

The objective of the work is to increase the efficiency of electric arc cutting with a bipolar electrode tool by applying reverse pumping of the organic medium.

We know the technological scheme for shaping which compensates the wear of the bipolar electrode tool due to its pulling in the cutting zone, in which the direct pumping of process water is used. However, the application of this technology creates conditions for the concentration of erosion in the lateral inter-electrode gap clearance. As a result, long arcs appear that form an inclined cutting surface and destroy the electrode holders. And the leakage of current (through water) reduces the cutting performance.

The work suggests a new technological shaping scheme for the electric arc cutting by a bipolar electrode tool which uses reverse pumping and organic medium. The new scheme allowed eliminating the above-mentioned disadvantages of the known scheme. Experimental research was carried out and mathematical models of technological characteristics which allow managing and predicting productivity, accuracy and quality of electric arc cutting have been obtained.

Thus, a high-performance method of electric arc cutting of metals by a bipolar electrode tool has been studied and improved by using reverse pumping of the organic medium.

**electric arc, hydrodynamic mode, bipolar electrode tool, technological shaping scheme**

*Одержано (Received) 23.03.2018*

## **УДК 631.3:001**

**С. М. Герук, доц., канд. техн. наук, ст. наук. співр.**

*ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»,  
Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир, Україна*

*E-mail: mega\_sgeruk@ukr.net*

**О.М. Сукманюк, доц., канд. іст. наук**

*Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна*

*E-mail: mega\_sgeruk@ukr.net*

## **Особенности развития автоматизации зварювання і наплавлення з використанням промислових роботів**

Робота присвячена складному і актуальному питанню розвитку одного з напрямків процесу відновлення деталей машин зварюванням і наплавленням з використанням промислових роботів.

У статті висвітлені та проаналізовані досягнення світових фірм, що займаються розробкою і впровадженням робототехнічних комплексів та технологічних операцій відновлення деталей машин зварюванням і наплавленням.

**історія, промислові роботи, зварювання, наплавлення, відновлення**

**С. М. Герук, доц., канд. техн. наук, ст. наук. сотр.**

*ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Житомирський  
агротехнічний коледж, г. Житомир, Україна*

**А.Н. Сукманюк, доц., канд. іст. наук**

*Житомирський національний агроекологічний університет, г. Житомир, Україна*

## **Особенности развития автоматизации сварки и наплавки с использованием промышленных роботов**

Робота посвящена сложному и актуальному вопросу развития одного из направлений процесса восстановления деталей машин сваркой и наплавкой с использованием промышленных роботов.

В статье освещены и проанализированы достижения мировых фирм, занимающихся разработкой и внедрением робототехнических комплексов и технологических операций восстановления деталей машин сваркой и наплавкой.

**история, промышленные роботы, сварка, наплавка, восстановление**

© С. М. Герук, О.М. Сукманюк, 2018

**Постановка проблеми.** В умовах сьогодення, коли для інтенсивного розвитку виробництва, науки і техніки постала необхідність збереження та економії сировинних і енергетичних ресурсів, провідну роль у досягненні високої якості та експлуатаційної надійності машин і зменшення їхньої вартості набувають процеси якісного відновлення зношених деталей машин, зокрема зварюванням і наплавленням, яке набуло широкого застосування у світі.

Для подальшого технічного прогресу застосування роботизованої техніки стало абсолютно необхідним, оскільки досягти реального результату екстенсивним методами, тобто ручною працею, стало вже неможливим. Крім того, існують технологічні процеси, де зварювальне середовище і продукти зварювання можуть завдати прямої шкоди здоров'ю зварювальника і виконуються в ізольованому робочому просторі.

Постійне підвищення вартості енергоносіїв та матеріалів, які використовуються у процесі відновлення деталей за допомогою електричної дуги, поставило перед дослідниками, науковцями і виробниками завдання щодо можливості створення ефективніших способів відновлення деталей з використанням промислових роботів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як свідчать дослідження, в літературних джерелах недостатньо висвітлено розвиток роботів для відновлення деталей машин зварюванням і наплавленням, тому виникла об'єктивна необхідність більш широкого висвітлення етапів даного розвитку.

**Постановка завдання.** Метою даного дослідження є висвітлення діяльності фірм-розробників роботів для відновлення деталей машин зварюванням та наплавленням.

