



ΜΑΘΗΜΑ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ-III
ΘΕΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΕΚΡΙΝΗΣΕΙΣ:

- Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα
- Το άρτιο ισοδυναμεί με πλήρη απάντηση και των 6 θεμάτων.
- Στην απροσπέλαση ενός των θεμάτων δηλώνεται το ποσοστό που λαμβάνει η κάθε ερώτηση στο συνολικό βαθμό του θέματος.

ΘΕΜΑ 1 (20%)

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα δεδομένα του μοριακού βάρους ενός αγνώστου πολυμερούς. Υπολογίστε:

- Το μέσο κατά αριθμό μοριακό βάρος
- Το μέσο κατά βάρους μοριακό βάρος
- Εάν είναι γνωστό ότι ο μέσος κατά βάρους βαθμός πολυμερισμού αυτού του υλικού είναι 780, κατά πόσο πολυμερές από τα: πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο ή πολυστεφύλιο είναι αυτό και γιατί;
- Ποιος είναι ο μέσος κατά αριθμό βαθμός πολυμερισμού αυτού του υλικού;

Περιοχή Μοριακών Βαρών (g/mol)	Κλάσμα Αριθμού, n_i	Κλάσμα Βάρους, w_i
15000-20000	0,04	0,01
30000-45000	0,07	0,04
45000-60000	0,16	0,11
60000-75000	0,26	0,24
75000-90000	0,24	0,27
90000-105000	0,12	0,16
105000-120000	0,08	0,12
120000-135000	0,03	0,05

Τα ατομικά βάρη του άνθρακα και του υδρογόνου είναι 12,01 g/mol και 1,01 g/mol αντίστοιχα.

ΘΕΜΑ 2 (15%)

Περιγράψτε εν συντομία το φαινόμενο της θερμοσκληρυνσης των πολυμερών. Ποια από τα παρακάτω αναμένετε να είναι ελαστικά, ποια θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή ή και/ή από τις δύο αυτές περιπτώσεις, σε θερμοκρασία δωματίου. Δικαιολογήστε κάθε απάντησή σας.

- Μία υπολειμτική ρητίνη με δικτυωμένη δομή. *από τον υπολειμτικό ελαστικό*
- Ένα κλαρρί διασταυρωμένο συμπόλυμερές τυχαίας δομής πολυ(στεφηνίου-βουτυλενίου) με θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης -50°C. *ελαστικό*
- Ένα ελαφρά διακλαδωμένο ημικρυσταλλικό πολυτετραφθοροαιθυλένιο με θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης -100°C. *ελαστικό*
- Θερμοπλαστικό ελαστομερές με θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης -75°C. *ελαστικό*

ΘΕΜΑ 3 (15%)

Πρόκειται να παραχθεί ένα σύνθετο υλικό μεγάλης κόκκις αποτελούμενο από κόκκιους βολφραμίτις με μέτρα κεραμίστιο. Εάν οι στρογγυλεμένοι κόκκοι του βολφραμίτις και του κεραμίστιο είναι 0,60 και 5,40 αναφορικά υπολογίστε το άνω όριο για την ειδική ακαθαρσία του σύνθετου υλικού που δίνεται στα δεδομένα στο κάτω.

	Ειδική πυκνότητα	Μέτρο ελαστικότητας (GPa)
Κόκκος	8,9	110
Βολφραμίτις	19,3	407

ΠΡΟΣΟΧΗ: Για τη λύση του προβλήματος απαιτείται να αποδείξετε ή σχέση $\rho_c = \rho_m V_m + \rho_k V_k$ όπου ρ_c και ρ_k είναι οι σχετικές πυκνότητες του συνθέτου υλικού, του βολφραμίτις και του κεραμίστιο επί V_m , V_k τα εγκεκετριμμένα κλάσματα του βολφραμίτις και κεραμίστιο, αντίστοιχα.



