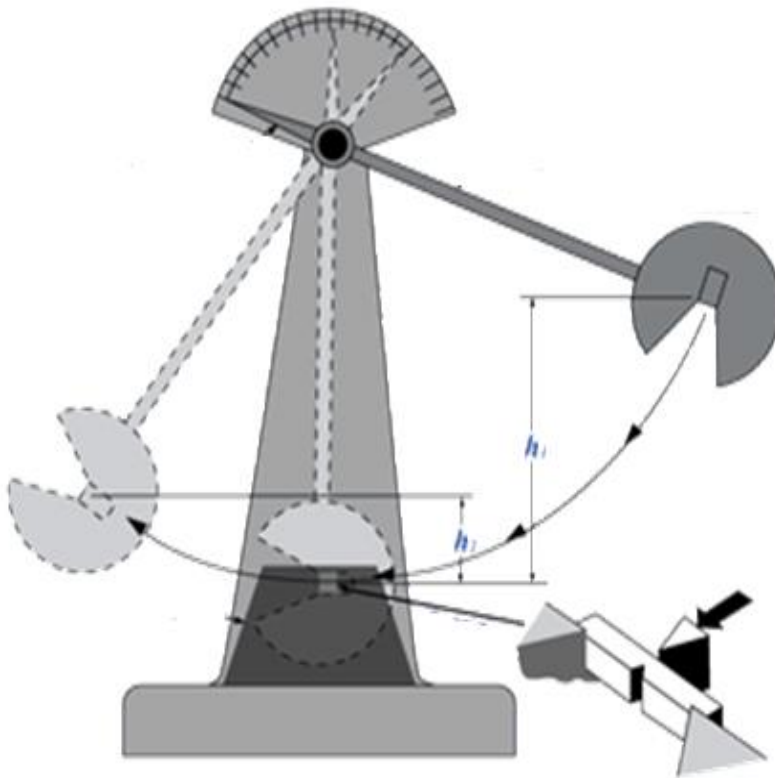




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ABS ΚΑΙ ABS PLUS



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ : ΜΠΙΡΛΙΡΑΚΗ ΑΣΠΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΑΒΒΑΚΗΣ ΚΩΣΤΑΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ

2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη πτυχιακή μου εργασία στο Τμήμα Μηχανολογίας του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης. Μετά την περάτωση της η οποία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Υλικών του ιδρύματος ,θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που ήταν κοντά μου κατά τη διάρκεια αυτής και με βοήθησαν στο να υλοποιηθεί .

Καθ'όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας βρίσκoμαι υπό την επίβλεψη του καθηγητή μου κ.ΚΩΣΤΑ ΣΑΒΒΑΚΗ ,τον οποίο και ευχαριστώ για την ανάθεση του θέματος ,για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε αλλά και για τις χρήσιμες συμβουλές του για τη πραγματοποίηση της.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δρ. Μάρκο Πετούση Επιστημονικό Συνεργάτη του ΤΕΙ Κρήτης και Καθηγητή μου απο το Εργαστήριο Ρομποτικής για την βοήθεια, κατανόηση και καθοδήγηση του στην διαδικασία εκτύπωσης των δοκιμίων .

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου η οποία καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου με στήριξαν σε κάθε μου επιλογή και με βοήθησαν σε κάθε πρόβλημα που αντιμετώπισα.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους και φίλες μου οι οποίοι με τον χαρακτήρα τους με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια και έκαναν το ταξίδι πιο ευχάριστο και δημιουργικό ,αφήνοντας τις καλύτερες αναμνήσεις αλλά και εμπειρίες .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
Εισαγωγή	5
Abstract	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
1.1 Χημική Σύνθεση Και Παραγωγή Του Συμπολυμερούς Ακρυλονιτρίλιο- Βουταδιένιο –Στυρένιο(ABS)	7
1.2. ΣΤΥΡΕΝΙΟ	12
1.3. ΑΚΡΥΛΟΝΙΤΡΙΛΙΟ	13
1.4.ΒΟΥΤΑΔΙΕΝΙΟ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	16
2.1 Ιδιότητες ABS.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	20
3.1 ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΑ ABS.....	20
ABS-M30	20
ABS-M30i	21
3.1.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ABS.....	23
4.1 Μέθοδος μορφοποίησης ABS- Rapid Prototype.....	26
Κεφαλαίο 5.....	40
5.1 Ανακύκλωση υλικών ABS	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	43
6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	43
6.2 ΥΛΙΚΑ	44
6.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ	45
6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	61
7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	61
7.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	65
7.3 Συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για ABS και ABS plus.....	67
7.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (REFERENCES)	73

