

**ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ
ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΥΛΙΚΑ**

ΡΕΤΣΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ του ΝΕΖΙΡ
ΦΛΩΡΟΔΗΜΗΤΡΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ του ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ

Επιβλ. Καθ. : Τσολάκης Αντώνιος

| ΔΕΛΤΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | |
|--|---|
| Ακαδ. Έτος 2019-2020 | |
| Τίτλος Εργασίας | ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΥΛΙΚΑ |
| Φοιτητές | Ρέτσης Χρήστος του Νεζίρ, Φλωροδημήτρης Χαράλαμπος του Αθανασίου |
| Τμήμα | Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. |
| Επιβλ. Καθ. | Τσολάκης Αντώνιος. |
| Ημερομηνία | 12-06-2020 |
| Λέξεις κλειδιά | Πολυμερή, Αντοχή, Πρότυπα, Εφελκυσμός, Θλίψη, Κάμψη, Στρέψη, Διάτμηση, Κόπωση, Ερπυσμός |
| <p>Περίληψη : Η ανάγκη για τη μελέτη των ιδιοτήτων των πλαστικών υλικών, δημιούργησε τη δυνατότητα μέσω συγκεκριμένων προτύπων να δούμε τη συμπεριφορά τους σε σχέση με τη σωρεία των παραγόντων που επηρεάζουν την αντοχή τους. Η εν λόγω εργασία πραγματοποιείται τη μελέτη των προτύπων των πολυμερών υλικών που διέπουν τη διεξαγωγή των δοκιμών αντοχής τους. Παρατίθενται το σύνολο των προτύπων που χρησιμοποιούνται ανά δοκιμή σύμφωνα με τις εκάστοτε προδιαγραφές. Στη συνέχεια γίνεται η συνοπτική ανάλυση των προδιαγραφών σε κάποιες από τις βασικότερες δοκιμές αντοχής όπως: εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη, στρέψη, διάτμηση, κόπωση και ερπυσμός. Ανά πείραμα αναλύεται η φύση του πειράματος, οι συνθήκες διεξαγωγής, το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται καθώς και τα επιμέρους πρότυπα που χρησιμοποιούνται για την αποπεράτωσή του. Επίσης, παρατίθενται το πλήθος των τύπων καθώς και τα σχετικά διαγράμματα που προκύπτουν από την εκάστοτε επεξεργασία των αποτελεσμάτων και είναι αναγκαία για τον καθορισμό των ιδιοτήτων των υλικών.</p> | |

| PROJECT INFORMATION SHEET | |
|---|--|
| <i>Academic year</i> 2019-2020 | |
| <i>Thesis title</i> | OVERVIEW OF STANDARDS AND TESTS ABOUT POLYMER STRENGTH |
| <i>Students</i> | Retsis Christos, Florodimitris Charalampos |
| <i>Τμήμα</i> | Mechanical Engineering |
| <i>Supervisor</i> | Tsolakis Antonios |
| <i>Date</i> | 12-06-2020 |
| <i>Key-words</i> | Polymers, Strength, Standards, Tensile, Compression, Bending, Torsion, Shear, Fatigue, Creep |
| <p>Abstract: <i>The need to study the properties of plastic materials, created the possibility through specific models to see their behavior in relation to the pile of factors that affect their strength. This paper examines the study of the standards of polymeric materials that govern the conduct of their strength tests. All the standards used per test are listed according to the specifications. Following with a brief analysis of the specifications of some of the most basic strength tests, such as tensile, compression, bending, torsion, shear, fatigue and creep.</i></p> <p><i>The experiment analyzes the nature of the experiment, the conditions under which it was performed, the material used, and the individual standards used to complete it. Also, the number of types as well as the relevant diagrams resulting from the respective processing of the results are listed and it is necessary to determine the properties of the materials.</i></p> | |

Οι υπογράφοντες υπεύθυνα δηλώνουν ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΥΛΙΚΑ» είναι προϊόν δικής μας δουλειάς και ότι όλες οι πηγές που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη σύνταξη της αναφέρονται πλήρως.

Ρέτσης Χρήστος _____

Χαράλαμπος Φλωροδημήτρης _____

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας για τη στήριξη που μας προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας, καθώς θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά και τον υπεύθυνο καθηγητή Τσολάκη Αντώνιο για την υποστήριξη και τη καθοδήγηση που μας παρείχε σε όλη τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

| | |
|--|----|
| ΥΛΙΚΑ | 1 |
| 1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ | 1 |
| 2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ | 2 |
| 2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ | 2 |
| 2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΘΛΙΨΗΣ | 2 |
| 2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ | 2 |
| 2.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΜΨΗΣ | 3 |
| 2.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΡΑΥΣΗ | 3 |
| 2.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ | 3 |
| 2.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ | 3 |
| 3 ΠΟΛΥΜΕΡΗ | 5 |
| 3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ | 5 |
| 3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ | 5 |
| 4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ (ASTM D618).... | 9 |
| 4.1 ΓΕΝΙΚΑ | 9 |
| 4.2 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ | 9 |
| 4.3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ | 10 |
| 4.4 ΔΟΚΙΜΙΑ | 10 |
| 4.4.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ | 10 |
| 4.4.2 ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ | 11 |
| 4.5 ΑΝΑΦΟΡΑ | 11 |
| 5 ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ (ASTM D638)..... | 12 |
| 5.1 ΓΕΝΙΚΑ | 12 |
| 5.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ | 12 |
| 5.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | 13 |
| 5.4 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 13 |
| 5.4.1 ΦΥΛΛΑ, ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΧΥΤΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ: | 13 |
| 5.4.2 ΑΚΑΜΠΤΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ | 13 |
| 5.4.3 ΑΚΑΜΠΤΕΣ ΡΑΒΔΟΙ | 14 |
| 5.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 15 |
| 5.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | 17 |
| 5.7 ΑΝΑΦΟΡΑ | 18 |

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 6 | ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (ASTM D695)..... | 20 |
| 6.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 20 |
| 6.2 | ΟΡΟΛΟΓΙΑ | 21 |
| 6.3 | ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ | 22 |
| 6.4 | ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | 22 |
| 6.5 | ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 23 |
| 6.6 | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 24 |
| 6.7 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ | 24 |
| 6.8 | ΑΝΑΦΟΡΑ | 25 |
| 7 | ΚΑΜΨΗ (ASTM D790) | 26 |
| 7.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 26 |
| 7.2 | ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ | 27 |
| 7.3 | ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | 27 |
| 7.4 | ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 28 |
| 7.5 | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 28 |
| 7.5.1 | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Α | 28 |
| 7.5.2 | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Β | 30 |
| 7.6 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | 30 |
| 7.7 | ΑΝΑΦΟΡΑ | 32 |
| 8 | ΣΤΡΕΨΗ (ASTM D1043) | 33 |
| 8.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 33 |
| 8.2 | ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ | 33 |
| 8.3 | ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | 34 |
| 8.4 | ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 35 |
| 8.5 | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ | 35 |
| 8.6 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | 36 |
| 8.7 | ΑΝΑΦΟΡΑ | 36 |
| 9 | ΔΙΑΤΜΗΣΗ (ASTM D5379)..... | 38 |
| 9.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 38 |
| 9.2 | ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ | 38 |
| 9.3 | ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | 39 |
| 9.4 | ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 40 |
| 9.5 | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ | 41 |
| 9.6 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | 42 |
| 9.7 | ΑΝΑΦΟΡΑ | 42 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 10 ΚΟΠΩΣΗ (ASTM D7774)..... | 44 |
| 10.1 ΓΕΝΙΚΑ | 44 |
| 10.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ | 45 |
| 10.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | 45 |
| 10.4 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ | 46 |
| 10.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ | 47 |
| 10.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | 48 |
| 10.7 ΑΝΑΦΟΡΑ | 49 |
| 11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (CONCLUSIONS)..... | 50 |
| 12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (REFERENCES)..... | 51 |

1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η παρούσα πτυχιακή πραγματεύεται την βιβλιογραφική ανασκόπηση και καταγραφή των προτύπων που διέπουν την διεξαγωγή των δοκιμών αντοχής σε πολυμερή υλικά.

Αρχικά γίνεται μια θεωρητική ανασκόπηση του όρου πολυμερές, έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η φύση του υλικού που αναλύεται. Έπειτα χρησιμοποιώντας το ASTM D 4762 (Standard Guide for Testing Polymer Matrix Composite Materials) που ουσιαστικά είναι μια καταγραφή του συνόλου των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τις δοκιμές των πολυμερών, γίνεται επιγραμματική αναφορά στις κατηγορίες των δοκιμών και στα πρότυπα που χρησιμοποιούνται σε καθεμιά από αυτές.

Στη συνέχεια, αναλύονται κάποιες προδιαγραφές από τις βασικότερες κατηγορίες δοκιμών όπως: ο εφελκυσμός, η θλίψη, η κάμψη, η στρέψη, η διάτμηση, η κόπωση και ο ερπυσμός.

2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

Η προδιαγραφή ASTM D4762 καταγράφει λεπτομερώς την πληθώρα προτύπων που χρησιμοποιούνται για τις δοκιμές των πολυμερών. Αναφέρονται αναλυτικά ανά κατηγορία δοκιμής τα κατάλληλα πρότυπα να χρησιμοποιηθούν, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους, το είδος των δοκιμών που χρησιμοποιούνται και το τι αποτέλεσμα επιφέρει η καθεμία. [\[1\]](#)

Παρακάτω οι προδιαγραφές ανά κατηγορία δοκιμής:

2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

- D3039/D3039M
- D638
- D5083
- D5450/D5450M
- D6415/D6415M
- D7291/D7291M
- D3479/D3479M
- D2990

2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

- D6641/D6641M
- D695
- D3410/D3410M
- D5467/D5467M
- D5449/D5449M

2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

- D3518/D3518M
- D5379/D5379M
- D4255/D4255M
- D5448/D5448M
- D7078/D7078M
- D2344/D2344M
- D5379/D5379M
- D3846
- D7078/D7078M

2.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΜΨΗΣ

- D790
- D6272
- D6416/D6416M
- D7264/D7264M

2.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΡΑΥΣΗ

- D5528
- D6671/D6671M
- E1922

2.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ

- D3479/D3479M
- D671
- D6115

2.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ

- | | |
|----------------|----------------|
| • D1822 | • D7616/D7616M |
| • D256 | • D7522/D7522M |
| • D5766/D5766M | • C364/C364M |
| • D6742/D6742M | • C297/C297M |
| • D6484/D6484M | • C365/C365M |
| • D6742/D6742M | • D7336/D7336M |
| • D7615/D7615M | • C273/C273M |
| • D953 | • C393/C393M |
| • D5961/D5961M | • C394 |
| • D6873/D6873M | • D7249/D7249M |
| • D7248/D7248M | • D5467/D5467M |
| • D7332/D7332M | • D6416/D6416M |
| • D2583 | • C480/C480M |
| • D6264/D6264M | • C271/C271M |
| • D7136/D7136M | • C366/C366M |
| • D7137/D7137M | • C272 |
| • E1922 | • F1645/F1645M |
| • D7205/D7205M | • C363/C363M |
| • D7337/D7337M | • D6772 |
| • D7617/D7617M | • D6790 |
| • D7565/D7565M | • D3800 |

- D4018
- D4102
- D792
- D1505
- D2471
- D4473
- D3531
- D3532
- C613/C613M
- D3171
- D3529/D3529M
- D3530/D3530M
- D2734
- D2584
- D696
- E228
- E289
- E1461
- E1269
- D648
- D3418
- D4065
- D7028
- D5229/D5229M
- D570
- D618
- D570
- C481
- C581
- D543

[\[1\]](#)

3 ΠΟΛΥΜΕΡΗ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Πολυμερή ονομάζονται οι χημικές ενώσεις με μεγάλα μόρια, που σχηματίζονται από τη σύνδεση πολλών όμοιων μικρών μορίων. Τα πολυμερή διακρίνονται εκ της προέλευσής τους σε "φυσικά πολυμερή" και "συνθετικά πολυμερή". Τέτοια φυσικά πολυμερή είναι για παράδειγμα το DNA, το καουτσούκ, το άμυλο, η κυτταρίνη, οι πρωτεΐνες κ.λπ., ενώ συνθετικά πολυμερή είναι τα πλαστικά, οι εκρηκτικές ύλες, οι λευκαντικές ουσίες, τα σαπούνια κ.λπ. Διακρίνονται σε θερμοπλαστικά, ελαστομερή και θερμοσκληρυνόμενα.[2]

3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



Εικόνα 3-1 Αντικείμενα τρισδιάστατης εκτύπωσης (Πηγή:PCMag.com)

Τα τελευταία χρόνια, με την ταχεία ανάπτυξη της βιομηχανίας, είναι μεγάλη η ανάγκη για χρήση νέων υλικών, κατάλληλα να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες της τεχνολογίας. Η εξέλιξη της τρισδιάστατης εκτύπωσης στις μέρες μας, έκανε αναγκαίο το γεγονός της εξέλιξης των υλικών που χρησιμοποιούνται, και πιο συγκεκριμένα των πλαστικών. Είναι η διαδικασία κατά την οποία μπορούν να δημιουργηθούν πολλά κομμάτια με επαναληψιμότητα, καθώς μπορούν να παραχθούν και εξαρτήματα με πολύπλοκη γεωμετρία τα οποία προκύπτουν από τα εκάστοτε

σχεδιαστικά προγράμματα. Λόγω των περιορισμένων μηχανικών ιδιοτήτων και λειτουργιών που έχουν τα πολυμερή όταν εκτυπώνονται σαν «καθαρά υλικά», νέα σύνθετα εκτυπώσιμα πολυμερή με υψηλές επιδόσεις έχουν εμφανιστεί στο προσκήνιο. Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης όπως η κατασκευή σύνθετων υλικών, συμπεριλαμβανομένων δοκιμών υψηλής ακρίβειας, οικονομικά και με προσαρμοσμένη γεωμετρία. [3]

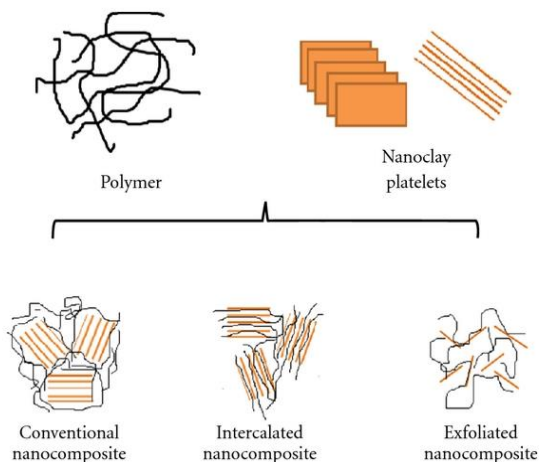
Θερμοπλαστικά πολυμερή υλικά, όπως ακρυλονιτρίλιο-βουταδιένιο-στυρόλιο (ABS), πολυ (γαλακτικό οξύ) (PLA), πολυ (αμίδιο) (PA) και πολυ (ανθρακικό) (PC), καθώς και θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή υλικά όπως οι εποξικές ρητίνες, μπορούν να υποστούν επεξεργασία με 3D τεχνολογία εκτύπωσης. [3]



Οι εποξικές ρητίνες είναι αντιδραστικά υλικά (reactive materials) που απαιτούν την ύπαρξη θερμικής ή υπεριώδους βοήθειας (εξωτερικός σκληρυντής) για την ολοκλήρωση της διαδικασίας πολυμερισμού, και αυτοί αρχικά εμφανίζουν χαμηλό ιξώδες, το οποίο αυξάνεται καθώς προχωρά η σκλήρυνση. Επομένως, οι εποξικές ρητίνες είναι κατάλληλες για θερμική ή υποβοηθούμενη με υπεριώδη ακτινοβολία διαδικασία εκτύπωσης. Με βάση τις διάφορες επιλογές υλικών, 3D εκτύπωση πολυμερών έχει βρει πιθανές εφαρμογές στην αεροδιαστημική βιομηχανία για τη δημιουργία σύνθετων ελαφρών κατασκευών, στην αρχιτεκτονική για δομικά μοντέλα, στη τέχνη, καθώς και στο ιατρικό πεδίο για εκτύπωση ιστών και σταδιακά μέρη οργάνων. [3]

Εικόνα 3-2 Αναλώσιμα πολυμερή για τρισδιάστατη εκτύπωση (Πηγή: sculpteo.com)

Τα υλικά πλήρωσης νανοκλίμακας που βασίζονται στο πηλό (nanoclay), χρησιμοποιούνται συνήθως για να προσφέρουν μοναδικές και επιθυμητές ιδιότητες



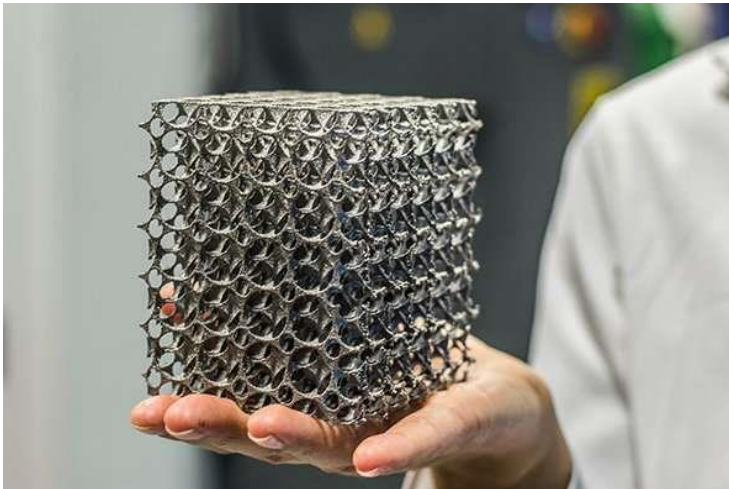
Εικόνα 3-3 Nanoclay (Πηγή: www.researchgate.net)

