

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу
Національний університет
“Львівська політехніка”

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ (Електронна версія)

XIV Міжнародної науково-технічної конференції

Прогресивні технології в машинобудуванні



XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
ADVANCED TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING

9-13 лютого 2026 р.
Івано-Франківськ — Яремче

ATME2026 ATME2026 ATME2026 ATME2026 ATME2026
ATME2026 ATME2026 ATME2026 ATME2026 ATME2026
ATME2026 ATME2026 ATME2026 ATME2026 ATME2026

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ НА ПОВЕРХНЮ ДЕТАЛЕЙ ДИСУЛЬФІДУ МОЛІБДЕНУ

Тарельник Н.В., д.т.н., доцент, Постолатій В.В., аспірант

Сумський національний аграрний університет

Актуальною проблемою в машинобудуванні є підвищення зносостійкості деталей пар тертя, що працюють в умовах сухого тертя, тобто без використання мастильних матеріалів. Як правило, мастило не використовують в парах тертя обладнання, що працює в харчовій та текстильній промисловості, а також в умовах підвищених температур. В цих випадках використовують тверді мастильні матеріали: дисульфід молібдену, графіт, нітрид бору, м'які метали (свинець, олово) тощо. Серед твердих мастильних матеріалів найбільшою популярністю користується дисульфід молібдену (MoS_2), який існує переважно в вигляді порошку і наноситься на поверхню тертя натиранням.

Недоліком цього способу є те що таке покриття (порошком MoS_2) існує не довгий період часу і існуюча проблема не усувається.

Таким чином, роботи направлені на удосконалення технології нанесення дисульфиду молібдену на деталі пар тертя залишається актуальною.

Основними методами управління якістю поверхневого шару, що застосовуються для деталей машин, є: поверхневе пластичне деформування, хіміко-термічне оброблення, поверхневе термічне оброблення гартуванням, наплавлення, напилення, оброблення концентрованими потоками енергії, серед яких найбільшої уваги заслуговує технологія електроіскрового легування (ЕІЛ). Метод ЕІЛ позитивно відрізняється від інших тим, що при його використанні відбувається міцне зчеплення нанесеного матеріалу з основою, процес можна виконувати в окремих (локальних) місцях, не захищаючи сусідні поверхні, технологія мало енергозатратна, екологічно безпечна тощо.

Метою роботи є удосконалення технології нанесення дисульфиду молібдену на поверхні деталей пар тертя методом ЕІЛ.

Для порівняння при дослідженні на зносостійкість нержавіючої сталі 12Х18Н10Т при обкочуванні сталюї кульки по поверхні зразка використовували зразки: 1 серія - без обробки; 2 серія - після ЕІЛ молібденовим електродом; 3 серія - нанесення на поверхню порошку дисульфиду молібдену і легування молібденовим електродом.

Слід відмітити, що попередньо нанесений порошок дисульфиду молібдену значно покращує процес ЕІЛ (відсутні залипання і зчеплення електроду з поверхнею зразка) в результаті значно знижується шорсткість сформованого шару [1].

Необхідно відмітити, що зі збільшенням енергії розряду в поверхневому шарі збільшується кількість і змінюється форма пор. Вони розподіляються рівномірно і мають округлу форму.

Для ущільнюючих, припрацювальних та самозмащувальних покриттів, завдяки пористості, покриття добре утримують на поверхні мастило, тому можуть працювати в умовах недостатнього мастильного забезпечення. Крім

того, дисульфід молібдену є гарним твердим мастилом і отримані покриття можна віднести до самозмащувальних з низькою швидкістю зносу.

Металографічний аналіз покриттів, отриманих за технологією ЕІЛ Мо-електродом з попереднім нанесенням порошку дисульфиду молібдену на поверхню сталі 12Х18Н10Т показав, що на поверхні фіксується темний шар з порошку дисульфиду молібдену та молібдену. Нижче розташовується зміцнений шар. Його товщина 30 і 60 мкм, твердість по Віккерсу (HV) 534 і 1127, відповідно, після ЕІЛ з енергією розряду $W_p = 0,55$ і 3,4 Дж.

Крім того, за результатами рентгено-спектрального аналізу зміцнений шар насичений молібденом, кількість якого поступово зменшується від поверхні до основи.

