

УДК 669.187.26+621.791

Випускники КПІ у витоків електрошлакових технологій

Graduates of KPI at the origins of electroslag technologies

Олександр Лютий¹

Oleksandr Lyuty

¹ ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпрспецсталь» ім. О. М. Кузьміна», Запоріжжя, Україна, lyuty@dss.com.ua

Ключові слова:

металургія,
електрозварювання,
спеціальна
електрометалургія,
Інститут
електрозварювання,
електрошлакова
технологія, Київський
політехнічний інститут

Анотація: 80 років свого існування відзначає Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона. Вперше у світі тут були створені нові технології виробництва високоякісних металів і сплавів. У створенні інноваційних технологій великий внесок зробили випускники Київського політехнічного інституту на чолі з академіком Б. Є. Патonom. В 1949 році Б. Є. Патон і Г. З. Волошкевич розробили новий процес зварювання металів – електрошлакове зварювання. Електрошлаковий процес був використаний для одержання шва високої якості. В ІЕЗ ім. Є. О. Патона був створений відділ електрошлакового переплаву для наукових досліджень і впровадження нових металургійних технологій, яким керував Б. І. Медовар. Вперше у світі була заснована нова галузь – спеціальна електрометалургія. Сталь високої якості випускають на заводах України, Російської Федерації, Швеції, Великобританії, США й інших країн і застосовують для виготовлення виробів атомної промисловості, суднобудування, танків т.п.

Key words:

metallurgy, welding, special
electrometallurgy, Paton
Electrowelding Institute, Kyiv
Polytechnic Institute

Abstract— Paton Electric Welding Institute is celebrating its 80 anniversary. For the first time in the world were here created the new technologies of production of high-quality metals and alloys. Graduates of Kiev Polytechnic Institute headed by academician B. E. Paton made a great contribution to creation of innovation technologies. In 1949 B. E. Paton and G. Z. Voloshkevich developed the new process of welding metals – electros slag welding. Electros slag process was used for obtaining the welding seam of high quality. In Paton Electric Welding Institute there was created a division of electros slag re-mel-ting for scientific studies and introduction of the new metallurgical technologies, which were led by B. I. Medovar. It was for the first time in the world when the new branch – special electric metallurgy – was created. High quality steel in produced at the plants of Ukraine, Russian Federation, Sweden, Great Britain, USA and other countries and used in produce for nuclear power industry, shipbuilding, tanks and the like.

Стан, мета і задачі досліджень.

Робота Інституту електрозварювання імені Є. О. Патона (ІЕЗ) вивчена і описана в багатьох виданнях. Серед них є дослідження діяльності керівників, провідних учених, спеціалістів відомої наукової школи, вплив винаходів на науково-технічний прогрес. Але в цьому масиві інформації не має спеціального дослідження, присвяченого обставинам винайдення окремих технологій переплаву металів, що їх вперше в світі створено в ІЕЗ науковцями – випускниками Київського політехнічного інституту. Злиток, отриманий в 1952 році Б. Є. Патonom, що закінчив КПІ 22 червня 1941 року, ліг у основу цілої галузі металургії – «спеціальної електрометалургії» (СЕМ). З появою електрошлакового переплаву (ЕШП) в усьому світі почали створюватися спеціалізовані виробництва, де під одним дахом поєднували спочатку ЕШП і вакуумно-дуговий переплав (ВДП), а потім і електронний промінь і плазму. Три (крім ВДП) із цих основних процесів спецелектрометалургії – дітища Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона. СЕМ забезпечує металами і сплавами особливо високої якості виробництво конструкцій авіаційної і космічної техніки, конструкцій, що працюють на Крайній Півночі в умовах негативних температур і знакозмінних навантажень під во-

дою, у газових турбінах, медичних інструментах, імплантатах і тощо.