στις πολυμερείς ρητίνες. Ελάχιστα κλάσματα μικρού όγκου, έχουν δυσανάλογα μεγάλα αποτελέσματα στις ιδιότητές του, προσφέροντας ακαμψία, σκληρότητα και πολλές άλλες, λόγω της μεγάλης αναλογίας επιφάνειας και όγκου. Οι επιδράσεις ενός ενεργοποιημένου nanoclay στις ρεολογικές ιδιότητες και στη συμπεριφορά εκτύπωσης εποξειδικής ρητίνης, απουσία ενίσχυσης από ίνες, έχουν αξιολογηθεί. Επίσης διερευνήθηκαν τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε πηλό και των

διαφορετικών διαδικασιών εναπόθεσης, στις θερμομηχανικές ιδιότητες των δοκιμών που προκύπτουν από 3D εκτυπωμένα εποξειδικά / νανοσύνθετα αργίλου. Οι τιμές αντοχής σε κάμψη κυμαίνονται από 80 MPa έως 100 MPa για χυτά δείγματα και τυπωμένα δείγματα που ελέγχθηκαν εγκάρσια προς την κατεύθυνση

εκτύπωσης και έως 143 MPa για τυπωμένα δείγματα που έχουν δοκιμαστεί παράλληλα με την κατεύθυνση εκτύπωσης. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τη δύναμη σε κάθε κατεύθυνση εκτύπωσης, είναι σημαντικά μεγαλύτερα από τις τιμές για τα αντίστοιχα 3D τυπωμένα θερμοπλαστικά σύνθετα υλικά. Αυτό υποδηλώνει ότι ο συνδυασμός εποξειδίου / αργίλου έχει υψηλές δυνατότητες για περαιτέρω ανάπτυξη ως υλικό πρώτης ύλης τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ωστόσο, τα περισσότερα από τα τρισδιάστατα τυπωμένα πολυμερή προϊόντα χρησιμοποιούνται ακόμη επί του παρόντος ως εννοιολογικά πρωτότυπα και όχι λειτουργικά συστατικά, δεδομένου ότι τα καθαρά πολυμερή προϊόντα που κατασκευάζονται από την τρισδιάστατη εκτύπωση, στερούνται αντοχής και λειτουργικότητας στο σημείο που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξαρτήματα που θα φέρουν τον πλήρες φορτίο μιας κατασκευής. Τέτοια μειονεκτήματα περιορίζουν την ευρεία βιομηχανική εφαρμογή των τρισδιάστατα τυπωμένων πολυμερών. [3]

Η χρήση πολυμερών για τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να λύσει τα προαναφερθέντα προβλήματα συνδυάζοντας τη μήτρα και τις ενισχύσεις, για την επίτευξη ενός συστήματος με πιο χρήσιμες δομικές ή λειτουργικές ιδιότητες που δεν μπορούν να επιτευχθούν από κανένα από τα συστατικά μόνα τους. Η ενσωμάτωση ενισχύσεων από σωματίδια ινών ή νανοϋλικών σε πολυμερή, επιτρέπει την κατασκευή μητρών από σύνθετα πολυμερή, που χαρακτηρίζονται από υψηλή



Εικόνα 3-4 Τρισδιάστατη εκτύπωση μετάλλου
(Πηγή: www.phys.org)

μηχανική απόδοση και εξαιρετική λειτουργικότητα. Συμβατικές τεχνικές κατασκευής σύνθετων υλικών, όπως χύτευση, χύτευση σε καλούπι και μηχανουργική κατεργασία, δημιουργεί προϊόντα με πολύπλοκη γεωμετρία μέσω διαδικασιών αφαίρεσης υλικού. Ενώ οι διαδικασίες κατασκευής και η απόδοση των σύνθετων υλικών σε αυτές τις μεθόδους είναι σε μεγάλο βαθμό ελεγχόμενες και κατανοητές, η ικανότητα για τον έλεγχο της σύνθετης εσωτερικής δομής είναι περιορισμένη. Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ικανή να κατασκευάζει σύνθετες κατασκευές χωρίς την τυπική φύρα. Το μέγεθος και η γεωμετρία των σύνθετων μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια με τη βοήθεια σχεδιασμού μέσω υπολογιστή. Έτσι, η τρισδιάστατη εκτύπωση σύνθετων υλικών επιτυγχάνει έναν εξαιρετικό συνδυασμό ευέλικτων και υψηλής απόδοσης προϊόντων. [3]

Τεχνικές εκτύπωσης και τυπικά πολυμερή υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτά εμφανίζονται στην Εικόνα 3-1.

Printing techniques and typical polymers

| Technique | Typical polymer materials |
|-----------|---|
| FDM | Thermoplastics such as PC, ABS, PLA, and nylon |
| SLA | Photocurable resin (epoxy- or acrylate-based resin) |
| SLS | PCL and PA powder |
| 3DP | Powder, any materials, binder needed |
| 3D | Liquid or paste PCL, PLA, hydrogel |

Εικόνα 3-5 Τεχνικές εκτύπωσης και πολυμερή υλικά

4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ (ASTM D618)

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αποτέλεσμα όλης της παραπάνω διαδικασίας ανάπτυξης νέων σύνθετων υλικών με ελεγχόμενες ιδιότητες και δομές, παράλληλα αναπτύχθηκαν και οι πειραματικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται. Λογικό είναι αυτές οι δοκιμές αντοχής να είναι παραπλήσιες με αυτές των μετάλλων, χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρότυπα. Αυτά τα πρότυπα θα αναλυθούν με βάση την εκάστοτε δοκιμή αντοχής. Πριν από κάθε πείραμα, πρέπει να γίνεται βέβαιο ότι τα πλαστικά προς δοκιμή θα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες συνθήκες για την επιτυχή ολοκλήρωση της διαδικασίας του πειράματος αλλά και για να έχουμε τα μέγιστα δυνατά αποτελέσματα. Στις δοκιμές των πλαστικών, το πρότυπο το οποίο ως επί το πλείστον καθορίζει αυτές τις συνθήκες είναι το ASTM D618 (συσχετίζεται με το ISO291).

Σε γενικές γραμμές, οι φυσικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των πλαστικών επηρεάζονται από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία με τρόπο τέτοιο που επηρεάζει ουσιαστικά τα αποτελέσματα των δοκιμών. Οπότε, έτσι ώστε να γίνουν αξιόπιστες συγκρίσεις διαφορετικών υλικών και μεταξύ διαφορετικών εργαστηρίων, είναι απαραίτητο να τυποποιηθεί η υγρασία, καθώς και η θερμοκρασία στην οποία δείγματα αυτών των υλικών υποβάλλονται πριν και κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Η προδιαγραφή αυτή καθορίζει τις διαδικασίες προετοιμασίας πλαστικών πριν από δοκιμές και τις συνθήκες υπό τις οποίες θα δοκιμαστούν. Για ορισμένα υλικά, μπορεί να υπάρχει προδιαγραφή υλικού που απαιτεί τη χρήση αυτής της προδιαγραφής, αλλά με ορισμένες διαδικαστικές τροποποιήσεις. Χρειάζεται η προδιαγραφή υλικού υπερισχύει αυτής της πρακτικής. [4].

4.2 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

- Θερμοκρασία δωματίου : η θερμοκρασία δωματίου θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 20-30°C (68 to 85°F) με την αποδεκτή απόκλιση της τάξης του $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Ατμόσφαιρα εργαστηρίου: η θερμοκρασία να είναι στους 23°C (73.4°F) και η σχετική υγρασία να είναι στο 50% με την αποδεκτή απόκλιση της τάξης του $\pm 5\%$.

Οι μετρήσεις γίνονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο κέντρο του δωματίου ή του θαλάμου. Όταν πρόκειται να ληφθούν δεδομένα για σύγκριση, σε συγκεκριμένη θερμοκρασία είτε πάνω είτε κάτω από τη τυπική θερμοκρασία του εργαστηρίου, η θερμοκρασία πρέπει να είναι επιλεγθεί από σχετικό πίνακα του αντίστοιχου

προτύπου. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία που υποδεικνύεται στο σημείο ελέγχου, ή σε συσκευή εγγραφής, ενδέχεται να μην είναι εκπρόσωπος μιας κατάστασης αλλού σε ένα οριοθετημένο χώρο ή δωμάτιο λόγω τοπικών επιδράσεων ή ανεπάρκειας στην κυκλοφορία του αέρα. Πρέπει να γίνουν επιπλέον μετρήσεις σε όλη την περιοχή έως ότου να δείχνουν συμμόρφωση με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία που απαιτείται. [4]

4.3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Καθίσταται αναγκαίο να πραγματοποιηθεί προετοιμασία δειγμάτων στις εξής περιπτώσεις:

- για λόγους ισορροπίας του υλικού με τις κανονικές ή τις μέσες συνθήκες δωματίου,
- για να προκύψουν αναπαράξιμα αποτελέσματα, ανεξάρτητα από το προηγούμενο ιστορικό έκθεσης,
- να υποβάλει το υλικό σε ανώμαλες συνθήκες θερμοκρασία ή υγρασία προκειμένου να προβλεφθεί η συμπεριφορά του.

Οι διαδικασίες προετοιμασίας που περιγράφονται σε αυτήν την προδιαγραφή έχουν σχεδιαστεί για να επιτυγχάνουν αναπαράξιμα αποτελέσματα και ενδέχεται να δίνουν φυσικές τιμές κάπως υψηλότερες ή κάπως χαμηλότερες από τιμές υπό ισορροπία σε κανονικές συνθήκες, ανάλογα με το υλικό και δοκιμή. Για να εξασφαλιστεί ουσιαστική ισορροπία υπό κανονικές συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας, ενδέχεται να απαιτηθούν από 20 έως 100 ημέρες ή περισσότερο ανάλογα με το πάχος και τον τύπο του υλικού και την προηγούμενη ιστορία του. Κατά συνέπεια, πρέπει να είναι απαραίτητη η ρύθμιση της αναπαραξιμότητας και να χρησιμοποιείται για γενικές προδιαγραφές αγοράς και προϊόν δοκιμές ελέγχου.[4]

4.4 ΔΟΚΙΜΙΑ

4.4.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία πρέπει να είναι σύμφωνη με τη μέθοδο των εκάστοτε προτύπων ASTM για τις συγκεκριμένες ιδιότητες που θα καθοριστούν. Οι αριθμοί και οι τύποι δειγμάτων δοκιμής πρέπει να είναι σύμφωνα με τις μεθόδους δοκιμής ASTM για τις συγκεκριμένες ιδιότητες που θα καθοριστούν.

4.4.2 ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η προετοιμασία των δειγμάτων δοκιμής μπορεί να οριστεί ως ακολούθως:

- i. Ένας αριθμός που δείχνει σε ώρες τη διάρκεια της κατάστασης
- ii. Ένας αριθμός που δείχνει σε βαθμούς Κελσίου τη ρύθμιση της θερμοκρασίας
- iii. Ένας αριθμός που δείχνει τη σχετική υγρασία, όποτε η σχετική υγρασία ελέγχεται ή μια λέξη που υποδηλώνει τη βύθιση σε υγρό.

Οι αριθμοί διαχωρίζονται μεταξύ τους από κεκλιμένα σημάδια. Μια ακολουθία συνθηκών δηλώνεται με χρήση ενός σημείου συν (+) μεταξύ διαδοχικών συνθηκών. Το «Des» θα χρησιμοποιείται για να δείξει την αποξήρανση πάνω από άνυδρο χλωριούχο ασβέστιο. Για παράδειγμα, Κατάσταση 96/23/50:96 ώρες σε αυτή την κατάσταση, στους 23°C και 50 % σχετικής υγρασίας.[4]

4.5 ΑΝΑΦΟΡΑ

Με το πέρας των διαδικασιών συντάσσεται μια αναφορά με τις απαραίτητες πληροφορίες. Η έκθεση οποιασδήποτε δοκιμής που αναφέρεται σε αυτήν την προδιαγραφή, θα πρέπει να αναφέρει:

- Τη διαδικασία προετοιμασίας που χρησιμοποιήθηκε,
- Το χρόνο προετοιμασίας που χρησιμοποιείται, στο πλησιέστερο ημίωρο , εάν όχι καθορίζεται στη διαδικασία,
- Θερμοκρασία, στον πλησιέστερο βαθμό Κελσίου, και σχετική υγρασία, στο πλησιέστερο ποσοστό, της ατμόσφαιρας στη γειτνίαση του δείγματος κατά τη διάρκεια της δοκιμής, εκτός από εκεί όπου η διάρκεια της δοκιμής εκτείνεται περισσότερο από 30 λεπτά, το πραγματικό εύρος της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας αναφέρεται, και το
- Πραγματικό εύρος θερμοκρασίας και σχετική υγρασία εάν οι τυπικές ανοχές δεν χρησιμοποιούνται.[4]

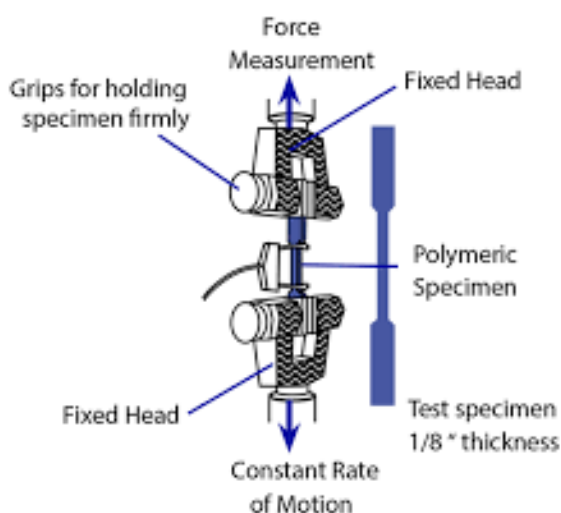
5 ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ (ASTM D638)

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής καλύπτει τον προσδιορισμό των εφελκυστικών ιδιοτήτων μη ενισχυμένων και ενισχυμένων πλαστικών στη μορφή τυπικών δειγμάτων σε σχήμα αλτήρα, όταν δοκιμάζονται υπό καθορισμένες συνθήκες προεργασίας, θερμοκρασίας, υγρασίας και ταχύτητας μηχανήματος δοκιμής (αντίστοιχο ISO527-1). Η συγκεκριμένη δοκιμή ισχύει για δοκίμια οποιουδήποτε πάχους έως 14 mm (0,55 in.). Ωστόσο, για δοκιμές δειγμάτων με τη μορφή λεπτού φύλλου, συμπεριλαμβανομένης του φύλλου μικρότερου από 1,0 mm (0,04 in.) σε πάχος, το πρότυπο ASTM D882 είναι η προτιμώμενη μέθοδος δοκιμής. Υλικά με πάχος μεγαλύτερο από 14 mm (0,55 in.) θα πρέπει να μειωθούν με μηχανική κατεργασία. Οι τιμές που αναφέρονται είναι σε μονάδες SI και η προδιαγραφή που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία των πλαστικών είναι η ASTM D618.[5]

5.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής έχει σχεδιαστεί για να παράγει δεδομένα των εφελκυστικών ιδιοτήτων, για τον έλεγχο και τις προδιαγραφές των πλαστικών υλικών. Αυτά τα δεδομένα είναι επίσης χρήσιμα για ποιοτικό χαρακτηρισμό, αλλά και για έρευνα και ανάπτυξη. Οι εφελκυστικές ιδιότητες είναι γνωστό ότι ποικίλλουν ανάλογα με την προετοιμασία του δείγματος, και την ταχύτητα και το περιβάλλον δοκιμών. Κατά συνέπεια, όπου απαιτούνται ακριβή συγκρίσιμα αποτελέσματα, αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ελέγχονται προσεκτικά.



Εικόνα 5-1 Εφελκυσμός πλαστικών
(Πηγή: www.boedeker.com)

Συνειδητοποιείται λοιπόν ότι ένα υλικό δεν μπορεί να ελεγχθεί χωρίς επίσης να ελεγχθεί και η μέθοδος παρασκευής αυτού του υλικού. Ως εκ τούτου, όταν είναι επιθυμητές συγκριτικές δοκιμές των υλικών, πρέπει να διασφαλιστεί ότι όλα τα δείγματα προετοιμάζονται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, εκτός εάν η δοκιμή πρέπει να περιλαμβάνει τα αποτελέσματα του δείγματος παρασκευής. Ομοίως, για σκοπούς παραπομπής ή σύγκρισης, σε οποιαδήποτε σειρά δειγμάτων, πρέπει

να ληφθεί μέριμνα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο μέγιστος βαθμός ομοιομορφίας στις λεπτομέρειες της προετοιμασίας, της κατεργασίας και του χειρισμού.[5]

5.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η μηχανή που χρησιμοποιείται είναι μια μηχανή δοκιμής σταθερού ρυθμού- τύπου διασταυρούμενης κεφαλής και περιλαμβάνει ουσιαστικά τα ακόλουθα:

- Σταθερό μέλος: Ένα σταθερό ή ουσιαστικά σταθερό μέλος που φέρει μια λαβή,
- Κινητό μέλος: Ένα κινητό μέλος που φέρει μια δεύτερη λαβή,
- Λαβές: για τη συγκράτηση του δείγματος μεταξύ του σταθερού μέλους και του κινητού μέλους της δοκιμής. Το μηχάνημα μπορεί να είναι είτε ο σταθερού είτε ο αυτο-ευθυγραμμιζόμενου τύπου,
- Μηχανισμός κίνησης: Ένας μηχανισμός κίνησης για μετάδοση μιας ομοιόμορφης ελεγχόμενης ταχύτητας στο κινητό μέλος.
- Ένδειξη φορτίου: Ένας μηχανισμός ένδειξης φορτίου, ικανό να δείχνει το συνολικό εφελκυστικό φορτίο που μεταφέρεται στο δείγμα όταν συγκρατείται από τις λαβές.
- Ένδειξη επέκτασης διασταυρούμενης κεφαλής: ενδεικτικός μηχανισμός ικανός να δείξει την ποσότητα αλλαγής στο διαχωρισμό των λαβών, δηλαδή κίνηση της σταυροειδούς κεφαλής.
- Επιμηκυνσιόμετρο (ή εκτενόμετρο): όργανο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ δύο καθορισμένων σημείων εντός του μήκους του δείγματος δοκιμής καθώς το δείγμα τεντώνεται. [5]

5.4 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

5.4.1 ΦΥΛΛΑ, ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΧΥΤΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ:

- Άκαμπτα και ημιάκαμπτα πλαστικά
- Εύκαμπτα πλαστικά
- Ενισχυμένα σύνθετα υλικά
- Κατεργασμένα δοκίμια

Όλα τα παραπάνω δείγματα δοκιμής θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις διαστάσεις που φαίνονται στην Εικόνα 5-2.

