

1 (143) 2022

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^{НТК}

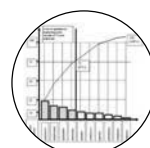
Виробничо-технічний журнал

№ 1 2022
січень-лютий

ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВО
РЕМОНТ

СОДЕРЖАНИЕ

Поздравляем	4
Новости науки и НАН Украины	5
Технологии сварки алюминиевых сплавов Особенности сварки алюминиевого сплава АМг5М в монтажных условиях плавящимся электродом. <i>Т.М. Лабур, М.Р. Яворская, В.А. Коваль</i>	6
Технологии сварки трением с перемешиванием медных сплавов Некоторые особенности сварных соединений медь-сталь и медь-никель, выполненных способом СТП. <i>М.А. Полещук, В.И. Зеленин, Д.Д. Мищенко, И.В. Доценко, В.М. Теплюк, И.М. Попович, Е.В. Зеленин</i>	14
Защитные покрытия графитовых электродов Повышение долговечности графитовых электродов путём нанесения защитного покрытия. <i>Г.М. Русев, Р.А. Кидун, А.М. Лаптева, О.Г. Быковский</i>	17
Оборудование для производства Газокислородная горелка низкого давления ГЗУ-НД мощностью 55 кВт. <i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко</i>	20
Технология многопроходной сварки Способ многопроходной сварки металла большой толщины (опыт Уралмашзавода). <i>В.И. Панов</i>	22
Оборудование для контактной сварки Особенности выбора аппарата для контактной сварки	25
Оборудование для автоматизированной и роботизированной сварки Новое оборудование производства ООО «НАВКО-ТЕХ» для автоматической дуговой сварки	26
Оборудование и технология лазерно-гибридной сварки Высокая скорость сварки благодаря лазерно-гибридной технологии.	28
Выставки и семинары XX Международный Промышленный Форум – 2021	29
Научный семинар «Патоновская школа и научно-технический прогресс»	32
Памяти Лашенко Г.И.	33
Стандартизация Совершенствование качества путем улучшения процесса изготовления продукции или услуг в сварочном производстве конструкций из легких сплавов. <i>Ю.К. Бондаренко, Ю.В. Логинова</i>	34
Мемуары о Б.Е. Патоне В поисках истины. <i>А.Н. Корниенко</i>	45
Вклад ИЭС им. Е.О. Патона в научно-технический прогресс. Памяти Б.Е. Патона Сварка и родственные технологии – боевому ракетостроению. Часть 7. Конструкции и сварка ракетных двигателей <i>Л.М. Лобанов, А.Н. Корниенко</i>	50
Все для сварки. Торговый Ряд	54



Вітаємо	4
Новини науки і НАН України	5
Технології зварювання алюмінієвих сплавів	
• Особливості зварювання алюмінієвого сплаву AMg5M плавким електродом в монтажних умовах. Т.М. Лабур, М.Р. Яворська, В.А. Коваль	6
Технології зварювання тертям з перемішуванням мідних сплавів	
• Деякі особливості зварних з'єднань мідь-сталь та мідь-нікель, виконаних способом ЗТП. М.А. Полешчук, В.І. Зеленін, Д.Д. Міщенко, І.В. Доценко, В.М. Теплюк, І.М. Попович, Є.В. Зеленін	14
Захисні покриття графітових електродів	
• Підвищення довговічності графітових електродів шляхом нанесення захисного покриття. Г.М. Русев, Р.А. Кідун, Г.М. Лаптева, О.Г. Биковський	17
Обладнання для виробництва	
• Газокисневий палик низького тиску ГЗУ-НД потужністю 55 кВт. В.М. Литвинов, Ю.М. Лисенко	20
Технологія багатопротидного зварювання	
• Спосіб багатопротидного зварювання металу великої товщини (досвід Уралмашзаводу). В.І. Панов	22
Обладнання для контактної зварювання	
• Особливості вибору апарату для контактної зварювання	25
Обладнання для автоматизованого і роботизованого зварювання	
• Нове обладнання виробництва ТОВ «НАВКО-ТЕХ» для автоматичного дугового зварювання	26
Обладнання і технологія лазерно-гібридного зварювання	
• Найвища швидкість зварювання завдяки лазерно-гібридній технології	28
Виставки і семінари	
• XX Міжнародний Промисловий Форум – 2021	29
• Науковий семінар «Патонівська школа та науково-технічний прогрес»	32
Пам'яті Лашенко Г.І.	33
Стандартизація	
• Вдосконалення якості шляхом покращення процесу виготовлення продукції або послуг в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів. Ю.К. Бондаренко, Ю.В. Логінова	34
Мемуари про Б.Є. Патона	
• У пошуках істини. О.М. Корнієнко	45
Внесок ІЕЗ ім. Є.О. Патона в науково-технічний прогрес.	
Пам'яті Б.Є. Патона	
• Зварювання та споріднені технології – бойовому ракетобудуванню. Частина 7. Конструкції та зварювання ракетних двигунів. Л.М. Лобанов, О.М. Корнієнко	50
Все для зварювання. Торговий Ряд	54
CONTENT	
Congratulations	4
News of science and NAS of Ukraine	5
Technologies of welding aluminum alloys	
• Features of welding of aluminum alloy AMg5M in installation conditions with a consumable electrode. T.M. Labour, M.R. Yavorskaya, V.A. Koval	6
Technologies of friction stir welding for copper alloys	
• Some features of copper-steel and copper-nickel welded joints made by the FSW method. M.A. Poleshchuk, V.I. Zelenin, D.D. Mishchenko, I.V. Dotsenko, V.M. Teplyuk, I.M. Popovich, E.V. Zelenin	14
Protective coatings for graphite electrodes	
• Improving the durability of graphite electrodes by applying protective coating. G.M. Rusev, R.A. Kidun, A.M. Lapteva, O.G. Bykovsky	17
Equipment for the production	
• Low-pressure gas-oxygen torch GZU-ND with a power of 55 kW. V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko	20
Multi-pass welding technology	
• The method of multi-pass welding of thick metal (experience of Uralmashzavod). V.I. Panov	22
Equipment for contact welding	
• Features of the choice of machine for contact welding	25
Equipment for automated and robotic welding	
• New equipment manufactured by «NAVKO-TECH» LLC for automatic arc welding	26
Equipment and technology of laser-hybrid welding	
• High welding speed thanks to laser-hybrid technology	28
Exhibitions and seminars	
• XX International Industrial Forum – 2021	29
• Scientific seminar «Paton school and scientific and technological progress»	32
In memory of Lashchenko G.I.	33
Standardization	
• Improving quality by improving the manufacturing process of products or services in the welding production of light alloy structures. Yu.K. Bondarenko, Yu.V. Loginova	34
Memoirs about B.E. Paton	
• In search of truth. A.N. Kornienko	45
Contribution of the E.O. Paton EWI in scientific and technological progress.	
In memory of the B.E. Paton	
• Welding and related technologies – for combat rocketry. Part 7. Design and welding of rocket engines. L.M. Lobanov, A.N. Kornienko	50
All for welding. Trading row	54

Свидетельство о регистрации
КВ № 21846-11746 ПР 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:



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. Рябцев,
А. А. Сливинский

Редакционный совет С. Ю. Максимов (председатель),
И. В. Кривдун, В. Н. Проскудин,
Н. В. Высоколян, П. А. Косенко,
М. А. Лактионов, Я. И. Микитин

Редактор В. Г. Абрамишвили

Верстка Д. И. Середа

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

Тел./факс +380 44 200 80 14

E-mail welder.kiev@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 15.02.2022. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная.
Гарнитура PetersburgC. Усл. печ. л. 5.0. Уч.-изд. л. 5.2.
Зак. № 41285 от 14.02.2022. Тираж 900 экз.
Печать: ЧП «ИТЕК СЕРВИС», 2021.
Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.
© НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ, 2022

Подписка-2022
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405

Особенности сварки алюминийевого сплава АМг5М в монтажных условиях плавящимся электродом.

Т.М. Лабур, М.Р. Яворская, В.А. Коваль

Рассмотрены особенности микроструктуры и механических свойств сварных соединений сплава АМг5М, выполненных в различных пространственных положениях относительно горизонтальной плоскости плавящим электродом на скоростях сварки 23, 40, 57 м/час. Показано, что на характер свободного проплава и кристаллизации швов оказывают влияние углы наклона стыков, именно они определяют соответствующие геометрические размеры швов, структуру и свойства сварных соединений.

Некоторые особенности сварных соединений медь-сталь и медь-никель, выполненных способом ЗТП.

М.А. Полещук, В.И. Зеленін, Д.Д. Міщенко, І.В. Доценко, В.М. Теплюк, І.М. Попович, Є.В. Зеленін

Рассмотрен способ сварки трением с перемешиванием (ЗТП) для получения соединений медь-сталь и медь-никель с меньшим тепловым сопротивлением, достигаемым использованием механической энергии. При ЗТП в стык 2-х свариваемых деталей вводят специальный инструмент, который вращается с большой скоростью, нагревает место стыка, перемешивает кромки и образует сварной шов. Сварное соединение перегревается в минимальной степени, уменьшаются диффузионные процессы, что и требуется для эффективной энергопередачи вдоль биметаллической стенки соединения. Применение метода ЗТП для сварки изделий из меди и сплавов из меди-стали может принести значительную экономию средств в производстве.

Повышение долговечности графитовых электродов путём нанесения защитного покрытия.

Г.М. Русев, Р.А. Кидун, Г.М. Лаптева, Е.Г. Быковский

В дуговых сталеплавильных и руднотермических печах для изготовления электрокорунда используют графитовые электроды. В процессе эксплуатации возможны механические и термические разрушения. Для предотвращения окислительных процессов следует наносить на боковую поверхность защитное покрытие, которое будет препятствовать взаимодействию кислорода с графитом путем закупоривания пор и проникновения кислорода в глубь электрода. Основными требованиями, предъявляемыми к покрытию на графите, являются: высокая адгезия, электропроводность и устойчивость к окислению, низкая пористость, низкая стоимость и технология нанесения. Для нанесения защитного покрытия использовался метод плазменного напыления токоведущей проволокой марки АК-5, являющийся оптимальным способом. После нанесения каждого слоя выполнялась послойная зачистка быстро вращающейся металлической щеткой поверхности напыленного слоя для увеличения когезионной прочности.

Газокислородная горелка низкого давления ГЗУ-НД мощностью 55 кВт.

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лисенко

На участке гибки толстостенных труб ОАО «Днепропетрмаш» давление природного газа в цеховой магистрали до 0,01 МПа; поэтому его руководство предложило ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» разработать и внедрить на заводе газокислородную горелку мощностью до 55 кВт, рассчитанную на давление природного газа до 0,01 МПа. Приведены технические характеристики горелки ГЗУ-НД, описаны ее устройство и работа, представлены чертежи основных узлов и деталей, имеющих расчетные каналы. На конкретных примерах показана работа горелки.

Способ многопроходной сварки металла большой толщины (опыт Уралмашзавода).

В.И. Панов

Приведены данные по применению сварки поперечной горкой (СПГ) и результаты модернизации этого способа многопроходной сварки на Уралмашзаводе. Данная работа связана с тем, что СПГ не в полной мере отвечает положенным требованиям (по сравнению с валиками на проход). Концептуальная модель сварки металла большой толщины зависит от конструктивных форм свариваемого изделия. Одной из наиболее сложных задач механики является определение напряженно-деформированного состояния свариваемой конструкции при различных видах нагружения. Разработка концептуальных моделей носит сложный характер, решение которых лежит на стыке наук, но зато позволяет снизить риск выполнения сварочных и восстановительных работ.

Особенности зварювання алюмініевого сплаву АМг5М плавким електродом в монтажних умовах.

Т.М. Лабур, М.Р. Яворська, В.А. Коваль

Розглянуто особливості мікроструктури та механічних властивостей зварних з'єднань сплаву АМг5М, отриманих у різних просторових положеннях відносно горизонтальної площини плавким електродом на швидкостях зварювання 23, 40, 57 м/год. Показано, що різні кути нахилу стиків впливають на характер вільного проплаву і кристалізації швів та визначають відповідні геометричні розміри швів, структуру та властивості зварних з'єднань.

Деякі особливості зварних з'єднань медь-сталь та медь-нікель, виконаних способом ЗТП.

М.А. Полещук, В.І. Зеленін, Д.Д. Міщенко, І.В. Доценко, В.М. Теплюк, І.М. Попович, Є.В. Зеленін

Розглянуто спосіб зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) для отримання з'єднань медь-сталь і медь-нікель з меншим тепловим опором, що досягається використанням механічної енергії. При ЗТП в стик 2-х зварюваних деталей вводять спеціальний інструмент, який обертається з великою швидкістю, нагріває місце стику, перемішує кромки і утворює зварний шов. Зварне з'єднання перегрівається в мінімальній мірі, зменшуються дифузійні процеси, що і потрібно для ефективної енергопередачі вздовж біметалічної стінки з'єднання. Застосування методу ЗТП для зварювання виробів із міді і сплавів з міді-сталі може принести значну економію коштів у виробництві.

Підвищення довговічності графітових електродів шляхом нанесення захисного покриття.

Г.М. Русев, Р.А. Кідун, Г.М. Лаптева, О.Г. Биковський

У дугових сталеплавильних та в руднотермічних печах для виготовлення електрокорунду використовують графітові електроди. В процесі експлуатації можливі механічні та термічні руйнування. Для запобігання окислювальних процесів треба наносити на бічну поверхню захисне покриття, яке перешкоджатиме взаємодії кисню з графітом шляхом закупорювання пор і проникненню кисню в глиб електрода. Основними вимогами, що пред'являються до покриття на графіті є: висока адгезія, електропровідність і стійкість до окислення, низька пористість, низька вартість і технологія нанесення. Для нанесення захисного покриття використовувався метод плазмового напылення струмоведучим дротом марки АК-5, що є оптимальним способом. Після нанесення кожного шару виконувалася пошарова зачистка металевою швидко обертовою щіткою поверхні напыленого шару для збільшення когезійної міцності.

Газокисневий пальник низького тиску ГЗУ-НД потужністю 55 кВт.

В.М. Литвинов, Ю.М. Лисенко

На ділянці згинання товстостінних труб ВАТ «Дніпроважмаш» тиск природного газу в цеховій магистралі до 0,01 МПа; тому його керівництво запропонувало ТОВ «НДІПТмаш-Дослідний завод» розробити та впровадити на заводі газокисневий пальник потужністю до 55 кВт, розрахований на тиск природного газу до 0,01 МПа. Наведено технічні характеристики пальника ГЗУ-НД, описані його пристрій та робота, представлені креслення основних вузлів і деталей, що мають розрахункові канали. На конкретних прикладах показано роботу пальника.

Спосіб багатопрохідного зварювання металу великої товщини (досвід Уралмашзавода).

В.І. Панов

Приведені дані по вживанню зварювання поперечною гіркою (ЗПГ) та результати модернізації цього способу багатопрохідного зварювання на Уралмашзаводі. Ця робота пов'язана з тим, що ЗПГ не повною мірою відповідає належним вимогам (в порівнянні з валиками на прохід). Концептуальна модель зварювання металу великої товщини залежить від конструктивних форм зварюваного виробу. Одним з найбільш складних завдань механіки є визначення напружено-деформованого стану зварюваної конструкції при різних видах навантаження. Розробка концептуальних моделей носить складний характер, вирішення яких лежить на стику наук, зате дозволяє знизити ризик виконання зварювальних та відновлювальних робіт.

Михайлу Олександровичу Лактіонову – 70 років!



1 січня 2022 р. виповнилося 70 років відомому фахівцю в галузі зварювального виробництва канд. техн. наук Лактіонову Михайлу Олександровичу.

Народився Лактіонов М.О. – 01.01.1952 р. у м. Привілля Лисичанського р-ну Луганської обл. У 1975 р. закінчив КПІ (Київ) за фахом «Технологія та обладнання зварювального виробництва».

З 1977 по 2019 рр. працював на «Сумському НВО ім. М.В. Фрунзе (зараз – «СНМПО-інжиніринг»), де пройшов шлях від інженера-технолога зі зварювання до начальника відділу зварювання, а потім начальника Управління головного зварника (УГЗ). У цьому відомому об'єднанні, флагмані вітчизняного машинобудування, виготовлялася широка номенклатура відповідальних металоконструкцій для різних галузей промисловості: хімічної, нафтогазопереробної, енергетичної, атомної, космічної, будівельної, військового та спеціального призначення.

М.О. Лактіонов на такому широкому полі діяльності успішно розробляв та освоював технологічні процеси зварювання найскладніших конструкцій з різноманітних матеріалів: багаточисельних марок вуглецевих та легованих сталей, чавуну, кольорових металів та їх сплавів – титану, нікелю, міді, алюмінію, цирконію. Як керівник зварювальної служби підприємства брав активну участь у розробці нових технологій котельно-зварювального виробництва, в автоматизації зварювальних процесів, у впровадженні передових способів обробки металів та отримання надійних зварних з'єднань. Велика його роль при впровадженні в об'єднанні: машин з програмним керуванням для лазерного, плазмового та газотермічного розкрою металу; процесів електрошлакового та автоматичного зварювання під флюсом; широкого застосування напівавтоматичного зварювання у середовищі захисних газів, у т.ч. при зварюванні алюмінієвих та мідних сплавів; автоматичного зварювання неплавким електродом на спеціалізованих стендах титанових сплавів; електронно-променевого зварювання ряду нер-

жавіючих сталей; робототехнічних комплексів для контактного зварювання та зварювання у середовищі захисних газів; установок для електрошлакового переплаву та високотемпературного паяння в умовах глибокого вакууму; різних способів антикорозійних та зносостійких наплавлень, у т.ч. нанесення покриттів газотермічним та плазмовим напленням; віброобробки зварних конструкцій тощо.

У 1993 р. без відриву від виробництва захистив кандидатську дисертацію, в якій розвинув основи автоматичного зварювання під флюсом холодостійких сталей марок АК-25 і АБ-1Ш у 2-х варіантах: для умов експлуатації до -110°C – аустенітний варіант зварювальних матеріалів, а для температур до -60°C – передбачено застосування перлітних зварних з'єднань.

Лактіонов М.О. керував функціональною діяльністю УГЗ: заготівельні роботи, котельно-складальні та зварювальні технології. Він має великий практичний досвід з атестації технології зварювання за Правилами АЕУ, ISO, ASME, AWS, а також за узгодженням численних технологічних процесів із ЦНДІТМАШ, ІЕЗ ім. Є.О. Патона, ЦНДІ КМ «Прометей», НДІХІММАШ, ASME та ін. Є експертом УАКС, атестований як міжнародний інженер-зварник та міжнародний інспектор зі зварювання.

З 2019 р. на посаді Головного конструктора проекту був провідним фахівцем зі зварювання та матеріалознавства у ВНДІАЕН (науково-дослідному та проектно-конструкторському інституті атомного та енергетичного насособудування).

Тривалий час очолює Сумське відділення Товариства зварників України. Нагороджений Почесним знаком ТЗУ «За особистий внесок у розвиток зварювального виробництва».

Вітаємо Михайла Олександровича Лактіонова зі славним ювілеєм, бажаємо йому доброго здоров'я, довголіття, благополуччя, успіхів та всього найкращого!

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ,
Товариство зварників України,
НТК ІЕЗ ім. Є.О. Патона,
Редакція журналу «Сварщик»

●#2080

Акція! Купи апарат – отримай маску у подарунок!

Хоча Новий рік вже настав (і за китайським календарем), компанія «Джейсік Україна» продовжує пропонувати подарунки при покупці зварювальних джерел! *Купуйте зварювальний апарат – отримайте зварювальну маску в подарунок!*

В акції беруть участь моделі апаратів: JASIC ARC-100 СТРУМОК (Z27901); JASIC ARC-160 (Z211); JASIC ARC-180 (Z28403); JASIC ARC-200 (Z244); JASIC ARC-200 (Z209)

Подарунок – маска Jasic JS-L200HS (вікно 90x35 мм, 2 сенсори, без налаштувань, світлий стан DIN 3, темний стан DIN 11).

В акції також беруть участь моделі апаратів: JASIC MIG-160 (N241); JASIC MIG-160 (N227); JASIC MIG-180 (N240); JASIC MIG-180 КАРПАТЫ (N2A5); JASIC TIG-200P (W224); JASIC CUT-40 (L207)

Подарунок – маска Jasic JS-E723 A LY700 (вікно 97x55 мм, 4 сенсори, світлий стан DIN 4, темний стан DIN 5-9/9-13).

Акція діє поки що апарати та маски будуть в наявності!



www.jasic.ua

www.welder.stc-paton.com

Відбулася нарада щодо участі Національної академії наук України у реалізації проєкту «Президентський університет»

2 лютого 2022 р. відбулася нарада щодо участі Національної академії наук України у реалізації проєкту «Президентський університет» за участі Президента НАН України академіка НАНУ Анатолія Загороднього, віцепрезидента НАНУ члена-кореспондента НАНУ Олега Рафальського, народного депутата України, голови підкомітету з питань вищої освіти Комітету Верховної Ради України з питань освіти, науки та інновацій, координатора проєкту «Президентський університет» Юлії Гришиної, Міністра освіти і науки України Сергія Шкарлета та керівника Державної компанії по створенню Президентського університету Дмитра Єрьоміна.

На нараді були також присутні завідувач відділу ІЕЗ ім. Є.О. Патона док. техн. наук Максим Юрженко та канд. фіз.-мат. наук Всеволод Яковлев.

Онлайн до засідання долучилися провідні науковці Академії, окремі керівники наукових установ НАНУ, члени тематичних експертних робочих груп з формування науково-освітньої діяльності Президентського університету.

Анатолій Загородній у вступному слові відзначив вагомe значення ідеї створення Президентського університету для забезпечення високого рівня підготовки молодих фахівців для наукових установ, державних органів та інноваційного бізнесу. Він підкреслив, що від початку проєкту пройшло не багато часу, але вже докладено значних зусиль щодо його реалізації. Зокрема, Національна академія наук України, розуміючи, що в створенні Президентського університету необхідно максимально використати досвід провідних вчених, академічних установ, а також ресурсний потенціал Академії в цілому, включно з її найкращими науковими лабораторіями та науковими школами, активно приєдналася до команди з реалізації цього проєкту.

«Нині ж постає черговий новий етап у рамках зазначеного проєкту, під час реалізації якого досвід та участь вчених, наукових установ НАНУ, а також належна організаційна підтримка й координація виконання робіт з боку керівництва НАНУ будуть надто важливими», – зазначив Анатолій Загородній.

Далі він представив присутнім док. техн. наук Максима Юрженка, на якого відтепер буде покладена робота з координації участі вчених та наукових установ НАНУ в реалізації проєкту «Президентський університет».

Він також подякував канд. фіз.-мат. наук Всеволоду Яковлеву, який до цього виконував обов'язки координатора згаданої роботи від Академії.

Юлія Грішина у своєму виступі подякувала Національній академії наук за активну участь у процесі створення Президентського університету. Вона підкреслила, що співпраця з Академією у реалізації цього проєкту є принциповим моментом, на чому особливо наголошує Президент України Володимир Зеленський. За її словами, створення



Президентського університету дозволить підтримати вітчизняну науку, надати нові можливості українським науковцям та, найголовніше, створити умови, за яких результати наукової діяльності можна буде комерціалізувати для вирішення нагальних проблем та забезпечення потреб нашої держави.

Сергій Шкарлет відзначив, що зараз першочерговим завданням є «наукове наповнення» проєкту «Президентський університет». Саме на експертні групи науковців покладено формування основних напрямів розвитку перспективних наукових досліджень на найближчі роки, за якими будуть створюватись освітні програми спеціальностей та здійснюватись підготовка у Президентському університеті.

Олег Рафальський наголосив, що сьогодні складно назвати інші гуманітарні проєкти в нашій державі з таким потенціалом та потужними можливостями як «Президентський університет». В той же час на всіх, хто бере участь у його реалізації покладено велику міру відповідальності за свою роботу. Він відзначив величезний потенціал науковців Академії у створенні Президентського університету та побажав успіху всім учасникам цього проєкту.

Дмитро Єрьомін підкреслив, що зараз важливим є активне долучення експертних робочих груп до формування змісту освітньо-наукових програм, за якими потім здійснюватиметься навчання в університеті.

Максим Юрженко подякував за довіру та запевнив, що гідно виконуватиме покладені на нього обов'язки. Він зазначив, що проєкт є викликом, проте науковці із властивим їм підходом завжди якісно виконувати свою роботу, зможуть успішно його реалізувати.

Нагадаємо, що Президент України Володимир Зеленський ініціював створення Президентського університету Указом від 31 травня 2021 р. № 217 «Питання проєкту «Президентський університет». Кабінет Міністрів України своїм розпорядженням від 16 червня 2021 р. № 692-р схвалив Концепцію реалізації проєкту «Президентський університет» та утворив робочу групу з реалізації проєкту. Розпорядженням від 20 серпня 2021 р. № 971-р Уряд затвердив також План заходів з реалізації концепції реалізації проєкту «Президентський університет».

23 грудня 2021 р. було підписано Меморандум між МОН України та НАН України щодо реалізації проєкту «Президентський університет».

www.nas.gov.ua

●#2081

Особливості зварювання алюмінієвого сплаву АМг5М плавким електродом в монтажних умовах*

Т.М. Лабур¹, Д.Т.Н., М.Р. Яворська², В.А. Коваль³, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

Розглянуто особливості мікроструктури та механічних властивостей зварних з'єднань сплаву АМг5М, отриманих у різних просторових положеннях відносно горизонтальної площини плавким електродом на швидкостях зварювання 23, 40, 57 м/год. Показано, що різні кути нахилу стиків впливають на характер вільного проплаву і кристалізації швів та визначають відповідні геометричні розміри швів, структуру та властивості зварних з'єднань.

Алюмінієві сплави системи легування Al-Mg широко застосовуються в суднобудівельній галузі для виготовлення зварних деталей та вузлів високонавантажених елементів конструкцій: корпусів швидкісних суден, екранопланів, малогабаритних катерів, яхт, палубних будівель тощо. Досвід їх застосування показав, що вони не схильні до крихких руйнувань. Водночас, при випробуванні окремих частин конструкцій (перекриттів корпусів, відсіків тощо) інколи в умовах розтягу або загину в місцях розташування концентраторів напруження в сплаві спостерігається підвищення чутливості металу до утворення тріщин [1-3]. Для забезпечення стійкості обшивки та полотен настилу рекомендується конструювати та з'єднувати заготовки корпусу судна вздовж подовжного виконання системи їх набору. В монтажних умовах виробництва, коли процес виготовлення зварних полотен корпусів або полотен настилу з алюмінієвих сплавів відбувається на стапелях, важливо вибрати найбільш раціональне просторове положення їх заготовок відповідно горизонтальної площини.

Зниження маси верхньої частини суден потребує застосування алюмінієвих сплавів, які розширюють можливість створення нових моделей водного транспорту. А тенденція підвищення швидкості пересування суден у воді поставила перед проєктантами та виробниками вимоги щодо належного рівня питомої міцності як самих алюмінієвих сплавів та їх зварних з'єднань [4-7].

Оскільки алюмінієві сплави характеризуються значною теплопровідністю і теплоємністю [7-9], це враховують при виборі раціональних джерел нагрівання, які мають забезпечувати належні умови

інтенсивного та висококонцентраційного нагрівання при зварюванні плавким або неплавким електродами у захисному середовищі. Хороше формування зварного шва спостерігають при застосуванні технології імпульсно-дугового зварювання плавким електродом (ІДЗПЕ), використання якого забезпечує стабільність процесу зварювання, зниження максимального значення зварювального струму, комп'ютерне регулювання подачі енергії та рівномірний перенос металу в зварювальну ванну. Все разом сприяє отриманню швів з високою якістю, зменшення залишкових зварювальних деформацій з'єднань та підвищення продуктивності виготовлення зварних конструкцій [8-10].

Метою роботи було встановлення залежності властивостей та структури зварних з'єднань сплаву АМг5М товщиною 4 мм від просторового розташування стиків при зварюванні плавким електродом за технологією ІДЗПЕ. Вибір сплаву в якості об'єкта для дослідження пов'язаний з пошуком умов забезпечення стабільного стану металу при з'єднанні заготовок в вузлах та конструкційних елементах суден річкового та морського базування.

Методика дослідження. Серед конструкційних алюмінієвих сплавів сплав АМг5М являється широко відомим представником класу магнеліїв [2, 3]. Він має наступні механічні властивості: $\sigma_{\text{в}} = 280-305$ МПа, $\sigma_{\text{т}} = 150-170$ МПа, $\delta = 15\%$. Його хімічний склад та обраного для зварювання присадного дроту марки ЗвАМг6 наведено в табл. 1.

Заготовки розміром 250×100 мм зварювали вздовж прокату на швидкостях 23, 40, 57 м/год. без використання формуючої підкладки, тобто в умовах вільного проплаву та кристалізації металу стиків, положення яких змінювалося від горизонтальної (0 град.) до вертикальної (90 град.) площини. Перед зварюванням поверхні стиків в зоні з'єднання шабріли на глибину не менше 0,1 мм.

Заготовки зі сплаву АМг5М, які були вирізані вздовж прокату, та присадний дріт перед зварюванням оброблювали за стандартною методикою - знежирювали в розчині їдкого натру з багаторазовою

* УДК 621.791:614.8

¹ – Labur Tetyana <https://orcid.org/0000-0002-4064-2644>, ² – Javorska Maria <https://orcid.org/0000-0003-2016-6289>,

³ – Koval Valerij <https://orcid.org/0000-0001-5154-1446>

© Т.М. Лабур, М.Р. Яворська, В.А. Коваль, 2022

Таблиця 1. Хімічний склад сплаву АМг5 (ГОСТ 4784-74)

Матеріал	Mg	Mn	Ti	Si	Fe	Cu	Zn	Al
				Не більше				
АМг5 (ГОСТ 4784-74)	4,8-5,8	0,3-0,8	0,02-0,10	0,5	0,5	0,1	0,2	решта
ЗвАМг6 (ГОСТ 4784-4)	5,8-6,8	0,5-0,8	0,02-0,1	0,4	0,4	0,1	0,3	решта

промивкою в гарячій та холодній воді. Освітлення заготовок відбувалося в розчині азотної кислоти з подальшою промивкою у проточній воді та висушуванням природним шляхом.

Процес зварювання заготовок відбувався плавким електродом модульованим імпульсним струмом з використанням інверторного джерела живлення TPS 2700 фірми Fronius. З'єднання отримували присадним дротом ЗвАМг6, діаметр якого дорівнював 1,6 мм. Витрати захисного газу аргону високої чистоти марки «А» (ГОСТ 10157-78) становили 20 л/хв.

Кут нахилу стиків регулювався завдяки застосуванню рухомої платформи установки ПСО-600, що дозволило отримати зварні стики в різних умовах нахилу заготовок, а саме, під кутом 0, 30, 60 та 90 град. відносно горизонтальної площини (рис. 1). Їх з'єднували однопрохідним зварюванням на режимах, поданих в табл. 2, використання яких забезпечувало формування щільних швів без дефектів. Критерієм оцінки результатів використання технології ІДЗПЕ сплаву АМг5М були обрані – стабільність режиму при виконанні процесу, спроможність відтворювання параметрів зварювання при їх повторному застосуванні, належна щільність та міцність отриманих при дослідженні зварних з'єднань за умов відсутності зварних дефектів.

Якість стикових з'єднань контролювали за зовнішнім виглядом швів та даними рентгенографії (ГОСТ 7512-89) на установці РАП-150/300. Щільність металу шва оцінювали на приладі «Денситометр», що дозволило вибрати оптимальні режими зварювання, за яких не відбувається утворення грубих дефектів типу тріщин, неспарів, пор.

Оцінку рівня міцності зварних з'єднань ($\sigma_{\text{ЗВ.З}}$)

сплаву АМг5М в залежності від просторового положення стиків при зварюванні проводили за результатами механічних випробувань 3-х зразків типу ХІІІ (ГОСТ 6996-66) в статичних умовах (ГОСТ 1497-84) на універсальній машині серії ЦД-4 зі шкалою 2 т та порівнювали з даними основного металу. Ступінь впливу кута просторового розташування стиків на значення коефіцієнту міцності з'єднань визначали як – $K_{\text{СВ}} = \sigma_{\text{ЗВ.З}} / \sigma_{\text{Б}}^{\text{ОМ}}$.

