

Svetsaren



СБОРНИК СТАТЕЙ ПО СВАРКЕ КОНЦЕРНА ЭСАБ ТОМ 55 №3 2000

Автомобилестроение и транспорт



Svetsaren

(СВАРЩИК)

Сборник статей по сварке концерна ЭСАБ, Швеция 3, 2000

Статьи из сборника могут быть перепечатаны только
с уведомлением концерна ЭСАБ

Publisher: Bertil Pekkari.
Editor: Lennard Lundberg

Address: ESAB AB, Box 8004, SE -40277 Göteborg, Sweden

Адрес: ООО «ЭСАБ» ул. Усачева 33/2 стр.6, этаж 3, 119048 Москва, РФ
Тел.(095) 937 98 20; Факс. (095) 937 95 80
E-mail: esab@esab.ru

Перевод: В. Лазарев



Автомобилестроение и
транспорт
Фото: Ингмар Емберг

Содержание тома 55 №3 2000

3

**Сварка емкостей танкеров для перевоз-
ки сжиженного газа методом ЭСАБ**
Комплектные поставки сварочных материа-
лов ЭСАБ на судовой верфи Гдыня (Польша) по-
мogli успешной сварке емкостей танкеров
для перевозки сжиженного газа.

8

**FILARC PZ6105R - Порошковая
проволока для сварочных роботов**
ЭСАБ тесно сотрудничает с заказчиками из
различных компаний в области механизации
сварочных работ с целью повышения их
конкурентоспособности.

12

**Установка ЭСАБ для высокопроизво-
дительной сварки под флюсом рам
грузовых автомобилей**
Компания Метал Дезайн и Фабрикейшен,
МДФ, (Северная Ирландия), добилась суще-
ственного увеличения выпуска продукции, ус-
тановив специально спроектированную ЭСАБ
систему сварки под флюсом двойной металло-
наполненной порошковой проволокой вместо
ранее применявшейся сварки под флюсом
сплошной проволокой двумя головками.

14

**Вновь разработанные
сварочные материалы делают сварку
тонких листов более эффективной**
Новая металлонаполненная порошковая
проволока OK Tubrod 14.11 может увеличить
производительность роботизированной
сварки тонких листов.

17

Короткие новости

21

**Импульсная дуговая пайка
в среде защитных газов ЭСАБ
листов с защитным покрытием**
GMA-пайка с системой ЭСАБ Aristo 2000
проволокой OK Autrod 19.30 дает наилучшее
качество и прочность соединений.

25

**Применение рутиловой порошковой
проволоки для сварки крановых метал-
локонструкций из высокопрочной стали**
Порошковая рутиловая проволока OK Tubrod
15.09 помогает повысить производительность
голландской компании Huisman-Itrec.

29

**Новая сварочная проволока ЭСАБ
EcoMig принята компанией Фай Комат-
цу Индустри (Fai Komatsu Industries) для
сварки землеройного оборудования.**
Экологически чистый продукт ЭСАБ EcoMig
обеспечит машиностроительной компании
ФКИ, Италия, получение сертификата ИСО
14.000.

33

**Сварка гидравлических цилиндров
с применением OK Tubrod 14.11
и процесса MAG и MAG-тандем**
Применение процесса сварки MAG-тандем,
использующего металлонаполненную
порошковую проволоку OK Tubrod 14.11,
увеличило скорость сварки.



Сварка емкостей танкеров для перевозки сжиженного газа методом ЭСАБ

**Бен Альтемюль (Ben Altermul), редактор журнала Svetsaren (Сварщик).
Интервью с руководителем производства судовой верфи Сточна Гдыня**

ЭСАБ поставляет на судовой верфь Гдыня комплект сварочных материалов для сварки емкостей из стали NV2-4 танкеров для перевозки сжиженного газа.

Благодарность

Мы благодарим руководство судовой верфи Гдыня за то, что они позволили нам посетить судовой верфь и предоставили информацию для данной статьи. Особенно мы благодарим г-на Зенона Жиманского (EWE*) и г-на Марека Пичульского (EWE), инженеров-сварщиков, за их помощь и поддержку.

Мы также поздравляем наших коллег из ЭСАБ (Польша) с успешной продажей судовой верфи Гдыня нашей продукции.

(* - European Welding Engineer - Европейский инженер-сварщик)

Сточна Гдыня

Посещая огромную судовой верфь, расположенную в балтийском порту Гдыня, и наблюдая за кипучей деятельностью верфи, непроизвольно вспоминаются слова национального гимна Польши - «Польша еще не потеряна...».

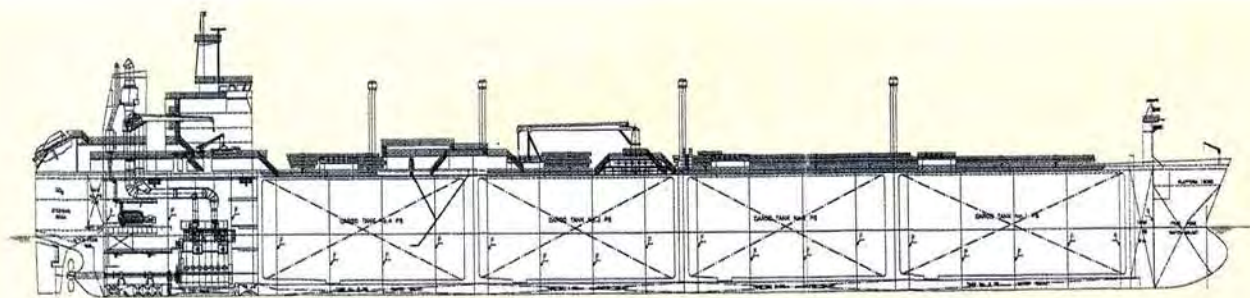
История судовой верфи Гдыня, основанной в 1922 году, связана со многими историческими событиями Поль-

ши 20-го века. Верфь начала свою деятельность в бурных двадцатых годах, производя ремонт судов во времена великой депрессии. Позднее верфь была преобразована в новое самостоятельное судостроительное предприятие. Верфь пережила несколько банкротств и вновь возродилась в конце тридцатых, спустив на воду свое первое спроектированное на верфи судно.

Быстрому развитию Гданьской судовой верфи помешала вторая мировая война. Верфь перешла под руководство немецкой фирмы Deutsche Werke Kiel AG и стала центром ремонта надводных судов и строительства подводных лодок.

В 1943-1944 гг. союзники своими бомбардировками почти полностью разрушили верфь. После освобождения Гдыни Советскими и Польскими войсками в 1945 г. судовой верфь выполняла различные работы, включая изготовление дымовых труб буржеек и ремонт газогенераторных автомобилей и, наконец, стала тем, чем она является в настоящее время.

Верфь превратилась в крупнейшую базу по ремонту судов польского торгового и военного флота, возвращенных



Фиг. 1 Чертеж танкера для перевозки сжиженного газа класса DNV 1A.

Польше Германией и полученных в качестве репараций. Верфь ремонтировала также английские и американские суда, полученные с военных складов. В пятидесятых-шестидесятых годах большинство изготовленных на верфи судов предназначалось для СССР. По заказам Норвегии верфь изготовила серию сухогрузов типа В-523. С этого времени судовой верфь организовала собственное конструкторское бюро и начала получать все больше и больше заказов от западных стран. В середине шестидесятых верфь побила рекорд, спроектировав и построив танкеры-рудовозы водоизмещением 117000 тонн, танкеры для транспортировки сжиженного газа с призматическими резервуарами, сухогрузы и нефтеналивные суда. В 1970 г. рабочие верфи вместе со своими коллегами из Гданьска выступили против правительства Польши. Монумент на судовой верфи напоминает о жертвах этих событий.

В 1981г мощное движение Солидарность, зародившееся в соседней судовой верфи им. Ленина в Гданьске, осуществило в Польше политические и социальные перемены, приведшие к рыночной экономике.

В настоящее время судовой верфь Сточна Гдыня является одним из крупнейших и наиболее прибыльных предприятий Европы, экспортирующим во все страны мира практически 100% своей продукции. Она может строить суда водоизмещением до 400000 тонн и потребляет ежегодно примерно 150000 тонн стали. Судовой верфь строит рыболовные суда, траулеры, танкеры-рудовозы, контейнеровозы, нефтеналивные суда, суда для перевозки химических веществ, пассажирские паромы и паромы для перевозки автомобилей. Судовой верфь имеет сертификат ИСО 9001 и обладает возможностью использовать современные системы проектирования, такие, как CAD/CAM, NAPA, Tribon и Foran.

Суда для перевозки сжиженного газа

Во время нашего визита заканчивалась постройка одного из двух танкеров для перевозки сжиженного газа класса DNV 1A1, водоизмещением 50000 тонн. Эти суда имеют четыре секции резервуаров (танков) общей емкостью 78500 м³. Каждая секция состоит из двух независимых призматических емкостей (см. фиг. 1 и фиг. 2). Емкости имеют двойные стенки и арки, образующие защитный барьер. Красными линиями (фиг. 2) показаны элементы танков и барьеров, выполненные из хладостойкой стали DNV класса NV 2-4. Зелеными линиями показаны элементы, выполненные из стандартных судостроительных сталей (A32 и D32 по стандарту Польского Бюро Судостроения).

Емкости спроектированы для рабочей температуры -50°C и избыточного давления 0,275 бар. Требования

стандарта по ударной вязкости для стали и сварных швов - 27Дж при -55°C.

В таблице 1 представлен химсостав и механические свойства стали в соответствии с требованиями DNV класса NV 2-4. Листы из стали NV 2-4 толщиной 12, 20 и 28 мм поставлены польским сталепрокатным предприятием Гута Честочёва.

Как видно из фиг.3, судно собирают из секций, изготовленных по современной панельной технологии. Секции состоят из подсекций. Собранные секции большого размера поступают на сборку в док. Листы из стали DNV класса NV 2-4 окрашены в красный цвет; листы из обычной судостроительной стали - синего цвета. Бортные секции свариваются в доке, образуя корпус судна. После окончания сварки корпуса в него помещают резервуары и начинают сварку верхних предварительно изготовленных элементов палубы и надстроек (фиг. 4).

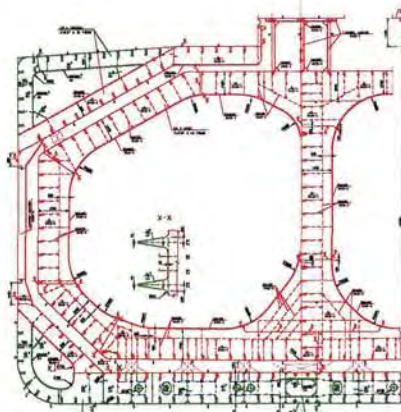
Сварка хладостойкой стали DNV класса NV 2-4

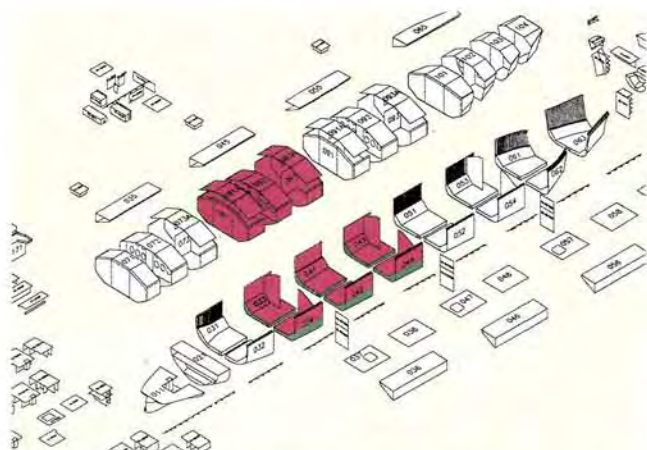
Несмотря на то, что стали DNV класса NV 2-4 предназначены для эксплуатации при низких температурах, они содержат небольшое количество легирующих элементов и имеют относительно низкий эквивалент углерода. Для сварки листов толщиной 12, 20 и 28 мм из этой стали, применяемых на верфи, предварительный подогрев не требуется. Однако, для предотвращения уменьшения ударной вязкости в зоне термического влияния лимитируют величину тепловложения и температуру между проходами.

С точки зрения наплавленного металла, требуется особая осторожность для того, чтобы сохранить высокую ударную вязкость.

Сварочные материалы, применяемые на верфи для сварки стали DNV класса NV 2-4, относятся к двум типам: основные - для ручной дуговой сварки и для сварки

Фиг. 2. Сечение танкера для перевозки сжиженного газа, состоящего из двух идентичных секций. Красными линиями показаны элементы танков и барьеров, выполненные из хладостойкой стали DNV класса NV 2-4; зелеными линиями показаны элементы, выполненные из стандартных судостроительных сталей (A32 и D32 по стандарту Польского Бюро Судостроения).





Фиг. 3. Последовательность сборки элементов танкера.

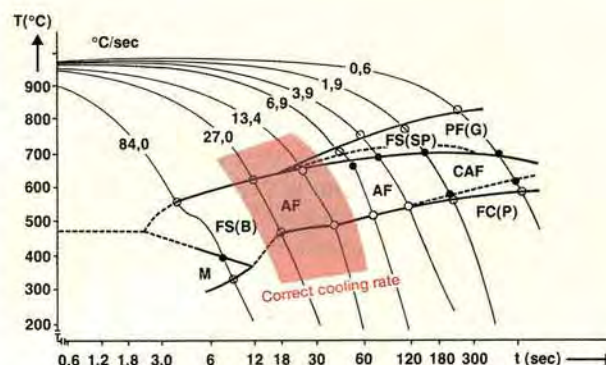
под флюсом, и рутиловые, Ti-B микролегированные, - для полуавтоматической сварки порошковой проволокой.

Основные электроды образуют ферритовую структуру с низким содержанием кислорода, содержащую мягкие зерна граничного феррита и игольчатый феррит. Высокая низкотемпературная ударная вязкость зависит от качества граничного феррита в микроструктуре и увеличивается легированием 2,5% никеля. Микроструктура и вязкость могут понизиться по двум причинам: при слишком малом тепловложении в результате относительно быстрого остывания шва может образоваться бейнит или мартенсит.

Для порошковых проволок из Ti-B микролегированной стали низкотемпературная вязкость объясняется присутствием большого количества мелкоигольчатого феррита. Так же, как и для основных электродов микроструктура может ухудшиться при слишком малом тепловложении из-за образования бейнита или мартенсита (см. фиг.5). При большом тепловложении, однако, зерна граничного феррита появляются за счет игольчатого феррита с более выраженным вредным влиянием на вязкость.



Фиг. 4. Танкер для перевозки сжиженного газа построен примерно наполовину. В левой части снимка видна приваренная верхняя палуба корпуса. Слева видны незакрытые танки, прикрытые изоляционным материалом.



Фиг. 5. Диаграмма CMn-Ti-B наплавленного металла.

При сварке стали DNV класса NV 2-4 это значит, что для получения необходимой микроструктуры наплавленного металла величина тепловложения должна быть в определенных пределах. Для расходных материалов, приведенных ниже, ЭСАБ рекомендует величину тепловложения в пределах 1...2,5 кДж/мм. Технология сварки соединений отличается от обычной технологии, применяемой при изготовлении судов, и приближается к технологии сварки конструкций морских нефтедобывающих платформ. Несмотря на то, что предварительный нагрев при сварке стали класса NV 2-4 (как и для многих типов сталей, применяемых для постройки платформ) не требуется, температура между проходами сварки ограничена. Широко распространенная в кораблестроении сварка с поперечными колебаниями электрода должна быть крайне ограничена, поскольку она увеличивает тепловложение за рамки допустимых величин. Так же, как и при изготовлении морских платформ, применяют сварку с малыми поперечными колебаниями и сварку узким валиком. Эти швы несколько снижают производительность сварки, однако гарантируют требуемую микроструктуру наплавленного металла и, соответственно, высокую ударную вязкость при низких температурах.

ЭСАБ участвует во многих проектах строительства судов для перевозки сжиженного газа, поставляя сварочные материалы и оборудование. Во многих случаях сварщики ЭСАБ проводят обучение и помогают освоению требуемых технологий сварки. Необходимость обучения сварщиков требуемой технологии сварки металлов с низкотемпературной ударной вязкостью полностью оправдана. Специалисты ЭСАБ помогли верфи в Гдыне освоить сварку танков для сжиженного газа на строящихся на верфи танкерах.

Сварочные материалы

Для постройки танкеров необходимо изготовить огромное количество панелей, собрать их секции среднего и

%C	%Si	%Mn	%S	%P	%N	CE (C+Mn/10)
<0.14	0.15-0.50	0.70-1.60	<0.035	<0.035	<0.009	<0.32
Предел прочности 400-490 (МПа)		Предел текучести 255 (МПа)	Удлинение >24%		KCV/-55°C >27 Дж	

Таблица 1 Химический состав и механические свойства низкотемпературной стали DNV класса NV 2-4

крупного размера и, наконец, в доке собрать из крупных секций корпус танкера. Для этого применяют различные сварочные процессы. Где это возможно, для повышения производительности применяют механизированную сварку. Однако, для сборочных работ и для сварки подсекций и секций остается необходимой ручная сварка. В основном применяется три вида сварки: MMA - ручная дуговая сварка, SAW - сварка под флюсом и FCAW - полуавтоматическая сварка порошковой проволокой. Танки для сжиженного газа из стали DNV класса NV 2-4 и соединение танков с корпусными деталями из обычной судостроительной стали свариваются электродами ЭСАБ. Эти сварочные материалы перечислены в таблице 2.