Основним завданням даної роботи стала спроба розглянути розвиток роботів в історії науки електродугового зварювання і наплавлення.

Об'єкт статті – історія розвитку роботів для відновлення деталей сільськогосподарських машин зварюванням і наплавленням, а предметом – виступають наукові здобутки винахідників.

Методологічною основою дослідження є загальні принципи об'єктивності, історизму, які передбачають об'єктивний опис і аналіз подій на основі науково-критичного використання різноманітних джерел.

**Виклад основного матеріалу.** Переваги використання робототехніки:

- підвищення точності виконання технологічних операцій й, як наслідок, поліпшення якості продукції;
- можливість використання технологічного встаткування в три зміни, 365 днів у році;
- раціональність використання виробничих приміщень;
- виключення впливу людського фактора на потокових виробництвах, а також при проведенні монотонних робіт, що вимагають високої точності;
- виключення впливу шкідливих факторів на персонал на виробництвах з підвищеною небезпекою;
- досить швидка окупність.

На світовому ринку робототехніки зараз лідирують Японія і Німеччина - ці країни виробляють більше половини всієї роботизованої продукції в світі.

В середині 70-х років ХХ ст. одним із напрямків розвитку автоматизації зварювання і наплавлення у світі стало використання промислових роботів, для яких, на відміну від інших засобів автоматизації виробництва, є характерною можливістю переналаштування з одного типу виробу на інший шляхом зміни програми. Поштовхом

для розвитку цього напрямку стала проведена в місті Ессен (Німеччина) в 1981 році виставка-ярмарок досягнень в сфері роботизації процесу зварювання.

Однією з перших країн, які стали на шлях роботизації процесу зварювання, була Японія, де виготовленням та впровадженням у виробництво роботів займалися такі фірми як «ShinMaywa» (рис. 1), «Osaka Transformer» (рис. 2), «HITACHI» (рис. 3), «YASKAWA» – «MOTOMAN-L10» і «MOTOMAN-L3» (рис. 4) [1].

Промислові роботи Panasonic застосовуються для зварювання у середовищі активних ( $CO_2$  та MAG) та інертних газів (MIG) плавким електродом, а також неплавким електродом у середовищі інертних газів (TIG). Зварювальний робот складається з маніпулятора, контролера, зварювального джерела живлення (з відповідним пальником та механізмом подавання дроту), а також додаткових пристроїв переміщення та позиціонування (т.з. "зовнішні осі"). Зважаючи на наявність двох різних типів контролерів, розрізняють дві серії роботів: G2 та TAWERS.

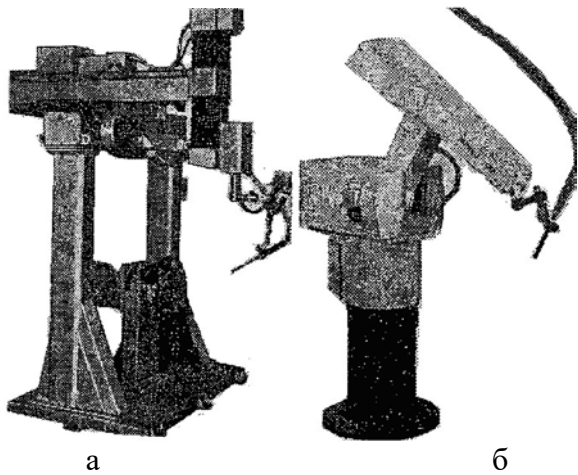


Рисунок 1 – Роботи для зварювання фірми «Шин-Мейва» (Японія): а – PW752; б – RJ65

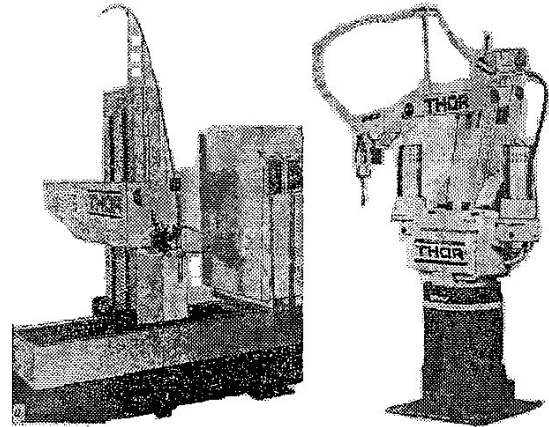


Рисунок 2 – Роботи для зварювання фірми «Осака трансформер» (Японія)

