

BADANIA CECH KONSTRUKCYJNYCH WYTWORÓW Z TWORZYW POLIMEROWYCH METODĄ ULTRADŹWIĘKÓW

Tomasz Klepka

Katedra Procesów Polimerowych, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, t.klepka@pollub.pl

Streszczenie. W artykule zamieszczono informacje o możliwościach wykorzystania metody ultradźwiękowej do pomiaru cech elementów konstrukcyjnych z tworzyw polimerowych. Przedstawiono wyniki badań grubości ścianki wytłoczyny walcowej z wykorzystaniem różnych środków sprzęgających. Przeprowadzono analizę możliwości zastosowania metod ultradźwiękowych do pomiarów wytłoczyny podczas jej wytwarzania na linii technologicznej.

Słowa kluczowe: badania ultradźwiękowe, grubość ścianki, wytłaczanie

WSTĘP

Wykorzystanie fal ultradźwiękowych w zależności od ich wpływu na ośrodek, w którym występują, dotyczy ich działania biernego oraz czynnego. W dziedzinie działań biernych ultradźwięki są wykorzystywane w badaniach spektroskopowych, defektoskopii ultradźwiękowej oraz diagnostyce. Natomiast zastosowanie ultradźwięków do działań czynnych umożliwia obróbkę oraz oczyszczanie części i elementów maszyn, różnego rodzaju materiałów, a także: rozkruszanie, formowanie, uplastycznianie. W przetwórstwie tworzyw polimerowych fale ultradźwiękowe można wykorzystywać do różnego rodzaju badań i pomiarów, określając cechy i właściwości materiału, wady i defekty strukturalne, a także nieciągłości powierzchni. Badania grubości ścianek korpusów oraz elementów konstrukcyjnych można przeprowadzać na gotowych wytworach, bezpośrednio po procesie przetwórstwa. Jednak z uwagi na efektywność wytwarzania tego typu pomiary wykonuje się podczas procesu wytwarzania, na linii technologicznej. Jak powszechnie wiadomo, grubość ścianki jest podstawową wielkością określaną przy projektowaniu wytworów z tworzyw, zarówno w przypadku wyprasek wtryskowych, jak i wytłoczyn. Odpowiednia grubość elementów konstrukcyjnych decyduje o możliwości uzyskania żądanych właściwości wytrzymałościowych oraz innych cech, np. stanu powierzchni. W przypadku wytłaczanych elementów osiowo-symetrycznych pomiar grubości ścianki podczas procesu wytwarzania pozwala na otrzymanie wytworów o odpow-

wiednich cechach konstrukcyjnych oraz odpowiednim rozkładzie tworzywa przetwarzanego w przekroju poprzecznym, co zapewnia zwiększenie dokładności wymiarów.

CEL BADAŃ

Celem pracy było przeprowadzenie analizy możliwości prowadzenia pomiarów cech konstrukcyjnych urządzeniami wykorzystującymi fale ultradźwiękowe. Cechy konstrukcyjne badano dotychczas różnymi metodami: mechanicznymi (suwmiarka, mikrometr), optycznymi (mikroskop), radiologicznymi (aparat rentgenowski, gamma-graficzny), a ostatnio także metodami ultradźwiękowymi (grubościomierz, defektoskop) [Sikora 2007]. W przypadku wytworów z „dostępem jednostronny” do badanego elementu, tak jak w przypadku wytłoczyn osiowo-symetrycznych, metody ultradźwiękowe wykazują wiele zadowalających cech i są stosowane coraz częściej. Czas pomiaru i zapis wartości mierzonej w tym przypadku jest stosunkowo mały, co pozwala na ich wykorzystanie do pomiarów podczas przebiegu różnych procesów. W badaniach grubości wykorzystuje się wartość czasu przejścia fali ultradźwiękowej, która jest proporcjonalna do grubości danego elementu, przy założeniu, że prędkość rozchodzenia się fali ultradźwiękowej w badanym elemencie jest stała. Jednak tworzywa polimerowe charakteryzują się dużą wartością tłumienia fal ultradźwiękowych. Wartość ta jest niekiedy o jeden lub nawet dwa rzędy wielkości wyższa niż w przypadku stali i rośnie zazwyczaj z kwadratem częstotliwości. Stosowanie różnego rodzaju napelnaczy powoduje dodatkowe zwiększenie wartości tłumienia do tego stopnia, że przy większych częstotliwościach niektóre z tworzyw praktycznie nie przepuszczają fal ultradźwiękowych. Przykładowe prędkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w tworzywach zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Prędkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w wybranych tworzywach polimerowych [Śliwiński, 2001]