Систематизація і публікація матеріалів об участі колишніх студентів зварювального, металургійного та інших факультетів окрім звичайних саме цілей історичних досліджень, має пізнавальні напрями, має виховувати у бакалаврів, магістрів, аспірантів гордість за свій навчальний заклад і прагнення досягти таких же висот у творчої наукової, виробничої, організаційної діяльності.

Електрошлакове зварювання.

Винайденню ЕШП передувало створення вперше в світі нового виду зварювання. В 1948 році Г. З. Волошкевич, виконуючи завдання Є. О. Патона розробити технологію автоматичного зварювання під флюсом вертикальних швів, виявив що при глибокій шлаковій ванні дуговий процес ставав нестійким. Проблемою керування цими процесами зайнявся Б. Є. Патон. В 1949 році Г. З. Волошкевич і Б. Є. Патон добилися високої стабільності процесу при зварюванні з'єднань значної товщини за один прохід. Так вперше у світі в ІЕЗ був створений новий вид зварювання – електрошлакове зварювання (ЕШЗ). На початку 1950-х років в ІЕЗ розвернулися систематичні дослідження фізичних і металургійних процесів, розроблені спеціальні флюси, джерела живлення й

апарати керування, методи зниження деформацій і напруг (Г. З. Волошкевич, А. М. Макара, І. І. Сущук-Слюсаренко, І. І. Личко, Я. Ю. Компан, В. П. Андреев та ін.) [1, 2].

Член-кореспондент АН УРСР, доктор технічних наук, професор Макара Арсеній Мартинович закінчив Київський індустріальний інститут (нині НТУУ «Київський політехнічний інститут») у першому випуску інженерів факультету, організованого Є. О. Патеном у 1940 році і почав працювати в ІЕЗ. В технологічному відділі під керівництвом засновника металургії зварювання В. І. Дятлова він приєднався до розв'язання металургійних проблем і залишався вірний цій тематиці до кінця життя. Талант дослідника у А. М. Макари виявився вже у воєнні роки на Уральському танковому заводі в Нижньому Тагілі. Головним в його науковій діяльності стало зварювання спеціальних високоміцних сталей, зокрема, броньових, розробка флюсів, технології високошвидкісного багатодугового зварювання тощо. Переваги електрошлакових процесів не могли б повністю реалізуватися без участі А. М. Макари і співробітників його відділу. Результати досліджень відкрили ЕШЗ шляхи впровадження у виробництво потужного металургійного і енергетичного устаткування, стартових установок для балістичних ракет, корпусів підводних човнів тощо.

Безпосереднім помічником З. Г. Волошкевича став Ігор Іванович Сущук-Слюсаренко. Він закінчив Київський політехнічний інститут у 1957 році і був направлений у відділ нових способів зварювання. В 1981 році йому доручено керівництво науковою лабораторією електрошлакового зварювання низьколегованих сталей підвищеної міцності, зокрема й той сталі, яку виготовляли електрошлаковим переплавом. Вся його діяльність була пов'язана з дослідження, розвитком та використанням електрошлакового зварювання. Найбільш вагомими результатами – це розробка методів дозованої протидії деформаціям під час зварювання великогабаритних заготовок у точний розмір, підвищення надійності виконання електрошлакового процесу автоматичним дублюванням елементів обладнання, дозованої подачі енергії в зону зварювання. Новаційні пропозиції Сущука-Слюсаренка було впроваджено у виробництво конструкцій важкого, енергетичного, транспортного, хімічного машинобудування.

До досліджень процесів плавлення металу – шлакової ванни після закінчення у 1959 році, КПІ приєднався Іван Іванович Личко. Від посади інженера, він дійшов до посади керівника наукової лабораторії електрошлакового зварювання, а з 1997 року працює провідним науковим співробітником відділу металургії і технології зварювання високолегованих сталей і сплавів. Личко взяв участь у вдосконаленні технологій і обладнання, керував впровадженням ЕШЗ на підприємствах важкого, енергетичного, транспортного, хімічного машинобудування при виробництві унікальних машин і агрегатів: негабаритних бандажів обертових опалювальних цементних печей, надважких станин прокатних станів, механічних та гідравлічних пресів, робочих коліс турбін ГЕС, роторів генераторів для АЕС, обладнання для нафтової й хімічної промисловості тощо [3].

