

Патоновская марка



# СВАРЩИК

Производственно-технический журнал

№ **3** 2017

май-июнь

**ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВО  
РЕМОНТ**



Цікаво знати  
більше?



**ІДЕАЛЬНІ З'ЄДНАННЯ МОЖЛИВІ.  
ТОМУ ЩО МИ РОЗРОБИЛИ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНУ СИСТЕМУ TRS/i.**



[facebook.com/FroniusUkraine](https://facebook.com/FroniusUkraine)



[twitter.com/FroniusUkraine](https://twitter.com/FroniusUkraine)

/ТОВ «ФРОНІУС УКРАЇНА»  
/ тел.: +38 044 277-21-41, факс: +38 044 277-21-44  
/ sales.ukraine@fronius.com / www.fronius.ua

Дніпропетровська філія: +38 056 372 51 93,

Стрийська філія: +38 032 457 76 01



3(115) 2017

Журнал выходит 6 раз в год.  
Издается с апреля 1998 г.  
Подписной индекс 22405

Журнал награжден Почетной  
грамотой и Памятным знаком  
Кабинета Министров Украины

# СВАРЩИК<sup>НТК</sup>

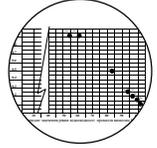
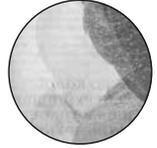
Производственно-технический журнал

№ 3 2017  
май - июнь

ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВО  
РЕМОНТ

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новости техники и технологий</b> .....	<b>5</b>
<b>Технологии и материалы</b>	
Влияние высокотемпературного нагрева на механические свойства и структуру металла ЗТВ сталей S355J2 и S460M. <i>В.Д. Позняков, А.В. Завдоев, С.Л. Жданов</i> .....	<b>6</b>
<b>Технологии сварки трением</b>	
Сварка металлов и сплавов трением. Особенности образования соединения при конвенционном и инерционном процессах. <i>Г.И. Лащенко</i> .....	<b>11</b>
<b>Производственный опыт</b>	
Формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках большой мощности. <i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак</i> .....	<b>17</b>
<b>Технологии сварки труб</b>	
Причины локальных повреждений сварных соединений трубопроводов АЭС. <i>О.Г. Касаткин, А.К. Царюк, В.Ю. Скульский, А.Р. Гаврик, С.И. Моравецкий</i> . . .	<b>24</b>
<b>Стандартизация</b>	
Оценка риска эксплуатации сварных конструкций на основании мониторинга процессов системы управления качеством и проведения комплекса испытаний. <i>Ю.К. Бондаренко, О.В. Ковальчук</i> .....	<b>28</b>
<b>Роботизация сварочного производства</b>	
Роботизированная дуговая наплавка рельсовых окончаний железнодорожных крестовин. <i>С.В. Хлебников, С.В. Дубовецкий, С.В. Можяев, Д.В. Плющ, А.Е. Шершенюк</i> . . .	<b>34</b>
<b>Вклад НТК ИЭС им. Е.О.Патона в Международное научно-техническое сотрудничество</b>	
Первая сессия Совета совместного китайско-украинского научно-исследовательского центра «Чжунцзи-Патон» .....	<b>38</b>
<b>Выставки</b> .....	<b>40</b>
<b>Подготовка кадров</b>	
21-й Международный конкурс сварщиков «Золотой кубок Линде 2017» .....	<b>43</b>
<b>Страницы истории</b>	
Мосты Патона. <i>А.А. Мазур, В.И. Снежко</i> .....	<b>46</b>
Создание электродуговой сварки и организация сварочного производства. <i>Г.И. Ширшова</i> .....	<b>50</b>
<b>Все для сварки. Торговый Ряд</b> .....	<b>54</b>



<b>Новини техніки та технологій</b> .....	<b>5</b>
<b>Технології та матеріали</b>	
● Вплив високотемпературного нагріву на механічні властивості та структуру металу ЗТВ сталей S355J2 і S460M. <i>В.Д. Позняков, А.В. Завдодеев, С.Л. Жданов</i> .....	<b>6</b>
<b>Технології зварювання тертям</b>	
● Зварювання металів та сплавів тертям. Особливості утворення з'єднання при конвенційному та інерційному процесах. <i>Г.І. Лашенко</i> .....	<b>11</b>
<b>Виробничий досвід</b>	
● Формування факелу підігрівачого полум'я в різачках та пальниках великої потужності. <i>В.М. Литвинов, Ю.М. Лисенко, С.А. Чумак</i> .....	<b>17</b>
<b>Технології зварювання труб</b>	
● Причини локальних пошкоджень зварних з'єднань трубопроводів АЕС. <i>О.Г. Касаткін, А.К. Царюк, В.Ю. Скульський, А.Р. Гаврик, С.І. Моравецький</i> .....	<b>24</b>
<b>Стандартизація</b>	
● Оцінка ризику експлуатації зварних конструкцій на підставі моніторингу процесів системи управління якістю і проведення комплексу випробувань. <i>Ю.К. Бондаренко, О.В. Ковальчук</i> .....	<b>28</b>
<b>Роботизація зварювального виробництва</b>	
● Роботизоване дугове наплавлення рейкових закінчень залізничних хрестовин. <i>С.В. Хлебников, С.В. Дубовецький, С.В. Можаяев, Д.В. Плющ, А.Е. Шершенюк</i> .....	<b>34</b>
<b>Вклад НТК ІЕЗ ім. Є.О.Патона у Міжнародну науково-технічну співпрацю</b>	
● Перша сесія Ради спільного китайсько-українського науково-дослідного центру «Чжунцзі-Патон».....	<b>38</b>
<b>Виставки</b> .....	<b>40</b>
<b>Підготовка кадрів</b>	
● 21-й Міжнародний конкурс зварників «Золотий кубок Лінде 2017»... ..	<b>43</b>
<b>Сторінки історії</b>	
● Мости Патона. <i>О.А. Мазур, В.І. Снежко</i> .....	<b>46</b>
● Створення електродугового зварювання і організації зварювального виробництва. <i>Г.І. Ширшова</i> .....	<b>50</b>
<b>Все для сварки. Торговий Ряд</b> .....	<b>54</b>
<b>CONTENT</b>	
<b>News of technique and technologies</b> .....	<b>5</b>
<b>Technologies and materials</b>	
● The effect of high temperature heating on mechanical properties and structure of the metal of ZTV (TZI) of S355J2 and S460M steels. <i>V.D. Poznyakov, A.V. Zavdoveev, S.L. Zhdanov</i> .....	<b>6</b>
<b>Technologies of friction welding</b>	
● Welding of metals and alloys by friction. Features of the formation of welded joint at conventional and inertial processes. <i>G.I. Lashenko</i> .....	<b>11</b>
<b>Production experience</b>	
● Formation of a flame of the warming flame in cutting torches and burners of high power. <i>V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak</i> .....	<b>17</b>
<b>Technologies of pipes welding</b>	
● Causes of local damages of welded joints of pipelines of NPP (nuclear power plant). <i>O.G. Kasatkin, A.K. Tsaryuk, V.Yu. Skul'skiy, A.R. Gavrik, S.I. Moravetskiy</i> .....	<b>24</b>
<b>Standardization</b>	
● Assessment of the risk of operation of welded structures on the basis of monitoring the processes of the quality management system and carrying out a complex of tests. <i>Yu.K. Bondarenko, O.V. Koval'chuk</i> .....	<b>28</b>
<b>Robotization of welding production</b>	
● Robotic arc surfacing of rail endings of railway cross-pieces. <i>S.V. Khlebnikov, S.V. Dubovetskiy, S.V. Mozhaev, D.V. Plyushch, A.E. Shershenyuk</i> .....	<b>34</b>
<b>Contribution of the STC of E.O. Paton EWI in the International scientific and technical cooperation</b>	
● The first session of the Council of the joint Chinese-Ukrainian of research and development center «Chzhuntszi-Paton».....	<b>38</b>
<b>Exhibitions</b> .....	<b>40</b>
<b>Training of personnel</b>	
● 21-st International of welders contest «Golden Cup of Linde 2017»... ..	<b>43</b>
<b>Page of history</b>	
● Paton Bridges. <i>A.A. Mazur, V.I. Snezhko</i> .....	<b>46</b>
● Creation of electric arc welding and organization of welding production. <i>G.I. Shirshova</i> .....	<b>50</b>
<b>All for welding. Trading row</b> .....	<b>54</b>

# СВАРЩИК

Производственно-технический журнал

№ 3 2017  
маї - юнь

ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВО  
РЕМОНТ

Свидетельство о регистрации  
КВ № 21846-11746 ПП от 22.01.2016

**Учредители** Институт электросварки  
им. Е. О. Патона НАНУ,  
Общество с ограниченной  
ответственностью  
«Технопарк ИЭС им. Е. О. Патона»

**Издатель** Научно-технический комплекс  
«ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ

**Информационная поддержка:**

Общество сварщиков Украины  
Журнал «Автоматическая сварка»  
Национальный технический  
университет Украины «КПИ»

Журнал издается  
при содействии UNIDO



**Главный редактор** В. Д. Позняков

**Зам. главного редактора**

В. Г. Абрамишвили

**Редакционная коллегия**

В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко,  
А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко,  
В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко,  
О. Г. Левченко, В. М. Литвинов,  
Л. М. Лобанов, А. А. Мазур,  
В. И. Панов, П. П. Проценко,  
С. В. Пустовойт, И. А. Рязцев,  
А. А. Сливинский

**Редакционный совет**

В. Г. Фартушный (председатель),  
Н. В. Высоколян, П. А. Косенко,  
М. А. Лактионов, Я. И. Микитин,  
В. Н. Проскудин

**Редакторы**

Р. С. Сухомуд  
О. А. Трофимец

**Верстка**

А. В. Рябов

**Адрес редакции**

03150, Киев, ул. Антоновича, 62 Б,  
03150, Киев, а/я 337

**Телефон**

+380 44 200 53 61, 200 80 18

**Тел./факс**

+380 44 200 80 14

**E-mail**

welder.kiev@gmail.com  
trofimits.welder@gmail.com

**URL**

http://www.welder.stc-paton.com/

**Представительство в Беларуси**

Минск, УП «Белгазпромдиагностика»  
А. Г. Стешиц  
+375 17 210 2448, ф. 205 0868

**Представительство в России**

Москва, ООО «Специальные  
сварочные технологии»  
В. В. Сипко  
+7 903 795 18 49  
e-mail: ctt94@mail.ru

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 07.06.2017. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Гарнитура PetersburgС. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.

Зак. № 767 от 07.06.2017. Тираж 900 экз.

Печать: ЧП «ИТЕК СЕРВИС», 2017.

Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ, 2017

**Подписка-2017**  
на журнал «Сварщик»  
в каталоге «Укрпочта»  
Подписной индекс  
**22405**

**Влияние высокотемпературного нагрева на механические свойства и структуру металла ЗТВ сталей S355J2 и S460M.**

*В. Д. Позняков, А. В. Завдовеев, С. Л. Жданов*

Исследовано влияние высокотемпературного изотермического нагрева на механические свойства листового проката и металла ЗТВ микрولةгированных сталей S355J2 и S460M. Показано, что механические свойства данных сталей, имеющих близкий химический состав по основному легирующему элементам, стабильны вплоть до температур нагрева 600 °С, однако начинают изменяться при дальнейшем увеличении температуры нагрева. Отличиями в содержании микрولةгирующих элементов и состоянием поставки и объясняются изменение механических свойств сталей. Показано, что в отличие от стали S460M, сталь S355J2 термически более стабильна и сохраняет показатели статической прочности и пластичности на уровне проката в состоянии поставки. Прочность стали S460M достигается путем формирования мелкодисперсной структуры, а высокие механические свойства у стали S355J2 достигаются за счет микрولةгирования.

**Сварка металлов и сплавов трением. Особенности образования соединения при конвенционном и инерционном процессах.**

*Г. И. Лашенко*

Показано, что закономерности процесса образования соединения при сварке трением базируются на основах, разработанных наукой о трении. При сварке трением в стыке действует внутренний источник тепловой энергии, вызывающий быстрый локальный нагрев небольших объемов металла. Процесс образования соединения при конвенционной сварке делится на шесть фаз: притирка, увеличение площади контакта, повышение температуры, подготовка поверхностей к соединению, торможение, проковка. Основным отличием инерционной сварки трением от конвенционной является нагрев места сварки при спадающей частоте вращения шпинделя и более «жесткий» термический режим. При сварке трением в металле стыка формируется равноосное зерно в 10–30 раз мельче зерна основного металла, а в зоне термического влияния не наблюдается заметного роста зерна. Отмечено, что при сварке трением механические свойства соединений выгодно отличаются от полученных при др. способах сварки.

**Формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках большой мощности.**

*В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак*

Рассмотрены принципы работы и формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках с различными видами сопел. Отмечено, что известный способ кислородной резки в защитном газе позволяет разрезать заготовку толщиной до 3200 мм, но при этом расходуется неоправданно большое количество газов-энергоносителей. Оборудование и технология кислородной резки 300 т слитков (толщиной до 3200 мм), разработанные на НПО «НИИПТмаш» и не имеющие аналогов, вдвое снижают расходы рабочих газов и делают процесс резки рентабельным. Рассмотрены новаторские разработки (мундштук для резаков и газовый резак с внешним смешением газов, газокислородный резак), позволившие увеличить потолок разрежаемой толщины при одновременном сокращении расхода газов-энергоносителей. Приведены механизмы горения факелов газокислородных и газоповитриных горелок для внепечного нагрева массивных заготовок.

**Причины локальных повреждений сварных соединений трубопроводов АЭС.**

*О. Г. Касаткин, А. К. Царюк, В. Ю. Скульский, А. Р. Гаврик, С. И. Моравецкий*

Показано, что основными факторами, вызывающими коррозионное растрескивание и разрушение композитных сварных соединений трубопроводов, являются химическая и структурная неоднородности металла сварных соединений, образование мартенситных и обезуглероженных прослоек, напряженное состояние и водородное охрупчивание металла. Предложен способ повышения сопротивляемости сварных соединений локальным коррозионным повреждениям, состоящий в том, что в сварные соединения между аустенитной и углеродистой сталью вводится промежуточный слой из технического железа. Это позволяет исключить образование в сварных швах хрупкого легированного мартенсита и обезуглероженных прослоек в металле ЗТВ, что повышает коррозионную стойкость сварных соединений с промежуточным слоем.

**Влияние высокотемпературного нагрева на механические свойства и структуру металла ЗТВ сталей S355J2 и S460M.**

*В. Д. Позняков, А. В. Завдовеев, С. Л. Жданов*

Досліджено вплив високотемпературного ізотермічного нагріву на механічні властивості листового прокату та металу ЗТВ мікрولةгированих сталей S355J2 і S460M. Підтверджено, що механічні властивості цих сталей, що мають близький хімічний склад за основним легуючим елементом, стабільні аж до температур нагріву 600 °С, однак починають змінюватись при подальшому збільшенні температури. Відмінностями складу мікрولةгированих елементів та станом поставки й пояснюють зміну механічних властивостей сталей. Доведено, що на відміну від сталі S460M, сталь S355J2 термічно більш стабільна та зберігає показники статичної міцності і пластичності на рівні прокату у стані поставки. Міцність сталі S460M досягається шляхом формування дрібнодисперсної структури, а високі механічні властивості сталі S355J2 – за рахунок мікрولةгування.

**Зварювання металів та сплавів третям. Особливості утворення з'єднання при конвенційному та інерційному процесах.**

*Г. І. Лашенко*

Показано, що закономірності процесу утворення з'єднань при зварюванні третям базуються на основах, що розроблені наукою про третя. Під час зварювання третям у стик діє внутрішнє джерело теплової енергії, яке викликає локальне нагрівання невеликих об'ємів металу. Процес утворення з'єднання при конвенційному зварюванні розподіляється на шість фаз: притирання, збільшення площі контакту, підвищення температури, підготовку поверхонь до з'єднання, гальмування, проковування. Основною відмінністю інерційного зварювання третям від конвенційного є нагрів місця зварювання при спадаючій частоті обертання шпинделя та більш «жорсткий» термічний режим. При зварюванні третям в металі стика формується рівноосне зерно у 10–30 разів дрібніше зерна основного металу, а в зоні термічного впливу не спостерігається помітного росту зерна. Відмічено, що під час зварювання третям механічні властивості з'єднань вигідно відрізняються від отриманих іншими способами зварювання.

**Формування факела підігрівачого полум'я в резаках та пальниках великої потужності.**

*В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак*

Розглянуто принципи роботи і формування факела підігрівачого полум'я в резаках та пальниках з різними видами сопел. Відмічено, що відомий спосіб кисневого різання у захисному газі дозволяє розрізати заготовку товщиною до 3200 мм, але при цьому витрачається невідповідно велика кількість газів-енергоносіїв. Обладнання і технологія кисневого різання 300 т злитків (товщиною до 3200 мм) розроблені на НВО «НІПТмаш», що не мають аналогів, удвічі знижують витрати робочих газів та роблять процес різання рентабельним. Розглянуто новаторські розробки (мундштук для різаків та газовий різак із зовнішнім змішуванням газів, газокисневий різак), які дозволили збільшити розмір товщини що ріжеться при одночасному скороченні витрат газів-енергоносіїв. Приведено механізми горіння факелів газокисневих та газоповитрих пальників для позапічного нагріву масивних заготовок.

**Причини локальних пошкоджень зварних з'єднань трубопроводів АЕС.**

*О. Г. Касаткин, А. К. Царюк, В. Ю. Скульский, А. Р. Гаврик, С. И. Моравецкий*

Показано, що основними факторами, які викликають корозійне розтріскування та руйнування композитних зварних з'єднань трубопроводів, є хімічна та структурна неоднорідності металу зварних з'єднань, утворення мартенситних і безуглецевих прошарків, напружений стан та водневе окрихчування металу. Запропоновано спосіб підвищення опірності зварних з'єднань локальним корозійним пошкодженням, який полягає в тому, що в зварні з'єднання між аустенітною та вуглецевою сталлю вводиться проміжний шар із технічного заліза. Це дозволяє виключити утворення в зварних швах крихкого легovanого мартенситу та безуглецевих прошарків в металі ЗТВ, що підвищує корозійну стійкість зварних з'єднань з проміжним шаром.

## Виталию Михайловичу Литвинову — 70 лет!



13 июня 2017 г. исполнилось 70 лет Виталию Михайловичу Литвинову, известному специалисту в области кислородной резки металлов больших толщин, главному сварщику ООО «НИИПТмаш-ОЗ», г. Краматорск, члену редколлегии журнала «Сварщик». После окончания в 1970 г. Краматорского индустриального института по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» В. М. Литвинов работал в Нижней Туре на электроаппаратном заводе старшим инженером-технологом, откуда был призван на службу в армию и работал начальником сварочного цеха мастерских по ремонту автомобилей. После демобилизации, в 1973 г. В. М. Литвинов поступил на работу в НПО «НИИПТмаш», в лабораторию термической резки, где занимался разработкой и внедрением оборудования и технологии механизированной кислородной резки металлов больших толщин. Еще будучи молодым специалистом он был удостоен званий «Изобретатель СССР» и «Лауреат НТТМ ВДНХ СССР». Одним из его научных достижений стало обоснование преимуществ принципа внешнего смешивания газов подогревающего пламени, позволившего проектировать машинные кислородные резаки без водяного охлаждения, безопасные с точки зрения обратных ударов пламени, простые по конструкции и в эксплуатации. Эта работа позволила успешно решить сложную задачу по кислородной резке прибыльной части 300-тонного слитка для опорного вала стана «5 000» на АО «Ижорский завод», диаметр слитка по линии реза — 3 200 мм.

В 1970–1980-х гг. в качестве руководителя работ В. М. Литвинов принимал активное участие в разработке и внедрении оборудования и технологии кислородной резки металлов больших толщин. География внедренных им работ широка: восточная и западная Сибирь, Урал и Поволжье, центр и запад

России; Днепропетровская, Запорожская, Донецкая области в Украине.

Под руководством и при непосредственном участии главного сварщика в ООО «НИИПТмаш-ОЗ» с 2004 г. расширены представления о роли подогревающего пламени в процессе кислородной резки, что позволило увеличить потолок разрезаемой толщины с 1 200 до 1 800 мм при сохранении прежними расходов газов-энергоносителей. Разработан способ кислородной резки высоколегированных (в т.ч. нержавеющей) сталей и чугуна, отличающийся от аналога (кислородно-флюсовой резки) стабильностью процесса и отсутствием каких-либо присадочных материалов. Ручные резаки специального назначения внедрены в производство при кислородной резке прибылей литья толщиной до 600 мм, крупногабаритного металлолома толщиной до 1 000 мм. Разработаны и внедрены устройства и установки для внепечного нагрева крупных заготовок и металлоконструкций различного назначения, в которых использованы оригинальные высокоэффективные газовоздушные горелки, работающие как на сжатом, так и на атмосферном воздухе.

В. М. Литвинов автор книги «Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении», 51 статьи в журналах, 13 докладов на конференциях, 22-х технических решений, признанных изобретением и защищенных авторскими свидетельствами и патентами.

*Коллективы ООО «НИИПТмаш-ОЗ», кафедры сварки Донбасской государственной машиностроительной академии, специалисты по сварке краматорских заводов НКМЗ, ЭМСС, СКМЗ, КЗТС, КЗМК; редакция и редколлегия журнала «Сварщик» поздравляют Виталия Михайловича Литвинова с юбилеем, желают ему доброго здоровья, новых научных достижений и успехов во всех начинаниях!*

### Науково-практична конференція: «Сучасні проблеми зварювального виробництва»



Товариство зварників України  
Общество сварщиков Украины

22–23 листопада 2017 р., м. Київ, МВЦ.  
Присвячується 25-річчю Товариства зварників України та 175-річчю М. М. Бенардоса — винахідника дугового зварювання

#### Програма конференції:

- розвиток прогресивних зварювальних процесів;
- нові зварювальні матеріали та обладнання;
- проблеми і тенденції автоматизації зварювальних та споріднених процесів;
- впровадження прогресивних технологій під час виготовлення та ремонту металоконструкцій;
- стандартизація та сертифікація в зварювальному виробництві;

- підготовка кадрів та організація конкурсів професійної майстерності;
- проблеми екології;
- розвиток міжнародного співробітництва.

**Організатори конференції:** Товариство зварників України, ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ.

Запрошуємо прийняти участь у роботі конференції.

Ваші пропозиції та тези доповідей просимо надавати до 1 серпня 2017 р. електронною поштою за адресою: [maksimov@paton.kiev.ua](mailto:maksimov@paton.kiev.ua), [pwi\\_37@ukr.net](mailto:pwi_37@ukr.net)

• #1671

## Сварочный тренажер Virtual Welding компании Fronius

Австрийская компания Fronius усовершенствовала свою платформу симуляции Virtual Welding. Теперь процесс сварки TIG можно изучать в виртуальной среде без риска получения травм и расхода материалов. Кроме навыков работы со сварочной горелкой, пользователи могут отрабатывать приемы применения присадочного материала. Этот функциональный пакет доступен в новых системах Virtual Welding в стандартной конфигурации, а для существующих систем его можно заказать в виде комплекта модернизации.

Система Virtual Welding предоставляет идеальную среду для приобретения первого опыта работы со сварочным оборудованием. Система состоит из терминала с дисплеем и полки, на которую пользователь кладет пластиковую деталь. Затем, используя реалистичную модель сварочной горелки, пользователь учится выполнять сварной шов, который отображается на дисплее в режиме реального времени. Очки виртуальной реальности с наголовником создают реалистичную картину выполняемых работ. Теперь, в дополнение к существующим функциям обучения сварке MIG/MAG, роботизированной и ручной электродуговой сварке, платформу Virtual Welding можно использовать для обучения процессу сварки TIG.

Тренажер Virtual Welding обладает целым рядом преимуществ для обучения в специализированных школах и учебных центрах. Начинающие сварщики могут изучать сварочные системы и прохо-



дить базовое обучение без риска получения травм. Более того, при этом не требуются дорогостоящие расходные материалы, такие как металл, проволока и газ. Совершенная дидактическая обучающая система включает процедуры обучения и симуляции, а также обеспечивает высокую мотивацию и быстрое прохождение учебной программы. Результаты сварки записываются. Затем их можно проанализировать и оценить как непосредственно на терминале, так и на отдельном компьютере.

Международный институт сварки одобрил использование виртуальных тренажеров для практической подготовки инженеров по сварке.

В будущем учебные заведения, благодаря использованию Virtual Welding, могут получить большие преимущества и инновационные методы обучения.

[www.fronius.ua](http://www.fronius.ua)

● #1672

## Машина сварочная внутренняя автоматическая АСМТ-1420

Машина АСМТ-1420 (предприятие «ЭСО», г. Санкт-Петербург) предназначена для автоматической сборки стыка, сварки корневого прохода в сварочно-монтажном потоке строительства магистральных трубопроводов.

### **Принцип работы внутренней сварочной машины.**

Зажимная секция центриатора состоит из 3-х центрирующих элементов (опорных лап) и двух рядов зажимных кулачков, каждый из которых имеет пневматический привод. Сварочные головки расположены так, чтобы центрирующие элементы находились строго в плоскости сварочных головок. В процессе сборки внутренняя сварочная машина точно позиционируется относительно торца трубы, а первый ряд зажимных кулачков фиксирует установку в трубе. Центрирующие элементы возвращаются в исходное положение и на сборку подается следующая секция трубы, как только кромки труб соприкоснутся — второй ряд кулачков раздвигается, завершая сборку стыка.

Сварочная секция состоит из 6 сварочных головок, расположенных на вращающемся кольце. Головки состоят из механизма подачи сварочной проволоки

с катушкой, сварочного наконечника и керамического сопла для подачи защитного газа.

Управляется сварочная машина с помощью дистанционного блока, расположенного на конце выдвижной штанги. По той же штанге осуществляется подача необходимой для сварки электроэнергии и сжатого воздуха. Питание приводов подачи проволоки и вращения головок подается от аккумуляторов. В хвостовой части машины расположены баллоны с защитным газом, подключаемые к внешним баллонам, установленным на сварочном тракторе.

После завершения сварки корневого слоя оператор штанги возвращает зажимные кулачки в исходное положение, далее машина перемещается внутри секции трубы и автоматически останавливается у открытого конца трубы.



[www.oootbc.ru](http://www.oootbc.ru)

● #1673

# Влияние высокотемпературного нагрева на механические свойства и структуру металла ЗТВ сталей S355J2 и S460M

В. Д. Позняков, чл.-кор. НАНУ, д.т.н., А. В. Завдоев, С. Л. Жданов, А. В. Максименко, к.т.н., «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

*Конструкционные стали с  $\sigma_T > 350$  МПа (S355J2 и S460M) находят все более широкое применение при изготовлении металлоконструкций разного назначения. В процессе изготовления сварных металлоконструкций может применяться изотермический нагрев до температур 580–950 °С. В данной работе освещены проведенные исследования влияния высокотемпературного изотермического нагрева на механические свойства листового проката и металла ЗТВ микролегированных сталей S355J2 и S460M. Показано, что механические свойства этих сталей стабильны вплоть до температур нагрева 600 °С. Изменения их свойств происходят при дальнейшем увеличении температуры изотермического нагрева, что объясняется отличиями в содержании микролегирующих элементов и состоянием поставки.*

Конструкционные стали класса прочности С350 и С490 находят все более широкое применение при изготовлении металлоконструкций разного назначения, в частности: в мостостроении, строительстве, при изготовлении оффшорных платформ для добычи нефти и газа, опор ветрогенераторов, а также металлоконструкций грузового железнодорожного транспорта [1]. Использование высокопрочных сталей дает возможность снизить металлоемкость конструкций, повысить их эксплуатационную надежность и обеспечить конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках. Стали указанного класса прочности производятся за рубежом по стандарту EN10025–2 и маркируются как S355J2 (С350) и S460M (С490). Они относятся к низколегированным конструкционным сталям, дополнительно микролегированным ванадием и ниобием. В последнее время их изготовление освоено и металлургическими комбинатами Украины. Возрастающие требования к эксплуатационным характеристикам сварных металлоконструкций обуславливают усовершенствование технологий их изготовления [1–4]. Они поставляются в состоянии контролируемой прокатки или нормализации [2, 3], что обуславливает формирование в сталях мелкодисперсной структуры. За счет этого сталь обладает не только повышенными прочностными свойствами ( $\sigma_T > 350$  МПа), но и имеет высокую пластичность ( $\delta_5 > 18\%$ ) и ударную вязкость ( $KCV^{40} > 34$  Дж/см<sup>2</sup>).

Структура и механические свойства металла, которые обеспечиваются в стальном прокате при его изготовлении в результате применения специальных условий прокатки и термической обработки, могут существенно изменяться под влиянием термических циклов сварки. В работах [2–6] детально изучены вопросы влияния термических циклов сварки на структуру и свойства конструкционных сталей с  $\sigma_T > 350$  МПа (S355J2 и S460M), а также показано при каких условиях сварки сварные соединения будут обладать свойствами сопоставимыми с основным металлом.

