

ДК 621.791.75 (092)



**ГЕРУК**

**Станіслав Миколайович**

кандидат технічних наук, доцент,  
с.н.с. ННЦ «ІМЕСГ»  
(смт. Глеваха),  
завідувач кафедри ЖАТК  
[sgerukzt@mail.ru](mailto:sgerukzt@mail.ru)  
(м. Житомир)



**СУКМАНЮК**

**Олена Миколаївна**

кандидат історичних наук, старший  
викладач Житомирського  
національного агроекологічного  
університету  
(м. Житомир)

**ФУНДАТОР ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ОСНОВ ОБРОБКИ І  
ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ ТА ПЛАЗМОВИХ ПРОЦЕСІВ  
У МЕТАЛУРГІЇ – АКАДЕМІК М.М.РИКАЛІН**

*У статті досліджуються основні етапи життєвого шляху, науково-дослідної та організаційної діяльності видатного вченого та інженера-винахідника Миколи Миколайовича Рикаліна. Вивчається його вклад в розвиток електричного дугового зварювання. Розкриваються окремі заслуги у розробленні теорії теплових процесів, що стали основою для розробки технологічних процесів зварювання, в яких на речовину впливають висококонцентровані джерела енергії – термічна плазма, електронний промінь, іонні потоки, лазерне випромінювання. Описані роботи М.М. Рикаліна, які спрямовані на вивчення енергофізичних, фізико-хімічних і технологічних характеристик зварювальної дуги.*

*Висвітлено роботи фахівців «Института металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова» під керівництвом М. М. Рикаліна, їх вклад в розробку технологічного процесу максимального підвищення теплової концентрації і кінетичної енергії стислої дуги.*

***Ключові слова:** винахідник М. М. Рикалін, зварювання, теорія теплових процесів.*

## **THE FOUNDER OF THERMOPHYSICAL BASES OF PROCESSING AND WELDING OF METALS AND PLASMA PROCESSES IN METALLURGY – ACADEMICIAN M. RYKALIN**

*The article examines the main stages, research and organizational work of the famous scientist and engineer-inventor Nicholas Rykalina. His contribution to the development of electric arc welding is being studied. Revealed some merit in the theory of thermal processes developed, which became the basis for the development of welding processes, which affect the substance highly concentrated energy - thermal plasma, electron beam, ion fluxes, the laser radiation. Described of M. Rykalina aimed at studying energy-physical, physico-chemical and technological characteristics of the arc.*

*Deals with the work of specialists “Institute of Metallurgy and material science behalf AA Baikov” under the direction of M. Rykalina, their contribution to the development process to maximize the concentration of thermal and kinetic energy condensed arc.*

**Keywords:** *inventor M. Rykalin, welding, thermal processes theory.*

## **ОСНОВАТЕЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБРАБОТКИ И СВАРКИ МЕТАЛЛОВ И ПЛАЗМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕТАЛЛУРГИИ – АКАДЕМИК Н.Н. РЫКАЛИН**

*В статье исследуются основные этапы жизненного пути, научно-исследовательской и организационной деятельности выдающегося ученого и инженера-изобретателя Николая Николаевича Рыкалина. Изучается его вклад в развитие электрической дуговой сварки. Раскрываются отдельные заслуги в разработку теории тепловых процессов, которые стали основой для разработки технологических процессов сварки, в которых на вещество влияют высококонцентрированные источники энергии - термическая плазма, электронный луч, ионные потоки, лазерное излучение. Описаны работы Н.Н. Рыкалина, направленные на изучение энергофизических, физико-химических и технологических характеристик сварочной дуги.*

*Освещены работы специалистов «Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова» под руководством Н.Н. Рыкалин, их вклад в разработку технологического процесса максимального повышения тепловой концентрации и кинетической энергии сжатой дуги.*

**Ключевые слова:** *изобретатель Н.Н. Рыкалин, сварка, теория тепловых процессов.*

**Вступ.** Зварювання є найбільш ефективним способом створення нероз'ємних з'єднань конструкційних матеріалів і отримання

ресурсозберігаючих заготовок, максимально наближених по геометрії до оптимальної форми готової деталі або конструкції. Безперервне зростання наукоємності зварювального виробництва сприяє підвищенню якості продукції, її ефективності і конкурентоспроможності.