Крім ЕШЗ сталей різного призначення вперше в

світі були розроблені технології й флюси для виготовлення товстостінних відповідальних конструкцій з алюмінію, титану, міді та їх сплавів. У створенні цієї нової техніки значну участь взяли випускники КПІ: Д. М. Рабкін, О. М. Сафонников, А. Г. Сінчук, С. М. Гуревич, Я. Ю. Компан, І. І. Личко, В. М. Ілюшенко, О. П. Алексеенко та ін. Деякі з них зайнялися і розробкою переплавних технологій. Інші перейшли до вирішення проблем ЕШП.

Доктор технічних наук, професор Ярослав Юрійович Компан закінчив Київський політехнічний інститут у 1960 році за спеціальністю «Технологія та обладнання зварювального виробництва». В ІЕЗ ім. Є. О. Патона, де пройшов шлях від інженера до керівника наукової лабораторії магнітної гідродинаміки електрошлакових процесів. Виконані Я. Ю. Компаном дослідження керованих магнітогідродинамічних течій зварювального і металургійного розплавів електрошлакових сприяли створенню технологій рафінування металу від шкідливих домішок і включень, зокрема, при плавці зливків титанових сплавів [4, 5].

Андреев Володимир Прохорович закінчив Київський політехнічний інститут у 1958 році і був направлений в ІЕЗ. Він брав участь у зварюванні цементних печей, водогонів, валків прокатного стану. Разом з Г. З. Волошкевичем В. П. Андреев розробив технологічний процес виготовлення великих робочих коліс гідротурбін та впровадив його у виробництво на Ленінградському металевому заводі при виконанні замовлення для Асуанської ГЕС у Єгипті. За його безпосередньої участі розроблено і вперше у світовій практиці виконано зварювання металоконструкцій секції водогону Братської ГЕС на монтажному майданчику. В. П. Андреев встиг зробити внесок і у розвиток ЕШП великотоннажних виливків. В 1981 році кандидата технічних наук В. П. Андреева було призначено директором Дослідного заводу спецелектрометалургії ІЕЗ ім. Є. О. Патона, який під його керівництвом в стислі терміни був збудований та оснащений найновішим устаткуванням.

Електрошлаковий переплав. В 1952 році в ІЕЗ ім. Є. О. Патона в ході досліджень процесу первинної кристалізації електрошлакового металу в умовах вільної усадки були отримані перші електрошлакові злитки з високолегованої аустенітної сталі. Б. Є. Патон, як і його батько продовжував пошуки покращення якості конструкційного металу, зміркував, що на основі електрошлакового зварювального процесу можна створити принципово нову технологію – електрошлаковий переплав (ЕШП). Після такого переплаву якість металу мала бути не гірше металу шва. Добре обізнаний з проблемами нової техніки, Б. Є. Патон зрозумів, що новий спосіб може знайти застосування у виробництві високолегованих сталей і сплавів з особливими властивостями, одержання яких в інших металургійних агрегатах утруднене або пов'язане зі зниженням їх якості, у тому числі – жароміцних сталей і сплавів. Пошук технології переплава і складу флюсов, розробку технічних завдань для конструювання кристалізаторів директор доручив Б. І. Медовару.

Доктор технічних наук, професор, академік АН УРСР Борис Ізраїлович Медовар закінчив у 1940 році Київський індустріальний інститут (нині НТУУ «Київський

політехнічний інститут») і з 1941 року працював в ІЕЗ ім. Є. О. Патона, в 1962–1987 роках – керівник відділу фізико-металургійних проблем електрошлакових технологій.

