

НОВЫЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЕ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ И МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

**Тарельник В.Б., д.т.н., профессор, Яременко В.П., к.т.н., доцент,
Никаноров С.Г., ст. преподаватель**
(Сумский национальный аграрный университет)

Предложен новый электродный материал для электроэрозионного легирования деталей и металлорежущих инструментов с целью защиты их от абразивного износа.

Введение. Проблема повышения надежности и долговечности машин, оборудования и приборов является важнейшей на современном этапе развития техники. Она играет большую роль в экономии металлов, трудовых затрат и повышении эффективности производства. Большинство ответственных деталей промышленного оборудования работает при высоких скоростях, нагрузках и температурах, а также в условиях абразивного, коррозионного и других видов воздействия рабочих сред. Повышение надежности и долговечности этих деталей обеспечивается, как правило, применением труднообрабатываемых коррозионно-стойких сталей, что в свою очередь обуславливает большой расход металлорежущего инструмента. Решение данной проблемы за счет применения высоколегированных сталей является не только неэкономичным, но, учитывая все уменьшающиеся запасы легирующих элементов на земле, бесперспективным. Особенно остро эта ситуация проявляется в Украине, которая не располагает такими необходимыми элементами для высоколегированных сплавов, как никель, хром, ванадий, молибден, вольфрам. В связи с этим актуальной задачей, направленной на повышение долговечности ответственных деталей и стойкости металлорежущего инструмента, является создание принципиально новых композиционных материалов, типа «основа – покрытие», которые обладают повышенной поверхностной износостойкостью и относительно высокой прочностью и вязкостью.

Анализ последних исследований и публикаций. С целью увеличения срока службы различных деталей, подвергаемых абразивному износу, например, рабочих колес центробежных компрессоров, применяют шликерные покрытия износостойкими материалами. Известно износостойкое спеченное покрытие, в котором наполнителем служит твердосплавная смесь ВК6, а легкоплавкой связью - твердый раствор системы Ni - Cr - Si - В. Покрытие наносят на рабочие поверхности деталей шликерным методом с последующим отжигом в вакууме. Лучшую износостойкость против эрозионного износа показали образцы из стали 30ХГСА с покрытием состава 10 вес. % 1М + 90% ВК6, где 1М - 70% Ni, 20% Cr, 5% Si, 5% В (вес. %). Твердость нанесенного слоя покрытия 85 - 86 HRA (1050 - 1100HV) [1, 2]. Недостатком таких покрытий

является высокая трудоемкость и стоимость их получения. Кроме того, их применение не всегда приводит к желаемому результату; в отдельных случаях происходит отслоение сформированного износостойкого слоя.

В последнее время для упрочнения поверхностных слоев металлорежущего инструмента, штамповой оснастки, деталей машин, все большее применение находит способ электроэрозионного легирования (ЭЭЛ) [3-5].

Метод ЭЭЛ является одним из наиболее простых и доступных с технологической точки зрения. К основным особенностям ЭЭЛ следует отнести локальную обработку поверхности – легирование можно осуществлять в строго указанных местах от долей миллиметра и более, не защищая при этом остальную поверхность детали; высокую прочность сцепления нанесенного материала с основой; отсутствие нагрева детали в процессе обработки; возможность использования в качестве обрабатываемых материалов как чистых металлов, так и сплавов различной степени легирования, металлокерамических композиций, тугоплавких соединений и т.п.; отсутствие необходимости специальной предварительной обработки поверхности.

Метод ЭЭЛ универсален, он используется для:

- увеличения твердости, коррозионной стойкости, износ- и жаростойкости;
- снижения способности к схватыванию поверхностей при трении;
- восстановлению размеров инструмента, деталей машин и механизмов;
- проведения на обрабатываемой поверхности микрометаллургических процессов для образования на ней необходимых химических соединений;
- создания на рабочей поверхности переходных слоев определенной шероховатости и др.

Таким образом, учитывая выше сказанное, **целью** настоящей работы является повышение износостойкости деталей и металлорежущих инструментов от абразивного износа путем формирования методом ЭЭЛ на их поверхностях защитных покрытий.