OK 73.68 является основным, 2,5Ni электродом с низким влагопоглощением и с 120% коэффициентом использования. Сварка этим электродом обеспечивает высокую ударную вязкость даже при сварке в положении «вертикально вверх».

FILARC PZ6116S - рутиловая, Ni-B микролегированная (+1,5%Ni) порошковая проволока. Применяется для сварки в среде защитного газа CO₂ во всех пространственных положениях.

OK 10.62 - высокоосновный керамический флюс (коэффициент основности 3,4), применяемый для одно- и многопроходной сварки как для стыковых, так и для угловых швов. Он обеспечивает очень легкое удаление шлака и гладкую поверхность швов. В комбинации с проволокой OK Autrod 12.32 (DIN: S3), он обеспечивает высокую ударную вязкость при температуре до -60°C.

Типовой химический состав и механические свойства наплавленного металла представлены в таблице 3.



Фиг. 6. Двусторонняя сварка тандемом под флюсом электродами OK Autrod 12.32 в комбинации с флюсом OK Flux10.62.



Фиг. 7. Односторонняя сварка под флюсом. Комбинация OK Autrod 12.32 / OK Flux10.62.



Фиг. 8. Ручная дуговая сварка электродом OK 73.68.

Фиг. 9. Сварка порошковой проволокой PZ6116S в среде CO₂.



Фиг. 10. Сварка порошковой проволокой PZ6116S.



Фиг. 11. Строительство танкера для перевозки сжиженного газа.



Сварка судна

Для сварки панелей сварка под флюсом применяется в двух основных случаях. На фиг. 6 показана приварка профилей двусторонней сваркой под флюсом тандемом электродами OK Autrod 12.32 в комбинации с флюсом OK Flux10.62. На фиг. 7 показана сварка под флюсом коротких швов с той же комбинацией сварочных материалов сварочным трактором.

Другим важным применением сварки под флюсом является двусторонняя стыковая сварка листов панелей. На фиг. 12 даны характеристики этой сварки. Обратите внимание на максимальную допустимую температуру между проходами, равную 150°C для всех видов сварки стали DNV класса NV 2-4.

Ручная дуговая сварка применяется весьма ограниченно. В основном - для сборочных работ и приварки панельных секций танкера. На фиг. 8 показана ручная сварка электродами OK 73.68. Эти электроды являются наиболее универсальными для таких работ.

Более производительная сварка порошковой проволокой вытесняет ручную сварку. Она обеспечивает дугу с мелкоструйным переносом металла в широком диапазоне сварочного тока, что облегчает лучший контроль за тепловложением, например, при сварке в положении «вертикально вверх» и при сварке корневых швов на керамических подкладках. Эта сварка применяется для установочных работ внутри корпуса судна (фиг. 9) и на открытом воздухе, при сварке подсекций (фиг. 10) и сварке вертикальных швов сегментов танков. Сварка в

Для MMA
Для FCAW
Для SAW

OK 73.68
PZ6116S

EN 499: E 46 6 2Ni B 32 H5
EN 785: T 46 6 1.5Ni P C 1 H5

AWS A5.5: E8018-C1
AWS A5.29: E81T1-K2 J

OK Flux 10.62/
OK Autrod 12.32

EN 756: S 46 6 FB S3Si

Таблица 2. Сварочные материалы ЭСАБ для стали DNV класса NV 2-4.

	%C	%Mn	%Si	%Ni	Предел прочности (МПа)	Предел текучести (МПа)	Удлинение (%)	KCV/-60°C (Дж)
OK 73.68	0,05	1,0	0,35	2,4	610	520	26	105
PZ6116S	0,05	1,3	0,4	1,5	615	550	25	75
OK Autrod 12.32/ OK Flux 10.62	0,07	1,4	0,3	-	580	475	28	90

Таблица 3. Химсостав и механические характеристики наплавленного металла сварочных материалов ЭСАБ для стали DNV класса NV 2-4.

среде защитного газа CO₂, по сравнению со смесью защитных газов на базе аргона, облегчает сварку при ветреной погоде. На фиг.13 представлены технологические характеристики сварки стали DNV класса NV 2-4 в положении «вертикально вверх» (PF).

Закключение

ЭСАБ поставляет судоверфи в Гдыне полный комп-

лект сварочных материалов, необходимых для постройки танкера для перевозки сжиженного газа из низкотемпературной стали DNV класса NV 2-4. Комплект включает материалы для сварки MMA, SAW и FCAW. Для успешной постройки танкеров ЭСАБ оказывает помощь в обучении сварщиков верфи и освоения процессов сварки, в частности, сварки FCAW.

STOCZNIA GDYNIA S.A.		INSTRUKCJA SPAWANIA		STRONA 1/2																									
Dział Głównego Spawalnika		Załącznik 18 ENCLOSURE 18		Opracowała: Anita Woznicka Sprawdził: Marek Piechulski Data: 1999.02.20																									
Tytuł operacji: Spawanie półautomatyczne w osłonie CO ₂ na podkładce ceramicznej SEMI-AUTOMATIC WELDING UNDER CO ₂ ON CERAMIC BACKING																													
Materiał: NV2-4 Grupa: WO-1 Grubość: [mm] ≥ 10 Średnica: [mm]																													
Temperatura podgrzewania:		Temperatura międzykrocząca: 150°C																											
Prosty spawanie: PF		Kolejność spawania:																											
Kształt rowka:																													
Szczepienie: nie stosować		Lug: W przypadkach koniecznych szlifować poszczególne ściegi w celu usunięcia szlaki.																											
Długość szcypu: -																													
Złuszczenie: nie stosować																													
Nr warstwy:	Metoda spawania:	Średnica drutu, elektrody: [mm] Nazwa kablówka:	Klasa/kategoria:	Gaz-topnik: Przepływ: [l/min]																									
1 + n	136	Ø 1.2 PZ6116S	AWS A5.39-E81T1-K2	CO ₂ 18±20																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr warstwy</th> <th>Kąt przęta</th> <th>Natężenie prądu [A]</th> <th>Szybkość podawania drutu: [mm/min]</th> <th>Wolny wyłaz: [mm]</th> <th>Napięcie łuku: [V]</th> <th>Szybkość spawania: [cm/min]</th> <th>Energia łukowa: [J/mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>stały +</td> <td>180+195</td> <td>-</td> <td>20+25</td> <td>25</td> <td>10+11</td> <td>27.1</td> </tr> <tr> <td>2+n</td> <td>stały +</td> <td>195+205</td> <td>-</td> <td>20+25</td> <td>25+26</td> <td>22+27</td> <td>11.5+14.5</td> </tr> </tbody> </table>						Nr warstwy	Kąt przęta	Natężenie prądu [A]	Szybkość podawania drutu: [mm/min]	Wolny wyłaz: [mm]	Napięcie łuku: [V]	Szybkość spawania: [cm/min]	Energia łukowa: [J/mm]	1	stały +	180+195	-	20+25	25	10+11	27.1	2+n	stały +	195+205	-	20+25	25+26	22+27	11.5+14.5
Nr warstwy	Kąt przęta	Natężenie prądu [A]	Szybkość podawania drutu: [mm/min]	Wolny wyłaz: [mm]	Napięcie łuku: [V]	Szybkość spawania: [cm/min]	Energia łukowa: [J/mm]																						
1	stały +	180+195	-	20+25	25	10+11	27.1																						
2+n	stały +	195+205	-	20+25	25+26	22+27	11.5+14.5																						

Фиг. 12.

STOCZNIA GDYNIA S.A.		INSTRUKCJA SPAWANIA		STRONA 1/2																																									
Dział Głównego Spawalnika		Załącznik 22 ENCLOSURE 22		Opracowała: Anita Woznicka Sprawdził: Marek Piechulski Data: 1999.02.20																																									
Tytuł operacji: Spawanie automatyczne łukiem krytym pod topnikiem złączy doczołowych AUTOMATIC WELDING WITH SUBMERGED ARC UNDER FLUX, BUTT JOINTS.																																													
Materiał: NV2-4 Grupa: WO-1 Grubość: [mm] ≤ 15 Średnica: [mm]																																													
Temperatura podgrzewania:		Temperatura międzykrocząca: INTERPASS TEMP 150°C																																											
Prosty spawanie: PA		Kolejność spawania:																																											
Kształt rowka:																																													
Szczepienie: STOSOWAC		NOTES: JOINTS OF FIT PIECES, OVER WIDEN OF FLUX POURING, TO BE CLEANED FROM RUST, SCALE, GREASE, PAINT, IF NECESSARY, GRIND PARTICULAR BEADS TO REMOVE SLAG.																																											
Długość szcypu: 30+50 mm																																													
GOUGING: TO BE USED FOR REMOVAL OF ROOT BEP. OTHER SIDE WELDING, GROOVE TO BE GROUND TO SOUND METAL.																																													
LAYER	WELDING	Średnica drutu, elektrody: [mm] Nazwa kablówka:	CLASS	Klasa/kategoria:	Gaz-topnik: Przepływ: [l/min]																																								
1 + 4	12	Ø 4.0 OK Autrod 12.32	DIN 8557: S1		OK Flux 10.62																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>LAYER</th> <th>CURRENT</th> <th>Natężenie prądu [A]</th> <th>Szybkość podawania drutu: [mm/min]</th> <th>Wolny wyłaz: [mm]</th> <th>Napięcie łuku: [V]</th> <th>Szybkość spawania: [cm/min]</th> <th>Energia łukowa: [J/mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>stały +</td> <td>600+650</td> <td>-</td> <td>20+25</td> <td>26</td> <td>60+65</td> <td>15.1+16.2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>stały +</td> <td>500+550</td> <td>-</td> <td>20+25</td> <td>27+28</td> <td>45+50</td> <td>17.4+19.1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>stały +</td> <td>600+650</td> <td>-</td> <td>20+25</td> <td>26</td> <td>50+60</td> <td>16.3+19.5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>stały +</td> <td>500+550</td> <td>-</td> <td>20+25</td> <td>27+28</td> <td>45+50</td> <td>17.4+19.1</td> </tr> </tbody> </table>						LAYER	CURRENT	Natężenie prądu [A]	Szybkość podawania drutu: [mm/min]	Wolny wyłaz: [mm]	Napięcie łuku: [V]	Szybkość spawania: [cm/min]	Energia łukowa: [J/mm]	1	stały +	600+650	-	20+25	26	60+65	15.1+16.2	2	stały +	500+550	-	20+25	27+28	45+50	17.4+19.1	3	stały +	600+650	-	20+25	26	50+60	16.3+19.5	4	stały +	500+550	-	20+25	27+28	45+50	17.4+19.1
LAYER	CURRENT	Natężenie prądu [A]	Szybkość podawania drutu: [mm/min]	Wolny wyłaz: [mm]	Napięcie łuku: [V]	Szybkość spawania: [cm/min]	Energia łukowa: [J/mm]																																						
1	stały +	600+650	-	20+25	26	60+65	15.1+16.2																																						
2	stały +	500+550	-	20+25	27+28	45+50	17.4+19.1																																						
3	stały +	600+650	-	20+25	26	50+60	16.3+19.5																																						
4	stały +	500+550	-	20+25	27+28	45+50	17.4+19.1																																						

Фиг. 13.

FILARC PZ6105R

Порошковая проволока для сварочных роботов

Тапио Хухтала (Tapio Huhtala), ЭСАБ Б.В., Голландия

В журналах Svetsaren (Сварщик) 98/3 и 00/1 мы представляли металлонаполненную порошковую проволоку ЭСАБ PZ6106R для роботизированной сварки и описывали ее применение при изготовлении экскаваторных рам из листов средней и большой толщины, а также при изготовлении тонколистовых автомобильных деталей.

Эта статья фокусирует внимание на программе тесного сотрудничества концерна ЭСАБ с заказчиками в различных проектах, связанных с механизацией сварочных работ, с целью повышения конкурентоспособности компаний. В статье приводятся примеры сварки изделий из тонких листов, включая изделия автомобильной промышленности.

Мировой рынок становится в настоящее время все шире и прозрачнее. Эта тенденция развивает потенциал индивидуальных производителей и одновременно становится опасной. Известные компании испытывают все увеличивающуюся конкуренцию со стороны новообразованных компаний в своей области деятельности, работающих на международном уровне. Для того чтобы оставаться конкурентоспособными они должны пересматривать свое отношение к рынку. Часто они приходят к выводу, что новые растущие тенденции рынка становятся лимитирующим фактором развития их компаний.

Эти лимитирующие факторы могут проявиться в трудности закупки сырья, привлечении новой рабочей силы, недостаточной производительности и емкости складских помещений, нехватки финансирования, новых требованиях рынка и в трудности доставки продукции конечному потребителю. Узкое место в одной или нескольких связях между производством и сбытом продукции может стать причиной развала всей компании.

Нехватка квалифицированной рабочей силы, например, является типичной в настоящее время проблемой для многих производителей на фоне общего подъема экономики. Возникает большая необходимость в обучении нового персонала, повышении квалификации существующего персонала, внедрении механизации или даже передаче части работы специализированным фирмам.

Проблемы возникают с объемом запасов сырья и готовой продукции. С одной стороны, рынок требует большого объема запасов, с другой стороны, компании стремятся снизить капиталовложения на расширение запасов. Кардинальные решения лежат в современных системах руководства предприятий, таких как EOQ

(Economic Order Quantity - Экономическое обоснование количества заказов), JIT (Just in Time - Точно вовремя) и MRP (Materials Requirement Planning - Планирование потребности в материалах).

Аренда и лизинг могут прийти на помощь при возникновении трудностей с традиционными путями финансирования.

Для многих видов производства сварка является обязательной технологической операцией. Она также может стать узким местом производства. Обычно эти трудности возникают непосредственно в сварочных центрах. Однако, часто они находятся на всех стадиях производства, использующих сварку, включая ремонтные работы и переработку отходов.

Взаимодействие с производителями

ЭСАБ делится своими знаниями по сварке в области автомобилестроения, участвуя в совместных проектах, направленных на повышение конкурентоспособности при изготовлении отдельных сварных элементов. Анализ существующих технологий сварочных работ и внедрение более производительных методов производства осуществляется в тесном сотрудничестве с производителями и позволяют решить многие конкретные проблемы производства.

Одной типичной проблемой производителей является дефицит времени в каком-то звене технологического процесса. Иногда возникают трудности в проведении испытаний на действующей технологической линии из-за боязни возникновения непредвиденных простоев. Трудности проведения эффективных экспериментальных работ возникают иногда и из-за отсутствия опытных программистов роботизированных сварочных центров.

Зная эти проблемы, ЭСАБ предлагает собственную базу для проведения необходимых испытаний, сократив до минимума натурные испытания на предприятиях заказчика, не нарушая их обычный ритм работы. Когда на последней стадии возникает необходимость провести испытания на предприятии заказчика, то эти испытания проводятся в минимальные сроки, например, в субботу-воскресенье.

Ниже описывается процесс совместных разработок.

Рабочий процесс

Фаза 1

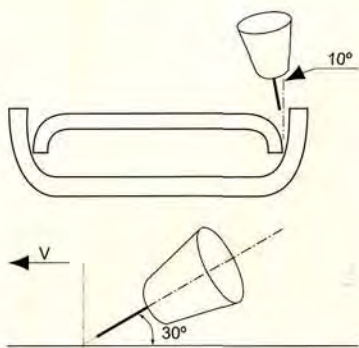
Во всех случаях проект начинается с тщательного анализа производственного процесса опытными специалистами ЭСАБ совместно с работниками предприятия. Исследуются и обсуждаются все стороны проблемы, связанной со сваркой: применяемое сварочное оборудование, положение горелки и т.п.

После принятия соглашения по изменениям, которые принесут очевидные выгоды предприятию и решат проблему узкого места, вступает в силу вторая фаза выполнения проекта. Она включает пробные сварки деталей заказчика в одной из лабораторий ЭСАБ.

Фаза 2

В настоящее время ЭСАБ имеет две лаборатории (одна - в Утрехте, Голландия, и вторая - в Гетеборге, Швеция), где можно проводить всесторонние испытания, включая роботизированную сварку. Во время таких испытаний моделируются условия сварки, аналогичные условиям на предприятии заказчика. Если, например, по договоренности можно проводить пробную сварку с применением различных защитных газов, подбирается оптимальный газ и режим сварки и просчитывается ожидаемая выгодность нововведения. Довольно часто на предприятии заказчика защитный газ подается централизованной системой, что делает изменение газа невозможным. Результаты испытаний тщательно анализируются. Составляется и посылается заказчику отчет. Если заказчик предоставляет информацию по фактическим затратам, то составляется экономический отчет.

