

*Metodoloģijas izstrāde, iekārtu projektēšana,
izgatavošana un ieviešana plānsienu
(nano- un submikrolīmenī heterogēnu)
polimērkompozītu paraugu deformatīvo īpašību noteikšanai*

Projektā paredzēts izstrādāt pietiekami vienkāršu un racionālu metodoloģiju plānsienu polimērkompozītu paraugu deformatīvo īpašību (elastības modulis E , spriegumu-deformāciju sakarības) noteikšanai un ar tās palīdzību veikt atsevišķu polimērkompozītu veidu struktūras un īpašību optimizēšanu.

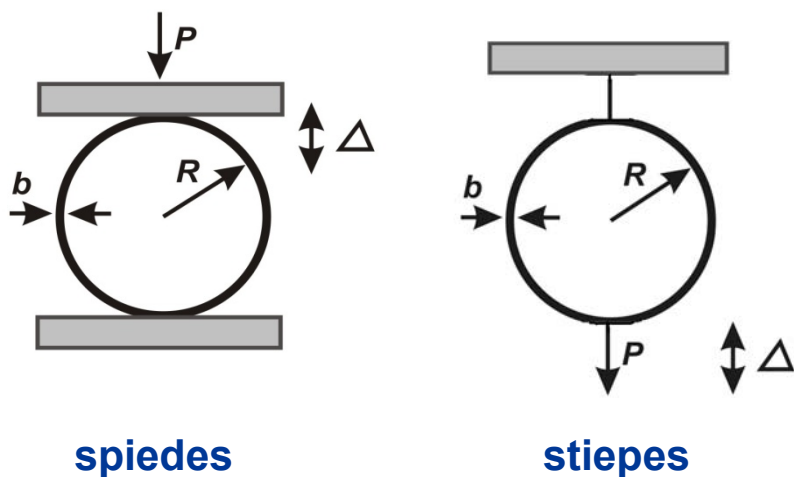
Atskaites periodā projekts paredz:

- *metodoloģijas teorētiskā pamatojuma aprakstu*
- *eksperimentālo iekārtu pirmo variantu izveidošanu*
- *mērījumu veikšanu un iegūto rezultātu izvērtēšanu, salīdzinot tos ar rezultātiem, kas iegūti izmantojot tradicionālās deformatīvo īpašību noteikšanas metodes*

Rezultatīvie rādītāji:

- galīgo elementu modeļi
- metodikas izstrāde spiedē
- metodikas izstrāde stiepē
- eksperimentālo stendu izgatavošana
- statikas eksperiments
- dinamikas eksperiments
- publikācijas un piedalīšanās konferencēs atbilstoši publicitātes

Piedāvātā elastības moduļa noteikšanas metode balstās uz plānsienu cilindriska parauga notiekošas spiedes un stiepes deformācijas uzdevuma risinājumu, ievērojot ģeometrisku nelinearitāti. Kontakta problēma tiek risināta ar galīgo elementu metodi (ANSYS).



Eksperimentā
iegūtais
modulis E

Eksperimenta
veikšanas
plāns

Aprēķins ar galīgo
elementu metodi
(ANSYS)

Aproksimācija

Materiāla elastības
apstiprināšana

Eksperimenta plāns un aprēķins

LU Cietvielu fizikas institūts
23 Novembris 2010

$$10 \leq L \leq 40 \text{ mm (platums)}$$
$$0.1 \leq b \leq 0.3 \text{ mm (biezums)}$$
$$15 \leq R \leq 45 \text{ mm (radius)}$$

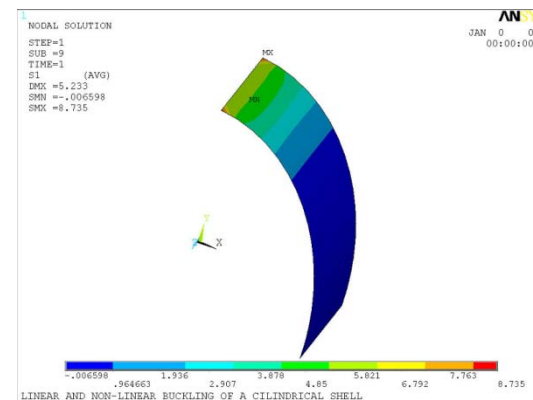
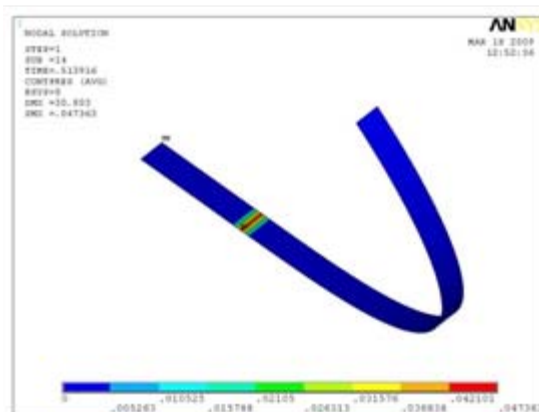
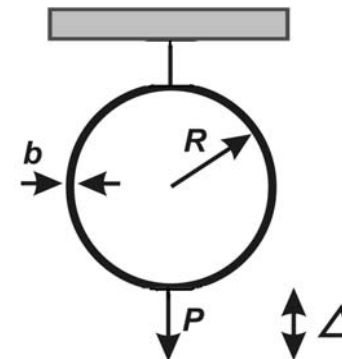
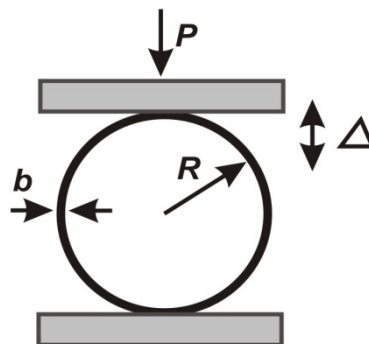
Eksperimenta
veikšanas
plāns

