

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Б.Е. Патон

Ученые ИЭС им. Е.О. Патона
д.т.н. С.И. Кучук-Яценко (зам. гл. ред.),
д.т.н. В.Н. Липодаев (зам. гл. ред.),
д.т.н. Ю.С. Борисов,
д.т.н. Г.М. Григоренко,
к.ф.-м.н. А.Т. Зельниченко,
д.т.н. В.В. Кныш,
д.т.н. И.В. Кривцун, д.т.н. Ю.Н. Ланкин,
д.т.н. Л.М. Лобанов,
д.т.н. В.Д. Позняков,
д.т.н. И.А. Рябцев, д.т.н. К.А. Юценко
Т.В. Юштина (отв. секр.)

Ученые университетов Украины
д.т.н. В.В. Дмитрик, НТУ «ХПИ», Харьков,
д.т.н. В.В. Квасницкий,
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,
к.т.н. Е.П. Чвертко,
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,
д.т.н. М.М. Студент, Физ.-механ. ин-т
им. Г.В. Карпенко НАНУ, Львов

Зарубежные ученые
д.т.н. Н.П. Алешин
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, РФ
д.т.н. Гуань Цяо
Ин-т авиационных технологий, Пекин, Китай
д.х.н. М. Зиниград
Ун-т Ариэля, Израиль
д.т.н. В.И. Лысак
Волгоградский гос. техн. ун-т, РФ
д-р инж. У. Райсген
Ин-т сварки и соединений, Аахен, Германия
д.т.н. Я. Пилярчик
Ин-т сварки, Гливице, Польша
д.т.н. Г.А. Туричин
С.-Петербургский гос. политехн. ун-т, РФ

Адрес редакции
ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ
03150, Украина, Киев-150,
ул. Казимира Малевича, 11
Тел.: (38044) 200 6302, 200 8277
Факс: (38044) 200 5484, 200 8277
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Учредители
Национальная академия наук Украины,
ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ,
МА «Сварка» (издатель)

Свидетельство о государственной
регистрации КВ 4788 от 09.01.2001
ISSN 0005-111X
DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/as>

Рекомендовано к печати
редакционной коллегией журнала

Журнал входит в перечень утвержденных
Министерством образования и науки
Украины изданий для публикации трудов
соискателей ученых степеней

За содержание рекламных материалов
редакция журнала ответственности не несет

Цена договорная
Подписной индекс 70031

Издается ежемесячно

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Лобанов Л.М., Пащин Н.А., Тимошенко А.Н., Миходуй О.Л., Гончаров П.В., Черкашин А.В. Влияние параметров электродинамической обработки на остаточные напряжения сварных соединений сплава АМгб 3

Молтасов А.В., Ткач П.Н., Ткач И.Г., Верушкин В.В. Концентрация напряжений в стыковых сварных соединениях с односторонним усилением (Обзор) 7

Кулинич М.В., Запорожец Т.В., Гусак А.М., Устинов А.И. Расчет тепловых полей в процессе соединения алюминиевых пластин через промежуточные прослойки при локальном нагреве зоны соединения 15

Люшинский А.В. Применение ультрадисперсного порошка никеля для диффузионного соединения титана с нержавеющей сталью 25

Размышляев А.Д., Агеева М.В. Расчет характеристик знакопеременного поперечного магнитного поля, влияющего на перенос капель при дуговой сварке и наплавке 30

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Сом А.И. Восстановление шнеков экструдеров и термопластавтоматов плазменно-порошковой наплавкой 35

Кусков Ю.М., Грищенко Т.И. Формирование металлической ванны при электрошлаковом процессе в токоподводящем кристаллизаторе 42

СВАРКА ЗА РУБЕЖОМ

Сварка дуплексных нержавеющей сталей 46

Инновационное оборудование для сварки полиэтиленовых труб большого диаметра 51

ХРОНИКА

Международная выставка «Сварка и резка – 2019» 54

К 100-летию со дня рождения Ю.А. Стеренбогена 56

ИНФОРМАЦИЯ

Создание первого отечественного способа автоматической дуговой сварки под флюсом 57

К 60-летию разработки ИЭС им. Е.О. Патона первой самозащитной порошковой проволоки для дуговой сварки ПП-АН1 61

Автоматичне Зварювання

Avtomaticheskaya Svarka (Automatic Welding)

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

Головний редактор **Б.Є. Патон**

Editor-in-Chief **B.E. Paton**

ЗМІСТ

CONTENTS

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

Лобанов Л.М., Пащин М.О., Тимошенко О.М., Міходуй О.Л., Гончаров П.В., Черкашин О.В. Вплив параметрів електродинамічної обробки на залишкові напружки зварних з'єднань сплаву АМГ63

Молтасов А.В., Ткач П.М., Ткач І.Г., Верушкін В.В. Концентрація напружень у стикових зварних з'єднаннях з одностороннім підсиленням (Огляд)7

Кулініч М.В., Запорожець Т.В., Гусак А.М., Устінов А.І. Розрахунок теплових полів у процесі з'єднання алюмінієвих пластин через проміжні прошарки при локальному розігріві зони з'єднання15

Льшинський А.В. Застосування ультрадисперсного порошку нікелю для дифузійного з'єднання титану з нержавіючою сталлю25

Размишляев О.Д., Агеева М.В. Розрахунок характеристик знакозмінного поперечного магнітного поля, впливаючого на перенесення крапель при дуговому зварюванні та наплавленні30

Lobanov L.M., Pashchin N.A., Tymoshenko A.N., Mikhoduy O.L., Goncharov P.V., Cherkashin A.V. Influence of parameters of electrodynamic treatment on residual stresses of welded joints of AMG6 alloy3

Moltasov A.V., Tkach P.M., Tkach I.G., Verushkin V.V. Stress concentration in the butt welded joints with a one-sided reinforcement (Review).....7

Kulinich M.V., Zaporozhets T.V., Gusak A.M. and Ustinov A.I. Calculation of thermal fields in process of joining of aluminum plates through intermediate layers at local heating of joint zone15

Lyushinskii A.V. Application of ultrafine nickel powder for diffusion joining of titanium to stainless steel25

Razmyshlayev A.D., Ageeva M.V. Calculation of the characteristics of alternating transverse magnetic field affecting drop transition in arc welding and surfacing30

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

INDUSTRIAL

Сом О.І. Відновлення шнеків екструдерів та термопластавтоматів плазмово-порошковим наплавленням35

Кусков Ю.М., Грищенко Т.І. Формування металевої ванни при електрошлаковому процесі в струмопідвідному кристалізаторі42

Som A.I. Repair of screws of extruders and automatic molding machines by plasma-arc surfacing35

Kuskov Yu. M. and Grishchenko T. I. Formation of metal pool in current-supplying mould at electroslog process42

ЗВАРЮВАННЯ ЗА КОРДОНОМ

WELDING ABROAD

Зварювання дуплексних нержавіючих сталей46

Інноваційне обладнання для зварювання поліетиленових труб великого діаметру51

Welding of duplex stainless steels46

Innovative equipment for welding of large diameter polyethylene pipes51

ХРОНІКА

NEWS

Міжнародна виставка «Зварювання та різання-2019»54

До 100-річчя від дня народження Ю.О. Стеренбогена56

International Exhibition «Welding and Cutting – 2019»54

To the 100th birthday anniversary of Yu. A. Sterenbogen56

ІНФОРМАЦІЯ

INFORMATION

Створення першого вітчизняного способу автоматичного дугового зварювання під флюсом57

До 60-річчя розробки ІЕЗ ім. Є.О. Патона першого самозахисного порошкового дроту для дугового зварювання ПП-АН161

Development of the first domestic method of automatic submerged-arc welding57

To the 60th anniversary of PWI developing self-shielded flux-cored wire PP-AN1 for arc welding61

Журнал «Автоматичне зварювання» видається англійською мовою під назвою «The Paton Welding Journal»

«Avtomaticheskaya Svarka» (Automatic Welding) journal is republished in English under the title «The Paton Welding Journal»

Адреса редакції

Address

03150, Україна, м. Київ-150, вул.Казимира Малевича, 11
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
Тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

The E. O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine,
11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine
Tel./Fax: (38044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

СВАРКА ДУПЛЕКСНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

У дуплексной нержавеющей стали, имеющей двухфазную микроструктуру, состоящую из ферритных и аустенитных зерен, нет недостатков, присущих двум типам стали. Она отличается более высоким сопротивлением коррозионному растрескиванию под напряжением по сравнению с аустенитными нержавеющей стали и лучшей ударной вязкостью по сравнению с ферритными нержавеющей стали. Дуплексная нержавеющая сталь играет важную роль в таком широком спектре применений, как нефтехимические заводы, суда для перевозки химикатов, морские сооружения и мосты (рис. 1).

В данной статье рассмотрены свойства дуплексных нержавеющей сталей, а также наиболее подходящие для них сварочные материалы.

Свойства дуплексных нержавеющей сталей.

Микроструктура дуплексной нержавеющей стали показывает, что аустенитные зерна перешли в полностью ферритную фазу с балансом фазы примерно в 50 % феррита и 50 % аустенита. Такое состояние микроструктуры является наиболее устойчивым, поэтому можно отметить следующие свойства дуплексной нержавеющей стали.

По сравнению с аустенитной нержавеющей сталью дуплексная нержавеющая сталь имеет следующие преимущества:

- меньший коэффициент термического расширения и более высокая теплопроводность, большая прочность при комнатной температуре;
- отличная сопротивляемость растрескиванию от язвенной коррозии и коррозии под напряжением.

При этом для них характерны следующие особенности:

- более высокое содержание азота;
- большая микроструктурная трансформация при тепловой обработке и большая склонность к ухудшению свойств, в том числе сопротивлению коррозии.

Последствия микроструктурной трансформации особенно заметны в околошовной зоне.

Дуплексные нержавеющей стали производятся в основном в виде трех марок, которые отличаются по химическому составу: стандартная, супердуплексная и низколегированная.