Характер зміни сили тертя покриттів, отриманих при ковзанні сталюї кульки по поверхні зразка з нанесеним порошком дисульфиду молібдену і оброблених методом ЕІЛ молібденовим електродом свідчить про стабільний процес зношування. Коефіцієнти тертя відповідно при навантаженні, $P = 20$ Н і $P = 40$ Н відповідають значенням $\mu_{cp} = 0,0630$ і $\mu_{cp} = 0,0510$ (таблиця 1).

Таблиця 1 – Трибологічні властивості досліджуваних покриттів

Серія зразків	Навантаження, Р, Н	Максимальна сила тертя, F_{max} , Н	Середнє значення сили тертя, F_{av} , Н	Середній коефіцієнт тертя, μ_{cp}
Мо	20	16,79	12,938	$0,6469 \pm 0,0257$
	40	23,06	19,97	$0,4999 \pm 0,0074$
Мо + дисульфід молібдену	20	1,83	1,20	$0,0630 \pm 0,0001$
	40	2,51	2,0	$0,0510 \pm 0,0031$

Ці покриття сприяють значному (до 10 раз) зменшенню сили тертя і коефіцієнту тертя і, як наслідок, зменшенню інтенсивності зношування порівняно з молібденовими покриттями.

Таким чином, вперше в якості спеціального насиченого середовища при формуванні зносостійких покриттів методом ЕІЛ запропоновано використовувати порошок дисульфиду молібдену, наявність якого в поверхневому шарі є корисним для деталей пар тертя, що працюють в умовах відсутності мастила.

Література:

1. Спосіб усунення зчеплення електродів при електроіскровому легуванні сталевих деталей обладнання, яке підлягає радіаційному опромінюванню : пат. 155134 України на корисну модель, МПК (2024.01) B23P 6/00 / Н. В. Тарельник. № u202304455(22); заявл. 21.09.2023 ; опубл. 17.01.2024, Бюл. № 3.

Генеральний спонсор конференції



Компанія Прогрестех-Україна розробляє інженерні та ІТ рішення для підприємств високотехнологічного сектору економіки. Має у своєму штаті більш як 1000 інженерів і програмістів та є найбільшим у Центральній і Східній Європі постачальником послуг для корпорації Boeing.

Компанія спільно із провідними університетами втілює комплекс освітніх проєктів і програм дуального навчання для фахової підготовки кваліфікованих інженерів та їхнього працевлаштування в Україні.

Спонсори конференції



ТОВ «ІВЦ «Європрилад» пропонує широкий асортимент продукції для систем опалення, водо-, газопостачання та каналізації.

Підприємство займається розробкою і впровадженням систем комплексної автоматизації та диспетчеризації котелень, насосних станцій, систем обліку енергоносіїв, кліматично-вентиляційних установок, і технологічних процесів в різних галузях промисловості та в побуті.



MOTORIMPEX

Рішення в гідравліці будь-якого рівня складності — це Група компаній "Моторімпекс"

Наша спеціалізація — це проектування та виробництво гідравлічних, змащувальних та пневматичних систем. Багаторічний досвід, широка лінійка продукції та повний цикл виробництва дозволяє комплексно закривати будь-які потреби у сфері силової гідравліки.

У своїй роботі ми використовуємо комплектуючі від кращих європейських виробників, якість та надійність яких перевірена часом.

До нас звертаються, коли необхідно:

- створити гідросистему під індивідуальні характеристики;
- модернізувати існуючу гідравлічну систему, включаючи підбір комплектуючих;
- інжиніринг інновацій, унікальних та експериментальних проектів з використанням гідравліки, за рахунок яких запроваджуються нові технології та процеси.

Завдяки чіткій взаємодії між Торгівельною компанією, Конструкторським бюро та Виробничими підприємствами - ми розробляємо потрібне рішення та втілюємо його в життя.

Для максимальної якості продукції та оптимізації технологічних процесів, ми використовуємо сучасне виробниче обладнання постійно збільшуючи його кількість. На сьогоднішній день ми використовуємо близько десятка різноманітних станків торгової марки HAAS.

Ще одне досягнення, яке ми реалізували за рахунок збільшення виробничих площ - це запуск власної лінії хімічної оксидації монтажних плит — що надає більше можливостей для контролю якості та пришвидшує терміни виробництва гідравлічних блоків, які ми пропонуємо.

