

## of exhaust motor oils

Worked out setting, block-module type and technology of regeneration of exhaust oils. The new type of hydrodynamic emitter harmless for an auxiliary personnel is used in setting. Also for the improvement of quality of cleaning of oil from mechanical admixtures on a centrifugal centrifuge a stream pump that provides the increase of frequency of rotation of rotor of centrifuge (what more frequency of rotation, cleaning passes so much the better) is used. For lighting up of oil (microstrainings) membrane микрофилтры are used, that does not need replacement, and by means of compressor it is possible to conduct their cleaning.

**Keywords:** exhaust oils, regeneration, theoretical researches, mechanical admixtures, besieging, centrifugation, microstraining, dispersgating ( activation ) of additives, hydrodynamic emitters.

Дата надходження до редакції: 02.07.2017

Рецензент: д.т.н., проф. Ревенко І.І.

УДК 34.65.6П4.5

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

**С. М. Герук**, к.т.н., доцент, ст. наук. співр., член-кор. Інженерної академії України

ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

**П. П. Федірко**, к.т.н., доц.

Подільський державний аграрно-технічний університет

Приведені результати дослідження нанесення твердосплавного покриття методом електроіскрового легування (ЕІЛ) на робочі поверхні інструменту з визначенням оптимальних технологічних режимів процесу. Дослідженнями встановлено, що технологія покриття робочої поверхні опорних ножів з інструментальних сталей методом ЕІЛ дозволяє збільшити їх стійкість більш ніж у 2 рази.

**Ключові слова:** електроіскрове легування, металорізальний інструмент, інструментальні сталі, твердий сплав.

### Постановка проблеми

Відповідно до програми співпраці з підприємством машинобудування проведені дослідження можливості використання технології електроіскрового легування функціональних поверхонь засобів інструментального оснащення виробництва.

Суть методу електроіскрової обробки ґрунтується на переважному руйнуванні матеріалу аноду в іскровому розряді і перенесенні матеріалу аноду на поверхню катода. Основні переваги технології полягають у можливості переносу на оброблювальну поверхню будь-яких струмопровідних матеріалів, у тому числі тугоплавких металів і сплавів, а також у високій адгезії зміцненого шару з основним матеріалом. Метод ЕІЛ дозволяє проводити локальне нанесення покриття без деформації основи, підвищити стійкість інструменту при абразивному спрацюванні, сухому терті, при впливі високих температур і механічних навантажень, зменшити коефіцієнт тертя.

В основному процес ЕІЛ здійснюється за схемою RC-генератора залежних імпульсів (рис. 1).

Комутація міжелектродного зазору здійснюється за рахунок вібрації аноду, частота коливань якого задається дискретними значеннями 100 і 200 Гц.

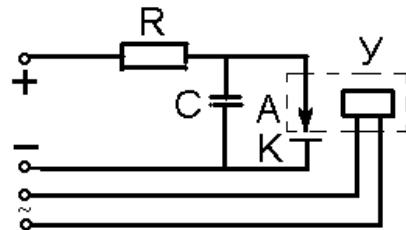


Рис. 1. Принципова схема установки ЕІЛ з генератором залежних імпульсів і вібратором (У) за схемою RC

### Аналіз останніх досліджень

Технологія ЕІЛ поверхонь інструментальної оснастки достатньо досліджена в роботах [1, 2, 3, 4]. Основні наукові дослідження належать науковцям Інституту проблем матеріалознавства АН України, Інституту прикладної фізики АН Молдови та ряду зарубіжних наукових шкіл. Кількість способів поверхневого зміцнення весь час збільшується, що певним чином ускладнює роботу технологів і конструкторів.

Різноманітність деталей і конструкційних матеріалів, складу покриттів і засобів їх нанесення, а також вимог до експлуатації обумовлює проведення дослідних пошуків оптимальних рішень для проєктованих систем тертя.

