

5. *SAIW* A quantum leap 40 years and on // J. FWP. — 1988. — 28, № 3. — P. 7–35.
6. *Smallbone C.* The OzWeld technology support centres network: A unique model for technology innovation by industry // Trends in Welding Research Conference, Georgia, USA, 2002.
7. *Smallbone C.* National model for optimum innovation through welding and joining technology // WTIA 53rd Annual conf., Darwin, Australia, Oct., 2005.
8. *IIW White Paper WhiP.* To improve the global quality of life through the optimum use of welding technology.
9. *Smallbone C.* A vision for a cooperative team effort in welding and pressure equipment technology in the Asian Pacific region, India, 2001.
10. *Smallbone C.* A vision for a cooperative team effort in welding and pressure equipment technology in the Asian Pacific region // IIW Asian Pacific Intern. congress, Singapore, Oct., 2002.
11. *Smallbone C.* Competent personnel and technology — The real solution to improved performance // IIW Asian Pacific Intern. congress, Singapore, Oct., 2002.
12. *Smallbone C.* The opportunities for the Indian welding industry through optimum technology diffusion // Intern. welding symp. on emerging trends in welding, Hyderabad, India, Febr. 2003.
13. *Smallbone C.* Commercialisation and innovation; A panacea or simply buzz words? // 2nd New Zealand Metals Industry conf., Auckland, NZ, 11–12 Nov., 2004.
14. *Smallbone C.* Improving the global quality of life through the optimum use of pressure equipment technology // Operating pressure equipment conf., Chennai, India, 7–9 Febr., 2006.
15. *Smallbone C.* To Improve the quality of life in South East Asia through optimum use of welding technology // Bangkok, Thailand, 21 Nov., 2006.
16. *Smallbone C.* Jaeger Lecture IIW International Congress «To improve the quality of life in the Asian pacific region through optimum use of welding technology» Australia, March 2007.
17. *Smallbone C.* Global improvement of life through welding, FABTECH // Intern. and AWS Welding Show, Chicago, USA, Nov., 2007.
18. *Smallbone C.* The challenges for india in welding and joining over the next decade // IIW-IC-2008, Chennai, India, Jan., 2008.
19. *Smallbone C.* Some national models for technology innovation // IIW South East Europe Intern. congress, Timisoara, Romania, May, 2006.
20. *Smallbone C.* A Vision to improve the quality of life in Africa // IIW Southern Africa Intern. congress, Cape Town, South Africa, March, 2006.

This paper gives an overview of the work of IIW internationally, in various regions of the world and industry sectors utilising welding, the challenges being faced, opportunities available, and probable requirements for the successful introduction and optimum use of welding technology. Successful models used in other countries, particularly for technology diffusion to industry, education and training, improving the image of welding and the use of appropriate technologies will be highlighted. The involvement of industry and governments across the world in conjunction with the work of IIW and its 52 member countries, particularly the involvement of the Ukraine, is critical to the success of such initiatives.

Поступила в редакцию 16.04.2008

УДК 621.681:621.2/4

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОЕДИНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

К. МИДДЕЛЬДОРФ, д-р-инж., Д. фон ХОФЕ, проф., д-р-инж. (DVS, Германия)

Рассмотрены основные аспекты, определяющие изготовление технической продукции. Дана характеристика современным технологиям соединения материалов с акцентом на новейшие разработки. Сделан прогноз в отношении перспектив развития технологий соединения, в том числе микросоединений, с точки зрения технической и экономической эффективности.

Ключевые слова: техническая продукция, материалы, виды соединения, механизация и автоматизация, моделирование, ремонтоспособность, дуговая сварка, лазерная и ЭЛС, гибридные процессы, пайка, механическое соединение, микросоединения, экономическая эффективность, тенденции развития

Общие тенденции при изготовлении технической продукции. При изготовлении технической продукции следует упомянуть шесть тенденций, а именно: использование многих материалов (рис. 1) при конструировании изделий, разработку материалов, автоматизацию, моделирование, ремонт и переработку (утилизацию) продукции,

с учетом которых можно высказать следующие замечания:

1. Современная техническая продукция, такая, как инвестиционные товары (например, строительные конструкции, все виды транспортных средств, установки и машины) или товары ежедневного пользования (бытовые электроприборы, мебель и электронные устройства) все чаще разрабатываются и изготавливаются в виде пригодном для различных целей. В пределах одного изделия это также означает, что используемые материалы должны выбираться по принципу конструирования из многих материалов таким образом, чтобы обеспечить учет напряжений и экономичность.

