

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, м. Київ:

С.В. Ахонін (головний редактор),

В.О. Березос, Ф.К. Біктагіров, Ю.В. Костецький,

В.А. Костін, І.В. Кривцун, С.В. Римар,

А.І. Устїнов, В.О. Шаповалов;

М.М. Гасик, Аалто Університет, Еспоо, Фінляндія;

М.І. Гречанюк, Інститут проблем
матеріалознавства НАНУ, м. Київ;

О.М. Івасішин, Інститут металофізики
ім. Г.В. Курдюмова НАНУ, м. Київ;

Ю.Г. Квасницька, ФТІМС НАНУ, м. Київ;

П.І. Лобода,

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ;

О.В. Овчинников, ЗНТУ, м. Запоріжжя;

С.В. Петров, Інститут газу НАНУ, м. Київ.

Виконавчий редактор — О.Т. Зельніченко,
Міжнародна Асоціація «Зварювання», м. Київ

Видавець

Міжнародна Асоціація «Зварювання»

Редакція

Д.М. Дяченко (відповід. секретар),
Л.М. Герасименко, Т.Ю. Снегірьова

Адреса редакції

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ,

03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11

Тел.: (38044) 205 23 90

E-mail: patonpublishinghouse@gmail.com;

journal@paton.kiev.ua

<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/sem>

Журнал входить до переліку затверджених
Міністерством освіти і науки України видань
для публікації праць здобувачів наукових ступенів
за спеціальностями 132, 133, 136.

Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Рекомендовано до друку
редакційною колегією журналу.

Журнал зареєстровано Національною радою України
з питань телебачення і радіомовлення
9 травня 2024 року,
ідентифікатор медіа R30-04567.

ISSN 3041-2331 (Online)

ISSN 3041-2382 (Print)

DOI: <https://doi.org/10.15407/sem>

Передплата 2025

Передплатний індекс 70693

4 випуски на рік (видається щоквартально)

Друкована версія: 1200 грн. за річний комплект
з урахуванням доставки
рекомендованою бандероллю.

Електронна версія: 1200 грн. за річний комплект.

ЗМІСТ*

Кафедрі електрометалургії ім. М.І. Гасика УДУНТ — 100 років ... 3

ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВІ ПРОЦЕСИ

*Ахонін С.В., Березос В.О., Северин А.Ю., Єрохін О.Г.,
Пашинський В.В.* Особливості виплавки жароміцного сплаву титану
системи легування Ti–Nb–Al–Mo–Zr способом
електронно-променевої плавки з проміжною ємністю 7

Дідікін Г.Г. Синтез та дослідження фармацевтичної композиції з
наночастинками срібла, отриманими електронно-променевим
випаровуванням 12

ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТЕХНОЛОГІЯ

Протоковілов І.В., Барабаш В.В. Дослідження гідродинамічних
процесів при кристалізації зливків у виливниці в умовах
електрошлакового обігріву і перемішування металеві ванни 20

Кусков Ю.М., Лентюгов І.П., Нетяга А.В. Електричні процеси,
що протікають у струмопровідному кристалізаторі квадратного
перерізу 26

ПЛАЗМОВО-ДУГОВА ТЕХНОЛОГІЯ

*Коржик В.М., Строгонов Д.В., Терещенко О.С., Ганущак О.В.,
Тунік А.Ю., Костін В.А., Чигілейчик С.Л., Юлюгін В.К.* Отримання
сферичного порошку титану для 3D друку плазмово-дуговим
розпиленням дровових матеріалів 30

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

*Ахонін С.В., Білоус В.Ю., Пашинський В.В., Селін Р.В.,
Северин А.Ю., Вржижевський Е.Л.* Вплив відпалу на структуру і
властивості зварних з'єднань жароміцного псевдо- α -титанового
сплаву системи легування Ti–Al–Zr–Sn–Mo–Nb–Si 37

Позняков В.Д., Кореньєв О.В. Вплив термічних циклів зварювання
на структуру і твердість металу ділянки перегріву ЗТВ зварних
з'єднань середньовуглецевих легованих сталей високої
твердості 48

ІНФОРМАЦІЯ

До 155 річчя від дня народження Є.О. Патона 53

О.Г. Богаченку — 85! 57

Система металевих 3D друку 58

*Статті з журналу «Сучасна електрометалургія» вибірково перевидуються
англійською мовою в журналі «The Paton Welding Journal»:
<https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj>

EDITORIAL BOARD

Scientists of E.O. Paton Electric Welding Institute
of NASU, Kyiv:

S.V. Akhonin (Editor in Chief),

V.O. Berezos, F.K. Biktagirov, Yu. V. Kostetskyi,

V.A. Kostin, I.V. Krivtsun, S.V. Rymar,

A.I. Ustinov, V.O. Shapovalov;

M.M. Gasik, Aalto University, Espoo, Finland;

M.I. Grechanyuk, Institute for Problems of Material
Science of NASU, Kyiv;

O.M. Ivasishyn, G.V. Kurdyumov Institute
for Metal Physics of NASU, Kyiv;

Yu.H. Kvasnytska, Physico-Technological
Institute of Metals and Alloys, Kyiv;

P.I. Loboda, NTUU «Igor Sykorsky
Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;

O.V. Ovchynnikov, Zaporizhzhia National Technical
University, Ukraine;

S.V. Petrov, The Gas Institute of NASU, Kyiv.

Executive Editor — O.T. Zelnichenko,
International Association «Welding», Kyiv, Ukraine.

Publisher

International Association «Welding»

Editors

D.M. Diachenko (execut. secretary),
L.M. Gerasymenko, T.Yu. Snegiryeva

Address of Editorial Office

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU,
11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine
Tel.: (38044) 205 23 90

E-mail: patonpublishinghouse@gmail.com;
journal@paton.kiev.ua

<https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/sem>

The Journal is included into 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 132, 133, 136.
Order of the MES of Ukraine № 409 of 17.03.2020.

