

З А В Т О М А Т И Ч Н Е 6 2022 С В А Р Ю В А Н Н Я

Автоматическая сварка

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Automatic Welding

Published 12 times per year since 1948

ЗМІСТ

МЕТАЛОЗНАВСТВО

Бабінець А.А., Рябцев І.О., Лентюгов І.П., Богайчук І.Л.
Вплив мікролегуювання бором на структуру та властивості
наплавленого металу типу інструментальної сталі 25Х5ФМС ...3

Дмитрик В.В., Гаращенко О.С., Берднікова О.М. Визна-
чення структурно-фазового стану зварних з'єднань із
теплостійких перлітних сталей використанням удосконале-
ного методу аналізу 11

ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ

Борисов Ю.С., Вігілянська Н.В., Коломицев М.В., Янце-
вич К.В., Бурлаченко О.М., Цимбаліста Т.В. Формування
композиційних покриттів методом надзвукового плазмо-
вого напилення порошків на основі інтерметаліду TiAl з
неметалевими тугоплавкими сполуками SiC та Si₃N₄17

РЕМОНТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Позняков В.Д., Гайворонський О.А., Демченко Ю.В.,
Денисенко А.М., Жук Г.В. Ремонт корпусу шатуна мобіль-
ної шоквої дробарки METSO LOKOTRACK LT 12023

A. Barvinko, Y. Barvinko, A. Yashnik, O. Kostenevich. Оцінка
несучої здатності циліндричної стінки вертикального звар-
ного резервуара для зберігання нафти після ремонту29

ЗВАРЮВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Фальченко Ю.В., Петрушинець Л.В. Сучасні технологічні
прийоми зварювання тиском магнієвих сплавів (Огляд)36

До 100-річчя В.К. Лебедєва

До 100-річчя В.К. Лебедєва49

Технологічне використання електричного розряду51

Розробки в галузі електротермії54

Зварювання живих тканин.....59

ІНФОРМАЦІЯ

Центр фізико-хімічних досліджень матеріалів.....61

Інноваційний апарат для очистки поверхні
та друку зображень: MagicCleaner.....63

Календар червня.....65

CONTENT

METAL SCIENCE

Babinets A.A., Ryabtsev I.O., Lentyugov I.P., Bogaichuk I.L.
Influence of microalloying with boron on the structure and
properties of deposited metal of the type of tool steel 25Kh5FMS....3

Dmytryk V.V., Garashchenko O.S., Berdnikova O.M. Heat-
resistant pearlitic steels using an improved analysis method 11

PROTECTIVE COATINGS

Borisov Yu.S., Vigilianska N.V., Kolomytsev M.V., Iantsevitch
K.V., Burlachenko O.M., Tsymbalistaya T.V. Formation of
composite coatings by the method of ultrasonic plasma
spraying of powders based on the intermetallic TiAl with non-
metallic refractory compounds SiC and Si₃N₄.....17

REPAIR TECHNOLOGIES

Poznyakov V.D., Gaivoronskyi O.A., Demchenko Yu.V.,
Denysenko A.M., Zhuk G.V. Repair of the body of connecting
rod of mobile jaw crusher METSO LOKOTRACK LT 12023

A. Barvinko, Y. Barvinko, A. Yashnik, O. Kostenevich.
Evaluation of load bearing capacity of cylindrical shell
of above-ground vertical steel welded tank for oil storage
after repair29

WELDING OF NON-FERROUS METALS

Falchenko Yu.V., Petrushinets L.V. Modern technological
methods of pressure welding of magnesium alloys (Review).....36

To the centenary of V.K.Lebedev

To the centenary of V.K.Lebedev.....49

Technological use of electric discharge51

Developments in the field of electrothermics.....54

Welding live tissues59

INFORMATION

Center for physical and chemical research of materials.....61

Innovative device for surface cleaning and image printing:
MagicCleaner63

June calendar65



Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ представляє Україну
в Міжнародному інституті зварювання
та в Європейській зварювальній федерації
The E.O. Paton Electric Welding Institute of the NASU represents Ukraine
in International Institute of Welding
and in European Federation for Welding



Автоматичне зварювання Автоматическая сварка Automatic Welding

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ:
І.В. Кривцун (головний редактор),
В.М. Ліподаєв (штатний заст. гол. ред.)
О.М. Берднікова, Ю.С. Борисов,
В.В. Книш, В.М. Коржик,
Ю.М. Ланкін, Л.М. Лобанов,
С.Ю. Максимов, М.О. Пашчин,
В.Д. Позняков, І.О. Рябцев,
К.А. Ющенко;
В.В. Дмитрик, НТУ «ХПІ», Харків;
В.В. Квасницький, Є.П. Чвертко,
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ;
М.М. Студент, Фізико-механічний інститут
ім. Г.В. Карпенка НАНУ, Львів;
М. Зініград, Аріельський університет, Ізраїль;
У. Райсген, Інститут зварювання та з'єднань,
Аахен, Німеччина;
Я. Пілярчик, Інститут зварювання, Глівіце, Польща

Засновники

Національна академія наук України,
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ,
Міжнародна Асоціація «Зварювання» (видавець)

Адреса

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ
03150, Україна, Київ-150,
вул. Казимира Малевича, 11
Тел./факс: (38044) 205-23-90
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com/ukr/journal/as

Журнал входить до переліку затверджених
Міністерством освіти і науки України видань
для публікації праць здобувачів наукових ступенів за
спеціальностями 131, 132, 151
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Рекомендовано до друку
редакційною колегією журналу

Свідцтво про державну
реєстрацію KB 4788 від 09.01.2001

ISSN 0005-111X
DOI: <http://dx.doi.org/10.37434/as>

Передплата 2022

Передплатний індекс 70031.
12 випусків на рік (видається щомісячно).
Друкована версія: 2880 грн. за річний комплект
з урахуванням доставки рекомендованою банделлою.
Електронна версія: 2880 грн. за річний комплект
(випуски журналу надсилаються електронною поштою
у форматі .pdf або для IP-адреси комп'ютера
передплатника надається доступ до архіву журналу).
Передплата можлива на попередні випуски за будь-який рік.

Журнал «Автоматичне зварювання» перевидается
англійською мовою під назвою
«The Paton Welding Journal»:
www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj

За зміст рекламних матеріалів
редакція журналу відповідальності не несе.

EDITORIAL BOARD

Scientists of E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU:
I.V. Krivtsun (Editor-in-Chief),
V.M. Lipodaev (Staff Deputy Editor-in-Chief)
O.M. Berdnikova, Yu.S. Borisov,
V.V. Knysh, V.M. Korzhik,
Yu.M. Lankin, L.M. Lobanov,
S.Yu. Maksimov, M.O. Pashchin,
V.D. Poznyakov, I.O. Ryabtsev,
K.A. Yushchenko;
V.V. Dmitrik, NTU «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv;
V.V. Kvasnytskyi, E.P. Chvertko, NTUU «Igor Sykorsky
Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;
M.M. Student, Karpenko Physico-Mechanical Institute
of NASU, Lviv;
M. Zinigrad, Ariel University, Israel;
U. Reisgen, Welding and Joining Institute, Aachen, Germany;
Ja. Pilarczyk, Welding Institute, Gliwice, Poland

Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,
E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU,
International Association «Welding» (Publisher)

Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU
03150, Ukraine, Kyiv-150,
11 Kazymyr Malevych Str.
Tel./fax: (38044) 205-23-90
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com/eng/journal/as

The Journal is included in the list of publications approved
by the Ministry of Education and Science of Ukraine
for the publication of works of applicants for academic degrees
in specialties 131, 132, 151.

Order of the MES of Ukraine № 409 of 17.03.2020.

Recommended for printing editorial board of the Journal

Certificate of state registration
of KV 4788 dated 09.01.2001
ISSN 0005-111X
DOI: <http://dx.doi.org/10.37434/as>

Subscription 2022

Subscription index 70031.
12 issues per year (issued monthly), back issues available.
\$216, subscriptions for the printed (hard copy) version,
air postage and packaging included.
\$144, subscriptions for the electronic version
(sending issues of Journal in pdf format
or providing access to IP addresses).
Subscription is possible for previous issues for any year.

«Avtomatychne Zvaryuvannya» (Automatic Welding)
journal is republished in English under
the title «The Paton Welding Journal»:
www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj

The editorial board is not responsible
for the content of the promotional material.

ДО 100-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ АКАДЕМІКА В.К. ЛЕБЕДЄВА



Шостого червня виповнилося 100 років від дня народження академіка НАН України Володимира Костянтиновича Лебедева — видатного ученого в галузі електрозварювання, електротермії та перетворення електричної енергії, заступника директора Інституту електрозварювання на протязі багатьох років.

Учень Євгена Оскаровича Патона, сподвижник і товариш Бориса Євгеновича Патона Володимир Костянтинович зробив значний вклад у прогрес зварювальної науки і техніки, підготовку науковців і інженерів, становлення і розвиток Інституту електрозварювання як всесвітньо знаної провідної наукової установи.

Володимир Костянтинович належав до того покоління патонівців, на плечі яких лягла велика тяжкість та відповідальність за відновлення зруйнованого під час Другої світової війни народного господарства України. Слід відзначити, що ця важка праця випала і на нашу долю, теперішньому поколінню патонівців.

Свою інженерну та наукову діяльність Володимир Костянтинович Лебедев розпочав в Інституті електрозварювання у лютому 1945 р. на посаді наукового співробітника. Протягом першого року роботи він пройшов виробничу практику у майстернях Інституту, де займався удосконаленням електричної зварювальної апаратури та працював у проектному бюро Інституту над розробкою оригінальних електричних схем установок для автоматичного зварювання.

В 1946 р. Володимира Костянтиновича було переведено до наукового електротехнічного відділу. Його перші дослідження присвячені вивченню особливостей та розробці методів розрахунку індуктивності розсіювання обмоток трансформатора з урахуванням їхньої кривизни та використанням реактивних котушок з повітряним зазором у магнітопроводі. Вони заклали фундамент розробленої ним теорії роботи зварювальних трансформаторів-регуляторів і стали основою його кандидатської дисертації, захищеної у 1948 р.

Теоретичну наукову роботу Володимир Костянтинович, як і всі співробітники інституту, поєднував з практичною діяльністю, що була спрямована на безпосереднє вирішення нагальних потреб промисловості. Він розробив конструкції потужних трансформаторів, які виготовлялися майстернями Інституту, а створений ним у 1950 р. новий зварювальний трансформатор багатьох років серійно виготовлявся заводом «Трансигнал».

У 1950 р., коли Володимир Костянтиновичу було всього 27 років, Євген Оскарович Патон доручив йому керівництво електротехнічним відділом. На цій посаді Володимир Костянтинович пропрацював 53 роки.

Його докторська дисертація «Індуктивності розсіювання і додаткові втрати в обмотках зварювальних

трансформаторів», яку він успішно захистив у 1954 р., стала теоретичною і практичною основою розрахунку широкого класу зварювальних трансформаторів і мала велике значення для розвитку машинобудування.

У 1964 р. Володимир Костянтинович обраний членом-кореспондентом, а в 1972 р. — академіком Академії наук УРСР.

У червні 1970 р. постановою Президії Академії наук Української РСР його було призначено на посаду заступника директора з наукової роботи Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона, на якій він пропрацював понад 24 роки.

Слід відзначити, що В.К. Лебедев — один із провідних фахівців у галузі електротермії та перетворення електричної енергії. Найбільш значущі роботи вченого пов'язані з вивченням засобів перетворення електричної енергії в тепло та створенням десятків типів нових джерел струму для різних видів дугового, електрошлакового, контактного, електронно-променевого, лазерного зварювань та спеціальної металургії.