Если результаты испытаний показывают, что нововведения не принесут выгоду, проект закрывают. При положительных результатах заказчик самостоятельно решает, когда начать третью стадию проекта - проведение испытаний на предприятии заказчика. Достоинство предложенной ЭСАБ методики проведения исследований - минимальное влияние на ритм работы предприятия. Заказчик рискует только расходами на стоимость предоставляемых на испытания образцов.



Фиг. 1. Элемент безопасности.

Фаза 3

Во время этой стадии пробные сварки по методике, полученной в результате лабораторных исследований, проводятся на предприятии заказчика на существующем оборудовании под руководством специалистов ЭСАБ. Длительность испытаний бывает различной. Иногда после коротких испытаний проводят длительные. После тщательного анализа данных испытаний заказчик самостоятельно решает: внедрять ли предложенные изменения.

Ниже описано несколько примеров проектов, проведенных по описанной программе. Поскольку многие владельцы предприятий, особенно автомобилестроители, не публикуют информацию о производстве, то мы воздерживаемся от указания имен компаний. Более того, все приводимые данные базируются на результатах вторых стадий проектов, т.е. после проведения исследований в лаборатории в Утрехте.

Пример 1

Сварка элементов безопасности грузовых автомобилей

Описание проблемы:

- Неполное проплавление вследствие неправильного положения горелки. Из-за боязни оплавления наружной кромки изделия горелка располагалась у стыка, со смещением к центру изделия.
- Из-за большого разбрызгивания требовалась дополнительная обработка изделия шлифовкой.
- Большая длительность процесса сварки изделия являлась узким местом производства.

Сечение элемента безопасности представлено на фиг. 1. Элемент выполнен из стали, аналогичной стали St 37.2. Наружный диаметр изделия - 100 мм; толщина 4,5 мм. Сварка на предприятии проводилась сплошной проволокой типа SG2 диаметром 1,2 мм в импульсном режиме со скоростью сварки 14,5 мм/с.

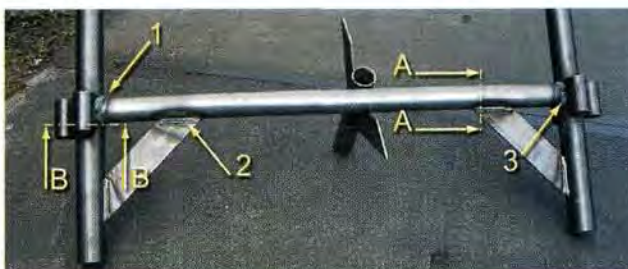
Пробные сварки в лаборатории ЭСАБ проводились сварочным роботом ABB IRB 1400 со сварочным источником ЭСАБ Aristorob 500. Были подобраны оптимальные сварочные параметры кольцевого шва:



Фиг. 2. Элемент безопасности, сваренный проволокой PZ6105R.



Фиг. 3. Сечение шва.



Фиг. 4. Элемент строительных лесов.



Фиг. 5,6,7 Швы 1, 2, 3, сваренные сплошной проволокой.



Фиг. 8,9,10. Швы 1, 2, 3, сваренные проволокой PZ6105R.

389A/6B/10м/мин, вылет проволоки в горелке - 25мм. Скорость сварки - 1,3м/мин. Защитный газ - 90Ar/10CO₂.

В результате скорость сварки увеличилась на 38% и на изделии не наблюдалось следов брызг. Сечение шва показало отсутствие оплавления наружной кромки изделия. Результаты позволяют существенно повысить производительность изготовления изделия из-за уменьшения брака и доработки.

На фиг.2 показан элемент безопасности, сваренный проволокой PZ6105R в режиме сварки, приведенном ранее. На фиг.3 показано сечение шва. Видно, что шов сравнительно плоский, с хорошим проплавлением и отсутствием оплавления наружной кромки изделия. Эти параметры шва, полученные при многократных испытательных сварках, полностью отвечали требованиям заказчика.

Пример 2

Сварка элемента строительных лесов

Постановка проблемы:

- Интенсивное разбрызгивание требовало доработки швов.
- Производительность сварочных операций слишком мала, что являлось узким местом производства.

Элемент строительных лесов сваривался из труб с толщиной стенки 2,2 мм. Для сварки заказчик применял сварочный робот. Диаметр сплошной проволоки - 1,0 мм. Защитный газ - 80Ar/20CO₂. Применялся обычный сварочный источник для сварки МИГ.

На фиг. 4 представлен элемент строительных лесов, изготовленный на предприятии заказчика. Цифрами помечены различные типы сварных швов; буквами - поперечные сечения швов, выполненных в ла-



Фиг. 11 Сечение А-А шва, сваренного проволокой PZ6105R.

боратории проволокой PZ6105R. На фиг. 5-7 показаны швы 1,2,3 (см. фиг. 4), сваренные сплошной проволокой.

Те же швы, сваренные порошковой проволокой PZ6105R при том же составе защитного газа, показаны на фиг. 8-10. Швы - плоские, отсутствуют следы брызг. На фиг. 11 показано сечение шва участка А (см. фиг. 4), показывающее хорошее качество проплавления.

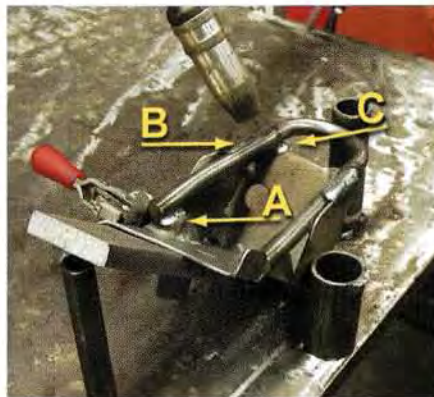
Практически полное отсутствие брызг может повысить производительность более чем на 40%, а стоимость единицы изделия - снизить на 20%.

На фиг. 12а, 12в и 12с показаны результаты сварки другого элемента лесов того же производителя. Проблемы сварки этого элемента аналогичны проблемам предыдущего элемента.

Предложенная методика сварки этого элемента показала такие же хорошие результаты: отсутствие брызг. Рост производительности и снижение цены были еще большие, чем для предыдущего случая.



Фиг.12а, 12в, 12с. Другой элемент (12а), сваренный сплошной проволокой (12в) и порошковой проволокой PZ6105R (12с).



Фиг. 13, 14. Буксировочная проушина, сваренная сплошной проволокой, и специальное приспособление (фиг. 14) для испытательной сварки роботом проволокой PZ6105R.



Фиг. 15 Сечение участка шва В (фиг. 14).

Фиг. 16 Кронштейн подвески выхлопной трубы.

Пример 3

Сварка буксирной проушины и кронштейна крепления выхлопной трубы

Проблемы:

- Низкая производительность сварки.
- Сварка этих изделий является узким местом производства.

Проушина из стального прутка диаметром 12 мм приваривается к листовому элементу толщиной 2 мм (фиг. 13). На листовом элементе часто имеются следы масла. Сварка на предприятии проводится роботом сплошной проволокой диаметром 1,2 мм в среде защитных газов $90\text{Ar}/7,5\text{CO}_2/2,5\text{O}_2$ обычным сварочным источником для сварки МИГ. Сварка проводилась в нижнем положении со скоростью перемещения 0,8...1,0 м/мин.

Для пробной сварки было сконструировано специальное приспособление (фиг.14). Буквами отмечены различные швы. На фиг. 15 представлено поперечное сечение шва В. Шов - отличного качества. Были найдены оптимальные режимы сварки: 290А/23В/8 м/мин. Скорость сварки швов А и С - приблизительно 1,62 м/мин, что на 70% выше скорости сварки, принятой на предприятии. Вылет электрода - 20 мм.

Были проведены пробные сварки кронштейна подвески выхлопной трубы (фиг. 16). Этот элемент сваривается на предприятии также роботом. В настоящее время сварка этого изделия не лимитирует производство, и срочной потребности увеличения производительности нет. Пробные сварки этого изделия были выполнены в лаборатории для более позднего внедрения. Сварка на предприятии проводится сплошной проволокой диаметром 1,2 мм в горизонтальном и вертикальном положениях в среде защитного газа $90\text{Ar}/7,5\text{CO}_2/2,5\text{O}_2$. Скорость сварки основного шва в вертикальном положении - 1,2 м/мин.

В лаборатории скорость сварки этого шва в горизонтальном положении достигала 1,4...2,0 м/мин. Более высокая скорость сварки наблюдалась в горизонтальном положении, что объясняется высокой наплавочной способностью этого положения.

Заключение

Все возрастающая конкуренция заставляет компании пересматривать свою деятельность. Выявление узких мест производства становится все более актуальным. Во время процесса модернизации производства компании сталкиваются с некоторыми проблемами. Среди этих проблем: нехватка времени, ограниченный доступ к роботам и их программам и риск потери производительности из-за проведения натурных испытаний в рабочее время.

ЭСАБ знает эти проблемы и работает со многими своими клиентами по гибкой программе, снижая до минимума уровень риска и повышая вероятность получения успешного результата.

Более подробную информацию можно получить в местных отделениях ЭСАБ.

Об авторе

Тапио Хухтала (Tapio Huhtala) - руководитель производства нелегированных порошковых проволок в отделении ЭСАБ в Утрехте, Голландия. Он начал работать в концерне ЭСАБ в 1993 году и работал в исследовательском центре Гетеборга в должности металлурга - исследователя до 1998 года.

Установка ЭСАБ для высокопроизводительной сварки под флюсом рам грузовых автомобилей

Шاون Стадхолм (Shaun Shudholme) и Дерек Харвей (Derek Harvey) - ЭСАБ ЮК Лтд.

Компания Метал Дезайн и Фабрикейшен, МДФ (Metal Design and Fabrication, MDF) - изготовитель рам грузовых автомобилей, расположенная в Антриме, (Северная Ирландия), добилась существенного увеличения выпуска продукции, установив специально спроектированную ЭСАБ систему сварки под флюсом двойной металлнаполненной порошковой проволокой OK Tubrod 14.00S с керамическим флюсом OK 10.71.

МДФ

МДФ - успешно развивающаяся компания, производящая рамы грузовых автомобилей. Она поставляет рамы основным компаниям, выпускающим грузовики как в Великобритании, так и в Европе.

Для удовлетворения растущего спроса на свою продукцию МДФ решила инвестировать средства для закупки и установки новой системы сварки под флюсом для основной линии производства рам грузовиков (фиг. 1) взамен старой установки сварки под флюсом сплошной проволокой двумя головками.

ЭСАБ получил заказ на эту систему после того, как представил решение задачи увеличения производительности и универсальности сварки рам различной конструкции. Кроме установки новой системы сварки, МДФ реконструировала планировку сварочного цеха, решив



задачу эффективной подачи деталей рам к сварочному центру. Новая установка эксплуатируется уже более года. Она позволила компании МДФ в 3...4 раза (в зависимости от типа рам) увеличить их выпуск.

Установка для сварки под флюсом расщепленной дугой

Сварочный манипулятор (консольный сварочный центр) MBVA 550 смонтирован на компактной рельсовой тележке, перемещающейся по рельсовому пути, требующему минимальной площади цеха. Манипулятор перемещается вдоль двух ступеней, расположенных параллельно друг другу. На одном ступе производится сварка, на другом - разгрузка-загрузка рам. Колонна манипулятора может вращаться на 180°, занимая требуемое положение над ступем. На каретке стрелы закреплена система подбора использованного флюса OPC и система подачи флюса TPC 75 с контейнером, находящимся под давлением. Флюс подается к двум сварочным головкам A6, подающим двойную сварочную проволоку к контактным устройствам D20. Установка позволяет сваривать продольные элементы рам шириной от 70 мм до 800 мм. Приводной мотор-редуктор VEC с тахогенератором обратной связи соединен с блоком управления PEG 1, управляющим точными перемещениями тележки по рельсовому пути значительной протяженности вдоль ступеней и парковочных участков.

Положения сварочных головок при движении манипулятора вдоль свариваемой рамы контролируется устройством слежения по стыку GMD, которое осуществляет вертикальное перемещение сварочных головок по вертикальным моторизованным суппортам и горизонтальное перемещение каретки вдоль стрелы.

Величины сварочного тока и напряжения предварительно устанавливаются и контролируются двумя блоками управления PEG 1, обеспечивая стабильность параметров сварки.



Фиг.1. Система сварки под флюсом расщепленной дугой ЭСАБ, выполненная по заказу МДФ. Часть фото закрыта по просьбе МДФ.

Для обеспечения безопасности и оптимального использования пространства, силовые кабели и кабели управления заключены в кабельную цепь, проложенную вдоль рельсового пути, обеспечивая соединение консольной сварочной установки со сварочными источниками LAE, установленными на полу цеха.

Все управление за исключением управления сварочными параметрами вынесено на дистанционный ручной пульт управления. С помощью этого пульта оператор управляет установкой во время позиционирования и сварки.

Сварочные материалы

ЭСАБ предложил применять для установки сварки под флюсом проверенную комбинацию проволоки OK Tubrod 14.00S диаметром 2,4 мм и флюса OK Flux 10.71, позволяющую проводить сварку угловых швов с высокой скоростью.

OK Tubrod 14.00S является металлонаполненной порошковой проволокой, обеспечивающей до 20% больший (в зависимости от типа шва) по сравнению со сплошной проволокой такого же диаметра коэффициент наплавки. Эта проволока разработана для совместного применения с флюсом OK Flux 10.71. OK Flux 10.71-керамический, алюминатно-основной, малолегирован-

ный кремнием и хромом флюс. Классификация проволоки и флюса приведена в таблице 1.

Комбинация этих материалов применяется для надежного соединения сваркой низкоуглеродистых и среднепрочных сталей, обеспечивает отличный внешний вид однопроходных и многопроходных угловых швов и хорошую ударную вязкость при температурах до -20°C. Эта комбинация может применяться для сварки одной или двумя проволоками. Обеспечивается легкое отделение шлака даже на узких швах.

Установка в компании МДФ одновременно производит сварку двух угловых швов двумя двухдугowymi сварочными головками в горизонтальном положении (см. фиг. 2). Толщина горизонтальных полос-заготовок рамы - 4...8 мм; вертикальных - 8...20 мм.

Одним из достоинств швов, выполненных применяемой комбинацией проволока/флюс, по сообщению МДФ, является округлая, но достаточно плоская форма зоны проплавления. Даже при сварке листов толщиной 8 мм не наблюдается прожогов, что регулярно случалось при сварке сплошной проволокой на предыдущей установке МДФ.

Вторым достоинством новой установки является возможность сварки рам различной конструкции и с различной толщиной листов с одними и теми же установочными сварочными параметрами: 580А/29В, 130см/мин. Это экономит время на ввод новых сварочных параметров и, соответственно, влияет на производительность.

Третьим достоинством, отмеченным МДФ, является легкость удаления шлака, что экономит время на его удаление.

Компания МДФ довольна внешним видом сварочных швов, особенно плавностью перехода кромки лицевой поверхности швов, что особенно важно для рам грузовых автомобилей, подвергающихся действию длительной динамической нагрузки. Форма перехода кромки шва влияет на возникновения усталостных трещин.

Вышеперечисленные достоинства вместе со значительным увеличением производительности помогли МДФ удержать ведущее положение среди фирм-изготовителей рам грузовых автомобилей.



Фиг. 2 Сварка под флюсом проволокой OK Tubrod 14.00S с флюсом OK Flux 10.71.



Фиг. 3 Удаление легко отделяемого шлака.



Фиг. 4 Внешний вид шва. Валковый шов с плавным переходом кромки шва.

Об авторах

Шаун Стадхолм (Shaun Studholme) - руководитель отдела порошковых проволок группы ЭСАБ в г. Вольтхам Кросс (Великобритания). Отвечает за маркетинг порошковой проволоки.

Дерек Харвей (Derek Harvey) начал работать в ЭСАБ в 1983 году в должности инженера по обслуживанию. Позже перешел во вновь образованный в г. Вольтхам Кроссе технический отдел оборудования дуговой сварки. В 1993 году назначен руководителем продаж оборудования автоматизированной сварки и отвечает за продажу автоматизированного сварочного оборудования для сварки под флюсом и в среде защитных газов, а также механизированного оборудования аргонодуговой сварки.

Вновь разработанные сварочные материалы делают сварку тонких листов более эффективной

Ларс-Эрик Стрид (Lars-Erik Stridh), ЭСАБ АБ, Гетеборг

В результате острой конкуренции со стороны стран с низкой стоимостью рабочей силы произошли быстрые изменения в сварочной промышленности Европы. Большая часть производств тяжелых сварных конструкций переместилась на Восток, оставляя в Европе производства, использующие сложную и механизированную сварку. В Европе размещено большое количество автомобильных заводов и предприятий, большинство из которых использует роботизированную сварку.