Recommended for printing by the Editorial Board
of the Journal.

The Journal was registered by the National Council
of Ukraine on Television and Radio Broadcasting
on 09.05.2024,
carrier identifier R30-04567.

ISSN 3041-2331 (Online)

ISSN 3041-2382 (Print)

DOI: <https://doi.org/10.15407/sem>

Subscription 2025

Subscription index 70693

4 issues per year (issued monthly),
back issues available.

\$128, subscriptions for the printed (hard copy) version,
air postage and packaging included.

\$96, subscriptions for the electronic version
(sending issues of Journal in pdf format
or providing access to IP addresses).

CONTENTS*

Department of Electrometallurgy of M.I. Gasik is 100 years old 3

ELECTRON BEAM PROCESSES

*Akhonin S.V., Berezos V.O., Severyn A.Yu., Yerokhin O.H.,
Pashynskyi V.V.* Features of smelting of heat-resistant titanium alloy
of the Ti–Nb–Al–Mo–Zr alloying system by electron beam melting
with a cold hearth 7

Didikin G.G. Synthesis and study of a pharmaceutical composition
with silver nanoparticles, produced by electron beam
evaporation 12

ELECTROSLAG TECHNOLOGY

Protokovilov I.V., Barabash V.V. Studies of hydrodynamic processes
at the crystallization of ingots in a mold under conditions of
electroslag heating and stirring of the metal pool 20

Kuskov Yu.M., Lentiugov I.P., Netyaga A.V. Electrical processes
in a current-carrying crystallizer with a square cross-section 26

PLASMA-ARC TECHNOLOGY

*Korzyh V.M., Strohonov D.V., Tereshchenko O.S.,
Ganushchak O.V., Tunik A.Yu., Kostin V.A., Chygileichyk S.L.,
Yuliuhin V.K.* Spherical titanium powder production for 3D printing
by plasma-arc atomization of wire materials 30

MATERIALS SCIENCE

*Akhonin S.V., Bilous V.Yu., Pashynskyi V.V., Selin R.V.,
Severyn A.Yu., Vrzhyzhevskyi E.L.* The effect of annealing on the
structure and properties of welded joints of high-temperature
pseudo- α -titanium alloy of Ti–Al–Zr–Sn–Mo–Nb–Si alloying
system 37

Poznyakov V.D., Korenev O.V. Influence of thermal welding cycles
on the structure and hardness of metal in the HAZ overheating
section in welded joints on high hardness medium-carbon alloy
steels 48

INFORMATION

To the 155th Birth Anniversary of E.O. Paton 53

O.G. Bogachenko is 85! 57

Metal 3D Printing System 58

*Articles from «Suchasna Elektrometalurhiya» (Electrometallurgy Today) journal
are selectively translated into English and included into the contents of «The
Paton Welding Journal»: <https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj>

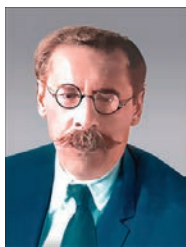
КАФЕДРИ ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЇ ім. М.І. ГАСИКА УДУНТ — 100 РОКІВ

На початку 20-х років минулого століття інженерів-металургів готували порівняно обмеженої спрямованості для управління доменним, мартенівським і бесмерівським процесами в Катеринославському (пізніше Дніпропетровському) гірничому інституті, хоча науковий потенціал цього прославленого вже в ті роки інституту мав усі передумови для активної участі у вирішенні найбільш складних наукових і прикладних технологічних завдань. Цілком очевидно, що для управління в основному імпортним обладнанням і багатoproфільним електрометалургійним виробництвом необхідно було організувати підготовку інженерних кадрів в області виробництва електросталі, феросплавів у дугових електропечах, абразивних надтвердих і тугоплавких матеріалів в електротермічних агрегатах, графітованих електродів в електропечах опору, а також виробництва листового і сортового прокату та інших видів продукції.

Кафедра електрометалургії була організована у складі Катеринославського вищого гірничого училища (КВГУ).

При відкритті училища у 1925 р. його викладацький склад налічував 13 осіб. Слід сказати, що в перші роки існування КВГУ кафедр, як таких, не було, в училищі на двох відділеннях — гірському та заводському — була так звана кабінетна система навчання [1]. На посаду завідувача заводського відділення училища та одночасно ординарного професора металургії було запрошено випускника Петербурзького гірничого інституту, інженера-металурга Михайла Олександровича Павлова, який до цього часу зарекомендував себе як висококваліфікований творчий фахівець. Він фактично започаткував металургійну освіту в Катеринославі та в цілому в Україні. Надзвичайною його заслугою було створення принципів і методик, які заклали основи вищої металургійної освіти. Суть їх полягала в тому, що викладання металургійних дисциплін здійснювалося на суворій теоретичній основі, яка базувалася на останніх досягненнях фізико-хімічних і технічних наук.

У рамках курсу металургії сталі в 1917 р. з'явився розділ електрометалургії, який був присвячений виплавці металу в електричних дугових печах. Засновником і першим лектором цього курсу був Степан Іванович Тельний. Він закінчив відділення в 1914 р. і був залишений стипендіатом для продовження наукової діяльності. В 1917 р. С.І. Тельний почав викладацьку діяльність на кафедрі металургії. За самої діяльної участі та під його керівництвом створюється електрометалургійна лабораторія, в якій він спільно з професором Г.С. Євреїновим розробив першу електричну сталеплавильну піч з вольтовою дугою, що обертається. В 1920 р. С.І. Тельного призначено доцентом кафедри металургії, а з 1 січня 1925 р. — професором та завідувачем першої в країні кафедри електрометалургії. Треба сказати, що на той час у країні взагалі не проводилися дослідження з питань застосування електрики в металургії для виплавки металу, тому С.І. Тельний по праву вважається засновником вітчизняної наукової школи електрометалургів.



