

УДК 534.222

О. В. ДЕРЕВ'ЯНКО¹, О. І. РАЙЧЕНКО¹, В. С. МОСІСНКО², О. В. ДЕРЕВ'ЯНКО¹¹Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України, Україна²Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є.Кавецького НАН України, Україна

ВПЛИВ ЕЛЕКТРО-МЕХАНІЧНОЇ ДІЇ НА ЕЛЕМЕНТИ СТРУКТУРИ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ

Проаналізовано результати досліджень щодо впливу електро-механічної дії на елементи структури дисперсних об'єктів і живих організмів. На прикладі моделі кавітаційного магнітогідродинамічного резонатора висунуто думку про єдині загальні підходи у формуванні електро-механічної дії на гетерогенні системи на межі переходу від одного складника до іншого.

Показано, що додаткове до електромагнітної дії накладення коливань механічної природи сприяє появі в гетерогенній системі резонансних явищ. Такі явища можуть призводити до руйнування оболонок компонентів машин, механізмів чи змінювати стан матеріального або живого об'єкта.

Ключові слова: Акустичні хвилі, механічна вібрація, кавітація, резонатор Гельмгольца, магнітогідродинамічний резонатор, електро-механічна дія, твердий сплав, біорезонансна терапія.

Вступ. При проходженні акустичних хвиль, що викликають, наприклад, від механічної вібрації, через речовину, мають місце різні явища фізичного плану: очищення зерен металевого або металокерамічного порошку від різного роду покриттів або забруднень, дисперсія самої хвилі з-за неоднорідності розташування складників, дегазація або заповнення порожнеч. Завдяки цим явищам механічні хвилі акустичного діапазону використовуються в декількох промислових областях та мають перспективу корисних застосувань.

Проте, механічна вібрація може породжувати безповоротні процеси, наприклад, коли вона застосовується при обробці розплавлених металів. Найбільша проблема – це небажана зміна складу виробу за рахунок розчинення інструментального стержня, котрий передає механічну вібрацію в розплав з метою його гомогенізації або створення в продукті просторової сітки порожнеч. Але Charles Vivès [1] запропонував свій метод створення порожнеч усередині виробу шляхом дії електро-механічних вібрацій замість тільки механічних. Електро-механічний метод є неконтактним методом, який усуває найбільшу перешкоду механічного методу вібрації. Vivès та ін. спостерігали дезинтеграцію кластера при затвердінні Al-Si сплавів під дією змінного електричного поля і постійного магнітного поля. Факт проходження процесу кавітації в середовищі походить від утворення ділянок з дуже високим тиском і, відповідно, розрідженням, що має місце в розплаві за допомогою підведення змінної у часі електро-механічної сили. Але, в принципі, можна ініціювати явища кавітації з набагато меншою витратою енергії, якщо задіяти ефект створення резонансу від акустичної хвилі. Таким чином, важливо те, що акустичні хвилі можуть взаємодіяти з осцилюючим магнітним полем. У результаті від дії звуко-магнітного поля (суперпозиції звукової та магнітної хвиль) можливо отримати резонансне явище в розплаві, що піддається відповідному математичному розрахунку. Виявляється, що поле звукового тиску в розплавленому металі, що може бути здетектоване напівпровід-

никовим перетворювачем, можливо описати теоретичним виразом [1]. Більше того, Vivès досліджував магнітогідродинамічний розчин на прикладі малої лабораторної моделі і показав, що амплітуда вібруючого тиску зростає дуже різко при певній частоті.

З точки зору індустріального застосування звуко-магнітного методу, який може поліпшити ситуацію з очищенням зерен сплаву, існує серйозна перешкода масо-габаритного характеру, оскільки зливки великих розмірів вимагають досить великих енерговитрат, щоб досягти прийнятної міри (обширності) кавітації. Дійсно, нелегко прикласти відносно інтенсивне стаціонарне і сильне магнітне поле усередині вакуумного проміжку порядком 30 см і пропустити струм силою близько 40000 А. При цьому техніка для створення електромагнітних коливань повинна працювати в резонансному діапазоні оброблюваної системи з обмеженням струму і поля. Вищезазначені вимоги щодо створення пристроїв для звуко-магнітної обробки можливо реалізувати, взявши за основу принцип резонатора Гельмгольца, який використовують в магнітній електродинаміці.

