

<https://doi.org/10.15407/sofs2022.04.106>

УДК 621.7/623.4:629.36(093)

О.С. ВОЙТЮК, доктор філософії з історії та археології, доцент
Житомирський інститут ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія
управління персоналом»

вул. Перемоги, 26, Житомир, 10003, Україна

e-mail: helen_zt24@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-7670-6849>

З ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ НАДІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ БОЙОВИХ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВЛЕННЯ В ІНСТИТУТІ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА АН УРСР (початок 70-х рр. ХХ ст.)

У статті висвітлено визначні історичні факти та наукові дані, що розкривають участь учених Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УРСР у розробленні та застосуванні методу електрошлакового переплавлення для виробництва деталей бойових гусеничних машин на початку 70-х рр. ХХ ст., що відображає їхній внесок у розвиток галузі спеціальної електрометалургії та технології металів. Основними джерелами для дослідження стали розсекречені архівні документи з оборонної тематики СРСР Центрального державного архіву громадських об'єднань України, які вперше введено до наукового обігу. Застосовано загальнонаукові та спеціально-історичні методи (ретроспективний, проблемно-хронологічний, порівняльно-історичний, аналіз, синтез і класифікація). Розкрито основні чинники, що впливають на якість електрошлакового металу,

Цитування: Войтюк О.С. З історії створення надійних деталей бойових гусеничних машин методом електрошлакового переплавлення в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УРСР (початок 70-х рр. ХХ ст.). *Наука та наукознавство*. 2022. № 4 (118). С. 106—114. <https://doi.org/10.15407/sofs2022.04.106>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2022. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

зокрема кількість і склад флюсу, електричний режим і технологія виплавлення вихідної заготовки. Розглянуто дослідження вихідного металу електродугового плавлення, який піддавався електрошлаковому переплавленню під різними марками флюсів, а також із розкисленням та модифікуванням металу у процесі електрошлакового переплавлення мікродомішками рідкоземельних металів. Представлено методи оцінювання неметалевих включень у сталі. Показано, що дослідження якості сталі проводилися науковцями Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УРСР спільно з ученими Фізико-механічного інституту АН УРСР і Запорізького машинобудівного інституту. Висвітлено зміст науково-технічних розробок і напрями досліджень із підвищення довговічності штампованих траків фахівцями цих наукових установ. Використання архівних документів дало змогу ґрунтовніше реконструювати історію розвитку наукових досліджень з розроблення деталей бойових гусеничних машин методом електрошлакового переплавлення.

Ключові слова: архівні документи, метод електрошлакового переплавлення, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УРСР, сталь 38ХС, флюси, оборонна промисловість.

Вступ. З розвитком нових галузей науки і техніки, зокрема в металургійній, машинобудівній та оборонній промисловості СРСР у 50-х рр. ХХ ст., виникла необхідність у створенні легованих сталей і сплавів, що матимуть унікальні механічні, технологічні та експлуатаційні властивості.

Найважливішими подіями у цій галузі стали створення вперше у світі в 1949 р. видатними українськими вченими Б.Є. Патonom і Г.З. Волошкевичем в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УРСР (далі — ІЕЗ ім. Є.О. Патона) нового виду електрошлакового процесу — електрошлакового зварювання, а також виплавлення у 1952 р. там першого у світі невеликого електрошлакового зливка з унікальними властивостями з аустенітної сталі, що визначило бурхливий розвиток електрошлакового плавлення в багатьох галузях промисловості, зокрема металургійній, машинобудівній, хімічній [1, с. 12]. З 1954 р. в ІЕЗ ім. Є.О. Патона групою науковців (Б.І. Медовар, Ю.В. Латаш, Б.І. Максимович, Л.М. Ступак та інші) під керівництвом академіка Б.Є. Патона активно проводилися наукові дослідження принципово нового вискоєфективного способу підвищення якості спеціальних сталей і сплавів — електрошлакового переплавлення витратних електродів у металевому водоохолодному кристалізаторі [2, с. 61]. Результати цих досліджень металу зливоків у кілька кілограмів стали початком бурхливого впровадження у виробництво нового способу електрошлакового переплавлення (ЕШП).

