирования порошковых проволок для сварки в защитном газе деформируемых алюминиевых сплавов и сплавов, полученных литьем под давлением. Улучшение свариваемости алюминия путем измельчения зерна. Исследование предупреждения горячих трещин в аустенитных Cr–Ni-сталях и сплавах на основе никеля с помощью оптимизации температурного поля
Термическое напыление и автогенная техника	Разработка экспресс-методов неразрушающего контроля для измерения механических характеристик и пористости покрытий, нанесенных методом термического напыления. Термографические методы неразрушающего контроля для оценки термических покрытий. Улучшение качества покрытий, нанесенных дуговым способом путем применения модифицированной автогенной техники и высокоскоростных газовых потоков
Дуговая сварка	Повышение стабильности процесса сварки в защитном газе с использованием модифицированного потока защитного газа. Разработка системы управления сварочной горелкой для автоматической сварки в защитном газе сплавов стали и алюминия. Определение КПД современных способов сварки в защитном газе
Специальные способы сварки	Исследование сварки трением с перемешиванием стали и алюминия. Разработка концепции оценки пригодности установок для сварки трением с перемешиванием, а также определение параметров сварки. Разработка процесса он-лайн контроля для сварки трением с перемешиванием на базе интегрированных в инструмент сенсоров
Лучевые способы сварки	Применение многолучевой техники для снижения внутренних напряжений в деталях, сваренных электронно-лучевым и лазерным способами. Гибридная лазерно-дуговая сварка толстостенных прецизионных труб. Гибридная лазерно-дуговая сварка с использованием низкоэнергетических дуговых способов
Конструирование и расчет	Экспериментальные исследования и численное моделирование процесса деформации подвергавшихся удару алюминиевых сварных соединений. Расчет микромагнитных характеристик внутренних напряжений в свариваемых сталях
Соединение пластмасс	Сварка пластмасс с нагревом инфракрасным излучением. Лазерная сварка оптически прозрачных пластмасс без применения абсорбера. Автоматическая оптимизация и обеспечение качества на базе новой концепции машин для сварки нагревательным элементом
Моделирование процессов сварки	Быстрое, автоматическое воспроизведение температурного поля для моделирования сварочных деформаций. Цифровая диагностика холодных трещин деталей из высокопрочных сталей, сваренных лазером. Использование моделирования сварки для расчета несущей способности легких стальных конструкций сложной конфигурации

струирование и компьютерное моделирование. Увеличивается объем исследований, связанных с техникой безопасности и охраной окружающей среды (табл. 4).

В заключение следует отметить, что ознакомление с тематикой НИР, проводимых ведущими сварочными институтами мира, ее анализ позволяет определить научные приоритеты в исследованиях, выявить проблемы, над которыми работают ученые по заказам промышленности, пер-

сонифицировать тематику исследований, найти возможных партнеров и многое другое. Открытость тематики исследований дает возможность осуществлять международную координацию в разработке актуальных научных направлений [2].

1. Core research programme 2010–2012: Project summaries / TWI world centre for materials joining technology // www.twi.co.uk.
2. *Geschäftsbericht* 2010. Innovationen für die Wirtschaft. Forschung in der Fugetechnik // DVS. — www.dvs-ev.de.

The paper gives information on organization and topics of investigations in the field of joining technologies conducted by TWI and DVS.

Поступила в редакцию 05.10.2011