Мета роботи. Показати, що резонансне явище, яке є результатом суперпозиції двох різних фізичних дій на систему, може мати кардинально різні напрямки застосування. Це можливе формування або ж зміна структури дисперсних об'єктів, стан компонентів машин в цілому, так і життєві фактори організмів.

Постановка завдання. Резонатор Гельмгольца складається з бутля довільної форми (сферичної або циліндричної) з горловиною, яка майже повністю запобігає обміну повітря, між порожниною бутля і зовнішнім оточенням. Більш того, розміри резонатора досить малі в порівнянні з довжиною хвилі звуку, при якій буде виробляється резонування.

Робочий принцип магнітогідродинамічного (МГД) резонатора (рис. 1) майже аналогічний резонатору Гельмгольца. Цей резонатор складається з порожнини, що містить рідкий метал, де перешийок оголовлюється імпульсного типу електромагнітною помпою. Ця помпа грає роль збудника для резонансної смуги частот. Напруга змінної частоти N прикладається між двома електродами, тоді як помпа створює стаціонарне магнітне поле B_0 , спрямоване перпендикулярно проходженню змінного електричного струму.

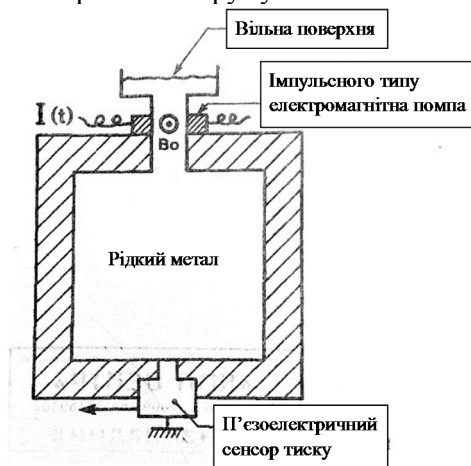


Рис. 1. Принципова схема кавітаційного МГД резонатора

Роботу кавітаційного МГД резонатора було досліджено на малій лабораторній моделі. Розміри імпульсного типу електромагнітної помпи склали: ширина 4 мм, довжина 24 мм, висота 6,5 мм. Внутрішні розміри циліндричної резонансної порожнини, що заповнена ртуттю, були: діаметр 52 мм, висота 45 мм. Діапазон пульсацій електричного струму, що створюється частотним генератором, дозволяє детектувати максимальне значення тиску усередині порожнини, який вимірювався п'єзоелектричним сенсором, на резонансній частоті. Оскільки модулі пружності рідкого металу і стінок порожнини, зробленої з нержавіючої сталі, були одного порядку, резонансний сплеск в системі був досягнутий при $N=824$ Гц і був дуже вузьким (рис. 2). При цьому спостерігалось, що усі інші параметри залишалися незмінними при амплітуді результуючого тиску P_0 в порожнині в ~ 10 одиниць, що є відношення амплітуди тиску при частоті N до амплітуди тиску при $N = 50$ Гц.

