

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО - МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. КАРПЕНКА

На правах рукопису

Д О В Г У Н И К
Володимир Миронович

РОЗРОБКА ПОЛІКОМПОЗИЦІЙНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ПОКРИТЬ НА ОСНОВІ МІДІ

05.02.01 - матеріалознавство в машинобудуванні

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ЛЬВІВ - 1995

718 33. 10 1
ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00761252 (N)

Дисертація є рукопис

Робота виконана у Фізико-механічному інституті ім.Г.В.Карпенка
НАН України

Науковий керівник: Член-кор. НАН України, д.т.н., проф.
Похмурський Василь Іванович

Офіційні опоненти: д.т.н., проф. Пашечко Михайло Іванович
к.т.н., ст.н.с. Попов Євген Романович

Провідна установа: Державний Університет "Львівська Політехніка"

Захист дисертації відбудеться "18" жовтня 1995 р

о__ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.01.03
при Фізико-механічному інституті ім.Г.В.Карпенка НАН України
(290601, м.Львів, МСП, вул. Наукова 5)

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Фізико-механічного
інституту ім.Г.В.Карпенка НАН України (290601, Львів,
МСП, вул. Наукова, 5)

Автореферат розісланий "15" вересня 1995 р

Вчений секретар спеціалізованої ради: д.т.н., проф. *Гуцак* Г.М.Викторчин

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Проблема підвищення зносостійкості деталей машин і механізмів є найбільш актуальною в машинобудуванні. Одним з розповсюджених методів підвищення зносостійкості конструкційних матеріалів є нанесення на них гальванічних покриттів на основі міді, в тому числі й композиційних, наповнених графітом, дисульфідом молібдену, сульфідом срібла та іншими дисперсними частинками твердого мастила з шаруватою будовою.

Вперше, у 1929 році, Фінксом та Принке було отримане композиційне електрохімічне покриття (КЕП) мідь-графіт яке, незважаючи на кількаразове підвищення зносостійкості, не набуло розповсюдження через значну шорхатість поверхні, зумовлену нерівномірним розподілом частинок графіту в покритті, оскільки він погано співосаджується з металами внаслідок сильних гідрофобних властивостей. Спроби покращити співосадження графіту з металами додаванням різних розчинних поверхнево-активних речовин не дали бажаного ефекту і тому КЕП мідь-графіт широко не використовуються в машинобудуванні й по сьогоднішній день.

Перспективною є розробка КЕП системи мідь-графіт-аеросил оскільки такі покриття, за нашими попередніми даними, можуть суттєво підвищити зносостійкість деталей важконавантажених вузлів тертя.

МЕТА І ЗАВДАННЯ РОБОТИ. Вивчити закономірності співосадження гідрофобних частинок графіту з високодисперсними гідрофільними частинками аеросилу та розробити нові, ефективніші КЕП на основі міді.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

1. Дослідити вплив домішок поверхнево-активних речовин в сірчанокислому електроліті міднення на агрегування частинок графіту і аеросилу та седиментаційну стійкість їх суспензії; оцінити сили когезії між частинками; адгезійні та сорбційні властивості частинок дисперсної фази і на цій основі вибрати склад електроліту для отримання покриття мідь-графіт-аеросил.

2. Дослідити вплив складу електроліту-суспензії і режимів електролізу на склад та структуру КЕП.

3. Оцінити трибологічні характеристики отриманих КЕП і видати рекомендації для оптимізації складу покриттів.

4. Провести дослідно-промислову перевірку та впровадження розроблених покриттів у промисловості.

НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ. Встановлено закономірності співсаджання гідрофобних частинок графіту з високодисперсними гідрофільними частинками аеросилу з сірчанокислого електроліту міднення. Розроблено нові склади покриттів (АС N 1639092) і технологічні режими їх нанесення. Показано, що для отримання покриття з прогнозованим вмістом дисперсної фази необхідно витримувати певне співвідношення між концентраціями частинок графіту і аеросилу в електроліті-суспензії, яке приводить до зменшення середнього розміру зерна міді в покритті від 360 до 130 Å, що забезпечує: підвищення зносостійкості в три-чотири рази і зменшення коефіцієнта тертя до 0,008. Отримані покриття при навантаженнях вище 7 МПа за умов застосування інактивного мастила можуть працювати в режимі "незношуваності".