Великим і важливим вкладом у науку і техніку є його дослідницькі роботи з розробки систем живлення, зокрема, контактних машин, у тому числі з електромагнітними накопичувачами енергії, визначення впливу електричних характеристик джерел живлення на процес зварювання, автоматизації збору інформації щодо швидкоплинних явищ і їх статистичного оброблення, вивчення фізичних процесів, що відбуваються при зварюванні безперервним оплавленням, створення раціональних систем автоматичного управління зварювальними процесами, удосконалення методів фізичного моделювання, процесів контактного зварювання опором і оплавленням та інше.

Дослідження та винаходи вченого, над якими він працював у шістдесятих роках минулого століття, призвели до створення принципово нової технології та обладнання для контактного стикового зварювання виробів з великим поперековим перерізом деталей, що з'єднуються, які не мали прототипів у світовій техніці.

За розробку і впровадження машин для стикового зварювання рейок при ремонті і будівництві безстікових залізничних колій Володимир Костянтинович Лебедеву у складі авторського колективу у 1966 р. присуджена Ленінська премія. Основні принципи, закладені в основу створення рейкозварювальних машин, були використані при розробці машин для зварювання нафтових та газових трубопроводів, обсадних труб безпосередньо у польових умовах, багатьох спецвиробів з алюмінієвих і титанових сплавів та жароміцних сталей.

Великі перспективи відкрив винахід В.К. Лебедева і його співробітників нового способу зварювання імпульсним оплавленням. Спосіб дозволив суттєво підвищити основні технічні характеристики контактно-стикових машин і розширити області застосування стикового зварювання для з'єднання деталей великого перетину.

Важливе значення для розвитку трубного виробництва мали роботи з дослідження зварювання токами високої частоти, створення відповідного устаткування і розробка технології зварювання, що були виконані в Інституті під його керівництвом.

Ряд робіт було присвячено вивченню впливу електричних характеристик джерел живлення на процес зварювання. До їх числа належать дослідження ручного дугового зварювання, що надали нового ступеня розвитку джерел живлення масового застосування, а також зварювання у вуглекислому газі. Автоматизація збору інформації щодо швидкоплинних явищ та їх статистична обробка розширили і уточнили уявлення про роль електричних перехідних процесів при крапельному перенесенні електродного металу.

За безпосередньої участі вченого виконані дослідження з розробки раціональних систем автоматичного управління. Їх результати стали основою для створення серії автоматичних регуляторів.

Подальший розвиток досліджень у цьому напрямку призвів до створення внутрішньотрубних машин для контактного стикового зварювання труб великого діаметра.

У сімдесятих роках минулого століття В.К. Лебедев зробив значний внесок у розробку, створення та впровадження обладнання для багатопозиційного контактного зварювання головок блоків локомотивних дизелів і теплообмінників потужних трансформаторів. Ці розробки у 1976 р. були відзначені Державною премією у галузі науки і техніки України.

Велике значення для науки і техніки мали роботи, що проводилися вченим у 80-х роках, в області контактного стикового зварювання силових елементів корпусів літальних апаратів. Разом із співавторами Володимиром Костянтиновичем Лебедеву в 1986 р. за цю розробку було присуджено Державну премію у галузі науки і техніки СРСР.

Його напружена творча робота завжди поєднувалася зі здатністю не тільки відчувати потреби виробництва, а й визначати перспективні та пріоритетні напрями розвитку науки і техніки. Яскравим свідченням цього була захопленість академіка В.К. Лебедева новим для вчених та спеціалістів зварювальників напрямом — створенням біоелектричної технології, що дозволило вперше отримати якісні зварні з'єднання живих м'яких тканин. Сконцентрувавши зусилля фахівців інженерного та медичного профілів, він став провідним розробником проекту «Зварювання живих тканин», що виконувалися в Інституті за участю Міжнародної асоціації «Зварювання» та компанії «Consortium Service Management Group Technologies», США. Його розробки теоретичних основ процесу з'єднання живих тканин та основ автоматичного саморегулювання процесу отримання якісного з'єднання дозволили вперше у світовій практиці створити зварювальне медичне обладнання та зварювальний медичний інструментарій для проведення хірургічних операцій з відновлення фізіологічних функцій пошкоджених органів людини. Нова зварюваль-

на медична технологія, створена під керівництвом та за участю В.К. Лебедева, знайшла успішне клінічне застосування. У 2004 р. колективу авторів присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки за електричне зварювання м'яких живих тканин.

А перед тим у 2001 р. академіку В.К. Лебедеву за цикл робіт у галузі зварювання та споріднених технологій було присуджено премію ім. Є.О. Патона НАН України.

Академік активно займався науково-організаційною та громадською діяльністю: був заступником головного редактора журналу «Автоматичне зварювання», заступником голови спеціалізованої ради із захисту кандидатських та докторських дисертацій, головою Українського атестаційного комітету зварювальників (УАКС).

Володимир Костянтинович зробив великий внесок у розвиток міжнародної співпраці Інституту з провідними світовими зварювальними центрами і установами. Зокрема, з 1972 р. протягом 20 років він очолював створену при Інституті електрозварювання Координаційну раду зі зварювання країн-членів Ради економічної взаємодопомоги.

В.К. Лебедев охоче та щедро передавав свій багатий досвід та знання своїм учням, колегам по роботі, молодим співробітникам. Ним підготовлено 10 докторів та 42 кандидати технічних наук.

Наукові напрями, які розробляли в відділі «Електричних процесів» під його керівництвом, були настільки потужними, що з часом набули самостійного розвитку. Вони стали основою створених в Інституті окремих наукових відділів — фізико-хімічних процесів паяння, джерел живлення, програмного керування процесами зварювання, контактно-стикового зварювання, високочастотного зварювання і електротермії, конденсаторного зварювання, нових процесів дугового зварювання в захисних газах, автоматизації регулювання процесів зварювання, зварювання у медицині та інші.

В.К. Лебедев — автор понад 450-ти наукових робіт, у тому числі 11-ти монографій, понад 200 винаходів щодо нових способів зварювання та зварювального обладнання. На більшість винаходів отримані патенти.

Його багаторічна творча праця відзначена багатьма державними орденами, медалями та Почесними грамотами. У 1992 р. йому було присвоєно почесне звання Заслужений діяч науки і техніки України.

Усі, хто працював і спілкувався з Володимиром Костянтиновичем, одностайно відзначають його виняткову інтелігентність, порядність, добросердечність, доброзичливість.

Слід особливо відзначити, що діяльність Володимира Костянтиновича, як талановитого вченого і організатора науки — це яскрава сторінка в історії розвитку зварювальної науки і техніки. Він залишив велику науково-технічну спадщину та підготував багато учених, докторів і кандидатів наук, талановитих інженерів, які примножують добру славу нашого Інституту. Його плідна наукова і науково-організаційна робота будуть надихати наступні покоління патонівців.

*Редколегія та редакція журналу
«Автоматичне зварювання»*

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО РОЗРЯДУ

У відділі «Електричні процеси» ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (ІЕЗ), яким тривалий час керував академік В.К. Лебедев, досліджувалися, окрім інших, процеси розряду конденсаторів на навантаження у вигляді контактної опору (точкове, шовне та стикове конденсаторне зварювання) та дугового розряду.

Загальновідомий внесок В.К. Лебедева в аналіз електричних процесів, що протікають при точковому конденсаторному зварюванні, який було опубліковано у класичній роботі («Електрообладнання для контактної зварювання. Елементи теорії», М., 1969), написаної спільно з Б.Є. Патonom. Це стосується зарядки конденсаторів та їх розряду на зварювальний контур, електричного опору контакту та розтікання струму по пластинах, що зварюються. Згодом разом з І.В. Пентеговим, О.Д. Степковським та С.Н. Мещеряком їм вирішено питання, пов'язане з захистом тиристорів у розрядному ланцюзі конденсаторних машин від перевищення швидкості наростання струму при малому індуктивному навантаженні.

Ця робота дуже важлива для конденсаторних машин, що працюють за безтрансформаторним принципом. Такі машини цікаві тим, що дозволяють використовувати електролітичні конденсатори з відносно низькою напругою заряджання конденсаторів, що не потребує трансформації при передачі енергії до місця зварювання. Застосування таких конденсаторів дозволяє суттєво знизити масу зварювальних установок, зробити їх легко транспортабельними для застосування у позацевих умовах, наприклад, для приварювання різного роду кріплення, параметричних датчиків до металевих поверхонь експлуатованих конструкцій та споруд, а також суттєво підвищити електробезпеку обладнання.

Останнім часом інтерес до таких установок зростає у зв'язку з розробкою та масовим виготовленням так званих суперконденсаторів, що

мають високу питому енергоємність (Дж/см³ або Дж/г) і відносно (порівняно з акумуляторами) малим внутрішнім опором, тобто, великою потужністю розряду. Вже намічені та реалізуються два перспективні напрямки застосування суперконденсаторних зварювальних установок: машини для точкового зварювання роботами, в яких значно зменшено масу зварювального інструмента та, відповідно, навантаження на «руку» робота та обладнання для приварювання шпильок. Досвід ІЕЗ у застосуванні суперконденсаторів у зварювальній техніці використаний фірмою HBS Bolzenschweiss-Systeme GmbH & Co. KG (Німеччина) при створенні апарату Pegassar 500 Ассі для приварювання шпильок, що має ряд переваг у порівнянні з відомими пристроями того ж призначення.

Під керівництвом Володимира Костянтиновича було виконано великий обсяг робіт з дугових способів конденсаторного зварювання, до яких належать ударне конденсаторне зварювання (УКЗ), дугове конденсаторне зварювання (ДКЗ) та конденсаторне приварювання шпильок (рис. 1). Істотна відмінність між ними полягає в тому, що при УКЗ і конденсаторному приварюванні шпильок (КПШ) дуга горить між зварюваними деталями, а при ДКЗ – між електродом, що не плавиться, і виробом. Визначальним є також те, що з'єднання при УКЗ відбувається у твердій фазі, а при конденсаторному приварюванні шпильок – при спільній кристалізації розплавленого металу на кінці шпильки та на поверхні листа. Зазначені особливості визначають також відмінності в електричних параметрах процесу та в обладнанні, що реалізує технологічні вимоги. Природно, що В.К. Лебедев, будучи електриком за освітою, брав активну участь у постановці завдань та обговоренні результатів, включаючи конструктивні та технологічні аспекти.

Переваги ударного конденсаторного зварювання по з'єднанню практично необмеженого

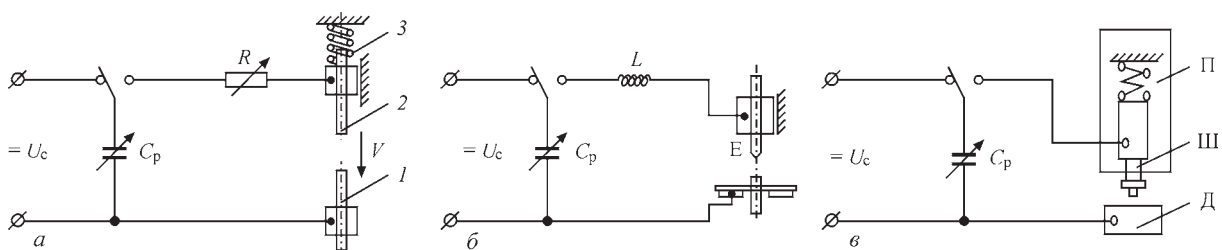


Рис. 1. Схеми процесів: а – УКЗ (U_c – джерело напруги зарядки конденсаторів, C_p – регульована енергетична ємність, R – активний опір управління величиною струму, 1 і 2 – деталі, що зварюються, 3 – пружина приводу зіткнення); б – ДКЗ (L – індуктивність, що згладжує, E – електрод); в – КПШ (П – зварювальний пістолет, Ш – шпилька, Д – деталь)

переліку металів в однорідному та різномірному поєднанні відсували на другий план енергетичні характеристики процесу. Але не знаючи ККД, неможливо було аналізувати теплові явища при зварюванні та, відповідно, прогнозувати поведінку зони термічного впливу. Тому Володимир Костянтинівч доручив досліджувати величину реальних втрат енергії, накопиченої в конденсаторах, за їхнього розряду, на опір зварювального контуру. Вперше було виявлено, що ККД при ударному конденсаторному зварюванні становить одиниці відсотка і знижується зі збільшенням накопиченої енергії (рис. 2). Отримані результати були згодом розширені і на ДКЗ з тією відмінністю, що при дуговому конденсаторному зварюванні частина накопиченої енергії після гасіння дуги залишається в конденсаторах, а при УКЗ вся накопичена енергія повністю витрачається в дузі та замкнутому розрядному контурі.

