

ТВЕРДА ХОДА РІДИННОГО ІЖАЧКА...

У ОБХІД УКРАЇНИ



Петро Кірей
старший викладач
кафедри математичних
дисциплін,
завідувач
лабораторії фізики
філіалу Європейського
університету,
м. Миколаїв

Магнетизм — яскравий природний феномен, загальність і універсальність якого упродовж ось уже трьох тисячоліть вражає уяву людини.

Магнітні явища охоплюють:

- мікросвіт і Космос;
- найкоротші відомі на сьогодні процеси і процеси, що тривають мільйони років;
- процеси, що відбуваються поблизу абсолютного нуля температур, і процеси, що відбуваються при температурах в мільйони градусів;
- будь-які агрегатні стани речовини — твердий, рідкий, газоподібний, плазмовий;
- живі організми і створені руками людей технічні системи.

Із розвитком науки відкриваються все нові й нові риси магнітної картини світу. ХХ століття ознаменувалося багатьма видатними відкриттями в області магнетизму, які потім знайшли широке практичне застосування в техніці і промисловості. До них можна віднести:

- комплекс явищ, пов'язаних з низькотемпературним магнетизмом;
- надсильні магнітні поля;
- взаємодія магнітних полів з плазмою;
- вплив магнітних полів на хімічні реакції;
- магнітні резонанси;
- досягнення в області магнітного матеріалознавства, створення магнітних носіїв інформації тощо.

Одним із наслідків теорії магнетизму є твердження про те, що сильними магнітними властивостями можуть бути наділені тільки тверді речовини. Проте на початку 60-х років ХХ ст. в науковий ужиток стрімко увірвався термін "*магнітна рідина*", кардинально змінивши наші уявлення про властивості рідин. Цікаво відзначити, що сам термін "*магнітна рідина*" використовувався ще в ХVIII столітті, разом з "*тепловою*" і "*електричною*" рідинами. Подальший розвиток науки, здавалося б, назавжди відкинув ці поняття в кошик історії. Власне кажучи, і до теперішнього часу поки не вдалося виявити в природі або синтезувати дійсно гомогенну рідину, що наділена сильними магнітними властивостями. Тим часом, така рідина, без сумніву, зробила б переворот у багатьох галузях техніки і промисловості.

Саме зростаючі потреби техніки не дали примиритися з обмеженнями, які накладає теорія, і був знайдений обхідний шлях, що привів до створення *штучних магніточутливих рідинних середовищ*, які, на відміну від гомогенних рідин, є дисперсними, тобто містять величезну кількість мікроскопічних частинок певної сильномагнітної речовини, розподілених в однорідному рідинному середовищі. Втім, слово "*мікроскопічні*" вже не підходить для характеристики розмірів таких частинок. Розміри дисперсних магнітних частинок порівняні з розмірами атомів і молекул, тобто мають *порядок нанометрів*. Такі частинки отримують штучним шляхом (механічним дробленням, хімічним осаджуванням тощо), а потім вводять в рідину-носіє.

Рис. 1. Зображення стійкої поверхні магнітної рідини у вертикальному магнітному полі (“рідинний іжачок”)



Незначні добавки поверхнево-активних речовин забезпечують стійкість отриманої колоїдної системи, яка у багатьох відношеннях поводить себе як однорідне середовище. У штучних магніточутливих рідинних середовищах — **магнітних рідинах (МР)** — вдалося досягти поєднання двох несумісних раніше властивостей: властивості текучості, характерної для рідин, і властивості відчутно взаємодіяти з магнітним полем, що дійсно є притаманною виключно твердим тілам.

Магнітна сприйнятливості магнітних рідин в тисячі разів перевершила магнітну сприйнятливості звичайних рідин!

Можна тільки уявити собі, які відчуття опанували американських учених Коулі (Cowley) і Розенсвейга (Rosensweig), коли вони вперше помістили в магнітне поле звичайного магніту чорну рідину, що важко змивалася і мала різкий неприємний запах, до того ж отриману в результаті багатомісячних технологічних “хитрувань” з величезними фінансовими витратами. Вони побачили, що ця рідина у присутності магніту буквально оживає на очах, прилипає до магніту і перетворюється на абсолютно фантастичну симетричну систему ідеальних голкоподібних виступів. Як це було несхоже на те, що можна спостерігати у звичайних немагнітних рідин!

Для звичайних рідин зі стійкою конфігурацією поверхні існує ідеально гладка горизонтальна площина (у полі сили тяжіння) або сфера (у невагомості). А при спостереженні стійкої поверхні МР у вертикальному магнітному полі у всіх виникає практично одна і та сама асоціація — це ж іжачок (рис. 1)!