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ. Розроблено та впроваджено у виробництво технологічні процеси нанесення КЕП мідь-графіт-аеросил на замкові різьбові з'єднання елементів бурової колони: бурових замків, перехідників, обважнених бурових труб. Промислові випробування бурових труб з замковими різьбами, зміцненими КЕП, показали підвищення їх ресурсу не менше, як у 2,5 рази, що гарантує їх безремонтну експлуатацію. Результати роботи включено в ГОСТ 27834-88 "Замки приварные для бурильных труб". Технические условия (чинний з 01.01.93 по 01.01.96).

НА ЗАХИСТ виносяться наступні положення:

- закономірності співсаджання графіту з аеросилом з сірчанокислого електроліту міднення;
- нові склади покриттів мідь-графіт-аеросил;
- режими отримання КЕП;
- технологія зміцнення замкових різьбових з'єднань елементів бурової колони.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на:

- конгресі "О коррозии и поверхностной обработке" Инте-рантикор '89 (червень 1989, Нітра, ЧССР);
- школі-семінарі "Контактное взаимодействие конструкци-онных материалов в рабочих средах" (вересень 1990, Львів);
- другому Європейському Симпозіумі Матеріалів і Процесів Схід - Захід MatTech'91 (травень 1991, Гельсінкі, Фінляндія);
- XXIV семінарі по дифузійному насиченню та захисних покриттях (грудень 1992, Київ);
- I-ій Міжнародній конференції "Міцність і надійність конструкцій нафтогазового обладнання" (липень 1994, Івано-Франківськ);
- наукових семінарах ФМІ ім. Г.В.Карпенка НАН України.

ПУБЛІКАЦІЇ. Основний зміст роботи викладено в 5 статтях та 1 авторському свідочству.

СТРУКТУРА І ОБ'ЄМ РОБОТИ. Дисертація складається з вступу, 5 глав, висновків, переліку використаної літератури (130 найменувань), додатку. Викладена на 140 сторінках машинописно-го тексту, містить 26 рисунків, 12 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність, а також наукову та практичну важливість питання, що становить предмет дослідження дисертаційної роботи.

В першій главі проведено аналіз:

- процесів формування композиційних покриттів та вплив на них різного роду технологічних факторів (на основі робіт Р.С.Сайфулліна, І.М.Бородіна, Г.В.Гур'янова та ін.);

- особливостей тертя та зношування КЕП з втіленими "твердими" частинками та частинками твердого мастила з шаруватою будовою (на основі робіт В.І.Костецького, І.В.Крагельського, Ф.П.Боудена, Д.Тейбора);

—умов реалізації механізму "незношуваності" — найдосконалішого режиму тертя — його кардинальних відмінностей від інших режимів тертя (на основі робіт Д.Н.Гаркунова, І.В.Крагельського). На основі цього аналізу вибрано напрямок досліджень, а також сформульовані мета і завдання роботи.

В другій главі обґрунтовано принципи вибору матеріалів для формування КЕП: мідного електроліту та частинок дисперсної фази для приготування суспензії; електроліту для нанесення підшару при формуванні КЕП на сталевих деталях.

При виборі електроліту для отримання покриття слід керуватися не тільки вимогами стосовно якості покриття, продуктивності процесу, стабільності розчину в процесі експлуатації, а також тим, що електроліти не повинні містити отруйних чи шкідливих речовин, присутність яких не допускається в промислових стоках.

На основі аналізу існуючих електролітів для приготування суспензії було прийнято висококонцентрованій сірчаноокислий електроліт міднення:

CuSO_4	250 кг/м ³
H_2SO_4	50 кг/м ³

як найменш чутливий до впливу різного роду домішок. Цей електроліт забезпечує високу швидкість отримання покриття.