© К. Миддельдорф, Д. фон Хофе, 2008

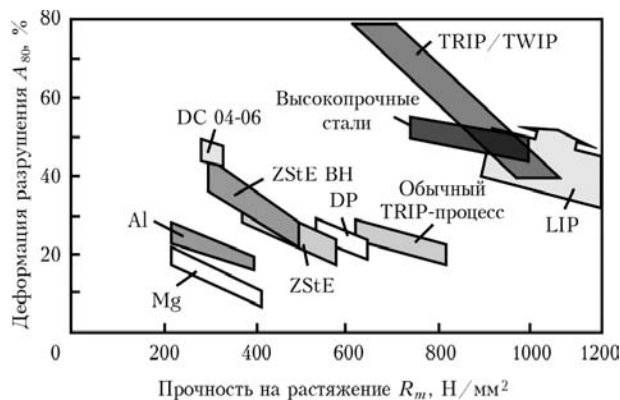


Рис. 1. Прочностные характеристики материалов

В результате, соответствующая разработка материалов означает, что различные материалы сегодня используются не только в одном изделии, но также и в одном компоненте или одном подузле — в монолитном виде или в сочетании как композитные материалы. Однако это возможно только в том случае, если эти материалы можно соединить друг с другом таким образом, чтобы выполнялись все требования к этим соединениям (прочность, вязкость, коррозионная стойкость и т. д.). Например, в автомобилестроении используются такие материалы, как сталь, алюминий, магний и пластик, в кузовах современных автомобилей без покраски применяются следующие методы соединения: конструкционный клеевой шов — 90 м; штампованные заклепки — 1,400 шт; заклепочные соединения с расплющенной головкой — 280 шт; глухие заклепки — 190 шт; точечные швы, полученные сваркой сопротивлением — 100 шт.

В других кузовах без покраски используются различные технологии соединения, включающие точечную сварку сопротивлением, сварку МИГ/МАГ, лазерную сварку и пайку. Все шире используются специально раскроенные заготовки, в которых сочетаются листы из различных материалов, различной толщины и с различной обработкой поверхности.

2. В настоящее время материалами, используемыми для изготовления технической продукции, являются металлы (в частности, черные металлы, а также сплавы, состоящие из алюминия, магния или титана для легких металлических конструкций, никелевые сплавы для жаростойких или коррозионно-стойких компонентов, меди и ее сплавов для электрических компонентов и теплообменников и т. д.), природные материалы и пластмассы. Одно только рафинирование сталей привело к улучшению свойств последней в два раза за последние 15 лет. Разработки в области одних только сталей повышенной и самой высокой прочности заслуживают внимания. В этих сталях в качестве микроструктурных эффектов использу-

ется пластичность, обусловленная мартенситными превращениями, и пластичность, обусловленная двойникованием (рис. 1). При проектировании заводов и электростанций к материалам предъявляются еще более жесткие требования в отношении более высоких температур и коррозионной стойкости, а также прочности. Для этих материалов необходимо разрабатывать соответствующие сварочные процессы и присадочные материалы, а также доказывать их способность выдерживать длительную нагрузку с помощью долгосрочных испытаний.

Подобные тенденции наблюдаются и в области пластмасс. Композитные материалы и соединения материалов развивались независимо. Сочетание текстильных волокон с бетоном или волокон или наночастиц с пластмассами (среди других материалов) свидетельствует о совершенно новых путях развития материалов и их применении. Интегрирование таких материалов в компоненты делает необходимым наличие совершенно новых технологий получения соединений для того, чтобы их преимущества не были утрачены снова при получении соединений.

3. Одним из важных аспектов в отношении обработки материалов с помощью соединения является повышение требований к механизации или, что еще лучше, автоматизации операции получения соединений для минимизации стоимости изготовления. Это относится не только к традиционным процессам соединения и сварки (дуговая сварка, низко- и высокотемпературная пайка и склеивание), но также и к вновь разработанным процессам (гибридные процессы, сварка трением с перемешиванием и лазерная и электронно-лучевая сварка).

Ввиду роста зарплат, нехватки квалифицированных сварщиков и снижения цен на работы, эти методы все чаще используют, особенно, в промышленно развитых странах. Эта тенденция будет сохраняться, а учитывая улучшение возможностей моделирования процесса работы скоро будут внедрены также и в малосерийное и единичное производство.

4. В течение нескольких лет возможности моделирования напряжений в деталях и их изготовления постоянно расширялись, и оно приобрело все большую важность благодаря увеличению мощности компьютеров и усовершенствованию математического обеспечения, но прежде всего, благодаря параметрам материала, которые становятся доступными во все большей степени.

5. Недостатком не только современной разработки материалов и соответствующих процессов соединения, но также и расчета компонентов по-прежнему является учет возможности ремонта на самом раннем этапе, если деталь оказывается дефектной при изготовлении, используется непра-

