

УЛЬТРАЗВУКОВА КОЛИВАЛЬНА СИСТЕМА

Трапезон О. Г.¹, д.т.н., с.н.с; Трапезон К. О.², к.т.н., доц.

¹Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України,
м. Київ, Україна; ²Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Ультразвукова хвильова техніка останнім часом знаходить широке застосування при вирішенні різноманітних технологічних завдань у промисловості та інших галузях діяльності. Найбільш відомі приклади стосуються визначення міцності сучасних матеріалів та елементів конструкцій при підвищених частотах навантаження, очищення деталей, обробки надтвердих матеріалів з підвищеною точністю, одержання полікристалів в ультразвуковому полі. Названа техніка все більше використовується також в медицині, зокрема в стоматології (устаткування для зняття зубного каменю), різанні паренхиматичних тканин і при проведенні аспірації м'яких тканин, у нейрохірургії тощо [1-2]. У наведених та інших прикладах технічного застосування силового ультразвуку основним робочим інструментом є хвильовий елемент – концентратор акустичної енергії у вигляді стержня змінного поперечного перерізу аксіально-симетричної форми. Основне призначення такого елемента полягає у створенні потужних ультразвукових коливань, які підводяться до об'єкту дослідження, за умови мінімального споживання енергії, що живить ультразвукову систему.

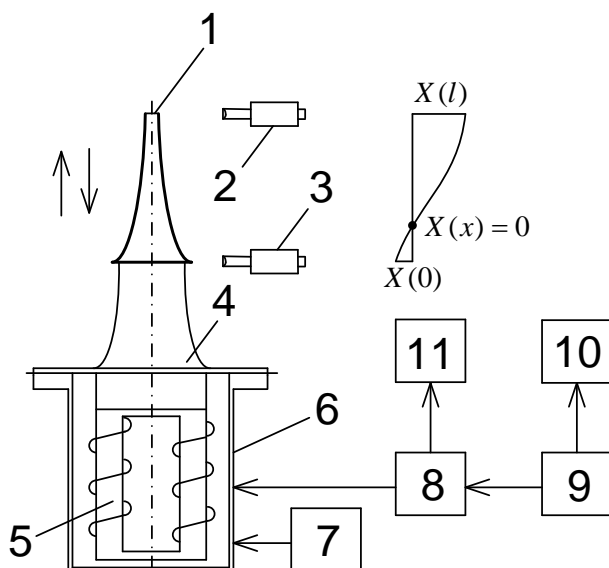


Рисунок 1. Схема експериментального устаткування ультразвукової коливальної системи

Предметом розгляду даної роботи є розроблення енергоефективної ультразвукової коливальної системи, де активний робочий елемент у вигляді концентратора поперечних або крутильних коливань в режимі резонансу дозволяє забезпечити проведення випробувань на втому та міцність різних конструкцій та систем (пластинки, оболонки, диски, балки, тощо). При цьому задля досягнення загальної енергоефективності коливальної системи необхідно перевірити

та використати найкращу конструкцію концентратора за критерієм підсилення коливань і потрібними масо-габаритними розмірами. З іншого боку, такий елемент системи повинен характеризуватись мінімальними втра-

тами електричної енергії (врахування та зниження при проектуванні демпфування енергії коливань) при роботі в складі відповідного ультразвукового пристрою.

На рисунку 1 наведено схему експериментального устаткування ультразвукової установки на базі магнітострикційного перетворювача і введено наступні позначення: 1 – хвильовий елемент; 2,3 – мікроскопи; 4 – концентратор стаціонарний; 5 – магнітострикційний перетворювач; 6 – бак системи охолодження; 7 – джерело підмагнічування; 8 – операційний підсилювач; 9 – звуковий генератор; 10 – частотомір; 11 – вольтметр.

