

РОЗДІЛ II. ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ І АВТОТРАНСПОРТУ

УДК 621.22.011

Б. В. Малигін, д-р техн. наук

О. В. Котило, аспірант

М.Ю. Амелін, аспірант

Херсонська державна морська академія, м. Херсон, Україна

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ГІДРОТРАНСПОРТУ ЗА РАХУНОК МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО ОБРОБЛЕННЯ В УМОВАХ ГРАНИЧНОГО ЗНОШЕННЯ

Б.В. Малыгин, д-р техн. наук

А.В. Котыло, аспірант

М.Ю. Амелин, аспірант

Херсонская государственная морская академия, г. Херсон, Украина

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГИДРОТРАНСПОРТА ЗА СЧЁТ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДЕЛЬНОГО ИЗНОСА

Borys Malyhin, Doctor of Technical Sciences

Oleksii Kotylo, PhD student

Maksym Amelin, PhD student

Kherson state marine academy, Kherson, Ukraine

IMPROVEMENT OF HYDROTRANSPORT RELIABILITY BY MAGNETIC TREATMENT IN THE CONDITIONS OF LIMITED WEAR

Розглянуто проблеми надійності та продуктивності систем гідротранспорту. Розглянуто можливості їх усунення та запропоновано теоретичне рішення щодо покращення надійності та збільшення продуктивності систем гідротранспорту. Запропоновано можливість використання прикладного магнетизму при удосконаленні гідротранспортних систем.

Ключові слова: гідротранспорт, магнітно-імпульсне оброблення, проблеми перекачування суспензій.

Рассмотрены проблемы надежности и производительности систем гидротранспорта. Рассмотрены возможности их устранения и предложено теоретическое решение по улучшению надежности и увеличения производительности систем гидротранспорта. Предоставляется использования прикладного магнетизма при совершенствовании гидротранспортных систем.

Ключевые слова: гидротранспорт, магнитно-импульсная обработка, проблемы перекачки суспензий.

This article examines the reliability and performance of systems hydrotransport. The possibilities of their elimination and proposed a theoretical solution to improve reliability and increase system performance hydrotransport. Provided using of magnetism in improving application of hydrotransport systems.

Key words: hydrotransport, magnetic pulse treatment, problems pumping slurries.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Гідротранспорт широко застосовується у процесі видобутку будівельних матеріалів, видобутку корисних копалин, розроблення морських шляхів та в інших галузях. Основним засобом гідромеханізації у всіх галузях господарства є плавучі землесосні снаряди і стаціонарні ґрунтонасосні установки.

Оснoву системи гідротранспорту становить ґрунтонасосна установка, яка включає в себе приводний двигун, систему передачі крутного моменту, насос та трубопроводи, які працюють у динамічних умовах роботи. Надійність – це здатність системи до безвідмовної роботи протягом тривалого часу. Тому надійність експлуатації енергетичної установки гідротранспорту визначає роботу насосів установки і, таким чином, їх підвищення є досить актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підвищення ефективності та надійності систем гідротранспорту присвячені наукові роботи Ю.В. Гостева [2], Л.А. Смойловської, Е.П. Жарницького [5] та інших. Ними вирішене широке коло завдань розпушування і всмоктування ґрунтів під водою, створення і вдосконалення ґрунтових насосів, гідравлічного транспорту, раціональної технології роботи землесосних снарядів.

Однак, незважаючи на великий обсяг виконаних досліджень, надійність роботи системи залишається низькою. Це пояснюється тим, що для роботи систем гідротранспорту застосовуються старі малоефективні схеми і пристрої, надійність системи є досить низькою через недостатню вивченість розподілу напружень у металах деталей насосів під час їх роботи та відсутності систем усунення цих навантажень.

Формулювання цілей статті. Метою цієї роботи є використання магнітного оброблення сталей, яка дозволяє забезпечити достатню надійність експлуатації гідротранспорту, навіть в умовах граничного зношення, з одночасним значним зниженням вартості експлуатації.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Основою системи гідротранспорту є відцентрові ґрунтові насоси, призначені для всмоктування і переміщення під напором по трубах пульпи. Вони можуть перекачувати пульпу, що містить великі кам'яністі включення. Одноступінчатий відцентровий насос, робочим органом якого служить колесо з декількома спіральними лопатками, закріплений на приводному валу. Приводний вал землесоса з'єднаний з валом електродвигуна муфтою. У ході обертання робочого колеса створюється розрядження на вході в насос, у результаті чого пульпа засмоктується через всмоктуючий патрубок корпусу і під дією відцентрових сил і лопаток колеса відкидається в напірний трубопровід. Адаже найбільш інтенсивному зношуванню під стихаючим і ударним впливом частинок ґрунту піддається корпус насоса [3].