Деформаційну здатність (кут загину (α)) зразків основного металу та зварних з'єднань встановлювали в умовах триточкового згину з прикладанням навантаження зі сторони кореня шва (ГОСТ 6996-66). Технологічне посилення та корінь шва при цьому були усунуті механічним шляхом.

Для виявлення особливостей формування швів у різних просторових положеннях стиків при зварюванні сплаву плавким електродом залучали електронний штангенциркуль АРТ-34460-150. Величина похибки вимірювання становила $\pm 0,1$ мм. В ході вимірювання були проаналізовані ширина (В) та висота (Н) технологічної опуклості на макрошліфах, які були вирізані в поперечному напрямку відносно орієнтації прокату.

Мікроструктурні особливості зварних з'єднань досліджували в різних ділянках швів та зони термічного впливу (ЗТВ) в залежності від просторового положення стиків при зварюванні, використовуючи оптичний мікроскоп зі збільшенням Х320. Величину та ступінь зниження міцності основного металу у ЗТВ під час термічного циклу зварювання виявляли шляхом вимірювання твердості на поперечних шліфах твердоміром за методикою Роквелла при навантаженні 60 кг.

Систематизацію отриманих результатів дослі-

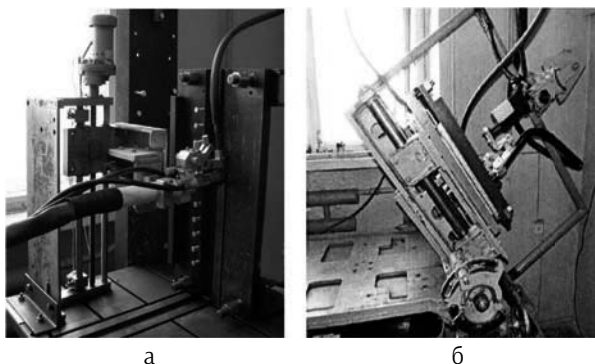


Рис. 1. Зовнішній вигляд зварювальних заготовок в конструкції рухомої платформи ПСО-600 (а, б) та схема розташування стиків під кутом 30, 60 та 90 град. відносно горизонтальної площини (в) при реалізації процесу ІДЗПЕ (б)

Таблиця 2. Режими зварювання плавким електродом зі швидкістю 23, 40, 57 м/год. сплаву АМг5М товщиною 4 мм у різних просторових положеннях

Кут нахилу до горизонтальної площини при зварюванні	Швидкість зварювання, м/год.								
	23			40			57		
	U _д , В	I _{зв} , А	V _{др} , м/хв	U _д , В	I _{зв} , А	V _{др} , м/хв	U _д , В	I _{зв} , А	V _{др} , м/хв
0 град.	18,9	100	6,9	19,2	132	8,8	21,9	169	10,8
30 град.	19,0	101	6,9	19,4	133	8,8	22,3	170	10,8
60 град.	19,1	102	6,9	19,6	135	8,8	22,5	171	10,8
90 град.	19,3	102	6,9	19,7	136	8,8	22,6	172	10,8

Примітка: U_д – напруга на дузі, В; I_{зв} – зварювальний струм, А; V_{др} – швидкість подачі зварювального дроту, м/хв.

дження і побудову графічних залежностей виконували з використанням відомих комп'ютерних програм Smage Pro 30 та Statistica 5.0.

Обговорення результатів дослідження. Візуальний аналіз поверхонь стиків, отриманих в різних просторових положеннях, показав, що після зварювання в з'єднаннях спостерігається стабільне формування технологічного посилення швів. Вимірювання їх геометричних розмірів дозволило виявити, що у випадку, коли стики зварюють на швидкості 23 м/год. в горизонтальній площині, ширина швів коливається в межах від 9,3 до 9,8 мм (рис. 2). Коефіцієнт форми шва дорівнює співвідношенню ширини (В, мм) шва до його товщини (Н+δ, мм): $K = \frac{B}{H + \delta}$.

Згідно роботи [2] значення К в зварних конструкціях допускається в діапазоні від 0,5 до 4, оптимальним вважаються значення від 1,2 до 2.

Зростання кута нахилу з 30 до 60 град. при з'єднанні стиків викликає формування швів шириною 9,6 мм. При зварюванні у вертикальному розташуванні стиків (90 град.) ширина швів становить 9,3 мм. Зазначене, імовірно, зумовлено відповідною дією процесу кристалізації металу у досліджуваних

просторових положеннях при охолодженні зварювальної ванни [1, 2]. Найменший розмір кореня шва (4,4 мм) спостерігається в стиках, які розташовані в горизонтальній площині. Зростання величини кута нахилу стиків при зварюванні викликає збільшення його значення до 4,6, 5,7 та 5,5 мм при 30, 60 і 90 град. відповідно. При зварюванні на швидкості 40 м/год., коли термін перебування металу в умовах високої температури скорочується, спостерігається зменшення на 5% геометричних розмірів швів, а на швидкості 57 м/год. – додатково ще на 10%. Відповідно до даних вимірювання розмірів швів (рис. 2), їх значення змінюються в залежності від швидкості зварювання та кута розташування стиків відносно горизонтальної площини. Так, ширина шва змінюється в залежності від швидкості зварювання. Аналогічний характер зміни також спостерігається й на розмірі кореня швів. Показник коефіцієнта форми шва досліджуваних зварних з'єднань, при цьому, при швидкості зварювання 23 м/год. майже не змінюється у всьому діапазоні кута нахилу стиків. При зростанні швидкостей зварювання до 40 м/год. цей показник зменшується на 10–12 %, а до 57 м/год. – майже в 2 рази при зварюванні у вертикальному положенні (90 град.) від-

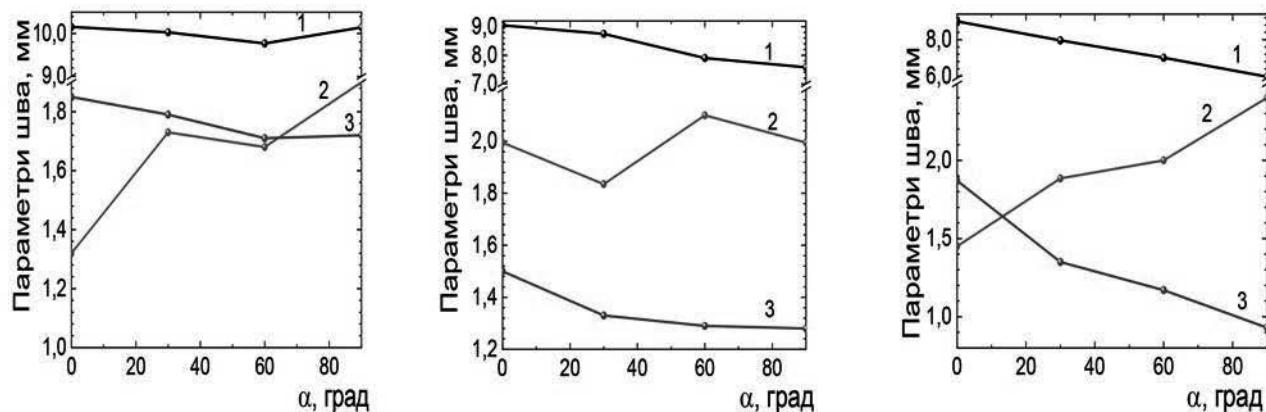


Рис. 2. Залежність геометричних параметрів швів: 1 – ширини шва (В); 2 – ширини кореню шва (Н); 3 – коефіцієнта міцності (К) зварних з'єднань сплаву АМг5М від швидкості зварювання плавким електродом та кута просторового положення стиків відносно горизонтальної площини: а – 23 м/год.; б – 40 м/год.; в – 57 м/год.

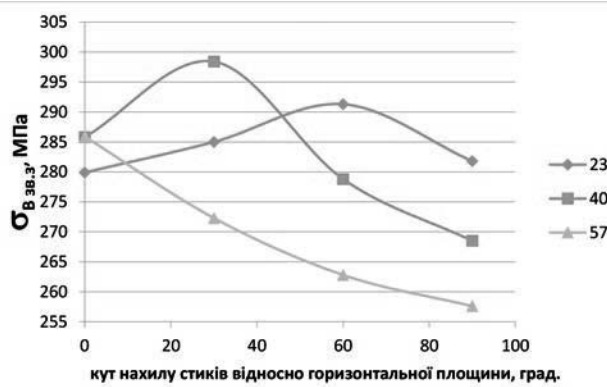


Рис. 3. Характер зміни міцності зварних з'єднань сплаву АМг5М, отриманих плавким електродом на різних швидкостях (23, 40, 57 м/год.), в залежності від просторових положень стиків відносно горизонтальної площини

носно горизонтальної площини. Крім того, при цьому також зменшується ширина ЗТВ, що може свідчити про оптимальні термічні умови формування швів (табл. 3).

Як показує аналіз кривих розподілу твердості (табл. 3) саме величина кута нахилу стиків при зварюванні визначає різний характер зниження рівня міцності на периферійних ділянках шва біля зони сплавлення з основним металом і розмір зони термічного впливу. При цьому термічний цикл зварювання несуттєво змінює ширину шва. Величина показника твердості при зварюванні на швидкості 23 м/год. дорівнює 75-77 один. Найкращі результати твердості отримані при зварюванні під кутом 60 град. При виконанні процесу зі швидкістю 40 м/год. твердість швів дорівнює 76 один., а в зоні

сплавлення – 73-74 один. Зміна кута нахилу стиків при зварюванні з горизонтального положення до вертикального знижує рівень міцності з'єднань на ділянках ЗТВ. Як видно з даних табл. 3 при зварюванні проявляється неоднакова реакція металу на дію термічного циклу нагрівання, що суттєво змінює ширину шва. Особливо така тенденція відмічається в з'єднаннях сплаву, отриманих на швидкості 57 м/год. На кривих твердості при цьому має місце найбільше зниження рівня міцності в зварних з'єднаннях.

Порівняльний аналіз показників міцності зразків зварних з'єднань, отриманих на швидкості 23 м/год., показав (рис. 3), що рівень їх міцності змінюється в залежності від кута нахилу зварювальних стиків відносно горизонтальної площини від 280 до 291 МПа. Найвищі значення міцності відмічаються в з'єднаннях, які були отримані при розташуванні стиків під кутами 30 та 60 град. Коефіцієнт міцності таких зразків становить $K_{в.з.з} = 0,91 - 0,96$ від рівня міцності основного металу ($\sigma_{в.з.з} = 305$ МПа).

Для визначенні твердості зварних з'єднань сплаву АМг5М, виконаних на швидкості 23 м/год., доцільно розташувати стики під кутом 60 град. Міцність такого з'єднання дорівнює 291,3 МПа. При інших просторових положеннях стиків (під кутом 0, 30 і 90 град.) рівень міцності з'єднань становить 279,9 – 285,0 МПа (рис. 3). Збільшення швидкості зварювання до 40 м/год. викликає скорочення терміну перебування металу при високій температурі, тобто забезпечуються більш раціональні теплофізичні умови для утворення дріб-

Таблиця 3. Вплив швидкості зварювання у різних просторових положеннях плавким електродом на значення твердості

Швидкість зварювання, м/год.	Кут нахилу стика відносно горизонтальної площини, град.			
	0	30	60	90
23				
40				
57				

нокристалічної структури. Саме такі умови сприяють зростанню на 10–15 % рівня міцності зварних з'єднань без втрати належного рівня їх пластичності. Коефіцієнт міцності зварних з'єднань, отриманих на швидкості 40 м/год., також збільшується на 1,5 – 9 % та складає $K_B^{C.C} = 0,88 - 0,98$ від рівня основного металу. При швидкості зварювання сплаву 57 м/год. спостерігається зворотній процес – зниження рівня міцності з'єднань на 10 – 25 МПа. При цьому коефіцієнт міцності також знижується на 5 – 10 %, що становить 0,84 від міцності основного металу (рис. 3).

Показник пластичності (α) зварних з'єднань сплаву АМг5М, виконаних на швидкості 23 м/год., становить 78 – 113 град. в залежності від просторової орієнтації стиків при їх зварюванні (рис. 4). Його рівень менший в 1,5 – 2,5 рази, ніж у основного металу ($\alpha = 180$ град.). При зварюванні на швидкості 40 м/год. показник пластичності складає 98 – 122 град., а на швидкості 57 м/год. – 82 – 87 (рис. 4).

Згідно з отриманими даними (рис. 3 і 4) швидкість зварювання та значення кута розташування стиків при зварюванні в монтажних умовах неоднозначно впливають на механічні властивості швів, зварених в різних просторових положеннях. Суттєво вони впливають на значення міцності зварних з'єднань сплаву АМг5М. Водночас, рівень показника пластичності залежить від них в меншій ступені (рис. 4).

Дослідження особливостей мікроструктури з'єднань (табл. 4 – 6) показують, що незалежно від величини кута просторового розташування стиків в зварних з'єднаннях спостерігалися утворення характерних структурних зон: шва, зони термічного впливу (ЗТВ). Відомо [1], що в умовах дії термічного циклу зварювання під час кристалізації в алюмінієвих сплавах відбуваються структурні зміни – розпад пересиченого твердого розчину та утворення проміжних (метастабільних) фаз, які в подальшому переходять у рівноважні фази. Крім того, відмічається збільшення (внаслідок коагуляції) розмірів нерозчинних (інтерметалідних) фаз заліза та крем-

нію. Вони неминуче попадають у метал при металургійному виробництві.

В мікроструктурі швів виявляється вплив умов розташування стиків при зварюванні на характер кристалізації металу. Мікроструктура швів утримує дрібну, рівномірно розташовану фазу Mg_5Al_8 , яка утворюється при кристалізації металу шва. Орієнтація стиків при зварюванні в просторі відносно горизонтальної площини визначає розмір структурних складових.

Структура швів хоча і дрібнокристалічна, але з різним станом включень легкоплавких фаз від грубих (в центральній частині шва) до тонких з протяжними прошарками фаз біля лінії сплавлення з основним металом (табл. 4 і 5). Шви мають кристалічну структуру, яка складається із стовпчастих дендритів, спрямованих від зони сплавлення в центральну його частину, та рівновісних кристалів у центрі шва (рис. 3). Їх розміри коливаються від 30 до 70 мкм. Вздовж границі кристалітів спостерігаються витягнуті прошарки фазових включень. Їх ширина залежить від кута нахилу стиків при зварюванні та швидкості його виконання. В умовах зварювання, коли стики сплаву АМг5М розташовані під кутом 60 град. відносно горизонтальної площини, відмічається характерні структурні перетворення, аналогічні попереднім просторовим положенням. Але, водночас, в структурі вздовж кристалітів шва і зерен основного металу спостерігаються більш товсті прошарки виділень вторинних фаз та евтектичних утворень. При вертикальному варіанті зварювання (90 град.) спостерігається укрупнення та збільшення кількості фазових включень.

Найбільш крупні дендрити утворюються в умовах, коли зварювання здійснюють в горизонтальному положенні, найменші – під кутом 30 град. При цьому структура швів майже однорідна та утримує дрібні кристаліти (табл. 4). Фазові утворення мають дисперсні розміри, вони рівномірно розташовані в міжкристалічних прошарках, а їх форма більш округла порівняно зі зварюванням, коли стики розташовані в горизонтальній площині. При виконанні зварювання стиків в інших просторових положеннях спостерігається зростання розмірів фазових включень, що викликає зниження міцності (рис. 3) при одночасному збереженні високого рівня пластичних властивостей (рис. 4).

Зростання швидкості зварювання до 40 м/год. стиків, які знаходяться в просторовому положенні 0 град., тобто у звичному горизонтальному положенні, також утворюється дендритна структура швів після кристалізації. Морфологія розташування кристалітів близька до структури, отриманої при зварюванні з швидкістю 23 м/год. Розміри кристалітів коливаються від 35 до 50 мкм, між ними розташовані тонкі прошарки фазових утворень. Цьому сприяє обмеження терміну перебування металу у відповідних

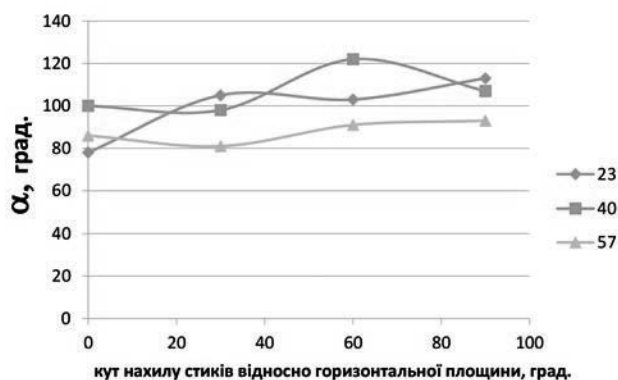
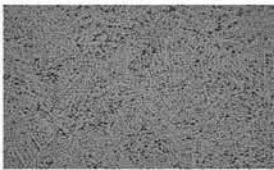
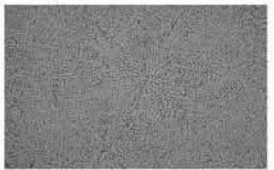
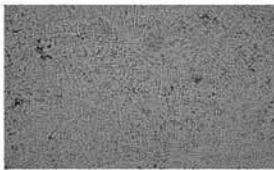
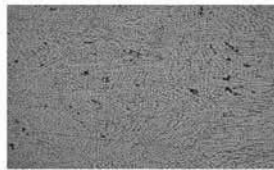
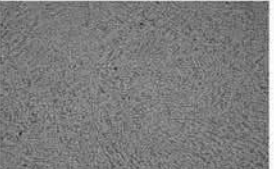
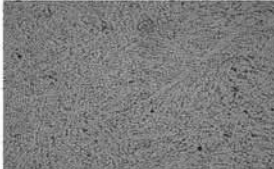
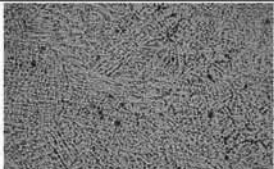
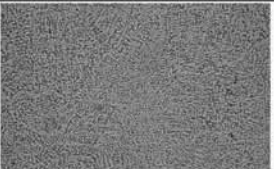
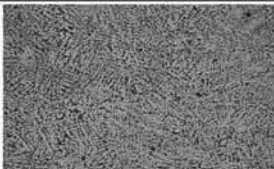
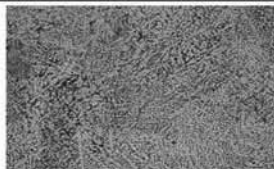


Рис. 4. Характер зміни пластичності (α) міцності зварних з'єднань сплаву АМг5М, отриманих плавким електродом на різних швидкостях (23, 40, 57 м/год.), в залежності від просторових положень стиків відносно горизонтальної площини

Таблиця 4. Залежність мікроструктури швів в зварних з'єднаннях сплаву АМг5М, отриманих плавким електродом при різних швидкостях зварювання: 23, 40, 57 м/год., за умов вільного проплавлення стиків у різних просторових положеннях

	0	30	60	90
23 м/год.				
40 м/год.				
57 м/год.				

температурних інтервалах, що дозволило отримувати однорідну структуру швів з більш пересиченим твердим розчином і підвищеною дисперсністю фазових виділень (табл. 6) та забезпечити високий рівень міцності з'єднань (рис. 3).

Ступінь дисперсності визначається кутом розташування стиків в просторі при зварюванні. Найменші розміри структурних складових спостерігаються у швах, зварювання яких відбувалося під кутом 30 град. відносно горизонтальної площини (табл. 4). Рівень міцності при цьому дорівнює 298,4 МПа. Поряд з цим спостерігається зниження на 10 – 12 % показника пластичності зварних швів порівняно з основним металом (рис. 4). Це може бути зумовлено нерівномірним розподілом в структурі швів фазових включень, утворених легуючими елементами, вздовж міжкристалічного прошарку (табл. 4). Показники пластичності таких з'єднань майже вдвічі нижчі за значення основного металу і складають 98 – 113 град.

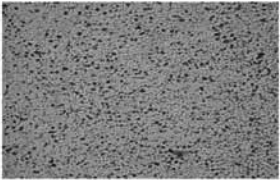
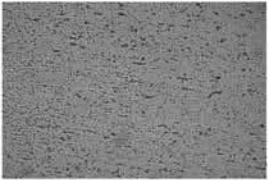
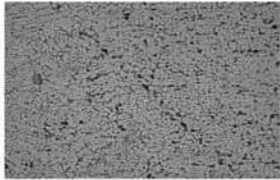
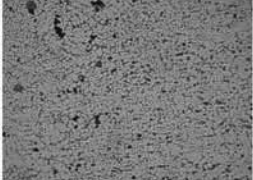
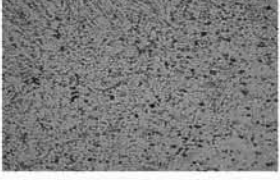
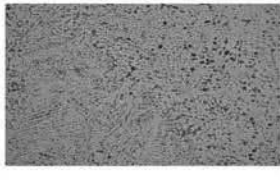
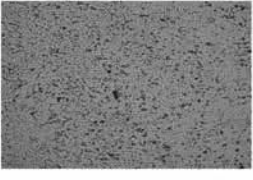
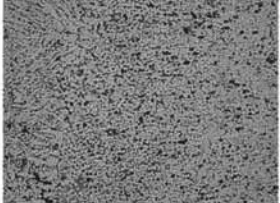
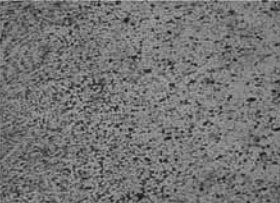
Подальше підвищення швидкості зварювання до 57 м/год., хоча й викликає утворення однорідної структури в усіх зонах зварного з'єднання, але спостерігається збільшення ширини евтектичних прошарків та фазових утворень (рис. 4). Зростання міцності до 285,9 МПа відбувається лише при розташування стиків в горизонтальному положенні (0 град.), що може бути пов'язано з особливостями утворення пересиченого твердого розчину або підвищенням щільності виділень частинок зміцнюючої фази порівняно з іншими варіантами розташування стиків сплаву АМг5М. Це може бути викликано утворенням більшої кількості пересиченого твердого розчину та підвищення щільності

виділень часток зміцнюючої фази під час наступного етапу – розпаду твердого розчину. Водночас, подальша зміна просторового положення стиків викликає зниження рівня міцності на 7 – 8 % при зварюванні під кутом 30 град., 10 – 11 % – при 60 град., та 10 – 11 % – у вертикальній площині (90 град.), досягаючи рівня 257,6 МПа.

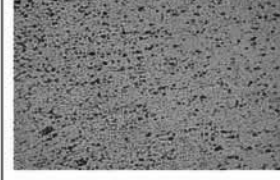
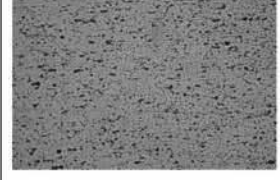
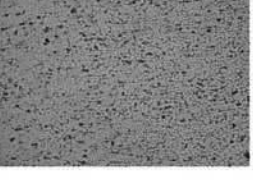
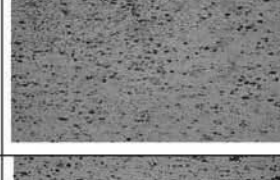
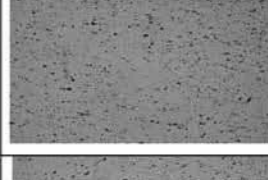
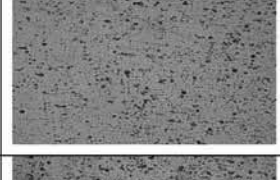
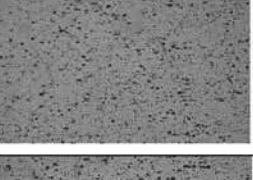
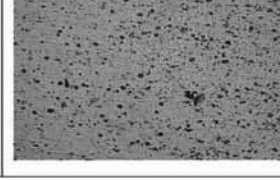
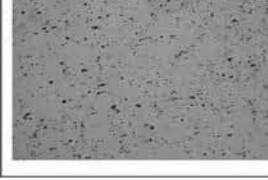
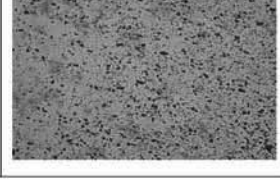
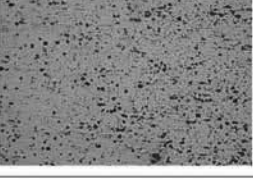
Структура металу з'єднань біля границі сплавлення шва з основним металом (табл. 5), які були отримані в різних просторових положеннях, має характерні особливості: наявність оплавлених ділянок, які відповідно до [8-12], можуть бути збагачені легкоплавкими компонентами. Крім того, в структурі спостерігаються грубі виділення інтерметалідних фаз, що утримують шкідливі домішки заліза та кремнію. При швидкості зварювання 40 м/год. стовпчастих кристалітів у структурі зони сплавлення не спостерігається. Водночас, вона утримує ділянки з субдендритами, які мають майже округлу форму. У з'єднаннях, отриманих на швидкості 57 м/год., відмічається поява ланцюжків вторинних фазових виділень вздовж прошарків, що може вказувати на ймовірність утворення окремих ділянок з неоднорідною структурою, схильною до анізотропії властивостей по перетину металу [11]. При зварюванні на вертикальній площині (90 град.) зерна в зоні сплавлення шва з основним металом зменшуються та стають тоншими за прошарки, де розташовуються частинки вторинної фази.

Збільшення розмірів фазових утворень та ширини евтектичних прошарків, розташованих між зернами основного металу відмічається в структурі ЗТВ при зварюванні на швидкості 23 м/год. Зростання швидкості зварювання до 40 м/год. викликає утворення в

Таблиця 5. Особливості мікроструктури зони сплавлення швів з основним металом за умов вільного проплавлення сплаву АМг5М плавким електродом на різних швидкостях зварювання (23, 40, 57 м/год.) в залежності від кута розташування стиків відносно горизонтальної площини

	0	30	60	90
23 м/год.				
40 м/год.				
57 м/год.				

Таблиця 6. Особливості зміни мікроструктури ЗТВ на відстані 5 мм від границі сплавлення в зварних з'єднаннях сплаву АМг5М, отриманих плавким електродом при різних швидкостях зварювання (23, 40, 57 м/год.) в залежності від кута розташування стиків відносно горизонтальної площини

	0	30	60	90
23 м/год.				
40 м/год.				
57 м/год.				

швах дрібнокристалічної структури. Ширина фазових виділень також стає меншою. Це пов'язано зі зміною характеристик термічної дії циклів ІДЗПЕ (величини тепловкладення). Структурні складові мають збільшені розміри фаз, але вони переважно круглої форми порівняно зі зварюванням на швидкості 23 м/год. Підвищення швидкості до 57 м/год. призводить до збільшення розмірів фазових утворень та ширини міжзеренних евтектичних прошарків поряд з смугастим розташуванням фазових включень, характерним для

основного металу. Особливо зростають розміри інтерметалідних фаз та ширини міжзеренних прошарків.

Таким чином, за результатами досліджень встановлена залежність механічних властивостей з'єднань сплаву АМг5М від просторового положення стиків при зварюванні в монтажних умовах. Отримані закономірності дозволили обґрунтувати технологічні принципи зварювання плавким електродом та розробити методологію забезпечення якості швів і високої міцності зварних конструк-

цій з алюмінієво-магнієвих сплавів. Показано, що рівень міцності з'єднань залежить як від величини кута нахилу стиків при зварюванні, так і від його швидкості. Короткочасне перебування металу при високій температурі при зварюванні на швидкості 40 м/год. підвищує на 10–15 % показники міцності з'єднань без суттєвого зниження їх пластичності порівняно зі швидкістю 23 м/год. При розташовані стиків під кутом 30 град. відносно горизонтальної площини міцність з'єднань додатково зростає на 5–7 %, досягаючи рівня 298,4 МПа, що становить 0,98 від рівня основного металу.

Структура швів, отриманих при різних кутах розташування стиків, відрізняється розмірами і формою кристалітів твердого розчину, а також фазових включень в міжкристалітному просторі на їх границях. Ефект диспергування структурних складових у швах (від 30 до 70 мкм), незалежно від просторового розташування стиків при зварюванні, окрім підвищення рівня міцності з'єднань запобігає їх крихкому руйнуванню. Зона сплавлення шва, отриманого у нижньому положенні (0 град.), характеризується наявністю ділянки з субдendrитами майже округлої форми. При зварюванні на швидкості до 57 м/год. в ЗТВ поряд з смугастим розташуванням інтерметалідних включень, характерним для основного металу, відмічається збільшення розмірів фаз та ширини міжзеренних евтектичних прошарків. При зварюванні на вертикальній площині (90 град.) розміри кристалітів в зоні сплавлення шва з основним металом зменшуються, включення зміцнюючої фази стають тоншими.

Література

1. Жерносеков А.М., Андреев В.В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом. // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–51.
2. Лебедев В.А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки. // Сварочное производство. – 2007. – № 11. – С. 26–30.
3. Лабур Т.М., Жерносеков А.М., Яворская М.Р., Пашуля М.П. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом алюминиевых сплавов с регулируемой формой импульсов. // Сварочное производство. – 2013. – № 11. – С. 3–7.
4. Рабкин Д.М. Металлургия сварки плавлением алюминия и его сплавов. – Киев: Наукова думка, 1986. – 256 с.
5. Ищенко А.Я., Лабур Т.М. Сварка современных конструкций из алюминиевых сплавов. – Киев: Наукова думка, 2013. – 415 с.
6. Рабкин Д.М., Лозовская А.В., Склабинская И.Е. Металловедение сварки алюминия и его сплавов. – Киев: Наукова думка, 1992. – 156 с.
7. Ищенко А.Я. Алюминієві високоміцні сплави для зварювальних конструкцій. У сб.: Прогресивні матеріали та технології. Т.1. – К.: «Академперіодика», 2003. – С. 50–82.
8. Лабур Т.М., Яворська М.Р., Коваль В.А. Формування швів при зварюванні стиків алюмінієвого сплаву АМг5М плавким електродом в монтажних умовах без застосування підкладного формуючого елемента та з ним. // Автоматичне зварювання. – 2021. – № 4. – С. 29–35.
9. Following the Kinetics of Localised Corrosion on AA6111 Using SVET / A.E. Holder, H.N McMurray., G. Williams, G. Scamans // Proceedings of the 12-th International Conference on Aluminium Alloys. – 2010. – P. 1475–1480.
10. Bardel D., Perez M., Nelias D., Deschamps A., Hutchinson C.R., Maisonneuve D., Chaise T., Garnier, Bourlier F. Coupled precipitation and yield strength modelling for non-isothermal treatments of a 6061 aluminium alloy. // Acta Mater. - 2014. - Vol. 62. - P.129.
11. Sekhar A.P., Nandy S., Ray K.K., Das D. Comparative Assessment of Strength Models for AA6063 Alloy. // Materials Science Forum. - 2016. - Vol. 880. - P. 83–89.
12. Sekhar A.P., Nandy S., Ray K.K., Das D. Artificial ageing response of an Al-Mg-Si alloy – A statistical correlation. // Perspectives in Science. – 2016. – Vol. 8. – P. 739–742.

