

УДК 631.313.021: 631.316.022

Відновлення робочих органів ґрунтообробних знарядь електродуговим навуглецьовуванням

О.В. Левчук, А.Я. Здобицький

Львівський національний аграрний університет (м. Львів, Україна), zdanyar31@ukr.net

У статті наведено огляд та аналіз існуючих способів підвищення зносостійкості робочих органів сільськогосподарських машин ручним дуговим наплавленням, автоматичним під флюсом чи в захисному середовищі газів, плазмовим або індукційним наплавленням.

Обґрунтовано можливість підвищення зносостійкості нових чи відновлення спрацьованих робочих органів ґрунтообробних машин із застосуванням доступного для широкого загалу зварювального обладнання та використання менш дорогих матеріалів. Оскільки, зниження затрат на поверхневе зміцнення чи відновлення робочих поверхонь сільськогосподарської техніки відбувається за рахунок підвищення твердості різних типів сталей на основі насичення їх вуглецем під час горіння електричної дуги на зворотній полярності між вугільним електродом і залізною деталлю. Описано особливості технологічного процесу навуглецьовування сталей за використання оміднених графітового та вугільного електродів різного діаметру, загострених під кутом 60 градусів.

Експериментально досліджено режими навуглецьовування зразків конструкційної сталі та окреслено шляхи підвищення стабілізації горіння електричної дуги на основі іонізації хімічного елемента та запропоновано процес активації електродів солями калію, а саме карбонатом (K_2CO_3). Наведено результати зміцнення оброблюваних поверхонь різними способами та встановлено графічну залежність міцності матеріалу від кількості проходів вугільним чи графітовим електродами за величини струму в межах від 135 до 145 А. Також експериментально встановлено, що із застосуванням активованого графітового електроду покращується стійкість горіння дуги, а відповідно і підвищується твердість отриманого покриття (до 61 HRC). Обґрунтовано доцільність зміни існуючого способу активації електроду, для підвищення його ресурсу роботи.

Ключові слова: електрична дуга, електрод, зміцнення, навуглецьовування, наплавлення, полярність струму, робочі органи, твердість.

Постановка проблеми та її актуальність. В агропромисловому виробництві застосовується значна кількість машин, робочі органи яких взаємодіють із ґрунтом. До них належать такі знаряддя і машини: а) для передпосівного обробітку, б) для сівби, в) для догляду за посівами, г) машини для збирання коренебульбоплодів. В процесі їх експлуатації відбувається активне абразивне спрацювання поверхонь робочих органів. Аналогічне явище відбувається з робочими органами землерийних машин, що використовуються в меліорації і будівництві. Проблема ускладнюється тим, що ринок сільськогосподарських машин, а також і їх комплектуючих його представлено доволі широко (майже стихійно). Проте інколи окрім зразків деталей відомих виробників в наявності є неліцензовані вироби або зразки бувші в користуванні. Найчастіше з такими випадками стикаються власники невеличких фермерських господарств, оскільки зазвичай виникають причини економічного характеру.

Тому вирішення питань відновлення робочих органів ґрунтообробних знарядь є актуальним, як

для дрібного так і для крупнотоварного виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин вивчається впродовж тривалого часу і йому присвячено велику кількість праць і наукових розробок. Так, наприклад лемеші плугів виготовляють із сталі Л-53, Л-65, а лапи культиваторів із сталі 65Г. Для збільшення їх робочого ресурсу край леза гартують і наплавляють твердими сплавами типу сормайт, реліт або інші, що містять вуглець, хром, нікель, вольфрам або його карбід [1, 2]. Завдяки цьому лемеші набуває також властивості самозагострювання. Також відоме зміцнення лемешів, зубів борін спеціальними електродами Е1-300 і Н6-60 [2]. Аналогічно відновлюють та зміцнюють відвали каналокочачів, шнеки екскаваторів-каналокочачів, ножі для скошування рослинності використовуючи тверді сплави та електроди Т-620, ОЗН-300 або ОЗН-350 [2, 6]. Наплавлення вказаних матеріалів може здійснюватися ручним дуговим наплавленням, автоматичним під флюсом або в захисному середовищі газів, плазмовим або ін-

дукційним наплавленням [3]. При цьому використовують також наплавлення порошкоподібних твердих сплавів вугільним електродом на прямій полярності струму [6, 7]. Використовують наплавлення твердих сплавів полум'ям ацетиленового пальника [4].