Основні напрямки наукових досліджень Б. І. Медовара – технологія, металургія, фізико-металургійні проблеми теорії й практики електрошлакового переплаву (ЕШП), лиття, зварювання; створення нових конструкційних матеріалів і виробів з регламентованими властивостями. Він керував розробкою технологій і конструкцій електрошлакових печей. Під керівництвом Медовара робили великі колективи відділа, інженерний центр, лабораторії багатьох заводів військово-промислового комплексу, важкого і енергетичного машинобудування та ін. [7, 8]

Важливим стимулом для швидкого розвитку ЕШП було визначення Б. Є. Патонам і Б. І. Медоваром доброї ізотропності, високої ступені чистоти й щільності метала. В 1959 році були вперше сформульовані основні положення теорії й практики переплаву сталей і інших сплавів у кристалізаторі [9].

У наступні роки досліджуються фізико-хімічні, металургійні і електричні особливості й можливості ЕШП, розробляються принципово нові технологічні рішення й конструкції електрошлакових печей, узагальнюються характеристики литого й деформованого металу стосовно до специфічних умов його промислового застосування. У виконання цієї роботи брали участь випускники КПІ, зокрема, Г. О. Бойко, Ю. В. Латаш, Б. І. Максимович, О. Г. Богаченко, В. А. Лапченко, М. Ф. Зевакин, А. В. Левандовский, Л. М. Ступак, Ю. Ф. Алферов та ін.

На початку 1970-х років ІЕЗ, Донецьким політехнічним інститутом і Ждановським металургійним заводом ім. Ілліча вперше у світовій практиці проведені дослідно-промислові роботи з ЕШП киснево – конвертерної (130-тонний агрегат) низько- і середнелегованої сталі. На основі аналізу особливостей виплавки легованих сталей у кисневому конвертері, а також ЕШП цих сталей показано, що виробництво листової сталі підвищеної якості слід орієнтувати на схему: кисневий конвертер + піч ЕШП (дулекс-процес). При цьому також установлене, що в кисневому конвертері може бути виплавлена нелегована або обмежена легована сталь.

Доктор технічних наук (1982), професор (2007) Бойко Георгій Олександрович почав науково-виробничу діяльність в ІЕЗ ім. Є. О. Патона у 1958 році після закінчення КПІ. Перші його роботи були присвячені розробці методу деформування негабаритних обичайок цементних печей великого діаметру з метою можливості їх транспортування залізницею, ефективних конструкцій штампозварних теплообмінників. Ним було відкрито й досліджено явище утворення вакууму в герметичному зазорі між зварюваними без розплавлення основного металу металевими поверхнями під час нагрівання за рахунок розчинення газів повітря в зазорі, яке супроводжувалося очищенням поверхонь металу від оксидів, полегшувало з'єднання сталевих деталей за малих обтискувань. Г. О. Бойко був одним з дослідників і розроблювачів способів з'єднання під тиском різномірних сталей: автовакуумне зварювання тисненням та пресове зварю-

вання-паяння. Вперше пов'язав явище перенесення вуглецю на межі з'єднання різномірних сталей з контактною різницею потенціалів. Згодом Г. О. Бойко займався дослідженнями та розробками в галузі спеціальної електрометалургії. Створені за його участі технологічні процеси довели перевагу литого металу за щільністю структури, чистотою від неметалевих включень, в'язкістю, пластичністю, відсутністю анізотропії властивостей у порівнянні з деформованим металом звичайного виробництва. Ці результати стали основою для створення промислової технології електрошлакового лиття (ЕШЛ) у водоохолоджуваних ливарних формах. Ним розроблено й впроваджено у виробництво технологічні процеси ЕШЛ таких відповідальних виробів, як колінчасті вали великих судових дизелів, деталі важких промислових тракторів і механічних пресів, корпуси енергетичної арматури для атомних електростанцій тощо [10–12]