●#2082

Деякі особливості зварних з'єднань мідь-сталь та мідь-нікель, виконаних способом ЗТП*

М.А. Полещук, к.т.н., В.І. Зеленін, к.т.н., Д.Д. Міщенко, І.В. Доценко, В.М. Теплюк, І.М. Попович, Є.В. Зеленін, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

Завдяки унікальним властивостям – високій електропровідності, корозійній стійкості – мідь та сплави на її основі широко використовуються у різних галузях промисловості. Застосування знайшла мідь та її сплави в металургії, де потрібно ефективне та гарантоване, з точки зору надійної роботи вузлів і агрегатів та безпеки, відведення тепла від робочих зон металургійних агрегатів. Мідь та мідні сплави незамінні для піддонів, кристалізаторів, коротких мереж тощо у всіх металургійних процесах (ЕШП, ВДП, ЛП, ЕЛП, ПДП). Тільки з міді та мідних сплавів виготовляються кристалізатори на УПНРС та МНЛЗ. Дуже високі вимоги пред'являються до роботи мідних фурм у доменних та сталеплавильних печах, до роботи біметалічних (мідь-сталь) подових електродів у ДСП постійного струму та ін. Для виготовлення сталевих біметалевих вузлів та конструкцій застосовуються зварювальні технології та матеріали. Останні роки для цих цілей застосовується і зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП), що є зварюванням металів у твердій фазі. Слід зазначити, ЗТП застосовується у різних країнах для зварювання алюмінієвих сплавів та різномірних матеріалів в авіабудуванні, вагоно- та автомобілебудуванні, суднобудуванні тощо.

Мідь належить до обмежено зварюваних металів через такі причини:

- теплопровідність її більш ніж у 6 разів перевищує теплопровідність заліза і становить 335–389 ккал/м.год.град., а коефіцієнт теплового розширення α на – 30–40 % вище за відповідний коефіцієнт для сталі; ці властивості обумовлюють значну напругу та деформацію в процесі зварювання міді та схильність зварних швів до утворення гарячих тріщин взагалі і особливо зі сталлю та нікелем (теплопровідність нікелю на рівні 58 ккал/м.год.град.);
- мідь у рідкому стані активно з'єднується з киснем, через що різко знижуються її пластичні властивості та значно зменшується теплопровідність;
- вплив водню на кисневмісну мідь обумовлює «водневу хворобу» і спричиняє появу дефектів [4–6].

В даний час зварювання міді та її сплавів проводиться переважно електро-дуговим зварюванням неплавким електродом у середовищі інертних газів.

У значно меншому обсязі застосовуються інші способи зварювання: ацетиленокисневе; електродугове вугільним електродом; автоматичне вугільним електродом під флюсом; електродугове плавким металевим електродом та пайка [1–6].

Ще складніше зварювати мідь і її сплави зі сталлю, яка, як правило, є частиною конструкції, що несе основні навантаження. У цих випадках зварне з'єднання надійно працює при невеликому проплавленні сталі і, отже, при малому вмісті заліза в металі шва.

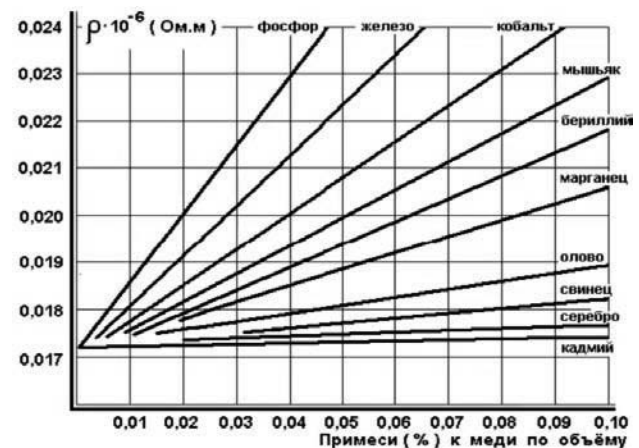
Це досягається шляхом відповідного регулювання нагріву та плавлення сталі та міді: тепло дуги концентрується на міді, а сталь розігрівається та оплавляється завдяки теплу з ванни розплавленої міді.

Кожен спосіб зварювання має свої специфічні особливості, що впливають на структуру металу, що зварюється, і його чистоту.

Залежно від вмісту в міді будь-якого з наведених на мал. 1 елементів визначається зміна теплопровідності отриманого сплаву, що має велике значення на практиці. На мал. 1 наведена діаграма впливу домішок на електропровідність міді.

У ГОСТ 859-51 на мідь, що застосовується для охолодження конструкцій, допускається вміст кисню не більше 0,02%, в інших марках міді до 0,1 – 0,2 %.

При охолодженні через мідь або з'єднання металів мідь-сталь транспортується значна кількість



Мал. 1. Вплив домішок на електропровідність міді [3]

* УДК 621.702.5

© М.А. Полещук, В.І. Зеленін, Д.Д. Міщенко, І.В. Доценко, В.М. Теплюк, І.М. Попович, Є.В. Зеленін, 2022

тепла. Природно, що з'єднання цих металів прагнуть виконувати таким чином, щоб тепловий, а значить і електричний опір був найменшим.

В даний час для з'єднання біметалів часто застосовують електродугове зварювання плавленням у середовищі інертного газу [4]. При цьому способі зварювання з обох боків від шва неодмінно утворюються тверді розчини міді в залізі і заліза в міді, вони властиві будь-якому способу зварювання. Чим вище погонна енергія зварювання плавленням, тим ширше межа шва.

Тверді металеві розчини, такі як розчин заліза в міді, менш тепло- та електропровідні, ніж чиста мідь. Отже, ширина хімічної межі зварного шва різномірних металів, безсумнівно, робить істотний внесок в електро- і теплопровідність переходу межі мідь-сталь. Аналогічна картина спостерігається для пари мідь-нікель.

У цій роботі використовували спосіб зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) [7, 8] для отримання з'єднань з меншим тепловим опором, оскільки при цьому способі зварювання використовується досить низька погонна енергія. У цьому випадку для нагрівання металевих деталей, що з'єднуються, використовують не електричну, а механічну енергію.

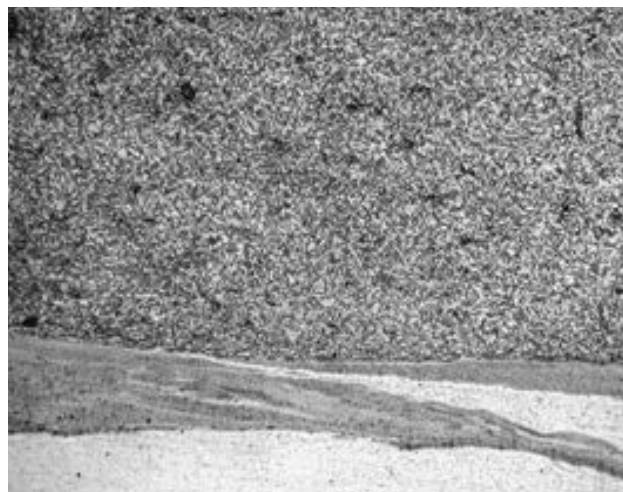
У стик двох деталей, що зварюються, вводять спеціальний інструмент. Обертаючись з великою швидкістю і просуваючись вздовж стику, цей інструмент нагріває деталі, які зварюються, в місцях їх дотику (мал. 2).

На мал. 2 показаний процес зварювання міді тертям з перемішуванням на фрезерному верстаті з використанням інструменту ВК 10КС.

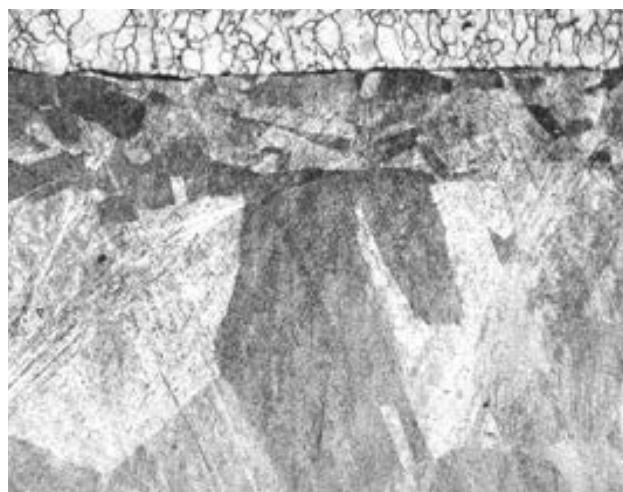
На мал. 3, 4, як приклад, наведено межі структури металевих сполук Cu-сталь, Cu-Ni, отримані зварюванням тертям з перемішуванням. Зварювання зразків виготовляли на фрезер-



Мал. 2. Процес зварювання міді тертям з перемішуванням на фрезерному верстаті з використанням інструменту ВК 10КС



Мал. 3. Мікроструктура зварного з'єднання, отриманого при ЗТП Cu/сталь (пін-інструмент з боку міді), відношення шарів міді до сталі – 7/8 мм, загальний вигляд зварного з'єднання (x 25)



Мал. 4. Мікроструктура зварного з'єднання отриманого при ЗТП Ni/Cu (пін-інструмент з боку нікелю), відношення шарів нікелю до міді – 4/23 мм

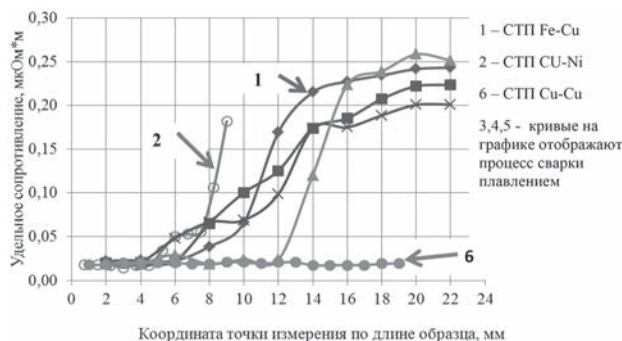
ному верстаті. Як зварювальний електрод (пін-інструмент) використовували розроблений в ІЕЗ ім. Є.О. Патона твердосплавний електрод, виготовлений зі сплаву ВК10К. Швидкість обертання інструменту дорівнювала 600-800 об/хв.

Оскільки зварне з'єднання в даному випадку перегрівається мінімальною мірою, то, природно, зменшуються дифузійні процеси, і тому товщина межі зварного шва мінімальна, що і потрібно для ефективної енергопередачі вздовж біметалічної стінки з'єднання.

Розмір ширини шва при ЗТП відмінно регулюється розміром інструменту. Таким чином, змінюючи глибину занурення піна інструменту в шов, ми можемо регулювати та визначати його розміри.

Щоб отримати співвідношення розмірів хімічної межі зварних швів, отриманих різними способами зварювання, ми вимірювали електроопір цих швів.

Вимірювання виконувалися простим методом «амперметра-вольтметра», але в диференційно-



Мал. 5. Результати вимірювання електропровідності за різних способів зварювання

ваному варіанті. Відмінність його від звичайного полягає в тому, що електроопір металевих зразка вимірюється не в цілому, а невеликими ділянками. Розміри зразка зварної сполуки ролі не грали. Ступінь локальності вимірів становила 2,3 мм, а крок переміщення потенціометричної вилки – 2,0 мм. Щоб виключити нагрівання зразка Джоулевым теплом в момент вимірювання електроопору, подачу струму на зразок виконували в імпульсному режимі [7]. Результати виміру представлені на мал. 5.

На мал. 5 криві 1, 2, 6 належать зварному з'єднанню, отриманому за способом ЗТП, а криві 3, 4, 5 – отримані іншими різними способами зварювання плавленням. Із мал. 5 можна побачити, що ширина зони зварного шва сталь-мідь, отриманого зварюванням тертям з перемішуванням, не перевищує 6 мм. Ширина зони зварних швів, отриманих за різних способів зварювання плавленням (криві 3, 4, 5) досягають 14–16 мм.

Із мал. 5 видно, що ширина хімічної зони зварювання ЗТП значно менша за ширину хімічної зони зварювання плавленням. На мал. 5 показано, що наявність заліза у міді різко знижує електропровідність. Відомий зв'язок електроопору та теплопровідності в металах. Із закону Відемана та Франца відомо, що в металевих провідниках чим нижчий їхній електроопір або чим вища електропровідність, тим вища їхня теплопровідність. У нашому випадку, коли зварювання з тонким хімічним кордоном, виконане способом ЗТП, матиме більшу теплопровідність, ніж шви з широким кордоном.

При дослідженні теплопровідності через з'єднання мідь-мідь у шві особливих змін теплопровідності не спостерігалися (мал. 5, поз. 6).

Таким чином, на наш погляд, при виготовленні конструкцій слід рекомендувати спосіб зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП), з метою економії витрат за подальшої експлуатації конструкцій.

Так, наприклад, при виготовленні подових електродів слід використовувати, на наш погляд, спосіб зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП). У цьому випадку крім тонкого хімічного кордону між

міддю і сталлю створюється велика площа розділу, за якою здійснюється передача енергії. І те, й інше призводить до зростання теплопровідності зварного з'єднання.

Виходячи з наведеного вище, можна зробити наступний висновок:

Застосування методу ЗТП для зварювання виробів із міді і сплавів із міді-сталі може принести значну економію коштів у виробництві.

Література

1. Думчевський Д.А. Електричне та ацетиленове зварювання у залізничних майстернях. // Жур. науково-технічного комітету НКПС. – 1923. – № 4.
2. Зварювання та наплавлення міді та сплавів на її основі. Міжнародна асоціація «Зварювання». – Київ, 2013.
3. Фомін Н.Є., Івлєв В.І., Юдін В.А. Вплив домішок на електроопір міді та алюмінію. // Вісник мордівського університету. – 2014. – № 1-2. – С. 50-57.
4. Підгаєцький В.В. Зварювання під флюсом міді та її сплавів металевим електродом. Міжнародна асоціація «Зварювання». – Київ, 2013.
5. Брауд Ц.С. Аргонодугове зварювання міді. // Автоматичне зварювання. – 1953. – № 5.
6. Підгаєцький В.В. Зварювання під флюсом міді та її сплавів металевим електродом. // Автоматичне зварювання. – 1953. – № 5.
7. Лакомський В.І., Богаченко О.Г., Міщенко Д.С., Галинич В.І., Зеленін В.І., Кавуненко П.М., Лютий О.П., Козаков С.С. Зварні з'єднання міді зі сталлю в подовому електроді дугової електросталеплавильної печі постійного струму. // Електрометалургія. – 2013. – № 4. – С. 7–9.

●#2083

Підвищення довговічності графітових електродів шляхом нанесення захисного покриття

Г.М. Русев, НВП «Плазматех», Р.А. Кідун, Г.М. Лаптева, к.т.н.,
О.Г. Биковський, д.т.н., НУ «Запорізька політехніка» (Запоріжжя)

У сучасних дугових сталеплавильних печах (ДСП), а також в рудотермічних печах (РТП) для виготовлення електрокорунду використовують графітові електроди різних марок в залежності від матеріалу сировини. Основною їх перевагою є менший питомий опір, що дозволяє застосовувати електроди меншого діаметра в порівнянні з вугільними та самоспеченими, це полегшує конструкцію стійок, кареток електродотримачів і зменшує електричні втрати в електродах.

При цьому використовують як суцільні, так і трубчасті електроди, які працюють в зоні від струмомопівводу до колосника в інтервалі температур від 500 °С до 2000 °С, та від 2000 °С до ≈ 4000 °С в просторі печі [1].

В процесі експлуатації можливі механічні (обвал шихти) та термічні (перевищення струмових навантажень) руйнування. Більш суттєвим є бічне зношування, обумовлене окисленням поверхні електроду при високій температурі, яке становить 55-75 % для звичайних ДСП та 40 % для надпотужних [2]. Це пов'язано не тільки з окисленням вуглецю, а й з втратою зв'язуючого компонента, внаслідок чого радіус пор і їх кількість (пористість) елек-

троду обумовлена специфікою отримання виробу), при нагріванні збільшується, що призводить до втрати маси з бічної поверхні, тому що в першу чергу до окислення більш схильний кам'яновугільний пек, як зв'язуючий компонент (рис. 1) [3].

Тому для запобігання окислювальних процесів треба наносити на бічну поверхню захисне покриття, яке перешкоджатиме взаємодії кисню з графітом шляхом закупорювання пор і проникненню кисню в глиб електроду.

Основними вимогами, що пред'являється до покриття на графіті є: висока адгезія, електропровідність і стійкість до окислення, низька пористість, відносно низька вартість і технологія нанесення.

Оптимальним способом нанесення захисного покриття є плазмове напылення струмоведучим дротом марки АК-5 [4]. Використання алюмінію у захисному покритті обумовлено утворенням оксидів, які мають високу температуру плавлення ≈ 2050 °С і температуру дисоціації ≈ 3500 °С. Останній показник наближений до температури випаровування графіту ≈ 3400 °С. Важливою властивістю оксиду алюмінію Al_2O_3 є висока щільність оксидної плівки і корозійна стійкість аж до температури сублімації графіту. Додавка кремнію знижує поверхневий натяг і в'язкість в алюмінієвому сплаві, що сприяє його розтіканню при нанесенні на поверхню графіту.

Для оцінки розподілу температури в проміжку від електродотримача до колосника та її впливу на захисне покриття був проведений розрахунок в пакеті програмного забезпечення ANSYS WORKBENCH. Воно відноситься до програм типу CAE (Computer-aided engineering), яке дозволяє проводити інженерні розрахунки за допомогою методу кінцевих елементів.

Оскільки основним джерелом нагрівання електроду є джоулеве тепло, то для аналізу було обрано два розрахункові модулі: Electric та Transient Thermal.

При певних граничних умовах для електроду діаметром 300 мм і довжиною 1 200 мм при силі струму 2000 А протягом 1 год. температура електроду біля електродотримача становить 541 °С, а на торці сягає

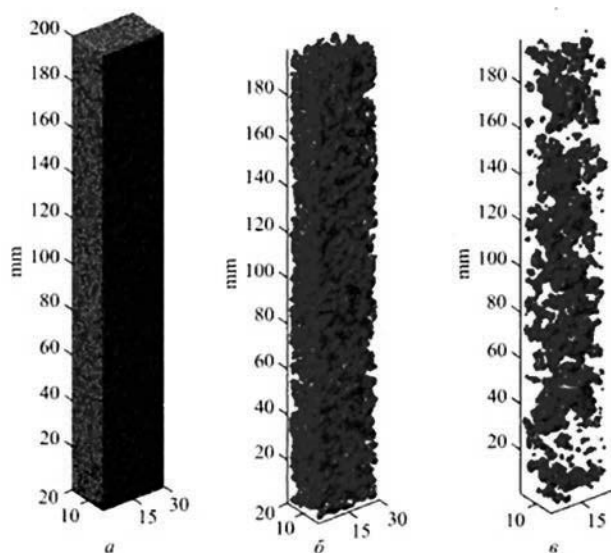


Рис. 1. Окислення зразку графіту марки ГМЗ при температурі 560 °С та концентрації кисню 10 %: а – початкові умови; б – через 20 діб; в – через 30 діб

4000 °С. Ці дані приводять до висновку, що захисне покриття потрібне на всій довжині електроду.

Для дослідження поведінки захисного покриття на графітову пластину марки ЕГ товщиною 7 мм, шириною 18 мм, довжиною 150 мм було нанесено плазмове покриття марки АК-5 товщиною 0,4 мм з одного боку. Цю пластину використовували як зварювальний електрод, на постійному струмі прямої полярності при $I_{зв} = 450-500$ А, $U_d = 38-40$ В протягом 5 с.

Теоретичний розрахунок розподілу температурних полів показав наближені до наведених в роботі [1] результати (рис. 2).

Після зварювання пластина з обох сторін набула наступний вигляд (рис. 3).

В зоні 1 (рис. 3) спостерігається вигорання на ділянці 4-6 мм, у той час як з зворотного боку (зона 4-5) окислення розповсюджується на довжину 18 мм. Зона 2 характеризується наявністю фази $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ – високотемпературного оксиду алюмінію з температурою переходу – 1400 °С. В перехідній зоні 2-3 спостерігається перетворення $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (1200 ° – 500 °С). В зоні 2-3 має місце перехід $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}$. Зона 4 схожа із зоною 1, в зоні 5 спостерігається більш відкрита пористість порівняно з зоною 6, в якій температура не досягла критичних значень для графітового електроду.

З'єднання напиленого шару покриття залежить від температури нагріву електроду (рис. 4).

На самому торці електроду (1) покриття відсутнє, в той час як в зоні 1-2 по мірі віддалення від місця теплового вкладення покриття залишається, але міцність його зчеплення з графітом слабшає (зона 1-2). Дане явище обумовлене різними кое-

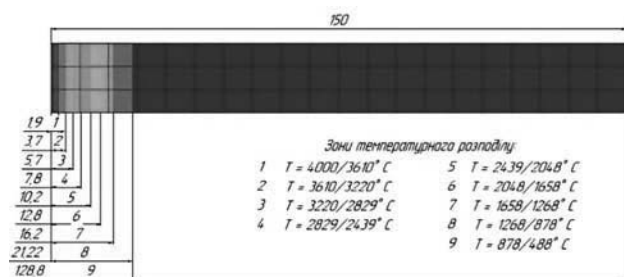


Рис. 2. Розподіл температур на графітовій пластині

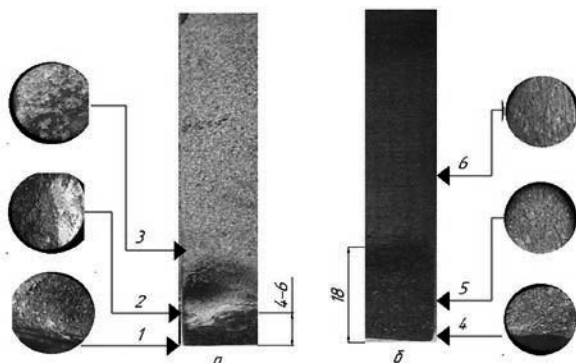


Рис. 3. Зовнішній вигляд графітової пластины після зварювання: а – з боку покриття; б – із зворотного боку

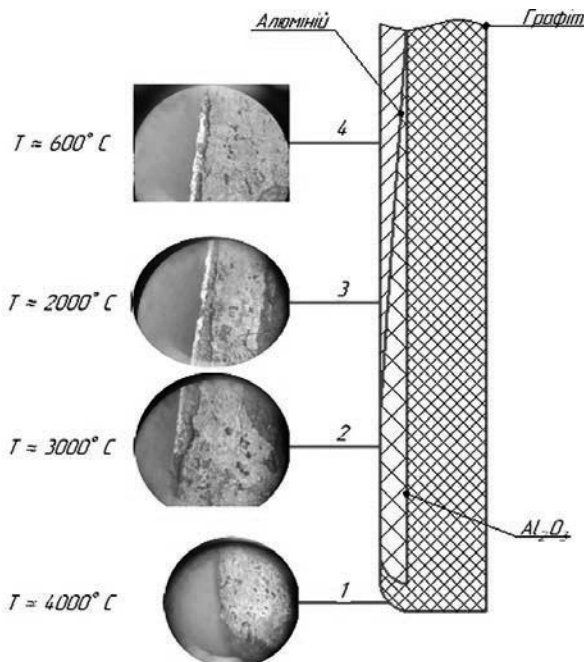


Рис. 4. Структура зони з'єднання покриття – графіт, x50
фіцієнтами лінійного теплового розширення. Так у графіта та оксиду алюмінію вони дорівнюють $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а у чистого алюмінію $22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, внаслідок чого при нагріванні електроду покриття збільшилося в розмірі і відшарувалося. При структурному переході з алюмінію в Al_2O_3 (зона 3-4, рис. 4), щільність збільшується.

В температурному інтервалі від 2050 ° до 3500 °С спостерігається просочення рідкого розплаву Al_2O_3 в графіт. Кращому просоченню сприяє збільшення середнього радіусу пори та загальної пористості. Відбувається підвищення шорсткості поверхні графіту, що сприяє розтіканню краплі оксиду алюмінію, як по поверхні (1), так і вглиб (2) (рис. 5). Так при шорсткості поверхні 8 Rz крайовий кут змочування складає 134°, а при збільшенні цього показника до 13,5 Rz крайовий кут зменшився до 114°.

Завдяки капілярному просочуванню збільшується площа взаємодії розплаву покриття з графітом і міцність зчеплення (рис. 5).

Для нанесення захисного покриття використо-

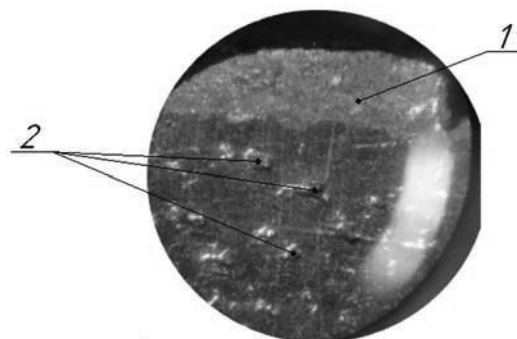


Рис. 5. Капілярне просочування графіту при плазмовому напиленні дротом АК-5, x50

увався метод плазмового напилення струмоведучим дротом. Даний спосіб являється оптимальним серед газотермічних способів формування покриттів. До переваг слід віднести більший К.К.Д., кращу міцність зчеплення та економічність. Напилення проводилось за наступними параметрами: $I_n - 170 \text{ A}$; $U_d - 65 \text{ В}$; $d_e - 1,2 \text{ мм}$; $Q_{\text{дг}} - 30 \text{ л/хв}$; $Q_{\text{повітря}} - 16,5 \text{ м}^3/\text{год.}$; $a - 100 \text{ мм}$, де a – відстань від електроду до поверхні, що напилюється; кількість нанесених шарів – 3.

Після нанесення кожного шару виконувалася пошарова зачистка металевою швидко обертовою щіткою поверхні напиленого шару для збільшення когезійної міцності [4].

Згідно [4] на Запорізькому абразивному комбінаті були напилені циліндричні графітові електроди діаметром 300 мм руднотермічної печі, в результаті чого термін їхньої експлуатації підвищився в 4–5 разів.

Згідно з наведеним вище можна зробити наступний висновок.

При капілярному просочуванні збільшується площа взаємодії захисного покриття з графітом, а в умовах експлуатації внаслідок нагрівання збіль-

шується пористість графіту, це сприяє подальшому розтіканню розплаву захисного покриття і перешкоджає окисленню графіту.

Література

1. Храпко С.А., Корзун Е.Л., Костецкий Ю.В. Производство стали в ДСП: конспект лекций. – Донецк: Донецкий Национальный Технический Университет, 2011. – 136 с.
2. Бажин В.Ю., Мартынов С.А. Управление тепловыми и электрохимическими процессами в дуговых печах. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5. – С. 34-37.
3. Одейчук А.Н., Комир А.И. Моделирование окисления графита в среде кислорода при температурах 400-800 °С. // Физика твердого конденсированного тела. – 2015. – Т.12. – № 2. – С. 532-542.
4. Патент № 2193294 С1 РФ, МПК H05B 7/085, C23C 4/06. Графитированный электрод с защитным покрытием. / Русев Г.М., Киселев С.М., Овсяников В.В., Галюк Н.Ф. / – № 2001129111/06: заявл. 30.10.2001; опубл. 20.11.2002.

●#2084

Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій

Підручник. О.Г. Биковський

Вашій увазі пропонується новий підручник д.т.н., проф. кафедри ОТЗВ НУ «Запорізька Політехніка» Биковського О.Г.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України (наказ МОН України від 26.05.2020 р. № 697).

У підручнику висвітлено технологію зварювання і термічного різання, розглянуто сучасне вітчизняне й імпортерне обладнання для цих видів обробки.

Наведені в підручнику відомості з суміжних галузей знань (матеріалознавство, електротехніка, фізика тощо) сприятимуть кращому розумінню суті процесів, що відбуваються в оброблюваних матеріалах, при їх нагріванні і стисканні, визначенню оптимальних параметрів режиму та технічних прийомів зварювання й термічного різання.

Автором зібрано і систематизовано інформацію про сучасні найбільш поширені способи зварювання і різання деталей та вузлів із різноманітних металів і надано рекомендації щодо техніки і технології їх виготовлення.

●#2085



О. Г. БИКОВСЬКИЙ

ЗВАРЮВАННЯ, РІЗАННЯ Й КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

ПІДРУЧНИК

Газокислородная горелка низкого давления ГЗУ-НД мощностью 55 кВт

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, ООО «НИИПТмаш – Опытный завод» (Краматорск)

На участке гибки толстостенных труб в ОАО «Днепропетросталь» давление природного газа в цеховой магистрали не превышает 0,01 МПа. С помощью существующих газокислородных горелок, рассчитанных на давление природного газа до 0,1 МПа, нагрев труб в месте гибки происходил долго, причем использовались одновременно две или три горелки. Повысить давление природного газа в цеховой магистрали по ряду причин не представлялось возможным и руководство ОАО «Днепропетросталь» предложило сотрудникам ООО «НИИПТмаш – Опытный завод» разработать и внедрить на заводе газокислородную горелку мощностью до 55 кВт, рассчитанную на давление природного газа до 0,01 МПа.

При проектировании горелки использовался ствол резака РЗ-ФЛЦ, обеспечивающий высокую степень инжекции и минимальное сопротивление потоку природного газа. Было увеличено поперечное сечение газо-подводящих трубок и каналов в головке наконечника. Выходной канал для горючей смеси был выполнен в виде кольцевой щели, исключаяющей охлаждающее действие на нагреваемую заготовку ядра пламени и малочувствительной к загрязнениям продуктами горения и окалиной.

Внедрение газокислородной горелки низкого давления ГЗУ-НД на участке гибки толстостенных труб в ОАО «Днепропетросталь» сократило время

нагрева в 2,5 раза и снизило трудоемкость операции нагрева труб в месте гибки в 2 раза.

Чертеж горелки ГЗУ-НД представлен на рис. 1. Она состоит из трех узлов: наконечника 1, ствола 2 и ниппельного соединения 3.

Технические характеристики газокислородной горелки низкого давления ГЗУ-НД представлены в табл. 1.

Чертеж наконечника горелки показан на рис. 2. Он состоит из головки в сборе 1, трубки для подвода горючей смеси 4 и смесительной камеры 2 с накидной гайкой 3 и уплотнительным кольцом 5.

Накидная гайка 3 предназначена для крепления наконечника к стволу горелки. Смесительная камера 2 входит в состав наконечника, а инжектор – ствола. Такая схема обеспечивает минимальное сопротивление потоку горючего газа, что важно при использо-

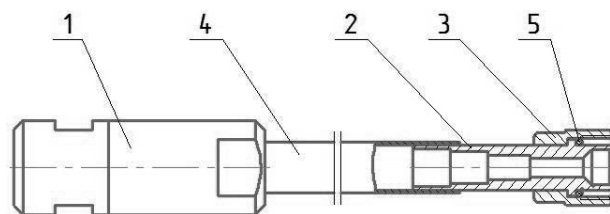


Рис. 2. Наконечник горелки ГЗУ-НД

вании природного газа низкого давления.

Головка в сборе (рис. 3) является основным узлом горелки. Она состоит из корпуса 3, в который соосно вкручены по резьбе мундштуки - внутренний 1 и наружный 2.

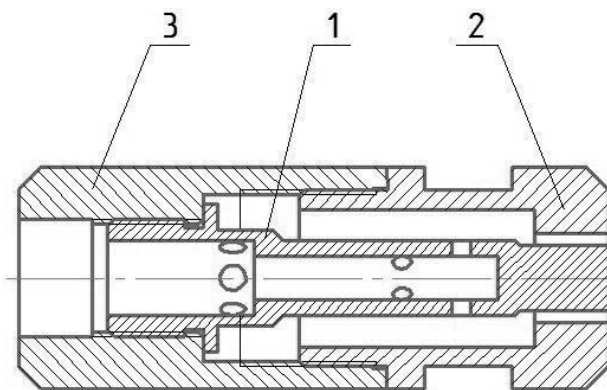


Рис. 3. Головка горелки ГЗУ-НД в сборе

Горючая смесь поступает в глухое осевое отверстие внутреннего мундштука, затем через три ряда радиальных отверстий направляется в кольцевую камеру между внутренним и наружным мундшту-

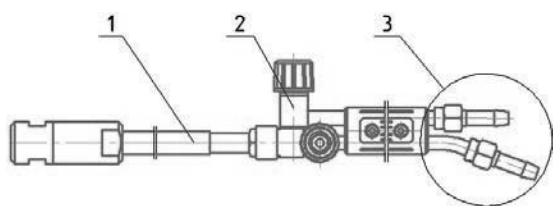


Рис. 1. Горелка низкого давления ГЗУ-НД

Таблица 1. Технические характеристики горелки ГЗУ-НД

Параметры		Величина
Расход, м³/ч	кислорода	5,0 – 8,0
	природного газа	3,33 – 5,33
Давление на входе в горелку, МПа	кислорода	0,2 – 0,4
	природного газа	0,008 – 0,01
Резьба на штуцерах	кислорода	M16x1,5
	природного газа	M16x1,5 LH
Длина, мм		850
Масса, кг		1,1

A long, thin, stainless steel probe with a 90-degree bend at the tip and a control knob at the handle.