1. Стандартная дуплексная нержавеющая сталь: состав 22 % Cr–5 % Ni–3 % Mo–0,15 % N.

2. Супердуплексная нержавеющая сталь: содержание молибдена и азота выше по сравнению со стандартной сталью, что дает более высокую прочность при комнатной температуре и сопротивляемость язвенной коррозии.

3. Низколегированная дуплексная нержавеющая сталь: содержание никеля и молибдена ниже по сравнению со стандартной сталью, что позволяет снизить ее стоимость.

В табл. 1 показаны типичные химические формулы трех марок дуплексных нержавеющей сталей. На рис. 2 приводится относительное сравнение разрывной прочности и индекса сопротивления язвенной коррозии PREW разных нержавеющей сталей. Более высокий показатель PREW означает лучшее сопротивление язвенной коррозии.

Свойства околошовной зоны дуплексной нержавеющей стали. В дуплексной нержавеющей стали двойные фазы аустенитных и ферритных зерен сбалансированы в процессе тепловой обработки. Однако в околошовной зоне дуплексной нержавеющей стали сопротивление язвенной коррозии и механические свойства могут иногда ухудшаться из-за того, что фазовый баланс и химические формулы двойных фаз меняются в соответствии со скоростью охлаждения, на которую влияет погонная энергия сварки и толщина свариваемых пластин.



Рис. 1. Главная башенная опора моста Стоункаттерс, поднимающаяся более чем на 175 м над уровнем моря (Гонконг)

*Дистрибьютором сварочных материалов марки KOBELCO в Украине является компания ООО «НИСА».

Таблица 1. Типичный химический состав дуплексных нержавеющих сталей, мас. %

Марка	UNS No	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	W	N	PREW*
Стандартная	S31803	0,02	0,5	1,5	0,02	0,001	0,4	22,1	6,0	3,0	–	0,12	33,9
	S32205	0,02	0,4	1,4	0,03	0,001	0,3	22,1	5,6	3,1	–	0,18	35,2
Супер	S32750	0,02	0,4	0,7	0,02	0,001	0,1	25,6	7,0	3,8	0,1	0,28	42,8
	S32760	0,03	0,3	0,7	0,02	0,001	0,6	25,4	7,0	3,5	0,6	0,21	41,3
Низколегированная	S32101	0,03	0,7	4,9	0,03	0,001	0,2	21,6	1,5	0,2	–	0,22	25,8
	S32304	0,02	0,5	1,5	0,02	0,001	0,2	22,7	4,7	0,3	–	0,10	25,3

*PREW = Cr + 3,3(Mo + 0.5W) + 16N

Говоря более точно, в высокотемпературной околосшовной зоне, близкой к поверхности раздела сварного шва, аустенитные зерна сначала растворяются в ферритную фазу, а затем выделяются как аустенитные зерна в процессе охлаждения, и в конце концов создают двойные микроструктуры. Однако если из-за слишком низкой погонной энергии скорость охлаждения высока, повторное выделение аустенитных зерен задерживается, и в ферритных зернах выделяются карбиды хрома и/или нитриды хрома. В результате в районе околосшовной зоны формируется слой с низким содержанием хрома, что приводит к снижению сопротивляемости коррозии.

С другой стороны, в низкотемпературной околосшовной зоне, удаленной от поверхности раздела внутри сварного шва, низкая скорость охлаждения, вызванная высокой погонной энергией, может привести к росту ферритных зерен и выделению σ-фазы, карбидов хрома и нитридов хрома, что снижает сопротивляемость коррозии и ударную вязкость.

Таким образом, высокотемпературная околосшовная зона требует относительно медленного охлаждения, чтобы сделать возможным достаточное формирование аустенитных зерен, тогда как низкотемпературная околосшовная зона требует гораздо более быстрого охлаждения, чтобы сдержать ненужное неблагоприятное структурообра-

зование. Поэтому как в высокотемпературной, так и в низкотемпературной околосшовных зонах необходимо контролировать скорость остывания посредством соответствующей погонной энергии, предварительного нагрева и температуры между проходами.

Металл шва для соединений дуплексной нержавеющей стали. Металл шва дуплексной нержавеющей стали корректируется таким образом, чтобы придать ему требуемые свойства в состоянии после сварки (рис. 3). В отличие от равномерного распределения ферритной и аустенитной фаз в дуплексной нержавеющей стали, в металле шва они распределяются гораздо более беспорядочно.

На рис. 4, 5 соответственно показано соотношение между ферритным числом (FN), т. е. содержанием ферритной фазы и разрывной прочностью/условным пределом текучести, и между ферритным числом/ударной вязкостью металла шва, полученного при сварке с порошковой проволокой (FCW) марки E2594 по AWS.

Как показывают приведенные цифры, по мере увеличения ферритного числа прочность при комнатной температуре повышается, тогда как ударная вязкость снижается. Поскольку ферритное число также влияет на сопротивление язвенной коррозии, хорошие механические свойства и сопротивляемость язвенной коррозии могут быть получены за счет выбора наиболее подходящих сварочных материалов и контроля сварочных процессов, в том числе скорости расплавления и/или охлаждения основного металла, с тем, чтобы ферритное число находилось в промежутке от 30 до

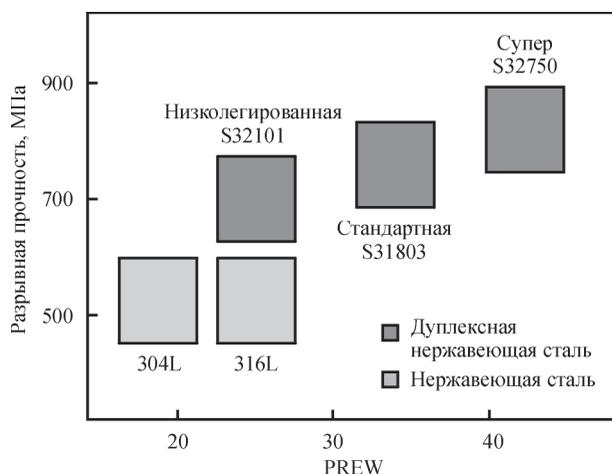


Рис. 2. Относительное сравнение разрывной прочности и индекса сопротивления язвенной коррозии (PREW) различных нержавеющих сталей



Рис. 3. Микроструктура металла шва дуплексной нержавеющей стали

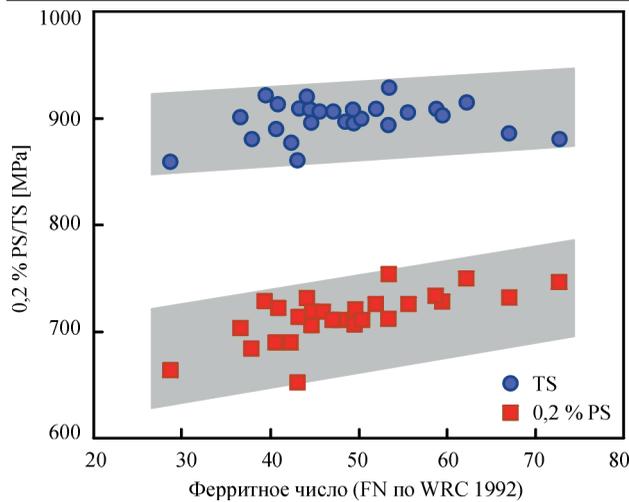


Рис. 4. Соотношение между ферритным числом и разрывной прочностью/условным пределом текучести при остаточной деформации 0,2 % металла шва, полученного при сварке с флюсовой проволокой (FCW) марки E2594

65. Кроме того, поскольку металл шва менее устойчив к коррозии по сравнению с основным металлом, в процессе производства которого применяется термическая обработка для улучшения качеств, металл шва содержит несколько большее количество легирующих элементов, чем основной металл. Содержание никеля в металле шва также предусматривается более высоким по сравнению с основным металлом, чтобы во многих случаях оптимизировать соотношение аустенитных и ферритных зерен в условиях после сварки.

Поскольку ферритное число в металле шва оказывает влияние на механические свойства, а также на сопротивляемость язвенной коррозии, очень важно проверять и контролировать его. Но каким образом измеряется ферритное число? Существуют три способа: подсчет точечным методом с использованием микроструктур, с помощью диаграммы WRC-1992 с химическими формулами, а также с помощью прибора Feritscope, который использует вихревой ток и магнитную индукцию. На местах проведения сварки подсчет точечным методом применяется редко ввиду его сложности. Когда при сварке стыковых соединений необходимо контролировать ферритное число, для определения годности/негодности предпочтение отдается прибору Feritscope.

На рис. 6 представлено соотношение ферритного числа, измеренного с помощью прибора Feritscope и определенного по диаграмме WRC. Видно, что данные не полностью совпадают. Поэтому необходимо принимать во внимание, каким методом определено ферритное число.

Сварочные материалы дуплексной нержавеющей стали компании Kobelco. Сварочные материалы дуплексной нержавеющей стали компании Kobelco предлагаются для всех марок дуплексной

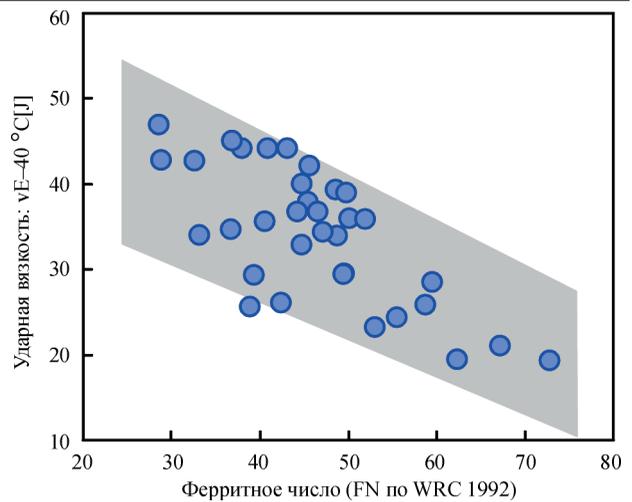


Рис. 5. Соотношение между ферритным числом и ударной вязкостью металла FCW марки E2594

нержавеющей стали. Они приведены в табл. 2 вместе с их химическими составами и механическими свойствами.