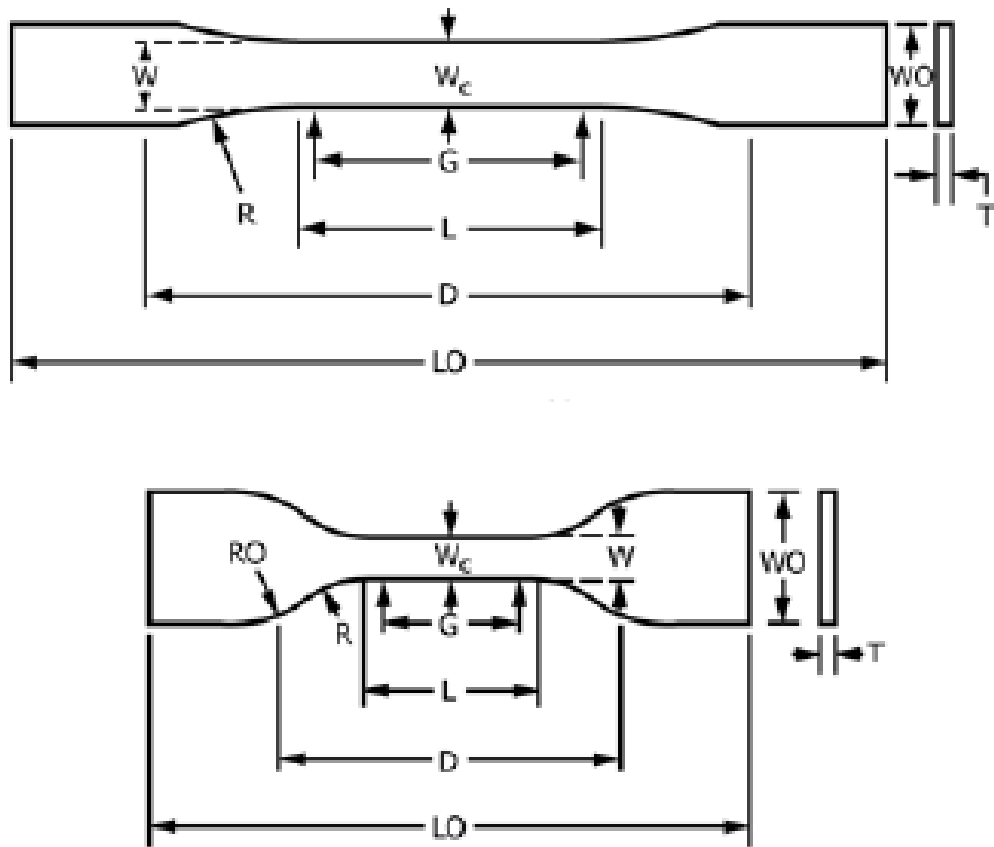
5.4.2 ΑΚΑΜΠΤΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

Το δοκίμιο για άκαμπτους σωλήνες πρέπει να είναι όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-4. Το μήκος, L καθορίζεται επίσης από το ίδιο σχήμα. Μια εγκοπή πρέπει να μηχανουργηθεί γύρω από το εξωτερικό του δείγματος στο κέντρο του μήκους του έτσι ώστε το τμήμα τοίχου μετά την κατεργασία πρέπει να είναι 60% του αρχικού ονομαστικού πάχους τοιχώματος.

5.4.3 ΑΚΑΜΠΤΕΣ ΡΑΒΔΟΙ

Το δείγμα δοκιμής για άκαμπτες ράβδους πρέπει να είναι ως φαίνεται στην Εικόνα 5-4. Το μήκος, L , είναι όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-4. Μια εγκοπή πρέπει να κατεργαστεί γύρω από το δείγμα στο κέντρο του μήκους του, έτσι ώστε η διάμετρος του μηχανουργημένου μέρους πρέπει να είναι 60% της αρχικής ονομαστικής διαμέτρου.

Όλες οι επιφάνειες του δείγματος δεν πρέπει να φέρουν ορατά ελαττώματα, γρατσουνιές ή ατέλειες. Σημάδια που απομένουν από τραχιές κατεργασίες ή εργασίες αφαιρούνται προσεκτικά με ένα λεπτό λειαντικό χαρτί. Οι τελευταίες πινελιές λείανσης πρέπει να γίνεται σε παράλληλη κατεύθυνση προς τον μακρύ άξονα της δοκιμής δείγμα. [5]

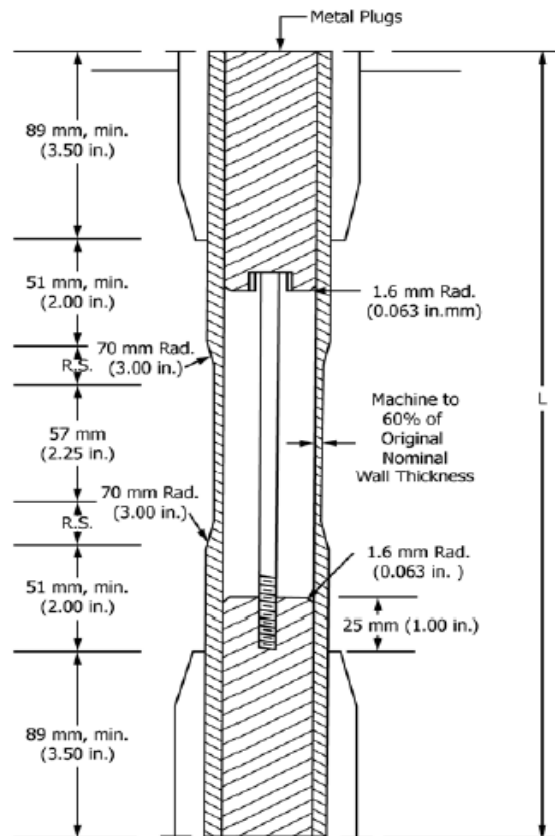


Εικόνα 5-2 Δοκίμιο δοκιμής σε εφελκυσμό (Πηγή:ASTM D638-14)

5.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

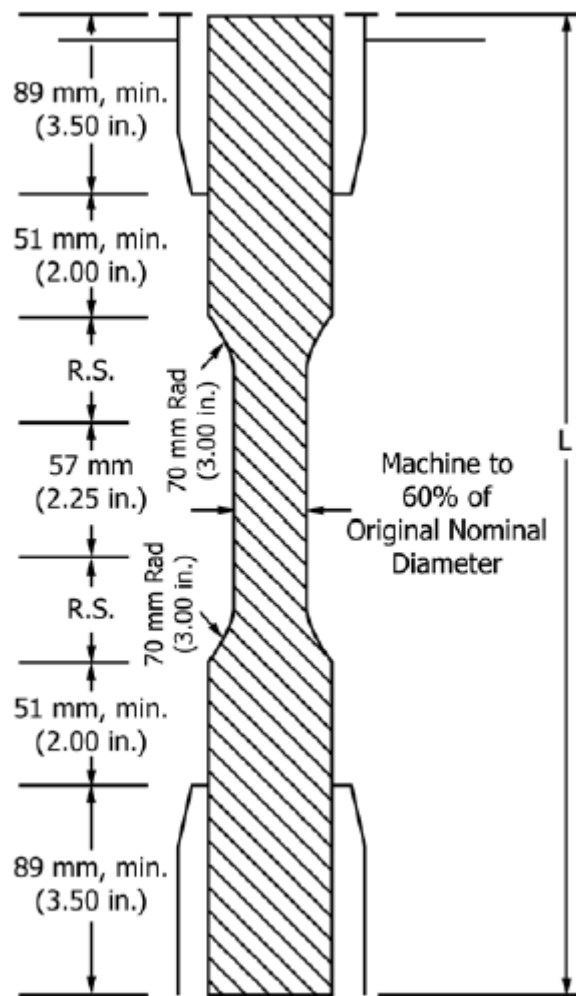
Μετράται το πλάτος και το πάχος κάθε δείγματος έως το πλησιέστερο 0,025mm (0,001 in.) χρησιμοποιώντας την ισχύουσα προδιαγραφή στο D5947. Μετράται το πλάτος και το πάχος των επίπεδων δειγμάτων στο κέντρο κάθε δείγματος και εντός 5mm από κάθε άκρο του μήκους τους. Για όλα τα άλλα δείγματα, μετρήστε το πραγματικό πλάτος του κέντρου του προς δοκιμή δείγματος, εκτός εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι το πραγματικό πλάτος του δείγματος είναι το ίδιο με αυτό του καλουπιού εντός των ανοχών που δίνονται. Επίσης ελέγχεται η διάμετρος των δειγμάτων ράβδου και οι εσωτερικές και οι εξωτερικές διαμέτροι των δειγμάτων σωλήνων, στο πλησιέστερο 0,025mm (0,001 in.) σε τουλάχιστον δύο σημεία σε απόσταση 90°. Κάντε αυτές τις μετρήσεις κατά μήκος του αυλακιού που κατασκευάστηκε σύμφωνα με τη προδιαγραφή προετοιμασίας. Τοποθετείται το δείγμα στις λαβές του μηχανήματος δοκιμής, προσέχοντας να ευθυγραμμίζεται ο μακρύς άξονας του δείγματος με τις λαβές, με μια νοητή γραμμή που ενώνει τα σημεία συγκράτησης του μηχανήματος. Η απόσταση μεταξύ των άκρων που γίνεται

η σύσφιξη, όταν χρησιμοποιούνται επίπεδα δείγματα, πρέπει να είναι ίδιες υποδεικνύεται στην Εικόνα 5-2. Σε δείγματα σωλήνων και ράβδων, η θέση για τη τοποθέτηση στις λαβές πρέπει να είναι όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-3 και στην Εικόνα 5-4.



Εικόνα 5-3 Δοκίμιο σωλήνα τοποθετημένο στη μηχανή δοκιμής (Πηγή:ASTM D638-14)

Πραγματοποιείται ομοιόμορφα και σταθερά σύσφιξη, στο βαθμό που απαιτείται για την αποφυγή ολίσθησης του δείγματος κατά τη διάρκεια της δοκιμής, αλλά όχι στο σημείο όπου το δείγμα θα υποστεί μόνιμη παραμόρφωση. Συνδέεται η συσκευή ανίχνευσης επιμήκυνσης. Ρυθμίζεται η ταχύτητα της δοκιμής στο σωστό ρυθμό όπως απαιτείται και το μηχάνημα τίθεται σε λειτουργία. Καταγράφεται η καμπύλη επέκτασης φορτίου του δείγματος, επίσης καταγράφεται το φορτίο και η επιμήκυνση στο σημείο διαρροής (εάν υπάρχει) και το φορτίο και την επιμήκυνση τη στιγμή της θραύσης. [5]



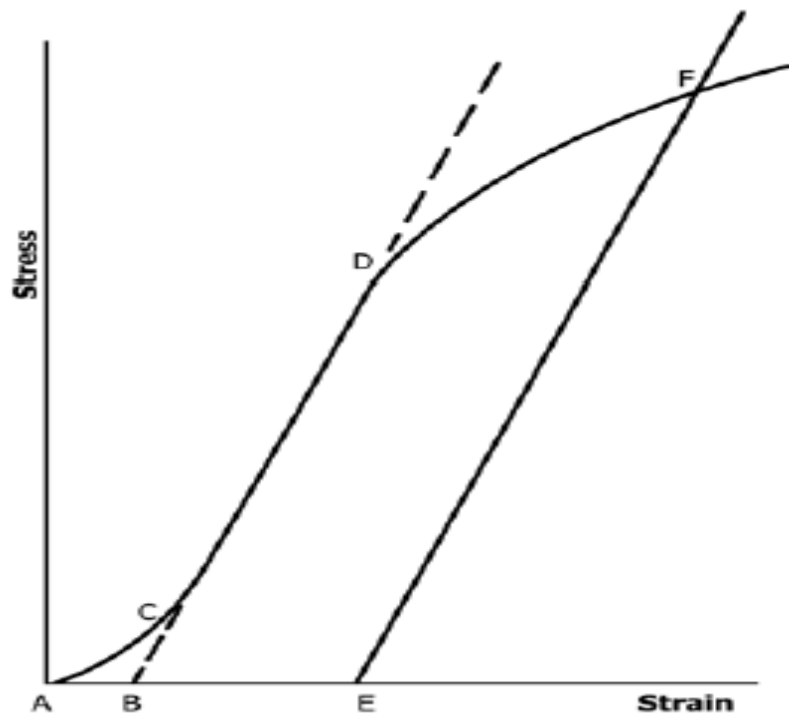
Εικόνα 5-4 Δοκίμιο συμπαγούς ράβδου τοποθετημένο στη μηχανή δοκιμής (Πηγή:ASTM D638-14)

5.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Εφόσον η δοκιμή έχει εκτελεστεί σύμφωνα με τη προδιαγραφή και έχουν καταγραφεί όλες οι απαραίτητες ενδείξεις για τα μεγέθη, γίνεται υπολογισμός των παρακάτω βασικών στοιχείων, χρησιμοποιώντας τους τύπους του προτύπου:

- Αντοχή σε εφελκυσμό
- Επιμήκυνση
- Ποσοστό επιμήκυνσης
- Επί τοις εκατό επιμήκυνση στο σημείο διαρροής
- Επί τοις εκατό επιμήκυνση στο σημείο θραύσης
- Ονομαστική πίεση
- Ονομαστική πίεση στο σπάσιμο

- Μέτρο ελαστικότητας
- Μέτρο διατέμνουσας
- Τυπική απόκλιση [5]



Εικόνα 5-5 Καμπύλη υλικού που εμπίπτει στο νόμο του HOOKE (Πηγή:ASTM D638-14)

5.7 ΑΝΑΦΟΡΑ

Αναφέρονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

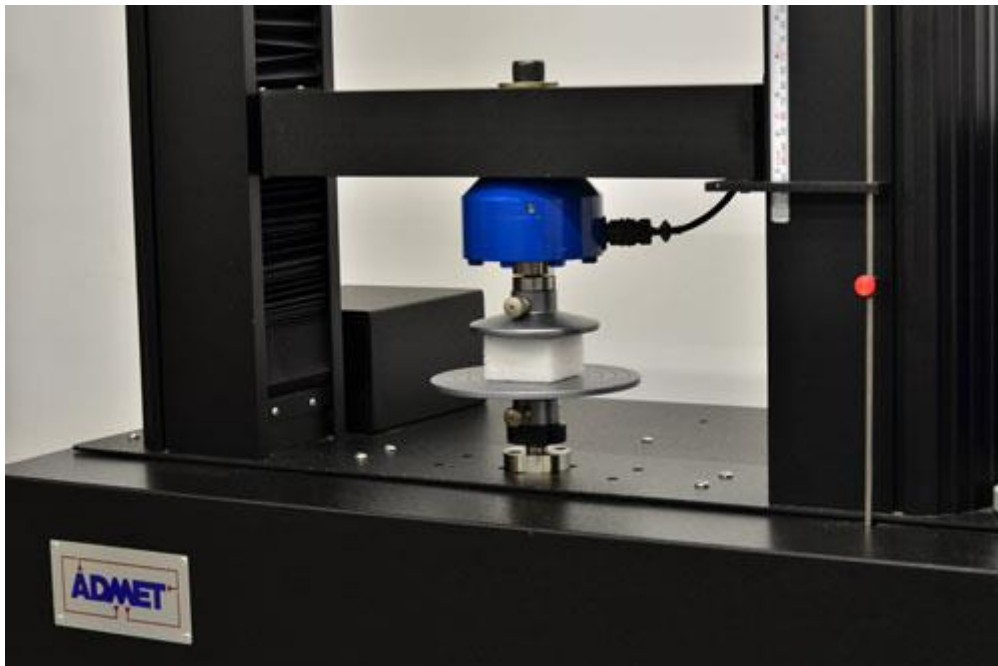
- Πλήρης περιγραφή του υλικού που δοκιμάστηκε, συμπεριλαμβανομένου του τύπου, της πηγής, αριθμός κατασκευαστή, σχήμα-μορφή, αρχικές διαστάσεις, προηγούμενο ιστορικό κ.λπ.
- Μέθοδος προετοιμασίας δειγμάτων δοκιμής
- Τύπος δείγματος και διαστάσεις δοκιμής

- Χρησιμοποιούμενη διαδικασία προετοιμασίας
- Ατμοσφαιρικές συνθήκες στην αίθουσα δοκιμών
- Αριθμός δειγμάτων που δοκιμάστηκαν (για ανισότροπα υλικά, ο αριθμός των δειγμάτων που δοκιμάστηκαν και η κατεύθυνση ως την οποία δοκιμάστηκαν
- Ταχύτητα δοκιμών
- Κατηγοριοποίηση των χρησιμοποιούμενων επιμηκυνσιόμετρων. Μία περιγραφή τεχνικής μέτρησης και υπολογισμών που χρησιμοποιούνται
- Αντοχή εφελκυσμού στο σημείο διαρροής ή το σπάσιμο, τη μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Αντοχή εφελκυσμού στο σημείο διαρροής ή θραύσης, εάν υπάρχει, μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Επί τοις εκατό επιμήκυνση στο σημείο διαρροής, ή σπάσιμο, ή ονομαστική πίεση κατά τη διακοπή, ή και τα τρία, κατά περίπτωση, μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Μέτρο ελαστικότητας, μέσος όρος τιμή και τυπική απόκλιση,
- Εάν μετρηθεί, αναλογία Poisson, μέση τιμή, τυπική απόκλιση
- Ημερομηνία δοκιμής, και
- Ημερομηνία αναθεώρησης της μεθόδου δοκιμής D638. [5]

6 ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (ASTM D695)

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αυτή η μέθοδος καλύπτει τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων μη ενισχυμένων και ενισχυμένων άκαμπτων πλαστικών, συμπεριλαμβανομένων των συνθετικών υλικών υψηλού συντελεστή, όταν συμπιέζονται με σχετικά χαμηλούς ομοιόμορφους ρυθμούς τάνυσης ή φορτίου.