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 : Δομή του ABS	7
Εικόνα 1.2: Διαδικασία παραγωγής ABS με πολυμερισμό γαλακτώματος.	8
Εικόνα 1.3: Διαδικασία παραγωγής ABS με πολυμερισμό αιωρήματος.	9
Εικόνα 1.4: Διαδικασία παραγωγής ABS με συνεχή πολυμερισμό μαζας.....	10
Εικόνα 1.5: Χημικοί μοριακοί τύποι των μονομερών του ABS	11
Εικόνα 1.6: Συντακτικός τύπος του ABS.....	11
Εικόνα 1.7: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής Στυρενίου.....	13
Εικόνα 1.8: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής Ακρυλονιτριλίου.....	14
Εικόνα 1.9: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής Βουταδιένιου.	15
Εικόνα 3.1: Πρότυπο γρανάζι απο ABS-M30 σε βασικό χρώμα	20
Εικόνα 3.2: Πρότυπο μοτέρ γεννήτριας απο θερμοπλαστικό ABS-M30	21
Εικόνα 3.3: Πρότυπο ανθρώπινο κρανίο απο ABS-M30i.....	21
Εικόνα 3.4: Διάφορες πρότυπες εφαρμογές απο ABS-M30i	22
Εικόνα 3.5: Εφαρμογές απο ABS γύρω μας	23
Εικόνα 3.6: Διάφορες εφαρμογές απο το θερμοπλαστικό ABS	24
Εικόνα 3.7: Εφαρμογές ABS σε σωληνώσεις και εξαρτήματα τους	24
Εικόνα 3.8 Κράνος ασφαλείας απο ABS	25
Εικόνα 4.1: Σχηματικό διάγραμμα συσκευής χύτευσης με έγχυση.	26
Εικόνα 4.2: Σχηματικό διάγραμμα συσκευής εξώθησης.....	27
Εικόνα 4.3: Σχηματικό διάγραμμα χύτευσης με εμφύσηση.	28
Εικόνα 4.4: Σχηματικό διάγραμμα χύτευσης με συμπίεση.	29
Εικόνα 4.5: Σχηματικό διάγραμμα θερμικής διαμόρφωσης σε κενό αέρος.	30
Εικόνα 4.6: Σχηματικό διάγραμμα θερμικής διαμόρφωσης υπο πίεση.....	30
Εικόνα 4.7: Σχηματικό διάγραμμα μηχανικής θερμικής διαμόρφωσης.	31
Εικόνα 4.8: Εναπόθεση υλικού στην τεχνολογία FDM.	34
Εικόνα 4.9: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου Stereo-lithography.....	35
Εικόνα 4.10: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου SLS	36
Εικόνα 4.11: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου LOM	36
Εικόνα 4.12: Μέθοδος FDM με εναπόθεση υλικού	37
Εικόνα 4.13: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου SGC	37
Εικόνα 4.14: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου Ink Jet	38
Εικόνα 4.15: Μέρη λειτουργίας της τεχνολογίας FDM.....	39
Εικόνα 5.1: Ολοκληρωμένο σύστημα ανακύκλωσης ABS.....	41
Εικόνα 5.2: Μηχανή κοκκοποίησης ABS υλικών	42
Εικόνα 5.3: Διαδικασία ανακύκλωσης του υλικού.	42
Εικόνα 6.1: Δοκίμιο στο σχεδιαστικό χώρο του Solid works.....	43
Εικόνα 6.2: Εισαγωγή και τοποθέτηση του δοκιμίου στο πρόγραμμα dimension ...	44
Εικόνα 6.3: α) Παρουσιάζεται η κασέτα πριν τοποθετηθεί στον εκτυπωτή β) Το εσωτερικό μιας κασέτας με το υλικό	45
Εικόνα 6.4: Πλάκες εκτύπωσης των δοκιμίων πριν τη χρήση.	45
Εικόνα 6.5: Διαγραμματική απεικόνιση της μεθόδου FDM.....	46
Εικόνα 6.6: Εκτυπωτής Dimension Elite	47