Ключевым фактором в производстве сварочных материалов для дуплексных нержавеющей сталей является контролирование относительно высокого содержания азота, которое часто вызывает проблемы, связанные с пористостью, в частности, образованием свищей, ямок и удлиненных пор, а также затрудненным удалением шлака. Это также может нарушить радиографичность при дуговой сварке с порошковым электродом (FCAW) и сварке защищенной дугой (SMAW) в горизонтальном и потолочном положении. Для избежания проблем, связанных с образованием пористости, сварочные материалы компании Kobelco создаются таким образом, чтобы повысить растворимость азота путем изменения химических формул металла шва, а также оптимизировать температуру отверждения и вязкость шлака. Улучшение

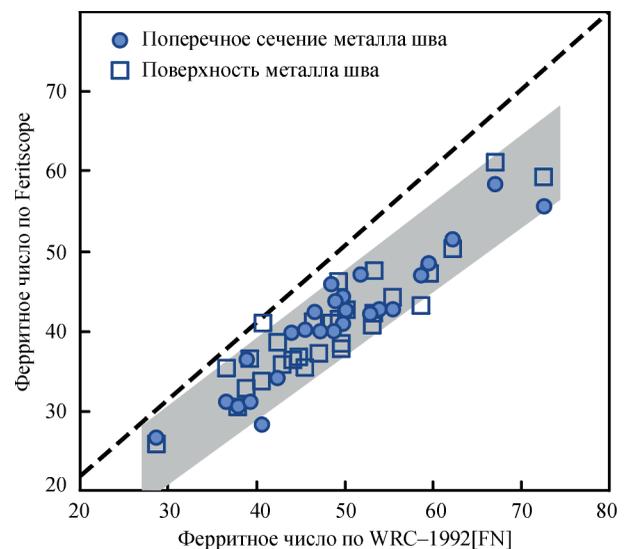


Рис. 6. Соотношение ферритного числа по Feritscope и диаграмме WRC

Таблица 2. Типичные свойства сварочных материалов дуплексной нержавеющей стали компании Kobelco

Марка	Сварочный процесс	Наименование товара	Классификация AWS	Химический состав, мас. %								
				C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	N	PREW*1	FNW*2 [FN]
Стандартная дуплексная нержавеющая сталь	GTAW	[P] TG-S2209	A5.9/A5.9M ER2209	0,008	0,39	1,67	8,7	22,7	3,10	0,16	35,5	51
	SMAW	[P] NC-2209	A5.4/A5.4M E2209-16	0,028	0,54	1,14	8,8	23,1	3,34	0,15	36,5	51
	FCAW	[P] DW-329AP	A5.22/A5.22M E2209T1-1/-4	0,023	0,57	0,66	9,4	23,0	3,40	0,14	36,4	49
	FCAW	[P] DW-2209	A5.22/A5.22M E2209T1-1/-4	0,028	0,61	0,74	9,1	22,7	3,30	0,13	35,6	46
	SAW	[P] US-2209/[P] PF-S1D	A5.9/A5.9M ER2209 (Wire)	0,021	0,31	1,56	8,9	23,0	3,28	0,15	35,9	57
Супердуплексная нержавеющая сталь	GTAW	[P] TG-S2594	A5.9/A5.9M ER2594	0,019	0,44	0,57	9,3	25,0	3,82	0,28	42,0	42
	SMAW	[P] NC-2594	A5.4/A5.4M E2594-16	0,035	0,55	0,66	9,8	26,6	3,86	0,25	43,3	50
	FCAW	[P] DW-2594	A5.22/A5.22M E2594T1-1/-4	0,026	0,50	1,18	9,6	25,7	3,79	0,24	42,0	49
Низколегированная дуплексная нержавеющая сталь	FCAW	[P] DW-2307	A5.22/A5.22M E2594T1-1/-4	0,026	0,45	1,26	7,9	24,6	0,03	0,15	27,1	41

Продолжение табл. 2

Марка	Сварочный процесс	Наименование товара	Классификация AWS	Механические свойства				Примечания
				0,2 % PS [MPa]	TS [MPa]	EI [%] (G.L.=4D)	vE0°C [J]	
Стандартная дуплексная нержавеющая сталь	GTAW	[P] TG-S2209	A5.9/A5.9M ER2209	598	773	39	270	DCEN, 100%Ar
	SMAW	[P] NC-2209	A5.4/A5.4M E2209-16	667	845	30	97	DCEP
	FCAW	[P] DW-329AP	A5.22/A5.22M E2209T1-1/-4	605	823	30	55	DCEP, 100%CO ₂
	FCAW	[P] DW-2209	A5.22/A5.22M E2209T1-1/-4	639	820	28	73	DCEP, 80%Ar+20%CO ₂
	SAW	[P] US-2209/[P] PF-S1D	A5.9/A5.9M ER2209 (Wire)	618	798	29	69	DCEP
Супердуплексная нержавеющая сталь	GTAW	[P] TG-S2594	A5.9/A5.9M ER2594	721	870	31	286	DCEN, 98%Ar+2%N ₂
	SMAW	[P] NC-2594	A5.4/A5.4M E2594-16	750	935	28	55	DCEP
	FCAW	[P] DW-2594	A5.22/A5.22M E2594T1-1/-4	712	905	27	55	DCEP, 80%Ar+20%CO ₂
Низколегированная дуплексная нержавеющая сталь	FCAW	[P] DW-2307	A5.22/A5.22M E2594T1-1/-4	571	750	29	58	DCEP, 80%Ar+20%CO ₂

*1: PREW=Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N.

*2: FNW=Ферритное число по диаграмме WRC-1992 [P] для PREMIARCTM.

удаляемости шлака необходимо, так как содержащийся в металле шва азот затрудняет его удаление, несмотря на то, что шлак, формирующийся из компонентов покрывающего флюса при SMAW и флюса при FCAW и SAW, покрывает металл шва во время сварки. Недостаточное удаление шлака приводит к тому, что он остается местами на по-

верхности валика шва, что не позволяет получить ровный шов и/или приводит к появлению шлаковых включений. Сварочные материалы компании Kobelco созданы таким образом, чтобы оптимизировать формирующие шлак компоненты в оболочке покрытых электродов, а также во флюсе FCW и SAW для упрощения удаления шлака.

На рис. 7 представлен внешний вид валика сварного шва и макроструктура стыкового соединения, полученного методом FCAW с PREMIARC™ DW-2594. На рис. 8 представлено такое же соединение, выполненное методом SAW с проволокой PREMIARC™ US-2209/флюсом PREMIARC™ PF-S1D. Сварочные материалы дуплексной нержавеющей стали компании Kobelco дают отличные механические свойства (см. табл. 2), высокую сопротивляемость язвенной коррозии и пористости, а также отличную удаляемость шлака.

Выбор сварочных материалов. При сварке дуплексных нержавеющей сталей рекомендуется выбирать сварочные материалы такой же или более высокой марки. Например, при сварке стандартной дуплексной нержавеющей стали можно выбрать сварочные материалы, эквивалентные AWS E2209 или E2594 (более высокой марки).

При сварке разнородных металлов – углеродистой стали или аустенитной нержавеющей стали и дуплексной нержавеющей стали, применяются сварочные материалы марки 309L или 309MoL, или предназначенные для дуплексных нержавеющей сталей.

Примечания по использованию. Сварочные операции для дуплексных нержавеющей сталей в целом сходны с операциями для аустенитных нержавеющей сталей, но при этом особое внимание должно уделяться тому, чтобы максимально использовать их сильные качества.

Ограничение погонной энергии. Ограничение погонной энергии широко распространено во всех сварочных процессах. Однако дуплексная нержавеющая сталь содержит больше хрома и молибдена, чем обычная. Если металл шва остывает слишком медленно из-за избыточной погонной энергии и его температура в течение долгого времени остается в промежутке от 700 до 800 °С, он трансформируется в сигма-фазу, что снижает ударную вязкость. С другой стороны, если скорость охлаждения металла шва излишне велика из-за слишком низкой погонной энергии, в околошовной зоне близко к сварной поверхности выделяется нитрид хрома, и в результате формируется слой с низким содержанием хрома. Это приводит к снижению сопротивления коррозии. Поскольку скорость охлаждения также влияет на ферритное число металла шва, необходимо избегать слишком высокой или слишком низкой погонной энергии. Американский институт нефти (API) рекомендует в качестве ориентира погонную энергию от 5 до 25 кДж.

Химическая формула защитного газа при GTAW. При сварке TIG для проварки корневого шва круговых соединений труб из нержавеющей

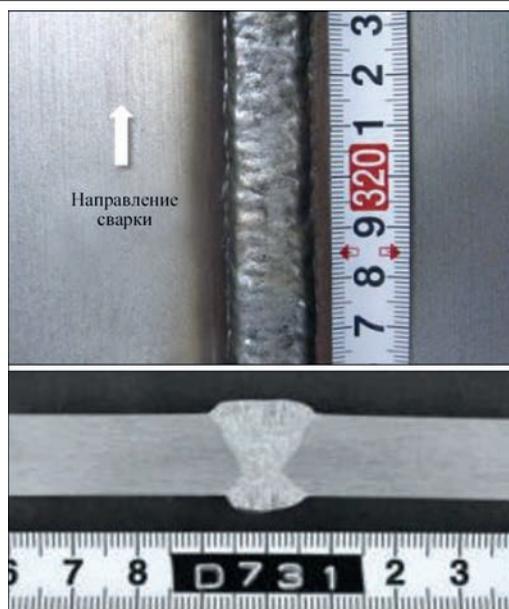


Рис. 7. Внешний вид валика сварного шва и макроструктура стыкового соединения DW-2594 (3G)

стали в качестве защитного газа обычно используется 100 % аргон. Однако если 100 % аргон используется в качестве защитного газа при сварке TIG со сплошным присадочным прутком для дуплексной нержавеющей стали, количество азота в металле шва может быть меньше, чем в присадочном прутке для TIG. Это происходит тогда, когда азот в присадочном прутке TIG не переходит полностью в металл шва; вместо этого, некоторое количество азота выходит в форме газа N_2 из сварочной ванны.