Тельний С.І.

Починаючи з 1925 р., постало питання про необхідність бурхливого розвитку електрометалургії сталі та її якісної основи — електроферосплавної промисловості. На початок 20-х років працювало лише кілька феросплавних печей потужністю 280...1000 кВ·А з виробництва феросиліцію та ферохрому, тому виникла необхідність подальшого розвитку власної феросплавної промисловості.

В 1926 р. закінчує гірничий інститут за спеціальністю «Електрометалургія сталі та феросплавів» майбутній патріарх української наукової школи феросплавників, Заслужений діяч науки та техніки УРСР, професор, докт. техн. наук Спиридон Йосипович Хитрик.

За відмінні показники у навчанні та успішний захист дипломного проєкту з електрометалургії після закінчення інституту в 1926 р. С.Й. Хитрика запрошено на посаду асистента кафедри електрометалургії Дніпропетровського гірничого інституту. У зв'язку з виділенням у 1930 р. металургійного факультету в самостійний багатoproфільний Дніпропетровський металургійний інститут (ДМетІ) С.Й. Хитрик переходить на посаду асистента, а потім — доцента кафедри електрометалургії. Одночасно він веде велику суспільно-наукову роботу. З 1932 р. протягом восьми років Спиридон Йосипович працює в редакції журналів «Робочий металург», «Домез», «Теорія і практика металургії» як вчений секретар, заступник редактора та редактор. До речі, жур-



Хитрик С.Й.

нал «Теорія і практика металургії» є найстарішим науковим виданням металургійної галузі України, він почав видаватися з 1928 р. [2].

У 1930 р. на кафедру приходить випускник Мінського політехнічного інституту Микола Макарович Чуйко, який згодом став провідним науковцем у галузі електрометалургії сталі.

З 1928 р., а точніше — з будівництвом ДніпроГЕСу, почала виділятися в самостійну підгалузь електрометалургія сталі та феросплавів. У першій п'ятирічці (1928–1932 рр.) були введені в дію дві електродугові сталеплавильні печі на заводі «Дніпросталь» (з 1939 р. — «Дніпроспецсталь», м. Запоріжжя) та дві рудовідновлювальні феросплавні електропечі на Запорізькому феросплавному заводі (ЗФЗ).

Закладка першого фундаменту «Дніпросталі» відбулася 22 квітня 1931 р., а вже 10 жовтня 1932 р., в день урочистого відкриття ДніпроГЕСу, було видано першу плавку на дніпровському струмі.

Починаючи з перших років роботи заводу, наукова діяльність кафедри та її випускників пов'язана з розробкою виробництва різних марок сталей, удосконаленням діючих технологічних процесів, розвитком теоретичних основ та поглибленням теорії розкислення, рафінування, легування сталей самого різноманітного електрометалургійного сортаменту. На чолі більшості цих розробок, а можна навіть сказати «науковим стовпом», незмінно був видатний вчений-металург, д-р техн. наук, професор М.М. Чуйко. Його внесок у становлення та розвиток української електросталеплавильної науки та технології неоціненний [3]. Початок наукової діяльності його співпав із першими роками роботи первістка України з виробництва спеціальних сталей — заводом «Дніпроспецсталь». Становленню та розвитку наукових досліджень, удосконаленню технологічних процесів на цьому підприємстві М.М. Чуйко віддав практично все своє свідоме життя.

На базі ДніпроГЕСу створюються інші електротермічні виробництва. В 1932 р. швидкими темпами продовжується будівництво Дніпровського алюмінієвого комбінату у складі трьох заводів — глиноземного, електролізного та електродного. В цей час першу продукцію — аноди, вугільні блоки та анодну масу — електродний завод видав уже в жовтні 1933 р. У червні цього року розпочався пуск Дніпровського алюмінієвого комбінату без участі іноземних фахівців.

Неоцінений внесок у розвиток наукових основ, розробку, освоєння і вдосконалення електротермічної техніки та технологічних процесів виробництва широкого сортаменту спеціальних електросталей та різних видів феросплавів, а також підготовку інженерних кадрів (електрометалургів) практично для всієї країни здобули загальне визнання науковою спільнотою провідної ролі кафедри електрометалургії у створенні наукової школи українських електрометалургів. Це не забарилося позначитися на науковому та службовому зростанні її провідних співробітників. З 1932 р. С.І. Тельний призначається на посаду заступника директора ДМетІ з наукової роботи, а з 1934 р. — заступника директора з навчальної роботи, які він займає до 1939 р., поєднуючи при цьому керівництво кафедрою електрометалургії. В 1936 р. рішенням вищої атестаційної комісії С.І. Тельному надається вчене звання професора, а в 1937 р., без захисту дисертації, — вчений ступінь кандидата технічних наук.

С.Й. Хитрик захищає кандидатську дисертацію в 1936 р. та цього ж самого року йому надають вчене звання доцента кафедри електрометалургії. В 1939 р. кандидатську дисертацію захищає М.М. Чуйко і також обирається на посаду доцента [4].

Довоєнний період характеризується бурхливим розвитком електрометалургії сталі та феросплавів у всьому світі. Країна посідає перше місце в світі з виробництва електросталі та феросплавів (1940 р.) і в цьому чимала заслуга вчених та викладачів кафедри електрометалургії ДМетІ. У період з 1924 по 1941 рр. підготовлено близько 200 інженерів-електрометалургів, які успішно працюють на найвідповідальніших посадах у міністерствах, на заводах, у науково-дослідних, проектних і навчальних інститутах.