●#2086

Способ многопроходной сварки металла большой толщины (опыт Уралмашзавода)

В.И. Панов, УрФУ им. Б.Н. Ельцина (Екатеринбург)

Приведены данные по применению сварки поперечной горкой (СПГ) и результаты модернизации этого способа многопроходной сварки на Уралмашзаводе. Такая работа связана с тем, что СПГ не в полной мере отвечает положенным требованиям (по сравнению с валиками на проход, некоторые теплофизические величины разные). Настоящий материал не является справочным, отвечающим на конкретные вопросы. Инженерные решения известны для конструкций простой формы. Концептуальная модель сварки металла большой толщины зависит от конструктивных форм свариваемого изделия. Одной из наиболее сложных задач механики является определение напряженно-деформированного состояния (НДС) свариваемой конструкции при различных видах нагружения. Разработка концептуальных моделей носит сложный характер, решение которых лежит на стыке наук (осесимметричная задача термоупругости и пр.), но зато позволяет снизить риск выполнения сварочных и восстановительных работ.

Сварка металла большой толщины всегда вызывала повышенный интерес, прежде всего, с точки зрения формирования напряженно-деформированного состояния (НДС), способами и приемами управления этим процессом. Одним из таковых является температура нагрева сварного образца. Для источников теплоты, действующих в реальных условиях, распределение введенной и аккумулированной теплоты является очень сложным процессом.

Сварка металла большой толщины (по нашим понятиям, это – односторонняя сварка металла толщиной 40 мм и более) считается особым случаем [1]. Способы ручной дуговой сварки металла большой толщины описаны практически в каждом сварочном учебнике – сварка блоками и пр. Согласно исследованиям А.В. Коновалова [2] рекомендуется при многопроходной сварке делать разрыв в 30 мин перед нанесением очередного валика в зависимости от способа заполнения односторонней разделки большой толщины («каскад», «горка» и пр.).

Для проверки данных Коновалова на Уралмашзаводе провели следующий эксперимент. В сосуд большого объема наливали жидкообразный водород и помещали в сосуд сварной образец 100x100x40 мм с прикрепленным прибором, фиксирующем акты акустической эмиссии. Из образцов, наплавленных ис-

следуемым способом многопроходной сварки, прекращение актов акустической эмиссии (свидетельствующее о завершении формирования напряженно-деформированного состояния) и прекращение выделения водорода из металла сварного соединения происходило через 24 часа.

На Уралмашзаводе широкое распространение получила сварка разделок большой толщины под названием «сварка поперечной горкой» (СПГ) (авторское свидетельство № 202383, выданное на имя Сергея Евгеньевича Синадского, ЦНИИТМАШ). При этом способе выполнение многопроходного шва производят слоями в направлении снизу – вверх, начиная с корня шва или подкладной пластины до верхней кромки фаски разделки поперек разделки, т.е. осуществляется импульсная подача тепла. Для многопроходной сварки характерны автоподогрев ЗТВ и автотермообработка, влияющие на структуру и рост зерна. Как результат воздействия таких факторов, происходит частичный распад мартенситной структуры. Одним из достоинств СПГ является наличие автотермообработки металла сварного соединения: металла шва и зоны термического влияния (ЗТВ) и автоподогрева их [3, 4] до более высоких температур. К недостаткам (относительным!) этого способа сварки следует отнести высокую температуру участка перегрева зоны термического влияния (исследования частично проведены в отделе Б.С. Касаткина, ИЭС им. Е.О. Патона).

Произведено сравнение тепловых полей при сварке валиками на проход (сварка блоками) и СПГ. В качестве источника нагрева принята электрическая дуга (сварочного материала), постоянная мощность которой неизменна.

Как известно, метод расчета температурных полей при сварке и родственных технологиях, разработан Н.Н. Рыкалиным, который позволяет производить примерный расчет, если выдерживается постоянная мощность источника тепла [5–7]. Расчет сводится к тому, что в инженерной практике в качестве расчетных схем приняты неограниченных размеров стержень, пластина, плоский слой или массивные (полубесконечные) тела на поверхности которых действует источник теплоты. Считается, что такие схемы хорошо описывают процессы нагрева и охлаждения вне области воздействия электрической дуги, в частности, в [8], где приведено 3 случая сварки:

- сварка очень тонкого металла за один проход (расчетная схема – пластина);
- сварка металла средней толщины за несколько проходов (плоский слой);
- сварка массивных изделий.

Эта же работа посвящена построению температурных полей при сварке листов толщиной до 32 мм. Для сравнения отметим, что в классической термообработке имеем дела с шаром, цилиндром (трубой) и параллелепипедом (пластиной неограниченной толщины) [8].

В твердом теле тепло передается тремя способами [9, 10]:

- теплопроводностью (кондукцией);
- конвекцией (перемешиванием), при этом способе обмен теплом осуществляется движением окружающей среды;
- излучением (радиацией, т.е. электромагнитными колебаниями).

Теория тепловых процессов, разработанная Н.Н. Рыкалиным, предполагает, что при сварке вводимое тепло распространяется за счет теплопроводности. Конвекцией и испарением можно пренебречь.

Будем считать, что теплофизические процессы при электрической сварке (сварка валиками вдоль разделки) металла большой толщины не отличаются от классических, принятых в теплофизике (шар, цилиндр, параллелепипед).

На Уралмашзаводе изучались тепловые процессы при сварке металла большой толщины, которую можно выполнять вдоль и поперек разделки (СПГ).

Отметим, какие общие черты они имеют и в чем отличаются.

В общем виде тепловая мощность Q теплового источника q является сложной функцией и имеет вид:

$$Q = q(x, y, z, t),$$

где: x, y, z – текущие координаты нагреваемого тела; t – время действия источника теплоты.

Близки и некоторые теплофизические свойства свариваемых металлов, входящих в состав металлической конструкции. Общим свойством является и то, что температура «затухает» по толщине изделия. Действуют непрерывные источники теплоты, поэтому условно считаем, что тепловые мощности почти одинаковые.

Во всех известных случаях источник теплоты рассматривается как поверхностный (в частности, при сварке «каскадом», «горкой» и т.д.), при СПГ сварка выполняется погруженной дугой. Распространение тепла существенно зависит от геометрии изделия, разные формы угла наклона фасок разделки, приводят к тому, что теплоотдача (теплопередача) сварного соединения становится разной (разными становятся и коэффициенты теплоотдачи), а это уже делает различной и стационарную теплопроводность.

Установлено, в частности, что при СПГ (за счет сварки электрической дугой, погруженной в ванну расплавленного металла) имеют место:

- высокая степень отражения тепловых потоков от отражающих плоскостей;
- стержень сварочного присадочного материала нагревается выше, чем при сварке валиками на проход, за счет отражения тепла расплавленной ванны наплавленного металла (по сравнению с валиками на проход не менее 100–130 °С и выше);
- в случае механизированной сварки диаметр сплошной проволоки принимается не больше 1,6 мм (иначе в металле шва образуется обильно развитая пористость);
- изучение формирования НДС по полосам текучести показали, что они имеют место только при сварке корня шва или только в начале сварки.

Действие СПГ на наплаваемый и основной металл, их температурные и силовые поля сопровождается комплексом взаимосвязанных физических и химических процессов, протекающих в различных элементах технологической системы и изменяющихся в пространстве и во времени. Так, эффективный КПД электрической дуги при СПГ составляет 90–92 (сварка валиками составляет 0,7–0,8 [10, 11]). Пятно нагрева, естественно, также выше, чем при сварке вдоль разделки.

В составлении расчетной схемы теплового воздействия от движущего источника поперек разделки (СПГ) принял участие к.т.н. В.И. Сагалов (УПИ им. С.М. Кирова). Он предложил учитывать ограниченность размеров образца (сварного соединения) по длине, ширине и высоте свариваемого тела соответствующими интегралами вероятности в зависимости от размеров сварного соединения.

Исходя из сказанного выше, предложены в качестве развития СПГ:

- секторная сварка (сварка разделки металла большой толщины производится как СПГ, только разделка по ширине разбивается на равные 3 части);
- разделка разбивается на участки равной длины, и электросварщик выполняет СПГ в направлении от границ участка к его середине (составлено уравнение регрессии НДС в зависимости от толщины и сварочного тока, а полосы скольжения появляются лишь в местах начала сварки).

С точки зрения распространения тепла в сварных конструкциях сложной формы при СПГ следует принять, что свариваемое тело является бесконечным или полубесконечным.

Изучение полос текучести на полированной поверхности образца в металле корня шва при различных способах многопроходной сварки, изучение влияния способа сварки металла большой толщины на выделение водорода с привлечением эффекта акустической эмиссии и пр. позволили разработать принципиальные новые металлургические, технологические предложения.

По целому ряду причин в конструкциях различного оборудования была применена разделка «в замок», имеющая концентратор напряжения (зазор между за-

готовками) в корне шва. Проблема предупреждения образования трещин была решена за счет совершенствования способа многопроходной сварки “поперечной горкой” и разработки оптимальной технологии. Проведенные исследования позволили разработать новое направление – сварка конструкций высокопрочных сталей ($\sigma_b > 650$ МПа) без предварительного подогрева и термической обработки.

Проведенные исследования позволили решить часть вопросов СПГ. В качестве дальнейших рекомендаций можно предложить следующее. Необходимо найти, используя электрическую дугу:

- изучить процесс теплообмена между дугой и кромками при этом способе сварки;
- установить степень влияния погружения дуги в ванну расплавленного металла на теплофизические свойства;
- выяснить разницу между полубесконечным и бесконечными телами с точки зрения коэффициентов теплоотдачи ($\text{МВт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$).

Напрашивается в перспективе вопрос о проведение аналогичных исследований, только в качестве источника теплоты будут задействованы плазменная дуга, электронный и лазерный лучи и пр.

Литература

1. Макаров Э.Л., Якушин Б.Ф. Теория свариваемости. учеб. пос. / под ред. Э.Л. Макарова / – М.: Изд-во МВТУ, 2014. – 472 с.
2. Коновалов А.В. Разработка элементов теории и технологических путей обеспечения свариваемости

низколегированных сталей при многослойной сварке с использованием компьютерного моделирования. / Автореф. на соискание учен. степ. докт. техн. наук. / – М.: 2005. – 36 с.

3. Синадский С.Е., Панов В.И. Сварка поперечной горкой и природа ее высокой производительности. // Сварочное производство. – 1984. – № 4. – С. 25–27.

4. Синадский С.Е., Панов В.И. Автоподогрев и автотермообработка при сварке поперечной горкой. // Сварочное производство. – 1987. – № 11. – С. 8–11.

5. Рыкалин Н.Н. Тепловые основы сварки. – К.: Изд-во АН УССР, 1947. – 271 с.

6. Рыкалин Н.Н. Основы тепловых расчетов при сварке. – М.: Машгиз, 1951. – 293 с.

7. Недосека А.Я. Основы расчета сварных конструкций. – Киев: Вища школа, 1988. – 264 с.

8. Казимиров А.А., Недосека А.Я., Лобанов А.И., Радченко Е.С. Расчет температурных полей в пластинах при электросварке плавлением. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1968. – 850 с.

9. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 366 с.

10. Багрянский И.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1968. – 504 с.

11. Сварка в СССР. Том второй. Теоретические основы сварки, прочности и проектирования. Сварочное производство. – М.: Наука, 1981. – 484 с.

●#2087



МАШИНОБУДУВАННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ
ЕЛЕКТРОНІКА, КВП
ПРОМИСЛОВІСТЬ, ВИРОБНИЦТВО

спеціалізована виставка-форум

KHARKIV
PROM
2022 DAYS

за підтримки Харківської державної обласної адміністрації




+38 (057) 756-20-48
+38 (067) 579-64-46
adt.com.ua

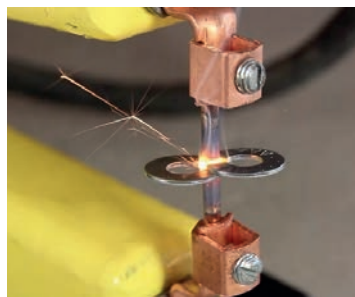
15-17 березня
Арт-завод МЕХАНІКА

Особливості вибору апарату для контактного зварювання

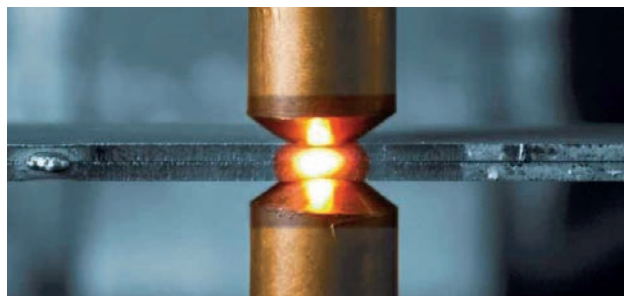
Технологія контактного зварювання користується великою популярністю серед зварників, яким доводиться працювати з металевими заготовками, сталевими полотнами, деталями з нержавіючої сталі, міді. Область використання цієї технології досить широка. Обладнання для контактного зварювання встановлюють у приватних майстернях, на виробничих майданчиках, в автосервісах. Модельний ряд обладнання досить широкий. Виробники випускають апарати з різними технічними характеристиками. Моделі відрізняються ціною, габаритами, функціоналом. Розберемося, як вибрати апарат для цього виду зварювання, на які критерії звертати увагу при покупці обладнання.

1. Спочатку визначте цілі його використання. Виробники випускають установки для побутового та професійного застосування. Якщо потрібен апарат для будинку, немає сенсу переплачувати за додаткову потужність. А ось якщо передбачається інтенсивна експлуатація обладнання в умовах посилених навантажень - віддайте перевагу продуктивнішій моделі, розрахованій на тривалу, продуктивну роботу.

2. Залежно від типу матеріалу слід вибрати зварювання за величиною потужності. Якщо ви працюєте як з алюмінієм, так і з тугоплавкими металами, тоді слід вибрати апарат, здатний регулювати зварювальний струм у великому діапазоні, який підходить для вас. Якщо ж ви використовуєте лише один вид металу, тоді достатньо стандартного точкового зварювання.



3. Залежно від необхідної міцності та форми зварювальної точки, слід вибрати і тип тримача, в якому закріплюватимуться електроди для контактного точкового зварювання.



4. Необхідно точно знати час, протягом якого машина контактного зварювання повинна взаємодіяти з матеріалом. Від цього залежить безліч факторів: від якості точкового зварювання, до можливості пошкодити заготовку при занадто довгому нагріванні.

5. Слід враховувати і те, з яким тиском кліщі для контактного зварювання можуть давити на деталь. Тут теж слід точно знати, з якими матеріалами ви працюватимете. Одні вимагають більшого тиску, інші слід стискати мінімально.

6. Необхідна швидкість зварювання. Вона залежить від багатьох факторів, включаючи і кількість одночасно можливих зварних точок. Є апарати, які здатні одночасно робити зварювальні точки у кількості більше п'ятисот за одну хвилину.

7. Слід також врахувати вашу робочу зону, якщо вам доведеться переміщатися на досить великі відстані, тоді потрібно купувати зварювальний апарат, який легко піддається транспортуванню. Необхідно враховувати і те, який струм подаватиметься на трансформатор для контактного точкового зварювання, оскільки вони підрозділяються на апарати для змінного та постійного струму.

Підходити до вибору обладнання для контактного зварювання варто з повною серйозністю. Оскільки вартість таких апаратів досить висока - необхідно враховувати усі фактори, щоб згодом покупка принесла вам задоволення при роботі з нею, а не перетворилася на невдалий досвід.

Ретельно підбирайте моделі, враховуючи цілі застосування та умови експлуатації обладнання, вивчайте технічні характеристики апаратів. Ще один важливий фактор при покупці обладнання – вибір надійного постачальника, який може надати вам якісні, сертифіковані апарати та забезпечити їх гарантійне обслуговування.

Компанія «Самміт», офіційний представник світових лідерів-виробників зварювального обладнання, допоможе вам зробити правильний вибір на користь якісних та надійних апаратів для контактного зварювання!

● #2088



ТОВ «Самміт»

49089, м. Дніпро, вул. Суворова, 35
тел.: +38 (067) 561-32-24, +38 (050) 661-32-24
e-mail: summit_dnepr@ukr.net
www.sammit.dp.ua

Новое оборудование производства ООО «НАВКО-ТЕХ» для автоматической дуговой сварки

Предприятие ООО «НАВКО-ТЕХ» (г. Киев, Украина) – производитель автоматических установок и роботизированных комплексов для дуговой МИГ, МАГ, ТИГ сварки и наплавки - недавно отметило свое 20-тилетие. За это время было создано более **четырёхсот единиц** оборудования, которые успешно эксплуатируются на более чем 200 предприятиях Украины, Белоруссии, Казахстана, России, Польши и стран Прибалтики.

Один из главных принципов, которым руководствуется фирма «НАВКО-ТЕХ», выполняя очередной заказ, выбор оптимального уровня автоматизации оборудования. В одном случае предлагается комплекс на базе промышленного робота, в другом – специализированная автоматическая установка с одной, двумя и более программно управляемыми степенями подвижности сварочной горелки и изделия. Такой подход позволяет обеспечить приемлемую стоимость оборудования и его обслуживания в сочетании с его высокой надежностью и производительностью.

Предлагаем вашему вниманию две новые разработки фирмы НАВКО-ТЕХ: комплект из двух

автоматических установок для сварки элементов водонагревателей и робототехнологический комплекс для сварки гидроаккумуляторов.

Для сварки кольцевых швов корпуса водонагревателя бойлера (заказчик – ООО «ATLANTIC GEORGIA» г. Кутаиси, Грузия) предприятие разработало две установки: АС420 и АС421 (рис. 1). На первой выполняется МИГ-сварка одновременно двух кольцевых швов соединений крышки и фланца с центральной трубой диаметром 54 мм и длиной 200 – 500 мм, на второй – ТИГ-сварка соединения малой трубки диаметром 15 мм с фланцем.

На установке АС420 изделие вращается относительно горизонтальной оси трубы, на АС421 – относительно вертикальной оси малой трубки. Подъем/опускание горелок осуществляется с помощью пневмопривода. Отслеживание овальной траектории соединения наклонного фланца с трубой на АС420 – с помощью механического копира. Машинное время сварки одного изделия (промежуток времени между нажатием кнопки «Пуск» и возвратом всех механизмов установки в исходное положение) на АС420 – 35 с., на АС421

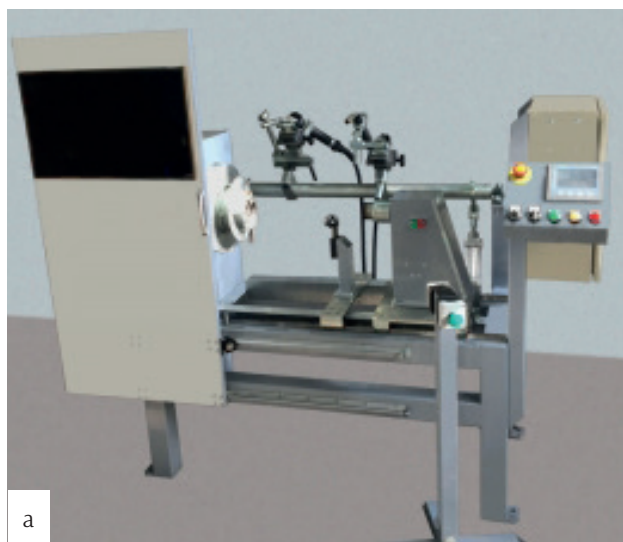


Рис. 1. Внешний вид установок АС420 (а) и АС421 (б) и свариваемых на них деталей корпуса нагревателя бойлера



Рис. 2. Бак гидроаккумулятора с кронштейнами

вторым роботом (рис. 3, б) со своим комплектом сварочного оборудования.

Комплекс РК754 имеет 2 позиции: сварочную и загрузочную, смена которых выполняется с помощью поворотного стола; время поворота – 3 с. Во время сварки изделия на одной позиции оператор на позиции загрузки выгружает сваренные изделия и устанавливает новые.

В каждой позиции приспособление с изделием может совершать поворот на 360 град. с остановкой через каждые 90 град. Благодаря этому сварка выполняется в наиболее благоприятном для формирования шва положении. Сварочную и загрузочную позиции разделяет защитный экран, который во время сварки дает возможность оператору безопасно выполнять загрузку деталей в оснастку.



а



б

Рис. 3. Робототехнологический комплекс РК754 с одним (а) и с двумя (б) роботами

– 15 с. В конструкции установок предусмотрена возможность переналадки на сварку 20-ти различных моделей корпусов водонагревателей.

Второй пример автоматизации – МИГ-сварка «кронштейнов» с «баками» гидроаккумуляторов (рис. 2; заказчик – ООО «Компания САНТЕХПЛАСТ», г. Харьков). Проектирование специализированной установки в этом случае нецелесообразно. Задача была успешно решена с применением промышленного робота производства фирмы «Фанук». На его базе был создан робототехнологический комплекс РК754, выполненный в виде закрытой кабины, который позволяет сваривать баки емкостью от 19 до 50 л. Изначально комплекс (рис. 3, а) включал один промышленный робот. В процессе его эксплуатации возникла необходимость повысить производительность. С этой целью он был дооснащен

С более подробной информацией о предприятии «НАВКО-ТЕХ» и описанием выпускаемых им автоматических сварочных и наплавочных установок, а также робототехнических комплексов можно ознакомиться на сайте: <http://www.navko-teh.kiev.ua>.

●#2089

**НАВКО-
ТЕХ**

тел.: +38 044 456-40-20
факс: +38 044 456-83-53

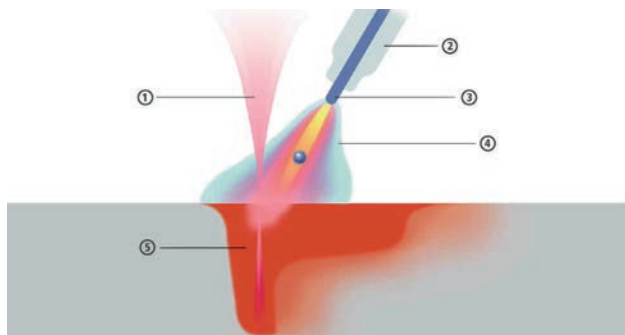
E-mail: info@navko-teh.kiev.ua
<http://www.navko-teh.kiev.ua>

Найвища швидкість зварювання завдяки лазерно-гібридній технології

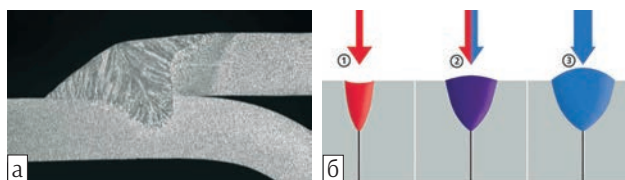
Лазерно-гібридна технологія Fronius є поєднанням лазерного процесу зі зварюванням MIG і має переваги обох варіантів (процесу MIG промислового рівня та зварювання за допомогою лазерного променя) без властивих їм недоліків. Лазерно-гібридна технологія Fronius забезпечує оптимальне перекриття зазорів і легку підготовку шва, які



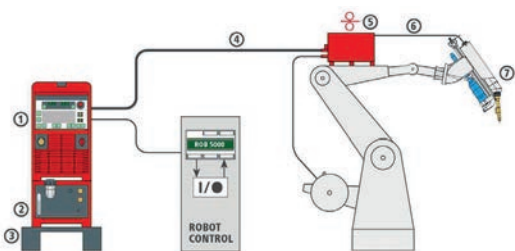
Мал. 1. Процес лазерно-гібридного зварювання зі зварювальною головкою LaserHybrid Twin



Мал. 2. Лазерно-гібридний процес зварювання: 1 – лазерний промінь, 2 – газове сопло, 3 – електрод, 4 – імпульсна зварювальна дуга, 5 – проплавлення



Мал. 3. а) сталь, 2,7 мм; б) порівняння геометрії зварних швів із однаковим проплавленням



Мал. 4. Приклад лазерно-гібридної системи: 1 – TransPuls Synergic, 2 – охолоджувальний модуль, 3 – вертикальна консоль, 4 – з'єднувальний шланговий пакет, 5 – механізм подачі дроту для роботизованої системи, 6 – шланговий пакет зварювального пальника, 7 – лазерно-гібридна зварювальна головка

властиві процесу MIG, а також низький тепловий вплив, глибоке проплавлення та швидкість лазерного зварювання. Завдяки цьому можна з'єднувати різноманітні деталі зі сталі й алюмінію зі швидкістю до 8 м на хвилину та з найвищою якістю.

Поєднання лазерного й дугового зварювання підвищує ефективність процесу

Лазерне зварювання	Електродугове зварювання
/ Глибоке проплавлення	/ Економічне джерело енергії
/ Висока швидкість зварювання	/ Перекриття зазорів
/ Низьке термальне навантаження	/ Додавання присадного матеріалу
/ Висока міцність	/ Вплив на структуру

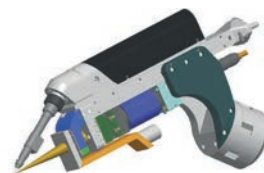
Поєднання переваг:

- підвищена стабільність процесу;
- підвищена швидкість зварювання;
- хороше проплавлення бокових поверхонь шва;
- великий об'єм проплавлення;
- хороші металургічні властивості.

1. Лазерне зварювання	PL (потужність лазера) = 2000 Вт
2. Лазерно-гібридне зварювання	PL (потужність лазера) = 1500 Вт / Vd = 5,5 м/хв
3. MIG	Vd = 11 м/хв

Лазерно-гібридна зварювальна головка

Основою системи лазерно-гібридного зварювання є компактна лазерно-гібридна головка з інтегрованим зварювальним пальником MIG/MAG і лазерною оптикою. Тримач робота з'єднує лазерно-гібридну головку зі стандартною промисловою роботизованою системою. Це забезпечує головці необхідну гнучкість для роботи на важкодоступних ділянках деталі. Зварювальний дріт можна розмістити у будь-якому положенні відносно лазерного променя, що дає змогу точно адаптувати процес до найрізноманітніших способів підготовки шва, результатів, типів та класів дроту, а також зварювальних завдань.



Мал. 5. Зварювальна головка, 10 кВт

● #2090



ТОВ «Фроніус Україна»

тел.: +38 0 44 277 21 41
sales.ukraine@fronius.com
www.fronius.ua

XX Міжнародний Промисловий Форум – 2021

Мета ПРОМФОРУМУ – об'єднати учасників та профільних відвідувачів для підтримки та розвитку промисловості України!

Міжнародний Промисловий Форум вкотре продемонстрував свій високий статус, підтверджений масштабом та популярністю серед учасників та відвідувачів. Число учасників, у т. ч. дебютантів виставок, акцент на українському виробнику, різноманітність представленого обладнання, нових технологічних рішень, унікальних розробок, тематичних конференцій зробили форум ефективним, наповненим, цікавим та результативним.

Основні факти про Форум:

Площа – 15 000 м²; Відвідувачі – 8 294; Учасники з України – 232; Нові учасники – 53; Міста ближнього та далекого зарубіжжя – 30; Ділова програма – 29 доповідей

Напрямок діяльності компаній-учасників Форуму:

- Металообробка – 41,5%
- Гідравліка. Пневматика – 17%
- УкрЗварювання – 15%
- Автоматизація та робототехніка – 8,7%
- Підйомно-транспортне, складське обладнання – 7,5%
- УкрЛиття – 7,1%
- Безпека виробництва – 3,2%

Металообробка:

110 компаній учасників розділу Металообробка знайомили відвідувачів Форуму з найновішим та універсальним металообробним обладнанням, інструментами та технологіями. Насичені стенди зі Швейцарії, Туреччини та Чехії цього року містили значну кількість зразків обладнання.

Лідери з продажу промислових лазерних комплексів АРАМІС, АЛІСТА, Стан-Комплект, ЕЛЬ-СЕЛ, ЮА-Сталь, МАШИНТЕХ привезли на Форум новітні лазерні технології для різання металу та зварювання. На своїх стендах компанії демонстрували роботу цього обладнання у дії.

Величезний інтерес викликав стенд DMG MORI, на якому було представлено нове покоління верстатів. Офіційний представник в Україні – СмартУкрсервіс.

Листозгинальні преси, ножиці, гільйотини та машину лазерного розкрою металу всесвітньо відомого бренду BAYKAL демонстрував офіційний представник в Україні – Галсофт Сервіс.

Широкий спектр індивідуальних послуг у галузі обробки металу пропонували на своїх стендах КВЕРБ, Індастрі Солюшн Плюс, M&V та багато інших.

Лідер нанотехнологій в електроіскровій обробці металу TM SODICK (Японія) була представлена на Форумі компанією Содиком-Дніпро.

Насиченою та високотехнологічною була експозиція обладнання та верстатів для металообробки від фірм GALIKA AG (Швейцарія), HERMLE WVE AG (Швейцарія), KNUTH (Німеччина), Бістронік Україна, Іскростан Інжиніринг, Сумаріс УКР, Сфера-Техно, Ф. Технолджі та багато ін.

Металорізальні інструменти були представлені компаніями: АБРАМАТ, АВ Полістар, АТА Абразив, Вектортул, Золоте Руно, Інжтехсервіс, Інструмент-Інвест, HAMMER, Іскар Україна, Мета-Груп, UKR Tools, MEM, Океан-Груп.

Автоматизація та Робототехніка:

Впровадження роботизованих систем у виробничий процес – показник високого рівня розвитку компанії, її готовності відкривати для себе нові ніші та вступати в епоху Індустрії 4.0. Кооперація з такою компанією – це завжди прибутково та перспективно.

Експозиція представила сучасні рішення для автоматизації підприємств, систем управління технологічними процесами та об'єктів промисловості загалом.

Гості спостерігали за маніпуляціями роботів TM: ABB, CROBOT, KAWASAKI Robotics, ROVICOR, FANUC, KUKA, PANASONIC, MOTOMAN, знайомилися з найсучаснішими технологіями та матеріалами, інноваційними рішеннями для зварювання,



плазмового розкрою металу, обробки поверхні та суміжних технологій.

Виставка зібрала експертів в галузі програмного забезпечення та процесів автоматизації виробництва: Інформаційні Технології САПР, Інвестиції і Ріст, Технополіс ІТ, Транс Систем Інжиніринг, ДЕПС Солюшенз, Софтпром Солюшнз, Аркада, Open Mind Technologies, Трідіс Індастріс Україна, CAD/CAM/CAE, Союз Автоматизаторів Бізнесу.

Інформаційні Технології САПР, Інвестиції та Зростання, АППАУ, Софтпром Солюшнз не лише презентували свої напрацювання на стендах, а й ділилися ними на відкритих конференц-майданчиках. Близько 20 доповідей було присвячено темі Індустрії 4.0.

Інтереси української спільноти підприємств промислової автоматизації на Форумі представляла Асоціація Підприємств Промислової Автоматизації України.

Датчики та електронні компоненти: WAITES – діагностика обладнання;

DIADA GROUP – постачання елементів систем промислової автоматизації.

Зварювання:

Виставка УкрЗварювання демонструвала сучасну продукцію зварювального напрямку, з широким спектром обладнання та технологій для зварювання, різання, обробки поверхні, нанесення захисних покриттів.

На стендах учасників – компаній MagmaWeld, Бінцель Україна ГмбХ, Джейсік Україна, Ідель, КОРСАЛ, ПАТОН Інтернешнл, Самміт, TeslaWeld, Triada-Welding відвідувачі знайомилися не тільки з новинками в лінійці продукції.



Вперше участь у виставці взяла компанія WELDMAN ОУ (Естонія). Відвідувачам пропонувалися технологічні товари та послуги для диджиталізації зварювального виробництва у рамках Індустрії 4.0.