Это приводит к избытку феррита в металле шва и/или падению PREW, в результате чего может понизиться ударная вязкость и сопротивление язвенной коррозии. Чтобы избежать этого, рекомендуется добавить в состав защитного газа около 2 % газа N_2 , в зависимости от содержания азота в металле шва и/или основном металле.

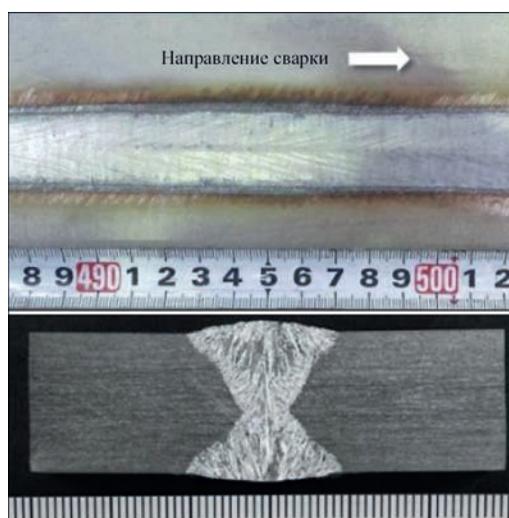


Рис. 8. Внешний вид валика сварного шва и макроструктура стыкового соединения US-2209 / PF-S1D (1G)

Предотвращение горячего растрескивания при SAW. Необходимо также отметить, что сварочные материалы дуплексной нержавеющей стали более подвержены горячему растрескиванию, чем сварочные материалы стандартной нержавеющей стали, за исключением сварочных материалов из полностью аустенитных нержавеющей сталей. В этом смысле существует высокий риск горячего растрескивания при сварке SAW, в которой, как правило, используется более высокая погонная энергия. Поскольку на склонность к горячему растрескиванию также влияет форма валика сварного шва, рекомендуется избегать узкощелевой сварки, высокого сварочного тока и высокой скорости сварки. Такие условия сварки должны быть тщательно проверены перед началом работ.

Заключение

В данной статье представлены дуплексные нержавеющие стали и сварочные материалы для них, предлагаемые компанией Kobe Steel. По прогнозам, применение дуплексных нержавеющей сталей продолжит расширяться в Японии и за рубежом.

Использованные источники

(2011) Сварочные материалы для супердуплексной нержавеющей стали. *Журнал Японского общества сварки*, 80, 2.

Сварка дуплексной нержавеющей стали. *Технология сварки*, февраль 2011.

(2010) Свариваемость нержавеющей сталей. *Журнал Японского общества сварки*, 79, 6.

API Технический отчет 938-C. Применение дуплексных нержавеющей сталей в нефтеочистной отрасли. Американский Институт нефти.

По материалам сайта <http://www.kobelco-welding.jp>

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ*

Сьюзан Райлі, Челсі Рабідо, press.mcelroy.com

Землеробство та посуха – поняття несумісні, і, незважаючи на всі досягнення технічного прогресу, іноді природа жорстоко карає людей. Так, наприклад, як це трапилось в Файрбозі, штат Каліфорнія, коли в новинах з'явилися знімки засохлих мигдалевих дерев, виритих із сухого ґрунту. Відома агрокомпанія Baker Farming була змушена викорчувати 20% насаджень мигдалевих дерев на території близько 1000 акрів. Рослини були абсолютно зневоднені, бо в Каліфорнії понад два роки не було дощів.

Каліфорнійське землеробство побудоване переважно на зрошенні, іноді вода транспортується на сотні миль. Щоб зберегти плодоносні мигдалеві дерева, які вижили, Baker Farming було необхідно швидко модернізувати іригаційну систему.

Протягом тривалого часу зрошення в цьому господарстві здійснювалося по 48-дюймовому сталевому трубопроводу. «Ця мережа експлуатувалася близько 17 років, і через корозію труби вода постійно витікала в землю», – пояснив Майкл Бронза – представник компанії «Rain for Rent» (Фресно, Каліфорнія, США), яку Baker Farming найняла, щоб замінити зношений трубопровід більш надійною і довговічною системою, при якій втрат води не було б. Передбачалося, що трубопровід протяжністю приблизно дві з половиною милі повинен бути прокладений по прямій лінії.

При розробці проекту пріоритетом стали вимоги відсутності витоків води та захист від корозії. Тому внаслідок доведеної на практиці довговічності і високої корозійної стійкості, вибір був зроблений на користь труб із поліетилену високої густини (ПЕВГ).

«Використання ПЕ цього типу дає нам можливість встановити систему трубопроводів, яка працюватиме в два і більше разів довше, ніж сталеві труби, – пояснив Майкл Бронза. – Ми запобігаємо витокам води, і це дуже важливо, особливо тут у Каліфорнії. Також слід враховувати, що система зрошення Baker Farming з'єднується з насосно-компресорними станціями, які пов'язані з Каліфорнійським акведуком» (система каналів, тунелів і трубопроводів, які транспортують



* За матеріалом статті, опублікованої в журналі «Полімерні труби» №2 (47), 2018



воду, зібрану в горах Сьєрра-Невада та долинах Північної та Центральної Каліфорнії, в Південну Каліфорнію).

«Rain for Rent» є давнім партнером ISCO Industries і використовує в своїх проектах її продукцію. Для нової мережі зрошення Baker Farming було поставлено 13 000 футів (4 км) 54-дюймової (1370 мм) труби DR17 і всі необхідні сполучні деталі.

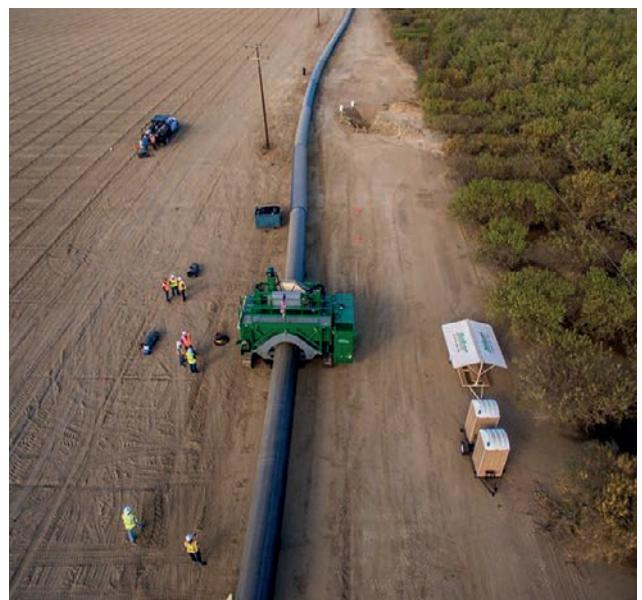
ISCO Industries – найбільший універсальний постачальник рішень для трубопроводів (Луїсвілл, Каліфорнія, США). ISCO не тільки продає широкий спектр трубних матеріалів, а й пропонує рішення для різних екологічних, геотермальних, спортивних, промислових, гірничодобувних, муніципальних, ядерних, водопровідних і водопропускних споруд у всьому світі. ISCO – це компанія, що надає повний спектр послуг зі трубопровідних систем, в якій працює понад 30 підприємств у Сполучених Штатах і Канаді. ISCO завжди має в своєму розпорядженні великі складські запаси труб, включаючи труби з HDPE, і, як правило, протягом одного тижня може задовольнити запити більшості проектів.

Цей проект став ідеальним, щоб застосувати тут перший в своєму роді апарат для зварювання труб великого діаметра. ISCO запропонувала використовувати обладнання компанії McElroy – Talon™ 2000: самохідний, гусеничний транспортний засіб, призначений для конвеєрного монтажу – інноваційного підходу до зварювання труб великого діаметра.

Talon™ 2000 – найбільший зварювальний агрегат, створений на сьогодні компанією McElroy. Ця

машина для зварювання труб великого діаметра була спеціально розроблена для заміни застарілих інфраструктур і для підвищення пропускної здатності діючих трубопроводів, що цього потребують. Talon™ 2000 оснащений власним самохідним автомобілем, який безпечно піднімає труби великого діаметра з землі, встановлює їх для зварювання і переміщується від стику до стику уздовж траси трубопроводу, що будується. Для надійного й точного розміщення нагрівача і корпусу зварювальної машини агрегат обладнаний швидкодіючим торцівником і електричним індексатором.

Наявність генератора та дизельного двигуна роблять цю машину повністю автономною. Ніякої додаткової техніки не потрібно. Машина пересувається за допомогою сталевих самохідних



треків. Усі операції по завантаженню та зварюванню абсолютно безпечні та ефективні завдяки бездротовому пульту дистанційного керування. Talon™ 2000 також має функцію контролю за ухилом землі для кращого вирівнювання труб при складному рельєфі.

Talon™ 2000 має унікальну здатність піднімати трубу з землі за допомогою потужних захватів, вирівнювати її всередині машини, зварювати в нитку і переміщатися від стика до стика по трубопроводу – від початкової точки робіт до їх завершення.

«Завдяки цій машині у нас з'явилася можливість вивести трубу в одну пряму лінію та просто змонтувати її зверху наміченої траси», – розповів Майкл Бронза.