28 травня 1958 р. вперше у світі під керівництвом представників ІЕЗ ім. Є.О. Патона на заводі «Дніпроспецсталь» (м. Запоріжжя), очолюваному О.Ф. Трегубенком, відбулося перше плавлення ЕШП — на

установці Р-909 було отримано промисловий злиток ЕШП. Він мав діаметр 250 мм і важив 300 кг. Керівником ЕШП на заводі було призначено С.А. Лейбензона [3, с. 3—5]. Цей провідний технологічний процес отримав світове визнання і став підґрунтям для створення нової металургійної галузі — спеціальної електрометалургії.

ЕШП використовували для покращення властивостей конструкційних, жароміцних, нержавіючих, інструментальних, підшипникових та інших сталей і спеціальних сплавів. Ліцензії та патенти на ЕШП було продано багатьом країнам світу. СРСР посів провідне місце у світі з виробництва електрошлакового металу у вигляді поковок, листа, прутків і труб. Сотні тисяч тон високоякісної сталі ЕШП вироблялися на різних підприємствах СРСР. Щорічний економічний ефект від застосування ЕШП за масштабів виробництва 1970-х рр. становив сотні мільйонів карбованців [2, с. 57, 124].

Хоча останніми роками з'явилося чимало наукових публікацій, присвячених історії розвитку електрошлакового процесу в ІЕЗ ім. Є.О. Патона та безпосередній участі академіка Б.Є. Патона у розробленні новітніх технологій зварювання у галузі спеціальної електрометалургії, космосі, під водою та в медицині, внесок фахівців ІЕЗ ім. Є.О. Патона у розроблення бойової техніки методом ЕШП у 70-х рр. ХХ ст. висвітлено недостатньо. Цьому протягом багатьох десятиліть перешкодив режим «секретності».

Метою статті є висвітлення окремих історичних фактів і наукових даних із дослідження якості сталі 38ХС, що розкривають внесок учених Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УРСР у розроблення та застосування методу електрошлакового переплавлення для виробництва деталей бойових гусеничних машин на початку 70-х рр. ХХ ст.

Новизна постановки проблеми. Досліджуючи розсекречені архівні матеріали з оборонної тематики Центрального державного архіву громадських об'єднань (ЦДАГО) України, автору вдалося виявити деякі не введені раніше в науковий обіг документи щодо наукових досліджень у галузі ЕШП вченими ІЕЗ ім. Є.О. Патона. Вперше в українській історіографії розкрито зміст цих документів, що сприятиме реконструкції на їхній основі подій з історії створення деталей для бойових гусеничних машин на початку 70-х рр. ХХ ст.

Викладення основного матеріалу. Починаючи з 60-х рр. ХХ ст. в УРСР створено значну кількість виробничих потужностей для ЕШП, передусім для потреб оборонної промисловості. За допомогою ЕШП отримували сталі і сплави особливо високої якості та найбільш відповідального призначення. Необхідною умовою зміцнення обороноздатності країни було підвищення якості та надійності бойових гусеничних машин. Робота таких машин у важких різноманітних умовах, висока

навантаженість гусениць, жорсткі вимоги щодо підвищення рівня їхніх основних бойових характеристик потребували використання деталей з високими фізико-механічними характеристиками, які виготовлялися з високолегованої конструкційної сталі. Для виготовлення траків гусениць найширше застосовувалася сталь 38ХС. Насамперед її використовували для виготовлення деталей невеликих розмірів, зокрема гусеничних пальців, що зчленовують траки, та зірочок і катків з високою міцністю, пружністю та зносостійкістю.

Зазвичай на якість металу ЕШП впливають декілька чинників, як-от якість вихідного металу (електродів), кількість і склад флюсу, електричний режим, технологія виплавлення вихідної заготовки. На початку 70-х рр. ХХ ст. основні флюси для марок ЕШП (АНФ-6, АНФ-7 та АНФ-25) виробляв Нікопольський завод феросплавів, де 25 березня 1966 р. ввели в експлуатацію першу чергу флюсоплавильного цеху, а 27 серпня 1968 р. — першу піч, яка виробляла феросплави. Організація та технологія виробництва плавлених флюсів на цьому заводі виконувалася за технічним завданням ІЕЗ ім. Є.О. Патона.

З огляду на виконання доручення Першого секретаря ЦК КПУ П.Ю. Шелеста стосовно підвищення стійкості та довговічності бойових гусеничних машин наприкінці березня 1971 р. академік Борис Євгенович Патон надіслав листа про стан виконання робіт в ІЕЗ ім. Є.О. Патона з цього питання ¹ та довідку стосовно проведення робіт фахівцями Інституту з підвищення довговічності штампованих траків методом ЕШП ².