Вітчизняні виробники представили такі напрямки:

- Вітаполіс, Дніпрометиз, Суми-Електрод, ТМ. Велтек – матеріали власного виробництва для зварювання, наплавлення та напilenня.
- Андіс-Техно, ДОНМЕТ, ТЕСЛА, Промтехгруп, Фаворит-АМ – порталні машини для термічного розкрою металу.
- АТОН Сервіс, Фабрика Рукавних Фільтрів – комплексні вирішення питань аспірації та промислової вентиляції.

Німецька компанія SAPI Sandstrahl und Anlagenbau GmbH – виробник дробоструминного та фарбувально-сушильного обладнання наживо демонструвала його роботу.

Всі дні проведення Форуму відвідувачі спостерігали за зварювальними роботами від провідних світових виробників: ABB, CROBOTR, FANUC, KUKA, OTC, DAIHEN, PANASONIC, YASKAWA MOTOMAN.

На стендах компаній: 2-Дельфін Інжиніринг, Robot Welding Systems, John Greaves (Бердянські Жнівирки), Бінцель Україна ГмбХ, ДСМ-ГРУП, Інвестиції і Зростання, КБ Роботи – управління, технологіями проектування, моделювання та конструювання робототехнічних комплексів.

Гідравліка. Пневматика:

Учасники виставки Гідравліка. Пневматика представили всю різноманітність приводної, вакуумної та повітряно-компресорної техніки, редукторів, пневматичного і гідравлічного обладнання, гідропідсилювачів, гідророзподільників і комплектуючих вітчизняних та світових виробників для практично всіх галузей промисловості.

Великий вибір підшипників різних видів відомих світових брендів від постійних учасників демонстрували на своїх стендах IRBIS, Baltic Bearing Company (латвія), Italcuscinetti (італія), Автопром підшипник, Вікторія, Максі-Сфера, PROMUA.

Современное гидравлическое, пневматическое, вакуумное оборудование и пневмоинструмент были эффектно представлены на ярких стендах Camozzi, моторимпекс, Bondioli & Pavesi, автопривод, Hennlich, Гидроаппаратура, Hydromarket, Гидропресс, Силовая Гидравлика, Гидрохаус, Евротех, АД Дизель, Пневмотек, Роберт Бош, SK Trading Group, Tubes International та ін.

Компресорне обладнання привезли компанії: Luramat Compressor (Туреччина), Атемлюфт-Газ Техніка, BTS Group, ZELKO. Промислова техніка для підготовки повітря найвищої якості – на стенді Донекуіпсервіс.

Індустріальні приводи та редуктори від всесвіт-



ньо відомих брендів KIPP Polska Getriebebau, Nord Drivesystems, Power Belt, SEW-Eurodrive були традиційною окрасою експозиції.

Тематика приводної техніки доповнилася мастильними матеріалами та індустріальною хімією відомих світових брендів, які були у широкому асортименті розміщені на стендах компанії Unil Lubricants N.V. (Бельгія), Антифрикційні Технології, Гехель, Промислові Олії.

Підйомно-транспортне, складське обладнання:

виробники підйомно-транспортного, складського обладнання: Київський завод ПТО, Віра-Сервіс Інтермаш, Олександрійський завод ПТО, Харківський завод ПТО, Завод Кранкомплект, Крансервіс, Промтехконструкція, ПРАТ Конекрейнс Україна, ТЕКМАН, SNB-Company, ТД Складська Техніка, Глебус, Евротех, Конесранес, Підприємство Струмопідводу та Електроприводу привезли на Форум крани, підйомні механізми, навантажувачі, компактну мобільну вантажопідйомну техніку, транспортери, ланцюги, товари для безпеки руху транспорту на виробництвах та складах, вакуумне, підйомне обладнання тощо. Компанії наголосили на покращених характеристиках своєї продукції в області вантажопідйомності, автономності, маневреності, мобільності, терміну служби, ремонту та вартості утримання.

Пишаємося нашими українськими виробниками!

Лиття:

Цьогорічна виставка Лиття була значно розширена. Провідні компанії у галузі ливарного виробництва презентували повний пакет послуг у своїй сфері.

Яскраво заявив про себе дебютант виставки – УкрФаворит, ексклюзивний представник Eurotek Foundry Products LTD в Україні. Компанія-лідер серед постачальників високоефективних матеріалів та інженерних рішень для організації та функціонування ливарного виробництва в Україні.

Модернізацією та постачанням матеріалів та обладнання для ливарного виробництва займаються компанії-учасники виставки: GUSS-EX (Польща), MELT, UBM, Літмашімпекс, Політег Мет, Таврія Турбо Плюс, КІТ, Турбогаз Ужгород та інші.

INDEMAK презентувала свою компанію з виробництва плавильних індукційних печей та супутнього обладнання до них.

ЄВРОЛІДЕР – ексклюзивний представник в Україні Kratospolska (Польща), Sandteam (Чехія), Atilimteknikmakine (Туреччина), Euromac (Італія) – постачає матеріали для лиття, в т.ч. для виробництва форм та стрижнів.

Завод Екопромліт – сучасне ливарне підприємство у складі Групи Компаній Турбоком. Реалізує повний цикл робіт з виробництва чавунних виробів для автомобільної, сільськогосподарської, залізничної, трубопровідної і машинобудівної галузей.

Ділова програма:

Програму виставок склали 29 різнопланових заходів, серед яких виділялися:

- XV Відкритий конкурс професійної майстерності зварників України «Золотий кубок Бенардосу – 2021». Яскрава, жива, динамічна подія покликана підвищити престиж професії зварника з особливим духом змагання та почесними кубками переможцям. Учасники здобули емоції, нагороди, мотивацію рухатися далі до наступних перемог!
- Конференція керівників та спеціалістів ливарної галузі України «Ливарне виробництво – основна заготівельна галузь базових галузей промисловості». Організатор – Державний департамент – Центр Ливарного Виробництва.
- Найкращі кейси Індустрії 4.0 – понад 20 доповідей, де фахівці знайомилися з актуальною інформацією ринку зібраної та представлені топ-менеджерами компаній, яку важко знайти у вільному доступі за межами Форуму.
- Студентський саміт від ТОВ «Укрфаворита».
- Семінари.

Інформаційний розділ виставки – був представлений журналами: «Сварщик», «Автоматичне зварювання», «Обладнання та інструмент», «Бізнес і безпека», «Охорона праці» та іншими.

Вдячність:

Велика честь для МПФ працювати із сильними та професійними учасниками! Ви – гаранті розвитку української промисловості! Чудові партнери та безумовні професіонали. Спільними зусиллями ми зібрали захід, аналогів якому за масштабністю та продуктивністю в Україні немає.

Цю перемогу ми здобули завдяки енергії кожного учасника Форуму, вірі у найкращий результат, працездатності фахівців головних промислових напрямків у галузі, бажанню розвиватись заради своїх клієнтів та країни.

Окрему подяку висловлюємо всім нашим медіа-партнерам – ключовим провідникам між виробником та споживачем!

Рухаємось далі до нових перемог та чекаємо всіх на Міжнародному Промисловому Форумі – 2022!

ТОВ «МБЦ»: тел.: (044) 201-11-56
e-mail: plast@iec-expo.com.ua
<https://www.iec-expo.com.ua/>

● #2091

Науковий семінар «Патонівська школа та науково-технічний прогрес»

9 грудня 2021 р. у Науково-технічній бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») відбувся науковий семінар «Патонівська школа та науково-технічний прогрес», присвячений пам'яті Бориса Євгеновича Патона.

Проведення науково-популярних заходів з вшанування пам'яті видатного науковця у «Харківській політехніці» вже стало доброю традицією. Перший науковий семінар символічно відбувся 27 листопада 2020 р., у день народження Бориса Євгеновича.

Захід було організовано за підтримки ректора НТУ «ХПІ» члена-кореспондента НАНУ Євгена Сокола, академіка-секретаря Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства НАНУ, директора Інституту електрозварювання (ІЕЗ) ім. Є.О. Патона НАНУ академіка НАНУ Ігоря

Кривцуна та ученого секретаря ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ кандидата технічних наук Іллі Ключкова за ініціативою аспіранта кафедри «Зварювання» НТУ «ХПІ» Павла Ситникова.

Участь у семінарі взяли представники наукових, громадських організацій та промислових підприємств, викладачі та студенти кафедри «Зварювання» НТУ «ХПІ». Проведення таких заходів спрямоване на популяризацію величезної наукової спадщини Бориса Патона, в першу чергу, серед студентської молоді. При сприянні Харківської філії «Товариство зварників України», зібрання відвідали майбутні фахівці зварювальної спеціальності – студенти Харківського машинобудівного коледжу.

Учасники семінару прослухали змістовну доповідь Павла Ситникова «Життєвий та творчий шлях Євгена Оскаровича та Бориса Євгеновича Патонів, спільне значення їх спадщини», яка включала історію родини Патонів, факти їх життя та діяльності, результати праці, відомої як в Україні, так і за її межами патонівської школи.

Також під час роботи семінару була представлена виставка бібліографічних, періодичних та довідникових видань про життєвий шлях, наукову та інженерну діяльність родини Патонів, їх внесок у розвиток зварювальних технологій у період Другої світової війни та післявоєнного часу, розробки технологій зварювання у відкритому космосі та під водою, в медицині та металургії. На виставці були представлені також архівні фотоматеріали, отриманні від меморіальної кімнати-музею Євгена Патона в ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ. Традиційно одним із головних експонатів виставки став портрет академіка НАНУ Бориса Патона, виконаний відомою харківською художницею Антоніною Анорічевою-Єрьомка.

До виступу були запрошені декан факультету соціально-гуманітарних технологій НТУ «ХПІ», професор, докт. техн. наук, Заслужений працівник освіти України Андрій Кіпенський, доцент кафедри монументального живопису Харківської державної академії дизайну і мистецтв, Заслужений діяч мистецтв України Антоніна Анорічева-Єрьомка та директор Науково-технічної бібліотеки НТУ «ХПІ», доктор філософії Юлія Главчева.

По завершенню заходу всі присутні мали змогу ознайомитися з експонатами виставки, залишити свої відгуки та побажання.

Олександр Крахмальов, доцент, к.т.н.,

Юрій Латинін, доцент, к.ф.-м.н.,

*Павло Ситников, аспірант каф. «Зварювання»
НТУ «ХПІ», Харківська філ. ГО ТЗУ*



Учасники семінару «Патонівська школа та науково-технічний прогрес», присвяченому пам'яті Бориса Євгеновича Патона, 9 грудня 2021 р.



Заслужений діяч мистецтв України –
Антоніна Анорічева-Єрьомка та аспірант кафедри
«Зварювання» – Павло Ситников під час роботи семінару

●#2092

Пам'яті Георгія Івановича Лащенко



2 січня 2022 р. на 81 році пішов із життя відомий фахівець у галузі зварювального виробництва, канд. техн. наук, академік Української академії наук Георгій Іванович Лащенко.

Георгій Іванович народився 24 квітня 1941 р. в с. Васильківка Васильківського району Дніпропетровської обл.

Після закінчення в 1961 р. Дніпропетровського зварювального технікуму Г.І. Лащенко був направлений на роботу в ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, де пропрацював до 1975 р. у відділі технології зварювання газо- і нафтопровідних труб. Безпосередньо брав участь у розробці та впровадженні у виробництво оригінальних технологій зварювання труб великого діаметру для магістральних трубопроводів, захищених авторськими свідоцтвами на винахід. Без відриву від виробництва в 1975 р. закінчив КПІ за фахом «Технологія та обладнання зварювального виробництва».

З 1975 по 2004 рр. Георгій Іванович працював у Всесоюзному проектно-конструкторському (з 1992 р. – Український конструкторсько-технологічний) інституті зварювального виробництва, де пройшов шлях від завсектора до першого заступника гендиректора з наукової роботи.

Під його керівництвом та за безпосередньою участю були розроблені технології виготовлення високоточних зварних конструкцій для машинобудування, засоби комплексної механізації та автоматизації зварювального виробництва, енергозберігаючі технології післязварювальної обробки зварних конструкцій,

комплекси дугового та контактного зварювання. За цими матеріалами він підготував і захистив кандидатську дисертацію. Вказані розробки, виконані за участю Г.І. Лащенко використовувалися і продовжують використовуватися в різних галузях промисловості.

Г.І. Лащенко брав активну участь у підготовці фахівців зварювального виробництва, працюючи за сумісництвом завфілією кафедри електрозварювальних установок зварювального факультету НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Йому було надано вчене звання доцента.

Багато років він входив до складу редколегії журналу «Сварочное производство», був активним членом редколегії журналу «Сварщик», опублікував безліч статей у журналі «Сварщик». Він автор понад 200 наукових праць, у т. ч. 15 монографій та книг, 29 авторських свідоцтв та патентів на винахід.

Георгій Іванович користувався заслуженим авторитетом серед фахівців зварювального виробництва, був чуйним товаришем та уважним співрозмовником.

За творчу працю Г.І. Лащенко був нагороджений орденами і медалями СРСР, Почесною відзнакою Товариства зварників України «За особистий внесок у розвиток зварювального виробництва».

Завдяки високим професійним та людським якостям Г.І. Лащенко користувався заслуженим авторитетом та пошаною фахівців.

Світла пам'ять про нього назавжди залишиться серед його друзів та колег.

Товариство зварників України, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, НТК ІЕЗ ім. Є.О. Патона, Редакція журналу «Сварщик»

●#2093

Професор НУК став експертом в конкурсі професійного майстерства серед сварщиків

Впервые в Украине прошел конкурс профессионального мастерства среди мастеров профтехобразования по направлению «Сварочные работы». Соревнования прошли при поддержке Николаевского тепловозоремонтного завода. Одним из экспертов, оценивавших работы, был канд. техн. наук, профессор кафедры сварочного производства Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова Александр Костин.

Инициаторами проведения конкурса стали работодатели, нуждающиеся в профессиональных сварщиках: Николаевский тепловозоремонтный завод и Судоремонтное предприятие «Парус». Они снабдили конкурс всеми необходимыми расходными материалами и призами.

Участниками конкурса были, как молодые ученики, так и опытные сварщики-мастера из разных учебных заведений Николаева, Вознесенска, Южноукраинска, Первомайска и Кривого Озера.

За отведенное время участники продемонстрировали владение 3 видами сварки: ручной дуговой, полуавтоматической и аргонодуговой.



Технические эксперты и жюри определили лучшие работы и наградили победителей. Победителем – мастером стал Евгений Наенко (Николаевский профессиональный судостроительный лицей им. В.А. Гречишников), победителем – учеником стал Андрей Олейник из Вознесенского профессионального лицея.

Поощрительный приз получил ученик Южноукраинского профессионального лицея Максим Барановский.

www.tzu.com.ua

●#2094

Вдосконалення якості шляхом покращення процесу виготовлення продукції або послуг в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів

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

Для отримання якісної продукції в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів необхідно знати реальну точність наявного обладнання, визначати відповідність точності обраного технологічного процесу заданої точності виробу, оцінювати стабільність технологічного процесу. Вирішення завдань зазначеного типу проводиться в основному шляхом математичної обробки емпіричних даних, отриманих багаторазовими вимірами або дійсних розмірів виробів, або похибок обробки або похибки вимірювання.

Більшість із розглянутих інструментів контролю якості використовуються для аналізу чисельних даних, що відповідає вимогам TQM: спиратися при прийнятті рішень на операційний аналіз, теорію оптимізації та статистики. Тому Союз Японських Вчених та Інженерів з урахуванням цих наук розробив набір інструментів, які дозволяють полегшити завдання управління якістю під час аналізу різноманітних чинників. Ці інструменти отримали назву семи інструментів управління якістю та семи нових інструментів контролю якості. Найчастіше вони знаходять застосування при вирішенні проблем, які виникають на етапі проектування, на відміну від інших інструментів, які знаходять найчастіше застосування на етапі виробництва.

1. Значення статистичних методів в управлінні якістю у зварювальному виробництві.

Статистичні методи відіграють важливу роль в об'єктивній оцінці кількісних та якісних характеристик процесу та є одним з найважливіших елементів системи забезпечення якості продукції та всього процесу управління якістю в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів. Невипадково основоположник сучасної теорії менеджменту якості Е. Демінг багато років працював у Бюро з перепису населення та займався саме питаннями статистичної обробки даних. Він надавав великого значення статистичним методам.

Існують дві категорії похибок: систематичні та випадкові. В результаті безпосередніх спостережень, вимірювань або реєстрації фактів виходить безліч даних, які утворюють статистичну сукупність і потребують обробки, що включає систематизацію та класифікацію, розрахунок параметрів, що

характеризують цю сукупність, складання таблиць, графіків, які ілюструють процес [1].

На практиці використовують обмежену кількість числових показників, званих параметрами розподілу.

Центр групування. Однією з основних характеристик статистичної сукупності, яка дає уявлення, навколо якого центру групуються всі значення, є середнє арифметичне. Воно визначається з виразу:

$$X_{cp} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)}{n} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1)$$

де X_i – виміряний параметр i -го члена сукупності, n – кількість членів сукупності.

Величина розсіювання. Статистичні сукупності можуть мати близькі або навіть однакові значення центру групування, але окремі значення величин у них можуть суттєво відрізнятися, внаслідок того, що різниця значень щодо центру буває різною. Найелементарнішою характеристикою розсіювання є варіаційний розмах R , який визначається за формулою:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (2)$$

де $X_{\max}$, $X_{\min}$ – максимальне та мінімальне значення статистичної сукупності. Варіаційний розмах який завжди характерний, оскільки враховує лише крайні значення, які можуть відрізнятися від інших значень. Більш точно розсіювання визначається за допомогою показників, які враховують відхилення всіх значень середнього арифметичного. Основним із цих показників є середнє квадратичне відхилення результату спостережень, яке визначається за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})^2}{n}} \quad (3)$$

Це відхилення є найпоширенішим та загальноприйнятим показником варіації. Розмір під корінням, тобто σ^2 , називається дисперсією. Дисперсія має самостійне значення у багатьох завданнях математичної статистики і належить до найважливіших показників варіації.

Показником відхилення значення середнього арифметичного є середнє квадратичне відхилення

© Ю.К. Бондаренко, Ю.В. Логінова, 2022

середнього значення S , яке ще називають середнє квадратичне відхилення результату вимірювання:

$$S = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

Форма розподілу ймовірності. Для характеристики форми розподілу зазвичай використовують ту математичну модель, яка найкраще наближає до виду кривої розподілу ймовірностей, отриманої при аналізі експериментально отриманих даних [2].

Закон нормального розподілу. Більшість випадкових явищ, які відбуваються в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів та у наукових дослідженнях, характеризуються наявністю великої кількості випадкових факторів, які описується законом нормального розподілу, який є основним у багатьох практичних дослідженнях. Проте нормальний розподіл є єдиною можливістю. Залежно від фізичної природи випадкових величин, деякі з них на практиці можуть мати розподіл іншого виду, наприклад, логарифмічний, експоненціальний, Вейбулла, Сімпсона, Релея, рівної ймовірності та ін. Рівняння, що описують густину ймовірності нормального розподілу має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

Нормальний розподіл характеризується двома параметрами μ і σ^2 і на графіку є симетричною кривою Гауса (рис. 1), що має максимум у точці, що відповідає значенню $X = \mu$ (відповідає середньому арифметичному X_{cp} і називається центром групування), а при $X \rightarrow -\infty$ і $X \rightarrow \infty$ асимптотично наближається до осі абсцис. Точка перегину кривої знаходиться на відстані від центру розташування μ . Зі зменшенням σ крива розтягується вздовж осі ординат і стискається вздовж осі абсцис. Між абсцисами $\mu - \sigma$ та $\mu + \sigma$ розташовано 68,3% усієї площі кривої нормального розподілу. Це означає, що при нормальному розподілі 68,3% всіх вимірюваних одиниць відхиляються від середнього значення лише на σ , тобто вони перебувають у межах $\pm \sigma$. Площа, укладена між ординатами, проведеними з відривом 2σ з обох сторін центру становить 95,4% і відповідно стільки ж одиниць сукупності перебуває у межах $\mu \pm 2\sigma$. І, нарешті, 99,73% всіх одиниць знаходиться в межах $\mu \pm 3\sigma$. Це так зване правило «трьох сигм», характерне для нормального розподілу. Відповідно до цього правила поза відхилення на 3σ перебуває трохи більше 0,27% всіх значень величин, тобто 27 реалізацій на 10 тисяч. У технічних додатках прийнято при оцінці результатів вимірювань працювати з коефіцієнтами z при σ , що відповідає 90, 95, 99, 99,9% ймовірності попадання результату в ділянку допуску.

$Z_{90} = 1,65$; $Z_{95} = 1,96$; $Z_{99} = 2,576$; $Z_{999} = 3,291$. Слід зазначити, що це правило поширюється на відхилення середнього значення X_{cp} . Воно також коли-

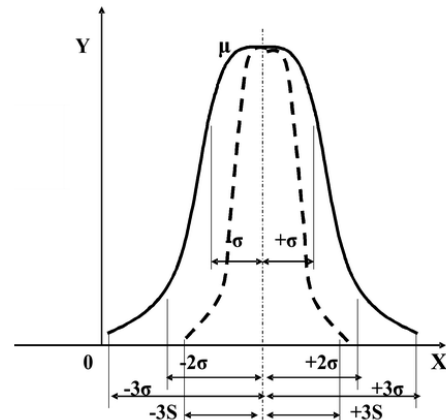


Рис. 1. Крива нормального розподілу (крива Гауса) [1] вається в деякій області трьох значень середнього квадратичного відхилення середнього значення S в обидві сторони, і в цій області міститься 99,73% всіх значень середнього значення. Нормальний розподіл добре проявляється за великої кількості членів статистичної сукупності, щонайменше 30.

Розподіл Стюдента. Для практики в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів великий інтерес представляє можливість судити про розподіл випадкових величин та визначати виробничі похибки у всіх виготовлених виробах та похибки наукових експериментів за результатами виміру параметрів статистичної сукупності отриманим із партії малого обсягу. Ця методика була розроблена Карлом Госсетом в 1908 р. і опублікована під псевдонімом Стюдент.

Розподіл Стюдента симетричний, але більш сплюснений, ніж крива нормального розподілу, і тому витягнутий на кінцях (рис. 2). Для кожного значення n є своя t -функція та свій розподіл. Коефіцієнт z , замінений у розподілі Стюдента коефіцієнтом t , значення якого залежить від заданого рівня значимості, який визначає яка частина реалізації може перебувати за межами обраної області кривої розподілу Стюдента та кількість виробів у вибірці [3].

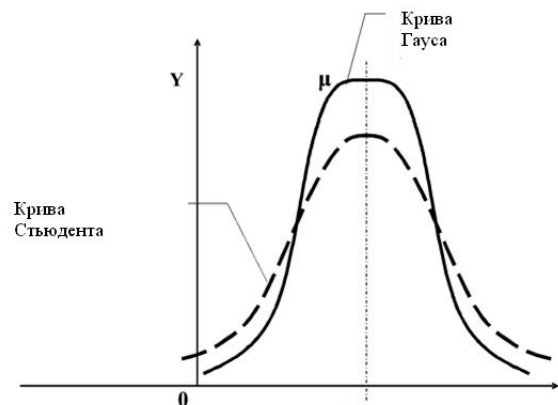


Рис. 2. Розподіл Стюдента [1]

При великих n розподіл Стюдента асимптотично зближується зі стандартним нормальним розподілом. З прийнятною для практики точністю вважатимуться, що з $n=30$ розподіл Стюдента, який іноді називають t -розподілом, апроксимується з нормальним розподілом. t -розподіл має ті самі параметри, що й нормальний. Це середнє арифметичне X_{cp} , середнє квадратичне відхилення і середнє квадратичне відхилення середнього S . X_{cp} визначається за формулою (1), S визначається за формулою (4), а σ - за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Контроль точності. Коли відомий розподіл випадкової величини, можна отримати всі особливості цієї партії виробів в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів, визначити середнє значення, дисперсію тощо. Але повна сукупність статистичних даних партії промислових виробів, а значить, закон розподілу ймовірностей зможуть бути відомими, тільки після виготовлення всієї партії виробів. Насправді закон розподілу всієї сукупності виробів майже завжди невідомий, єдиним джерелом інформації служить вибірка, зазвичай мала. Кожна розрахована за вибірковими даними числова характеристика, наприклад, середня арифметична або дисперсія є реалізація випадкової величини, яка від вибірки до вибірки може набувати різних значень. Завдання контролю полегшується завдяки тому, що зазвичай потрібно знати точне значення відмінностей випадкових значень від заданої величини. Достатньо лише знати чи відрізняються спостережувані значення більше ніж на величину помилки, що допускається, яка визначається величиною допуску. Поширення на генеральну сукупність оцінок, зроблених за вибірковими даними, можна здійснити лише з деякою ймовірністю $P(t)$. Таким чином, судження про властивості генеральної сукупності завжди має імовірнісний характер і містить елемент ризику. Так як висновок робиться за вибірковими даними, тобто при обмеженому обсязі інформації, можуть виникати помилки першого і другого роду.

$(X_{cp} - Z) < X_0 < (X_{cp} + Z)$ - для нормального розподілу,
 $(X_{cp} - t) < X_0 < (X_{cp} + t)$ - для розподілу Стюдента.

Граничні крайні значення X_0 називають довірчими межами.

При зменшенні обсягу вибірки при розподілі Стюдента довірчі межі розширюються, а можливість помилки зростає. Задаючись, наприклад, 5% рівнем значимості ($\alpha = 0,05$), вважають, що з ймовірністю 95% ($P = 0,95$) невідоме значення X_0 перебуває в інтервалі:

$$(X_{cp} - t; X_{cp} + t)$$

Іншими словами шукана точність дорівнюватиме $X_{cp} + t$, причому кількість деталей з розміром, що виходять за межі цього допуску, становитиме не більше 5%.

Контролює стабільність процесу. У реальних умовах зварювального виробництва конструкцій з легких сплавів фактичні значення параметрів технологічного процесу і характеристик продукції, що виготовляється, не тільки хаотично змінюються за рахунок випадкових похибок, але часто з часом поступово і монотонно відхиляються від заданих значень, тобто має місце поява систематичних похибок. Ці похибки повинні ліквідуватися шляхом виявлення та усунення причин, що їх викликають. Проблема в тому, що у реальних умовах систематичні похибки важко відрізнити від випадкових. Незначні систематичні похибки без спеціального статистичного аналізу можуть залишатися непоміченими на фоні випадкових похибок [4].

Аналіз ґрунтується на тому, що коли систематичні помилки відсутні, фактичні значення параметрів змінюються випадковим чином. Проте їх середні значення та основні помилки залишаються незмінними у часі. У цьому випадку технологічний процес називають стабільним. Умовно вважається, що у цій партії всі вироби є однаковими. При стабільному процесі випадкові похибки підпорядковуються нормальному закону розподілу із центром $\mu = X_0$. Середнє значення параметрів, отриманих у різних партіях, мають бути приблизно рівні X_0 . Отже, всі вони приблизно рівні між собою, але величина поточного середнього значення X_{cpm} коливається в довірчому інтервалі $\pm tS$, тобто:

$$(X_{cp} - tS) \leq X_{cp} \leq (X_{cp} + tS) \quad (7)$$

Матеріалом для аналізу стабільності можуть бути ті ж дані, які використовувалися для контролю точності. Але вони будуть придатні лише в тому випадку, якщо є безперервні спостереження, що охоплюють достатній проміжок часу, або якщо вони складені з вибірок, відібраних через певні проміжки часу. Інтервали між вибірками, звані в цьому випадку пробами, встановлюють залежно від частоти відмов обладнання, яке спостерігається в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів.

При заданому рівні значимості середнє значення X_{cpm} у різних поточних партіях може відрізнитися лише на величину tS від базового X_{cp} , отриманого для першого заміру, тобто:

$$|X_{cp} - X_{cpm}| \leq tS \quad (8)$$

При виконанні цієї умови можна вважати, що процес стабільний та обидві партії випущені за однакових умов. Якщо ж відмінність середніх значень у двох партіях перевищуватиме величину tS , то вже не можна вважати, що ця відмінність викликана лише випадковими причинами. У процесі з'явився домінуючий постійний фактор, який змінює значення параметрів виробів партії в зварювальному виробництві конструк-

цій з легких сплавів за певним постійним законом. Процес є нестабільним і вироби, що випускаються в різний час, значно відрізнятимуться один від одного, причому ця різниця збільшуватиметься з часом.

Таким чином, розбіжність середніх значень у різних партіях більше ніж на tS , вказує на наявність систематичних помилок та на необхідність вжиття заходів для їх виявлення та усунення причин, які їх викликають. Цей принцип був застосований В. Шу-хартом для розробки контрольних карт.

Статистичні методи аналізу стабільності можуть застосовуватись також у ситуаціях, протилежних розглянутим вище. Якщо в конструкцію виробу або у технологічний процес його виготовлення вносять якісь зміни, потрібно визначити, якою мірою це призведе до очікуваних результатів.

Отже, потрібно провести випробування, зробити кілька спроб і статистично обробити дані. Якщо

$$\frac{|X_{\text{ср.ст.}} - X_{\text{ср.нов.}}|}{tS} > tS, \quad (9)$$

то ефект удосконалення вважатимуться значним.

Сім найпростіших методів статистичного дослідження процесу.

Сучасні статистичні методи є досить складними для сприйняття та широкого практичного використання без поглибленої математичної підготовки всіх учасників процесу. До 1979 р. Союз японських вчених та інженерів (Union of Japanese Scientists and Engineers - UJSE) зібрав до купи 7 досить простих у використанні наочних методів аналізу процесів. При всій своїй простоті вони зберігають зв'язок зі статистикою та дають професіоналам в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів можливість користуватися їхніми результатами, а за необхідності – вдосконалювати їх [5].

Причинно-наслідкова діаграма Ісікави. Дана діаграма є дуже потужним інструментом для аналізу ситуації, отримання інформації про вплив різних факторів на основний процес в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів. Тут з'являється можливість як виявити чинники, що впливають на процес, а й визначити пріоритетність їхнього впливу.

Таблиця 1. Контрольний листок [2]

Типи дефектів	Дані контролю	Разом
Вм'ятини	//// //	14
Тріщини	//// //	17
Вихід за допуск в мінус	//// //	7
Вихід за допуск в плюс	//// //	23
Прожиг при термообробці	//// //	9
Перекося базових поверхонь	///	3
Ливарні раковини	//// //	6
Невідповідність шорсткості	//// //	18
Дефекти фарбування	///	4
Інші	//// //	7
Разом		108

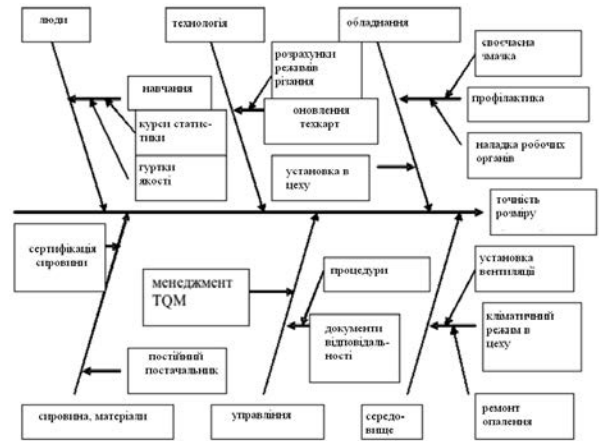


Рис. 3. Причинно-наслідкова діаграма Ісікави [1]

Діаграма типу 5M розглядає такі компоненти якості, як «люди», «обладнання», «матеріал, сировина», «технологія», «управління», а в діаграмі типу 6M до них додається компонент «середовище» (рис. 3).