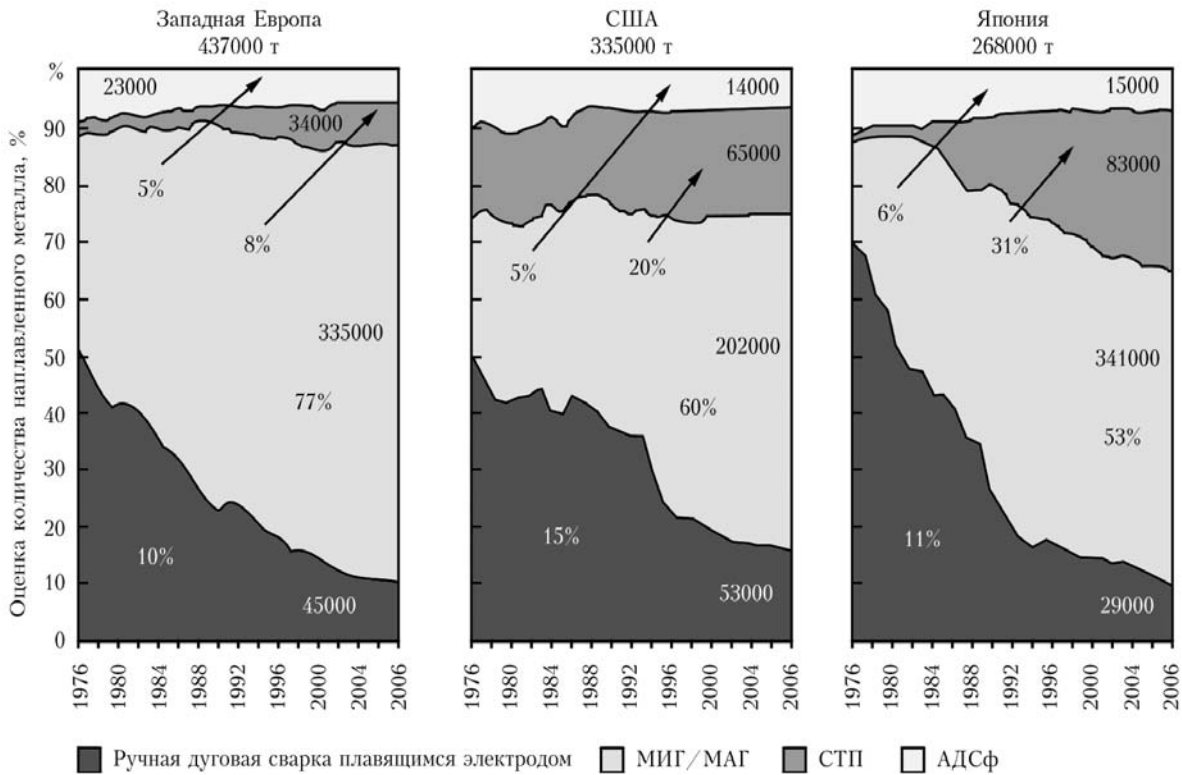


Рис. 2. Соотношение применения дуговых способов сварки по регионам

вильно, или дольше чем первоначально планировалось, оказывается поврежденной из-за несовершенной конструкции. По причинам, связанным со стоимостью и защитой окружающей среды, такие детали необязательно сразу же должны отправляться на металлолом. При наличии соответствующих технологий соединения такие детали часто можно снова сделать пригодными к эксплуатации.

6. Несмотря на то что сегодня все больше случаев, когда часто бывает экономически выгоднее заменить дефектную или поврежденную деталь, чем ее отремонтировать, следует заявить, что это противоречит всем стратегиям сохранения ресурсов. В этом отношении переосмысление начнется уже в ближайшем будущем — и, таким образом, вопросы, касающиеся возможности ремонта, снова будут рассматриваться.

Технологии получения соединений — новейшие разработки. Дуговая сварка. Дуговая сварка металлическим электродом является одним из старейших процессов сварки наряду с газовой сваркой плавлением. Сварка ручным электродом была впервые применена в начале XX столетия, однако даже сегодня этот процесс по-прежнему является наиболее широко применяемым. Присадочные материалы имеются почти для всех свариваемых металлических материалов, и даже для новых материалов они могут быть разработаны довольно быстро. Более того, этот процесс в значительной степени не зависит от положения, в

котором выполняется сварка, и от условий окружающей среды, т. е. остается незаменимым для сборки и ремонта. Недостатки связаны со сложностью механизации процесса по сравнению с другими процессами дуговой сварки и с экологическими проблемами, создаваемыми частицами, которые образуются при сварке, и могут быть также вредными для здоровья. Следовательно, необходимо принять особые меры для защиты здоровья сварщика в зависимости от свариваемых материалов. При серийном и массовом производстве этот процесс все больше заменяется более эффективными и экологичными процессами.

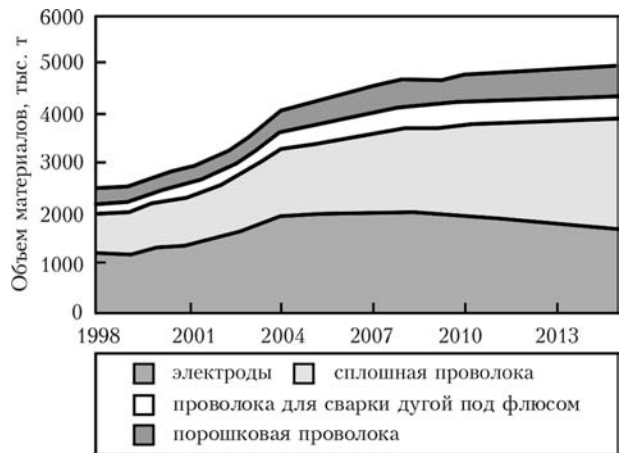


Рис. 3. Соотношение объемов использования сварочных материалов за период 1998–2013 гг.

