



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## Projecte/Treball Fi de Carrera

**Estudi:** Enginyeria Tècn. Ind. Química Ind. Pla 2002

**Títol:** Caracterització del comportament viscoelàstic de dos polímers termoplàstics, PP i PS

**Document:** Resum

**Alumne:** Isabel Bagudanch Frigolé

**Director/Tutor:** Josep Costa Balanzat

**Departament:** Física

**Àrea:** Ciència dels materials i enginyeria metal·lúrgica (CMEM)

**Convocatòria** (mes/any): 09/08

## RESUM

Els polímers termoplàstics presenten un comportament mecànic peculiar, anomenat viscoelàstic, en el qual la relació entre forces i deformacions depèn fortament del temps.

A l'hora de dissenyar objectes amb aquests materials (i amb tots els termoplàstics en general) es requereix disposar d'una bona descripció del comportament, el qual s'assoleix mitjançant assaigs experimentals específics que es duen a terme per empreses especialitzades en aquest àmbit.

L'objectiu d'aquest projecte és la caracterització del comportament viscoelàstic del PP i PS, ja que són dos dels polímers més utilitzats en la societat actual, mitjançant l'ús dels diferents assaigs experimentals a fi de poder contrastar els resultats experimentals amb els models de comportament teòrics existents.

Primerament s'ha necessitat l'explicació dels conceptes teòrics imprescindibles per entendre aquest tipus de comportament i per descriure les hipòtesis teòriques existents per tal d'elaborar les conclusions adients. A l'apartat 2 es descriuen alguns dels fonaments bàsics per entendre els polímers i al 3 s'entra en detall en l'estudi teòric del comportament viscoelàstic. La descripció de les principals característiques i usos d'aquests materials estudiats està desenvolupada a l'apartat 4.

Per tal de desenvolupar els assajos realitzats en el projecte s'han utilitzat equips d'assaig estàndard, explorant-ne les seves possibilitats d'ús per a la caracterització del comportament viscoelàstic de materials. La descripció dels assajos es troba a l'apartat 5 de la memòria.

D'aquesta manera és possible conèixer el rang de viscoelasticitat lineal dels polímers termoplàstics estudiats. Conèixer aquest rang és molt útil per predir si els materials seran aptes o no en funció de l'aplicació que se'n faci. Els resultats obtinguts es presenten al 6é apartat de la memòria.

Els assajos que s'han dut a terme i les conclusions a les que s'ha arribat són:

- Amb la calorimetria d'escombrada diferencial (DSC) s'ha pogut calcular les temperatures de transició dels polímers i comparar-les amb els valors teòrics trobats a la bibliografia.

- El PP només presenta una temperatura de transició, que és la fusió, fet que per tant indica que és un polímer pràcticament cristal·lí al 100%.
  - Pel que fa al PS aquest també presenta una única transició, que és la temperatura de transició vítria, permetent suposar que el material és completament amorf.
- Amb els assajos a tracció realitzats en la màquina d'assaig Shimadzu s'han obtingut una sèrie de propietats mecàniques, entre elles el mòdul de Young o mòdul elàstic. El que s'ha analitzat és la variació que presenta aquest amb la velocitat d'assaig, fet important ja que aquesta variació és conseqüència del comportament viscoelàstic.
  - Amb el PP aquest presenta una variació en funció de la velocitat amb què es realitzi l'assaig, complint així les expectatives teòriques.
  - En canvi el PS no té aquesta variació, fet que també ja era de suposar perquè és un polímer completament elàstic (la gràfica de tracció és una recta).
- Tractant les dades dels assajos a tracció de manera adequada (desenvolupat a l'apartat B de l'annex) s'han pogut calcular els mòduls secants i tangents per a cada material.
  - En el PP, tots dos mòduls presenten variacions importants en funció de la velocitat d'assaig. Cal destacar que només s'han calculat per a deformacions del 5%, perquè més enllà ja és evident que el polímer no presenta comportament lineal i per això s'ha obviat.
  - Pel PS aquesta variació és pràcticament menyspreable en el cas del mòdul secant. El mòdul tangent en aquest material és perfectament assimilable al mòdul elàstic.
- L'assaig de relaxació de tensions, en què s'ha portat la proveta a una deformació determinada i s'ha observat com evolucionava la tensió al llarg del temps (realització amb la màquina Shimadzu), ha servit per analitzar quin era el rang de linealitat en el comportament viscoelàstic dels materials assajats (gràcies al càlcul del mòdul de relaxació de tensions).
  - En quant al PP s'ha obtingut que presenta comportament lineal fins a una deformació del 0,4%.
  - El PS no presenta comportament viscoelàstic lineal.
- Anàlogament s'ha dut a terme l'assaig de termofluència, en aquest cas però el que s'ha fet és mantenir la proveta a una tensió determinada i veure com variava la deformació i s'ha desenvolupat en la MTS Insight. La utilitat és veure