ΜΑΘΗΜΑ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ-III
ΘΕΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΚΡΙΝΗΣΕΙΣ:

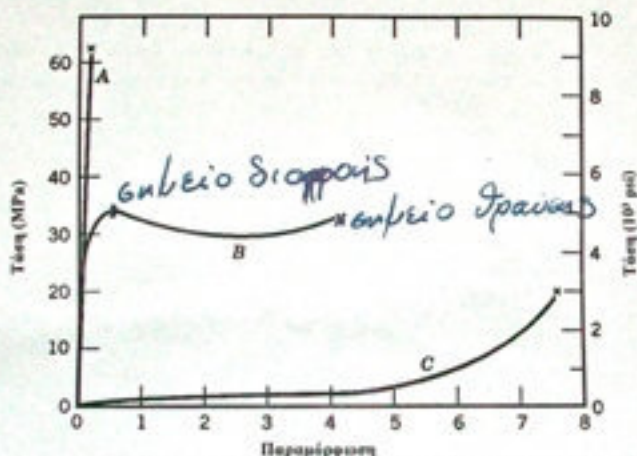
1. Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα
2. Το άριστα ισοδυναμεί με πλήρη απάντηση και των 5 θεμάτων.
3. Στις παρενθέσεις εντός των θεμάτων δηλώνεται το ποσοστό που λαμβάνει η κάθε ερώτηση στο συνολικό βαθμό του θέματος.
4. Όπου απαιτείται χρησιμοποιήστε στις απαντήσεις σας σκίτσα και διαγράμματα.

ΘΕΜΑ 1

9/2007 0.5

Δίνεται το πιο κάτω διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης για 3 πολυμερή A, B και C. N' αναφερθούν:

- το είδος της μηχανικής συμπεριφοράς που αντιστοιχεί σε κάθε καμπύλη
- τα χαρακτηριστικά μηχανικά μεγέθη για κάθε πολυμερές
- οι συνθήκες που απαιτούνται για να έχουμε μετάβαση από την A στη B καμπύλη για το πολυμερές A.



Ένα ιζωδο-ελαστικό πολυμερές υποβάλλεται σε εφελκυστική φόρτιση ως ακολούθως: σε χρόνο $t_1=0$ εφαρμόζεται μια τάση 10 MPa η οποία διατηρείται για 100 s και κατόπιν αφαιρείται τελείως. Αφού παρέλθουν και άλλα 100 s επιβάλλεται και πάλι εφελκυστική τάση 10 MPa. Εάν υποθέσουμε ότι το πολυμερές ακολουθεί την αρχή της υπέρθεσης του Boltzmann να βρεθεί ποια είναι η παραμόρφωση ερπισμού μετά από 1000 s από την έναρξη του πειράματος. Θεωρείστε ότι η συνάρτηση του μέτρου ένδοσης $J(t)$ ως προς τον χρόνο t δίνεται από τη σχέση:

$$J(t) = J_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_0}\right) \right), \quad J_0 = 2 \text{ GPa}^{-1}, \quad \tau_0 = 200 \text{ s}$$

ΠΡΟΣΟΧΗ: Για την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος σχεδιάστε τα διαγράμματα τάσης και παραμόρφωσης συναρτήσει του χρόνου.

ΘΕΜΑ 2

Η δυνατότητα κρυστάλλωσης των πολυμερών έχει μεγάλη τεχνολογική σημασία σε μια σειρά εφαρμογές. Πολλά ακατέργαστα πολυμερή που κρυσταλλώνουν από το τήγμα σχηματίζουν κρυσταλλικές δομές που ονομάζονται σφαιρουλίτες. Η κινητική της σφαιρουλιτικής κρυστάλλωσης μπορεί να εκφραστεί από την εξίσωση Avrami:

$$\frac{W_t}{W_0} = \exp(-z t^*)$$

όπου W_t είναι το βάρος του εναπομένουτος ρευστού τη χρονική στιγμή t , W_0 είναι το βάρος του τήγματος, και οι z και n είναι σταθερές. Να καταγραφούν:

- τα είδη πολυμερών που σχηματίζουν κρυσταλλικές δομές
- τουλάχιστον 3 τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της κρυσταλλικότητας
- η σφαιρουλιτική δομή (NB με τη βοήθεια σκίτσου και επεξηγήσεων)

Σκίτσα

Τέλος να δείχθει ότι ισχύει ο τύπος:

$$\frac{V_i - V_f}{V_o - V_f} = \exp(-zt^n)$$

Όπου V_o και V_f είναι ο αρχικός και τελικός όγκος του δείγματος και V_t είναι ο όγκος τη χρονική στιγμή t .

ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Θεωρήστε ότι για κάθε χρονική στιγμή, t , ισχύει:

$$V_t = V_L + V_s$$

όπου V_L είναι ο όγκος του εναπομένου ρευστού τη χρονική στιγμή, t , και V_s είναι ο συνολικός όγκος των σχηματιζόμενων σφαιρουλιτών (NB στην τελική κατάσταση έχουμε πλήρη ανάπτυξη σφαιρουλιτών στο δείγμα).

ΘΕΜΑ 3

N' αναφερθούν:

- η φυσική ερμηνεία του φαινομένου της υαλώδους μετάπτωσης
- τουλάχιστον τρεις φυσικές ιδιότητες άμορφων πολυμερών που υφίστανται μεταβολή στην θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης
- τα φαινόμενα ερπυσμού και επανάταξης που συναντώνται στα ιξωδοελαστικά πολυμερή
- η επίδραση του ρυθμού φόρτισης ιξωδοελαστικών πολυμερών πάνω στην καμπύλη τάσης-παραμόρφωση

Ιξωδοελαστικό πολυμερές υπόκειται σε δοκιμές χαλάρωσης τάσης. Τα πειραματικά αποτελέσματα κατέδειξαν ότι ισχύει η σχέση:

$$\sigma(t) = \sigma(0) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

όπου $\sigma(0)$ και $\sigma(t)$ είναι οι τάσεις σε μηδενικό χρόνο και χρόνο t αντίστοιχα και τ είναι ο χρόνος χαλάρωσης που είναι μία σταθερά ανεξάρτητη του χρόνου. Δοκίμιο του ίδιου πολυμερούς εφελκύεται ακαριαία σε μια σταθερή παραμόρφωση 50% και ένα αρχικό επίπεδο τάσης 3 MPa. Μετά από 60 s η τάση πέφτει στα 2 MPa. Να υπολογιστεί το μέτρο χαλάρωσης E , μετά από 20 s.

ΘΕΜΑ 4

Αναφέρατε

- τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ανθρακονημάτων ως ενισχυτικά μέσα συνθέτων υλικών
- τις διαφορές μεταξύ ενίσχυσης μεγάλου κόκκου και ενίσχυσης διασποράς στα κοκκώδη σύνθετα υλικά
- γιατί το σκυρόδεμα θεωρείται σύνθετο υλικό
- τη μορφοποίηση συνθέτων υλικών πολυμερούς μήτρας με τη διαδικασία της περιέλιξης ινών

Για ένα σύνθετο υλικό ενισχυμένο με συνεχή και προσανατολισμένη ίνα, τα μέτρα ελαστικότητας στις διαμήκεις και εγκάρσιες διευθύνσεις είναι 50 GPa και 2 GPa, αντίστοιχα. Εάν ο ογκομετρικός λόγος των ινών είναι 0,50 προσδιορίστε τα μέτρα ελαστικότητας των φάσεων μήτρας και ίνας.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Θα πρέπει να αποδειχθούν όλες οι σχέσεις που θα χρησιμοποιηθούν. Οι ρίζες $x_{1,2}$ της δευτεροβάθμιας

εξίσωσης $ax^2+bx+c=0$, δίνονται από τον τύπο: $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

ΘΕΜΑ 5

N' αναφερθούν

- Οι διάφοροι τύποι διεπιφανειακών δεσμών που απαιτούνται μεταξύ ενισχυτικής φάσης και περιβάλλουσας μήτρας για την επίτευξη αποτελεσματικής ενίσχυσης σε πολυμερή σύνθετα υλικά
- η διαδικασία μορφοποίησης πολυμερών συνθέτων υλικών με την τεχνική της προεμποτισμένης ταινίας και τον πολυμερισμό σε αυτόκλειστο φούρνο
- η αύξηση της δυσθραυστότητας και η αναχαίτηση ρωγμών σε σύνθετα υλικά κεραμικής μήτρας μέσω μετασχηματισμού φάσης

