

Serhii Stepanenko PhD tech. sci., Senior Researcher

National Scientific Center "Institute of Agricultural Mechanization and Electrification", Glevakha, Ukraine

Boris Kotov, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Podilsky State Agrarian Technical University, Kamyanets-Podilsky, Ukraine

Main the Oretical Provisions of Grain Material Separation in Air Channels with Unequal Air Flow Speed

The article considers the increase of efficiency of grain materials separation in pneumatic vertical channels by determining the rational shape and parameters of material supply, as well as the geometric shape of the pneumatic channel and options for separation into fractions.

Regularities of change of trajectory and speed of movement of material in pneumatic vertical channels of round section with the lower unloading of material are received. The regularities of particle motion in the form of a material point were determined taking into account air resistance forces, friction forces, Magnus and Zhukovsky forces, material moisture and density based on a theoretical study of grain fractionation in pneumatic vertical channels.

Using the proposed dependences for the design of air separators, it is possible to determine the initial rate of introduction and the direction of entry of grains into the air stream, which are the initial conditions for determining the trajectory of material in air channels with lower material discharge.

air flow, grain material, Magnus and Zhukovsky forces, variable air velocity, trajectory, fractionation process, air separator

Одержано (Received) 29.10.2020

Прорецензовано (Reviewed) 05.11.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020

УДК 629.113.5.62-592

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.133-139>

В.О. Дубовик, доц., канд. техн. наук, **Ю.А. Невдаха**, доц., канд. техн. наук,
В.В. Пукалов, доц., канд. техн. наук, **В.М. Чернов**, магістрант

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: zenesperanto@gmail.com*

Підвищення довговічності роликів-електродів при електроконтактному наплавленні деталей мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки

Витрати на ремонт деталей мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки постійно зростають, тому актуальним є питання пошуку недорогих технологій їх відновлення. До таких технологій відноситься електроконтактне наплавлення. Однією з причин, що стримує широке застосування цього способу, є низька зносостійкість ролика-електрода.

У дослідженні розглядали умови роботи роликів-електродів, міцність зварного з'єднання при застосуванні інструменту із різним ступенем спрацювання. Встановлено, що спрацювання ролика-електрода при електроконтактному наплавленні негативно позначається на міцності зварного з'єднання металопокриття з основою через зменшення деформації присадного дроту. Повністю компенсувати негативний вплив спрацювання електроду на якість зварного з'єднання коригуванням технологічних режимів наплавлення не вдається.

В результаті розробили рекомендації по вибору матеріалу і розмірів роликів-електродів, що застосовуються при електроконтактному наплавленні деталей мобільної сільськогосподарської та транспортної техніки.

електроконтактне наплавлення, ролик-електрод, присадний дріт, зносостійкість, металопокриття

© В.О. Дубовик, Ю.А. Невдаха, В.В. Пукалов, В.М. Чернов, 2020

В.А. Дубовик, доц., канд. техн. наук, **Ю.А. Невдаха**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Пукалов**, доц., канд. техн. наук, **В.Н. Чернов**, магістрант

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Повышение долговечности роликов-электродов при электроконтактной наплавке деталей мобильной сельскохозяйственной и транспортной техники

Расходы на ремонт деталей мобильной сельскохозяйственной и автотранспортной техники постоянно растут, поэтому актуален вопрос поиска недорогих технологий их восстановления. К таким технологиям относится электроконтактная наплавка. Одной из причин, которая сдерживает широкое применение этого способа является низкая износостойкость ролика-электрода.

В исследовании рассматривали условия работы роликов-электродов, прочность сварного соединения при применении инструмента с разной степенью износа. Установлено, что износ ролика-электрода при электроконтактной наплавке негативно сказывается на прочности сварного соединения металлопокрытие с основой из-за уменьшения деформации присадочной проволоки. Полностью компенсировать негативное влияние изнашивания электрода на качество сварного соединения корректировкой технологических режимов наплавки не удается.

В результате были разработаны рекомендации по выбору материала и размеров роликов-электродов, применяемых при электроконтактной наплавке деталей мобильной сельскохозяйственной и транспортной техники.