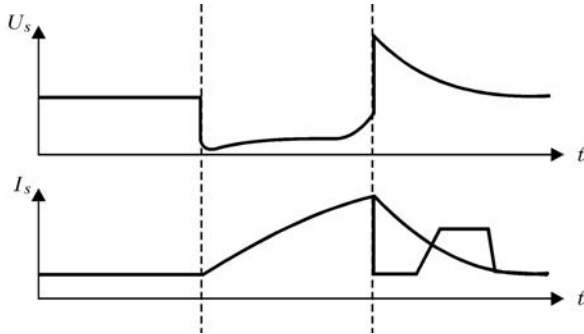


Рис. 4. «Электрический» принцип технологии «холодной» дуги

Можно утверждать, что количество расходуемых присадочных материалов по-прежнему является характерным показателем интенсивности применения способов сварки (рис. 2, 3). В последние годы доля сварки ручными электродами постоянно снижалась, прежде всего, во всех промышленных странах. Однако следует также заметить, что используется все больше способов, при которых применяется мало присадочных материалов, или они не применяются вообще.

Другими, широко применяемыми процессами дуговой сварки металлическим электродом, являются дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах, дуговая сварка под флюсом, дуговая сварка вольфрамовым электродом в инертных газах и плазменная сварка.

Дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах используется в качестве полумеханизированного, полностью механизированного или автоматического процесса. Вследствие модуляции электрического тока этот процесс может быть адаптирован к соответствующим специальным требованиям, предъявляемым соединяемым материалом, положением сварки и компонентом. В последнее время внимание специалистов привлекли разработки, связанные с контролируемым энергозатратением, такие как «холодная дуга» или перенос холодного металла. Эти процессы обеспечивают контролируемое переноса металла при сварке короткой дугой за счет снижения тока на этапе короткого замыкания (рис. 4) или путем

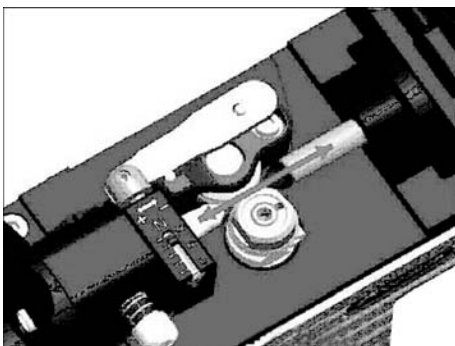


Рис. 5. Принцип поступательно-возвратного перемещения электродной проволоки (процесс СМТ, фирма «Фрониус»)



Рис. 6. Вакуумная камера для электронно-лучевой сварки крупных изделий

отведения проволоки во время или сразу после переноса металла (рис. 5). Эти разработки позволяют не только выполнять сварку с очень низким разбрызгиванием, но также и сварку материалов, которые выдерживают только низкое тепловложение и, соответственно, низкое энергозатратение, таких, как наиболее высокопрочные стали или стали с покрытием на поверхности (эти процессы также пригодны для дуговой пайки металлическим электродом особым способом).

Разработки в области других способов дуговой сварки в данной статье не рассматриваются. Защитные газы для дуговой сварки в защитных газах постоянно рафинируются с целью снижения разбрызгивания, расходов или нагрузки на окружающую среду.

Лазерная и электронно-лучевая сварка. За последние десять лет лучевые процессы получили очень сильное развитие и используются во многих областях машиностроения. Оба процесса особенно пригодны для использования в условиях полной механизации или автоматизации.

Электронно-лучевая сварка как более старый из этих двух процессов, находит все более широкое применение, прежде всего, благодаря усовершенствованию технологии приборостроения. К ее преимуществам относятся очень высокая плотность энергии и, таким образом, низкое тепловложение даже в случае швов самой большой толщины до — 250 мм и выше. Большие вакуумные камеры (до 630 м³) позволяют выполнять сварку даже компонентов машин большого объема (рис. 6). Возможность расщепления луча позволяет выполнять несколько швов на одном компоненте одновременно. Следует отметить, что имеются также и вневакуумные электронно-лучевые методы, которые находят все более широкое применение в промышленности.

Лазерная сварка имеет то огромное преимущество, что ее можно использовать вне вакуума, но только в диапазоне толщин материалов до 20 мм. Это делает этот процесс особенно при-