Στα σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ασυνεχείς ίνες απαιτείται ένα ελάχιστο κρίσιμο μήκος της ίνας για να έχουμε ουσιαστική αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του σύνθετου υλικού. Εάν υποθέσουμε ότι η εφελκυστική αντοχή των ινών του πίνακα είναι περίπου 3 GPa να υπολογιστεί το ανηγμένο ως προς τη διάμετρο κρίσιμο μήκος κάθε τύπου συνθέτου υλικού:

Τύπος συνθέτου	Διαμητική Αντοχή Διεπιφανείας / MPa
Ανθρακονήματα/ Εποξειδική Ρητίνη	15
Υαλονήματα/ Πολυεστέρας	20
Kevlar 49/ Εποξειδική Ρητίνη	30

Σχολιάστε τα αποτελέσματα σε σχέση με τη διεύθυνση φόρτισης και προσανατολισμού των ινών του συνθέτου.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Θα πρέπει να αποδειχθούν όλες οι σχέσεις που θα χρησιμοποιηθούν.



ΜΑΘΗΜΑ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ-III

ΘΕΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΚΡΙΝΗΣΕΙΣ:

1. Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα
2. Το άριστα ισοδυναμεί με πλήρη απάντηση και των 6 θεμάτων.
3. Όπου απαιτείται χρησιμοποιήστε στις απαντήσεις σας σκίτσα και διαγράμματα.

ΘΕΜΑ 1

Στα πολυμερή που συνήθως θεωρούνται γραμμικά ιξωδοελαστικά υλικά η παραμόρφωση «καθυστερεί» έναντι της τάσης κατά μια γωνία φάσης δ . Αν υποθέσουμε ότι ένα δοκίμιο πολυμερούς ταλαντώνεται με κυκλική συχνότητα ω , και ότι η παραμόρφωση του, ε , μεταβάλλεται σύμφωνα με την σχέση:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$$

να οριστούν το μιγαδικό ή δυναμικό μέτρο ελαστικότητας, το μέτρο αποθήκευσης και το μέτρο απωλειών.

ΘΕΜΑ 2

Κάποια πολυμερή και για την ακρίβεια μερικά θερμοπλαστικά σε υαλώδη κατάσταση παρουσιάζουν μια τοπική μορφή διαρροής που ονομάζεται διαρροή πορώδους ρωγμής (*craze yielding*). Περιγράψτε λεπτομερώς τη δομή/ μορφολογία των πορώδων ρωγμών και τη διάδοση τους μέχρι θραύσης κάτω από την επίδραση ενός εφελκυστικού φορτίου. Σχολιάστε την διαφορά μεταξύ πλαστικής διαρροής και διαρροής τύπου crazing κάτω από την επίδραση (α) εφελκυστικού και (β) θλιπτικού φορτίου.

ΘΕΜΑ 3

Το μέτρο χαλάρωσης ενός πολυμερούς μπορεί να εκφραστεί προσεγγιστικά από τη σχέση:

$$E(t) = E_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

και παίρνει τιμές 2 GPa και 1 GPa σε χρόνους $t=0$ και 10^4 s, αντίστοιχα. Εάν υποθέσουμε ότι η μηχανική συμπεριφορά του πολυμερούς μπορεί να περιγραφεί με ένα στοιχείο Maxwell, να υπολογιστούν (α) το ιξώδες του ισοδύναμου αποσβεστήρα του στοιχείου και (β) η συνολική παραμόρφωση μετά από μια ακαριαία εφαρμογή τάσης 100 MPa.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Θα πρέπει να αποδειχθούν όλες οι σχέσεις του στοιχείου Maxwell που θα χρησιμοποιηθούν