Відповідно до цієї довідки з ініціативи Ж.Я. Котіна та за домовленістю з КБ О.О. Морозова у 1970 р. науковці ІЕЗ ім. Є.О. Патона виконали пошукові роботи з дослідження впливу ЕШП на підвищення втомної міцності сталі марки 38ХС, з якої виготовлялися траки гусениць ³. Слід зазначити, що Жосеф Якович Котін — видатний учений-конструктор важких танків і гусеничної техніки спеціального призначення, який у 1968—1972 рр. був заступником міністра оборонної промисловості СРСР, а Олександр Олександрович Морозов — визначний науковець, конструктор танків, керівник КБ-60 у 1966—1976 рр. (Харківське КБ із машинобудування, що спеціалізувалося на розробленні та виробництві бронетанкової техніки).

¹ Письмо Директора Института электросварки им. Е.О. Патона АН УССР Б.Е. Патона Первому секретарю ЦК КПУ П.Е. Шелесту о ходе выполнения работ по повышению стойкости и долговечности траков боевых гусеничных машин (24 марта 1971 г.). ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 152.

² Справка Института электросварки им. Е.О. Патона АН УССР о работах по повышению долговечности штампованных траков методом ЕШП (март 1971 г.). ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 153—156.

³ ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 153.

Дослідження якості сталі 38ХС як до, так і після ЕШП проводилися вченими ІЕЗ ім. Є.О. Патона спільно з фахівцями Фізико-механічного інституту АН УРСР (заснованого в червні 1951 р. у Львові як Інститут машинознавства та автоматики АН УРСР) та Запорізького машинобудівного інституту (створеного відповідно до Указу імператора Миколи II в 1900 р. у м. Олександрівську (Запоріжжя) як середнє семирічне механіко-технічне училище; у 1957—1994 рр. — Запорізький машинобудівний інститут ім. В.Я. Чубаря).

Таблиця 1. Вміст елементів у сталі 38ХС різних варіантів виплавлення

Метод виплавлення	Особливості ЕШП	Вміст елементів, %							
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
Електродуговий ЕШП	Початковий	0,39	1,28	0,43	0,0080	0,016	1,38	0,12	0,05
	АНФ-6	0,41	1,10	—	0,0042	—	1,42	—	—
	АНФ-6 + РЗМ	0,39	1,14	—	0,0045	—	1,44	—	—
	АНФ-7	0,40	—	—	0,0020	0,016	1,33	—	—
	АНФ-7 + РЗМ	0,40	—	—	0,0020	—	1,40	—	—
	АНФ-25	0,41	—	—	0,0038	—	1,42	—	—
	АНФ-25 + РЗМ	0,41	—	—	0,0034	—	1,45	—	—

Примітка: С — вуглець, Si — кремній, Mn — марганець, S — сірка, P — фосфор, Cr — хром, Ni — нікель, Cu — мідь.

Джерело: побудовано автором за матеріалами ЦДАГО (ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 153).

Таблиця 2. Вміст неметалевих включень у сталі 38ХС різних варіантів виплавлення

Метод виплавлення	Особливості ЕШП	Вміст елементів, %		
		Разом	З них	
			оксиди	сульфіди
Електродуговий ЕШП	Початковий	0,0046	0,0028	0,0017
	АНФ-6	0,0025	0,0021	0,0003
	АНФ-6 + РЗМ	0,0023	0,0018	0,0004
	АНФ-7	0,0006	0,0004	0
	АНФ-7 + РЗМ	0,0011	0,0007	0,0002
	АНФ-25	0,0013	0,0008	0,0001
	АНФ-25 + РЗМ	0,0027	0,0011	0,0014

Джерело: побудовано автором за матеріалами ЦДАГО (ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 154).

Як свідчать дані табл. 1, у дослідженнях застосовувався вихідний метал (сталі 38ХС електродугового плавлення), який піддавався ЕШП під трьома марками флюсів (АНФ-6, АНФ-7 та АНФ-25), а також з розкисненням металу в процесі ЕШП мікродомішками рідкоземельних металів (РЗМ).

Вміст і розподіл неметалевих включень у сталі 38ХС (табл. 2) досліджували на поздовжніх металографічних шліфах. Підґрунтям для кількісного оцінювання неметалевих включень у сталі була методика УВМ-ЦНДІЧМ, розроблена у Центральному науково-дослідному інституті чорної металургії за допомогою універсального вимірювального мікроскопа.