Сварочные роботы обычно используют сплошную проволоку диаметром 1,0 мм. В качестве защитного газа применяется смесь двух газов с добавкой третьего компонента - газа для уменьшения разбрызгивания. Автомотостроители постоянно проводят исследования, связанные с методами соединения тонколистового материала. Эти методы включают склейку, сварку трением, пайку в среде защитных газов, лазерную сварку и соединение заклепками с потайными головками. Дуговая сварка по-прежнему занимает твердое положение в современном автомотостроении. В зависимости от типа автомобиля, в каждом автомобиле - один-два килограмма металла сварных швов.

Каждый год растет доля сварки, выполняемой роботами. В Европе количество сварочных роботов увеличивается ежегодно примерно на 10%. На автомобильных заводах сварочные роботы обычно устанавливаются в отдельные камеры, где они одновременно сваривают изделие. Эти камеры встроены в технологический конвейер. В настоящее время на фоне развивающейся острой конкуренции автомобильные заводы и другие производства, связанные с этими заводами, крайне заинтересованы в возможности максимально увеличить производительность сварочного оборудования.

Введение

В автомобильной промышленности установлены очень жесткие требования к сварке. Автомотостроители постоянно пытаются найти новые более легкие материалы для того, чтобы снизить вес производимых автомобилей, что отвечает требованию снижения потребления природных ресурсов. В то же самое время растут требо-



Испытательная сварка элементов передней подвески сварочным роботом в Гетеборге.

Проволока OK Tubrod 14.11 диаметром 1,4 мм.

вания к нормам безопасности пассажиров. Тонкие листы сваривают обычно сплошными проволоками. Одной из проблем является проблема проплавления. Допуски на размеры отдельных свариваемых деталей различны, что влечет к нарушению точности положения стыка. При сварке сплошной проволокой малого диаметра (1,0 мм) дуга образует узкий профиль проплавления чувствительный к неточности положения кромок стыка. При сварке могут появляться такие дефекты, как непровар и прожог.

Очень важно, чтобы переход металла сварного шва в основной металл был бы плавным и равномерным, что обеспечивает высокую усталостную прочность соединения. Это становится особенно важным, поскольку автомобилестроители начинают все больше применять для снижения веса изделий более тонкие листы из высокопрочных сталей.

Производительность и время цикла роботизированной сварки являются основными показателями снижения стоимости. При увеличении скорости сварки, однако, происходит повышение твердости наплавленного металла и металла зоны термического влияния. Тепло, выделяемое дугой сплошной проволоки малого диаметра, сравнительно мало, что ведет к быстрому охлаждению и, как следствие, к риску повышения твердости и хрупкости сварного соединения.

Новый подход

Ноу-хау процессов сварки ЭСАБ и сотрудничество с различными поставщиками автомобильной промышленности и с самими автомобилестроителями в области изучения принятой технологии производства этих предприятий привели к разработке и успешному внедрению новых технологий сварки тонкостенных изделий.

Что касается сварки тонких листов, то большинство полагают, что для их сварки следует применять сплошную проволоку малого диаметра. Немногие считают, что необходимо применять порошковую металлонаполненную проволоку большего диаметра. Именно к такому выводу привели проведенные исследования: для сварочных роботов необходимо применять порошковую металлонаполненную проволоку диаметром 1,4 мм.

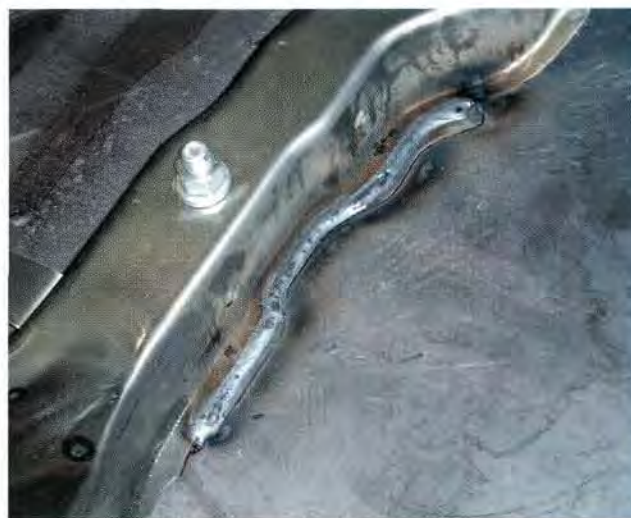
Такая проволока имеет марку ОК Tubrod 14.11. Эта проволока была специально разработана для сварочных роботов. Она легко и плавно подается механизмами подачи. Дуга – стабильна и образует минимум брызг, и что самое важное – позволяет вести сварку при больших сварочных токах и сравнительно малых напряжениях стабильной дуги. Разработка этой проволоки явилась результатом целенаправленных исследований.

Примеры применения в промышленности

Достоинства новой проволоки иллюстрируются нижеприведенными примерами. Одна из компаний поставляет автомобильным заводам различные небольшие сварные детали. Компания применяла сплошную проволоку диаметром 1,0 мм и защитный газ CO_2 для обеспечения возможно широкого профиля проплавляемости. В сварочном участке работают шесть роботов, расположенных вокруг вращающегося стола. На столе устанавливается шесть идентичных деталей, подлежащих сварке. После каждой сварочной операции стол поворачивается на одну шестую оборота. Каждый робот одновременно сваривает определенный шов детали. Поскольку время сварки разных швов различно, то некоторые роботы, закончив свой шов, вынуждены ожидать несколько секунд до окончания сварочной операции другими роботами. Это время ожидания каждого робота невелико – 4...10 с. Однако, принимая во внимание тот факт, что общее количество роботов, сваривающих деталь, – шесть, общее время ожидания выраста-



Пример очень хорошего проплавления при скорости сварки 27 мм/с.



Широко распространенное соединение внахлестку. Толщина листов 1,5 мм, скорость сварки 32 мм/с.

ет до 1...2 минут. Прибавляя время, необходимое на снятие готовых деталей и установку новых, общее время простоя в течение рабочего дня может достигать одного часа. В месяц – это 20 часов. Стоимость эксплуатации сварочного центра с одним роботом, одним позиционером и одним оператором приблизительно равна \$100 в час. Стоимость эксплуатации сварочного участка с шестью роботами естественно много выше. Таким образом, цена вынужденных простоев становится очень высокой.

Поскольку компания достигла при сварке сплошной проволокой максимально возможной производительности при заданном стандарте качества, она решила провести пробные сварки проволокой ОК Tubrod 14.11 диаметром 1,4 мм. В испытаниях, проведенных в Сварочном Центре ЭСАБ в Гетеборге, было найдено, что скорость сварки порошковой проволокой по сравнению со скоростью сварки сплошной проволокой может быть повышена с 18 мм/с до 30 мм/с. Это значит, что сократится время простоя некоторых роботов, а общее время цикла сварки детали уменьшится за счет синхронизации скорости сварки роботов.

На приведенных снимках видны внешний вид и качество проплавления швов изделия, полученных при пробных сварках.

Изделие для автомобильной промышленности
Длина сварного шва 31 см.

	Сплошная проволока	OK Tubrod 14.11	Разница
Время цикла, с(s)	58.6	40	-31%
Скорость сварки, м/мин	0.6	1.5	+150%
Время сварки, с	31	12.4	-60%
Время перемещений робота, с	27.6	27.6	
Время цикла, с	58.6	40	-31%
Время перегрузки, с	10	10	
Количество изделий в час	52	72	+38%

OK Tubrod 14.11 Сплошная проволока

Расход проволоки на изделие, кг	0.014	0.014
Цена проволоки, Евро/кг	4:36	0:77
Стоимость проволоки Евро/изделие	0:0612	0:0106
Расход защитного газа, м ³ /изделие	0.014	0.018
Цена защитного газа, Евро/м ³	2:83	2:47
Стоимость защитного газа, Евро/изделие	0:0400	0:0400
Стоимость энергии, Евро/изделие	0:0047	0:0047
Стоимость робота + оператор, Евро/час	103:06	103:06
Стоимость робота + оператор, Евро/изделие	1:43	1:68
Общая стоимость, Евро/изделие	1:55	1:73

Результаты работы с другим поставщиком автомобильных деталей приведены в таблице:

В таблице приведены стоимость сварки изделия применяемым ранее методом сварки сплошной проволокой диаметром 1,0 мм и стоимость сварки того же изделия порошковой проволокой OK Tubrod 14.11 диаметром 1,4 мм.

Достоинства

Причиной перехода предприятий со сварки сплошной проволокой на порошковую металлонаполненную проволоку большего диаметра OK Tubrod 14.11 было снижение общей стоимости сварки изделия благодаря сокращению длительности сварочного цикла и увеличению производительности. Кроме того, улучшилось качество сварки. Металл шва плавно переходит в основной металл изделия. Профиль проплавления более широкий и надежный, что уменьшило количество сварочных дефектов и, следовательно, количество брака. Достигнутая экономия имеет прямое влияние на величину прибыли. Более того, благодаря уменьшению разбрызгивания при сварке сократились простои, связанные с очисткой крепежных приспособлений. К вышесказанному следует добавить сокращение на 50% времени очистки фильтров отсоса сварочных дымов, выделяемых сварочными роботами, что дополнительно снижает общее время цикла сварки.

Заключение

Существует прекрасная возможность улучшить работу сварочных роботов при сварке тонколистовых

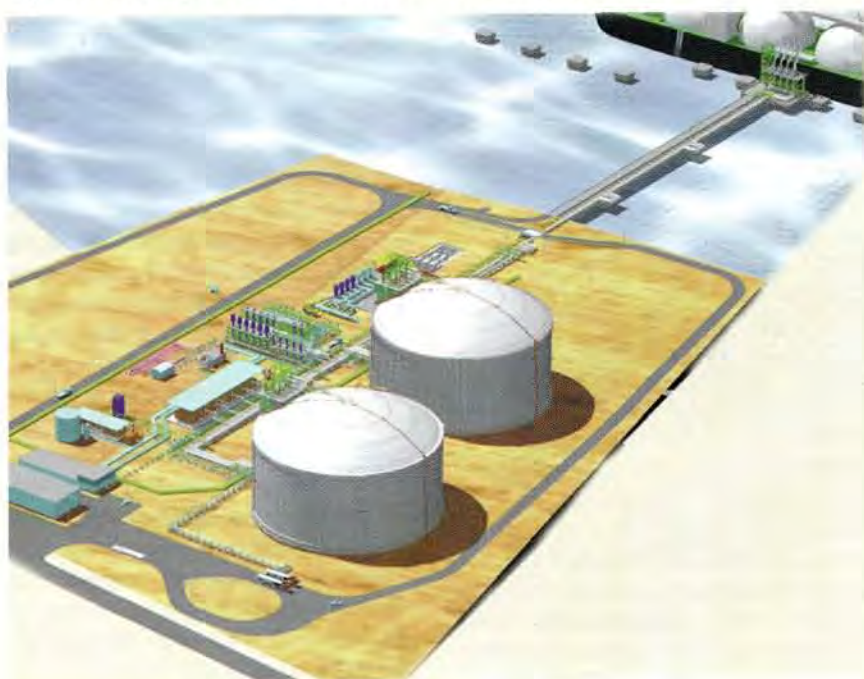
изделий. Это относится, в первую очередь, к автомобильной промышленности и ее поставщикам, которая требует высокой производительности и устойчивого высокого качества. При внедрении новых сварочных материалов, сокращающих время цикла, очень важно, однако, иметь в виду, что из-за сокращения времени цикла одной операции могут возникнуть узкие места на других участках производственного конвейера, что может свести на нет полученную экономию. Тщательное планирование сварочных операций и согласование их со всей производственной цепочкой может сэкономить большие денежные средства и сделает автомобильное производство Европы конкурентоспособным, что сохранит рабочие места европейских стран.

Об авторе

Ларс-Эрик Стрид (Lars Erik Stridh), инженер по электро-сварке, закончил учебное заведение «Бергшкола» в 1982 г. Три года работал инженером по сварке в компании в Гетеборге, занимающейся ремонтом и обслуживанием, и 13 лет - инженером отдела порошковых проволок конкурирующей компании. С 1999 года он работает в ЭСАБ, Гетеборг и отвечает за сбыт продукции ЭСАБ на мировом рынке.

Короткие НОВОСТИ

ЭСАБ поставляет сварочные материалы и оборудование еще одному проекту строительства хранилища сжиженного природного газа



В настоящее время в мире наблюдается растущий интерес к применению в качестве источника энергии природного газа. Большинство запасов природного газа расположены, однако, далеко от мест его использования. Поэтому во многих странах мира все возрастает потребность к транспортировке и хранению газа.

ЭСАБ имеет богатый опыт поставки оборудования и сварочных материалов для строительства больших резервуаров для хранения газа. Большинство наземных резервуаров большого размера собирается из стали, содержащей 9% никеля. Газ хранится в сжиженном виде при температуре -105°C .

В мае 2000 года ЭСАБ получил заказ на поставку сварочных материалов и оборудования для строительства наземных резервуаров, емкостью 140000 м^3 каждый, для терминала в г. Измире, Турция. (Стро-

ительная организация - EgeDaz, руководитель проекта - CB&I).

ЭСАБ поставил сварочные материалы, включающие электроды OK 92.45 (AWS 5.9 EriCrMo-3), а также флюс и сплошную проволоку OK Autrod19.82 (AWS 5.9 ER NiCrMo-3) в комбинации с флюсом OK Flux 10.16. Была поставлена также установка Circoteck, спроектированная по техническим требованиям заказчика для сварки под флюсом горизонтальных (2G SAW) швов внутри резервуара.

Более подробную информацию можно получить, связавшись с ЭСАБ:

E-mail: consumables@esab.sc

Факс: +45 31 509 170

Или с московским представительством ЭСАБ:

Тел.: 937 98 20

Факс: 937 95 80

E-mail: esab@esab.ru



Блок управления PEN

Большой успех нового блока управления процессом сварки ЭСАБ

Новый блок управления сварочных процессов PEN успешно принят мировым сварочным рынком. Поставлено уже более 1000 блоков управления (данные на март 2000 г.).

Блок управления сварочных процессов PEN не только управляет такими сварочными параметрами, как сварочный ток, напряжение и скорость сварки, но и оптимизирует процесс сварки, выбирая наилучшие сварочные параметры, исходя из диаметра проволоки, режима возбуждения дуги, режима конца сварки и типа свариваемого материала. Блок имеет удобную панель управления и большой дисплей, на который выводятся все параметры. Он может также вычислять величину тепловложения и выводить полученные данные на дисплей перед сваркой или в ее процессе. Имеется возможность ввода в память до десяти различных сварочных программ.

Блок управления PEN имеет несколько меню: два - оператора и два - для конфигурации параметров. Контроллер успешно применяется в стационарных сварочных установках, сварочных тракторах, сварочных центрах и в специальных установках, выполненных по требованиям заказчиков.

Единственно правильное решение - «Railtrac»



Нефтегазовой компании Petron Emerats в Дубаи потребовалось срочно отремонтировать стенки регенератора. Регенератор превращает серу в сернистый газ (SO_2) при температуре 500°C . Этот газ используется при переработке сырой нефти. Газ внутри регенератора, облицованного керамическим покрытием, проникал через трещины в облицовке, возникшие вследствие перепада температур, и соприкасался с металлом корпуса установки, вызывая коррозию металла.

Утончение стенок

Из-за коррозии толщина стенок уменьшилась с 28,5 мм до 11,0 мм. Возникла необходимость в срочном ремонте участка стенки корпуса. Из-за стесненных условий единственным методом ремонта являлся метод наплавки. ЭСАБ рекомендовал наплавку проволокой OK Tubrod 15.13,

диаметром 1,2 мм с помощью двух устройств Railtrac F1000 совместно со сварочными источниками LAX 380, подающими механизмами MEK 2 и горелками PSF 400. Поврежденная поверхность длиной 8 м и высотой 1,5 м была наплавлена до толщины 29,0 мм.

Круглосуточная работа

Работа проводилась круглосуточно. В каждой смене было занято шесть сварщиков. Вся работа была выполнена за восемь дней. Было израсходовано 520 кг проволоки. Для контроля тепловложения наплавка осуществлялась узким валиком (без поперечных колебаний горелки). Примененный режим наплавки проволокой OK Tubrod 15.13: напряжение дуги - 33В, ток - 240А при вылете проволоки - 18 мм. Скорость перемещения была в пределах 55...70 см/мин в зависимости от требуемой толщины наплавки. Температура повторных проходов была выбрана равной 300°C . Качество наплавки (отсутствие трещин и других дефектов) постоянно проверялось. Примененные устройства Railtrac еще раз доказали свою эффективность. Ремонтные работы были успешно проведены в рекордно короткие сроки, ограниченные продолжительностью остановки работы регенератора.

Некоторые технические данные устройства Railtrac

Railtrac является модульной конструкцией, позволяющей собрать из большого числа различных компонентов эффективную систему для конкретных условий сварки или резки. Имеется четыре базовые стандартные системы:

Railtrac F 1000 Flexi
Railtrac FW 1000 Flexi Weaver
Railtrac FR 1000 Flexi Return
Railtrac FWR 1000 Flexi Weaver Return

Каретка движется по универсальному направляющему рельсу, который может крепиться и на криволинейных поверхностях. Управление сваркой осуществляется цифровым программируемым блоком управления, в память которого можно завести до пяти сварочных программ. Программы имеют такие функции, как сварка прерывистым швом, поперечные колебания и сварка при движении в обратном направлении.