Найрозповсюдженим способом зміцнення по верхнього шару деталей натепер є хіміко-термічна обробка (ХТО), яка дозволяє змінювати хімічний і фазовий склад поверхневого шару та градієнт властивостей деталей у напрямку від поверхні до серцевини. Це досягається за раху-

нок дифузійного насичення поверхневого шару яким-небудь елементом, що знаходиться в атомарному стані і здатний розчинятися в металі оброблюваної деталі. Хіміко-термічна обробка забезпечує підвищення зносостійкості деталей через збільшення твердості поверхневого шару.

Але методи ХТО мають ряд недоліків, що стримують їх широке поширення, а саме:

- методи ХТО потребують дуже високих температур і тривалої обробки;
- майже всі види дифузійного насичення потребують подальшої фінішної обробки;
- умовою якісного зміцненого шару є потреба в ретельній підготовці поверхні;
- усі методи ХТО призводять до забруднення великої кількості води;
- методи ХТО потребують енергетичних та матеріальних витрат у 80–100 разів більше, ніж електроіскрове легування (ЕІЛ).

Одним із прогресивних методів поверхневого зміцнення деталей і особливо відновлення їх первісних розмірів – це газотермічне напилювання (плазмове, детонаційне і газоплазмове).

Невелике нагрівання і незначна деформація основи в процесі нанесення газотермічних покриттів, можливість нанесення їх тільки на задані ділянки деталі визначають високу технологічність цього методу напилювання для підвищення зносостійкості. Технологія плазмового напилення дозволяє наносити покриття майже з усіх відомих тугоплавких матеріалів.

Ефективним методом поверхневого зміцнення деталей, виготовлених звичайних конструкційних матеріалів є ЕІЛ, яке дозволяє одержувати покриття, міцно зчеплене з матеріалом основи з високими експлуатаційними характеристиками.

Процес ЕІЛ заснований на переважному руйнуванні (ерозії) матеріалу анода при іскровому розряді.

Основні закономірності та явища, що визначають процеси ЕІЛ, залежать від матеріалу легувального електрода й режимів обробки. Поверхневий шар деталі зміцнюється не тільки за рахунок осадження матеріалу анода, але й у результаті взаємодії цього матеріалу з основою й ширення, але він дуже перспективний для наноутворення твердих розчинів, хімічних з'єднань, оксидів, нітридів.

ЕІЛ дозволяє: значно підвищити зносостійкість і твердість металічних поверхонь деталей машин і технологічної оснастки з метою збільшення їх довговічності і заміни спеціальних сталей менш дефіцитними. Існує декілька моделей процесу електроіскрового переносу одних матеріалів на інші, що пояснюють окремі експериментальні факти. Основною метою даної роботи є отримання зносостійких покриттів на основі інструментальних сталей за допомогою електроіскрового легування. Матеріалом електроду

покриття був вибраний твердий сплав ВК6 з міркувань задовільних технологічних властивостей при застосуванні в ЕІЛ, відносно невисокої вартості і доступності. Нанесення покриття було здійснено на установці "Елітрон-10" з ручним вібратором. Проте в багатьох працях відмічається неузгодженість і навіть протиріччя результатів, отриманих при випробуваннях зміцнених поверхонь, або недостатня кореляція отриманих закономірностей та показників поверхонь з технологічними режимами процесу. Протиріччя результатів пояснюються в основному складністю вибору оптимальних режимів легування, технологічними особливостями умов виготовлення і експлуатації інструментальної оснастки.

#### **Завдання досліджень**

Враховуючи неоднозначність результатів наукових пошуків і технологічних рекомендацій в перерахованих роботах, були визначені основні напрямки проведення дослідження технології ЕІЛ стосовно конкретних позицій інструментального виробництва з урахуванням специфіки їх виготовлення і експлуатації. Основну увагу звертали на підвищення зносостійкості опорних ножів при безцентровому шліфуванні циліндричних деталей. Це можна пояснити проблемами технічної і фінансової складності переточки фасонних поверхонь, а також технічними можливостями установки ЕІЛ, яка використовувалась при дослідженні.

На підприємстві обробка точних циліндричних поверхонь малих діаметрів виконується за достатньо відомою схемою без центрального шліфування на верстаті швейцарської фірми "Кавітон".