Велика Вітчизняна війна 1941–1945 рр. стала важким випробуванням для всього українського народу. На схід евакуювали практично всі великі заводи разом з частиною висококваліфікованих інженерів і кадрових робітників провідних плавильних спеціальностей.

За період з липня по жовтень 1941 р. з України було фактично евакуйовано все обладнання феросплавного заводу та заводу «Дніпроспецсталь», з використанням якого на сході були введені в дію електросталеплавильний та прокатні цехи, а в 1942 р. вступив у дію й цех із виробництва феросплавів.

Працюючи на посаді заступника начальника техвідділу, С.Й. Хитрик очолив усю науково-дослідну роботу із вдосконалення технології отримання ферохрому, сілікохрому, феросиліцію. Вперше розро-

бляється технологія отримання маловуглецевого ферохрому шляхом продування передільного ферохрому повітрям у конвертері, отримання феровольфраму з вітчизняних руд, а також сплавів, так необхідних для фронту, для перемоги.

В цей період М.М. Чуйко керував електрометалургійною лабораторією на заводі та читав лекції в Сибірському металургійному інституті, поєднуючи при цьому керівництво науковими дослідженнями з освоєння та вдосконалення технології виробництва броньової сталі для танків. За ратну працю С.Й. Хитрик та М.М. Чуйко відзначені високими урядовими нагородами.

Після звільнення м. Дніпропетровська від німецьких окупантів у жовтні 1943 р. почав відроджуватися й ДМетІ, одним із основних підрозділів якого була кафедра електрометалургії.

У жовтні 1943 р. після звільнення м. Запоріжжя розпочалися роботи з відновлення Запорізького феросплавного заводу. Вже у серпні 1944 р. для будівельно-відновлювальних робіт на підприємствах Запоріжжя, Донбасу, Кривого Рогу була організована виплавка карбіду кальцію. До 1950 р. практично досягнуто виробництво електросталі та феросплавів довоєнного рівня. Починається ера бурхливого розвитку промислового потенціалу України, створюються нові процеси та матеріали, у розробці яких бере участь кафедра електрометалургії [5].

У січні 1944 р. виконувачем обов'язків завідувача кафедри електрометалургії призначено С.Й. Хитрика. На базі результатів поточних досліджень С.Й. Хитрик створює теорію енергетичного та матеріального балансу електроплавки феросплавів, теорію вакуумного рафінування сплавів хрому, розробляє та впроваджує на провідних заводах технологію вакуумування рідкого ферохрому в ковші. Узагальнення цих матеріалів дозволяє йому в 1953 р. успішно захистити докторську дисертацію. В 1954 р. йому присуджують вчений ступінь доктора технічних наук та надають вчене звання професора кафедри електрометалургії. З 1953 по 1962 рр., працюючи проректором з наукової роботи ДМетІ, С.Й. Хитрик віддає багато сил становленню та розвитку науки в інституті, залишаючись при цьому завідувачем кафедри електрометалургії.

Розвиток атомної промисловості вимагає створення нових конструкційних матеріалів, основу яких у багатьох випадках становлять хромисті сталі і сплави з виключно низьким вмістом вуглецю та мінімально допустимим вмістом шкідливих домішок (S і P) та газів (N_2 та H_2). Кафедра готова до розв'язання цієї задачі. Паралельно ведуться роботи у двох напрямках — вакуумування сплавів хрому в рідкому та твердому станах. Другий напрям повністю захоплює молодого вченого, майбутнього академіка НАН України, професора, доктора технічних наук Гасика Михайла Івановича. На початок 60-х років (1962–1964) у складі НДС кафедри працює близько 60 наукових співробітників та інженерів.



Гасик М.І.

Кафедрою електрометалургії в короткі терміни розроблено і реалізовано на ЗФЗ вакуум-термічний метод отримання супернизьковуглецевого та низькоазотистого ферохрому, що дозволило на заводі «Дніпроспецсталь» освоїти виплавку корозійностійкої сталі з 0,03 % С. Щоб підкреслити важливість вирішення цієї проблеми, що роботи з розробки та отримання суперрафінованого ферохрому та виплавки корозійностійких сталей (як і будівництва відповідного відділення на ЗФЗ) велися за постановою вищих директивних органів країни. Новизна і промислова придатність технології суперрафінованого ферохрому за способом ДМетІ захищена авторськими свідоцтвами країни та патентами 10-ти технічно розвинених країн (США, Великобританія, Італія та ін.). Вакуум-термічний ферохром був першою металургійною про-

дукцією, якій у встановленому порядку було присуджено «Знак якості».

Вирішальним був внесок кафедри електрометалургії в початок промислового впровадження в нашої країні дегазації рідких металевих розплавів в ковшових вакууматорах. Вивчення поведінки водню при виплавці електросталі та феросплавів було одним із головних напрямів у наукових дослідженнях колективу кафедри. У 1954–1956 рр. склалася ситуація, коли практично припинився експорт силіко-термічного ферохрому, зокрема до Італії, через пухлякість зливків і дрібних фракцій ферохрому, що утворилися при їх дробленні. З метою отримання щільних зливків ферохрому вперше в електроферосплавній промисловості країни було розпочато вакуумування рідкого ферохрому (а потім і металевих марганцю) у спорудженій доменній установці — ковшовому вакууматорі цеху № 2 ЗФЗ.

Провідну роль у науковому обґрунтуванні та пошуку альтернативних матеріалів замість бокситу для вітчизняної абразивної промисловості та виробництва глинозему відіграє М.І. Гасик. Він продовжує

працювати над теоретичними аспектами твердофазного рафінування ферохрому; встановлює закономірності між граничним вмістом вуглецю, окисленістю металу та ступенем видалення шкідливих домішок і газів; розробляє технологічний регламент триступеневого процесу; видає вихідні дані для створення унікального вакуумного агрегату та веде практичний нагляд за його створенням, освоєнням та впровадженням у виробництво; досягає значних успіхів в отриманні високоякісних суперрафінованих сплавів на основі хрому, що використовується для потреб атомної енергетики.