У сталі 38ХС електродугового виплавлення неметалеві включення були представлені глиноземом, алюмосилікатами та залізомарганцевими сульфідами, розмір яких коливався у межах 10 мк. За результатами дослідження встановлено, що після ЕШП чистота сталі 38ХС за оксидними і сульфідними включеннями суттєво підвищувалася. Найповніше видалялися включення з металу за умови переплавлення на флюсі АНФ-7.

Для оцінювання впливу різного складу флюсів на витривалість сталі 38ХС були проведені випробування зразків товщиною 2,5 мм, які вирізалися поперек прокату, на малоциклово втому нульовим чистим вигином за максимальної деформації крайнього волокна $\epsilon = 0,63$ %.

Відповідно до результатів випробувань переплавлений метал мав набагато більшу витривалість (зразки витримували більше циклів до руйнування), ніж вихідна електродугова сталь. Водночас перевага сталі ЕШП значною мірою залежала як від складу флюсу, так і від виду середовища, в якому проводилися випробування (табл. 3). ЕШП без присадок РЗМ забезпечував збільшення довговічності сталі 38ХС у повітрі на 50—80 %. Добавка РЗМ у двох випадках зумовлювала додаткове підвищення довговічності цієї марки сталі ще до 40 %, водночас найсприятливішим фактором є присадка РЗМ для металу ЕШП на флюсі АНФ-25⁴.

За результатами проведених наукових досліджень ученими ІЕЗ ім. Є.О. Патона зроблено такі висновки:

1. ЕШП істотно (майже вдвічі) підвищує витривалість сталі 38ХС при її пружно-пластичному деформуванні.

2. Використання ЕШП металу для підвищення терміну роботи траків гусениць безумовно є доцільним.

3. Найбільший рівень витривалості забезпечує ЕШП металу на флюсі АНФ-7 (без РЗМ) і на флюсі АНФ-25 (з присадкою РЗМ).

У довідці ІЕЗ ім. Є.О. Патона також зазначено, що про результати цих досліджень були поінформовані відповідальні працівники Міні-

⁴ ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 156.

Таблиця 3. Результати випробувань сталі 38ХС на витривалість

Технологія виготовлення сталі / Середовище	Початкова (Е/дугова)	ЕШП (флюс АНФ-6)		ЕШП (флюс АНФ-7)		ЕШП (флюс АНФ-25)	
		без РЗМ	з РЗМ	без РЗМ	з РЗМ	без РЗМ	з РЗМ
		Повітря	23 000	34 800	36 800	42 000	37 000
Корозійне (3 % розчин кухонної солі)	8 800	16 700	13 900	17 800	16 700	17 400	16 600
Наводеності (3 % розчин кухонної солі + катодна поляризація)	3 800	4 650	5 030	4 850	5 790	4 720	6 000

Джерело: побудовано автором за матеріалами ЦДАГО (ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 155).

стерства оборонної промисловості СРСР, які у січні 1971 р. за вказівкою міністра оборонної промисловості СРСР С.О. Зверева відвідували ІЕЗ ім. Є.О. Патона для ознайомлення з найцікавішими його розробками. А також наголошено на необхідності якнайшвидшої та всебічної перевірки результатів виконаної роботи під час дослідження та виготовлення дослідно-промислової партії траків, включно з натурними випробуваннями⁵.

Варто зазначити, що у 1970-х рр. ІЕЗ ім. Є.О. Патона координував роботу понад 600 наукових установ, промислових і будівельних організацій СРСР [2, с. 11]. Видатні науковці — академіки Борис Євгенович Патон і Борис Ізраїльович Медовар і сотні інших провідних учених і фахівців ІЕЗ ім. Є.О. Патона та багатьох наукових установ і промислових підприємств — проводили дослідження з удосконалення електрошлакових технологій і обладнання не тільки за часів СРСР, а й у незалежній Україні. Безумовно, вчені і фахівці ІЕЗ ім. Є.О. Патона залишаються лідерами серед провідних світових компаній та наукових установ у дослідженнях процесу ЕШП і створенні новітніх електрошлакових технологій та обладнання.

