



Frequency Dependence of Ultrasonic Characteristics of Optical Plastics

Radostin KASAROV

Department of Electronics, "Prof. Dr. Assen Zlatarov" University, Burgas, Bulgaria,
e-mail: kasarov@gmail.com

Abstract

Ultrasonic non-destructive method has been applied to investigate various types of optical plastics. Specially designed transducer of shear waves has been used. Attenuation coefficients of normal incidence waves in the materials have been determined by means of the pulse-echo multireflection technique. Frequency dependence of echoes amplitude and number of reflections in polymer samples has been studied.

Keywords: Electro-acoustic method, normal incidence shear waves, ultrasonic attenuation coefficient, pulse-echo method, optical plastics

Честотна зависимост при изследване на оптични полимери с ултразвук

Радостин КАСЪРОВ

1. Увод

Основни характеристики при разпространението на звукови вълни в даден материал са техните скорости V_L или V_S и коефициентът на затихване α . Техните стойности, както и честотната им зависимост, са тясно свързани с химичния строеж, структура и различните видове взаимодействия в средата. В [1] са докладвани измерените скорости на разпространение на надлъжни ултразвукови вълни в прозрачни полимерни материали. Коефициентът на затихване най-общо може да се представи като сума от две съставлящи - коефициент на поглъщане и разсейване. При полимерите затихването на ултразвуковите вълни се дължи основно на поглъщането и е свързано със структурата и хомогенността на материалите. Коефициентът на поглъщане в значителна степен зависи от честотата, респективно от интензивността на топлинното движение в средата [2]. Чрез определянето на коефициента на затихване α и изследване на честотната му зависимост може да се съди за наличието на акустична анизотропия и нехомогенност в аморфната среда.

В [3] са проведени ултразвукови измервания на тънкостенни полимерни образци при честоти от 2.25, 5 и 10 MHz с ефективен размер на излъчвателя \varnothing 6mm. Доказано е, че може да се получи качествена информация за тези материали по отношение на техните физико-механични характеристики, което е особено важно при тяхното приложение. Допълнителна информация за изследвания с нормално падащи надлъжни вълни е дадена [4]. В настоящата работа е използван по-различен подход за допълване на познатата досега и публикувана информация. Тук с помощта на електроакустичния метод, образците са изследвани с помощта на осезател за нормално падащи напречни вълни (S-вълни), последователно включван при различни честотни филтри и входни импеданси на ултразвуковата апаратура. Целта е получаване на качествена информация относно

характеристиките на образците в зависимост от параметрите на електроакустичната измервателната апаратура.

2. Експеримент

С помощта на ехо-импулсен метод са изследвани 8 различни полимерни образци във вид на прозрачни пластинки с дебелина t от 2,00 до 5.57 mm и форма на правилен паралелепипед. Освен стандартния полиметил метакрилат (PMMA) на ф. Krautkramer, са изучени стирен акрилонитрил (SAN), стирен с ниска плътност (S-low Styrene), целулоза (Cellulose), Acrylic и някои запазени марки на фирми-производители (Optorez, Zeonex и Bayer).

Таблица 1. Изследвани образци и техните дебелини в mm

No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
PMMA	PMMA	SAN	Zeonex	Cellulose	Optorez	Bayer	S-low styrene	Acrylic
2.00	5.02	2.77	2.07	4.65	2.01	2.51	3.09	5.57

За постигане на целта е приложен ехо-импулсният метод в контактен вариант, чрез който се въвеждат ултразвукови вълни в обема на образеца. Наблюдават се измененията в амплитудата на отразените от две повърхнини сигнали при многократно отражение (фиг. 1). Използван е осезател за нормално разпространяващи се в образеца напречни вълни (S-вълни) с работна честота 5 MHz и ефективен размер \varnothing 5,8 mm в режим на предавател – приемник, включван последователно за всеки един образец към два ултразвукови апарати – Krautkramer и Sonic. Използвани бяха възможностите на различните честотни филтри в комбинация с промяна на входните импеданси, както следва от техническите им характеристики:

- Narrowband- 0,5 MHz (0,4-0,6) MHz, 1,0 MHz (0,9-1,1) MHz, 2-4, 4-6, 10(9-11) MHz и Broadband покриващ от 0,5 MHz до 15 MHz.