Εικόνα 6-1 Διάταξη δοκιμής σε θλίψη πλαστικών (Πηγή: www.admet.com)

Χρησιμοποιούνται δείγματα τυπικού σχήματος. Το παρόν πρότυπο διεξαγωγής, εφαρμόζεται για σύνθετο συντελεστή έως και συμπεριλαμβανομένου των 41.370 MPa (6.000.000 psi). Για ιδιότητες συμπίεσης ρητίνης-μήτρας μπορούν να γίνουν σύμφωνα με τη μέθοδο δοκιμής D3410 / D3410M ή D6641 / D6641M. Το παρόν πρότυπο είναι παραπλήσιο του ISO 604. Οι τιμές που αναφέρονται είναι σε μονάδες SI και η προδιαγραφή που χρησιμοποιεί για την προετοιμασία των πλαστικών είναι η ASTM D618.[6]

6.2 ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Ορισμοί:

- Παραμόρφωση λόγω συμπίεσης - η μείωση του μήκους που δημιουργείται στο μήκος του δείγματος, όντας υπό φορτίο. Εκφράζεται σε μονάδες μήκους.
- Ανηγμένη συμπιεστική παραμόρφωση - ο λόγος της συμπιεστικής παραμόρφωσης στο μήκος του δείγματος δοκιμής, δηλαδή, η αλλαγή μήκους ανά μονάδα αρχικού μήκους κατά μήκος του άξονα δοκιμής. Εκφράζεται ως αναλογία χωρίς διάσταση.
- Αντοχή σε θλίψη - η μέγιστη θλιπτική πίεση που δέχεται ένα δείγμα κατά τη διάρκεια μιας συμπίεσης. Μπορεί ή όχι να είναι η θλιπτική ένταση (ονομαστική) που δέχεται το δείγμα τη στιγμή της ρήξης.
- Αντοχή σε θλίψη στο σημείο αστοχίας - η θλιπτική πίεση που εφαρμοζόταν τη στιγμή της αποτυχίας σε περίπτωση θραύσης.
- Θλιπτική τάση - το συμπιεστικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας της ελάχιστης διατομής εντός των ορίων μέτρησης, που ασκούνται στο δείγμα δοκιμής σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή. Εκφράζεται σε ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας.

Η έκφραση των παραπάνω ιδιοτήτων γίνεται με την γραφική απεικόνιση σε ένα διάγραμμα. Οι σημαντικότερες πληροφορίες που το διέπουν είναι οι παρακάτω:

- Διάγραμμα τάσης- ανηγμένης παραμόρφωσης
- Σημείο απόδοσης συμπίεσης - το πρώτο σημείο του διαγράμματος τάσης- ανηγμένης παραμόρφωσης στο οποίο εμφανίζεται μια αύξηση της παραμόρφωσης χωρίς αύξηση της τάσης.
- Θλιπτική δύναμη στη διαρροή - συνήθως η τάση στο όριο διαρροής.
- Συντριπτικό φορτίο - η μέγιστη δύναμη συμπίεσης που εφαρμόζεται στο δείγμα, υπό τις συνθήκες δοκιμής, ότι παράγει έναν καθορισμένο βαθμό αστοχίας.
- Μέτρο ελαστικότητας: η αναλογία πίεσης (ονομαστική) προς αντίστοιχη καταπόνηση κάτω από το προβεβλόμενο όριο ενός υλικού.
- Απόκλιση θλιπτικής αντοχής - η τάση στην οποία η καμπύλη καταπόνησης- τάσης αποκλίνει από τη γραμμικότητα.
- Επί τοις εκατό θλιπτική παραμόρφωση - η ανηγμένη παραμόρφωση του δείγματος, εκφραζόμενο ως ποσοστό του πρωτοτύπου μήκους.
- λόγος λυγερότητας - ο λόγος του μήκους μιας στήλης ομοιόμορφης διατομής στην ελάχιστη ακτίνα περιστροφής. [6]

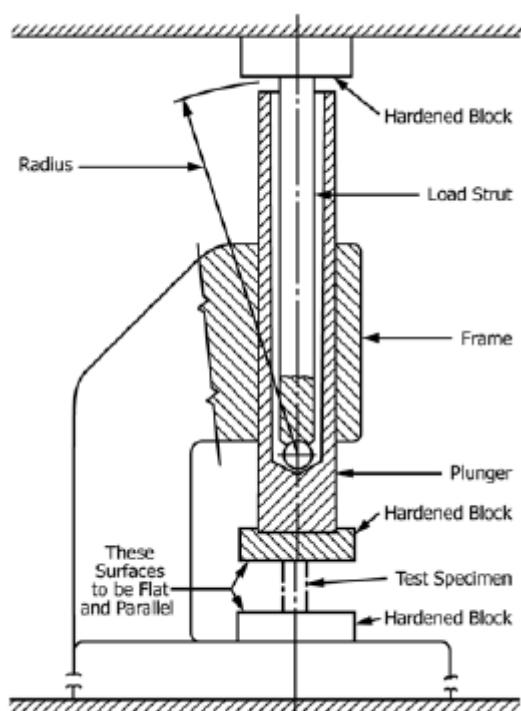
6.3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Οι δοκιμές συμπίεσης παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη θλιπτικές ιδιότητες των πλαστικών όταν χρησιμοποιούνται υπό συνθήκες οι οποίες προσεγγίζουν εκείνες υπό τις οποίες γίνονται οι δοκιμές. Οι θλιπτικές ιδιότητες περιλαμβάνουν το μέτρο ελαστικότητας, τη τάση διαρροής, την παραμόρφωση πέρα από το σημείο διαρροής και τη συμπίεστική αντοχή (εκτός αν το υλικό απλώς ισοπεδωθεί, αλλά δεν σπάσει). Επίσης παρέχουν μια τυπική μέθοδο λήψης δεδομένων για έρευνα και ανάπτυξη, ποιοτικό έλεγχο, αποδοχή ή απόρριψη βάσει προδιαγραφών και ειδικών σκοπών. Τέτοιες εφαρμογές απαιτούν πρόσθετες δοκιμές όπως η κρούση, ο ερπυσμός και η κόπωση.[6]

6.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Κάθε κατάλληλη μηχανή δοκιμής, ικανή για τον έλεγχο της σταθερής ταχύτητας της διασταυρούμενης κεφαλής και να περιλαμβάνει ουσιαστικά τα ακόλουθα:

Μηχανισμός κίνησης — Ένας μηχανισμός κίνησης για μετάδοση στο κινητό στέλεχος, μιας ομοιόμορφης, ελεγχόμενης ταχύτητας σε σχέση με τη βάση (σταθερό μέλος).

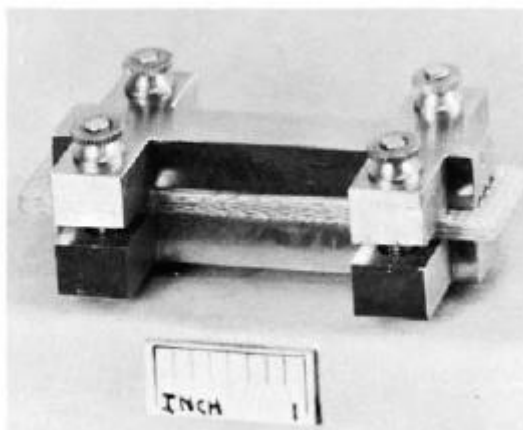


Εικόνα 6-2 Απεικόνιση μηχανής συμπίεσης (Πηγή:ASTM D695-15)

Ένδειξη φορτίου - Ένας μηχανισμός ένδειξης φορτίου ικανός της εμφάνισης του συνολικού θλιπτικού φορτίου που το δοκίμιο. Ο μηχανισμός θα πρέπει να είναι ουσιαστικά απαλλαγμένος από υστέρηση αδράνειας και υποδεικνύει το φορτίο με ακρίβεια 61% της μέγιστης ένδειξης τιμή της δοκιμής (φορτίο). Η ακρίβεια του μηχανήματος δοκιμής επαληθεύεται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο σύμφωνα με συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Συμπιεσόμετρο - Ένα κατάλληλο όργανο για τον προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ δύο σταθερών σημείων του δοκιμίου ανά πάσα

στιγμή κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Είναι επιθυμητό αυτό το όργανο καταγράφει αυτόματα αυτήν την απόσταση (ή οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτήν) ως επίδραση του φορτίου στο δείγμα δοκιμής. Το όργανο πρέπει να είναι ουσιαστικά απαλλαγμένη από υστέρηση αδράνειας με συγκεκριμένο ρυθμό φόρτωσης και να συμμορφώνεται με τις εκάστοτε απαιτήσεις των προτύπων.



Εικόνα 6-3 Ιδιοσυσκευή συγκράτησης λεπτών δειγμάτων (Πηγή:ASTM D695-15)

Εργαλείο συμπίεσης - Ένα εργαλείο συμπίεσης για την εφαρμογή του φορτίου στο δοκίμιο. Το κατάλληλο εργαλείο συμπίεσης φαίνονται στην Εικόνα 6-2.

Ιδιοσυσκευή υποστήριξης - Μια κατασκευή για λεπτά δείγματα είναι φαίνεται στην Εικόνα 6-3.

Μικρόμετρα - Κατάλληλα μικρόμετρα, από 0,01mm ή 0,001in. για τη μέτρηση του πλάτους, του πάχους, της διαμέτρου, και του μήκους των δειγμάτων.[6]

6.5 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στις προδιαγραφές των υλικών, τα δείγματα που περιγράφονται στις εκάστοτε προδιαγραφές πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Αυτά τα δείγματα μπορούν να παρασκευαστούν με μηχανική κατεργασία από υλικά σε φύλλο, πλάκα, ράβδο, σωλήνα ή παρόμοιας μορφής, ή μπορεί να παρασκευαστούν με συμπίεση ή χύτευση του προς δοκιμή υλικού. Όλες οι εργασίες κατεργασίας πρέπει να γίνονται προσεκτικά έτσι ώστε να προκύπτουν λείες επιφάνειες. Εξαιρετική προσοχή πρέπει να δοθεί στη μηχανική κατεργασία των άκρων έτσι ώστε να είναι λεία, να έχουν επίπεδες παράλληλες επιφάνειες και αιχμηρές, καθαρές άκρες, έως 0,025 mm (0,001 in.) κάθετα προς τον μακρύ άξονα του δείγματος.

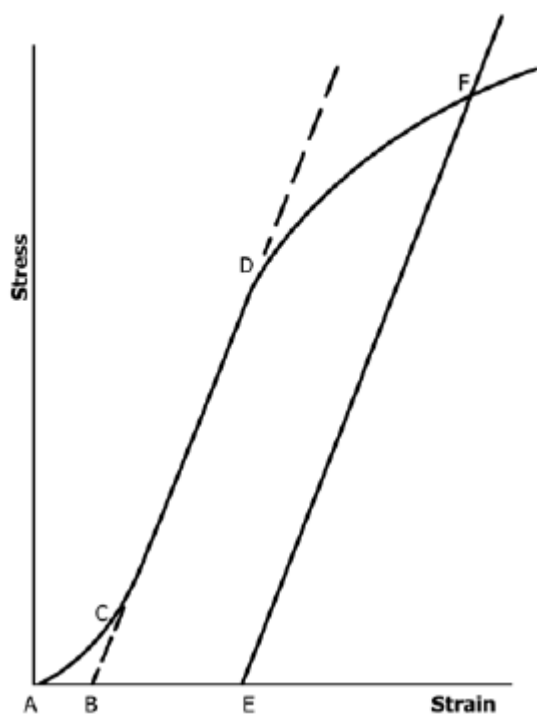
Τα δείγματα θα πρέπει να προετοιμάζονται σύμφωνα με το ASTM D618 εκτός εάν υπάρχει διαφορετική. Τουλάχιστον πέντε δείγματα πρέπει να δοκιμάζονται για κάθε περίπτωση των ισοτροπικών υλικών.[6]

6.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Μετράται το πλάτος και το πάχος του δείγματος στα πλησιέστερα 0,025 mm (0,001 in.) σε διάφορα σημεία κατά μήκος. Υπολογίζεται και καταγράφεται η ελάχιστη τιμή στη διατομή.

Τοποθετείται το δείγμα δοκιμής μεταξύ των επιφανειών του εργαλείου συμπίεσης, φροντίζοντας να ευθυγραμμιστεί η κεντρική γραμμή του διαμήκη άξονα με την κεντρική γραμμή του εμβόλου και για να διασφαλιστεί ότι τα άκρα του δείγματος είναι παράλληλα με την επιφάνεια του εργαλείου συμπίεσης. Ρυθμίζεται η εγκάρσια κεφαλή του μηχανήματος δοκιμής μέχρι να έρθει σε επαφή με την κορυφή του εμβόλου του εργαλείου συμπίεσης. Τοποθετούνται τα λεπτά δείγματα στην ιδιοσυσκευή, έτσι ώστε να είναι στο ίδιο επίπεδο με τη βάση και στο κέντρο. Τα παξιμάδια ή οι βίδες στην ιδιοσυσκευή θα πρέπει να είναι σφιχτές με το χέρι.[6]

6.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ



Εικόνα 6-4 Διάγραμμα τάσης- παραμόρφωσης (Πηγή:ASTM D695-15)

- **Αντοχή σε θλίψη** - Υπολογίστε την αντοχή σε θλίψη διαιρώντας το μέγιστο θλιπτικό φορτίο του δείγματος κατά τη διάρκεια της δοκιμής με την αρχική ελάχιστη διατομή του δείγματος. Εκφράστε το αποτέλεσμα σε megapascals.
- **Αντοχή σε θλίψη στο σημείο διαρροής** - Υπολογίζεται διαιρώντας το φορτίο που εφαρμόζεται στο δείγμα στο σημείο διαρροής με την αρχική ελάχιστη διατομή του δείγματος. Εκφράστε το αποτέλεσμα σε megapascals.
- **Μέτρο ελαστικότητας** - Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μια εφαπτόμενη γραμμή.
- Για κάθε σειρά δοκιμών η «μέση τιμή». Τέλος υπολογίζεται η τυπική απόκλιση.[6]

6.8 ΑΝΑΦΟΡΑ

Αναφέρονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Πλήρης περιγραφή του υλικού που δοκιμάστηκε, συμπεριλαμβανομένου του τύπου, της πηγής, του αριθμού κωδικού κατασκευαστή, φόρμας, τις κύριες διαστάσεις, ιστορικό κ.λπ.,
- Μέθοδος προετοιμασίας δειγμάτων δοκιμής,
- Τύπος δείγματος και διαστάσεις δοκιμής,
- Χρησιμοποιούμενη διαδικασία προετοιμασίας,
- Ατμοσφαιρικές συνθήκες στην αίθουσα δοκιμών,
- Αριθμός δειγμάτων που δοκιμάστηκαν,
- Ταχύτητα δοκιμών,
- Αντοχή σε θλίψη, μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Αντοχή σε θλίψη και μέση τιμή της αντοχής αντιστάθμισης στο σημείο διαρροής, τυπική απόκλιση, όταν είναι επιθυμητό,
- Μέτρο ελαστικότητας σε θλίψη, μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Ημερομηνία δοκιμής και
- Ημερομηνία της χρησιμοποιούμενης προδιαγραφής. [6]

7 ΚΑΜΨΗ (ASTM D790)

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής καλύπτει τον προσδιορισμό των καμπτικών ιδιοτήτων μη ενισχυμένων και ενισχυμένων πλαστικών, συμπεριλαμβανομένων σύνθετων πλαστικών, υψηλού συντελεστή και ηλεκτρικά μονωτικά υλικά σε μορφή ορθογώνιων ράβδων χτυπημένων ή κομμένων από φύλλα, πλακών ή μορφοποιημένα σχήματα. Αυτές οι μέθοδοι δοκιμής είναι γενικά εφαρμόζονται τόσο σε άκαμπτα όσο και σε εύκαμπτα υλικά. Ωστόσο, η αντοχή σε κάμψη δεν μπορεί να προσδιοριστεί



Εικόνα 7-1 Δοκιμή σε κάμψη (Πηγή: www.admet.com)

για εκείνα τα υλικά που δεν σπάνε. Αυτή η μέθοδος δοκιμής χρησιμοποιεί ένα σύστημα δοκιμής τριών σημείων που εφαρμόζεται σε μια δοκό που απλά στηρίζεται. Ένα σύστημα δοκιμής τεσσάρων σημείων χρησιμοποιείται στη μέθοδο δοκιμής ASTM D6272.

Διαδικασία Α: σχεδιασμένη κυρίως για υλικά που σπάστε σε σχετικά μικρές παρεκκλίσεις.