Кандидат технічних наук Чекотило Леонтій Васильович після закінчення у 1958 році Київського політехнічного інституту працює в ІЕЗ ім. Є. О. Патона. Йому було доручено вивчення зварюваності жароміцних, жаростійких сталей і сплавів, впливу на неї хімічного складу, чистоти металу, технологій виплавки та переробки. Л. В. Чекотило вперше у вітчизняній практиці дослідив вплив малих і великих концентрацій бору на зварюваність та властивості аустенітних сталей і сплавів, розробив та впровадив у виробництво нові марки боридних сталей та матеріалів для їх зварювання.

Електрошлакове литво. На початку 1960-х років була створена нова технологія – електрошлакове литво (ЕШЛ). ЕШЛ є технологією комплексного впливу на умови формування злитка, починаючи із заливання рідкого металу у форму й закінчуючи виведенням усадки. Злитки ЕШЛ, як показав досвід їх виробництва на Челябінському металургійному заводі, заводі «Електросталь». Юргинському машинобудівному заводі й ін., за всіма показниками перевершили злитки звичайного виробництва, а вироби з них відрізняються підвищеними службовими характеристиками.

Під керівництвом Б. Є. Патона в 1968–1977 роках співробітниками відділу Б. І. Медовара спільно з фахівцями провідних машинобудівних заводів країни: ЖЗТМ, Іжорського заводу, Брянського машинобудівного заводу (БМЗ), – Венюковського заводу енергетичного машинобудування, (Чехов, Московської обл.), і інші виконали інтенсивні роботи зі створення на основі новітніх електрошлакових процесів і відповідного устаткування принципово нової технології виготовлення литих виробів відповідального призначення. Результатом цих робіт з'явилось впровадження промислових технологій виробництва лито-зварених посудин високого тиску, корпусів запірної арматури атомних і теплових електростанцій, колінчатих валів судових дизелів, бандажів цементних печей, труб і трубних заготовок, заготовок штампового інструмента, прокатних валків і багатьох інших відповідальних машинобудівних виробів. Нова технологія виробництва виливків із властивостями деформованого металу визнана в усьому світі [13]

Спосіб ЕШЛ став основою для створення різних електрошлакових технологій одержання ковальських

злитків. Серед них виділяється технологія укрупнення злитка за рахунок сплавлення окремих порцій рідкого металу – спосіб порціонного електрошлакового виливка (ПЕШЛ), Одержувані цим способом злитки відрізняються високою однорідністю й чистотою. Особливо ефективний спосіб ПЕШЛ для виробництва особливо великих злитків – масою десятки й сотні тонн. (завод «Енергомаш-спецсталь», Краматорськ; завод «Електросила» і ПО «Іжорський завод», Петербург).

Завдяки розробці в ІЕЗ під керівництвом Б. Є. Патона в середині 1970-х років різновиду ЕШТ – електрошлакового лиття (ЕШЛ) на заводах важкого машинобудування повністю відмовилися від кування литого металу й об'єднали в заготовці оптимальну форму виливка й високі механічні властивості кування. Значна якість металу електрошлакового виливка сполучається в ЕШЛ із надзвичайно високим виходом придатного до обробки металу, що досягає 85–95 %, і з повною ліквідацією браку в заготівельному виробництві. Під керівництвом Б. І. Медовара Л. В. Чекотило із співробітниками розробив нові технології та печі для електрошлакової відливки порожнистих зливків і труб.