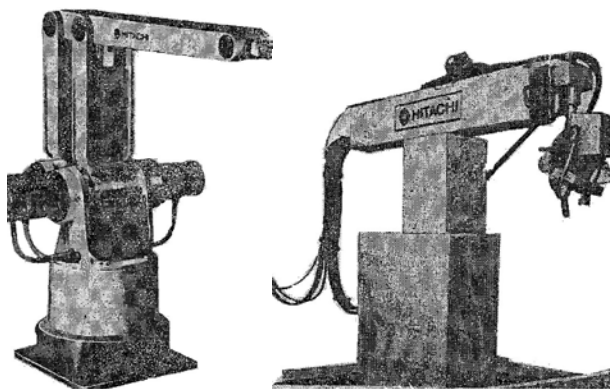


Рисунок 3 – Роботи фірми «Хітачі» (Японія)

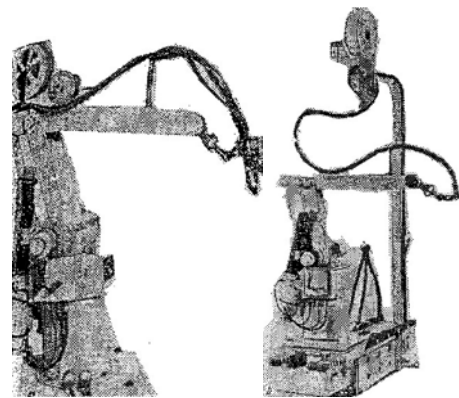


Рисунок 4 – Роботи «Мотоман -L10» і «Мотоман-L3» фірми «Яскава» (Японія)

Проблемами розробки та виготовлення, а також впровадження у виробництво роботів для зварювання займалися ряд фірм Німеччини «Німак» (рис. 5), «Фольксфаген», «Клоос» (рис. 6), «КУКА» (рис. 7), «А.Бинцель», «МессерГрисхайм»; США «Юнімейшен», «Цинциннаті-Мілакрон»; Австрії «ІГМ»; Франції «Рено», «Сіакі»; Швеції «АСЕА», «ЕСАБ», «Торстекнік»; Італії «Бісіач і Карру» (рис. 8); Великобританія «Філіпс» [2, С. 45 – 58].

Роботизація того часу була спрямована в основному на зварювальне виробництво, однак вищеперераховані фірми приділяли увагу й розвитку робототехнічних комплексів, які використовувались для відновлення (зварювання та наплавлення) деталей машин.

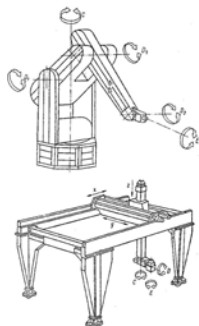


Рисунок 5 – Зварювальний робот фірми «Німак» (Німеччина)

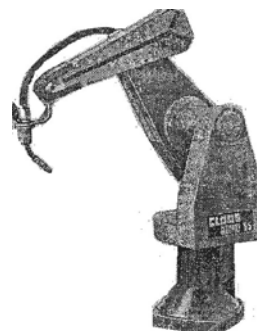
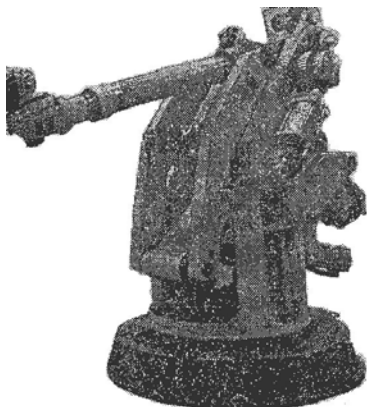
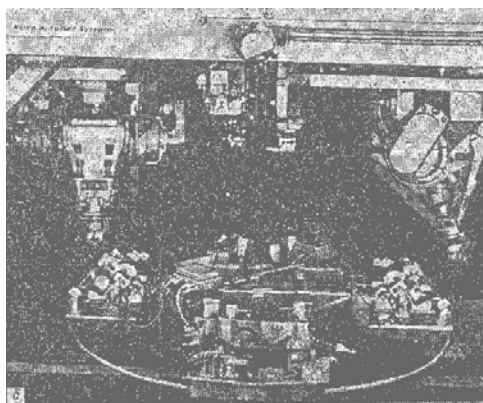