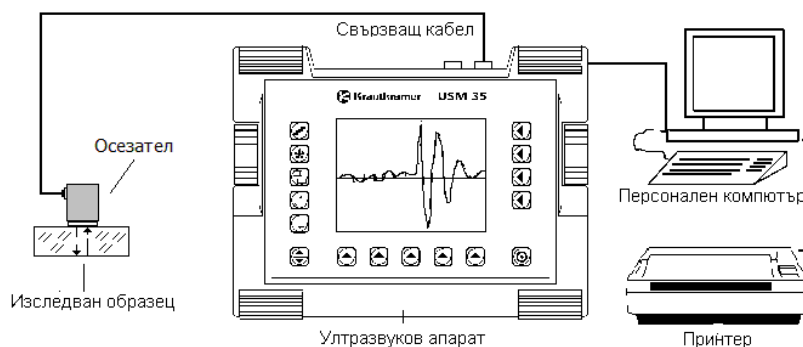
Демпфиране от 60 Ω , 80 Ω , 150 Ω и 400 Ω

Мощност на импулса: Low/Hi

- Narrowband- 0,2-1 MHz (0,197-1,1,265) MHz, 0,5-4 (0,391-4,337) MHz, 0,8-8 (0,752-10,937) MHz, 2-20 MHz (2,083-20,587) MHz.

Демпфиране: 342 Ω / 45 Ω (Low/Hi)

Мощност на импулса: 220 pF / 1000 pF (Low/Hi)

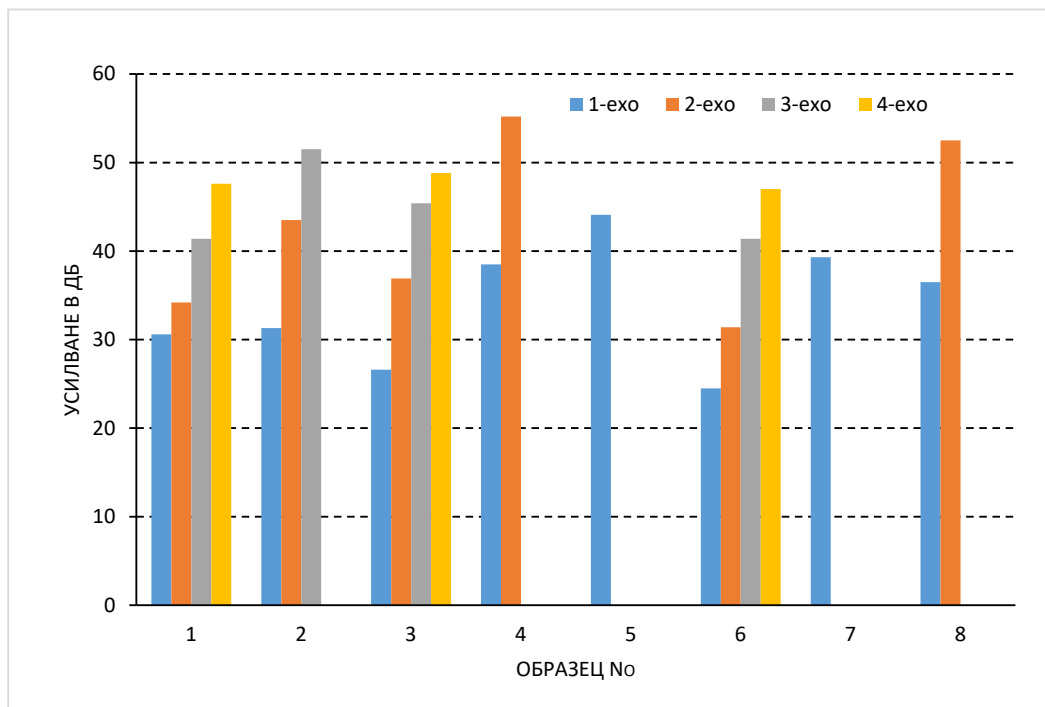


Фигура 1. Опитна постановка

Като важно условие се прие, че ще бъдат отчитани само тези ехо-сигнали, чиято амплитуда надвишава с не по-малко от 20% височината на структурните шумове. По скалата X на апарата се регистрираше броят и разположението на отразените ехо-сигнали за всеки един от образците в границите на фиксиран интервал от време, а чувствителността се определяше по скалата Y в dB на ниво 80%. Всички измервания са проведени при температура 20 °C.