Εικόνα 6.7: Θάλαμος εκτύπωσης Dimension Elite.....	48
Εικόνα 6.8: Εκτυπωτής Dimension BST 768	49
Εικόνα 6.9: Εσωτερικός θάλαμος εκτύπωσης του Dimension BST 768.....	50
Εικόνα 6.10: Σχηματική απεικόνιση των μεθόδων Charpy και Izod	52
Εικόνα 6.11: Συσκευή εκκρεμούς σφύρας - Charpy testing machine του εργαστηρίου τεχνολογίας υλικών.....	53
Εικόνα 6.12: Αναπαράσταση της κρούσης .Το δοκίμιο συγκρατείται στα δύο του άκρα ως αμφέρειστος δοκός και το κτύπημα γίνεται στη μέση.....	54
Εικόνα 6.13: Αρχή εκτύπωσης με προσθήκη support υλικού στο Dimension Elite..	57
Εικόνα 6.14: Τέλος εκτύπωσης στο Dimension Elite και επιστροφή της κεφαλής πίσω. Βλέπουμε επίσης, περιμετρικά τοποθέτηση support υλικού εφόσον χρειάστηκε για καλύτερη στήριξη του δοκιμίου.	57
Εικόνα 6.15: Εκτύπωση με εναπόθεση ABS υλικού στο Dimension BST 768 εκτυπωτή μετά την τοποθέτηση του γκρί support υλικού.	58
Εικόνα 6.16: Τέλος εκτύπωσης στον Dimension BST 768 εκτυπωτή	58
Εικόνα 6.17: Μέτρηση δοκιμίων με το παχύμετρο	59
Εικόνα 6.18: Δοκίμια χωρίς ρωγμή μετά την δοκιμή τους σε κρούση με τη σφύρα .60	
Εικόνα 6.19: Δοκίμια με ρωγμή στη μέση μετά τη δοκιμή τους σε κρούση	60
Εικόνα 7.1: Πίνακας τιμών μετρήσεων και υπολογισμών για το υλικό ABS PLUS.	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 7.2: Πίνακας τιμών μετρήσεων και υπολογισμών για το υλικό ABS	62
Εικόνα 7.3: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS χωρίς ρωγμή.....	62
Εικόνα 7.4: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS με ρωγμή.....	63
Εικόνα 7.5: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS PLUS χωρίς ρωγμή.....	63
Εικόνα 7.6: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS PLUS με ρωγμή.	64
Εικόνα 7.7: Διάγραμμα συσχέτισης δυσθραυστότητας –ταχύτητας κρούσης των δοκιμίων.....	65
Εικόνα 7.8: Διάγραμμα συσχέτισης ενέργειας που απορροφάται ανα μονάδα επιφάνειας της διατομής με τη ταχύτητα κρούσης	66
Εικόνα 7.9: Διάγραμμα συσχέτισης δυσθραυστότητας με την ταχύτητα κρούσης... ..	67
Εικόνα 7.10: Υπολογισμός K_{IC}	68
Εικόνα 7.11: Ενέργεια που απορροφάται κατά την ανάπτυξη της ρωγμής.....	68

Εισαγωγή

Η τεχνολογία της ταχείας προτυποποίησης (3D printing) χρησιμοποιείται ευρέως για την κάλυψη πολλών αναγκών στον τομέα της Μηχανολογίας τα τελευταία χρόνια. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο κατασκευάστηκαν τα δοκίμια της συγκεκριμένης εργασίας στο εργαστήριο του τμήματος.

Θέλοντας λειτουργικό έλεγχο των προϊόντων και έχοντας υψηλή ποιότητα , χαμηλό κόστος αλλά και λιγότερο χρόνο κατασκευής ,η τεχνολογία αυτή σταδιακά εξελίχθηκε.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η αντοχή στη ρηγμάτωση των Μηχανολογικών θερμοπλαστικών ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) και ABS PLUS . Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο Rapid Prototype (RP) στα εργαστήρια του τμήματος και θα τυπωθούν με ίδιο προσανατολισμό.