Διαδικασία Β: σχεδιασμένη ειδικά για αυτά τα υλικά που υφίστανται μεγάλες παρεκκλίσεις κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Η διαδικασία Α χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των καμπτικών ιδιοτήτων, ιδιαίτερα του συντελεστή κάμψη, εκτός εάν το υλικό ή η προδιαγραφή δηλώνει διαφορετικά. Η διαδικασία Β μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μόνο τη μέτρηση της αντοχής σε κάμψη. Οι συγκριτικές δοκιμές μπορούν να διεξαχθούν σύμφωνα με μια από τις δύο διαδικασίες, υπό την προϋπόθεση ότι η διαδικασία θεωρείται αποδεκτή για το υλικό που δοκιμάζεται. Το παρόν πρότυπο είναι παραπλήσιο του ISO 178. Οι τιμές που αναφέρονται είναι σε μονάδες SI και η προδιαγραφή που χρησιμοποιεί για την προετοιμασία των πλαστικών είναι η ASTM D618

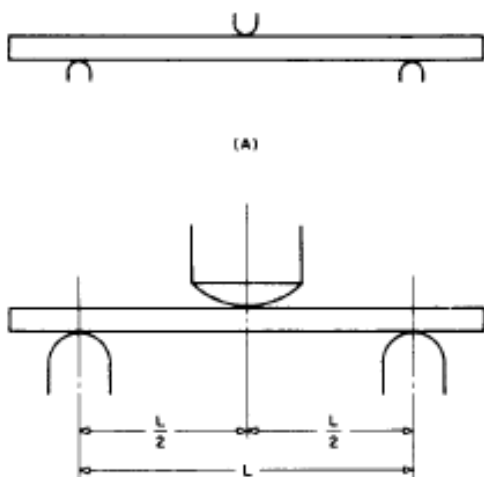
Εν ολίγοις, μια ράβδος ορθογώνιας διατομής στηρίζεται εκατέρωθεν σε δύο στηρίγματα και πιέζεται μέσω μιας «μύτης» πίεσεως, στα μέσα της απόστασης μεταξύ των στηριγμάτων (Εικόνα 7-2).[7]

7.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Οι ιδιότητες κάμψης που καθορίζονται από αυτές τις προδιαγραφές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για έλεγχο ποιότητας και ανάπτυξης προδιαγραφών. Οι καμπτικές ιδιότητες ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με το βάθος του δείγματος, τη θερμοκρασία, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και τη διαφορά στο ρυθμό τάνυσης όπως ορίζεται στις από τις διαδικασίες A και B. Πριν ξεκινήσει η διαδικασία, πρέπει να αναφερθούν οι προδιαγραφές του υλικού που δοκιμάζεται, οποιαδήποτε προετοιμασία εκτελέστηκε, διαστάσεις δείγματος δοκιμής, παραμέτρους δοκιμής ή συνδυασμός αυτών. Εάν δεν υπάρχουν προδιαγραφές υλικού, τότε ισχύουν οι προεπιλεγμένες συνθήκες.[7]

7.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Μηχανή δοκιμών - Ένα σωστά βαθμονομημένο μηχάνημα δοκιμών που μπορεί να λειτουργεί με σταθερούς ρυθμούς κίνησης εντός του υποδεικνυόμενου εύρους και στο οποίο το σφάλμα στο σύστημα μέτρησης του φορτίου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 61% του μέγιστου φορτίου που αναμένεται να μετρηθεί. Η ακαμψία της μηχανής πρέπει να είναι τέτοια, έτσι ώστε η συνολική ελαστική παραμόρφωση του συστήματος να μην υπερβαίνει το 1% της συνολικής εκτροπής του δείγματος δοκιμής κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Ο μηχανισμός ένδειξης φορτίου πρέπει να είναι ουσιαστικά απαλλαγμένος από αδράνεια σύμφωνα με τη χρησιμοποιούμενη ταχύτητα σταυρωτής κεφαλής.



Εικόνα 7-3 Διάταξη στήριξης και μύτης φόρτωσης (Πηγή:ASTM: D790-03)

Φόρτωση μύτης και στηρίγματα - Η μύτη φόρτωσης και τα στηρίγματα πρέπει να έχουν κυλινδρικές επιφάνειες. Προκειμένου να αποφευχθεί υπερβολική εισχώρηση της μύτης στο δείγμα ή αποτυχία λόγω συγκέντρωσης τάσης ακριβώς κάτω από τη μύτη, οι ακτίνες της μύτης και τα στηρίγματα πρέπει να είναι $5,0 \pm 0,1 \text{ mm}$ [$0,197 \pm 0,004 \text{ in.}$] εκτός εάν διαφορετικά ορίζεται ή συμφωνείται μεταξύ των πελατών. Όταν χρησιμοποιούνται άλλες μύτες και υποστηρίγματα πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες απαιτήσεις: πρέπει να έχουν ελάχιστη ακτίνα $3,2 \text{ mm}$ [$1/8 \text{ in.}$] για όλα τα δείγματα και για δείγματα $3,2 \text{ mm}$ ή

μεγαλύτερα σε πάχος, η ακτίνα του των υποστηριγμάτων μπορεί να είναι έως και 1,6 φορές το πάχος του δείγματος. Το τόξο της μύτης μετάδοσης του φορτίου στο

δείγμα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη για να αποτρέπεται η επαφή του δείγμα με τις πλευρές της μύτης (Εικόνα 7-4). Η μέγιστη ακτίνα της μύτης δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 4 φορές το πάχος δείγματος.

Μικρόμετρα - Κατάλληλα μικρόμετρα για τη μέτρηση του πλάτους και πάχους του δείγματος χρησιμοποιώντας διακριτική ικανότητα τουλάχιστον της τάξης των 0,025mm [0,001 in.]. Όλες οι μετρήσεις πλάτους και πάχους άκαμπτων και ημιγλυκτικών τα πλαστικά μπορούν να μετρηθούν με ένα μικρόμετρο χειρός με κασάνια.[7]

7.4 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Τα δείγματα μπορούν να κοπούν από φύλλα, πλάκες ή μορφοποιημένα σχήματα, ή μπορεί να μορφοποιηθούν στις τελικές επιθυμητές διαστάσεις. Υλικά σε μορφή φύλλων (εκτός από τα υλικά με θερμοσκληρυνόμενη στρώση και ορισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για ηλεκτρική μόνωση, είναι από τις βασικότερες κατηγορίες δοκιμής. Όποτε είναι δυνατόν, η αρχική επιφάνεια του φύλλου πρέπει να είναι ακατέργαστη. Ωστόσο, όπου οι περιορισμοί του μηχανήματος δοκιμής καθιστούν αδύνατο για να ακολουθηθεί το παραπάνω κριτήριο στο ακατέργαστο φύλλο, μόνο η μία ή και οι δύο επιφάνειες πρέπει να κατεργαστούν έτσι ώστε να επιτευχθούν οι επιθυμητές διαστάσεις. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται σε δείγματα με μηχανουργημένες επιφάνειες μπορεί να διαφέρουν από αυτές που λαμβάνονται σε δείγματα με φυσικές επιφάνειες. Κατά συνέπεια, οποιοσδήποτε προδιαγραφές για ιδιότητες κάμψης σε παχύτερα φύλλα πρέπει να δηλώνουν εάν το οι αρχικές επιφάνειες πρέπει να διατηρούνται ή όχι. Όταν μόνο μία επιφάνεια είναι κατεργασμένη, πρέπει να αναφερθεί εάν η κατεργασμένη επιφάνεια ήταν στη πλευρά του εφελκυσμού ή στη πλευρά της συμπίεσης της δοκού.

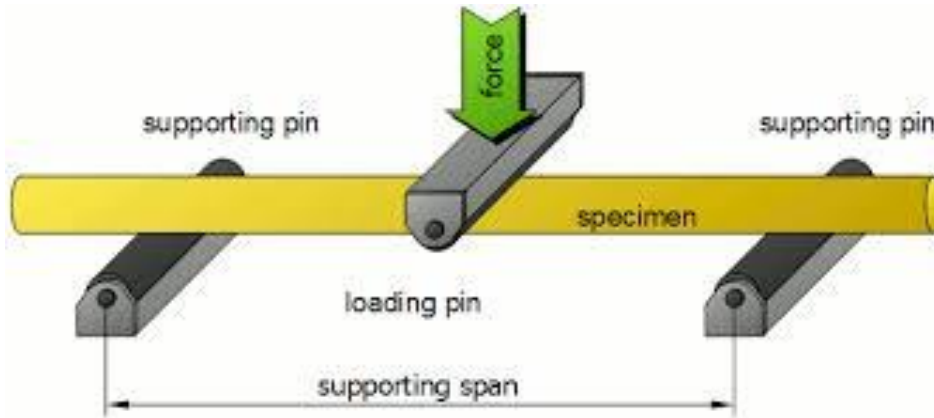
Τα δείγματα θα πρέπει να προετοιμάζονται σύμφωνα με το ASTM D618 εκτός εάν υπάρχει διαφορετική. Τουλάχιστον πέντε δείγματα πρέπει να δοκιμάζονται για κάθε περίπτωση των ισοτροπικών υλικών.[7]

7.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

7.5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Α

- Χρησιμοποιείται ένα μη δοκιμασμένο δείγμα για κάθε μέτρηση. Μετριέται το πλάτος και το πάχος του δείγματος στο πλησιέστερο 0,03 mm [0,001 in.] Στο κέντρο της απόστασης μεταξύ των βάσεων στήριξης. Για δείγματα σε πάχος μικρότερο από 2,54 mm [0,100 in.], μετριέται το βάθος στο πλησιέστερο 0,003 mm [0,0005 in.]. Αυτές οι μετρήσεις πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις μεθόδους δοκιμής ASTM D 5947.

- Προσδιορίζεται το διάστημα μεταξύ των βάσεων στήριξης που θα χρησιμοποιηθούν και ορίζεται στο 1% της καθορισμένης τιμής.
- Για κάμψη που προσαρμόζονται συνεχώς ανοίγματα, μετريεται το διάστημα με ακρίβεια στα πλησιέστερα 0,1 mm [0,004 in.] για διαστάσεις μικρότερες από 63 mm [2,5 in.], στο πλησιέστερο 0,3 mm [0,012 in.] για διαστάσεις μεγαλύτερες ή ίσες με 63 mm [2,5 ίντσες].
- Υπολογίζεται ο ρυθμός κίνησης των κεφαλών και ρυθμίζεται το μηχάνημα αναλόγως με το αποτέλεσμα.



Εικόνα 7-5 Δείγμα δοκιμής τοποθετημένο στη μηχανή δοκιμής (Πηγή: www.tec-science.com)

- Ευθυγραμμίζεται η μύτη και τα στηρίγματα έτσι ώστε οι άξονες των κυλινδρικών επιφανειών είναι παράλληλες και η μύτη φόρτωσης να βρίσκεται ακριβώς ανάμεσα στα στηρίγματα. Ο παραλληλισμός της συσκευής μπορεί να ελεγχθεί με πλάκα με παράλληλες αυλακώσεις που η μύτη και τα στηρίγματα φόρτωσης θα ταιριάζουν όταν είναι σωστά ευθυγραμμισμένο. Τοποθετείται και κεντράρεται το δείγμα στα στηρίγματα, με τον μακρύ άξονα του δείγματος κάθετα στη μύτη φόρτωσης και τα στηρίγματα.
- Ξεκινά η επιβολή του φορτίου στο δείγμα, σύμφωνα με τον καθορισμένο ρυθμό που ρυθμίστηκε η κεφαλή και ταυτόχρονα γίνεται λήψη δεδομένων εκτροπής φορτίου. Μετριέται η εκτροπή είτε από ένα μετρητή κάτω από το δείγμα που βρίσκεται σε επαφή μαζί του στο κέντρο της απόστασης στήριξης, με τον μετρητή σταθερά τοποθετημένο σε σχέση με τα στηρίγματα δειγμάτων.
- Η δοκιμή τερματίζεται όταν η μέγιστη καταπόνηση στην εξωτερική επιφάνεια του δείγματος δοκιμής φτάσει τα 0,05mm / mm [in./in.].

7.5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Β

- Χρησιμοποιείται ένα μη δοκιμασμένο δείγμα για κάθε μέτρηση.
- Εάν το δείγμα δεν σπάσει τη στιγμή όπου η μέγιστη καταπόνηση στην εξωτερική επιφάνεια του δείγματος δοκιμής έχει φτάσει τα 0,05 [mm/mm], η δοκιμή διακόπτεται.
- Πέρα από 5% τάση, αυτή η μέθοδος δοκιμής δεν ισχύει. Μερικές άλλες μηχανικές ιδιότητες μπορεί να είναι πιο σχετικές με το χαρακτηρισμό των υλικών εφόσον δεν υπήρξε ούτε διαρροή ούτε θραύση από τη διαδικασία Α ή τη διαδικασία Β εντός του ορίου πίεσης 5% (για παράδειγμα, η μέθοδος δοκιμής D 638 μπορεί να θεωρηθεί πιο κατάλληλη). [7]

7.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Καμπτική τάση (σ_f) - Όταν ένα ομοιογενές ελαστικό υλικό δοκιμάζεται σε κάμψη ως μια απλή δοκός που υποστηρίζεται στα δύο σημεία και δέχεται φορτίο στο μέσο της, το μέγιστο φορτίο στην εξωτερική επιφάνεια του δείγματος εμφανίζεται σε αυτό το σημείο. Αυτή η τάση μπορεί να υπολογιστεί για οποιοδήποτε σημείο της καμπύλης παραμόρφωσης μέσω της ακόλουθης εξίσωσης:

$$\sigma_f = 3PL / 2bd^2$$

όπου:

σ = τάση στις εξωτερικές ίνες στο μεσαίο σημείο, MPa [psi],

P = φορτίο σε ένα δεδομένο σημείο στην καμπύλη παραμόρφωσης φορτίου, N [lbf],

L = εύρος στήριξης, mm [in.],

b = πλάτος δοκού που δοκιμάστηκε, mm [in.], και

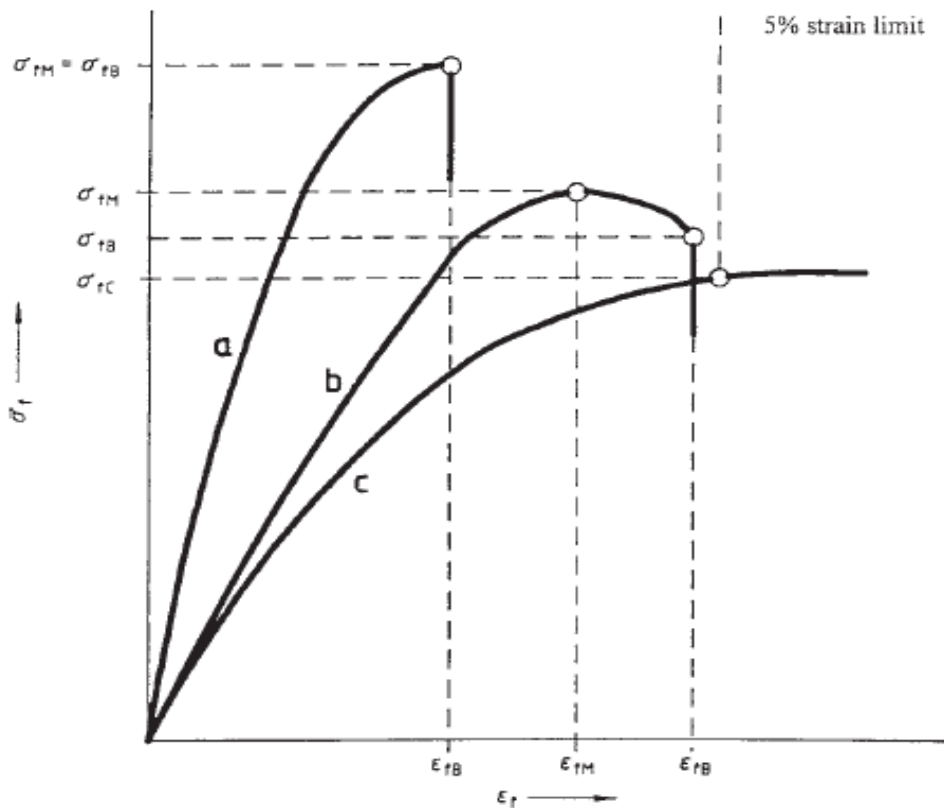
d = πάχος δοκιμασμένης δοκού, mm [in.]

Καμπτική τάση για δοκούς που έχουν δοκιμαστεί σε μεγάλης απόστασης υποστήριξη. Το δείγμα για μια απλή δέσμη μπορεί λογικά να προσεγγιστεί με την ακόλουθη εξίσωση (βλ. Σημείωση 14):

$$\sigma_f = (3PL / 2bd^2)[1 + 6(D/L)^2 - 4(d/L)(D/L)] \text{ όπου:}$$

Τα σ_f , P, L, b και d είναι τα ίδια με τα Eq 3 και D = παραμόρφωση της κεντρικής γραμμής του δείγματος στη μέση του εύρους στήριξης, σε mm [in.].

Μέγιστη ορθή τάση (σ_{fM}) – Μέγιστη καμπτική τάση που δέχεται το δείγμα δοκιμής κατά τη διάρκεια της δοκιμής σε κάμψη. Υπολογίζεται σύμφωνα με την Εξ. 3 ή την Εξ. 4. Ορισμένα υλικά που δεν σπάνε σε πιέσεις έως 5% μπορεί να δώσουν στην καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης ένα σημείο στο οποίο το φορτίο δεν αυξάνεται με την αύξηση της τάσης, δηλαδή, ένα σημείο διαρροής (Εικόνα 7-6)



Εικόνα 7-6 Διάγραμμα καμπτικής τάσης-παραμόρφωσης

Αντοχή σε παραμόρφωση - Η τάση παραμόρφωσης είναι η τάση στην οποία η καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης αποκλίνει από μια δεδομένη παραμόρφωση (μετατόπιση) από την εφαπτομένη στο αρχικό τμήμα ευθείας γραμμής της καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης. Πρέπει να δίνεται η τιμή της παραμόρφωσης όποτε υπολογίζεται αυτή η ιδιότητα.

Καμπτική τάση στο σημείο θραύσης ($\sigma_{\tau B}$) – τάση λόγω καμπτικών δυνάμεων στο σημείο θραύσης του δείγματος δοκιμής κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής κάμψης.

Μέτρο ελαστικότητας - Υπολογίζεται σχεδιάζοντας μια εφαπτομένη στο πιο απότομο αρχικό τμήμα ευθείας γραμμής της καμπύλης της τάσης και χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση:

$$E_B = L^3 m / 4bd^3 \text{ όπου:}$$

E_B = μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη, MPa [psi],

L = εύρος (απόσταση) στήριξης, mm [in.],

b = πλάτος δοκού που δοκιμάστηκε, mm [in.],

d = πάχος δοκιμασμένης δέσμης, mm [in.] και

m = κλίση της εφαπτομένης στο αρχικό τμήμα ευθείας γραμμής της καμπύλης εκτροπής φορτίου, N / mm [lbf / in.].