Aprēķins ar
galīgo
elementu
metodi
(ANSYS)

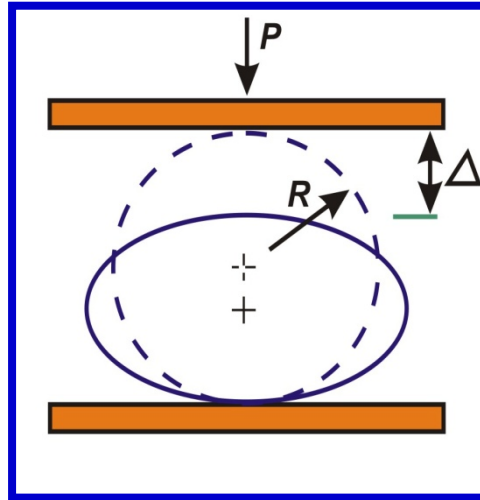
Aproximācija

Eksperimentā
iegūtais
modulis

Materiāla
elastības
apstiprināšana

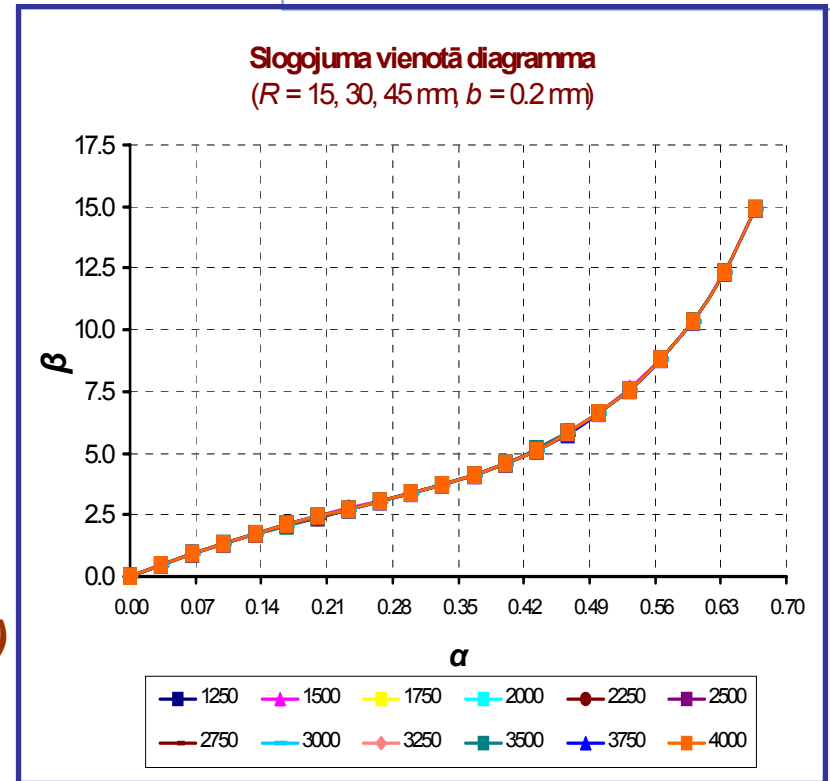


Aproksimācija (visparēji parametri)



