

**Viktor Bokov**

*Kirovograd National Technical University*

**Treatment of holes by the arc using copper electrochemical machining electrode**

The objective of the work is to forecast technological parameters and increase of efficiency of the process of dimensional treatment of holes by the arc using copper electrochemical machining electrodes.

The work presents the results of experimental research of the following technological parameters: relative linear wear of a copper electrochemical machining electrode, roughness of the treated surface, flank spark gap, treatment productivity, specific output of treatment and unit discharge of energy.

Conclusions:

- theoretical and practical principles of forecasting technological parameters and increase of efficiency of the process of treatment of holes by the arc using copper electrochemical machining electrodes were worked out;
- the simulator of relative linear wear of copper electrochemical machining electrode was received which enabled showing the conditions to minimize wear;
- new effective way of treatment of small holes by the arc was suggested and tested.

**electric arc, copper electrochemical machining electrode, holes, hydrodynamic mode, technological parameters, treatment of small holes**

Одержано 28.11.13

**УДК 621.793**

**І.Ф. Василенко, доц., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Дослідження властивостей композиційних покриттів, нанесених контактним наварюванням порошкових дротів**

Наведені в статті результати дюрOMETричних досліджень, а також досліджень пористості та зносостійкості композиційних покриттів, нанесених контактним наварюванням порошкових дротів, показали доцільність застосування таких покриттів для деталей сільськогосподарської техніки, які працюють в умовах абразивного зношування. Вибрано склад порошкових дротів, що забезпечує одержання композиційних покриттів з найвищою зносостійкістю

**композиційне покриття, порошковий дріт, контактне наварювання, зносостійкість, мікротвердість, пористість**

**И.Ф. Василенко, доц., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

**Исследование свойств композиционных покрытий, нанесенных контактном навариванием порошковых проволок**

Приведенные в статье результаты дюрOMETрических исследований, а также исследований пористости и износостойкости композиционных покрытий, нанесенных контактном навариванием порошковых проволок, показали целесообразность применения таких покрытий для деталей сельскохозяйственной техники, которые работают в условиях абразивного изнашивания. Выбран состав порошковых проволок, который обеспечивает получение композиционных покрытий с наибольшей износостойкостью

**композиционное покрытие, порошковая проволока, контактном наваривание, износостойкость, микротвердость, пористость**

© І.Ф. Василенко, 2014

Вирішальним фактором довговічності деталей сільськогосподарських машин, які в процесі експлуатації взаємодіють з абразивом, є їхня абразивна стійкість. Процес абразивного зношування може мати місце у випадку, коли напруження, створене абразивною частинкою перевищує границю міцності досліджуваної поверхні. Це відбувається тоді, коли частинка діє на робочу поверхню деталі без ковзання. При ковзанні абразивна частинка переміщуючись по поверхні здійснює сумісну дію нормальних і тангенціальних сил, що значно ускладнює умови виникнення пластичної деформації й руйнування поверхні.

Відомо [1–3], що найбільш зносостійкими в умовах абразивного зношування є матеріали, що складаються з пластичної матриці та твердого тугоплавкого наповнювача, твердість якого має бути вищою за твердість абразивних зерен.

Контактне наварювання – один з різновидів зварювання металів тиском. Процес контактного наварювання здійснюється пластичним деформуванням присадного матеріалу, нагрітого спільно з матеріалом деталі у зоні деформації імпульсами електричного струму. Найбільш технологічними матеріалами для контактного наварювання композиційних покриттів є заздалегідь сформовані матеріали, серед яких особливий інтерес викликають порошкові дроти.

Порошкові дроти являють собою оболонку, заповнену необхідними компонентами у вигляді порошку. Оболонка захищає порошковий матеріал від надмірного окислення при нагріванні, створює напружений стан близький до всебічного стиску, попереджує електророзрядний процес, який призводить до перегріву та розплавлення частинок. Вона також сприяє нагріванню та попередньому ущільненню порошкового шару до проходження електричного струму через порошок під час контактного наварювання. Це дозволяє уникнути передчасного зварювання частинок між собою та підвищити щільність покриття.

Для виготовлення зносостійкого композиційного покриття у якості керамічного наповнювача, використовують технічну кераміку переважно карбіди та оксиди [4]. У якості наповнювачів композиційних матеріалів, що наносяться контактним наварюванням, доцільно використовувати карбіди металів. Це пояснюється тим, що крім високої твердості та зносостійкості, ці матеріали мають значно вищу електропровідність у порівнянні, наприклад, з оксидами чи нітридами. Достатня електропровідність є однією з основних вимог, що висуваються до матеріалів, які наносять пропусканням електричного струму. Найдешевшим з карбідів є карбід хрому.