Постановка завдання. Вказані вище способи зміцнення і відновлення робочих органів ґрунтообробних машин потребують дороговартісних матеріалів і обладнання, що є малодоступними в умовах індивідуального фермерського господарства. Отже необхідно дослідити можливість зміцнення нових і відновлення спрацьованих робочих органів ґрунтообробних машин із застосуванням доступного обладнання та недороговартісних матеріалів.

Виклад основного матеріалу. Способи підвищення твердості, а відповідно і зносостійкості знарядь та інструментів, зокрема ґрунтообробних, виготовлених на основі сплаву залізо-вуглець відомі з моменту винайдення способу видобування заліза. Вироби насичували вуглецем в ковальському горні, виплавляли тигельну сталь змішуючи крицю і деревне вугілля, також створювали високоміцні вироби шляхом ковальського зварювання високовуглецевих і низьковуглецевих заготовок. Сучасним аналогом цих способів підвищення твердості та зносостійкості деталей є цементация [8]. Ці технології були дещо складнішими, дорогими і використовувались лише за особливих потреб.

Серед відомих доступних способів зміцнення деталей є їх науглецювання під час горіння електричної дуги між поверхнею і вугільним електродом. Відомо, що під час горіння електричної дуги прямої полярності ((+) – на деталь (–) – на електрод) між металевою деталлю і вугільним, або графітовим електродом відбувається плавлення деталі, але ступінь насичення її вуглецем є незначним. Цей спосіб використовується також і для зварювання тонколистової сталі та кольорових сплавів [10]. Якщо змінити полярність, матеріал шва (тобто проплавленого електричною дугою шару поверхні деталі) інтенсивно насичується вуглецем. В результаті охолодження деталі за рахунок швидкого відведення тепла в масу металевої деталі на її шарі, що зазнав термічної дії електричної дуги формується структура металу, насичена вуглецем, властивостями якої є висока твердість (50-60HRC) і зносостійкість. Практичному поширенню даного способу зміцнення перешкоджає те, що електрична дуга між вугільним електродом і залізною деталлю на зворотній полярності є нестабільною, тобто часто перерива-

ється [5]. Тому нами було запропоновано та експериментально перевірено можливість вдосконалення процесу науглецювання поверхонь робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Науглецювання зразків здійснювали на пластинках товщиною 4 мм, що виготовлені з конструкційної сталі Ст.3. В якості джерела живлення використано систему із зварювального трансформатора та падаючої зовнішньої вольтамперної характеристики, оснащеної баластним резистором, однофазним напівпровідниковим випрямлячем і згладжувальним фільтром, що в свою чергу складався з батареї конденсаторів. Величина струму дуги контролювалась амперметром із шунтом. В дослідженнях використовувались оміднені вугільні та графітові електроди різного діаметру (рис. 1), загострені під кутом 60 град.

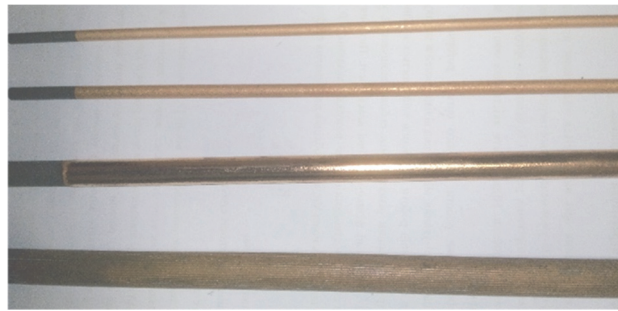


Рис. 1 Оміднені вугільні та графітові електроди

Оскільки метою процесу є науглецювання то полярність вибрано зворотною. Для підвищення стійкості горіння дуги було вжито ряд заходів, зокрема, що одним з факторів який суттєво впливає на можливість виникнення та стабільності горіння електричної дуги є властивості матеріалів електродів між якими вона виникає. Конкретно йдеться про потенціал іонізації хімічного елементу, що є основою електроду. Так для заліза він становить 7,9 електронвольт, для вуглецю – 11,264, для лужних металів суттєво менше. Для калію наприклад, цей параметр становить 4,339 [6].