Eksperimentā iegūtais modulis

pārvietojums
 $\alpha = \Delta / (2R)$
spēks
 $\beta = PR^2 / (EJ)$

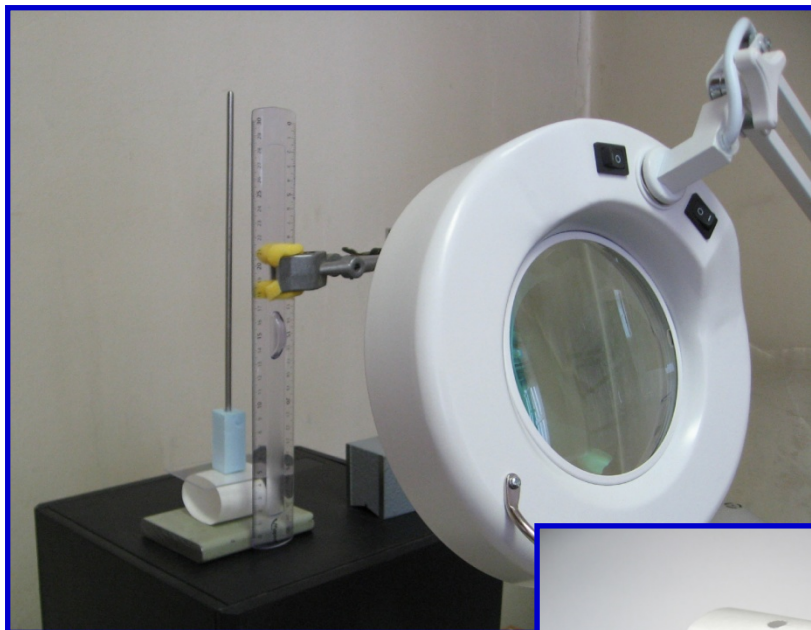


$$\beta(\alpha) = 3650.8\alpha^6 - 7254.8\alpha^5 + 5496.6\alpha^4 - 1879.5\alpha^3 + 272.65\alpha^2 - 0.7882\alpha$$

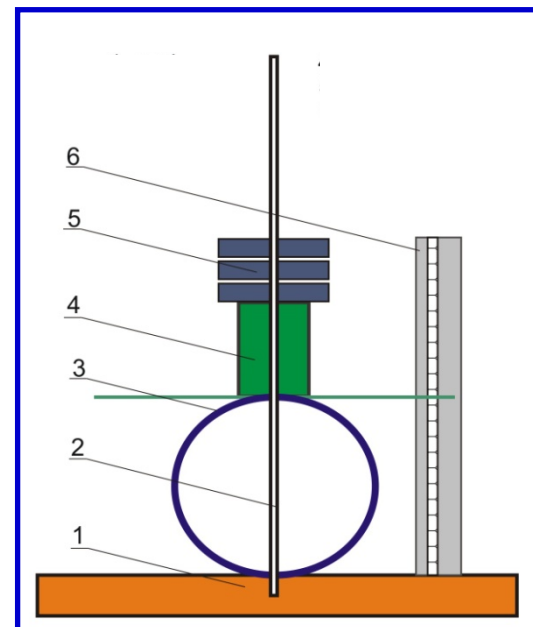
Pēc aprēķinos iegūtiem rezultātiem izveidota slojuma diagramma, kas dod iespēju risināt elastības moduļa noteikšanas pretējo uzdevumu izmantojot slojuma diagrammas eksperimentālos punktus.

Iekārta (I) mērīšanai: spēks (P) - pārvietojums (α)

LU Cietvielu fizikas institūts
23 Novembris 2010



- izmanto diskrētus slogus (P)
- mēra atbilstošu pārvietojumu (α)



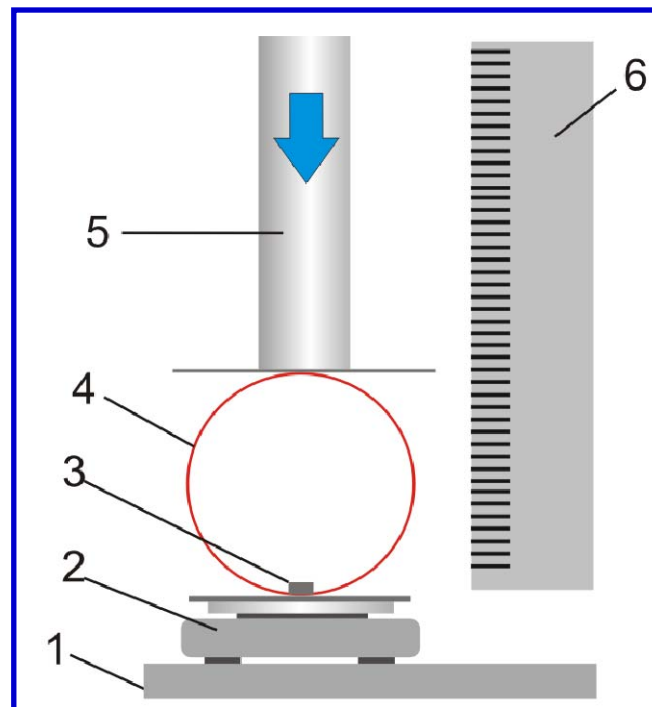
1. Pamatne
2. Stienis
3. Paraugs
4. Vadīkla
5. Noslogojums
6. Mērlīnējs