При формуванні композиційних покриттів контактним наварюванням необхідно вирішити проблеми вибору складу порошкових дротів та дослідження властивостей отриманих покриттів.

У даній роботі проведено дослідження властивостей композиційних покриттів, зміцнених карбідом хрому та карбідом вольфраму, який має добру розчинність у залізі. Порівняння властивостей зазначених покриттів показало, що покриття, що містять карбід хрому, не поступаються покриттям з карбідом вольфраму. Тому з економічних міркувань в якості наповнювача доцільно використовувати карбід хрому.

Основним матеріалом матриці було залізо – недорогий матеріал з високими зварювальними властивостями.

При вивченні умов формування якісного покриття розглядалась гіпотеза: процес контактного наварювання протікатиме стабільніше, розподіл наповнювача у отриманих покриттях буде рівномірнішим, якщо у осерді наварюваних порошкових дротів використовувати композиційні порошки – кераміку, плаковану електропровідним матеріалом.

Отже в роботі досліджувались покриття, нанесені контактним наварюванням композиційного дроту, оболонка якого виготовлена зі сталі 08; а осердя містило в одному з варіантів карбід хрому та залізо, в іншому – карбід хрому, плакований нікелем, та залізо.

Оскільки зносостійкість матеріалів залежить від їхньої твердості, а також для оцінки рівня міжфазної взаємодії проводили дюрOMETричні дослідження складових композиційних покриттів.

Покриття мають гетерофазну структуру і їхні складові мають різну мікротвердість, тому оцінка твердості покриття на макрорівні не має сенсу.

Характер розподілу мікротвердості у перерізі композиційних покриттів подано у вигляді гістограм на рис. 1-2. На рис. 1 наведені дюрOMETричні дослідження на зразках, одержаних при контактному наварюванні дроту, який містив в осерді 30% карбиду хрому. При використанні плакованої кераміки (рис. 2) в осерді наварюваного дроту було 40% наповнювача. Зазначимо, що в обох випадках вміст наповнювача вибирався на підставі даних про покриття, що мали найвищу зносостійкість.

Розподіл мікротвердості композиційного покриття показує, що мікротвердість матриці у випадку використання неплакованого наповнювача  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  (рис. 1) знаходиться в межах 2...6 ГПа. Мікротвердість наповнювача складає 16...18 ГПа. Наявні також мікрозони з твердістю від 6 до 16 ГПа, більшість з яких розташовані на границі “наповнювач-матриця” і є продуктами взаємодії компонентів композиційного покриття.

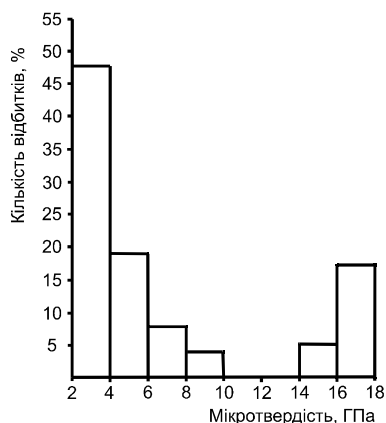


Рисунок 1 – Розподіл мікротвердості композиційного покриття складу  $[\text{Fe}-\text{Cr}_3\text{C}_2]$

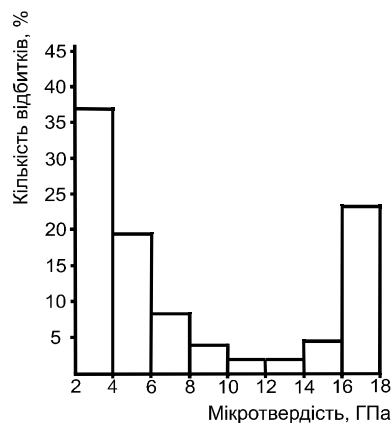


Рисунок 2 – Розподіл мікротвердості композиційного покриття складу  $[\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Cr}_3\text{C}_2]$

При використанні плакованого наповнювача характер розподілу мікротвердості аналогічний, але зазначимо, що кількість відбитків, які відповідають твердості від 16 до 18 ГПа є більшою. Це можна пояснити більшим вмістом карбїду хрому у порошковому дроті при використанні плакованого наповнювача. Збільшується також кількість відбитків, які відповідають твердості продуктів взаємодії матеріалів матриці та наповнювача (6...16 ГПа), що підвищує міцність зчеплення частинок наповнювача з матрицею, тобто стійкість наповнювача проти викришування.