Для інженера ISCO Fusion Technic Джеміана Страла пріоритет вибору обладнання визначила унікальна функція самозавантаження Talon™. Це значно полегшувало роботу монтажників при операціях з трубою великого діаметра: вона залишається близько до землі і не висить над головою, як це буває при використанні традиційних зварювальних машин.

Монтажні роботи з Talon™ 2000 не вимагають великої кількості важкого устаткування та робочої сили. При монтажі мереж великого діаметра за допомогою звичайних апаратів для стикового зварювання необхідні бульдозер, щоб витягнути трубу, і потужний екскаватор або кран, щоб підняти її та завантажити на верхню частину машини. Для цього потрібні принаймні два оператори та два робітники. З Talon використовувався тільки позашляховий навантажувач, який потребував тільки одного зварника та одного вилкового навантажувача.

Ще одна перевага – можливість зварити дві з половиною милі труби без додаткових операцій, на які потрібні зайві час і обладнання. Машини для зварювання нагрітим інструментів встик зазвичай з'єднують кілька відрізків труби, потім після кожного етапу зварювання принаймні три одиниці важкого обладнання необхідно переміщувати, щоб продовжити монтаж труб. Talon™ без допомоги важкої техніки самостійно просто переходить від стика до стика. Метод конвеєрного зварювання відмінно показав себе протягом усього проекту, оскільки монтажники могли працювати відповідно до темпів постачання труби від виробника.

«Це безперечно чудова машина. Я думаю, як тільки будівельники усвідомлять можливості Talon™, вона буде дуже затребувана. Коли ви переходите до більш великих проектів, одна, дві милі і більше – ось де дійсно бачу переваги», – зазначив Джеміан Страл.

Хоча принцип роботи Talon™ 2000 з трубами повністю відрізняється, його сенсорний інтерфейс схожий з іншими гідравлічними машинами McElroy. Особливо користувачам сподобалася функція Talon, яка впорядковує процес видалення нагрівача та завершує зварювання одним входом від оператора. Також машина має вбудовану функцію протоколювання даних про виконані зварювальні стики для забезпечення в подальшому належного процесу зварювання.

Компанія McElroy провела інтенсивне навчання зварників роботі на новій машині, а також відправила своїх інженерів і співробітників технічної підтримки для консультацій протягом більшої частини реалізації проекту будівництва нової мережі зрошення Baker Farming.

Також бригада монтажників ISCO Fusion Technic зазначила легкість установки і розгортання Talon™. У перший день вони змогли налагодити машину та виконати тестове зварювання. Планувалося робити п'ять стиків на день, але виявилось, що вони цілком здатні зварити шість стиків за кожну 10-годинну зміну, що перевищило всі очікування.

Ця розробка рекомендує унікальний підхід до зварювання сідлових відводів, розроблений компанією ISCO, при якому зникає потреба в дорогих фланцевих трійниках. Це спрощує виконання запроектованих робіт і суттєво знижує його загальну вартість. Щоб підключитися до зростаючої довжини фідерних ліній, технік ISCO Стів Холпп використовував установку приварювання сідла.

Цей пристрій дозволив йому приварити сідловим методом на основну трубу 54-дюймовий запобіжник фланцевого адаптера та резервні сідла без врізки і виконати гідротест на якість приварювання. Насамкінець операції був використаний спеціальний ріжучий інструмент, призначений для врізки в магістралі. За допомогою установки приварювання сідла було виконано кілька 8- і 16-дюймових з'єднань, що значно підвищило ефективність роботи і дозволило техніку перевірити свою роботу, перш ніж вирізати купон з основного.

Реалізація проекту будівництва мережі зрошення у Каліфорнії не тільки забезпечила надійним трубопроводом агрогосподарство, яке відчайдушно потребувало допомоги, а й стала ефективною презентацією Talon™ 2000 разом зі спеціалізованим інноваційним обладнанням для зварювання сідлових відводів, показала, що завдяки йому трубопроводи великого діаметра можуть бути побудовані успішно і фінансово вмотивовано.

Международная выставка «Сварка и резка-2019»



С 26 по 29 марта 2019 г. в Минске была проведена 19-я международная специализированная выставка «Сварка и резка-2019», на которой было представлено оборудование, материалы, технологические процессы для сварочного производства и приборы контроля. Выставка организована ЗАО «МинскЭкспо» при поддержке Национальной академии наук Беларуси, Государственного научно-производственного объединения порошковой металлургии и ОХП «Институт сварки и защитных покрытий».

Тематика выставки включала:

- материалы для сварки, наплавки и пайки;
- оборудование и технологии сварки, резки, наплавки, пайки и термообработки;
- источники питания и системы управления сварочным оборудованием;
- оборудование для орбитальной сварки и обработки труб;
- электронно-лучевая, лазерная, плазменная сварка и резка;
- автоматизированные комплексные системы и агрегаты для сварки и резки;
- автоматизация сварочных производственных и технологических процессов, программное обеспечение;
- приборы для неразрушающего контроля сварных соединений;
- научное и информационное обеспечение сварки;
- система подготовки, переподготовки и аттестации сварщиков;
- охрана труда и экологическая безопасность в сварочном производстве;
- сертификация сварочного оборудования.

Выставка «Сварка и резка-2019» проводилась одновременно с международными специализированными выставками «Порошковая металлургия», «Металлообработка» и международным специализированным салоном «Защита от коррозии.

Покрытия». В программу выставок был включен Международный симпозиум «Эффективная сварка и родственные технологии», организованный ГНПО Порошковой металлургии.

В этом году выставка собрала более тридцати ведущих белорусских и зарубежных производителей сварочного оборудования и материалов из Германии, Венгрии, Индии, Италии, Латвии, Польши, России, Франции, Украины и Чехии.

Участники выставки представили оборудование и технологии для сварки и резки различных материалов, а также оборудование для наплавки, пайки и термической обработки; сварочные материалы; оборудование для сварки оптических волокон, сварки под водой и др.

Свою продукцию представили известные белорусские компании «Оливер», «Объединенная сварочная компания», «Вектор», «Ривал-Сварка» и многие другие. Среди иностранных участников: представительство АОУТ «Polysoude» (Франция), «Messer Eutectic Castolin» (Польша), «Superon Schweisstechnik India» (Индия), «A.V. Saldature» (Италия) и другие.



Директор ООО «ТМ. Велтек» А.А. Голякевич и директор «Машагпром» И.В. Артемов во время переговоров на стенде журнала «Автоматическая сварка»



Новинкой на стенде участника ЗАО «Объединенная сварочная компания» стала сварочная тележка Flextrack 45 PRO от компании Fronius. Эта компактная и легкая в обращении автоматизированная сварочная тележка подходит для использования даже в сложных условиях окружающей среды. Применяется для прямолинейной и орбитальной сварки. Полностью управляется с пульта дистанционного управления. Для демонстрации работы этого нового оборудования на выставке компания подготовила два стенда, на одном из которых продемонстрировали орбитальную сварку на трубы диаметром 500, а на втором — технологию выполнения вертикальных швов большой протяженности.

На стенде ООО «Оливер» можно было найти сварочное оборудование для всех видов сварочных работ, материалы, аксессуары и принадлежности для сварки.

В перечне продукции, представляемом компанией ООО «Ривал Сварка» — установки для газо-плазменной резки портального типа, газовая резка, пневматический, электрический шлифовальный инструмент и абразивы, установки воздушно-плазменной резки, конденсаторная сварка метизов и прочего крепежа и многое другое.

На выставке были представлены и украинские компании: ПрАО «Каховский завод электросварочного оборудования» — производственно-инжиниринговая компания, которая специализируется на разработке и производстве электросварочного оборудования и путевой техники; ООО «ТМ.Велтек» — ведущий украинский производитель порошковых проволок для сварки, наплавки и напыления; ООО «Витаполис» — украинский производитель сварочных проволок торговой марки ХОРДА, производственная программа компании включает самые популярные сварочные проволоки для полуавтоматической и автоматической сварки углеродистых и низколегированных сталей, высокопрочных сталей, нержавеющей и жаростойких сталей, броневых



сталей (представитель в Беларуси компания ООО «СанЯрд»); журнал «Автоматическая сварка» — ведущий украинский сварочный журнал; ООО «Международный выставочный центр» — организатор промышленных и сварочных выставок в Украине.

Во время выставки стенд журнала «Автоматическая сварка» стал неформальной площадкой общения белорусских и украинских специалистов по всем вопросам сварочного производства и сотрудничества.

А.Т. Зельниченко

К 100-летию со дня рождения Ю.А. Стеренбогена



24 февраля 2019 г. известно-му ученому в области сварки, доктору технических наук, профессору Юрию Александровичу Стеренбогену (1919–2005 гг.) исполнилось бы 100 лет.

Родился и вырос Ю.А. Стеренбоген в г. Николаеве. В 1938 г. поступил в Николаевский кораблестроительный институт им. адм. Макарова.

В 1941 г. был мобилизован, принимал участие в боях и уже после тяжелого ранения завершил учебу в Уральском индустриальном институте.

Трудовую деятельность Юрий Александрович начал после окончания Уральского индустриального института в лаборатории, которой руководил А.М. Макара. С тех пор более 60-ти лет научная деятельность Ю.А. Стеренбогена была неразрывно связана с Институтом электросварки им. Е.О. Патона Национальной академии наук Украины. Работая в институте, он защитил кандидатскую и докторскую диссертации, стал профессором, организовал и долгие годы руководил отделом математических методов исследования физико-металлургических процессов сварки.

Наряду с исследовательской деятельностью, Юрий Александрович целенаправленно подбирал и растил научные кадры. В созданной им первоначально небольшой лаборатории математических методов исследований выросли такие известные ученые, как академик НАНУ В.И. Махненко, член-корреспондент НАНУ В.Ф. Хорунов, доктора наук Ю.Я. Грецкий, В.Ф. Демченко и О.Г. Касаткин.