Ці роботи мають фундаментальний характер, тому залишаються актуальними й в наш час, зокрема, при розробці устаткування для приварки шпильок нового покоління (рис. 3).

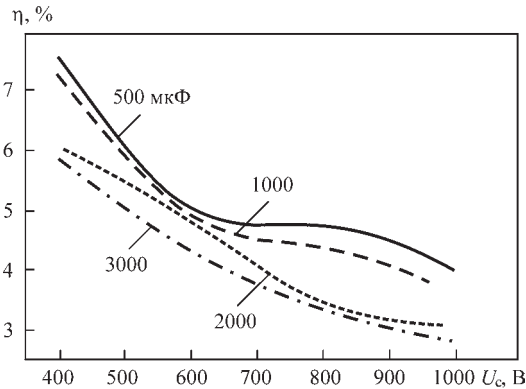


Рис. 2. Залежність енергетичного ККД при УКЗ від ємності та напруги U_c заряду конденсаторів

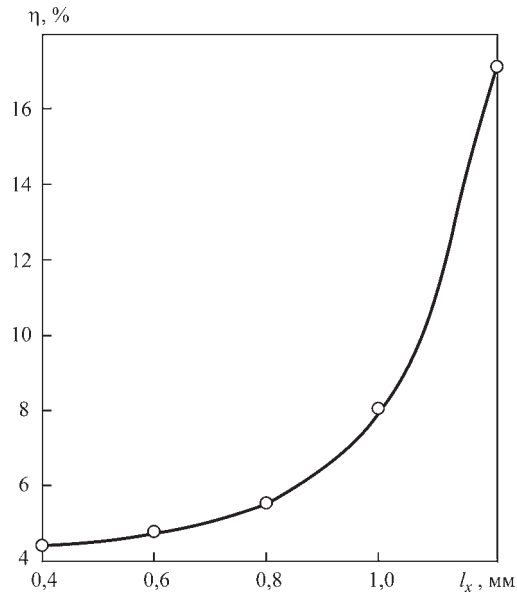


Рис. 3. Залежність енергетичного ККД при КПШ (0,1 Ф, 150 В) від довжини підпалювального виступу

Володимир Костянтинівч Лебедев ініціював роботи з конденсаторного приварювання шпильок. Хоча в цей час вже були закордонні публікації, але в Радянському Союзі вони розпочиналися з нуля. І участь В.К. Лебедева у створенні не тільки джерела розрядного струму, а й зварювального пістолета, зіграли вирішальну роль. Глибоке розуміння проблем технологічного характеру дозволяло успішно вирішувати і конкретні завдання впровадження розроблених установок.

Установка К-747 МВ (рис. 4) для приварювання шпильок діаметром 2...10 мм розроблена за безпосередньою участю В.К. Лебедева, запатентована в США, Японії, Німеччині та інших європейських країнах і серійно вироблялась на Сімферопольському електромашинобудівному заводі. Була єдиною у світі установкою, на якій можна було приварювати шпильки на відстані до 30 м, що представляє значну зручність при роботі на великих об'єктах, наприклад, у виробництві суден або при монтажі ізоляції на резервуарах великого обсягу.

Універсальність установки полягає також у можливості вести зварювання на чотирьох режимах: зі збудженням дуги тонким виступом, що вибухає, на приварюваному торці шпильки з попереднім зазором або контактом, зі збудженням дуги відривом шпильки і попереднім очищенням поверхні розрядом конденсаторів малої ємності в одному циклі зі зварюванням. Останній режим робить установку К-747 МВ єдиною у світі, що дозволяє міцно приварювати шпильки по окисдованій, забрудненій або з електропровідним покриттям поверхні без попередньої зачистки.

Робота зі створення обладнання та технології конденсаторного приварювання шпильок була комплексною. Одночасно з розробкою зварювального обладнання було створено також прилади для параметричного та акустичного контролю процесу. Така комплексність дозволила успішно впрова-

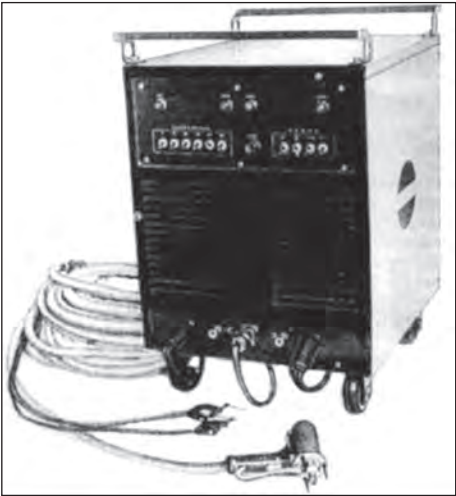


Рис. 4. Установка К-747

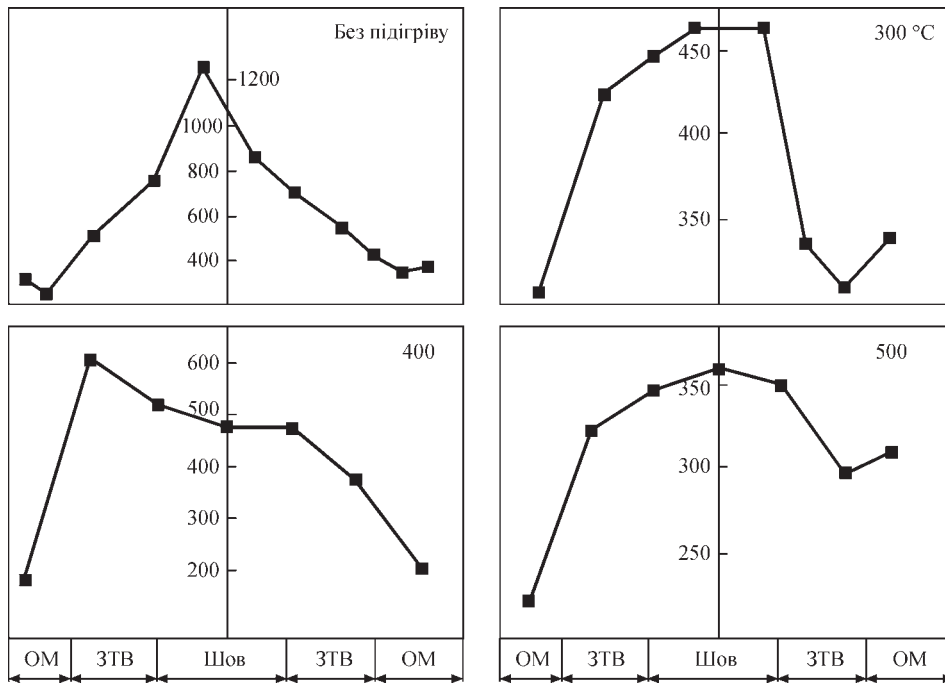


Рис. 5. Мікротвердість (HV) з'єднань шпильок М6 та смуги зі сталі 45. На графіках показана температура підігріву смуги

дити приварювання шпильок під час виготовлення космічних апаратів.

Як сказано вище, академік В.К. Лебедев не тільки керував і приймав рішення з питань, пов'язаних із розробкою зварювального обладнання, але й брав активну участь у технологічних експериментах.

Відомі проблеми зварювання з'єднань з високовуглецевими сталями, пов'язані з появою загартованих структур та підвищеною ймовірністю утворення тріщин.

Таврові з'єднання шпильок з деталями великого перерізу, масивними деталями або елементами конструкцій являють собою окремий клас зварних з'єднань з точки зору процесів нагрівання та охолодження, а також силових навантажень, що сприймаються ними. Інструкції з приварювання шпильок DVS (Німецького товариства зварників) та аналогічні їм в інших країнах не допускають застосування як основного металу сталі з вмістом вуглецю вище 0,22 %, а для шпильок – сталі з вмістом вуглецю більше 0,20 %. Однак у багатьох випадках існує необхідність приварювання шпильок до виробів з високим вмістом вуглецю.

В ІЕЗ вдалося показати, що всупереч загальноприйнятій думці, високопродуктивні способи торцевого приварювання шпильок дозволяють отримати бездефектні з'єднання з деталями із середньо- та високовуглецевих сталей, що витримують ударне навантаження. Для цього був потрібний попередній підігрів високовуглецевої сталі до більш високих температур, ніж це зазвичай прийнято при дуговому зварюванні (рис. 5). Водночас було зазначено можливість задовільного приварювання до високовуглецевої сталі шпильок із низь-

ковуглецевої та нержавіючої сталі, а також латунних шпильок.

Дослідження зварних з'єднань, отриманих з використанням дугового розряду конденсаторів, показало, що висока швидкість охолодження металу після зварювання, що перешкоджає зварюванню середньо- та високовуглецевих сталей, може бути корисною при локальному термічному зміцненні поверхні.

Під керівництвом В.К. Лебедева з урахуванням згаданого раніше апарату К747 МВ було створено спеціальну установку, яка використовувала один із варіантів збудження дуги, передбачених на цій установці, і виключала зіткнення електрода і оброблюваної деталі після закінчення розряду конденсаторів. Були внесені деякі інші зміни в розрядний контур.

На цій установці було проведено дослідження впливу енергетичних параметрів дугової обробки на ерозію поверхні оброблюваної деталі, глибину гарту, мікроструктуру зони термообробки. Було показано, що термічна обробка поверхні сталевих деталей дуговим розрядом конденсаторів дозволяє отримати локальні ділянки глибиною до 1 мм, що мають твердість до HV 1100.

Тут перераховані тільки ті роботи, результати яких було опубліковано. Але повсякденне спілкування з цією неординарною людиною народжувало розв'язання численних нетривіальних завдань, які ставила та ставить техніка. І така участь Володимира Костянтиновича Лебедева у роботах приводила, мабуть, до найбільшого ефекту.

Давид Калеко, к.т.н.,
співробітник ІЕЗ у 1959-2016 роках.

РОЗРОБКИ В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОТЕРМІЇ

Академік В.К. Лебедев керував відділом №1 ІЕЗ, в якому проводилися дослідження в галузі електротермії та електрозварювання з 1950 до 2003 рр. Структурно відділ складався з науково-дослідних лабораторій, а ті, у свою чергу, з виробничо-орієнтованих інженерних груп, які очолювали в різні періоди діяльності інституту такі фахівці-зварювальники, як Г.П. Сахацький, І.В. Кірдо, Ю.Д. Яворський, П.М. Приходько, Р.М. Широковський. Практика роботи таких груп виявилася досить ефективною, оскільки до її складу крім наукових фахівців входили інженери-технологи, електрики, механіки та висококваліфіковані робітники, що спеціалізувались в галузі механообробки, ручного дугового та газозварювання, різання та паяння. Слід зазначити, що в умовах унікальної структури наукових відділів була поширена така форма взаємодії, як науково-технічна співпраця фахівців різних відділів. Тому інтелектуальний і виробничий потенціал груп, кооперованих для вирішення технологічних завдань, зростав багаторазово.

