

# Particularități constructive ale echipamentelor ultrasonice de activare a curgerii mediilor polimerice în procesele de extrudare-injectare

## Construction particularities of the ultrasonic equipments for flow activation of polymeric media in the extrusion-injection processes

Nicusor Alin SÎRBU<sup>1,2</sup>, Tudor ICLĂNZAN<sup>1</sup>, Octavian OANCA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitatea "POLITEHNICA" din Timișoara, România; <sup>2</sup> Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Sudură și Încercări de Materiale, Timișoara, România

### Cuvinte cheie

Activare cu ultrasunete, calibrare ultraacustică, materiale polimerice, injectare-extrudare

### Key words

Ultrasonic activation, ultrasonic calibration, polymeric materials, injection-extrusion.

### 1. Introducere

Din dorința de îmbunătățire a curgerii mediilor polimerice (materiale cu un domeniu tot mai dezvoltat la nivelul tuturor ramurilor industriei) și de eliminare a defectelor (ridarea sau chiar fisurarea suprafețelor produsului și/sau inducerea unor tensiuni interioare care determină apoi deformarea prin curbare a produsului final) ce pot apărea în multe cazuri, în timpul proceselor de prelucrare a materialelor polimerice, s-au realizat cercetări și s-a observat că prezența oscilațiilor ultrasonice în cazul procedeele de prelucrare a materialelor polimerice poate avea o influență pozitivă asupra comportării materialelor polimerice în timpul procesării [1, 2], [3, 4], [7], [11], [5], [9, 10].

Standul experimental de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice este destinat dezvoltării inovative de noi tehnologii în domeniul procesării materialelor polimerice, scopul urmărit fiind de îmbunătățirea proceselor de injectare-extrudare.

Standul experimental ce urmează a fi realizat trebuie să fie capabil să îndeplinească următoarele funcții necesare pentru desfășurarea în bune condiții a cercetărilor experimentale:

- să asigure o curgere continuă a polimerului atât la nivelul cilindrului de extrudare cât și la nivelul dispozitivului de curgere și instalare a ansamblului ultrasonic;

- să permită reglarea dar și monitorizarea parametrilor de proces:

- temperatura de procesare pe tot traseul parcurs de polimerul topit, de la intrarea acestuia în cilindrul extruderului până la ieșirea acestuia prin duza dispozitivului de curgere și instalare a ansamblului ultrasonic;

- presiunea și viteza de curgere a polimerului la nivelul cilindrului de extrudare;

- frecvența de rezonanță a ansamblului ultrasonic;

- durata pe care se realizează extrudarea.

- să permită studierea comportamentului curgerii mediului polimeric cu și fără activare cu ultrasunete pentru diferite valori

### 1. Introduction

Intending to improve the flow of polymeric media (materials with a developing field at the level of all branches of industry) and to eliminate the defects (lapping and even fissuring of the product surfaces and/or internal tensions which determine the deformation by flexion of the final product) that can occur in many cases during the processing of polymeric materials, researches were realized and it was observed that the presence of the ultrasonic oscillations in the processing of polymeric materials, can have a positive influence on the behaviour of polymeric materials during the processing [1, 2], [3, 4], [5], [7], [9, 10], [11].

The experimental stand of ultrasounds activation of polymeric media flowing is destined to the innovative development of new technologies in the field of polymeric materials processing, with the goal to improve the extrusion-injection processes.

The experimental stand proposed for realization should be able to accomplish the following function necessary for the development in good conditions of the experimental researches:

- assure the continuous flowing of the polymer both at the level of the extrusion cylinder and at the level of the flow and fixing device of ultrasonic assembly;

- allow the regulation as well as monitoring of the following process parameters:

- processing temperature along the entire path performed by the molten polymer, from its entrance into extruder cylinder up to its exit through the nozzle of the device of ultrasonic assembly;

- pressure and flow velocity of the polymer at the level of extrusion cylinder;

- resonance frequency of the ultrasonic assembly;

- time lasting of extrusion;

- allow the study of flow behaviour of polymeric medium with and without ultrasounds activation for various sizes of

ale interstițiului de curgere și ale distanței de imersare a ansamblului ultrasonic în dispozitiv.

Construcția standului experimental de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice implică următoarele etape:

- realizarea ansamblului ultrasonic;
- realizarea dispozitivului de curgere și instalare a ansamblului ultrasonic;
- asamblarea și testarea standului experimental de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice.

În cadrul cercetării de față se pune problema adaptării constructive și funcționale a sistemului ultrasonic pe un echipament de procesare a mediilor polimerice (echipament de extrudare-injectare), în vederea realizării standului de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice. În continuare se prezintă etapele ce trebuie parcurse pentru construcția standului de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice.

## 2. Realizarea sistemului ultrasonic

Sistemele ultrasonice formate din generator și ansamblu ultrasonic (transductor piezoceramic + concentrator adaptor de undă) pot fi construite pentru a funcționa la o frecvență fixă, frecvență de rezonanță.

Transferul energetic optim și eficacitatea activării este cu atât mai bună cu cât frecvențele sunt mai joase. Cum frecvențele din domeniul audibil sunt excluse majoritatea echipamentelor au fost concepute pentru frecvența de 20kHz.