На основі чого стає зрозуміло те, внаслідок чого електрична дуга між вугільним електродом і залізною деталлю є нестабільною, а особливо на зворотній полярності. Для підвищення стійкості горіння дуги, а відповідно і рівномірного науглецювання зразків здійснювалось насичення електродів солями калію (активація), а саме карбонатом (K_2CO_3). Для цього по осі стержня електрода було просвердлено отвір діаметром 1,4 мм на довжину близько 16 мм, що заповнювався зволоженою сіллю.



Рис. 2 Загальний вигляд зрізця після обробки вугільним електродом



Рис. 3. Загальний вигляд зрізця після обробки графітовим електродом

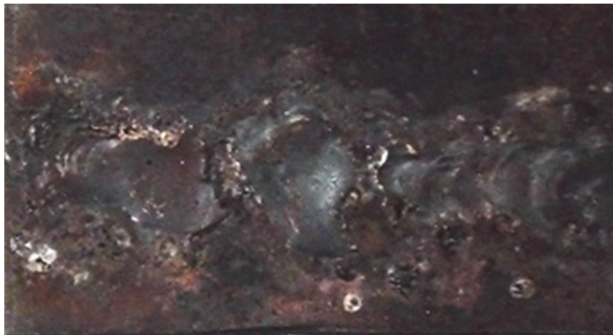


Рис. 4 Загальний вигляд зрізця після обробки графітовим електродом із флюсом

Після цього електрод протягом 1,5 години просушувався в жаровій шафі за температури 120°-140°С. По поверхні кожного із зрізців вугільним чи графітовим електродами (рис. 2 - 4) по чергово здійснено по кілька проходів електричною дугою за яких величина струму знаходилась в межах від 135 до 145 А.

Для перевірки міцнісних параметрів поверхонь навуглецьованих зразків використовували метод Роквела та твердомір марки 2140 ТР (рис. 5). Вимірювання твердості зразків здійснювали згідно інструкції твердоміра та у відпо-

відності до чинних вимог згідно ДСТУ ISO 6508-1:2013 (ISO 6508-1:2005, IDT) .

На основі проведених експериментальних досліджень за отриманими середніми значеннями побудовано графічні залежності твердості поверхні деталі від кількості проходів по ній електродом (рис. 6).



Рис. 5. Загальний вигляд твердоміра (марка 2140 ТР).

З отриманої графічної залежності (див. рис 6) випливає, що твердість пластин в місцях, що не підлягали обробці становила 14 HRC. Проте твердість обробленої поверхні першого зразка (обробка здійснювалась вугільним електродом) становила 43-46HRC, обробленої поверхні другого зразка (обробка здійснювалась графітовим електродом) становила 54-61 HRC, а третій зразок, що обробляли вугільним електродом попередньо нанісши на поверхню флюс (суміш вугільного порошку (С), білого піску (SiO_2) та прожареної бури ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)) твердість в цьому випадку становила 51-56HRC.

Висновки.

1. На основі отриманих результатів досліджень підтверджено гіпотезу щодо можливості зміцнення робочих органів сільськогосподарських машин в умовах невеликих фермерських господарств

2. Найбільшу твердість (близько 61 HRC) було отримано за застосування активованого графітового електроду, окрім цього, також

спостерігалась найбільша стійкість горіння електричної дуги.

3. Для подовження ресурсу роботи електроду доцільно замінити існуючий спосіб активації, оскільки він є недостатнім.

4. Для підтвердження отриманих результатів досліджень необхідна перевірити практично зносостійкість обробленого даним способом робочого органу.