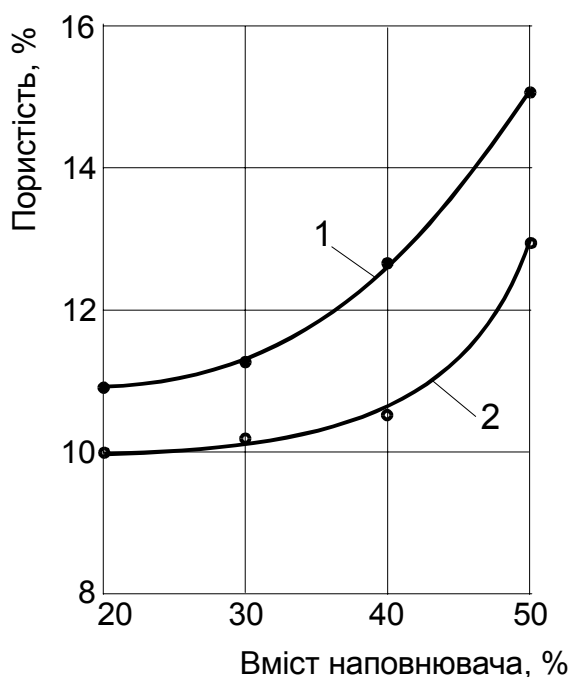
Таким чином, внаслідок гетерофазності структури мікротвердість композиційного покриття можна умовно поділити на три групи: твердість керамічного наповнювача, твердість матриці та твердість проміжних з'єднань, які виникають в результаті міжфазної взаємодії.

Зазначимо також, що результати дюрOMETричного аналізу узгоджуються з даними рентгеноспектрального мікроаналізу, проведеного на тих самих зразках.

Відомо, що пористість є визначальною як для забезпечення зносостійкості, так і інших фізико-механічних властивостей композиційних матеріалів і покриттів, отриманих на основі порошків.

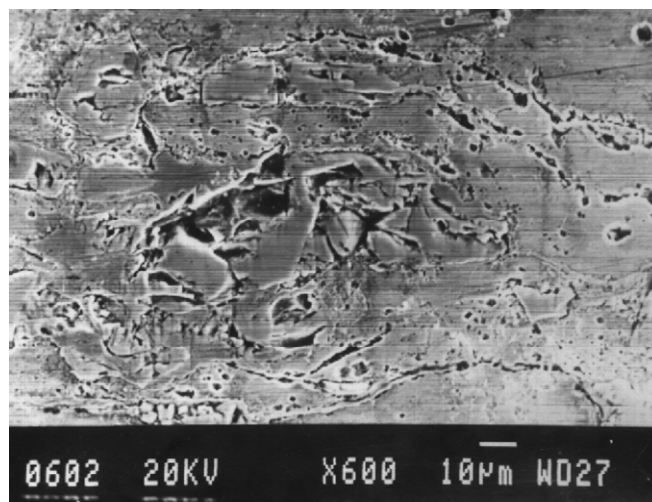
Дослідження пористості композиційних покриттів проводили як металографічним (метод площ), так і автоматичним аналізом за допомогою пристрою "Омнімет".

Результати досліджень пористості наведені на рис. 3. На рис. 4 показано ділянку композиційного покриття з неплакованим наповнювачем. Вимірювання показали, що мінімальна величина пористості у таких зразках складає близько 11%. У випадку використання плакованого нікелем наповнювача величина пористості є меншою, ніж у покриттів з неплакованою керамікою. В окремих ділянках композиційного покриття спостерігали зниження пористості до 5% (рис. 5).