Найоригінальнішим є те, що “іжачок” залишається рідиною! Вістря рідини ніби витягуються уздовж магнітних силових ліній аналогічно до залізної тирси в магнітному полі. І це тільки початок довгого списку парадоксальних властивостей МР!

Підкоряючись магнітному полю, МР може утримуватися магнітними силами в заданій точці простору всупереч дії інших сил — гравітаційних, інерційних, капілярних, відцентрових і т. ін. Переміщаючи джерело магнітного поля, можна примусити МР рухатися в потрібному напрямі, висіти у верхній частині судини, обертатися і здійснювати безліч інших маніпуляцій, схожих на вишукані фокуси. Якщо МР помістити в статор електродвигуна, то вона стане ротором, тобто обертатиметься під дією магнітного поля електродвигуна, що обертається.

А хто б міг подумати, що в МР, яка міститься в магнітному полі, порушується непорушний, як сам Всесвіт, закон Архімеда, і немагнітні тіла з питомою вагою, що набагато перевищує питому вагу МР, не тонуть в ній, а спокійно плавають (левітують) на її поверхні? Для таких тіл доводиться вводити “магнітну” поправку до закону Архімеда, що враховує сильні магнітні властивості середовища і наявність магнітного поля. Ця поправка за величиною може у багато разів перевищувати саму силу Архімеда!

Явище **магніторідинної левітації** виявляється й інакше — постійні магніти самі плавають в МР і самоцентруються в ній. Постійний магніт, що плаває в МР, — це готовий чутливий елемент численного сімейства магніторідинних датчиків із високою точністю, що сприймає зміни просторового положення, швидкості, прискорення, тиску, величини магнітного поля і багатьох інших фізичних параметрів.

Якщо ж левітуючий магніт вивести зі стану рівноваги, то виникає повертальна сила, що прагне повернути магніт у початковий стан, — а це вже основа для застосування системи “магніт-МР” як пружини (амортизатора). Де б не з’явилася МР, в якому б процесі не брала участь — всюди доводиться вводити “магнітні”

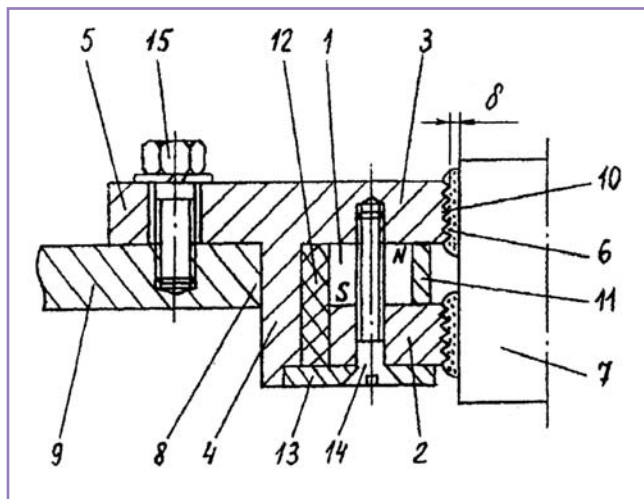


Рис. 2. Внутрішня будова МР-герметизатора:

1 — постійний магніт, 2, 3 — полюсні наконечники, 4 — обичайка, 5 — приєднуючий фланець, 6 — магнітна рідина, 7 — вал герметизуючого електродвигуна, 8, 9 — кришка герметизуючого електродвигуна, 10 — концентратори магнітного потоку, 11, 12 — немагнітне кільце, 13 — немагнітна кришка, 14, 15 — елементи кріплення

Рис. 3. МР-герметизатор



поправки. З одного боку, це значно ускладнює часто і без того складну картину процесу і його математичний опис, із іншої — дає унікальну можливість керувати процесом за допомогою магнітного поля. І ці можливості прагнуть використати і практики, і теоретики.

Гарною ілюстрацією до сказаного є приклад застосування МР як гартівного середовища. Переваги такої технології очевидні для практиків: гарт сталевих виробів в МР, рідиною основою якої є звичайна вода, дозволяє відмовитися від використання як гартівні середовища пожежно-небезпечних нафтопродуктів — оливи.

Впливаючи на водневу МР магнітним полем, можна добитися такого ж значення охолоджуючої здатності, яку має олива. Окрім того, змінюючи магнітне поле, що охолоджує, властивості МР можна регулювати в досить широких межах. Відповідно, в широких межах можна змінювати структуру і твердість гартованих виробів. Стає можливою реалізація екзотичних режимів охолодження типу "через воду в оливу", охолодження в селітрі, локально-неоднорідного охолодження за заздалегідь заданою схемою і т.п. При цьому забезпечується висока рівномірність охолодження виробів, висока стабільність властивостей гартівного середовища і її охолоджувальні здатності.