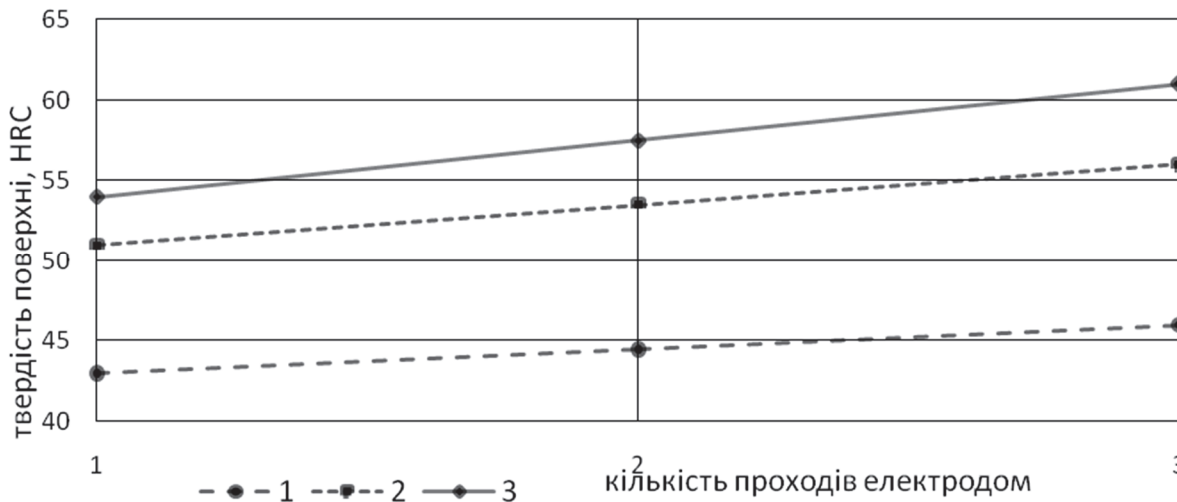


Рис. 6. Графічна залежність твердості поверхні деталі від кількості проходів електродом: 1 – обробка вугільним електродом, 2 – обробка графітовим електродом, 3 – графітовим електродом з використанням флюсу

Література

- Белкин П.Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов / П.Н. Белкин // – М.: Мир, 2005. – 336 с.
- Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд. Перераб. и доп. / А.П. Гуляев // – М.: Металлургия, 1986, – 544 с.
- Гуменюк І.В. Технологія електродугового зварювання / І.В. Гуменюк, О.В. Іваськів, О.В. Гуменюк // К.: Грамота. 2006. – 512 с.
- Китаев А.М. Дуговая сварка / А.М. Китаев // М.: Машиностроение, 1979, – 240 с.
- Кондратьев Е.Т. Восстановление наплавкой деталей сельскохозяйственных машин / Е.Т. Кондратьев, В.Е. Кондратьев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 95 с.
- Морозов В.А. Справочник сварщика и резчика / В.А. Морозов, Л.В. Морозова // Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1988. – 284 с.
- Новиков В.С. Повышение износостойкости рабочих органов плуга наплавкой керамическими материалами / В.С. Новиков, И.А. Беликов // Ремонт, восстановление, модернизация. – №11. – 2002. – С.37- 40.

- Петров И.В. Износостойкая наплавка в ремонте машин / И.В. Петров // Прил. К журналу-приложению «Техника в сел. хоз-ве». – М.: Агропромиздат, 1988. – 118 с.

- Сільськогосподарські та меліоративні машини / За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004, 544 с.

- Сорокин В.М. Основы триботехники и упрочнения поверхностей деталей машин / В.М. Сорокин, А.С. Курников – Н.: Новгород: ВГАВТ, 2006 – 296 с.

- Ткачев В.Н. Методы повышения долговечности деталей машин / В.Н. Ткачев // – М.: Машиностроение, 1971. – 272 с.

- Шенфельд В.Й. Наплавлення на сталеві деталі зносостійких високовуглецевих покриттів / В.Й. Шенфельд // Зварювання та споріднені процеси: матеріали V всеукраїнської науково – технічної конференції молодих учених та спеціалістів. – Київ, 2009. – 122 с.