Iekārta (II) mērīšanai: spēks (P) - pārvietojums (α)

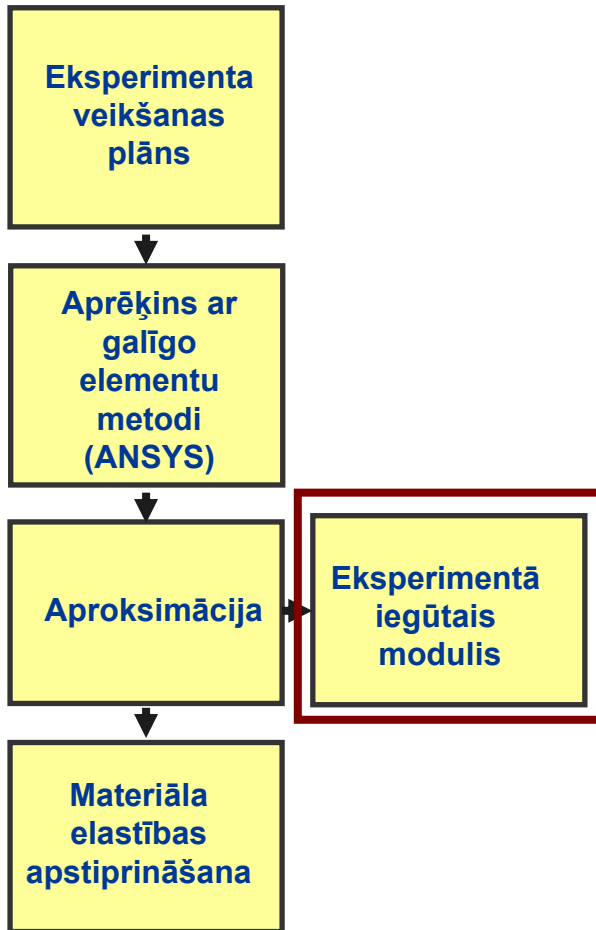
LU Cietvielu fizikas institūts
23 Novembris 2010



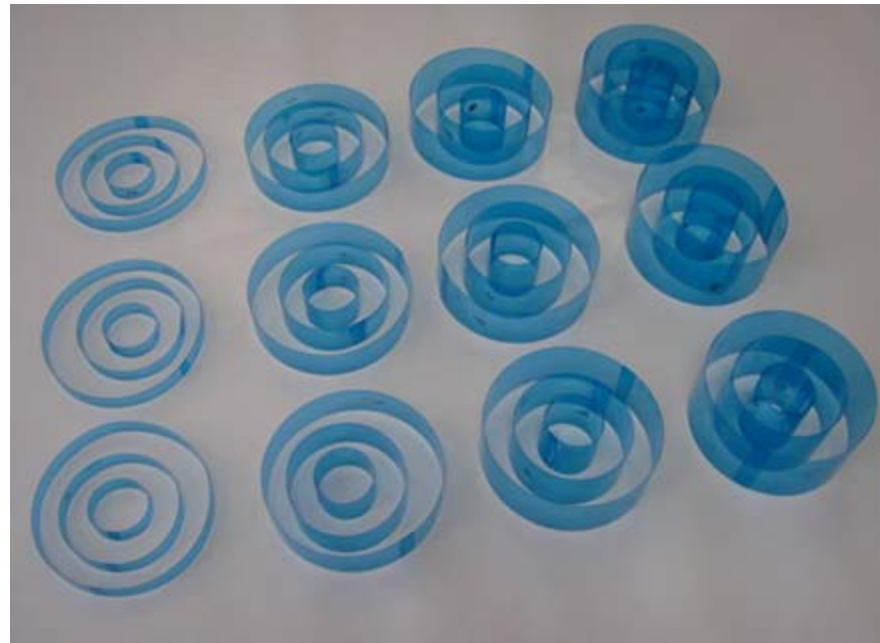
- iestāda pārvietojumu (α)
- mēra atbilstošu slodzi (P)



1. Pamatne
2. Laboratorijas svāri
3. Platforma parauga iestiprināšanai
4. Paraugs
5. Mikroskopa mobilā daļa



PVC (polivinilhlorīda) plēves ar biezumu 0,2 mm

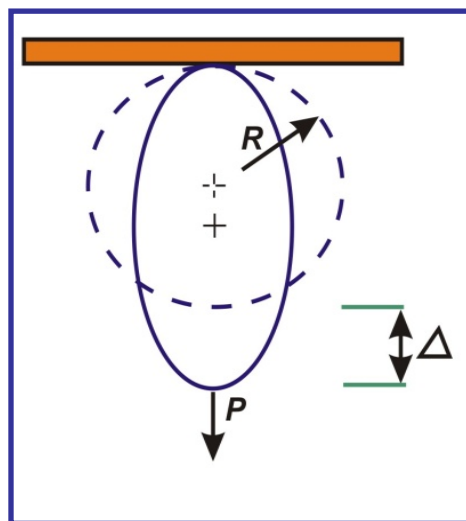


Eksperimentālu paraugu izmēri

$L=10,20,30,40$ mm, $R=15,30,45$ mm, $b=0.2$ mm – trīs serijas

Eksperimentā iegūtā moduļa vērtības

LU Cietvielu fizikas institūts
23 Novembris 2010



$$\alpha = \Delta / (2R)$$

$$\beta = PR^2 / (EJ)$$

$$\beta(\alpha) = 264.65\alpha^4 + 25.779\alpha^3 + 24.268\alpha^2 + 15.268\alpha - 0.0004$$

