

Υλικά με θετικό θερμικό συντελεστή αντίστασης Η εξάρτηση PTC

Ζάννα Βιργινία – Αργίνη

Επιβλέπων καθηγητής: Πίσσης Π.

Η εξάρτηση της αντίστασης ενός υλικού από τη θερμοκρασία.

- ◆ Η εξάρτηση positive temperature coefficient (PTC) είναι η εξάρτηση του αντιστοιχεί σε θετικό θερμικό συντελεστή αντίστασης α .
- ◆ Με άλλα λόγια, παρατηρείται αύξηση της αντίστασης των υλικών καθώς αυξάνουμε τη θερμοκρασία.

- ◆ Είναι γνωστή η σχέση της αντίστασης ενός αγωγού σε σχέση με τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, τη φύση του υλικού που αυτός είναι κατασκευασμένος και τη θερμοκρασία:

$$R = \rho_0(1 + \alpha\theta)S/l.$$

- ◆ Η σχέση αυτή ισχύει μόνο για μεταλλικούς αγωγούς. Ζητούμενο είναι να μελετήσουμε την περίπτωση υλικών με πολύ μικρή αντίσταση, σχεδόν μηδενική, σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Η εξάρτηση PTC

- ◆ Αναφερόμαστε σε μία σειρά πειραμάτων κατά τα οποία μελετάται η εξάρτηση από τη θερμοκρασία της αντίστασης, της δομής και της διαστολής ορισμένων υλικών.
- ◆ Σκοπός είναι να μελετηθούν και να κατασκευαστούν υλικά με θετικό θερμικό συντελεστή αντίστασης, δηλαδή υλικά των οποίων η ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.
- ◆ Τέτοια υλικά έχουν πολλές εφαρμογές στην βελτίωση της καθημερινότητας, όπως και στη βαριά βιομηχανία.

Συνοπτική περιγραφή του πειραματικού μηχανισμού

- ◆ Επιλέγουμε ένα μονωτή A (συνήθως κάποιο πολυμερές) και ένα μέταλλο M . Διαχέουμε το M στο A (μήτρα) κατά τρόπο τέτοιο ώστε να έχουμε μια ικανοποιητική διασπορά των σωματιδίων του M μέσα σε όλο τον όγκο του A (μίγμα A - M).
- ◆ *Σημείωση: οι μέθοδοι και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί αυτή η διασπορά του M μέσα στο A χρειάζονται αρκετή ανάπτυξη και δε θα μας απασχολήσουν στα πλαίσια αυτής της εργασίας.*

- ◆ Καθώς το μίγμα A-M θερμαίνεται ομοιόμορφα παρατηρείται διαστολή και κατά συνέπεια αύξηση ή μείωση της απόστασης των αγώγιμων τμημάτων του (M). Επομένως, το υλικό A-M καθίσταται μονωτής ή αγωγός κατά περίπτωση και ο θερμικός συντελεστής της αντίστασης α παίρνει διαφορετικές τιμές.