Узагальнивши отримані результати, М.І. Гасик у 1968 р. захищає докторську дисертацію, а через рік, у 1969 р., йому надають вчене звання професора по кафедрі електрометалургії.

Все більш превалююче місце електросталеплавильне виробництво займає на спеціалізованих металургійних заводах і заводах важкого та середнього машинобудування — Харківський завод ім. Малишева, Ново-Краматорський машинобудівний завод, Нікопольський Південно-трубний завод, Дніпропетровський трубопрокатний завод, Сумський завод нафтогазових труб, Кременчуцький сталеливарний завод, Криворізький Центральний рудоремонтний завод, Дніпропетровський стрілочний завод, Краматорський завод «Енергомашпецсталь» та інші.

У зв'язку зі зміною структури сталі, що виплавляється, за способами отримання та збільшення частки малолегованих і легованих сталей виникла необхідність у розширенні виробництва феросплавів. Через це було ухвалено рішення про будівництво двох феросплавних заводів в Україні — Стаханівського, з виробництва феросиліцію різних марок, та Нікопольського, з виробництва марганцевих сплавів [6].

У 1973 р. завідувачем кафедри електрометалургії ДМетІ обирається професор, д-р техн. наук Гасик М.І. У період 90-х р. внаслідок відомих обставин участь вищих навчальних закладів, академічних і галузевих науково-дослідних інститутів, галузевих лабораторій було зведено до мінімуму.

Скоротили колектив дослідників через відсутність фінансування науково-дослідних робіт і разом з тим, починаючи з 2000 р., фінансування робіт поступово набуло хоча і невеликий, але стабільний характер. Це дозволило відновити творчу співдружність кафедри електрометалургії з творчими колективами НЗФ, ЗФЗ, «Дніпросталі», «Дніпроспецсталь», стрілочного та інших заводів.

Досягнуті кафедрою успіхи в області розробки нових і вдосконалення діючих технологічних процесів зумовлені високою теоретичною та професійною підготовкою її випускників, ефективною роботою аспірантури та докторантури при кафедрі електрометалургії. Це є свідченням того, що в різні роки навчальна і навчально-наукова робота на кафедрі постійно вдосконалювалася відповідно до вимог часу.

Сьогодні підготовка фахівців ведеться за такими освітньо-професійними програмами, як «Електрометалургія сталі і феросплавів», «Спеціальна металургія» та «Металургія кольорових металів». На кафедрі навчається 152 студента та 20 аспірантів.

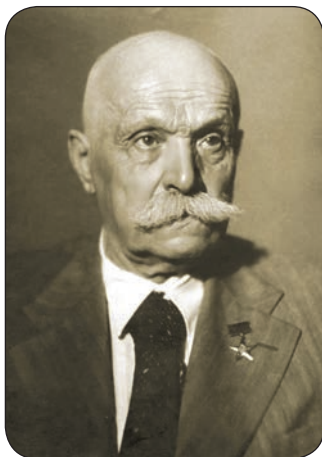
До 100 років свого існування кафедрою було підготовлено понад 2500 фахівців широкого профілю з крос-галузевих напрямів і спеціальностей, 140 кандидатів, 25 докторів технічних наук, серед яких багато лауреатів державних та міжнародних премій.

Список літератури

1. Рубін П.Г. (1909) *Історичний нарис виникнення Катеринославського Вищого Гірничого Училища та його діяльності за перше десятиріччя (1899–1909 рр.)*. Катеринослав, Друкарня Губернського Земства.
2. (1999) *Державна металургійна академія України*: Історія становлення вузу та розвитку його науково-педагогічних шкіл. Ю.М. Таран-Жовнір (ред.). Дніпропетровськ, Пороги.
3. (2008) *Національна металургійна академія України в іменах*: Енциклопедичний довідник. Дніпропетровськ, АРТ-ПРЕС.
4. Проїдак Ю.С., Гладких В.А., Овчарук А.М. (2025) *100 років розвитку та визнання*: Монографія. Ю.С. Проїдак (ред.). Дніпро, УДУНТ.
5. Sykhoy, K.M., Proidak, Ju.S. (2025) On 100th Anniversary of the Department of Electrometallurgy. *Theory and Practice of Metallurgy*, 146(1), 5–9.
6. Грищенко С.Г. (2022) Сучасні тенденції розвитку світової та української феросплавної промисловості. *Теорія і практика металургії*, 133(2), 5–8.

Ю.С. Проїдак
проректор Українського державного університету науки і технологій

ДО 155 РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ Є.О. ПАТОНА



Євген Оскарович Патон народився 4 березня 1870 р. у родині консула російської імперії в м. Ніцці, Франція. Вищу освіту здобув у 1894 р. у Королівській Саксонській технічній вищій школі у м. Дрездені, Німеччина. Йому пропонували викладати на кафедрі статики споруд і мостів, до того ж він вже почав працювати в проєктному бюро будівництва нового Дрезденського вокзалу, але він не погодився.

Закінчивши у 1896 р. Петербурзький інститут інженерів шляхів сполучення, Є.О. Патон почав викладацьку діяльність в інституті та одночасно працювати в технічному відділі казенних залізниць, де проєктує мости і перекриття. З весни 1889 р. Є.О. Патон працює в Московському інженерному училищі шляхів сполучення, в 1901 р. захищає дисертацію і призначається професором кафедри мостів.