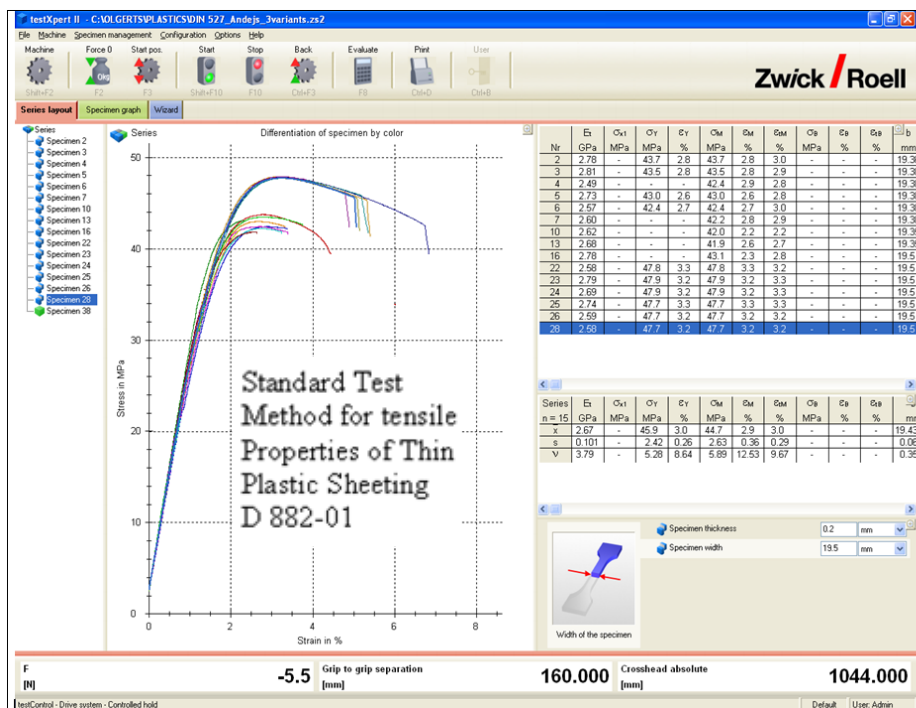
R=15							
L=10		L=20.5		L=30		L=40	
E	error	E	error	E	error	E	error
2332	7.6	2223	6.5	2314	11.4	2312	6.4
2425	6.2	2223	6.5	2800	5.4	3077	24.2
2332	7.6	2806	3.6	2626	3.1	2367	8.5
2332	7.1	2515	6.5	2580.0	6.6	2695	13.0
R=30							
L=10		L=20.5		L=30		L=40	
E	error	E	error	E	error	E	error
2442	2.1	2541	2.2	2293	1.7	2350	7.2
2443	2.1	2672	4.5	2302	2.6	2443	5.4
2338	3.8	2541	2.2	2293	2.0	2078	3.3
2408	2.7	2541	3.0	2296	2.1	2397	5.3
R=45							
L=10.5		L=20		L=30.5		L=40	
E	error	E	error	E	error	E	error
2659	1.4	2706	1.5	2578	1.3	2600	1.4
2611	3.3	2577	2.2	2691	2.3	2600	1.4
2696	3.2	2685	1.4	2719	3.0	2600	1.4
2678	2.6	2696	6.5	2663	2.2	2600	1.4