Відділ академіка В.К. Лебедева спеціалізувався в галузі дослідження електротермічних процесів термообробки та зварювання металевих конструкцій, створення обладнання для їх реалізації шляхом електричного нагрівання зони з'єднання як контактним, так і безконтактним методом за рахунок високочастотного індукційного нагріву.

Наприкінці 1970-х років відділ успішно впровадив у виробництво індукційну технологію зварювання труб на Новомосковському трубному заводі Дніпропетровської області. Ця важлива робота була відзначена Державною премією України, а ряд співробітників відділу стали її лауреатами.

Навесні 1981 р. з ініціативи В.К. Лебедева було організовано науково-виробничу групу на чолі з к.т.н. О.С. Письменним. У цій групі було лише три особи, у тому числі стажер-дослідник Михайло Євгенович Шинлов та висококваліфікований робітник Володимир Вікторович Макаревич. Відділ мав потужну науково-дослідну базу, а група О.С. Письменного почала використовувати високочастотні генератори, на базі яких розроблялись всі технологічні процеси. Забігаючи наперед можна сказати, що ідея створення таких груп себе виправдала. Так, зокрема, група О.С. Письменного активно включилася у пошукові роботи, розробила та впровадила у виробництво ряд сучасних технологій і на початку 1990-х років була реорганізована у науково-технологічний відділ «Електротермічних процесів» ІЕЗ, який продовжував перебувати у підпорядкуванні академіка В.К. Ле-

бедева та яким керував уже д-р техн. наук О.С. Письменний.

Зупинимось на основних розробках групи-відділу О.С. Письменного, виконаних з ініціативи та під керівництвом академіка В.К. Лебедева.

Індукційне зварювання бурильних труб встик з активуючими присадками. Дослідження в області індукційного нагріву торців труб дозволили знайти оптимальні параметри індукційного нагріву та осадки торців товстостінних труб (відношення товщини стінки труби до її діаметра приблизно 1:10) та створити обладнання для отримання високотемпературних паяних з'єднань з високим ступенем осадки. Робота була виконана у тісній співпраці з групою канд. техн. наук В.Д. Табелева, що займалася розробкою безсрібних припоїв на основі нікелю, марганцю та міді. Згодом було отримано і авторське свідоцтво на цю технологію. Не обійшлося і без казусу. Справа в тому, що за своєю суттю це гібридна технологія, що має ознаки зварювання та паяння. Це викликало труднощі у застосуванні такої гібридної технології через відсутність нормативної документації. Потрібен був деякий час (15 років) для внесення відповідних змін до нормативної документації, а ретельні всебічні випробування з'єднань труб допомогли розвіяти сумніви в унікальних перевагах індукційного високотемпературного паяння з активуючими присадками (припоями) і високим ступенем осадки, що дозволяє отримати рівномірне з'єднання труб без внутрішнього грата та плавним посиленням зони з'єднання на зовнішній поверхні труби. На рис. 1 наведено макрошліф поперечного перерізу у зоні з'єднання бурильних труб діаметром 50 мм з товщиною стінки 10 мм.

Така неймовірна перевага з'єднань порівняно зі стиковим контактним зварюванням (відсутність внутрішнього грата) була застосована для з'єднан-

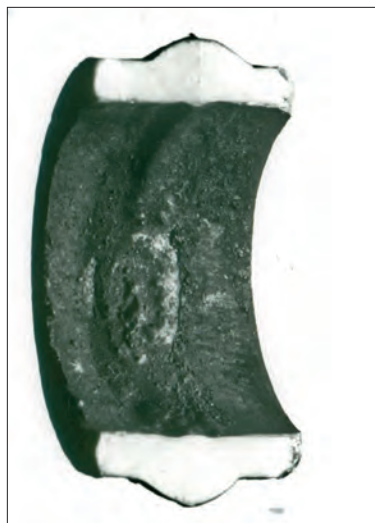


Рис. 1. Макрошліф поперечного перерізу труби

ня напівсвічок бурильних труб прямо над гирлом свердловини. Для цієї мети була застосована модернізована установка для стикового контактного зварювання К-182 зі спеціальним індуктором з трансформатором типу ТЗ-800, батареєю косінусних конденсаторів (для компенсації реактивної потужності індуктора) і генератором струму підвищеної частоти з блоком пускорегулюючої апаратури. На рис. 2, а наведено фото цієї установки з силовим трансформатором, а на рис. 2, б – вид установки збоку.

Обладнання та технологію було застосовано на двох бурових станціях підприємством «Ворошиловград нафтогазгеологія» на Луганщині. Слід зазначити, що бурові колони пройшли повний цикл випробувань, пробуривши стовбури глибиною кілька кілометрів, обертаючись в обсадних колонах.

Розробка технології та обладнання для індукційного зварювання з активуючими присадками роликів опорних катків гусеничних машин. Унікальні особливості формування рівномірних з'єднань труб та їх елементів без внутрішнього грату виявилися настільки затребуваними, що в короткі терміни була розроблена технологія та обладнання для з'єднання роликів опор для гусеничних траків із двох кованих симетричних

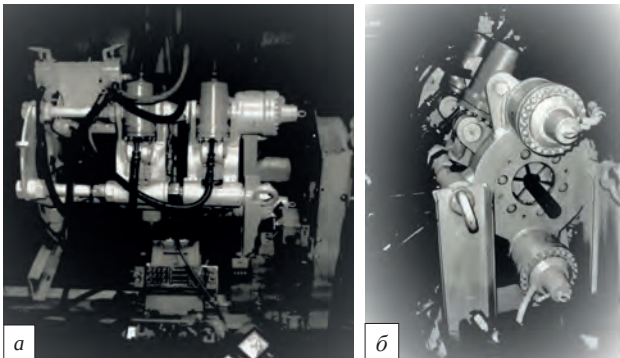


Рис. 2. Модернізована установка К-182 для індукційного зварювання труб (опис а, б – див. у тексті)



Рис. 3. Каток роликової опори гусениці для виробу типу Т-150, отриманий за технологією індукційного зварювання

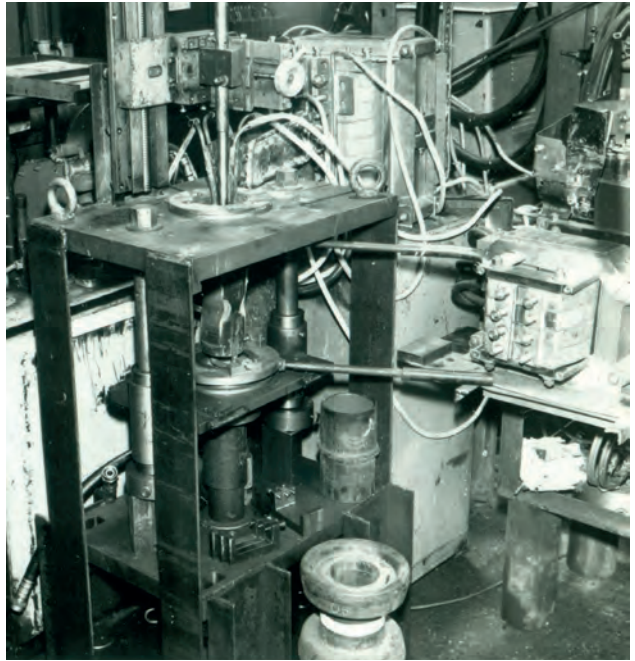


Рис. 4. Лабораторна установка індукційного зварювання за допомогою внутрішнього індуктора

заготовок. На рис. 3 наведено такий каток роликової опори гусениці для виробу типу Т-150. Лабораторна установка для нагрівання та осадки зображена на рис. 4.

Створення комплексів для стикового індукційного зварювання з активуючими присадками труб встик. На родовищах для видобутку нафти була потрібна технологія та обладнання для з'єднання труб з метою створення мережі «обв'язувальних» трубопроводів невеликих діаметрів (2...4 дюйми). Відсутність внутрішнього грату дозволяло з'єднувати три труби в батіг і затягувати всередину полімерну трубу, певним чином «замонолічуючи» торці під майбутнє дугове зварювання кожного третього стику в умовах траси. Науковим співробітником М.Є. Шинловим були відпрацьовані

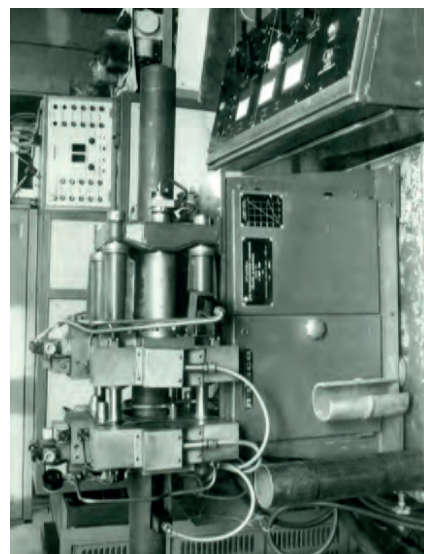


Рис. 5. Установка П-144 для індукційного зварювання труб встик діаметром до 4 дюймів

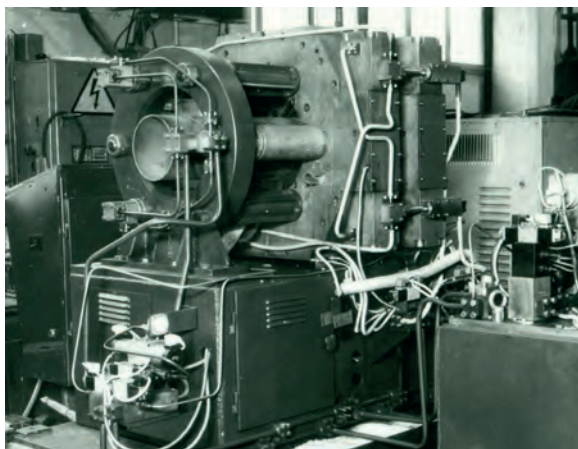


Рис. 6 Установка П-145 для індукційного зварювання труб встик діаметром до 12 дюймів

технологічні режими для з'єднання товстостінних труб діаметром до 4 дюймів. За розробленим технічним завданням в ДКТБ ІЕЗ було створено зварювальні машини П-144 (рис. 5) для труб діаметром 2...4 дюйма та П-145 (рис. 6) для труб діаметром до 12 дюймів. Замовлення на виготовлення цих зварювальних машин було розміщено на Псковському заводі важкого електрозварювального обладнання та після виготовлення було впроваджено на підприємствах Татарії та Башкирії.

Електротермічне згинання труб великого діаметра в єдиному потоці зварювально-монтажних робіт спільно зі зварювальним комплексом «Північ-1». Можливість отримання локального температурного збурення в тривимірних деталях типу «обичайка» за допомогою індукційного нагріву призвело до створення процесу вільного термічно контрольованого згинання труб великого діаметра. Це дозволило удосконалити технологію та створити процес електротермічного згинання (ЕТЗ) труб у трубних батогах безпосередньо в польових умовах будівництва трубопроводу. Роботу було виконано під керівництвом О.С. Письменного. Матеріали досліджень було доповнено розробками з кандидатської дисертації М.Є. Шинлова «Електротермічне згинання труб при спорудженні зварних магістральних трубопроводів», Київ, ІЕЗ,



Рис. 7. Випробування технології та обладнання для ЕТЗ труб діаметром 1420 мм на полігоні СКБ «Зварювання нафтогазбуд», м. Бориспіль, 1987 р.

1989 р., науковим керівником якого був академік В.К. Лебедєв.