Для нанесення підшару при отриманні КЕП прийнято комплексний пірофосфатний електроліт міднення:

CuSO_4	25 кг/м ³
$\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$	270 кг/м ³
H_3BO_3	20 кг/м ³

Покриття з цього електроліту відзначаються високою рівномірністю розподілу по поверхні зі складним геометричним профілем, дрібнокристалічністю. За адгезією та твердістю вони поступаються лише покриттям, отриманим з ціанідного електроліту.

Враховуючи, що ефект аномально низького тертя графіту реалізується при сорбції ним чужорідних атомів чи молекул, в тому числі молекул води, що відповідає умовам експлуатації КЕП, то одним з наповнювачів покриття було вибрано графіт ГС-2 з розміром частинок до 10 мкм. Однак, частинки графіту відзначаються сильною гідрофобністю і погано співсаджуються з мета-

лом з електролітів. Численні спроби гідрофілізувати частинки графіту додаванням ріаних розчинних поверхнево-активних речовин не дали бажаного результату, тому в якості частинок другої дисперсної фази вибрано найдисперсніший і надзвичайно гідрофільний аеросил А-380 з середнім розміром частинок 5-15 нм. Аеросил погано співосаджується з металами внаслідок сильної гідрофільності. Покращити його співосадження з металом можливо внаслідок послаблення гідрофільних властивостей. Отже, сумісне співосадження частинок гідрофобного графіту з частинками гідрофільного аеросилу може забезпечити формування якісного покриття заданої будови.

На основі викладеного, для отримання КЕП запропоновано електроліт-суспензію наступного складу:

CuSO_4	250	кг/м ³
H_2SO_4	50	кг/м ³
етиловий спирт	10	л /м ³
графіт ГС-2	25-200	кг/м ³
аеросил А-380	2-25	кг/м ³

В третій главі досліджено вплив розчинних домішок: аніоноактивної — натрієвої солі додецилсульфату (ДДС); катіоноактивної — цетилпіридиній хлориду (ЦПХ); нейлоногенної — моноалкілових ефірів поліетиленгліколя на основі пераїничних жирних кислот (ОС-20); етилового спирту; силікату калію та аеросилу на процеси агрегування частинок дисперсної фази та седиментаційну стійкість електроліт-суспензій. Оцінено сили когезії між частинками дисперсної фази, а також їх адгезійні та сорбційні властивості; встановлено вплив складу електроліту-суспензії на склад та структуру покриття.

Седиментометричним та седиментаційним методами визначено дисперсні параметри агрегованих частинок та фактор швидкості осідання (V_{Σ}) суспензій графіту і аеросилу. Експерименти проводились з частинками графіту ГС-2 ситових фракцій 0-10 мкм та нефракціонованого аеросилу А-380.

Спостереження за седиментацією дуже розведених суспензій (< 0,1%) проводили за допомогою концентраційного фотоелектрокалориметра КФК-2.

Швидкість осідання концентрованих суспензій оцінювали за

переміщенням границі між осідаючим шаром частинок дисперсної фази та об'ємом освітленої частини дисперсійного середовища в градульованих пробірках Укена.

Встановлено, що застосовувані розчинні домішки сприяють агрегуванню частинок графіту і аеросилу. Причому, етилової спирт і силікат калію зменшують однорідність графітової суспензії, а ДДС, ЦПХ, ОС-20 — підвищують — шляхом агрегування частинок найменшого розміру. Надзвичайно сильно відбувається агрегування частинок аеросилу.

Показано також, що на агрегування частинок графіту помітно впливає аеросил. Вплив аеросилу на фракційний розподіл графітової суспензії оцінювався за фактором швидкості осідання суспензії:

$$V_s = d_s \times b_s,$$

де d_s ; b_s — константи в рівнянні Ленгмюра

$$L = d_s \times b_s \times \tau / (1 + b_s \times \tau);$$

L — кількість (%) осаджених частинок протягом часу τ ;

τ — час осідання частинок.