Elastības modulis (vidējais)
E = 2.53 GPa

Statika



Universal testing machine
Zwick Z100



Velocity: 1
mm/min
E=2.67MPa
Velocity: 25
mm/min

E=2.67MPa
Density
 $\rho = 1.32\text{g/cm}^3$

Standard Test
Method for tensile
Properties of Thin
Plastic Sheet
D 882-01

Elastības modulis (vidējais)
E = 2.67 GPa

Dinamika

Frekvences

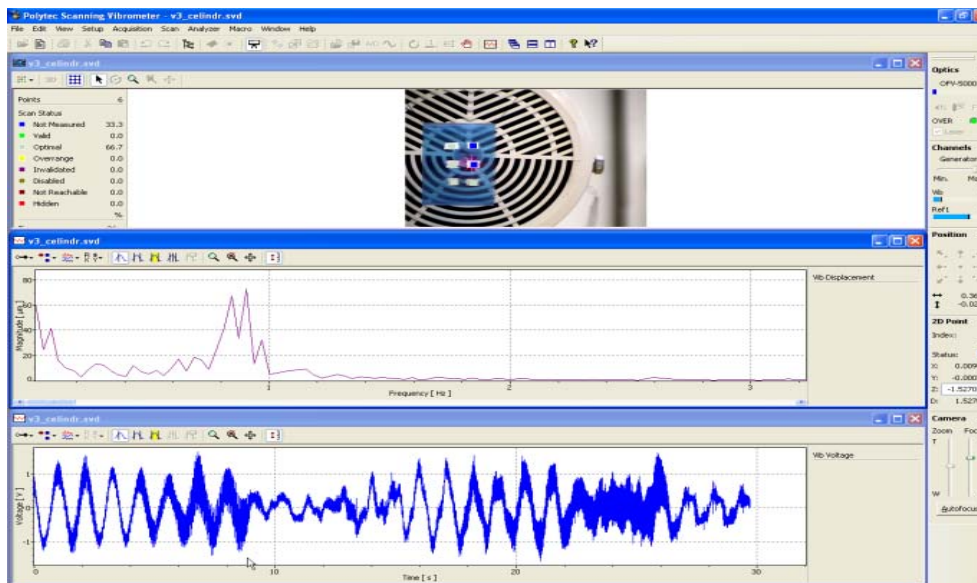
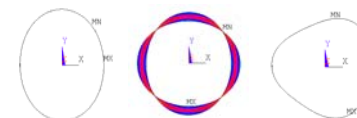
Formas



POLYTEC PSV-400
lāzervibrometrs

Scanning laser vibrometer
POLYTEC PSV 400 -B

№	1	2	3
ANSYS, Hz	40.6	65.3	114.7
Eksperiments, Hz	40.5	67.3	113.5
 δ , %	0.2	3.0	1.1

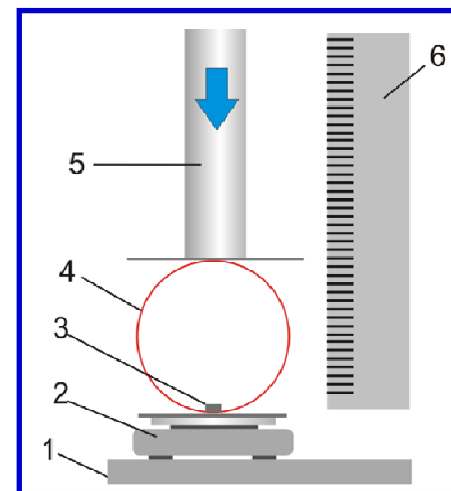
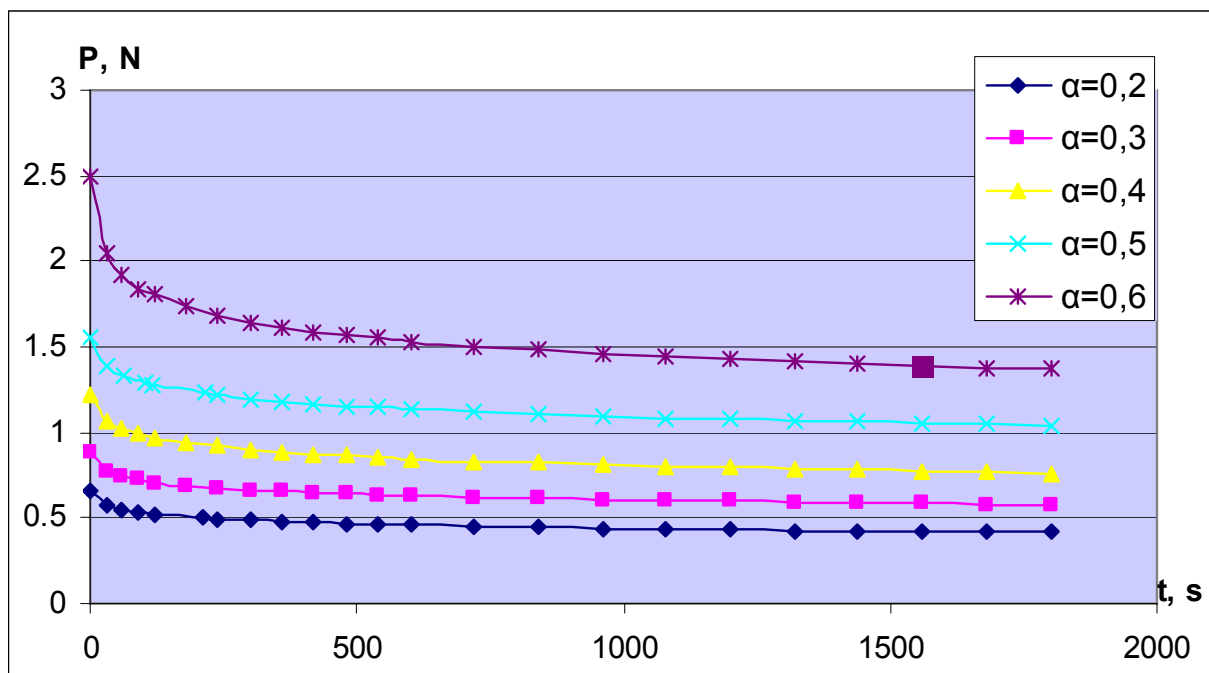