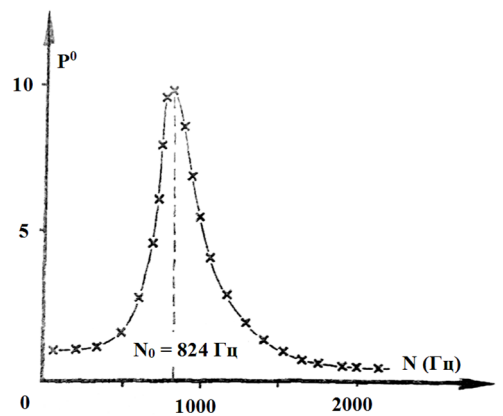


Рис. 2. Сплеск тиску від суперпозиції параметрів дії на систему

Отриманий результат має перспективу використання запропонованого пристрою для металургійного застосування, як найосновніше. Було продемонстровано також, що вібрації механічного походження звукового або ультразвукового діапазону мають тенденцію для створення умов збільшення рідкотекучості або ефекту просочуваності рідкої компоненти в системі. Збільшення рідкотекучості, як здібності розплавленого металу заповнювати дуже вузькі порожнечі або щілини чи пори (канали, порожнечі) між зміцнюючими волокнами в дисперсних композиціях, також було показано у ряді робіт при отриманні композиційних матеріалів методом електроспінання при якому використовувалося подібного типу електро-механічна дія [2; 3]. Більше того, комплекс вібрацій сприяють збільшенню змочування з наступним зміцненням металевих розплавів, що є результатом часткової десорбції адсорбованих газів з поверхні часток під час консолідації під електро-механічною дією.

Техніка інфільтрації зазвичай використовується для отримання матричних композицій на металевій зв'язці. Інфільтраційна технологія включає розташування заготовки з волокна в середину мульди з наступним інфільтруванням її розплавленим металом з метою отримання композиційного матеріалу. Рідкий або розплавлений метал не може самостійно змочувати заготовку з волокна, отже, необхідно застосувати додаткову дію (силове навантаження на систему), або за допомогою додаткового зовнішнього тиску, наприклад, на основі електро-механічної дії [4; 5], щоб пересилити капілярні і затримуючі проникнення сили.

Вищевикладене дає підставу для обговорення принципів створення інфільтраційної технології. Цей метод добре працює при інфільтрації заготовки алюмінієм і сплавами на його основі при застосуванні електротехнології з аспектами електро-механічної дії, де вузол спікання може розглядатися, як МГД резонатор Гельмгольца.

Різниця в щільності твердосплавних компактів, отриманих електроспінанням і рідкофазним спіканням. У якості ілюстрації ролі електричної дії на об'єкт, що спікається, можна використати приклад обробки твердого сплаву на основі WC-Co [6]. Виявляється, що густина пульсуючого електричного струму при проходженні крізь опір, яким є шихтовий склад, вище, ніж при традиційному рідкофазному спіканні. У цьому порівнянні існує найбільша різниця в щільності виробу, як і в міцностях при різних температурах при 0,6-0,8 T_m (T_m – абсолютна температура плавлення).

Усі досягнуті результати при електроспінанні демонструють ущільнення і мінімальне збільшення зерен та досягнення гарного металевого зв'язку між частками (зернами), який і визначає міцність спечених компактів з порошку. Це можна, зокрема, пояснити усуненням оксидів і забруднень з поверхні часток. Спінання при високих температурах (у вакуумі або у відновних атмосферах) зазвичай забезпечує хороший міжчастковий зв'язок завдяки розкладанню оксидів. У порошках із стабільнішими оксидами прямий міжчастковий контакт може бути досягнутий або механічним усуненням поверхневих оксидів, або фізичною активацією поверхні часток перед завершальним ущільненням.

При електроспінанні оксид усувається за рахунок електро-механічної дії з наступним утворенням гарного міжчасткового зв'язку. Такий ефект може бути приписаний явищу «рисання» у відомих межах при дії на об'єкт струмом (електронагрів наприклад) до досягнення стадії термічного стану з пониженням електричного опору проходженню струму по ізоляційним плівкам, наприклад, або пропускання електричного розряду з отриманням ефекту іскріння між дисперсними компонентами. Можна нагадати, як приклад, про відносно підвищення щільності твердосплавних компактів складу WC-10% Co. Дослідження показали, що щільність отриманого контакту сильно впливає на стійкість матеріалів в умовах тертя і зношування.

Цікаво, що на відміну від більшості завдань, пов'язаних із зміцненням і збільшенням терміну експлуатації виробів на основі твердих сплавів, виникають також, як нетрадиційне розглядання моделі на основі електро-механічної дії на об'єкти і фізичні тіла, завдання по зменшенню дії або нівеляції джерел нездоров'я, як, наприклад, було розглянуто спочатку в [7; 8].