Дослідження історії відновлення деталей методом електродугового зварювання неможливе без вивчення життя та діяльності найбільш видатної людини М. М. Рикаліна. Основним завданням даної роботи стала спроба розглянути надбання науковця і винахідника М. М. Рикаліна в історії науки електродугового зварювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У своїй науковій діяльності М.М. Рикалін виступав продовжувачем традицій великого вченого, академіка В.В. Петрова, який досліджував нове, на той час, фізичне явище – електричну дугу і показав людству можливість використання теплової енергії для розплавлення металів. Питаннями електродугового зварювання займались: М.М. Бенардос, В.П. Нікітін, В.П. Вологдін, О.О. Алексєєв, Є.О. Патон, Б.Є. Патон та ін. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 11]. Однак питання історії розвитку цієї проблеми в даній літературі не висвітлено.

**Метою** даного дослідження є висвітлення діяльності М.М. Рикаліна в сфері відновлення деталей зварюванням. **Методологічною** основою дослідження є загальні принципи об'єктивності, історизму, які передбачають об'єктивний опис і аналіз подій на основі науково-критичного використання різноманітних джерел.

**Результати.** Сьогодні зварювання застосовується для нероз'ємного з'єднання найширшої гами металевих, неметалевих і композиційних конструкційних матеріалів в умовах земної атмосфери, Світового океану і космосу.

Дугове і контактне зварювання залишаться як і раніше домінуючими способами з'єднання металів. Передбачається, що частка ручного дугового зварювання покритими електродами до 2020 року складе 20 - 25% від загального обсягу зварювання. Частка механізованих і автоматичних способів

зварювання в захисних газах, які вигідно відрізняються ручне дугове, складе в майбутньому 50 - 55% загального її обсягу [7].

Розвиток зварювання під флюсом, частка якої до 2020 року складе ~ 17% в загальному її обсязі, пов'язане зі створенням більш досконалого обладнання. З огляду на світові тенденції розширення сфери застосування прогресивних ресурсозберігаючих технологій можна припустити, що частка лазерної технології в зварювальному виробництві у майбутньому десятилітті істотно збільшиться і досягне 6 - 8% загального обсягу зварювальних робіт [7].

Такі способи зварювання, як електронно-променева, дифузійна та високочастотна, займають важливе місце в загальних технологічних процесах обробки металів і будуть розвиватися в залежності від потреб промисловості.

Ім'я академіка Миколи Миколайовича Рикаліна тісно пов'язане зі становленням і розвитком найбільш перспективного способу відновлення деталей – електродуговим зварюванням. Розроблена ним теорія теплових процесів при зварюванні стала основою для розробки технологічних процесів, в яких на речовину впливають висококонцентровані джерела енергії – термічна плазма, електронний промінь, іонні потоки, лазерне випромінювання [8].

Микола Миколайович Рикалін народився 27 вересня (за новим стилем) 1903 році в Одесі у родині моряка торгового флоту – шкіпера далекого плавання. За материнською лінією – серб. Після ранньої смерті батька в 1907 р сім'я опинилася на берегах Тихого океану у місті Владивосток. У 1912 р М. Рикалін вступив у Владивостоцьку гімназію, яку закінчив в 1921 році. Вищу освіту він здобув у Далекосхідному державному університеті, який закінчив в 1929 р з дипломом інженера-механіка. Такий тривалий термін навчання пояснюється тим, що для власного існування та допомоги матері М. Рикалін змушений був працювати на Уссурійській залізниці збирачем, мотористом, техніком, інженером з механізації [8, 9].

Після закінчення університету М.М. Рикалін займався науково-педагогічною роботою у Далекосхідному політехнічному інституті, де викладав

курс «Зварні конструкції». У 1938 р. йому присуджено науковий ступінь кандидата технічних наук.