электроконтактная наплавка, ролик-электрод, присадочная проволока, износостойкость, металлопокрытие.

Постановка проблеми. Спрацювання деталей мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки призведе до зниження їх тягової потужності, робочої швидкості, підвищення витрат паливо-мастильних матеріалів, а також підвищення затрат на технічне обслуговування у 3 – 4 рази [1]. Витрати на ремонт постійно зростають, причому до 50 – 70% витрат припадає на запасні частини [1, 2]. В таких умовах все актуальнішим постає питання пошуку недорогих технологій відновлення зношених деталей мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Дослідженнями [3 - 5] показано, що відновлювати деталі економічно вигідно так-як є можливість повторного використання близько 65...75% спрацьованих деталей.

Тому особливе значення мають технології, які дозволяють відновлювати деталі без суттєвого збільшення матеріальних витрат – це технології електроконтактного наплавлення (ЕКН) [3 – 7].

Важливою частиною установки для ЕКН є ролик-електрод. Однією з причин, що стримує широке застосування способу ЕКН, є низька стійкість ролика-электрода. В даний час проведено мало досліджень по вивченню процесу зношування роликів-електродів і підвищенню їх зносостійкості.

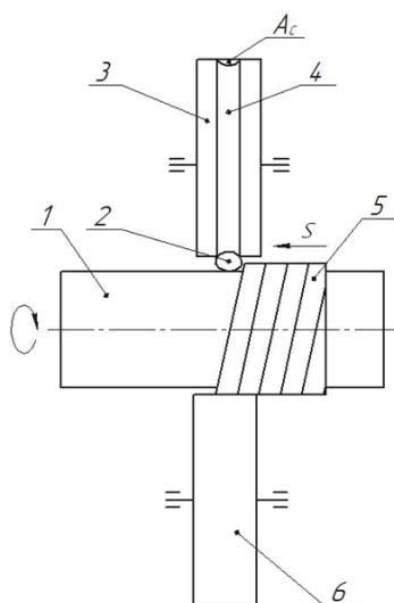
Аналіз основних досліджень і публікацій. Серед відомих вчених дослідженнями технологічних процесів відновлення спрацьованих деталей мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки займалися Б.М. Аскиназі, Д.Г. Вадивасов, Е.Л. Воловик, М.І. Доценко, В.А. Дубровський, В.А. Емельянов, В.І. Казарцев, Ю.В. Клименко, І.С. Левицький, В.П. Лялякін, Ю.Н. Петров, М.М. Севернев, А.І. Селіванов, І.Е. Ульман, М.М. Фархшатов, М.І. Черновол, В.І. Черноіванов, В.А. Шадричев. Завдяки їх дослідженням в теперішній час широке розповсюдження отримали технології відновлення валів ЕКН сталевих стрічок і припиканням металевих порошків.

При цьому найбільш дешевим і доступним присадним матеріалом у порівнянні із сталевими стрічками і металевими порошками є металеві дроти. Широке застосування металевих дротів при ЕКН стримує дефіцит необхідного технологічного обладнання. Крім того, не вирішені повністю технологічні питання ЕКН. Потребують дослідження технологічні параметри, які забезпечують високу міцність і якість відновлюваних

покриттів. Також недоліком ЕКН є підвищене спрацювання інструменту – ролика-електрода [4, 8].

Постановка завдання. На основі проведених досліджень розробити рекомендації, які забезпечать підвищення довговічності роликів-електродів при ЕКН.

Виклад основного матеріалу. Багатократний вплив температури і тиску наплавлювальних дротів на ролик-електрод призводить до його поступового спрацювання. Спрацювання являє собою кільцеву канавку з дуже малими поперечними розмірами, без чіткого контуру (рис. 1) [8].



