

Винахід відноситься до електротехнічної промисловості і може бути використаний при відновленні акумуляторів, що втратили більш 50% номінальної ємності.

Відомі різні способи відновлення ємності акумуляторів з метою підвищення їхнього терміну експлуатації, наприклад, за допомогою заряду асиметричним струмом, глибокого розряду малими струмами, за допомогою добавок в електроліт і т. ін.

Зокрема, відомий спосіб відновлення працездатності акумуляторних батарей [див., наприклад, А.С. СССР №1327205 по МКИ H01M10/42, H01M10/44 Бюл. №28 от 30.07.87 авторы Н.Н. Вольхин, В.П. Ардабацкий и Н.В. Гоголев. Способ восстановления работоспособности аккумуляторной батареи] у процесі їхнього тривалого збереження в зарядженому стані, за яким батарея акумуляторів один або два рази піддається заряду, що нівелює, при температурі (40...60)°C струмом (1,0...0,01)C_н, причому після досягнення на батареї напруги (95...97,5)% від граничної, або надання (50...70)% від C_н зарядний струм періодично раз у годину переривають на (10...30) хвилин. Спосіб дозволяє багаторазово використовувати акумуляторні батареї, що зберігаються в зарядженому стані тривалий час.

Недоліком цього способу є неможливість збільшення ємності акумуляторів, що у результаті тривалого збереження або експлуатації з порушеннями режимів зарядно-розрядних циклів, втратили більш 50% C_н за рахунок збільшення розмірів зерен активної маси.

Також відомий спосіб ультразвукового очищення деталей [див., наприклад, А.С. СССР №878373 по МКИ B 08B3/12 Бюл. №43 от 07.11.81 авторы Ф.А. Бронина, О.В. Зилонова, А.Ф. Закатова и др. Способ ультразвуковой очистки деталей], що включає збудження в робочій рідині ультразвукової кавітації з утворенням акустичної течії від поверхні випромінювача до деталей, причому для скорочення часу очищення деталей на акустичну течію впливають спрямованим потоком робочої рідини з певною швидкістю з метою видалення з зони очищення газових пухирців.

Недоліком цього способу є неможливість його використання безпосередньо для відновлення ємності акумуляторів, тому що електроліт в акумуляторі не може бути проточною рідиною.

Найбільш близьким по технічній суті та обраний як прототип є спосіб підвищення ємності акумуляторів шляхом ультразвукового диспергування активної маси при виготовленні окисно-нікелевих електродів у процесі виробництва акумуляторів, описаний у літературі [див., наприклад, Скалозубов М.Ф. Активные массы электрических аккумуляторов. - Новочеркасск: РИО НПИ, 1962].

Результати впливу акустичних коливань на готову електродну масу свідчать про те, що підвищення електричної ємності, що спостерігається, відбувається, головним чином, за рахунок зменшення зернистості та збільшення поверхні контакту активної маси електродів з електролітом. При цьому технологічний процес ультразвукового впливу представляє собою ультразвукові коливання з частотою в діапазоні від 100 до 1500 Гц і від 27 до 87 кГц при температурі 40°C протягом (5...30) хвилин.

Недоліком даного способу збільшення ємності акумуляторів є неможливість його використання для готових акумуляторів, що знаходяться тривалий час в експлуатації або збереження і втратили більше ніж 50% своєї номінальної ємності, а не в процесі їхнього виробництва.

В основу винаходу поставлена задача збільшення ємності акумуляторів, що втратили більше ніж 50% номінальної ємності в процесі експлуатації або тривалого збереження.

Поставлена задача досягається тим, що за способом збільшення ємності лужного акумулятора шляхом впливу на активну масу електродів ультразвуковими коливаннями, відповідно до винаходу, акумулятори піддають впливу ультразвуковими коливаннями з частотою впливу (20±10)кГц і амплітудою зсуву випромінювача (0,09...0,3)мкм, при цьому здійснюють складний механічний рух акумулятора відносно випромінювача протягом часу від 5 до 20 хв.