Συντελεστής ελαστικής γραμμής (E_f) - Ο συντελεστής χορδών μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$E_f = (\sigma_{f2} - \sigma_{f1}) / (\epsilon_{f2} - \epsilon_{f1})$$

[7]

7.7 ΑΝΑΦΟΡΑ

Αναφέρονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Πλήρης αναγνώριση του υλικού που δοκιμάστηκε, συμπεριλαμβανομένου του τύπου, πηγής, αριθμού κωδικού κατασκευαστή, φόρμας, κύριες διαστάσεις και προηγούμενο ιστορικό,
- Κατεύθυνση κοπής και φόρτωσης δειγμάτων, όταν υπάρχουν,
- Διαδικασία προετοιμασίας,
- Βάθος και πάχος δείγματος,
- Χρησιμοποιούμενη διαδικασία (A ή B),
- Μήκος στήριξης,
- Ακτίνα στηριγμάτων και μύτης μετάδοσης φορτίου εάν είναι διαφορετική από 5 mm,
- Ρυθμός κίνησης εγκάρσιας κεφαλής,
- Κάμψη σε οποιαδήποτε τάση, μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Εάν ένα δείγμα απορριφθεί, λόγοι για απόρριψη,
- Συντελεστής εφαπτόμενης, σταθερής ή χορδής σε κάμψη, μέση τιμή, τυπική απόκλιση,
- Αντοχή σε κάμψη (εάν είναι επιθυμητό), μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Τάση σε οποιαδήποτε δεδομένη πίεση έως και 5%, με την πίεση που χρησιμοποιήθηκε, μέση τιμή και τυπική απόκλιση,
- Καμπτικές τάσεις στο σημείο θραύσης, μέση τιμή, και τυπική απόκλιση,
- Γενική συμπεριφορά, εάν υπήρχε διαρροή ή θραύση, ή και τα δύο, ή άλλες παρατηρήσεις, που συμβαίνουν εντός του ορίου των 5% και
- Ημερομηνία έκδοσης της προδιαγραφής που χρησιμοποιήθηκε [7]

8 ΣΤΡΕΨΗ (ASTM D1043)

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής καλύπτει τον προσδιορισμό της δυσκαμψίας των πλαστικών σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών με άμεση μέτρηση του συντελεστή ακαμψίας. Αυτό το πρότυπο δεν αποσκοπεί στην αντιμετώπιση όλων των ζητήματων ασφάλειας, εάν υπάρχουν, που σχετίζονται με τη χρήση του. Είναι ευθύνη του χρήστη αυτού του προτύπου να καθορίσει τις κατάλληλες πρακτικές ασφάλειας και υγείας και να καθορίζουν την εφαρμογή κανονιστικών περιορισμών πριν από τη χρήση. Αυτή η μέθοδος δοκιμής δεν είναι ισοδύναμη με ISO 458/1: 1985 ή ISO 458/2: 1985 και τα αποτελέσματα δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα μεταξύ των δύο μεθόδους. Οι τιμές που αναφέρονται είναι σε μονάδες SI και η προδιαγραφή που χρησιμοποιεί για την προετοιμασία των πλαστικών είναι η ASTM D618.[8]



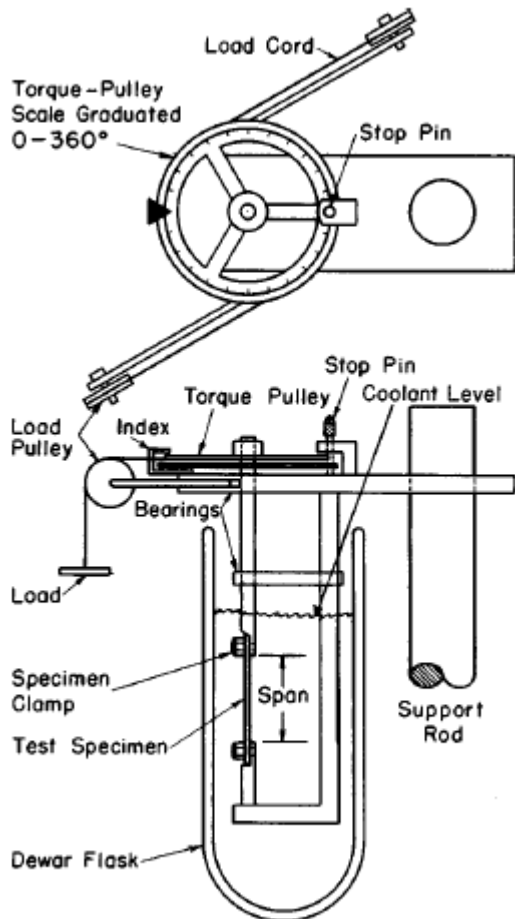
Εικόνα 8-1 Δοκιμή σε στέψη κυκλικών δοκιμίων (Πηγή:www.admet.com)

8.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η ιδιότητα που μετριέται από αυτό το τεστ είναι ο συντελεστής ακαμψίας, G . Ο μετρημένος συντελεστής ακαμψίας ονομάζεται «εμφανής» δεδομένου ότι είναι η τιμή που λαμβάνεται με μέτρηση της γωνιακής παραμόρφωση που συμβαίνει όταν το δείγμα υποβάλλεται σε εφαρμοσμένη ροπή. Δεδομένου ότι το δείγμα μπορεί να εκτρέπεται πέρα από το ελαστικό όριο, η υπολογισμένη τιμή ενδέχεται να μην αντιπροσωπεύει το αληθινό μέτρο ακαμψίας, εντός του ελαστικού ορίου του υλικού. Επιπλέον, η τιμή που λαμβάνεται με αυτήν τη μέθοδο, επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά ερπυσμού του υλικού, δεδομένου ότι το ο χρόνος εφαρμογής φορτίου καθορίζεται αυθαίρετα. Για πολλά υλικά, μπορεί να υπάρχει μια προδιαγραφή που απαιτεί τη διεξαγωγή αυτής της μεθόδου, αλλά με ορισμένες διαδικαστικές τροποποιήσεις που απαιτούνται, προσέχοντας στην τήρηση των προτεραιοτήτων κατά την χρήση των προδιαγραφών. Τέλος αυτή η μέθοδος δοκιμής

είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό των σχετικών αλλαγές ακαμψίας σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. [8]

8.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ



Εικόνα 8-2 Διάταξη δοκιμής (Πηγή: ASTM: D 1043-02)

ψύξη μπορεί να γίνει μέσω ενός ψυκτικό ψυγείο ενσωματωμένο στο όργανο και βυθισμένο στη φιάλη Dewar υγρού μεταφοράς θερμότητας.

Μικρόμετρο — Μικρόμετρο ακριβείας έως $\pm 0,0025$ mm (± 0.0001 in.) για τη μέτρηση πάχους και πλάτους του δείγματος. [8]

Μηχανή δοκιμής - Μια μηχανή ικανή να ασκεί ροπή επαρκή για στρέψη ενός δείγματος δοκιμής στην περιοχή από 5 έως 100° , ανάλογα με την ακαμψία του δείγματος και την απόσταση. Ένα σχηματικό διάγραμμα μιας κατάλληλης μηχανής φαίνεται στην Εικόνα 8-2.

Φιάλη Dewar κατάλληλων διαστάσεων.

Θερμόμετρο - Ένα θερμόμετρο βαθμονομημένο σε διαιρέσεις του 1°C και έχοντας το απαραίτητο εύρος. Θα πρέπει να βρίσκεται πολύ κοντά στο δείγμα δοκιμής.

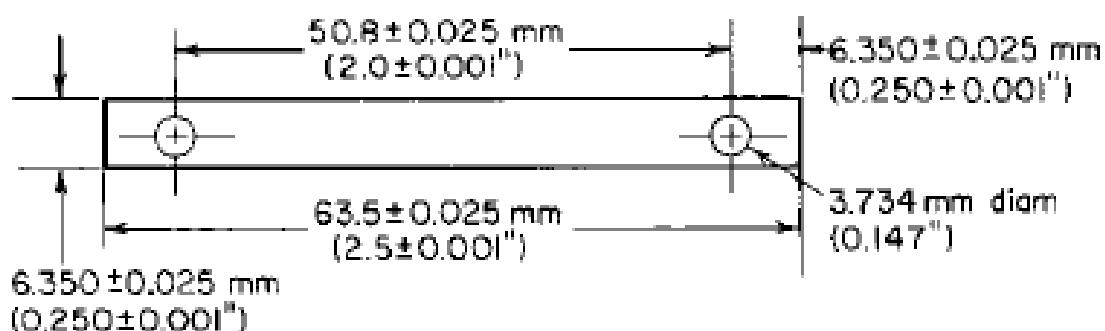
Χρονοδιακόπτης, για τον έλεγχο του χρόνου εφαρμογής φορτίου.

Μέσο μεταφοράς θερμότητας - Για εργαστηριακούς σκοπούς, μια υγρή ουσία που είναι στην επιθυμητή θερμοκρασία εντός εύρους, χρησιμοποιείται σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας, υπό την προϋπόθεση ότι έχει αποδειχθεί ότι το υγρό δεν μαλακώνει ή δεν επηρεάζει κάπως το δείγμα δοκιμής.

Ψύξη - Πρέπει να παρέχεται μέσο για ψύξη του μέσου μεταφοράς θερμότητας. Αυτή η

8.4 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Τα δείγματα δοκιμής πρέπει να είναι ορθογώνια όπως φαίνεται στην Εικόνα 8-3. Μπορούν να κοπούν από χυτευμένα φύλλα, εξωθημένα φύλλα, ή από μέρη ισοπαχή με επίπεδες παράλληλες επιφάνειες. Πρέπει να μεριμνηθεί ώστε να διασφαλιστεί ότι τα δείγματα είναι ισοτροπικά. Το πάχος του δείγματος ενδέχεται να ποικίλλει μεταξύ περίπου 1 και 3 mm (0,040 και 0,125 ίντσες). Αυτό το εύρος επιτρέπει συνήθως τη δοκιμή υλικών σε διαφορετικών ειδών δυσκαμψίες. Δοκιμάζονται διπλά δείγματα κάθε υλικού. Συχνά απαιτούνται περισσότερες αντιγραφές, ειδικά για μη ομοιογενή υλικά. Εάν τα αποτελέσματα από τη δοκιμή των δύο πρώτων τα δειγμάτων διαφέρουν σημαντικά, δοκιμάστε ένα τρίτο δείγμα. Τα δείγματα θα πρέπει να προετοιμάζονται σύμφωνα με το ASTM D618 εκτός εάν υπάρχει διαφορετική.[8]



Εικόνα 8-4 Δοκίμιο στρέψης (Πηγή:ASTM: D 1043-02)

8.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Αρχικά μετريέται το πλάτος και το πάχος του δείγματος έως τρία σημαντικά ψηφία.

Το δείγμα τοποθετείται προσεκτικά στη συσκευή. Προσαρμόζονται οι σφιγκτήρες έτσι ώστε το δείγμα να μην είναι υπό συμπίεση ή πίεση και να βρίσκεται σε πλήρη επαφή με τις εσωτερικές επιφάνειες του σφιγκτήρα. Τοποθετείται το θερμόμετρο στη θέση του με το λαμπτήρα ή το αισθητήριο κοντά στο δείγμα.

Γεμίζεται η φιάλη Dewar με το μέσο μεταφοράς θερμότητας, το μέσο μεταφοράς θερμότητας μπορεί να προψυχθεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη από τη χαμηλότερη επιθυμητή θερμοκρασία δοκιμής. Η φιάλη τοποθετείται στη θέση του οργάνου και ξεκινάει η ανάδευση. Με τη κατά διαστήματα χρήση του θερμαντήρα βύθισης, το λουτρό έρχεται στην επιθυμητή θερμοκρασία δοκιμής. Αυτή η θέρμανση μπορεί να ελέγχεται από αυτόματο ελεγκτή θερμοκρασίας, εάν το όργανο είναι τόσο εξοπλισμένο.

Το δείγμα παραμένει στη θερμοκρασία δοκιμής για τουλάχιστον 3 λεπτά. Έπειτα απελευθερώνεται η τροχαλία ροπής. Μετά από 5 δευτερόλεπτα σημειώστε τη

γωνιακή εκτροπή της τροχαλίας και επιστροφή της τροχαλίας ροπής στην αρχική της θέση. Εάν η ανάγνωση που προκύπτει δεν εμπίπτει στη διακύμανση από 5 έως 100°, μεταβάλλεται η εφαρμοσμένη ροπή με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί μια τέτοια ανάγνωση που να κυμαίνεται στη παραπάνω περιοχή. Εάν είναι απαραίτητο να διαφέρουν στην εφαρμοσμένη ροπή, περιμένετε άλλα 3 λεπτά. και επαναλάβετε τη διαδικασία στην ίδια θερμοκρασία. Αφού ληφθεί κάθε επιθυμητή ένδειξη, επαναλαμβάνονται τα βήματα για την επόμενη θερμοκρασία. Η ροπή μπορεί να ρυθμιστεί πριν από κάθε ένδειξη, εάν είναι επιθυμητό.[8]

8.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Υπολογίζεται ο συντελεστής ακαμψίας, G, για κάθε μια θερμοκρασία ως εξής:

$$G = 917TL/ab^3uf \text{ όπου:}$$

G = μέτρο ακαμψίας, Pa (ή psi),

T = εφαρμοσμένη ροπή, N · m (ή σε · lbf),

L = μήκος δείγματος (εύρος), mm (ή in.),

a = πλάτος δείγματος (μεγαλύτερη διατομής), mm (ή σε.),

b = πάχος δείγματος (μικρότερη διατομής), mm (ή σε.),

f = γωνία εκτροπής της τροχαλίας ροπής, μοίρες και

u = τιμή ανάλογα με την αναλογία a προς b.

Τέλος σχεδιάζεται το διαγραμμάτων τιμών ακαμψίας σε λογαριθμική κλίμακα σε σχέση με τη θερμοκρασία.[8]

8.7 ΑΝΑΦΟΡΑ

Αναφέρονται ακόλουθες πληροφορίες:

- Πλήρης αναγνώριση του υλικού, συμπεριλαμβανομένου όνομα, απόθεμα ή κωδικός αριθμός, ημερομηνία, φόρμα κ.λπ.,
- Διαστάσεις του δείγματος δοκιμής,
- Λεπτομέρειες προετοιμασίας του δείγματος πριν από τη δοκιμή,
- Προσδιορισμός του χρησιμοποιούμενου μέσου μεταφοράς θερμότητας,
- Πίνακας δεδομένων και αποτελεσμάτων,

- Σχεδιάγραμμα λογάριθμου φαινομένου συντελεστή ακαμψίας έναντι της θερμοκρασίας,
- Η θερμοκρασία στο καθορισμένο φαινόμενο συντελεστή του τιμές ακαμψίας, εάν είναι επιθυμητό (βλέπε 9.3), και
- Ημερομηνία δοκιμής. [8]

9 ΔΙΑΤΜΗΣΗ (ASTM D5379)

9.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής καθορίζει τις ιδιότητες διάτμησης των σύνθετων υλικών ενισχυμένες με ίνες υψηλού συντελεστή. Τα σύνθετα υλικά περιορίζονται σε αυτά με συνεχείς ίνες ή αυτά με ασυνεχή ινώδη δομή. Οι τιμές που αναφέρονται είναι σε μονάδες SI και η προδιαγραφή που χρησιμοποιεί για την προετοιμασία των πλαστικών είναι η ASTM D618.[9]



Εικόνα 9-1 Διάτμηση πλαστικών (Πηγή:www.instron.us)

9.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής έχει σχεδιαστεί για την εξακρίβωση των ιδιοτήτων διάτμησης, δεδομένα τα οποία προορίζονται για προδιαγραφές υλικών, έρευνα και ανάπτυξη, διασφάλιση ποιότητας ή δομικό σχεδιασμό και ανάλυση. Μπορούν να αξιολογηθούν ιδιότητες διάτμησης ανάλογα με τον προσανατολισμό του υλικού σε σχέση με τον άξονα φόρτωσης. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διάτμηση και ως εκ τούτου πρέπει να αναφέρονται είναι οι ακόλουθοι: υλικό, μέθοδος προετοιμασίας και τοποθέτησης υλικών, ακολουθία στοίβαξης δειγμάτων, προετοιμασία δείγματος, περιβάλλον δοκιμών, ευθυγράμμιση δείγματος και τοποθέτηση στις αρπάγες, ταχύτητα δοκιμής, χρόνος σε θερμοκρασία, και ποσοστό ενίσχυσης όγκου δείγματος.[9]

9.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Μικρόμετρα - Ένα μικρόμετρο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του πλάτους του δείγματος. Η ακρίβεια των οργάνων πρέπει να είναι κατάλληλη για ανάγνωση εντός 1% του πλάτους και του πάχους του δείγματος.

Συσκευή μέτρησης γωνίας - Για τη μέτρηση της γωνίας εγκοπής του δείγματος, με ακρίβεια έως $\pm 0,5^\circ$.

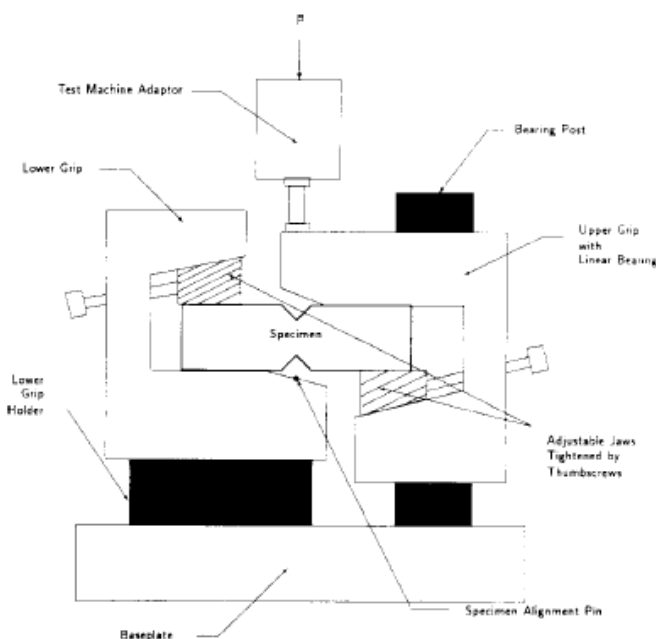
Συσκευή μέτρησης ακτίνας - Για τη μέτρηση της ακτίνας εγκοπής του δείγματος, με ακρίβεια $\pm 2.5\mu\text{m}$ [$\pm 0,001$ in.].

Μηχανή δοκιμής - Η μηχανή δοκιμής πρέπει να βρίσκεται σε συμμόρφωση και να πληροί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

Κεφαλή δοκιμής μηχανής - Η μηχανή δοκιμής πρέπει έχει μια σταθερή κεφαλή και μια κινητή κεφαλή.