В 1972 г. Ю.А. Стеренбоген, передав руководство отделом математических методов исследования В.И. Махненко, возглавил созданный А.М. Макарой на базе прежней лаборатории отдел физико-металлургических процессов сварки среднелегированных высокопрочных сталей. В это время он уделял много внимания вопросам международного сотрудничества в рамках СЭВ.

В научной деятельности Юрий Александрович целенаправленно руководил фундаментальными исследованиями в области формирования не-

разъемных соединений конструкционных сталей на основе изучения тепловых, массообменных и металлургических процессов, протекающих при сварке, в частности, в период кристаллизации металла сварных швов. Используя понятие температурного интервала кристаллизации (ТИК), в течение которого формируется структура и технологическая прочность соединений, он разработал физическую модель процесса, позволяющую перейти к математическому моделированию.

Научную работу он сочетал с внедрением результатов исследований в промышленности. Широко известны его разработки по технологиям сварки чугуна, дуговой сварке в судостроении, электрошлаковой сварке уникальных конструкций — гидропресса, сталепрокатных станков.

Ю.А. Стеренбоген — автор более 150 научных трудов, нескольких монографий, многочисленных авторских свидетельств. Продолжая развивать тематику отдела физико-металлургических процессов сварки, Юрий Александрович в 1983 г. за разработку и внедрение технологии электрошлаковой сварки в производство оборудования для нефтехимической промышленности стал в числе группы специалистов лауреатом Государственной премии УССР. Его многолетний труд отмечен и правительственными наградами.

Много сил и внимания Юрий Александрович отдавал подготовке высококвалифицированных научных кадров в качестве руководителя общеполитического семинара. Он был также председателем Государственной экзаменационной комиссии на сварочном факультете Киевского политехнического института.

Светлая память о Юрии Александровиче Стеренбогене, человеке и ученом, сохранится в сердцах всех, кто его знал, кто имел удовольствие с ним работать и общаться.

По случаю 100-летия со дня рождения Ю.А. Стеренбогена 26 февраля 2019 г. в ИЭС им. Е.О. Патона состоялась встреча ведущих сотрудников Института. На ней с теплыми воспоминаниями о Ю.А. Стеренбогене выступил М.М. Савицкий, В.Ф. Демченко, К.А. Ющенко и Е.А. Великоиваненко.

Институт электросварки им. Е.О. Патона
Редакция и редколлегия журнала

СОЗДАНИЕ ПЕРВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО СПОСОБА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

В текущем году исполняется 80 лет началу работ в ИЭС им. Е.О. Патона по созданию процесса автоматической сварки под флюсом, разработке первого отечественного плавящего флюса марки АН-1 для сварки кремнемарганцевой проволокой, созданию промышленного способа автоматической сварки под флюсом.

В 1920-е гг. начинается интенсивное развитие сварочного производства. В США, Германии, Бельгии, ряде других стран создавались исследовательские лаборатории, работали конструкторские группы, налаживалось производство сварочного оборудования. В СССР исследованием тепловых и энергетических особенностей сварочных процессов занялись К.К. Хренов, В.В. Никитин, Н.Н. Рыкалин и А.Е. Алексеев (завод «Электрик», Сварочный комбинат, МВТУ, МИИЖТ и др.), разрабатывали рекомендации по проектированию сварных конструкций Е.О. Патон, Г.А. Николаев, В.П. Вологдин и др. Выполнялись работы по созданию сварочного оборудования, в том числе для контактной сварки, автоматизации дуговой сварки, улучшались сварочные материалы.

В 1929 г. Е.О. Патон создает при Всеукраинской академии наук Электросварочную лабораторию, в 1931 г. разрабатывает программу комплексного развития сварочного производства, основанного на механизации и автоматизации. В 1934 г. СНК УССР принимает решение «О создании Института электросварки» (ИЭС) — первого в мире специализированного учреждения в области сварочного производства. Директором и научным руководителем утверждается академик Е.О. Патон.

Е.О. Патон определил основные направления деятельности института. В комплексе одной организации он объединяет научные исследования, технологические разработки, конструирование и изготовление опытных образцов аппаратуры, участие во внедрении работ. Директор организует отделы: научно-исследовательский, сварочного оборудования, сварных конструкций, опытно-производственную базу. Понимая, что в отличие от других способов неразъемных соединений при сварке в расплавленной ванне протекают металлургические процессы, Е.О. Патон в 1935 г. начал формировать лабораторию технологии сварки во главе с В.И. Дятловым. Первым успехом стало создание электродов для ручной дуговой сварки нержавеющей сталей с высококачественной обмазкой.

В 1935 г. в ИЭС уже была создана автоматическая сварочная головка, сконструированы станки

для автоматической сварки балок, цистерн, колес и ряда других изделий. Весной 1936 г. Е.О. Патон организовал конференцию по автоматической сварке проволокой крестового сечения. Дальнейшим успехам автоматизации сварочного производства содействовал приказ по Народному комиссариату тяжелой промышленности № 869 от 23 мая 1936 г. «О развитии автоматической сварки», в котором отмечались успехи ИЭС. Были намечены мероприятия по развитию сварочного производства. В 1937 г. испытан созданный в ИЭС «аппарат-трактор» для дуговой сварки электродной проволокой с тонким покрытием и крестовой проволокой.

В это же время в ИЭС П.П. Буштеттом разрабатывались сварочные головки для автоматической сварки штучными плавящимися электродами, проволоками: с канавками, крестообразного сечения с выемками, заполненными шихтой и др. Однако стабильного удовлетворительного качества достигнуть не удалось. Тем не менее, сварочная головка с дифференциальным механизмом и двигателями постоянного и переменного тока обеспечивала возбуждение дуги, поддержание постоянной длины дуги и заварку кратера.

Е.О. Патон принимает решение сосредоточить усилие на исследование процессов сварки под флюсом. Флюс для защиты сварочной ванны применял еще Н.Г. Славянов, однако обычные металлургические флюсы не обеспечивали требуемого качества. Его идею использовали сотрудники фирмы Линде (США), разработавшие состав гранулированного флюса для сварки сталей и технику автоматической сварки плавящимся электродом под слоем флюса.

Директор института пишет: «В конце лета 1939 г. бригада из нескольких сотрудников приступила к первым лабораторным опытам. В эту бригаду я подбирал людей с особым разбором. Владимир Иванович Дятлов с 1935 г. заведовал у нас отделом технологии. Это был образованный и энергичный человек, талантливый учёный, большой специалист по металлургии сварки. Он быстро завоевал авторитет и уважение в ин-



Е.О. Патон среди участников–передовиков производства Всесоюзной конференции по сварке

ституте своим глубоким и часто оригинальным подходом к каждому исследованию. Антон Моисеевич Латин, также знаток металлургии сварки, обладал хорошими познаниями в области доменных шлаков. Это было очень важно для успехов задуманного дела. Ценным человеком для бригады являлся и лаборант Владимир Степанович Ширин с его многолетним опытом сварщика, находчивостью и умением быстро решать сложные технические задачи.

Эти люди всегда отдавались работе целиком, но сейчас и их нельзя было узнать...

– Верно ли, что Вы забросили свое ружье? — как-то спросил я у Дятлова, который слыл страстным и заядлым охотником.

– Какое там сейчас ружье, — махнул рукой Владимир Иванович, — когда не дается в руки этот проклятый флюс».

Бригада до конца охотничьего сезона все же успела разработать первый отечественный плавный флюс (АН-1) и электродную проволоку с повышенным содержанием раскислителей — кремнием и марганцем (типа 10ГС). Через три месяца был предложен высокомарганцевый флюс для сварки малоуглеродистой проволокой. Новый способ сварки оказался на порядок более производительным, чем ручная сварка.

Результаты поисковых работ были обобщены Е.О. Патоном в первой в мире монографии о сварке под флюсом, вышедшей в 1940 г. В ней, кроме прочего, были заложены основы нового научного направления — сварочного материаловедения.

Тут следует отметить, что Е.О. Патон был избран академиком как специалист по инженерным конструкциям. И естественно, сварку он хотел применить для строительства мостов. Но директор Днепропетровского (теперь Днепровского) завода металлоконструкций им. В.М. Молотова (позже завод им. И.В. Бабушкина), где изготавливались мостовые пролеты (естественно,

клепанные), не захотел ознакомиться с достижениями ИЭС. Е.О. Патон обратился к первому секретарю ЦК компартии Украины Н.С. Хрущеву с предложением о внедрении новой технологии в промышленность.

Е.О. Патону поручили подготовить соответствующее правительственное постановление. Были названы изделия ответственного назначения на 20 крупных заводах, в основном, Наркомата тяжелого машиностроения. Ученый определил потребность в оборудовании, в сварочных материалах, запланировал подготовку инженерно-технических работников и рабочих-операторов, издание инструкций, усовершенствование при необходимости конструкции изделий и др. Е.О. Патону, ссылаясь на мнение И.В. Сталина, было предложено перевести ИЭС в Москву. Ученый не согласился, и тогда его назначили по совместительству руководить еще и отделом сварки отраслевого института — Центрального научно-исследовательского института технологии машиностроения. В Москве состоялась Всесоюзная конференция по сварке. Основным был доклад Е.О. Патона «Скоростная автоматическая электросварка голым электродом под слоем флюса».

В декабре 1940 г. ЦК ВКП(б) и Совнарком СССР приняли Постановление «О внедрении скоростной автоматической сварки». Е.О. Патон был назначен Государственным советником по машиностроению, ему поручалось руководство выполнением этого Постановления. С января 1941 г. Е.О. Патон приступил к новым обязанностям.

Организуя внедрение автоматической сварки, Е.О. Патон ездил в Брянск и Горький, Калинин и Ленинград, Подольск и Ярославль, на заводы Урала. Постоянная работа институтских инструкторов на заводах обеспечивала не только внедрение разработок, но и обратную связь с институтом, где технология и оборудование корректировались. В первой половине 1941 г. В Москве и Киеве Е.О. Патон провел конференции по автоматической сварке.