Для теоретиків з магніторідинної технології гартування великий інтерес викликало завдання розподілу температурних полів і механічної напруги в тілах різної

форми за різних режимів кипіння, при зміні магнітного поля і за різних концентрацій дисперсної фази в МР. У свою чергу, успішне вирішення теоретичних завдань дозволило звести до мінімуму залишкові деформації в гартованих виробках, на порядок підвищивши якість отримуваної продукції.

Накладення магнітних ефектів на механічні, теплофізичні, електричні, оптичні, акустичні й інші властивості МР — основа принципово нових, часто піонерських рішень у сучасній техніці.

Цікаво відзначити, що багато великих винаходів людства безпосередньо або побічно пов'язані зі спробами вирішення проблеми транспорту. До таких винаходів можна віднести, наприклад, колісницю, трубопровід, ракету, парашут, повітряну кулю, велосипед, пароплав, паровоз, автомобіль, літак, вертоліт та ін. Винахід МР також опинився безпосередньо пов'язаним із потребами розвитку транспорту.

У найпершому патенті, з якого почалася магніторідинна ера (патент США № 3215572), МР передбачалося використовувати як ракетне паливо, яким можна було б легко керувати в невагомості за допомогою

магнітного поля. Попри те, що за своїм первинним призначенням МР так і не були використані, вони набули надзвичайного поширення в інших різноманітних, часто вельми віддалених одна від одної, галузях промисловості.

На сьогодні налічуються десятки напрямів використання МР і зареєстровані тисячі патентів на МР-пристрої у всіх промислово розвинених країнах світу. Основна частина патентів припадає на магніторідинні герметизатори, — ще один піонерський винахід, поява якого також була пов'язана з потребами космічного транспорту. Вузол герметизації — невід'ємний складник будь-якої складної машини або механізму. Вал, що обертається, з погляду його герметизації, є надзвичайно проблематичним об'єктом, враховуючи все зростаючі швидкості обертання. У МР-герметизаторах кільцеподібний шар МР (завтовшки всього 0,1-0,3 мм), сформований магнітною системою, забезпечує надійну герметизацію валів, що обертаються, перебувають в умовах космічного вакууму або інтенсивної дії порошків, вологи, а також газоподібних, рідинних, агресивних середовищ під тиском (Рис.2 і 3).

У багатьох випадках МР-герметизатори здатні ефективно замінити традиційні системи герметизації, від надійності і довговічності яких часто залежить безпека функціонування складних технічних систем. Як відомо, саме відмова вузла герметизації призвела до трагедії

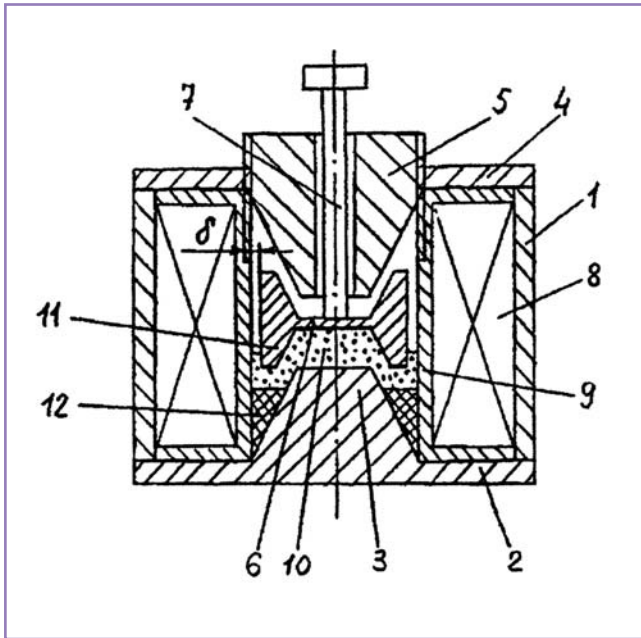


Рис. 4. Схема МР-вібратора:

1 — магнітопровідний корпус, 2, 4 — магнітопровідні фланці, 3 — нерухомий полюсний наконечник, 5 — рухомий полюсний наконечник, 6 — поршень, 7 — шток, 8 — електрообмотка, 9 — каркас електрообмотки, 10 — магнітна рідина, 11 — кільцевий бурт, 12 — еластичний обмежник

космічного корабля багаторазового використання "Челенджер".

МР-герметизатори успішно застосовувалися в космічних апаратах "Марс", "Фобос", "Буран" та орбітальних космічних станціях "Мир" і МКС, витримавши випробування на відповідність всім тим надзвичайно жорстким вимогам, які пред'являються до космічної техніки.