Коротко цю комплексну та трудомістку роботу можна позначити такими етапами:

- полігонні випробування технології та обладнання для ЕТЗ труб діаметром 1420 мм у м. Бориспіль (Київська обл.) на полігоні СКБ «Зварювання нафтогазбуд» у 1987 р. На рис. 7 наведено етап робіт з ЕТЗ у напруженому стані;

- натурні випробування криволінійних труб класу Х70, одержаних за технологією ЕТЗ (ІЕЗ). Оцінено конструктивну міцність труб, підданих згину, база ВНДІБТ, сел. Львівський, 1987 р. (рис. 8);

- труби великого діаметра 1420 мм, піддані згину за технологією ЕТЗ в умовах полігону, пройшли повний цикл механічних випробувань в ІЕЗ. Особлива увага була приділена впливу термодформційного процесу в зоні поздовжнього зварного шва та наволошовної зони. Були оцінені характеристики міцності металу труб, ударної в'язкості у широкому діапазоні температур, а також напружено-деформований стан металу в зонах вигину (рис. 9);

- трасові випробування обладнання та технології ЕТЗ при спорудженні трубопроводу «Прогрес» діаметром 1420 мм в єдиному потоці зварювально-монтажних робіт у складі зварювального

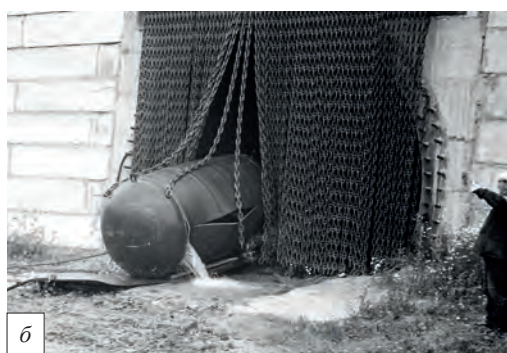


Рис. 8. Натурні випробування криволінійних труб класу Х70: а – ділянка труби діаметром 1420 мм (з привареними заглушками), отриманими за технологією ЕТЗ, після натурних гідравлічних випробувань; б – криволінійна ділянка труби вилучається з укриття безпосередньо після руйнування під час гідравлічних випробувань

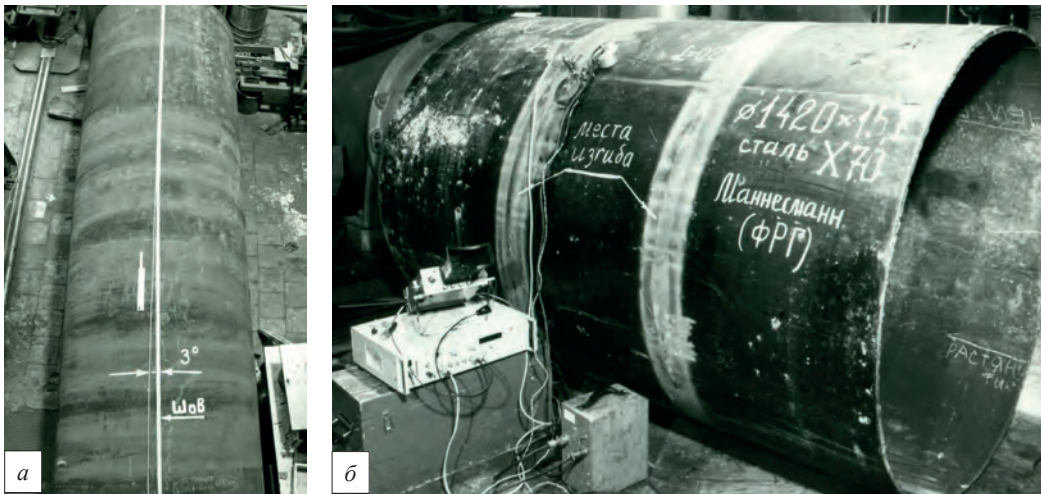


Рис. 9. Оцінка характеристик міцності металу труб: а – метал зварних швів та НШЗ в трубах, що піддалися ЕТЗ, успішно пройшли механічні дослідження; б – дослідження напружено-деформованого стану труб після ЕТЗ

комплексу «Північ-1». Відпрацьовувалося застосування технології ЕТЗ для гнуття труб у горизонтальній площині. Виконано вигин трубного батогу на 26°, Гусятинський район, Тернопільська область, 1987 р. (рис. 10);

– розроблен мобільний комплекс обладнання та технології ЕТЗ труб великого діаметра. Трасові випробування в єдиному потоці зварювально-монтажних робіт у складі зварювального комплексу «Північ-1» при спорудженні магістрального трубопроводу «Ямал-Захід» на ділянці в районі м. Славути, Хмельницька обл., 1987 р. Виконано комплекс робіт з ЕТЗ труб у вертикальній площині, а також релаксації напружень у зварних труб-



Рис. 10. Застосування технології ЕТЗ трубних батогів в горизонтальній площині



Рис. 11. Магістральний трубопровід «Ямал-Захід». Автор статті, крайній праворуч (серед колег відділів № 3 і № 43 ІЕЗ та співробітників СМНУ БТ, м. Боярка) на фоні труби з блоком індукційного нагріву



Рис. 12. Зовнішній вигляд і елементи трансформатора для індукційного нагріву

них батогах при копіюванні рельєфу місцевості (рис. 11).

Очікуваний економічний ефект від застосування однієї установки становив близько 1 млн руб. Після розпаду СРСР роботи з ЕТЗ були згорнуті та подальшого розвитку не отримали. Однак обладнання лягло в основу технології термообробки зварних стикових швів, одержуваних автоматизованими методами, у тому числі контактним зварюванням на сучасних трубних сталях з метою збільшення ударної в'язкості металу шва і ЗТВ, враховуючи діапазон температур від -15 до -40 °С.

Продовжимо перелік індукційних технологій, виконаних у відділі № 43 під керівництвом академіка В.К. Лебедева.

1. Розробка та випуск високочастотних трансформаторів для обладнання індукційного нагріву, яке створювалося в ІЕЗ. На рис. 12 наведено трансформатор для індукційного нагріву потужністю 100 кВ·А.

2. Створення компактних тигельних печей для індукційного переплаву металів і сплавів. На рис. 13 зображено таку піч на базі двох трансформаторів загальною потужністю 200 кВ·А.

3. Розробка технології переплаву турбінних лопаток у вакуумі, що містять нікель, з подальшим рафінуванням розплаву шляхом сканування електронним променем його поверхні.

4. Розробка технології виробництва корозійностійких бінарних труб для хімічної промисловості України, ІЕЗ, 1995 р.

5. Індукційне зварювання з активуючими присадками фланців з трубою арматурою для судно-, котлобудування, гідравлічного обладнання. На рис. 14 зображено кільцевий індуктор з трансформатором для нагріву труби та фланця в зоні з'єднання, ІЕЗ, 1996 р.

6. Розробка технології індукційного нагріву труб для нанесення зовнішньої ізоляції, що термоусаджується, на основі севілену, Південний трубний завод, м. Нікополь, 1997 р.

7. Розробка технології індукційного нагріву для виробництва замкової частини бурильних



Рис. 13. Двохтрансформаторна компактна індукційна піч для тигельного переплаву металу

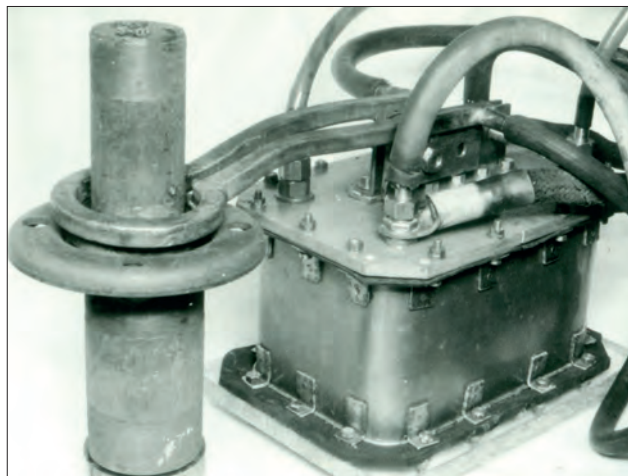


Рис. 14. Однофазовий кільцевий індуктор з трансформатором для високотемпературної пайки фланців з трубами

труб діаметром 2 дюйми, Південний трубний завод, м. Нікополь, 1997 р.

Це масштабні роботи, але були й менш масштабні, але дуже цікаві, наприклад:

- підводне індукційне різання труб (ремонтні технології для підводних трубопроводів);
- індукційна термообробка елементів ЛВП («Лінійний вузол поділу») – аварійного виходу для космічного човника «Буран»;
- індукційне зварювання-паяння карданного валу з напівцапфою під «мальтійський хрест» для автомобільної промисловості;
- індукційне паяння пакетів нікелевих магнітостриктерів з хвилеводами для котлобудування;
- індукційне паяння нахлесткових з'єднань трубчастих рамних конструкцій для автомобільної промисловості;
- індукційне зварювання-паяння ступиць з дисками ботворізів.

Подальші розробки відділу О.С. Письменного велися за тими ж науковими напрямками: індукційна термообробка, зварювання труб з фланцями та кінцевою арматурою, індукційне зварювання тонкостінних спіральних-шовних труб, індукційне високотемпературне паяння труб малого діаметра.

*Михайло Шинлов, к.т.н.,
співробітник ІЕЗ у 1980-1998 роках.*

ЗВАРЮВАННЯ ЖИВИХ ТКАНИН

Зварювання живих тканин (ЗЖТ) почало розвиватися в ІЕЗ з початку 1990-х років. Це був тяжкий час. Гіперінфляція. Маленьке фінансування, якого вистачало на зарплату 10...20 доларів на місяць, та й то не всім щасливцям. На матеріали та обладнання грошей не було. Зникло позабюджетне фінансування. Усі виживали як могли.

Є кілька версій початку ЗЖТ. За однією з них, ця ідея прийшла до Б.Є. Патона після зустрічі з завідувачем відділення мікрохірургії ОХМАТДИТУ В.І. Карчемським. У цьому відділенні пришивали руки, ноги, пальці, носи дітям, які втратили їх через побутові травми. Відірвана кінцівка зберігає життєздатність протягом кількох годин. Якщо її в цьому інтервалі часу пришити, то є ймовірність, що вона приживеться. Для того, щоб її пришити, треба пошити всі судини та нерви. Діаметри дитячих судин та нервів на кисті руки близько 1 мм. Стінка судини напівпрозора. Зшивання нервів та судин виконується під мікроскопом. Одна судина зшивається близько 20 хв. Вся операція триває 20 год. Дитина знаходиться під загальним наркозом, може не витримати та померти. Тому дуже важливо зменшити час операції.

Б.Є. Патон доручив цей напрямок Володимирі Костянтиновичу Лебедеву, у якого у відділі була лабораторія мікрозварювання під керівництвом к.т.н. Д.С. Ворони. За радянських часів вона мала багато замовлень, в основному з оборонної тематики. У 1990-ті все зникло. Співробітники сиділи без роботи. Тому із задоволенням почали працювати над проблемою ЗЖТ. Почалися перші експерименти на віддалених венах людини. Перші експерименти були успішними. Виявилось, що зробити ЗЖТ дуже просто! Розробників охопила ейфорія. Вони перемогли! Якби вони знали на той час, скільки труднощів, проблем, невдач і розчарувань буде попереду...

За кілька років було закладено основи стикового зварювання кровоносних судин, точкового зварювання оболонки нервів, кишечника, шлунка, шкіри. Експерименти проводилися у відділі експериментальної хірургії Національного інституту хірургії та трансплантології ім. О.О. Шалімова під керівництвом д-ра мед. наук Ю.О. Фурманова. Там теж були проблеми із фінансуванням. Навіть не вистачало грошей на корм медичним щурам. А скільки треба їм того корму? Небагато. Через голод вони іноді погано входили в наркоз.