Однією з основних технічних проблем є проблема підвищення пропускних можливостей трубопроводів. Підвищити пропускну можливість можна, збільшивши тиск у трубах, але для цього потрібні більш товсті трубопроводи, що здорожує їх вартість. Збільшення пропускних можливостей може досягатися також прокладкою допоміжних ліній. Продуктивність може бути підвищена під час ліквідації турбулентності, яка знижує швидкість транспортування. Для цього застосовують штучні "водорості", що розбивають потік рідкого вантажу. А також пропускну здатність може бути збільшена за рахунок покращення механічних характеристик трубопроводів та насосів. І це є найбільш економічним способом є підвищення продуктивності вже встановленого обладнання, що у свою чергу викликає і підвищення надійності системи загалом.

Специфіка роботи гідротранспортних систем зумовлена перекачуванням неоднорідних суспензій. Для краплинної рідини домішками можуть бути інші рідини, гази і тверді тіла. У таких випадках рідина з домішками може утворити гомогенну або гетерогенну суміш.

Гомогенні суміші утворюються в тих випадках, коли в основній рідині домішки розподіляються по всьому об'єму розчинювальної рідини рівномірно на рівні молекул. У таких випадках суміш являє собою однорідне середовище. Самі ж домішки є компонентами. У тих випадках, коли домішки в основній рідині знаходяться не на молекулярному рівні, а у вигляді частинок, що являють собою численні асоціації молекул речовини домішки, то такі суміші не можуть вважатися однорідними розчинами. Фізичні властивості таких сумішей (включаючи щільність і питому вагу) будуть залежати від того, яка речовина буде знаходитися в точці вимірювання. Такі суміші будуть неоднорідними (гетерогенними) сумішами [1].

Такі суміші називають багатофазними рідинами. Відмінною особливістю багатофазних рідин є наявність у них внутрішніх кордонів розділу між фазами, уздовж цих по-

верхонь розділу діють сили поверхневого натягу, які можуть виявитися значними при великій площі поверхні поділу між фазами. Сили поверхневого натягу разом з іншими силами, що діють у багатофазній рідині, збільшують сили опорів руху рідини.

Прикладів багатофазних рідин у природі багато: емульсії – суміші двох і більше нерозчинних одна в одній рідин; газовані рідини – суміші рідини з вільним газом, суспензії та пульпи – суміші рідин і твердих часток, що знаходяться в рідині. У випадку роботи системи гідротранспорту ці рідини діють на систему з певною силою, яка викликає зміни в агрегатах системи. Щоб підвищити надійність системи, необхідно розглянути фізику процесу дії цих рідин на елементи системи.

Зношування деталей насоса та трубопроводу обумовлене зачепленням мікронерівностей на контактуючих поверхнях під час переміщення відносно один одного, а також при ударних навантаженнях на області з високою концентрацією напружень. Які пов'язані з неоднорідністю дії сил у багатофазних рідинах. Система гідротранспорту не може бути захищена від постійних ударів та від впливу вібрацій, пов'язаного з тим, що у процесі зношування деталей амплітуда вібраційних коливань зростає. Посилений вібраційний вплив викликає пробою гідродинамічного розділового шару і змушує вузли працювати в режимі підвищеного навантаження [6].

Таким чином, забезпечення надійності роботи гранично зношеного обладнання та техніки вимагає пошуку принципово нових підходів. Вирішення цього завдання підготовлено багаторічною роботою вітчизняної науки, що об'єднує дослідників ефекту магнітно-імпульсного оброблення.

Ефективність захисту від зносу за допомогою видалення залишкових напружень настільки велика, що можна говорити про практичну реалізацію системи, яка могла б компенсувати виникаючі напруження напруження під час роботи.

У результаті відпадає необхідність додаткового обслуговування, з'являється об'єктивна необхідність масового застосування засобів магнітного оброблення, чим забезпечується достатня надійність експлуатації обладнання, навіть в умовах граничного зношення, з одночасним значним зниженням вартості експлуатації [4].

У процесі вивчення магнітно-імпульсного оброблення ми встановили, що під час магнітного впливу речовина змінює свої фізичні і механічні властивості. Поліпшення властивостей у феромагнітних деталей, що пройшли МІО, досягається за рахунок спрямованої орієнтації вільних електронів речовини зовнішнім полем.