Що стосується вирішуваної задачі кваліметричного аналізу:

- для компоненти «люди»: необхідно визначити фактори, пов'язані із зручністю та безпекою виконання операцій;
- для компоненти «обладнання»: взаємовідносини елементів конструкції виробу, що аналізується між собою, пов'язані з виконанням даної операції;
- для компоненти «технологія»: фактори, пов'язані з продуктивністю та точністю виконуваної операції;
- для компоненти «матеріал»: фактори, пов'язані з відсутністю змін властивостей матеріалів виробу у процесі виконання цієї операції;
- для компоненти «технологія»: фактори, пов'язані з достовірним розпізнаванням помилки процесу виконання операції;
- для компоненти «середовище»: фактори, пов'язані з впливом середовища на виріб та виробу на середовище.

Контрольні листки. Контрольні листки можуть застосовуватись в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів як при контролі за якісними, так і при контролі за кількісними ознаками, у цьому документі фіксуються певні види дефектів за певний відрізок часу. Контрольний листок є хорошим статистичним матеріалом для подальшого аналізу та вивчення проблем виробництва та зменшення рівня дефектності (табл. 1).

Аналіз Парето. Аналіз Парето отримав свою назву на ім'я італійського економіста Вілфредо Парето (1848–1923), який показав, що більшість капіталу (80%) перебуває у руках незначної кількості людей (20%). Парето розробив логарифмічні математичні моделі, що описують цей неоднорідний розподіл, а математик М.О. Лоренц представив графічні ілюстрації, зокрема кумулятивну криву [5].

Правило Парето – «універсальний» принцип, який застосовується у безлічі ситуацій, і без сумнівів – у вирішенні проблем якості в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів. Д. Джуран відзначив «універсальне» застосування принципу Парето до будь-якої групи причин, що викликають той чи інший наслідок, причому більша частина наслідків викликана малою кількістю причин. Аналіз Парето ранжирує окремі області за значимістю чи важливістю і закликає виявити та насамперед усунути ті причини, які викликають найбільшу кількість проблем (невідповідностей).

Аналіз Парето, як правило, ілюструється діаграмою Парето (рис. 4, табл. 2), на якій по осі абсцис відкладено причини виникнення проблем якості у порядку зменшення цих проблем, а по осі ординат – у кількісному вираженні самі проблеми, причому як у чисельному, так і в накопиченому (кумулятивному) відсотковому вираженні. Побудуємо діаграму за даними, взятими з попереднього прикладу – контрольного листка.

На діаграмі чітко видно область прийняття першочергових заходів, що окреслює причини, які викликають найбільше помилок. Таким чином, насамперед попереджувальні заходи мають бути спрямовані на вирішення саме цих проблем. Виявлення та усунення причин, які спричиняють появу найбільшої кількості дефектів, дозволяє нам витрачаючи мінімальну кількість ресурсів (гроші, час, люди, матеріальне забезпе-

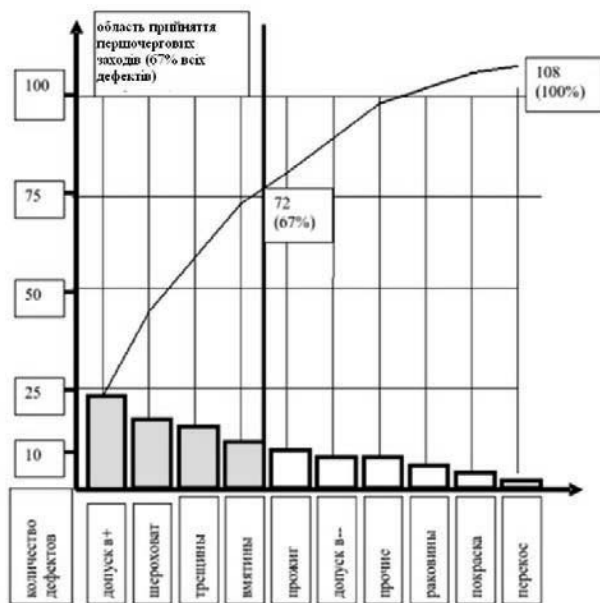


Рис. 4. Діаграма Парето [2]

чення) отримати максимальний ефект у вигляді значного зменшення кількості дефектів в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів.

Стратифікація. В основному, стратифікація – процес сортування даних згідно з деякими критеріями чи змінними, результати якого часто показуються у вигляді діаграм та графіків. Ми можемо класифікувати масив даних у різні групи (або категорії) із загальними характеристиками, які називаються змінною стратифікацією. Важливо встановити, які змінні використовуватимуться для сортування. Стратифікація є основою для інших інструментів, таких як аналіз Парето або діаграми розсіювання. Таке поєднання інструментів робить їх потужнішими [6].

Візьмемо дані із контрольного листка (табл. 1). На рис. 5 наведено приклад аналізу джерела виникнення дефектів. Всі дефекти 108 (100%) були класифіковані на 3 категорії – за змінами, робітниками та операціями. З аналізу представлених даних наочно видно, що найбільший внесок у наявність дефектів робить 2 зміна (54%) і робочий Р (47%), який працює в цій зміні.

Гістограми. Гістограми – один з варіантів стовпчастої діаграми, яка відображає залежність частоти влучення параметрів якості виробу або процесу в певний інтервал цих значень.

Гістограма будується так:

1. Визначаємо найбільше значення показника якості.
2. Визначаємо найменше значення показника якості.
3. Визначаємо діапазон гістограми як різницю між найбільшим та найменшим значенням.
4. Визначаємо кількість інтервалів гістограми. Часто можна користуватися наближеною формулою: (число інтервалів) = Ц (число значень показ-

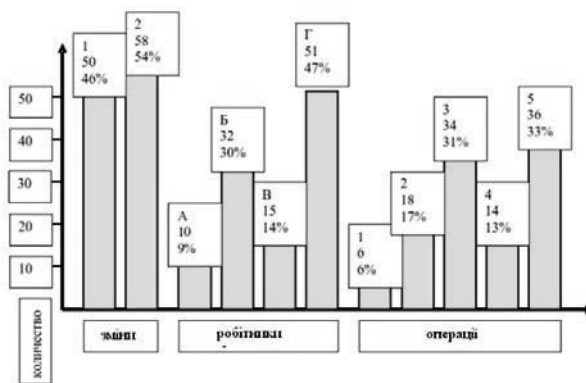


Рис. 5. Приклад аналізу джерела виникнення дефектів [2]

Таблиця 2. Частка кожного виду дефектів у загальній кількості дефектів, які доводяться на один виріб [2]

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість дефектів	23	18	17	14	9	7	7	6	4	3
Сума дефектів	23 (21%)	41 (38%)	58 (54%)	72 (67%)	81 (75%)	88 (81%)	95 (88%)	101 (94%)	105 (97%)	108 (100%)

ників якості) Наприклад, якщо число показників = 50, число інтервалів гістограми = 7.

5. Визначаємо довжину інтервалу гістограми = (діапазон гістограми) / (число інтервалів).

6. Розбиваємо діапазон гістограми на інтервали.

7. Підраховуємо кількість попадань результатів у кожний інтервал.

8. Визначаємо частоту влучень в інтервал = (число влучень)/(загальна кількість показників якості).

9. Будуємо стовпчасту діаграму.

Діаграми розкиду. Діаграми розкиду являють собою графіки, які дозволяють виявити кореляцію (статистичну залежність) між різними факторами, що впливають на показники якості в зварюальному виробництві конструкцій з легких сплавів. Діаграма будується по двох координатних осях, по осі абсцис відкладається значення параметра, який змінюється, а по осі ординат відкладається одержуване значення досліджуваного параметра, яке ми маємо в момент використання змінного параметра, і на перетині цих значень ставимо крапку. Зібравши досить велику кількість таких точок, ми можемо робити аналіз та висновок. Наведемо приклад. На підприємстві в зварюальному виробництві конструкцій з легких сплавів вирішили проводити заняття з основ менеджменту якості. Щомісяця навчання проходило певна кількість робітників. У січні навчання пройшли 2 особи, у лютому 3 особи тощо. Протягом року кількість кваліфікованих працівників зростала і до кінця року досягла 40 осіб. Керівництво дало доручення службі якості відстежити залежність відсотка бездефектної продукції, яка пред'являється з першого разу, кількості рекламаций, які надходять на завод, на продукцію з боку замовників і витрати електроенергії в цеху від кількості навчених робітників. Було складено *таблицю 3* даних по місяцях і побудовано діаграми розкиду (рис. 6, 7, 8). На них добре видно, що відсоток бездефектності підвищується, маємо пряму кореляційну залежність, кількість рекламаций зменшується, маємо зворотну ко-

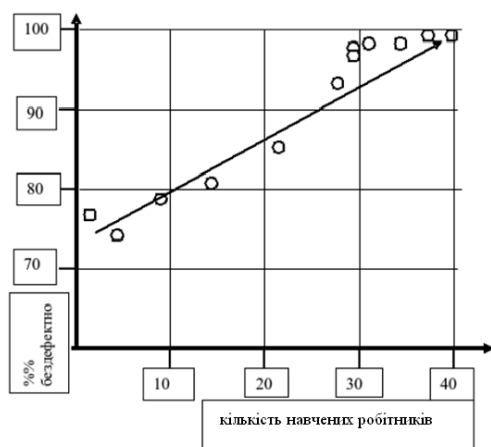


Рис. 6. Діаграма розкиду – залежність відсотку бездефектності від кількості навчених робітників [3]

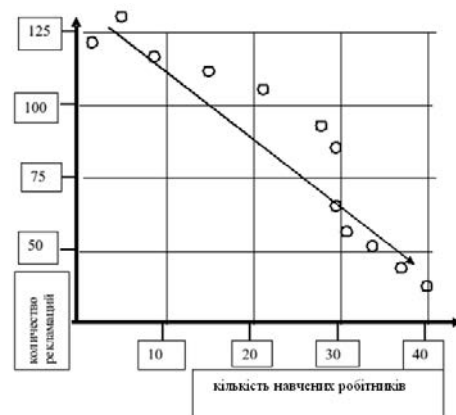


Рис. 7. Діаграма розкиду – залежність кількості рекламаций від кількості навчених робітників [3]

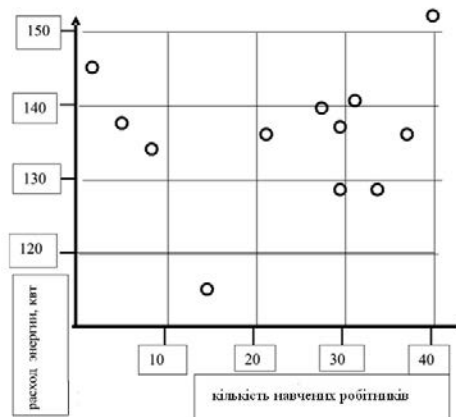


Рис. 8. Діаграма розкиду – залежність кількості витраченої електроенергії від кількості навчених робітників [3]

реляційну залежність, причому на діаграмах добре видно чітко виражена кореляційна залежність, яка визначається за кучністю точок та їх наближення до якоїсь точки. У нашому випадку це пряма лінія. Кількість витраченої електроенергії немає залежності від кількості навчених працівників.

Контрольні карти. Контрольні карти – спеціальний вид діаграми, вперше запропонований В. Шухартом у 1924 р. Вони відображають характер зміни показника якості у часі, наприклад, стабільності отримання розміру виробу. По суті контрольні карти показують стабільність технологічного процесу, тобто знаходження середнього значення параметра в коридорі значень, які допускаються, що складається з верхньої і нижньої межі допуску. Дані цих карт можуть сигналізувати про те, що параметр наближається до межі допуску і необхідно вже приймати запобіжні дії ще до того, як параметр вийде в зону браку, тобто такий метод контролю дозволяє запобігти появі браку ще на стадії його зародження в зварюальному виробництві конструкцій з легких сплавів. [7].

Існує 7 основних типів карт.

1. Відхилення середньоквадратичного відхилення середнього значення $\bar{x}-S$.

Таблиця 3. Дані по місяцях [4]

	Кількість навчених робочих	% бездефектності	Кількість рекламаций	Витрата енергії, кВт
січень	2	77	124	146
лютий	5	74	136	138
березень	9	78	120	134
квітень	15	81	115	115
травень	22	85	110	136
червень	26	93	90	140
липень	28	95	82	137
серпень	28	96	63	129
вересень	29	98	59	141
жовтень	33	98	51	129
листопад	35	99	45	137
грудень	40	99	38	153

- Відхилення розмахів $x-R$.
- Відхилення індивідуальних значень x .
- Коливання числа дефектів.
- Коливання числа дефектів на одиницю продукції u .
- Коливання числа дефектних одиниць продукції pn .
- Коливання частки дефектної продукції.

Усі карти можна розбити на дві групи. Перша контролює кількісні параметри якості, які становлять безперервні випадкові величини - розміри, маса і т.д. Друга для контролю якісних альтернативних дискретних параметрів (є дефект - немає дефекту) (табл. 4).

Наприклад, карта $x-S$. Коливання середнього арифметичного значення, коридор допуску є величина $3S$ (для нормального розподілу) або tS (для розподілу Стюдента), де S - середньоквадратичне відхилення середнього. Середина коридору - середнє арифметичне значення першого виміру. Значення цієї карти найбільш достовірні та об'єктивні. Загальний вигляд контрольної карти показано на рис. 9.

2. Використання «семи інструментів контролю якості» у зварювальному виробництві.

Сім основних інструментів контролю якості використовують для аналітичного вирішення проблем, тобто в ситуації, коли дані доступні, і щоб вирішити проблему, їх потрібно проаналізувати.

1. Діаграма причин та результатів. Ця діаграма використовується для виявлення факторів процесу, які впливають на результат. Зустрічаються

Таблиця 4. 7 основних типів карт [4]

Кarti кількісні			Кarti якісні			
			Число дефектів у вибірці		Число дефектних виробів	
$x-S$	$x-R$	x	C	u	pn	p
n велике	n мале	$n=1$	n постійне	n різне	n постійне	n різне

також назви: «діаграма Ісікави» або «діаграма риб'ячий скелет». У класичному варіанті фактори (причини) групуються за категоріями за принципом «5М»:

Man (людина) – причини, пов'язані з людським фактором;

Machines (машини, обладнання) – причини, пов'язані з обладнанням;

Materials (матеріали) – причини, пов'язані з матеріалами;

Methods (методи, технологія) – причини, пов'язані з організацією бізнес-процесів;

Measurements (вимірювання) – причини, пов'язані з методами вимірювання.

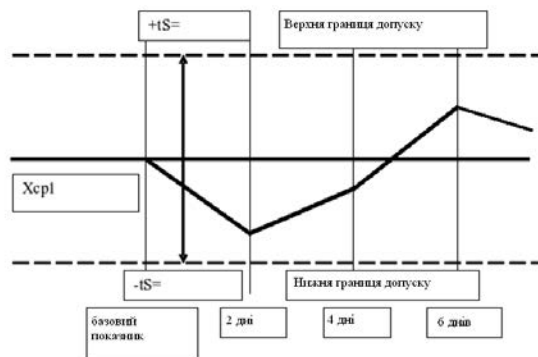


Рис. 9. Загальний вигляд контрольної карти [4]

Таблиця 5. Значення середнього параметра та верхньої і нижньої меж допуску [4]

Карта	Середнє	Верхня границя	Нижня границя
$\bar{x}-S$	$\bar{X}_{cp}$	$\bar{X}_{cp}+tS$	$\bar{X}_{cp}-tS$
$\bar{x}-R$	$\bar{X}_{cp}$	$D_3 \cdot \bar{X}_{cp}$	$D_4 \cdot \bar{X}_{cp}$
x	$\bar{X}_{cp} \cdot \bar{X}_{cp}$	$\bar{X}_{cp} + 2,66 \cdot \bar{X}_{cp}$	$\bar{X}_{cp} - 2,66 \cdot \bar{X}_{cp}$
C	$\bar{C}_{cp}$	$\bar{C}_{cp} + 3 \cdot \sqrt{\bar{C}_{cp}}$	$\bar{C}_{cp} - 3 \cdot \sqrt{\bar{C}_{cp}}$
u	$\bar{u}_{cp}$	$\bar{u}_{cp} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}_{cp}}{n_{cp}}}$	$\bar{u}_{cp} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}_{cp}}{n_{cp}}}$
pn	$\bar{p}_{cp}$	$\bar{p}_{cp} + 3 \cdot \sqrt{\bar{p}_{cp} \cdot (1 - \bar{p}_{cp})}$	$\bar{p}_{cp} - 3 \cdot \sqrt{\bar{p}_{cp} \cdot (1 - \bar{p}_{cp})}$
p	$\bar{p}_{cp}$	$\bar{p}_{cp} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}_{cp}}{n_{cp}} \cdot (1 - \bar{p}_{cp})}$	$\bar{p}_{cp} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}_{cp}}{n_{cp}} \cdot (1 - \bar{p}_{cp})}$

2. Контрольний лист – інструмент для збору даних та їх автоматичного впорядкування для полегшення подальшого використання зібраної інформації. Перевага контрольних листків – можливість їх використання працівниками, які працюють із комп'ютером. Якщо дані для подальшого аналізу виходять шляхом вимірювання безпосередньо на робочих місцях, контрольні листки дуже ефективні. Зрозуміло, якщо дані для аналізу вилучаються з баз даних, контрольні листки не потрібні, а дані відразу перетворюються на гістограму, діаграму Парето або розсіювання [8].

3. Діаграма Парето. Ці діаграми ранжирують проблеми за ступенем (частотою) впливу на результат. Свою назву вони отримали на ім'я економіста Вільфредо Парето, який в одній зі своїх наукових праць на рубежі XIX та XX століть показав, що в Італії 20% домогосподарств одержують 80% доходів. Термін «принцип Парето» у 1940-х рр. ввів у обіг американський фахівець у галузі менеджменту якості Джозеф Джуран. Аналіз Парето, як правило, ілюструється діаграмою Парето, на якій по осі абсцис відкладено причини виникнення проблем якості в порядку зменшення їх впливу на кількість невідповідностей (обсяг браку), а по двох осях ординат: а) кількість невідповідностей у штуках; б) накопичена частка (відсотки) вкладу у підсумкове число невідповідностей. Насамперед слід працювати з причинами, які викликають найбільшу кількість проблем в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів.

4. Гістограма – інструмент, який дозволяє візуально оцінити розподіл статистичних даних, згрупованих за частотою потрапляння в певний (заздалегідь заданий) інтервал. У класичному варіанті гістограма використовується для визначення проблем за допомогою аналізу форми розкидання значень, центрального значення, його близькості до номіналу, характеру розсіювання (рис. 11).

Коментарі: а) все добре: середнє збігається з номіналом, варіабельність у межах допусків; б) слід змістити середнє для збігу з номіналом; в) слід зменшити розсіювання; г) слід змістити середнє та зменшити

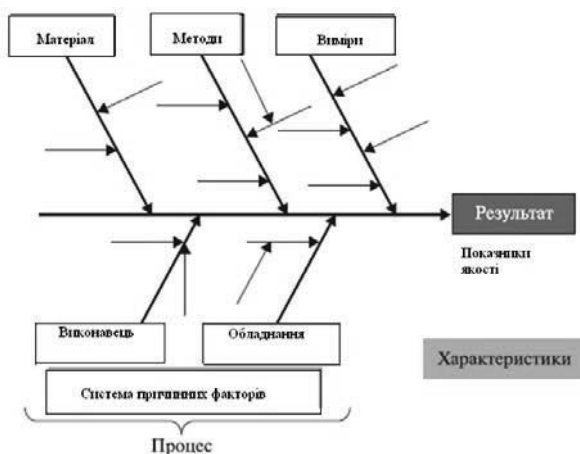


Рис. 10. Діаграма Іскави. Шаблон [5]

розсіювання; д) слід значно зменшити розсіювання; е) змішані дві партії; слід розбити на дві гістограми та проаналізувати їх; ж) аналогічно до попереднього пункту, тільки ситуація більш критична; з) необхідно зрозуміти причини такого розподілу; «обривистий» лівий край говорить про якісь дії щодо партій деталей; і) аналогічно до попереднього. [9].

5. Діаграма розкиду (розсіювання) – інструмент, який дозволяє визначити вид та тісноту зв'язку (кореляцію) між парами відповідних змінних. Такі діаграми містять дві сукупності даних, нанесених на графік у вигляді точок. Взаємозв'язок між цими точками показує залежність між відповідними даними. У Excel така діаграма має тип - «точкова».

6. Графіки - інструмент, який дозволяє провести аналіз даних з різних зрізів. Форми та цілі аналізу можуть диктувати використання різних видів графіків. По-компонентне порівняння даних краще демонструється за допомогою кругової діаграми. Якщо по-компонентне та позиційне порівняння показують взаємозв'язки в певний момент часу, то тимчасове порівняння відображає динаміку змін, його найкраще ілюструвати гістограмою або графіком.

7. Контрольна карта – інструмент, який дозволяє відстежувати хід перебігу процесу та впливати на нього, попереджаючи відхилення від пред'явлених до процесу вимог (або реагуючи на відхилення) в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів. Існує два типи варіацій: природні, пов'язані з розкидом значень навколо номіналу, властиві процесу; та спеціальні, поява яких можна пояснити конкретними причинами.

Оптимізація бізнесу з використанням «контрольних карток Шухарта». Контрольні карти служать для виявлення спеціальних варіацій. На графік наносяться точки, що відповідають окремим даним, лінія середніх значень (μ), верхня та нижня

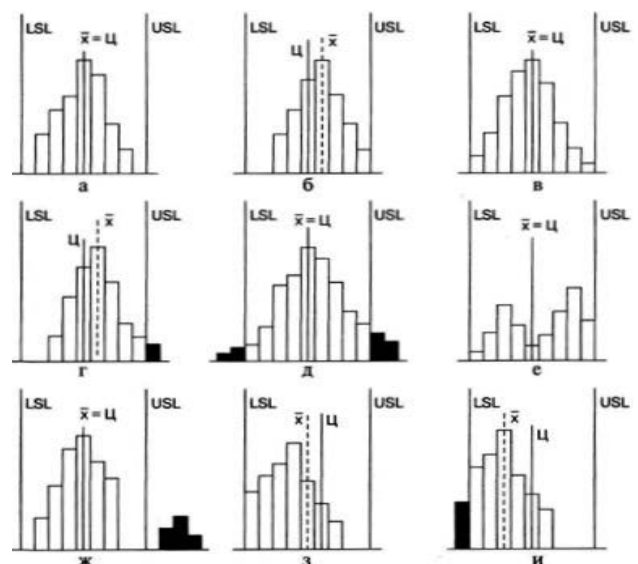


Рис. 11. Варіанти розташування гістограми стосовно технологічного допуску [6]

контрольні межі ($\mu \pm 3\sigma$). Якщо точки лежать у межах контрольних кордонів, не потрібно реагувати на відхилення від середньої лінії. Якщо хоча б одна точка вийшла за контрольні межі, необхідно провести аналіз можливих причин відхилення.

3. «Сім нових інструментів контролю якості» та інші нові методи аналізу в зварювальному виробництві.

Метою створення семи інструментів контролю якості було отримання можливості застосування методів контролю якості всім персоналом виробництва на будь-якій ділянці роботи. Проблеми, що залишилися, повинні були вирішуватися за допомогою якихось інших методів. Цими методами стали «сім нових інструментів контролю якості» (або сім інструментів управління процесом удосконалення):

- Діаграма родинних зв'язків;
- Діаграма взаємовідношень;
- Деревоподібна діаграма;
- Лінійна діаграма;
- Матрична діаграма;
- Аналіз матричних даних;
- Схема програми процесу вирішення.

«Сім нових інструментів контролю якості» відносяться до методів обробки головним чином словесних (описових) даних. Застосування цих інструментів є особливо ефективним, коли їх використовують як методи найбільш повної реалізації планів на основі системного підходу в умовах співпраці всього колективу підприємства. Ці інструменти були складені спільнотой UJSE (Union of Japanese Scientists and Engineers) у 1979 р. [10].

Розглянемо зміст цих методів та можливості їх застосування в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів.

Діаграма родинних зв'язків – це свого роду форма «мозкового штурму». Діаграма використовується як засіб збору даних в результаті обговорення (ідей, погляди, думки) та групування інформації за природними ознаками взаємин. Це – творчий інструмент (рис. 12).

Діаграма взаємовідношень – діаграма розкриває логічні зв'язки і послідовність проходження описаних факторів. Вона призначена для вияв-

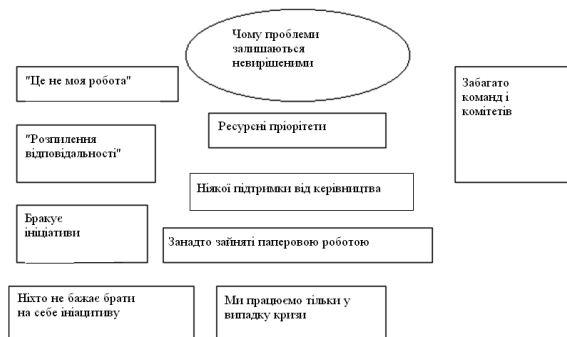


Рис. 12. Діаграма родинних зв'язків [7]

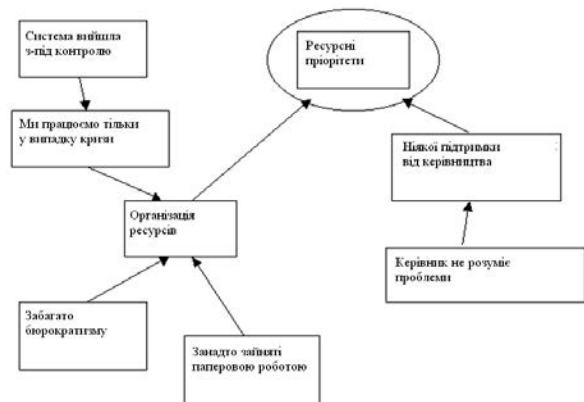


Рис. 13. Діаграма взаємовідношень [8]

лення логічних зв'язків між ідеями, згрупованими в діаграмі родинних зв'язків. Це творчий інструмент, у якому є і логічні аспекти (рис. 13).

Деревоподібна діаграма – дана діаграма перешкоджає тенденції стрибкоподібного руху у вирішенні проблеми. Вона використовується для:

- відображення повного переліку видів діяльності, необхідних для досягнення бажаної мети;
- визначення факторів, пов'язаних із проблемою.

Будується у вигляді багатоступінчастої деревоподібної структури, елементами якої є засоби та способи розв'язання (рис. 14).

Лінійна діаграма (стрілоподібна діаграма, мережевий графік) – використовується на етапі складання оптимальних планів тих чи інших заходів після того, як:

- визначено проблеми, які потребують вирішення;
- намічені необхідні заходи;
- визначено терміни та розмічено хід здійснення запланованих заходів.

За допомогою цього інструменту можна провести аналіз операцій, що повторюються, для підвищення їх ефективності.

Матрична діаграма – призначення цього інструменту: продемонструвати взаємовідносини між завданнями, функціями та характеристиками, та оцінити їхню відносну значимість. Вимоги споживачів базуються на основі характеристик якості, які замі-

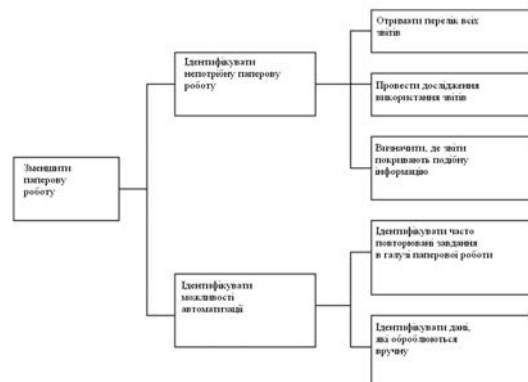


Рис. 14. Деревоподібна діаграма [14]

нують. Ця діаграма є ключовим моментом **Будинку якості**. На прикладі оцінюється діяльність компанії «Х» порівняно з двома конкурентами (табл. 6).

Аналіз матричних даних. Це єдиний із семи інструментів управління, який призначений для аналізу числових даних. Він потребує статистичних відомостей. Наочно подає дані матричної діаграми [11].

Схема програми процесу розв'язання. Дана схема застосовується для опису кожної події та непередбачених обставин, які можуть виникнути на шляху проходження від констатації проблеми до її вирішення (рис. 15).

Методи забезпечення високої якості технічного обслуговування (ТО) у кожній організації з технічного обслуговування (ОТО), застосовуються свої, але незалежно від статусу, відомчої підпорядкованості і форми власності підприємства в кожному з них створюється система управління і забезпечення якості ТО (скорочено «Система управління якістю» - СУЯ ТО). Вона являє собою сукупність організаційної та виробничої структури організації з ТО, де розподілені повноваження та відповідальність щодо забезпечення потрібного рівня якості ТО, а також процесів і ресурсів. Необхідних для здійснення політики організації в галузі якості технічного обслуговування авіаційної техніки (ТО АТ).

Перелік і послідовність виконання робіт щодо створення, впровадження та функціонування СУЯ

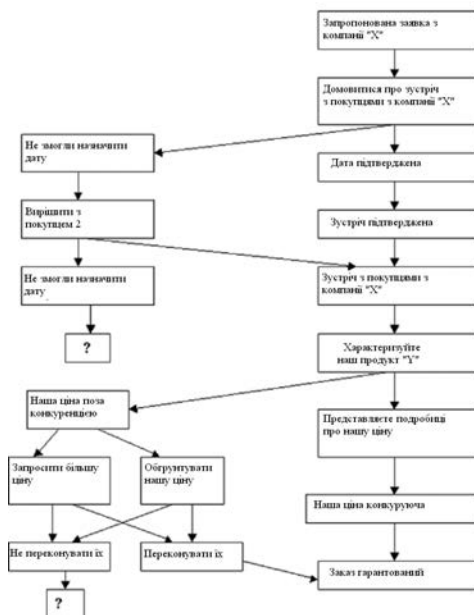


Рис. 15. Схема програми процесу вирішення, який описує як забезпечити виграш замовлення [11]

Таблиця 6. Результат дослідження думки споживачів [10]. Показники виведені за десятибальною системою

		Конкурент 1	Конкурент 2	Компанія «Х»
Вимоги споживача	Гнучкі терміни постачання	7	6	3
	Продукція без дефектів	8	5	3
	Ефективна система роботи з рекламаціями	9	6	2

організації з ТО АТ є аналогічними тим, які застосовуються в авіакомпаніях та аеропортах.

Організації з технічного обслуговування необхідно визначити бізнес-процеси та розробити їх організаційно-технологічні схеми (блок-схеми, карти). Розробка організаційно-технологічних схем супроводжується аналізом існуючої системи управління та внесенням, у разі необхідності, змін у виробничий процес і в організаційну структуру відповідно до вимог ISO 9001:2015. Приклад карти процесу СУЯ «Виконувати роботи з ТОіР АТ» наведено на рис. 16.

СУЯ ОТО охоплює всі стадії виробничого процесу ТО: матеріально-технічне забезпечення, розробку виробничих процесів; виконання всіх технологічних операцій; контроль стану АТ і якості її ТО; метрологічне забезпечення; забезпечення та аналіз надійності АТ; здавання АТ в ремонт і приймання її від ремонтних підприємств; освоєння нової техніки; розміщення, зберігання, транспортування й охорону АТ.

Основні принципи забезпечення якості показані на рис. 17.

Загальне керівництво СУЯ ТО здійснює начальник ОТО, який: визначає політику в галузі якості ТО АТ і забезпечує її погодженість з іншими напрямками діяльності авіапідприємства; розподіляє фінансові, матеріальні та інші ресурси підприємства; визначає відповідальність і повноваження підрозділів організації і службових осіб в галузі якості АТ; особисто бере участь у періодичних перевірках якості ТО у всіх підрозділах організації.

Заступником начальника з якості є начальник ВТК. У деяких ОТО може бути організовано службу управління якістю, до складу якої входять і ВТК. У цьому випадку заступником начальника з якості є директор управління якістю.