1 – покриття складу  $[\text{Fe}-\text{Cr}_3\text{C}_2]$ ; 2 – покриття складу  $[\text{Fe}-\text{Ni}_n-\text{Cr}_3\text{C}_2]$

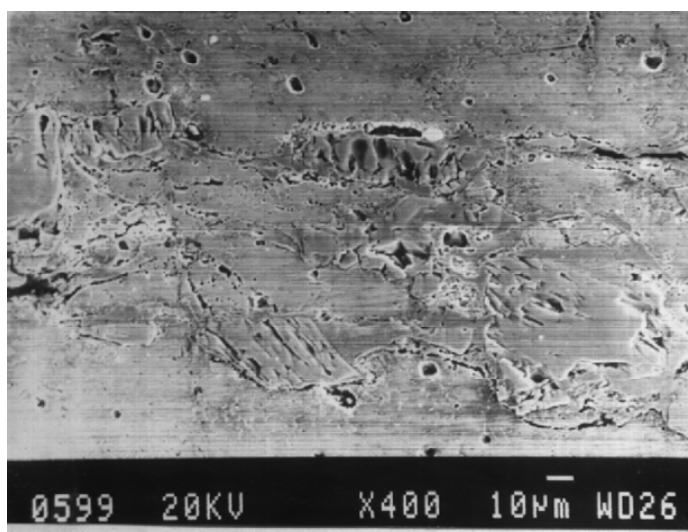
Рисунок 3 – Залежність пористості композиційного покриття від вмісту наповнювача

Рисунок 4 – Пористість композиційного покриття складу [Fe-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>]

Відомо [4], що будь-яка пористість в матеріалі знижує його зносостійкість. Пористість 5% зменшує зносостійкість порошкового матеріалу на 5...20%. При подальшому збільшенні пористості спостерігається зниження темпу зменшення зносостійкості, а при досягненні значень пористості у 20...25% настає різке зменшення опору матеріалу абразивному спрацюванню. Можна припустити, що при таких значеннях пористості має місце викришування твердого наповнювача за рахунок зменшення площі його контакту з матрицею.

Величина пористості досліджуваних покриттів, одержаних контактним наварюванням порошкових дротів, лежить у межах 7...15%. Це вказує на те, що опір композиційного покриття абразивному зношуванню буде достатнім, а відновлені деталі матимуть високі експлуатаційні характеристики.

На підставі проведених досліджень можна стверджувати, що основними факторами, які впливають на величину пористості покриттів, є кількість керамічного наповнювача, а також режими наварювання КП. Коефіцієнт заповнення КД не має значного впливу на пористість наварюваних покриттів.

Рисунок 5 – Пористість композиційного покриття складу [Fe-Ni-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>]

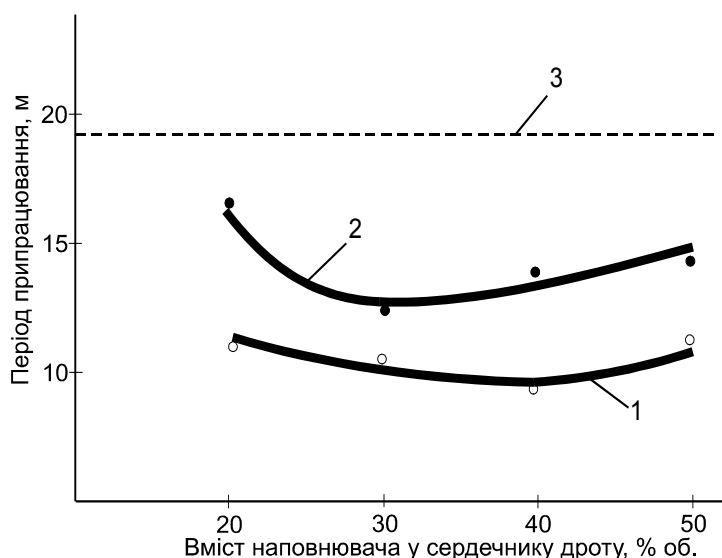
Однією з найважливіших експлуатаційних характеристик деталей сільськогосподарської техніки, яка визначає їхню довговічність, є зносостійкість. Дослідження зносостійкості проводилось на машині тертя моделі СМЦ-2 за схемою “ролик-частковий вкладиш”.

Ролики було виготовлено зі сталі 45 з нанесенням композиційного покриття та подальшим шліфуванням. Для порівняння використовувались також ролики з загартованої сталі 45 ГОСТ 1050-88 твердістю HRC 40...45. Зовнішній діаметр роликів складав  $48,5 \cdot 10^{-3}$  м, ширина – 0,012 м. Як контртіло використовували колодки зі сталі 30 ГОСТ 1050-88 та чавуну СЧ 18 ГОСТ 1412-85 (внутрішній діаметр  $48,5 \cdot 10^{-3}$  м, ширина – 0,01 м).