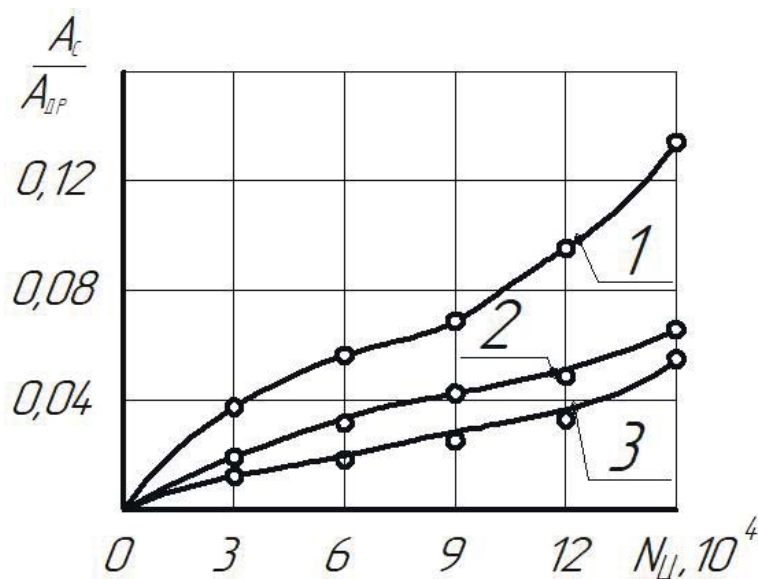
1 – вал, що наплавляється; 2 – присадний дріт; 3 – ролик-електрод; 4 – кільцева канавка спрацювання; 5 – металопокриття; 6 – другий ролик-електрод

Рисунок 1 – Формування електроконтактним наплавленням і формування канавки спрацювання

Джерело: розроблено авторами з використанням [3, 4, 6, 8]

У довідниковій літературі дуже мало відомостей про зносостійкість роликів-електродів, приводяться лише фізико-механічні характеристики різних матеріалів. Тому були проведені експериментальні дослідження зносостійкості роликів-електродів, які виготовлені з різних матеріалів.

Наплавляли зразки діаметром 50 мм із сталі 45 пружинним дротом діаметром 1,8 мм на наступних режимах: струм наплавлення 7,0 кА; колова швидкість обертання зразка 20 мм/с; зусилля на ролик 1,2 кН. Тривалість імпульсів струму і пауз між ними склали відповідно 0,04 с і 0,08 с. і регулювали тиристорним перебивачем. Випробування на спрацювання проводили з використанням роликів-електродів діаметром 300 мм і гарячекатаної міді, з бронзи Бр.НБТ, Бр.Х (рис. 2).



1 – електрод з гарячекатаної міді; 2 – електрод з бронзи Бр.Х; 3 – електрод з бронзи Бр.НБТ;
 A_c – площа перерізу кільцевої канавки спрацювання ролика; $A_{др}$ – площа перерізу присадного дроту

Рисунок 2 – Спрацювання робочих поверхонь роликів електродів в залежності від числа циклів наплавлення

Джерело: розроблено авторами

Спрацювання інструменту при ЕКН негативно позначається на міцності зварного з'єднання металопокриття з основою із-за зменшення деформації присадного дроту. На рис. 3 наведені, визначені згідно досліджень [3, 4, 7] залежності якості зварного з'єднання від величини спрацювання робочої поверхні інструменту.

Графіки побудовано для оптимального режиму наплавлення, при якому відносна осьова деформація присадного дроту, що відповідає наплавленню неспрацьованим інструментом, склала $\varepsilon=0,472$, і для режиму з початковим значенням $\varepsilon=0,300$.

З наведених результатів видно, що вже при невеликих спрацюваннях, рівних $0,04...0,05A_{др}$, міцність зварного з'єднання знижується на 30...40% у порівнянні з аналогічним показником для неспрацьованого ролика-електрода. Ці розрахункові залежності добре підтверджуються результатами експериментів.