Изложение основного материала исследований. Учитывая положительный опыт использования спеченных покрытий, в котором наполнителем служит твердосплавная смесь ВК6, а легкоплавкой связью - твердый раствор системы Ni - Cr - Si – В, нами исследовалась возможность применения вышеуказанного материала в качестве электродов для ЭЭЛ.

Многокомпонентную смесь для изготовления электродов получали отдельно, приготавливая тонкодисперсные смеси 1М и ВК6.

Смесь 1М готовилась из тонкодисперсных порошков Ni, Cr, Si, В с размерами частиц не более 40 мкм. Порошки просушивались в сушильных шкафах при 150 - 200 °С, просеивались через сито 0075, загружалось необходимое количество их согласно рецептуре в специальный смеситель, и производилось механическое смешивание в течение 24 ч.

Для приготовления смеси ВК6 использовалась готовая твердосплавная смесь типа ВК6, она просушивалась в вакууме с разрежением не менее $1 \cdot 10^{-1}$ мм. рт. ст. при 150 °С, затем просеивалась через сито 0075. После того, как твердосплавная и самофлюсующаяся смеси готовы, их загружали в смеситель и

подвергали совместному сухому механическому смешиванию в течение 24 ч в следующих соотношениях: 100%1М; 50%ВК6 + 50%1М; 60%ВК6 + 40%1М; 70%ВК6 + 30%1М; 80%ВК6 + 20%1М; 90%ВК6 + 10%1М; 100%ВК6.

Указанные смеси замешивались с пластификатором (5%-й раствор синтетического каучука в бензине). Заготовки необходимых размеров прессовались в формах (давление прессования 0,7 - 1,0 т/см²), которые потом спекались при 1400 - 1500 °С в защитной атмосфере (водород) в печи любой системы, позволяющей обеспечить заданную температуру.

Изготовленными таким образом электродами проводилось ЭЭЛ образцов из стали 45 и Р6М5 на установке «УИЛВ-8» на 5-м режиме ($J_{кз} = 2,0...2,2$ А; $U_{хх} = 68,7$ В; $C = 300$ мкФ).

Оценка качества слоя, его сплошность, толщина и строение зон подслоя проводились на оптическом микроскопе «Неофот-2». Одновременно замерялась микротвердость по глубине шлифа на микротвердомере ПМТ-3 вдавливанием алмазной пирамиды под нагрузкой 0,05Н.

С целью выбора покрытия для защиты рабочих колес центробежных компрессоров от газоабразивного износа проводились лабораторные испытания покрытий разных типов на образцах размером 100 x 50 x 6 мм, вырезанных из листовой стали 30ХГС. Образцы испытывали в пескоструйных камерах, работающих от воздушной магистрали с давлением 600 кН/м². Абразивом служил кварцевый песок с диаметром частиц 0,2 мм. Образцы устанавливались под сопло аппарата на специальных подставках под углами атаки 90 и 45°.

В качестве материалов электродов использовались твердые сплавы ВК6 и Т15К6, сплавы 1М, и 90% ВК6 + 10% 1М. Упрочнение образцов производилось на установке «УИЛВ-8» с ручным вибратором, по режимам, когда ток короткого замыкания $J_{кз} = 2,0...2,2$ А; напряжение холостого хода $U_{хх} = 68,7$ В и емкость накопительного конденсатора $C = 300$ мкФ.

Для сравнения испытывали образец с нанесенным покрытием (по три образца на серию) и эталонный образец из стали 30ХГС без покрытия, термообработанные по режиму (НВ 296 - 302 при σ_T не более 784 Мн/м² и δ не менее 15 %). Износостойкость образцов оценивали по потере веса.

Износостойкость металлорежущего инструмента исследовалась в лабораторных условиях и в условиях производства.

Так, в лабораторных условиях, с помощью инструментального микроскопа, периодически измерялся износ режущей кромки испытываемого инструмента (например, износ задней поверхности зуба концевой фрезы) и по полученным данным строились графики износа от времени испытаний.