Следует отметить, что в процессе изготовления сварных металлоконструкций может применяться изотермический нагрев до температур 580–950 °С. Так, например, высокий ( $T = 580–620$  °С) отпуск применяется для снятия сварочных напряжений. Нагрев до температур 680–750 °С осуществляется при термической правке сварных конструкций. В некоторых случаях, например, при изготовлении днищ цистерн грузовых вагонов, сварные полотнища нагревают до температуры 900–950 °С. С точки зрения изменения структуры конструкционной стали изотермический нагрев до температуры 200 °С может привести к выделению карбидных фаз и дисперсных включений цементита. При нагреве выше 500 °С в структуре стали начинают происходить заметные изменения, сопровождающиеся снижением твердости, временного сопротивления и предела текучести, повышением относительного удлинения и ударной вязкости [7–10].

Целью настоящей работы являлись исследования влияния высокотемпературного изотермического нагрева на механические свойства листового проката и металла ЗТВ микролегированных сталей S355J2 и S460M.

**Методика эксперимента.** Для проведения экспериментов были выбраны конструкционные стали S355J2 и S460M. Химический состав, состояние поставки и механические свойства этих сталей приведены в *табл. 1* и *2*. Кроме химического состава важно также указывать состояние поставки, так как от метода производства стали, зависят ее свариваемость и поведение при последующей термической обработке [11].

Таблица 1. Химический состав исследуемых сталей, мас. %

Сталь	C	Mn	Cr	Ni	V	Nb	Al	S	P	Ti	N	Si
S355J2	0.16	1.36	0.04	0.030	0.06	0.031	0.040	0.007	0.016	0.016	0.007	0.24
S460M	0.15	1.30	0.09	0.019	0.01	0.050	0.025	0.013	0.017	-	0.007	0.23

Таблица 2. Механические свойства и состояние поставки исследуемых сталей

Сталь / состояние поставки	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
S355J2 / нормализация	370	530	32	70
S460M / контролируемая прокатка	480	600	27	58

Исследование влияния термической обработки на структуру и механические свойства указанных сталей и металла зоны термического влияния (ЗТВ) проводили применительно к образцам, которые нагревали в печи до температур — 600, 730 и 950 °С, выдерживали при заданных температурах в течение 1 часа, а затем охлаждали на воздухе. Для моделирования металла ЗТВ были изготовлены образцы-имитаторы. На установке МСР-75 [6] их нагревали и охлаждали по термическому циклу сварки, обеспечивающему нагрев образцов со скоростью 150 °С/с и его охлаждение в интервале температур наименьшей устойчивости аустенита (600–500 °С) со скоростью  $W_{6/5} = 25$  °С/с. Такие условия нагрева-охлаждения образцов соответствуют процессам, происходящим при дуговой сварке плавящимся электродом.

Для определения механических характеристик прочности и пластичности проводили испытания образцов (тип II в соответствии с ГОСТ 6996–96 по 3 образца на каждую скорость охлаждения) на статическое растяжение. Испытания выполняли по ГОСТ 6996–66 при температуре + 20 °С. Ударную вязкость определяли при испытании образцов Шарпи с острым надрезом (ГОСТ 9454–78) при температурах испытания + 20, – 20, – 40 °С.

**Испытания основного металла.** По результатам механических испытаний стали S460M (класс прочности S460) установлено, что после нагрева образцов до 600 °С, пределы текучести, прочности и пластичность указанной стали практически не изменяются (рис. 1).

Заметные изменения механических свойств и ударной вязкости стали S460M наблюдаются при изотермическом нагреве до температуры 730 °С и выше. После нагрева и выдержки при температуре 730 °С в указанной стали наблюдается снижение на 10% показателей предела текучести, в то время как ударная вязкость металла KCV и KCV<sup>-20</sup> несколько повышается, а пластические свойства оста-

ются прежними. Такие изменения, по всей видимости, обусловлены началом релаксационных процессов, движением дефектов к границам зерен при неизменном размере зерен. Увеличение температуры нагрева до 900 °С приводит к более существенному снижению предела текучести стали S460M, практически на 25%. При этом ее ударная вязкость также уменьшается: на 30% при температуре испытаний образцов + 20 °С и в 4–6 раз при температурах испытаний – 20 °С и – 40 °С. Уменьшение предела текучести и ударной вязкости в данном случае может быть обусловлено ростом зерна, вызванного высокотемпературным нагревом стали.

В отличие от стали S460M, сталь S355J2 термически более стабильна. Независимо от температуры нагрева она сохраняет показатели статической

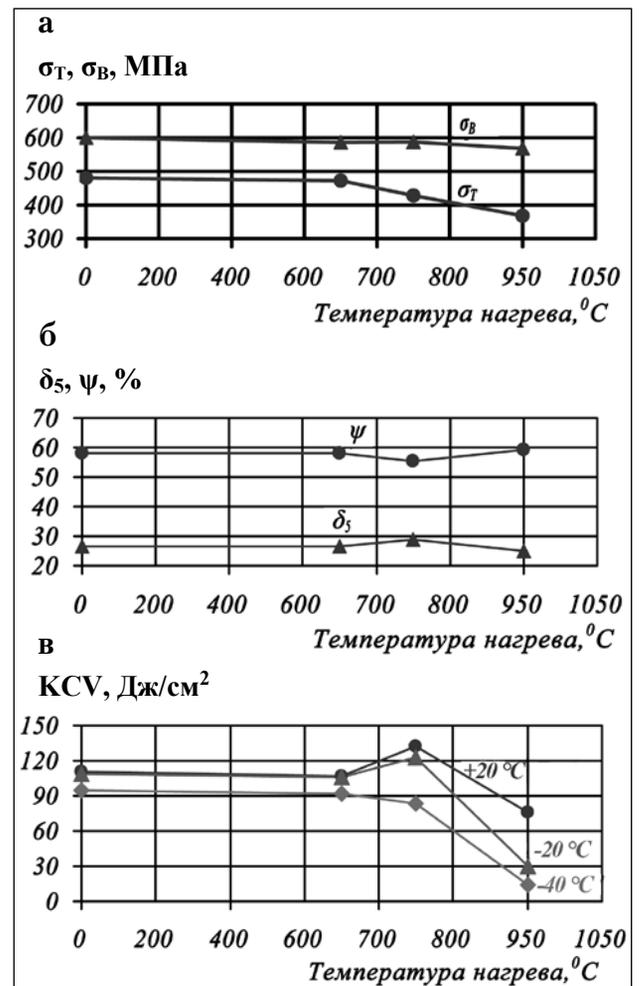


Рис. 1. Изменение механических свойств стали S460M в результате изотермического нагрева до температур 650, 750, 950 °С, выдержка 1 ч

прочности ( $\sigma_T$  и  $\sigma_B$ ) и пластичности ( $\psi$  и  $\delta_5$ ) на уровне проката в состоянии поставки (рис. 2). Это объясняется тем, что при различных видах обработки стали изменяются устойчивость аустенита выше критической температуры, а также динамика протекания процессов релаксации и рекристаллизации. Металлы, подвергнутые пластической деформации термически менее стабильны [12], чем после термической обработки, так как содержат больше дефектов кристаллического строения и для активации их движения необходимы меньшие температуры. Высокопрочное состояние стали S355J2 достигнуто за счет формирования упрочняющей карбидной фазы, тормозящей рост зерна при высоких температурах термической обработки.

Показатели ударной вязкости, независимо от термической обработки стали S355J2, при комнатной температуре находятся на уровне значений исходного металла. При минусовых температурах испытаний наблюдается рост показателей KCV при температуре термической обработки 730 °C и незначительное их снижение после нагрева до 950 °C.

Следует отметить, что по основным легирующим элементам сталь S355J2 достаточно близка к стали S460M (табл. 1). Однако они отличаются содержанием таких элементов как V, S, Ti, Nb. В стали S355J2 в отличие от S460M присутствует титан и содержание ванадия в шесть раз больше, но именно эти элементы существенно влияют на процессы старения в сталях. К тому же серы в стали S355J2 почти в два раза меньше чем у S460M, а как

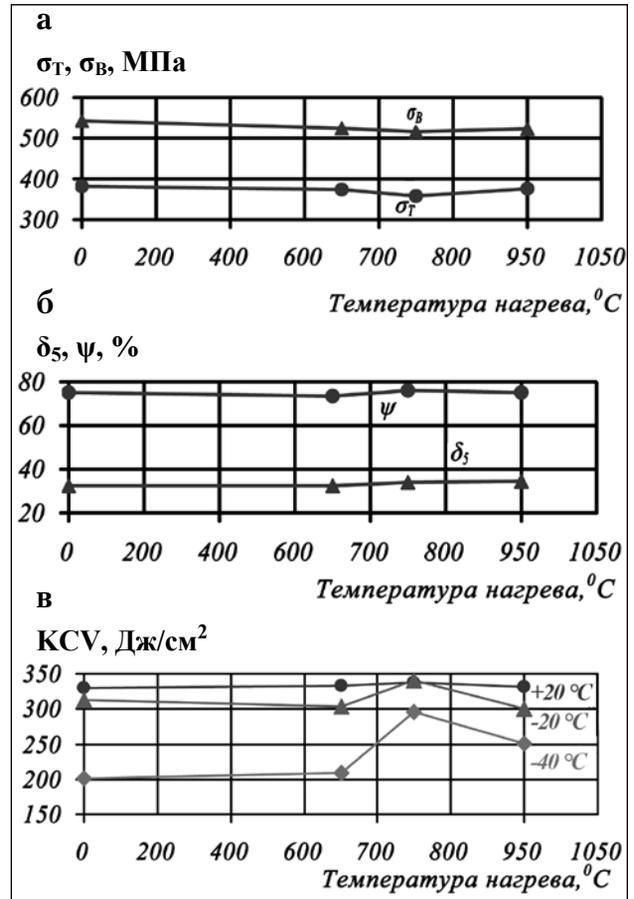


Рис. 2. Изменение механических свойств стали S355J2 в результате изотермического нагрева до температур 650, 750, 950 °C, выдержка 1 ч

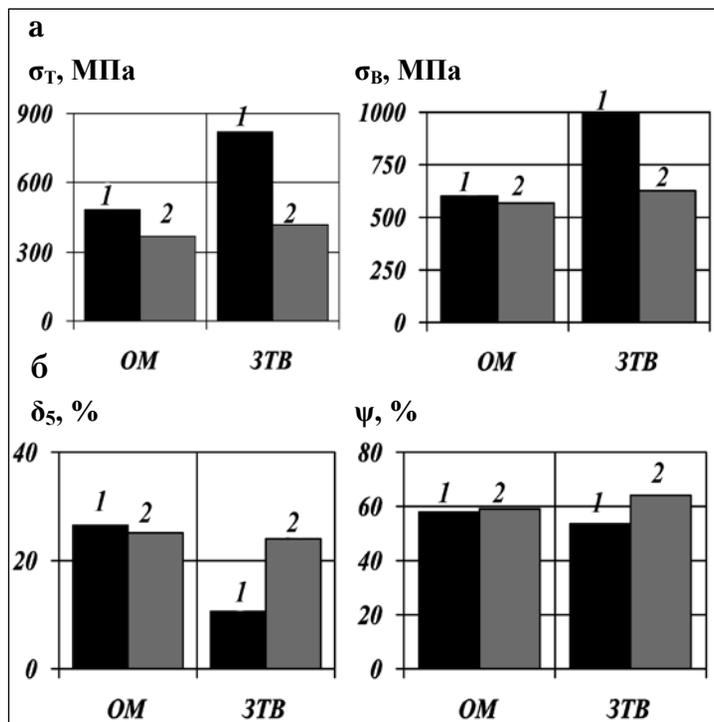


Рис. 3. Механические свойства основного металла и металла ЗТВ стали S460M: 1 – исходное состояние; 2 – выдержка 1 ч при T = 950 °C

известно, избыточная сера в стали оказывает негативное влияние на показатели ударной вязкости.

**Особенности поведения металла ЗТВ при температурной обработке.** В связи с тем, что наибольшие изменения механических свойств стали S460M произошли после ее нагревания до температуры 950 °C, именно такая температура термической обработки была использована при дальнейших исследованиях, которые проводились для металла ЗТВ.

Установлено, что механические свойства и ударная вязкость металла ЗТВ стали S460M после термической обработки при 950 °C меняются почти таким же образом как и у стали в исходном состоянии. После выдержки образцов один час при температуре 950 °C наблюдается падение прочностных характеристик ( $\sigma_T$ ,  $\sigma_B$ ) как основного, так и металла ЗТВ; показатели пластичности основного металла почти не меняются, в то время как для металла ЗТВ они существенно вырастают (рис. 3). Важно

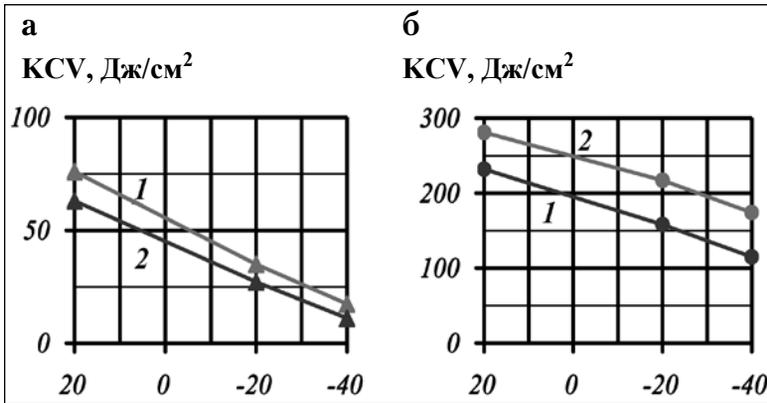


Рис. 4. Ударная вязкость: основного металла – 1, металла ЗТВ – 2, сталей: S460M – а, S355J2 – б, после термической обработки, выдержка 1 ч при T = 950 °C

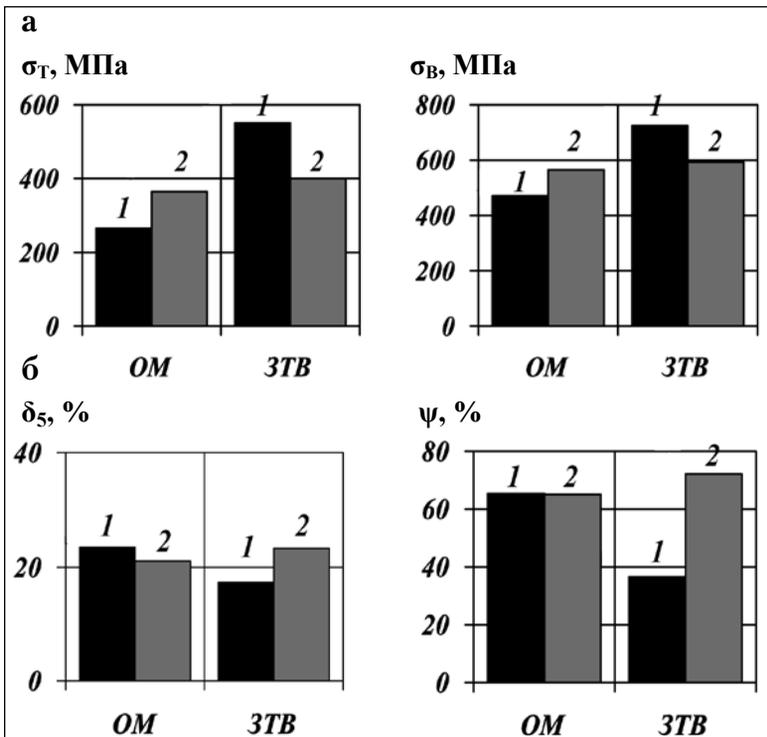


Рис. 5. Механические свойства основного металла и металла ЗТВ стали S355J2: 1 – исходное состояние; 2 – выдержка 1 ч при T = 950 °C

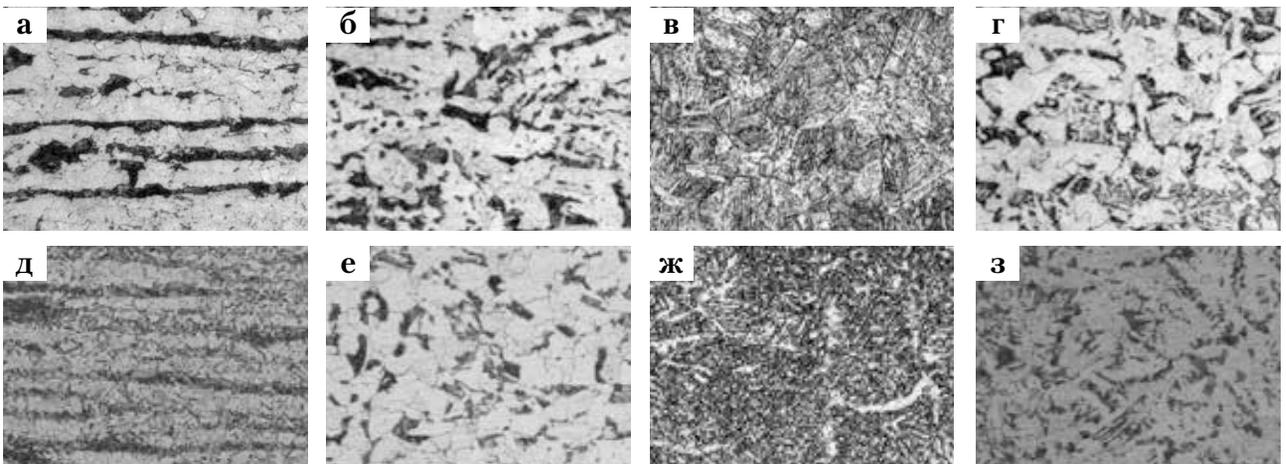


Рис. 6. Микроструктура сталей S460M (а, б, в, г) и S355J2 (д, е, ж, з): а, д – основного металла; б, е – основного металла, + 950 °C; в, ж – ЗТВ (25 °C/c); г, з – ЗТВ (25 °C/c), + 950 °C (× 500)

отметить, что характеристики прочности и пластичности как основного металла, так и металла ЗТВ после выдержки при температуре 950 °C сопоставимы. Это можно объяснить процессами рекристаллизации, протекающими при данной температуре.

Похожие закономерности по влиянию термической обработки на показатели ударной вязкости стали наблюдаются и в отношении металла ЗТВ (рис. 4).

Наблюдается падение характеристик статической прочности ( $\sigma_T$ ,  $\sigma_B$ ) после выдержки образцов один час при температуре 950 °C и относительно металла ЗТВ стали S355J2 (рис. 5). При этом они остаются выше, чем пределы текучести и прочности стали в исходном состоянии, что объясняется старением стали при данной термической обработке. Показатели пластичности металла ЗТВ, как  $\delta_5$ , так и  $\psi$ , после указанной термической обработки растут и достигают уровня основного металла.

**Влияние высокотемпературного нагрева на структуру сталей класса прочности S355 и S460.** Структура основного металла стали S460M является феррито-перлитной, полосчатой с интегральной микротвердостью  $HV_{0,1} = 1950$  МПа, после нагрева до 950 °C (1 ч) твердость снижается до  $HV_{0,1} = 1700$  МПа, что обусловлено трансформацией структуры, а именно началом процесса рекристаллизации, но полосчатая структура все же сохраняется (рис. 6). В ЗТВ данной стали также наблюдаются подоб-

ные зависимости изменения структуры и падения твердости с  $HV_{0,1} = 2900$  до  $2100$  МПа. Эти особенности поведения структуры и объясняют поведение механических свойств, но для объяснения поведения ударной вязкости необходимы дополнительные исследования с использованием рентгеноструктурного, нейтронного и текстурного анализов.

Благодаря различию в легировании ванадием, серой и титаном у стали S355J2, при нагреве до температуры  $950$  °С и выдержке один час, структура основного металла почти не рекристаллизуется. Поэтому значение твердости остается неизменным —  $HV_{0,1} = 1850$ – $1800$  МПа. Принимая во внимание данные, приведенные на *рис. 1, 2*, можно сделать вывод, что ванадий, сера и титан выступают как стабилизаторы (т.е. данная структура более термостабильна чем у стали S460M). Но в условиях, когда металл сначала испытывает термическое влияние при сварке, а затем при термическом нагреве до температуры  $950$  °С, закономерности по изменению механических свойств и ударной вязкости металла ЗТВ сталей S355J2 и S460M становятся похожими, что подтверждается структурными изменениями. После выдержки один час при  $950$  °С наблюдаются рекристаллизационные процессы и падение показателей твердости ЗТВ от  $HV_{0,1} = 2000$  МПа до  $HV_{0,1} = 1750$  МПа.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

Исследования влияния высокотемпературного изотермического нагрева на механические свойства листового проката и металла ЗТВ микролегированных сталей S355J2 и S460M показали, что механические свойства данных сталей стабильны вплоть до температур нагрева  $600$  °С. Изменения их свойств происходят при дальнейшем увеличении температуры изотермического нагрева. Стали, прошедшие испытания, имеют близкий химический состав по основным элементам, однако отличаются содержанием микролегирующих элементов и состоянием поставки. Такие отличия и объясняют изменение механических свойств этих сталей. Высокие механические свойства у стали S355J2 достигаются за счет микролегирования, которое приводит к дисперсионному упрочнению и стабилизации аустенита выше критической точки. Прочность стали S460M достигается за счет формирования мелкодисперсной структуры путем контролируемой прокатки. При последующем термическом воздействии выше температур  $600$  °С в ней интенсивно протекают рекристаллизационные процессы, что приводит к росту размера зерна и понижению прочностных характеристик. Закономерности изменения механических свойств металла ЗТВ сталей S355J2 и S460M при изотермическом нагреве похожи. Достигну-

тые значения прочностных и пластических характеристик находятся на уровне основного металла. Исключение составляет ударная вязкость стали S460M, значения которой для металла ЗТВ и основного металла опускаются ниже допустимых  $34$  Дж/см<sup>2</sup>.

#### Литература

1. Ufuah E. Elevated Temperature Mechanical Properties of Butt-Welded Connections Made with High Strength Steel Grades S355 and S460M. // E. Ufuah // Design, Fabrication and Economy of Metal Structures International Conference Proceedings, Miskolc, Hungary, April 24–26. — 2013. — P. 407–412.
2. A. Nazarov, E. Yakushev, I. Shabalov, Yu. Morozov, T. Kireeva. Comparison of weldability of high-strength pipe steels microalloyed with niobium, niobium and vanadium. // Metallurgist. — 2014. — Vol.7. — N9–10. — P. 911–917.
3. S. Ragu Nathan, V. Balasubramanian, S. Malarvizhi, A. G. Rao. Effect of welding processes on mechanical and microstructural characteristics of high strength low alloy naval grade steel joints // Defence Technology. — 2015. — V.11. — P. 308–317.
4. Show BK, Veerababu R, Balamuralikrishnan R, Malakondaiah G. Effect of vanadium and titanium modification on the microstructure and mechanical properties of microalloyed HSLA steel. MaterSciEngA 2010; 527: 1595–1604.
5. Позняков В. Д., Жданов С. Л., Максименко А. А. Структура и свойства сварных соединений стали С390 (S355 J2) // Автомат. сварка. — 2012. — № 8. — С. 7–11.
6. Позняков В. Д., Жданов С. Л., Завдоев А. В., Максименко А. А., Соломийчук Т. Г. Свариваемость высокопрочной микролегированной стали S460M. // Автомат. сварка. — 2016. — № 10. — С. 7–11.
7. Воробьева Г. А., Складнова Е. Е., Ерофеев В. К., Устинова А. А. Конструкционные стали и сплавы. СПб.: Политехника, 2013. — 440 с.
8. Гуляев А. П. Термическая обработка стали, 2 изд., М., 1960. — 495 с.
9. Меськин В. С. Основы легирования стали, М, 1959. — 689 с.
10. Курдюмов Г. В., Явления закалки и отпуска стали, М, 1960. — 63 с.
11. B. de MEESTE The Weldability of Modern Structural TMCP Steels // ISIJ International, Vol. 37 (1997), No. 6, pp. 537–551.
12. Завдоев А. В. Старіння низьковуглецевої сталі отриманої теплою гвинтовою екструзією // «Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні». — 2015. — № 1. — С. 14–19.

# Сварка металлов и сплавов трением. Особенности образования соединения при конвенционном и инерционном процессах\*

Г. И. Лещенко, канд. техн. наук, НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

*Наибольшее промышленное применение получили конвенционная (обычная) и инерционная сварка трением. В общем случае трением называют сопротивление, возникающее между двумя соприкасающимися под действием сжимающей нагрузки  $P$  телами при относительном их перемещении в плоскости касания [9]. При этом силу сопротивления (направленную в сторону, противоположную сдвигающему усилию) называют силой трения  $F_{тр}$ .*

Процесс трения характеризуется коэффициентом трения и износом. Коэффициентом трения  $f$  называют отношение силы трения  $F_{тр}$  к величине сжимающей тело нагрузки  $P$ :

$$f = F_{тр} / P$$

В первом приближении силу трения  $F_{тр}$  рассматривают как сумму двух ее составляющих — адгезионной ( $F_a$ ) и деформационной ( $F_d$ ):

$$F_{тр} = F_a + F_d$$

Деформационная составляющая является результатом деформирования микровыступов при относительном тангенциальном смещении поверхностей контактирующих тел, которое происходит в пределах приповерхностного слоя определенной толщины. Сопротивление такому деформированию, зависящее от прочности материала, называют деформационной составляющей силы трения ( $F_d$ ).

Силы сопротивления, возникающие в результате формирования металлических связей на фактической площадке контакта (на вершинах микровыступов) называют адгезионной составляющей ( $F_a$ ). Обе составляющие взаимосвязаны между собой, и поэтому простое арифметическое их суммирование можно использовать лишь для приближенной оценки величины силы трения.

Что касается коэффициента трения, то он не постоянен и зависит от большого числа факторов.

Необходимо подчеркнуть, что при трении всег-

да происходит постепенное разрушение (износ) поверхностей скольжения. Поэтому износостойкость металлов наряду с коэффициентом трения являются важной количественной характеристикой определенной пары деталей. В то же время не выявлено определенной взаимосвязи между упомянутыми характеристиками трения.

Исследовавшими процесс И. В. Крагельским, И. Э. Виноградской, Б. И. Костецким, И. Г. Носовским и др. установлено, что как на коэффициент трения, так и на износ влияют следующие факторы:

- природа материала (механические свойства, теплостойкость, степень химического сродства к кислороду);
- состояние поверхностей (шероховатость, наличие окисных и адсорбционных пленок);
- конструкция и схема узла трения (постоянный или периодический контакт);
- жесткость и упругость, а также температурный режим узла трения;
- внешняя среда;
- скорость относительного скольжения;
- величина и характер нормального давления;
- время протекания процесса.

Отметим, что некоторые из упомянутых выше факторов проявляются только при взаимодействии с другими. Так, например, состояние поверхностей и температурный режим узла трения со временем меняются, действие внешней среды также зависит от времени и т.д. [10].

С изменением температуры поверхности изменяются адгезионная (молекулярная) и деформационная составляющие силы трения.

Уменьшение молекулярной составляющей при увеличении температуры объясняют снижением вязкости так называемого третьего тела, которое практически всегда присутствует на поверхности трения.

Деформационная составляющая коэффициента трения с изменением температуры проявляется неоднозначно: с одной стороны снижение твердости материала с ростом температуры способствует более глубокому взаимному проникновению ми-

\* Продолжение публикации серии статей «Сварка металлов и сплавов трением». Начало в № 1, 2–2017

кровыступов, что влечет за собой увеличение силы трения, а с другой — уменьшает ее благодаря снижению сопротивления деформированию материала при повышении температуры.

При температурах в контакте более  $(0,2-0,3) T_{пл}$  внешнее трение прекращается и начинается интенсивное схватывание поверхностей трения.

В общем случае с увеличением давления коэффициент трения возрастает. В области давлений, свойственных режимам сварки трением, эта зависимость линейная.

Влияние скорости скольжения на коэффициент трения может быть представлено в виде формулы [11]:

$$f = (a + b \cdot v) \cdot e^{-cv} + d,$$

где  $a, b, c, d$  — коэффициенты, зависящие от нормального давления, свойств материала, состояния поверхностей и др. факторов;  $v$  — линейная скорость скольжения;  $e$  — основание натурального логарифма.

Функция, представленная данным выражением, имеет максимум, положение которого по оси абсцисс определяется соотношением численных значений названных коэффициентов. Смещение максимума под влиянием изменения нормального давления приводит к тому, что в одном и том же интервале скоростей, но при разных давлениях, коэффициент трения может увеличиваться, либо уменьшаться, либо же оставаться практически неизменным (рис. 10). Сварке трением свойственны большие нагрузки, которым соответствуют кривые 3 и 4 на рис. 10. Любые пленки препятствуют схватыванию, поэтому они уменьшают износ и снижают коэффициент трения.