Система Railtrac 1000 работает совместно со сварочным оборудованием ЭСАБ: горелками, подающими механизмами и сварочными источниками.

Railtrac 1000 весит 6...7кг (в зависимости от модификации).

Электрод ОК 92.05 для сварки чистого никеля!

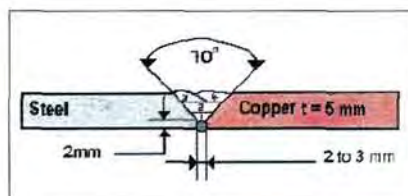
ОК 92.05 является электродом с основным покрытием для сварки чистого никеля в форме литых или кованных заготовок. Он может быть использован для сварки разнородных металлов: никеля со сталью, никеля с медью, меди со сталью.

ОК 92.05 образует аустенитный наплавленный металл и отвечает требованиям AWS/SFA 5.:EN-1. Лабораторные испытания проводились в исследовательском центре ЭСАБ в Гетеборге, где медь сваривали со сталью. В этом случае медь предварительно не нагревали из-за малой толщины образца. Однако, для деталей с более толстыми стенками или крупных деталей необхо-

дим предварительный нагрев до 300°C , что является нормальной температурой для меди.

На кромку медного образца было наварено три буферных слоя. Затем они были сошлифованы под углом 35° и был проварен корневой шов электродом ОК 92.05 диаметром 2,5 мм. Стык был заварен в четыре прохода электродами диамет-

ром 3,25 мм. Температура между проходами - 150° . После этого образец охлаждался на воздухе до комнатной температуры.



Сварочный ток корневого прохода - 55А, и 115А постоянного тока обратной полярности для заполняющих проходов. Притупление кромок - 2 мм. Зазор - 2...3 мм. Толщина образцов - 5 мм. Угол раскрытия - 70° .



Новый каталог ЭСАБ по сварке под флюсом

Fluxes and wires for
Submerged Arc Welding



ЭСАБ выпустил новый каталог по сварке под флюсом объемом 44 страницы. Кроме информации о сварочных материалах, каталог содержит полезную информацию о свойствах различных флюсов и о их влиянии на результаты сварки. Руководство по быстрому выбору позволяет легко определить, какая комбинация флюс/проволока соответствует классификации EN и AWS, а также приведены методики построения и расшифровки этих классификаций. Имеется раздел типов упаковки ЭСАБ для сварочных материалов, включая упаковки типа Big Barrel и Big Bag, предоставляющие пользователям дополнительные удобства транспортировки и хранения сварочных флюсов. В другом разделе каталога описаны новые типы упаковок сварочной проволоки - Eurospool и Marathon Pac™.

В каталоге приведена другая полезная информация, включая описание влияния таких факторов, как полярность сварочного тока, количество сварочной проволоки (одна, две или три), добавка металлического порошка и применение дополнительной присадочной «холодной» проволоки на увеличение производительности и качества сварки. Приведена форма для расчета стоимости сварки.

Новый каталог по сварке под флюсом, вышедший на английском языке, рекомендуется всем специалистам, работающим в области сварки. Каталог можно заказать во всех европейских торговых представительствах ЭСАБ.

Электроды для ремонта в новой упаковке VacPac

Штучные покрытые электроды ЭСАБ для ремонтных работ, выпускаемые нашим заводом в Персторпе, Швеция, будут теперь поставляться только в новой вакуумной упаковке VacPac. Эта упаковка обеспечивает уникальные возможности хранения электродов на складе в нераспечатанной упаковке в течение трех лет, что делает высококачественные электроды ЭСАБ еще более привлекательными.

Электроды в этой упаковке защищены от влияния атмосферы, что предотвращает их старение.

Упаковка VacPac выпускается трех размеров: 1/4, 1/2 и 3/4.

1. Размер «1/4» - самый маленький. В коробке размещается девять упаковок такого размера. Масса электродов в упаковках такого размера - 0,7...1,0 кг. Количество электродов зависит от их диаметра.
2. Упаковка размером «1/2». Количество пачек в коробке - шесть штук.
3. Упаковка размером «3/4» - самая большая. В коробку помещается четыре таких упаковки.

Электроды для ремонтных ра-



бот в полноразмерную (1/1) пластиковую упаковку теперь не пакуются.

Большинство электродов малых размеров таких типов, как электроды на основе никеля, электроды для сварки разнородных сталей и электроды на основе меди, пакуются только в упаковке размером «1/4», что предотвращает поставку большего количества электродов, чем это необходимо.

Штучные электроды для сварки алюминия по-прежнему будут паковаться в упаковки VacPac старого типа и в пластиковые упаковки.

Хранение и транспортировка сварочных материалов

Дефекты сварки и связанные с ними расходы на исправления дефектов и на гарантии могут быть следствием небрежного отноше-

ния или недостаточного знания вопросов хранения и транспортировки сварочных материалов. ЭСАБ опубликовал новое переработанное издание брошюры «Рекомендации по хранению, повторной сушке и транспортировке сварочных материалов ЭСАБ».



В брошюре даются рекомендации по хранению и восстановлению первоначальных качеств штучных электродов и проволоки после их неправильного хранения. Описывается оборудование для хранения и сушки, а также различные виды упаковок, уменьшающие риск поглощения влаги сварочными материалами.

Отдельный раздел брошюры посвящен обращению со сварочными флюсами; даются рекомендации по хранению и транспортировке алюминиевой сварочной проволоки и порошковой проволоки. Брошюру, выпущенную на английском языке, можно заказать в ближайшем к вам представительстве ЭСАБ.



Самая современная установка для резки панелей!

Chantiers de L'Atlantique - самая крупная судостроительная верфь Франции. Она обеспечена заказами до 2004-2005 гг. Судоверфь специализируется на постройке пассажирских судов. Она только что получила заказ на постройку самого большого, когда либо построенного лайнера - Queen Mary 2.

Три года назад верфь задалась целью увеличить производительность панельной линии на 30%. Для выполнения этой задачи

ЭСАБ КАТТИНГ СИСТЕМ спроектировала панельную установку с встроенным шлифовальным устройством. Шлифовальная головка сошлифовывает краску с поверхности (ширина шлифования 50 мм) в местах приварки ребер жесткости со скоростью 15 м/мин. Скорость удаления краски «обычным» пескоструйным методом составляет 3м/мин. Выбранная скорость обработки гарантирует остаточную толщину краски не более 5 мкм.

Установка оборудована одним шлифовальным устройством, двумя дугowymi маркерами и двумя каретками с трехрезаковыми блоками. Установка работает в три смены семь дней в неделю. Производительность увеличилась более чем на 30%!

Сегодня верфь поставила новую задачу - увеличить производительность панельной линии еще на 30%. Эта задача будет решена увеличением скорости резания за счет применения плазменной резки вместо газовой.

Новая установка TXB 25000 будет оборудована шлифовальным устройством, двумя дугowymi маркерами, одной кареткой с тремя резаками и одной кареткой с воздушным плазматроном типа VBA. Для удаления образующихся газов, установка будет оборудована столом с вытяжкой размером 20 м x 20 м новой конструкции. Все оборудование будет собрано в течение трех недель и принято к эксплуатации в августе 2001 г.

ЭСАБ - всегда впереди всех!

Более подробная информация: Arnaud Paque

E-mail: arnaud.paque@esab.fr

Fax: +33(0) 1 30 75 55 20

Продолжающийся успех сварки ESAB Super Stir™

Растет интерес к сварке алюминия методом Friction Stir Welding (FSW) (сварка трением вращающимся инструментом). Несмотря на значительные капиталовложения, опыт эксплуатации систем FSW показывает экономическую выгодность их применения.

Процесс FSW обладает многими преимуществами. По прочности и качеству сварки этот метод сварки опережает другие методы сварки. Процесс FSW не требует предварительной подготовки поверхности мест сварки. Другим преимуществом этого метода является возможность сварки сплавов, которые не могут быть сварены другими методами сварки.

В конце 2000 года отделом ЭСАБ, занимающимся процессом FSW (г. Лаксо, Швеция), подписаны три новых контракта на постав-



ку систем ESAB Super Stir™.

Первый контракт был подписан с фирмой TWI (Великобритания). Оборудование ESAB Super Stir™ будет теперь работать там, где процесс сварки трением вращающимся инструментом был изобретен. Установка имеет порталную конструкцию с площадью сварки 5 x 8 м и двумя головками разного размера.

Второй контракт был заключен с Датской фирмой DanStir ApS. Поставляемые установки также порталного типа, но с площадью сварки 3 x 5 м и одной головкой.

Третий контракт подписан с EADS, Institute de Soundure, Франция. Базовая продольная установка будет оборудована устройством сварки кольцевых швов. Кроме того, головка сконструирована так, что может работать с обычным инструментом, а также с выдвигающимся инструментом и инструментом, использующим бобинную технологию.

Все три установки начнут работу с пробных сварок и лабораторных испытаний.

Ранее ЭСАБ поставило около десяти установок Super Stir™ в различные компании, работающие в области судостроения и авиакосмической техники.

Импульсная дуговая пайка в среде защитных газов ЭСАБ листов с защитным покрытием

Дипл. инженер Хендрик Рохде (Hendrik Rohde), Иохан Катик (Jochen Katic) и дипл. инженер Рольф Пасхолд (Rolf Paschold), «ЭСАБ ГмбХ», Золинген

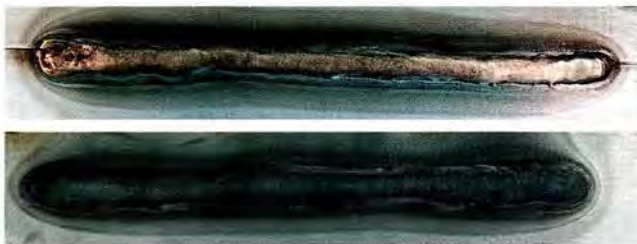
1. Дуговая пайка в среде защитного газа

Пайка - это процесс соединения металлических материалов с помощью плавящегося присадочного (паяльного) материала, температура плавления которого ниже температуры плавления основного металла. Поверхность основного металла смачивается без расплавления.

При дуговой пайке в среде защитного газа (GMA) в качестве присадочного материала часто применяют сплавы меди, температура плавления которых ниже температуры плавления стали соединяемых деталей. При идеальных условиях кромки основного металла не оплавляются. Дуга, горящая в атмосфере защитного газа, служит для расплавления присадочного материала и нагрева основного металла. Этот процесс напоминает пайку. В качестве защитного газа применяют инертные газы, например, аргон. Обычно, однако, применяют смесь аргона с небольшим количеством активного газа, например, кислорода. Такой процесс называют GMA-пайкой, включая в это понятие MIG-пайку и MAG-пайку.

2. Область применения

Листовая сталь и стальной профильный прокат все более часто начинают защищать от коррозии нанесением алюминиевого или цинкового покрытия методом электролиза или горячей гальванизации. Типичная область применения - кузова автомобилей, компоненты вентиляционных систем и систем кондиционирования и охлаждения, огнезащитные двери, крыши и детали фасадов зданий и т.п. Естественно, что многие эти компоненты необходимо соединять с другими деталями.

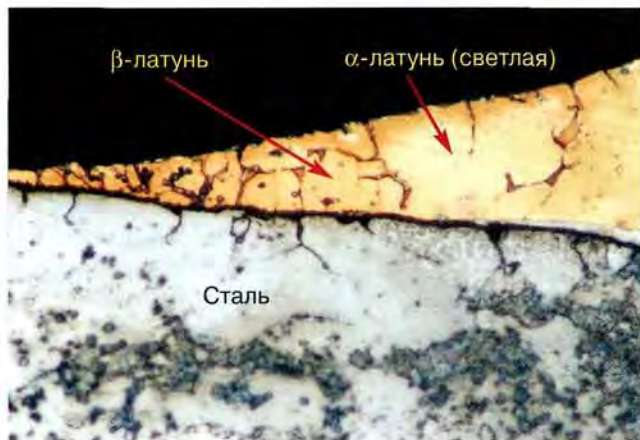


Фиг. 1 Лицевая и задняя сторона GMA - паяного шва панели кузова автомобиля. Цинковое покрытие остается у шва и на его задней стороне.



3. GMA - пайка обеспечивает антикоррозионную защиту

При сварке деталей с гальваническим покрытием испарение цинка вблизи сварного шва образует участок поверхности без защитного покрытия, подверженный коррозии. Для уменьшения пористости при сварке применяют проволоку типа EN 440 - G2Si1, но металл шва при ее использовании также не защищен от коррозии. В этом случае для защиты от коррозии вынуждены применять достаточно дорогостоящий метод повторной гальванизации. В противоположность обычной сварке, GMA-пайка медной проволокой образует шов, не подвергающийся коррозии. Медь хорошо растворяется в цинке. Примером этому являются различные сплавы меди с цинком - латуни. Интервал температуры плавления проволоки OK Autrod 19.30 из сплава CuSi3 приблизительно равен 910...1025°C; температура плавления цинка - 419°C. Во время пайки жидкий цинк остается на поверхности металла и растворяется в металле шва, образуя сплав латуни. Это явление относится к переходному участку между швом и верхним слоем цинкового покрытия. На фиг. 2 представлено увеличенное поперечное сечение шва. В левой части металл шва почти соприкасается с поверхностью основного металла.



Фиг. 2. Переход от медной наплавки к гальванизированному основному металлу. Наплавленный металл и цинковое покрытие, смешиваясь образуют латунь.

Светло-желтым цветом отмечены участки сечения с малым содержанием цинка. Это - α-латунь. Левее слой цинка становится тоньше - большая его часть растворилась в металле шва (более темный цвет). На этом участке образовалась β-латунь. Переход жидкого CuSi сплава через слой расплава, содержащего латунь, к цинку образует слой защитного покрытия. На обратной стороне шва слой защитного цинка остается даже на тонких листах. Процесс импульсной GMA-пайки ЭСАБ делает ненужной антикоррозийную обработку после сварки. Цифровое управление параметрами процесса уменьшает испарение цинка с участков поверхности, примыкающих к шву, и на задней стороне листа.

4. Тепловложение и испарение цинка

Точка кипения чистого цинка равна 907°C. При большей температуре цинк начинает испаряться. Чем больше тепловложение в оцинкованный лист, тем больше цинка испаряется. Испарения цинка препятствуют капельному переносу и отклоняют траектории капель. Точное попадание капель в сварочную ванну становится невозможным, появляются брызги и ухудшается внешний вид шва. Поэтому основным правилом GMA-пайки является строго дозированное тепловложение.

5. GMA- пайка с применением системы ЭСАБ Aristo 2000

Некоторые компании, использующие процесс GMA-пайки, не применяют не импульсную дугу, что дает

преимущества только при сварке в вертикальном положении. Сварка ведется короткой дугой. При недостаточно хорошо регулируемом сварочном источнике короткая дуга между электродной проволокой и основным металлом сопровождается короткими замыканиями, что ведет к образованию брызг. При этом режиме трудно контролировать тепловложение. Кроме того, сварка короткой дугой требует от сварщика (вернее - пайщика) постоянно точно выдерживать расстояние между контактным наконечником и поверхностью основного металла. Малейшее изменение этого расстояния приводит к значительному изменению сварочных параметров и нарушает процесс пайки и ее результат. Проведение сварки становится трудным, и сварщик действительно «держит в своих руках» результат сварки.

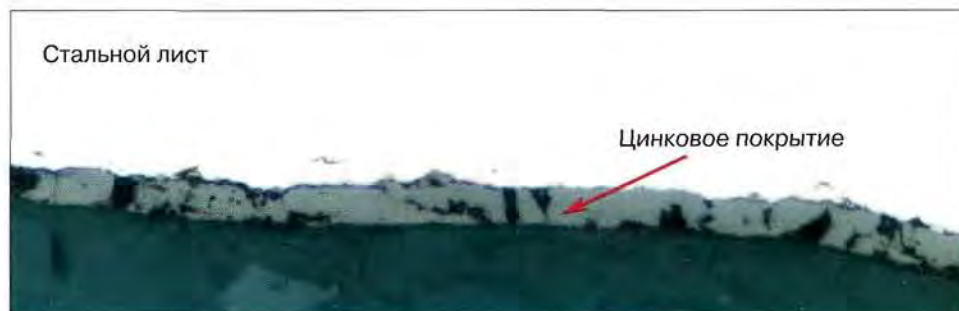
Импульсный GMA-процесс пайки с использованием сварочного источника ЭСАБ Aristo 2000-System предоставляет наилучшие предварительные условия надежного соединения. Как было отмечено ранее, во время процесса пайки пары цинка противодействуют давлению дуги. Для противодействия этому явлению горелку держат углом вперед и, что особенно важно, на очень коротком расстоянии. Это предъявляет очень высокие требования к оборудованию.