У 1939 р. М.М. Рикалін почав працювати в Московському вищому технічному училищі імені Баумана (МВТУ), де викладав новий курс «Теплові основи зварювання». У роки Великої Вітчизняної війни під керівництвом М.М. Рикаліна були виконані розрахунки і розроблені технологічні процеси підвищення продуктивності дугового зварювання у виробництві танків на Уралмашзаводі. Він обґрунтував вибір режимів і технологій зварювання різних сталей і сплавів в суднобудуванні, будівництві оборонних спорудах, артилерійському і танковому виробництвах (Уралмашзавод і Кіровський заводи). За цю роботу в 1945 р. він був нагороджений орденом «Знак Пошани» та медаллю «За доблесну працю у Великій Вітчизняній війні».

У 1945 р. Микола Миколайович в МВТУ захищає докторську дисертацію, присвячену теорії теплових процесів при зварюванні. Розроблена ним теорія принесла йому світову відомість. Тривалий час (1958-1978) М.М. Рикалін був головою Національного комітету СРСР зі зварювання, членом правління, а з 1965 р. віце-президентом Міжнародного інституту зварювання і до останнього дня життя (21 травня 1985 р.) головою дослідницької групи «Фізика дуги та інших джерел енергії для зварювання» Міжнародного інституту зварювання.

Праці М.М. Рикаліна, присвячені дослідженню нагріву і охолодженню металу при зварюванні, розповсюдженню тепла у зварювальних виробках, і впливу цих процесів на плавлення і структурні зміни металу, узагальнені в монографіях «Теплові основи зварювання» (1947) і «Розрахунки теплових процесів при зварюванні» (1951), які були удостоєні премій Президії АН СРСР за 1949 і 1954 роки. У монографіях вперше у світовій технічній літературі дано систематичний аналіз теплових основ зварювання. Роботи М.М. Рикаліна відрізнялися тісним зв'язком теоретичних представлень з потребами техніки, постійною перевіркою математичних висновків на практиці. При цьому проявився його неабиякий талант прикладного математика. Так, поклавши в основу свої дослідження загальне рівняння теплопровідності, він при різних

умовах вивчив різноманітні випадки нагріву металу в процесі зварювання. Використовувався метод математичної фізики, що давав інформацію про різні джерела тепла (точкові, лінійні і плоскі), що розподілені по поверхні або за обсягом тіла, яке нагрівається, миттєво і діє безперервно. Залежно від характеру досліджуваних процесів зварювальна дуга або полум'я зварювального пальника замінювалися відповідним джерелом, що дозволило провести математичний аналіз поширення тепла в теплопровідних тілах. Слід зазначити, що методи розрахунку температурного поля при сталому процесі зварювання підтверджені прямими експериментами. Ці методи вже в 1950-х роках знайшли широке застосування в практичній діяльності вітчизняних зварювальників [8].

Застосування плазмового зварювання і різання базувалося на результатах системних досліджень, які проводилися в «Институте металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова» під керівництвом М.М. Рикаліна. Були вивчені фізичні і енергетичні властивості стислої дуги в аргоні, визначені її технологічні можливості. Зокрема, було доведено, що плазмовий струмінь проявляє яскраво виражені ріжучі властивості.

Основне завдання, на вирішення якої була спрямована дослідницька думка фахівців з різання, складалася в максимальному підвищенні теплової концентрації і кінетичної енергії стислої дуги. На першій стадії розвитку плазмового різання в якості плазмоутворюючого газу використовували аргон. Його застосування забезпечувало високу стійкість вольфрамових електродів, легкість запалювання дуги і низька її напруга, що було особливо сприятливо для ручного способу зварювання при відновленні деталей.

До середини 60-х р. минулого століття були розроблені ручні і механізовані установки, а також технології для плазмового різання алюмінію, міді, латуні та нержавіючої сталі. Наступні роботи привели до створення процесів, в яких використовуються більш дешеві робочі середовища, а плазмотрони мали більш високу стійкість. Крім того, були визначені області раціонального застосування робочих середовищ при плазмовому різанні. В

якості робочих середовищ найбільш широко використовували технічні гази: азот, водень, кисень, стиснене повітря.