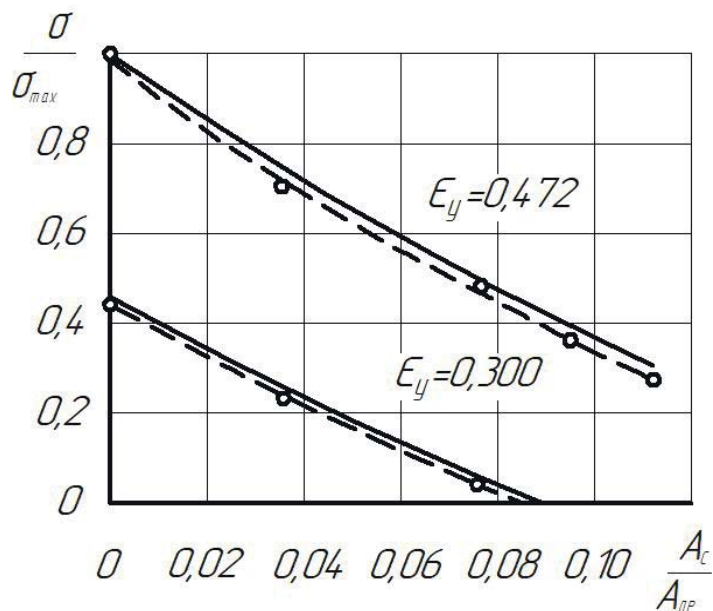
Результати випробувань на спрацювання показують, що істотне зниження якості зварного з'єднання відбувається при застосуванні електродів з гарячекатаної міді вже через 1,5...2 години роботи.

Повністю компенсувати негативний вплив спрацювання електроду на якість зварного з'єднання коригуванням технологічних режимів наплавлення не вдається. Це вказує про необхідність 2 – 3 кратної заміни таких інструментів, після проточки їх робочих поверхонь на токарному верстаті. При застосуванні більш зносостійких, одночасно і більш дорогих електродів з бронзи Бр.НБТ ролик-електрод досить заправити один раз за зміну.

В даний час немає обґрунтованих рекомендацій по вибору розмірів роликів-електродів, що застосовуються при ЕКН. Тому вибирати розмір інструменту слід з умови забезпечення сприятливих умов пластичної деформації присадного матеріалу.

При проходженні імпульсу зварювального струму між валом, що наплавляється і ролик-електродом присадний дріт періодично розігрівається до пластичного стану і осаджується з боку вала на величину t_1 і з боку ролика-електроду на величину t_2 .

При однакових умовах наплавлення на співвідношення значень осадження присадного дроту з боку вала t_1 і з боку ролика t_2 істотно впливає радіус ролика. Для формування міцного зварного з'єднання краще, якщо основна деформація присадного дроту відбудеться з боку вала, а не з боку ролика, тобто якість наплавлення тим вища, чим менше відношення t_2/t_1 .



- експериментальна залежність; - - - - теоретична залежність

Рисунок 3 – Вплив спрацювання робочої поверхні електроду на міцність зварного з'єднання при різних значеннях відносної осьової деформації дроту

Джерело: розроблено авторами з використанням [3, 4, 7]

При розрахунках складових осадження присадного дроту [7, 8], приймали наступні значення параметрів наплавлення: $R_2=25$ мм, $d=1,8$ мм, $\delta=0,60$ мм.

Підраховували значення складових осадження t_1 і t_2 для різних значень радіуса ролика R_2 . За результатами розрахунків побудовано графічну залежність відношення t_2/t_1 від розміру R_2 ролика (рис. 4).

В результаті видно, що зі збільшенням розміру електроду, відношення деформацій t_2/t_1 зменшується. Тому, збільшення діаметру ролика до 150...175 мм позитивно впливає на якість наплавлення. Подальше збільшення R_2 на відношення t_2/t_1 впливає несуттєво.

Рекомендована, з конструктивних міркувань, товщина ролика-електрода 10...15 мм.