Впровадження додаткового складного механічного руху при ультразвуковій обробці дозволило добитися більш ефективного збільшення ємності акумуляторів не лише за рахунок диспергування активної маси електродів, а і промивання сепараторів та руйнування містків, що закорочують електроди. В результаті диспергування активної маси електродів збільшується площа контакту активної маси з електролітом за рахунок чого, як і в способі - прототипі, збільшується ємність акумуляторів; разом з цим у процесі ультразвукового впливу усуваються міжелектродні замикання, що викликали втрату ємності акумулятора в процесі зарядно-розрядних циклів.

Час впливу ультразвуковими коливаннями повинен бути в межах від 5 до 20 хвилин, тому що при ультразвуковому впливі на акумулятор менш 5 хвилин активна маса електродів акумулятора не встигає в достатньому ступені диспергуватися, щоб одержати позитивний ефект відновлення акумулятора. А при впливі на акумулятор ультразвуковими коливаннями більше 20 хвилин може відбутися руйнування корпусу акумулятора і опадання активної маси з електродів.

На Фіг.1 представлена схема реалізації процесу ультразвукового впливу, де 1 - акумулятор; 2 - ультразвукова камера; 3 - робоча рідина; 4 - випромінювач; 5 - коливальний рух акумулятора; 6 - обертальний рух акумулятора.

На Фіг. 2 представлена якісна зміна розміру кавітаційної порожнини за один період ультразвукової хвилі, де 7 - крива зміни розміру кавітаційної порожнини; 8 - крива зміни інтенсивності ультразвукової хвилі.

Спосіб реалізується таким чином. Акумулятор 1 (Фіг.1) установлюють в ультразвуковій камері 2 з робочою рідиною 3 і забезпечують складний рух акумулятора щодо акустичної течії (рух 5 та 6).

Під впливом ультразвукових коливань кавітаційна порожнина (пухирець) піддається впливу сил гідростатичного тиску P_0 ; акустичного тиску αP_A , де α - коефіцієнт усереднення тиску на розглянутій ділянці синусоїди; тиск пари і газу $P_{п.г.}$ у пухирці; сил поверхневого натягу P_σ ; динамічного тиску, який виникає завдяки потоку рідини P_d . Ми не враховуємо сили грузлого тертя, тому що для рідин з малою в'язкістю (вода, водяні розчини кислот і лугів), застосовуваних в ультразвуковій технології, сили грузлого тертя незначні. З огляду на те, що пульсації порожнин на ультразвукових частотах протікають за дуже короткий інтервал часу (кілька десятків мікросекунд), ми не враховуємо також дифузію газу на границі рідина-стінка пухирця. Величина і напрямок діючих на стінку пухирця результуючих сил у процесі пульсацій змінюються в залежності від фази коливань і інерційних властивостей пухирця.

Розглянемо, як змінюється величина діючих сил і співвідношення між ними в процесі пульсацій за один період коливань (Фіг.2).

На кривій зміни радіуса пухирця в часі 7 можна відзначити кілька характерних ділянок: початок фази розширення (ділянка oa); безперешкодний ріст пухирця (ділянка ab); ріст пухирця по інерції (ділянка bc); початок фази нахльостування (ділянка cd); стиск пухирця по інерції (ділянка df); вторинне розширення пухирця (ділянка fg). При вторинному розширенні пухирця виникає мікроударна хвиля, під дією якої і відбувається диспергування активної маси.

Динаміка кавітаційної порожнини, при вищеописаних допущеннях, теоретично описується рівнянням (1) [див., наприклад, Ультразвуковая технология. / Под ред. докт.техн.наук, проф. Б.А. Аграната. - М.: Металлургия, 1974].

$$\rho \cdot \left(R \cdot \ddot{R} + \frac{3}{2} \cdot \dot{R}^2 \right) - \left[\left(P_0 - P_{п} + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \cdot \left(\frac{R_0}{R_{\max}} \right)^3 + P_{п} \right] \cdot \left(\frac{R_{\max}}{R} \right)^{3\gamma} + \frac{2\sigma}{R} + P_0 - P_A \sin(\omega t) = 0,$$

(1)

де ρ - щільність середовища; R - поточний радіус пухирця; P_0 - гідростатичний тиск середовища; $P_{п}$ - тиск насичених парів середовища; σ - коефіцієнт поверхневого натягу середовища; R_0 - початковий радіус пухирця; R_{\max} - максимальний радіус пухирця; γ - показник політропи; P_A - звуковий тиск; ω - кутова частота хвилі; t - час.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (2)$$

де f - частота звукової хвилі.

$$P_A = \rho \cdot c \cdot \omega \cdot A \quad (3)$$

де c - швидкість звуку в середовищі; A - амплітуда зсуву випромінювача.