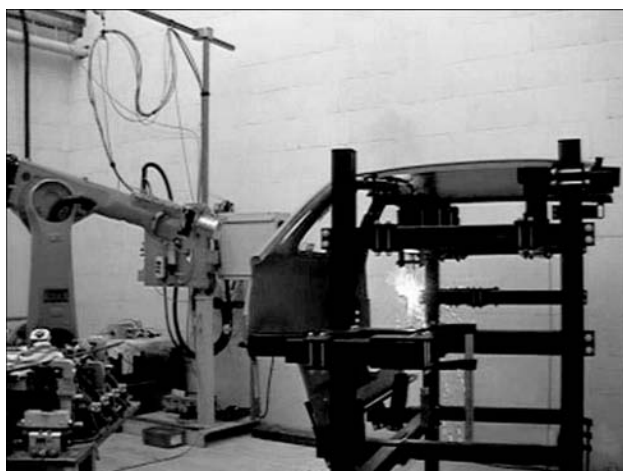


Рис. 7. Лазерная сварка с дистанционным управлением

годным для изготовления заготовок прецизионного раскроя, из сталей различного качества и материалов различной толщины. Еще одним преимуществом, как и в случае электронно-лучевой сварки, является низкое тепловложение в результате высокой плотности энергии. При наличии дистанционного управления можно использовать эффект лазерного луча даже на еще большем расстоянии между источником луча и положением сварки — до 500 мм, что будет все шире применяться в автомобилестроении в будущем (рис. 7).

Лазерная сварка также используется при обработке пластмасс. В этом отношении для подлежащей обработке пластмассы должны быть установлены соответствующие требования в отношении светопоглощения.

Сварка трением и сопротивлением. В последние годы появился ряд новых разработок, связанных с процессами сварки трением и сопротивлением.

В случае сварки трением новые разработки в области технологии машин привели к использованию бокового перемещения свариваемых деталей относительно друг друга, так что его можно использовать для соединения больших сечений, которые не являются симметричными при вращении. Одним из особых вариантов сварки трением является сварка трением с перемешиванием, которая, однако, в настоящий момент на практике используется исключительно для алюминия и его сплавов. Проблемой, связанной с их применением к другим материалам (в частности, к стали), является низкая стабильность вращающихся инструментов (рис. 8). Разработки выполняются по всему миру и охватывают различные



Рис. 8. Рабочий инструмент для сварки трением с перемешиванием стальных труб

материалы, толщины и размеры (таблица).

Основным преимуществом этих процессов является то, что сварка выполняется ниже температуры плавления, что приводит только к небольшим металлургическим изменениям в соединяемых основных материалах. Большие усилия, которые необходимо прикладывать к изделиям, являются недостатком, и требуют применения очень прочной оснастки. Сварка трением с перемешиванием используется не только при строительстве рельсового транспорта и в аэрокосмической про-

Сварка трением с перемешиванием различных материалов

Материал	Толщина образца, мм						
	до 1	1...4	4...8	8...12	до 25	до 50	до 75
Чистый алюминий		D	D				
Al — серия 2xxx		P	P	P	R	R	
Al — серия 5xxx	R	P	P	P	P	R	R
Al — серия 6xxx	R	P	P	P	P	R	R
Al — серия 7xxx		P	P	P	R	R	
Al — отливки		R	R	R	R		
Mg — серия AM		R	R	D			
Mg — серия AZ		R	R	D			
Чистая медь	D	D	R	R	D	R	
Cu — латуни		D	D	D			
Чистый титан		D	R	D			
Ti — α-β сплав		R	R	D			
Чистый никель		R	R				
Стали мягкие		D	D				
Стали C-Mn		R	R	R	D		
Стали нержавеющие		R	R	R			
Pb чистый		D	D				
Zn чистый	D	D					

Примечание. P — область современного применения СТП; R — область современных исследований в области СТП; D — область, где СТП была продемонстрирована.

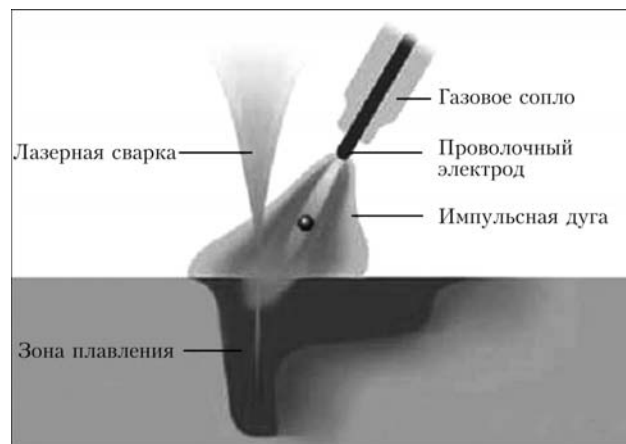


Рис. 9. Схема гибридной лазерно-дуговой сварки

мышленности, но и для герметичной сварки крышек в детали гидравлических управляющих устройств.

В случае сварки сопротивлением не наблюдалось никаких неожиданных улучшений. Постоянное усовершенствование технологии машин, устройств управления и компьютерной технологии сделало различные варианты этого процесса (стыковая сварка оплавлением, приварка шпилек и т. д.) еще более надежными.

Гибридные процессы сварки. Уже достигнуты серьезные успехи в отношении разработки сочетаний различных процессов сварки и можно ожидать дальнейших нововведений. Сочетание дуговой сварки металлическим электродом с лазерной сваркой было внедрено в практику особенно быстро (судо- и автомобилестроение).