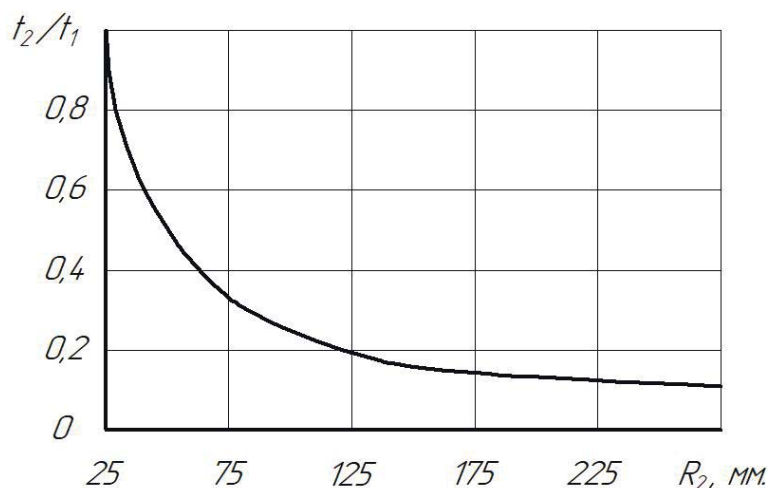


Рисунок 4 – Співвідношення складових осадження присадного дроту при різних співвідношеннях осадження присадного дроту з боку валу t_1 і з боку ролика t_2 .

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Спрацювання ролика-електрода при ЕКН негативно позначається на міцності зварного з'єднання металопокриття з основою через зменшення деформації присадного дроту. Виявлено, що найбільшу зносостійкість мають ролики-електроди, робоча частина яких виготовлена з нікель-берилієвих бронз Бр.НБТ. Також високу зносостійкість мають інструменти з хромистої бронзи Бр.Х.

Встановлено, що для ЕКН валів мобільної сільськогосподарської та транспортної техніки необхідно застосовувати наплавлювальні ролики діаметром 300 мм.

Список літератури

1. Лялякин В.П. Состояние и перспективы ремонта машин в АПК. *Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем*: сб. научных трудов междунар. научн.-техн. конф., посвященной 50-летию образования Института механики и энергетики «. Ковылкино: Ковылкинская районная типография, 2007. С. 44 – 50.
2. Липкович Э.И. Производство тяжелых сельскохозяйственных тракторов: состояние и перспективы. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2006. №11. С. 78 – 83.
3. Зорин А.И. Организация восстановления изношенных деталей. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2006. №5. С. 30 – 32.
4. Фархшатов М.Н. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей сельскохозяйственных техники и оборудования электроконтактной приваркой коррозионностойких и износостойких материалов: дисс.... д-ра техн. наук: 05.20.03. М., 2007. 527с.
5. Черновол М.И. Технологические основы восстановления деталей сельскохозяйственной техники композиционными покрытиями: дисс. д-ра техн. наук: 05.20.03/ Кировоградский ин-т сельскохозяйственного машиностроения. Кировоград, 1992. 502.
6. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: ГОСНИТИ, 2003. 488 с.
7. Дубовик В.О., Труш М.М., Дяченко О.М. Дослідження технології відновлення деталей типу «вал» електроконтактним наплавленням. *Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту*: зб. наук. матеріалів Міжнар. наук.-практ. інтернетконф., 14-15 листопада 2018 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2018. С. 186 – 190.
8. Нафиков М.З., Загиров И.И. Выбор инструмента для электроконтактной наплавки // Материалы XLVI международной научно-технической конференции «Достижения науки - агропромышленному производству», ч.2. Челябинск: ЧГАУ, 2007. С.129 – 133.