Молекулы поверхностно-активных веществ

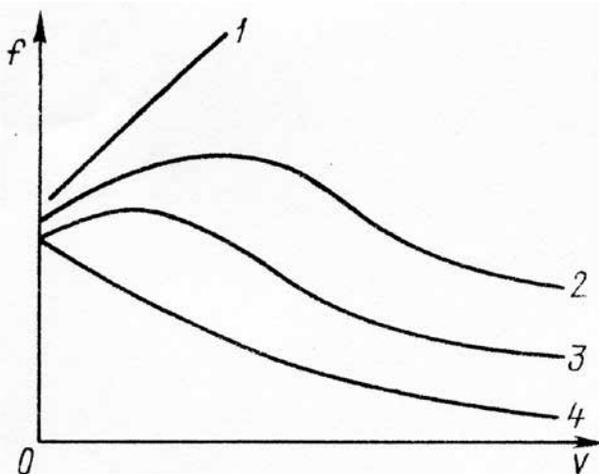


Рис. 10. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения: 1 — малая нормальная нагрузка; 2, 3 — средняя нагрузка; 4 — большая нагрузка

(ПАВ) могут в процессе адсорбции проникать в поверхностные трещины материала и химически взаимодействовать с ним («расклинивать» трещины), способствуя увеличению хрупкости поверхностных слоев металла. В результате деформирования этих слоев уменьшается деформационная составляющая силы трения, а вместе с ней и коэффициент трения.

Необходимо подчеркнуть, что первоначальное состояние поверхностей в процессе трения может коренным образом меняться не только в зависимости от скорости скольжения, давления, но и под воздействием внешней среды.

Б.И. Костецкий предложил классификацию [12], согласно которой основными видами износа при трении скольжения являются: износ схватыванием I рода (атермическое схватывание), окислительный износ, износ схватыванием II рода (тепловой износ), абразивный износ.

В процессе изучения механизма трения было выявлено огромное влияние внешней газовой среды на закономерность развития основных видов изнашивания. Подтвердилась важнейшая роль кислорода и др. газов в процессе трения (рис. 11).

И.Г. Носовский пришел к выводу, что при трении, когда процесс диффузии кислорода из окружающей среды в глубь пластически деформирующей

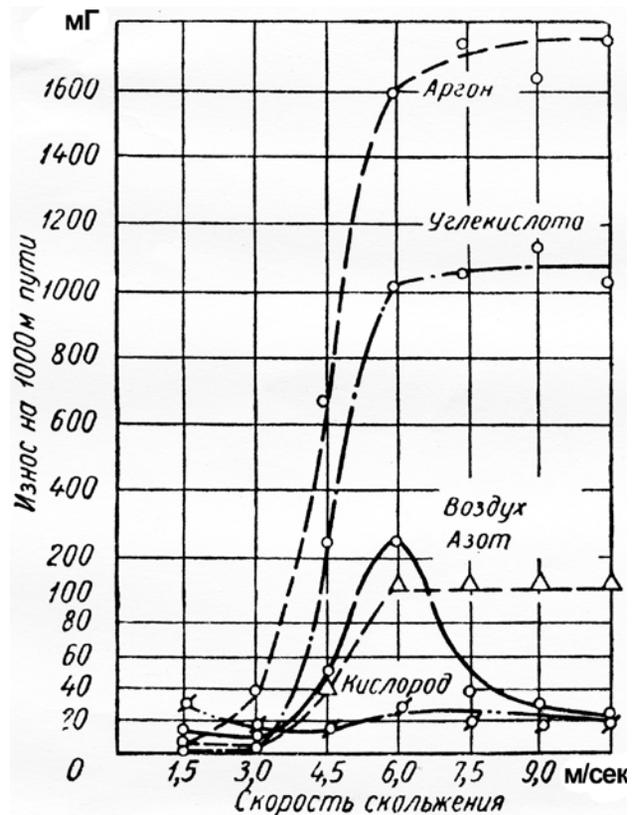


Рис. 11. Зависимость весового износа от скорости скольжения при работе в различных газовых средах для стали 45. Удельное давление:  $0,98 \text{ Мн/м}^2$

щихся слоев металла достаточно интенсивен, адсорбция идет энергично и на поверхности металла образуются слои различных соединений кислорода с металлом. В таком случае происходит разрушение на поверхностных слоях чистого металла окисных слоев, образующихся в результате взаимодействия металла с диффундирующим кислородом, т.е. происходит окислительный износ. Вследствие отсутствия или недостаточной интенсивности процессов диффузии кислорода в поверхностные слои металла при трении будет происходить износ схватыванием I или II рода, когда разрушается сам металл и темп износа значительно больше, чем при окислительном износе [12].

Коэффициент трения в большей степени зависит также от внешней газовой среды. Наличие на поверхностях трения пленок окислов и твердых растворов кислорода в металле влияет в значительной степени и на температуру поверхностей трения. В процессе трения в среде воздуха максимальная температура (350–400 °С) наблюдалась при тепловом изнашивании.

В случае отсутствия условий образования на поверхностях трения продуктов окисления (при трении в среде аргона и углекислого газа) эти поверхности нагревались до 1200–1300 °С [12]. Такие температуры создают условия для схватывания и сваривания трущихся поверхностей.

Изменение скорости относительного скольжения трущихся поверхностей вызывает постепенное изменение структурного и фазового состояния металла поверхностных слоев, при определенной величине скорости приводящим к скачкообразным изменениям состояний и свойств металла. Это в свою очередь вызывает коренные изменения скоростей процессов, происходящих при трении (окисление, схватывание и др.).

Изменение же скоростей процессов на трущихся поверхностях приводит к качественно различным видам и стадиям износа, и соответственно к изменениям его количественных показателей (рис. 12) [12].

Изменение величины износа с увеличением скорости, как показали металлографические исследования, связано с качественными изменениями процессов трения (вида износа).

В диапазоне скоростей скольжения примерно от 0,4 до 2,0 м/с, происходят процессы схватывания в глубине металла (износ схватыванием I рода). Коэффициент трения при износе схватыванием I рода максимальный. Поверхностные слои металла пластически деформируются и упрочняются на значительную глубину, их температура повышается до 80–90 °С. Дальнейшее увеличение скорости скольжения

(2,0–3,5 м/с) вызывает интенсивное окисление трущихся поверхностей, что приводит к окислительному износу. Износ при этом становится минимальным (рис. 12). Коэффициент трения при окислительном изнашивании находится в пределах 0,3–0,7.

Еще большее увеличение скорости скольжения снова вызывает схватывание, но уже при высоких температурах поверхностей (тепловой износ). Начало теплового износа связано с нагревом трущихся поверхностных слоев до критической температуры (для стали 300–320 °С). Нагрев поверхностей может происходить мгновенно до температуры 1240 °С.

Установлено, что тепловому износу подвержены почти все технические металлы и сплавы [12]. Тепловой износ возможен даже при наличии смазки, но его начало смещается в сторону значительно больших скоростей. Схватывание I рода наблюдается далеко не у всех материалов, поэтому и зависимости характеристик трения от скоро-

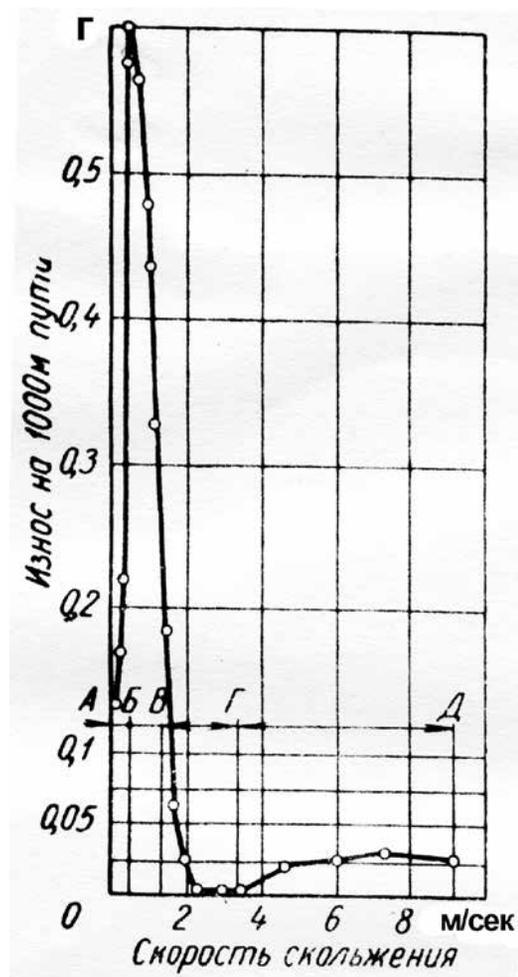


Рис. 12. Зависимость величины износа от скорости скольжения при сухом трении торца цилиндрического образца (сталь 10) по диску (сталь 40X). Удельное давление: 0,98 Мн/м<sup>2</sup>. АБ – область окислительного износа, БВ – область износа схватыванием I рода, ВГ – область окислительного износа, ГД – область теплового износа

сти скольжения для разных металлов получаются разными. Границы перехода от одного вида износа к другому для одних и тех же трущихся пар металлов не остаются постоянными, а смещаются в большую или меньшую сторону величины скорости при изменении таких факторов, как внешняя среда, схема трения, размеры образцов, величина и характер давления.

П.Е. Топехой было установлено, что при одной и той же скорости скольжения с увеличением удельного давления интенсивность износа вначале плавно растет, а при некотором значении давления резко возрастает.

Как показали металлографические исследования такое резкое возрастание величины износа связано с изменением вида износа. Окислительный износ переходит в тепловой [12].

Плавное нарастание поверхностной температуры приводит к увеличению интенсивности износа. При достижении критической температуры происходит качественное изменение процессов трения.

Отметим, что приведенные выше сведения из теории трения и полученные экспериментальные результаты направлены на решение таких практически важных задач, как сокращение тепловыделения в узлах трения, создание условий, препятствующих заеданию, схватыванию поверхностей трения и т.п. Как видим, эти задачи прямо противоположны тем, которые необходимо решать при сварке трением. Кроме того, область режимов, изучаемых наукой о трении, лишь граничит, но не совпадает с режимами, используемыми при сварке трением. И, тем не менее, рассмотрение закономерностей процесса сварки трением базируется на основах, разработанных наукой о трении.

**Образование соединения при конвенционной и инерционной сварке трением.** Наиболее полно процесс образования соединения изучен применительно к конвенционной (традиционной) сварке трением сплошных сечений по схеме при которой две детали, подлежащие сварке, устанавливаются соосно в зажимах машины: одна из них неподвижна, а другая приводится во вращение вокруг их общей оси. На сопряженных торцевых поверхностях деталей, прижатых одна к другой осевым усилием, возникают силы трения. Работа, затрачиваемая при относительном вращении свариваемых заготовок на преодоление этих сил трения, преобразуется в тепло, которое выделяется на поверхности трения и нагревает прилегающие к ним тонкие слои металла до температур, необходимых для образования сварного соединения (при сварке, например, черных металлов температура в стыке достигает 1000–1300 °С).

Таким образом, в стыке действует внутренний источник тепловой энергии, вызывающий быстрый локальный нагрев небольших объемов металла. Выделяемая в нем мощность определяется из выражения:

$$N = F_{\text{тр}} \cdot V = f \cdot P \cdot V$$

Так как коэффициент трения  $f$  — функция скорости скольжения  $V$  и нормальной нагрузки  $P$ , мощность  $N$  нельзя рассматривать как линейную функцию  $P$  и  $V$ . Коэффициент трения  $f$  в общем случае функция многих переменных. При сварке трением данной пары металлов и сплавов он зависит от температуры на поверхности трения, давления, скорости относительного движения в рассматриваемой точке этой поверхности. Средний по сечению коэффициент трения изменяется также, как и момент [1].

Характер изменения тепловой мощности, момента действующих сил и температуры в процессе сварки различных материалов обычно устанавливается экспериментальным путем. На контактных поверхностях при сварке трением происходят следующие процессы: удаление загрязнений; изнашивание приповерхностных слоев заготовок; разрушение оксидных пленок; пластическое течение металла; упрочнение и разупрочнение поверхностных слоев; быстрый нагрев и охлаждение, вызывающие фазовые превращения; перенос металла с одной заготовки на другую и образование между контактными поверхностями твердых «клиньев», сформированных из срезанных микронеровностей и имеющих тенденцию к росту за счет переноса металла.

В результате взаимного наложения ряда названных выше явлений получается сложная картина течения конвенционной сварки трением при кажущейся простоте этого способа. Циклограмма на рис. 13 (вверху) показывает изменение во времени основных параметров процесса — частоты вращения  $n$  и осевого усилия  $F$ . Ниже показаны характерные кривые изменения во времени момента  $M(t)$ , потребляемой мощности  $N(t)$ , осадки (сближения свариваемых заготовок по мере вытеснения из стыка пластифицированного металла)  $\Delta l(t)$ , а также температуры  $T(t)$ .

Весь процесс конвенционной сварки трением делится на несколько временных фаз. В первой фазе ( $\tau_1$ ) происходит начальная притирка поверхностей, разрушаются жировые пленки, в контакт вступают отдельные микровыступы и начинается их деформация, возникает сухое трение. С увеличением частоты вращения момент трения покоя  $M_{0 \text{ max}}$  уменьшается.

Вторая фаза ( $\tau_2$ ) — лавинообразное увеличение

числа взаимодействующих микровыступов, увеличение фактической площади контакта, быстрый рост температуры  $T$  в стыке, снижение предела текучести металла и его сопротивления деформации. Момент трения к концу второй фазы достигает максимального значения ( $M_{1\max}$ ), появляется тонкий слой пластифицированного металла, выполняющего роль смазочного материала.

В третьей фазе ( $\tau_3$ ) происходит повышение температуры металла, спад момента трения и начинается образование грата. К концу третьей фазы температура в стыке достигает почти максимального значения, а момент трения, мощность тепловыделения и скорость осадки стабилизируются.

Четвертая фаза ( $\tau_4$ ) характеризуется квазистационарным течением процесса трения. При этом параметры процесса носят установившийся характер: момент трения ( $M_{уст}$ ), мощность тепловыделения ( $N_{уст}$ ), температура в стыке, скорость осадки. Контактные поверхности подготовлены к образованию сварочного соединения.

Пятая фаза ( $\tau_5$ ) — торможение. Под влиянием уменьшения частоты вращения быстро нарастает коэффициент и момент трения ( $M_{2\max}$ ), менее интенсивно увеличивается мощность тепловыделения. В самом конце пятой фазы, когда частота вращения приближается к нулю, мощность почти мгновенно падает, начинается уменьшение темпе-

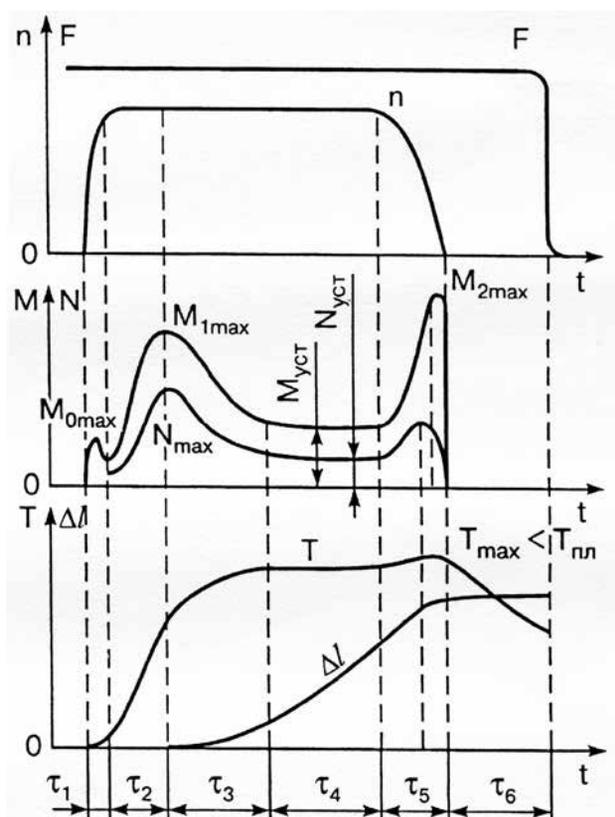


Рис. 13. Циклограмма процесса сварки трением

ратуры в стыке и образуется сварное соединение.

Шестая фаза ( $\tau_6$ ) — стадия проковки: образовавшееся соединение подвергают сжатию осевым усилием, которое в этой фазе либо остается на прежнем (как в стадии нагрева) уровне, либо может быть увеличено. Обычно стадия проковки длится несколько секунд, после чего сваренную деталь освобождают из зажимов машины и далее соединение продолжает охлаждаться в естественных условиях.

Основным отличием инерционной сварки трением от конвенциональной является нагрев места сварки при спадающей частоте вращения шпинделя, что предопределяет технологические особенности этого процесса. На рис. 14 приведены сравнительные характеристики параметров для конвенциональной и инерционной сварки трением. Из показанных на рисунке зависимостей момента ( $M$ ), мощности ( $N$ ), давления ( $P$ ), угловой скорости ( $\omega$ ) и температуры ( $T$ ) как функций времени видно, что инерционная сварка трением отличается от конвенциональной более «жестким» режимом. Время выполнения инерционной сварки значительно меньше, а средняя удельная мощность тепловыделения несравненно больше, чем при конвенциональной, за счет чего сужается зона термического влияния и снижаются затраты энергии на образование сварного соединения.

Как отмечалось выше, тепловыделение по поверхности трения непостоянно и зависит от фаз течения процесса, параметров режима, диаметра и материала свариваемых заготовок.

В процессе трения пластичный металл стыка выдавливается в радиальных направлениях под воздействием осевого усилия и тангенциальных сил, возникающих в стыке при вращении одной детали относительно другой. Выдавленный металл (грат) имеет характерную для сварки трением форму сдвоенного правильного кольца, расположенного по обе стороны плоскости стыка.

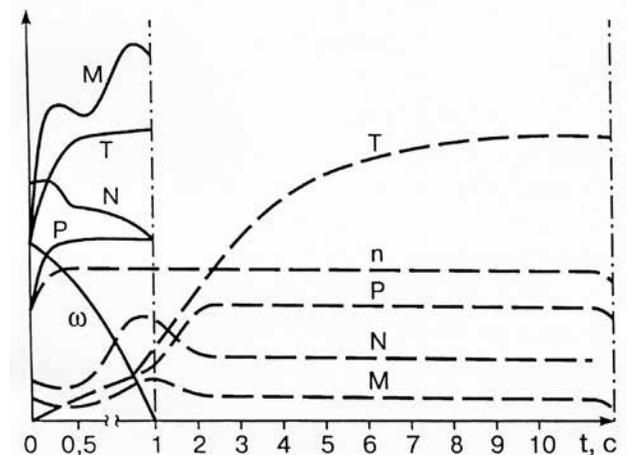


Рис. 14. Сравнительные характеристики параметров инерционной и конвенциональной сварки трением

При выдавливании пластичного металла из стыка в радиальных направлениях хрупкие окисные пленки, покрывающие торцевые поверхности соединяемых деталей до начала сварки, разрушаются, а их обломки, а также продукты сгорания адсорбированных жировых пленок и другие инородные включения вместе с металлом удаляются из стыка в грат.

Нагрев прекращается путем быстрой (практически мгновенной) остановки относительного вращения. При этом в контакте оказываются очищенные торцевые поверхности соединяемых деталей, металл которых доведен до состояния повышенной пластичности. Для получения прочного соединения достаточно такой подготовленный к сварке металл подвергнуть сильному сжатию — проковать. Этого достигают с помощью продолжающего еще некоторое время действовать осевого усилия.

Таким образом, прочность образующегося сварного соединения непосредственно связана как с величиной пластического деформирования концов свариваемых деталей, так и с режимом проковки.

В свою очередь, степень пластического деформирования зависит от введенной в свариваемые детали энергии, величины осевого усилия и некоторых других факторов.

Основными параметрами процесса сварки трением являются: частота относительного вращения свариваемых деталей, величина осевого усилия при нагреве, величина осадки при нагреве, величина осевого усилия проковки, длительность приложения усилия проковки.

Первые два параметра определяют мощность нагрева, а в сочетании с третьим — величину введенной погонной энергии при нагреве. Правильный выбор всех параметров процесса определяет качество сварного соединения.

При сварке трением формируется своеобразная структура металла стыка [13]. Если при сварке плавлением величина зерна в стыке значительно больше, чем в основном металле, то в соединениях, выполненных сваркой трением, наблюдается обратная картина: в металле стыка зерно получается равноосное и в 10–30 раз мельче зерна основного металла; в зонах термического влияния при сварке трением также не наблюдается заметного роста зерна.

К возможным причинам наблюдаемых явлений относят:

- механическое измельчение (перетираание) зерна в процессе трения;
- дробление зерен в процессе износа поверхностей трения при вырывании частиц из приповерхностного слоя металла;
- кратковременность температурных воздействий

и высоких скоростей охлаждения малых объемов металла, нагретого выше точек превращений.

Не исключают также образование тонких структур (наноструктур) в результате комбинированного совместного воздействия высоких температур и давлений — своеобразной термомеханической обработки металла.

Отсутствие макродефектов в стыке объясняют тем, что все инородные тела, покрывающие поверхности трения деталей до сварки, в результате пластической деформации металла разрушаются и выдавливаются в радиальных направлениях и в контакт вступают чистые слои металла.

Окисные пленки, всегда покрывающие металлические поверхности, в процессе трения, нагрева и деформации металла разрушаются и удаляются из зоны стыка в грат вместе с другими инородными включениями. Особенностью сварки трением является и то, что на протяжении всего времени нагрева, а затем и проковки стык закрыт, поверхности трения достаточно плотно прилегают одна к другой и окисления их в процессе нагрева не происходит.

Необходимо подчеркнуть, что макро- и микроструктурные особенности сварных соединений, выполненных сваркой трением, выгодно отличаются от таковых при других способах сварки (например, сварки плавлением).

Однако в соединениях, выполненных с нарушением режимов сварки, могут образоваться такие дефекты, как непровар середины (центра) сечения, кольцевой непровар по периферии сечения, снижаться прочностные и другие эксплуатационные характеристики, связанные с резким искривлением текстуры проката в зоне соединения [13, 14].

Поэтому и при сварке трением применяют различные способы контроля качества соединений.

#### Литература

9. Крагельский И. В., Виноградов И. Э. Коэффициент трения. — М.: Машиностроение, 1962. — 213 с.
10. Михин Н. М. Температура контактирующих тел. Трение, износ и смазка: Справочник Т. 1. — М.: Машиностроение, 1978. — 400 с.
11. К вопросу о расчетной оценке режимов сварки давлением / М. Х. Шоршоров, Ю. Л. Красулин, А. М. Дубасов и др. // Сварочное пр-во. 1967. — № 7. — С. 14–17.
12. Костецкий Б. И. Сопротивление изнашиванию деталей машин. — Москва-Киев.: Машгаз. 1959. — 220 с.
13. Виль В. И. Сварка металлов трением. — Л.: Машиностроение, 1970. — 176 с.
14. Вавилов А. Ф. Воинов В. П. Сварка трением. — М.: Машиностроение, 1964. — 155 с.

● #1675

# Формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках большой мощности

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, ООО «НИИПТмаш - Опытный завод» (Краматорск)

*Параметры факела подогревающего пламени сварочных горелок и кислородных резаков для резки листового и сортового проката (ручных и машинных) подробно изучены и широко представлены в учебной и справочной литературе. Ацетилено-кислородное пламя горит стабильно (без отрыва от мундштука или проскока внутрь резака) при нормальном факеле (ацетилен полностью сгорает в смеси с подогревающим кислородом).*

*Пламя, образованное смесью подогревающего кислорода и природного газа (или пропан-бутана), стабильно горит при значительном избытке горючего газа в смеси с подогревающим кислородом. Избыточный горючий газ отвлекает на себя кислород режущей струи, ослабляя ее, а имеющийся в факеле метан легко растворяется в жидкой фазе поверхности реза (или сварочного шва), образуя поры в виде рваных хлопьев с большим количеством концентраторов напряжений. Поэтому для сварки применяется исключительно ацетилен. Несмотря на очевидные преимущества ацетилено-кислородного пламени, при кислородной резке повсеместно применяют газы — заменители ацетилена, т.к. они безопаснее в работе и значительно дешевле, а ацетилено-кислородное пламя используют при резке ответственных заготовок.*

Выходные каналы для горючей смеси резаков, как правило, выполнены в виде кольцевой щели, которая расположена концентрично выходному каналу для режущего кислорода (оптимально при проектировании). В режиме нагрева (режущий кислород отключен) на торцевой поверхности мундштука снаружи и внутри кольцевого выходного канала образуются две зоны с пониженным давлением (разрежением), которые растягивают, каждая в свою сторону, ядро пламени, укорачивая его и увеличивая его поперечное сечение.

Факел резаков имеет короткое ядро с большим пятном нагрева. Реакция горения с выделением тепла происходит в непосредственной близости от границ ядра пламени и математически факел может быть представлен в виде точечного источника тепла (рис. 1). При кислородной резке основная часть тепла выделяется на верхней кромке реза, прогревая ее до температуры воспламе-



Рис. 1. Ядро факела с точечным источником тепла

ния и формируя на фронте реза изотерму воспламенения, достаточную для непрерывности процесса резки. Это хорошо для кислородной резки листового и сортового проката, но недостаточно для кислородной резки металлов больших толщин.

Проведя цикл теоретических и экспериментальных работ по кислородной резке металлов больших толщин, К. Велендорф, О. Бомме, И. Бошнаков (ZIS, Халле, ФРГ) доказали, что для сохранения кинетической энергии и реакционной способности режущей струи кислорода на максимальном расстоянии от резака ее необходимо защитить от азота и других балластных газов окружающей среды, «обжав» по длине с помощью подогревающего пламени. Основываясь на этих положениях, они предложили клиношлицевые сопла (Keilschlitzduse), нашедшие широкое применение в ручных инжекторных резаках для резки заготовок толщиной до 500 мм [1], и способ кислородной резки в защитном газе (Schutzgasbrennschneiden), позволивший производить резку заготовок толщиной до 3 200 мм [2, 3].

Клиношлицевое сопло представляет собой режущее сопло, имеющее на выходе конически сужающийся участок, в котором по окружности нарезаны прямоугольные щелевые шлицы, обращенные меньшей стороной к каналу для режущего кислорода. Конический участок сопла позволяет фокусировать потоки горючей смеси в одной точке, что сокращает время нагрева кромки заготовки на фронте реза. Щелевые шлицы формируют плоские по-

токи горючей смеси, расположенные вокруг центрального потока режущего кислорода, обращенные к ней узкой стороной. Внешняя часть этих потоков тормозится неподвижным окружающим воздухом, а внутренняя — разгоняется режущей струей, причем окружающий воздух не оказывает тормозящего действия на режущую струю, т.к. они не контактируют друг с другом.

Основными недостатками клиношлицевых сопел являются их дороговизна, сложность изготовления и малый срок службы.

Способ кислородной резки в защитном газе предполагает отказ от использования подогревающего кислорода и режущую кислородную струю окружает только горючий газ (в основном пропанобутановые смеси). Это позволяет формировать факел большой длины, на котором исключен контакт кислорода режущей струи с азотом и балластными газами окружающего воздуха. Однако, значительная часть горючего газа уносится в сторону и не принимает участия в процессе резки, оставшаяся часть горючего газа сгорает в смеси с периферийной частью режущей кислородной струи, ослабляя ее. Такие непроизводительные затраты приходится компенсировать увеличением расхода горючего газа и кислорода, что резко снижает рентабельность процесса. Математически факел резака для резки в защитном газе может быть представлен как аморфный источник тепла, занимающий большой объем, с низким коэффициентом полезного действия.

Чтобы доказать на практике возможности кислородной резки в защитном газе металлов больших толщин, И. Бошнаков организовал порезку шабота по его длине, которая составляла 3 200 мм. Эксперимент был успешным, однако технико-экономический анализ процесса резки шабота показал его убыточность, т.к. требовал неоправданно больших расходов газов — энергоносителей.