Нами наводилася спроба створити теорію усунення залишкових і втомних напружень у механізмах. У дослідях вивчали вплив магнітного оброблення на зміну деяких механічних характеристик вуглецевих сталей. Досліди велися на зразках маловуглецевих сталей, вуглецевих якісних конструкційних сталей, легованих сталей, високолегованих корозійностійких, жаростійких і жароміцних сталей, а також на заготовках з сірих і високоміцних чавунів. Ми вивчали вплив магнітного оброблення на зміну витривалості (σ_B), текучості (σ_T), втоми (σ_d), відносного розтягу (δ) і звуження (ψ), ударної в'язкості (d_H), а також інших параметрів. МІО проводилась з використанням апарата «Магнітрон» з використанням соленоїду з опором у 20 Ом. Вплив на деталі проводиться імпульсами з тривалістю 2 с, з інтервалами між імпульсами 0,5 с. Перевірка механічних характеристик виконувалась за допомогою установки Рокквела та установки для перевірки деталей на розтяг.

При МІО зразків матеріалів контролювалась зміна надлишкової енергії $A_{изб}$ (кДж/м³), а також швидкість поглинання і дисперегування речовиною магнітної енергії D_w (кДж/м³ час). Досліди (табл.) показали, що у зразках матеріалів-провідників сконцентровано до 80 ... 100 кДж/дм³ надлишкової енергії. Тобто в заготовках матеріалу закладено 30 ... 80 % залишкових напружень, які заздалегідь знижують ресурс деталей

машин. Величина надлишкової енергії у сталевих зразках залежала від складу та умов термообробки заготовки коливалася від 25 до 77 %.

У досліджах показано, що у процесі магнітно-імпульсного оброблення залізистих сплавів швидкість поглинання енергії зазвичай пропорційна швидкості диспергування її масою речовини. Характер і швидкість поглинання електромагнітної енергії феромагнетиками визначається величиною надлишкової енергії, укладеної на загальній поверхні взаємодії зерен сплаву. Досліди показали, що надлишкова енергія в зернах загартованої вуглецевої сталі в середньому становить: у зерен фериту – 10 %, аустеніту – 40 %, перліту – 50 %, мартенситу – 80 %, у цементиту – 34 %. Надлишкова енергія на поверхні кристалітів чавуну в середньому дорівнює для: сірих – 86 %, ковких – 39 %, високоміцних – 125 %.

Таблиця

Властивості сталей до (чисельник) та після МІО (знаменник)

Матеріал	$\sigma_{\text{в}}$, кН/мм ²	$\sigma_{\text{т}}$, кН/мм ²	$\sigma_{\text{д}}$, кН/мм ²	δ , %	ψ , %	$d_{\text{н}}$, кН см	$A_{\text{изб}}$, кДж/м ³	$D_{\text{в}}$, кДж/м ³ ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сталь								
35	$\frac{540}{600}$	$\frac{320}{373}$	$\frac{344}{386}$	$\frac{20}{22}$	$\frac{45}{49}$	$\frac{3,0}{3,5}$	$\frac{1}{0,6}$	0,51
40	$\frac{580}{621}$	$\frac{340}{387}$	$\frac{350}{390}$	$\frac{20}{25}$	$\frac{45}{52}$	$\frac{3,1}{3,7}$	$\frac{1}{0,65}$	0,53
45	$\frac{610}{668}$	$\frac{360}{403}$	$\frac{365}{400}$	$\frac{18}{23}$	$\frac{42}{48}$	$\frac{3,2}{3,8}$	$\frac{1}{0,66}$	0,54
65Г	$\frac{750}{820}$	$\frac{500}{550}$	$\frac{460}{400}$	$\frac{10}{11}$	-	$\frac{10,4}{11,2}$	$\frac{1}{0,75}$	0,66
40Х	$\frac{920}{1000}$	$\frac{1340}{1460}$	$\frac{1400}{1520}$	$\frac{12}{16}$	$\frac{52}{58}$	$\frac{3,8}{4,4}$	$\frac{1}{3,1}$	0,51
40ХГТ	$\frac{880}{920}$	$\frac{760}{840}$	$\frac{810}{830}$	$\frac{12}{15}$	$\frac{45}{51}$	$\frac{12,0}{13,1}$	$\frac{1}{4,1}$	0,61
40ХС	$\frac{1280}{1340}$	$\frac{1160}{1210}$	$\frac{1020}{1100}$	$\frac{12}{14}$	$\frac{42}{46}$	$\frac{13,0}{14,0}$	$\frac{1}{4,0}$	0,54
Н5М3	$\frac{560}{600}$	$\frac{500}{540}$	$\frac{520}{580}$	$\frac{13}{15}$	$\frac{40}{44}$	$\frac{36}{40}$	$\frac{1}{0,3}$	0,28

Після МІО зносостійкість і пластичність як сталі, так і чавуну підвищується. Підвищення механічних характеристик сплавів, таких як витривалість, ударна в'язкість та інші, супроводжується поліпшенням теплофізичних властивостей зразків, наприклад, теплостійкості, швидкості охолодження тощо.