Було розроблено кілька технологічних схем процесу плазмового зварювання. Для зварювання тонколистових матеріалів застосовані малоамперні дуги, що горять в імпульсному режимі. Імпульсне введення тепла в метал розширює межі регулювання теплового режиму зварювання і суттєво зменшує тепловідвід біля кромки металу. Для розширення діапазону товщини металу, що зварювався стислою дугою, застосовували інший прийом: знизили ефективність обтиснення дуги з одночасним збільшенням діаметра каналу сопла. Це дозволило зварювати нержавіючі сталі й алюмінієві сплави товщиною 10 мм. Дослідження щодо застосування для зварювання малоамперної дуги привело до створення мікроплазмового зварювання.

Високу оцінку працям М.М. Рикаліна, дав на схилі свого життя корифей радянської і світової зварювальної науки і техніки Є.О. Патон [10].

Основна наукова діяльність М.М. Рикаліна проходила в стінах Академії наук СРСР. У 1953 р. його обрали членом-кореспондентом АН СРСР, а в 1968 році – дійсним членом АН СРСР. З 1953 року М.М. Рикалін працював завідувачем лабораторії «Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова» АН СРСР.

Під керівництвом члена-кореспондента АН СРСР М.М. Рикаліна проводилися роботи, які були спрямовані на вивчення енергофізичних, фізико-хімічних і технологічних характеристик зварювальної дуги. В лабораторії було створено перші в країні технологічні плазмодугові плазмотрони (І.Д. Кулагін, А.В. Ніколаєв); глибоке пізнання фізико-хімічних процесів, що відбуваються у рідкій металічній ванні, що утворюється при впливі зварювальної дуги; теоретичне і експериментальне вивчення теплофізичних процесів у зварювальному виробі; видання практичних рекомендацій за технологією зварювання об'єктів нової техніки в різних галузях промисловості.

Помер Микола Миколайович Рикалін 21 травня 1985 року в Москві [9].

Академік М.М. Рикалін своїми працями вніс неоцінимий вклад у розвиток електричного дугового зварювання. Його наукові ідеї знайшли свій розвиток у роботах його численних учнів, а створена ним школа плідно впроваджує наукові досягнення у промисловість. Фундаментальні ідеї академіка М.М. Рикалін ще довго будуть визначати перспективні напрямки науково-технічного прогресу.

### Список використаних джерел

1. Замечательные случаи применения электросварки по способу Бенардоса. – Горнозаводской листок, 1883. – №3. – С. 41.
2. Никитин В.П. Дуга переменного тока в условиях сварки /В.П. Никитин, И.Я. Рабинович. Труды КМММИ, 1936. – №6. – С. 78–81.
3. Алексеев А.А. Автоматы для дуговой сварки. в кн.: Сварочное дело в СССР. – М., 1937. – С. 66 – 78.
4. Патон Б. Е. Електричне зварювання і наплавка – могутній засіб економії металу. / Е.Б. Патон. – К.: Вид-во АН УРСР, 1957. – 35 с.
5. Патон Е.О. Избранные труды. в 3-х т. К.; Наукова думка, 1959 – 1961 – Т.1. – Исследования работ пролетных строений мостов – 580 с.; Т.2. Сварные конструкции – 329 с.; Т.3. Сварка под флюсом – 558 с.
6. Горбачев И. Профессор Виктор Петрович Вологдин и дальневосточная школа сварки. – в кн.: Наш Дальневосточный политехнический. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1971. – С. 206–217.
7. Сукманюк О.М. Еволюція наукових поглядів на відновлення деталей сільськогосподарських машин зварюванням і наплавленням: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. істор. наук: спец. 07.00.07 «Історія науки і техніки» / О.М. Сукманюк. – Київ, 2010. – 16 с.
8. Цветков Ю.В. Основоположник новых направлений в металлургии: к 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Рыкалина. Вестник Российской академии наук. 2003. Т.73, – № 10. – С. 948–951.



9. Рыкалин Николай Николаевич. Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
10. Известия АН СРСР. От. технические наук. 1952. – № – 10. – С. 7–9.
11. Герук С.Н. Зарождение теоретических основ технологического процесса сварки и наплавки при восстановлении деталей машин [Текст] / С.Н. Герук, Е.Н. Сукманюк // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. междунар. науч.техн. конф. в 3 т. Т.1 – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского х-ва, 2014. – С. 230–237.