Таким чином можна сміливо озвучити приклад способу девіталізації носіїв онкологічних захворювань (пухлини, пухлинні клітини, мікроорганізми). Тут електричне поле і електромагнетизм покликані зіграти роль, яка допомагає «винищити» із структурних елементів композитів при їх отриманні «шкідливі» утворення, такі, як пори, закрути тріщин, розкладання кисневмісних компонентів.

Вплив комплексу коливань на метаболізм живих об'єктів. Лікування екозогенними та (або) ендогенними електромагнітними хвилями низької інтенсивності певної форми та частоти, з якими структури організму вступають в резонанс, покладено в основу застосування біорезонансної терапії. Принцип лікування базується на подавленні патологічних, оновленні та посиленні фізіологіч-

них частотних спектрів хвиль та їх синхронізації. У основу концепції покладено емпіричні спостереження за можливостями впливу на окремі органи людини та на увесь організм в цілому через певні точки на його шкірі. [9]. У 45-ти країнах світу біорезонансна терапія є невід'ємною частиною медицини. Р. Фолль інтегрував сучасну наукові напрямки, такі як електрофізіологія, імунологія, хронопатологія та інші розділи з практикою китайською медициною. У Англії, Німеччині та Росії почали винаходити нові прилади для практичного застосування нового методу. Вони стали якщо не інструментами альтернативної (неортодоксальної) терапії, то відповідною допомогою енцефалографії та томографії. Відповідно на основі практичних досліджень було створено атласи щодо використання електромагнітних хвиль при окремих захворюваннях (декілька сотень) з частотами від 0,01 Гц до 10000 Гц [10].

Відомо, що зміна індукції магнітного поля призводить до збуджень в біотканині, як середовищі гетерогенному із виникненням механічних коливань на частотах електромагнітних вихорів, причому механічні коливання, що можуть розвинути в біосередовищі, є змінні, як по силі, так і по напрямку, тобто створюються кавітаційні коливання, як по поданій модель МГД кавітаційного резонатора. Здійснювана за рахунок цього вібростимуляція призводить до посилення дифузійних процесів (через зміни коефіцієнта дифузії через клітинні мембрани), до зміни іонного стану, зрушення показника рН, зміщення колоїдів, зміщення білкових фракцій і зміни процесів окислення.

Вібростимуляція на основі електро-механічної дії специфічних нервових рецепторів шкіри в біологічно активних точках викликає інтенсивний потік аферентної імпульсації з периферії в ЦНС. Це рефлекторним шляхом впливає на загальні регуляторні механізми іннервації судин, збільшує об'єм мікроциркуляторного русла, збільшує кількість циркулюючої артеріальної крові і транспорт кисню, що позитивно позначається на характері метаболічних процесів, веде до ліквідації застійних явищ, і, як наслідок, покращення трофіки тканини.

Збудження, що виникають в біосередовищі від дії електромагнітних і механічних кавітаційних коливань застосовують при лікуванні пухлин достатньо часто з метою створення зіткнень імунокомпетентних клітин з антигенами, що підвищує антигенність поверхневих антигенів (ПА), які знаходяться на поверхні клітин. Така комплексна дія також знижує електричний потенціал пухлинних клітин, що утруднює звичайне зіткнення і покращує розпізнавання цих клітин імунокомпетентними клітинами. Позитивний ефект для живого організму створюється за рахунок того, що вказані кавітаційні коливання генерують додаткові сили, які сприяють подоланню сил кулонівської взаємодії між пухлинними та імунокомпетентними клітинами. Кавітаційні поля зривають з поверхні клітин ПА і переводять їх у навколишню рідину, відносячи таким чином частину заряду з пухлинних клітин, а такі вільні антигени можуть бути легко доступні клітинам імунної системи [11].

Висновки. Модель кавітаційного магнітогідродинамічного резонатора є основою щодо об'єднання результатів досліджень впливу електро-механічної дії на елементи структури дисперсних об'єктів і живих організмів.

Електро-механічна дія на елементи на гетерогенні системи відбувається на межі переходу від одного складника до іншого.