Θερμική διαστολή

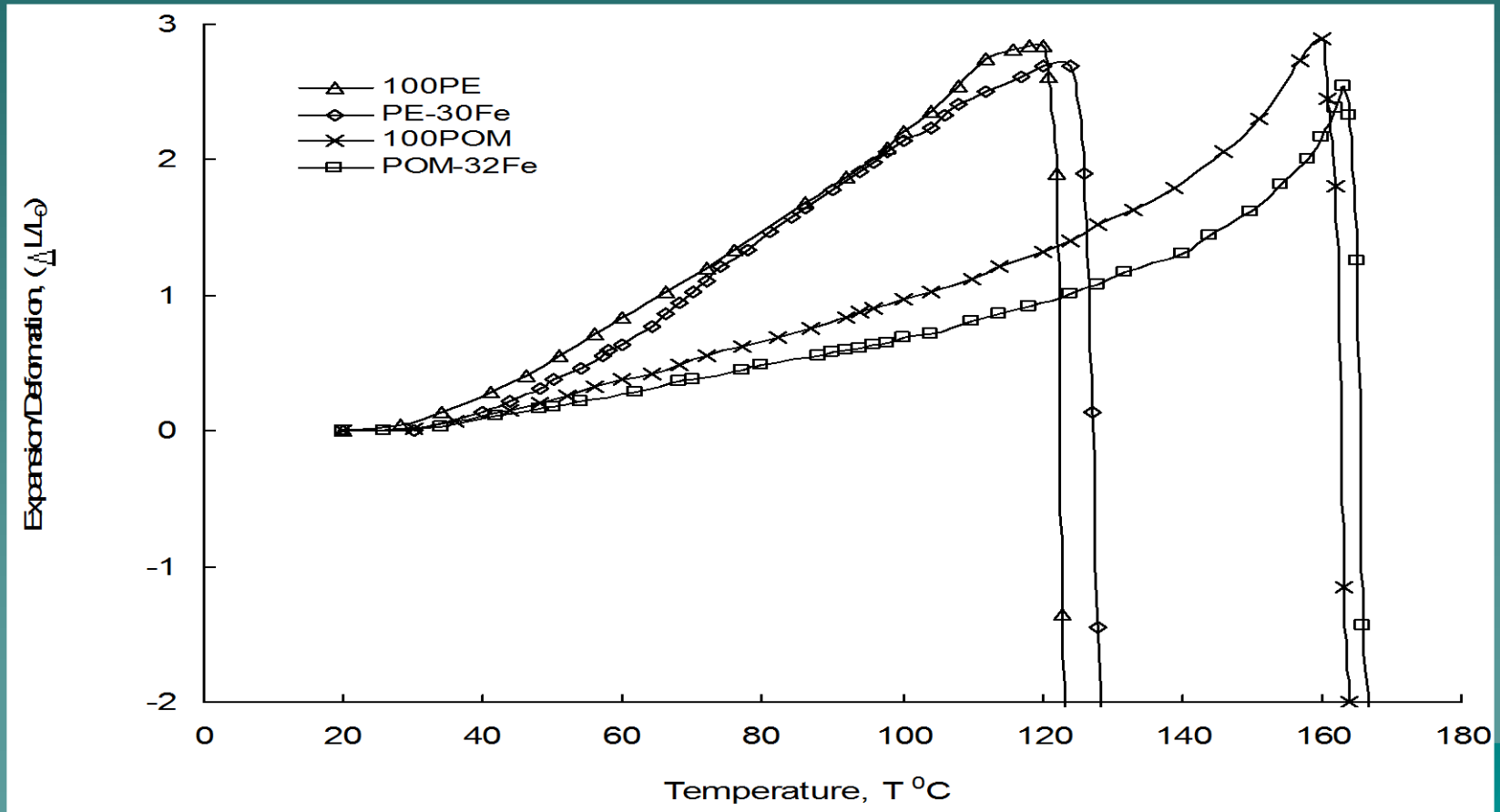
- ◆ Καθώς το μίγμα A-M θερμαίνεται, ο μονωτής A διαστέλλεται με αποτέλεσμα την απομάκρυνση των μορίων του μετάλλου M και την καταστροφή των αγώγιμων δρόμων μέσα στο υλικό. Επομένως, αυξάνεται η ηλεκτρική αντίσταση του υλικού.
- ◆ Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει και αντίστροφα: ψύχοντας το υλικό, ο μονωτής A συστέλλεται και επανοικοδομούνται οι αγώγιμοι δρόμοι.

- ◆ Σε ένα δεύτερο επίπεδο, με την αύξηση της θερμοκρασίας (και μετά το στάδιο της διαστολής) καταστρέφονται τα κρυσταλλικά μέρη του Α και αυτό αρχίζει να λιώνει. Όμοια, το αποτέλεσμα είναι να απομακρύνονται τα μόρια του Μ μεταξύ τους και να αυξάνεται η αντίσταση του Α-Μ.
- ◆ Σε κάθε περίπτωση, πάντως, ο θερμικός συντελεστής α εξαρτάται από τη μεταβολή του μήκους του υλικού (φαινόμενο διαστολής) και τη μεταβολή της θερμοκρασίας:

$$\alpha = \Delta L / \Delta T \cdot L_0$$

- ◆ Σημείωση: θεωρούμε μονοδιάστατο υλικό Α-Μ.

Παράδειγμα: η διαστολή διάφορων υλικών τύπου Α-Μ συναρτήσει της θερμοκρασίας



Ηλεκτρική αγωγιμότητα των υλικών

- ◆ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυτών των υλικών εξαρτάται από την ποσότητα του μετάλλου M που βρίσκεται μέσα στο μίγμα $A-M$.
- ◆ Όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία όγκων (ή μαζών) M/A , τόσο μεγαλύτερη είναι και η αγωγιμότητα του μίγματος.

- ◆ Τα δύο αυτά μεγέθη συνδέονται με μια εκθετική συνάρτηση:

$$\sigma = \sigma_0 (\varphi - \varphi_C)^t$$

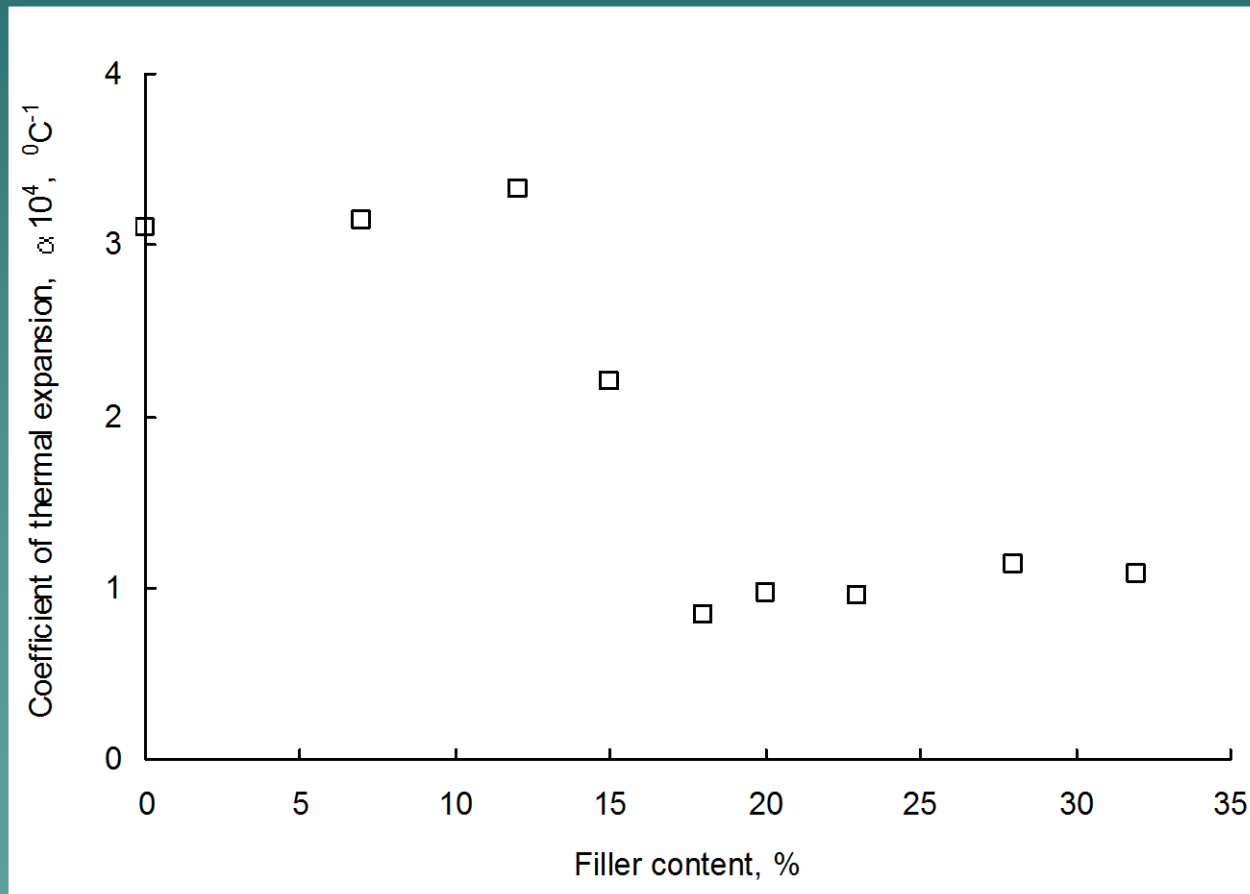
όπου σ η αγωγιμότητα, σ_0 η αρχική αγωγιμότητα, φ η ποσότητα μετάλλου στο μίγμα A-M, φ_C η οριακή ποσότητα M στο μίγμα ώστε αυτό να είναι αγώγιμο και t μια σταθερά που εξαρτάται από τα υλικά που χρησιμοποιούμε.

- ◆ Ένας άλλος τρόπος να περιγραφεί το παραπάνω είναι η σχέση:

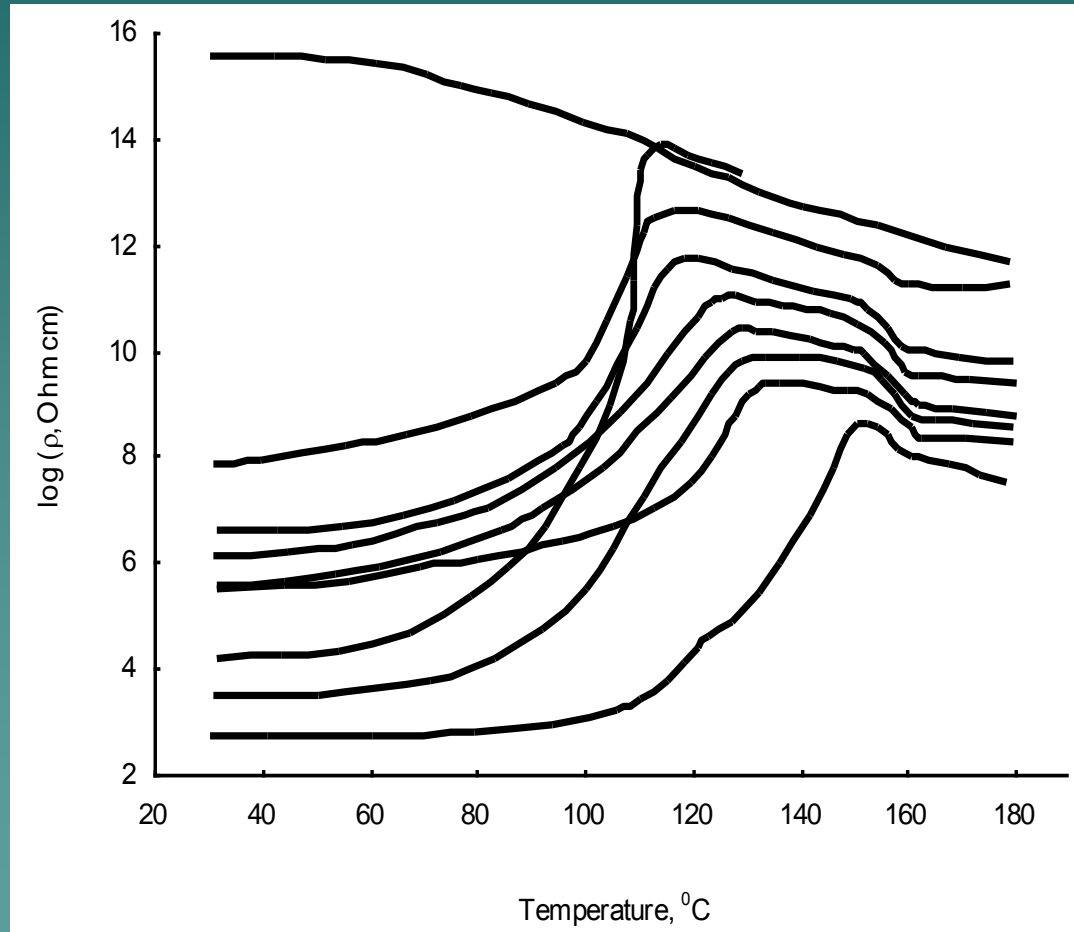
$$\frac{\sigma - \sigma_c}{\sigma_m - \sigma_c} = \left(\frac{\varphi - \varphi_c}{F - \varphi_c} \right)^t$$

όπου σ_c η οριακή αγωγιμότητα πριν το A-M γίνει μονωτής, σ_m η μέγιστη αγωγιμότητα και F η μέγιστη ποσότητα μετάλλου μέσα στο μίγμα.

Παράδειγμα: η επίδραση της περιεκτικότητας σε μέταλλο Μ ενός υλικού τύπου Α-Μ στο θερμικό συντελεστή αντίστασης



Παράδειγμα: η εξάρτηση της αντίστασης ορισμένων υλικών συναρτήσει της θερμοκρασίας



4. Εφαρμογές της εξάρτησης PTC

- ◆ Η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται και αύξηση της αντίστασης.
- ◆ Αν συνδέσουμε την αντίσταση σε ένα κύκλωμα, τότε, με την αύξηση της θερμοκρασίας, αλλάζει η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, σύμφωνα με το νόμο του Ohm $I=V/R$.
- ◆ Στο κύκλωμα μπορούν να ανοίξουν ή να κλείσουν διακόπτες, να ενεργοποιηθούν κάποια στοιχεία του ή να αποσυνδεθούν άλλα.
- ◆ Τα παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή αισθητήρων θερμότητας που με τη σειρά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα πυρασφάλειας, αυτόματες θερμάστρες, ψυκτικά κλπ.

Βιβλιογραφία

1. **«PTC effect and structure of polymer composites based on polyethylene/polyoxymethylene blend filled with a dispersed iron»**
Ye.P. Mamunya, G. Boiteux, G. Seytre, Yu.V. Muzychenko, E.V. Lebedev, C. Boullanger, P.Pissis.
2. **«Phase inversion in conductive polymer blends filled with dispersed metal»** Y. Mamunya, G. Boiteux, G. Seytre, P. Pissis and E. Lebedev.
3. **«PTC effect and structure of polymer composites based on polypropylene/Co-polyamide blend filled with dispersed iron»**
A. Kanapitsas, C. Tsonos, E. Logakis, C. Pandis, P. Pissis, E. Kontou, Y.P. Mamunya, E.V. Lebedev, C.G. Delides.

Βιβλιογραφία

4. « All polymer PTC devices: temperature – conductivity characteristics of polyisothianaphthene and poly(3-hexylthiophene) blends »

C. Liu, K. Oshima, M. Shimomura, S. Miyauchi

5. «Conductive thermoset composites: PTC effect »

G. Boiteux, J. Fournier, D. Issotier, G. Seytre, G. Marichy.

Επίσης, αρκετές πληροφορίες βρίσκονται και στις ιστοσελίδες:

www.sciencedirect.com

www.scopus.com

www.interscience.wiley.com