Сочетание обоих процессов (рис. 9) приводит к идеальному использованию соответствующих преимуществ процесса — высокой плотности энергии, глубокого проплавления и высокой скорости сварки за счет лазера, а также хорошей способности закрытия зазора и небольшого количества несплавлений из-за дуги. При сочетании обоих процессов можно сваривать большую толщину стенки в одном слое, чем при каждом процессе в отдельности, что может привести к существенной рационализации.

В последние годы все больше внимания уделялось смежным процессам соединения. Это можно отнести, в частности, к использованию различных материалов при конструировании и постоянно растущей чувствительности материалов к тепловложению при сварке.

Высоко- и низкотемпературная пайка. Высоко- и низкотемпературная пайка относятся к соединению металлических материалов ниже температуры солидус с использованием припоя. В электротехнической и электронной отраслях, а также при выполнении квалифицированных санитарно-технических работ, низкотемпературная пайка используется для соединения деталей электроники, электрических кабелей и проводников,

труб из медных и цинковых листов или оцинкованных листов, а также в ювелирной промышленности. Температура низкотемпературной пайки должна быть как можно ниже с тем, чтобы можно было использовать припой с низкой температурой плавления (ниже 350 °С). Из-за токсичного эффекта свинца припоя, содержащие свинец, как правило, не используются больше нигде в мире. Несмотря на то, что имеются припой-заменители с подобными свойствами и без каких-либо токсичных побочных эффектов, они пока непригодны для всех случаев применения. Таким образом, эти разработки продолжатся.

Высокопрочные соединения металлов и керамики изготавливаются путем пайки и высокотемпературной пайки. В этом случае используются припой для высокотемпературной пайки, изготовленные из совершенно различных металлов и металлических сплавов, в зависимости от применения и от материалов, подлежащих пайке. В дополнение к газопламенной пайке с использованием газокислородного пламени дуговая пайка с использованием упомянутых выше технологий «холодной» дуги в последнее время приобрела более широкое распространение и используется в автомобильной промышленности для соединения оцинкованных листов при изготовлении кузовов. Можно предположить, что дуговая пайка будет использоваться и в других отраслях.

Склеивание. Склеивание используется все шире как метод «холодного» соединения для обработки как пластмасс, так и металла. Склеивание имеет ряд серьезных преимуществ, особенно для соединения теплочувствительных материалов. Благодаря разработке соответствующих адгезивных материалов, сегодня можно выполнять соединения совершенно различных материалов, которые даже могут выдержать напряжения в течение длительного времени и в довольно широких диапазонах температур. Однако использование при более низких или высоких температурах (например, ниже -50 °С или выше +180 °С) по-прежнему проблематично. Одной из широко известных областей применения является склеивание окон в машинах, однако все более широко начинает применяться склеивание конструкций.

Механическое соединение. Еще одним процессом «холодного» соединения является механическое соединение или соединение с формовкой материалов, особенно, металлов, которое известно, например, как заклепывание, или клепка-штамповка. Применения связаны с соединением стальных, если это соединение подвержено воздействию низких, предпочтительно, статических напряжений. В этом случае покрытия на поверхности остаются в значительной степени неповрежденными и коррозионная защита сохраняется. Этот

способ находит применение при изготовлении изделий из белого металла (кухонной утвари) и подобной продукции, а также в автомобильной промышленности и технологии вентиляционных устройств.

Гибридные процессы получения соединений. Как и в случае сварочных процессов, сочетания смежных технологий соединения друг с другом и с процессами сварки также возможны и также применяются и разрабатываются. Сегодня сочетание точечной сварки сопротивлением со склеиванием является широко распространенным в автомобильной промышленности. Оно объединяет высокую надежность с повышенной жесткостью корпуса, улучшенной коррозионной защитой и хорошей экономической жизнеспособностью благодаря высокой частоте цикла при изготовлении.

Сочетание склеивания с механическими процессами соединения приводит к существенному улучшению прочности на раздавливание соединений по сравнению только с механическим соединением. В последнее время соединения стали с алюминием было серьезной проблемой ввиду расширения применения алюминиевых сплавов в автомобилестроении с целью снижения массы. Подходящими решениями являются не только соединение на винтах, но также и механическое соединение и склеивание. Особенно интересно и перспективно получение соединения двух материалов с помощью сочетания сварки (со стороны алюминия) и пайки (со стороны стали). Это можно выполнить с помощью электрической дуги с обеспечением необходимой надежности благодаря достижениям современной электротехнической промышленности.