При проектировании и изготовлении прокатного стана «5 000», внедренного в производство в конце 1970-х гг., серьезную проблему представляли отливка 300-тонного слитка для опорного вала и изготовление из него поковки. Опорный валок изготавливали на ПО «Ижорский завод», где для получения слитка решили сложную задачу, синхронизировав работу 4-х мартеновских печей. На ПО «Уралмашзавод» разработали и внедрили на базе поворотного круга шагающего экскаватора манипулятор для 2-х сталеразливочных ковшей грузоподъемностью 180 т каждый, позволивший произвести разливку не прерывая жидкую струю более чем на пять минут. В мартеновском цехе имелся 500-тонный мостовой кран, который позволил производить подъемно-транспортные операции со слитком массой 300 т, но в кузнечно-прессовом цехе такого крана не было. Поэтому руко-

водством завода было принято решение: прибыльную часть слитка (30% по массе) удалить в мартеновском цехе с помощью кислородной резки, а здоровое тело слитка на передаточной тележке переправить в кузнечно-прессовый цех для дальнейшей обработки на прессе усилием 10 000 тс. НПО «НИИПТмашу» было поручено разработать оборудование и технологию кислородной резки 300-тонного слитка, имеющего в головной части толщину 3 200 мм, вырезать продольный темплет из сигнального слитка для научных целей (2 продольных реза в центральной части слитка через усадочную раковину) и удалить прибыльную часть штатного слитка по толщине 3 200 мм. Кислородная резка производилась в кессоне, перекрытом броневыми плитами, через узкую щель между ними. Резак в процессе резки должен был перемещаться по круговой траектории, сохраняя вертикальное положение, поэтому машина газовой резки была решена в полярной системе координат. При разработке газокислородного резака (с участием одного из авторов настоящей статьи) был выбран комбинированный тип смешивания газов подогревающего пламени. Основной факел состоит из природного газа и подогревающего кислорода, подаваемых в зону горения отдельно через мундштук внешнего смешивания при давлении до 0,15 МПа и до 0,3 МПа соответственно. Дополнительный факел формируется потоком природного газа через отдельное сопло при давлении до 0,35 МПа и подается непосредственно в полость реза. Это техническое решение, не имеющее аналогов, получило авторское свидетельство на изобретение [4].

По сравнению с резаком для резки в защитном газе основной факел резака, разработанного в НПО «НИИПТмаш», состоит из высокоэффективной смеси природного газа с подогревающим кислородом и потребляет оптимальное количество газов-энергоносителей. Дополнительный факел, состоящий из природного газа, направляется непосредственно в полость реза под давлением, в несколько раз превышающим давление природного газа основного факела. Он участвует в процессе резки полностью, т.к. не уносится в сторону более слабыми потоками. Оборудование и технология, разработанные непосредственно для кислородной резки слитков опорного вала стана «5 000», доказали свою эффективность и экономичность, они и в дальнейшем использовались на заводе для удаления прибыльных частей слитков толщиной 2 000, 2 200 и 2 400 мм (рис. 2).

Приведенные выше примеры показали, что при кислородной резке металлов больших толщин подогревающее пламя должно оказывать тепловое воздействие на режущую струю кислорода и полость реза по всей толщине разрезаемой заготовки. Реакция горения в факеле с выделением тепла

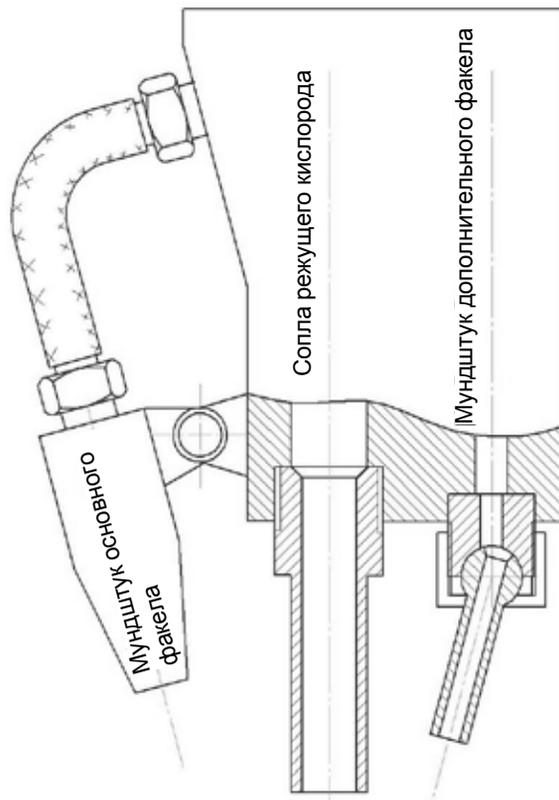


Рис. 2. Газокислородный резак с основным и дополнительным факелом



Рис. 3. Ядро факела с линейным источником тепла

должна происходить по всей его длине, т.е. факел математически представляется как линейный источник тепла (рис. 3).

Чем меньше разница между скоростями движущихся параллельно в одном направлении режущей струи кислорода и окружающего ее подогревающего пламени, тем меньшее возмущение они оказывают друг на друга за счет сил трения и меньше потери энергии у потока, движущегося с большей скоростью. Следовательно, необходимо повышать скорость подогревающего пламени по всей его длине.

При кислородной резке металлов больших тол-

щин расходуется большое количество горючего газа и кислорода. Поэтому основным направлением повышения эффективности кислородной резки является снижение расхода газов-энергоносителей.

Ниже приведены несколько технических решений, в той или иной степени соответствующих требованиям повышения эффективности кислородной резки металлов больших толщин с помощью подогревающего пламени, признанных изобретением.

**Мундштук для резаков с внешним смешением газов [5].** При резке металлов больших толщин длина пламени должна быть не меньше толщины разрезаемой заготовки, поэтому его регулируют со значительным избытком горючего газа. При этом скорость газов пламени и температура пламени по его длине остаются незначительными, а скорость режущей струи относительно газов пламени велика. Такая разность скоростей приводит к уменьшению кинетической энергии режущей струи за счет сил трения между параллельными потоками и снижению ее чистоты вследствие загрязнения продуктами горения и балластными газами.

Повышение скорости истечения газов подогревающего пламени путем увеличения давления на входе в резак нарушает стабильность горения пламени, т.к. происходит отрыв его от торца мундштука. Следовательно, подогревающее пламя, имеющее высокую скорость, необходимо принудительно «привязать» к торцу мундштука. Это можно сделать, увеличив разрежение на торце мундштука.

Мундштук содержит расположенные концентрично каналы для подогревающего, режущего кислорода и горючего газа и формирующую камеру, выполненную на рабочем торце мундштука. В нем предусмотрена замкнутая кольцевая камера, разделяющая каждый канал подогревающего кислорода и горючего газа на две соосные части. Указанная камера соединена с рабочим торцом мундштука отверстиями, равномерно расположенными между каналами подогревающего кислорода и горючего газа (рис. 4).

Газовые струи, проскакивая через замкнутую кольцевую камеру, создают в ней вакуум, который через отверстия, соединяющие эту камеру с рабочим торцом мундштука, передается в формирующую камеру. Даже при значительном увеличении скорости истечения газов подогревающего пламени резак работает стабильно, т.к. подогревающее пламя принудительно «привязано» к рабочему торцу мундштука. Видимая часть пламени удлиняется, одновременно происходит выравнивание температур по его длине, затем скорость горючей смеси приближается к скорости режущей струи и снижается перемешивание этой струи с окружающими газами. Поскольку чистота и скорость режущей струи остаются высокими на значительном расстоянии от торца мундштука — режущая способность кисло-

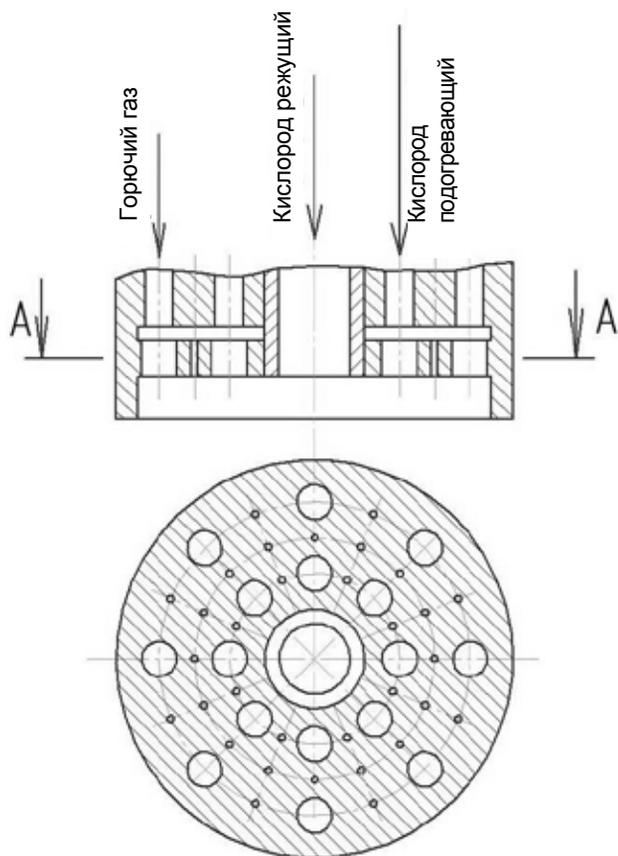


Рис. 4. Мундштук для резаков с внешним смешением газов

родной струи повышается. Это позволяет разрезать данным мундштуком металл большей толщины без увеличения расхода рабочих газов.

**Газовый резак с внешним смешением газов [6].**

Выходные каналы для рабочих газов в резаке расположены так, что цилиндрическую струю режущего кислорода окружает «n»-ное количество цилиндрических струй подогревающего кислорода, которые, в свою очередь, окружены сплошным потоком горючего газа (рис. 5). Сплошной поток горючего газа окружает также струю режущего кислорода.

Такая конструкция резака предполагает, что струя режущего кислорода и струи подогревающего кислорода находятся в потоке горючего газа, имеющего плотность меньше, чем окружающая атмосфера, и не контактируют друг с другом. Исключается подсос балластных газов из окружающей атмосферы, режущая струя не тормозится потоками подогревающего кислорода и увеличивается высокотемпературный участок пламени, на котором происходит реакция горения с выделением тепла. Подогревающее пламя является линейным источником тепла и прогревает разрезаемую заготовку по всей ее толщине, причем кинетическая энергия и чистота кислорода для поддержания реакции горения металла в режущей струе сохраняются также по всей толщине разрезаемой заготовки.

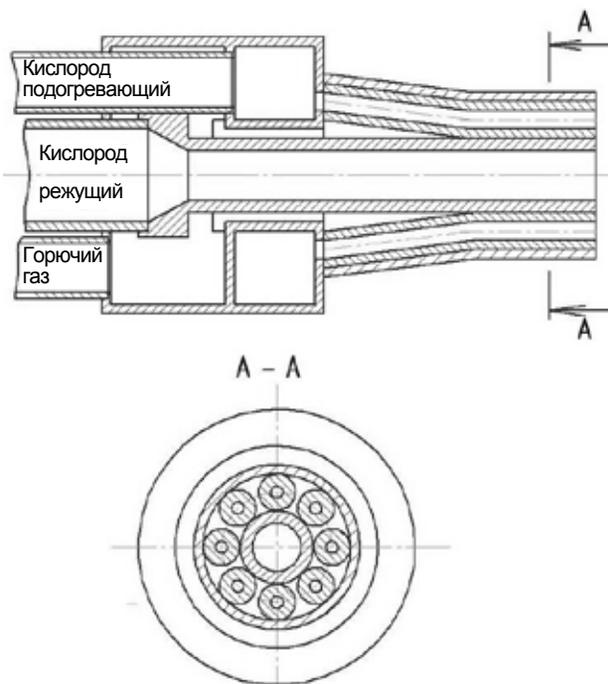


Рис. 5. Газовый резак с внешним смешением газов

Данный резак по сравнению с известными резаками-аналогами расходует меньше подогревающего кислорода и горючего газа, а при одинаковых расходах газов-энергосносителей может разрезать заготовки большей толщины.

**Газокислородный резак [7].**

Описанное техническое решение широко применяется в инжекторных ручных резаках специального назначения для резки заготовок толщиной до 600 мм. Резак имеет головку с соосным соплом и мундштуком, между которыми имеется кольцевой канал для выхода горючей смеси, устройство для разгона и разделения потока горючей смеси на отдельные потоки перед этим каналом. Устройство для разделения потоков выполнено на сопле в виде продольных прорезей и выступов, расположенных перед выходным кольцевым каналом (рис. 6).

Горючая смесь разгоняется в продольных прорезях до высоких скоростей, проскакивает через кольцевой выходной канал и образует основной факел подогревающего пламени, который горит на расстоянии от резака и представляет собой линейный источник тепла. Периферийные части истекающей из продольных прорезей горючей смеси в кольцевом выходном канале заполняют пространство между струями основного факела и истекают в зону горения с малой скоростью, образуя дополнительный факел, привязывающий основной факел к торцу резака. В результате чего подогревающее пламя имеет высокую скорость и температуру по всей длине, горит стабильно.

Процесс ручной кислородной резки крупного лома в копровом цехе ПАО «Энергомашспецсталь»

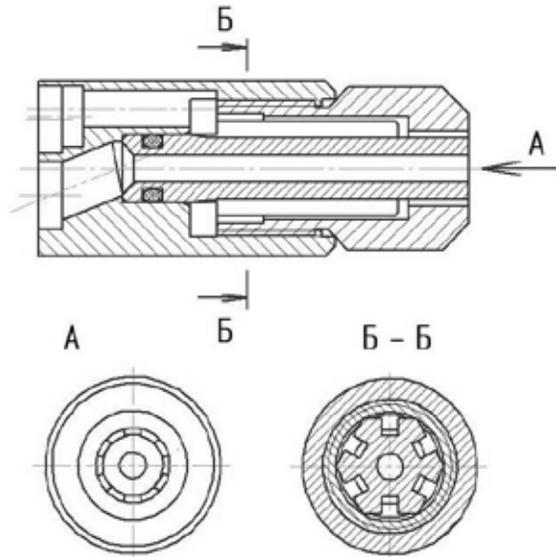


Рис. 6. Головка резака с разделением потоков горючей смеси на две составляющие



Рис. 7. Кислородная резка прибыльной части отливки на габаритные куски на ПАО «Энергомашспецсталь»

указанным резаком представлен на рис. 7.

Данное техническое решение использовано во всех ручных инжекторных резаках специального назначения, примеры их работы в различных условиях представлены в [8].

**Способ кислородной резки металлов больших толщин [9] и резаки для его осуществления.**

Данный способ кислородной резки использует подогревающее пламя как линейный источник тепла в чистом виде. Пламя размещается вокруг режущей струи кислорода и перемещается в одном направлении с ней примерно с одинаковой скоростью. Этим достигается качественное улучшение технико-экономических показателей (снижение расхода кислорода и горючего газа) и расширение технологических возможностей процесса (кислородная резка высоколегированных, в т.ч. нержавеющей, сталей и чугуна).

Способ кислородной резки заключается в том,

что горючий газ подают сплошным потоком, в котором формируют не менее 3-х вспомогательных струй режущего кислорода. При этом основную струю режущего кислорода направляют коаксиально кольцу из вспомогательных струй с начальной скоростью, превышающей не более чем на 10% начальную скорость вспомогательных струй.

Газокислородный резаки для резки металлов больших толщин, осуществляющий кислородную резку по этому способу (рис. 8), включает головку (корпус) с каналами подачи горючего газа и периферийного кислорода, и размещенный в нем мундштук с центральным каналом для режущего кислорода и периферийными кислородными каналами. От аналогов резаки отличаются тем, что между периферийными кислородными каналами расположены радиальные глухие отверстия, с которыми попарно связаны каналы горючего газа, оси последних образуют две концентричные окружности с диаметрами  $d_1$  и  $d_2$ . Оси периферийных кислородных каналов находятся на окружности, соосной с центральным каналом для режущего кислорода, имеющей диаметр  $d_3$ . Эти диаметры соответствуют условию  $d_1 < d_3 < d_2$ , причем длина периферийных кислородных каналов  $L$  находится в пределах  $(5 \div 9) \cdot d$ , где  $d$  — диаметр периферийных кислородных каналов.

Процесс кислородной резки поковки через усадочную раковину данным способом в копровом цехе Уралмашзавода представлен на рис. 9. Бурый дым на фотографии является следствием выгорания шлака и неметаллических включений в усадочной раковине прибыльной части поковки.

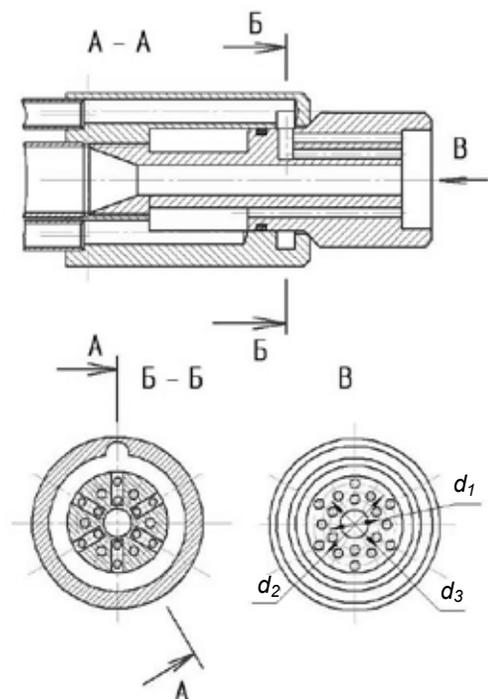


Рис. 8. Головка резака для резки металлов больших толщин



Рис. 9. Резка поковки Ø 1200 мм через усадочную раковину резаком РГКМ-5 на Уралмашзаводе

Более подробно материалы по использованию данного способа кислородной резки и резака для его осуществления (РГКМ-5) представлены в [8].

**Факел газокислородных горелок для внепечного нагрева массивных заготовок.** В работе [10] приведены результаты экспериментов по определению условий, когда факел газокислородных горелок для внепечного нагрева крупных заготовок наиболее эффективен. Это факел с точечным источником тепла, имеющий короткое ядро пламени и сплошное пятно нагрева большого поперечного сечения. Он формируется в инжекторных горелках с выходным каналом для горючей смеси в виде кольцевой щели (или «n»-ного количества отверстий, расположенных на одной окружности), *рис. 10*. Механизм формирования факела такой газокислородной горелки аналогичен механизму формирования факела резака с точечным источником тепла и описан выше.

Если увеличить диаметр выходной кольцевой щели с одновременным увеличением диаметра торцевой рабочей поверхности мундштука, то внутри и снаружи выходного канала на торце мундштука расширятся две зоны с пониженным давлением (разрежением), которые дополнительно растянут, каждая в свою сторону, ядро факела, увеличивая сплошное пятно нагрева. Установка форкамеры (цилиндрическое углубление со стенками по окружности, открытое в сторону нагреваемой заготовки) на торце мундштука еще больше увеличивает пятно нагрева.



Рис. 10. Ядро факела газокислородной горелки для внепечного нагрева крупных заготовок с мундштуком в виде кольцевой щели

**Факел газозвудушных горелок для внепечного нагрева массивных заготовок.** Для привязки пламени к известным газозвудушным горелкам используют стакан-стабилизатор (полый цилиндр, внутри которого газозвудушная смесь теряет скорость до значений, равных скорости распространения фронта пламени), к выходным кромкам которого и «привязывается» факел. Ядро факела таких горелок имеет форму вытянутого треугольника значительной длины, а пятно его нагрева имеет форму «бублика» (вследствие охлаждающего действия холодных потоков газозвудушной смеси внутри ядра).

Авторами статьи предложен способ формирования факела пламени газозвудушной горелки, при котором стакан-стабилизатор выполнен глухим со стороны поступления в него горючей смеси, а с противоположной стороны – открытым. На глухом торце стабилизатора формируют полый цилиндрический поток газозвудушной смеси, внутри и снаружи которого возникают две зоны с пониженным давлением (разрежением), растягивающие ядро факела, каждая в свою сторону, укорачивая его. Ядро прячется внутри стабилизатора, пламя не касается его стенок, и пятно нагрева, имеющее форму сплошного круга большого диаметра, эффективно нагревает заготовку.

Если эти две зоны увеличить в размере и принудительно увеличить значения разрежений внутри каждой зоны, то полый цилиндрический факел будет растягиваться в стороны и к центру сильнее. Следовательно, можно увеличить диаметр стакана-стабилизатора, что автоматически увеличит площадь пятна нагрева. Эффективность нагрева заготовки повысится.

Газозвудушная горелка с устройством для формирования факела с помощью вакуумной камеры представлена на *рис. 11*.

В головке горелки «n»-ное количество дозирующих отверстий для горючего газа соосны с таким же количеством смесительных камер и диффузоров и все они расположены на окружности, соосной с центральной осью горелки. Воздух к смесительным камерам подают через радиальную кольцевую щель, расположенную между ними и дозирующими отверстиями для горючего газа. Вакуумная камера выполнена в виде второй радиальной кольцевой щели, которая расположена между смесительными камерами и диффузорами. Она соединена с торцевой рабочей поверхностью головки (снаружи и внутри кольцевого потока горючей смеси) и боковой поверхностью стабилизатора системой каналов малых размеров.

Горючий газ через осевые отверстия и воздух через радиальную щель попадают в смесительные камеры, где смешиваются друг с другом. Образовавшаяся горючая смесь проскакивает через ваку-



Рис. 11. Газовоздушная горелка с вакуумной камерой для увеличения разрежения на торце головки

умную камеру, увлекая за собой воздух из камеры (в камере создается вакуум), и попадает в диффузоры, где окончательно перемешивается. Затем на рабочем торце головки горючая смесь поджигается и образует цилиндрический факел, полый внутри. Вакуум из камеры через специально предусмотренные каналы передается на рабочую поверхность головки и боковую поверхность стабилизатора, увеличивая там разрежение. Зона с усиленным вакуумом внутри кольцевого потока горящего пламени растягивает его к центру горелки с повышенной силой. Зона с усиленным вакуумом на боковой поверхности стабилизатора и на рабочем торце головки снаружи кольцевого потока горящего пламени растягивает его к стенкам стабилизатора.

Использование вакуумной камеры в газовоздушной горелке позволило на 40% увеличить площадь поперечного сечения стабилизатора и, соответственно, на 40% увеличилось пятно нагрева этой горелкой, сплошное по сечению.



Рис. 12. Опытно-промышленное испытание горелки с вакуумной камерой для увеличения разрежения на торце головки в цехе металлоконструкций НКМЗ

Опытно-промышленное испытание газовоздушной горелки с вакуумной камерой для усиления пятна нагрева представлено на рис. 12.

Вакуумную камеру можно применять отдельно от горелки, создавать в ней вакуум, например с помощью насоса, и перераспределять его по рабочим торцам одной или нескольких горелок через систему трубок.

#### Литература

1. Wellendorf K. Starkbrennschneiden mit dem Niederdruck – Starkschneidbrenner ZIS-485 // ZIS-Mitteilungen. – 1973. – № 3. – С. 317–322.

2. Bohme O. Schutzgasschneidbrenner ZIS-789 // ZIS-Mitteilungen. – 1974. – № 2. – С. 158–164.

3. Boschnakow I. Schutzgasbrennschneiden bis 3200 mm Stahldicke // Sweisstechnik (DDR). – 1975. – № 6. – С. 254–257.

4. А.с. 748088 СССР, МПК F 23 D13/32. Газокислородный резак внешнего смешения газов для резки металлов больших толщин. / Н.Я. Мушенко, Г.П. Ларин, Л.Н. Шевчук, В.М. Литвинов, С.М. Удод (СССР). – № 2606228/24–27; заявл. 18.04.78; опубл. 15.07.80, Бюл. № 26. – 4с.: ил.

5. А.с. 848888 СССР, МПК F 23 D15/00. Мунштук для резаков с внешним смешением газов / В.М. Литвинов, Н.Я. Мушенко, Г.П. Ларин, П.П. Рудометкин (СССР). – № 2827723/25–27; заявл. 12.10.79; опубл. 23.07.81, Бюл. № 27. – 3с.: ил.

6. А.с. 1728586 (СССР), МПК F 23 D14/42. Газовый резак с внешним смешением газов / В.Г. Гетман, В.М. Литвинов, А.Д. Овчинников, А.А. Адамович, А.М. Литвинов (СССР). – № 4761052/06; заявл. 21.11.89, опубл. 23.04.92, Бюл. № 15. – 3с.: ил.

7. Пат. 29654 UA, МПК В 23 К 7/00. Газокисневый різак / Ю.М. Лисенко, В.М. Литвинов, С.А. Чумак, Є.К. Цвентух, С.Л. Василенко, О.Г. Коровченко, С.Г. Красильников. – № u200709167; заявл. 10.08.2007; опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2. – 5с.: ил.

8. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении – К.: НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ, 2017. – 368 с.

9. Пат. 92865 UA, МПК F 23 C7/00. Спосіб кисневого різання металів великих товщин / Литвинов В.М., Волошин О.І., Шаповалов К.П., Белінський В.А., Василенко С.Л., Коровченко О.І. – № u201402889; заявл. 21.03.14; опубл. 10.09.14, Бюл. № 17. – 3 с.

10. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н., Чумак С.А., Капустин В.В., Литвинова Т.В., Зеленский С.Л., Белинский В.А., Василенко С.Л., Золотопупова Т.Б. Газокислородные горелки для нагрева при сварке и для термической правки тяжелых металлоконструкций // Сварщик. – 2015. – № 1. – С. 23–27.

● #1676

# Причины локальных повреждений сварных соединений трубопроводов АЭС\*

О.Г. Касаткин, д.т.н., А.К. Царюк, к.т.н., В.Ю. Скульский, д.т.н., А.Р. Гаврик, С.И. Моравецкий, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

*Показано, что основными факторами, вызывающими коррозионное растрескивание и разрушение композитных сварных соединений трубопроводов, являются химическая и структурная неоднородности металла сварных соединений, образование мартенситных и обезуглероженных прослоек, напряженное состояние и водородное охрупчивание металла. Предложен способ повышения сопротивляемости сварных соединений локальным коррозионным повреждениям.*

Опыт эксплуатации энергоблоков атомных станций показывает, что существует ряд узлов оборудования, к которым относятся различные трубопроводы и их сварные соединения, наиболее подверженных повреждениям. В частности, в трубопроводах второго контура коррозией часто повреждаются сварные соединения труб из разнородных сталей – низколегированных и аустенитных. При ремонте обычно удаляют дефектные сварные соединения и приваривают сварные вставки, изготовленные на специальном производстве, однако и они имеют ограниченный срок службы. В процессе эксплуатации энергоблока возникает необходимость их замены.

Согласно существующей технологии сварка труб из разнородных сталей производится аустенитным швом, причем при сварке труб с толщиной стенки более 5 мм – с предварительной наплавкой кромки трубы из низколегированной стали аустенитным металлом.

Коррозионные повреждения в разнородных соединениях развиваются как межкристаллитная коррозия и локализуются в узкой зоне на границе между аустенитным швом и ферритной сталью (рис. 1).

Характерной особенностью сварных соединений разнородных сталей является развитая химическая, структурная и механическая неоднородности [1]. В композитных сварных соединениях имеется поле собственных напряжений, которые не могут сниматься проведением термической обработки. В процессе

сварки необходимо учитывать также разную свариваемость каждой стали.

При оценке работоспособности рассматриваемых сварных соединений важно учитывать структуру и свойства зоны сплавления разнородных материалов. В соединениях, выполненных сваркой плавлением, вблизи границы сплавления обнаруживаются кристаллизационные прослойки промежуточного состава между основным металлом и швом.

Со стороны трубы из ферритной стали основной металл имеет ферритно-мартенситную структуру. Соотношение фаз (доля мартенсита в структуре) может изменяться в зависимости от термического цикла сварки. Фазовые составы отдельных зон сварных соединений можно оценить по диаграмме Шеффлера, из которой следует, что во всех случаях в швах будут образовываться прослойки с мартенситной структурой. Это связано с тем, что вблизи границы плавления даже при небольшой доле наплавленного металла расплавленная углеродистая сталь легируется за счет аустенитного металла. При увеличении доли наплавленного металла твердость этой зоны резко возрастает по мере роста количества мартенсита и далее снижается, в основном, из-за уменьшения концентрации углерода.



Рис. 1. Микроструктура коррозионного повреждения металла ЗТВ сварного соединения стали 20 и 08X18H10T (x 25)

\* По материалам сборника: «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин», ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ

Таким образом, в сварных композитных соединениях низколегированных сталей практически всегда образуются мартенситные прослойки независимо от типа аустенитного присадочного металла.

При сварке и термической обработке в зоне сплавления могут образовываться диффузионные прослойки, главным образом обусловленные перераспределением углерода. Вместе с тем в процессе эксплуатации температура трубопроводов второго контура невысокая и диффузионные прослойки практически не развиваются.

В композитных сварных соединениях наблюдаются диффузионные прослойки, образующиеся при сварке в момент взаимодействия жидкой сварочной ванны с основным металлом, а также в области контакта твердых фаз во время охлаждения после сварки. Причиной перераспределения углерода является, в частности, наличие карбидообразующих элементов в аустените. Эти прослойки находятся вблизи границы сплавления, причем со стороны аустенитного шва – зона с повышенным содержанием углерода, а со стороны ферритной стали образуется обезуглероженный слой металла с крупными столбчатыми зёрнами феррита (рис. 2). Отметим, что из-за малого содержания углерода эта прослойка имеет низкий предел текучести, а в процессе роста зёрен на границах концентрация примесей повышается.