Испытания в производственных условиях позволили накопить статистические данные по выбору как метода упрочнения, так и материала покрытия металлорежущего инструмента, применяемого для обработки тех или иных материалов (например, титановых сплавов, труднообрабатываемых высоколегированных нержавеющей сталей, цветных сплавов и т.п.).

На рисунках 1 и 2 изображены микроструктуры поверхностного слоя стали 45 и Р6М5 после ЭЭЛ электродами, изготовленными из композиционного материала, состоящего из твердого сплава ВК6 и сплава 1М в различных соотношениях. Кроме того, на рис. 1, ж показана микроструктура покрытия сплава 1М с подслоем из меди, а на рис. 2, в и г - микроструктура покрытия сплава 1М и 90%ВК6 + 10%1М с подслоем из индия. Результаты металлографических исследований этих покрытий сведены в табл. 1.

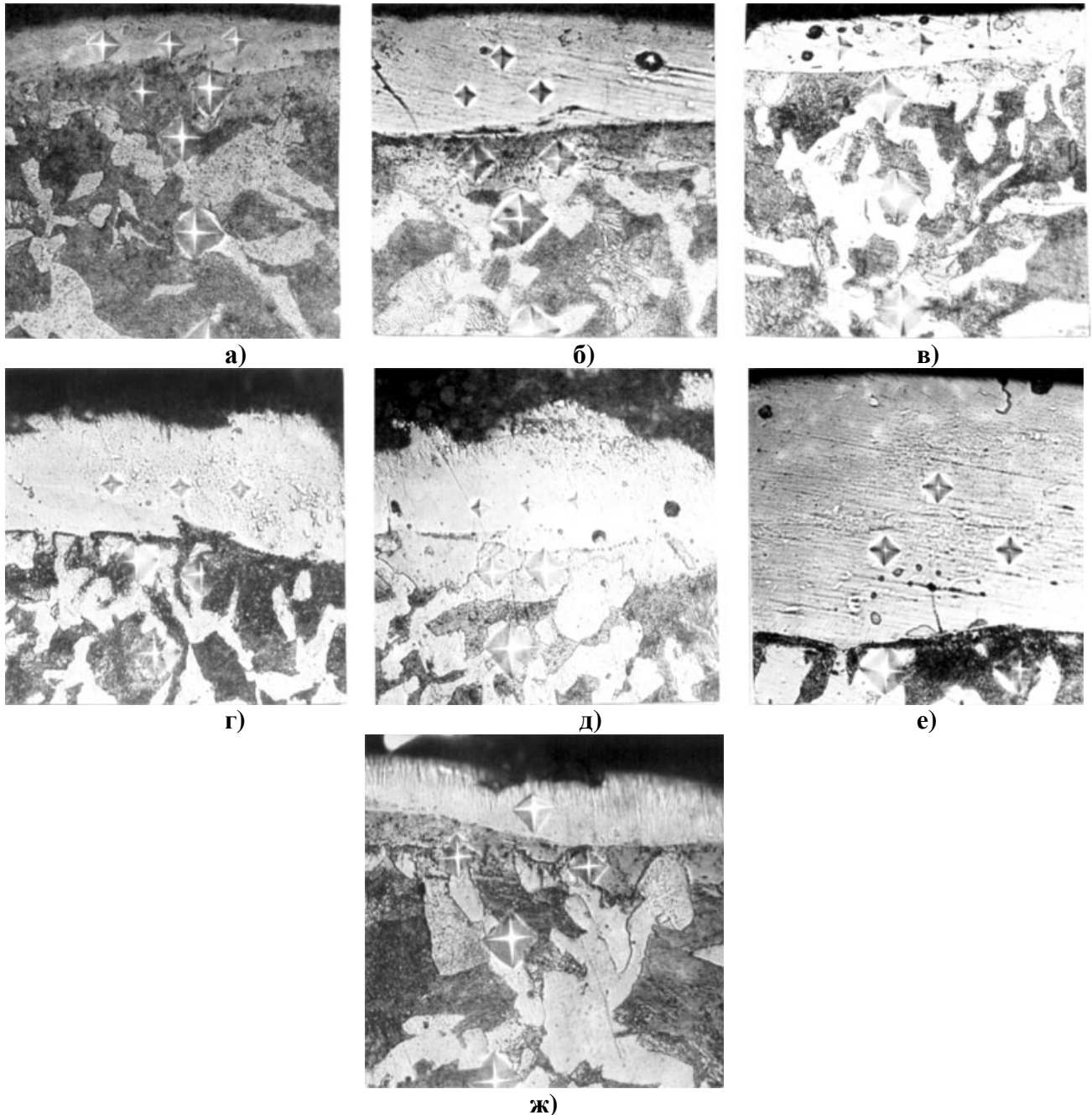


Рисунок 1 - Микроструктура поверхностного слоя стали 45 с композиционными покрытиями состава: а - 50% 1М + 50% ВК6; б - 40% 1М + 60% ВК6; в - 30% 1М + 70% ВК6; г - 20% 1М + 80% ВК6; д - 10% 1М + 90% ВК6; е - 100% 1М; ж - Cu + 100% 1М; х 400.

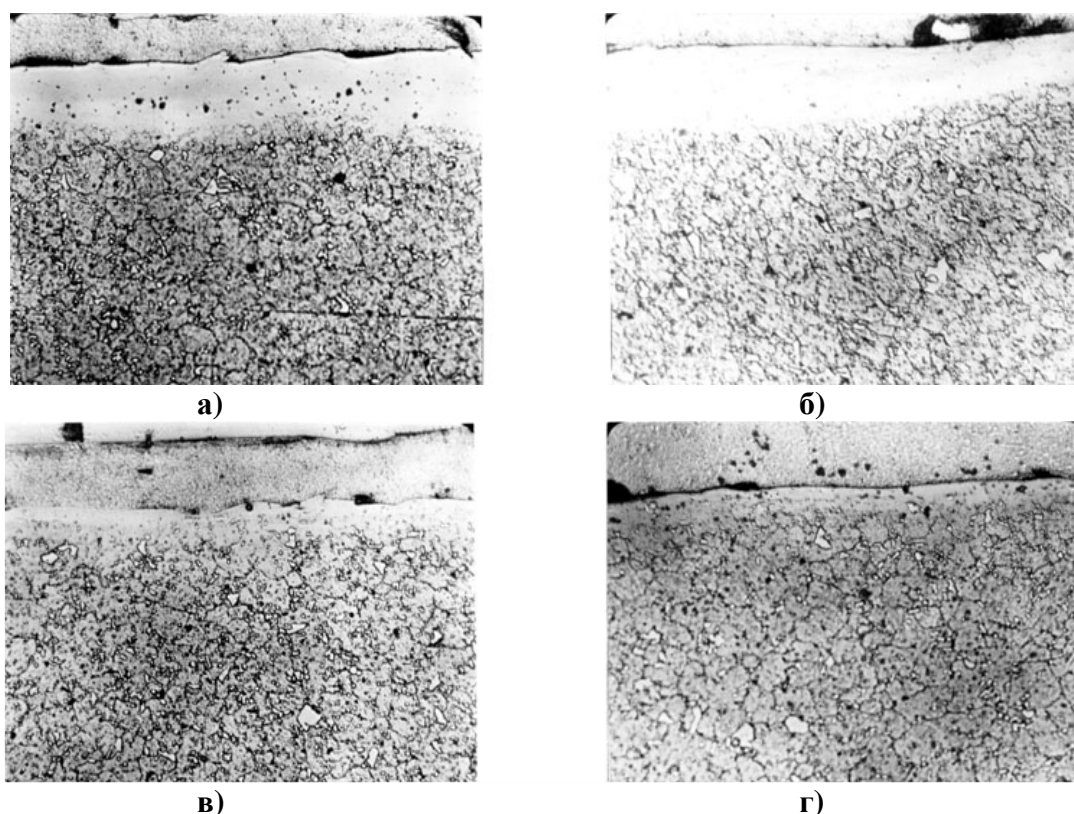


Рисунок 2 - Микроструктура поверхностного слоя стали Р6М5 с композиционными покрытиями состава: а - 100% 1М; б - 10% 1М + 90% ВК6; в - In + 100% 1М; г - In + 10% 1М + 90% ВК6; х 400.