Pentru această frecvență însă condiția funcționării în regim de rezonanță se traduce în componente mecanice cu dimensiuni care pot fi dificil adaptabile în procesul activate (ex.: pentru OL lungimea  $\lambda/2$  este de circa 164 mm pe direcția propagării). Activarea unui proces de injectare sau extrudare devine cu atât mai interesantă cu cât lungimea concentratorului adaptor de undă devine compatibilă cu dimensiunile zonei active. Ca atare frecvența de 40kHz pare să fie un compromis acceptabil între eficacitatea activării și posibilitatea adaptării sistemului ultrasonic la procesul activat.

### 2.1. Construcția generatorului de ultrasunete

Pentru funcționarea în bune condiții a generatorului de ultrasunete este necesar a se cunoaște modul cum variază frecvența de rezonanță a ansamblului ultrasonic funcție de temperatura de lucru.

Experimentările au constatat în încălzirea progresivă a sonotrodei în zona de contact a acesteia cu materialul polimeric în stare de topitură și măsurarea frecvenței pentru diferite valori de temperatură.

Întrucât ansamblul ultrasonic realizat lucrează imersat în mediul polimeric în stare de topitură este foarte important a se determina modul cum variază frecvența de rezonanță a ansamblului ultrasonic cu temperatura corespunzătoare regimului de funcționare. Temperaturile la care se realizează experimentele variază în intervalul  $160 \div 220^\circ\text{C}$ .

Dependențele dintre temperatură și frecvența de rezonanță la temperatura de regim sunt prezentate în diagrama din figura 2.1.

Pe baza rezultatelor experimentale prezentate anterior, în vederea activării curgerii topiturii mediilor polimerice cu ultrasunete s-a construit în ISIM Timișoara generatorul de ultrasunete. Acesta asigură frecvența nominală de lucru de

flow interstice and of immersion distance of ultrasonic assembly into device.

Construction of the experimental stand for ultrasonic activation of the polymeric media flowing involves the following steps:

- realization of the ultrasonic assembly;
- realization of the flow and fixing device of ultrasonic assembly;
- assembling and testing of the experimental stand for ultrasonic activation of the polymeric media flowing.

Within the present research, the problem is how to constructively and functionally adjust the ultrasonic assembly on the equipment for polymeric media processing (extrusion-injection equipment), in order to realize the stand for ultrasonic activation of polymeric media flowing. Further, the stages that should be performed in order to build the stand for ultrasonic flow activation of the polymeric media are presented.

## 2. Realization of the ultrasonic assembly

The ultrasonic systems formed by generator and ultrasonic assembly (piezoceramic transducer + wave adapter concentrator) can be built in order to be able to function at a fixed frequency, named resonance frequency.

The lower are frequencies, the better are the optimal energetic transfer and the efficiency of activation. Because the frequencies from the audible domain are excluded, most of equipments were conceived for the frequency 20 kHz.

However, for this frequency, the condition to function in resonance regime is transposed in mechanical components with sizes difficult to adjust in the activation process (e.g.: for OL the length  $\lambda/2$  is about 164 mm in the propagation direction). The activation of an injection or extrusion process becomes more interesting as measure the length of the wave adapter

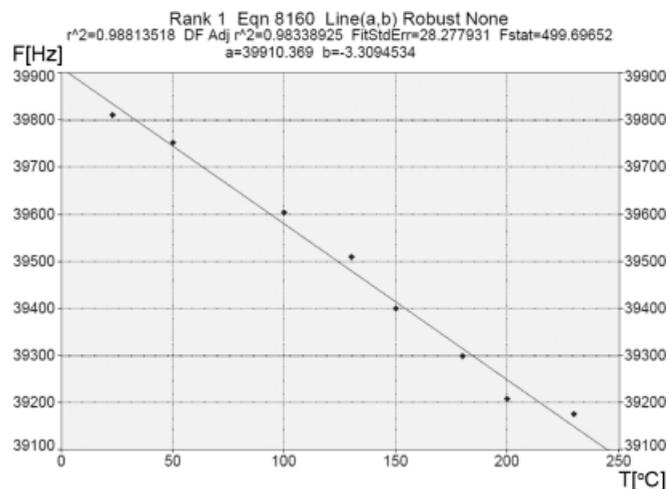


Figura 2.1. Diagrama de variație a frecvenței de rezonanță funcție de temperatură/

Figure 2.1. Diagram of resonance frequency varying with the temperature

concentrator becomes compatible to the sizes of activated zone. Therefore, the frequency of 40 kHz seems to be an acceptable compromise between the efficiency of activation and the possibility of ultrasonic system adaptation to the activated process.

40kHz la o putere de maxim 150W și permite reglarea manuală a factorului frecvență de rezonanță.

Generatorul are integrat modulul de comandă și programare în tehnică digitală și este destinat alimentării ansamblului ultrasonic cu element activ piezoceramic. Modulul energetic, generatorul de ultrasunete - comandă și control este alimentat la o linie de tensiune de 220V / 50Hz, frecvența de lucru fiind reglabilă în intervalul 38 – 39 kHz, astfel încât să poată funcționa la rezonanță la temperatura mediului polimeric în stare de topitură.