Σκοπός της εργασίας αυτής ,είναι να μελετηθεί η αντοχή στη ρηγμάτωση και να υπολογισθεί η δυσθραυστότητα των υλικών (impact toughness, Gc) . Η δυσθραυστότητα των υλικών ,εκφράζει την ενέργεια που απορροφάται για τη θραύση των δοκιμών με ρωγμή αλλά και χωρίς ρωγμή. Τα δοκίμια έχουν κατασκευαστεί στους τρισδιάστατους εκτυπωτές Dimension Elite και Dimension BST 768. Για τον υπολογισμό αυτό θα γίνουν δοκιμασίες κρούσης (impact test) σύμφωνα με το πρότυπο ASTM D6110.

Επίσης, θα προσδιορισθεί ο κρίσιμος συντελεστής έντασης τάσης σε επίπεδη παραμόρφωση K_{Ic} (plane strain fracture toughness)

Για τον υπολογισμό αυτό θα γίνουν δοκιμασίες κάμψης τριών σημείων σε ρηγματωμένα δοκίμια σύμφωνα με το πρότυπο ASTM E1820 και στη συνέχεια τα αποτελέσματα αυτά θα συγκριθούν και θα ερμηνευτούν.

Το υλικό με την εμπορική ονομασία ABS ανήκει στην κατηγορία των μηχανολογικών πολυμερών και αποτελείται από το Ακρυλονιτρίλιο , το Βουταδιένιο και το Στυρένιο. Διαθέτει πολλαπλές ιδιότητες αλλά και διάφορες εφαρμογές οι οποίες παραθέτονται παρακάτω

Είναι ένα ανακυκλώσιμο υλικό που προτιμάται μιας και η αγορά του ως ανακυκλωμένο είναι και πιο οικονομικό.Στην εργασία παρουσιάζεται μια βιβλιογραφική επισκόπηση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν(ABS και ABS PLUS) , ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε καθώς και αναλυτικά μια περιγραφή της διαδικασίας του πειράματος.

Τέλος, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα ,θα συγκριθούν βάση κατάλληλων διαγραμμάτων και θα ερμηνευτούν.

Abstract

Rapid prototyping technology (3D printing) is widely used to meet many needs in the Engineering sector in the recent years. The essays produced in the department laboratory with the specific method.

This kind of technology is gradually evolved because of the high quality, low cost of materials and less construction time.

The object of this paper is to find the resistance to cracking of Engineering thermoplastic ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) and ABS PLUS .The specimens used , manufactured by the method of Rapid Prototype (RP) in the laboratories of the department and is going to be printed in the same orientation.

The purpose of this thesis is to study the resistance to cracking and to calculate the fracture toughness of materials (impact toughness, G_c).

Fracture toughness of materials, express the energy that absorbed to break specimens with crack and those without crack. The specimens are manufactured in Dimension Elite 3D printer and Dimension BST 768 3D printer. For the calculation must be an impact test according to ASTM D6110 standard.

Also, the plain strain fracture toughness K_{Ic} will be determined. For the calculation will be three point impact tests on cracked specimens according to ASTM E1820 and then the results will be compared and interpreted.

ABS is a class of engineering polymers and consists of acrylonitrile, butadiene and styrene. It has multiple properties and different applications which are presented in this thesis.

ABS is a recyclable material that preferred since the cost of it as recyclable is cheaper in the market. The paper presents a literature review of the materials used in the experiment (ABS and ABS PLUS), the laboratory equipment and a detailed description of the test procedure.

Finally, the results will be presenting and compared based on appropriate charts and after all will be interpret.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