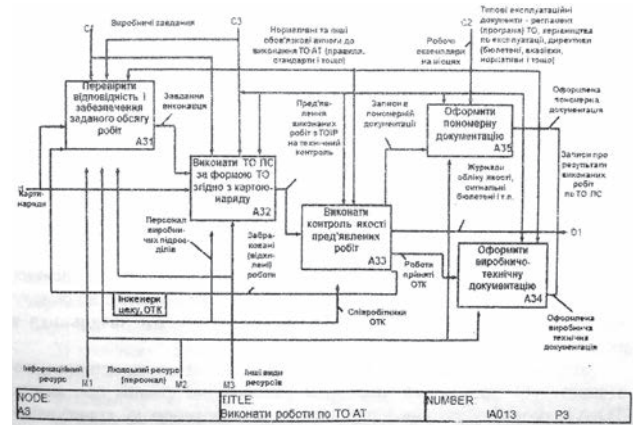


Рис. 16. Карта процесу СУЯ «Виконувати роботи з ТОіР АТ» [12]

Заступник начальника з якості забезпечує: загальне керівництво з якості ТО; збір, узагальнювання і аналіз інформації про якість ТО АТ; розробку заходів з підвищення якості; розробку коригувальних впливів при появі відхилень від заданих норм і контроль за їх виконанням; підготовку СУЯ ТО до сертифікації організації з ТО.

При цьому він організує і контролює доведення політики організації в галузі якості ТО до кожного робітника; розробку, впровадження і контроль за функціонуванням СУЯ ТО, що забезпечує реалізацію політики з якості; перевірку, аналіз ефективності СУЯ й її удосконалення; діяльність підрозділів організації в галузі якості ТО АТ; рекламацийно-претензійну роботу і здійснення взаємозв'язку з постачальниками з питань стабільного забезпечення якісним обладнанням і авіаційно-технічним майном; роботу з аналізу витрат та економіки якості ТО АТ.

Виняткове право скасовувати рішення заступника начальника з якості надається тільки начальнику організації. Заступник начальника з якості є членом Ради з безпеки польотів і має право контролювати якість матеріалів і роботи підрозділів підприємства, що не входять у структуру організації з ТО, якщо ці роботи впливають на якість ТО АТ і БзП, а також надавати пропозиції керівництву з питань якості ТО.

На основі викладеного вище можна зробити наступні висновки.

1. Існує сім інструментів управління якістю.
2. Діаграми спорідненості групують велику кількість ідей та показують їхній взаємозв'язок.
3. Діаграма зв'язку виділяє центральну проблему і визначає її зв'язки з факторами, які на неї впливають.
4. Деревоподібна діаграма розбиває завдання на базові елементи та показує логіку та послідовність зв'язків між ними.
5. Матричні діаграми, які можуть мати форму L і форму T, виділяють залежності між функціями у вигляді, який легко простежується.
6. Матриця пріоритетів або матричний аналіз даних перегрупує інформацію, представлену в матричній діаграмі, таким чином, щоб наголосити на силі кореляційного зв'язку між змінними.
7. Діаграма процесу здійснення програми показує події та можливі варіанти на шляху від постановки задачі до її вирішення.
8. Стрілоподібні діаграми разом із графіками Ганта

використовуються для аналізу виконання проєктів.

9. Бенчмаркінг дозволяє організації вчитися покращувати процеси та продукти.

10. Розгортання функції якості поєднує у собі матричні діаграми та матричний аналіз. Діаграма, яка при цьому отримується, називається **«Будинком якості»** або розгортанням Функції Якості.

Література

1. Аскарів Е.С. Управление качеством. Учебное пособие. Изд. 2. - Алматы: Pro service, 2007. - 256 с.
2. Имаи М. Кайдзен. Ключ к успеху японских компаний.
3. Пономарев С.В., Мищенко В.Я. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества. - М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. - 248 с.
4. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами.
5. ДСТУ ISO 9001:2015: Системы управления качеством. Требования (ISO 9001:2015, IDT).
6. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. Всеобщее Управление качеством: Учебник для вузов. /Под ред. О.П. Глудкина/ - М.: Радио и связь, 1999. - 600 с.
7. Управление качеством: Т.2. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Основы обеспечения качества. / Под общей ред. Азарова В.Н./ - М.: МГИЭМ, 2000. - 356 с. (ISBN 5-8125-0085-1).
8. Ван дер Вейк Г. Benchmarking. Управление наукой в странах УС. Т. 3 / - М: Наука, 1999. - С. 112-118.
9. Потап'євський А.Г., Бондаренко Ю.К., Логінова Ю.В., Артюх К.О. Аналіз ризиків на технічну безпеку джерел живлення та зварних конструкцій з використанням НК і ТД для виробництва. // Неруйнівний контроль та технічна діагностика. - 2019. - № 4. - С. 58-66.
10. Бондаренко Ю.К., Ковальчук О.В., Логінова Ю.В. Дослідження впливу джерел ризиків на технічну безпеку зварних конструкцій при експлуатації при впровадженні стандарту ДСТУ ISO 9001:2015. / 20-та Міжнародна науково-практична конференція з діючими семінарами «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика» (КСК-20), м. Одеса, 2020 р.
11. Бондаренко Ю.К., Ковальчук О.В., Логінова Ю.В. Исследование влияния источников рисков на техническую безопасность сварных конструкций при эксплуатации и внедрении стандарта ДСТУ ISO 9001:2015. // Сварщик. - 2020. - № 5. - С. 41-48.
12. Радько О.В., Мельник В.Б. Процеси та системи управління якістю в авіації: навч. посібник. - К.: НАУ, 2020. - 188 с.

●#2095

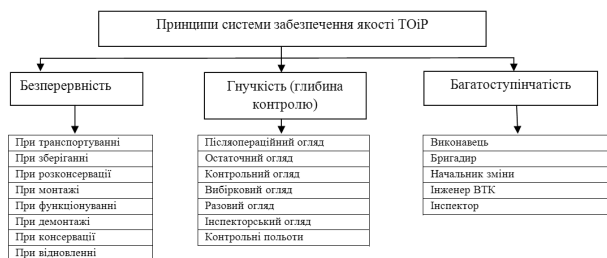


Рис. 17. Принципи системи забезпечення якості ТОiP [12]

У пошуках істини*

О.М. Корнієнко¹, д.і.н., к.т.н., ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

На початку 1977 р. Данило Андрійович Дудко повідомив, що є дві ставки молодших наукових співробітників.

– Зважайте на те, що Ви самі ініціювали боротьбу за першість. Ініціатива карається, як любить говорити директор, хоча сам висуває пропозиції на всіх рівнях. Втім, саме виступи та пропозиції Євгена Оскаровича, його проекти урядових постанов дали поштовх розвитку зварювальної науки та виробництва. До речі, Батя особисто приймав на роботу співробітників, розмовляв, а точніше влаштовував іспит кожному. Наприкінці 1943 р. він приїхав до Свердловська, в Уральський політехнічний, і вибрав трьох старшокурсників. Я витримав іспит. Та й Борис Євгенович до того, як стати президентом академії, сам розмовляв із молодими фахівцями. Тепер віддав наукові кадри на відкуп Бернадському. Щоправда, Борис Євгенович сказав, що за операцію Бернардос відповідає Ви особисто, тож узгоджувати із вченим секретарем не будемо. А керуватиме директор сам. Але, звичайно, зайвий раз навантажувати і спантеличувати його не слід. Підбирайте людей, не відкладайте. Робота не зовсім зрозуміла. Потрібні не просто спеціалісти, а ентузіасти.

Мені вдалося знайти висококваліфікованих спеціалістів. Вони вважали за честь працювати в прославленому інституті. І, що головне, вони з ентузіазмом сприйняли завдання захистити вітчизняний пріоритет.

Будяков Володимир Васильович працював в Інституті історії АН УРСР. Його рекомендував Микола Михайлович Матійко. Будяков закінчив Київський державний університет ім. Т.Г. Шевченка, володів французькою, англійською та іспанською. Займався історією Європи періоду індустріалізації. Навчався в одній групі з А.М. Зленко – тим, що представляв УРСР в ЮНЕСКО. У 1991 р. Зленко став першим міністром закордонних справ України і Будяков перейшов працювати у міністерство завідувачем архівного департаменту.

Сухомуд Раїса Степанівна працювала в Українському історичному архіві. Коли я звернувся, правда, без особливої надії знайти хоч якісь документи про Бернардоса, вона через два дні повідомила про його роботу у Фастові. Саме такі здібності «сищика» були потрібні для пошуку слідів винахідника. До того ж, Сухомуд закінчила Московський історико-архівний інститут, знала архіви Москви, Ленін-

града. За допомогою неї нам довелося опановувати особливості роботи в архівах, освоювати методи пошуку документів.

Директор ОКТБ О.І. Чвертко прикріпив до нас досвідченого конструктора Германа Вікторовича Баранова. Він за малюнками і схемами з патентів і книг почав робити проекти пальників і апаратів Бернардоса, передавав креслення в майстерні інституту. Стежити за виготовленням, виконувати всі інші виробничі роботи ми доручили Леоніду Михайловичу Пінтову. Цей досвідчений зварник з лабораторії плазмового зварювання залишився працювати над першим у світі способом зварювання вугільним електродом.

Борис Євгенович уважно прочитав анкети Будякова та Сухомуд, підписав заяви та завдання кожному. Йому сподобалося завдання Пінтову – зібрати зварювальний пост та відтворити процес зварювання «по Бернардосу», причому саме з'єднань та деталей, які будуть вказані в патентах та інших джерелах.

Я і обидва професійних історика приступили до штурму архівів. Головне завдання – зібрати заявки, креслення, схеми та описи винаходів, статті самого винахідника та публікації про нього, інші документи про життя та діяльність М.М. Бернардоса, особливо – умови роботи, можливості застосування електричної енергії наприкінці 1870-х – на початку 1880-х рр.

Робота велася за декількома напрямками: вивчення вітчизняних та зарубіжних наукових джерел; пошук документальних даних; ґрунтовне знайомство з історичним тлом, станом електротехніки, металургії та промислового виробництва складних інженерних конструкцій; аналіз патентних законів; перегляд сімейного архіву. Треба було довести, що Бернардос мав можливість, що було потрібне зварювання і він зумів розробити електрозварювання самостійно, демонстрував уже повністю готове технічне рішення, але чомусь не зміг запатентувати його відразу. Крім того, необхідно було проаналізувати винаходи О. Мерітана та М.М. Бернардоса, оцінивши їх технічні можливості і вплив на подальший розвиток зварювального виробництва, зрозуміти, чому спосіб не зв'язувався з ім'ям невідомого французького електротехніка, винахідника магнето.

Багато біографічного матеріалу про Миколу Миколайовича: його родовід, діяльність діда та батька, адреси життя в С.-Петербурзі та ін. були

* – УДК 621.161: 004(09): 608.3

1 – Корнієнко О.М.: <https://orcid.org/0000-0001-5784-0930>

© О.М. Корнієнко, 2022

вже відомі з сімейного архіву. Причому у списку винаходів, написаних своїми руками, «Електрогефест» був відзначений ним у 1881 р. Щоправда, цього було замало для підтвердження пріоритету.

Вітчизняні та зарубіжні публікації біографічних відомостей не містили. Вони стосувалися лише винаходів Бенардоса, але з них можна було встановити, що ще у 1887 р. в французьких, німецьких, американських та російських журналах писали, що саме російський електротехнік винайшов електрозварювання, що й демонстрував у 1881 р. І як це зазвичай буває, сучасники – колеги мало цікавилися подробицями особистого життя, принаймні записів не залишили.

Однак, слід знати, що у той час патенти брали, як правило, не відразу після того, як створювався винахід, не після вирішення певного технічного завдання, а після знаходження коштів для виплат мит та засобів для реалізації (впровадження) винаходу. Якщо експлуатація протягом нетривалого терміну (1-3 роки) не була налагоджена, патент анулювали. Враховуючи, що патенти майже у всіх країнах Європи видавалися тоді без вказівки дійсного автора, часто просто будь-якої компанії чи анонімного товариства, вважати патент документом, що підтверджує пріоритет чи авторство не можна. Більше того, у ряді країн (наприклад, у США) пріоритет можна довести і заперечувати патент на підставі документів, що підтверджують більш ранню дату, наприклад записами в лабораторних журналах. Головне – патент коштував дорого, видавався на обмежений термін, протягом якого бажано було отримати прибуток. А для цього треба було організувати, як згодом стали називати, впровадження, знайти фінанси, інвесторів.

Офіційні листи до архівів Москви, Ленінграда, Києва, у Костромський та Іванівський обласні архіви, підписував заступник директора Д.А. Дудко. Майже відразу приходила відповідь із дозволом. І раптом дзвінок Любові Григорівни: «Борис Євгенович отримав якийсь незрозумілий лист. Напевно, це з Вашої роботи?».

У перерві між нарадами зазирнув у кабінет. Директор кивнув головою, взяв папірець.

– Архів МЗС вимагає від мене гарантії, що мої працівники мають допуск до секретних робіт. Ваша робота? Ви зможете тримати в таємниці те, що дізнається? Цікаво, які це таємниці. І що Ви хочете дізнатися?

– Потрібно перевірити, коли Бенардос виїжджав за кордон, що робив. Щоправда, невідомо, чи фіксувалися такі відомості. Можливо, цим займалося Міністерство внутрішніх справ. Щоправда, тепер я не впевнений, чи слід туди потикатися. Виходить, якщо ми щось і дізнаємося, то повідомляти не можна.

– Ваш план правильний. Потрібно перевірити, чи є документи. До речі, Оскар Петрович був кон-

сулом, а Євген Оскарович народився у Ніцці. Якщо що дізнається, теж нікому не кажіть.

– А вам? – пожартував я.

– Мені можна. Готуйте гарантійний лист.

Я та Будяков поїхали до Москви. Гарантійний лист за підписом Патона відкрив нам найбільш сприятливе ставлення. Але насамперед попередили, що у справах можуть бути документи про договори між державами, великими фірмами, доповіді дипломатів та інші документи, і їх розголос може викликати міжнародний скандал.

На жаль, про Бенардоса матеріалів вони не знайшли. Нам видали дві папки: «Є.О. Патон – консул у Ніцці» та «Є.О. Патон – консул у Бреславлі». Послужні списки містили докладні біографічні дані, список занять, нагороди, сімейний стан, навіть час відпусток. Все це російською мовою, чітким почерком гарних писарів, пошито червоними нитками та закріплено сургучними печатками. А ось більшість звітів і доповідей були написані твердим упевненим почерком французькою. Будяков перекладав, я записував зміст найцікавіших документів.

Виявилося, що хрещеним батьком Євгена Оскаровича був Великий князь В'ячеслав Костянтинович, двоюрідний брат Російського імператора. І ми зрозуміли чому він погодився ним бути – консул повинен стежити і дбати (а за доповідями було ясно, що і повідомляти про поведінку) про російських підданих, які, мабуть, приїжджали розслабитися. Але це була не найважча та найвідповідальніша робота. Ніцца в цей час була на стику інтересів Франції та Італії і була улюбленим курортом російської знаті, між іншим, і вчених (С.В. Ковалевської та ін.). Він же оберігав їх усіх, відповідав за них. І життя у консула було зовсім не курортне. До порту часто заходили російські кораблі, і Оскар Петрович допомагав оформляти документи, надавати комерційні поради тощо. Тобто, крім політики, він мав добре знати закони, стан економіки та діяльність окремих фірм.

З нашими нотатками та ксерокопіями послужних списків і найцікавіших доповідей я зайшов до Бориса Євгеновича. Я знав, що в родині Патонів іноді спілкуються французькою, а Євген Оскарович випадково звертався на ньому до В.І. Дятлова та І.І. Фруміна. Справді, Борис Євгенович з цікавістю переглядав усі папірці, не зважаючи на те, якою мовою вони написані.

Він закрив папку і сказав: «Я заберу додому, покажу своїм. Це цікаво, бо Євген Оскарович розповідав мало. Час був такий, що про минуле краще було помовчати. Щоправда, в «Воспоминаниях» він написав, що народився у сім'ї військового інженера, тобто мій дід був із технічною освітою. Але цікаво, що він був у гальванічній команді, при обороні Балтійського узбережжя. Я так розумію, що вони займалися застосуванням електрики у створенні озброєнь.

На це питання я не міг відповісти, але прийняв його як додаткове завдання.

Майже рік наша команда працювала у МЗС, Центральному державному архіві Жовтневої революції, Центральному державному історичному архіві СРСР (ЦДІА) та, крім того, у Державній бібліотеці ім. Леніна у Москві та бібліотеці ім. Салтикова-Щедріна у Ленінграді. Досить швидко нам вдалося документально підтвердити або спростувати більшість епізодів біографії Бенардоса. Ми відкоригували та значно поповнили дані, викладені у книгах К.К. Хренова, В.П. Нікітіна та А.С. Огієвського з Л.Д. Радунським. Через Торгово-промислову палату СРСР ми отримали копії заявок чи іноземних патентів.

Проте мені здавалося, що прогалини у біографії заповнюються повільно. Бракувало документів про життя та діяльність у 1870-х – початку 1880-х р. у м. Лух Юр'євського повіту Костромської губернії та у Петербурзі. Пошуки в архівах, де могли б зберегатися відомості про виїзд винахідника за кордон і його звернення там, не принесли позитивних результатів. Бенардос не згадувався ні в поліцейських досьє, ні в повідомленнях послів та консулів.

Захоплення Бенардоса електрикою підтверджується знайденими у архівах документами його роботи з П.М. Яблочковим у період не пізніше 1880 р.

У товаристві «Яблочков – винахідник і К^о» у Петербурзі працювали майже всі відомі російські електротехніки. Потрібно було вивчити діяльність П.М. Яблочкова – керівника фірми, де працював тоді М.М. Бенардос. Уряд Франції особисто запросив кавалера Ордена Почесного легіону П.М. Яблочкова братиме участь у Всесвітній електричній виставці. Наприкінці 1880 р. винахідник російського світла приїжджає до Парижа і незабаром викликає сюди Бенардоса. Базою для підготовки експозиції Яблочкова в Парижі була електротехнічна лабораторія, директором якої був російський фізик М.І. Кабат.

З хронологічного списку його винаходів та оригіналів-креслень можна встановити, що у 1880 р. у Петербурзі Бенардос працював над електродвигунами. Проблеми, мабуть, були серйозними, тому що жодні інші проекти з його списку 1880 р. не згадуються. Список 1881 р. відкривається «ручною машинкою для ізолювання кабелю стрічкою» (зазначено місце – Михайлівський замок у Петербурзі, де були електротехнічні лабораторії), потім – «машинка для ізолювання проводів нитками, фометр – прилад для випробування міцності та доброякісності металевих частин, прилад для охолодження повітря у квартирі». Ідеї останніх винаходів з'явилися торік у Закаспійській області (тут компанія Яблочкова робила електричне висвітлення у штабі російських військ, у палацах шаха Ірану). Наступний запис відкриває велику серію

паризьких винаходів, що практично повністю відносяться до електротехніки: «43) гофровані акумулятори, патент Кабата, на якому той нажив 800 000 франків; 44) електродугова лампа; 45) підсвічник для свічки Яблочкова з автоматичним переведенням струму; 46) електричне паяння металів – електрогефест; 47) акумулятор з порошку кристалічного свинцю, 1882, Париж; 48) комутатор для ламп розжарювання...».

Використовуючи в 1881 р. електродугове зварювання як технологічний процес, що полегшує виготовлення та монтаж експонатів Яблочкова, винахідник ще не надавав особливого значення новому способу з'єднання. У списку винаходів «електрогефест» стоїть у низці інших робіт. Багато років по тому, на своєму фотопортреті, подарованому синові, він підписується: «Винахідник Електрогефесту», – виділивши тим самим лише один свій винахід. Ймовірно, використати свій метод Бенардос почав відразу ж після прибуття до Парижа; часу до відкриття виставки залишалось мало, тому винайдений ефективний спосіб з'єднання виявився доречним. Виставка відкрилася 16 серпня 1881 р. і Бенардос, звільнившись від підготовки експонатів, зайнявся лампами розжарювання. Таким чином, російський винахідник демонстрував дугове зварювання ще у серпні 1881 р.

Для того, щоб вирішити проблему авторства з врахуванням патентного права, економічної захищеності, технічних можливостей та ін. чинників, необхідно було відповісти на питання: де знаходився Бенардос при створенні зварювання, чим займався, які матеріальні засоби мав в своєму розпорядженні, чи була у нього особиста потреба в новому способі з'єднання; чи був він готовий до висунування нових ідей і чи міг реалізувати їх? На жаль, період життя і діяльності винахідника зварювання в 1870-1880 рр. не задокументований і описи цього періоду різними дослідниками багато в чому розходилися. Щодо м. Лух, то біографи не писали про можливість створення електрозварювання. Де там було взятися електриці? У міру вивчення нами губернських та повітових статистичних звітів, газет, повідомлень поліцмейстерів та рекламних проспектів, міських довідників, церковних книг та описів некрополів, популярних журналів та фотоальбомів, експонатів музеїв та приватних колекцій, у мене виникла гіпотеза про те, що електродугове зварювання знадобилася Бенардосу для будівництва пароплава, що переходить мілини.

Сам винахідник у рукописних списках, щоденниках, у випущеній ним книзі про пароплав, у 1870 р., проживаючи у м. Лух, реалізує свої проекти, у т. ч. проекти великих металомістких конструкцій (конструкції пароплава та ін.). Ближче за всіх до відповіді на питання про технічні можливості Бенардоса підійшов В.Є. Бочков, який звернув



Рис. 1. Народження електрозварювання.
Художник В.І. Щетиніна, 1980 р.

увагу, що у м. Кінешмі неподалік Луха, в 1870-х рр. був створений один із перших російських електротехнічних заводів, де виробляли дугові світильники. З 1878 р. власником заводу став приятель Бенардоса електротехнік А.І. Бюксенмайстер. Ми висунули гіпотезу – Бенардос використовував нагрівання електричною дугою, щоб нагрівати для ковальського зварювання ділянки великих виробів, які не можна було засунути в піч, і випадково виявив, що кромки сплавляються і навіть без ковальського проковування. Тобто виникла нова технологія з'єднань – дугове зварювання (рис. 1).

Як і обіцяли, ми показали Борису Євгеновичу процес зварювання тримачем, відновленим за кресленнями першого винахідника з патентів та статей (рис. 2). Директор сам узяв тримач і особисто відтворив перший спосіб дугового зварювання – зварив з'єднання сталевих пластинок. Вийшло непогано. Задоволений, він сказав: «Треба зварити різні види з'єднань. Мені, щоправда, зараз ніколи, та й у Пінтова це виходить красивіше».



Рис. 2. Перші у світі тримачі для дугового зварювання

Якось заступник директора академік Сергій Іванович Кучук-Яценко, помітивши з якою великою цікавістю Борис Євгенович слухає розповідь про наші дослідження, порадив із гарними звістками приходити до директора з ранку. Справа в тому, що зазвичай перед нарадами, Патона навантажують різними проханнями і він починає розбиратися, дзвонити, писати записки, загалом, використовує знайомство та телефонне право. А я за порадою Дудко, намагався не завантажувати Бориса Євгеновича зайвою інформацією про свою роботу «слідом Бенардоса».

І ось, щоб якось порадувати Бориса Євгеновича, ми одночасно, паралельно з плановою роботою, зайнялися пошуками матеріалів про Патонів у тих самих архівах. Щоразу, повертаючись із Москви, з документами з Центрального державного військово-історичного архіву, або з Ленінграда – із ЦДІА, я зранку видавав Борису Євгеновичу інформацію про його предків. Тим більше, що виявилось, Бенардоси і Патони брали участь в одних і тих же історичних подіях. Та й батько М.Г. Слов'янова також брав участь у Кримській або, як її називають на заході, у Східній війні.

Намагаючись дотримуватися виразів і стилю архівних документів, я склав короткий опис діяльності предків Бориса Євгеновича. Через обмежений обсяг цієї мемуарної статті не буду його повторювати. З того часу я його доповнював і багато разів передруковував. І, як завжди, «колеги» не забули приєднатися, доповнити, спотворити і розширити, забуваючи згадувати першоджерело.

А тоді, у 1979 р., через кілька днів я пішов до Бориса Євгеновича, щоб дізнатися, що робити з цими матеріалами. У кабінеті вже був С.І. Кучук-Яценко. Директор махнув рукою, запрошуючи зайти. Не знаю, що приємного сказав його заступник до мене, але Борис Євгенович був явно у гарному настрої. Я ніколи не бачив, щоб він хвалився.

– Послухай, Сергію Івановичу. Не поганий у мене родовід. Прадід, Петро Іванович з 16-ти років воював із Наполеоном, геройські бився у битві за Париж. Потім освоював цілині землі у Херсонській губернії, організовував військові поселення. До речі, у поселенні, яке буде містом Вознесенськ у Миколаївській області, народився мій дід. А Микола Бенардос теж народився у теперішній Миколаївській області – земляки. А Петро Іванович у 1840-х рр. вже генерал-майор, командував штурмом фортець на Чорноморському узбережжі Кавказу, звільнив від турків землі теперішнього Краснодарського краю, відвоював Абхазію. Між іншим, прадід і дід нашого Бенардоса – винахідника теж воювали з Наполеоном, тільки генералами, і дійшли до Парижа. А мій дід, Оскар Петрович, той, що народився у Вознесенську, навчався у Петербурзі у Військово-інженерному училищі. Між іншим, в

одній групі з Федором Михайловичем Достоевським навіть разом сиділи на гауптвахті за те, що прогуляли нічну перевірку, разом почали перекладати та писати оповідання. Але найцікавіше – там серйозно вивчали науку та техніку. Оскар Петрович був у лейб-гвардії, в інженерній команді, розробляв та впроваджував телеграфний зв'язок та підводні міни з іскровим або дуговим запалом. Вибухом керували дистанційно, точно під кораблем.

У 1853 р., на початку Кримської війни, кораблі англо-французької ескадри підірвалися біля Кронштадта і забралися з Балтійського моря. Між іншим, до Криму до Севастополя постачав свої міни Еммануель Нобель, власник механічного заводу в Петербурзі. Це його син заснував Нобелівську премію. Міни Нобеля – батька були халтурні, не спрацьовували. Тоді Нахімов і затопив російські кораблі, закрив бухту. А командував артилерією в Альменській битві Микола Пантелєєвич Бенардос. До речі, Еммануель після здачі Севастополя втік із Росії».

Хоча я вже звик до того, що у Бориса Євгеновича чудова пам'ять, але не приховав подиву, слухаючи цей монолог. А Сергій Іванович здивувався історією діяльності предків Бориса Євгеновича: «Це все потрібно негайно опублікувати. Про це ніхто не знає».

– Щодо все і негайно я не впевнений. Може бути, і не все повинні знати – відповів Борис Євгенович.

– Але хоч би до 110-річчя народження Євгена Оскаровича, – не заспокоювався Сергій Іванович.

– Це не така кругла дата. Нічого особливого відзначати не треба. Підготовкою до конференції та іншим займеться Єфетов та його команда. А що як друкувати – треба подумати.

Борис Євгенович якось спантеличено подивився на мене, помовчав, мабуть, роздумуючи, чи слід видавати таку інформацію. І нарешті сказав: «Корнієнко опублікує статтю в журналі з історії науки та техніки. Зв'яжіться з Матійком. Вони в Інституті історії випускають «Нариси з історії природознавства». З упором на техніку, менше політики. А публікувати розгорнутий родовід поки що відкладаємо. Тим більше, що боротьбу за пріоритет треба продовжувати. Тут багато роботи. Реалізувати грандіозні ідеї непросто. Згодні?»

– Звичайно. Тим більше, що ще є робота з «Українською радянською енциклопедією». Питання по літері «П». Статті про Євгена Оскаровича та про Вас хто напише? Точніше, я можу написати, а підписувати необов'язково. Багато статей йдуть без підпису.

– Зробимо так – статтю про мене пише та підписує Лебедев, про Євгена Оскаровича – Ви пишете та підписуєте. Бо ще подумують, що я сам написав. – пожартував Борис Євгенович.

Але те, що далі сказав директор, було не смішно.

– До мене звернувся академік Тронько. Петро Тимофійович понад 20 років був заступником голови Ради Міністрів УРСР. Він засновник та голова Українського товариства пам'яток історії та культури. У секцію, або як там у нього – відділ, потрібний голова – керівник. Громадська робота, безкоштовна, іноді збираються активісти. Автоматично – член Головної ради. Адже ви, як і всі, обов'язково – член товариства, внески платите? Я вас рекомендую.

– А хто там у цій секції?

– Я так і спитав у Тронька. У республіканській секції збираються поговорити здебільшого доктори наук, історики, техніки, викладачі. У відповідних обласних секціях також високоосвічені люди. Головне – ентузіасти. Довго головою секції був академік Швець. Він до минулого року був академіком-секретарем осередку у нас в академії. Йому майже 80 років. Пішов на відпочинок.

– Борис Євгенович. Адже я навіть не доктор наук. І я вже заміню одного академіка. Чи може достатньо роботи за академіка Хренова? Навіщо я там потрібний? Якось не авторитетно. Та чи впораюся? – Спробував я відмовитися від нового доручення.

– Впорайтесь. Що за проблема. У товаристві два десятки штатних співробітників. Петро Тимофійович сказав, що вони займаються всіма оргпитаннями, ведуть усю документацію. Потрібен лише зиц-голова секції, він же член головної ради. Вам ніякого ризику. Адже ви знаєте – у характеристиці на старшого наукового співробітника вказують участь у громадському житті. Товариство пам'яток впливове – підписують дозволи на знесення та будівництво, реставрують, будують. Мені там потрібна своя людина. Я обіцяв, що ви під'їдете. Це біля Печерської Лаври.

– Гаразд. Я так розумію, що можна у робочий час. Познайомлюсь. Тим більше, до Тронька у мене серйозне питання.

– Що за питання? Я здогадуюсь, що Ви хочете розпочати знайомство з якихось претензій.

– Тронько керівник 26-томної «Історії міст і сіл України». І у величезному томі про Миколаївську область, де в кожному селі вказані борці за волю, передові доярки, партизани-підпільники та ін. знатні та не дуже знатні уродженці, не згадується наш Бенардос. Хоча його дід на землях, звільнених від кримчаків, ногайців, буджаків та інших турецьких васалів, заснував три села. Бенардосівку в 1950-х рр. перейменували на Мостове. Добре, що не знають, що Єлизаветівка та Катеринівка названі на честь бабусі та матері винахідника...

Зварювання та споріднені технології – бойовому ракетобудуванню.

Частина 7. Конструкції та зварювання ракетних двигунів*

Л.М. Лобанов, академік НАНУ, д.т.н., О.М. Корнієнко¹, д.і.н., к.т.н., ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

Проблеми, що виникали на шляху ракетобудування, спонукали до прискорення досліджень фундаментальних та прикладних технічних наук, збагачуючи їх новими методами вивчення природи, унікальними науковими даними. Основним завданням для технологів було створення спеціальних матеріалів та технологій виробництва з них надійних конструкцій. Серед них була робота з виготовлення стартових комплексів, будівництво крупних імітаторів умов космосу, джерел енергії, пристроїв життєзабезпечення та бортових двигунів космічних систем та бойових головок, нового покоління газотурбінних двигунів.

З початку гонки ракетних озброєнь у США пріоритетним напрямом була розробка стратегічних ракет на твердому паливі. Форсування твердопаливної тематики було викликано труднощами тривалого зберігання на стартовій позиції (тобто в заправленому стані) рідинних ракет класу «Титан» через порушення їхньої герметичності. У 1960 р. на озброєння США було здано твердопаливні тактичні ракети морського базування «Polaris» («Полярис» – Полярна зірка). У 1957 р. почалася розробка, а у 1962 р. прийнята на озброєння перша у світі твердопаливна міжконтинентальна балістична ракета (МБР) «Minuteman» («Мінітмен» – ополченець), побудована компанією Боїнг. Виробництво нових ракет велося швидкими темпами – понад 800 ракет було виготовлено з 1962 по 1965 р. Фактично, що доби у 1963–1964 рр. до ладу вступало по новій ракеті.

У 1965 р. вступила в дію вдосконалена модифікація «Мінітмен-2» з дальністю стрільбини 11 тис. км та потужною моноблочною головною частиною (ГЧ). У 1970 р. введена в дію МБР «Мінітмен-3», оснащена трьохблоковою ГЧ, що розділяється, з дальністю стрільби понад 12 тис. км. Для серійного виробництва оптимізувалися конструкції та вдосконалювалися технології. На середину 1970-х гг. Пентагон мав 1000 МБР. З іншого боку, на початку 1970-х гг. було ухвалено рішення про створення МБР під умовною назвою «Peace keeper» («Хранителька миру»), яка значно перевершувала за тактико-технічними даними попередні проекти.