Рисунок 6 – Зварювальний робот «Ромат 55» фірми «Клоос» (Німеччина)

Однією з наукових установ, що займалися розробкою нових технологій відновлення типу «вал», заснованої на нанесенні мінімального шару додаткового матеріалу, був Центральний інститут зварювання (ZIS) в німецькому місті Галлі. Для цього був створений спеціальний робот, за допомогою якого відновлювались різноманітні деталі, що забезпечувало значне скорочення витрат цінного наплавляемого металу та енергії [3, 4].



а



б

а – IR 601/60 – для зварювання кліщами; б – робототехнічний комплекс, який включає в себе два роботи IR 250/500 та чотирьохпозиційний стіл зі складально-зварювальними пристосуваннями  
Рисунок 7 – Роботи для контактного точкового зварювання фірм «КУКА» (Німеччина)

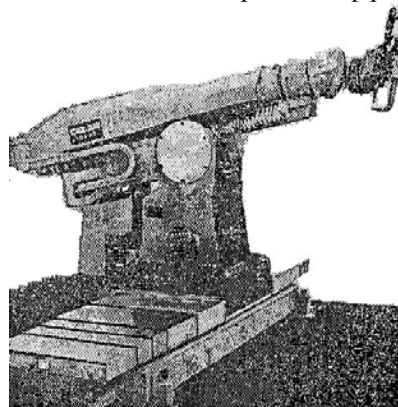


Рисунок 8 – Робот «Джоллі 80» фірми «Бісіач і Карру» (Італія) для контактного точкового зварювання

Цей робот забезпечував наплавлення за п'ятьма програмами: одношарову по всій довжині деталі при поступальній подачі; двошарову при зворотно-поступальній подачі; одношарову посадочних місць на валу при поступальній подачі та швидкому переході через місця, які непотрібно наплавляти; двошарову при зворотно-поступальній подачі та швидкому переході через не наплавляемі поверхні; шліців валів та зубів шестерень шляхом виключення подачі при наплавленні по гвинтовій лінії.

В кінці 80-х років ХХ ст. на ремонтних підприємствах Чехословаччини для відновлення дисків копачів бурякозбиральних комбайнів та дискових борін БДТ-7,0 застосовувався метод заміни зношених частин деталей за допомогою напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу [5, С. 215-216] з попереднім нагрівом до температури 350 – 400°С.

Німецькою фірмою «Rege-Motortechnik GmbH», яка спеціалізується на виготовленні обладнання для відновлення колінчастих валів, розроблено технологію та установку для наплавки шийок колінчастих валів [6], які використовувались в МТС Мимонь (Чехословаччина). Процес відновлення проводився наплавкою під шаром флюсу з попереднім підігрівом валу до 250°С.

Характерною рисою організації ремонтного виробництва в США, Канаді, Німеччині, Англії, Японії та інших країнах є фірмовий метод ремонту [7]. Обсяг ремонтних робіт в зарубіжних країнах постійно зростає. В США наприкінці 80-х років витрати на ремонт виросли з 0,25-0,30 долара на 1 долар вартості техніки до 0,6 долара на 1 долар вартості техніки [8]. При витраченні одного долара на ремонт або ТО забезпечується прибуток в 2 рази більш ніж при виготовленні нової машини.

У США, Канаді, Японії та інших країнах мережа підприємств агросервісного обслуговування створюється, приблизно, за однаковою схемою: фірма-виробник, генеральний агент, дилер, споживач. Сільськогосподарську техніку ремонтують на дилерських пунктах і в невеликих майстернях у сільській місцевості і безпосередньо на фермах.

Чітко відпрацьовані господарсько-договірні відносини при ремонті в розвинутих країнах забезпечували високий рівень організації і якості цих робіт, а також гарантію надійності відновленої деталі. Відновлювали, у першу чергу блоки та головки блоків двигунів, гільзи циліндрів, колінчаті та розподільні вали, шатуни, гальмівні барабани, маховики та деякі інші дорогі деталі. Ремонтною базою є моторо- та агрегаторемонтні підприємства фірм-виробників нових машин, самостійних фірм-посередників, а також невеликі спеціалізовані підприємства.