Таблица 1 - Результаты металлографических исследований образцов из стали 45 и Р6М5 с композиционными электроэрозионными покрытиями

Материал образца	Материал покрытия	Толщина слоя, мкм	Микротвердость, Н _μ , МПа	Сплошность, %
Сталь 45	50%ВК6 + 50% 1М	5...50	8900	75
То же	60%ВК6 + 40% 1М	5...45	11500	70
То же	70%ВК6 + 30% 1М	10...25	12300	70
То же	80%ВК6 + 20% 1М	до 40	13250	75
То же	90%ВК6 + 10% 1М	до 40	14200	80
То же	100% 1М	40...75	8350	60
То же	С _и + 100% 1М	до 40	6030	80
Р6М5	100% 1М	50...75	11500	90
То же	50%ВК6 + 50% 1М	40...50	12000	70
То же	60%ВК6 + 40% 1М	30...40	12500	75
То же	70%ВК6 + 30% 1М	25...35	13000	80
То же	80%ВК6 + 20% 1М	25...35	13500	80
То же	90%ВК6 + 10% 1М	20...30	14200	85
То же	In + 100% 1М	10...15	12250	90
То же	In + 90%ВК6 + 10% 1М	15...20	13250	90

В результате анализа табл. 1 установлено, что наиболее предпочтительным является применение электродов из материала состава 90%ВК6 + 10% 1М, позволяющих формировать поверхностный слой с микротвердостью до 14000 МПа и более. Подслой из индия, снижая шероховатость покрытия (с Ra = 3,5...4,2 мкм до Ra = 0,6... 0,9 мкм), незначительно снижает его микротвердость, но при этом она остается на

достаточно высоком уровне (13250 МПа). Следует отметить, что ЭЭЛ электродами, изготовленными из сплава 1М, позволяет формировать относительно толстые покрытия (до 75 мкм) с микротвердостью до 8350 МПа (см. рис. 1, е)

Результаты износа образцов в пескоструйных камерах, работающих от воздушной магистрали с давлением 600 кН/м², как упрочненных, так и неупрочненных занесены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты сравнительных испытаний на эрозионный износ образцов из стали 30ХГСА

Материал покрытия	Потеря веса, г	Время испытания, ч	Угол атаки, градус
Без покрытия	51	1	45
Без покрытия	38	1	90
ВК6	29	1	45
ВК6	21	1	90
T15K6	23	1	45
T15K6	17	1	90
1М	27	1	45
1М	20	1	90
90%ВК6 + 10%1М	16	1	45
90%ВК6 + 10%1М	11	1	90

С целью определения наиболее предпочтительного материала покрытия металлорежущего инструмента в СМНПО им. М.В. Фрунзе (г. Сумы) испытывались концевые фрезы Ø 36 мм из стали Р6М5 при фрезеровании пазов в детали диска на станке с ЧПУ мод. 654Ф3. Фрезы упрочнялись методом ЭЭЛ на установке «УИЛВ-8» при токе короткого замыкания $J_{к.з} = 2,0...2,2$ А, напряжении холостого хода $U_{х.х} = 68,7$ В, емкости накопительного конденсатора $C = 300$ мкФ. Результаты испытаний занесены в табл. 3.

Таблица 3- Результаты сравнительных производственных испытаний стойкости концевых фрез при обработке стали 09ХА15Н8Ю

Материал электрода	Количество изготовленных деталей	Коэффициент увеличения стойкости
-	1,0	1,0
-	1,0	1,0
-	1,0	1,0
70% ВК6 + 30% 1М	3,0	3,0
70% ВК6 + 30% 1М	3,1	3,1
70% ВК6 + 30% 1М	3,2	3,2
80% ВК6 + 20% 1М	3,5	3,5
80% ВК6 + 20% 1М	3,5	3,5
80% ВК6 + 20% 1М	3,6	3,6
90% ВК6 + 10% 1М	4,0	4,0
90% ВК6 + 10% 1М	4,2	4,2
90% ВК6 + 10% 1М	4,1	4,1
ВК6	1,7	1,7
ВК6	1,9	1,9
ВК6	2,0	2,0