Доктор технічних наук Маринський Георгій Сергійович закінчив у 1969 році теплоенергетичний факультет Київського політехнічного інституту і був направлений до ІЕЗ ім. Є. О. Патона, де почав дослідження в галузі теплофізики електрошлакових процесів переплаву та литва високоякісних металів і сплавів. Згодом він займався розробкою нового технологічного процесу – відцентрового електрошлакового литва заготовок відповідальних деталей машин та інструменту. Цей процес дозволив отримувати замість поковок високоякісні фасонні заготовки, забезпечуючи економію матеріалів та трудовитрат. З 1993 по 1998 займався науково-організаційною діяльністю в галузі електронно-променевих технологій випаровування і конденсації у вакуумі. В цей період він був заступником директора Міжнародного центру електронно-променевих технологій ІЕЗ ім. Є. О. Патона [14, 15].

Технології та печі для електрошлакової відливки впроваджено у виробництво на підприємствах СРСР, згодом – і СНД, запатентовано в низки країн, продано ліцензії в США, Швецію, ФРН.

Дугошлаковий переplав. На початку 1970-х років в ІЕЗ під керівництвом Б. Є. Патона розроблений новий спосіб переплаву металевим електродом дугою, що горить на поверхні рідкої шлакової ванни в мідному водоохолоджуемому кристалізаторі, що одержав назву дугошлаковий переplав (ДШП). У результаті досліджень і промислових плавок різних сталей і сплавів встановлено, що в порівнянні з ЕШП метод ДШП при виплавці злитків дозволяє в півтора рази зменшити витрату електроенергії, а також майже в два рази – витрату синтетичного флюсу на одну тону металу.

По якості метал ДШП практично не уступає металу ЕШП. Головною перевагою ДШП є можливість легувати метал азотом з газової фази, у тому числі під тиском, при повному виключенні з технологічного процесу виробництва високоазотистих сталей і дорогих сплавів із сполуками азоту, наприклад, нітриду кремнію. ДШП ефективний

при виробництві титану і його сплавів і дозволяє одержувати злитки з гарною поверхнею, високої якості й, головне, більш низької вартості в порівнянні з металом ЕШП [16].

Біметал. Наплавлення рідким металом. В останні роки в ІЕЗ розроблено новий технологічний процес – електрошлакове наплавлення рідким металом (ЕШН РМ). Це технологічна схеми ЕШП із двома джерелами живлення (ЕШП ДС) і використанням струмопідводящего кристалізатора відкрила нові можливості для одержання біметалічних заготовок і виробів різного призначення, таких, як композитні заготовки прокатних валків, біметалічна арматури, подові сталемідні електроди дугових печей і ін. Були створені біметалеві товстостінні штамповарні посудини високого тиску для нафтохімічної промисловості та атомних енергетичних реакторів; товстостінний прокат з металу електрошлакового переплаву, що має підвищений рівень фізико-механічних та службових характеристик і призначений для машинобудівних галузей і бронетанкової техніки; товсті багат шарові трубні заготовки, виготовлені методом гарячого розкатування [17].

Доктор технічних наук Сасенко Володимир Якович після закінчення у 1960 році Київського політехнічного інституту був направлений в ІЕЗ ім. Є. О. Патона, де у відділі фізико-металургійних проблем електрошлакових технологій взяв участь у дослідженнях зварюваності та методів одержання нових гомогенних і гетерогенних конструкційних матеріалів, напівфабрикатів для сучасного машинобудівного комплексу, будівництва. Основними напрямками його наукових робіт стали фізико-металургійні проблеми електрошлакових технологій, призначених для переплаву, лиття, зварювання сталей. За участі В. Я. Сасенко були створені біметалеві товстостінні штамповарні посудини високого тиску для нафтохімічної промисловості та атомних енергетичних реакторів; товстостінний прокат з металу електрошлакового переплаву, що має підвищений рівень фізико-механічних та службових характеристик і призначений для машинобудівних галузей і бронетанкової техніки; товсті багат шарові трубні заготовки, виготовлені методом гарячого розкатування. Займався розробкою електрошлакового литва замість кованих і катаних заготовок; застосуванням електрошлакового та дугошлакового переплаву у виробництві титанових зливків і напівфабрикатів; створенням безвідходних електрошлакових технологій, в тому числі для утилізації легованих сталей і сплавів.