В марте 1941 г. без предварительного объявления и оформления документов Е.О. Патон был удостоен Сталинской премии Первой степени (еще в 1939 г. Патон отправил в газету «Правда» письмо с рукописью статьи — сообщением о создании новой технологии сварки и ее возможностях, но его... «потеряли». И вдруг письмо обнаружилось, нашлось для статьи и место в центральной прессе). Так мир узнал о технологическом прорыве в СССР. В США такую технологию к этому времени применили только три фирмы, но в 1941 г. цельносварные сухогрузы и танкеры стали раскалываться.

Суровой проверке патоновский принцип создания инновационных технологий подвергся в годы Великой Отечественной войны. В Нижнем Тагиле на Уральском танковом заводе им. Коминтерна под руководством Е.О. Патона удалось впервые в мире создать оборудование и технологию автоматической сварки танков и другой бронетехники.

Следует вспомнить, что технология и материалы сварки под флюсом были разработаны применительно к сварке обычных конструкционных сталей.

В преддверии Второй мировой войны военно-промышленные комплексы Германии, США, СССР и ряда других стран усилили внимание к сварке брони. Толстые броневые плиты танков сваривали специальными электродами вручную многослойными швами. Эту технологию уже несколько лет применяли в Германии при строительстве крейсеров и производстве танков. Не занимались броневыми сталями авторы первой технологии автоматической сварки под флюсом в американской фирме «Линде».

Внедрить автоматическую сварку корпусов танка Т-34 предложил Н.С. Хрущев. Он пишет: *«Еще когда я подробно расспрашивал Патона о возможностях сварки, у меня родилась мысль использовать его метод для сварки танковых корпусов на потоке. Я спросил его: «Сможете ли вы варить танковую сталь?» Он задумался: «Надо изучить. Я не могу сейчас вам ответить. А какая толщина этой брони?» – «Видимо, до 100 миллиметров». «Сложно, но попробуем. Думаю, удастся». Теперь я вновь встретился с Патоном, чтобы лучше узнать, какие детали, какие металлы и какой толщины он может сваривать своим способом. Я надеялся, что его метод мог быть полезен для сварки танковых корпусов. Ведь война придвигалась вплотную. Когда я опять поставил этот вопрос, Патон заметил, что нужно знать состав стали. Я предложил ему съездить на Харьковский танковый завод. Сначала это был завод, кажется, Гартмана, а потом он назывался ХПЗ (Харьковский паровозостроительный завод имени Коминтерна), но там уже производилась новая продукция — изготавливались танки и дизель-моторы... Патон поехал в Харьков, познакомился с производством танков, затем сообщил, что ему понадобится какое-то время для размышлений, но уверен, что можно будет организовать автоматическую сварку танковых корпусов под флюсом. Говорю ему: «Это была бы большая победа для всей страны и для армии. Большое сделали бы дело». Патон стал разрабатывать вместе с конструкторами танка и инженерами этого завода приспособления (как их называют в промышленности: кондукторы), которыми зажимались де-*

тали танка и в которых они сваривались. Забегу несколько вперед, чтобы закончить свой рассказ о Патоне и его участии в производстве танков, о его огромном участии в победах, которые были одержаны Красной Армией, потому что танки действительно начали сваривать, как блины печь, в результате помощи, оказанной Патоном». Е.О. Патон командировал В.И. Дятлова в Харьков. И специалист сразу столкнулся с проблемой — при сварке легированных закаленных сталей возникали трещины.

Вероломное нападение Германии, эвакуация на Урал в Нижний Тагил, организационные мероприятия на территории «Уралвагонзавода» прервали работы ИЭС на три месяца. Вскоре, в начале октября 1941 г., в цехах «Вагонки» разместили Харьковский паровозостроительный завод № 183. «Узким» местом здесь и на других заводах страны оказались участки сварки бронекорпусов. Цеха были завалены броневыми плитами. Круглосуточно работали сотни квалифицированных сварщиков-ручников. Необходимо было создать технологию высокопроизводительной автоматической сварки.

Основная проблема, четко проявившаяся при проведении опытов в Нижнем Тагиле, заключалась в образовании в металлах шва и зоны термического влияния трещин.

Решение, найденное В.И. Дятловым и инженером-технологом харьковского завода Б.А. Иванова, сейчас кажется очевидным и простым. Они предложили укладывать в разделку кромок низкоуглеродистую присадочную проволоку. В результате уменьшалось науглероживание шва и перегрев кромок.

В январе 1942 г. был сварен первый опытный образец. Технология и оборудование прошли апробацию; обстрел корпуса показал более высокую живучесть, чем сваренного вручную. Е.О. Патон пишет: *«Предложение, внесенное Дятловым и Ивановым: применить присадочную проволоку, оказалось счастливым...Наконец-то швы стали получаться без трещин. А производительность сварки даже увеличилась. Мы гордились и сейчас гордимся тем, что советские танкостроители первыми в мире научились варить броню под флюсом. До самого конца войны у немцев не было автосварки танковой брони, а у американцев она появилась только в 1944 г.»*

Курс Е.О. Патона на самостоятельное решение металлургических вопросов оправдывался много раз. Завод «Пролетарий» на Донбассе, где в 1940 г. выплавили флюс, эвакуировали, и выпуск флюса прекратился. Е.О. Патон пишет: *«В начале 1942 года с заводов, применявших автосварку, начали поступать в адрес института письма. То-*

варищи сообщали, что иссякают запасы черного флюса АН-1... Я говорил Дятлову: — Понимаете ли вы, Владимир Иванович, что такое положение с флюсом расхоложивает заводы? От рвения, с которым они взялись за освоение автосварки, может ничего не остаться.

— Конечно, понимаю, — ответил Дятлов, — для заводов это реальная угроза остановки станков и возврата к ручной сварке».

Дятлов разработал новый флюс из местного уральского сырья. Но наладить его массовое производство оказалось невозможным — свободных печей не было. Удача пришла неожиданно. Е.О. Патон пишет: «А.И. Коренной наткнулся на кучу строительного шлака. Опытный глаз сварщика по светлозеленому цвету и грануляции сразу уловил сходство с плавным флюсом АН-2... Идите к Дятлову и Слуцкой, — напутствовал я сотрудника, — они же столько шлаков перепробовали...».

Возникли проблемы и со сварочной аппаратурой. Е.О. Патон пишет: «В нашей головке А-66 регулирование длины дуги производилось автоматически с помощью двухмоторного дифференциального механизма. Автоматическое регулирование дуги до сих пор считалось большим преимуществом. И вот в 1942 году Владимир Дятлов открыл явление саморегулирования сварочной дуги и предложил совершенно новый и оригинальный тип головки для сварки под флюсом. Баланс энергии в дуге изменяется в зависимости от её длины. Исходя из этого, Дятлов выдвинул предложение подавать электродную проволоку в зону сварочной дуги с постоянной скоростью, соответствующую заданному режиму сварки... Это открытие позволило коренным образом упростить как электрическую схему головки, так и механизм подачи проволоки. Теперь отпала надобность в автоматическом регулировании длины дуги — достаточно было иметь простой механизм для вращения роликов, подающих электродную проволоку. Отпала надобность во втором моторе, то есть в двигателе постоянного тока и в схеме его питания, в остродефицитных купроксных выпрямителях. Вся электрическая и механическая часть головки предельно упрощались.

Идея Дятлова привела многих в институте в превеликое смущение. Со всех сторон сыпались возражения и протесты. Товарищам казалось, что происходит потрясение всех основ, что под удар будет поставлено качество сварки под

флюсом, что ей грозит чуть ли не полный крах и т.п. Вначале я был, кажется, единственным, кто твердо, без всяких оговорок поддерживал Дятлова».

Новые сварочные аппараты изготавливали в мастерской ИЭС подростки — дети сотрудников института. Промышленность СССР в короткий срок была обеспечена надёжным сварочным оборудованием.

В сложных условиях военного времени продолжались исследования особенностей сварки под флюсом. Б.Е. Патон, А.М. Макара установлена взаимозависимость между параметрами режима дуговой сварки и распределением энергии на плавление в зоне сварки. Впервые экспериментально доказали наличие дугового разряда, опровергнув мнение американских коллег. Результаты этих и других исследований явились основой для совершенствования технологии и оборудования. В течение 1942 г. были созданы новый класс сварочного оборудования и поточные линии по производству танков, бомб и боеприпасов. Было издано соответствующее пособие.

Сотрудники института внедряли новую технику, обучали и инструктировали. Автоматической сваркой успешно овладели подростки, заменившие опытных сварщиков-ручников. Полезный съём продукции с единицы производственной площади увеличился в несколько раз. Производительность автоматической сварки не шла ни в какое сравнение с производительностью прежней технологии. Заводы экономили до 42 % электроэнергии. Одна установка заменяла 10-14 человек. Так, на Уральском танковом заводе №1183 на поточной линии было смонтировано 16 установок для автоматической сварки под флюсом основных узлов танка. В кратчайшие сроки оборудование и технологии были внедрены на остальных танкостроительных и других заводах оборонной промышленности. К концу войны заводы выпускали до 30 тыс. тяжелых и средних танков, самоходных орудий ежегодно.

В марте 1943 г. Евгению Оскаровичу Патону, первому из академиков АН УССР, было присвоено звание Героя Социалистического Труда. Е.О. Патон отмечает: «В конце 1943 г. правительство наградило орденами и медалями большую группу научных сотрудников нашего института. Ордена получили П.И. Севбо, А.М. Сидоренко, А.И. Коренной, И.К. Олейник, Б.Е. Патон; медали — Ф.Е. Сороковский, М.Н. Сидоренко, Г.З. Волошкевич, А.М. Макара и С.А. Островская».

