

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ АКУСТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У ПРАКТИЦІ БЕЗКОНТАКТНИХ ВИМІРЮВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

Відомі різні методи генерації ультразвуку, що відрізняються видом перетворюваної енергії: аеродинамічні (перетворюють енергію газових потоків), гідродинамічні (перетворюють енергію струменя рідини), електромеханічні (використовують енергію коливань різних механічних пристроїв), теплові (перетворюють енергію теплового удару), електророзрядні (перетворюють енергію електричного розряду в рідині), вибухові (перетворюють енергію вибуху) та ін. Останнім часом відзначається великий прогрес у розробці лазерних та різноманітних оптичних систем на їх основі. Однак у практиці ультразвукових вимірювань найбільшого поширення знайшли електроакустичні перетворювачі: п'єзоелектричні, електростатичні та електромагнітні.

Електромагнітні акустичні перетворювачі (Electromagnetic Acoustic Transducer, EMAT) використовуються для безконтактної генерації та прийому акустичних хвиль у провідних та/або магнітострикційних (ферромагнітних) матеріалах. На відміну від п'єзоелектричних перетворювачів EMAT не потребує прямого контакту з поверхнею матеріалу, характеристики якого досліджуються.

Перетворювач EMAT складається з двох основних компонентів: магніту (постійного або електромагніту) та електричної котушки. Магніт створює магнітне поле зміщення (статичне або квазістатичне). На котушку подається електричний сигнал із частотою в діапазоні від 20 кГц до 10 МГц. Залежно від розв'язуваної задачі, сигнал може бути безперервним або імпульсним.

Таким чином, електрична котушка також формує змінне магнітне поле. Ультразвукові хвилі генеруються в контрольованому матеріалі за рахунок взаємодії двох прикладених магнітних полів.

Існує два основних механізми електромагнітної генерації ультразвукових хвиль: сила Лоренца у провідних матеріалах та магнітострикція у матеріалах, що мають цю властивість. Можлива також об'єднана дія цих факторів. Котушка, що розташована біля поверхні досліджуваного провідного середовища, випромінює електромагнітний сигнал, який на глибині скін-шару δ , індукує вихрові струми та пов'язані з ними електричні поля. Статичне або квазістатичне магнітне поле порушує баланс, що склався, породжуючи силу Лоренца, що діє на електрони. За рахунок сили Лоренца відбувається деформація зразка, що досліджується, і, як наслідок, формуються пружні хвилі.

Коли EMAT використовується з ферромагнітним середовищем, пружна деформація матеріалу відбувається на основі магнітострикції. Домени Вейсса ферромагнетиків взаємодіють із зовнішнім змінним магнітним полем. Вони можуть зміщуватися та обертатися залежно від зовнішнього магнітного поля. Через цей рух розмір матеріалу змінюється в діапазоні від 10 мкм до 2 мм на метр у матеріалів із високою магнітострикцією. В обох розглянутих випадках і під дією сили Лоренца, і під дією магнітострикційної сили досліджуване середовище є обов'язковою складовою електромагнітного акустичного перетворювача.

Залежно від конструкції та орієнтації котушок та магнітів EMAT може формувати у досліджуваному зразку різні типи хвиль: об'ємні поздовжні (нормальні або кутові), поперечні (SH) з горизонтальною та вертикальною поляризацією, поверхневі хвилі Релея, хвилі Лемба у пластинах та інші види об'ємних та хвилеводних мод.

Порівняльна характеристика та аналіз різних методів генерації та прийому ультразвуку дозволяють зробити висновок про те, що при реалізації акустичних вимірювань характеристик ферромагнітної руди доцільно використовувати електромагнітні перетворювачі EMAT з високоенергетичною імпульсною системою збудження без статичного магнітного зміщення.

Для спрощення налаштування геометрії вимірювального каналу EMAT можуть бути виконані з використанням технології фазованих решіток. Така конфігурація EMAT дозволяє повною мірою скористатися їх перевагами над іншими типами перетворювачів.

Напрямок подальших досліджень слід вважати розробку конструкції та моделювання ультразвукового вимірювального каналу на основі високоенергетичного імпульсного EMAT, а також його апробацію із зразками залізної руди з різними характеристиками.