Дослідження моделі і практичні напрацювання показують, що додаткове до електромагнітної дії накладення механічної природи коливань сприяє появі в

гетерогенній системі резонансних явищ, що, в принципі, може призводити зміни стану компонентів машин, механізмів чи матеріального або живого об'єкта.

Список літератури

1. Charles Vivès - Effects of forced electromagnetic vibrations during the solidification of aluminum alloys: Part I. solidification in the presence of crossed alternating electric fields and stationary magnetic fields. Metallurgical and Materials Transactions B, June 1996, Volume 27, Issue 3, pp 445–455.

2. Райченко А.И., Истомина Т.И., Троян И.А. Спекание порошков при наложении электрического тока и периодических механических импульсов // Порошковая металлургия. – 2000. - №3-4. – С. 105–109.

3. Отчет о выполненной работе отдела 35 по теме 1.3.2/2. Подэтап 4.2. Исследование структуры и свойств материалов, полученных спеканием токами различного гармонического состава. ИПМ АН УССР. – 1981. Науч. руководитель д.т.н. А.И. Райченко.

4. Райченко А.И., Истомина Т.И., Попов В.П., Деревянко А.В., Вишняков Л.Р., Мороз В.П. Активизирующее действие электрического тока на проникновение расплавленного металла вглубь поверхностных дефектов материалов различной физической природы // Порошковая металлургия. - 2003. - № 3–4. - С. 124-128. (Raichenko A.I., Derevyanko A.V., Popov V.P., Vishnjakov L.R., Moroz V.P. Activating Action of an Electric Current on the Penetration of Molten Metal into Surface Defects of Materials of a Diverse Nature // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. - 2003. - V. 42, No 3-4. - P. 213-216).

5. Попов В.П., Райченко А.И., Вишняков Л.Р., Мороз В.П., Красовский В.П., Горобинская В.Д., Деревянко А.В. Безвакуумная пропитка в системах металл- неметаллический наполнитель под действием электрического тока. - Сборник тезисов докладов международной конференции "Перспективные материалы 99" (ПМ-99). – Киев. – 1999. – 4-7 октября. – с. 115.

6. Райченко А.И. Способ упрочнения твердых сплавов. /Райченко А.И., Черникова Е.С., Буренков Г.Л., Черненко Л.И.// А.С, СССР №1775947, 8.06.1990.

7. Райченко А.И. Сравнительный анализ математических одночастичных моделей в материаловедении и онкологии. I. Математические модели. - Порошковая металлургия.- 2005.- №11/12.С.72-77

8. Райченко А.И., Сравнительный анализ математических одночастичных моделей в материаловедении и онкологии. II. Качественное исследование уравнений // Порошковая металлургия. - 2006.- №1/2.- С.92-98.

9. Тезисы и доклады IX международной конференции "Теоретические и клинические аспекты биорезонансной терапии", Скотт Морли, Лондон, Великобритания, 2003г.

10. Патент України № 15083, МПК А 61 N 2/00, 2006 р., "Склад для біорезонансної терапії".

11. Патент України № 29009, МПК А 61 N 2/02, 2002 р., "Магнітотерапевтичний апарат".

Стаття надійшла до редакції 07.09.2017.

Дерев'яно Олена Василівна – мол. наук. співроб. відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича (ІПМ НАН України).

Райченко Олександр Іванович – док. техн. наук, головний наук. співроб. відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича (ІПМ НАН України), м. Київ.

Мосієнко Володимир Сергійович – док. мед. наук, провідний наук. співроб. відділу Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є. Кавецького НАН України, м. Київ

Дерев'яно Олександр Васильович – наук. співроб. відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича (ІПМ НАН України), м. Київ.

O. V. DEREV'YANKO, O. I. RAICHENKO, V. S. MOSIENKO, O. V. DEREV'YANKO

THE ELECTRO-MECHANICAL ACTION TO THE HETEROGENEOUS SYSTEM STRUCTURAL ELEMENTS

The results of studies under electro-mechanical action for structure elements of disperse objects and living organisms are shown. On the example of the cavitation magnetohydrodynamic resonator model, an opinion was expressed what is unity of common approaches at formation of electro-mechanical action in heterogeneous systems in point of boundary of the transition from component to another component.

