

# EVALUAREA TENSIUNILOR REZIDUALE DIN MATERIALE PLASTICE PRIN MĂSURĂRI CU TRADUCTOARE TENSOMETRICE REZISTIVE

BOACĂ Florin Ionuț<sup>1</sup>, CHIRILOV Mihai<sup>1</sup>

Conducător științific: Prof. dr. ing. Marin SANDU

**REZUMAT:** Piesele și semifabricatele din materiale polimerice injectate în matrițe sau extrudate conțin tensiuni reziduale cauzate de neuniformitatea procesului de răcire. Deși marea majoritate a pieselor/semifabricatelor din plastic conțin asemenea tensiuni, nivelul acestora este dificil de măsurat/evaluat. Aceste tensiuni reduc în mod semnificativ durata de viață a produselor din polimeri. Determinarea valorilor acestor tensiuni ajută proiectantul în munca sa. Aceste determinări se pot face folosind traductoare tensometrice rezistive printr-o metodologie simplă, ieftină și rapidă.

**CUVINTE CHEIE:** tensiuni reziduale, traductoare tensometrice, polimeri

## 1 INTRODUCERE

Este cunoscut faptul că în piese și semifabricate din materiale polimerice injectate în matrițe sau extrudate apar tensiuni reziduale datorită răcirii neuniforme și contracției termice.

Coeficienții de dilatare/contractie termică au valori mari în cazul materialelor plastice

$$\alpha = 85 \cdot 10^{-6} \div 90 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

## 2 STADIUL ACTUAL

Metoda eliberării deformațiilor specifice prin adâncire progresivă a unei găuri în centrul unei rozete lipită pe piesa studiată, s-a aplicat pentru determinarea tensiunilor reziduale în semifabricate cilindrice din poliamidă. Acestea se folosesc la fabricarea roților dințate și datorită tensiunilor reziduale se pot fisura în funcționare după un număr mic de ore de funcționare.

Se poate realiza eliberarea deformațiilor specifice reziduale și prin excavarea inelară de material în jurul rozetei tensometrice.

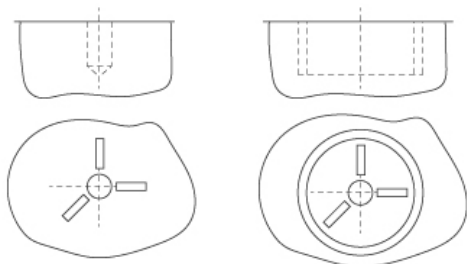


Fig. 1. Tipuri de perforații

## 3 METODA DE LUCRU

### 3.1 Aspecte generale

În prezenta lucrare au fost evaluate tensiuni reziduale în tuburi de polipropilenă (PP) cu diametrul exterior de 110 mm și grosimea peretelui de 3 mm.

Prezența tensiunilor reziduale a fost evidențiată prin secționarea unei fâșii longitudinale și a unui inel care și-a redus raza de curbură după ce a fost deschis. Fâșia longitudinală s-a curbat spre interior. Aceste variații de formă indică prezența în tub a unor tensiuni reziduale de întindere la interior și de compresiune la exterior, atât pe direcția longitudinală ( $\sigma_e^*$ ) cât și circumferențială ( $\sigma_t^*$ ).

### 3.2 Aspecte practice

Patru traductoare rezistive au fost lipite pe eșantioanele decupate din tub (Fig.2).

Cu acestea au fost măsurate variațiile indicațiilor unei punți tensometrice prin trecerea de la starea deformată la geometria normală (generatoare dreaptă și inel cu raza egală cu cea a tubului întreg).

$$\varepsilon = i_{normal} - i_{deformat}$$

## 4 EXEMPLU DE CALCUL

### 4.1 Formulele de calcul și valorile obținute

Pe această cale au fost determinate deformațiile specifice și tensiunile reziduale.