Остаточные напряжения в композитных сварных соединениях в значительной мере зависят от теплофизических и механических характеристик свариваемых материалов, в частности, коэффициентов линейного расширения и теплопроводности, а также модуля упругости и предела текучести. Наибольшая разница в коэффициентах линейного расширения (25-35 %)

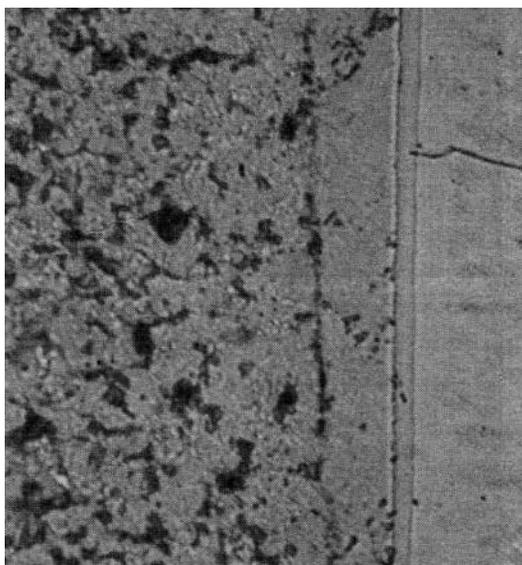


Рис. 2. Микроструктура зоны сплавления стали 20 и 08X18H10T (x 1000)

наблюдается между сталями перлитного и аустенитного классов. Она особенно заметна, если в композитном соединении используется аустенитная сталь 08X18H10T.

Остаточные напряжения в однородных и композитных сварных соединениях существенно изменяются после проведения термической обработки (отпуска), приводящей к увеличению этих напряжений.

Важным фактором, оказывающим влияние на работоспособность композитных сварных соединений, является наличие водорода, который при определенных условиях может вызывать «статическую» усталость металла. Водород, ослабляя силы связи кристаллической решетки в местах нарушения ее когерентности, способствует образованию очагов микроразрушений на границах с высокой плотностью энергии. В процессе сварки водород в металл шва поступает преимущественно из атмосферы дуги при ее взаимодействии с расплавленным металлом [2].

Энергия границ может значительно увеличиваться при мартенситном превращении аустенита. В процессе роста мартенситных кристаллов возникают структурные напряжения, микродеформации и скопления дислокаций, которые наиболее ярко выражены у границ аустенитных зёрен, куда попадают самые крупные кристаллы мартенсита. Под действием растущих кристаллов мартенсита на границе образуется случайное поле напряжений. Чем крупнее исходные аустенитные зёрна, тем больше размеры кристаллов мартенсита и соответственно выше локальные напряжения и микродеформации, возникающие около их вершин.

На отдельных, наиболее ослабленных участках границ, имеющих значительный уровень свободной энергии, при совместном действии структурных и сварочных напряжений могут образовываться зародыши микротрещин. Основную роль в этом процессе играют структурные напряжения. В зависимости от напряженного состояния развитие зародышей трещин может приводить к замедленному (периодический скачкообразный рост трещины, чередующийся в паузах с процессами микроползучести и сегрегации водорода на границах у вершины трещины) или хрупкому разрушению. Наиболее интенсивно эти процессы развиваются около границы сплавления разнородных сталей.

Возникающие микроразрушения по границам зёрен в случае агрессивной окружающей среды могут развиваться в межзёрненное коррозионное растрескивание металла под напряжением и привести к разрушению композитного сварного соединения. Скорость этого процесса возрастает при увеличении количества

и толщины мартенситных прослоек, размеров аустенитных зерен, а также загрязнении металла шва примесями, повышающими свободную энергию границ зерен.

Для повышения работоспособности композитного сварного соединения необходимо использовать технологию сварки, обеспечивающую уменьшение химической и структурной неоднородности, исключение образования хрупких и обезуглероженных прослоек. Достаточно эффективным способом решения этой задачи является введение в сварное соединение между аустенитным и ферритным металлами промежуточного слоя с низким содержанием углерода, например, из армо-железа (технически чистого железа). При этом не только исключается возможность образования легированного мартенсита с достаточно высоким содержанием углерода, но и существенно уменьшается диффузионное перераспределение самого углерода.

Наплавку промежуточного слоя можно производить на кромку ферритной или аустенитной трубы, при этом металл шва должен быть соответственно аустенитным или низколегированным. Заварку шва можно осуществить также металлом с низким содержанием углерода без предварительной наплавки промежуточного слоя, однако при этом могут возникнуть трудности с обеспечением хорошего формирования шва.

Экспериментальные исследования проводились на сварных соединениях стали 20 с аустенитной сталью 08X18H10T. При наплавке низкоуглеродистого металла на сталь 20 образуется несколько участков:

- неполной перекристаллизации, в котором металл нагревается до температур начала фазового  $\alpha \rightarrow \gamma$  - превращения; здесь структура характеризуется разноструктурностью – крупные ферритные зерна чередуются с более мелкими зернами феррита и перлита, сформировавшимися при частичном превращении при нагреве перлитных участков;
- полной перекристаллизации или нормализации, где после фазовой перекристаллизации металл приобретает мелкозернистую структуру (верхняя температурная граница этого участка около 1100 °С);
- на участке перегрева около наплавленного слоя в стали 20 образуется грубая структура из крупных участков феррита и перлита, называемая видманштеттовой структурой;
- наплавленный металл вблизи стали 20 имеет мелкозернистую структуру, а из-за перемешивания со сталью 20 в нем присутствуют отдельные перлитные участки (рис.3, а);

- наплавленный металл имеет чисто ферритную структуру с относительно крупным зерном (рис. 3, б).

В зависимости от условий конвективного перемешивания металла в сварочной ванне переход от наплавленного металла к шву типа Св-10Х16Н25АМ6 может быть резким или иметь слой с мелкодисперсной структурой (рис. 3, в). Указанный слой представляет собой металл, сформировавшийся в результате неполного расплавления фрагментов наплавленного слоя и неполного перемешивания его с аустенитным металлом шва. Очевидно, в этом случае на формирование таких прослоек оказывают влияние более высокая температура плавления низкоуглеродистого наплавленного металла (около 1530 °С по сравнению с 1380 °С у аустенитного металла) и узкий интервал кристаллизации. Не обнаружено также миграции

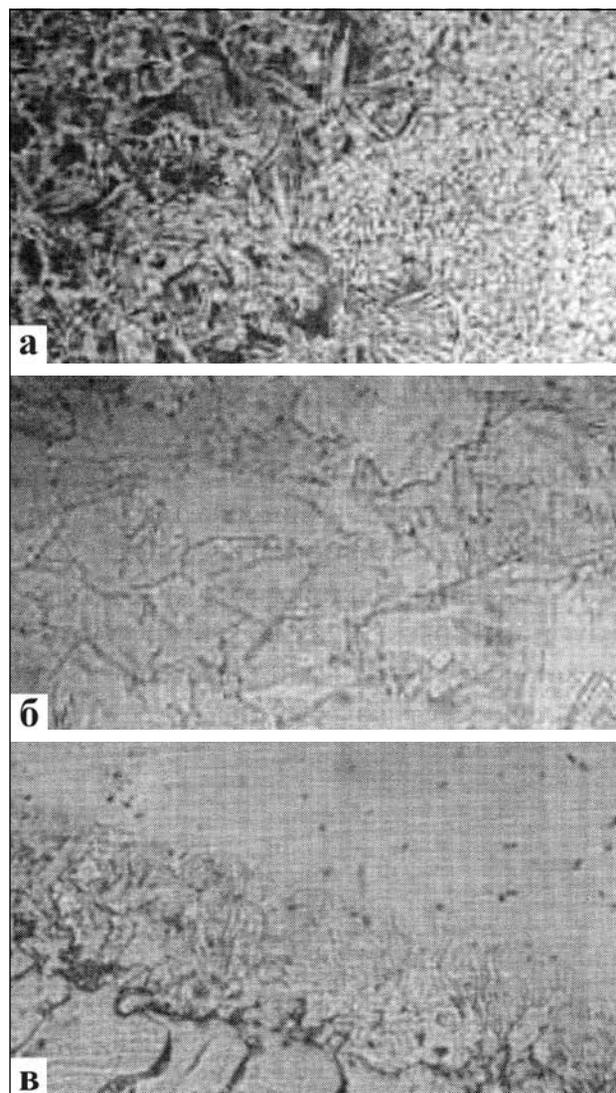


Рис. 3. Микроструктуры зон сплавления: стали 20 и наплавленного металла – а (х 200), наплавленного металла – б (х 200), наплавленного металла и аустенитного шва типа Св-10Х16Н25АМ6 – в (х 1000)

углерода и формирования обезуглероженной прослойки в стали 20.

Результаты измерений твердости показали, что в аустенитном металле шва и наплавки из-за различного долевого участия расплавленного нелегированного и наплавляемого высоколегированного металлов образуются микроучастки с твердостью, близкой к твердости мартенситной структуры, а также наблюдаются микроучастки с твердостью, характерной для аустенита.

Пример композитного сварного соединения с наплавкой низкоуглеродистого металла на кромку аустенитной стали и заваркой шва низколегированным присадочным металлом приведен на *рис. 4*. По мере наложения валиков травимость наплавленного металла повышается в результате снижения концентрации легирующих элементов, поступающих из аустенитной стали.

Следует отметить, что в данном сочетании сталь - наплавленный металл не образовывались зоны с высокой твердостью, характерные для закалочных структур. Наблюдаемые колебания микротвердости переходного слоя между аустениной сталью и наплавленным металлом связаны с неравномерным перемешиванием сплавляемых материалов и находятся в пределах от 150 до 340 *HV* 0,2. На границе зоны сплавления аустенитной стали с наплавленным металлом не выявлено существенной неоднородности или дефектов (*рис. 5*). Аналогичная ситуация наблюдается и на границе сплавления низколегированного шва с наплавленным металлом и сталью 20.

Результаты механических испытаний по ГОСТ 6996-66 сварных соединений разнородных ста-

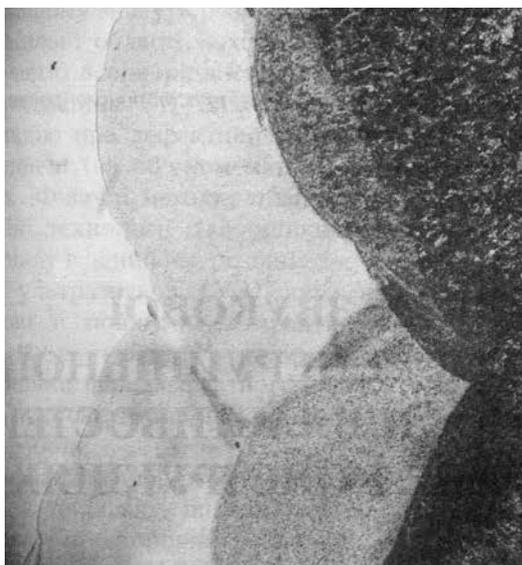


Рис. 4. Слои наплавки технически чистого железа на аустенитную сталь (x 25)

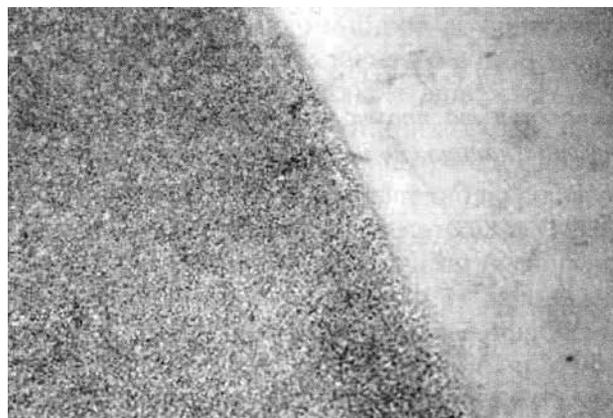


Рис. 5. Микроструктура зоны сплавления наплавленного металла и аустенитной стали (x 200)

лей 20 и 08X18H10T показали, что предел прочности на растяжение образцов типа XIII (ГОСТ 6996-66) находится в пределах 530-560 МПа, ударная вязкость *KCU* в пределах 106-143 Дж/см<sup>2</sup>, угол загиба образцов типа XXVI (ГОСТ 6996-66) – от 160 до 180°. Разрушение образцов при растяжении во всех случаях происходило по стали 20 на расстоянии около 15 мм от границы сплавления. Эти показатели удовлетворяют требованиям, предъявляемым к композитным сварным соединениям трубопроводов АЭС.

Оценка коррозионной стойкости предложенных композитных сварных соединений в эксплуатационных условиях требует больших затрат времени. Ускоренные испытания образцов в среде хлоридов не выявили явного межзеренного разрушения в области сварного соединения. Коррозия в металле шва развивается интенсивнее, чем в аустенитной стали, но не быстрее, чем в ферритном основном металле.

Таким образом, введение в сварные соединения между аустенитной и углеродистой сталью промежуточного слоя из низкоуглеродистого металла (технического железа) позволяет исключить образование в сварных швах хрупкого легированного мартенсита и обезуглероженных прослоек в металле ЗТВ. Сварное соединение с указанным промежуточным слоем имеет более высокую коррозионную стойкость по сравнению с соединением, выполненным согласно штатной технологии.

#### Литература

1. Земзин В.Н. Сварные соединения разнородных сталей. – М.: Машиностроение, 1966. – 232 с.
2. Касаткин О.Г. Особенности водородного охрупчивания высокопрочных сталей при сварке (обзор) // Автомат. сварка. – 1994. – № 1. – С. 3-7.

# Оцінка ризику експлуатації зварних конструкцій на підставі моніторингу процесів системи управління якістю і проведення комплексу випробувань

Ю. К. Бондаренко, к.т.н., О. В. Ковальчук, м.н.с., ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ (Київ)

Необхідність збільшення ефективності діяльності підприємства (підвищення продуктивності, зменшення витрат, поліпшення якості) змушує розробляти ефективні методи управління і впроваджувати вимоги стандартів системи якості, переходячи від контролю готової продукції (поетапного контролю, як одного з методів технічного забезпечення функціонування) до процесного підходу управління. Вимоги стандартів системи управління якістю розвиваються відповідно до вимог розвитку суспільства і розвитку наукових методів управління. Сімейство стандартів системи менеджменту нового покоління (до якої відноситься і ISO 9001:2015) є «стандартами структури високого рівня». Термін структура високого рівня введено настановою ISO Guide 83:2011 і застосовується до стандартів системи менеджменту, які мають ідентичні вимоги, терміни, ключові визначення (що є перевагою для подальшого впровадження інтегрованих систем управління на підприємстві, наприклад, системи управління якістю та навколишнім середовищем (ISO 9001:2015 + ISO 14001:2015) та/або енергоефективністю (+ ISO 50001)) і використовують концепцію ризик-орієнтованого мислення.

Підприємства чи лабораторії стикаються з низкою ризиків, які можуть впливати на досягнення цілей в сфері якості, безпеки зварної конструкції.

**Ризик** — вплив невизначеності на цілі [1].

Вплив розглядається як відхилення з позитивними і негативними наслідками. Цілі можуть мати різні аспекти (в сфері якості, фінансові, професійної безпеки та здоров'я, екологічні) і відноситись до різних рівнів (стратегічного, організаційного, рівня проекту, продукції, процесу). Ризик часто характеризується посиленнями на потенційно можливі події і наслідки або їх комбінації та виражається в комбінації події і пов'язаної з ними імовірності інцидентів (аварій, невідповідностей вимогам нормативних документів). Невизначеність — це також стан часткової відсутності інформації відносно розуміння чи знання подій, їх наслідків або імовірності [1].

Оцінка ризику — загальний процес ідентифікації та аналізу ризику і виявлення ступеню ризику в зварній конструкції.

Рівень ризику — величина ризику, що виражена в комбінації наслідків і імовірності їх виникнення при виробництві і експлуатації зварної конструкції.

Критерії ризику — дані по яким оцінюється значущість ризику.

Визначення ступеню ризику — процес порівняння результатів аналізування ризику з критеріями ризику для визначення того, чи можна прийняти величину ризику в кожній зварній конструкції.

Контроль — вимірювання, яке здатне змінити ризик [1].

Кожен процес системи управління якістю зварювального підприємства, пов'язаний з постачанням, управлінням, виробництвом, вимірюванням (ISO 9001:2015, п. 03 «процесний підхід»), виконує як «корисну роботу» — здійснює діяльність із перетворення вхідних показників якості на вихідні (ISO 9001:2015) і розглядається з позицій створення додаткових цінностей, так і несе в собі невизначеності (ризик), які впливають на отримувані показники і параметри конструкцій в цілому. При цьому, будь-яка невизначеність може мати позитивний чи негативний результат (ISO 9001:2015, п. 03). Позитивний результат, зумовлений відхиленням може забезпечувати певну можливість і в цьому «схований» додатковий ресурс для зварювального підприємства, проте не всі позитивні впливи ризику ведуть до можливостей при виготовленні зварної конструкції.

Негативний результат спонукає до управління ризиком. З цією метою, по-перше, інженерному персоналу підприємства (керівникам зварювальними роботами, лабораторії) необхідно мати знання про ризик: ідентифікувати джерела ризику; визначити природу і рівні ризику (проводити аналіз ризику). По-друге: визначити ступінь ризику шляхом порівняння результатів аналізу з критеріями ризику для визначення того, чи можна прийняти величину ризику. По-третє: при необхідності, провести обробку (модифікацію) ризику.

Модифікація способів управління може складатися із: знешкодження джерела ризику; зміни його ймовірності та наслідків; розподіл ризику з іншої сторони (процесами і виконавцями процесів) або

сторонами, включаючи контракти і фінансові ризики (ISO 31000:2009, п. 5.5) [2].

Таким чином, при впровадженні системи управління виробництвом за стандартом ISO 9001:2015 рівень регулювання (деталізація вимог системи, додаткові управлінські дії, обсяг вимірювань та контролю, навчання та атестація персоналу) пропорційний ступеню ризиків, пов'язаних з цими процесами. Це дає підприємству можливість сконцентрувати зусилля та кошти в тих місцях, де імовірність виникнення відмов найбільша і не «загрузнути в процесному підході» — управлінні другорядними процесами. Натомість процеси ризик-менеджменту, згідно методології ISO 9001:2015 та стандарту ISO 31000:2009, мають стати частиною процесів організації і бути інтегрованими в загальну систему управління підприємством зварювального виробництва.

При ідентифікації джерел ризиків процесів управління враховується контекст організації (модель управління), тип виробництва та випробувальної лабораторії (ВЛ).

Відзначимо особливості ризиків зварювального виробництва і, як наслідок, системи управління, в т.ч. вимог щодо вимірювань та обсягів контролю.

Перша група — це ризики пов'язані з виробництвом та ремонтом відповідальних конструкцій, на які поширюються вимоги Технічних регламентів [5]. В цьому випадку вимоги до управління виробництвом, обсягу контролю, відносяться до законодавчо регульованої сфери і мають бути не менш жорсткими ніж визначено законодавством. Так «Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд», до якого може бути віднесено частину зварних конструкцій вимагає контролю або забезпечення якості виробництва з боку виробника відповідно до модулів А або D; підтвердження відповідності продукції до модулів В+D або F з боку призначених органів з оцінки відповідності [5].

Стандарти серії EN1090 «Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій» визначають залежність класу виготовлення конструкцій від ризиків, які з нею пов'язані. Так стандарт EN1090–2 в частині 2. «Технічні вимоги до сталевих конструкцій» встановлює чотири класи виготовлення: від 1 до 4, які позначаються як EXC 1 ÷ EXC 4 («exc» — execution). При цьому жорсткість вимог зростає від EXC 1 до EXC 4. Вибір класу виготовлення зварної конструкції здійснюється з врахуванням вирішальних факторів виконання, які впливають на загальну надійність споруд. Додаток В до EN1090–2 визначає наступні три вирішальні фактори: класи наслідків в залежності від диференціації надійності; ризики, пов'язані з виготовленням та з експлуатацією конструкції. З метою класифікації конкретної кон-

струкції необхідно визначити критерії для категорії експлуатації і для виробничих категорій.

Друга група — ризики пов'язані наявністю спеціального процесу. До спеціальних процесів відносяться технологічні процеси, якість яких формується в результаті виконання і не може бути забезпечена результатами заключного контролю (процеси, якими важко управляти). Це процеси зварювання, термооброблення. Дійсно, при наявності дефектів, які не можуть бути виправлені (тріщини, несущільності, тощо) зварне з'єднання бракується. При ремонті трубопроводу, наприклад, заміна одного стикового зварного шва вимагає зварювання котушки, що збільшує вартість ремонту як мінімум вдвічі. Величина ризику для виробника в цьому випадку дорівнює добутку імовірності виникнення браку на величину збитку (вартості повного обсягу зварювальної роботи) [4]. І це без врахування збитків, пов'язаних з експлуатацією у випадку «пропущення» дефектів у випробувальній лабораторії (ВЛ).

Вимоги щодо деталізації управління зварювальними процесами та організацією НК для зварювання визначаються сімейством стандартів ISO 3834, які регламентують вимоги до менеджменту при зварюванні, обсяг і організацію контролю, необхідні процедури. Серія стандартів ISO 3834 складається з шести частин, об'єднаних загальною назвою «Вимоги до якості виконання зварювання плавленням металевих матеріалів»: 1. «Критерії вибору відповідного рівня вимог до якості»; 2. «Всебічні вимоги до якості»; 3. «Типові вимоги до якості»; 4. «Елементарні вимоги до якості»; 5. «Документи, вимоги яких необхідно задовольняти для того, щоб підтвердити відповідність вимогам ISO 3834–2, ISO 3834–3 або ISO 3834–4»; 6. «Керівництво з впровадження ISO 3834 (Технічний звіт)».

Стандарт EN1090 містить вказівки із застосування частин стандартів ISO 3834 в залежності від необхідного класу виготовлення конструкцій: при EXC1 слід застосовувати частину 4; EXC2 відповідно частину 3; EXC3 і EXC4 — частину 2. Клас конструкцій диктує вимоги до рівня деталізації процесів управління якістю зварювального виробництва.

При аналізованні вимог стандартів ISO 3834 із виконання неруйнівного контролю встановлено, що при зварюванні відповідальних конструкцій на які поширюються ISO 3834–2 та ISO 3834–3, необхідно вимоги до контролю включати в документований процес планування виробництва і контролю виробничої діяльності; мати плани контролю; процедуру контролю. Також в стандарті ISO 3834–5 (додаток А) визначаються кваліфікаційні вимоги до фахівців, які здійснюють НК.

Всебічні та типові вимоги до якості зварювання вимагають від виробника зварних конструкцій:

впровадження системи ідентифікації зварних з'єднань; розробку та виконання плану зварювання (EN1090–2); наявності технологічних інструкцій для зварювання – WPS (welding procedure specification) згідно відповідних частин стандартів (ISO 15609); за необхідності – інструкції з термооброблення зварних з'єднань (ISO/TR17663); атестації технології зварювання згідно стандартів серії ISO 15614. Необхідно впровадити систему підготовки зварників та операторів-зварників (стандарт серії ISO 9606, ISO 15618, стандарт ISO 14742). Особливо важливим є забезпечення зварювальних робіт інженерним висококваліфікованим персоналом для координації зварювальних робіт (ISO 14731) та керування цими роботами (кваліфікаційні вимоги – ISO 3834–5, додаток А).

Всі зазначені заходи виконують для управління ризиками в зварювальному виробництві.

Третя група – ризики, пов'язані з наявністю в зварювальному виробництві персоналізованих робіт (процесів). Це роботи, в яких якість виконання на 80–100% залежить від кваліфікації, компетентності і відповідальності виконавців. В галузі зварювання це інженерний персонал (керівники, координатори зварювальних робіт), спеціалісти ручного дугового зварювання, з проведення неруйнівного контролю (НК) та технічної діагностики (ТД). Так, на фахівцеві з НК «лежить тягар відповідальності» з ідентифікації статусу компонентів зварної конструкції (чи є вони відповідними вимогам нормативного документу та технічному завданню, чи є бракованими). Величина наслідків ризику (втрат) у випадку видачі недостовірного протоколу фахівцем з НК і ТД для виробника може бути порівнянною із затратами на виготовлення, обслуговування та ремонт. Для інших груп споживачів – пов'язана з втратами від аварій, тощо. Тому необхідно зменшити вірогідність невідповідної діяльності з НК і ТД та збільшити достовірність результатів вимірювання. Такі додаткові заходи управління персоналом зі зварювання, НК і ТД як організація періодичного навчання, атестація, сертифікація, нагляд за проведенням робіт з НК і ТД є необхідними з точки зору методології ризик-менеджменту у сфері організації робіт зі зварювання, випробувань та діагностики.

Беручи до уваги методології сучасного управління, наприклад, стратегічного управління збалансованою системою показників BSC (Balance, score, card) діяльності організації, для забезпечення сталого розвитку підприємства робота з пер-

соналом, який відповідає за ключові процеси утворення якості, має включати такі заходи як мотивація, заохочення, впровадження системи підвищення кваліфікації. Разом з тим, головний зварник, фахівець з НК і ТД мають бути ознайомлені з політикою і цілями в сфері якості підприємства і розуміти, як його діяльність впливає на виконання конкретних цільових завдань та стратегічних показників.

Четверта група – ризики, пов'язані з моніторингом та вимірюваннями.

Кожне підприємство, яке впроваджує у себе систему управління має організувати систему моніторингу та вимірювань як показників процесів, так і контроль продукції на визначених етапах життєвого циклу (вхідний контроль, операційний, контроль готової продукції, діагностика експлуатаційних характеристик). Фактори, що впливають на результати вимірювання наведено на рис. 1:

Впровадження якісного управління та контролю за цими процесами (згідно стандарту ISO/IEC17025) допоможуть спрогнозувати та зменшити результативний ризик випробувань, що пов'язаний з невизначеністю вимірювання.

Невизначеність вимірювання – це параметр, що пов'язаний з результатом вимірювання і характеризує розсіяння значень, котрі обґрунтовано могли б бути приписані вимірюваній величині [6, 7]:

Крім «традиційних» процесів управління діяльності ВЛ впроваджуються і методи притаманні саме організації випробувань. Оцінювання якості результатів випробування забезпечується шляхом виконання повторних, дублюючих, міжлабораторних випробувань [8].

Випробування виконуються з запланованою періодичністю: результат кожного методу випробування оцінюється і порівнюється з іншим результатом як мінімум один раз протягом встановленого лабораторією терміну (але не більше ніж рік). Результати отриманих випробувань (неруйнівних та руйнівних) слугують для аналізу якості діяльності ВЛ.

Впроваджується система валідації методів випробувань в ВЛ.



Рис. 1. Фактори, що впливають на результати вимірювання (ДСТУ ISO/IEC 17025)

При організації випробувань велике значення приділяється досвіду сталої практики — періодичне проведення випробувань тими методами, на які не було замовлень тривалий час.

Цікавими є вимоги до протоколу (в порівнянні зі стандартом ДСТУ 3412–96). Так протокол може містити «думки, тлумачення». Випробувач може задокументувати ті отримані результати, які не відображені в замовленні на випробування, але які він вважає за суттєві, і які можуть бути втрачені при подальшому управлінні зразком що випробується чи частиною конструкції.

У випадку порушення процесу випробувань відповідальна особа лабораторії може прийняти рішення про продовження чи припинення випробувань, прийняття або неприйняття результатів випробування (провести аналіз і оцінити ступінь ризику). Проте дані про всі відхилення процесу випробування, прийняті рішення і прізвища відповідальних осіб, дозволи на поступку повинні бути задокументовані, підписані та затверджені. Ця документована інформація може бути використана для подальшого повторного аналізування ризику випробувань та якості конструкції.

Іншим методом моніторингу є аудити (зокрема внутрішні).

Основні ризики, які можуть бути притаманні аудитам — недостатність компетентності персоналу з перевірки в конкретній галузі (в т.ч. в методах проведення НК і ТД для зварювального виробництва), суб'єктивність оцінки, вибірковість об'єктів перевірки. Проведення аудиту є також персоніфікованою роботою, тому розробці методології виконання аудитів завжди приділялась велика увага як в міжнародній організації зі стандартизації ISO (еволюція стандартів від минулої серії ISO 10011 до ISO 19011, видань ISO/IEC17021), так і безпосередньо на підприємстві. Методика проведення внутрішнього аудиту підприємства, яка враховує специфіку — є обов'язковою при впровадженні системи управління якістю. Для мінімізації можливих ризиків сформульовано і мають виконуватись наступні принципи аудиту:

- однозначність (єдина процедура, можливість співставлення результатів);
- задокументованість (єдині форми, збереження інформації, перевірка, співставлення);
- компетентність комісії (компетентність членів комісії в цілому охоплює знання з методології аудитів та виробничих процесів, наданні послуг, технології контролю, в т.ч. НК і ТД, та випробувань);
- регулярність (виконання аудитів здійснюється з запланованою періодичністю, також проводяться додаткові аудити при виявленні відхилень процесів);
- попередність (заздалегідь фахівці структурних підрозділів, що перевіряються, ознайомлюються з програмою перевірки, що включає об'єкти перевірки, терміни, з процедурами перевірки, узгоджується склад аудиторської комісії);
- відкритість (фахівці перевірюваних ділянок надають аудиторам докази функціонування процесів системи, записи; головний аудитор ознайомлює з цілями аудиту, програмою, методиками, представляє членів комісії, а також ознайомлює з попередніми результатами аудиту та надає звіт);
- незалежність (фахівець не проводить перевірку тих підрозділів, за які сам відповідає, керується принципами неупередженості, конфіденційності);
- системність (структурний взаємозв'язок елементів).