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Применение новых материалов электродов состава 90%ВК6 + 10% 1М, полученных способом порошковой металлургии, позволяет формировать методом ЭЭЛ поверхностный слой с микротвердостью до 14000 МПа. Подслой из индия, снижая шероховатость покрытия с Ra = 3,5...4,2 мкм до Ra = 0,6... 0,9 мкм, незначительно снижает его микротвердость, но при этом она остается на достаточно высоком уровне - 13250 МПа.

2. Стойкость против эрозионного износа образцов из стали 30ХГСА с ЭЭЛ покрытием 90%ВК6 + 10%1М в 3,5 раза выше, чем без покрытия в состоянии термообработки и, соответственно, в 1,9; 1,5 и 1,7 раз выше, чем у образцов, упрочненных твердым сплавом ВК6, Т15К6 и 1М. Износостойкость образцов, расположенных под углом 90⁰, выше, чем у образцов, расположенных под углом 45⁰.

3. Применение электродов, состава 90% ВК6 + 10% 1М, при нанесении методом ЭЭЛ на режущий инструмент, позволяют значительно (до 4,2 раза) увеличить его стойкость, по сравнению с неупрочненным, что влечет за собой повышение производительности труда и экономию дорогостоящих материалов.

Список литературы

1. Л.А. Иванов, Г.П. Пархоменко. Спеченное покрытие для деталей, работающих в условиях эрозионного износа // Порошковая металлургия.- Киев.- 1974.- № 2.- С. 90 - 94.

2. Радзиевский В.Н., Гарцунов Ю.Ф., Ткаченко Г.Г. Плакирование стальных деталей с применением высокотемпературной пайки по широкому зазору с наполнителем // Автоматическая сварка.- 1997.- № 3.- С. 48-50.

3. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревутский В.М. – Кишинев: Штинца, 1985. – 196 с.

4. Триботехнологія деталей машин: навчальний посібник / Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Марцинковський В.С., Антошевський Богдан.- Суми: Видавництво «МакДен», 2010.- 264 с.

5. Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами: навчальний посібник / [Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Марцинковський В.С., та ін.]; за ред. проф. В.Б. Тарельника.- Суми: Університетська книга, 2011.- 189 с.

Анотація

НОВІ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ АБРАЗИВНОГО ЗНОСУ ДЕТАЛЕЙ І МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Тарельник В. Б., Яременко В. П., Никаноров С. Г.

Запропонований новий електродний матеріал для електроерозійного легування деталей і металорізальних інструментів з метою захисту їх від абразивного зносу.

Abstract

NEW ELECTRO-EROSION COVERAGES ARE FOR THE DECLINE OF THE ABRASIVE TEARING DOWN OF DETAILS AND METAL- CUTTING INSTRUMENTS

V. Tarelnik, V. Yaremenko, S. Nikonorov

New electrode material is offered for the electro-erosion alloying of details and metal-cutting instruments with the purpose of defence of them from the abrasive tearing down.

УДК 631.316

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОШУВАННЯ ОДНОРІДНОГО КРИВОЛІНІЙНОГО ЛЕЗА

Козаченко О.В., д.т.н., Шкрегаль О.М., к.т.н., Вотченко О.С., інж.,
Зиков В.В., магістр

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

*Наведено результати експериментальних досліджень впливу форми леза
лапи на процес зношування за напрацюванням*

Постановка проблеми. В процесі роботи більшість елементів сільськогосподарських машин, в тому числі і робочі органи культиваторів, не виробляють заданого ресурсу через інтенсивне зношування робочих поверхонь в абразивному середовищі. Діючі вимоги до робочих органів культиваторів за довговічністю, при їх розгляді як елементів трибосистеми, спонукають до більш глибокого вивчення процесів і явищ, що виникають при контактній взаємодії та терті робочих поверхонь з ґрунтом. Таким чином, дослідження