Технология получения микросоединений. Несмотря на то, что технология получения соединений едва заметна, она стала постоянным элементом нашей жизни. Бытовую технику, технологию развлечений, технику связи и автомобилестроение больше нельзя представить без электроники, датчиков и силовых приводов. Невозможно представить, что может наступить конец разработок в этой области. Доля электроники в нашем окружении будет расти дальше. Электронные системы становятся все более сложными, их размеры уменьшаются, а функциональное содержание возрастает до почти неизмеримых масштабов. Самым лучшим примером таких разработок являются мобильные телефоны. Всего несколько лет назад это были действительно громоздкие устройства с длинной торчащей антенной, а сегодня — это маленькое чудо, с помощью которого мы можем слушать музыку, смотреть видеофильмы, записывать фотографии и фильмы, и, между прочим, даже звонить. Эти разработки стали возможными, среди других причин, также и благодаря постоянному усовершенствованию технологии микросо-

единений. Следуя за тенденцией миниатюризации полупроводников и пассивных компонентов, технологии получения соединений пришлось адаптироваться к соединениям еще меньших размеров. Эта тенденция не ослабевает, особенно в случае таких технологий сборки и соединения, как: низкотемпературная пайка, склеивание (механическое соединение и склеивание токопроводящим клеем), литье и упаковка; стратегии диагностики, контроля и подтверждения надежности; моделирование процесса и поведения компонентов; механическое соединение; соединение (проводами и пластинок); сварка (сопротивления и лазерная).

Будущее развитие электронных устройств, датчиков и силовых приводов определяется миниатюризацией, прогрессивной функциональной интеграцией, более высокими термическими и механическими нагрузками, а также все более жесткими требованиями к надежности и снижению стоимости. Для того, чтобы удовлетворить эти требования, необходимо полностью изучить существующие технологии, вплоть до их физических пределов, а также разработать новые технологии.

Экономическая эффективность технологии соединения. В технологической цепочке изготовления продукции все большее значение придается технологии соединения с экономической точки зрения. Это значение лучше всего демонстрирует доля технологии соединения и сварки в общей добавленной стоимости в изготовлении продукции. Необходимо различать два общих эффекта: во-первых, производство товаров для технологии соединения и, во-вторых, применение технологии соединения в различных отраслях.

Первый эффект: производство изделий с соединениями и услуг для получения соединений (оборудование, присадочные и вспомогательные материалы, охрана труда и безопасность, а также обучение и образование) влияет на всю цепочку формирования прибавочной стоимости, а также политическую экономию Германии. Общая прибавочная стоимость за счет этих эффектов достигает 2,24 млрд евро, которые производят 37654 служащих.

Второй эффект: применение технологий получения соединений способствует созданию прибавочной стоимости в ряде отраслей. Общая прибавочная стоимость за счет этих эффектов равна 24,76 млрд евро, создаваемых 602386 служащими.

Суммарная общая прибавочная стоимость, равная 27 млрд евро, по соединению (изготовление товаров для соединения и применение технологии соединения) соответствует около 4,8 % общей добавочной стоимости всех производящих отраслей и 640000 служащих (включая гражданское строительство) в Германии.

К сожалению, по-прежнему очень сложно получить соответствующие статистические цифры. Для Германии DVS (Немецкое сварочное общество) дает соответствующие цифры уже в течение нескольких лет. В настоящий момент идет работа по определению соответствующих цифр по Европе. В МИС (Международном институте сварки) делаются попытки установить такие величины для всего мира. Приблизительные оценки показывают, что объем глобального рынка равен 40 млрд евро по продукции, относящейся к сварке.

Тенденции в развитии технологии соединения.

1. При разработке новой и дальнейшей разработке существующей технической продукции больше внимания уделяется оптимизации использования материала, при котором также учитываются локальные напряжения. Даже отдельные компоненты составляют из различных материалов во все большей степени. Примером этого являются прецизионные заготовки, вырезанные из различных стальных листов различной толщины с различным качеством поверхности, или компонентов с локальными антикоррозионными или износостойкими покрытиями. Более того, сочетание стали с легкими металлами или пластмассами в настоящий момент используется еще чаще при строительстве легких конструкций, а значение сплавов на основе никеля при сооружении электростанций и авиадвигателей продолжает расти.

2. Технологии соединения будут нужны все больше для этих целей, и в будущем они станут стержневыми элементами для обеспечения быстрого, бесперебойного и надежного производства. В этом отношении они будут интегрированы в цепочку изготовительных процессов. Таким образом, технология получения соединений делает фундаментальный вклад в стоимость, добавленную производственным сектором, и имеет хорошие перспективы роста. Технология получения соединений будет играть исключительно важную роль на всех этапах существования продукции — конструирование, разработка, изготовление, использование, техобслуживание и ремонт продукта, а также его переработка и утилизация. В этом случае будут приняты последовательные междисциплинарные подходы к исследованию, разработке, изготовлению и применению с целью учета требований, возникающих в результате разработки продукта, производства и материала.

3. Не только механизация и автоматизация, но также и применение промышленных роботов для соединения будет расширяться. По экономическим соображениям моделирование процессов и свойств становится ключевым фактором также и для применения и дальнейшей разработки процессов соединения и материалов. Те процессы и материалы, которые не поддаются надежному мо-

делированию, в будущем использоваться не будут. Моделируемые процессы соединения позволяют проводить виртуальные испытания и оптимизацию процессов соединения даже до начала производства, позволяют выполнять планирование и реализацию концепций обеспечения качества до выполнения процессов получения соединений, облегчают запуск, эксплуатацию и ремонт. На ранней стадии они также позволяют получить информацию для проведения необходимого обучения персонала для изготовления, техобслуживания и ремонта. Целью должно быть создание универсальной концепции для моделирования всей технологической цепочки на основе элементов, состоящих из моделирования процесса, конструкции и материала.