Μηχανισμός κίνησης - Ο μηχανισμός κίνησης του μηχανήματος δοκιμής πρέπει να μπορεί να μεταδίδει στην κινητή κεφαλή ελεγχόμενη ταχύτητα σε σχέση με τη σταθερή κεφαλή. Η ταχύτητα της κινητής κεφαλής πρέπει να είναι ικανή ρυθμίζεται.

Ένδειξη φορτίου - Το φορτίο δοκιμής. Η συσκευή πρέπει να μπορεί να υποδεικνύει το συνολικό φορτίο που φέρει το δείγμα δοκιμής



Εικόνα 9-3 Σχηματική διάταξη δοκιμίου τύπου V (Πηγή:ASTM: D5379)

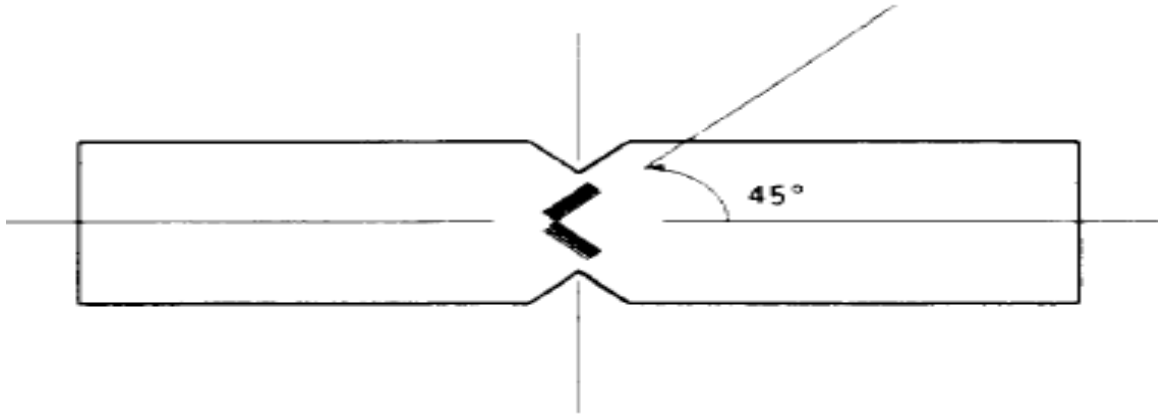
Πλάκες / Αντάπτορες - Και οι δυο κεφαλές (κινητή και σταθερή) θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα να προσαρμόζονται στο δοκίμιο που φέρει την εγκοπή

Προσαρμογέας - Το εξάρτημα συγκράτησης που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι τεσσάρων σημείων ασύμμετρο εξάρτημα κάμψης που φαίνεται σχηματικά στην Εικόνα 9-2.

Συσκευή ένδειξης πίεσης - Μετρητές αντίστασης που είναι στερεωμένοι, πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της καταπόνησης.

Τουλάχιστον δύο μετρητές απαιτούνται, με επίκεντρο τον άξονα φόρτωσης του δείγματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9-4, και τοποθετημένο στους $+45^\circ$ και -45°

σε σχέση με τον άξονα φόρτωσης. Εάν η συστροφή δείγματος είναι ανησυχία, τότε και οι δύο μετρητές σε κάθε πλευρά του δείγματος πρέπει να μετρηθούν ταυτόχρονα για να επιτραπεί μια διόρθωση ως αποτέλεσμα οποιασδήποτε συστροφής του δείγματος.[9]



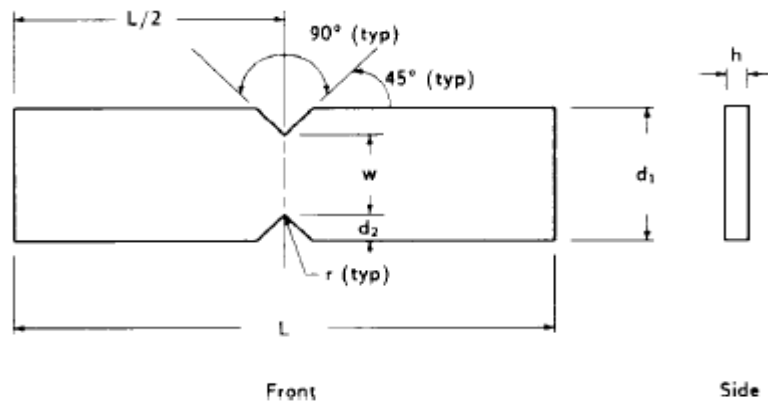
Εικόνα 9-4 Επιβολή φορτίου πάνω στο δοκίμιο (Πηγή:ASTM D 5379)

9.4 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Δοκιμάζονται τουλάχιστον πέντε δείγματα ανά συνθήκες δοκιμής εκτός εάν μπορούν να αποκτηθούν έγκυρα αποτελέσματα μέσω της χρήσης λιγότερων δειγμάτων. Επιτρέπεται ένα ευρύ φάσμα στην απαίτηση για πάχος δείγματος και πάχος γλωττίδας για να επιτρέπεται στο χρήστη κάποια ευελιξία σε ασυνήθιστες περιπτώσεις. Ωστόσο, εάν όσο είναι δυνατόν, το πάχος του δείγματος πρέπει να διατηρείται στο εύρος από 3 έως 4mm.

Η προετοιμασία των δειγμάτων είναι εξαιρετικά σημαντική για τη συγκεκριμένη μορφή δείγματος. Τα δείγματα μπορεί να είναι χυτά για να αποφευχθούν τα άκρα

και τα φαινόμενα κοπής ή αυτά μπορεί να κοπούν από πλάκες. Εάν έχουν κοπεί από πλάκες, λαμβάνονται προφυλάξεις για την αποφυγή εγκοπών, περικοπών, τραχιών



Nominal Specimen Dimensions

| | |
|-------|----------------------|
| d_1 | = 20.0 mm [0.75 in.] |
| d_2 | = 4.0 mm [0.15 in.] |
| h | = as required |
| L | = 76.0 mm [3.0 in.] |
| r | = 1.3 mm [0.05 in.] |
| w | = 12.0 mm [0.45 in.] |

Εικόνα 9-5 Δοκίμιο με εγκοπή τύπου-V
(Πηγή:ASTM D 5379)

ή ανώμαλων επιφανειών, ως αποτέλεσμα ακατάλληλης κατεργασίας μεθόδους. Οι τελικές διαστάσεις επιτυγχάνονται με πρίονισμα ακριβείας χρησιμοποιώντας νερό ως λιπαντικό, με λείανση ή φρεζάρισμα. Η χρήση εργαλείου με διαμάντια, έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικό για πολλά υλικά. Οι άκρες πρέπει να είναι επίπεδες

και παράλληλες εντός των καθορισμένων υλικών.

Εξίσου σημαντική είναι η προετοιμασία της εγκοπής. Θέλει προσοχή να αποφευχθεί η αποκόλληση των δειγμάτων κατά την κατεργασία της εγκοπής. Στοίβαξη και σύσφιξη των δειγμάτων σε μέγγενη, με ένα ελαττωματικό δείγμα στο πίσω μέρος έχει βρεθεί ότι είναι μια αποτελεσματική μέθοδος πρόληψης αποκόλλησης κατά την κατεργασία. Μέθοδοι κατεργασίας που έχουν λειτούργησε καλά για την προετοιμασία εγκοπής περιλαμβάνουν λείανση ακριβείας και φρεζάρισμα ακριβείας. Τέλος μαρκάρονται τα δοκίμια έτσι ώστε να διακρίνονται μεταξύ τους και ανιχνεύονται πίσω στην πρώτη ύλη και με τρόπο τέτοιο έτσι ώστε να μην επηρεάζονται από τη διαδικασία και να μην επηρεάζουν τη διαδικασία.[9]

9.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Ένα υλικό με τη μορφή ορθογώνιας επίπεδης λωρίδας με συμμετρικά κεντρικά τοποθετημένες εγκοπές τύπου V, όπως φαίνονται στο Σχ. 2, τοποθετείται σε μηχανή δοκιμής με ένα ειδικό εξάρτημα συγκράτησης (φαίνεται σχηματικά στο Σχ. 3) Το δείγμα εισάγεται στο εξάρτημα με την εγκοπή να βρίσκεται κατά μήκος της γραμμής δράσης της φόρτωσης. Τα δύο μισά του εξαρτήματος συμπιέζονται από μια μηχανή δοκιμής και κατά την όλη διαδικασία παρακολουθείται το φορτίο. Η σχετική μετατόπιση μεταξύ των δύο μισών εξαρτημάτων σε αντίθετες κατευθύνσεις, ασκεί τάσεις στις εγκοπές του δείγματος. Τοποθετώντας δύο στοιχεία ανίχνευσης παραμόρφωσης, προσανατολισμένα στις $\pm 45^\circ$ σε σχέση με τον άξονα φόρτωσης

και στη μέση να βρίσκεται το δείγμα (μακριά από τις εγκοπές), μπορεί να μετρηθεί η απόκριση διάτμησης του υλικού. Η συγκεκριμένη άσκηση φορτίου θα μπορούσε να εξιδανικευτεί ως ασύμμετρη κάμψη. Οι εγκοπές επηρεάζουν την καταταμητική τάση κατά τη φόρτωση κατεύθυνση, κάνοντας την κατανομή πιο ομοιόμορφη από ό,τι θα ήταν χωρίς τις εγκοπές.[9]

9.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

- Διατμητική τάση / απόλυτη αντοχή : $F^u = P^u/A$
 $\tau_i = P_i/A$
- Διατμητική παραμόρφωση / απόλυτη ανηγμένη παραμόρφωση
- Συντελεστής διάτμησης ελαστικότητας
- Συντελεστής ελαστικής γραμμής σε διάτμηση
- Αντοχή σε διάτμηση
- Στατιστικά στοιχεία - Για κάθε σειρά δοκιμών υπολογίζεται ο μέσος όρος τιμής, τυπική απόκλιση και συντελεστής διακύμανσης (σε επι τοις εκατό ποσοστό) για κάθε συντελεστή.[9]

9.7 ΑΝΑΦΟΡΑ

Αναφέρονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Η ημερομηνία έκδοσης της μεθόδου δοκιμής.
- Η ημερομηνία και η τοποθεσία δοκιμής.
- Το όνομα ή τα ονόματα των υπευθύνων διεξαγωγής της δοκιμής.
- Τυχόν παραλλαγές της μεθόδου δοκιμής, ανωμαλίες που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια δοκιμών ή προβλήματα εξοπλισμού που προκύπτουν.
- Ταυτοποίηση του υλικού που δοκιμάστηκε συμπεριλαμβανομένων: προδιαγραφή υλικού, τύπος υλικού, ονομασία υλικού, κατασκευαστής, αριθμός παρτίδας ή παρτίδας κατασκευαστή, πηγή (εάν δεν προέρχεται από τον κατασκευαστή), ημερομηνία πιστοποίησης, λήξη της πιστοποίησης, διάμετρος νημάτων, μέτρηση και συστροφή νημάτων ρυμούλκησης, μέγεθος, μορφή ή ύφανση, βάρος ίνας, τύπος μήτρας.
- Περιγραφή των βημάτων κατασκευής που χρησιμοποιήθηκαν για την προετοιμασία του ελάσματος που περιλαμβάνει: ημερομηνία έναρξης κατασκευής, ημερομηνία τέλους κατασκευής, προδιαγραφή διαδικασίας, κύκλος θεραπείας, μέθοδος ενοποίησης, και περιγραφή του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού.
- Προσανατολισμός στρώσης του φύλλου.

- Εάν ζητηθεί, αναφέρετε την πυκνότητα, το ποσοστό ενίσχυσης, και άκυρες μέθοδοι δοκιμής περιεχομένου, μέθοδος δειγματοληψίας δειγμάτων και γεωμετρίες, παράμετροι δοκιμών και αποτελέσματα δοκιμών.
- Μέσο πάχος στρώσης του υλικού.
- Αποτελέσματα δοκιμών μη καταστροφικής αξιολόγησης.
- Μέθοδος προετοιμασίας του δείγματος δοκιμής, συμπεριλαμβανομένου του σχήματος και μεθόδου μαρκαρίσματος δειγμάτων, γεωμετρία δείγματος, μέθοδος δειγματοληψίας και μέθοδος κοπής που χρησιμοποιήθηκε,
- Τύπος μηχανής, λαβές, σιαγόνες συγκράτησης, πίεση λαβής, αποτελέσματα ευθυγράμμισης, ρυθμός δειγματοληψίας απόκτησης δεδομένων και τύπος εξοπλισμού.
- Διαστάσεις κάθε δείγματος δοκιμής. [9]

10 ΚΟΠΩΣΗ (ASTM D7774)

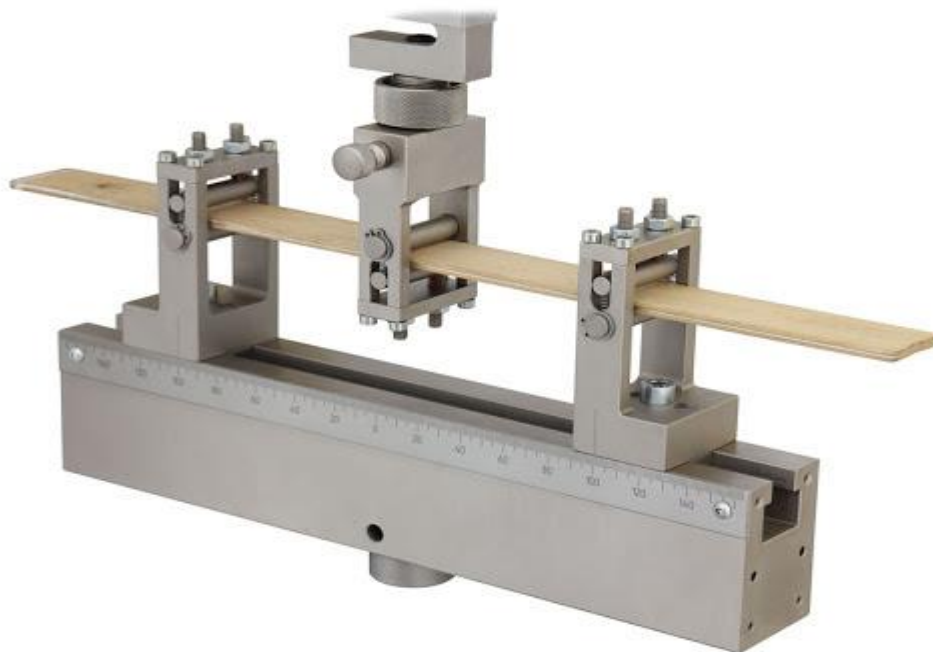
10.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αυτή η μέθοδος δοκιμής καλύπτει τον προσδιορισμό τις δυναμικές ιδιότητες κόπωσης των πλαστικών σε κάμψη. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται στα άκαμπτα και ημί-άκαμπτα πλαστικά. Η τάση και η ανηγμένη παραμόρφωση είναι κάτω από το αναλογικό όριο του υλικού όπου οι τάσεις και η παραμόρφωση είναι σχετικά ελαστικές. Δοκιμές κάμψης τριών σημείων ή τεσσάρων σημείων χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό αυτών των ιδιοτήτων. Αυτή η μέθοδος δοκιμής μπορεί να εκτελεστεί με δύο διαδικασίες:

Διαδικασία Α, σχεδιασμένη για υλικά που χρησιμοποιούν δοκιμή τριών σημείων για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη.

Διαδικασία Β, σχεδιασμένη για υλικά που χρησιμοποιούν δοκιμή τεσσάρων σημείων για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη.

Οι συγκριτικές δοκιμές μπορούν να διεξαχθούν σύμφωνα με μια από τις δύο διαδικασίες, υπό την προϋπόθεση ότι η διαδικασία θεωρείται ιδανική για το υλικό που δοκιμάζεται. Οι τιμές που αναφέρονται είναι σε μονάδες SI και η προδιαγραφή που χρησιμοποιεί για την προετοιμασία των πλαστικών είναι η ASTM D618. [10]



Εικόνα 10-1 Συσκευή συγκράτησης δοκιμίου κόπωσης (Πηγή: www.grip.de)

10.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Αυτή η δοκιμή κόπωσης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της επίδρασης της επεξεργασίας, της κατάστασης της επιφάνειας, της πίεσης και ούτω καθεξής, στην αντοχή στην κόπωση του πλαστικού υλικού που υπόκειται σε κάμψη για σχετικά μεγάλο αριθμό κύκλων. Τα αποτελέσματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως καθοδήγηση για την επιλογή πλαστικών υλικών για λειτουργεία υπό συνθήκες επαναλαμβανόμενης κάμψης.

Οι ιδιότητες μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το πάχος του δείγματος και τη συχνότητα δοκιμής. Η συχνότητα δοκιμής μπορεί να κυμαίνεται από 1-25 Hz, αλλά συνιστάται να χρησιμοποιείται συχνότητα 5 Hz ή μικρότερη. Η υλική απόκριση στην κόπωση δεν είναι ίδια για όλους πλαστικά είδη. Εάν ένα πλαστικό δεν παρουσιάζει ελαστική περιοχή, όπου η παραμόρφωση είναι αναστρέψιμη, η πλαστική παραμόρφωση θα συμβεί κατά τη διάρκεια ελέγχου σε κόπωση. Σε αυτή την κατάσταση, προσοχή χρειάζεται όταν χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα για το σχεδιασμό. Τέλος η διαδικασία περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές προετοιμασίας δειγμάτων. Σύγκριση των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από δείγματα που ετοιμάζονται με διαφορετικούς τρόπους θεωρούνται συγκρίσιμα, εκτός εάν έχουν αποδειχθεί ισοδύναμα. [10]

10.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Μηχανή δοκιμής - Η μηχανή δοκιμής πρέπει ουσιαστικά να πληροί τις προδιαγραφές της μεθόδου D790. Το σφάλμα στο σύστημα μέτρησης παραμόρφωσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 60,5% της μέγιστης εκτροπής. Η μηχανή θα πρέπει να μπορεί να εκτελεί ημιτονοειδές ή τραπεζοειδές φορτίο κατά την καθορισμένη συχνότητα δοκιμής και να διατηρεί σφάλμα 61% ή λιγότερο του μέγιστου προγραμματισμένου φορτίου.