Таким чином, аудити та випробування щодо управління ризиком мають двоїсту властивість. З одної сторони несуть в собі невизначеності і пов'язані з ними ризики, з іншої є методами вимірювань, за результатами яких можна визначити шляхи вдосконалення системи і зменшення ризиків. Підвищення достовірності методів вимірювань в порівнянні з попереднім їх виконанням може виявити ресурс поліпшення, про який було невідомо досі і зменшити величину рівня ризику прийняттого на даний час для організації, покращити якість продукції в цілому (наприклад, система 6 σ).

Під час виконання обстежень технічних можливостей організацій, які виконують зварювальні роботи та контроль, спеціалістами ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ було проведено зовнішні аудити виробництва щодо виконання технологічних процесів зварювання. Методологія аудиту відповідала ДСТУ 3957 з врахуванням вимог ISO 9001. Оцінювались такі елементи системи якості виробництва як: контроль документації, в т.ч. розроблення нормативної, конструкторської, технологічної (WPS) документації підприємства; підготовка та атестація персоналу; управління обладнанням; виконання процесів виробництва і виконання зварювання; організація системи контролю та випробувань (в т.ч. управління ЗВТ). Вимоги до показників процесів враховували стандарти підприємства, ISO 3834, ДСТУ 3951.3, ISO 14731, ISO 15614, технічні умови на виготовлення та експлуатацію (в частині ремонту) конкретних типів конструкцій.

Для вивчення результатів аудитів було запропоновано класифікацію невідповідностей (вимоги стандарту ISO /IEC17021), ранжування: значна — системна повторювана невідповідність, вага — 50% іншими словами зменшує відповідність елементу системи на 50%; несистемна (середня), вага — 15%; поодинокі невідповідності (зауваження), вага 5%. Також на підприємствах відбирались контрольні зварні з'єднання, виконаних технологічних процесів

та продукції, які було доставлено в акредитовану в Національному агентстві з акредитації України (НААУ) ВЛ ІЕЗ, де за розробленими конкретними програмами (з врахуванням ТУ на продукцію) проведено комплекс неруйнівних і руйнівних випробувань. По кожному підприємству було розраховано відношення кількості отриманих невідповідних (бракованих) з'єднань до загальної кількості випробуваних зразків підприємства, інакше – величину ймовірності виникнення невідповідностей, що співвідноситься з ризиком.

В літературних джерелах залежність рівня ризику від факторів, що на нього впливають, рекомендують розраховувати як сумарну функцій впливу  $i$ -го фактора:

$$R = b_0 + \sum_{i=1}^k f_i^{L_i}(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (1)$$

де  $b_0$  – початковий рівень ризику, який не залежить від функції регресії;  $f_i$  – функція впливу  $i$ -го фактора;  $k$  – кількість функцій;  $L_i$  – ступінь функції.

Проте при відсутності великого набору статистичних даних рекомендується кожен фактор ризику оцінювати в системі бальних оцінок [4]. Якщо вплив кожного з вище перелічених факторів елементів системи оцінити як високий і коефіцієнт значущості визначити як 1, то доцільно побудувати залежність вірогідності бракованих з'єднань в випробуваній партії підприємства (ризик  $R_i$ ) від загального рівня системи управління (усереднений показник відповідності всіх елементів системи вимогам НД, рис. 2).

За аналізом діаграми встановлено, що при зменшенні рівня відповідності елементів системи на 20%, починається різке зниження якості готової продукції. При рівні відповідності елементів вимогам НД 50% – якість зварних з'єднань падає до 0, тоді як ризик відповідно збільшується до 1, не зважаючи на те, що підприємство має всі основні технічні ресурси.

Виходячи з вище описаного, можливо зробити наступні висновки:

1. Аналіз та дослідження показали, що впровадження системи забезпечення якості на зварювальному підприємстві за ДСТУ ISO 9001:2015 та міжнародних стандартів для зварювання суттєво зменшують ризик експлуатації зварної конструкції.

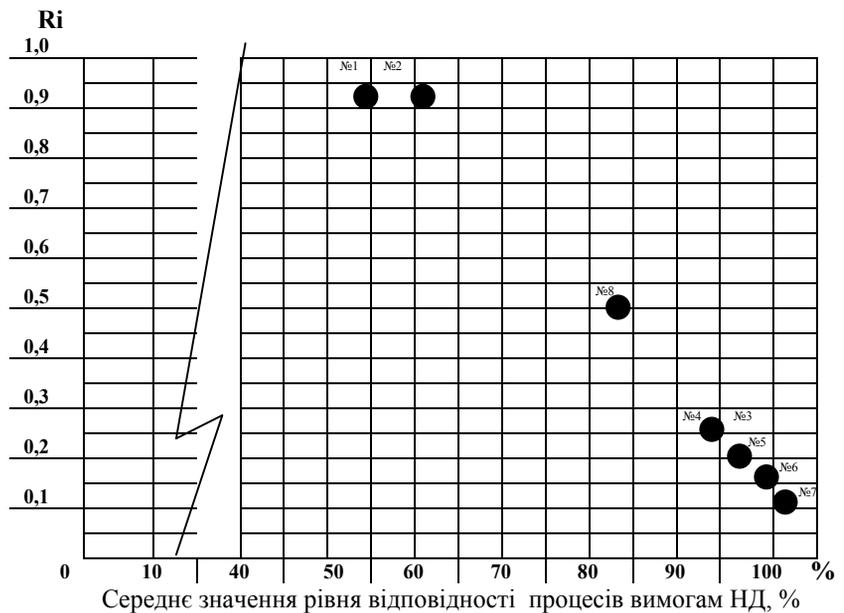


Рис. 2. Результат аналізу стану зварювального виробництва (ДСТУ 3957)

2. Застосування системи моніторингу стану технологічних процесів, процесів управління та випробувань показників якості дає змогу отримати інформацію про ризик виробництва і експлуатації зварної конструкції та визначити можливості вдосконалення зварювального виробництва.

Література

1. ISO Guide 73:2009. Керування ризиками. Словник термінів.
2. ДСТУ ISO 31000:2014 (ISO 31000:2009, IDT) Менеджмент ризиків. Принципи та керівні вказівки.
3. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику.
4. Віткін Л., Лапач С. Як визначити ступінь небезпеки продукції // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2007. – № 3. – С. 48–54.
5. Постанова КМУ від 13.01.2016 № 95 «Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінювання відповідності та правил використання модулів оцінювання відповідності».
6. ДСТУ-Н РМГ 43:2006. Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений».
7. EUROLAB Technical Report 1/2006. «Guide to the Evaluation of Measurement Uncertainty for Quantitative Test Results».
8. ДСТУ EN ISO/IEC17043:2014 (EN ISO/IEC17043:2010, IDT) Оцінка відповідності. Загальні вимоги до перевірки кваліфікації лабораторій.

# Международные специализированные выставки 2017: IX Киевская Техническая Ярмарка, PLAST EXPO UA и ADDIT EXPO 3D

С 28 по 30 марта 2017 г. на территории Международного выставочного центра состоялись специализированные выставки: IX-ая Киевская Техническая Ярмарка, IX-ая PLAST EXPO UA и I-ая ADDIT EXPO 3D.

Тематика этих выставок объединила следующие направления: технологии и оборудование для переработки пластмасс; технологии, оборудование и материалы для аддитивного производства и 3D печати, а также машиностроение, металлообработку, инструмент и обработку поверхности. Организатор выставок – Международный выставочный центр.

В выставках приняли участие 98 предприятий из 7 стран мира, в т.ч. Австрии, Беларуси, Германии, Италии, Польши, Турции, Китая. Общая площадь экспозиции составила 5 000 м<sup>2</sup>, за три дня работы выставку посетило 2 485 специалистов.

В целом участники выставок отметили, что после нескольких лет затишья на промышленном рынке, потребители в этом году активизировались и проявили повышенный интерес к новому оборудованию и материалам, и как прямое следствие, «отложенный спрос» позволил участникам прямо с выставки совершить ряд продаж. По мнению многих мероприятие прошло значительно эффективнее, чем в прошлые годы.

В рамках выставок была представлена широкомасштабная программа конференций и круглых столов по актуальным вопросам для современной промышленности.

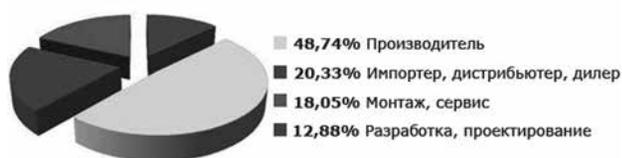
Подводя итоги работы выставок, можно привести некоторые статистические данные:



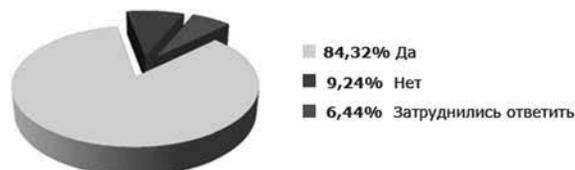
СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ КОМПАНИЙ ПОСЕТИТЕЛЕЙ



ПРОФИЛЬ КОМПАНИЙ ПОСЕТИТЕЛЕЙ



НАМЕРЕНЫ ЛИ ПОСЕТИТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ВЫСТАВКУ?



Комментарии экспертов на выставке были позитивными и обнадеживающими: «Мы, компания Галсофт-Сервис, принимаем участие в выставке «Киевская Техническая Ярмарка» уже около 9 лет. Выставкой мы довольны. Всегда приезжаем с оборудованием. Планируем участие и в следующем году».

Следующая X Киевская Техническая Ярмарка пройдет с 3 по 5 апреля 2018 г. в МВЦ.

● #1681

# 21-й Международный конкурс сварщиков «Золотой кубок Линде 2017»

С 24 по 26 апреля 2017 г. в городе Фридек-Мистек (Чешская Республика) состоялся 21-й Международный конкурс молодых (до 20 лет) сварщиков «Золотой кубок Линде 2017». Организатором конкурса, рекомендованного Министерством образования Чешской Республики, выступила средняя профессиональная школа города Фридек-Мистек, директор – Павел Ржезничек в сотрудничестве с генеральным партнером фирмой Linde Gasa.s.

Всего в конкурсе приняли участие 113 молодых сварщиков из Чехии, Словакии, Украины и Германии. Чешская республика была представлена – 42, Словакия – 3, Германия – 2 и Украина – 4 учебными заведениями.

В состав делегации Украины вошли: Воробьев А. Н. – руководитель делегации, председатель Одесского областного Общества сварщиков Украины (ОООСУ), г. Южный, Одесская область; Атаманюк Т. Я., заместитель директора Каменского высшего профессионального училища (КВПУ), г. Каменское, Днепропетровская область; Курьязов Р. А., мастер производственного обучения Государственного учебного заведения Межрегиональное высшее профессиональное училище автомобильного транспорта и строительной механизации (ГУЗ МВПУ АТиСМ), г. Киев, Попов А. Н., мастер производственного обучения Высшего профессионального училища (ВПУ) № 7, г. Кременчуг, Полтавская область.

Конкурсанты:

- в номинации 111 (ММА) – **Владислав Фецул**, 1997 г.р., учащийся ГУЗ МВПУ АТ и СМ, г. Киев; **Владислав Зенов**, 1998 г.р., учащийся КВПУ, г. Каменское;
- в номинации 135 (MAG) – **Ростислав Каложный**, 1999 г.р., учащийся ВПУ № 7, г. Кременчуг;
- в номинации 141 (WIG) – **Евгений Гетьман**, 1998 г.р., учащийся ВПУ № 7, г. Кременчуг;
- в номинации 311 (OAW) – **Сергей Кондрат**, 1997 г.р., учащийся Ярмолинского профессионального лицея, г. Ярмолинцы, Хмельницкая обл.

В этом году были внесены изменения в проведение национального и международного конкурсов. Организаторы отказались от проведения отдельного конкурса для чешских конкурсантов по теоретическим знаниям и проводили национальный конкурс по двум номинациям – проверка



Фото 1. Делегация Украины

теоретических знаний и практических навыков, баллы от которых суммировались. Три лучших результата по практическим навыкам чешских участников включались в международный конкурс, который состоял только из проверки практических навыков.

Практическая часть конкурса проходила на учебно-производственной базе школы в соответствии с заявленной программой и условиями проведения конкурса по четырем номинациям: метод 111 (ручная дуговая сварка покрытыми электродами), метод 135 (дуговая сварка плавящимся электродом в активных газах), метод 141 (дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах), метод 311 (газовая сварка).

Конкурсные задания участникам были сообщены за месяц до начала конкурса. В каждой номинации участники конкурса выполняли сварку пластин (Р) из углеродистой стали S235 (1.1) соединение стыковое (BW) в положении вертикально-неповоротном (PF) и угловое соединение (FW) в нижнем положении (PB), длина шва 200 мм:

- **метод 111:** образец № 1 – соединение стыковое, толщина (s) 10 мм, шов односторонний на весу (P BW 1.1 B s10 PF ss nb); образец № 2 – соединение угловое, толщина 6 мм, шов односторонний с заданным катетом шва  $a = 4$  мм (P FW 1.1 B t6 PB sl).

Сварочный источник Pico 300 фирмы EWM Hightec Welding, s.r.o. Сварочные электроды группы FM1, производство фирмы ESAB Vamberk, s.r.o., марка ОК 48.00 тип по EN ISO 2560-A: E42 4B 42 H5, Ø 2,5 и 3,2 мм.

- **метод 135:** образец № 1 — соединение стыковое, толщина 12 мм, шов односторонний на весу (P BW 1.1 B s12 PF ss nb); образец № 2 — соединение угловое, толщина 6 мм, шов односторонний с заданным катетом шва  $a = 4$  мм (P FW 1.1 B t6 PB sl).

Сварочный источник компании EWM Hightec Welding, s.r.o. — модель Phoenix 355 Progress Puls Multimatrix. Защитный газ фирмы Linde Gasa.s. — Corgon 18, ISO 14175: M21 (82% аргон и 18% CO<sub>2</sub>). Сварочная проволока группы FM1, производство фирмы ESAB Vamberk, s.r.o., марка OK Aristo Rod 12.50, тип по ISO 14341-A: G3Si1, Ø 1,0 мм.

- **метод 141:** образец № 1 — соединение стыковое, толщина 4 мм, шов односторонний на весу (P BW 1.1 B s4 PF ss nb); образец № 2 — соединение угловое, толщина 2 мм, шов односторонний с заданным катетом шва  $a = 2$  мм (P FW 1.1 B t2 PB sl).

Сварочный источник компании FRONIUS, модель Trans Tig 1750 Puls. Защитный газ фирмы Linde Gas a.s. — Argon 4.6 EN ISO 14175: I1. Сварочные прутки группы FM1, производство фирмы ESAB Vamberk, s.r.o., марка OK Tigrod 12.61, тип по EN ISO 636-A: W3Si, Ø 2,0 и 2,4 мм.

- **метод 311:** образец № 1 — соединение стыковое, толщина 4 мм, шов односторонний на весу, способ сварки правый (P BW 1.1 S s4 PF ss nb rw); образец № 2 — соединение угловое, толщина 2 мм, шов односторонний с заданным катетом шва  $a = 2$  мм, способ сварки левый (P FW 1.1 S t2 PB sl lw).

Пост газовой сварки оборудован сварочными комплектами фирмы GCE Trades.r.o. Сварочные газы фирмы Linde Gasa.s — ацетилен и кислород. Сварочные прутки группы FM1, производство фирмы ESAB Vamberk, s.r.o., марка: G 104, EN12536: OIII.

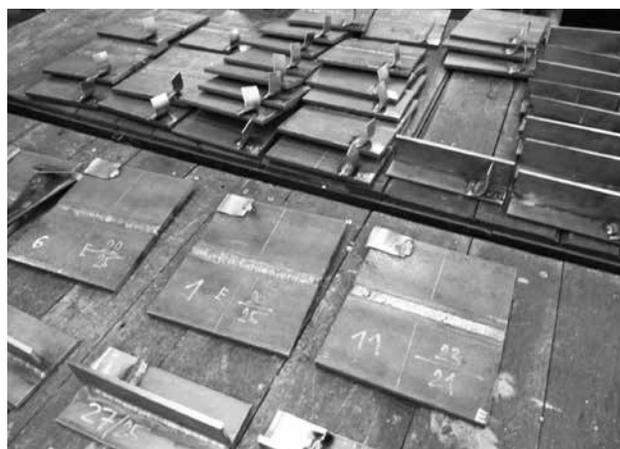


Фото 2. Внешний вид конкурсных образцов

Традиционно за день до начала конкурса иностранным участникам была предоставлена возможность ознакомиться с рабочими местами, оборудованием и выполнить пробную работу.

Во время выполнения практических заданий к конкурсантам предъявлялись требования по соблюдению режимов сварки в соответствии с технологической инструкцией (WPS), последовательности сварки, соблюдению правил безопасности. Одним из важных требований было выполнение принудительной остановки при наложении каждого шва. Подготовка пластин под сварку должна была выполняться по нормам по ČSN EN ISO 9692–1. Время на сварку всего задания составляло 60 минут.

Оценку сварных швов осуществляло жюри по балльной системе согласно нормам ČSN EN ISO 5817 только методом визуального осмотра.

В конкурс 2017 г. организаторами были внесены прошлогодние предложения нашей делегации, которые касались сокрытия номеров участников для жюри конкурса, состоявшего из представителей команд. После окончания конкурсанты сварки образцов, их номера на образцах заваривались пластинами. Жюри при предварительной оценке качества проставляло свои номера, по которым и вносило результаты в протокол. По окончании оценки всех образцов представители оргкомитета вскрывали номера и отбирали образцы с лучшими результатами пяти участников для последующей дефектовки и измерения сварных швов согласно разработанным конкурсным оценочным нормам. Дополнительная оценка производилась также с закрытыми номерами участников.

Такой подход позволил в полной мере обеспечить объективную оценку конкурсных заданий.

Жюри практической части конкурса в этом году было сформировано из представителей



Фото 3. Пьедестал почета



Фото 4. Работа жюри

международных команд. Председатель жюри – инженер Юрий Шинделка (Dom-ZO 13 s.r.o., Острава, Чехия), от Украины в состав жюри был включен Воробьев А. Н.

По итогам конкурса победители и призеры были награждены дипломами и ценными подарками от спонсоров соревнований. Остальные участники получили почетные грамоты организаторов конкурса.

К сожалению, нашей команде в этом году не удалось побороться за призовые места. Оценить результаты наших конкурсантов 2017 г. по аналогии прошлых лет сложно в связи с изменениями в формировании международных результатов, но можно констатировать низкий результат всех участников команды.

Проводя математические расчеты и сравнивая результаты конкурсантов с прошлогодними можно отметить, что они намного ниже – например, в методе 111 нашими представителями показаны 11-й и 15-й результат из 28 участников. В 2016 г. командой были показаны лучшие результаты за все время участия в конкурсе.

Низкий результат, по-видимому, связан с тем, что в этом году подготовку конкурсантов учебные заведения вели самостоятельно, не прибегая к помощи Общества сварщиков Украины (ОСУ) и Экспертов УАКС. Полученных в прошлые годы рекомендаций от представителей ОСУ оказалось недостаточно. Важную роль играет и материально-техническое обеспечение учебных заведений Украины, находящееся не в конкурентном состоянии в сравнении с зарубежными школами сварки.

Для успешной подготовки сварщиков в учебных заведениях Украины и соответственно для подготовки к участию в международных конкурсах ОСУ необходимо на протяжении года организовывать семинары и мастер-классы для педагогов и масте-

ров производственного обучения, менять техническое обеспечение. Но такие мероприятия возможны лишь при согласии обеих сторон.

Международный конкурс молодых сварщиков был организован и проведен на высоком уровне, явился большим вкладом в популяризацию профессии сварщика и поднятия ее престижа. Организаторами принимаются замечания и предложения делегаций, вносятся изменения в программу и условия конкурса. В свободное время участникам были предложены экскурсионные и культурные мероприятия. Конкурс освещался местными средствами массовой информации.

Оргкомитет и Правление ОООСУ благодарят за помощь в подготовке учеников-сварщиков к участию в конкурсе: Несена Николая Григорьевича, директора ВПУ № 7 г. Кременчуг; Мельника Василия Михайловича, директора Ярмолинцевского профессионального лицея, пос. Ярмолинцы, Хмельницкая обл.; Коваленко Виктора Михайловича, директора ГУЗ МВПУ АТ и СМ, г. Киев; Неклесу Вадима Викторовича, директора КВПУ, г. Каменское.

Особую благодарность заслуживают спонсоры команды Украины, которые оказали финансовую и техническую поддержку: компания ООО «Интерхим-БТВ», г. Киев, директор – Чернецкий В. И.; ООО «Саммит», г. Днепр, директор – Феденко В. В.; ООО «Идель», г. Одесса, директор – Кравченко Н. А.

Следующий 22-й конкурс молодых сварщиков «Золотой кубок Линде» состоится в апреле 2018 г. Команда Украины приглашена к участию. Всех лиц, заинтересованных в конкурсном участии 2018 г., приглашаем к сотрудничеству уже сейчас. Ваши заявки и предложения можно направить в адрес ОСУ или ОООСУ ([osu-odessa@ukr.net](mailto:osu-odessa@ukr.net)).

Копии протоколов оценки работ по каждому методу и сварные соединения, выполненные участниками конкурса, можно посмотреть по результатам 2014 г. по ссылке: [http://www.tzu.od.ua/news/show\\_news.php?id=153](http://www.tzu.od.ua/news/show_news.php?id=153)

Результаты 2017 г. опубликованы на сайте школы-организатора:

[www.sosfm.cz](http://www.sosfm.cz) ([https://www.facebook.com/soutezlatypoharlinde?\\_rdr](https://www.facebook.com/soutezlatypoharlinde?_rdr)).

Подобная информация отражена на сайте ОООСУ: [www.tzu.od.ua](http://www.tzu.od.ua).

*А. Н. Воробьев, председатель ОООСУ*

# Мосты Патона \*

А. А. Мазур, канд. экон. наук, В. И. Снежко, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

Как и у многих ученых, интересовавшихся широким кругом вопросов, у Евгения Оскаровича Патона были любимые проблемы, разработкой которых он занимался лично в течение многих лет: механизация сварочных процессов и мостостроение. Создание научных основ сварного мостостроения является большой заслугой Е. О. Патона. Решение этого вопроса позволило на основе механизированных сварочных процессов осуществить массовое изготовление мостов.

Применение сварки в мостостроении вместо клепки обеспечивало значительную экономию металла и труда, улучшение условий эксплуатации сооружения и сокращало сроки строительства.

Когда в начале 1930-х гг. Е. О. Патон приступил к изучению проблемы сварного мостостроения, применение сварки в этой области во всем мире развивалось стихийно, без учета технологических особенностей процесса сварки, его возможностей и условий работы сварных соединений. Большинство из построенных до этого периода сварных мостов было в различное время снято с эксплуатации в связи с появлением дефектов, угрожающих безопасности движения. Однако Е. О. Патон был твердо убежден в том, что все наблюдавшиеся неблагоприятные явления вызваны не недостатками сварки, а низкой культурой производства и отсутствием единого научного подхода к вопросам сварного мостостроения.

В начале 1940 г. Е. О. Патон располагал уже надежными данными о реальной прочности сварных конструкций. Был создан способ автоматической сварки под флюсом, обеспечивающий стабильное качество швов и высокую производительность процесса, уточнены требования к используемым сталям и сварочным материалам. Это позволило ученому поставить вопрос о применении сварки при строительстве городского моста через Днепр в Киеве и при поддержке правительства УССР добиться решения о строительстве сварного варианта моста, по которому он должен был строиться из сварных элементов с клепаными монтажными соединениями. Однако успешно начавшееся изготовление сварных элементов было прервано войной.

Под руководством Е. О. Патона проводились исследования по разработке оптимальных режимов сварки, новых сварочных материалов, созданию

необходимой аппаратуры, выбору основного металла. Результаты исследований позволили ученому рекомендовать для изготовления мостов и др. ответственных конструкций низкоуглеродистую споконную, дополнительно раскисленную алюминием мартовскую сталь М16С. Из этой стали были построены все мосты, введенные в эксплуатацию при жизни Евгения Оскаровича. Основным способом сварки мостовых конструкций была автоматическая сварка под флюсом.

О значении качества стали для надежности сварных конструкций Е. О. Патон писал: «Разработка стали для сварных мостов — это только первый шаг. Сварщикам совместно с металлургами нужно много и упорно работать над проблемой выпуска хорошо сваривающихся сталей. Эта задача становится особенно актуальной в связи с широким внедрением низколегированных конструкционных сталей во многих отраслях промышленности».

Строительство и эксплуатация мостов со сварными элементами и клепаными монтажными узлами были значительным достижением отечественного мостостроения. Тем не менее, это не позволяло полностью использовать все преимущества сварки. Вес сварного пролетного строения с клепаными монтажными узлами примерно на 8–10%, а цельносварного — на 20–25% меньше клепаного.

В 1946 г. Е. О. Патон совместно с Министерством путей сообщения (МПС) и Министерством строительства предприятий тяжелой индустрии подали союзному правительству докладную записку о преимуществах сварного мостостроения и замене клепаных пролётов сварными.

Придавая большое значение внедрению в мостостроении сварных металлических конструкций, дающих экономию металла и рабочей силы по сравнению с клепаными конструкциями, Совмин СССР 31.07.1946 г. принимает постановление «О применении автоматической сварки в строительстве железнодорожных и шоссейных мостов с металлическими фермами». Постановление поручает МПС и ИЭС:

- организовать наблюдение за изготовлением на заводах пролетных строений и за работой их в эксплуатации;
- развернуть НИР по изучению вопросов, связанных с переходом на широкое применение автоматической сварки в мостостроении;
- разработать до 01.01.1947 г. технологию автоматической сварки низколегированной стали типа СХЛ и к 01.01.1948 г. метод автоматической сварки монтажных соединений пролетных строений.

\* Часть 6. Продолжение серии публикаций по материалам книги: «ИЭС и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства»

Институт электросварки для исполнения постановления выполнил разработки по 24 научно-исследовательским темам и провел на предприятиях порученную ему работу.

Всего в 1950–1953 гг. в разных климатических регионах страны было изготовлено и установлено более 150 сварных мостов.

На основании положительного опыта, полученного при строительстве и эксплуатации большого числа железно- и автодорожных мостов, Евгений Оскарович предложил изготовить цельносварным автодорожный мост через Днепр в Киеве. Это предложение ученого снова встретило сопротивление некоторых мостовиков и даже сварщиков.

Евгению Оскаровичу было тогда около 80 лет, но он не отступил от направления, которое считал правильным, и победил.

В развитие Распоряжения СМ СССР от 29.06.1948 г. «О строительстве в г. Киеве шоссейного моста через р. Днепр» правительство УССР принимает решение построить в Киеве цельносварной шоссейный мост через р. Днепр с пролетами 58 и 87 метров общим весом 13 тыс. т.

В декабре 1951 г. в Киеве начинается строительство в то время наибольшего в мире цельносварного шоссейного моста через р. Днепр. Е. О. Патон возглавляет исследовательские, проектные, заводские и монтажные работы, связанные с его сооружением.

Уникальность данного цельносварного сооружения заключается, прежде всего, в его размерах. Это один из крупнейших мостов Европы. Он имеет 20 пролетов по 58 м между опорами и 4 судовых пролета (на главном русле реки) по 87 м между осями опор. Общая длина моста 1492 м с общим весом пролетных строений более 13 тыс. т.

В основу проекта был положен индустриальный метод, согласно нему в Днепропетровске на заводе им. И. В. Бабушкина изготовлялись крупно-блочные элементы, из которых, на стройплощадке формировалась металлоконструкция всего моста. Это давало возможность максимально использовать автоматическую и полуавтоматическую сварку под флюсом. Широко использовалась автоматическая сварка вертикальных монтажных стыков. Свыше 84% всех заводских и монтажных швов выполнены автоматической и полуавтоматической сваркой под флюсом. При сварке главных ферм эта цифра составляла 97% для заводских швов и 88% для монтажных. При проектировании особое внимание обращалось на технологичность элементов, на создание условий для широкого применения автоматической сварки под флюсом.