## 2.2. Realizarea ansamblului ultrasonic

Pentru ca toate elementele care compun ansamblul ultrasonic să funcționeze la frecvența de rezonanță s-au folosit programe software specializate de simulare (Krell Engineering) care au permis cunoașterea dimensiunilor teoretice, a

## 2.1. Construction of ultrasounds generator

For a good functioning of ultrasounds generator, it is necessary to know how the resonance frequency of the ultrasonic assembly varies depending on working temperature.

The experiments consisted in the progressive heating of the sonotrode in its contact zone with the molten polymeric material, followed by the frequency measurements for different temperature values.

Since the realized ultrasonic assembly works immersed into the molten polymeric medium, it is very important to determine how the resonance frequency of the ultrasonic assembly vary with the temperature corresponding to the functioning regime. The temperatures at which experiments are carried out varies between the interval 160÷200 °C.

The dependences between temperatures and resonance frequency at regime temperature are presented in the diagram in Figure 2.1.

Based on the experimental results previously exposed, the ultrasounds generator was built by ISIM Timișoara, in order to ultrasounds activate the flow of molten polymeric media. This generator assures the working nominal frequency by 40kHz at a power of 150W and allows the manual regulation of the resonance frequency parameter.

The generator includes the modulus of command and digital technique programming, and it is destined for charging the ultrasonic assembly with piezoceramic active element. The energetic modulus, the ultrasounds generator – command and control, is charged using a tension line by 220V/50Hz, the working frequency being adjustable between the limits 38-39 kHz, in order to function at resonance, at the temperature of the molten polymeric medium.

## 2.1. Realization of the ultrasonic assembly

In order to function optimally at the resonant frequency the elements that compose the ultrasonic assembly was used a specialized calculus software (Krell Engineering), which allowed to know the theoretical sizes, the amplification coefficient, the placement of the nodal and antinodal zones, the relative amplitude at resonance frequency, the variation curves of the energy loss and the curves of internal tensile stress for elements of the ultrasonic assembly (Figure 2.2.).

Other characterization data regarding the ultrasonic assembly (transducer, booster and sonotrode), which are working at the resonance frequency 40 kHz, resulted by simulation with specialized programs, are presented in Table 2.1.

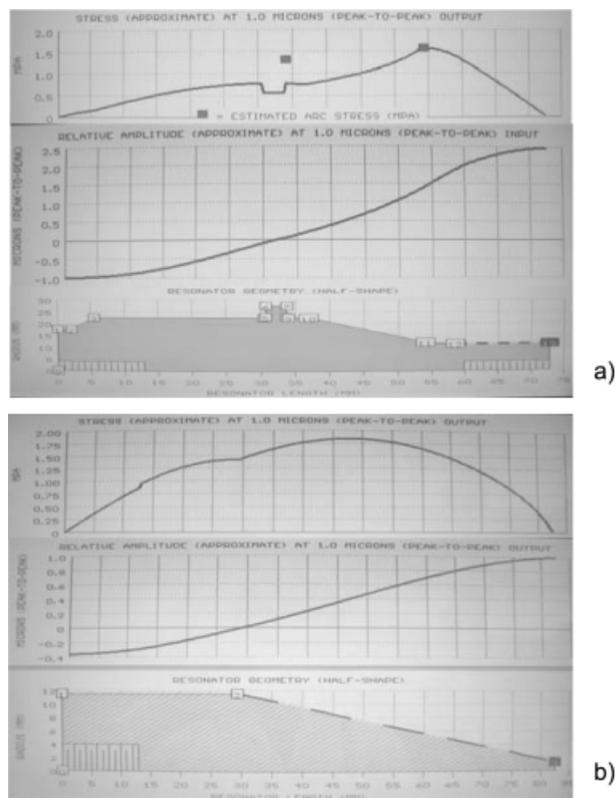


Figura 2.2. Forma geometrică și curbele de caracterizare ale booster-ului (a) și sonotrodei (b) după simulare/  
Figure 2.2. Geometrical size and characterization curves of booster (a) and sonotrode (b) after simulation

Tabelul 2.1. Elementele teoretice de caracterizare a ansamblului ultrasonic/  
Table 2.1. Theoretical elements that characterize the ultrasonic assembly

Material	PTZ5	AlSi <sub>1</sub> MgMn	Aliaj / Alloy TiGr.2
Componenta / Calibrated element	Transductor / Transducer	Booster / Booster	Sonotrodă conică / Conical sonotrode
Lungimea / Length [mm]	57	72,8	82,5
Factor amplificare/ Amplitude factor	—	2,46	2,78
Factor de calitate / Quality factor Q	—	100000	26000
Coordonata nod oscilație / Nodes [mm]	—	31,9	29,3
Solicitare maximă / Largest axial stress [MPa/mm]	—	1,57/54,5	1,84/47,9
Energia totală de deformație / Total strain energy [Joules]	—	2,9x10 <sup>-4</sup>	1,19x10 <sup>-4</sup>
Puterea disipată / Dissipated power [Watt]	—	7,5x10 <sup>-4</sup>	1,1x10 <sup>-3</sup>

coeficientului de amplificare, amplasarea zonelor nodurilor și ventrelor, amplitudinea relativă la frecvența de rezonanță, curbele de variație ale pierderilor de energie și ale stărilor de solicitare internă ale elementelor blocului ultrasonic (figura 2.2).