Тим не менш, МБР «Minuteman» є одна з наймасовіших МБР в історії. В даний час, на озброєнні США знаходяться: ці наземні Мінітмен і твердопаливні ракети «Trident» («Трайидент» – Тризуб) для підводних човнів.

СРСР відставав від США за якістю та кількістю бойових ракет. Створення твердопаливних двигунів у СРСР тривалий час стримувалося через відсутність ефективних висококалорійних змішаних твердих палив, спеціальних конструкційних матеріалів з високою питомою міцністю та жорсткістю для корпусів двигунів, ерозійно-стійких теплозахисних та конструкційних матеріалів, працездатних при температурах до 3500 °С. КБ, НДІ та заводські лабораторії ракетно-космічної галузі разом із установами АН СРСР, республіканських академій та вузів взяли участь у досягненні паритету.

Вже на початку 1960-х рр. знадобилися русійні установки для розміщення елементів бойової оснастки: акумуляторів тиску для викиду ракети при мінометному старті та для поділу ступенів, двигуни систем виведення, орієнтації та стабілізації головних частин, а також викидання хибних цілей.

У 1966–1967 рр. проектні дослідження з твердопаливних ракет провели КБ Південне (КБП, генеральний конструктор М.К. Янгель) та Московський інститут теплотехніки (МІТ, генеральний конструктор А.Д. Надірадзе). Міністерством оборони СРСР був прийнятий проект МІТ рухомого ґрунтового комплексу «Темп-2С» з трьохступінчастою ракетою 15Ж42 та проект КБП ракети 15Ж43 для шахтного та рухомого залізничного базування. Для ракет було розроблено маршеві, резервні, управляючі твердопаливні двигуни. Використовували паливо, розроблене НВО «Алтай», Люберецьким НВО «Союз» та ін.

Проте, слід зазначити і певні переваги рідинних ракет порівняно з твердопаливними. Це і можливість більш точного попадання в ціль, і проста технологія виготовлення, незважаючи на складнішу конструкцію, нарешті, застосування для виготовлення конструкцій більш простих матеріалів, в основному – алюмінієвих сплавів та сталей.

* – УДК 001.32(477); 62:930:087.5; 621.791:629.76

¹ – Корнієнко О.М.: <https://orcid.org/0000-0001-5784-0930>

© Л.М. Лобанов, О.М. Корнієнко, 2022

На вимогу ракетобудування досліджували, розробляли та виробляли нові спеціальні матеріали. Протягом 1960-1980-х рр. в номенклатуру металевих матеріалів було введено десятки нових сплавів заліза (сталей та ін.), сплави на основі титану, міді, алюмінію, рідкісні для техніки метали та їх сплави (цирконій, ніобій, берилій, вольфрам). Робили технології зварювання соплових апаратів та теплообмінників, двигунів та ін. енергетичних систем.

Провідною установою з розробки зварювальних технологій нових конструкцій було призначено Інститут електрозварювання (ІЕЗ) ім. Є.О. Патона АН УРСР. ІЕЗ почав вирішувати проблеми ракетобудування, зокрема виконувати завдання Головного конструктора двигунів В.П. Глушка.

З початку 1960-х рр. в ІЕЗ розгорнулися науково-дослідні роботи зі створення високолегованих двофазних сталей, результати яких вирішили ряд проблем систем запуску, підвищення та стійкості до агресивного середовища. У діяльності ІЕЗ було започатковано новий напрям – зварне кріогенне матеріалознавство. Науковий пошук, який проводився у відділі під керівництвом К.А. Ющенка був спрямований на удосконалення високоміцних легованих сталей та розробку зварювальних матеріалів та технологій зварювання відповідальних конструкцій.

У 1970-х рр. ІЕЗ та Фізико-Технічний інститут низьких температур АН УРСР разом із НВО «Кріогенмаш» та ЦНДІ ім. І.П. Бардіна виконали великі дослідження зі створення добре зварюваних сталей для кріогенної техніки і розробили принципи виробництва у промисловості спеціальних стійких до низьких температур сталей. Кріогенні сталі стали вкрай необхідні для надійної подачі палива при наднизьких температурах і при тисках в багато десятків Мн/м² і витратах до декількох т/сек. Разом з тим вага двигуна має бути якнайменше.

На початку 1980-х рр. для прискореного впровадження в промисловість результатів наукових та технологічних досліджень на території заводу Спецелектрометалургії ІЕЗ були створені цехи електронно-променевої технології та електрошлакового переплаву.

Тут було організовано виробництво печей для виплавки нових високоякісних сталей для ракетних двигунів, підйомно-транспортних конструкцій та вузлів, що працюють за наднизькими температурами. Одночасно розгорнулося виробництво великогабаритних автоматизованих камер для електронно-променевого зварювання обичайок та інших конструкцій ракет-носіїв. У 1985 р. на ділянці титанового переплавлення розгорнулося виробництво високоякісних зливоків титанових сплавів. Разом зі спеціалістами УкрНДІ Важкого машинобудування (Важмаш) та Павлоградським механічним заводом (ПМЗ) розробили технологію електронно-променевого зварювання (ЕПЗ) корпусів соплових блоків із титанових сплавів, що дозволило підвищити

конструктивну міцність вузла, зменшити його масу та знизити трудомісткість. До нових матеріалознавчих і технологічних рішень, які застосували при розробці ракетних двигунів, слід також віднести технологію виготовлення силових оболонок розтруба, розроблену КБП разом з УкрНДІ Важмаш та ПМЗ. У КБП та ПМЗ інтенсивно досліджували й інші технології виготовлення ракетно-космічних конструкцій: зварювання, зміцнення, пайка тощо.

На основі проектних, конструкторських та технологічних розробок двигуна 15Д15 був створений ряд модельних та досвідчених двигунів, призначених для експериментального випробування нових палив, способів спорядження двигунів, форм зарядів, конструкційних, теплозахисних та ерозійно-стійких матеріалів, способів управління вектором тяги та багато інших.

Простота твердопаливного двигуна суттєво ускладнювалася трьома моментами:

1. Корпус двигуна був одночасно і посудиною для палива та камерою згорання, тому піддавався впливу високих тисків і температур. Для нього необхідно було спеціальне внутрішнє теплозахисне покриття, причому еластичне та з високою ерозійною стійкістю. До того ж матеріал силових частин корпусу не повинен був у процесі роботи двигуна втрачати свою міцність.

2. У схемі двигуна в цілому та у схемі соплових блоків зокрема не могла бути застосована, за аналогією з рідинним двигуном, система примусового охолодження матеріалів та деталей, які піддавалися впливу високоміцного газового потоку.

3. Температура горіння твердих палив, як правило, на 500-700 °С перевищувала температуру горіння рідких, при цьому продукти згорання твердого палива містили до 30 % маси рідкої та жорсткої фаз окису алюмінію, що суттєво знижувало опір матеріалів проти ерозійного впливу.

Корпус двигуна 15Д15 спочатку вирішили виготовляти з високоміцної сталі СП-28, але незабаром вибрали склопластик з поздовжньо-поперечним намотуванням ППН-80 (100). У КБП використали при цьому перший вітчизняний програмний верстат СНП-1. Зі склопластику вироблялася циліндрична частина корпусу, а для переднього і заднього днищ застосували сталь СП-28. Корпус захистили від впливу тепла композицією на основі наповненої каучуком ІРП-У10, а переднє днище – аналогічним матеріалом АР-1. Для теплозахисту заднього днища застосували матеріал ПК-1 на основі асбо-тканини АТ-1, фенолформальдегідного сполучення АБС-У та тугоплавкого наповнювача з двоокису цирконію.

Досліди з цими двигунами дозволили дати попередню порівняльну оцінку ідей, запропонованих конструкторами, технологами, вченими. Без такої оцінки на дослідних конструкціях жодна технічна пропозиція не допускалася до впровадження

у штатні вироби. Вогневі випробування палив, матеріалів, конструкцій у дослідних двигунах були як заліком перед впровадженням їх у відпрацьовані натурні вироби.

Були створені технологічні процеси та спеціалізоване обладнання для виготовлення великогабаритних просторово-розгалужених конструкцій, у т. ч. трубчастих та оболонкових зварних виробів з тугоплавких та хімічно активних металів (штампозварний корпус ракетного двигуна з молібдену та штампозварна заготівля керма управління з молібдену). ЕПЗ монокристалічних трубчастих заготовок з багатогранною поверхнею з полікристалічного вихідного матеріалу базується на послідовному локальному переплаві вихідного матеріалу з врахуванням переважного спадкування різної кристалографічної орієнтації в залежності від параметрів в умовах переплаву.

Трубчасті перехідники з різнорідних матеріалів – нержавіючої сталі з алюмінієвими сплавами, виготовлені зварюванням вибухом або дифузійним зварюванням, мають контакт алюмінію зі сталлю. У цьому виді з'єднання міцність на рівні чистого алюмінію, а через наявність у зоні переходу інтерметалідного прошарку його працездатність в умовах теплових змін буде обмежена. В ІЕЗ було розроблено спосіб зварювання матеріалів, у якому виключено прямий контакт алюмінію зі сталлю. З цією метою спочатку на поверхню нержавіючої труби з парової фази у вакуумі наноситься тонкий шар з 3 – 7 елементів-модифікаторів, таких, як нікель, цирконій, ніобій і т.п. При зварюванні ТІГ системи трубопроводів застосовували спеціальні кондуктори для кріплення зварювальної головки та стикованих труб, а також для центрування па-трубків, що зварюються.

Для забезпечення нового напрямку робіт по комплексу 9 КБП у 1987 р. за допомогою ІЕЗ (В.М. Кудінов) був організований відділ зварювання вибухом. Було побудовано унікальну базу, єдину не тільки у СРСР, а й у всій Європі. Застосування трьох металевих труб та біметалічних шпангоутів дозволило створити конструкції паливних відсіків ракети 15А18М, 11К77 із зануреним двигуном другого ступеня. Було знижено вагу конструкцій порівняно з традиційними конструктивними схемами, у т. ч. двигуна – на 450 кН, магістрального трубопроводу – на 180 кг, збільшено обсяг баків на 220 л.

У вересні 1973 р. вийшла постанова Уряду СРСР про створення ракети системи «Тайфун» морського базування. Розробку великогабаритного маршового двигуна ЗД65 першого ступеня ракети РСМ-52 морського базування на атомних підводних човнах було доручено КБП.

Відпрацювання двигуна тривало з великими труднощами технічного характеру. Великогабаритний двигун цього типу розроблявся у країні вперше. Не було готових та перевірених конструктор-



Рис. 1. Двигун РД 219 у музеї Космосу в Переяславі, Київська обл.

ських, матеріалознавчих та технологічних рішень. Матеріалознавчі та технологічні роботи для галузі проводилися спільно з низкою академічних та галузевих інститутів України та ін. республік СРСР.

Для зміцнення вхідної частини сопла (48 т) твердопаливного двигуна на КБП та ПМЗ були застосовані армовані вольфрамовою ниткою вуглеметалоластики (І.М. Францевич). На ПМЗ було розроблено та освоєно гаряче пресування вольфрам-мідним псевдо-сплавом облицювання вкладиша критичного перерізу сопла.

За участю ЦНДІ Спеціального машинобудування (м. Хотьково, Московська обл.) у КБП досягли необхідної міцності та знизили масу двигуна. Технологію термічного зміцнення великогабаритних заготовок із титанового сплаву ВТЗ-1 для корпусів соплового блоку, кришок, фланців відпрацювали разом із Верхньосалдинським металургійним заводом. Разом зі спеціалістами УкрНДІ Важмаш та заводу ПМЗ розробили технологію ЕПЗ корпусів соплових блоків із титанових сплавів, що дозволило підвищити конструктивну міцність вузла, зменшити його масу та знизити трудомісткість виготовлення. У складі виробу ЗМ65 його здали на озброєння лише у 1984 р.

Було розроблено та впроваджено в серійне виробництво ряд нових технологічних процесів зварювання та паяння: ЕПЗ корпусних та несучих елементів двигуна, ТІГ зварювання жароміцних титанових сплавів з локальним охолодженням зварювальної ванни, паяння робочих лопаток турбіни, ТІГ зварювання електродом, який обертається, з осью подачею присадного дроту; зварювання зануреною дугою та інші технології розширили технічні можливості зварювання.

Не менші складнощі виникли і при доопрацюванні центральної пускової мембрани. Мембрана розрахувалася на певний тиск зносу, і цю вимогу не вдавалося забезпечити тривалий час. Було розроблено методику контролю якості та прогнозування міцності мембран з використанням неруйнівних методів на основі акустичної емісії.

Створенням двигуна ЗД65 було започатковано розробку у Дніпропетровську (м. Дніпро) серії великогабаритних твердопаливних ракетних двигунів з діаметром корпусу 2400 мм. Вага ядерного заряду складала 48 т.

Зварювальні та споріднені технології стали у нагоді і після виготовлення ракет. Так, д.т.н. А. Болонкін, колишній начальник відділу надійності у КБ В.П. Глушкова, вже після того, як емігрував до США, писав про такий випадок: «Ракети, що стояли на бойових позиціях, періодично перевірялися на готовність до «дії». Ракета, знята з позиції та з макетами ядерних головок (замість бойових), вибухнула під час контрольного пуску. Причину його комісія виявила швидко – потужні резонансні коливання в рідинних реактивних двигунах. Явище давно відоме, але досі непрогнозоване та випадкового характеру. Та й відбувалося все це, як правило, на дослідних ракетах або тих, що були на стадії відпрацювання. Для зменшення ризику подібних аварій у конструкціях наших ракет передбачалося негайне відключення двигуна, в якому з'являлися коливання. Але в цьому випадку вони з'являлися одночасно у всіх двигунах ракети, і

катастрофа була неминучою. Численні припущення про причини того, що трапилося, не підтвердилися. Перевірка припущення про вплив температури повітря показала, що тільки при -30°C настає резонанс, а саме за цієї температури двигуни не досліджували, вважаючи, що випробування при -20°C — -40°C перекривають цей діапазон. В результаті в зимовий час ракетна оборона країни була паралізованою і дізнавшись про це американці могли б спокуситися безкарно завдати ядерного удару. Було вжито термінових заходів приховати інформацію про те, що сталося, і відновити боєздатність техніки. Проектування, налагодження випуску та заміна двигунів – довго і дорого, будувати шахти, які обігриваються, теж саме.

Рішення було суто радянським, або, як сказали б тепер, совковим. Відомо, що у рідинних реактивних двигунах вібрації пов'язані з потужністю турбонасосів, конфігурацією каналів охолодження і теплопередачею. І якщо зміна будь-якого з двох перших факторів була жорстко пов'язана із зміною конструкції і, отже, була складною і вимагала багато часу, то змінити третій виявилось набагато простіше. Оскільки коефіцієнт теплопередачі стінок двигуна залежить від товщини цих стінок і матеріалу, з якого вони виконані. Запропоновано було напилювати на внутрішню поверхню сопла шар іридію. Двигун із напиленим шаром іридію успішно пройшов випробування при -30°C . Військові задоволилися. Сама процедура напилення не була складною («Наука і життя», № 1, 1993).

Совковий метод підходів до розв'язання складних «проблем» техніки, саме – пошук найбільш економічних технологій, що з сарказмом висміює зрадник – емігрант, пояснюється прагненням скоротити витрати на ракетобудування. Слід звернути увагу, що Б.Є. Патон завжди наголошував на необхідності створення енергоекономічних технологій на основі нових досягнень фундаментальних та прикладних наук. У випадку, описаному А. Болонкіним, в ІЕЗ було швидко розроблено технологію мікроплазмового напилення і фахівці інституту терміново прибули на північні ракетні бази. Проти цього заперечити нічого. Справді, не потрібно було навіть демонтувати двигуни – достатньо було очистити сопло – знежирити та ввести плазмотрон усередину сопла та переміщати струмінь над поверхнею. Сотні звичайних недорогих установок для плазмового напилення було передано до ракетних частин.

Дивно, що Болонкін не знав, що вже на той час в різних регіонах СРСР, в т. ч. і в «теплих», і в шахтах зі стабільною температурою, вже стояли на бойовому чергуванні сотні МБР. Їхнього залпу було достатньо для багатократного знищення тих американців, про яких пише Болонкін. Але це не умаляє значення зварювання та рідинних технологій в цьому конкретному випадку.



Рис. 2. Маршовий твердопаливний двигун оперативно-тактичної ракети. Зовнішній діаметр – 1000 мм, тяга 20 тс, корпус – вуглепластик типу «кокон», сопло – титан



Рис. 3. Б.Є. Патон знайомиться з роботами по ракетних двигунах у СКТБ Інституту механіки АН УРСР, 17 травня 1980 р.

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.агрег. DENYO DLW-300LS, одноф., диз.дв., вод. охл., 30-280А, 10,4кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000
Свар.агрег. DENYO DLW-400LSW, одноф., диз.дв., вод. охл., 60-380А, 15кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000
Свар.агрег. DENYO DCW-480ESW Evo III Limited Edition CC/CV, двухпост., диз.двиг., вод. охл., на одном посту 60-480А, на двух 30-280А, 15кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	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 аккумулят.	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 Кеттмпи 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 встроен. в ИП, Ø 0,8-3,0 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
Инвер. п/а MIG 188P, Ø 0,6-1,2 мм	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочн. механиз. аппараты (полуавтом. для дуговой сварки) Кеттмпи 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 Al	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 инвер. ИП для одно- и двухдуговой сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочные трактора TC-18M, TC-77A, A-1698, TC-17	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Установка для приварки шипов (шпилек) УПШ-1202-2	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Аппараты для дуговой сварки Кеттмпи 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

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



THERMACUT®
THE CUTTING COMPANY®

АПАРАТИ ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ



EX-TRAFIRE®30H	230В/10-30А/10(8)мм
EX-TRAFIRE®45HD	230-400В/10-45А/25(12)мм
EX-TRAFIRE®45SD	230-400В/10-45А/25(12)мм
EX-TRAFIRE®55SD	400В/55А/30(20)мм
EX-TRAFIRE®75SD	400В/75А/35(25)мм
EX-TRAFIRE®100SD	400В/100А/50(35)мм

Плазмотрони FHT-EX розробки THERMACUT®

www.ex-trafire.com

ТОВ «Термакат Україна ГмбХ» 08129,
Києво-Святошинський р-н, с.Петропавлівська
Борщагівка, вул.Петропавлівська, 24

м.Київ (050) 336-33-91; (050) 444-22-45

м. Львів (050) 382-46-68
м. Миколаїв (050) 333-81-61
м. Харків (050) 417-60-68

1.0160. Аппараты для воздушно-плазменной резки металлов и сплавов, запасные части

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

1.0170. Сварочные роботы и системы автоматизации сварки

Сварочные роботы Fanuc	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Системы автоматизации сварки Kemppi OY	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. - AI (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 восстановление машин контактной сварки, купим машины контактные	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», «ДОНМЕТ», «ESAB», «MESSER Grissheim»	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЗС им. Е.О.Патона
---	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0320. Комплексы для электродуговой металлизации

1.0330. Горелки и резаки газокислородные

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

1.0340. 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
--	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0350. 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
---	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0360. Установки для газотермического напыления

1.0370. 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
--	----	------------	--------------------------	------------------------------

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
➤ iROB – системні рішення для високо-продуктивного роботизованого зварювання; ➤ ABI-CAR – зварювальні трактори; ➤ xFUME VAC – технологія відведення зварювального диму для надійного захисту здоров'я; ➤ JÄCKLE ESS – обладнання для зварювання та повітряно плазмової різки; ➤ Блоки примусового охолодження (CR1000, CR 1250); ➤ Зварювальні пальники для напів-автоматичного, автоматичного та роботизованого зварювання ➤ (MIG/MAG - MB EVO Pro, RAB GRIP, ABIMIG® A/AT/WT LW / 80 - 750A, газове та рідинне охолодження); ПІІ ТОВ «Бінцель Україна ГмБХ»  центральный офіс: (044) 290 9089, 403 1399, 403 1499, 403 1599 e-mail: info@binzel.kiev.ua регіональні офіси: Миколаїв (050) 333 8161 Харків (050) 417 6068 Львів (050) 382 4668 ABICOR BINZEL www.binzel-abicor.com ➤ Зварювальні пальники для аргонно-дугового зварювання (WIG/TIG - ABITIG®, ABITIG® Grip_Grip Little / 110 - 500A, газове та рідинне охолодження); ➤ Електродотримачі для зварювання штучним електродом (MMA - DE 2200-2500 / 200-500A); ➤ Плазмотрони (ABIPLAS® CUT, ABICUT / 30 - 200A, повітряне та рідинне охолодження); ➤ Строгачі для строжки графітовим електродом (K10, K12, K16, K20 / 500 - 1500A); ➤ Весь спектр витратного матеріалу та інше приладдя зварювального посту				

I.0380. Рукава и шланги

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

I.0390. Баллоны газовые

Баллоны: кислород, аргон, ацетилен, азот, углекислота и др. (40 л, 10л, 2 л), новые (пропан, кислород, аргон, сж. воздух, CO ₂) 50, 27, 12, 5 л	шт.	от 144	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ІЗС ім. 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, клеммы массы (Германия, Польша, Китай)	шт.	от 19,8	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ІЗС ім. Е.О.Патона
--	-----	---------	--------------------------	------------------------------

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

Горелки для MIG/MAG, WIG/TIG «FRONIUS»	шт.	от 400	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина ООО
Горелки для аргоннодуговой, MIG/MAG, TIG сварки и комплект. к ним	шт.	от 870	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ІЗС ім. 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 ІЗС ім. 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 ІЗС ім. Е.О.Патона

I.0550. Электроинструменты

I.0560. Кабельно-проводниковая продукция

Кабель сварочный, силовой КГ, КОГ, наконечники каб. луженые 16, 25, 35, 50 мм ²	м/шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ІЗС ім. Е.О.Патона
--	-------	------------	--------------------------	------------------------------

I.0570. Прочие комплектующие

Контакты КМ-600ДВ, КМ-400ДВ, клеммы массы	шт	от 840	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ІЗС ім. Е.О.Патона
---	----	--------	--------------------------	------------------------------

I.0600. Оборудование для термической обработки

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 ІЗС ім. Е.О.Патона
Защита: от налип. брызг, антикорр. «APK/MPC», 10 л, «Black Jack», 500 мл, «Autraviv'VA» обезжир. нерж. стали, 400 мл,	емк./балл.	от 27	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ІЗС ім. 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 ІЗС ім. 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 Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
АНО-4 (346), МР-3 (346), АНО-21 (346), УОНИ-13/55 (350А), УОНИ 13/45 (342А), повыш. кач.	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
ЦЛ-39 (3-09Х1МФ), ЦУ-5 (3-50А), ТМЛ-3У (3-09Х1МФ), ТМЛ-1У (3-09Х1М), ТМУ-21У (350А)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

II.0120. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочные электроды Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ОЗЛ-6, ЦЛ-11, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, ЗИО-8, НИИ-48Г, НЖ-13	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
ЗА-395/9 (3-11Х15Н25М6АГ2), ЗА-400/10У (3-07Х19Н11М3Г2Ф)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

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 000
-------------	----	--------	--------------------------	----------------------

II.0150. Для наплавки

Т-590, Т-620, ЗН-60М; ОЗН-6, ОЗН-300, ОЗН-400, НР-70, ЦН-6Л, ЦН-12М	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
---	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0160. Для резки

АНР-2М, АНР-3 Ø 4; 5 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
-------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0200. Электроды неплавящиеся

Электроды вольфрамовые (Германия, Китай)	шт.	от 10,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
--	-----	---------	--------------------------	----------------------

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 000
Проволока Св-08Г2С омед., в бухтах, на касс. 5,15 кг, Китай	кг	от 15,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
Проволока Св-08А	кг	9,30	(044) 200-8056, 200-8049	Экотехнология ДП 000

II.0320. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочная проволока Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Св-07Х25Н13 Ø 1,2, 1,6, 3,0 мм, Св-08Х14Н8С3Б (ЭП-305)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
Ø 2,0 мм, Св-08Х20Н9ГТТ Ø 1,6, 3,0, 4,0 мм	кг	69-75	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000

II.0330. Для сварки цветных металлов и сплавов

Проволоки д/сварки алюминия на кат., в бухтах, прутках, Ø 0,8-4,0 мм	кг	от 87	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
--	----	-------	--------------------------	----------------------

II.0340. Для сварки чугуна

ПАНЧ-11, МНЖКТ Ø 1,2-3,0 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП 000
-----------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------



**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 Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ПП-АН1 Ø 2,8 мм, ППР - 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

ППР - 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

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 клапаном, 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

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

VI. УСЛУГИ

VI.0100. Услуги

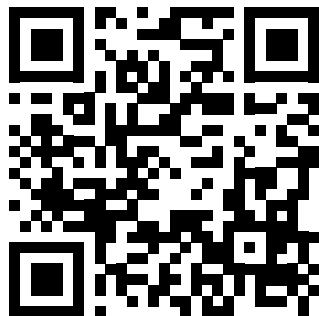
Разработка и внедрение технологии ремонта сваркой и наплавкой деталей, узлов и металлоконструкций из стали и чугуна	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8056	Экотехнология ДП 000
---	-----	------------	--------------------------	----------------------

Алфавітний вказівник компаній-учасників журналу «Сварщик»

Bohler Welding by Voestalpine GmbH, Інтерхім-БТВ ТОВ.....	т. +43 503 04 150, info@voestalpine.com, www.voestalpine.com; interchim-btw.com.ua, т. +38 0 44 527 98 52, ф. 527 98 62
Аміті ТОВ	т. (0 512) 23 01 08, ф. 58 12 08
Білгаспромдіагностика УП.....	т./ф. +375 (17) 205 08 68, 316 02 00, info@diag.by, welder@tut.by
Бінцель Україна ГмбХ ПІІ ТОВ.....	т./ф. (0 44) 290 90 89, 403 13 99, 403 14 99, 403 15 99
Джейсік Україна ТОВ.....	т. (044) 200 16 55, (067) 634-53-49, (067) 486 96 37, sales@jasic.ua, www.jasic.ua
Лінде Газ Україна ПрАТ	т./ф. (0 562) 35 12 25, 35 12 28, (0 56) 790 03 33, (0 800) 30 51 51
МВЦ ТОВ	т. (0 44) 201 11 65, 201 11 56, 201 11 58
НАВКО-ТЕХ НВФ ТОВ	т. (0 44) 456 40 20, ф. 456 83 53, www.navko-teh.kiev.ua
Промавтосварка НТЦ ПП	т./ф. (0 629) 37 97 31, (0 44) 222 90 26, м. (067) 627 41 51
Рентстор ТОВ	т. (0 44) 383 18 12, м. (095) 899 18 22
Самміт ТОВ	т. (050) 661 32 24, (067) 561 32 24, (094) 910 85 77, www.sammit.dp.ua
Суми-Електрод ТОВ	т. (0 542) 22 54 37, ф. 22 54 38, 22 13 42, frunze@i.ua, www.frunze.com.ua
Термакат Україна ГмбХ ТОВ	т./ф. (0 44) 403 16 99, 290 90 89, м. (050) 336 33 91, info@thermacut.ua
Технопарк ІЕЗ ім. Є.О. Патона ТОВ	т. (0 44) 287 27 16, 200 80 42
Фроніус Україна ТОВ	т. (0 44) 277 21 41, 277 21 40, 277 21 44
Екотехнологія ДП ТОВ	т./ф. (0 44) 200 80 56 (многокан.), 287 26 17, 287 27 16, 200 80 42, 248 73 36

Передплата-2022 на журнал «Сварщик» передплатний індекс 22405. Передплату журналу можна оформити у регіональних представників:

Місто	Назва передплатного агентства	Телефон
Дніпро	ООО «Меркурій»	(056) 778-52-86
Київ	ООО «Бізнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ООО «Періодика»	(044) 449-05-50
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
Львів	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Миколаїв	ООО «Ню Хау»	(0512) 47-20-03
Харків	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08



ТЕХНІЧНА ЛІТЕРАТУРА

Назва книги.....	Ціна (грн.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко: Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017. - 368 с.....	120
А.Н. Корниенко. История сварки. Под ред. акад. Б.Е. Патона. 2004 г. - 210 с.	120
В.И. Лакомский, М.А. Фридман: Плазменно-дуговая сварка Углеродных материалов с металлами. 2004. - 196 с.....	70
А. А. Кайдалов: Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, перераб. и дополн. 2004. - 260 с.....	90
О.С. Осика та ін.: Англо-український та українсько-англійський словник зварювальної термінології. 2005. - 256 с.....	90
В.М. Корж: Газотермична обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. - 196 с.....	90
В.Я. Кононенко: Газовая сварка и резка. 2005. - 208 с.....	90
С.Н. Жизняков, З.А. Сидлин: Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. - 368 с.....	120
А.Я. Ищенко и др.: Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. - 112 с.....	90
П.М. Корольков: Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. - 176 с.....	90
А.Е. Анохов, П.М. Корольков: Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. - 320 с.....	100
Г.И. Лащенко: Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. - 384 с.....	100
А.А. Кайдалов: Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. - 456 с.	100
П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев: Плазменная наплавка. 2007. - 292 с.	100
А.Г. Потапьевский **. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. - 192 с.....	70
Г.И. Лащенко, Ю.В. Демченко: Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. - 168 с.....	90
Б.Е. Патон, И.И. Заруба и др.: Сварочные источники питания импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. - 248 с.	90
З.А. Сидлин: Производство электродов для ручной угловой сварки. 2009. - 464 с.....	120
В.Н. Радзиевский, Г.Г. Ткаченко: Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. - 400 с.....	100
В.Н. Корж, Ю.С. Попиль: Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010 - 194 с....	90
Г.И. Лащенко **: Современные технологии сварочного производства. 2012. - 720 с.....	80

* Ціни на книги вказані без урахування вартості доставки
** Продається, є – тільки в електронній версії
Електронні версії книг коштують дешевше.

**Передплата-2022
на журнал «Сварщик»
у каталозі «Укрпошта»
Підписний індекс
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».**

2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086
2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093
2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100
2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107
2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114
2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121
2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2022 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 2022 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Грн. *
1 полоса	210×295	5500
1/2 полосы	180×125	3000
1/4 полосы	88×125	1500
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Грн. *
1 (первая)	215×175	15000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	10000
2		8000
7		7000
На страницах внутренней обложки		
Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн. *
3	210×295	7000
4		6500
6 (1 полоса)	210×295	6000
5 (1 полоса)		5500
6 (1/2 полосы)	180×125	3000
5 (1/2 полосы)		3000
Визитка или микромодульная реклама		
Площадь	Размер, мм	Грн. *
1/16	90×26	600

* (все цены в грн. с НДС):

Рекламно-техническая статья: 1 полоса (стр.) — 3000 грн.

**Блочная ч-б реклама и строчные позиции
на страницах рекламно-информационного
приложения «Все для сварки. Торговый ряд»**

Часть площади стр.	Размер, мм (гор. или верт.)	Цена, грн. с НДС
1/2	180×125	1000
1/3	180×80 или 88×160	900
1/4	180×60 или 88×120	700
1/6	180×40 или 88×80	600
1/8	180×30 или 88×60	500
1/16	180×15 или 88×30	300

Строчные ч-б позиции

Кол-во позиций	Обычные позиции, грн.	Выделенные позиции, грн.
10	500	1000
15	750	1500
20	1000	2000

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»: формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и изображений — 15 мм.

Файлы принимаются в форматах: PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PNG, WMF PSD, EPS, CDR с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветовая модель CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов.

Подача материалов в очередной номер — до 13-го числа нечетного месяца (например, в № 2 — до 13.03)

Зам. гл. ред., рук. ред., **В.Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
тел./ф.: (044) 200-80-14, м. (050) 413-98-86, (095) 146-06-91
e-mail: welder.kiev@gmail.com

www.welder.stc-paton.com