У 1905 р. Є.О. Патон почав працювати у Київському політехнічному інституті, де очолив кафедру мостів, був вибраний деканом інженерно-будівельного факультету. Він удосконалює навчальні програми, створює лабораторії, інженерний музей, продовжує наукову роботу, видає посібники та підручники. У 1914 р. Є.О. Патон організував мостову секцію при військово-промисловому комітеті Південно-Західного фронту, проєктував та організовував виготовлення мостів, поворотно-підйомних естакад, льодорізів та інших конструкцій. Для переправ через р. Дніпро розробив проєкти 7-ми великих стратегічних розбірних мостів. Близько 35 років наукової, інженерної та педагогічної діяльності Є.О. Патон присвятив мостобудуванню, опублікував понад 160 наукових праць, створив проєкти 35 мостів, перекриттів і переходів. Вже з 1920 р. Є.О. Патон разом зі своїми учнями бере активну участь у відновленні зруйнованих мостів. Одночасно в 1921–1931 рр. він начальник Київської мостовипробувної станції.



Розбірний міст системи Є.О. Патона (1914 р.)

У 1929 р. Є.О. Патон вибраний академіком Всеукраїнської академії наук (зараз НАНУ). Він організує в системі академії Електрозварювальну лабораторію та Електрозварювальний комітет — громадські організації із взаємодії учених та інженерно-технічних працівників, зацікавлених у розвитку зварювального виробництва. Є.О. Патона обрано головою комітету.

У 1929–1933 рр. Є.О. Патон з невеликою групою співробітників виконано дослідження експлуатаційних характеристик зварних конструкцій, проведено порівняльні випробування низки натуральних клепанних і зварних виробів. Результати викладено у 1933 р. в першому вітчизняному посібнику з проєктування зварних конструкцій, який передруковували у закордонних виданнях.



Арочний міст над алеєю Магдебурзького права у м. Києві, побудований у 1910

У 1932 р. учений вперше у світі розробив і запропонував комплексну програму розвитку зварювання, яка була підтримана урядом.

У 1934 р. уряд УРСР видав постанову про створення Інституту електрозварювання (ІЕЗ). Директором було затверджено Є.О. Патона. Відповідно до основних напрямків та комплексного характеру діяльності, директор організував в інституті відділи: науково-дослідний, конструкторський, зварювального обладнання, зварних конструкцій, дослідно-виробничу базу (майстерні з виготовлення приладів та апаратів). ІЕЗ став зразком наукової установи, спроможної створювати інноваційні технології від ідеї і фундаментальних досліджень до широкого впровадження у промисловість.

З ініціативи вченого, що приділяв величезну увагу підготовці кадрів, в 1935 р. у Київському індустріальному інституті (нині КІІ) було організовано відділення з підготовки інженерів-зварників (згодом зварювальні факультет і кафедра), якими він керував до 1939 р.

Результати дослідження процесів у зварювальній ванні та інші роботи стали основою нового наукового напрямку — металургії зварювальних процесів. Видатним досягненням є створення автоматичного зварювання під флюсом. До початку 1939 р. під керівництвом Є.О. Патона було створено устаткування, матеріали та розроблено технологію швидкісного автоматичного зварювання, що забезпечували високу якість шва при зварюванні конструкційних сталей.

20 грудня 1940 р. керівництво СРСР прийняло постанову про впровадження швидкісного автоматичного зварювання під флюсом у промисловість. Є.О. Патона призначили членом Ради з машинобудування при Раднаркомі СРСР і доручили контроль виконання цієї постанови. Одночасно на нього покладали обов'язки керівника відділу електрозварювання ЦНДІ технології машинобудування (м. Москва) зі збереженням керівництва ІЕЗ. За півроку співробітники ІЕЗ встигли впровадити інноваційну технологію на 20-ти великих підприємствах, що значно підвищило продуктивність виробництва. У 1940 р. Є.О. Патон написав монографію «Швидкісне автоматичне зварювання під шаром флюсу».

У серпні 1941 р. ІЕЗ було евакуйовано у м. Нижній Тагіл, де у 1942 р. під керівництвом Є.О. Патона вперше у світі було створено автоматичне зварювання комплексно-легованих броньових сталей, що в десять разів пришвидшило виготовлення корпусів танків. У найкоротший термін під керівництвом Є.О. Патона організовано потокове виробництво танків всіх типів, авіабомб, реактивних снарядів, а також багатьох інших видів озброєння та боєприпасів. У 1943 р. Є.О. Патону, першому з українських учених, присвоєно звання Героя Соціалістичної Праці.

У 1944 р. ІЕЗ повернувся в м. Київ і Є.О. Патон долучився до вирішення проблем відновлення й розвитку народного господарства країни. Конверсія високоефективної військової технології — автоматичного зварювання під флюсом — для цивільного застосування стала основним завданням інституту. До кінця 1944 р. автоматичне зварювання під флюсом було впроваджено на 12-ти великих підприємствах України. У 1947 р. Є.О. Патону доручено науковий та організаційний супровід усіх зварювальних робіт у СРСР. У 1947–1948 рр. на 111-ти заводах країни було запроваджено 670 зварювальних автоматів; в ІЕЗ було організовано підготовку робочих, написані інструкції, створено спеціальний вагон з навчальним і демонстраційним обладнанням.

Є.О. Патон розгорнув фундаментальні дослідження, що стали теоретичною основою науки про зварювання, вдосконалив основи проектування нової зварювальної техніки, систем керування зварювальними процесами, устаткування для виробництва металевих конструкцій та вирішення інших конструкторських проблем.

Одна з ідей Є.О. Патона полягала в розділенні конструкцій на вузли та зварювання спеціалізованими автоматами на окремих позиціях конвеєрних ліній, у принципово новому підході до проектування та виготовлення машин, резервуарів, труб, промислових споруд. Шляхом удосконалення в ІЕЗ вирішувалися завдання технологічності зварних виробів, зниження маси, зменшення кількості сполучних деталей.