### References

1. (1883). *Zamechatel'nyye sluchai primeneniya elektrosvarki po sposobu Benardosa*. [Wonderful cases of electric welding using the method of Benardos]. *Gornozavodskoy listok*. [Gornozavodskaya sheet]. 3, 41. [in Russian].
2. Nikitin V.P. (1936). *Duga peremennogo toka v usloviyakh svarki*. [Arc in welding conditions] *Trudy KMMMI* [Proceedings of the CMMMI]. 6, 78-81 [in Russian].
3. Alekseyev A.A. (1937). *Avtomaty dlya dugovoy svarki*. [Automatic arc welding machines]. *Svarochnoye delo v SSSR*. [In the book : Welding in the USSR]. Moscow. 7, 66-78 [in Russian].
4. Paton B.Ye. (1957). *Yelektrichne zvaryuvannya i naplavka - mogutniy zasib yekonomii metalu*. [Electric Welding and surfacing - a powerful means of saving the metal]. *Vid-vo AN URSS* [Publishing USSR,]. Kyiv. 35. [in Russian].
5. Paton Ye.O. (1959-1961). *Izbrannyye trudy v 3-kh t.* [Selected works in 3 volumes]. *Naukova dumka* [Scientific thought]. 1. *Issledovaniya rabot proletnykh stroyeniy mostov*. [Studies of the work of span structures of bridges]. 580. *Svarnyye konstruktsii*. [Welded structures]. 329. *Svarka pod flyusom*. [Submerged welding]. 558. [in Russian].
6. Gorbachev I. (1971). *Professor Viktor Petrovich Vologdin i dal'nevostochnaya shkola svarki*. [Professor Viktor Petrovich Vologdin and Far Eastern Welding School]. v kn : *Nash Dal'nevostochnyy politekhnicheskyy. Vladivostok: Dal'nevost*. [in the book : Our Far Eastern Polytechnic. Vladivostok]. 206–217 [in Russian].
7. Sukmanyuk O.M. (2010). *Yevolyutsiya naukovikh poglyadiv na vidnovlennyya detaley sil's'kogospodars'kikh mashin zvaryuvanniyam i naplavlenniyam*. [The evolution of scientific views on the restoration of details of agricultural machinery welding and welding]. avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. istor. nauk: spets. 07.00.07 “Istoriya nauki i tekhniki”. [Author. dis. on competition of sciences

degree of PhD in history sciences specials 07.00.07 “History of Science and Technology”]. Kyiv, 16. [in Ukrainian].

8. Tsvetkov Yu.V. (2003). *Osnovopolozhnik novykh napravleniy v metallurgii: k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N.N. Rykalina*. [The founder of new trends in metallurgy: the 100th anniversary of the birth of Academician N. Rykalin]. Vestnik Rossiyskoy akademii nauk. [Bulletin of the Russian Academy of Sciences.]. 73, 10, 948-951. [in Russian].

9. Rykalin Nikolay Nikolayevich. (1969-1978). *Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya*. [Great Soviet Encyclopedia]. 3-ye izd. Moscow. [in Russian].

10. (1952). *Izvestiya AN SRSR. ot. Tekhnicheskiye nauk*. [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR from Technical sciences]. 10, 7-9. [in Russian].

11. Geruk S.N. (2014). *Zarozhdeniye teoreticheskikh osnov tekhnologicheskogo protsessa svarki i naplavki pri vosstanovlenii detaley mashin*. [The origin of the theoretical foundations of the technological process of welding and surfacing during the restoration of machine parts] Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: mater. Mezhdunar. Naughtekhn. konf. v 3t. [Scientific and technical progress in agricultural production: mater. Intern. scien. tecn. conf.]. Minsk: NPTS NAN Belarusi po Mekhanizatsii sel'skogo kh-va. [Minsk: NPC of the National Academy of Sciences of Belarus for the mechanization of agriculture]. 230-237. [in Russian].

**Рецензент:**

**Клапчук С.М., д.і.н., професор**

**Надійшла до редакції 13.03.2017 р.**