fins a quin punt hi ha comportament lineal (a partir del mòdul de compliança). Evidentment, els resultats de l'assaig de relaxació de tensions i de termofluència han de ser coincidents.

- Per al PP s'ha obtingut que la tensió màxima que està dins el comportament lineal és de 4,78 MPa que correspon a una deformació aproximada del 0,4% (mateix resultat que en l'assaig de relaxació de tensions).
- En el cas del PS tampoc s'ha trobat que hi hagi un comportament viscoelàstic lineal. Val a dir que en aquest assaig hi ha algunes provetes que no han presentat la tendència que s'esperava.
- L'assaig dinàmic mecànic (DMA) s'ha realitzat per trobar el desfasament que presentava el desplaçament respecte la força en un assaig cíclic (flexió a tres puntes) i també ha servit per tal d'apreciar quin era l'efecte de la temperatura sobre el comportament dels polímers estudiats.
  - Respecte al PP s'ha trobat que l'angle de desfasament era de  $78,56^\circ$  i que per a temperatures de fins a  $120^\circ\text{C}$  el comportament es mantenia constant.
  - En quant al PS l'angle ha resultat ser bastant similar al PP, tenint un valor de  $78,49^\circ$ , però en canvi la variació del comportament sí que és notable. El canvi s'aprecia sobretot a partir dels  $90^\circ\text{C}$  que és quan hi ha la transició vítria (cal recordar que hi ha una certa diferència entre la temperatura mesurada a la cambra i a la que realment està la proveta).
- Segons el principi de superposició de Boltzmann cada increment de càrrega o deformació contribueix a la resposta final que presenta el material. S'ha comprovat com s'ajusten els models teòrics de comportament a la resposta real dels materials. Aquesta comprovació s'ha fet a partir d'assajos de relaxació de tensions i de termofluència obtenint així la història de càrregues i mitjançant ajustos numèrics s'han pogut elaborar gràfics amb la resposta real i la teòrica per a cada material.
  - El polipropilè es pot ajustar molt bé als esglaons inicials, després la resposta experimental s'allunya molt de la que hauria de tenir teòricament. Això fa que per a grans deformacions o tensions no es pugui predir de manera exacta què succeirà amb el material, ja que no es treballa dins el rang de viscoelasticitat lineal.
  - El poliestirè en canvi presenta un bon ajust només en el primer increment de càrrega o de deformació, fent que sigui difícil interpretar

quina serà la seva resposta sota unes determinades condicions operacionals.

- Finalment cal remarcar que s'ha aconseguit posar a punt les metodologies necessàries per a utilitzar màquines universals d'assaig per a determinar el comportament viscoelàstic dels polímers i que en general els resultats obtinguts són bastant similars als que s'esperava obtenir de manera teòrica.

Amb un estudi de les propietats mecàniques tant complert es fa més senzill poder predir el comportament que presentaran aquests polímers en les aplicacions més diverses.

A la bibliografia no és freqüent trobar estudis d'aquest estil, per tant seria un punt important que s'ampliés tenint com a centre altres materials polímers, a fi de poder disposar d'un ampli ventall de característiques en les quals poder basar les decisions d'utilitzar un o altre polímer en les aplicacions desitjades.

S'ha elaborat el pressupost (apartat 8 de la memòria) del què costa la realització d'aquest projecte tenint en compte les hores necessàries en els assajos, la recerca bibliogràfica, la confecció de la memòria, etc. Aquest pressupost ascendeix a un total de 32295,00 €.

Isabel Bagudanch Frigolé

77918933Q

Girona, 1 de setembre de 2008