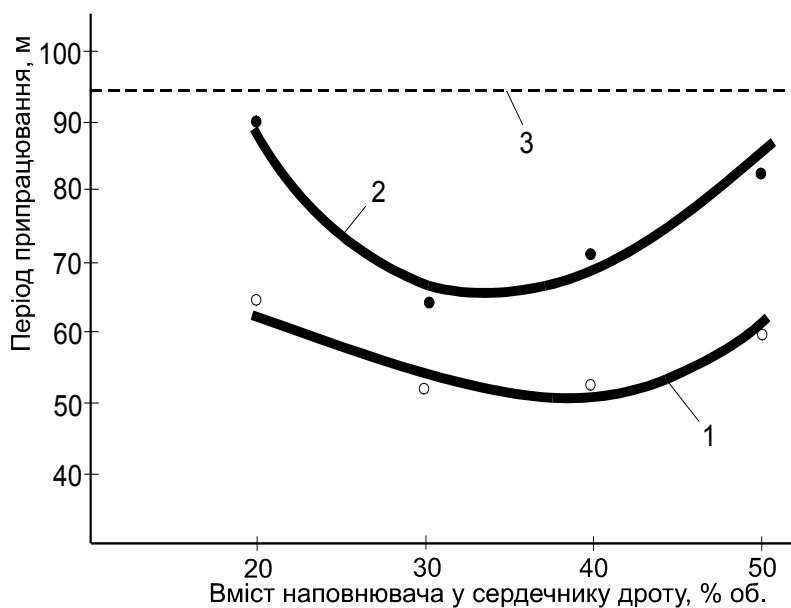
Випробування показали, що при використанні композиційних покриттів стабілізація моменту тертя та температури у зоні тертя наступають раніше, ніж у еталонного ролика зі сталі 45, тобто зменшується період припрацювання спряження рис. 5 а, б). Слід зазначити, що тривалість припрацювання покриття складу  $[\text{Fe} - \text{Cr}_3\text{C}_2]$  з оптимальним вмістом наповнювача зменшується у 1,4...1,6 рази, а при використанні у якості наповнювача плакованої кераміки (композиційне покриття складу  $[\text{Fe} - \text{Ni}_n - \text{Cr}_3\text{C}_2]$ ) – майже у два рази.

У залежності від вмісту твердої фази змінюється зносостійкість композиційного покриття. Максимальна її величина спостерігається за умови достатньої кількості частинок наповнювача для сприйняття навантаження; водночас, вміст металевої матриці ще настільки великий, що надійно утримує частинки твердої фази від викришування. Зі зменшенням об'єму матеріалу-зв'язки частинок наповнювача у покритті стає так багато, що вони починають дотикатись, зменшуючи до мінімуму вплив пластичного матеріалу матриці на міцність композиційного покриття. Дані щодо зносостійкості композиційного покриття наведені на рис. 6.

З графіку видно, що відносна зносостійкість композиційних покриттів, наповнювач яких плакований нікелем, є вищою. Це можна пояснити позитивним впливом плакуючого нікелю на стійкість наповнювача проти викришування, що, в свою чергу, сприяє підвищенню зносостійкості покриттів. Найбільшу зносостійкість мають покриття з концентрацією карбідів у 30...40% об. осердя дроту.



а)контртіло – чавун СЧ-18 ГОСТ 1412-85.



б) контртіло – сталь 30 ГОСТ 1050-88.

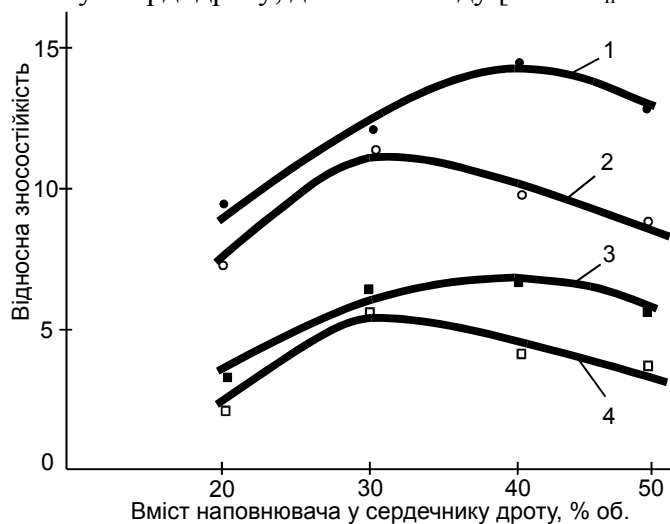
1 – період припрацювання покриття складу  $[Fe - Ni_n - Cr_3C_2]$ ;

2 – період припрацювання покриття складу  $[Fe - Cr_3C_2]$ ;

3 – період припрацювання ролика зі сталі 45.