Електричний сигнал необхідної частоти з генератора 9 надходить на вхід підсилювача 8 і від нього – до оплітки магнітострикційного перетворювача 5, в одну з секцій якого, також надходить постійний струм силою 10-15 А з джерела струму 7 задля забезпечення постійного підмагнічування перетворювача. Підмагнічування в магнітострикційному перетворювачі, як відомо, дозволяє зберегти необхідну робочу частоту як перетворювача, так і коливальної системи в цілому. Відсутність підмагнічування призводить до того, що при живленні з необхідною частотою струму, частота механічних коливань перетворювача буде в два рази більша за необхідну. Частота коливань системи контролюється електронним частотоміром 10, а вихідна напруга підсилювача $U_{\text{вих}}$ – вольтметром 11. При певному рівні навантаження (параметр $U_{\text{вих}}$) та на даній резонансній частоті, значення якої забезпечується за допомогою задаючого генератора 9, вихідні механічні коливання перетворювача підсилюються стаціонарним концентратором 4, який жорстко з'єднаний з перетворювачем, та остаточно – змінним дослідним концентратором 1. В цьому аспекті слід відмітити, що стаціонарний концентратор 4 використовується для уникнення підводу небажаного джерела тепла до робочого елемента експериментального зразка концентратора 4. Так як додаткове теплове джерело створюється внаслідок жорсткого з'єднання перетворювача та концентратора відповідно. Контроль резонансних амплітуд здійснюється за допомогою мікроскопа 2 та при необхідності – мікроскопа 3.

З метою підвищення надійності та полегшення контролю амплітуд на контрольній поверхні за допомогою абразивного інструменту необхідно нанести позначки, які при сфокусованому освітленні мають вигляд яскравих цяточок відповідного розміру (діаметру). Ці яскраві крапки при коливаннях пружного тіла перетворюються у вертикальні лінії, довжина яких за виключенням діаметру крапки і складає подвоєну амплітуду (розмах) резонансних коливань системи.

Для знаходження дійсного підсилення концентратора 1 (закон зміни діаметра поперечного перерізу елемента описується в роботі [3]) за допомогою мікроскопів 2 та 3 в експерименті було проведено «одночасне» вимірювання амплітуд $y(0)$ та $y(l)$ для моделі концентратора, в залежності

від вихідної напруги $U_{\text{вих}}$. Одержані результати вимірювань амплітуд коливань говорять, що розрахунковий коефіцієнт підсилення поздовжніх коливань $M = \frac{X(l)}{X(0)} \approx 30$, який отримано нами на основі теоретичних співвідношень, практично співпадає з експериментально визначеним $y(l)/y(0)$. Слід сказати, що різниця між значеннями в даному випадку складає в середньому не більше (2÷4)%.

Перелік посилань

1. Kotic S. Ultrasonic measurement and technologies / S. Kotic, Z. Figura. — London : Chapman and Hall, 1996. — 356 p.
2. Радж Б. Мир физики и техники. Применения ультразвука / Б. Радж, В. Раджендран, П. Паланичами. — М. : Техносфера, 2006. — 579 с.
3. Абакумов В. Г. О проектировании акустических концентраторов с учетом внутреннего рассеяния энергии / В. Г. Абакумов, К. А. Трапезон // Акустичний вісник. — 2007. — Т. 10, № 1. — С. 3—16.

Анотація

Визначені передумови до розроблення енергоефективної ультразвукової коливної системи для проведення лабораторних випробувань, зокрема на втому та міцність матеріалів та конструкцій. Наведена схема ультразвукового устаткування і проведено експеримент, за результатами котрого отримано, що обрана модель активного хвильового елемента системи дозволяє отримати коефіцієнт підсилення поздовжніх коливань за критерієм мінімальних енергетичних втрат ≈ 30 . Визначено, що розходження між теоретичними даними та експериментом складає не більше (2÷4)% в залежності від вихідної напруги устаткування.

Ключові слова: ультразвук, коливання, підсилення, енергія, хвильовий елемент.

Аннотация

Определены предпосылки к разработке энергоэффективной колебательной системы для проведения лабораторных испытаний, в частности на усталость и прочность материалов и конструкций. Показана схема ультразвукового оборудования и проведен эксперимент, по результатам которого получено, что выбранная модель активного волнового элемента позволяет получить коэффициент усиления продольных колебаний с учетом критерия минимальных энергетических потерь ≈ 30 . Определено, что расхождение между теоретическими данными и экспериментом составляет не более (2÷4)% в зависимости от значений выходного напряжения оборудования.

Ключевые слова: ультразвук, колебания, усиление, энергия, волновой элемент.

Abstract

Pre-conditions are certain to development of the energy effective oscillating system for realization of laboratory tests, in particular on a tiredness and durability of materials and constructions. The chart of ultrasonic equipment is shown and an experiment it is got on results that is conducted, that the chosen model of active wave element allows to get an amplification of longitudinal vibrations factor taking into account the criterion of minimum power losses ≈ 30 . It is certain that divergence between theoretical data and experiment makes no more than (2-4)% depending on the values of output tension of equipment.

Keywords: ultrasound, vibrations, strengthening, energy, wave element.