3. Обсъждане на получените резултати

На фиг. 2 са представени графично броят и амплитудите на получените сигнали, измерени с единия ултразвуков апарат при честотна лента 0,5-15 MHz (Broadband). Тази лента се оказва най-информативна в сравнение с останалите - 0,5 MHz, 1,0 MHz, 2-4 MHz, 4-6 MHz и 10 MHz, при които се получиха неудовлетворителни резултати с много ниски и дори неразличими в някои случаи амплитуди и високи нива на акустичен шум. Единствената особеност при измерванията чрез Broadband филтъра е, че в хода на експеримента се установи максимална амплитуда на ехо-сигнала при демпфиране от 60 Ω за образец No.4 (Zeonex) и 150 Ω при образец No.7 (Bayer). Всички останали измервания с този апарат се извършиха при входно демпфиране от 400 Ω. и използване на функцията Negative Wave.



Фигура 2. Брой отчетени ехо-сигнали в изследваните образци при честотна лента 0,5-15 MHz (Broadband)

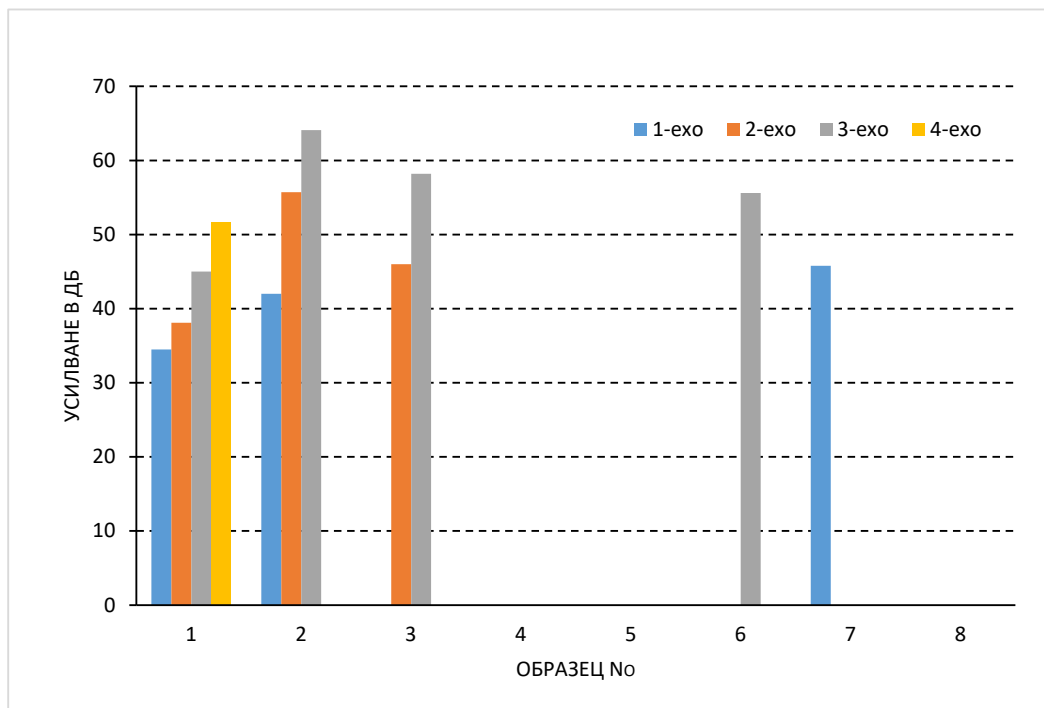
На фиг.2 ясно се вижда, че при образци No.1, 2, 3 и 6 (PMMA, SAN и Optorez) са получени 3 и повече отразени ехо-сигнали с достатъчно ясно отразени амплитуди и остро нарастващи фронтове. При образец No. 4 са получени само два ехо-сигнала – първи и втори отразен отговарящи на заложените критерии, независимо, че неговата дебелина е 2,06 mm, т.е. близка до тези на образците No.1 и No.6. Тук се проявява структурната особеност, определяща акустичните характеристики на материала в целия изпитателен