Седиментометричним методом (концентрація графіту в суспензії 0.1% або 1,25 кг/м³) встановлено, що при збільшенні вмісту аеросилу в суміші з графітом до 40-50% V_s досягає максимального значення — 87,5. При дальшому зростанні концентрації аеросилу до 100% у суміші V_s зменшується до нуля. Така екстремальна залежність V_s від концентрації компонентів у суміші свідчить про їхній взаємний вплив на фракційний розподіл частинок у суспензії. Збільшення V_s до максимуму, при додаванні аеросилу, розглядається як наслідок часткового розпаду агрегатів одного з компонентів у присутності іншого.

За допомогою седиментаційного методу отримано кінетичні криві осідання досліджуваних суспензій в залежності від їх концентрацій. Встановлено, що при зростанні концентрації суспензії V_s різко зменшується і досягає нульового значення в різних діалонах концентрацій: для аеросилу — близько 2% або 25 кг/м³; вище 2% — утворюється гель. Високою швидкістю осідання характеризується суспензія графіту низьких концентрацій. Зміна швидкості відбувається при концентрації графіту близько 2% (25 кг/м³); далі — поступово зменшується до нуля при досягненні концентрації близько 20% (250 кг/м³).

При додаванні аеросилу до графітової суспензії концентра-

цією 100 кг/м³ (9%) в кількості близько 2% від суміші — V_с максимальний. Пов'язано це з диспергуючою дією аеросилу. Збільшення концентрації аеросилу приводить до агрегування первинних частинок дисперсної фази, яке завершується утворенням гелю, що повністю гальмує осідання суспензії.

Оцінку сил когезії між частинками графіту та вплив на ці сили домішок поверхнево-активних речовин, в залежності від концентрації суспензії, проводили за методикою розпаду осаду. Встановлено, що за зростанням диспергуючої дії застосовувани домішки розміщені в ряд: ЦПХ, ДДС, ОС-20, етиловий спирт, силікат калію. При додаванні аеросилу до графітової суспензії (25 кг/м³) в кількості 5% відбувається максимальне диспергування суспензії. Збільшення вмісту аеросилу в суміші до 20% приводить до повного агрегування суспензії і утворення гелю.

Визначенням адгезії частинок графіту і аеросилу до підкладки, за методикою рідинної струмнини, показано, що адгезія частинок дисперсної фази більше залежить від властивостей дисперсійного середовища та природи частинок, ніж від металу підкладки.

Сорбційну активність частинок графіту і аеросилу до йонів міді в сульфатному електроліті міднення оцінювали за значеннями констант рівняння Ленгмюра:

$$a = a_m \times b \times c / (1 + b \times c),$$

де a_m , b — константи;

c — концентрація

Ізотерми сорбції визначали за зміною концентрації розчину сорбтива після двогодинного контакту його з частинками. Встановлено, що сорбція йонів міді на графіті є майже втричі меншою, ніж на аеросилі.

Через недостаток розчинність аеросилу в кислому сульфатному електроліті міднення ($2,9 \times 10^{-3}$ г SiO₂ в 100 мл електроліту міднення), визначення ізотерми сорбції SiO₂ на графіті проведено у водному розчині високомодульного силікату калію K₂O $3,42\text{SiO}_2$.

За отриманими даними про сорбційну ємність графіту (1г його частинок сорбує 8×10^{-6} г йонів міді та $0,7 \times 10^{-3}$ г оксиду кремнію при виченаведеній його розчинності в електроліті міднення) зроблено припущення про сорбцію на його поверхні розчиненої в мідному електроліті частини аеросилу і транспортування

її разом з сорбованими йонами міді до катода при електролізі.