<sup>1</sup> Specializarea Design Industrial, Facultatea FIMM;

E-mail: [walker.design.wd@gmail.com](mailto:walker.design.wd@gmail.com);



Fig.2. Eșantioanele decupate din tub

$$\varepsilon_{l,ext}^* = -2780 \frac{\mu m}{m} = 0,00278 \frac{mm}{mm}$$

$$\varepsilon_{l,int}^* = +1240 \frac{\mu m}{m} = 0,00124 \frac{mm}{mm}$$

$$\varepsilon_{t,ext}^* = -4360 \frac{\mu m}{m} = -0,00436 \frac{mm}{mm}$$

$$\varepsilon_{t,int}^* = +3395 \frac{\mu m}{m} = 0,003395 \frac{mm}{mm}$$

$$\sigma_{l,ext,rez} = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_{l,ext} + \nu \cdot \varepsilon_{t,ext}) = -8,265 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,ext,rez} = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_{t,ext} + \nu \cdot \varepsilon_{l,ext}) = -9,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{l,int,rez} = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_{l,int} + \nu \cdot \varepsilon_{t,int}) = 5,259 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,int,rez} = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_{t,int} + \nu \cdot \varepsilon_{l,int}) = 7,857 \text{ MPa}$$

unde

$$E = 1390 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,45$$

Valorile tensiunilor echivalente (von Mises) sunt semnificative.

$$\sigma_{ech,ext} = \sqrt{\sigma_{l,ext}^2 + \sigma_{t,ext}^2 - \sigma_{l,ext} \cdot \sigma_{t,ext}} = 9,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ech,int} = \sqrt{\sigma_{l,int}^2 + \sigma_{t,int}^2 - \sigma_{l,int} \cdot \sigma_{t,int}} = 6,92 \text{ MPa}$$

Deoarece rezistența la rupere a polipropilenei este de doar 40 MPa, presiunea interioară admisă va fi redusă semnificativ datorită tensiunilor reziduale.

#### 4.2 Aplicație practică

În continuare se va prezenta un exemplu de calcul.

Se cere presiunea admisă în tubul ideal (fără tensiuni reziduale) și cel real. Se consideră tensiunea admisibilă  $\sigma_a = 20 \text{ MPa}$  și se aplică teoria de membrană pentru că raportul între grosime și raza medie a tubului este mic:

$$R = 53,5 \text{ mm}; h = 3 \text{ mm}; \frac{h}{R} = 0,056$$

Presiunea interioară  $p$  produce tensiuni circumferențiale

$$\sigma_{t,int}^p = \sigma_{t,ext}^p = \frac{p \cdot R}{h} = p \cdot 17,8$$

Din condiția ca această tensiune să nu depășească  $\sigma_a$ , se deduce presiunea admisă în tubul fără tensiuni reziduale

$$p'_{max} = \frac{\sigma_a}{17,8} = 1,12 \text{ MPa}$$

În tubul real, solicitarea maximă apare la interior

$$\sigma_{t,int} = \sigma_{t,int}^p + \sigma_{t,int}^* = 17,8 \cdot p + 7,85$$

$$\sigma_{l,int} = \sigma_{l,int}^* = 5,25 \text{ MPa}$$

Aplicând teoria tensiunilor normale maxime, deducem

$$\sigma_{max} = 17,8 \cdot p + 7,85 \leq \sigma_a \Rightarrow p_{max}'' = \frac{\sigma_a - 7,85}{17,8} = 0,68 \text{ MPa}$$

Aceasta valoare este cu 39% mai mică decât cea obținută pentru tubul fără tensiuni reziduale.

#### 5 CONCLUZII

Nivelul tensiunilor reziduale poate influența negativ încărcarea admisă. De aceea, valorile acestor tensiuni trebuie să fie cunoscute de proiectant.

Metodologia de determinare prezentată este simplă, rapidă și ieftină.

## 6 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Maxwell, A. S. (2005), *Measurement of Residual Stress in Plastics*, DEPC (MN) 027.  
[2]. Mocanu D.R.(coordonator), “*Analiza experimentală a tensiunilor*”, Editura Tehnica, Bucuresti, volum I (1976), volum II (1977)

## 7 NOTAȚII

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

$\epsilon$  = lungirea specifică [mm];

$\epsilon_{l,ext}$  = lungire specifică longitudinală exterioară [mm];

$\epsilon_{l,int}$  = lungire specifică longitudinală interioară [mm];

$\epsilon_{t,ext}$  = lungire specifică tangențială exterioară [mm];

$\epsilon_{t,int}$  = lungire specifică tangențială interioară [mm];

$\sigma_{l,int}$  = tensiunea longitudinală interioară;

$\sigma_{t,int}$  = tensiunea tangențială interioară;

$\sigma_{l,ext}$  = tensiunea longitudinală exterioară;

$\sigma_{t,ext}$  = tensiunea tangențială exterioară;