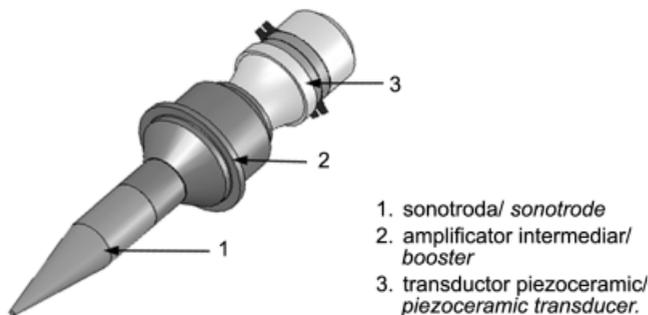


Figura 2.3. Forma proiectată a ansamblului ultrasonic cu sonotrodă conică/  
Figure 2.3. The projected shape of the ultrasonic assembly with conical sonotrode

Alte date de caracterizare ale blocului ultrasonic (transductor, booster și sonotrodă) ce lucrează la frecvența de rezonanță de 40 kHz, rezultate în urma simulării cu programe specializate sunt prezentate în tabelul 2.1.

Starea de solicitare internă a materialului constituie elementul de dimensionare la oboseală a sonotrodei pentru secțiuni critice, respectiv cu stare de solicitare maximă.

Elementele proiectate, ce alcătuiesc convertorul rezonator ultraacustic, folosind programe specializate de proiectare pe calculator sunt prezentate în figura 2.3.

Măsurarea și testarea părților componente ale ansamblului ultrasonic (1) în vederea calibrării la frecvența de rezonanță (40kHz) s-a realizat folosind standul din figura 2.4, format din: ansamblul rezonator mecanic 40kHz (1), echipament de determinare a frecvenței și impedanței la rezonanță (2), osciloscop (3), generator de semnal (4), modul de comandă și programare – generatorul ultrasonic (5) și amplifmetru (6).

### 3. Realizarea dispozitivului de curgere și instalare a ansamblului ultrasonic

#### 3.1. Concepția și proiectarea dispozitivului ansamblului ultrasonic

La etapa de concepție s-a ținut cont și de unele detalii precum:

- stabilirea zonei optime de amplasare a planului de extrudare;
- stabilirea configurației geometrice a duzei de activare;
- stabilirea modului de realizare a etansării și centrării ansamblului ultrasonic în dispozitiv.

*Stabilirea zonei optime de amplasare a planului de extrudare.* La alegerea planului în care se realizează injectarea-extrudarea au stat testele experimentale de laborator. Acestea au constat în folosirea unor medii de vâscozitate apropiată de cea a mediilor polimerice în stare de topitură și verificarea comportamentului acestora sub influența ultrasunetelor.

Se poate afirma că imersarea blocului sonic în mediul fluid peste anumite valori conduce la reducerea efectelor ultrasunetelor și cu cât ne apropiem de zona nodală efectele de suprafață ale ultrasunetelor sunt tot mai neînsemnate.

Generatorul de ultrasunete folosit trebuie să fie capabil să

The internal tensile stress of the material constitutes the endurance dimensioning elements of the sonotrode for critical sections, respectively for sections with maximum tensile state.

The projected elements which compose the ultrasonic assembly are presented in Figure 2.3.

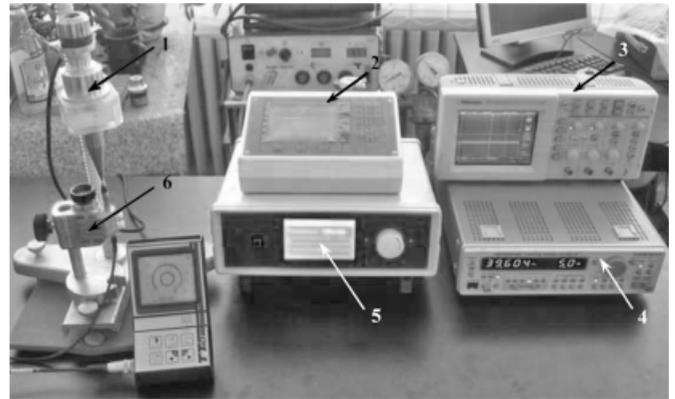


Figura 2.4. Alcătuirea standului de verificări funcționale și tehnologice: 1 - ansamblul rezonator mecanic 40kHz, 2 - echipament de determinare a frecvenței și impedanței la rezonanță, 3 - osciloscop, 4 - generator de semnal, 5 - modul de comandă și programare – generatorul ultrasonic, 6 - amplifmetru/

Figure 2.4. Structure of the stand for functional and technological tests: 1 - mechanical resonator assembly 40kHz, 2 - equipment for frequency and resonance impedance determination, 3 - oscilloscope, 4 - signal generator, 5 - command and programming modulus – ultrasonic generator, 6 - amplifier

Measurements and testing of the composing parts of the ultrasonic assembly were made in order to realize the calibration at the resonance frequency 40kHz, using the stand from Figure 2.4, composed of mechanical resonator assembly 40kHz (1), equipment for frequency and resonance impedance determination (2), oscilloscope (3), signal generator (4), command and programming modulus – ultrasonic generator (5) and amplifier (6).