Рисунок 5 – Залежність періоду припрацювання від вмісту наповнювача при використанні різних контртіл

Результати досліджень свідчать про зростання зносостійкості не лише роликів з композиційним покриттям, але й спряжень в цілому у порівнянні з аналогічними спряженнями при використанні роликів зі сталі 45. Так, зносостійкість спряження  $[Fe - Cr_3C_2] - СЧ 18$  підвищилась у 2,4 раза; спряження  $[Fe - Ni_n - Cr_3C_2] - СЧ18$  – у 3,1 раза; спряження  $[Fe - Cr_3C_2] -$  сталь 30 – у 4,3 раза, спряження  $[Fe - Ni_n - Cr_3C_2] -$  сталь 30 – у 5,1 раза. Об'ємний вміст наповнювача для КП  $[Fe - Cr_3C_2]$  складав 30% від загальної кількості порошка у осерді дроту, для КП складу  $[Fe - Ni_n - Cr_3C_2]$  – відповідно 40%.



1 – покриття складу  $[Fe - Ni_n - Cr_3C_2]$ , контртіло – чавун СЧ-18 ;

2 – покриття складу  $[Fe - Cr_3C_2]$ , контртіло – чавун СЧ-18;

3 – покриття складу  $[Fe - Ni_n - Cr_3C_2]$ , контртіло – сталь 30;

4 – покриття складу  $[Fe - Cr_3C_2]$ , контртіло – сталь 30.

Рисунок 6 – Залежність зносостійкості композиційних покриттів від вмісту наповнювача

Таким чином, проведені дослідження підтверджують ефективність використання покриттів, отриманих контактним наварюванням композиційних дротів, для підвищення зносостійкості деталей сільськогосподарської техніки, що працюють в умовах абразивного зношування.

## Список літератури

1. Белоусов В. Я. Долговечность деталей машин с композиционными материалами / В. Я. Белоусов.– Львов: Вища школа, 1984.– 180 с.
2. Бондаренко В. А. Триботехнические композиты с высоко модульными наполнителями / В. А. Бондаренко.– К.: Наукова думка, 1987.– 232 с.
3. Добровольский А.Г. Абразивная износостойкость материалов / А.Г. Добровольский, П.И. Кошеленко.– К.: Техника, 1989.– 128 с.
4. Амелин Д. В. Новые способы восстановления и упрочнения деталей машин электроконтактной наваркой/ Д.В. Амелин, Е.В. Рыморов.- М.: Агропромиздат, 1987.- 150 с.

**Ivan Vasylenko**

*Kirovograd National Technical University*

### **Study the properties of composite coatings deposited contact weld cored wires**

The aim of the article is to study the hardness, porosity and wear resistance are ceramic-metal composite coatings deposited contact with hard facing cored wires , and the feasibility of using such coatings for parts of agricultural machinery.

Microhardness distribution is characteristic of the composite coatings. Porosity of the coatings is acceptable aisles and ensures reliable operation. Selected composition of cored wires, which provides composite coatings with the highest wear resistance.

The studies concluded that the feasibility of using to improve the wear resistance of parts of agricultural machinery, working in conditions of abrasive wear , contact welding on cored wires selected composition.

**composite coating, cored wire, wear resistance, microhardness, porosity**

Одержано 12.05.14

**УДК 621.9.048.4**

**О. Ф. Сіса, канд. техн. наук, М.В. Осипенко, магістр**

*Кіровоградський національний технічний університет*

**К.В. Стебліна, канд. техн. наук**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

## Розмірна обробка твёрдосплавних волок

Виконано обґрунтування технологічних схем формоутворення поверхонь твёрдосплавної волоки способом розмірної обробки електричною дугою з урахуванням особливостей фізичних механізмів їх утворення та гідродинамічних явищ в між електродному проміжку. Встановлені аналітичні зв'язки технологічних характеристик процесу чорноту розмірної обробки електричною дугою сплаву ВК8, з режимами обробки і геометричними параметрами.

**електрична дуга, твёрдосплавна волока (фільсера), технологія, технологічні характеристики, обладнання**