Верстат у момент поставки був укомплектований опорними ножами що виготовлені з пресованого твердого сплаву, який має наближені фізикомеханічні властивості до вітчизняного твердого сплаву ВК6М. Проте за тривалий термін експлуатації опорні ножі вичерпали свій ресурс використання. Взамін їх інструментальна дільниця виготовляє опорні ножі з інструментальних сталей У7, У10, ХВГ, Х12М, загартованих до твердості HRC 62...65, експлуатаційна стійкість яких значно нижча, ніж ножів, виготовлених з твердих сплавів. Застосування у виробництві швидкорізальної сталі Р6М5 обмежене вартістю матеріалу і технологією її обробки, хоча використання її, можливо, більш ефективно з точки зору експлуатаційної стійкості інструменту.

Методологічне планування дослідження складається у наступних етапах:

1. Нанесення методом ЕІЛ твердосплавного покриття ВК6 на основу зразків з інструментальних сталей на різних технологічних режимах процесу легування з дослідженням порівняльних технологічних показників процесу.

2. Дослідження фізико-механічних і геометричних показників поверхні, залежності їх від

технологічних режимів ЕІЛ.

3. Визначення оптимальних технологічних режимів нанесення покриття методом ЕІЛ.

4. Визначення порівняльних експлуатаційних характеристик функціональних поверхонь.

#### Результати досліджень

Матеріалом електроду покриття був вибраний твердий сплав ВК6 з міркувань задовільних технологічних властивостей при застосуванні в ЕІЛ, відносно невисокої вартості і доступності. Нанесення покриття було здійснено на установці "Елітрон-10" з ручним вібратором. Характеристики покриття зведені в табл. 1.

Таблиця 1. Технологічні показники процесу ЕІЛ

№ досліду	Технологічні режими		Товщина покриття сплавом ВК-6, h, мкм. на опорному ножі з матеріалу:			
	Сила струму, А	Частота f, Гц	сталь У7	сталь У10	ХВГ	Х12М
1	0,6	100	15-25	20	15-25	15-25
2	0,8	100	30	35	35	25-40
3	1,0	100	35	40	40	35-45
4	1,4	100	45	30	45	35-60
5	1,6	100	50	55	50	40-65
6	0,6	200	25	20	20	35-55
7	0,8	200	35	30	40	35-55
8	1,0	200	65	65	65	35-55
9	1,4	200	80	85	80	40-60
10	1,6	200	95	105	105	45-70
11	1,8	200	100	100	110	45-65

При низьких значеннях сили струму 0,6–0,8А (1–3 режими установки) спостерігалось прилипання електродів до поверхні зразка, що пояснюється недостатньою тепловою енергією імпульсу.

Значення товщини нанесеного шару, її зміна, структури під шарового матеріалу досліджувались за методикою косоного зрізу. Зразки зрізались під кутом 2°30' на електроерозійному вирізному верстаті і досліджувались на мікроскопі МІІІ-7. Згідно дослідження [3] висота зміцненого шару поверхні складається із зони перегрітого "білого" шару та зони термічного впливу. Поверхнева зона "білого" шару характеризується геометричним "піками" нерівності поверхні та підвищеною крихкістю і складає приблизно 5–8 % товщини нанесеного шару. Структура перегрітого шару схильна до крихкого руйнування при незначних контактних навантаженнях, тому його товщину не слід оцінювати як робочу. Із збільшенням сили струму спостерігається ріст товщини покриття. Це пояснюється тим, що збільшується перенос матеріалу аноду на

поверхню деталі. Проте при максимальних величинах струму збільшується крапельність перенесеного матеріалу і зменшується адгезія покриття. Крім того, спостерігається ріст частки "перегрітих піків" у загальній товщині шару покриття.

Специфіка використання опорних ножів в основному та інструментальному виробництві пов'язана з необхідністю обробки циліндричних поверхонь різних діаметрів і довжини та різноманітних конструкційних металів.