честотен диапазон. Близки до резултатите на образец No. 4 се получиха и при образец No. 8, независимо, че той е с почти 50% по-голяма дебелина. По същия начин може да се разсъждава и върху резултатите при образец No.5 (Cellulose). Тук е получен само един полезен отразен ехо-сигнал, от дебелина 4,65 mm при което с известно приближение може да се приеме, че изминатия ултразвуков път се равнява на този от образец No.1, но без отражение. Подобно сравнение може да се направи и между звуковия път при образците No.7 и No.3 където ясно се вижда и разликата в броя отразени ехо-сигнали.

Получените резултати при образца Acrylic показаха неприложимост на изследването чрез нормално падащи напречни вълни в диапазона 0,5-15 MHz (Broadband), независимо от допълнителната корекция чрез демпфиране на сигналите и добавяне на мощност на импулса.

На фиг. 3 са представени графично броят и амплитудите на получените сигнали, измерени с втория ултразвуков апарат при честотна лента 0,75-10,93 MHz, при която се получиха най-добри резултати. Изключение е измерването на образец No.6, при който максимална амплитуда се постигна само от трети отразен ехо-сигнал в честотната лента 0,391-4,337 MHz.

От резултатите, представени на фиг.3 се вижда, че най-добри ехо-сигнали се получават отново при образци No.1, 2 и 3 (PMMA и SAN), но при по-голямо усилване в dB. Тук входното демпфиране е 342 Ω, което е близко до демпфирането по време на експериментите с първия апарат.



Фигура 3. Брой отчетени ехо-сигнали при изследваните образци при честотна лента 0,75-10,93 MHz

Вижда се, че при образците No.4, 5 и 8 не можем да отчетем никакви полезни сигнали от които да получим необходимата информация. Отчетен е само първи отразен ехо-сигнал при образец No.7. При образец No.6 се отчита само трети отразен ехосигнал, но само в честотната лента 0,391-4,337 MHz. От тук може да се приеме, че избора на честотен филтър в границите на 0,75-10,93 MHz не може да доведе до получаване на

качествена информация относно разпространението на напречни вълни в изследваните образци.

От графиките показани на фиг.2 и фиг.3 може да се направи извода, че широколентовия честотен диапазон 0,5-15 MHz (Broadband), предоставя по-добри възможности за получаване на качествена информация относно коефициентите на затихване на нормално разпространяващи се ултразвуковите напречни вълни в сравнение с отделните теснолентови Narrowband, независимо от факта, че и при двата апарата има честотни филтри, чийто централна честота съвпада с честотата на осезателя. Сравнявайки получените резултати при двата диапазона - 0,5-15 MHz и 0,75-10,93 MHz може да се отбележи, че по-широката честотна лента създава по-добри възможности за изследване чрез избрания метод.

4. Заключение

Извършените експерименти доказват, че предложеният вариант за изследване на оптични полимерни материали чрез нормално разпространяващи се напречни ултразвукови вълни, създава допълнителни възможности за качествена оценка на техните физико-механични характеристики. Получените резултати еднозначно определят условията на експеримента, което е важен предварителен етап в изследванията.

Съвместното прилагане на ултразвукови надлъжни и напречни вълни, разпространяващи се нормално в обема на образеца, заедно с оптичните и механични измервания създава условия за по-добро изучаване и правилен подбор на полимерните материали при тяхното приложение в различни оптични, електрооптични и акустооптични устройства.

Литература

1. Kasarova S., R. Kasarov. Ultrasonic Investigation of Optical Polymers. Acoustic, Vol. 9, 2007, pp. 74-79.
2. Ermolov I., Y. Lange. Nondestructive Testing. Vol. 3, Moskow, Mashinostroene, 2004, pp. 26-34.
3. Kasarova S., N. Sultanova, R. Kasarov. Investigation of Thin-walled Optical Polymer Samples by Means of Pulse-Echo Method. Scientific Proceedings, No. 1(121), 2001, pp. 56-58.
4. Kasarov R. Investigation of Polymeric Materials by Means of Electro-Acoustic Methods. Annual of Assen Zlatarov University, Burgas, Vol. XLVII, Book 1, 2018, pp. 97-100.