Кількісні хімічні аналізи КЕП: мідь-графіт та мідь-аеросил показали, що при збільшенні концентрації суспензії графіту до 200 кг/м^3 вміст частинок в покритті зростає лінійно до 5 мас.%. Для аеросилу дана залежність має екстремальний характер і вміст його в покритті не перевищує 1 мас.% при концентрації в електроліті 10 кг/м^3 , а співосаджується аеросил з міддю при концентрації його суспензії до 30 кг/м^3 . Відсутність аеросилу в КЕП, отриманому з більш концентрованих суспензій пов'язане зі зміною агрегатного стану його частинок — утворенням структурованого геля.

В умовах співосадження міді з графітом (25 кг/м^3) і аеросилом ($1...20 \text{ кг/м}^3$) вміст графіту в КЕП зростає до максимального значення (4,8 мас.%) в ділянці концентрацій аеросилу в графітовій суспензії $5...10 \text{ кг/м}^3$, і настає насичення. Для аеросилу дана залежність має екстремальний характер: максимальний вміст аеросилу в КЕП 0,4-0,45 мас.% при концентрації його в суспензії 5 кг/м^3 , а далі — зменшується до нуля. Однак, граничний вміст графіту в покритті, отриманому з електроліту-суспензії в присутності аеросилу 20 кг/м^3 є вищим, ніж в КЕП, отриманому без додатку аеросилу. Характер зміни вмісту дисперсної фази в КЕП в залежності від вмісту аеросилу в електроліті-суспензії при концентраціях графіту 50, 100, 150 кг/м^3 аналогічний як і при концентрації графіту 25 кг/м^3 .

Із залежностей вмісту графіту і аеросилу в КЕП від густини струму встановлено, що вміст графіту в КЕП зростає при підвищенні густини струму від 10 до 50 А/м^2 , а далі настає насичення; аеросилу — навпаки зменшується.

Рентгеноструктурні дослідження КЕП мідь-графіт-аеросил проводили на дифрактометрі ДРОН-3. Використовувалось монохроматизоване випромінювання $\text{Cu-K}\alpha$, отримане за допомогою монокристала LiF .

Дослідження КЕП мідь-графіт-аеросил показали, що даний тип покриття характеризується полікристалічною структурою. В ділянці малих кутів розсіювання спостерігається розмитий максимум, присутність якого можна було б пов'язувати з існуванням мікробластей з аморфною структурою. Дослідженнями при високих температурах виявлено, що до 875K і після тривалої термічної витримки вказаний максимум існує. Найближча дифракційна лінія,

що відповідає даному гало відповідає фазі CuCl_2 , яка може виникати внаслідок того, що аеросил як технологічну домішку, містить 0,025% HCl .

За формулою Вульфа-Брегга $d/n = \lambda / 2 \sin \theta$ розраховано значення міжплощинних віддалей, які задовільно відповідають табличним значенням і свідчать про відсутність напружень 1-роду. У зв'язку з цим знехтувано мікро- і макронапруженнями в покритті, а розширення дифракційної лінії пов'язано зі зменшенням середнього розміру зерен міді. Для їх оцінки використано співвідношення:

$$D = k \lambda / m \cos \theta,$$

де k - коефіцієнт, що враховує форму зерен (форма приймалась за сферичну і $k=1,08$);

m - півширини максимуму дифракції.

Встановлено, що електроосаджена мідь характеризується середнім розміром зерен близько 360\AA , КЕП мідь-аеросил — 320\AA , КЕП мідь-графіт — 150\AA , а при сумісному включенні графіту і аеросилу середній розмір зерен становить — 130\AA . При таких малих значеннях розмірів зерен покриття повинні наближатися до рентгенаморфного стану, однак мідь з добавками графіту і аеросилу характеризується слабкою здатністю до аморфізації і подальше дроблення структури до меншого розміру утруднене. Ці фактори, як відомо, сприяють покращенню експлуатаційних характеристик покриттів: зносостійкості, антифрикційності та ін.