Висновок. Створення у другій половині ХХ ст. фахівцями Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона нового напрямку сучасної якісної металургії — електрошлакового переплавлення, який одразу набув широкого застосування і світового визнання, мало вагоме значення для розвитку української та світової науки і промисловості, зокрема у ви-

⁵ ЦДАГО України, ф. 1, оп. 25, спр. 559, арк. 156.

рішенні науково-технічних проблем при розробленні озброєння і військової техніки в СРСР.

Запровадження до наукового обігу архівних документів ЦДАГО України стосовно робіт із підвищення стійкості та довговічності пальців для траків бойових гусеничних машин, виконуваних науковцями ІЕЗ ім. Є.О. Патона, дало змогу уточнити деякі маловідомі факти та повніше висвітлити історію науково-дослідних робіт з підвищення довговічності траків методом ЕШП на початку 70-х рр. ХХ ст., які стали вагомим внеском у зміцнення оборонної промисловості СРСР.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Медовар Б.И., Медовар Л. Б., Саенко В.Я. Электрошлаковые технологии в ХХI веке. *Проблемы специальной электрометаллургии*. 2001. № 1 (62). С. 12—17.
2. Малиновський Б.М. Академік Борис Патон — праця на все життя. Київ: Наук. думка, 2002. 340 с.
3. Корниевский В.Н., Панченко А.И., Давидченко С.В., Казаков С.С., Логозинский И.Н., Сальников А.С., Федьков А.Г., Рыльский Ю.Н. 60 лет ЭШП на заводе «Днепроспецсталь». *Современная электрометаллургия*. 2018. № 2 (131). С. 3—12.

Одержано 24.07.2022

REFERENCES

1. Medovar, B.I., Medovar, L.B., & Saenko, V.Ya. (2001). Electroslag technologies in the XXI century. *Problems of special electrometallurgy*, 1, 12–17 [in Russian].
2. Malinovsky, B.M. (2002). Academician Borys Paton — work for life. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
3. Kornievsky, V.N., Panchenko, A.I., Davidchenko, S.V., Kazakov, S.S., Logozinsky, I.N., Salnikov, A.S., et al. (2018). 60 years of ESR at the plant «Dneprospetsstal». *Modern electrometallurgy*, 2, 3–12 [in Russian].

Received 24.07.2022

O.S. Voitiuk, PhD (History and Archeology), associate professor
Zhytomyr Institute of Interregional Academy of Personnel Management
26, Peremogy str., Zhytomyr, 10003, Ukraine
e-mail: helen_zt24@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-7670-6849>

FACTS FROM THE HISTORY OF CREATING RELIABLE PARTS OF COMBAT TRACKED VEHICLES BY THE METHOD OF ELECTROSLAG REMELTING AT E.O. PATON ELECTRIC WELDING INSTITUTE OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE UKRAINIAN SSR (beginning 70s of the 20th century)

The article highlights important historical facts and scientific data that reveal the participation of scientists of the E.O. Paton Electric Welding Institute of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR in the development and application of the method of electroslag remelting for the production of parts of combat tracked vehicles in the early 70's of

the 20th century. This reflects their contribution to the development of the field of special electrometallurgy and metal technology. The main sources for the preparation of the study were the declassified archival documents on defense topics of the USSR of the Central State Archive of Public Associations of Ukraine, which were introduced into scientific circulation for the first time. General scientific and special-historical methods are applied (retrospective, problem-chronological, comparative-historical, analysis, synthesis and classification). The main factors affecting the quality of electroslag metal are revealed, in particular, the amount and composition of the flux, the electrical mode and the technology of smelting the initial billet. The study of the source metal of electric arc melting, which was subjected to electroslag remelting under different brands of fluxes, as well as with metal deoxidation in the process of electroslag remelting with micro impurities of rare earth metals, is considered. Methods of assessing non-metallic inclusions in steel are presented. It is shown that quality research was carried out by scientists of the E.O. Paton Electric Welding Institute of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR with scientists of the Institute of Physics and Mechanics of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR and Zaporizhzhya Machine-Building Institute. The content of scientific and technical developments and directions of research on increasing the durability of stamped tracks by specialists of these scientific institutions were highlighted. The use of archival documents made it possible to more thoroughly reconstruct the history of the development of scientific research on the development of parts of combat tracked vehicles by the method of electroslag remelting.

Keywords: *archival documents, steel 38XS, method of electroslag remelting, fluxing agents, E.O. Paton Electric Welding Institute, defense industry.*