Е. О. Патон возглавлял и принимал самое активное участие во всех исследовательских, проектных, заводских, строительномонтажных работах. Он сумел объединить все организации, участвующие

в строительстве, как в заводских, так и в монтажных условиях.

Исключительными были сроки изготовления и монтажа пролетных строений. Строительство началось в декабре 1951 г. и закончилось в октябре 1953 г. Сварочные работы проводились круглый год. Трудоемкость выполнения сварных монтажных стыков составила 4,17 чел.—ч на 1 т конструкций вместо 13,5 чел.—ч на 1 т клепаных конструкций.

Подготовку, строительство и монтаж этого уникального сооружения ученый осветил в работе, написанной совместно с представителями др. организаций, принимавших участие в проектировании, изготовлении и строительстве моста. Однако Евгению Оскаровичу не довелось воспользоваться почетным правом автора первому пройти по мосту после ввода его в эксплуатацию. Он умер 12 августа 1953 г. на 84-м году жизни, не дожив менее трех месяцев до торжественного открытия моста, до осуществления главного дела всей своей жизни, воплотившего идеи выдающего мостовика и великого сварщика.

Практически до последнего дня жизни он продолжал работать, особое внимание уделяя сварному мостостроению. В строительство уникального, одного из крупнейших в мире цельносварного моста, который сейчас носит его имя, ученый вложил свои разносторонние знания, огромную энергию и ясность мысли. Уже более 60 лет мост Патона, который Американское сварочное общество признало выдающимся инженерным сооружением XX века, верно служит людям.

Конструктивные и технологические решения, использованные при проектировании и сооружении моста Патона, открыли дорогу широкому использованию сварки в мостостроении. Они были использованы при постройке мостов через р. Днепр в Киеве (Южного, Московского, Гаванского, Подольско-Воскресенского, автодорожного, железнодорожного), мостов в Днепропетровске, Запорожье, Каменец-Подольском и многих других.

К сожалению, этот опыт был проигнорирован при строительстве моста метро в Киеве. С целью экономии металла его сделали из сборного железобетона, но мост оказался очень дорогим. Только стальная арматура железобетона весила больше, чем весил бы весь мост в сварном исполнении.

К выдающимся сварным конструкциям, созданным в Киеве сотрудниками Института совместно со специалистами ЦНИПИ «Укрпроектстальконструкция», кроме моста Патона, можно отнести также оригинальную конструкцию цельносварной телебашни, которая на 70 м выше Эйфелевой башни, и величественный монумент «Родина-мать». Опыт строительства киевской телебашни в дальнейшем был использован при строительстве аналогичных башен в Санкт-Петербурге, Ереване, Тбилиси, Витебске и Харькове.



Фото 1. Мост Патона на фоне монумента «Родина-мать»

Евгений Оскарович Патон во всех разнообразных областях своей деятельности оставил заметный и самобытный след. Единство теории и практики органически пронизывало все его работы. Благодаря глубоким теоретическим знаниям, огромному практическому опыту, исключительной целеустремленности он доводил до конца все дела, за которые принимался.

Патон проявлял постоянную заботу о приоритете отечественной науки и техники. Защищая и подчеркивая оригинальность новаторских разработок советских ученых, он резко отвергал пренебрежительное отношение к достижениям ученых зарубежных стран: «Мы не должны замыкаться в себе. Мы обязаны внимательно следить за движением мировой науки и техники, но не преклоняться перед иностранным, не слепо копировать, а брать здравые идеи и критически их осваивать, перерабатывать, обогащать». Как тут не вспомнить Т. Г. Шевченко: «і чужому научайтесь і свого не цурайтесь».

На протяжении всей своей деятельности Е. О. Патон искал и эффективно использовал различные пути творческого содружества руководимого им Институтом электросварки с заводами и стройками страны. Уже на первом этапе работы Института он организовал специальный отдел внедрения, занимающийся вопросами практического использования разработок. В дальнейшем ученый перешел к формам содружества, при которых значительный объем работ выполнялся уже непосредственно лабораториями и отделами сварки передовых предприятий. Для ускорения работ создавались комплексные бригады, в которые входили научные сотрудники и конструкторы Института, а также инженерно-технические работники, рационализаторы заводов и монтажных организаций.

Весьма удачной формой содружества с производством Е. О. Патон считал введение в состав Ученого совета Института электросварки опытных производственников — представителей крупных заводов. Это облегчало составление программ исследований, т.к. давало возможность оператив-

но и наиболее полно учитывать потребности производства. Творческое содружество сотрудников Института и заводов привело к созданию новых эффективных способов изготовления ряда изделий массового производства, позволило в сжатые сроки освоить выпуск труб для трубопроводов высокого давления, разработать технологию изготовления сварно-литых конструкций толщиной до 300 мм, создать высокоэффективную технологию изготовления толстостенных сварных барабанов для котлов высокого и сверхвысокого давления. Совместно с работниками металлургических заводов были разработаны новые марки сталей, которые наряду с хорошей свариваемостью и высокой статической прочностью обеспечивали прочность сварных конструкций, работающих при разных видах нагрузки.

Вдумчиво и серьезно относился Евгений Оскарович к воспитанию научных кадров. Он был противником преклонения перед «абсолютными» истинами и незыблемыми авторитетами. «Каждое научное учреждение — обязано творить людей! Грош цена тому научно-исследовательскому институту, который держится и живет одним лишь именем своего директора, одной лишь его научной репутацией».

Очень внимательно относился Е. О. Патон к воспитанию новых сотрудников, приобщению их к духу и стилю работы Института. Он придавал большое значение выбору тематики диссертационных работ его сотрудников: «Диссертация должна отстаивать передовые взгляды — то, что сегодня еще не всеми признано, а не с упорством, достойным лучшего применения, пересказывать всем уже давно известные истины; должна давать что-то новое, полезное для практики. Оценка диссертации должна вестись в первую очередь с точки зрения того, что она дает народному хозяйству, могут ли быть внедрены в практику научные выводы автора». Патон категорически отвергал темы, разработка которых имела целью только получение ее исполнителем ученой степени.

В работах Е. О. Патона этого периода, посвященных изучению прочности сварных конструкций, был выдвинут и сформулирован ряд идей и положений, послуживших основой последующих исследований, проведенных в нашей стране и за ее пределами. Это прежде всего дальнейшее изучение влияния остаточных сварочных напряжений на работоспособность сварных конструкций, проблем их хрупкого разрушения и усталостной прочности, влияния конструктивного оформления сварных соединений на несущую способность сварных изделий. Были рассмотрены особенности работы конструкций при низких температурах, соотношения прочностных и пластических свойств отдельных участков сварного соединения и их влияние на прочность изделий. Широким фронтом велись работы по рациональному конструированию кон-



Фото 2. Киевская телебашня

кретных сварных изделий и отдельных узлов. Особое внимание уделялось повышению качества сварных соединений.

Выступая на одном из своих юбилеев, Евгений Оскарович сказал: «Передо мной в юности открывалось два пути: путь праздной беззаботной жизни и путь упорного повседневного труда. Я выбрал труд. С тех пор прошло 60 лет, но, если бы сейчас мне снова пришлось сделать выбор, я снова выбрал бы труд. Человеку не дано самому судить о том, как он выполняет свой долг. Истинным судьей в этом является только народ. Но одно я знал твердо: всего себя, без остатка, я отдаю работе, стараюсь жить так, чтобы всегда прямо и честно смотреть в глаза советским людям».

И еще одну очень важную для нас вещь Евгений Оскарович написал незадолго до смерти: «Я нахожу удовлетворение в том, что научил работать других, подготовил целое поколение молодых ученых-сварщиков. Это настоящая хорошая смена и они успешно двигают вперед наше общее дело. Среди них и мои сыновья. С надеждой смотрю я на нашу талантливую молодежь. У большинства товарищей еще сравнительно невелик стаж научной деятельности, но они научились работать коллективно, спаянно, дружно, не зазнаваться и критически оценивать свои успехи, держать тесную связь с жизнью, с производством. Это позволяет мне надеяться, что созданный нами почти двадцать лет тому назад Институт электросварки и дальше справится со своими большими задачами».

В наследство от великого теоретика и практика сварки Евгения Оскаровича Патона остались раз-

работанные им принципы рациональной организации деятельности Института, новая идеология и методика научно-технической и инновационной деятельности на всех этапах — от разработок идеи до ее выполнения в металле и широкого использования в промышленной практике (то, что сейчас мы называем НИР-ОКР-внедрение), умелое сочетание экономических и административно-директивных методов повышения эффективного взаимоотношения науки с государством и государства с наукой во имя повышения экономической и оборонной мощи страны, во имя повышения благосостояния народа. Все это непосредственно имело огромное значение в условиях административно-командной экономики времен СССР. Но что очень важно — многое из опыта, накопленного Институтом в прошлом, может и должно быть использовано и сейчас, в условиях рыночной экономики независимой Украины.

В 1953 г. Евгения Оскаровича Патона не стало, но остался созданный им Институт электросварки, носящий имя великого ученого, который уже более 60-ти лет возглавляет его сын Борис Евгеньевич Патон — ученый с мировым именем в области сварки, металлургии и технологии металлов, дважды Герой Социалистического Труда, первый Герой Украины, академик, Президент НАН Украины. Его имя непосредственно связано с дальнейшим расширением и углублением теоретических, поисковых и инженерных разработок в области физики дугового разряда, теории дуговых автоматов и полуавтоматов, плавления и кристаллизации металлов, рафинирующих переплавов, технологичности сварных конструкций, разработки автоматических систем управления основными сварочными операциями, вопросов комплексной механизации, изготовления и рационализации сварных конструкций, создания новых видов и прогнозирования путей развития сварки. Под его руководством Институт вырос в крупнейший в мире научный центр по сварке.

За годы, прошедшие со дня смерти Евгения Оскаровича, коллектив созданного им Института электросварки НАН Украины продолжает работать над дальнейшим совершенствованием и развитием сварочной науки и техники. В его стенах совместно трудятся ветераны — соратники Е.О. Патона и молодые исследователи.

И в наше время не утратили своей актуальности идеи Е.О. Патона о необходимости комплексного взаимосвязанного развития фундаментальных и экспериментальных исследований с прикладными разработками. Это привело к возникновению исследований принципиально нового вида, которые Б.Е. Патон определил как «целенаправленные фундаментальные».

# Создание электродуговой сварки и организация сварочного производства

Г. И. Ширшова, директор музея Н. Н. Бенардоса (пгт. Лух, Ивановская обл.)

*Журнал «Сварщик» публиковал материалы о выдающемся отечественном изобретателе Николае Николаевиче Бенардосе [1]. Он родился 26 июля (7 августа) 1842 г. в деревне Бенардосовка Херсонской губернии в семье военных, переселившихся из Греции. В 1970-х гг. сотрудниками Института электросварки имени Е. О. Патона были собраны документы и доказано создание первого способа дуговой сварки именно Н. Н. Бенардосом [2, 3]. На основании этих документов ЮНЕСКО занесло в календарь памятных дат 1881 года: «100-летие изобретения дуговой электросварки Бенардосом». В 1981 г. этот юбилей широко отмечала мировая общественность. Тогда же были созданы музеи, сооружены памятники, проведены конференции, опубликованы книги и статьи [4, 5]. К 175-летию со дня рождения Н. Н. Бенардоса предлагаются к рассмотрению материалы, уточняющие обстоятельства изобретения и оформления патентов на электродуговую сварку, организацию товарищества «Электрогефест» и создание первого в мире предприятия по выполнению сварочных работ и выпуску сварочного оборудования.*

В 1802 г. в С.-Петербурге В. В. Петров открыл явление электрического дугового разряда. В 1808 г. Г. Дэви также обнаружил электрическую дугу. Со времени открытия дугового разряда неоднократно выдвигались идеи и предпринимались попытки использовать дугу для прочного соединения металлов.

В апреле 1881 г. в Париже (на I-ой Международной электротехнической выставке) при подготовке

экспозиции изобретателя электрической свечи П. Н. Яблочкова Н. Н. Бенардос применил электрическую дугу для сварки деталей аккумуляторов, генераторов, коммутирующей аппаратуры. На эту новейшую эффективную технологию обратили внимание специалисты, сообщив о том, что Бенардос решил проблему дуговой сварки [6–8].

Исследование деятельности Н. Н. Бенардоса показало, что возможность использования энергии электрической дуги для соединения металлов выдающийся изобретатель обнаружил еще раньше. В своем имении «Привольное» вблизи города Лух в Костромской губернии (теперь пгт Лух, Ивановская обл.) он занимался изготовлением образцов новых паровых колес, плугов, жаток и др. металлоемких изделий. Дугу он использовал для разогрева деталей перед тем, как соединять их кузнечной сваркой и заметил, что иногда кромки металла оплавляются, жидкий металл обеих кромок сливается в общую ванну и, застывая, образует монолитное соединение.

Занимаясь изобретательством и благотворительной деятельностью, Бенардос разорился, продал усадьбу и переехал в Петербург.

Хорошую экспериментальную базу Бенардос имел на заводе Яблочкова, где совершенствовал оборудование и технологию сварки. Однако заявки на патенты начал подавать лишь с 1885 г. — патентование изобретений в то время стоило дорого. Необходимо было довести процесс до совершенства, реализовать как можно больше идей и совместить их в одном патенте. Тем более что по законам многих стран, не внедрение патента в течение



Рис. 1. Президент АН СССР А. П. Александров и президент АН УССР Б. Е. Патон у музея Бенардоса в Лухе (1981 г.)



Рис. 2. Н. Н. Бенардос в лаборатории Н. И. Кабата в Париже. Гравюра из статьи [7]

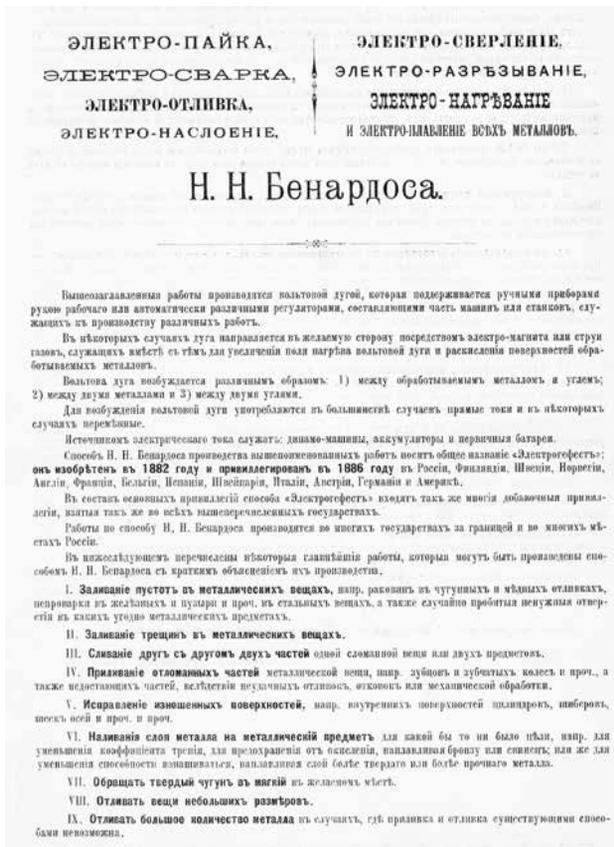


Рис. 3. Проспект Товарищества «Электрогефест»

ние короткого времени, лишало владельца прав на него. Чтобы владеть патентом, не требовалось доказывать авторство. Необходимо было заплатить установленную законом пошлину. Причем, в ряде стран (Франция, Бельгия и др.) не проверялась новизна изобретения и в случае претензий владельца патентов сами решали спорные вопросы. В России, США, Великобритании была принята проверочная система, принималось во внимание наличие аналогичных технических решений как запатентованных, так и опубликованных в журналах или зафиксированных др. образом.

6 июня 1885 г. Николай Николаевич подал прошение о выдаче ему патента-привилегии России на «Способ прочного скрепления металлических частей и их разъединения непосредственным воздействием электрического тока». Первый в мире патент на электродуговую сварку, в котором указано только одно имя — Н. Н. Бенардос, он получил 31 декабря 1886 г. за № 11982.

В этом первичном документе государственного учреждения, уполномоченного охранять права владельцев патентов — Совета торговли и мануфактур написано: «...удостоверяя, что на сие изобретение прежде сего никому другому в России привилегии выдано не было, дает дворянину Николаю Бенардосу сию привилегию на десятилетие от нижеписанного числа и исключительное право вышеозначенное изобретение по представленным описанию и чертежу

во всей Российской Империи употреблять, продавать, дарить, завещать и иным образом уступать другому на законном основании». Ни соавторов, ни со-владельцев в первом в мире патенте на дуговую сварку не было. Доказательством могут служить также материалы спора между Н. Н. Бенардосом и Н. Г. Славяновым по поводу первенства изобретения дуговой электросварки металлическим электродом. В этом споре не участвовал Ольшевский потому, что к первичному российскому патенту не имел никакого отношения, даже финансового.

Н. Н. Бенардосу впервые в мире удалось решить несколько сложнейших проблем: энергетическую, создав аккумулятор, пригодный в качестве источника тока питания сварочных аппаратов; технологическую, заключающуюся в разработке принципа использования теплоты электрической дуги для соединения и разъединения металлов. По сути, это был комплекс изобретений, каждое из которых впоследствии развивалось по самостоятельным направлениям и могло быть защищено отдельным патентом. Изобретатель разработал многие типы сварных соединений и форм разделок кромок. Бенардос блестяще использует возможности сварки и не только заменяет клепаные конструкции сварными, но и создает оригинальные узлы и изделия. Например, облегченные прочные конструкции, составленные из волнистых листов, многослойные конструкции и др. Все эти новейшие технические решения указаны в первой заявке на привилегию (патент) России.

Однако, не имея достаточных средств на патентование за рубежом и организацию сварочного производства, Бенардос вынужден был пригласить к участию в финансировании владельца доходных домов в Петербурге и Варшаве С. А. Ольшевского (в его доме, в Петербурге на улице Литейной д. 18 жил Бенардос). Его же пришлось указывать совладельцем в зарубежных заявках на патенты. Содержание заявок, подаваемых в промышленно развитые страны Европы и США, не отличались от первого российского патента. Домовладелец С. А. Ольшевский, финансировавший уплату пошлин за получение зарубежных патентов, не участвовал в решении технических проблем и претензий на авторство изобретения сварки никогда не предъявлял.

Еще при жизни Н. Н. Бенардоса начались попытки умалить его заслуги в создании выдающегося технологического прорыва. Даже известные электротехники и металлурги заявляли, что у них были мысли применить дугу для пайки-сварки металлов. В 1887 г. по поводу возникавших претензий немецкий физик Р. Рюльман писал: «Невольно вспоминается история с яйцом Колумба. На одном из банкетов придворные, завидуя адмиралу, говорили, что могли бы поплыть через океан и обнаружить новые земли. Колумб, взяв из тарелки

яйцо, предложил поставить его на острый конец. Никто не смог этого сделать. Тогда он слегка ударил яйцо о стол, скорлупа сломалась и задача была решена. И на реплики завистников: «Что они могли это же сделать», Колумб ответил: «После меня вы можете» [6].

В 1885 г. было организовано Товарищество «Электрогефест» по эксплуатации и внедрению изобретения Бенардоса. Инвесторы – капиталовладельцы С. Ольшевский, Н. Галумнов, К. Вахтер, И. Фелейзен основали в С.-Петербурге (по Большой Невке, д. № 41) завод и стали владельцами имущественных прав товарищества. «Производство означенного завода заключается в сварке и пайке электричеством, а также в изготовлении приборов для электрического освещения» – значилось в заявке на получение от Департамента торговли и мануфактур разрешения на производство работ. Работы велись в сварочном, литейном, кузнечном, механическом, аккумуляторном, сборочном и др. цехах. В каждом и них могли работать до 200 человек. В показательной мастерской Н. Н. Бенардос демонстрировал приемы сварки. На втором этаже находился кабинет изобретателя и исследовательская лаборатория. Всей работой руководил сам Бенардос, его имя значилось и на бланке товарищества.

Доход от выполненных работ и продажи лицензий забирали инвесторы. Они не хотели финансировать новые разработки Бенардоса и весь заработок он тратил на проверку новых идей, проектирование и изготовление образцов оборудования. Так изобретатель оказался в сложном материальном положении.

Новый технологический процесс металлообработки привлек внимание многих ученых, технологов и в первую очередь инженеров железнодорожного и водного транспорта – наиболее наукоемких в то время видов техники. В опубликованных статьях ученых, электротехников и др. специалистов о работах Н. Н. Бенардоса, давалась высокая оценка его изобретению и компетентности в вопросах электротехники и металлургии, отмечалось важное значение электросварки. Напечатанная Р. Рюльманом фотография русского изобретателя за сваркой котла для завода наждачных кругов Струка в С.-Петербурге разошлась по всему миру [6]. Выходившие в то время технические журналы так писали о работах Бенардоса: «...электрическая сварка является простым, удобным и практичным способом, достойным многочисленных и полезных видов применения электрического тока, и мы должны поздравить г-на Бенардоса, который одним поворотом руки сумел преобразовать лабораторию в целую отрасль промышленности, имеющую большое значение как в настоящем, так и в будущем» [7].

Профессор Императорского технического учи-

лища (теперь МГТУ им. Н. Э. Баумана) С. Э. Кордес изучил работы Бенардоса и составил подробное описание, заканчивающееся предложением: «...желаю г-ну Бенардосу иметь многих последователей, могущих еще более усовершенствовать обработку металлов электрическим путем, его изобретение – первое, осуществленное в технике – успело показать, насколько универсальны и просты работы электричеством» [8]. В журнале «Нижегородский вестник пароходства и промышленности» в июле 1887 г. отмечалось: «Кто не согласится после всего изложенного, что изобретение Н. Бенардоса должно быть по всей справедливости приурочено к числу величайших. Оно обещает с одной стороны, в отношении упрощения и ускорения производства, а с другой, в отношении увеличения прочности производимых предметов одинаково громадные выгоды машино- и судостроению, арсеналам и оружейным заводам, а также почти всем обрабатывающим металлы фабрикам и заводам». Н. Н. Бенардос организовывал также сварочное производство и обучал специалистов за рубежом. Только в 1887 г. об изобретении Н. Н. Бенардоса было опубликовано не менее 26 статей в российских и зарубежных журналах. Ни в одной из публикаций, касающихся сварки или др. работ фамилия С. Ольшевского не упоминается. Он не был специалистом в области электротехники и не мог быть причастен к созданию и внедрению дуговой электросварки. Организаторы производства и инженеры отмечали только Н. Бенардоса [9].

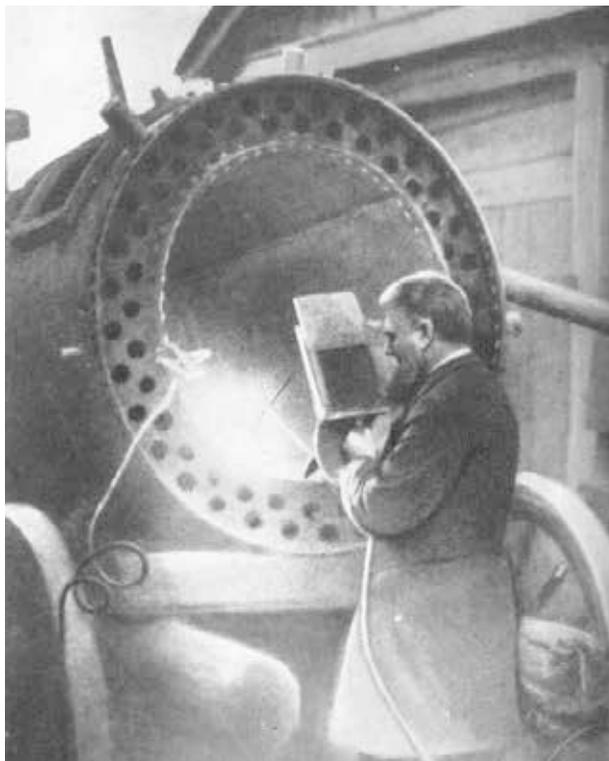


Рис. 4. Н. Н. Бенардос за сваркой котла [6]

В 1895 г. А. А. Троицким в Петербурге было организовано «Русское товарищество электрической обработки металлов» с задачей внедрения изобретений электросварки по способам Н. Н. Бенардоса и Н. Г. Славянова. Товарищество выкупило акции у С. Ольшевского и др. К середине 1890-х гг. новый технологический процесс был внедрен более чем на 120 заводах России, Западной Европы и США. По данным на 1895 г. способ Бенардоса эксплуатировали в Германии (заводы Ф. Круппа в Эссене, К. Мюллера в Швельме, Ю. Пинча в Берлине и др.), во Франции (фабрика Крезе и общество «Комантри» в Шатильоне), в Австро-Венгрии (Витковицкий завод в Остраве, заводы Ганца в Будапеште, Розе в Вене), в Великобритании (заводы в Бирмингеме, Шеффилде, Лидфилде, Глазго) и в др. странах.

Н. Н. Бенардос в течение 1880–1890-х гг. продолжал совершенствовать технологии и оборудование. В 1887 г. он подал заявки на «Систему аккумуляторов» и «Способ приготовления губчатого свинца для пластин аккумуляторов», в 1889 г. — на «Тигельное электропаяние, электроотливку и электронаслоение металлов», в 1893 г. — на «Способ и приборы электропаяния тонких металлических листов» и т.д. На оригинальные технические решения он получил другие единоличные патенты.

Новое товарищество, как и предыдущее, лишило изобретателя материальных выгод и он фактически был рабочим — сварщиком. Безгранично веря в возможности дуговой сварки и пытаясь получить большой заказ, Н. Н. Бенардос рискнул предложить отремонтировать Царь-колокол (в Москве) и разработал технологию приварки отделившегося куска и заварки трещин [5].

Своеобразным отчетом об изобретательской деятельности Н. Н. Бенардоса в области сварки явилась его экспозиция на IV Всероссийской электрической выставке, организованной Русским техническим обществом, проходившей в 1892 г. в С.-Петербурге. В проспекте выставки было указано 15 технологий применения дуговой электросварки. В экспозиции были представлены цельносварные трубы, сосуды и др. металлические предметы, отремонтированные колокола. Впервые в мире были показаны устройства для сварки металлическим электродом на переменном токе, в струе горючего газа, с магнитным управлением дугой, наклонным электродом, для механизации и автоматизации сварочного процесса. Кроме дуговой электросварки на IV Всероссийской электрической выставке Н. Н. Бенардос представил пять чертежей устройства для контактной сварки, разработанной им в 1887 г. [10]. Н. Н. Бенардосу была вручена высшая награда выставки — золотая медаль. 7 декабря 1899 г. ему вместе с А. С. Поповым и А. Н. Лодыгиным Петербургским электротехниче-

ским институтом было присвоено почетное звание «Инженера-электрика».

Любовь к изобретательству Н. Н. Бенардос пронес через всю свою жизнь. Он был в постоянном поиске: конструировал, экспериментировал, проверял новые технологии и работу создаваемых им устройств. Многие его изобретения значительно опередили время (электромагнитная пушка, электрокультура растений, летательный аппарат, винт с поворотными лопастями и др.) Изобретательская деятельность требовала значительных расходов, а материальное положение оставляло желать лучшего. В 1900 г. Бенардос уезжает из С.-Петербурга и поселяется неподалеку от г. Фастова, продолжая заниматься совершенствованием техники.

8 (21) сентября 1905 г. Н. Н. Бенардос умирает вследствие болезни, вызванной отравлением парами свинца. Смерть великого изобретателя не была замечена. В 1920-х гг., молодые инженеры-сварщики, направленные советским правительством учиться в Германию, заметив с каким почтением говорят о Бенардосе думали, что он немецкий изобретатель. Только в конце 1935 г. узнали, что Бенардос жил и творил в Российской империи [1].

#### Литература

1. Корниенко А. Н. Судьба Н. Н. Бенардоса и тайна создания первого способа дуговой сварки. // Сварщик. — 2011. — № 3. — С. 44–48.
2. Корниенко А. Н. Столетие изобретения электрической дуговой сварки. // Автомат. сварка. — 1981. — № 2. — С. 1–6.
3. Патон Б. Е. Изобретение века. // Наука и жизнь. — 1981. — № 10. — С. 2–10.
4. 100-летие со дня изобретения электродуговой сварки / Новости. Информационный бюллетень ЮНЕСКО. — Париж — 1981. — № 5. — С. 16–18.
5. Н. Н. Бенардос. Научно-технические изобретения и проекты. Избранные труды / Киев: Наукова думка, 1982. — 238 с.
6. Рюльман Р. Способ г-на Бенардоса электрического спаивания и сваривания под названием «Электрогедест» / С.-Петербург: Отчет, 1887. — 18 с.
7. Hospitalier E. Le travail électrique des métaux // Nature / E. Hospitalier. — 1887. — № 754. — P. 57–58.
8. Кордес С. Э. Электрогедест. Опытная станция электрической обработки металлов по способу Н. Н. Бенардоса // Отчет политех. О-ва при Московском техн. училище за 1881–1888 гг. — М., 1888. — С. 35–56.
9. Очерк работ русских по электротехнике с 1800 по 1900 год. — СПб., 1900. — 129 с.
10. Каталог изобретений потомственного дворянина Николая Николаевича Бенардоса. — СПб., 1890. — 12 с.