У четвертій главі оцінено трибологічні характеристики отриманих покриттів. На основі порівняльних випробувань на установці тертя СМЦ-2 за схемою "диск-колодка" при граничному терті встановлено, що даним покриттям властиві в три-чотири рази вищі трибологічні характеристики, ніж відомим КЕП мідь-графіт. Причому покриття мідь-графіт-аеросил працездатні в діапазоні навантажень від 2 до 10 МПа, в той час як для КЕП мідь-графіт при навантаженнях вище 5 МПа настає інтенсивне зношування. Температура в околі зони контакту не перевищує 40°C . Спостерігається також вплив товщини покриття на параметри зносостійкості.

З метою встановлення взаємозв'язку між концентраціями графіту і аеросилу в електроліті-суспензії та трибологічними властивостями КЕП вибрано 4 фактори: товщину покриття, концентрації графіту і аеросилу в електроліті-суспензії та навантаже-

ння, які мають вплив на параметри зносостійкості та проведено повний факторний експеримент.

Методом лінійного регресійного аналізу встановлено, що найсуттєвіший вплив на інтенсивність зношування та коефіцієнт тертя має товщина покриття. При зростанні товщини покриття, при даній схемі випробувань, від 5 до 15 мкм інтенсивність зношування та коефіцієнт тертя зростають у всіх випадках. Збільшення навантаження від 2 до 5 МПа приводить до зменшення інтенсивності зношування та коефіцієнта тертя.

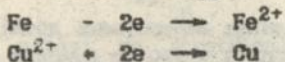
Підвищення концентрації аеросилу в електроліті-суспензії до 10 кг/м^3 (при постійній концентрації графіту), а графіту до 100 кг/м^3 (при постійній концентрації аеросилу) зумовляє зменшення інтенсивності зношування та підвищення коефіцієнта тертя, причому вплив графіту на зростання коефіцієнта тертя проявляється в більшій мірі, ніж аеросилу.

Одночасне збільшення концентрацій графіту від 25 до 100 кг/м^3 , а аеросилу від 1 до 10 кг/м^3 приводить до зростання інтенсивності зношування і зменшення коефіцієнта тертя.

Визначено оптимальне співвідношення між концентраціями графіту і аеросилу при якому отримується покриття стабільного складу і найкращими трибологічними характеристиками.

З порівняльних результатів випробувань КЕП оптимального складу у випадку застосування різних типів мастил та природи підкладок зроблено висновок, що дані покриття можна віднести до класу антифрикційних покриттів: низький коефіцієнт тертя $f = 0,008$ при $P = 10 \text{ МПа}$ у встановленому режимі у випадку застосування індустріальної ольви I-30A (виготовляється без додатків) і $f = 0,0005$ при додаванні 0,1% соняшникової олії (містить у своєму складі жирні кислоти: олеїнову, лінолеву) до ольви I-30A. Характер зміни коефіцієнта тертя аналогічний як в режимі "незношуваності" (вибіркового переносу). У випадку застосування даного типу покриттів при навантаженнях вище 7 МПа може йти мова про реалізацію найдосконалішого режиму тертя — режиму "незношуваності" (вибіркового переносу).

Зроблено припущення, що при навантаженнях вище 7 МПа утворена і розтерта на поверхні тертя контртіла графітова плівка відіграє свою другу (окрім змащуючої) функцію — відновлювача оксидів, за аналогією як гліцерин чи жирні кислоти, та ініціює окисно-відновні реакції:



що є однією з особливостей прояву явища вибіркового переносу. Рентгенографічними дослідженнями при малому куті падіння (3°) рентгенівського проміння до досліджуваної поверхні після тертя при $P = 7\text{MPa}$ (згідно методики Рибаківської-Куксонової) виявлено другу важливу особливість явища "незношуваності" — на рентгенограмах проявляється не одна, а дві системи ліній, що відповідають інтерференції від кристалографічних площин двох матеріалів: мідної (сервовитної) плівки і основного металу. Глибина проникнення рентгенівського проміння при куті падіння 3° — до 1 мкм. Встановлено, що на поверхні тертя утворюється нова структура із збільшеним параметром ґратки — $3,7\text{\AA}$ (параметр ґратки міді в КЕП у вихідному стані — $3,5\text{\AA}$).