### 3. Realization of the flow and fixing device of ultrasonic assembly

#### 3.1. Conception and projection of the device of ultrasonic assembly

The conception intended to find an optimal solution for realization of the device of ultrasonic block. In the conception stage, some details were taken into account such as:

- establishment of the optimal area for the placement of the extrusion plane;
- establishment of the geometrical configuration of the activation nozzle;
- establishment of the air-tightness way and fixation of the ultrasonic assembly into the device.

*Establishment of the optimal area for placement of the extrusion plane.* The selection of the plane of the injection-extrusion process was made by experimental laboratory tests. These consisted in using some media with a viscosity close to those of molten polymeric media, followed by testing of their behaviour under the influence of ultrasounds.

genereze puterii de peste 100W pentru a compensa amortizarea ultrasunetelor la imersarea în mediul polimeric în stare de topitură.

*Punerea în evidență a efectului termopelicular.* Pentru punerea în evidență a efectului termopelicular se folosește tot varianta imersării blocului ultrasonic în mediu vâcos (figura 3.1).

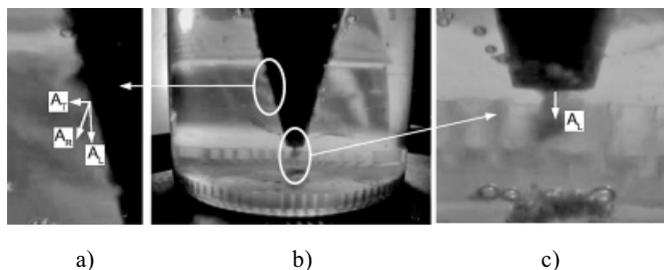


Figura 3.1. Verificarea funcționării ansamblului ultrasonic imersat în medii vâcoase (b) și punerea în evidență a efectului ultrasonic pelicular la nivelul suprafeței laterale a sonotrodei (a) și de accelerare a mediului fluid la nivelul zonei frontale a sonotrodei (c)/

*Figure 3.1. Functionality verification of the ultrasonic assembly immersed into viscous media (b) and putting in evidence of the ultrasonic pelicular effect at the conical surface of the sonotrode (a) and the acceleration effect of the fluid at the frontal area of the sonotrode (c)*

Se observă în figura 3.1a că la nivelul suprafeței laterale a sonotrodei fluidul este împins către exterior și totodată concentrat spre zona de vârf a sonotrodei, iar la nivelul zonei frontale a sonotrodei (figura 3.1.c) se observă doar o concentrare a fluidului pe direcție verticală. Aceste efecte se pot explica prin faptul că în cadrul activării cu ultrasunete pe direcția longitudinală, pe lângă deplasarea principală a undelor ultrasonice pe direcție longitudinală ( $A_L$ ) mai există și o deplasare de intensitate mai redusă pe direcția transversală ( $A_V$ ). Rezultanta celor două microvibrații ( $A_R$ ) face ca fluidul să nu adere la suprafața laterală a sonotrodei și să fie accelerat spre zona de vârf a sonotrodei. De asemenea, la nivelul întregii mase de fluid activată cu ultrasunete s-a constatat o creștere a temperaturii ca urmare a microvibrațiilor. Ca urmare a celor prezentate anterior putem spune că în timpul procesului de activare în medii vâcoase se produce atât efectul de alunecare la peretele sonotrodei cât și un efect termic, efecte cunoscute sub denumirea de *efectul ultrasonic termopelicular*.

*Stabilirea configurației geometrice a duzei de activare.* În figura 3.2 sunt prezentate configurația geometrică a capului de activare și respectiv elementele ce caracterizează capul de activare.

În vederea studierii comportamentului materialului polimeric prin interstiții de curgere variabile, cu și fără activare ultrasonică, interstițiul de cergere "i" poate să varieze în intervalul de valori  $0,7 \div 3,5$ mm.

Obținerea acestor valori ale interstițiului de curgere pot fi obținute prin interschimbarea duzelor și/sau folosirea de inele din cauciuc termorezistent amplasate într-un canal practicat în zona nodală a sonotrodei având ca scop realizarea unei bune etanșări și centrări a blocului ultrasonic în dispozitivul de activare și respectiv de etanșare, respectiv inele plasate în zona de așezare a blocului sonic pe dispozitivul ansamblului ultrasonic (zona nodală booster). Prin folosirea unui anumit inel, de o anumită grosime, se realizează un interstițiu de curgere "i" mai mare sau mai mic, respectiv se modifică și adâncimea de imersare a blocului sonic în duză "h<sub>0</sub>".