На підприємстві Лондонського транспортного управління англійської фірми «Engine Rebuilders» [8] перед відновленням деталі розподіляються в залежності від характеру дефектів на сім маршрутів, де їх об'єднують в партії оптимального об'єму.

Відновлення деталей на великих підприємствах здійснюється поточним методом. Прикладом цього в Німеччині є три спеціалізовані підприємства з перешліфовки шийок колінчастих валів двигунів. На підприємстві англійської фірми «AnglandWilliams» спеціалізуються на відновленні зварюванням блоків циліндрів та інших корпусних деталей.

Широке розповсюдження підприємства, що спеціалізуються на відновленні деталей, отримали також в США. Застосування високопродуктивного обладнання та оптимальна організація контролю забезпечує високу якість та низьку вартість відновлення деталей. Крім блоків циліндрів та колінчастих валів, підприємства можуть ремонтувати деталі паливної апаратури (американська фірма «Lawless») чи рами вантажних автомобілів (канадські фірми «Equipment GervaisInc» і «Paling Collision»). Спеціалізація також здійснюється і в середині підприємств, тобто на рівні цехів та виробничих дільниць. Прикладом цього є фірма «PalingCollision», яка має два

підприємства, персонал яких складає більше 150 осіб. Окрім рам, за допомогою роботів «Аппрентіс» фірми «Юнімейшин» (США) (рис. 9) підприємство відновлює також кабіни вантажних автомобілів, проводять ремонт причепів та напівпричепів.

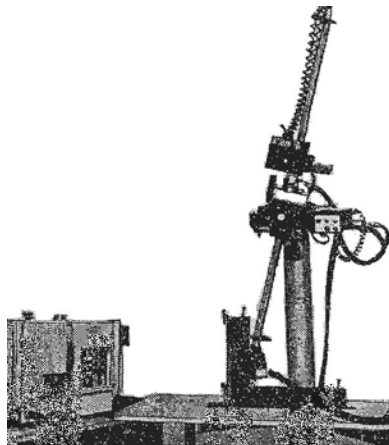


Рисунок 9 – Робот моделі SRV6,SRV6LiSRV16 фірми «REIS-ROBOTICS»

Щорічно проводячи виставки в Ессені (Німеччина) зварювальна промисловість знайомить з новими світовими досягненнями в галузі технологій і обладнання для зварювального виробництва. Так, у вересні 2001 р. були представлені експонати, що дозволяють проводити аналіз технологічних рішень і оцінювати рівень розвитку створених засобів робототехніки, а також нові тенденції в їх застосуванні [9].

За останні роки значно збільшилась вантажопідйомність промислових роботів, в даний час для деяких моделей роботів вона досягає 400 кг. Це суттєво розширило галузь їхнього використання, підвищувалась точність позиціонування робочих органів, яка в деяких моделях досягала 0,02-0,03 мм і не перевищувала 0,5 мм для моделей великої вантажопідйомності.

За рахунок ускладнення алгоритмів обробки інформації розширились і функціональні можливості роботів. Фірма «REIS-ROBOTICS» (рис. 10) навела основні стандартні функції пристроїв керування промислових роботів для дугового зварювання. До них відносяться автоматичне програмування, корекція можливих помилок, автоматичне управління роботами за шести степенями рухливості, запалення дуги, регулювання параметрів, обробка і раціональний вибір холостих ходів переміщення робочого інструмента [9, С. 34-35].

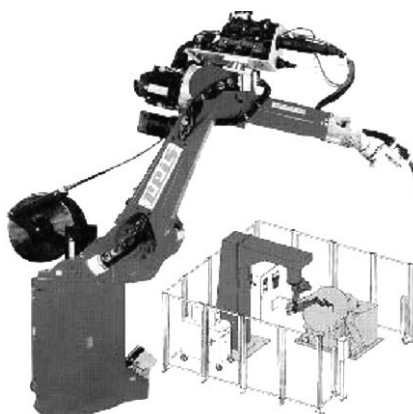


Рисунок 10 – Робот моделі SRV6,SRV6LiSRV16 фірми «REIS-ROBOTICS»

Розробка робототехнічних комплексів в Україні здійснюється відділом автоматизованих систем управління технологічними процесами Інституту

електрозварювання ім. Є.О. Патона. Співробітниками даного відділу для підприємства «Північна зірка» (м. Черкаси) було розроблено в 2008 р. робот PANUK для зварювання вузлів сівалки.