Elastības modulis (vidējais)
E = 2.40 GPa

Mērījumi sprieguma relaksācijas režīmā: $P(t)|_{\alpha = \text{const}}$

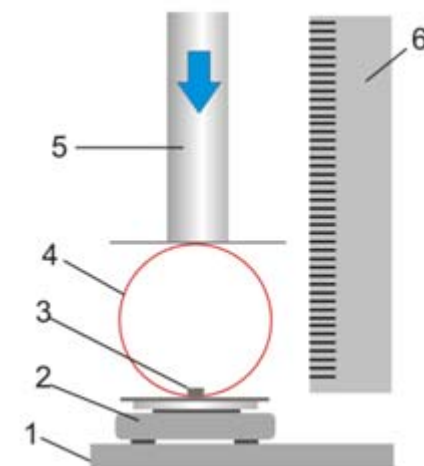
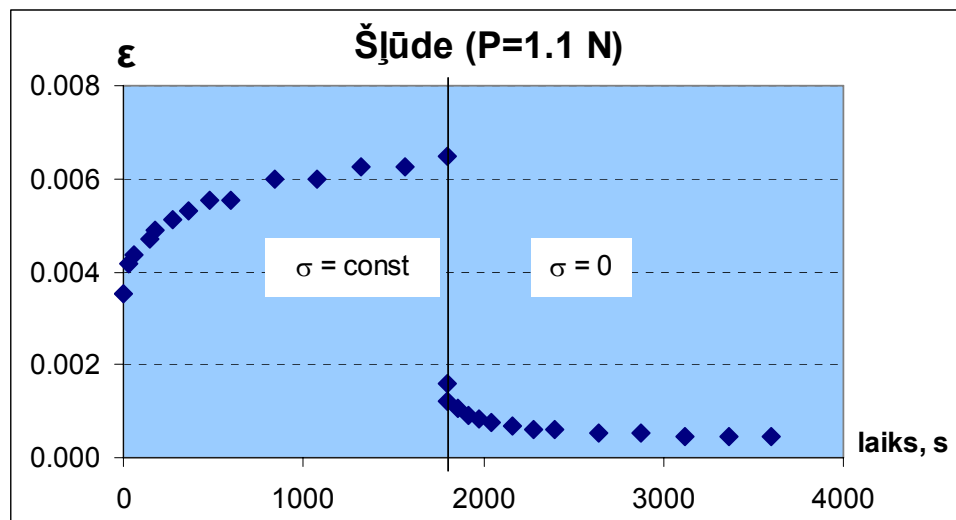
LU Cietvielu fizikas institūts
23 Novembris 2010

polipropilēna plēve, biezums 300 μm

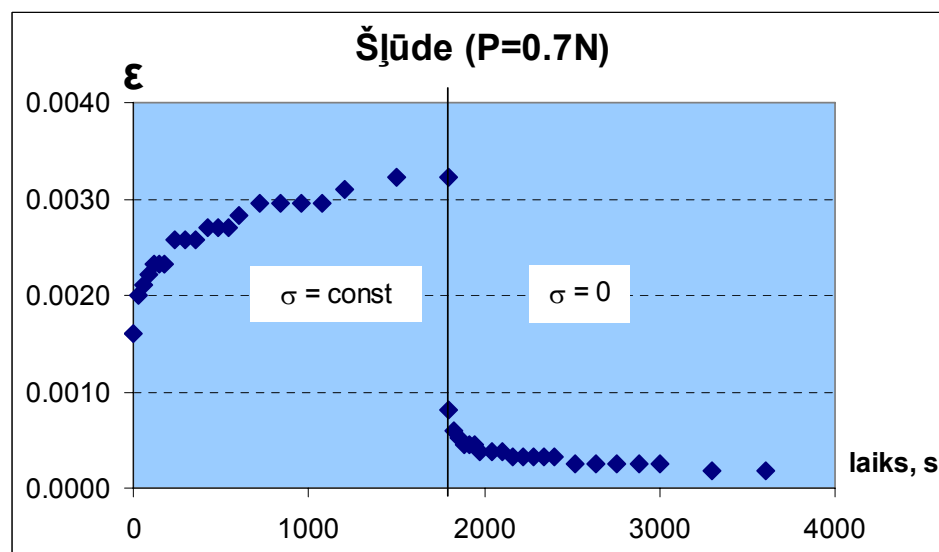


Mērījumi šļūdes, $\varepsilon(t)|_{P = \text{const}}$ un pēcdarbības $\varepsilon(t)|_{P = 0}$ režīmā