ΘΕΜΑ 4

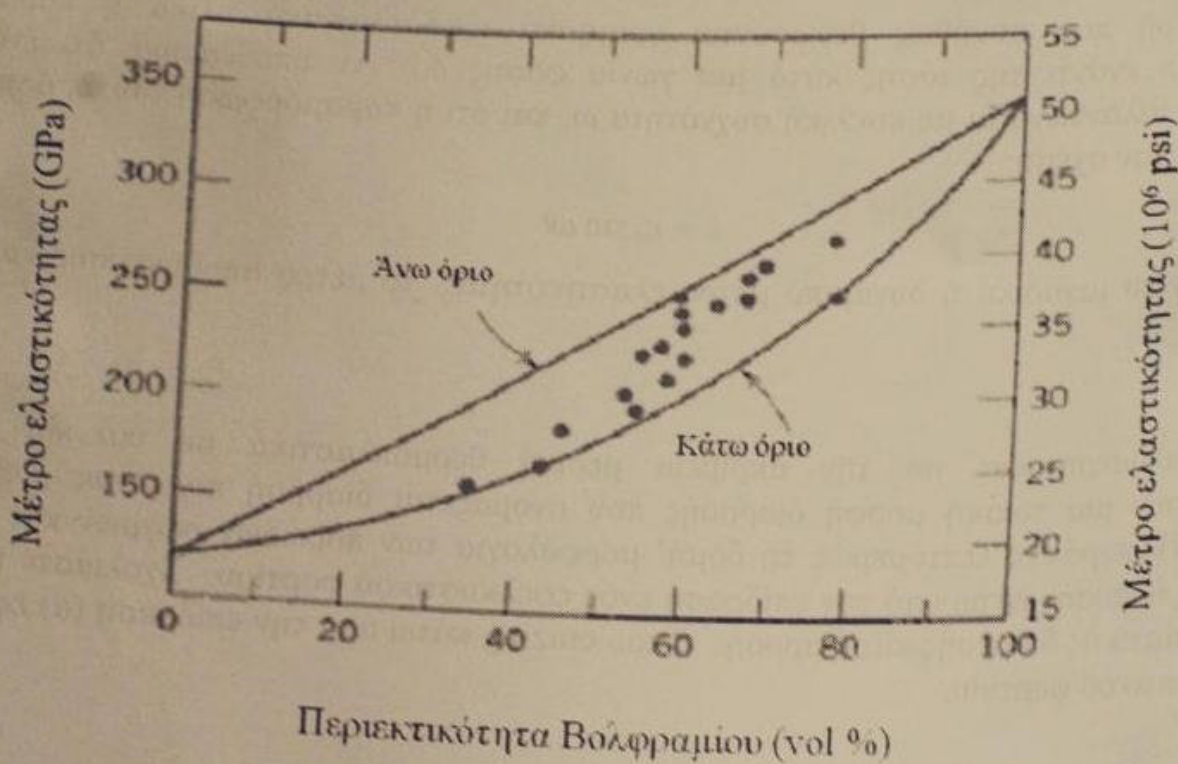
Θεωρήστε μια πλάκα πολυμερούς που περιέχει μια ρωγμή μήκους $2a$ και ακτίνα καμπυλότητας r . Ναδειχθεί ότι στο σημείο θραύσης της πλάκας ισχύει η εξίσωση:

$$\sigma_f = \left(\frac{4E\gamma}{\pi a} \right)^{\frac{1}{2}}$$

όπου E είναι το μέτρο ελαστικότητας, γ είναι η επιφανειακή ενέργεια και σ_f η τάση θραύσης.

ΘΕΜΑ 5

Το πιο κάτω σχήμα αναφέρεται σε ένα σύνθετο υλικό με μήτρα χαλκού και ενίσχυση κόκκων βολφραμίου. Οι συνεχείς γραμμές αντιστοιχούν στα άνω και κάτω όρια του μέτρου ελαστικότητας συναρτήσει της περιεκτικότητας κατά όγκο του βολφραμίου. Τα κλειστά σημεία αντιστοιχούν σε πραγματικά πειραματικά δεδομένα. Ζητούνται (α) να εξαχθούν οι εξισώσεις που εκφράζουν τα άνω και κάτω όρια του σχήματος και (β) να εξηγηθεί η παρατηρούμενη διασπορά των πειραματικών σημείων.



ΘΕΜΑ 6

Απαιτείται η παραγωγή των εξής προϊόντων χρησιμοποιώντας όμως, για οικονομικούς λόγους, μόνο μία μέθοδο παραγωγής συνθέτων υλικών η οποία να μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις περιπτώσεις: (α) καρότσας φορτηγού (β) ρακετών τένις (γ) ανεμοπτερυγίων. Περιγράψτε με λεπτομέρεια τη μέθοδο που θα χρησιμοποιούσατε. Τι θα ήταν κοινό και τι έπρεπε να αλλάξει σε κάθε περίπτωση; Δικαιολογήστε τις απαντήσεις σας.