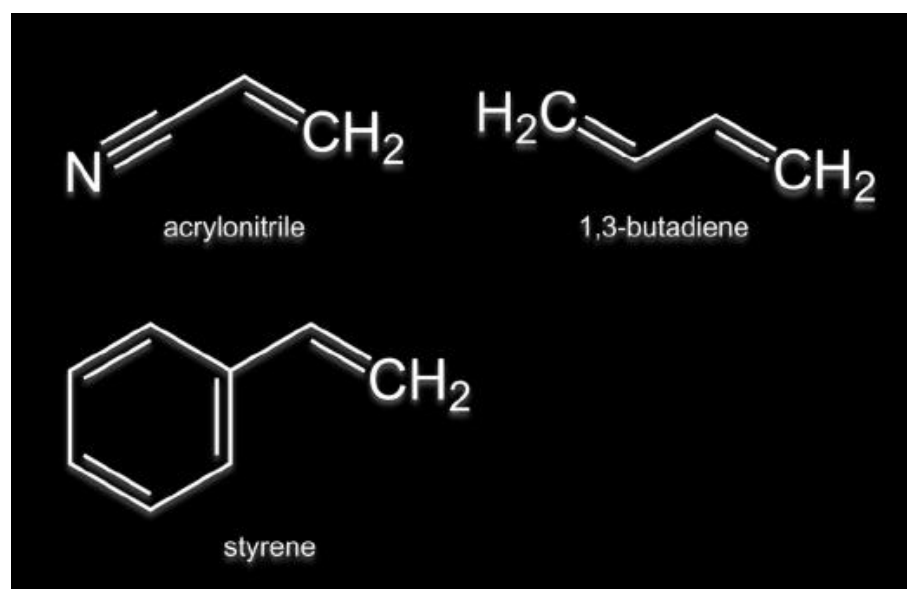
1.1 Χημική Σύνθεση Και Παραγωγή Του Συμπολυμερούς Ακρυλονιτρίλιο- Βουταδιένιο –Στυρένιο(ABS)

Το ABS είναι ένα πολυμερές υλικό το οποίο ανήκει στην κατηγορία των θερμοπλαστικών υλικών. Μπορεί δηλαδή να τήκεται με θέρμανση , να στερεοποιείται με ψύξη και να επανατήκεται επαναληπτικά.

Η ιστορία του ABS ξεκίνησε στα μέσα του **1940**, στην προσπάθεια να κατασκευαστούν αλεξίσφαιρα φύλλα πλαστικού στα τέλη του Δευτέρου παγκοσμίου πολέμου όπου αναπτύχθηκαν συμπολυμερή βουταδιενίου –ακρυλονιτρίλιου και στυρενίου-ακρυλονιτρίλιου με υψηλές μοριακές μάζες. Το **1948** κατοχυρώθηκε ως πατέντα ενώ η παραγωγή του και η πώληση στις αγορές ξεκίνησε το **1954** από την εταιρεία **Borg-Warner**.

Το ABS είναι ,αν όχι το γνωστότερο ,ένα από τα πιο γνωστά τροποποιημένα συμπολυμερές το οποίο αποτελείται από το ακρυλονιτρίδιο,βουταδιένιο και στυρένιο (acrylonitrile-butadiene-styrene).

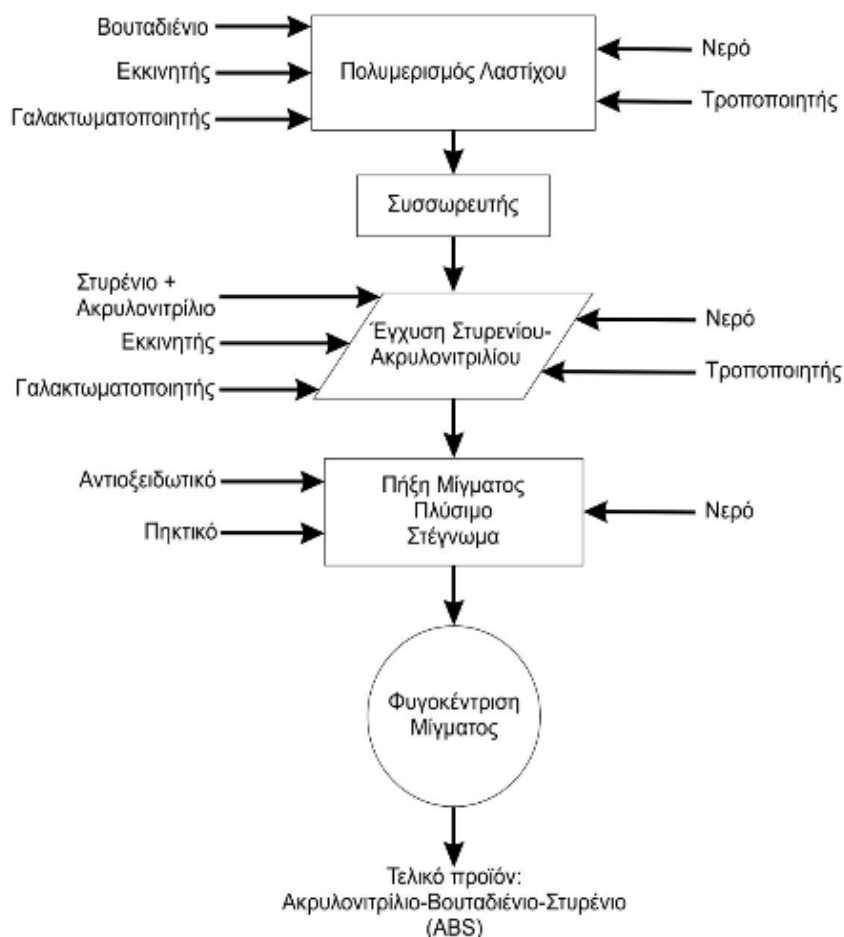
Το **ακρυλονιτρίλιο** είναι ένα συνθετικό μονομερές που παράγεται από προπυλένιο και αμμωνία,το **βουταδιένιο** είναι ένας πετρελαϊκός υδρογονανθρακός από πυρόλυση ατμού και το **στυρένιο** γίνεται με αφυδρογόνωση του αιθυλοβενζολίου.