Цифровой инверторный выпрямитель Aristo2000 выдает импульсы тока с очень резким нарастанием его величины, позволяя мелким каплям достигать ванны расплава кратчайшим путем во время коротких импульсов тока. Цифровая система управления должна работать исключительно быстро и четко. Таким требованиям полностью удовлетворяет сварочная система ЭСАБ Aristo 2000.

Импульсная GMA пайка предъявляет повышенные требования к плавности подачи проволоки. Недопустимы даже незначительные изменения скорости подачи проволоки. Регулируемая система подачи проволоки ЭСАБ выдерживает требуемую постоянную скорость подачи независимо от воздействия внешних помех.

ЭСАБ Aristo 2000-System позволяет сварщику вести GMA пайку в спокойном режиме, поскольку допуски на величину расстояния между контактным наконечником горелки и поверхностью гораздо более широкие. Тепловложение уменьшено, что позволяет успешно соединять тонкие листы. Таким образом, технология пайки ЭСАБ представляет лучшие возможности управления качеством, антикоррозийной защиты и внешнего вида шва.

Применение цифровой системы Aristo 2000 предоставляет как удобство синергетических режимов установки, так и возможность оптимизации процесса



Фиг. 3. Поперечное сечение GMA - паяного шва панели кузова автомобиля (толщина листа - 0,8 мм). В сечении показана обратная сторона панели. Цинковое покрытие осталось нетронутым.



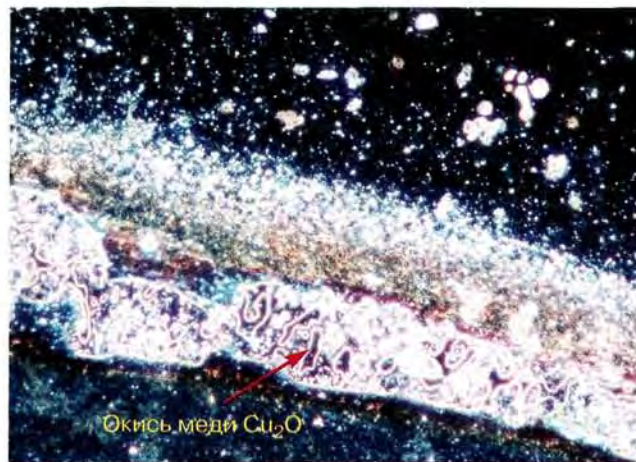
Фиг.4 ЭСАБ Aristo 2000-System - LUD 320

для конкретных условий пайки. Полученные данные могут быть заведены в память PC-карты и при необходимости опять загружены в систему. Поскольку мощность дуги может в определенных пределах регулироваться, пользователь может программировать свои синергетические кривые характеристик без входа в систему. Таким образом, пользователь может комбинировать индивидуальность своих оптимизированных установок с удобством синергетики. Применяя PC-карты памяти, мы также можем подобрать параметры для ваших конкретных условий, оптимизировать их и записать в память. Позже вы легко можете ввести эти данные в источник питания LUD и начать пайку.

Тип проволоки	Cu	Si	Mn	Температура плавления
OK Autrod 19.30	Основа	3.0	1.0	910...1025°C



Фиг. 5 Поперечное сечение соединения ЭСАБ GMA-пайкой кузовных панелей. Толщина листов - 8 мм. Соединения с разной величиной зазора. Латунь глубоко проникает в зазор.



Фиг.6 Темные участки - напайка CuSi3 . Защитный газ - M13. Несколько эвтектических образований содержат только малую часть Cu_2O .

6. Проволоки для GMA-пайки

Для GMA-пайки можно применять несколько типов медных проволок. Обычно применяют ОК Autrod 19.30 3% Si сплава (DIN 1733: SG-CuSi3):

В основном используют проволоку диаметром 1,0 мм. Проволока поставляется в бобинах массой 15 кг. Для механизированной и полностью автоматизированной сварки проволока ОК Autrod 19.30 поставляется в шестигранной 25-килограммовой упаковке ЭСАБ MARATHON PAC™.

Проволока ОК Autrod 19.30 хорошо подходит для GMA-пайки. При использовании системы ЭСАБ Aristo 2000 практически не образуется брызг. Специально проведенные исследования не обнаружили в спаянных образцах пористости или трещин. Не образуется также окалины. На поверхности наблюдается только тонкий слой шлака. Проволока ОК Autrod 19.30 обеспечивает хорошую смачиваемость и заполнение зазора (см. фиг. 5). Следуя закону капиллярности, сплав глубоко проникает в зазор между листами при пайке накладкой. Сравнительно мягкий шов позволяет легко удалять излишки металла шва и придавать ему нужную плоскую форму. При такой обработке шва цинковое покрытие, прилегающее к шву, повреждается гораздо в меньшей степени, чем при твердом металле шва.

7. Защитный газ для GMA-пайки

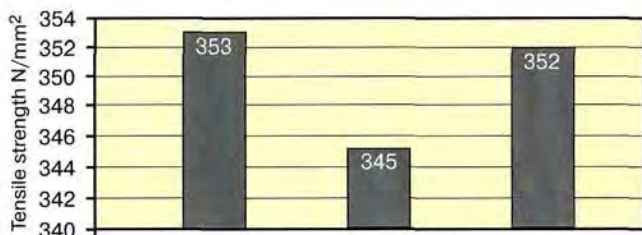
Для GMA-пайки широко применяют в качестве защитного газа чистый аргон. Однако можно применять газы с примесью активного газа, например, M12 по классификации EN 439 с 1...3% CO_2 . Последние исследования, проведенные в ЭСАБ, показали преимущества применения защитного газа M13 по классификации EN 439 ($\text{Ar}+1\%\text{O}_2$). Поверхностное натяжение в ванне расплава уменьшается и, как следствие, значительно улучшаются характеристики смачиваемости и текучести. В то же время улучшается стабильность дуги. На поверхности шва не образуется окалины, и он принимает отличный внешний вид. Однако, применение защитного газа в смеси с активным газом ставит некоторые вопросы. Медь образует

в присутствии растворенного кислорода оксид меди (Cu_2O). Оксид меди осаждается на граничные частицы и может образовать во время охлаждения хрупкую микроструктуру. Для предотвращения этого явления необходимо пользоваться только хорошо раскисленной медью. Более глубокие исследования, проведенные ЭСАБ с целью определения целесообразности применения защитных газов с добавкой активных газов, показали, что только исключительно малое количество оксида меди может обнаруживаться в металле шва и что оксид меди присутствует в малочисленных зонах. Присутствующий в ОК Autrod 19.30 кремний имеет раскисляющую способность и снижает содержание оксида меди (Cu_2O) до очень низкого уровня.

Присутствие незначительного количества Cu_2O в ограниченных участках и практическое отсутствие граничных структур не вызывают эффекта охрупчивания. Следовательно, препятствий для применения защитного газа с малым количеством активного газа нет. Это подтверждается также прочностными исследованиями.

8. Прочность паяных соединений

Листы кузовных панелей с гальваническим защитным покрытием толщиной 0,8 мм были соединены нахлесточным швом импульсной GMA-пайкой. Применялась проволока ОК Autrod 19.30 диаметром 1,0 мм, защитный газ - M13 с 1% O_2 и ЭСАБ Aristo 2000-System.



Было вырезано десять образцов для испытания на прочность при растяжении.

Во всех случаях разрыв проходит не по шву, а по основному металлу! Поэтому соединения ЭСАБ GMA-пайкой полностью выполняют все требования, предъявляемые к соединению.

9. Рекомендации к практическому применению

Установить оптимальные параметры GMA-пайки труднее, чем для MIG/MAG сварки. Большую роль, в частности, играют толщина и положение защитного цинкового покрытия. Для достижения наилучших результатов обязательно индивидуально подбирать все импульсные параметры.

Положение горелки

При GMA-пайке положение сварочной горелки имеет большее влияние на формирование шва и на тепловложение в основной металл с гальваническим покрытием, чем при сварке MIG/MAG. Основной

металл получает меньшее тепловложение при сварке углом вперед. При этом испаряется меньшее количество цинка и, следовательно, наблюдается меньшее влияние на капельный перенос. При сварке углом вперед напаянный шов получается более плоским и широким, с меньшим выделением брызг. В самом начале сварки наблюдается большее брызгообразование из-за интенсивного испарения цинка перед горелкой. Однако далее процесс стабилизируется, и дуга надежно плавит электрод.

Ванна расплава

GMA-пайку можно выполнять так, что ванна расплава движется немного впереди горелки. Такое положение несколько странно для сварки MIG/MAG, при которой такое положение ванны расплава может вызвать неполное проплавление. Однако, глубокое проплавление как раз и нежелательно при GMA пайке. Необходима только хорошая смачиваемость.

10. Заключение

ЭСАБ провел все необходимые исследования для успешного проведения GMA-пайки. ЭСАБ Aristo 2000-System обеспечивает цифровое управление сварочным источником и механизмом подачи, что полностью удовлетворяет высоким требованиям импульсного процесса GMA-пайки и обеспечивает высокое качество соединений. Спаянные с использованием проволоки ОК Autrod 19.30 соединения демонстрируют надежное качество и отличные механические свойства.

Об авторах

Хендрик Рохде (Hendrik Rohde) окончил 1991 году Технический Университет в Магдебурге по специальности инженер механик-сварщик и поступил в этом же году в немецкое отделение ЭСАБ. В 1995 году он становится Европейским инженером по сварке. В настоящее время он - руководитель отдела сварки GMAW и также специализируется в модернизации оборудования.

Иохан Катик (Jochen Katie) - специалист по сварке. Работает сварщиком-демонстратором процессов механизированной сварки. Он поступил в ЭСАБ в 1990 году. Он часто привлекается к исследовательским и испытательным работам по автоматизированной и роботизированной сварке на предприятиях заказчика.

Рольф Пасчолд (Rolf Paschold) - руководитель отдела в «ЭСАБ ГмбХ», Золинген (Германия). Закончил обучение по специальности инженер механик-сварщик в 1990 году. Поступил в ЭСАБ в 1991 году и стал руководителем отдела продаж сварочных материалов. Он часто участвует в совместных с заказчиком проектах разработки технологических процессов.

Применение рутиловой порошковой проволоки для сварки крановых металлоконструкций из высокопрочной стали

Бен Альтемюль (Ben Altemuhl), ЭСАБ Б.В., Голландия

Крановые металлоконструкции все шире изготавливаются из высокопрочной стали для уменьшения массы и увеличения грузоподъемности кранов. Одновременно все большее применение находит сварка порошковыми проволоками. Это объясняется высокими требованиями к качеству кранов с точки зрения безопасности их работы, а также большей производительностью сварки порошковыми проволоками.

На мировом рынке сварочных расходных материалов для сварки высокопрочных сталей выбор порошковых проволок ограничивается в основном металлонаполненными и основными проволоками. Недавно, однако, ЭСАБ представил два типа рутиловых проволок с минимальным пределом текучести 620...700 МПа. Марки этих проволок - ОК Tubrod 15.07 и ОК Tubrod 15.09.

Эти проволоки характеризуются высокой сварочной производительностью, хорошими механическими характеристиками, очень малым содержанием водорода в наплавленном металле и, кроме того, они обладают отличной свариваемостью.

ЭСАБ разработал эти проволоки по просьбе нескольких европейских производителей кранов. Среди них - Голландская компания Huisman-Itrec. Они испытали проволоку ОК Tubrod 15.09 для сварки стали Weldox 700 и накопили опыт использования этой проволоки в целом ряде производств.

ОК Tubrod 15.07 все еще проходит стадию испытаний. В настоящее время она испытывается на механизированной сварке трубопровода из стали X80.

В этой статье описываются новые рутиловые порошковые проволоки для сварки высокопрочных сталей, а также опыт применения ОК Tubrod 15.09 на предприятии Huisman-Itrec.

Huisman-Itrec.

Предприятие Huisman-Itrec B.V. (Роттердам) образовалось в 1981 году путем объединения кранового завода Huisman и инженерной компании Itrec. Основной продукцией этой компании являются краны и другое грузоподъемное оборудование для платформ, работающих на шельфе, для причалов, гражданского строительства и судовых верфей. Компания имеет большое конструкторское



бюро, выполняющее заказы различных отраслей промышленности. Huisman-Itrec специализируется на проектировании и разработке нестандартных систем. Например, краны для глубоководных работ и компенсационные системы передвижения судов. Другая продукция компании - плавучие козловые краны, самоходные тяжелые транспортеры, оборудование для укладки трубопроводов, буровое оборудование и даже аттракционы. Вышеперечисленное оборудование поставляется во все уголки мира.

Компания изготавливает оборудование в соответствии с требованиями ведущих сертификационных организаций (например, Ллойд) и обеспечивает высокое качество продукции. Перед поставкой изготовленное оборудование испытывается либо на месте установки, либо на испытательной площадке компании.

AWS A5.29-98	EN 12535-00	Сертификация	
ОК Tubrod 15.07	E101T1-K7M H4	T 62 4 Mn2Ni P M 2 H5	-
ОК Tubrod 15.09	E111T1-GM H4	T 69 4 Z P M 2 H5	ABS*, LR*

Таблица 1. AWS и EN классификация и сертификация.

* - ограниченная сертификация.



Фиг. 1. Сварка в положении «вертикально вверх» крановой балки из стали Weldox 700.



Фиг. 2. Сварка в положении «вертикально вверх» крановой балки из стали Weldox700.

OK Tubrod 15.07 и OK Tubrod 15.09

Оба типа проволок - рутиловые порошковые проволоки для всех сварочных положений, классифицированные AWS и EN (см. таблицу 1). Механические характеристики проволоки позволяют сваривать высокопрочные стали с пределом текучести 620 и 700 МПа с хорошей ударной вязкостью CVN при -40°C . В таблице 2 приведен химический состав и механические свойства наплавленного металла.

Проволоки разработаны для сварки во всех пространственных положениях в среде защитного газа 80% $\text{Ar}/20\%\text{CO}_2$ (по классификации EN 439, класс M21). Не рекомендовано проводить сварку в положении «вертикально вниз» из-за большого риска образования трещин в первых тонких проходах при особо жестких требованиях к сварке.

Новые порошковые проволоки - шовные со стыковым швом, с коэффициентом наполнения приблизительно 18%. Быстротвердеющий шлак помогает удерживать ванну расплава при позиционной сварке. При всех величинах сварочного тока осуществляется струйный перенос металла, что гарантирует отличную свариваемость. Другим достоинством новых проволок является то, что при сварке в различных положениях одним и тем же диаметром, проволоки допускают сварку при одних и тех же сварочных параметрах.

Проволоки обеспечивают большую по сравнению со сплошными проволоками или с основными порошковыми проволоками производительность при сварке горизонтальных, вертикальных и потолочных швов. При сварке в положении «вертикально вверх», например, коэффициент наплавки может достигать 3 кг/час.

Содержание водорода в наплавленном металле соответствует классу H5 EN785 во всех режимах сварки и при величине вылета, допустимом для рутиловых проволок, что является большим достоинством новых проволок.

Это особенно важно для сварки высокопрочных сталей.

Обычно наплавленный металл имеет больший углеродный эквивалент, чем высокопрочный основной металл, и поэтому подвергается позднее аустенитно-ферритному переходу. По этой причине водород, содержащийся в наплавленном металле, не в состоянии диффундировать в зону термического влияния и остается в наплавленном металле. К тому же, для получения достаточно высоких прочностных характеристик наплавленного металла, необходимо лимитировать тепловложение. Все это приводит к образованию трещин, вызываемых присутствием водорода. Поэтому малое содержание водорода в наплавленном металле является основным условием получения качественного шва без трещин.

Это отражено в рекомендациях по предварительному подогреву стали Weldox 700, характерных для электродов класса H5 (см. таблицу 3).

Проволоки не рекомендуется применять для сварки конструкций, подвергаемых термообработке для снятия напряжений, что может привести к частичной потере вязкостных характеристик. В этих случаях целесообразно применять основные порошковые проволоки.

Опыт сварки крановых металлоконструкций проволокой OK Tubrod 15.09

Применение порошковой проволоки OK Tubrod 15.09 в компании Huisman-Itrec явилось продолжением общей тенденции последних лет - перехода от применения сплошной проволоки к применению порошковой проволоки. Это вызвано стремлением сварочного отдела компании увеличить производительность сварочных работ. Другим преимуществом применения порошковых проволок (особенно рутиловых) является то, что временные сварщики быстро приобретают необходимые навыки, особенно необходимые для гибкости выполнения различных заказов.

В настоящее время более 85% сварочных работ выполняется металлонаполненными или рутиловыми порошковыми проволоками, существенно увеличившими производительность. Это касается, в первую очередь, ручной сварки. Сварочный отдел, однако, старается как

Таблица 2.
Химический состав и механические свойства наплавленного металла.