Коли почалося фінансування від американської фірми CSMG («Consortium Service Management Group Technologies», Inc., США), з'явилася можливість експериментувати на кроликах, а потім і на свинях. За кілька років інтенсивних експе-

риментів на тваринах своє життя «на вівтар науки» поклали сотні та сотні щурів, кролів, свиней. Хоча хірурги пишуть у своїх статтях, що експерименти на тваринах проводяться за міжнародними правилами гуманного поводження з піддослідними тваринами, все одно для тварин хірургічні досліді — це післяопераційні муки. Коли тварина відмучується і одужає, її «виводять з експерименту» «гуманним» уколом у серце або іншим способом відходу з життя. Якщо тільки на попередню розробку ЗЖТ пішли сотні та сотні піддослідних тварин, а скільки їх утилізували на інші експерименти за довге життя відділу експериментальної хірургії? А скільки їх було вбито в інших інституціях та організаціях? Тому було б добре поставити хоча б маленький пам'ятник щуру та кролику біля входу до Інституту Шалімова. Вони це заслужили. А замість квітів покласти моркву.

Борис Євгенович Патон відігравав величезну роль у розвитку ЗЖТ. Він був зіркою і ангелом-охоронцем цієї теми. Кращі хірурги вважали за честь працювати під його керівництвом. В.К. Лебедев здійснював безпосереднє управління великою командою хірургів, технологів, інженерів, менеджерів. Туди входив майже весь відділ № 1 ІЕЗ, відділ експериментальної хірургії та співробітники інших відділів Інституту Шалімова, Міжнародної Асоціації «Зварювання», хірурги відділення мікрохірургії ОХМАТДИТУ, хірурги шпиталю СБУ, Київська міська клінічна лікарня № 1, Донецький обласний онкологічний центр №17 та багато інших лікарень, співробітників компаній CSMG та LTC (Live Tissue Connect, Inc. США) під керівництвом Д. Роббінса. Це десятки висококласних спеціалістів. В.К. Лебедев зумів створити з цих людей одну дружню команду однопідприємців, у якій було приємно працювати. Американці схвалили цю команду і казали, що в США це зробити неможливо.

ЗЖТ — це антипід зварювання металів. Тут усе не так. Матеріал живий, а не мертвий. Відсутнє явно виражене плавлення матеріалу. Тканина містить від 63 до 80 % води. Як ви зробите зварний шов із води? Тим не менш, ми навчилися зварювати живі тканини, які дуже чутливі до режиму зварювання.

Причому, навіть однакові точки треба зварювати з різними напругами. Це пов'язано з нагріванням електродів, що передається тканині. Пам'ятаю експерименти з точкового зварювання кишечника з ручним регулюванням режиму. Одна за одною зварювалися всі точки анастомозу. Режим зварювання містив два параметри — напругу та тривалість

зварювання. Я встановлював режим, Ю.О. Фурманов зварював. На початку електроди були холодними. Фурманов говорив мені після кожної звареної точки: «Мало, додай напругу», «Мало», «Добав», коли електроди нагрілися – «Добре», «Добре», коли електроди перегрілися – «Багато, зменш», «Убав ще», «Зменш», «Добре», «Мало, додай, зменш....». З 10 точок виходило лише кілька якісних. Інші перегріті або недогріті, тому що весь час змінювалася температура електродів і, відповідно, оптимальна напруга зварювання. Звичайна зварювальна напруга 40...50 В. Відхилення напруги від оптимальної на 1,0...1,5 В призводить до неякісного зварювання. Назріла життєво важлива потреба в автоматичному управлінні зварюванням.

В.К. Лебедєв винайшов алгоритм автоматичного управління зварюванням. Я його спочатку сприйняв з недовірою. Я вважав, що треба йти іншим шляхом і придумати зовсім іншу технологію зварювання, менш чутливу до режиму. Після кількох його прохань я почав програмувати. Налаштовував алгоритм на віддалених тканинах. Додав до алгоритму кілька елементів, які враховують реальні умови зварювання. Сталося диво! Алгоритм так змінював напругу та тривалість зварювання, що всі точки мали 100 % якість! Це підтвердили численні експерименти. Для остаточної перевірки американці дали гроші на експерименти на великій кількості свиней. Жодної точки бракованої не було. Усі анастомози були якісними. Через кілька місяців не можна було знайти місце зварювання. Воно нічим не відрізнялося від сусідніх ділянок кишки свині.

На цей алгоритм було отримано кілька патентів США, Європи, Японії, Китаю. Перший патент

було отримано у 2004 р. І лише з 2010 р. ці патенти почали використовувати як прототипи до інших патентів. Наразі ці патенти використані як прототипи до 1600 патентів. У 1997 р. ми вперше поїхали до США для показових демонстрацій ЗЖТ. Ці демонстрації робилися американською компанією LTC для залучення грошей акціонерів. Тоді американські хірурги сказали: «Це революція в медицині». Ми випередили час майже на 20 років.

У процесі розробки технології зварювання виявилася її другорядна корисна властивість – електричне розрізання тканини з одночасним гемостазом великих судин. Ми використовували цю властивість для прискореного доступу до зварюваних органів і не надавали йому великого практичного значення. Для нас найголовнішим було поєднання тканин. Зараз це другорядне застосування стало основним застосуванням ЗЖТ та використовується майже у всіх електрохірургічних апаратах багатьох всесвітньо відомих виробників медичного обладнання. Врятовано життя та здоров'я тисяч людей, величезні суми грошей. Зроблено унікальні операції. Але ніхто не знає, що все починалося у маленькій лабораторії мікрозварювання кількома інженерами-жебракками з метою врятувати дітей від інвалідності.

Наші розробки відбувалися широким фронтом. Намагалися зварити все і вся. Хапалися за все. Зробили великі заділи. Згодом через брак ресурсів і коштів ширина фронту робіт безперервно скорочувалася, колектив танув. Хоча найголовніше ще не зроблено і все попереду. Хірургія з її нескінченним потоком пацієнтів чекає на нових Патонів, Лебедєвих, Роббінсів та інших ентузіастів ЗЖТ.

Олексій Лебедєв, д.т.н.,
співробітник ІЕЗ у 2002-2016 роках.

ПЕРЕДПЛАТА 2022

Журнали	Вартість передплати на друковані версії журналів*, грн.			
	місяць	квартал	півроку	рік
«Автоматичне зварювання», видається з 1948 р., 12 випусків на рік. ISSN 0005-111X. Передплатний індекс 70031.	240	720	1440	2880
«Сучасна електрометалургія», видається з 1985 р., 4 випуски на рік. ISSN 2415-8445. Передплатний індекс 70693.	—	240	480	960
«Технічна діагностика та неруйнівний контроль», видається з 1989 р., 4 випуски на рік. ISSN 0235-3474. Передплатний індекс 74475.	—	240	480	960
«The Paton Welding Journal»**, видається з 2000 р., 12 випусків на рік. ISSN 0957-798X. Передплатний індекс 21971.	520	1560	3120	6240

*Вартість з урахуванням доставки рекомендованою банделоллю.

** Журнал «The Paton Welding Journal» містить статті, отримані від авторів з усього світу і вибірково переклади на англійську мову статей з журналів «Автоматичне зварювання», «Сучасна електрометалургія», «Технічна діагностика та неруйнівний контроль».

Передплату на журнали можна оформити по каталогах передплатних агенцій «УКРПОШТА», «Преса», «Прес Центр», «АС Медіа» та у видавництві. Передплата через видавництво з любого місяця на любой термін, в т.ч. на попередні періоди та окремі статті, починаючи з першого року видання.

Передплата на електронну версію журналів.

Вартість передплати на електронну версію журналів дорівнює вартості передплати на друковану версію. Випуски журналу надсилаються електронною поштою у форматі pdf або для IP-адреси комп'ютера передплатника надається доступ до відповідних архівів журналу.

Передплата через сайт видавництва:

<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/sem/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj/subscription>
На сайті видавництва у 2022 р. доступні для вільного копіювання випуски журналів з 2007 по 2020 рр.

ЦЕНТР ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МАТЕРІАЛІВ

Центр фізико-хімічних досліджень матеріалів ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України оснащений унікальним комплексом аналітичного та дослідницького обладнання провідних фірм Японії, США, Західної Європи, до якого входять:

- металографічна лабораторія;
- лабораторія електронної мікроскопії;
- лабораторії рентгеноспектрального та рентгеноструктурного аналізу, Оже- спектроскопії;
- лабораторія термічного аналізу;
- лабораторія спектрального аналізу;
- лабораторія газового аналізу;
- хімічна лабораторія.

Основні напрями діяльності.

Аналітичний напрям.

Якісне та кількісне визначення вмісту основних легуючих та домішкових елементів, включаючи гази, у різних матеріалах, рудах, концентратах, мінералах, порошках, шлаках, шламів, флюсах, чавунах, сталях, сплавах на основі нікелю, титану, алюмінію, міді та ін.

Лабораторії спектрального, хімічного та газового аналізів входять до складу акредитованої

НАНУ Випробувальної лабораторії ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України (відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2017).

Матеріалознавчий напрям.

Приготування шліфів, виявлення макро- та мікроструктури, металографічний контроль якості та встановлення природи дефектів металопродукції, фрактографічні дослідження.

Вивчення складу та розподілу неметалевих включень, визначення їх розмірів (у тому числі й ультрадисперсних) у металі зварних швів, кількісне оцінювання об'ємної частки неметалевих включень з використанням сучасних математичних програм обробки даних у зварних з'єднаннях та різних матеріалах, визначення та ідентифікація нітридних, оксидних та сульфідних включень, вивчення фазового складу у різних матеріалах (інтерметалідах, карбідах та інших сполук).

Дослідження структури та фазового складу матеріалів методами світлової та електронної мікроскопії, рентгеноструктурного та рентгеноспектрального аналізів.



ICP-спектрометр ICAP 6500 DUO (Thermo Fisher Scientific, США). Емісійний спектрометр з індуктивно-зв'язаною плазмою для аналітичних досліджень атомного складу широкого спектру неорганічних матеріалів



SPECTROVAC-1000 DV-4 (BAIRD, Нідерланди). Оптичний емісійний спектрометр дозволяє проводити аналізи хімічного складу проб сплавів на залізній, нікелевій, алюмінієвій, мідній, титановій основах, а також чистої міді



GLEEBLE-3800 (DSI, США). Автоматизована динамічна система для моделювання (імітації) термодеомаційного стану металів



JAMP-9500F (JEOL Ltd, Японія). Оже-мікросонд з польовим емісійним катодом, укомплектований енергодисперсійним спектрометром OXFORD EDS INCA Energy 350 для аналізу елементів від берилію до урану



JSM-840 (JEOL, Японія). Растровий електронний мікроскоп із системою аналізу (*Link systems, Англія*) призначений для вивчення структури, топографії поверхні, характеру руйнування, мікроскопічної хімічної неоднорідності та елементного складу металевих та неметалевих матеріалів



ДРОН-3, УМ-1. Дифрактометр для кількісного та якісного рентгеноструктурного фазового аналізу, визначення типу кристалічних решіток та дефектів пакування



Аналізатор газів *TC-436 (LECO, США)*



Устаткування для безтигельної (левітаційної) плавки



JEM-200CX (JEOL, Японія). Трансмісійний електронний мікроскоп, укомплектований ССД камерою *Gatan*, дозволяє досліджувати тонку структуру та фазовий склад матеріалів



SEM-515 (Philips, Нідерланди). Скануючий електронний мікроскоп, оснащений енергодисперсійним аналізатором хімічних елементів *Link Systems* для фазового аналізу поверхонь.



Плазмово-дугова піч (лабораторна) для плавки металів та сплавів

Методологія прогнозування механічних властивостей за структурними складовими.