А.Н. Корниенко, д-р истор. наук

К 60-летию разработки ИЭС им. Е.О. Патона первой самозащитной порошковой проволоки для дуговой сварки ПП-АН1

Электродная лаборатория Института электросварки им. Е.О. Патона под руководством И.К. Походни в 1958 г. начала проводить исследования путей создания электродных материалов для механизированных процессов, которые бы обеспечивали дальнейшее повышение производительности труда и качества сварных конструкций при их изготовлении в открытых цехах, на монтажных площадках и в полевых условиях. Применение известных способов механизированной сварки под флюсом и в углекислом газе в этих условиях затруднено из-за ухудшения защиты расплавленного металла и снижения вследствие этого качества сварных швов.

Как результат этих исследований в 1959 г. был разработан способ полуавтоматической сварки открытой дугой без дополнительной газовой защиты зоны сварки. При этом в качестве электродного металла использовалась самозащитная порошковая проволока. Защита капле металла в дуговом промежутке осуществлялась за счет инициирования развития термохимических реакций в шлако- и газообразующих составляющих сердечника проволоки при ее нагреве и плавлении в процессе сварки. Сотрудниками Института электросварки А.М. Суптелем и И.К. Походней была впервые предложена композиция сердечника порошковой проволоки, позволяющая получить сплошным металл шва, соответствующий по своим механическим свойствам металлу шва, сваренного покрытыми электродами типа Э-42 и Э-46. Эта разработка способа сварки, а также промышленный образец порошковой проволоки ПП-АН1, не требующей дополнительной защиты расплавленного металла, уже в 1959 г. дали начало развитию нового эффективного направления механизации дуговой сварки. Свойства нового электродного материала и возможности применения процесса с его использованием подробно были описаны в статье «Механизированная сварка открытой дугой порошковой проволокой», опубликованной в № 11 журнала «Автоматическая сварка» за 1959 г.

Хорошие технологические свойства и производительность сварки порошковой проволокой ПП-АН1 позволяют ей быть востребованной и в современных условиях. На сегодня наиболее крупными потребителями проволоки этой марки в Украине являются предприятия АО «Укрзалізниця».

Разработка состава порошковой проволоки марки ПП-АН1 и технологии ее изготовления послужили началом создания и организации промышленного производства и применения способа сварки самозащитной порошковой проволокой в нашей стране.

За прошедшие 60 лет в отделе, который до 2015 г. бессменно возглавлял И.К. Походня, были изучены особенности тепло- и массообмена и твердофазного взаимодействия составляющих сердечника порошковой проволоки при нагреве, разработаны методы регулирования скоростей плавления оболочки и сердечника порошковой проволоки, предложены методы предупреждения пористости швов. Изучение кинетики плавления и переноса электродного металла позволило установить особенности окислительно-восстановительных реакций взаимодействия между металлом, шлаком и газовой фазой и предложить методы управления этими процессами



Авторы первой самозащитной порошковой проволоки ПП-АН1 Походня И.К. (слева) и Суптель А.М. (справа) в лаборатории отдела № 10 Института электросварки (1977 г.)

для удалення продуктів реакцій із зварочної ванни, забезпечення оптимального легірування металічної матриці і досягнення високої сопроотивляемості зварних з'єднань зародженню і розповсюдженню тріщин. Проведені дослідження дозволили створити ряд захищених патентами композицій і конструкцій самозащитних порошкових проволоку різного призначення, які забезпечують необхідний рівень механічних властивостей зварних з'єднань.

Розробка самозащитних порошкових проволоку явилася принципіально новим кроком в техніці і технології зварочного виробництва. Використання порошкових проволоку дозволило підвищити продуктивність зварки в порівнянні з електродуговою зваркою покритими електродами в 2...5 раз і, таким чином, вирішити проблему механізації зварочних процесів на монтажі, в відкритих цехах, в польових умовах, на стапелях. Морські реєстри Lloyd Register of Shipping (Великобританія), Bureau Veritas (Франція), American Bureau of Shipping (США), Germanischer Lloyd (ФРН) допустили використання самозащитних порошкових проволоку для виготовлення відповідальних корпусних конструкцій морських і річкових судів.

Досягнення ІЭС в цій області отримали світове визнання і були реалізовані в ряді країн світу на основі ліцензійних угод.

В.Н. Шлепаков, А.С. Котельчук

Міжнародна конференція

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ У ЗВАРЮВАННІ І СПОРІДНЕНИХ ПРОЦЕСАХ

*З нагоди 125-річчя з дня народження
академіка Хренова Костянтина Костянтиновича*

23–24 травня 2019 р.

м. Київ, Україна

Напрямки роботи конференції

- Фізико-хімічні процеси
- Міцність, надійність та ресурс
- Інноваційні технології
- Комп'ютерні технології
- Контроль якості
- Нанотехнології
- Обладнання та джерела живлення
- Формування структури і властивостей з'єднань та матеріалів

Контактна інформація

03056, м. Київ, вул. Дашавська 6/2,
кафедра зварювального виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського
Тел.: +380-44-204-92-58; 204-82-40; 204-99-31; факс: +380-44-204-82-40
E-mail: polywedconf@gmail.com

Всеукраїнська конференція

ПРОБЛЕМИ ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Присвячується 60-річчю кафедри зварювального виробництва НУК

17–19 вересня 2019 р.

Миколаїв, Коблеве

Тематичні напрямки роботи конференції:

- Технології, матеріали та устаткування зварювання плавленням
- Зварювання у твердому стані
- Паяння та споріднені процеси
- Інженерія поверхні
- Нові конструкційні матеріали та покриття
- Міцність зварних та спаяних з'єднань
- Комп'ютерне моделювання та експериментальні дослідження напружено-деформованого стану зварних і спаяних з'єднань

Оргкомітет:

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Вчений секретар оргкомітету – Костін Олександр Михайлович
тел. +38(050) 982-97-67; E-mail: koctin.weld@gmail.com

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
Международная Ассоциация «Сварка»
Ассоциация «Электрод»
Общество сварщиков Украины

Международная конференция «Материалы для сварки, наплавки, нанесения покрытий и 3D-технологий»

4–5 июня 2019 г., Киев, Украина



Тематика конференции

- ☑ актуальные проблемы металлургии и технологии дуговых процессов сварки и наплавки;
- ☑ материалы для механизированных и роботизированных процессов получения неразъемных соединений;
- ☑ материалы для ручной дуговой сварки;
- ☑ материалы для 3D-технологий;
- ☑ технологии, оборудование и аналитический контроль в производстве сварочных материалов.

Рабочие языки конференции: **украинский, русский, английский.**

Подача заявки для участия без доклада – до 1 июня 2019 г.

К началу конференции будет издан сборник трудов конференции в специальном выпуске журнала «Автоматическая сварка» №6, 2019.

Расылка второго информационного сообщения с программой конференции – до 20 апреля 2019 г.

Оплата регистрационного взноса (2000 грн.) – до 4 июня 2019 г.

Организационный комитет конференции:

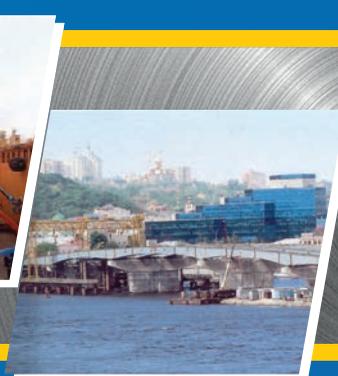
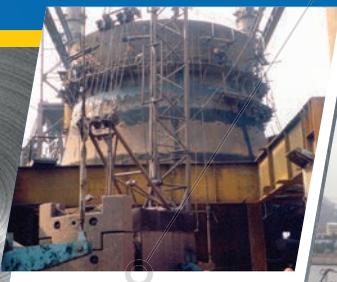
Международная Ассоциация «Сварка»

📍 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича (Боженко), 11

☎ тел.: (38044) 200-82-77, 200-63-02

✉ e-mail: journal@paton.kiev.ua

🌐 http://pwi-scientists.com/rus/welding-consumables_2019



XVIII МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ – 2019

МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ

19 - 22

листопада














ОРГАНІЗАТОР:
Міжнародний виставковий центр

Генеральний інформаційний партнер: **ОБ'ЄДИНЕНЕ ПІСЬМАНСТВО**

Ексклюзивний медіа партнер: **ЖУРНАЛ ГОЛОВНОГО ІНЖЕНЕРА**

Технічний партнер: **RentMedia**



*Міжнародний виставковий центр
Україна, 02002, Київ
Броварський пр-т, 15
М "Лівобережна"*

☎ (044) 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: alexk@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.мвц.укр
www.tech-expo.com.ua

Подписка – 2019 на журнал «Автоматическая сварка»
www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/as
 Подписной индекс 70031

Украина		Зарубежные страны	
на полугодие	на год	на полугодие	на год
990 грн.	1980 грн.	90 дол. США	180 дол. США

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

Подписку на журнал «Автоматическая сварка» можно оформить непосредственно через редакцию или по каталогам подписных агентств: ДП «Преса», «Пресцентр», «Меркурий» (Украина); каталог «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать», Объединенный каталог «Пресса России» (Россия); каталог АО «Казпочта» Издания Украины (Казахстан); каталог зарубежных изданий «Белпочта» (Беларусь).



Подписка – 2019 на журнал «The Paton Welding Journal»
www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj
 Подписной индекс 21971



Украина		Страны дальнего зарубежья	
на полугодие	на год	на полугодие	на год
2400 грн.	4800 грн.	192 дол. США	384 дол. США

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

**Правила для авторов, лицензионные соглашения, архивные выпуски журналов на сайте издательства www.patonpublishinghouse.com.
 В 2019 г. в открытом доступе выпуски журналов с 2009 по 2017 гг. в формате *.pdf.**

Подписано к печати 04.04.2019. Формат 60×84/8. Офсетная печать.
 Усл. печ. л. 9,14. Усл.-отт. 9,99. Уч.-изд. л. 10,44.
 Печать ООО «ДИА». 03022, г. Киев-22, ул. Васильковская, 45.