It can be stated that immersion of the sonic block in the fluid medium over certain values leads to the decrease of ultrasound effects, and the more we get near to the nodal area, the more insignificant are the surface effects of ultrasounds.

The ultrasounds generator used in the research should be able to generate powers of over 100W in order to compensate the ultrasounds inhibition at the immersion into the molten polymeric medium.

*Making the thermo-pellicular effect evident.* In order to reveal the thermo-pellicular effect, the immersion of ultrasonic block into the viscous medium was used as well (Figure 3.1).

It can be observed in the Figure 3.1a that, in the lateral area of sonotrode, the fluid is pushed to exterior and at the same time it is concentrated to the top zone of sonotrode, and at the level of frontal area of sonotrode (Figure 3.1.c) only a fluid concentration on the vertical direction can be seen. These effects are explained by the fact that within the ultrasounds activation on longitudinal direction, besides the main movement of the ultrasonic waves on the longitudinal direction ( $A_L$ ), there is as well a movement on the transversal direction ( $A_V$ ) with a lower intensity. The resultant of the two microvibrations ( $A_R$ ) makes the fluid to not adhere to the lateral surface of sonotrode and to be accelerated to the top area of sonotrode. As well, at the level of entire fluid mass activated with ultrasounds, there was observed a temperature increase as a result of microvibrations. As a consequence of the previous statements, we can say that during the activation process, in the viscous media there are produced both the slip effect on the wall of sonotrode and an thermal effect, effects known under the name of *thermo-pellicular ultrasonic effect*.

*Establishment of the geometrical configuration of the activation nozzle.* In Figure 3.2 the geometrical configuration of the activation head and respectively the elements which characterize the activation head are presented.

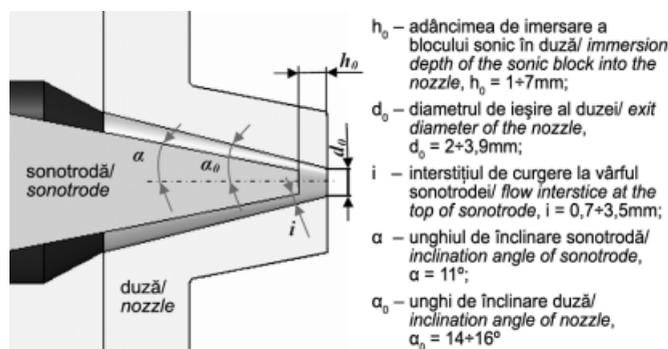


Figura 3.2. Configurația geometrică a duzei de activare din dispozitiv/

*Figure 3.2. Geometrical configuration of the activation nozzle from the devices*

In order to study the behaviour of the polymeric material through the flow variable interstices, with and without ultrasonic activation, the flow interstice "i" can vary between 0.7 ÷ 3.5 mm values.

These values for the flow interstice can be obtained by interchanging of the nozzles and/or by using of thermoresistant rubber rings, applied into a channel made in the nodal zone of the sonotrode with the goal to realize a good air-tightness and fixation of the sonic block into the activation device and respectively ultra thermoresistant rubber rings positioned in

## 3.2. Prelucrarea dispozitivului ansamblului ultrasonic pe mașini cu comandă numerică

Formele proiectate, respectiv cele obținute în urma prelucrării pe mașini cu comandă numerică ale elementelor ce alcătuiesc dispozitivul ansamblului ultrasonic sunt prezentate în figura 3.3.

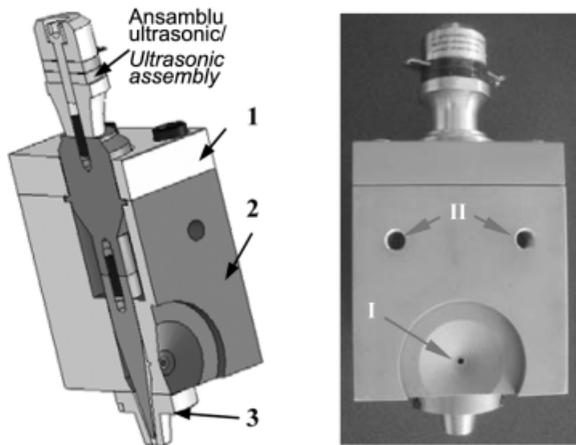


Figura 3.3. Forma proiectată a dispozitivului de activare medii polimerice cu ultrasunete (a): 1 - carcasa superioară, 2 - carcasa inferioară, 3 - duza de extrudare și model fizic al dispozitivului; (b): I - zona de extrudare, II - zona de prindere pe mașina de extrudare-injectare/

Figure 3.3. The projected form of the device for ultrasonic activation of the polymeric media (a): 1 - the superior carcass, 2 - the inferior carcass, 3 - extrusion nozzle and physical model of the devices; (b): I - extrusion area, II - assembling area on the extrusion-injection devices