Електронно-мікроскопічними дослідженнями поверхонь тертя за допомогою вугільних реплік при збільшенні в 5000 разів при навантаженні 7MPa виявлено мікроструктуру, характерну для режиму "незношуваності".

В п'ятій главі показано ефективність застосування розроблених КЕП мідь-графіт-аеросил у важконавантажених вузлах тертя — замкових різьбових з'єднаннях елементів бурової колонки.

Розроблено та впроваджено технологічні процеси нанесення даних покриттів на підприємствах:

— Дрогобицькому долотному заводу на замкові різьби бурових замків. Процес реалізовано на стандартній гальванічній лінії АЛГ-60;

— Дрогобицькому експериментально-механічному заводу спеціального обладнання на замкові різьбові з'єднання обважнених бурових труб. Процес реалізовано на установці, спроектованій і виготовленій у ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України. Особливістю установки є те, що вона дозволяє наносити покриття на різьбові кінці довгомірної бурової труби (6...9 м), що знаходиться в горизонтальному положенні, у спеціальних герметичних камерах з диференційованим управлінням технологічними операціями.

Результати промислових випробувань бурових труб (кількість 200 штук) з приварними замками з різьбами покритими розробленими КЕП і випущеними згідно ТУ 39-0147014-9-90 проведені в умовах Ігменської та Куйбишевської обл. показали підвищення їх ресурсу більше як в 2 рази.

Результати промислових випробувань дослідної партії обважених бурових труб ОБТЗ 2-229 на буровій 3-Петровецька Калуської НГРЕГБ об'єднання "Укразхідгеологія" показали, що різьби ОБТЗ, після відпрацювання ними ресурсу в три рази більшого як серійні, придатні для подальшої експлуатації. Розкручування різьб з КЕП відбувається при менших зусиллях, ніж серійних. КЕП забезпечує працездатність різьб до відпрацювання трубами повного ресурсу, обмеженого виникненням втомних тріщин, тобто гарантується безремонтний період експлуатації бурових труб.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Встановлено закономірності співосадження гідрофобного графіту з гідрофільним аеросилом і показано, що:

— застосування аеросилу в якості другої дисперсної фази підвищує седиментаційну стійкість суспензії графіту;

— сили когезії між частинками дисперсної фази змінюються в екстремальній залежності від концентрації аеросилу;

— існує оптимальне співвідношення між частинками дисперсної фази в електроліт-суспензії, що приводить до подрібнення кристалітів міді в покритті від 360 до 130Å, яке забезпечує найвищу зносостійкість і мінімальний коефіцієнт тертя.

2. Виявлено, що при навантаженнях більше 7МПа КЕП мідь-графіт-аеросил оптимального складу працюють в режимі "незнануваності" (вибіркового переносу), про що свідчить роздвоєння ліній міді на рентенограмах, отриманих при малому куті падіння рентгенівського проміння до досліджуваної поверхні і утворення на глибині до 1 мкм нової структури зі збільшеним параметром ґратки.

3. На основі проведених досліджень розроблено нові КЕП мідь-графіт-аеросил (АС № 1639092) та технологічні режими їх нанесення на замкові різьбові з'єднання елементів бурової колони і отримано підвищення їх ресурсу в 2-3 рази за рахунок нанесеного покриття, що забезпечує їх безремонтну експлуатацію.

Результати роботи впроваджено у виробництво на Дрого-

бильскому долотному заводу та Дрогобицькому експериментально-механічному заводу спеціального обладнання і вилучено в ГОСТ 27834-88 "Замки приварные для бурильных труб". Технические условия (чинний з 01.01.93 по 01.01.96).