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

## I. СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

### I.0100. Оборудование для дуговой сварки и родственных процессов

#### I.0110. Генераторы, агрегаты и преобразователи сварочные

Свар. агрегат DENYO DLW-300LS, однопост., диз. двиг., 30-280 А, ПВ-100%, 10,4 кВА	шт.	договорная	(044) 383-1812, (095) 899-1822	Рентстор 000
Свар. агрегат DENYO DLW-400LSW, двухпост., диз. двиг., 1 пост: 60-380А, 2 поста: 30-190А, ПВ-100%, 15 кВА	шт.	договорная	(044) 383-1812, (095) 899-1822	Рентстор 000
Свар. агрегат DENYO DCW-480 ESW СС/СV, двухпост., диз. двиг., 1 пост: 60-480А, 2 поста: 30-280А, ПВ-100%, 15 кВА. Хит продаж!!!	шт.	договорная	(044) 383-1812, (095) 899-1822	Рентстор 000

#### I.0120. Выпрямители сварочные

ВДМ-630, 1202, 1601, 2001	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
ВДГ, ВДУ-302, 401, 506, 630, 1202, 1601	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инверторы для MMA/TIG сварки 160, 200, 315, 400 А	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочное оборудование «FRONIUS», заряд. уст-ва для любых типов аккумуляторов	шт.	от 600	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
CUPEL-175 G, для MMA/TIG сварки 120, 160, 200, 250, 315 А, SW-333 («Семонт»)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Инверторы ВДИ / 60-250 А (5 лет гарантии)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

#### I.0121. Установки аргонодуговой сварки и напыления

Установки для аргонодуговой сварки Кетттри ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ТТ-1600, МВ-2200 (в т.ч. сварка алюминия) универ. ап-т WIG/TIG	шт.	от 6 500	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
TIG-200P AC/DC	шт.	21 000	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

#### I.0130. Трансформаторы сварочные

Трансформатор для сварки ТДФЖ-2001, ТДМ-250, 305, 403, 503	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
БСН-04-500Т (питание от источника сварочной дуги)	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
СТШ-250, СТШ-252, ТДМ-403	шт.	от 4 635	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

#### I.0140. Сварочные механизированные аппараты (полуавтоматы для дуговой сварки)

П/м А25-001 с ВДГ или ВДУ, ВУ встроены в ИП, Ø0,8-3,0 мм, плав. регул.	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Проф. инверт. комплекс для MIG/MAG сварки DIGITAL MIG 500	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инверт. свар. комплексы HC 500D, HC350 для MIG/MAG, MMA, TIG сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инверт. п/а MIG 188P, Ø0,6-1,2 мм	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочн. механиз. аппараты (полуавтом. для дуговой сварки) Кетттри ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ТР-1100, 1500 малогаб. моб. ап-ты двойн. действ., 4,2 кг, 220 В, 10-150 А	шт.	от 2700	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
П/а промышл. «Варио Стар» (160-400 А) «FRONIUS»	шт.	от 4500	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
Инверторные п/а, 160-350 А, горелки к п/а и расходные материалы	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
КП 006 с КИГ 401, ПДГ-215, 216	к/шт.	от 10 800	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
П/автомат FAN MIG 404 GP (Synergy) 400 А, сварка всех сталей и Аl	шт.	27 000	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

#### I.0150. Автоматы для дуговой сварки

Свар. трактор HS-1000 с инверт. ИП для одно- и двухдуговой сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочные трактора ТС-18М, ТС-77А, А-1698, ТС-17	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Установка для приварки шипов (шпилек) ПШ-1202-2	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Полуавтоматы и автоматы для дуговой сварки производства ESAB	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Аппараты для дуговой сварки Кетттри ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Сварочные тракторы А1698, автоматы АД 231, АД 321	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

#### I.0160. Аппараты для воздушно-плазменной резки металлов и сплавов, запасные части

Плазматроны ВПР-9, ВПР-15, ПВР-402, расход. материалы, комплект. (Binzel)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Киев-1 (толщ. реза до 8 мм), Киев-4 (толщ. реза до 80 мм)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
CUT 70, CUT 100, CUT 120, CUT 160	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

**PLASMA**

Взаимозаменяемые части совместимые с более чем 100 системами плазменной резки мировых производителей таких как HYPERTHERM®, ESAB®, KJELLBERG®, SEBORA®, TRAFIMET®, THERMAL DYNAMICS®, SAF®, DAIHEN®, KOMATSU®, MILLER®, MIGATRONIC®, AJAN®, LINCOLN ELECTRIC® и т. д.

**LASER**

Взаимозаменяемые части и аксессуары совместимые с TRUMPF®, BISTRONIC®, PRECITEC®, AMADA®, MAZAK®, PRIMA POWER®, LVD®, MITSUBISHI® и т. д.

ООО «Термакат Украина ГмБХ»  
08130, Киевская обл., с. Петропавловская Борщаговка,  
ул. Петропавловская, 24  
тел./факс: (044) 403-16-99  
e-mail: info@thermacut.ua



www.thermacut.com

**OXY-FUEL**

Взаимозаменяемые части совместимые с системами газовой резки ведущих мировых производителей MESSER®, HARRIS®, ESAB®

**РЕЗАКИ**

160 различных ручных и механизированных моделей плазматронов для автоматической и ручной резки. Шланговые пакеты для систем плазменной резки. Плазматроны FHT-EX® разработки THERMACUT

г. Киев: (050) 336-33-91,  
(050) 444-22-45  
г. Николаев: (050) 333-81-61  
г. Харьков: (050) 417-60-68  
г. Львов: (050) 382-46-68

HYPERTHERM®, ESAB®, KJELLBERG®, SEBORA®, TRAFIMET®, THERMAL DYNAMICS®, SAF®, DAIHEN®, KOMATSU®, MILLER®, MIGATRONIC®, AJAN®, LINCOLN ELECTRIC®, TRUMPF®, BISTRONIC®, PRECITEC®, AMADA®, MAZAK®, PRIMA POWER®, LVD®, MITSUBISHI®, MESSER®, HARRIS® являются зарегистрированными торговыми марками. Thermacut® никоим образом не связан с данными производителями.

**1.0170. Сварочные роботы и системы автоматизации сварки**

Сварочные роботы Fanuc	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Системы автоматизации сварки Кемтпри ОУ	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000

**1.0180. Аппаратура управления к сварочному оборудованию**

Пневмораспределитель	шт.	58,20	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
----------------------	-----	-------	--------------------------	------------------------------

**1.0200. Машины контактной сварки и комплектующие**

Машины стык. и точ. св. МТ 2202, МСО 606, МТ 1928, МТ 4224, МСС 1901, МТМ-289 (сварка сеток), точ. маш. — Al (до 4 мм) МТВР-4801	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
КРАБ-01 (малогабарит., свар. клещи), маш. подвесная МТП 1110 (сварка сеток), маш. шовной сварки МШ 2201, МШ 3207	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Ремонт и восстанов. машин контакт. сварки, купим машины контакт.	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона

**1.0300. Машины, оборудование, комплектующие для газопламенной сварки, резки и металлизации**

**1.0310. Машины для термической резки металлов**

Машины газорезательные — «Огонек», «Гугарк», «Орбита», «Радуга-М», «Смена-2М», «АСШ-70», «ДОММЕТ», «ESAB», «MESSER Grissheim»	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	------------	--------------------------	------------------------------

**1.0320. Горелки и резаки газокислородные**

Резаки для ручной, газокислородной и плазменной механической резки	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Горелки ацетиленовая Г2А, пропановая ГЗУ, Г2 МАФ (након. №2-4), ЗИПы	шт.	от 126	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Комплекты газосварщика, кислор.-флюс. резки, клапана предохран., огнепреград., пост газосварщика (П)	шт.	от 360	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
Резаки машинные, пропановые, ацетилен. ручн. резки, МАФ-газ (до 100 мм), жидкотопл. (бензин, керосин, ДТ) до 300 мм, ЗИПы	шт.	от 168	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона

**1.0330. Генераторы ацетиленовые**

Генераторы (Воронеж, Россия) АСП-10, АСП-15, АСП-14, (сухой и водяной затворы), зап. части к АСП	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
--------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	------------	--------------------------	------------------------------

**1.0340. Редукторы, вентили, смесители, затворы, клапаны**

Редукторы, регуляторы, балл. в ассорт., вентиль ВК-94 (Россия) кислород., пропановый ВБ-2, ВБ-2-1 (Б) (Беларусь), подогрев. углекислотный	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	------------	--------------------------	------------------------------

**1.0350. Установки для газотермического напыления**

Металлизатор ЭМ-01М	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
---------------------	-----	------------	--------------------------------	--------------------

**1.0360. Карбид кальция**

Карбид кальция (Словакия) по 100 кг, по 3, 5, 10 кг (пластик. ведра)	кг	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
----------------------------------------------------------------------	----	------------	--------------------------	------------------------------

**1.0370. Рукава и шланги**

Рукав кислородный (Беларусь), ацетиленовый и кислород. цветной	м	от 6,30	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
----------------------------------------------------------------	---	---------	--------------------------	------------------------------

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

- Сварочные горелки для механизированной и автоматической сварки в среде CO<sub>2</sub> и смесях (MB EVO PRO, RF GRIP, ABIMIG® GRIP A, ABIMIG® AT, AUT / 60–750 А, газовое и жидкостное охлаждение)
- Сварочные горелки для ручной и автоматической сварки неплавящимся электродом (ABITIG®, ABITIG® GRIP, ABITIG® GRIP Little / 80–500 А, газовое и жидкостное охлаждение).
- Электродержатели для сварки штучным электродом (DE 2200–2800 / 200–800 А).
- Блоки принудительного охлаждения (WK 23, WK 43, ABICOOL L1000, ABICOOL L1250).
- Редукторы газовые.

**ПИИ ООО**  
**«Бинцель Украина ГмбХ»**

Тел./факс:  
**(044) 403-12-99, 403-13-99**  
**(044) 403-14-99, 403-15-99**



г. Киев: (050) 462-72-30  
 г. Николаев: (050) 333-81-61  
 г. Харьков: (050) 417-60-68  
 г. Львов: (050) 382-46-68  
 e-mail: info@binzel.kiev.ua

**ABICOR BINZEL**

[www.binzel-abicor.com](http://www.binzel-abicor.com)

- Плазматроны (ABIPLAS® CUT, ABICUT / 30–200 А, воздушное и жидкостное охлаждение).
- Установки ВПР JÄCKLE Plasma (25–300 А).
- Строгачи для строжки графитовым электродом (K10–K20 / 500–1500 А).
- Графитовые электроды ABIARC, вольфрамовые электроды WR2, WP, E3®.
- Средства защиты обработки поверхности ABIBLUE.
- Маски сварщика.
- Керамические подкладки.
- Весь спектр расходных материалов и другие принадлежности сварочного поста.

**I.0380. Баллоны газовые**

Баллоны: кислород, аргон, ацетилен, азот, углекислота и др. (40 л, 10 л, 2 л), новые (пропан, кислород, аргон, сж. воздух, CO <sub>2</sub> ) 50, 27, 12, 5 л	шт.	от 144	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	--------	--------------------------	------------------------------

**I.0400. Оборудование сварочное механическое и приспособления**

**I.0500. Комплектующие изделия к сварочному оборудованию**

**I.0510. Электрододержатели для ручной дуговой сварки**

Электрододержатели ESAB и др. клеммы массы	ком.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Электрододержатели, клеммы массы (Германия, Польша, Китай)	шт.	от 19,8	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

**I.0520. Горелки сварочные для ручной, механизированной и автоматической сварки и комплектующие к ним**

ЗИП к горелкам TIG, MIG/MAG сварки, плазменной резки	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Строгачи (возд.-дуг. строжки) I-1500 А и более	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Горелки для MIG/MAG, WIG/TIG «FRONIUS»	шт.	от 400	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина ООО
Горелки для аргонодуговой, MIG/MAG, TIG сварки и комплект. к ним	шт.	от 870	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

**I.0530. Реостаты балластные**

Реостаты балластные	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
---------------------	-----	------------	--------------------------------	------------

**I.0540. Инструменты**

Маркеры «MARKAL B», «MARKAL M-10», «MARKAL M», «MARKAL K», «MARKAL H, HT», BALL PAINT, DURA BALL, Red Ritter / Silver Streak	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Комплект сменных стержней для SILVER STREAK, RED RITTER, маркировка и разметка LUMBER CRAYON и TYRE MARQUE	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

**I.0550. Электроинструменты**

**I.0560. Кабельно-проводниковая продукция**

Кабель сварочный, силовой КГ, КОГ, након. каб. луж. 16, 25, 35, 50 мм <sup>2</sup>	м/шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
------------------------------------------------------------------------------------	-------	------------	--------------------------	------------------------------

**I.0570 Прочие комплектующие**

Электротех. комп. (переключатели, вентиляторы, диоды, разъемы и т.д.)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Контакты КМ-600ДВ, КМ-400ДВ, клеммы массы	шт.	от 840	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

**I.0600. Оборудование для термической обработки**

Термопенал для сушки электродов ESAB	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
--------------------------------------	-----	------------	--------------------------------	--------------------

**I.0700. Средства для защиты металла и оборудования**

Спрей «Binzel», 400 мл, паста «Дюзофикс», 300 г, для травл. нерж. стали TSK-2000, 2 кг	емк./балл.	от 30,18	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Защита: от налип. брызг, антикорр. «АРК/МРС», 10 л, «Black Jack», 500 мл, «Autravil VA» обезжир. нерж. стали, 400 мл	емк./балл.	от 27	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
«Antiperl EMU #1», «Antiperr 2000», 400 мл, канистра, 10 л, «Cromalux VA», 400 мл	балл.	от 18	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

## II. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### II.0100. Электроды покрытые металлические

#### II.0110. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочные электроды, проволока, неплавящиеся электроды	кг	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Сварочные электроды Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
АНО-4 (З46), МР-3 (З46), АНО-21 (З46), УОНИ-13/55 (З50А), УОНИ 13/45 (З42А), повыш. кач.	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
ЦЛ-39 (З-09Х1МФ), ЦУ-5 (З-50А), ТМЛ-3У (З-09Х1МФ), ТМЛ-1У (З-09Х1М), ТМУ-21У (З50А)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО

#### II.0120. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочные электроды Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
ОЗЛ-6, ЦЛ-11, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, ЗИО-8, НИИ-48Г, НЖ-13	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
ЗА-395/9 (З-11Х15Н25М6АГ2), ЗА-400/10У (З-07Х19Н11М3Г2Ф)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО

#### II.0130. Для сварки цветных металлов и сплавов

#### II.0140. Для сварки чугуна

МНЧ-2, ЦЧ-4	кг	от 102	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-------------	----	--------	--------------------------	----------------------

#### II.0150. Для наплавки

Т-590, Т-620, ЭН-60М; ОЗН-6, ОЗН-300, ОЗН-400, НР-70, ЦН-6Л, ЦН-12М	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
---------------------------------------------------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

#### II.0160. Для резки

АНР-2М, АНР-3 Ø 4; 5 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

### II.0200. Электроды неплавящиеся

Электроды вольфрамовые (Германия, Китай)	шт.	от 10,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
------------------------------------------	-----	---------	--------------------------	----------------------

### II.0300. Проволока сварочная сплошная и прутки

#### II.0310. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочная проволока Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
Проволока Св-08Г2С омед., в бухтах, на касс. 5,15 кг (Китай)	кг	от 15,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
Проволока Св-08А	кг	9,30	(044) 200-8056, 200-8049	Экотехнология ДП ООО

#### II.0320. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочная проволока Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
Св-07Х25Н13 Ø 1,2, 1,6, 3,0 мм, Св-08Х14Н8С3Б (ЭП-305) Ø 2,0 мм, Св-08Х20Н9Г7Т Ø 1,6, 3,0, 4,0 мм	кг	69-75	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО

#### II.0330. Для сварки цветных металлов и сплавов

Проволоки для сварки алюминия на кат., в бухтах, прутках, Ø 0,8-4,0 мм	кг	от 87	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
------------------------------------------------------------------------	----	-------	--------------------------	----------------------

#### II.0340. Для сварки чугуна

ПАНЧ-11, МНЖКТ Ø 1,2-3,0 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-----------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------



Сварочные электроды ET-02 с рутил-целлюлозным покрытием

Тел.: (044) 200 80 56, м. (050) 352 58 67, (050) 310 58 63  
e-mail: sales@et.ua, www.welderbest.com.ua

- ✓ легкий поджиг
- ✓ устойчивое горение дуги
- ✓ легкий повторный поджиг
- ✓ сварка во всех пространственных положениях!!!
- ✓ идеальный шов
- ✓ легкое отделение шлака
- ✓ высокий коэффициент наплавки
- ✓ надежное сварное соединение!!!

**ВАШ ЛУЧШИЙ ВЫБОР!**

## ФЛЮС СВАРОЧНЫЙ АН-348А

Оптом и в розницу  
всегда на складе в Киеве –  
от дистрибьютора (доставка заказчику),  
фасовка мешок 50 кг, полипропилен.



**ДП «Экотехнология»**

тел. (044) 200-80-42

м. (050) 311-34-41

### II.0400. Проволока порошковая

#### II.0410. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочная проволока Böhler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ПП-АН1 Ø 2,8 мм, ПП-ЭК1 (для подводной сварки)	кг	договорная	(044) 200-8088, 200-8056	Экотехнология ДП 000

#### II.0420. Для наплавки

ПП-Нп-30ХГСА	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
--------------	----	------------	--------------------------	----------------------

#### II.0430. Для резки

ПП-ЭК4	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
--------	----	------------	--------------------------	----------------------

### II.0500. Флюсы плавные и керамические

#### II.0510. Для сварки углеродистых и легированных сталей

АН-47, АН-348А, АН-26	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
-----------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

## III. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГАЗЫ

### III.0100. Инертные газы (аргон, гелий)

### III.0200. Активные газы (кислород, углекислый газ, водород, азот)

Кислород, углекислота, азот	балл.	договорная	(044) 200-8056	Экотехнология ДП 000
-----------------------------	-------	------------	----------------	----------------------

### III.0300. Газовые смеси

Аргон, азот, ацетилен, спец.свар. смеси	балл.	договорная	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000
-----------------------------------------	-------	------------	--------------------------	----------------------

## IV. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ СВАРЩИКОВ

### IV.0100. Щитки маски и очки защитные, комплектующие

Средства индив. защиты сварщика (одежда, маски, щитки, каски, очки)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Маски сварщика в ассорт., АСФ маска («Speedglass»), щитки свар. и очки защитные в ассорт., шлем пескоструйщика «Кивер», дробеструйщика	шт.	от 18	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000

### IV.0200. Специальная одежда и обувь

Щитки защитные НБТ, костюм, перчатки, краги и рукавицы сварщика, обувь раб. в ассорт.	шт.	от 18	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000
---------------------------------------------------------------------------------------	-----	-------	--------------------------	----------------------

### IV.0300. Средства индивидуальной защиты

Фильтры сменные, респираторные маски (с/без клапана) и полумаски	шт.	договорная	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП 000
------------------------------------------------------------------	-----	------------	--------------------------	----------------------

## V. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

### V.0100. Приборы и материалы неразрушающего контроля

Приборы и материалы неразрушающего контроля	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
Термоиндикаторные карандаши на 50-1200 °С «LA-CO» (США)	шт.	договорная	(044) 200-8056	Экотехнология ДП 000
Любые приборы контроля и диагностики под заказ	шт.	договорная	(044) 248-7336, 200-8056	Экотехнология ДП 000

### V.0200. Контрольно-измерительные приборы

Контрольно-измерительные приборы (манометры, расходомеры и т.д.)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
------------------------------------------------------------------	-----	------------	--------------------------------	--------------------

## VI. СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

### VI.0100. Системы вытяжные

Системы вытяжки сварочных дымов (ESAB, Совплим)	шт.	договорная	(0629) 37-9731, (067) 627-4151	Промавтосварка НТЦ
-------------------------------------------------	-----	------------	--------------------------------	--------------------

## VII. УСЛУГИ

### VI.0100. Услуги

Разработка и внедр. технологии ремонта сваркой и наплавкой деталей, узлов и металлоконструкций из стали и чугуна	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8056	Экотехнология ДП 000
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	------------	--------------------------	----------------------

**Алфавитный указатель  
компаний-участников журнала «Сварщик»**

Амити ООО.....	т. (0512) 23 01 08, ф. 58 12 08
Белгазпромдиагностика УП.....	т./ф. (+375 17) 209 87 51, 205 08 68, info@diag.by
Бинцель Украина ГмбХ ПИИ ООО .....	т./ф. (044) 403 12 99, 403 13 99, 403 14 99, 403 15 99
Велдотерм-Україна ТОВ.....	т./ф. (03472) 60 330, weldotherm@ukrpost.ua
Велтек ТМ ООО.....	т./ф. (044) 200 86 97, 200 84 85, 200 82 09, 200 87 27
Запорожстеклофлюс ЧАО.....	т. (061) 289 03 53, ф. 289 03 50
Интерхим-БТВ ООО .....	т. (044) 527 98 52, 527 98 53, ф. 527 98 62
Линде Газ Украина ЧАО.....	т./ф. (0562) 35 12 25, 35 12 28, (056) 790 03 33, (0 800) 30 51 51
Мигатехиндустрия ООО .....	т. (044) 360 25 21, 500 58 59
Международный выставочный центр ООО .....	т. (044) 201 11 65, 201 11 56, 201 11 58
НАВКО – ТЕХ НПФ ООО .....	т. (044) 456 40 20, ф. 456 83 53
ОЗСО ІЭС ім. Е.О. Патона ООО.....	т./ф. (044) 259 40 00, office@paton.ua
Промавтосварка НТЦ ЧП .....	т./ф. (0629) 37 97 31, м. (067) 627 41 51, (066) 177 86 97
Рентстор ООО.....	т. (044) 383 18 12, м. (095) 899 18 22
Саммит ООО ... т./ф. (056) 767 15 77, м. (094) 910 85 77, м. (067) 561 32 24	
СЕВИД ЧП КП .....	т. (0552) 37 34 58, ф. 37 35 96, м. (067) 550 11 87
Сумы-Электрод ООО.....	т. (0542) 22 54 37, ф. 22 54 38, 22 13 42
Термакат Украина Гмбх ООО.....	т./ф. (044) 403 16 99, м. (050) 336 33 91
Технолазер-Сварка ООО.....	т. (0512) 36 91 20, ф. 50 10 01, 57 21 27
Технопарк ІЭС ім. Е.О. Патона ООО.....	т. (044) 287 27 16, 200 80 42
Фрониус Украина ООО.....	т. (044) 277 21 41, 277 21 40, ф. 277 21 44
Экотехнология ДП ООО .....	т./ф. (0-44) 200 80 56 (многокан.), 287 26 17, 287 27 16, 200 80 42, 248 73 36

**Подписка-2017 на журнал «Сварщик»**

подписной индекс 22405. Подписку на журнал  
можно оформить у региональных представителей:

Город	Название подписного агентства	Телефон
Винница	ЗАО «Блиц-Информ»	(0432) 27-66-58
Днепропетровск	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Житомир	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
Ивано-Франковск	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
Киев	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Кривой Рог	ЗАО «Блиц-Информ»	(0332) 72-05-48
Луцк	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Львов	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
Николаев	ООО «Ню Хау»	(0512) 47-20-03
	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
Одесса	ЗАО «Блиц-Информ»	(05322) 7-31-41
Полтава	ЗАО «Блиц-Информ»	(0362) 62-56-26
Ровно	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
Ужгород	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
	ДПЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Херсон	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
Хмельницкий	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
Черкассы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(04622) 4-41-61
Чернигов	ЗАО «Блиц-Информ»	

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Название книги	Цена (грн.)*
<b>В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко.</b> Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017. — 368 с. . . . .	120
<b>В. И. Лакомский, М. А. Фридман.</b> Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с. . . . .	60
<b>А. А. Кайдалов.</b> Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. . . . .	60
<b>О. С. Осика та ін.</b> Англо-український та українсько- англійський словник зварювальної термінології. 2005. — 256 с. . . . .	60
<b>В. М. Корж.</b> Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. — 196 с. . . . .	60
<b>В. Я. Кононенко.</b> Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с. . . . .	60
<b>С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин.</b> Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с. . . . .	100
<b>А. Я. Ищенко и др.</b> Алюминий и его сплавы в совре- менных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. с илл. 60	
<b>П. М. Корольков.</b> Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с. . . 60	
<b>А. Е. Анохов, П. М. Корольков.</b> Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. — 320 с. . . . .	60
<b>Г. И. Лашенко.</b> Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с. . . . .	60
<b>А. А. Кайдалов.</b> Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с. . . . .	60
<b>П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев.</b> Плазменная наплавка. 2007. — 292 с. . . . .	60
<b>А. Г. Потаповский.</b> Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с. . . . .	60
<b>Г. И. Лашенко, Ю. В. Демченко.</b> Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с. . . . .	60
<b>Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др.</b> Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с. . . . .	60
<b>З. А. Сидлин.</b> Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с. . . . .	120
<b>В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко.</b> Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с. . . . .	90
<b>В. Н. Корж, Ю. С. Попиль.</b> Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010. — 194 с. . . 60	

\* Цены на книги указаны без учета стоимости доставки  
Редакция журнала «Сварщик»: 03150, Киев, а/я 337  
тел.: (044) 200-80-18, тел./факс: 200-80-14  
e-mail: welder.kiev@gmail.com, trofimetst.welder@gmail.com  
www.welder.stc-paton.com

**Подписка-2017  
на журнал «Сварщик»  
в каталоге «Укрпочта»  
Подписной индекс  
22405**

# Сервисная карточка читателя

Без заполненного  
формуляра  
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **03150, Киев-150, а/я 337, «Сварщик».**

1671	1672	1673	1674	1675	1676	1677
1678	1679	1680	1681	1682	1683	1684
1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691
1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698
1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705
1706	1707	1708	1709	1710	1711	1712
1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

Предприятие \_\_\_\_\_

Подробный почтовый адрес: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

\_\_\_\_\_ *подпись*

## Формуляр читателя

Ф. И. О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

Предприятие \_\_\_\_\_

Виды деятельности предприятия \_\_\_\_\_

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги \_\_\_\_\_

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

## Тарифы на рекламу в 2017 г.

На внутренних страницах					
Площадь	Размер, мм	Грн.*			
1 полоса	210×295	4500			
1/2 полосы	180×125	2400			
1/4 полосы	88×125	1200			
На страницах основной обложки					
Страница	Размер, мм	Грн.*			
1 (первая)	215×175	10000			
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	7000			
2 и 7		6000			
На страницах внутренней обложки					
Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*			
3-4 (1 полоса)	210×295	5500			
5-6 (1 полоса)	210×295	5000			
5-6 (1/2 полосы)	180×125	2600			
Визитка или микромодульная реклама					
Площадь	Размер, мм	Грн.*			
1/16	90×26	360			
* (все цены в грн. с НДС): Рекламно-техническая статья: 1 полоса (стр.) — 1800 грн.					
<b>Блочная ч-б реклама и строчные позиции на страницах рекламного-информационного приложения «Все для сварки. Торговый ряд»</b>					
Часть площади стр.	Размер, мм (гор. или верт.)	Цена, грн. с НДС			
1/2	180×125	700			
1/3	180×80 или 88×160	600			
1/4	180×60 или 88×120	500			
1/6	180×40 или 88×80	400			
1/8	180×30 или 88×60	300			
1/16	180×15 или 88×30	200			
Строчные ч-б позиции					
Кол-во позиций	Обычные позиции, грн.	Выделенные позиции, грн.			
10	400	500			
15	600	750			
20	800	1000			
Прогрессивная система скидок					
Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%
<b>Требования к оригинал-макетам</b>					
<b>Для макетов «под обрез»:</b> формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 15 мм.					
<b>Файлы принимаются в форматах:</b> PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PNG, WMF, PSD, EPS, CDR, QXD с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветовая модель CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.					
Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в № 4 — до 15.07)					
Зам. гл. ред., рук. ред., <b>В.Г. Абрамишвили</b> , к.ф.-м.н.: тел./факс: (044) <b>200-80-14</b> , моб. (050) <b>413-98-86</b> e-mail: welder.kiev@gmail.com					
Ред., зам. рук. ред., <b>О.А. Трофимец</b> : тел.: (044) <b>200-80-18</b> e-mail: trofimits.welder@gmail.com					
<b>www.welder.stc-paton.com</b>					