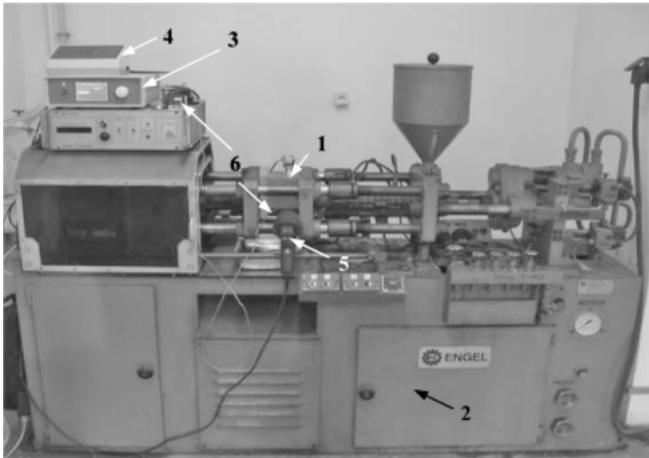


Figura 4.1. Stand de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice: 1 – dispozitiv ultrasonic; 2 – mașină de injectare-extrudare; 3 – generator de ultrasunete; 4 – echipament de măsurare a frecvenței de lucru; 5 – generator de aer cald; 6 – senzor de temperatură/

Figure 4.1. Stand for ultrasonic flow activation of the polymeric media: 1 – the device for flowing activation of polymeric media; 2 – injection-extrusion machine; 3 – ultrasonic generator; 4 – equipment for measurement of the frequency and of the resonance impedance; 5 – warm air generator; 6 – equipments for temperature monitoring

Sunt evidențiate zona orificiului de injectare-extrudare de material (zona I) și zona de prindere a dispozitivului blocului sonic pe mașina de injectare-extrudare (zona II).

În vederea asigurării unei curgeri cât mai line a materialului polimeric ce străbate canalul de injectare-

the area where the ultrasonic block is placed on the device of ultrasonic assembly (nodal area booster). By using a certain ring, with a specific thickness, it can be realized a bigger or smaller flow interstice “ $r$ ”, respectively the immersion depth of the ultrasonic block into the nozzle “ $h_0$ ” is changed.

## 3.2. Processing of the device of ultrasonic assembly on CNC machines

The projection shapes, respectively that obtained after processing on CNC machine of the elements that compose the device of ultrasonic assembly were obtained (Figure 3.3).

There are distinguished the zone with the orifice for injection-extrusion of the material (zone I) and the zone where the device of sonic block is fixing on the injection-extrusion machine (zone II).

In order to assure a flow, as smooth as possible of the polymeric material passed through the injection-extrusion channel of the device and extrusion nozzle (made of copper with 99.9% purity).

## 4. Assembling and testing of the stand for ultrasonic flow activation of polymeric media

The stand for ultrasonic flow activation of polymeric media (Figure 4.1) has in its structure the following main elements:

- the device for flowing activation of polymeric media (1);
- injection-extrusion machine (2);
- ultrasonic generator (3);
- equipment for measurement of the frequency and of the resonance impedance (4);
- equipment for heating of the device of sonic block – warm air generator (5);
- equipments for temperature monitoring (6):
  - at the level of the device of ultrasonic assembly;
  - at the level of extrusion nozzle.

The construction of the stand for ultrasounds activation of the polymeric media flowing involved the replacement of the semi-dies of the injection-extrusion machine with an ultrasonic device, in order to reach the proposed goal.

The ultrasonic device was tested by the flowing of polymeric material through the extrusion channel made at the level of the device of ultrasonic assembly.

The testing of the equipment was realized both as a separate entity – injection-extrusion machine, and as a new-obtained equipment for ultrasounds activation of molten polymeric media flowing.

As a result of the experimental researches regarding the ultrasounds flow activation realized on HDPE material (high density polyethylene) there were obtained relative increases of the flow rate up 30% in the case of ultrasounds activation as against the case of flowing without ultrasonic activation.

## 5. Conclusions

Within the paper there was followed the presentation of data regarding the realization and testing of the experimental stand for ultrasonic flow activation of polymeric media.

In order to obtain the device for ultrasounds flow activation of the polymeric media there were performed and realized the following stages/steps:

- Conception and realization of the elements of ultrasonic assembly (booster and conical sonotrode);
- Calibration at the resonance frequency (40 kHz) of the elements of ultrasonic assembly (transducer-booster-sonotrode);

extrudere din dispozitiv și duza de extrudere din cupru de puritate 99,9%, acestea au fost prelucrate prin rectificare.

#### 4. Asamblarea și testarea standului de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice

Standul de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice (figura 4.1) are în componența sa următoarele elemente principale:

- dispozitivul de activare a curgerii mediilor polimerice (1);
- mașina de injectare - extrudare (2);
- generator ultrasonic (3);
- echipament de măsurare a frecvenței și impedanței la rezonanță (4);
- echipament de încălzire a dispozitivului blocului sonic - generator de aer cald (5);
- echipamente de monitorizare a temperaturii (6):
  - la nivelul dispozitivului ansamblului ultrasonic;
  - la nivelul duzei de extrudare.

Construcția standului de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice a implicat înlocuirea semimatrițelor cu care era prevăzută mașina de injectare-extrudare cu un dispozitiv ultrasonic, în vederea atingerii scopului propus.

Dispozitivul ultrasonic a fost testat la curgerea materialului polimeric prin canalul de extrudare practicat la nivelul dispozitivului ansamblului ultrasonic.