It is shown that the addition of the mechanical nature of the oscillations to the electromagnetic action contributes to the appearance of resonant phenomena in the heterogeneous system. This, in principle, can lead to the destruction of the shells and coats of machine components, mechanisms or to change of the state in material or living object.

Keywords: acoustic waves, mechanical vibration, cavitation, Helmholtz resonator, magnetohydrodynamical resonator, electromechanical action, hard alloy, bioresonance therapy

Reference

1. Charles Vivès - Effects of forced electromagnetic vibrations during the solidification of aluminum alloys: Part I. solidification in the presence of crossed alternating electric fields and stationary magnetic fields. Metallurgical and Materials Transactions B, June 1996, Volume 27, Issue 3, pp 445–455.
2. Rajchenko A.I., Istomina T.I., Trojan I.A. Spekanie poroshkov pri nalozhenii jelektricheskogo toka i periodicheskikh mehanicheskikh impul'sov // Poroshkovaja metallurgija. – 2000. №3-4. – S. 105–109.
3. Otchet o vypolnennoj rabote otdela 35 po teme 1.3.2/2. Podjetap 4.2. Issledovaniye struktury i svoystv materialov, poluchennykh spekaniem tokami razlichnogo garmo-nicheskogo sostava. IPM AN USSR. – 1981. Nauch. rukovoditel' d.t.n. A.I. Rajchenko.
4. Rajchenko A.I., Istomina T.I., Popov V.P., Derevjanko A.V., Vishnjakov L.R., Moroz V.P. Aktivizirujushhee dejstvie jelektricheskogo toka na proniknovenie rasplavlennogo metalla vglub' poverhnostnykh defektov materialov razlichnoj fizicheskoy prirody // Poroshkovaja metallurgija. 2003. № 3–4. S. 124–128. (Raichenko A.I., Derevyanko A.V., Popov V.P., Vishnjakov L.R., Moroz V.P. Activating Action of an Electric Current on the Penetration of Molten Metal into Surface Defects of Materials of a Diverse Nature // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. 2003. V. 42, No 3 4. P. 213–216).
5. Popov V.P., Rajchenko A.I., Vishnjakov L.R., Moroz V.P., Krasovskij V.P., Gorobinskaja V.D., Derevjanko A.V. Bezvakuumnaja propitka v sistemah metall- nemetalliche-skij napolnitel' pod dejstviem jelektricheskogo toka. - Sbornik tezisov dokladov me-zhdunarodnoj konferencii "Perspektivnye materialy 99" (PM-99). – Kiev. – 1999. – 4-7 oktjabrja. – s. 115.
6. Rajchenko A.I. Sposob uprochnenija tverdyh splavov. /Rajchenko A.I., Chernikova E.S., Burenkov G.L., Chernenko L.I.// A.S, SSSR №1775947, 8.06.1990.
7. Rajchenko A.I. Sravnitel'nyj analiz matematicheskikh odnochastichnykh modelej v materialovedenii i onkologii. I. Matematicheskie modeli. - Poroshkovaja metallurgija.- 2005.- №11/12.S.72-77
8. Rajchenko A.I., Sravnitel'nyj analiz matematicheskikh odnochastichnykh modelej v materialovedenii i onkologii. II. Kachestvennoe issledovanie uravnenij // Poroshkovaja metallurgija. - 2006.- №1/2.- S.92-98.
9. Tezisy i doklady IX mezhdunarodnoj konferencii "Teoreticheskie i klinicheskie aspekty biorezonansnoj terapii", Skott Morli, London, Velikobritanija, 2003g.
10. Patent Ukrayiny # 15083, MPK A 61 N 2/00, 2006 r., "Skklad dlya biorezonansnoyi terapiyi".
11. Patent Ukrayiny # 29009, MPK A 61 N 2/02, 2002 r., "Mahnitoterapevtychnyy aparat".