Магніторідинні технології є яскравим прикладом того, як "космічні" технології успішно продовжують свій шлях і в "наземній" промисловості. Так, наприклад, "наземні" розробки російських учених відмічені Гран-прі на Міжнародній виставці в Будапешті (за магнітні рідини, МР-герметизатори і МР-датчики), срібною медаллю і спеціальним призом на 49 Всесвітній виставці винаходів, інновацій і нових технологій в Брюсселі (за МР-герметизатори для хімічних реакторів), двома золотими медалями і спеціальним призом на 53-й Всесвітній виставці винаходів, інновацій і нових технологій в Брюсселі (за технологію виробництва МР і розробку МР-герметизаторів для біореакторів і ферменторів), бронзовою медаллю на Міжнародному салоні винаходів у Ліоні (за вакуумні МР-герметизатори).

Проблема віброізоляції є однією з найскладніших у техніці і, зокрема, у транспорті, оскільки практично кожен механізм є джерелом вібрації і шуму. Різноманітність і унікальність фізичних властивостей МР дозволили створити високоефективні магніторідинні амортизатори, засновані на використанні різних властивостей МР.

Зокрема в МР-амортизаторах демпфуючого типу використовується ефект зміни в'язкості МР при зміні магнітного поля, в МР-амортизаторах левітуючого типу використовується ефект магніторідинної левітації, — в цьому разі МР виконує роль не тільки демпфуючого, але й пружного елемента.

Керовані МР-віброізолятори, розроблені співробітниками НВО ім. С.О. Лавочкина (м. Москва) під керів-

ництвом д.т.н. А.М. Савостьянова, протягом багатьох років успішно застосовуються в космічній і ракетній техніці. Свої теоретичні і експериментальні напрацювання вчені запропонували використовувати в роботах з реставрації Большого театру, де виникла проблема мінімізації мікрозбурень, джерелом яких є метро і міський транспорт.

А ось як звучить назва однієї з наукових статей керівника цієї групи: "Нелінійна модель коливань магніторідинного "їжачка" в склянці"! Отже тепер можна вважати, що "рідинний їжачок" — це майже науковий термін.

Наведені приклади далеко не вичерпують перелік областей можливого застосування МР у вирішенні сучасних технологічних і екологічних проблем. Величезні потенційні можливості вдосконалення магнітних рідин, магніторідинних пристроїв і технологій, екологічна доцільність їх застосування дозволяють сподіватися, що вже в недалекому майбутньому магнітні рідини займуть одне з провідних місць серед технологічних матеріалів, що визначають технічний прогрес.

Тверда хода "рідинного їжачка" продовжується у всіх розвинених країнах світу, старанно обходячи Україну. В Україні магніторідинними технологіями займаються тільки розрізнені нечисленні групи ентузіастів при повній відсутності якої-небудь підтримки або уваги з боку держави. І це попри те, що за кількістю винаходів в області магніторідинних технологій за період з 1991 року Україна перебуває серед світових лідерів.

Серед українських винаходів є, наприклад, такі принципово нові пропозиції, як модульні МР-герметизатори, МР-герметизатори зі стільниковими полюсними наконечниками, багатопараметричні регульовані МР-герметизатори, МР-електромагнітні вібратори (Рис. 4), МР-пристрої для зниження гідравлічного опору в трубопроводі і багато інших. Поки що вони є тільки експонатами гігантського "сховища" нереалізованих винаходів.

Історично склалося так, що розвиток МР-технологій в Україні головним чином зосереджено в Харкові і Миколаєві.

Найбільша кількість патентів України щодо отримання і використання МР належить Національному університету суднобудування ім. адмірала С.О. Макарова (м. Миколаїв). У стінах цього університету плідно працювала творча група у складі С. Кельїної, М. Шевченка, автора цієї статті та інших учених і інженерів. Однак у 2003 р. ці дослідження були повністю зупинені з незрозумілих причин.

У Харкові значний внесок у розвиток теорії й практики МР-технологій зробили колишній ректор Харківського національного університету І.Є. Тарапов і завідувач кафедри Н.Ф. Пацегон, співробітники й викладачі інших харківських ВНЗ і НДІ: В. Риков, В. Голлодник, П. Петик, Т. Онопрієнко, С. Гамзаєва, В. Богуславський. Однак і в Харкові в силу різних обставин дослідження й впровадження МР практично зійшли на нульовий рівень.

Серед небагаточисленних ентузіастів, які продовжують займатися розробкою й впровадженням магніторідинних технологій, особливо хотілося б виділити ВАТ "Вінд" (м. Миколаїв), що здійснює випуск широкого модельного ряду МГ-герметизаторів для герметизації електродвигунів градирень, розробило й зареєструвало технічні умови на МР і МР-герметизатори та працює над низкою перспективних проектів із використанням МР.