	%C	%Si	%Mn	%Ni	%Mo	%P	%S
OK 15.07	0,04-0,07	0,30-0,50	1,45-1,75	2,30-2,70	—	<0,020	<0,020
OK 15.09	0,04-0,09	0,30-0,50	0,95-1,35	2,50-3,10	0,25-0,35	<0,015	<0,015
	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Удлинение, %	Ударная вязкость, ISO-V, при -40°C , Дж			
OK Tubrod 15.07	>620	700-830	>18	>47 (>27 при -50°C)			
OK Tubrod 15.09	>690	770-900	>16	>41			

Суммарная толщина, мм t1+t2+t3=	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
WELDOX 700								75 °C		100 °C		150 °C	

Таблица 3. Предварительный подогрев, рекомендуемый для стали Weldom 700, основанный на максимальном тепловложении 1,7 кДж/мм для наплавленного металла с низким содержанием водорода (EN785 класс H5).

Правильное тепловложение 1.2-1.4КJ/mm/Тр 80°C/Тi 170°C

Прочность на растяжение	Rm (MPa)		Re (MPa)		A (%)		
	848		825		15.6		
CVN при -40°C (Av.3)	WF	FL	FL+2mm	FL+5mm	WR	FR	FR+2mm
	54	54	161	161	33	39	122
Твердость HV10 (Av.3)	Weldom 700		WBZ		Las		
Корень	273		434		297		
Центральные слои	276		343		259		
Испытание на изгиб ОК	Magnaflux		Ultrasonic				
	нет следов		нет следов				

Большое тепловложение 1.7-2.0 KJ/mm/Тр 80°C/Тi 190°C

Прочность на растяжение	Rm (MPa)		Re (MPa)		A (%)		
			841		780 15		
CVN при -40°C (Av.3)	WF	FL	FL+2mm	FL+5mm	WR	FR	FR+2mm
	54	102	168	123	31	30	135
Твердость HV10 (Av.3)	Weldom 700		WBZ		Las		
Корень	266		397		290		
Центральные слои	266		343		289		
Испытание на изгиб ОК	Magnaflux		Ultrasonic				
	нет следов		нет следов				

Таблица 4. Механические характеристики наплавленного металла при правильном тепловложении и при слишком большом тепловложении. Стыковая сварка с подготовкой кромок. Толщина 30 мм. Суммарная толщина 60 мм, Weldom 700. Нагрев №36663/позиция PF WF=поверхность шва FL=линия сплавления WR= корень шва FR=линия сплавления корня



Фиг.3. Элемент крановой колоны.



Фиг.4. Сварка «вертикально вверх» крановой колоны.

можно шире внедрить механизированную сварку. Все сварщики сертифицированы до класса H -L045(6G).

Huisman-Itrec все шире применяет высокопрочную сталь Weldom 700 для металлоконструкций грузоподъемного оборудования. Сварные элементы металлоконструкций кранов, такие как крановые балки, мачты, колонны имеют слишком большие размеры, чтобы их можно было кантовать для удобства сварки. Избежать сварки в разных положениях невозможно. До последнего времени металлоконструкции из стали Weldom 700 сваривались частично ручной дуговой сваркой штучными электродами и сплошной проволокой. Именно на сварке этих элементов компания хотела на 100% перейти на сварку порошковой проволокой. Вот почему она обратилась в ЭСАБ с просьбой разработать такую проволоку. ЭСАБ откликнулась на эту просьбу, поскольку такая проблема назревала и на других предприятиях мира.

После разработки проволоки Huisman-Itrec начала первые пробные сварки стали Weldom 700. Сначала сваривались встык с разделкой кромок толстые листы в позиции «вертикально вверх» без предварительного нагрева и без контроля за температурой между проходами. Образцы сварных соединений, вырезанные вдоль и поперек шва, испытывались на растяжение. Предел прочности на растяжение образцов, вырезанных поперек шва, оказался

Таблица 5

	Rm, МПа	Re, МПа	A5 %	CVN -40°C,
Weldom 700	780-930	>700	>14	>27
Плавка №. 366631	826	759	15	158(Av.3)

равным 769Мпа. Причем разрыв имел место по основному металлу. Для продольных образцов предел текучести оказался слишком малым - 668Мпа, предел прочности - 754Мпа - удовлетворительным.

Ударная вязкость CVN (Av.3) была 53Дж при -40°C для шва и 42Дж - для корня (сварка на керамических подкладках). Результат на боковой изгиб - хороший. Ультразвуковая и магнитнопорошковая дефектоскопия показали отсутствие дефектов сварки и, что более важно, - отсутствие трещин.

Параметры процесса сварки

На основании полученных результатов сварочный отдел Huisman-Itrec решил продолжить исследования для получения параметров процесса сварки стали Weldox 700.

Дополнительно компания хотела получить сертификат Ллойда с требованием ударной вязкости (CVN) - 27 Дж при -40°C, заявку на который подала ЭСАБ.

В таблице 3 даны рекомендации для предварительного подогрева стали Weldox 700, основанные на содержании водорода в наплавленном металле - макс. 5млг /100гр и тепловложении 1,7 КДж/мм. Для выявления влияния величины тепловложения на механические характеристики образцы листов (800х20х30мм) были сварены с нормальным тепловложением (1,2...1,4 КДж/мм) и с большим тепловложением (1,7...2,0 КДж/мм). В таблице 4 приведены результаты этих испытаний.

Требования к прочности и максимальной твердости стали (425 HV10) Weldox 700 были удовлетворены (см.табл. 5). То же самое касается ударной вязкости (CVN) шва, даже для корня.


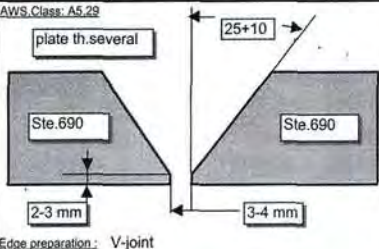
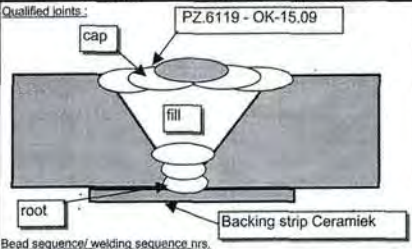
На основе полученных результатов Huisman-Itrec получила локальный сертификат для ОК Tubrod 15.09, действительный для конкретного изделия и одной его партии. На фиг. 5 показана «технологическая карта сварки» (WPS - welding procedure specification) для вертикальных швов, которую разработала компания Huisman-Itrec.

На последней стадии испытаний ЭСАБ получал генеральный сертификат Ллойда (с некоторыми ограничениями) на ОК Tubrod 15.09. Для этого класса сварочных материалов - требования Ллойда по ударной вязкости CVN - 69 Дж при -40°C. Ограничения касаются выполнения сварки с требованием по ударной вязкости CVN - 42 Дж при -40°C или ниже, что вполне достаточно для большинства областей применения.

Опыт применения

Huisman-Itrec применяет проволоку ОК Tubrod 15.09 для сварки вертикальных швов (PF). Для сварки в нижнем положении компания продолжает использовать металлонаполненную порошковую проволоку. После сварки небольших конструкций компания начала использовать проволоку ОК Tubrod 15.09 для сварки больших конструкций - строительство серии кранов для компании Мамут Б.В. (Mammoet B.V.). На фиг. 1-4 показаны примеры сварки этой проволокой.

Проволока успешно применялась для сварки «верти-

 Huisman Huisman Special Lifting Equipment Admiraal Trompstr. 2 Harbour nr. 561 3115 HH Schiedam Tel. 010-2452273		WPS : 9720-17 Rev.nr 1 Prep.by R.Croon PQR.nr: 128	
Welding Procedure Specification			
Project :	360 mt H.L.M.C (Q4000)	NDT procedure UT-MME / AIB	VALIDITY RANGE
Subject:	for all subjects	NDT procedure MT-MME / AIB	AWS.D.1.1.98
Specification:	AWS.D.1.1. (welding)	NDT - AWS.D.1.1.98	
Huisman order:	A9720	Base Materials	Plate Thickness
Customer	Caldive INT.INC	Base.mat 1 Ste.690 (Weldox 700)	T1 20 mm
Sub.order nr	na	Base.mat 2 Ste.690 (Weldox 700)	T2 20 mm
Tackweld	Proces Control	Weld Process	Preheat Details
Tackweld proc.	SMAW / FCAW	1 FCAW 3G-PF-UP	Preheat temp. 50°C
Preheat tackw.	T=50°C	2	Max.interpass 200°C
Tackweld cont.	tempeststicks / crayons		Method. Propane / burners
			Control Tempelsticks / digital temp.
AWS Class: A5.28  Edge preparation: V-joint		Qualified joints:  Bead sequence / welding sequence nrs.	
Remarks: ALL CONSUMABLES ARE LOW HYDROGEN CONTROLLED < 5 ml/100 gr Before welding over previously metal, all slag be removed and the weld and adjacent base metal shall be brushed			
weld	weld	filler	aws
nr	proces	metal	code
root	FCAW	6119 - 15.09	E.111. T1
fill	FCAW	6119 - 15.09	E.111. T1
cap	FCAW	6119 - 15.09	E.111. T1
Consumable from ESAB			
size	gas	DC	Ampere
mm	flux	AC	min max
1.20	80/20	DC+	140 - 220
1.20	80/20	DC+	140 - 220
1.20	80/20	DC+	140 - 220
Vol	H.I.	kj/mm	Gas
min max	min max	min max	L/min
22 - 26	0.9 - 1.4	15-20	20 - 25
22 - 26	0.9 - 1.4	15-20	20 - 25
22 - 26	0.9 - 1.4	15-20	20 - 25
Treatment of root: Grinding or backgouging and grinding (rootgap > 3mm for F.P welds only) Prepared weldedges: Flame cutting and grinding			
Inspection: %	Prep. weld joint	Gouging with air	Gas Composition
Visual 100	Groove: V-joint	Size 8-10 mm	80/20
MPI 100	Edges prep: Cutting	Amp 500-550	80%Argon 20%Co2
UT 400	Backing mat: No	Depth 05-10 mm	M21
Welders Qualif.	Customer:	Authority:	
LRS AWS	name:	date:	name:
EN.287			
DNV			

29/08/2000

Document QC-019

Prep.by RCR

кально вверх» крановых балок, элементов опор и других крановых металлоконструкций. Сварщики очень довольны новой проволокой. Даже сварщики-новички осваивали сварку новой проволокой в отведенное для обучения время. Необходимое условие сварки стали Weldox 700 - низкое тепловложение, обеспечивающее достаточную прочность и вязкость, - легко выполнимо, даже при сварке вертикальных швов. При сварке сплошной проволокой, основной или металлонаполненной порошковой проволокой выполнить это условие труднее, поскольку сварка вышеуказанными проволоками производится в режиме, близком к режиму короткой дуги. Успех применения новой сварочной проволоки был закреплен 100% качеством сварки, подтвержденным ультразвуковой и магнитнопорошковой дефектоскопией. Уровень дефектов был ниже 0,5%.

Об авторе

Бен Альтемюль (Ben Altemuhl), бакалавр наук, инженер-сварщик, поступил на работу в ЭСАБ в 1991 году в качестве инженера отдела продаж сварочных материалов Filarc, Голландия. С 1999 года он отвечает за продажу порошковых проволок ЭСАБ в Европейском регионе.



Новая сварочная проволока ЭСАБ EcoMig, принята компанией Фай Коматцу Индустриз (Fai Komatsu Industries) для сварки землеройного оборудования.

Ферруччио Мариани (Ferruccio Mariani), ЭСАБ, Италия

Высокая производительность, надежное обеспечение качества и требований экологии явились основными причинами выбора проволоки ЭСАБ OK Autrod 12.50 Eco Mig. В компании Фай Коматцу Индустриз (ФКИ) хорошо разработанный сварочный процесс применяется для сварки специализированной продукции, отвечающей требованию рынка индустриально развитых стран.

Роботизированные комплексы с полностью автоматизированной системой загрузки-разгрузки, использующие последние достижения технологии высокопроизводительной сварки, полностью отвечают требованиям экологии.

Так же, как для двигателей гоночных автомобилей формулы 1 подбирают топливо, обеспечивающее наибольшую их мощность, ФКИ подбирает сварочные материалы, отвечающие растущим требованиям современного сварочного оборудования и процесса, и обеспечивающие максимальную производительность и качество.

Проволока ЭСАБ OK Autrod 12.50 Eco Mig, пакуемая в восьмиугольные упаковки типа Marathon Pac, не только полностью оправдала надежды компании, но и показала дополнительные преимущества, которые будут приведены в этой статье.

ФКИ

ФКИ С.п.А (FKI S.p.A) (Падуя, Италия) является одним из четырех производственных предприятий Komatsu Group в Европе.

Компания была основана в 1963 году под именем Завод Индустриального Оборудования - ЗИО (Fabbricf Attrezzature Industriali - FAI).

Вначале предприятие специализировалось на выпуске навесного строительного оборудования для тракторов, обеспечивая универсальность их применения. Появились универсальные машины, представляющие собой трактор с навесным оборудованием погрузчика и экскаватора. С развитием строительной промышленности эти трактора с навесным строительным оборудованием становятся самостоятельными строительными машинами для разработки и погрузки грунта.



Позже предприятие освоило выпуск другой продукции и успешно выпускала ее до того момента, когда 12 лет назад она начала сотрудничать с Японской фирмой Коматсу, образовав с ней совместное предприятие по производству мини-экскаваторов - нового для Европы вида строительных машин. Связи с Коматцу развивались и привели четыре года назад к рождению ФКИ (Фай Коматцу Индустри) 100% которого принадлежат Коматцу. На ФКИ работают в настоящее время 900 человек.

Клаудио Галлана (Claudio Gallana), руководитель производства, рассказывает: *«Годовой оборот в 1999 году составил 269 млн. американских долларов. В 2000 году этот оборот составил 325 млн. долларов. За три последних года мы удвоили наш годовой оборот. Это произошло благодаря взаимовыгодному сотрудничеству с группой Коматцу по освоению изделий, отвечающих последним тенденциям рынка»*

ФКИ специализируется на выпуске экскаваторов, серии прочных экскаваторов-погрузчиков, продажа которых (особенно в США) растет, экскаваторов-погруз-

чиков с шарнирно-сочлененным управлением, малых погрузчиков и экскаваторов средних размеров.

Специализируясь на выпуске вышеперечисленных машин, ФКИ занимает твердое положение в группе Коматцу по продаже своего оборудования в Европе.

Небольшие строительные машины широко применяются для ремонтных вспомогательных работ в промышленных странах, где основная инфраструктура - дороги, мосты, путепроводы и другие сооружения уже построены. Для строительства в городах и исторических центрах новых жилых домов и проведения ремонтных работ требуется как раз такая техника, учитывая к тому же достаточно высокую стоимость рабочей силы.

Мы попросили рассказать г-на Галлану подробнее о положении на мировом рынке.

«Справедливости ради надо сказать, что на мировом рынке Коматцу и Катерпиллер всегда являлись постоянными конкурентами. Есть и другие производители, но они несравнимы по масштабам с указанными фирмами. Что



касается нашей компании, то мы удерживаем хорошие позиции на итальянском рынке: доля некоторых наших изделий 30...40%. Это относится к мини-экскаваторам. Мы имеем неплохие результаты и на рынке США.

Одна из наших трудностей - найти опытных работников. Вот пример: довольно легко найти молодого специалиста, если предложить ему работать оператором сварочного робота, но найти опытного сварщика довольно трудно. Вот почему мы стремимся развивать роботизированную сварку, обеспечивающую высокую производительность и низкую себестоимость, учитывая развитие современной технологии сварки».

Важность сварки

На предприятии пять основных видов продукции производятся на трех сборочных линиях. На некоторых линиях производство смешанное. Большинство сварных элементов изготавливаются на самом предприятии. Это, в первую очередь, относится к рамам машин. Некоторые детали и узлы поставляются внешними субподрядчиками.

Производственный цикл на предприятии такой: детали собираются сначала в узлы. Для этих узлов на предприятии имеется специальное оборудование, совместной итапо-японской разработки. Подлежащие сварке узлы направляются на сварочные роботизированные участки. 80...90% всех сварочных работ производятся роботами. Некоторые виды сварки по-прежнему выполняются вручную. Этому имеется несколько причин, одной из которых является трудность доступа к местам сварки. На завершающей стадии сборки достаточно большой процент сварочных работ также выполняется вручную.

На сварочных операциях занято непосредственно или косвенно примерно 10...15% производственных рабочих. Что касается продолжительности сварочных работ в общем времени, затрачиваемом на изготовление изделия, то оно различно для различных типов изделий. Для некоторых изделий все сварочные операции выполняются внутри предприятия. Для таких изделий продолжительность сварочных операций составляет 30...35% от общего времени изготовления изделия. Для других изделий только основные компоненты свариваются на предприятии; другие поступают в готовом виде от субподрядчиков. Таким образом, в среднем примерно 60% металлоконструкций свариваются на предприятии.