4. Можно предположить, что определение свариваемости, использовавшееся до сих пор (как свойство деталей, включающее понятия возможности сварки при изготовлении, пригодности материала и геометрии, обеспечивающей надежность сварки), должно быть уточнено путем определения соединяемости с подразделением ее на возможность соединения, пригодность для соединения и надежность соединения. Эта терминология учитывает тот факт, что в дополнение к процессам сварочной технологии все шире используются и другие процессы технологии соединения, такие как высокотемпературная пайка, склеивание, механическое соединение, нанесение покрытий.

5. В последнее время большое внимание уделялось понятиям ремонта и технического обслуживания, особенно для изделий с соединениями при изготовлении дорожных транспортных средств. Концепции ремонта должны быть неотъемлемой частью процесса разработки продукции и должны учитывать расширяющееся применение высокопрочных сталей, сплавов легких металлов, пластмасс и заготовок специального раскроя, а также применения процессов лазерной сварки, склеивания и механического соединения. Это важно, поскольку процессы соединения, применяемые на производстве, могут оказать непосредственное влияние на возможную стоимость ремонта транспортных средств. Более того, стоимость страхования третьих сторон и собственных транспортных средств зависит не только от частоты аварий, но и от стоимости ремонта. Процессы получения соединений, которые обеспечивают быстрое изготовление, но приводят к большим расходам, в случаях ремонта могут, следовательно, привести к обратным результатам. Методы модульного строительства, которые пригодны для ремонта, применяются особенно широко в случае конструирования транспортных средств. Были разработаны концепции проведения квали-

фицированной подготовки по новым методам ремонта.

6. Справедливое желание людей защитить свою окружающую среду приводит к особому взгляду на технологию, это относится и к технологии соединения. В качестве примеров, возникающих в результате такого требования, можно привести следующие: экономичное использование первичной и вторичной энергии, сохранение сырьевых материалов, предотвращение образования или устранение или хранение отходов, выбор и переработка повторно используемых материалов, а также переработка соединяемых компонентов. Наряду с этим, сохраняют свою актуальность меры по охране здоровья и безопасности.

7. Развивается конкуренция между процессами соединения в разных случаях применения. Тепловые процессы соединения конкурируют не только друг с другом, но также и с процессами соединения с малым тепловложением и «холодными» процессами. Можно сделать следующие выводы в упрощенной форме относительно тенденций по отдельным процессам соединения:

дуговая сварка в защитных газах сохраняет доминирующее положение, а последние исследования способствуют ее более широкому применению и дальнейшему развитию этих процессов. Однако прогнозные оценки позволяют предположить, что дуговая сварка в защитных газах не будет расти также быстро, как в прошлые годы;

процессы сварки сопротивлением будут занимать доминирующее положение благодаря характеристикам процесса и производительности, но в любом случае они перестанут применяться в некоторых случаях, в частности, из-за расширенного применения технологии механического соединения, а также склеивания. В дальнейшем будет видно, подтвердят ли его успех такие разработки, как гибридные процессы (например, сочетание точечной сварки сопротивлением и склеивания);

процессы лучевой сварки (особенно, процессы лазерной сварки) приобретут намного большую

важность в результате быстрого переноса результатов от исследований к применению. В этом случае рост электронно-лучевой сварки возможно замедлится.

Показана необходимость использования гибридных процессов в большей степени на практике, что отражено в их предполагаемом более широком применении. В этом отношении сочетание лазерной сварки с дуговой сваркой плавящимся электродом в защитных газах в первую очередь рассматривается как гибридный процесс. Используется также сочетание лазерной сварки с дуговой сваркой вольфрамовым электродом в защитных газах и плазменной сварки. В принципе, те процессы, в которых различные виды сварки сочетаются через общую расплавленную ванну и, таким образом, существует общая технологическая зона, обозначаются как гибридные процессы сварки.

8. Все большая сложность технологий получения соединений требует наличия компетентного руководства в компаниях. В данном случае компетентность определяется как объединение и использование соответствующих знаний по материаловедению и технологиям изготовления и соединения для вполне конкретной цели. В этом отношении компетентность компании больше суммы компетентности отдельных лиц. Необходимо поставить цель — оценить и реализовать имеющийся в компании опыт, имеющееся оборудование и проверенные процессы соответствующим и экономичным образом в течение всего цикла работы изделия. С учетом этих условий технология соединения и дальше будет составлять большую часть прибавочной стоимости в производственном секторе с перспективами дальнейшего роста. Технология соединения найдет более широкое применение даже в сложных экономических условиях. Стабильное дальнейшее развитие технологии соединения предполагает капиталовложения в электротехнику, процессы и инфраструктуру, но, в особенности, в персонал, их знания и возможности.

The main aspects which define the manufacture of technical products are reviewed. The characteristics to modern technologies of material joints are given concentrating on up-to-date developments. The forecast for the prospects of development of joint technologies including microjoints was made from the point of view of technical and cost efficiency.

Поступила в редакцию 19.03.2008