Referencis

1. Lyalyakin, V.P. (2007). Sostoyaniye i perspektivy remonta mashin v APK [State and prospects of car repair in the AIC]. Improving the efficiency of the functioning of mechanical and energy systems: *Mezhdunarodnaia nauchno-tehnicheskaiia konferentsia – International Scientific and Practical Conference* (pp. 44 – 50). Kovylnino: Kovylninskaya rayonnaya tipografiya [in Russian].
2. Lipkovich, E.I. (2006). Proizvodstvo tyazhelykh selskokhozyaystvennykh traktorov: sostoyaniye i perspektivy [Production of heavy agricultural tractors: state and prospects]. *Traktory i selskokhozyaystvennye mashiny – Tractors and agricultural machines, №11*, 78 – 83 [in Russian].
3. Zorin, A.I. (2006). Organizatsiya vosstanovleniya iznoshennykh detaley [Organization of the restoration of worn-out parts]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva – Mechanization and electrification of agriculture, №5*, 30 – 32. [in Russian].
4. Farkhshatov, M.N. (2007). Resursosberegayushchiye tekhnologii vosstanovleniya detaley selskokhozyaystvennykh tekhniki i oborudovaniya elektrokontaktnoy privarkoy korrozionnostoykikh i iznosostoykikh materialov [Resource-saving technologies for the restoration of parts of agricultural machinery and equipment by electro-contact welding of corrosion-resistant and wear-resistant materials]. *Doctor's thesis*. Moscow, [in Russian].
5. Chernovol, M.I. (1992). Tekhnologicheskiye osnovy vosstanovleniya detaley selskokhozyaystvennoy tekhniki kompozitsionnymi pokrytiyami [Technological basis for the restoration of agricultural machinery parts with composite coatings]. *Doctor's thesis*. Kirovograd [in Russian].
6. Chernoiyanov, V.I. & Lyalyakin, V.P. (2003). *Organization and technology of restoration of machine parts*. (2-nd. ed.). Moscow: GOSNIT [in Russian].
7. Dubovyk, V.O., Trush, M.M. & Diachenko, O.M. (2018). Doslidzhennia tekhnolohii vidnovlennia detalei typu «val» elektrokontaktym naplavlenniam [Research of technology of restoration of details like "shaft" by electrocontact surfacing]. Innovative technologies for the development and efficiency of road transport: Mizhnarodna naukovo-praktychna internetkonferentsiia (14-15 lystopada 2018 roku) – *International Scientific and Practical Internet Conference* (pp.186 – 190). Kropyvnytskyi [in Ukrainian].
8. Nafikov, M.Z. & Zagirov, I.I. (2007). Vybory instrumenta dlya elektrokontaktnoy naplavki [Choice of tools for electrocontact surfacing]. Scientific achievements - for agro-industrial production: XLVI Mezhdunarodnaia nauchno-tehnicheskaiia konferentsia – XLVI *International Scientific and Technical Conference* (pp. 129 – 133). (part.2). Chelyabinsk: ChGAU [in Russian].

Viktor Dubovyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Yurii Nevdakh**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Viktor Pukalov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Vladvyslav Chernov**, master
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Increasing the Durability of Roller-electrodes in Electrocontact Surfacing of Parts of Mobile Agricultural and Transport Equipment

During the operation of mobile agricultural and motor vehicles, their connections and parts are activated. This leads to a decrease in traction power, operating speed, quality and productivity when performing technological operations. Repair costs are constantly rising, so the question of finding inexpensive technologies for the restoration of worn parts is relevant. Such technologies include electro-contact surfacing.

One of the reasons that constrains the widespread use of the method of electrocontact surfacing is the low stability of the electrode roller. Currently, little research has been conducted to study the wear of the electrode rollers and increase their wear resistance.

The research on search of ways of increase of durability of rollers-electrodes at electrocontact surfacing is carried out. The operating conditions of the electrode rollers and their operation, the strength of the welded joint when using a tool with different degrees of operation were considered. The operation of the roller-electrode during electro-contact surfacing has a negative effect on the strength of the welded joint of the metal coating with the base due to the reduction of deformation of the filler wire. The results of tests for operation show that a significant reduction in the quality of the welded joint occurs when using electrodes made of hot-rolled copper after 1.5...2 hours of operation. It is not possible to fully compensate for the negative impact of the electrode operation on the quality of the welded joint by adjusting the technological modes of surfacing. This indicates the need for 2 - 3 times the replacement of such tools, after grooving their working surfaces on a lathe.

Developed recommendations for the choice of sizes of rollers-electrodes used in electro-contact surfacing of parts of mobile agricultural and transport equipment.

electrocontact surfacing, roller electrode, filler wire, wear resistance, metal coating

Одержано (Received) 29.10.2020

Прорецензовано (Reviewed) 05.11.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020