Розробка методики та дослідження деяких фізичних властивостей металів, шлаків, покриттів методами диференціального термічного аналізу, дилатометрії та ін.

Центр виконує роботи з комплексного дослідження структури та властивостей різних матеріалів, одержаних в сучасних технологічних процесах плавлення, зварювання, паяння та методами адитивних технологій.

Світлана Григоренко

Інноваційний апарат для очистки поверхні та друку зображень: MagicCleaner

Останнє покоління MagicCleaner від компанії Fronius тепер доступне у двох моделях. Пристрої серії MagicCleaner – це інноваційні засоби обробки зварних швів, які виконано методом зварювання TIG, і поверхні деталей із нержавіючої сталі. На додаток до чудово відполірованих зварювальних швів TIG, цей надійний апарат також може маркувати деталі логотипами або серійними номерами. Повна гнучкість, щоб розкрити свій зварювальний потенціал!

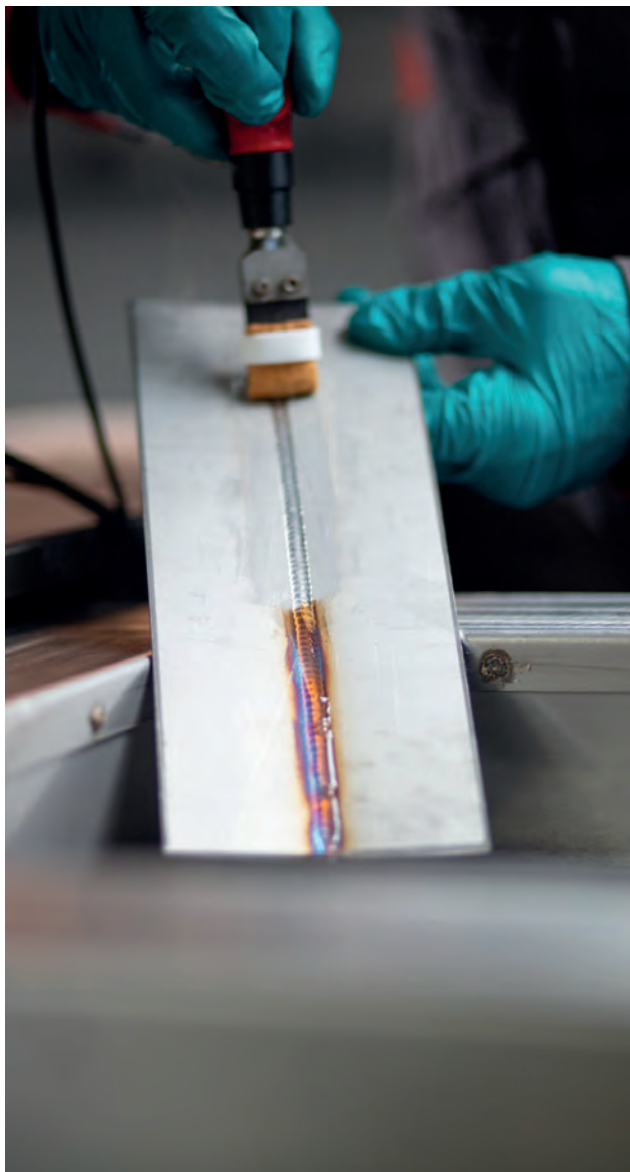
Нержавіюча сталь вирізняється, зокрема, наявністю хімічно пасивного шару зварного шва, який захищає метал від впливу навколишнього середовища. Під час зварювання він може зруйнуватися. У такому разі поверхня металу біля шва набуде забарвлення мінливого кольору та стане вразливою для корозії. Належні вигляд і стійкість матеріалу в довгостроковій перспективі можна буде відновити лише за допомогою професійної електрохімічної обробки – очищення та пасивування поверхні. Саме для таких потреб компанія Fronius створила серію пристроїв MagicCleaner. Завдяки новітній концепції та продуманій конструкції вони чинять мінімальний вплив на поверхню матеріалу порівняно із засобами хімічного та механічного очищення, а обробка здійснюється швидко та не передбачає додаткового пасивування.

За допомогою MagicCleaner легко відновити захисний шар на зварних швах і поверхнях з нержавіючої сталі. Незалежно від конфігурації пристрою – з ємністю 1,8 л (MagicCleaner 300) або тубиком, який встановлено на очищувальному пальнику, –

користувачі можуть точно та зручно регулювати споживання електроліту. Це сприяє економії ресурсів і дає змогу досягти екологічності виробництва. За допомогою MagicCleaner розчин електроліту доставляється саме туди, куди потрібно. Фетр для очистки та полірування, щітки, що входять у комплект, проникають у кути та щілини, забезпечуючи оптимальне очищення з мінімальним використанням матеріалів. Електрохімічне очищення значно економніше, ніж звичайне травлення в хімічних ваннах, і не руйнує матеріал, як піскоструменева обробка. Розробники подбали, аби користувачі могли легко та швидко ввести обладнання в експлуатацію, й реалізували інтуїтивно зрозумілу концепцію керування. Завдяки цьому усі важливі параметри (режим роботи, характеристики очищення та показники споживання електроліту) можна переглянути та налаштувати на передній панелі пристрою. Пристрої вирізняються легкістю й енергоефективністю, оскільки втілили в собі новітню інверторну технологію. Ця технологія забезпечує вихідну потужність на рівні пристроїв попереднього покоління за меншого споживання електроенергії.



MagicCleaner 150 – легка підготовка до роботи та простота використання



Порівняння до і після: зварювальний шов TIG швидко та легко очищається електрохімічно. Фетр для очистки та полірування автоматично змочується електролітом

MagicCleaner – найсучасніша система електрохімічного очищення. Крім власне очищення, вона дає змогу полірувати поверхні деталей із нержавіючої сталі та наносити на них різноманітні зображення. Очищення та пасивування поверхні деталей із нержавіючої сталі здійснюється протягом одного проходу. Іншими словами, видалення забарвлення мінливого кольору, що виникає під час зварювання, та відновлення захисного хімічно пасивного шару зварного шва відбувається одночасно.

Fronius International – австрійська компанія з головним офісом в місті Петтенбах і відділеннями в містах Вельс, Тальхайм, Штайнхаус і Заттледт. Компанія, штат якої налічує 5660 співробітників по всьому світу, працює в галузях зварювального обладнання, фотовольтаїки та систем для заряджання акумуляторних батарей. Близько 92 % продукції компанії постачається на експорт за допомогою 36 міжнародних дочірніх компаній Fronius, а також мережі торгових партнерів і представників у більш ніж 60 країнах. Компанія Fronius пропонує інноваційні продукти та послуги, а також володіє 1321 чинними патентами, що робить її світовим лідером інновацій.



Чорний або білий друк для постійного маркування деталей з нержавіючої сталі позбавляє від необхідності тиснення, гравіювання або склеювання



MagicCleaner доступний у двох розмірах: MagicCleaner 150 для гнучкого та портативного використання та MagicCleaner 300 для більш інтенсивного використання на довгих зварних швах, або великих площах очистки

Полірування, яке виконують після очищення, надає поверхні деталей із нержавіючої сталі стійкого блиску та забезпечує якісніше пасивування. Крім того, за допомогою пристроїв лінійки MagicCleaner на поверхню деталей із нержавіючої сталі можна наносити різноманітні зображення чорним або білим друком. Ця чудова функція дає змогу відмовитися від наклейок і лазерного гравіювання. Все, що потрібно, це відповідна плівка та спеціальний розчин електроліту.

Календар червня*

1 червня 1925

На початку червня засновано фірму «Chrysler» – американську автомобілебудівну компанію. Виробник з самого початку використовував зварювання під час створення машин. З 1930 р. «Chrysler» починає використовувати для автомобілів нові зварні конструкції, які збиралися зі сталевих балок, приварених до панелей кузова. Висока надійність машин прославила «Chrysler», та його моделі 1930-х років стали одними з найбільш продаваних.



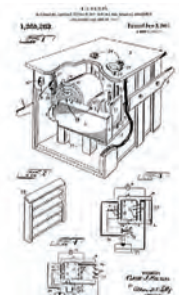
2 червня 1844

На околиці Парижа Едмонд Марі-Монг випробував першу у світі повітроплавну металоконструкцію. Мідна сфера була виготовлена зі зварних мідних листів завтовшки 0,1 мм. Проте, примітивна технологія ковальського зварювання завдала проекту серйозної шкоди. На тонких листах міді мимоволі з'являлися отвори, деформації, надрізи, що призводило до витоків водню. Газ із шипінням йшов через дрібні щілини і тому запуск провалився. Однак, незважаючи на невдачу, металева конструкція Едмонда Марі-Монга надихнула багатьох інженерів та ентузіастів. Винахідники металевих апаратів навіперей патентували свої проекти в Європі та Америці.



3 червня 1919

Опубліковано перший патент зварювального апарату на змінному струмі на ім'я Клода Холслага. Пристрій для різання та зварювання, включаючи трансформатор, що має замкнутий ланцюговий сердечник. Конструктор показав та описав метод дугового різання та зварювання металів за допомогою змінного струму. У зазначеній заявці він виклав, чому причини змінного струму не використовуються, і запропонував метод використання зварювання за допомогою змінного струму. Але спосіб не скориствовав популярністю до 1930-х років.



4 червня 2007

Засновано компанію ТОВ «Стіл Ворк» – перший в Україні завод з виробництва біметалевих листів та виробів з нього, з наступним монтажем у замовника. ТОВ «Стіл Ворк» спеціалізується на виконанні робіт у сфері захисту технологічного обладнання від шкідливих факторів виробничого середовища. Компанія має власну запатентовану технологію та виробничу лінію з виробництва біметалічних плит SWIP (Steel Work Innovation Plate) та виробів біметалу.



5 червня 1900

Народився Денис Габор – видатний фізик, лауреат Нобелівської премії, автор концепції «реконструкція хвильового фронту», що лягла в основу електронної голографії, яка дозволяє візуалізувати атоми і атомні грати.



6 червня 1922

Народився В.К. Лебедев – видатний вчений в галузі електрозварювання, електротермії та зварювання живих тканин. Був провідним розробником проекту «Зварювання живих тканин». Дані розробки дали можливість створити зварювальне медичне обладнання та інструментарій для хірургічних операцій по відновленню фізіологічних функцій пошкоджених органів людини. Діяльність академіка – яскрава сторінка в історії розвитку зварювальної науки і техніки.

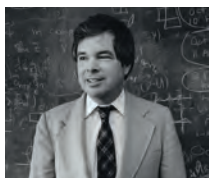


7 червня 1977

На початку червня 1977 р. фірма «Kemppi» виготовила перше у світі інверторне джерело живлення «Hilarc-250», зібране на базі так званих швидких тиристорів. «Швидкі тиристори» дозволяли перетворювати постійний струм на змінний з частотою 2-3 кГц. Так виникли перші інверторні джерела живлення для зварювання. На відміну від звичайних випрямлячів, у яких трансформатор працює на промисловій частоті 50 Гц, в інверторних випрямлячах він почав працювати на частоті 2 кГц і більше. Підвищення частоти роботи зварювального трансформатора дозволяє суттєво зменшити його вагу та габарити.



* Матеріал підготовлено компанією ТОВ «СТІЛ ВОРК» (м. Кривий Ріг) за участю редакції журналу.



8 червня 1936

Народився Кеннет Вільсон (1936-2013) — американський фізик, Нобелівський лауреат з фізики 1982 «за теорію критичних явищ у зв'язку з фазовими переходами». Найвідоміші роботи Вільсона стосуються проблеми критичних станів при фазових переходах. Для опису критичних станів Вільсон розробив математичний апарат ренормалізаційних груп, створення якого і принесло вченому Нобелівську премію з фізики 1982 року. Зварювання це технологічний процес який базується на фазових переходах.