Table 2. The value of velocity propagation of ultrasonic wave for different polymer materials

Tworzywo	Prędkość rozchodzenia się fal	
	podłużnych, m/s	poprzecznych, m/s
Guma	2300	-
PVC	2390	1060
Polistyren	2340	1150
Polietylen	1940–2340	930

W przypadku tworzyw polimerowych prędkość oraz tłumienie fal ultradźwiękowych zależą od temperatury badanego wytworu. Wraz z malejącą prędkością zwiększa się znacznie wartość tłumienia, dlatego też badania w temperaturze 60–180°C są znacznie utrudnione [Kowalska 2005].

METODYKA BADAŃ

Dotychczas badania ultradźwiękowe przeprowadzono następującymi metodami: metodą echa, metodą przepuszczania, metodą cienia, metodą TOFD (ang. time-of-flight-diffraction – czas przejścia fal dyfrakcyjnych) [Śliwiński 2001, Lewińska-Romicka 2001].

Do badań ultradźwiękowych tworzyw polimerowych stosuje się głównie metodę echa, a w celu skrócenia „obszaru odbicia” niekiedy dodatkowo głowice podwójne. Metodę przepuszczania stosuje się, gdy materiał wykazuje dużą wartość tłumienia lub gdy wytwór ma małą grubość ścianki. Do badań metodą echa i przepuszczania wykorzystuje się głowice o częstotliwość działania 5–20 MHz.



Rys. 1. Defektoskop ultradźwiękowy EPOCH 4 z głowicą pomiarową oraz kilka badanych rur o różnych średnicach

Fig 1. The ultrasonic flow detector Epoch 4 with measuring transducer and some samples of pipe with different diameter

Podczas pomiarów pomiędzy głowicę a badany wytwór wprowadza się odpowiednie środki sprzegające, różnego rodzaju oleje, smary, glicerynę lub wodę. Środki te umożliwiają równomierne przechodzenie fal ultradźwiękowych [Deputat 1997]. Wraz ze zwiększeniem odległości, jaką przebywają fale ultradźwiękowe, amplituda w wiązce ultradźwiękowej maleje. Składają się na to zarówno rozbieżność wiązki ultradźwiękowej, jak również tłumienie fal w wyniku rozpraszania lub pochłaniania. Straty amplitudy ciśnienia fali ultradźwiękowej wywołane przez tłumienie wraz z odległością przebywaną przez fale są opisane przez współczynnik tłumienia α_t , którego wartość określa zależność:

$$\alpha_t = \frac{\Delta p}{l}$$

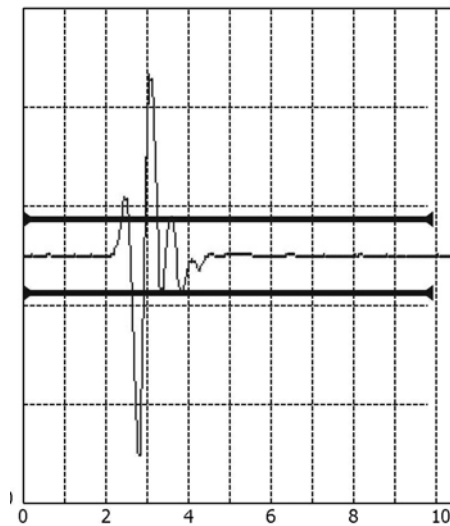
gdzie:

Δp – spadek ciśnienia akustycznego na drodze l , spowodowany przez tłumienie fal,
 l – odległość przebywana przez fale.

Współczynnik tłumienia α_t fal jest wielkością charakterystyczną dla określonego tworzywa, częstotliwości fal i rodzaju fal ultradźwiękowych.