На замовлення одного з найстаріших українських підприємств з випуску сільгоспмашин ВАТ «Червона зірка» (м.Кіровоград) фірма «НАВКО-ТЕХ» виготовила і запустила у виробництво роботизований комплекс РК755 для МИГ-зварювання малогабаритних виробів типу «повідець». Як промисловий робот застосований робот AM-100iBe з пристроєм управління R-J3iVMate виробництва фірми FANUC Robotics.

Ринок робототехніки постійно зростає протягом багатьох років. Промислові роботи є невід'ємною частиною сучасних виробничих потужностей у всьому світі і становлять основу для точності, постійного якості та високої продуктивності. При впровадженні роботів в зварювальне виробництво найвищі вимоги пред'являються до механічних, хімічних і теплових властивостей. Продукти повинні витримувати сильне прискорення і уповільнення, навантаження, а також мільйони циклів вигину, крутіння та ін. До цього додаються стійкість до високих температур і зварювальних бризок.

**Висновок.** Отже, впровадження і використання роботів для зварювання і наплавлення при відновленні деталей машин дозволить по новому, більш високому науково-технічному рівні вирішити задачу створення комплексної автоматизації на підприємствах, переглянути функції між людиною і машиною, суттєво підвищить продуктивність праці.

Застосування промислових роботів і робототехнічних комплексів забезпечить стабільно високу якість продукції, а також можливість мобільного переналаштування виробництва.

## Список літератури

1. Сукманюк О.М. Еволюція наукових поглядів на відновлення деталей сільськогосподарських машин зварюванням і наплавленням [Текст]: автореф. дис. ... канд. істор. наук: спец. 07.00.07 «Історія науки і техніки» / О.М. Сукманюк. К., 2010. – 16 с.
2. Никитин В.П. Метод сварки металлов с раздельными процессами плавления [Текст] / В.П. Никитин // Докл. АН СССР. 1947. –Т. LVI, №5. –С. 45-58.
3. Восстановление деталей типа «вал» наплавкой тонкого слоя с помощью робота = Automatisches Regenerieren Rotations-symmetrischer Bauteilemil geringer Schichtdicke // KFT. 1984. – № 1. –S. 30–31.
4. Восстановление ротационно-асимметричных деталей наплавкой тонких слоїв металла с помощью робота = Automatisches Regenerieren rotation symmetrischer Bauteilemil geinnger Schichtdicke // Agrartechnik. – 1985. – № 11. –S. 500–501.
5. Современное оборудование и технологические процессы для восстановления изношенных деталей машин (Ремдеталь-83): тез.докл. на науч.-техн. конф. стран-членов СЭВ и СФРЮ, г. Киев, 17-22 мая, 1983 г. / Госкомсельхозтехника СССР. ЦНТИИТЭИ. М., 1983. – Ч. 1. –224 с.
6. Установка для наплавки шеек коленчатых валов: проспект / «Rege-Motortechnik GmbH». Б. г. – 8 с.
7. Масин М.А. Организация восстановления автомобильных деталей [Текст] / М.А. Масин. – М.: Транспорт, 1981. – 176 с.
8. Воскобойников И.В. Техническое обслуживание и ремонт машин за рубежом: обзор. информ. [Текст] /И.В. Воскобойников, А.Г. Яловенко ; Минлес-бумпром СССР. ВНИПИЭ Илеспром. – М., 1985. – 58 с.
9. Колясинский З.С. Восстановление деталей автомобильных двигателей за рубежом [Текст] /З.С. Колясинский, Н.А. Болтышев // Организация работы автомобильного транспорта за рубежом: экспресс-информ // ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР. – 1982. – Вып. 6. –С. 12–21.
10. Стесин Б.В. Робототехника в сварочном производстве [Текст] / Б. В. Стесин, А. И. Бондаренко // Сварщик. – 2002. – №3 (25). – С. 34 – 35.