Доктор технічних наук Чернець Олександр Владиславович закінчив Київський політехнічний інститут у 1985 році за спеціальністю „Ливарне виробництво чорних та кольорових металів”, за фахом інженер-металург і був направлений в ІЕЗ. Б. І. Медовар доручив йому підключитися до досліджень металургійних особливостей відцентрового електрошлакового литва, теплофізичних засад електрошлакової тигельної плавки, формоутворення відливок за умов відцентрового поля. Він проводив дослідження, пов'язані з розробкою нових електрошлакових технологій з розподілом процесів плавлення та твердіння металу. За його участі визначено технологічні особливості електрошлакового процесу з рідким присад-

жувальним металом, досліджено взаємозв'язок основних параметрів електрошлакового переплаву витратних електродів за двоконтурною схемою, вивчено вплив різних шлакових композицій на особливості формоутворення заготовок, які виготовляються за допомогою цих технологічних процесів [18, 19].

Доктор технічних наук Лев Борисович Медовар після закінчення у 1979 році КПІ і працював в Інституті проблем лиття; в ІЕЗ працює з 1991 року. Під керівництвом свого батька він підключився до рішення фізико-металургійних проблем отримання бездефектних великих зливок, дослідження методів регулювання та контролю тверднення легованих сталей у зливках великого перерізу та доцільності використання внутрішніх кристалізаторів для боротьби з сегрегацією при кристалізації сплавів, дослідження ефективності поєднання стандартних металургійних технологій розливання зливок, у тому числі біметалевих з методами спеціальної електрометалургії; кінетичні особливості електрошлакового процесу з рідким металом безвитратних електродів; металургійні та технологічні процеси виробництва конструкційних матеріалів і виробів з регламентованими властивостями.

Основні напрямки прикладних робіт, де були одержані суттєві практичні результати, – порожнисті великогабові зливки із квазімонолітної сталі (АКМ) для виготовлення транспортних контейнерів відпрацьованого палива АЕС, товсті катані плити для виготовлення опорних кілець кисневих конверторів та іншого металургійного обладнання і спеціальних виробів оборонного призначення, товстолістовий прокат із заданою анізотропією структури для платформ багатотоннажних самоскидів «БелАЗ»; промислові технології отримання біметалевого інструменту із швидкорізальних сталей; створення безвідходних електрошлакових технологій. Електрошлакові технології знаходять широке застосування не тільки при одержанні сталей і сплавів високої якості, але й при утилізації відходів основного виробництва у вигляді обриси й браку, зношеного штампового інструмента, лома й стружки міді й мідних сплавів. У результаті стає можливим повторне використання вторинних металевих ресурсів з метою економії металу й енергії [20].

У створенні – дослідженні, розробки технологій, конструюванні устаткування, впровадженні на сотнях підприємств в СРСР і за кордоном крім вказаних, брали участь ще декілька десятків співробітників ІЕЗ ім. Є. О. Патона, – випускників Національного технічного університету України „КПІ” за спеціальностями “Обладнання та технологія зварювального виробництва”, “Інженерна теплофізика” та ін.

Джерела та література:

- Сушук-Слюсаренко І. І. Техніка виконання електрошлакової сварки. / І.І. Сушук-Слюсаренко. – Київ: Наук. думка, 1974. – 95с.
- Електрошлакова сварка і наплавка / Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1980. – 511с.
- Лычко І. І. Електрошлакова наплавка міді і ее сплавів на сталь. / І. І. Лычко – Київ: УкрНИИТИ, 1969. – 25с.
- Компан Я. Ю. Электрошлаковая сварка титановых сплавов. / Я. Ю. Компан, М. А. Абралов – Ташкент: Фан, 1976. – 84с.
- Компан Я. Ю. Электрошлаковая сварка // Металлургия и технология сварки титана и его сплавов./Я.Ю. Компан – Киев: Наук. думка, 1978. – С. 146–168.
- Медовар Б. И. Новый способ сварки заготовок сверхкрупных сечений: электрошлаковая сварка неподвижным электродом с добавкой кусковых материалов (ЭШС КПМ) / Б. И. Медовар, В. П. Андреев и др. // Проблемы электрошлаковой технологии. – Киев: Наук. думка, 1978. – С. 40–47.
- Медовар Б. И. Электрошлаковый переплав / Б. И. Медовар, Ю. В. Латаш, Б. И. Максимович, Л. М. Ступак // М. Металургиздат, 1963. – 170с.
- Электрошлаковый металл / Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара. – Киев: Наук. думка, 1981. – 680с.
- Патон Б. Е. Новый способ электрической отливки слитков. / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, В. Е. Патон // Бюл. техн. инфор. НТО Машпром. – 1956. – 68 с.
- Патон Б. Е. Особенности строения и процессов кристаллизации крупных электрошлаковых слитков / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, Ю. Г. Емельяненко, Ю. В. Латаш // Спец. электрометаллургия. – 1970. – Вып. 4. – С. 3–8.
- Медовар Б. И. Электрошлаковый переплав / Б. И. Медовар, Ю. В. Латаш, Б. И. Максимович, Л. М. Ступак // М. Металургиздат, 1970. – 239 с.
- Патон Б. Е. О целесообразности изготовления ответственных сварных конструкций из толстолитового металла, улучшенного методом ЭШП / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, В. Я. Саенко, Ю. Г. Емельяненко, А. Г. Богаченко, В. С. Гринюк // Рафинирующие переплавы. – Киев: Наук. думка, 1974. – С. 128–138.
- Патон Б. Е. Порционная электрошлаковая отливка слитков / Б. Е. Патон, Ю. В. Латаш, А. Е. Воронин и др. // Спец. электрометаллургия. – 1973. – Вып. 19. – С. 24–29.
- Патон Б. Е. Электрошлаковая выплавка крупногабаритных полых заготовок / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, Л. В. Чекотило и др. // Спец. электрометаллургия. – 1970. – Вып. 4. – С. 43–45.
- Патон Б. Е. Электрошлаковое литье и его возможности / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, Г. А. Бойко и др. // Литейн. производство – 1974. – № 4. – С. 1–4.
- Патон Б. Е. Дугошлаковый переплав – современное состояние и перспективы / Б. Е. Патон, В. Я. Саенко, Ю. М. Помарин и др. // Пробл. спец. электрометаллургии. Там же. – 2002. – № 1. – С. 3–10.
- Патон Б. Е. Электрошлаковые технологии в производстве биметаллических заготовок / Б. Е. Патон, Л. Б. Медовар, В. Е. Шевченко и др. // Современ. электрометаллургия. – 2003 – № 2. – С. 8–11.
- Патон Б. Е. Новый технологический процесс

- получения сверхкрупных стальных слитков методом ЭШН ЖМ / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, В. Я. Саенко и др. // Современ, электрометаллургия. – 2007. – № 1. – С. 5–9.
19. Медовар Б. И. Электрошлаковый процесс с использованием жидкого присадочного металла – новый путь в развитии электрошлаковой сварочной технологии / Медовар Б. И., Чернец А. В. и др. // Проблемы спец. электрометаллургии. – 1999. – № 3. – С. 3–9.
20. Патон Б. Е. Специальная электрометаллургия: полвека в действии. Что дальше? / Б. Е. Патон, В. И. Лакомский, Г. М. Григоренко, Л. Б. Медовар // Современ, электрометаллургия. – 2003. – № 4. – С. 3–7.

Лютий Олександр Павлович – кандидат технічних наук, заступник технічного директора – директор з енергетики та ремонтів ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. О. М. Кузьміна», Запоріжжя.