Під його керівництвом створюються інноваційні індустріальні методи виробництва труб, зварювання магістральних трубопроводів, негабаритних резервуарів, доменних комплексів, вагонів, суден тощо, в першу чергу на заводах Придніпров'я та Донбасу. У 1946–1948 рр. на Маріупольському заводі ім. Ілліча було введено у дію лінію виробництва залізничних цистерн.

При активній участі Є.О. Патона вперше у світі були створені: спосіб напіваавтоматичного зварювання під флюсом з механізованою подачею електродного дроту через гнучкий шланг до тримача з соплом і бункером, що переміщується вручну; зварювальний пістолет для стельових конструкцій; спеціалізовані установки для зварювання котельного обладнання, будівельних промислових металоконструкцій та ін. Вперше у світі було доведено можливість зміни форми зварних конструкцій і розроблено принципово новий спосіб спорудження великогабаритних листових конструкцій шляхом згортання цільнозварних полотнищ. З 1948 р. цим методом почали будувати резервуари.

Вперше у світі в ІЕЗ були розроблені технології поєднаного складання та зварювання, відповідні верстати-автомати та потокові лінії, раціональні зварні конструкції гірничо-шахтного та енергетичного обладнання, металургійних печей, мостів.

Ряд зварювальних апаратів, механізмів і пристроїв, таких як: вальцезварювальний верстат для шахтних вагонеток, апарати для електрошлакового зварювання, прохідний стан для автоматичного зварювання труб великого діаметра не мали аналогів за кордоном. Для зварювання під флюсом при виконанні монтажно-будівельних робіт вперше в світі було створено технології і відповідне устаткування для автоматичного зварювання вертикальних і стельових швів. Перша в Європі суцільнозварна домenna піч об'ємом 1033 м³ була зведена в 1948 р. у м. Запоріжжі із застосуванням цієї технології.

З метою підвищення швидкості зварювання були розроблені технології автоматичного зварювання під флюсом електродом, нахиленим вздовж осі шва кутом уперед, розщепленими електродами та ін. У 1946–1947 рр. в ІЕЗ створено технологію зварювання зі швидкістю 160...200 м/год двома дугами, що окремо горять, і зварювальна апаратура для здійснення цього процесу. У 1949 р. перший вітчизняний безперервний трубоелектрозварювальний стан, зварювальна апаратура та джерела живлення введені в дію на Харцизькому трубному заводі. Вперше складання і зварювання виконували в одному агрегаті при стаціонарно встановленій зварювальній головці та рухомій заготовці. У 1949–1953 рр. були досліджені процеси та встановлено характер протікання струму через шлакову ванну, плавлення електродного металу та теплообміну між шлаком і виробом, що зварюється. Вперше у світі створено спосіб електрошлакового зварювання, що дозволяє з'єднувати за один прохід товстостінні металоконструкції. У 1949–1950 рр. були досліджені закономірності протікання електричних і металургійних процесів при дуговому зварюванні сталей в активних газах. Встановлено можливість підвищення якості металу шляхом додаткового введення розкислювачів, уперше в світі створено технологію зварювання у вуглекислому газі. У 1952 р. були досліджені процеси та встановлені закономірності взаємодії хлору та фтору з компонентами дугової плазми та металу ванни при зварюванні алюмінію та його сплавів. Уперше в світі розроблено хімічні склади галоїдних флюсів та технологію дугового зварювання.

До середини 1950-х років в Україні було відновлено гірничо-металургійну та паливно-енергетичну промисловість. Розроблено механізований спосіб зварювання кільцевих швів магістральних трубопроводів, які почали застосовувати на будівництві трубопроводу Дашава – Київ – Брянськ – Москва.

У 1952 р. вперше у світі проведено дослідження та встановлено принципову можливість використання зварювальних джерел нагріву для отримання металу особливої чистоти в електрошлаковому процесі, отримано зливок електрошлакового переплаву та створено спеціальну установку для переплаву.

За участі Є.О. Патона та під його керівництвом видаються капітальні праці з різних аспектів зварювальної науки й техніки. У 1948 р. він організував і був головним редактором журналу «Автоматичне зварювання».

Фундаментальні дослідження стали основою розвитку нових наукових напрямків, проривних інноваційних технологій у багатьох галузях виробництва. Уперше в світі було винайдено електрошлакове зварювання та закладені основи спеціальної електрOMETALURГІЇ високоякісних металів.

У 1947–1952 рр. встановлено закономірності легування металу шва через порошковий дріт. Розроблено склади дротів і техніка дугового наплавлення зносостійких поверхонь виробів, що працюють при високих температурах та ударних навантаженнях.

У 1946–1951 рр. під керівництвом Є.О. Патона створено спеціальну марку низьковуглецевої сталі МСтЗ для зварних мостів, що була малочутливою до термдеформаційного циклу зварювання; нову конструктивну форму мосту; вдосконалено апаратуру для автоматичного і механізованого зварювання конструкцій; розроблено технологію заводського і монтажного зварювання. Зразком універсального застосування автоматичного зварювання під флюсом є спорудження першого у світі суцільнозварного автодорожнього мосту через р. Дніпро у м. Києві завдовжки 1543 метри. Найбільший в Європі міст через р. Дніпро у м. Києві було відкрито 5 листопада 1953 р. Євген Оскарович не дожив до його відкриття менше трьох місяців, він помер 12 серпня 1953 р.



Зварювання балки мостового перекриття,
м. Дніпропетровськ (1952 р.)



Меморіальна дошка Американського зварювального товариства

гіт, матеріалів і обладнання для зварювання та суміжних процесів.