Εξοπλισμός εγγραφής - Βαθμονομημένος εξοπλισμός πρέπει να χρησιμοποιείται για την καταγραφή των ακόλουθων πληροφοριών κατά τη διάρκεια της δοκιμής σε συγκεκριμένο ρυθμό απόκτησης δεδομένων :

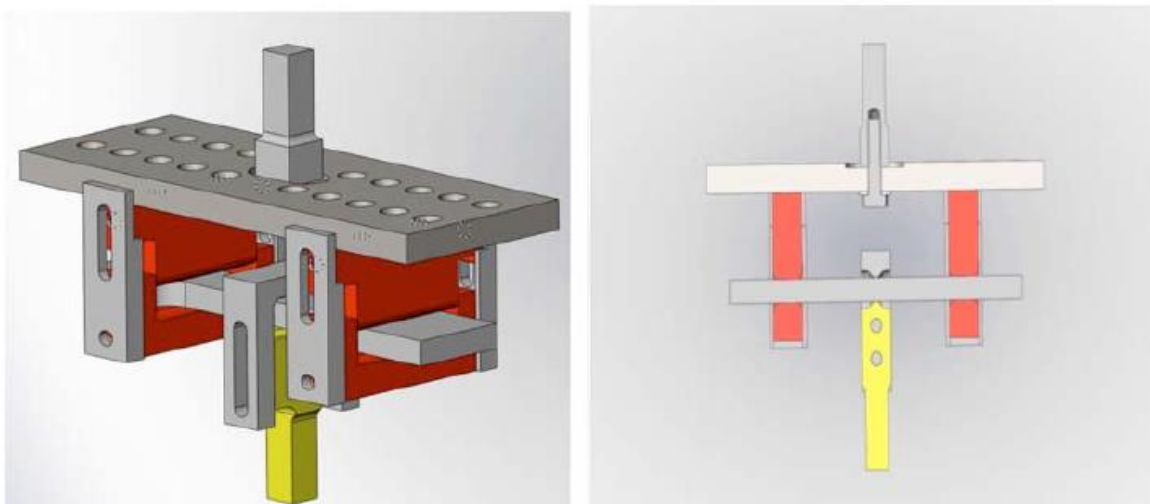
- Φόρτωση σε σχέση με το χρόνο,
- Εκτροπή έναντι χρόνου και
- Αριθμός κύκλων.

Μικρόμετρα - χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του πλάτους και του πάχους του δείγματος δοκιμής.

Για κάθε διαφορετικό είδος δοκιμής χρησιμοποιούνται τα παρακάτω εξαρτήματα κάμψης:

Διαδικασία Α - Πρέπει να χρησιμοποιείται ένα εξάρτημα κάμψης τριών σημείων. Μύτη φόρτωσης διπλής όψης και δύο όψεων υποστηρίγματα απαιτούνται για αυτήν τη διαδικασία. Η μία πλευρά ασκεί φορτίο ή υποστηρίζει την κορυφή του δείγματος και το άλλο ασκεί φορτίο ή στηρίζει το κάτω μέρος του δείγματος. Οι διαστάσεις των δύο πλευρών πρέπει να είναι πανομοιότυπες. Ένα παράδειγμα συσκευής για τη διεξαγωγή της Διαδικασίας Α φαίνεται στην Εικόνα 10-2 και Εικόνα 10-3. Τα στηρίγματα πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να υποστηρίζουν απλά το δείγμα χρησιμοποιώντας ελάχιστη πίεση για να συγκρατείται το δείγμα στη θέση του. Το δείγμα πρέπει να είναι αρκετά μακρύ ώστε τα άκρα να μην γλιστρούν κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

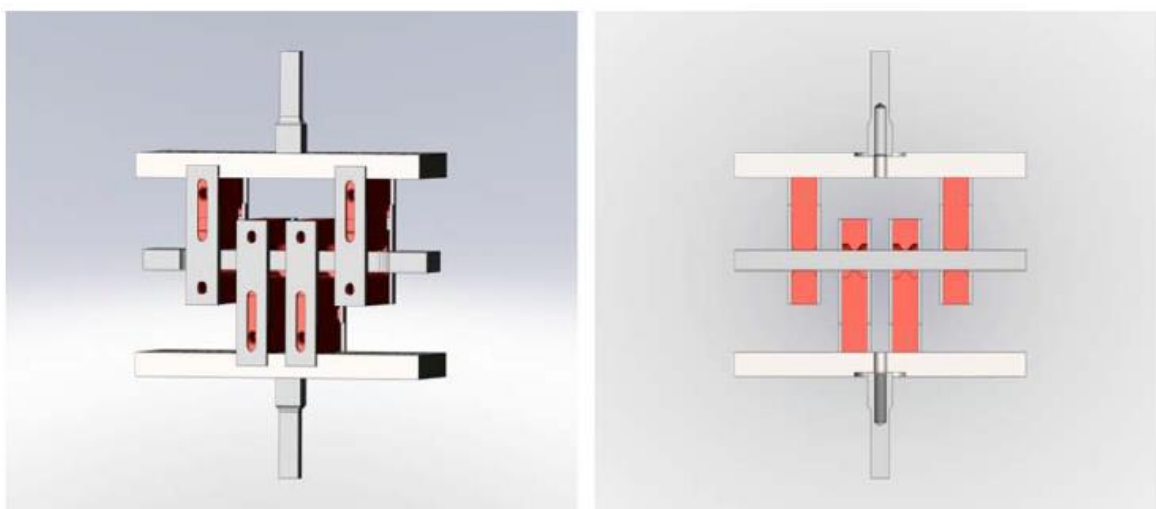
Διαδικασία Β Πρέπει να χρησιμοποιείται ένα εξάρτημα κάμψης τεσσάρων σημείων. Δυο μύτες φόρτωσης διπλής όψης και δύο διπλής όψεως υποστηρίγματα απαιτούνται για αυτήν τη διαδικασία. Η μία πλευρά ασκεί φορτίο ή υποστηρίζει την κορυφή του δείγματος και το άλλο ασκεί φορτίο ή στηρίζει το κάτω μέρος του δείγματος. Οι διαστάσεις των δύο πλευρών πρέπει να είναι πανομοιότυπες.[10]



Εικόνα 10-3 Στήριγμα τριών σημείων για καμπτικές δοκιμές (Πηγή:ASTM D7774-17)

10.4 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Τα δείγματα μπορούν να κοπούν από φύλλα, πλάκες ή να διαμορφωθούν σχήματα, ή μπορούν να διαμορφωθούν στις επιθυμητές τελικές διαστάσεις. Μετρώνται οι πραγματικές διαστάσεις που χρησιμοποιούνται για υπολογισμούς σύμφωνα με τις μεθόδους δοκιμής D5947.



Εικόνα 10-4 Στήριγμα τεσσάρων σημείων για καμπτικές δοκιμές (Πηγή:ASTM D7774-17)

Δείγματα που δεν αποτυγχάνουν φυσικά στη διάρκεια φόρτωσης κατά τη διάρκεια της δοκιμής μπορεί να γίνει λεπτότερο στην περιοχή μετρητή για προώθηση αστοχία στη διάρκεια φόρτωσης. Το μειωμένο πλάτος του δείγματος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της τάσης ή της τάσης δοκιμής. 7.6 Δείγματα κομμένα από μη ομοιόμορφα χοντρά τμήματα πρέπει να υποβάλλεται σε μηχανική κατεργασία εξίσου και ελάχιστα και στις δύο πλευρές δημιουργήστε ένα ομοιόμορφο πάχος στη διάρκεια στήριξης. Πρέπει να σημειωθεί ότι η κατεργασία του πάχους του πλαστικού μπορεί να αλλάξει το μηχανικό ιδιότητες και προσοχή κατά την εφαρμογή τα αποτελέσματα για το σχεδιασμό. Τουλάχιστον τρία δείγματα δοκιμής δοκιμάζονται σε καθένα από αυτά τα τέσσερα επίπεδα πίεσης ή καταπόνησης (τουλάχιστον δώδεκα δείγματα για κάθε δοκιμή). [10]

10.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Διαδικασία Α - Το δείγμα ορθογώνιας διατομής στηρίζεται από δύο στηρίγματα διπλής όψης και φορτώνεται μέσω μιας μύτης φόρτωσης διπλής όψης ανάμεσα στα στηρίγματα. Το δείγμα είναι κυκλικά φορτωμένο εξίσου στις θετικές και αρνητικές κατευθύνσεις σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο πίεσης ή τάσης σε ομοιόμορφη συχνότητα έως το όριο διαρροής ή θραύσης. Από αυτές τις δοκιμές, οι δυνάμεις κόπωσης μπορούν να προσδιοριστούν σε καθορισμένους αριθμούς κύκλων. Τουλάχιστον τέσσερις διαφορετικές πιέσεις ή καταπονήσεις δημιουργούνται έτσι ώστε να σχεδιαστεί μια καμπύλη τάσης σε σχέση με τον αριθμό κύκλων (S-N) ή μια καμπύλη παραμόρφωσης σε σχέση με τον αριθμό κύκλων (r-N) για τον προσδιορισμό του ορίου αντοχής σε κάμψη του υλικού.

Διαδικασία Β - Ένα δείγμα ορθογώνιας διατομής στηρίζεται από δύο στηρίγματα διπλής όψης και φορτώνεται με τη βοήθεια από δύο μύτες φόρτωσης δύο όψεων, η καθεμία σε ίση απόσταση από η παρακείμενη υποστήριξη. Το δείγμα φορτώνεται κυκλικά εξίσου στις θετικές και στις αρνητικές κατευθύνσεις σε ένα συγκεκριμένο φορτίο ή πίεση σε ομοιόμορφη συχνότητα έως ότου το δείγμα σπάσει ή παρουσιάσει μόνιμη παραμόρφωση. Από αυτές τις δοκιμές, οι δυνάμεις κόπωσης μπορούν να προσδιοριστούν στο καθορισμένους αριθμούς κύκλων. Τουλάχιστον τέσσερις διαφορετικές πιέσεις ή καταπονήσεις δημιουργούνται έτσι ώστε να σχεδιαστεί μια καμπύλη τάσης σε σχέση με τον αριθμό κύκλων (S-N) ή μια καμπύλη παραμόρφωσης σε σχέση με τον αριθμό κύκλων (r-N) για τον προσδιορισμό του όριου αντοχής σε κάμψη του υλικού.[10]

10.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Αποτελέσματα σχεδίασης:

Καμπύλη S-N - Σχεδιάζεται το μέγιστο επίπεδο πίεσης έναντι του λογαριθμικού αριθμού κύκλων αποτυχίας (N_f). Σχεδιάζονται επίσης όλα τα δεδομένα της δοκιμής και έτσι ορίζεται η καμπύλη S-N. Στην καμπύλη πρέπει να υποδεικνύονται τα δείγματα που δεν απέτυχαν με ένα βέλος, το οποίο κατευθύνεται μακριά από το σχεδιαζόμενο σημείο.

Καμπύλη r-N - Σχεδιάστε το μέγιστο επίπεδο καταπόνησης έναντι του λογαριθμικού αριθμού κύκλων αποτυχίας (N_f). Σχεδιάζονται επίσης όλα τα δεδομένα της δοκιμής και έτσι ορίζεται η καμπύλη r-N. Στην καμπύλη πρέπει να υποδεικνύονται τα δείγματα που δεν απέτυχαν με ένα βέλος, το οποίο κατευθύνεται μακριά από το σχεδιαζόμενο σημείο. Εξίσου σημαντικός είναι ο αριθμός των δειγμάτων που δοκιμάστηκαν στη συγκεκριμένη διαδικασία. Η ανάλυση θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μέσων καμπυλών S / r-N.

Εάν η καμπύλη S-N ή r-N γίνεται οριζόντια ασυμπτωτικό σε μια σταθερή τάση ή πίεση, αυτή η τιμή πίεσης ή καταπόνησης ερμηνεύεται ως το όριο αντοχής του υλικού δοκιμής. Εάν ένα α συμπτωματικό σε μια σταθερή τάση ή πίεση δεν παρατηρείται στην καμπύλη, δοκιμάζεται έως ότου ο αριθμός των κύκλων που επιτυγχάνονται είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό κύκλων στους οποίους αναμένεται το υλικό να αντέχει στη ζωή του. Το πλάτος, η τάση ή η πίεση, σε συγκεκριμένο αριθμό κύκλων ερμηνεύεται ως το όριο αντοχής του υλικού αυτού. Εάν οι δοκιμές τερματιστούν σκόπιμα από τον χρήστη πριν αποτύχουν τα δείγματα, η τιμή της σταθερής τάσης ή της παραμόρφωσης προσδιορίζεται από την προκύπτουσα καμπύλη S-N ή r-N αναφερόμενο ως το εκτιμώμενο όριο αντοχής.[10]

10.7 ΑΝΑΦΟΡΑ

Στην αναφορά αναφέρονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Πλήρης αναγνώριση του υλικού που δοκιμάστηκε, συμπεριλαμβανομένου του τύπου, πηγής, αριθμός κωδικού κατασκευαστή, φόρμα, κύριες διαστάσεις και διαδικασία κατασκευής,
- Κατεύθυνση κοπής και φόρτωσης δειγμάτων, συμπεριλαμβανομένων των μηχανολογικών κατεργασιών ή άλλων αλλαγών που έχουν ως αποτέλεσμα ασύμμετρες προετοιμασίες δειγμάτων,
- Διαδικασία προετοιμασίας,
- Πάχος και πλάτος δείγματος,
- Χρησιμοποιούμενη διαδικασία,
- Μήκος διάρκειας φόρτωσης (μόνο Διαδικασία Β),
- Μήκος στήριξης,
- Αναλογία εύρους προς βάθος υποστήριξης,
- Αναλογία εύρους προς στήριξη φορτίου (μόνο Διαδικασία Β),
- Ακτίνα στηριγμάτων και φορέα φόρτωσης εάν είναι διαφορετική από τη μέθοδο δοκιμής D790,
- Χρησιμοποιούμενη κυματομορφή,
- Συχνότητα δοκιμής,
- Επίπεδο πίεσης (rN) ή τάσης (SN),
- Αριθμός δοκιμασμένων επιπέδων πίεσης ή τάσης,
- Αριθμός δειγμάτων που δοκιμάστηκαν,
- Αριθμός κύκλων μέχρι την αστοχία (Nf) για κάθε δείγμα,
- Καμπύλη S-N,
- Καμπύλη r-N,
- Όριο αντοχής κάμψης ή όριο κόπωσης,
- Τρόπος αστοχίας και
- Ημερομηνία δοκιμής. [10]

11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (CONCLUSIONS)

Τα πλαστικά υλικά, είτε αυτά είναι ενισχυμένα είτε χωρίς ενίσχυση, παίζουν ιδιαίτερο ρόλο στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Οι δοκιμές αντοχής του χάλυβα, υπήρξαν πρόδρομος για τις αντίστοιχες δοκιμές σε πλαστικά και πολυμερή υλικά. Οι βασικές αρχές διεξαγωγής προσαρμόζονται σε νέες δοκιμές και κατά συνέπεια προκύπτουν νέα πρότυπα και προδιαγραφές για τις εκάστοτε ανάγκες. Το γενικό πρότυπο που συνοψίζει το σύνολο των προδιαγραφών που είναι το ASTM D4762, και χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για την εύρεση του κατάλληλου προτύπου για την κάθε διαφορετική δοκιμή. Στις περιπτώσεις των πιο κοινών δοκιμών που γίνονται, χρησιμοποιήθηκαν τα πρότυπα αυτά τα οποία ανταποκρίνονται καλύτερα στις δοκιμές που γίνονται καθημερινά από διάφορα ινστιτούτα ή ιδρύματα.

Οι διαδικασίες αυτές καθορίζουν όλες τις αναγκαίες πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τη δοκιμή. Η μηχανή δοκιμής, το σχήμα και το μέγεθος του δοκιμίου, τις ενέργειες διεξαγωγής, τις ενδείξεις που λαμβάνουμε και τους υπολογισμούς και τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για ερευνητικούς σκοπούς, ανάπτυξη των ήδη υπάρχοντων υλικών ή την ανάπτυξη νέων.

12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (REFERENCES)

Ξένη βιβλιογραφία:

- [1] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM **D4762-11a**: “Standard Guide for Testing Polymer Matrix Composite Materials”. West Conshohocken, 2011.
- [2] <https://el.wikipedia.org/wiki/Πολυμερές>
- [3] 3D INDUSTRIAL PRINTING WITH POLYMERS Johannes Karl Fink : ISBN: 978-1-119-55531-5 2018. (PAGE 61-63).
- [4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 618-00: “Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing”. West Conshohocken, 2000.
- [5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D638-14: “Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics”. West Conshohocken, 2014.
- [6] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D695-15: “Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics”. West Conshohocken, 2015.
- [7] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 790-03: “Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”. West Conshohocken, 2003.
- [8] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1043-02: “Stiffness Properties of Plastics as a Function of Temperature by Means of a Torsion Test”. West Conshohocken, 2002.
- [9] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 5379-98: “Shear Properties of Composite Materials by the V-Notched Beam Method”. West Conshohocken, 1998.
- [10] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D7774-17: “Standard Test Method for Flexural Fatigue Properties of Plastics”. West Conshohocken, 2017.
- [11] Mechanical Testing of Advanced Fibre Composites, J.M. Hodgkinson 2000. ISBN: 978-1-85573-312-1
- [12] Experimental Characterization of Advanced Composite Materials, Third Edition by Leif A. Carlsson (2002-10-29) ISBN 9781439848586

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Γιαννακόπουλος Ι. Κωνσταντίνος, 2013. «Σημειώσεις πειραματικής αντοχής των υλικών [Εργαστηριακός οδηγός]».
- Χαρόνης Παναγιώτης Γ. , 2002. « Αντοχή των υλικών».
- Γιαννάτσης Ι., Δεδούσης Β., Κανελλίδης Β., 2015. «Σύγχρονες τεχνολογίες κατασκευής με τη βοήθεια Η/ Υ».