На підставі аналізу і статистичної обробки даних, отриманих при чисельному рішенні рівняння (1), [див., наприклад, Бронин Ф.А. Исследование кавитационного разрушения и диспергирования твердых тел в ультразвуковом поле. - Канд. дис., М., 1996.] було запропоновано безрозмірний критерій для оцінки ерозійної активності звукового поля

$$\chi = \frac{R_{\max}^3}{R_{\min}^3 \cdot \Delta t \cdot f}.$$

З урахуванням даного критерію рішення рівняння (1) має вид:

$$\chi = \frac{8,14 \cdot (P_A - P_0)^{5/2} \cdot (0,2 \cdot P_A + P_0)^{7/2}}{P_A^3 \cdot P_{п}^3}, \quad (4)$$

Використовуючи рівняння (4) для ультразвукової установки з частотою ультразвукового впливу (20 ± 10) кГц, робочим середовищем - водою з $P_{п} = 2,2 \cdot 10^3$ Па та гідростатичним тиском $P_0 = 10^5$ Па, одержимо рівняння (5):

$$\chi = f(P_A), \quad (5)$$

Диференціюючи % по P_A і дорівнявши отримане вираження до нуля визначаємо оптимальне значення $P_A = 0,25 \cdot 10^5$ Па. Тоді з рівняння (3) одержимо:

$$A_{\min} = \frac{P_A}{\rho \cdot c \cdot \omega} = \frac{P_A}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot c \cdot f}; \quad (6)$$

$$A_{\min} = \frac{P_A}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot c \cdot f_{\max}} = \frac{0,25 \times 10^5}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 1,45 \times 10^3 \cdot (20 + 10) \times 10^3} \approx 0,09 \text{ мкм}$$

$$A_{\min} = \frac{P_A}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot c \cdot f_{\max}} = \frac{0,25 \times 10^5}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 1,45 \times 10^3 \cdot (20 - 10) \times 10^3} \approx 0,3 \text{ мкм}$$

$$A = \frac{P_A}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot c \cdot f} = \frac{0,25 \times 10^5}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 1,45 \times 10^3 \cdot 17 \times 10^3} \approx 0,137 \text{ мкм}$$

Приклад реалізації способу.

При використанні даних аналізу був реалізований запропонований метод відновлення акумуляторів на ультразвуковій установці з водою як робочою рідиною для передачі ультразвукових коливань безпосередньо у внутрішню порожнину акумулятора через стінки корпусу акумулятора, що коливаються. Для забезпечення ультразвукового впливу на активну масу електродів і на сепаратори використовується електроліт акумулятора. Оскільки температура електроліту $20 \pm 5^\circ\text{C}$ є оптимальною з погляду протікання процесу кавітації в рідині, то ультразвуковий вплив проводився при даній температурі. У зв'язку з тим, що теоретичні розрахунки оптимальних параметрів ультразвукового впливу були проведені за умови обробки акумуляторів при нормальному атмосферному тиску, то експериментальні дослідження також проводилися при нормальному атмосферному тиску з частотою ультразвукового впливу 17кГц і амплітудою зсуву випромінювача 0,137мм.