Останні три роки — це активний пошук нових можливостей. Ми вдосконалювали асортимент, розширювали мережу постачальників і, як результат, подвоїли площу складів. Тепер у нас ще більше рішень для ще більшої кількості задач.

Ставка на експорт додала швидкості. Команда виросла з 90 до 150 людей. Ми суттєво посилили наш виробничий напрям, регулярно реалізовуючи проекти для іноземних замовників, враховуючи специфіку місцевих технічних вимог та умов експлуатації устаткування. Нашими рішеннями користуються у Польщі, Молдові, Великобританії та ОАЕ. Ми теж втратили частину внутрішнього ринку, але замість того, щоб скорочуватись, вирішили шукати нові можливості — і пішли на зовнішній ринок з продуктами нашого власного виробництва більш активно. Маючи міцні зв'язки з європейськими постачальниками, ми почали формувати експортну стратегію. Великий поштовх ми отримали завдяки участі у міжнародних виставках разом із Федерацією роботодавців України — спочатку як відвідувачі, потім як співучасники національного стенду (Hannover Messe 2024, EIMA 2024). А в 2025 році — вже як повноцінні учасники Hannover Messe зі своїм власним стендом (1 з 3 українських компаній)

Не забуваємо і про науку. Саме тому з незапам'ятних часів наші інженери проходять навчання в компаніях-виробниках гідравлічних компонентів, таких як наприклад Hydac, Atos та Ponar. Відстежуючи та впроваджуючи інноваційні рішення наших західних партнерів для втілення їх в наших проєктах, восени 8 наших інженерів відвідали чеський навчальний центр виробника гідромоторів Poclain Hydraulic. Також ми любимо і самі дослідити новинки та випробувати цікаві рішення колег. Наприклад, взимку ми придбали для тестування діагностичний прилад LPA3 розробки і виробництва MP Filtri, який, як ми впевнились — знає все про стан вашої гідравлічної рідини!

В нашій Академії гідравліки та пневматики все частіше стали проходити професійні семінари. За 20 років роботи ми накопичили унікальний досвід у співпраці з підприємствами різних галузей промисловості, тому створили Motorimpex Academy — для навчання наших клієнтів та партнерів, які прагнуть підвищити кваліфікацію свого персоналу та ефективно працювати з гідравлічним і пневматичним обладнанням. Ми аналізуємо рівень підготовки учасників і створюємо навчальні програми, які відповідають індивідуальним потребам.

За понад 20 років роботи ми накопичили унікальний практичний досвід співпраці з виробництвами з різних галузей. І сьогодні ми передаємо ці знання нашим клієнтам і партнерам — через офлайн- і онлайн-семінари, адаптовані під рівень і потреби кожної конкретної команди.

У 2023–2024 роках ми провели близько **сотні тренінгів**. І Академія впевнено стала *центром знань* — місцем, де технічні рішення стають зрозумілими, а робота з обладнанням — ефективнішою.

Ми прагнемо ділитися досвідом та сприяти розвитку галузі в цілому.

Окрім цього, ми самостійно тестуємо нові розробки. Наприклад, взимку ми придбали й випробували діагностичний прилад **LPA3** від *MP Filtri*. І тепер можемо точно сказати: цей прилад знає про стан вашої гідравлічної рідини більше, ніж ви самі.

Сьогодні ми і далі динамічно зростаємо (+25% до оборту), вкладаємо у розвиток обладнання та навчання персоналу (інвестиції 2024го року склали близько 500 тис. дол), гідно представляємо країну на міжнародному ринку та розвиваємо промисловості в усьому світі за рахунок експертизи у своїй справі.

У грудні оновили сертифікат ISO 9001:2015. У січні ми потрапили до **списку Next250** — переліку найперспективніших українських компаній із річним виторгом від 10 млн до 1 млрд грн. і офіційно перейшли в нову податкову категорію — наш обіг перевищив 1 мільярд гривень. Для нас це сигнал, що ми рухаємось у правильному напрямку.

У лютому розпочали ребрендинг. Один із перших результатів — оновлений логотип, який ви бачите прямо на цій листівці. А щодо нового слогану... Ми ще дискутуємо. Бо хочемо, щоб він був справжнім.

А ще ми занурилися у соціальні мережі. Запустили повноцінний СММ і тепер ділимося більше, ніж будь-коли: внутрішнім життям, виробництвом, історіями команди. Підписуйтеся — буде цікаво!