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ

1. Похмурский В.И., Татомыр Я.Т., Ощеповский В.В., Ниронович И.О., Мардаревич Р.С., Довгуньк В.М. Исследование процесса формирования композиционных электрохимических покрытий. I. Адгезия частиц дисперсной фазы к металлической подложке. // Деп. в ВИНТИ 10.11.89. — N 6769 - В 89. Ред. журн. "Физ.-хим. механика материалов" АН УССР. — Львов, 1989 — 8 с.

2. Похмурский В.И., Татомыр Я.Т., Ощеповский В.В., Ниронович И.О., Мардаревич Р.С., Довгуньк В.М. Исследование процесса формирования композиционных электрохимических покрытий. II. Оценка сил когезии между частицами дисперсной фазы в электролите-суспензии. // Деп. в ВИНТИ 19.12.90. — N 6303 - В 90. Ред. журн. "Физ.-хим. механика АН УССР. — Львов, 1990 — 8 с.

3. Похмурский В.И., Татомыр Я.Т., Ощеповский В.В., Ниронович И.О., Мардаревич Р.С., Довгуньк В.М. Исследование процесса формирования композиционных электрохимических покрытий. III. Дисперсионные параметры электролит-суспензий. // Деп. в ВИНТИ 19.12.90. — N 6304-В 90. Ред. журн. "Физ.-хим. механика материалов" АН УССР. — Львов, 1990 — 16 с.

4. АС СССР N 1639092 C25D 15/00, 3/28. Электролит для осаждения композиционного покрытия на основе меди. - н/п.

5. Похмурский В.И., Ниронович И.О., Мардаревич Р.С., Довгуньк В.М., Гарнаевский И.И. Антифрикционные композиционные покрытия на основе меди. Информационный листок о научно-техническом достижении. N 90-46. — Львов, 1990 — 4 с.

6. Pokhmursky V.I., Nironovich I.O., Dovgunik V.M., Mardarevich R.S. Electrochemical antifriction copper based plating composition. // The Second European East-West Symposium of Materials & Processes. MatTech'91. Helsinki. May 26-30, 1991 — p.182.

Довгунук В.М. Разработка поликомпозиционных износостойких электрохимических покрытий на основе меди.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 02.05.01. -- материаловедение в машиностроении.

Физико-механический ин-т им. Г.В.Карпенка НАН Украины, Львов, 1995

Защищается 5 научных работ, 1 авторское свидетельство.

Определены закономерности соосаждения дисперсных частиц гидрофобного графита и гидрофильного аэросила из сернокислого электролита меднения. Предложен состав нового износостойкого композиционного электрохимического покрытия медь-графит-аэросил, работающего в условиях избирательного переноса в тяжело-нагруженных узлах трения в случае применения неактивной смазки. Применение этого покрытия в замковых резьбовых соединениях бурильных ванков и утяжеленных бурильных труб повышает их срок службы в 2,5-3 раза.

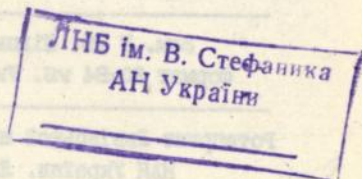
Dovgunik V.M. Development of copper-based wear resistance polycomposite electrochemical coating.

Candidate of engineering dissertation on specialization 02.05.01 — material science in engineering industry G.V.Karpenko Physico-Mechanical Institute of the Nat.Acad.Sci. of Ukraine.

5 scientific works and 1 autor certificate are defended.

Main relationships of dispersion particles codeposition of hydrofoby graphite with hydrophylic aerosyl from sulphate copper electrolite were determind. A new copper-graphite-aerosyl wear resistance electroplating composition has been proposed which work in "non-wear condition" (tribological phenomena of selective transfer of materials) in high loaded friction units in the case of inactive lubrication. Use of the products with that coating showed an increase of their service life: tool joints and heavy drill pipes - by 2.5-3 times.

Ключові слова: мідне електрохімічне покриття, композиційне електрохімічне покриття, антифрикційне покриття, коефіцієнт тертя, аносостійкість, механізм "неаношуваності".



444073

AB 33.181

AB 33.181