9 червня 1959

На воду спущено перший атомний стратегічний підводний човен ВМС США типу «Джордж Вашингтон» із балістичними ракетами на борту. У корпус підводного човна за рубкою було «вставлено» 40-метровий ракетний відсік, у якому було розміщено 16 пускових ракетних установок. Для створення ракетного відсіку конструкція підводного човна була розділена навпіл, після чого до неї «вставлявся» відсік для балістичних ракет. Після монтажу ракетної секції всі частини човна зварювалися воедино. Загальне компонування човнів типу «Джордж Вашингтон» з вертикальними шахтами, розміщеними за рубками, виявилось дуже вдалим та стало класичною схемою для підводних стратегічних ракетноносців.



10 червня 1931

Народився Е.М. Есіб'ян (1931-2015), представник Патонівської школи. Його наукова діяльність пов'язана з розробкою транзисторних джерел живлення малоамперної дуги в аргоні та впровадженням у серійне виробництво апаратів АП-4 на Сімферопольському електромашинобудівному заводі. Також Е.М. Есіб'ян займався розробкою перших у світовій практиці джерел живлення та плазмотронів для повітряно-плазмового різання металів, організацією багатосерійного виробництва комплектних установок типу «АВГР» та «Київ-4» та впровадженням їх на машинобудівних заводах.



11 червня 1997

На авіабазі індійських військово-повітряних сил Лохегаон поблизу міста Пуна (штат Махараштра) відбулася офіційна презентація перших восьми багатофункціональних винищувачів Су-30К, виготовлених за контрактом. Для створення цього типу літака було використано спеціальну установку КЛ-132 (розробка ІЕЗ ім. Є.О. Патона) для електронно-променевого зварювання вузлів реактивного двигуна.



12 червня 1944

Під час Другої світової війни Німеччина розпочала бомбардування Лондона та інших міст Великобританії літаками-снарядами «Фау-1». Їх масове виробництво під час Другої світової війни стало можливим завдяки застосуванню зварювання, за допомогою якого виготовлялися кулясті балони для стисненого повітря, необхідного для роботи двигунів. Обшивку корпусу виготовляли з алюмінієвих сплавів. Конструкції фюзеляжу, крил, стабілізатора та інших вузлів виготовляли з низьковуглецевої сталі за допомогою точкового зварювання, переважно ручними кліщами.



13 червня 1961

Джорджу Деволу було видано патент на першого промислового зварювального робота. Його робот був уперше встановлений на автомобільному заводі General Motors, а саме на автоматизованій лінії для точкового зварювання автомобільних кузовів.



14 червня 1952

Почалося будівництво USS Nautilus (SSN-571) — першого у світі атомного підводного човна. Прийнятий на озброєння ВМС США 30 вересня 1954 р. 3 серпня 1958 р. «Nautilus» досяг Північного полюса, ставши першим кораблем в історії людства, що пройшов цю точку Землі своїм ходом. У США для виготовлення першого атомного підводного човна Nautilus фірма General Dynamics використовувала різні технології з'єднання, головним чином дугове зварювання під флюсом і киснево-ацетиленове зварювання.



15 червня 1911

Після ремонту броненосний крейсер «Мен» був повторно введений у дію. Корабель проводив бойову підготовку та здійснював походи вздовж східного узбережжя США. Під час ремонту як один із перших прецедентів, було використано автогенне зварювання у військовому кораблебудуванні США. Щодо найперших випадків, всі вони мали місце у 1906–1908 рр. у Генуї та Марселі. Там автогенне зварювання використовували для ремонту казанів та іншого обладнання кораблів. У цей період подібну процедуру ремонту пройшли близько 80 суден.

16 червня 1874

Відкрито Кавендисська фізична лабораторія при Кембриджському університеті – один із світових центрів експериментальної фізики та інших фундаментальних досліджень. Тут були відкриті електрон (1897), штучне розщеплення атомного ядра (1919), нейтрон (1932) і багато іншого.

**17 червня 1914**

Американський інженер Йозеф Ледвінка подав патент на перший у світі кузов автомобіля. Патент визначає спосіб будівництва суцільнометалевого кузова з використанням точкового зварювання. Завдяки цьому патенту The Budd Company, де працював Ледвінка, стала світовим лідером в автомобільному кузовобудуванні.

**18 червня 1898**

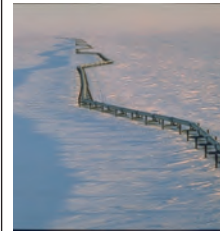
Відомий німецький металург та хімік Ернст Мене патентує свій апарат для плавки металу. Він вважається винахідником газового різак та піонером автогенного зварювання. Крім того, у 1901 р. Мене створює кисневий різак і успішно його застосовує, а також модернізує електродугове зварювання.

**19 червня 1897**

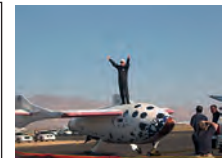
Народився англійський фізико-хімік Сирил Норман Хиншелвуд, лауреат Нобелівської премії з хімії 1956 р. Він отримав її насамперед за створення теорії ланцюгових реакцій, що сприяло глибокому вивченню механізму взаємодії реагуючих речовин у різних галузях виробництва.

**20 червня 1977**

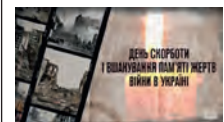
Був запущений Трансаякинський нафтопровід, призначений для перекачування нафти, що видобувається на родовищі Прадхо-Бей на півночі Аляски до порту міста Валдзіз на півдні. У його будівництві брали участь десятки тисяч зварювальників, що робить його одним із наймасштабніших зварювальних і будівельних проєктів в історії. Стики труби з'єднували в траншеях ручним зварюванням методом «верх-низ». Якість зварних швів інженери перевіряли за допомогою рентгенівського випромінювання. Нафтопровід є найбільшим інженерно-технологічним проєктом такого роду. Він був побудований в умовах вічної мерзлоти, полярної ночі, в суворому та вразливому краї з дуже високою сейсмічністю і став найбільш безпечним трубопроводом у світі.

**21 червня 2003**

Здійснено вперше пілотований політ на висоту понад 100 км приватним космічним кораблем багаторазового використання «SpaceShipOne». Команда творців корабля виграла приз у 10 мільйонів доларів.

**22 червня 1941**

Нацистська Німеччина за підтримки союзників напала на ще одного «вчорашнього» союзника – СРСР. Цим розпочалася німецько-радянська війна – одна з найкривавіших та наймасштабніших військових компаній другої світової, яка принесла численні трагедії на українську землю. Важливий внесок у остаточну перемогу над ворогом зробили спеціалісти-зварювальники.

**23 червня 2009**

ВМС Великобританії передано ескадрений міноносець «Дерінг» проєкту «Тип-45» – сучасний ескадрений міноносець із керованою ракетною зброєю. Цей тип кораблів випускався з 2003 р. для Військово-морських сил Великобританії. За рахунок автоматизації процесу зварювання від «Gulco International Limited» вдалося за короткий термін забезпечити з'єднання деталей з двофазної сталі в конструкції кораблів «Type 45 Destroyer». Також застосовувалися зварювальні автоматизовані трактори, які значно скоротили час та витрати на зварювання. Це позитивно позначилося на якості швів і часу їх виконання. Автоматизація процесу зварювання від «Gulco» у цьому проєкті принесла понад 50 % економії часу та коштів.





24 червня 1924

Англійська експериментальна цільнозварна самохідна баржа «Фуллагар» довжиною 46 м і водотоннажністю 398 т натрапила на скелі, але, незважаючи на деформацію днища, залишалася на плаву. Судно було спроектовано Дж. З. Гудвіном. Він врахував усі особливості зварювання, у тому числі зварювальні напруги, які були зменшені завдяки отворам у кницях та флорах. Корпус судна збирали за старим способом – на болтах, які після зварювання видаляли, а отвори заварювали. Комісія дійшла висновку, що клепане судно з такими пошкодженнями затонуло б, і позначку «експериментальну» було знято. Саме ця подія набула широкого розголосу і зробила зварювання популярною технологією в суднобудуванні.



25 червня 1919

Відбувся перший політ літака «Юнкерс Ф-13». Це був перший у світі суцільнометалевий транспортний літак, розроблений у Німеччині наприкінці Першої світової війни. З кількох варіантів для подальшої розробки прийняли схему моноплана з низько розташованим крилом. Ця схема стала класичною для більшості подальших авіалайнерів. Компонування «Юнкерс Ф-13» було засновано на зварних алюмінієвих трубах, покритих гофрованою алюмінієвою обшивкою. Це створювало дуже міцну структуру. Літак був простим в обслуговуванні та міг оснащуватися колесами, лижами чи поплавцями для посадки на воду. Авіалайнер експлуатувався на всіх континентах, у всіх кліматичних зонах.



26 червня 1824

Народився Вільям Томсон, лорд Кельвін (1824-1907) – британський фізик та механік. Відомий своїми роботами у галузі термодинаміки, механіки, електродиніки. Запропонував абсолютну шкалу температур (1848), дав одне з формулювань другого початку термодинаміки (1851) та ввів поняття розсіювання енергії. Пізніше ці закони лягли в основу багатьох розробок устаткування, зокрема, зварювального. У 1856 р. Вільям Томсон під час своїх досліджень сплавляв пучки дротів у коробці з вугіллям, пропускаючи по дротах електричний струм, таким чином, вперше здійснюючи стикове зварювання.



27 червня 1940

Було закладено лінійний корабель американських збройних сил «Айова». Загалом планувалося побудувати шість кораблів такого типу. У 1939 р. уряд США видало замовлення на будівництво «Айови» та «Нью-Джерсі». Слід зазначити, будівництво лінків велося небувалими темпами. Використовувалося електричне зварювання, що на той час було нетипово. Застосовуючи під час будівництва зварювальні автомати, будівельникам вдалося прискорити та спростити процес будівництва кораблів. Перша пара кораблів цієї серії вступила в дію у 1943 р. Місце флагмана серед цих кораблів зайняв лінкор «Айова». Він відрізнявся збільшеною бойовою рубкою.



28 червня 1935

Зареєстрований патент компанії US2122159A Pullman-Standard Car Manufacturing на зварювання. Ще у 1929 р. компанія отримала цілком задовільні результати по дуговому зварюванню тонких броньових листів, а у 1931 р. там був спроектований і виготовлений цільнозварний броньовик. У лютому 1933 р. з цеху цієї фірми вийшов перший бронепоезд.



29 червня 1907

Оскар Чельбергу (1870-1931) видано патент на покритий електрод для ручного дугового зварювання. Залізний дріт занурювався в густу суміш карбонатів та силікатів. Покриття стабілізувало горіння електричної дуги та захищало зону дугового зварювання. Саме використання покритих електродів, що плавляться, дало привід до розвитку та використання зварювальних технологій у різних галузях виробництва. Оскар Чельберг також є засновником компанії ESAB – шведської промислової компанії, яка є світовим лідером у галузі виробництва продукції для зварювання та споріднених технологій.



30 червня 1961

Одна з найбільших американських хімічних компаній DuPont зареєструвала перший в історії патент на зварювання вибухом. Дослідження зварювання вибухом було розпочато ще у 1950-х рр. у різних інститутах та організаціях. У Першу світову війну помічали випадки приварювання снаряда до броні. Проте ці знання не були затребувані. Тільки у 1961 р. одночасно у США та СРСР з'явилися повідомлення про зварювання металів вибухом. Цей технологічний процес дозволив отримувати біметалічні заготовки та виробити практично необмежених розмірів з різних металів та сплавів, у тому числі і тих, зварювання яких іншими способами утруднене або неможливе.