Testarea echipamentului s-a realizat atât ca entitate separată – mașină de injectare-extrudare, cât și ca echipament nou obținut, de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice în stare de topitură.

În urma cercetărilor experimentale de activare cu ultrasunete a curgerii realizate pe materialul HDPE (Polietilenă de înaltă densitate) s-au obținut creșteri relative de debit de până la 30% la activarea cu ultrasunete față de cazul curgerii fără activare ultrasonică.

#### 5. Concluzii

În cadrul lucrării s-a urmărit prezentarea datelor privind realizarea și testarea standului experimental de activare cu ultrasunete a curgerii mediilor polimerice.

Pentru obținerea dispozitivului de activare a curgerii mediilor polimerice cu ultrasunete au fost parcurse și realizate următoarele etape:

- concepția și realizarea elementelor ansamblului ultrasonic (booster și sonotrodă conică);
- calibrarea la frecvența de rezonanță (40kHz) a elementelor ansamblului ultrasonic (transductor-booster-sonotrodă);
- realizarea generatorului de ultrasunete (40kHz) de construcție specială, ce permite adaptarea la variațiile frecvenței blocului sonic;
- determinarea pe cale experimentală a modului cum variază frecvența de rezonanță funcție de temperatură;
- concepția, proiectarea și realizarea elementelor dispozitivului de curgere și instalare a ansamblului ultrasonic, adaptarea acestuia pe mașina de extrudare-injectare și verificarea funcționalității echipamentului nou realizat;

Cercetările experimentale realizate pe materialul HDPE (Polietilenă de înaltă densitate) au scos în evidență o creștere relativă de debit de până la 30% la activarea cu ultrasunete față de cazul curgerii fără activare ultrasonică.

#### Mulțumiri

Autorii mulțumesc CNC SIS pentru suportul acordat prin intermediul Grantului TD 182/2007.

• Realization of the ultrasounds generator (40 kHz) with special construction, which allows the adaptation to the frequency variations of the ultrasonic assembly;

- Experimental determination of the way the resonance frequency varies according to the temperature;
- Conception and realization of the elements that compose the flow and fixing device of ultrasonic assembly, adaptation to the extrusion-injection machine and verification of the way the new realized equipment works.

The experimental researches made on HDPE material (high density polyethylene) emphasized a relative increase of the flow rate, up to 30%, in the case of ultrasounds activation, against the case of flowing without ultrasonic activation.

#### Acknowledgement.

The authors acknowledge the support of the CNC SIS by Grant TD 182/2007.

#### Bibliografie/ Bibliography

[1] Chen, Y., Li, H.: *Effect of ultrasound on the viscoelasticity and rheology of polystyrene extruded through a slit die*, Journal of Applied Polymer Science, vol. 100, Issue 4, pg. 2907-2911, 2006.

[2] Chen, Y., Li, H.: *Mechanism for effect of ultrasound on polymer melt extrusion*, Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics, vol. 45, Issue 10, pg. 1226-1233, 2007.

[3] Iclănzan, T., Stan, D., Abadie, M.: *A possible new ultrasonic thermo-pellicular effect and applications*, ESAFORM 2008 Conference on Material Forming, Lyon, France, 2008.

[4] Iclănzan, T., Stan, D.: *Limits in the ultrasonic activation of polymeric materials in injection and extrusion processes*, Materiale plastice, vol. 42, Issue 2, pg. 93-99, 2005.

[5] Qin, X., Qu, J., Cao, X.: *Structure and properties of vibrating extruded high-density polyethylene sheet*, Journal Polymer Bulletin, vol. 56, nr. 6, pg. 607-618, 2006.

[6] Oancă, O., Sirbu, N.A.: *Aspecte privind utilizarea energiei ultraacustice în tehnici de îmbinare a materialelor polimerice în industria de automobile*, International Conference Innovative Technologies For Joining Advanced Materials, ISIM, Timișoara, 2008.

[7] Sahnoune, A., Massines, F., Piché, L.: *Ultrasonic measurement of relaxation behavior in polystyrene*, Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics, vol. 34, Issue 2, pg. 341-348, 1996.

[8] Sirbu, N.A., Iclănzan, T., Oancă, O.: *Conception, design and realization of the ultrasonic assembly for flow activation devices of the polymeric media*, Symposium of the Institute of Solid Mechanics, SISOM 2008 & Symposium of Acoustics, București, 2008.

[9] Stan, D.: *Aplicații ale ultrasunetelor în procesarea materialelor polimerice*, Ed. Politehnica, Timișoara, 2003.

[10] Stan, D., Iclănzan, T.: *Activarea ultrasonică a curgerii materialului polimeric plastifiat în procesul de punere în formă*, Academia Română, Comisia de Acustică, Sesiune de comunicări, caiet 25, pag. 121, București, 1995.

[11] Wu, H., Guo, S., Li, Z.: *Effect of ultrasonic oscillations on linear viscoelastic behaviours of metallocene-catalyzed linear low density polyethylene and its blends with low density polyethylene*, Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics, vol. 43, issue 21, pg. 3030-3043, 2005.