Внаслідок МІО сталі звичайної якості межу витривалості підвищується не менше, ніж на 8 %, межа текучості – на 5 ... 10 %, коефіцієнт подовження – на 6 ... 8 %, а межа втоми – на 10 ... 15 %. Основні механічні характеристики після оброблення вуглецевих і якісних конструкційних сталей підвищувалися більш ніж на 10 %. Твердість конструкційних матеріалів після оброблення змінювалася незначно.

Лінійна, об'ємна і тензорна теплопровідність у омагнічених зразків сталі підвищилася на 10 ... 15 %. Коефіцієнт лінійного розширення сталевих зразків зменшився, а їх «компактність» зросла майже в два рази. Міцність і витривалість зразків термооброблених високолегованих сталей збільшувалася: для сталей мартенситного класу на 6 ...

8 %, для сталей аустенітного класу – на 12 ... 16 %. Терmostійкість, жаростійкість і жароміцність магнітозміцнених зразків легованих сталей зросла на 10 ... 15 %.

Оскільки під час роботи гідротранспортної системи концентрація напружень на деталях залежить від розподілу маси вантажів, що транспортуються, то ефективність МІО залежатиме від розподілу магнітної енергії під час роботи насоса.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямку. З вищевикладеного можна виокремити такі економічно обумовлені завдання, які можна вирішити за рахунок використання системи магнітно-імпульсного оброблення, а саме: продовження терміну служби зношеного обладнання та техніки в умовах експлуатації, коли відомі засоби боротьби із зносом не допомагають. Магнітне оброблення металів показала себе як ефективний спосіб підвищення механічних характеристик металів, а отже, може бути використано як засіб збільшення надійності та продуктивності гідротранспортних систем.

Однак продовження експлуатації вузлів тертя в умовах посиленого вібраційного впливу загрожує відмовами внаслідок утворення тріщин, сколів тощо. Тому оптимальні результати досягаються у процесі застосування магнітно-імпульсного оброблення, що дозволяє зменшити концентрацію напружень у вузлах деталей під час роботи системи. Рішення проблем надійності та продуктивності на трубопроводному транспорті за рахунок МІО дозволить знизити собівартість гідротранспорту.

Залишається складною проблема зменшення кількості персоналу, що працює, на гідротранспортних станціях. Для цього тривають дослідження з широкого впровадження засобів автоматизації управління роботою трубопроводів. Такі системи дозволяють забезпечити оптимальне функціонування трубопроводу за заданими параметрами, а також вести облік і аналіз виробничої та економічної діяльності.

Список використаних джерел

1. Брагин Б. Ф. Гидротранспортные системы с трубчатыми питателями / Б. Ф. Брагин, Б. И. Лесной // Промышленный транспорт. – 1975. – № 12.
2. Гостев Ю. В. Новый подход к обеспечению надежности эксплуатации теплоэнергетического оборудования / Ю. В. Гостев, В. И. Новиков, В. В. Пасков // Новости теплоснабжения. – 2004. – № 1. – С. 37-45.
3. Давидянц Г. П. Гидравлический транспорт и складирование пород от экскаваторов на вскрыше карьеров будущего / Г. П. Давидянц, И. С. Булгаков, В. В. Лосицкий // Разработка рыхлых пород экскаваторами непрерывного действия. – Губкин : НИКМА, 1974. – Вып. 4.
4. Малыгин Б. В. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин / Б. В. Малыгин. – М. : Машиностроение, 1989. – 112 с.
5. Смойловская Л. А. Влияние числа оборотов на износ насосов, работающих на гравийных пульпах / Л. А. Смойловская, Е. П. Жарницкий // Всесоюзный межотраслевой семинар по гидромеханизации : сб. тезисов докладов. – М. : Губкин, 1976. – Вып. 6.
6. Справочник. Гидравлическое складирование хвостов обогащения. – М. : Недра, 1998. – 208 с.