Запропонований спосіб був реалізований в ультразвуковій установці при зазначеному положенні акумулятора в рідині ультразвукової камери (див. Фіг.1). При впливі ультразвукових коливань відбувається диспергування активної маси електродів. Для більш активного протікання процесу пухирці газу, що створюють шар біля пластин активної маси, відводяться шляхом перемішування електроліту. Перемішування електроліту здійснюють шляхом складного руху акумулятора, який можна досягти, наприклад, його обертанням (рух 6 Фіг.1) і коливанням (рух 5 Фіг.1) щодо акустичної течії, або виконуючи який-небудь інший складний рух акумулятора щодо акустичної течії. При цьому також відбувається активне руйнування містків і промивання сепараторів. При забезпеченні складного руху акумулятора збільшується можливість проникнення електроліту в усі області акумулятора, внаслідок чого електроліт змиває зруйновані під впливом ультразвуку містки, які закорочують електроди, в донну частину акумулятора. Після завершення ультразвукового впливу акумулятор промивається, згідно ТУ і ДСТУ на акумулятори, з метою видалення шламу як продукту ультразвукового впливу.

Запропонований спосіб збільшення ємності акумуляторів шляхом впливу на активну масу лужних нікель-кадмієвих акумуляторів типу НК-14, НК-13 і НК-28 був реалізований на модернізованій ультразвуковій установці. Як показали результати досліджень, акумулятори при залишковій ємності $(20...30)\%C_n$ після ультразвукового впливу стійко підвищували ємність у $(2,5...3)$ рази. Окремі екземпляри відновили свою номінальну ємність повністю.

Слід зазначити ту обставину, що для реалізації цього способу можуть бути використані стандартні ультразвукові установки з невеликою модернізацією. Це має важливе практичне значення, тому що дозволяє пристосувати для відновлення ємності акумуляторів та продовження терміну їхньої експлуатації наявні на підприємствах ультразвукові установки, призначені для інших цілей.

Таким чином, запропонований спосіб відрізняється від способу - прототипу, може бути просто реалізований і дозволяє одержати корисний ефект, поставлений у задачі на винахід.