LU Cietvielu fizikas institūts
23 Novembris 2010



polipropilēna plēve, biezums 300 μm



- Izveidoti divu tipu eksperimentālie stendi.
- Noskaidrotas cilindrisko paraugu izmēru robežas: gredzena diametrs $d > 20$ mm, biezums $b < 0.3$ mm.
- Novērtēta elastības moduļa E mērījumu atkārtojamība. Dažādas konfigurācijas paraugiem tā nepārsniedz $\pm 2\%$.
- Konstatēta neliela eksperimentāli spiedes režīmā noteikto E vērtību atkarība no cilindrisko paraugu ģeometriskiem parametriem: d (30 – 50 mm) un gredzena platuma l (10 – 60 mm).
- Eksperimentāli noskaidrots, ka stends I (cilindrisko paraugu slogo spiedē ar dažāda lieluma diskreto slogojumu) ir izmantojams šķūdes procesu pētīšanai.
- Eksperimentāli noskaidrots, ka stends II (cilindrisko paraugu deformē spiedē un mēra šai deformācijai nepieciešamā spēku) ir izmantojams sprieguma relaksācijas procesu pētīšanai.
- Veikti vairāku plēves veida polimēru elastības moduļa vērtības mērījumi atkarībā no polimēra struktūras: polivinilspirts (PVS) ar dažādu plastifikatora saturu, PVS ar atšķirīgu mitruma saturu, atsevišķi stiegrotu kompozītu veidi u.c. Konstatēta laba rezultātu sakrišana ar mērījumiem, kas veikti ar tradicionālām metodēm stiepē.
- Elastības moduļa noteikšanas metodikas precizēšanai veikti no PVC materiāla izgatavota gredzenveida parauga ar biezumu 0.2 mm dinamiskas izmēģinājumi.

Publikāciju saraksts:

- Gluhihs S., Kovalovs A., Tiškunovs A., Čerpakovska D., Kalniņš M. Method for identification the elastic properties of polymer materiāls by using thin-walled cylindrical specimens (TWCS method). RTU zinātniskie raksti. 1. sēr., Materiālzinātne un lietišķā ķīmija – 21. sēj. (2010), 84.-89. lpp.

Recenzētās konferenču tēzes:

- Kovalovs A., Gluhihs S., Chate A. Finite element modelling of thin polymer shell. Book of Abstracts of the International Conference Functional materials and nanotechnologies (FM&NT-2010). March 16 - 19, Riga, Latvia. Riga: LU, 2010, p. 189.
- Gluhihs S. Kovalovs A., Kalnins M. Buckling of thin polymer cylindrical shell under contact compression. Book of Abstracts of XVI International Conference on Mechanics of Composite Materials (MCM-2010). May 24-28, Riga, Latvia. – Riga: LU, 2010, pp 73.
- Kovalovs A., Gluhihs S., Chate A. Identification the flexural modulus of polymer materials by using thin walled cylindrical specimens. 30th Annual International Scientific-Practical Conference and Accompanying Exhibition “Composite materials in the industry” (Slavpolycom). June 7 – 11, Yalta, Ukraine. – Kiev: Ukrainian Centre of Information, 2010, pp. 442-445.

Ziņojumu konferencēs saraksts:

- Kovalovs A., Gluhihs S., Chate A. Finite element modelling of thin polymer shell. International Conference Functional Materials and Nanotechnologies (FM&NT-2010). Riga, Latvia, 16-19 March, 2009.
- Gluhihs S. Kovalovs A., Kalnins M. Buckling of thin polymer cylindrical shell under contact compression. XVI International Conference on Mechanics of Composite Materials (MCM-2010). Riga, Latvia, 24-28 May, 2010.
- Kovalovs A., Gluhihs S., Chate A. Identification the flexural modulus of polymer materials by using thin walled cylindrical specimens. 30th Annual International Scientific-Practical Conference and Accompanying Exhibition “Composite materials in the industry” (Slavpolycom). Yalta, Crimea (Ukraine), 7 - 11 June, 2010.

PAKDIES PAR UZMANĪBU

Pētījums veikts programmas: „*Inovatīvu daudzfunkcionālu materiālu, signālapstrādes un informātikas tehnoloģiju izstrāde konkurētspējīgiem zinātņu ietilpīgiem produktiem*”

Projekts: „*Nanostrukturēti modifikatorus saturoši pašarmēti polimēru kompozīti un to atbilstošo tehnoloģiju izstrāde pielietojumiem inteligētajos materiālos un ierīcēs*”