

# **Mechanika I:**

## **Polimerek belsőúrlódásának vizsgálata**

**Tóth Bence**  
fizikus, 3. évfolyam

2006.04.06. csütörtök

beadva: 2005.04.27.

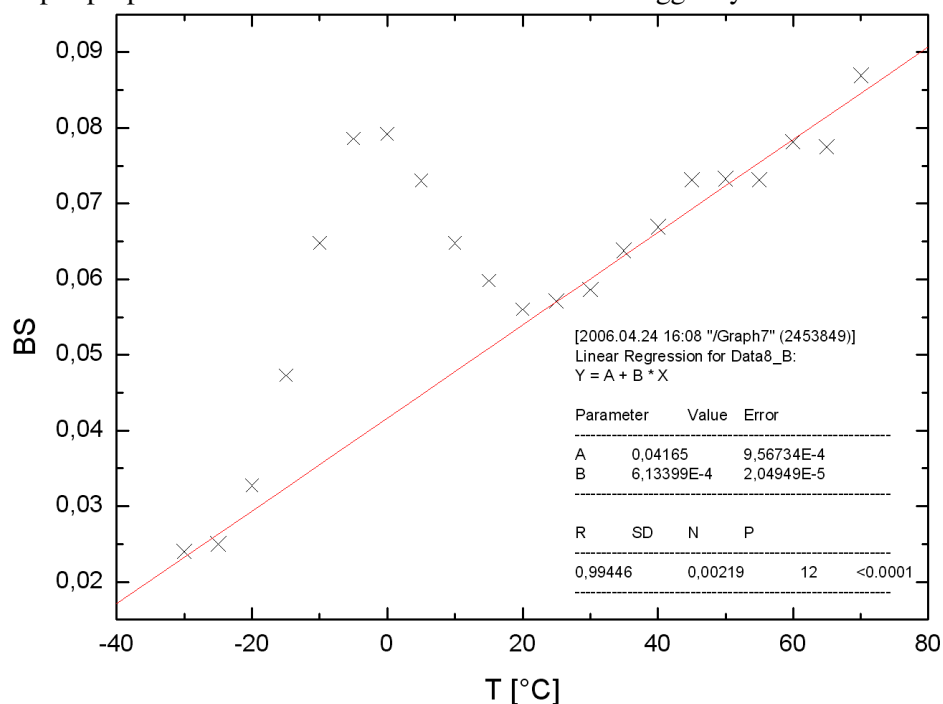
A mérés során egy polipropilénmintát vizsgáltunk. Célunk volt a belsőúrlódás, illetve a Young-modulusz hőmérsékletfüggésének meghatározása. Ezt úgy végezzük el, hogy a mintát megterheljük egy konstans terhelőerővel, és még erre az erőre időben szinuszosan változó periodikus erőt adunk. Mérjük ezt az erőt, valamint a minta megnyúlását az időben, nagy pontossággal. Így a belsőúrlódást meghatározhatjuk a terhelőerő, illetve a megnyúlás fáziseltolódásának kiszámításával, a mérésleírásban leírtaknak megfelelően. A Young-moduluszt szintén a leírtaknak megfelelően az erő- és a megnyúlásfüggvények paramétereiből számolhatjuk ki. Valamint még meg kellett határozni a minta  $\beta$ -csúcsához tartozó hőmérsékletet, ez az úgynevezett üvegesedési hőmérséklet. A mérés részletes elméleti háttere megtalálható a laborleírásban, így erre itt nem térünk ki.

**1** A mérést egy számítógéppel vezérelt MTS anyagvizsgáló gép segítségével végeztük. A pontos mérési összeállítás szerepel a laborleírásban. A minta behelyezése után, felhelyeztük a mintára a • megnyúlásmérőt. A hőmérsékletfüggés kiméréséhez először lehűtöttük a kamrát  $-30^{\circ}\text{C}$ -ra, azután a hőmérsékletet növelve  $5^{\circ}\text{C}$ -onként mértünk. Minden egyes mérés során  $F_0$  statikus és egy 1Hz-es  $F_t$  periodikus erő összegével hatottunk a mintára. A statikus erőre azért volt szükség, mert mintakezelés szempontjából kedvezőtlen a nyomófeszültség alkalmazása. Ezért célszerű az előbb említett megoldást használni, ahol a mintára a periodikus erő minimuma esetén is húzófeszültség hat. Az adatgyűjtés során a számítógép rögzítette az  $F$  pillanatnyi erőt, a  $\Delta L$  pillanatnyi megnyúlást. Ezekből az adatokból tudtuk kiszámítani egy a Maple-ban írt program segítségével a belsőúrlódást, a relatív deformációt és a Young-moduluszt. A mérés során beállított, illetve az adott paramétereket a következők voltak:

$F_0=170\text{N}$  a feszítő erő  
 $F_t=150\text{N}$ ,  $f_{\text{mod}}=1\text{Hz}$  a periodikus erő  
 $T=-30-70^{\circ}\text{C}$  az  $5^{\circ}\text{C}$ -os lépésekben vizsgált hőmérséklettartomány  
 $L_0=25\text{mm}$  a minta nyugalmi hossza  
 $A_0=10\text{mm}^2$  a minta nyugalmi keresztmetszete

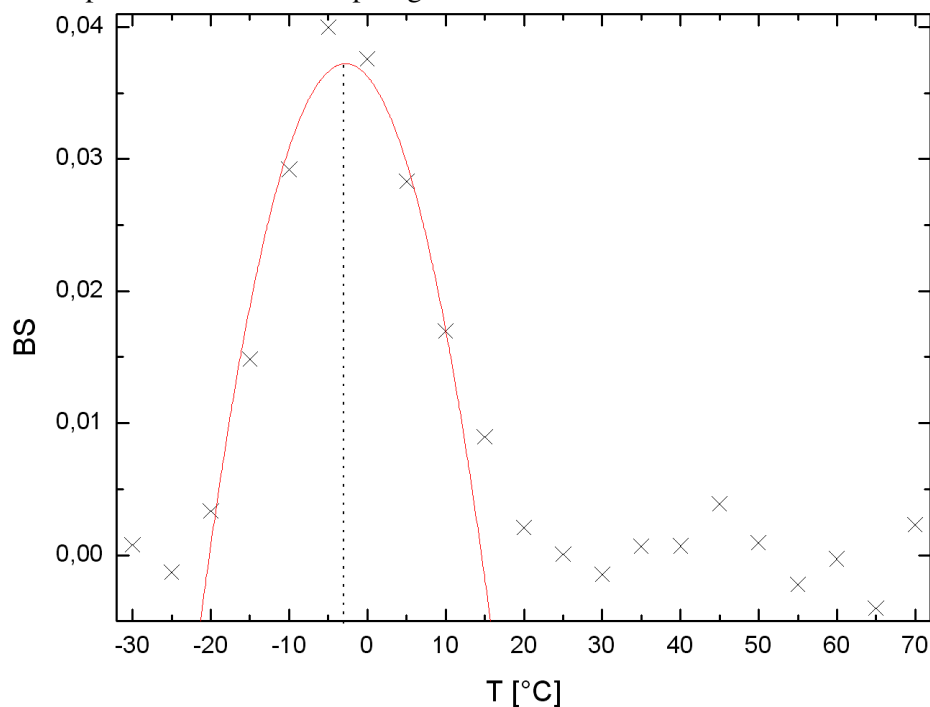
T( $^{\circ}\text{C}$ )	BS	$\delta\text{BS}$	$\varepsilon$	$\delta\varepsilon(*10^{-4})$	$E_{\text{diff}}(\text{MPa})$	$\delta E_{\text{diff}}(*10^{-4})$
-30	0,02401	0,01898	-0,07614	6,74	5236,7	3,06
-25	0,02500	0,01886	-0,07096	6,95	5130,1	4,77
-20	0,03273	0,00878	-0,05905	2,30	4809,3	4,44
-15	0,04729	0,00804	-0,05098	4,17	4456,4	4,55
-10	0,06473	0,00377	-0,04382	9,27	4023,9	5,69
-5	0,07853	0,00367	-0,03502	19,8	3452,1	9,21
0	0,07920	0,00338	-0,02590	19,2	3033,4	8,25
5	0,07303	0,00436	-0,01459	53,8	2668,1	7,46
10	0,06475	0,00269	-0,00273	332,7	2389,5	6,82
15	0,05979	0,00334	0,00858	106,0	2225,6	5,31
20	0,05599	0,00351	0,02334	43,7	2031,0	4,99
25	0,05707	0,00299	0,04475	18,9	1824,7	6,04
30	0,05858	0,00548	0,06906	25,3	1664,5	4,70
35	0,06378	0,00201	0,10521	6,80	1479,5	2,44
40	0,06689	0,00370	0,15192	7,42	1331,0	2,77
45	0,07314	0,00256	0,20445	7,45	1150,5	3,86
50	0,07325	0,00220	0,25527	3,85	1067,8	2,94
55	0,07314	0,00581	0,30390	3,04	1007,8	2,90
60	0,07818	0,00322	0,35686	7,88	907,97	4,12
65	0,07749	0,00532	0,41624	2,77	872,14	4,79
70	0,08690	0,00276	0,47617	15,5	770,17	5,92

A polipropilén minta belsőúrlódása a hőmérséklet függvényében:



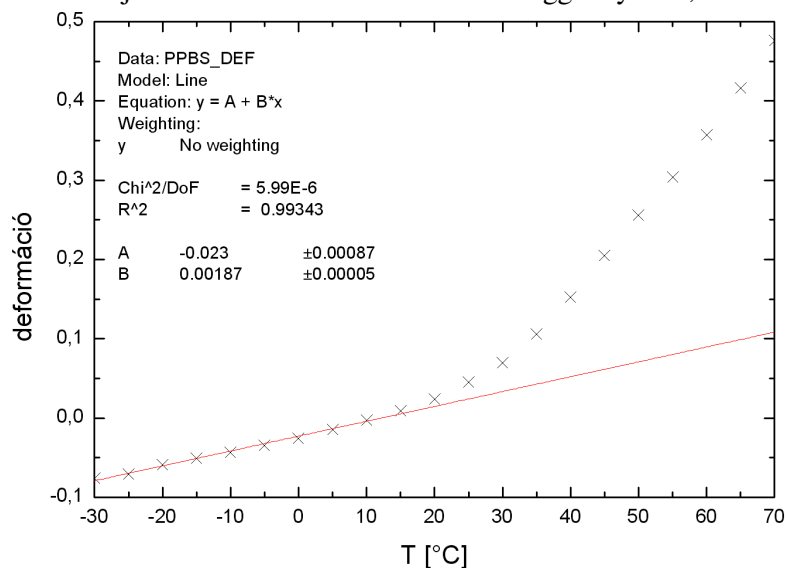
Az ábrán a  $\beta$ -csúcs látható, amely rálül az alapvonalra. Az üvegesedési hőmérsékletet a csúcs x-koordinátája adja, azaz a csúcs helyéhez tartozó hőmérséklet. A keresett érték leolvasásához azonban le kell vonni az alapvonal járulékát. Az alapvonal egyenesét a csúcshoz tartozó pontok kihagyásával lehet illeszteni.

Az alapvonal levonásával kapott görbe:



Az üvegesedési hőmérséklet a maximumhelynél olvasható le.  $T_{\beta} \approx -3^{\circ}\text{C}$ . A csúcs magassága összefüggésben van a mintában található amorf fázis arányával. A grafikonon jól látható az úgynevezett  $\beta$ -csúcs, ez az amorf fázissal van kapcsolatban. Így a csúcs nagyságának meghatározásával a mintában lévő amorf fázis arányára kaphatunk becslést.

Ha ábrázoljuk a deformációt a hőmérséklet függvényében, akkor az egy megtört egyenest fog kirajzolni:



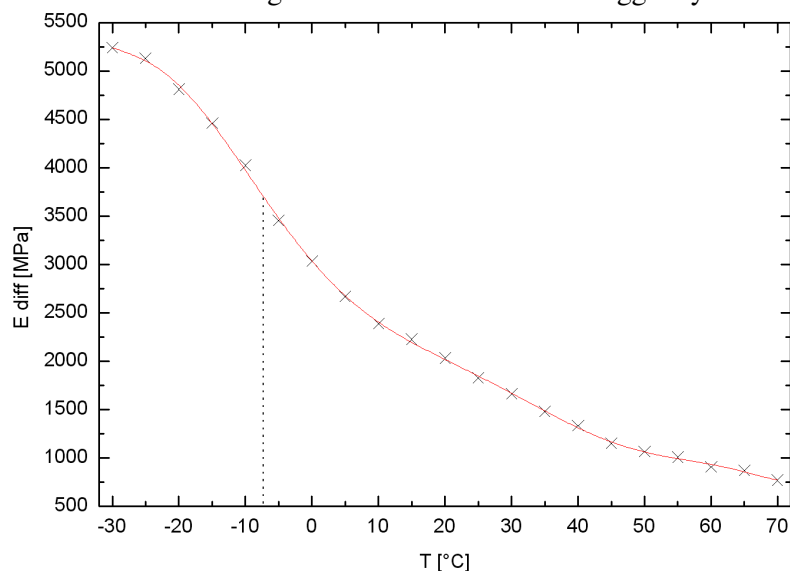
Az egyenesre illeszkedő pontok hőmérséklettartományában csak a hőtágulás játszik fontos szerepet, ezért az illesztett egyenes meredekségéből meghatározható a hőtágulási együttható a következő összefüggés szerint:

$$\varepsilon^H = \alpha(T - T_0)$$

Így nekünk a hőtágulási együttható értékére a következő adódott:

$$\alpha = (1,87 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

A differenciális Young-modulusz a hőmérséklet függvényében:



Az ábrán jelöltük az inflexiós pontot, ami körülbelül  $T_{ii} \approx -7^\circ\text{C}$ -nál van. Ez elvileg meg kéne, hogy egyezzen a  $\beta$ -csúcs helyével. A leolvasott értékek között csak kicsi az eltérés, néhány  $^\circ\text{C}$  pontossággal egyeznek.