ЛАУРЕАТИ ПРЕМІЇ ІМЕНІ ЄВГЕНА ПАТОНА

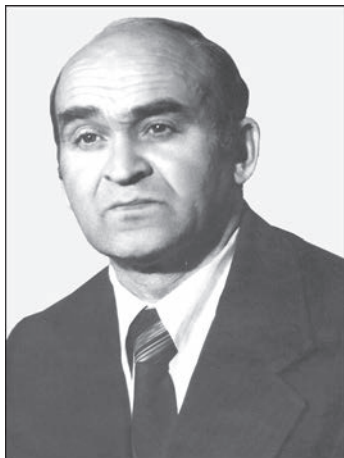
- 2000 Dr. Stephen Maddox (United Kingdom);
- 2002 Eur. Ing. Wayne Thomas (United Kingdom);
- 2003 Prof. William Lucas (United Kingdom);
- 2004 Dr. Nobutaka Yurioka (Japan);
- 2005 Prof. John Norrish (Australia);
- 2006 Dr. Alan Sanderson (United Kingdom);
- 2007 Dr. Pingsha Dong (USA);
- 2009 Prof. Shang Yang Lin (China);
- 2010 Dr. Carl D. Lundin (USA);
- 2011 Prof. Wolfgang Fricke (Germany);
- 2012 Dr. Michael Szczesny (USA);
- 2013 Dr. Adolf F. Hobbacher (Germany);
- 2017 Prof. Yoshinori Hirata (Japan);
- 2018 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen (Germany);
- 2019 Prof. David Olson (USA);
- 2021 Prof. Michael Ghede (Germany);
- 2023 Dr. Murali Tumuluru (USA);
- 2024 Prof. Suck-Joo Na (Korea Republc).

Є.О. Патон створив відому в усьому світі патонівську науково-інженерну школу, яка стала символом ефективної реалізації фундаментальних наукових розробок і ще зробить багато корисного для розвитку науки і техніки в Україні.

Д.і.н. Олександр Корнієнко



Міст ім. Є.О. Патона сьогодні

НАШИ ВІТАННЯ!**О.Г. БОГАЧЕНКУ — 85!**

Редколегія та редакція журналу «Сучасна електрометалургія» щиро вітають Олексія Георгійовича Богаченка з нагоди урочистої дати — 85 річчя від дня народження!

О.Г. Богаченко народився в Казахстані в селищі Джеломбет 21 квітня 1940 р.

У 1963 р. закінчив Київський інститут інженерів цивільної авіації та отримав диплом інженера-механіка з технічної експлуатації літаків та двигунів і пропрацював 2 роки на кафедрі аеродинаміки цього інституту.

У 1965 р. Олексій Георгійович прийняв неочікуване і, як виявилось, доленосне рішення перейти на роботу до Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона у відділ фізико-металургійних проблем електрошлакових технологій. Працював на різних інженерних посадах, був завідувачем галузевого відділу АН УРСР та Мінсудпрому СРСР. У 1987 р. за рекомендацією академіка Бориса Ізраїльовича Медовара був призначений на посаду керівника відділу № 9, яким успішно керував протягом 9 років.

І вже вкотре Олексій Георгійович, як справжній патонівець, різко змінив свій трудовий шлях і перейшов у відділ матеріалів для зварювання та електрометалургії ІЕЗ ім. Є.О. Патона, де працює зараз на посаді головного наукового співробітника і займається розробкою нових економнолегованих сталей для виробництва ефективного литого бурового інструменту, а також керує перспективним напрямком електрометалургії зі створення композитних графітових електродів для промислових електродугових сталеплавильних печей.

У 1971 р. захистив кандидатську дисертацію, а у 1984 р. — докторську, є автором понад 400 наукових праць, серед яких монографії, авторські свідоцтва та патенти на винаходи в галузі електрошлакових технологій і спецелектрометалургії. Підготував чотири кандидати технічних наук.

О.Г. Богаченка завжди відрізняли самовіддана праця та високий професіоналізм при вирішенні складних науково-технічних проблем. Він гідно представляв ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України та нашу країну за кордоном (у Швеції, Франції, Японії, США та ін.) при запусках різного обладнання, на міжнародних симпозиумах, конференціях та у ділових поїздках. Багато виконаних Олексієм Георгійовичем наукових розробок широко застосовується у промисловості, сприяє становленню військово-промислового потенціалу країни і отримали високу державну оцінку.

О.Г. Богаченко є кавалером ордена Трудового Червоного Прапора (1987), лауреатом державних премій УРСР (1977), СРСР (1984), премії Ради Міністрів СРСР (1987) та премії ім. О.Ф. Трегубенко (2010). В 2015 році йому було присвоєно звання професора, а в 2019 році — почесне звання заслуженого діяча науки і техніки України.

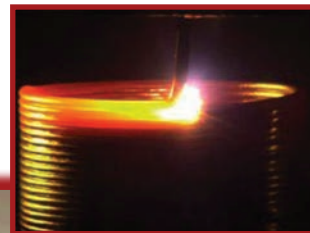
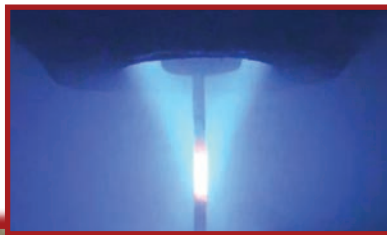
Олексію Георгійовичу, ми бажаємо Вам міцного здоров'я, творчого довголіття, невичерпної енергії і виконання всіх Ваших задумів!

Редакція журналу «Сучасна електрометалургія»

СИСТЕМА МЕТАЛЕВОГО 3D ДРУКУ

з пристроєм для безперервної подачі прутків Rod Feeder

xBeamLab-1M



Пристрій дає можливість використовувати рівні металеві прутки діаметром до 6 мм в якості витратного матеріалу для 3D друку, що забезпечує:

- розширення номенклатури матеріалів для 3D друку;
- можливість отримання 3D друком шаруватих композицій;
- зниження собівартості виробів.

www.xbeam3d.com