- Шехтер С.Я. Наплавка металлов / С.Я. Шехтер, А.М. Резницкий // М.: Машиностроение, 1982. – 71 с.

- Юзвенко Ю.А. Наплавка (Курс лекций для специалистов-сварщиков) / Ю.А. Юзвенко // – К.: Наукова думка, 1976. – 59 с.

Аннотация

**Восстановление рабочих органов
почвообрабатывающих орудий электродуговым науглероживанием**

А.В. Левчук, А.Я. Здобицький

В статье наведено обзор и анализ существующих способов повышения износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин ручной дуговой наплавкой, автоматической под флюсом или в защитной среде газов, с помощью плазменного или индукционного нагрева.

Обоснована возможность повышения износостойкости новых или восстановления изношенных рабочих органов почвообрабатывающих машин с применением доступного большинству пользователей сварочного оборудования и менее дорогостоящих материалов. Указано, что эффект от снижения затрат на поверхностное упрочнение или восстановление рабочих поверхностей сельскохозяйственной техники происходит за счет повышения твердости различных типов сталей благодаря насыщению их углеродом при горении электрической дуги на обратной полярности между угольным электродом и железной деталью. Описаны особенности технологического процесса науглероживания поверхности сталей при использовании омеднённых графитового и угольного электродов различного диаметра, заточенных под углом 60 градусов.

Экспериментально исследованы режимы науглероживания образцов конструкционной стали, а также намечены пути повышения стабильности горения электрической дуги путем применения химического элемента с низким потенциалом ионизации и предложен процесс активации электродов солями калия, а именно карбонатом (K_2CO_3). Приведены результаты упрочнения обрабатываемых поверхностей различными способами и установлена линейная зависимость прочности материала от количества проходов угольным или графитовым электродами при величине тока в пределах от 135 до 145 А. Также экспериментально установлено, что с применением активированного графитового электрода улучшается устойчивость горения дуги, а соответственно и повышается твердость полученного покрытия (до 61 HRC). Обоснована целесообразность изменения существующего способа активации электрода для повышения его ресурса работы.

Ключевые слова: электрическая дуга, электрод, упрочнение, науглероживание, наплавка, полярность тока, рабочие органы, твердость.

Abstract

**Restoration of the working bodies
of cultivating tools by electric arc carbonization**

O.V. Levchuk, A.Y. Zdobytskij

This article provides an overview and analysis of the existing methods for increasing the wear resistance of agricultural machinery by manual arc welding, automatic submerged arc welding or protective gas environment, plasma or induction welding.

In the article, we have justified the possibility to increase the durability of new or renewal of worn out working bodies of tillage machines, using publicly available welding equipment and less expensive materials. Since the reduction in costs for surface hardening or restoration of working surfaces of agricultural machines becomes possible by increasing hardness of different types of steels based on saturation of carbon during combustion in electric arc on the reverse polarity between the carbon electrode and an iron piece. Here we describe the features of the steel carbonization process with the use of cupric graphite and carbon electrodes of different diameter, pointed at an angle of 60 degrees.

We experimentally investigated the carbonization modes samples of structural steel and pointed out the ways of increasing the stabilization of electric arc burning based on ionization of the chemical element and proposed the activation process of electrodes by potassium salts, such as carbonate (K_2CO_3). We have also presented the results of the machined surfaces strengthening in different ways and installed the tracker strength of the material passes from the number of carbon or graphite electrodes for the current value in the range of 135 to 145 A. We have also experimentally found that the use of activated graphite electrode improves the stability of the arc, and therefore increases the hardness of the coating up to (61 HRC). We have justified the expediency change of the existing mode of activation of the electrode to increase its service life.

Keywords: electric arc, electrode, strengthening, carbonization, surfacing, the polarity of the current, working bodies, hardness.

Представлено від редакції: В.А. Войтов / Presented on editorial: V.A. Voitov

Рецензент: Р.Д. Кузьминський / Reviewer: R.D. Kuzmynskyi

Подано до редакції / Received: 21.05.2017