Тому для оцінки стійкості був прийнятий критерій відношення загального об'єму знятого оброблювального металу заготовок до лінійної величини спрацювання робочої частини опорного ножа по висоті.

Дослідженнями [3] підтверджується ефект залишкової підвищеної стійкості робочої поверхні опорного ножа після повного спрацювання нанесеного шару зміцнювального покриття.

Специфіка використання опорних ножів в основному та інструментальному виробництві пов'язана з необхідністю обробки циліндричних поверхонь різних діаметрів і довжини та різноманітних конструкційних металів.

Тому для оцінки стійкості був прийнятий критерій відношення загального об'єму знятого оброблювального металу заготовок до лінійної величини спрацювання робочої частини опорного ножа по висоті.

Дослідженнями [3] підтверджується ефект залишкової підвищеної стійкості робочої поверхні опорного ножа після повного спрацювання нанесеного шару зміцнювального покриття.

Таблиця 2. Порівняльні показники стійкості опорних ножів \*

Матеріал оброблювальної заготовки	Експлуатаційні коефіцієнти для металу опорного ножа							
	У7		У10		ХВГ		Х12М	
	K <sub>0</sub>	K <sub>ЕІЛ</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>ЕІЛ</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>ЕІЛ</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>ЕІЛ</sub>
Сталь 45	1	1,45	1	1,4	1	1,52	1	1,9
Сталь 40Х13	1	1,6	1	1,55	1	2,07...	1	2,13

\* Примітка:

$K = V/H$  – прийнятий в роботі критерій стійкості опорної поверхні, що характеризується відношенням знятого об'єму припуску до висоти спрацювання інструменту;

$K_0$  – критерій стійкості опорного ножа без зміцненого шару;

$K_{ЕІЛ}$  – критерій стійкості опорного ножа з покриттям ЕІЛ.

#### Висновки

1. Результати досліджень свідчать, що технологія покриття робочої поверхні опорних ножів з інструментальних сталей методом ЕІЛ дозволяє збільшити їх стійкість більш ніж у 2 рази.

#### Список використаної літератури:

1. Завойко О.С. Теоретичні основи електротехнології зміцнення металів./ О.С. Завойко. – Чернівці: Рута, 2003. – С. 8-24.

2. Сизоненко О.Н. Влияние высоковольтного электрического разряда на поверхностные явления в дисперсных системах // Международная конференция "Современное материаловедение: достижения и проблемы", Украина, Киев, 26-30 сентября 2005. – Киев: Академперіодика, 2005. – С. 336.

3. Источники питания для электроискрового легирования / Институт прикладной физики. – Кишинев: Штиинца, 1978. – С. 64.

4. Сливков И.Н. Процессы при высоком напряжении в вакууме / И.Н. Сливков. – М.: Энергоиздат, 1986. – С. 68-74.

5. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Под ред. Ю.Н. Петрова. – Кишинев: Штиинца, 1985. – С. 196.

***Герук С.Н., Федірко П.П. Результати експериментальних досліджень електроискрового легування робочих поверхностей технологічної оснастки***

*Приведены результаты исследования нанесения твердосплавного покрытия методом электроискрового легирования (ЭИЛ) на рабочие поверхности инструмента с определением оптимальных технологических режимов процесса. Исследованиями установлено, что технология покрытия рабочей поверхности опорных ножей из инструментальных сталей методом ЭИЛ позволяет увеличить их стойкость более чем в 2 раза.*

**Ключевые слова:** электроискровое легирование, металлорежущий инструмент, инструментальные стали, твердый сплав.

***Geruk S., Fedirko P. Results of experimental researches of electrically legigations of working surfaces of technological survey***

*The results of the study of the application of hard alloy coating by the method of electrospark alloy (EIL) on the working surfaces of the tool with the determination of optimal technological modes of the process are given. The researches have established that the technology of coating the working surface of the support knives from tool steels by the EIL method allows them to increase their durability by more than 2 times.*

**Keywords:** Electrospray Doping, Metal Cutting Tool, Tool Steel, Solid Alloy.

Дата надходження до редакції: 15.09.2017

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.