Все, кто часто бывает в сварочных цехах различных машиностроительных предприятий, не увидят типичную «атмосферу» сварочного цеха на нашем предприятии: вспышки электрической дуги, шум и типичный запах сварочных дымов, нагромождение сваренных деталей и заготовок и т.п. Они будут приятно удивлены, увидев сварочный цех ФКИ. Вам покажется, что вы вошли в большой собор. Этому способствует большой объем цеха, чистота, отсутствие шума и вспышек сварки. Вы увидите два ряда кубических конструкций, ширина каждой - 10 м. К этим конструкциям подходят рельсовые пути. Это - сварочные участки (камеры). Внутри этих участков сварочные роботы и позиционеры. Каждый участок оборудован эффективной системой вентиляции с электростатическими фильтрами, улавливающими самые мельчайшие частицы пыли и дымов, выделяемых при сварке. Электрическая дуга, радиация, тепловыделения, дымы и шум остаются внутри камер. Линия сварочных роботизированных камер (их пока шесть, в следующем году будет восемь) имеет протяженность 93 метра. Они

объединены сетью погрузочно-разгрузочных устройств, работающих в автоматическом режиме.

Каждый сварочный робот запрограммирован так, что может распознать поступивший на сварку элемент. Другими словами, изделие, стоящее в списке на сборку первым, поступает на первый сварочный участок, выполнивший свою сварочную программу. Это обеспечивает максимальную гибкость производственного цикла, обеспечивая высокую производительность за счет сокращения времени на подготовку сварочных операций различных компонентов. Сварочный процесс - высокоскоростной процесс Т.И.М.Е., обеспечивающий высокопроизводительную сварку. Процесс предъявляет высокие требования к сварочной проволоке: сварочный ток - более 400А (диаметр применяемой проволоки на всех сварочных участках - 1,2 мм), скорость сварки - более 20 м/мин, проволока поступает к сварочной головке 3-х координатного (прямоугольные координаты) робота по системе проволокопроводов длиной 20 м. К этому следует добавить, что после длительного путешествия проволока должна быть совершенно прямой при длинном вылете!

Г-н Галлана подчеркивает: «Сварочная проволока должна быть высокого качества и надежности. Роботизированная сварка выдвигает ряд проблем, связанных как с планированием производства, так и с обеспечением постоянства качества проволоки и защитного газа, особенно в нашем сложном производстве. Первое и самое главное требование нашего производства - согласованность. Другое требование - обслуживание, включающее постоянный поиск улучшения производства и решение специфических проблем. Необходимо иметь возможность проводить новые испытания и быстро находить правильные решения. Я считаю, что ЭСАБ справляется с этими задачами».

От OK Autrod 12.51 Marathon

к OK Autrod 12.50 EcoMig

в восьмиугольной упаковке Marathon Pac

Мы обратились к г-ну Гиампаоло Беллуччо, ответственному за поставку предприятию материалов. «С тех пор, как мы ввели роботизированную сварку, мы стали использовать большие упаковки сварочной проволоки. Сначала мы пробовали использовать 90 кг бобины, но действенным решением проблемы стало поставка ЭСАБ проволоки OK Autrod 12.51 в упаковке Marathon. После первых поставок мы убедились, что продукция ЭСАБ отличного качества и опережает других конкурентов. Мы применяли эту проволоку несколько лет, постепенно улучшая наше производство. Однако нельзя останавливаться на достигнутом. В последнее время мы провели широкомасштабные исследования продукции многих фирм. ЭСАБ опять оказался победителем со своей экологически чистой проволокой OK Autrod 12.50 Eco MIG, которую мы полностью одобрили. Продукция других конкурирующих фирм провалилась, так как результаты не совпали с обещаниями».

К нашей беседе присоединяется руководитель сварочного цеха: «С тех пор, как я начал использовать новую сварочную проволоку, у меня стало гораздо меньше проблем. У нас работает очень сложное оборудование. Проволока должна быть очень надежна и не создавать проблем. Программа производства очень сложная и не прощает ошибок, связанных со сварочной проволокой. Непрерывная плавная подача проволоки с постоянной скоростью - основа работы роботов. В настоящее время у нас работают шесть сварочных роботов, связанных одной производственной программой.

Мы свариваем 35...37 изделий в день. На каждое тратится около двух часов на процесс сварки. Любой сбой, связанный с проволокой, может дорого обойтись производству. По сравнению с различными испытанными проволоками ОК Autrod 12.50 Eco MIG имеет явные преимущества. Каждая ошибка стоит денег. Обнаружение брака в одной упаковке проволоки приводит к часовому простою (включая смену и наладку). Надежная проволока дает большую экономию!»

Г-н Беллуччо добавляет: «Мы не можем пока количественно оценить качество, но мы заметили ряд дополнительных достоинств новой проволоки: меньшие затраты времени на чистку сварочной головки и проволокопроводов, меньшее разбрызгивание, больший срок службы контактных наконечников. Иными словами, износ всех элементов сварочной системы стал меньше, что сокращает время обслуживания роботов. Я бы хотел добавить еще несколько слов о проблеме удаления сварочных дымов»

Здесь мы бы хотели сделать некоторое отступление.

Вопросы охраны окружающей среды

Комплекс ФКИ располагается в г. Есте (Este), у подножья Еганси Хиллс (Eugansy Hills). Эта местность стала богатой и знаменитой благодаря термальным источникам и озерам, создающим отличные условия для отдыха и лечения. Примечательно, что предприятие ФКИ стало первым машиностроительным предприятием в Италии, подавшим документы на получение сертификата стандарта ИСО 14.000 по охране окружающей среды. Вскоре компания получит этот сертификат.

«ИСО 14.000, - объясняет г-н Беллуччо - является стандартом, регулирующим всестороннее влияние на окружающую среду. Нам предстоит сделать гораздо больше того, что мы сделали год назад для получения сертификата качества ИСО 9000. Как утилизировать отходы, как контролировать загрязнение, методы обращения с продукцией, условия работы персонала и т.п. - выполнение всех этих требований является для нас сложной задачей.

Многие годы мы создавали и развивали нашу систему защиты окружающей среды. Теперь надо сделать следующий шаг. Защита окружающей среды - наше общее дело. Я имею в виду «наше» в более широком смысле слова. Защита окружающей среды - это мировая проблема. Мы, на предприятии, положительно относимся к решению этой проблемы. Кроме того, надо помнить, что комфортные условия труда также повышают и производительность.

Хорошим примером является внедрение на сварочном производстве проволоки ЭСАБ ОК Autrod 12.50 Eco MIG. Сварщики сразу заметили снижение уровня сварочных дымов. Этот факт помог нам снизить частоту очистки фильтров системы удаления дымов. Сварочные роботы установлены в камерах, а операторы находятся вне камер и не контактируют непосредственно со сварочными дымами и газами. Что же касается сварщиков (а у нас их 30 человек), проводящих полуавтоматическую сварку на открытых площадках, то они непосредственно сталкиваются с дымами и газами, несмотря на локальные системы отсосов газов.

Ранее, для того чтобы увеличить рабочий цикл, мы пытались перейти с 15-ти килограммовых бобин на большие упаковки, например, Marathon для проволоки ОК Autrod 12.51, что приносило экономию в частоте замены бобин. Конечно, все знают, что сварщики приветствуют более частые остановки, дающие им небольшой перерыв в работе. Когда мы перешли на проволоку ЭСАБ ОК Autrod 12.50 Eco MIG в восьмиугольной упаковке Marathon Pac, мы бы-

ли приятно удивлены благоприятной реакцией сварщиков. Они даже утвердили ее применение через своих представителей профсоюза. Теперь - это единственный вид проволоки, с которым они хотят иметь дело. Это случай, когда нововведение, направленное на повышение производительности предприятия, положительно сказалось на условиях их труда. Главная причина - резкое уменьшение сварочных дымов. Такой экологически чистый продукт, как новая проволока, не только облегчает труд, но и обеспечивает выполнение жестких требований ИСО 14000.

Кстати, и новая упаковка проволоки Marathon Pac имеет свои плюсы: после израсходования проволоки она легко складывается и занимает в таком виде очень мало места, что облегчает ее утилизацию.»

Роль ЭСАБ

Мы попросили г-на Беллуччо сформулировать свое окончательное мнение об ЭСАБ.

«Что касается непосредственно продукции ЭСАБ, то я достаточно полно высказал свое мнение. Что касается сотрудничества с ЭСАБ, то я бы сформулировал свое мнение следующим образом.

Имя каждой компании ассоциируется с ее имиджем. Когда вы начинаете более глубоко анализировать этот образ, то реальный образ не всегда совпадает с «виртуальным». Что касается ЭСАБ, то эти образы совпадают.

Не потому, что никогда не возникало проблем, а потому, что ЭСАБ всегда готов разобраться и решить их, всегда оказывая нам необходимую помощь. Я считаю, что ЭСАБ - это поставщик, всегда готовый прийти на помощь. Это - наивысшая похвала».

Мнение г-на Беллуччо очень лестно для ЭСАБ, который всегда стремится работать вместе с заказчиком, добиваясь взаимовыгодного результата.



Сварка гидравлических цилиндров с применением ОК Tubrod 14.11 и процесса MAG и MAG-тандем

Дипл. инженер Клаус Бломе (Klaus Blome), ЭСАБ ГмбХ, Золинген, Германия

Гидравлические цилиндры являются неотъемлемой частью современного промышленного оборудования. Все рабочие движения такого крупногабаритного оборудования, как землеройные и дорожные машины, должны осуществляться с высокой степенью точности и динамики, особенно при электронном управлении.

Рабочие движения гидравлического экскаватора (фиг.1) осуществляются с помощью гидроцилиндров. Стрела поднимается двумя гидроцилиндрами (фиг. 2). Рукоять и ковш перемещаются одним гидроцилиндром (фиг. 3). В зависимости от размера машины расчетное давление в гидроцилиндрах достигает 160...320 бар. Во время работы машины, когда к статическим нагрузкам добавляются динамические нагрузки (резкие изменения направления движения, нагрузки при загрузке и выгрузке ковша и т.п), отдельные пики давления могут в несколько раз превышать расчетные величины. В этих условиях работы конструкция гидроцилиндра и особенно качество его изготовления очень важны.

Сварные соединения головки и основания цилиндра с цилиндрическим корпусом (фиг. 5, 6) требуют от примененного сварочного процесса очень высокого качества и надежности сварки.

В большинстве случаев кольцевые швы имеют в сечении U-образный профиль. Центрирующие поверхности, выполнены расточкой так, что образуются точные посадки и служат подложками корневых швов (фиг.6).

Поскольку корпус проходит механическую обработку (с допуском H8), обеспечивающим направление движения поршня, то от корневого шва требуется минимум проплавления (в зависимости от конструкции - 1,5...3 мм). Во время сварки центрирующий буртик должен расплавиться, оставив чисто обработанную расточкой поверхность.

Для сварки используют различные методы, обеспечивающие выполнение вышеуказанных требований с высокой производительностью. Эти методы включают:

- MAG или MIG импульсную сварку сплошной проволокой в среде различных газов, обеспечивающих пробное проплавление, особенно корневого шва
- Сварку трением и стыковую сварку оплавлением
- Сварку MAG двухдуговую или MAG-тандемом.

Для обеспечения надежной сварки с глубоким проплавлением и высокой производительностью, являющейся следствием высокой скорости сварки, можно



Фиг. 1 Гидравлический экскаватор.



Фиг. 2 Гидроцилиндры подъема стрелы

применить металлонаполненную порошковую проволоку ОК Tubrod 14.11, используя ее специфические характеристики. Устойчивая широкая дуга гарантирует надежное проплавление и однородное качество шва. Особые характеристики возбуждения дуги и подачи этой порошковой проволоки, оптимизированные для автоматических процессов сварки, гарантируют практически бездефектный процесс, даже при высоких сварочных параметрах и при длительной сварке.



Фиг. 3 Гидроцилиндр перемещения ковша и рукояти



Фиг. 4 Основание цилиндра



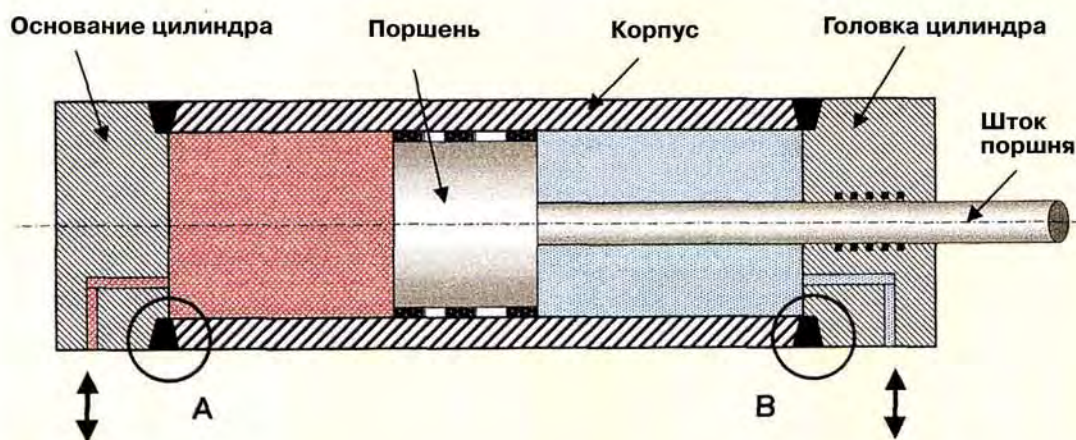
Фиг. 5 Головка цилиндра

OK Tubrod 14.11 уже показала себя исключительно эффективной при изготовлении гидроцилиндров экскаваторов и других дорожно-строительных машин. U-образный шов (см. фиг. 6) сформирован в четыре прохода. Диаметр проволоки 1,4 мм. Применялся или обычный MAG процесс (таблица 1) или MAG-тандем процесс (Таблица 2).

По сравнению с применяемым ранее процессом MAG-тандем со сплошными проволоками диаметром 1,0 мм, классическая сварка MAG одной проволокой OK Tubrod 14.11 диаметром 1,4 мм обеспечивает такую же или даже большую скорость сварки. Качество и надежность сварки проволокой OK Tubrod 14.11 выше.

Для увеличения скорости сварки можно сваривать промежуточные проходы швов достаточно больших гидроцилиндров методом MAG тандем (2 x OK Tubrod 14.11 диаметром 1,4 мм). Следствием стабильности дуги и характеристик подачи порошковой проволоки является очень высокая надежность сварки, позволяющая подключать подачу второй проволоки (ведомой), не прерывая процесс сварки. Скорость сварки, естественно, при этом увеличивают для того, чтобы не допустить образование неуправляемой большой ванны расплава. Верхний слой шва опять сваривают одной проволокой с поперечными колебаниями для обеспечения наилучшей поверхности шва. Остановку подачи второй проволоки прекращают без остановки процесса. Как показывает опыт, такая технология не имеет негативного влияния на качество сварки.

Метод MAG-тандем увеличивает производительность сварки по сравнению с обычным методом MAG. Однако, если применять сплошную проволоку наблюдается несколько типичных слабых мест: имеется



Фиг. 6.



A



B

Фиг. 7.

тенденция возникновения подреза, большой износ контактных наконечников, необходимость частой настройки параметров сварки, большая тепловая нагрузка на горелку и т.п.

Опыт применения порошковой проволоки ОК Tubrod 14.11 показывает существенное уменьшение дефектов сварки.

Об авторе

Клаус Бломе (Klaus Blome) получил степень магистра наук в Техническом Университете в Аахене. Работает в отделении ЭСАБ в Германии с 1990 года (отдел сварочных материалов). В период 1992-1997 гг. возглавлял отдел международных продаж в компании Филарк (Утрехт). Вернулся в ЭСАБ в 1997 году. Недавно назначен региональным руководителем отдела продаж и с января 2001 года - руководитель бухгалтерии.

ОК Tubrod 14.11 1.4 мм / 82/18 Ag/CO ₂	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость свар- ки, см/мин
Корень	350 / 360	30 / 31	60 / 62
2 промежуточных прохода	390 / 400	35 / 36	58 / 60
Верхний слой (с поперечными колебаниями)	410 / 420	36 / 37	40 / 42

Таблица 1. U-образный шов гидравлического цилиндра диаметром 210 мм, в=20 мм. Обычный процесс MAG. ОК Tubrod 14.11, диаметр 1,4 мм.

ОК Tubrod 14.11 1.4 мм / 82/18 Ag/CO ₂	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость свар- ки, см/мин
Корень (одиночная проволока)	350 / 360	30 / 31	45 / 50
Промежуточный проход (танDEM)	Master 400 / 410 Slave 310 / 320	35 / 36 33 / 34	80 / 85
Верхний слой (с поперечными колебаниями)	410 / 420	36 / 37	60 / 62

Таблица 2. U-образный шов гидравлического цилиндра диаметром 210 мм, в=20 мм. Процесс MAG танDEM. 2 x ОК Tubrod 14.11, диаметр 1,4 мм.



ESAB AB, Box 8004, SE-402 77 Göteborg, Sweden
Tel. +46 31 50 90 00. Fax. +46 31 50 93 90
Internet: <http://www.esab.com>

ООО «ЭСАБ» ул. Усачева 33/2 стр.6, этаж 3, 119048 Москва, РФ
Тел.(095) 937 98 20; Факс. (095) 937 95 80
E-mail: esab@esab.ru