WYNIKI BADAŃ

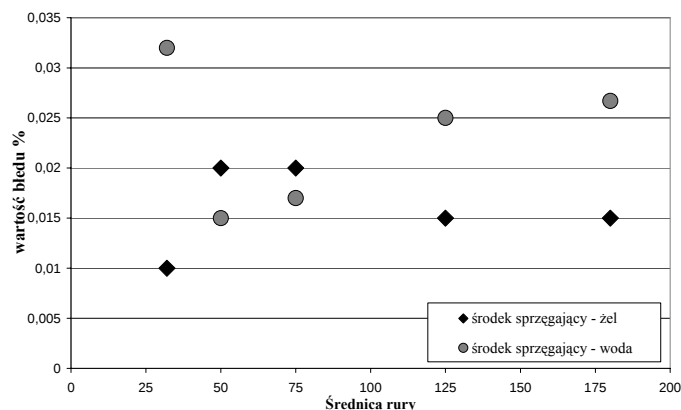
Badania przeprowadzono defektoskopem ultradźwiękowym EPOCH 4 z głowicą ultradźwiękową Panametrics V202-RM [www.olympus.ntd.com]. Przedmiotem badań były wytłoczyny w postaci walcowych rur, wykonane z polietylenu dużej gęstości (PE-HD). Badania prowadzono stosując dwa rodzaje środków sprzegających: żel silikonowy oraz wodę destylowaną. Pomiar z wykorzystaniem defektoskopu przeprowadzono metodą echa (rys. 2).



Rys. 2. Przykład załamania fali ultradźwiękowej na ścianie wytłoczyny

Fig . 2. The sample of ultrasonic wave on the wall section

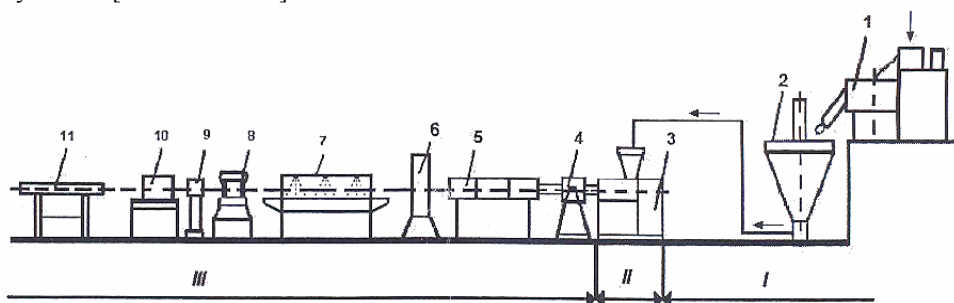
W wyniku zastosowania różnych środków sprzegających przekazywana energia wiązki fali ultradźwiękowej z przetwornika do badanego wytworu była różna. Podczas badania zaobserwowano, że dokładniejsze wyniki pomiaru uzyskano używając żelu jako środka sprzegającego (rys. 3). Żel umożliwiał równomierne przejście fal ultradźwiękowych pomiędzy głowicą a badaną powierzchnią zarówno w przypadku walcowej powierzchni o małej średnicy jak i większych średnic. Po zastosowaniu wody destylowanej zaobserwowano większe rozbieżności wyników dla mniejszych średnic rur. Na tej podstawie można stwierdzić, że duży wpływ na wynik badania ma dopasowanie kształtu roboczego głowicy do kształtów badanego wytworu.



Rys. 3. Wykres wyników badań wartości błęd względnego przy pomiarze grubości ścianki wytworu w zależności od rodzaju zastosowanego środka sprzęgającego

Fig. 3. The diagram of research results of received error during measure of wall thickness in dependence on the kind of used ultrasonic couplant agent

Na podstawie otrzymanych wyników można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że pomiary grubości ścianki wytworu z wykorzystaniem czujników ultradźwiękowych może być prowadzony na linii technologicznej wytłaczania. W takim przypadku zestaw głowic pomiarowych może być umieszczony za kalibratorem (rys. 4), a środkiem sprzęgającym, po uwzględnieniu wartości błęd powstającego podczas pomiarów, może być woda [Sun i Jen 2001].



Rys. 3. Schemat linii technologicznej wytłaczania rur: I – proces przygotowawczy, II – podstawowy proces przetwórstwa, III – proces końcowy: 1 – zbiornik tworzywa, 2 – mieszarki, 3 – układ uplastyczniający wytłaczarki, 4 – głowica, 5 – kalibrator, 6 – skaner, 7 – wanny chłodzące, 8 – urządzenie odbierające, 9 – urządzenie do znakowania, 10 – przecinarka

Fig. 3. Schema of the pipe extrudate line: I – beginning process, II – extrusion process, III – final process: 1 – tank of polymer, 2 – mixing unit, 3 – extruder, 4 – die, 5 – calibrator, 6 – measuring head, 7 – cooling unit, 8 – fuller, 9 – printing unit, 10 – cutting unit

Po przyłączeniu urządzeń pomiarowych do układu automatyki sterowanie prędkością urządzenia odciągającego w zależności od zmian grubości ścianki wytłoczyny znacznie ułatwia przebieg procesu wytłaczania.