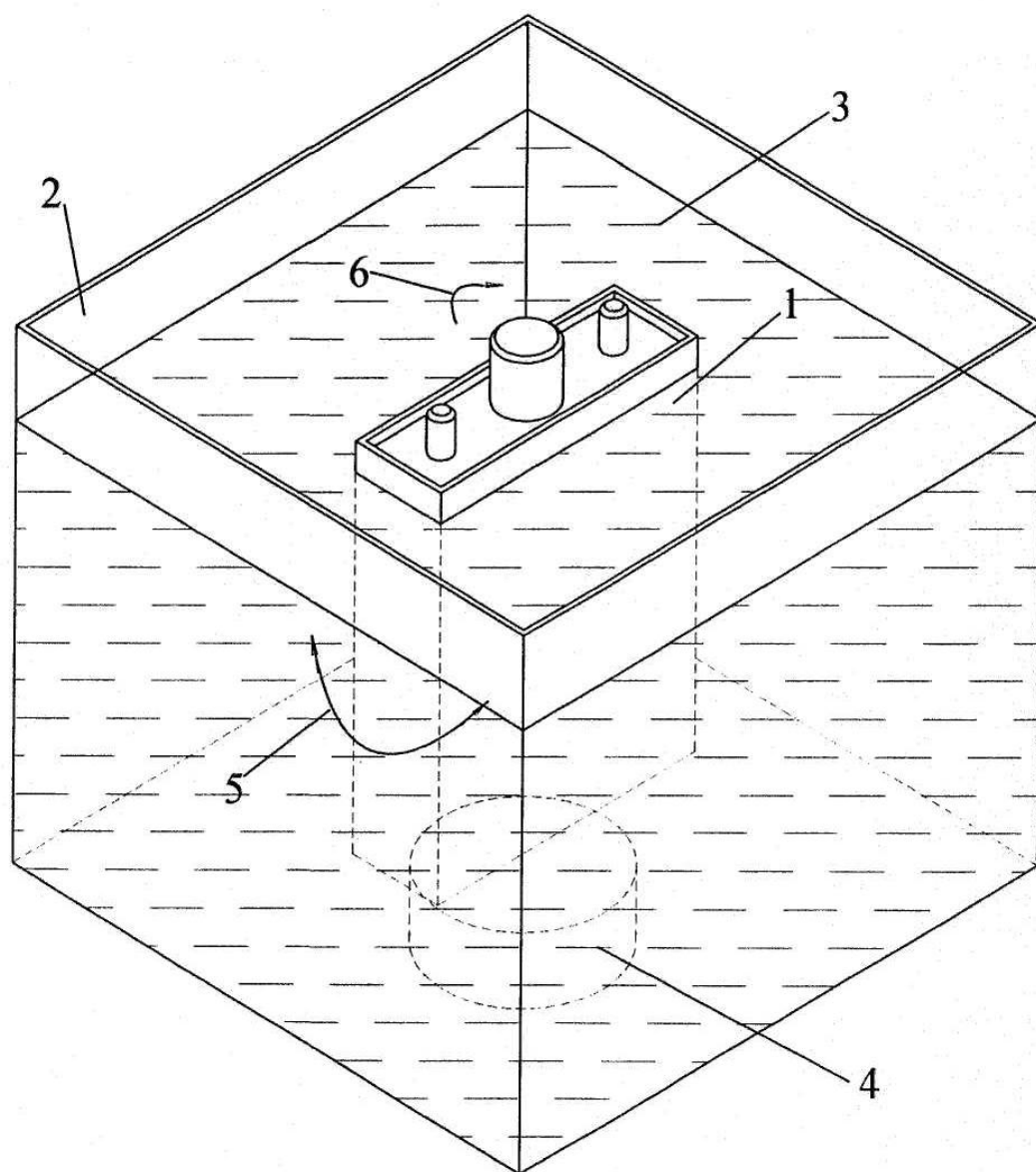
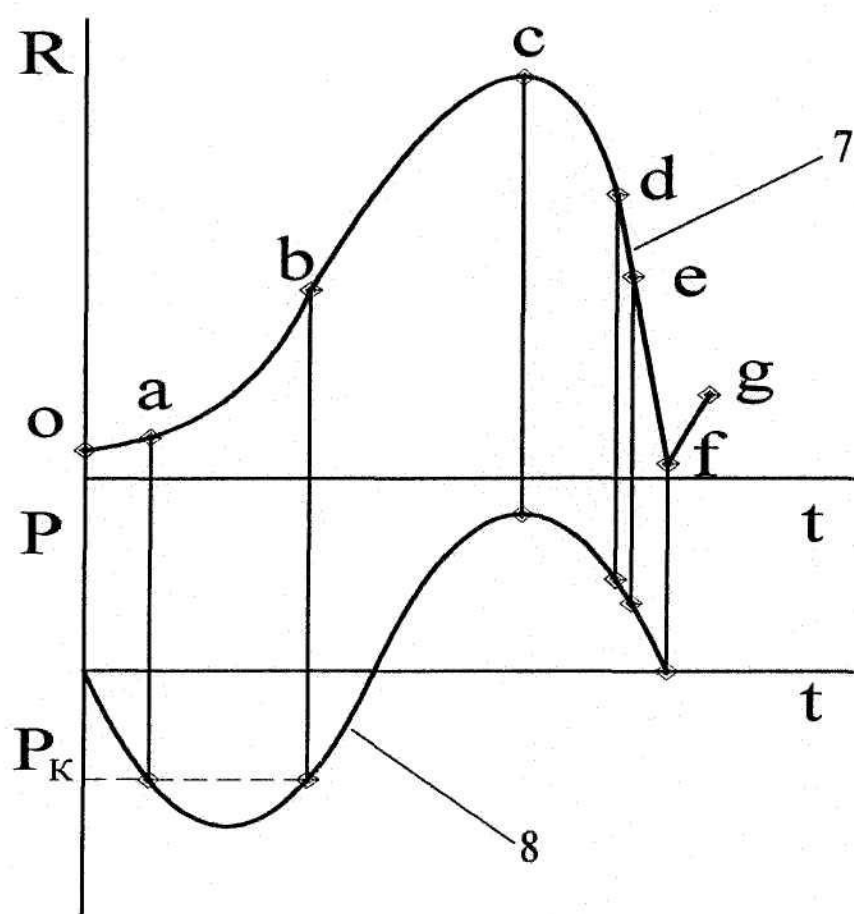


Fig. 1.



Фиг. 2.