## Referencis

1. Sukmaniuk, O.M. (2010). Evoliutsiia naukovykh pohliadiv na vidnovlennia detalej sil'skohospodars'kykh mashyn zvariuvanniam i naplavlenniam [The evolution of scientific views over the renovation of

- particulars of agricultural machines by welding and melting]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv.
2. Nikitin, V.P. (1947). Metod svarki metallov s razdel'nymi processami plavlenija [Method of welding metals with separate melting processes]. *Abstracts of Papers, Vol. LVI, 5*, 45-58.
  3. *Restoration of details like "shaft" by surfacing a thin layer with the help of a robot*. (1984). *KFT, 1*, 30-31.
  4. *Restoration of rotary-asymmetric parts by welding of thin layers of metal using a robot*. (1985). *Agrartechnik, 11*, 500–501.
  5. Sovremennoe oborudovanie i tehnologicheskie processy dlja vosstanovlenija iznoshennyh detalej mashin [Modern equipment and technological processes for the restoration of worn machine parts]. Remdetal '83 : *Nauchno-tehnicheskai konferentciia stran-chlenov SJeV i SFRJu g. Kiev (17-22 maja 1983 hoda) – Scientific and Technical Conference of the member countries of the CMEA and the SFRY, Kiev (Vol. 1, 224 p)*, Moscow: Goskomsel'hoztehnika SSSR. CNTIITJeI.
  6. *Installation for surfacing necks crankshafts*. «Rege-Motorteknik GmbH».
  7. Masin, M.A. (1981). *Organizacija vosstanovlenija avtomobil'nyh detalej [Organization restoration of automobile parts]*. Moscow: Transport.
  8. Voskoboynikov, I.V. & Jalovenko, A.G. (1985). *Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont mashin za rubezhom: obzor.inform [Maintenance and repair of machinery abroad]*. Minles-bumprom SSSR. VNIPIJellesprom. Moscow.
  9. Koljasinskij, Z.S. & Boltyshev, N.A. (1982). Vosstanovlenie detalej avtomobil'nyh dvigatelej za rubezhom [Restoration parts of automobile engines abroad]. *Organizacija raboty avtomobil'nogo transporta za rubezhom: jekspress-inform – Organization the work of motor transport abroad: express-inform, 6*, 12-21.
  10. Stesin, B.V. & Bondarenko, A. I. (2002). Robototekhnika v svarochnom proizvodstve [Robotics in welding production]. *Svarshhik – Welder, 3 (25)*, 34-35.

**Snanislav Geruk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Senior Researcher**

*NSC "Institute of Mechanization and Electrification of Agricultural" NAAS of Ukraine, Zhytomyr Agrotechnical College, Zhytomyr, Ukraine*

**Olena Sukmaniuk, Assoc. Prof., PhD hist. sci.**

*Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, Ukraine*

**Development features of welding and surfacing automation with industrial robots usage**

This research purpose is to highlight the activities of robots and robotic systems manufacturers for parts of machines repair by welding and surfacing.

The paper highlights development of welding and surfacing automation with industrial robots usage, which dates back to the mid-70's of the twentieth century. The article deals with robots and robotic systems models that were developed and implemented in the production by the world leading countries firms, which produce more than a half of all robotized products in the world: Japan, Germany, USA, etc.

Industrial robots are used for welding in active and inert gas with the consumable electrode and TIG electrodes in inert gas, this generates a significant amount of pollutants that adversely affect the staff.

Thanks to special robots, a significant reduction of valuable surfacing metal and energy cost was reached, the sharpness of technological operations was increased and, consequently, the product quality was improved.

The article indicates the scientific institutions - the Central Institute of Welding (ZIS) in the German city of Galli and the Institute of Electric Welding named after Y. O.Paton (Ukraine), that worked with the development of the machine parts repair new technologies, based on the additional material minimum layer application.

Particular attention is paid to the firm "REIS-ROBOTICS" work, which developed the control devices for industrial robots basic standard functions for arc welding. These include automatic programming, the possible errors correction, robots automatic control in six degrees of freedom, the arc inflammation, the parameters adjustment, processing and rational choice of the working tool moving idle movements.

The introduction and robots usage for welding and surfacing while the machine parts repair will allow to solve the creating complex automation problem on the new and higher scientific and technical level at enterprises, to reconsider the functions between a person and a machine, will significantly increase productivity. The industrial robots and robotic systems usage will ensure a product stable high quality, as well as the production mobile reconfiguration possibility.

**history of development, industrial robots, welding, surfacing, repairing**

*Одержано (Received) 05.11.2017*