Εικόνα 1.1 : Δομή του ABS

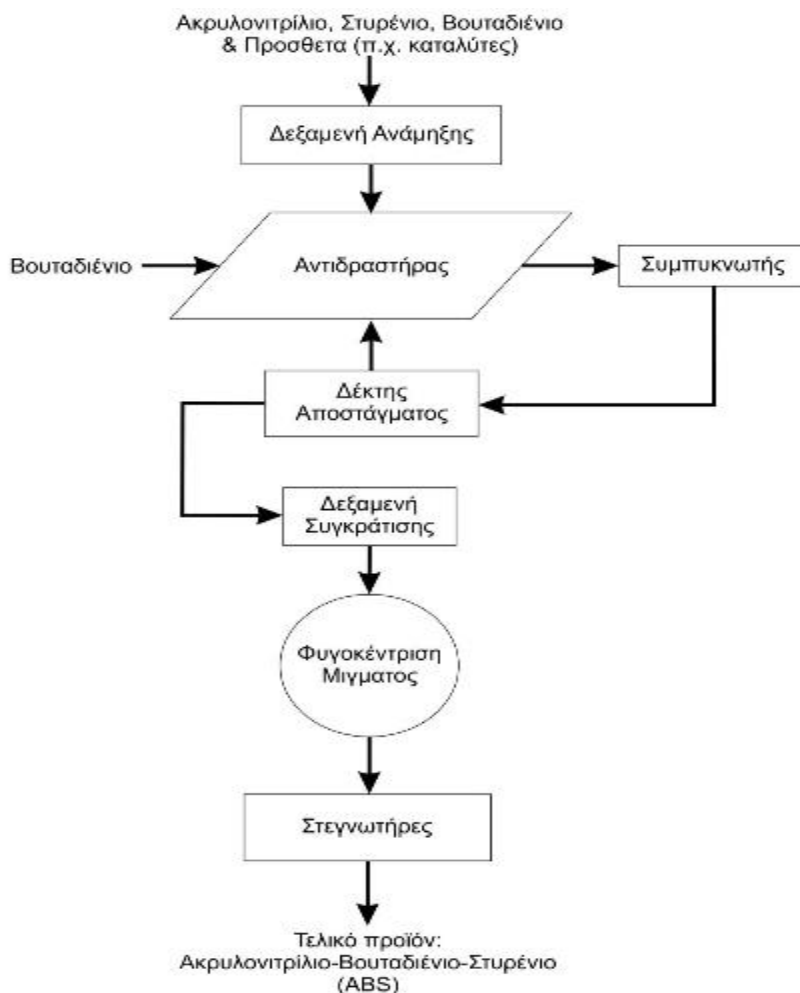
Το ABS είναι ένα άμορφο πολυμερές του οποίου η παρασκευή γίνεται με τρεις κύριες μεθόδους:

- Τη **μέθοδο γαλακτώματος** με διαλυτικό μέσο στο νερό (Emulsion process) καθώς είναι η παλαιότερη μέθοδος και η λιγότερο φιλική προς το περιβάλλον εφόσον παράγονται απόβλητα. Προτιμάται για την κατασκευή ABS με υψηλό δείκτη αντοχής σε κρούση.



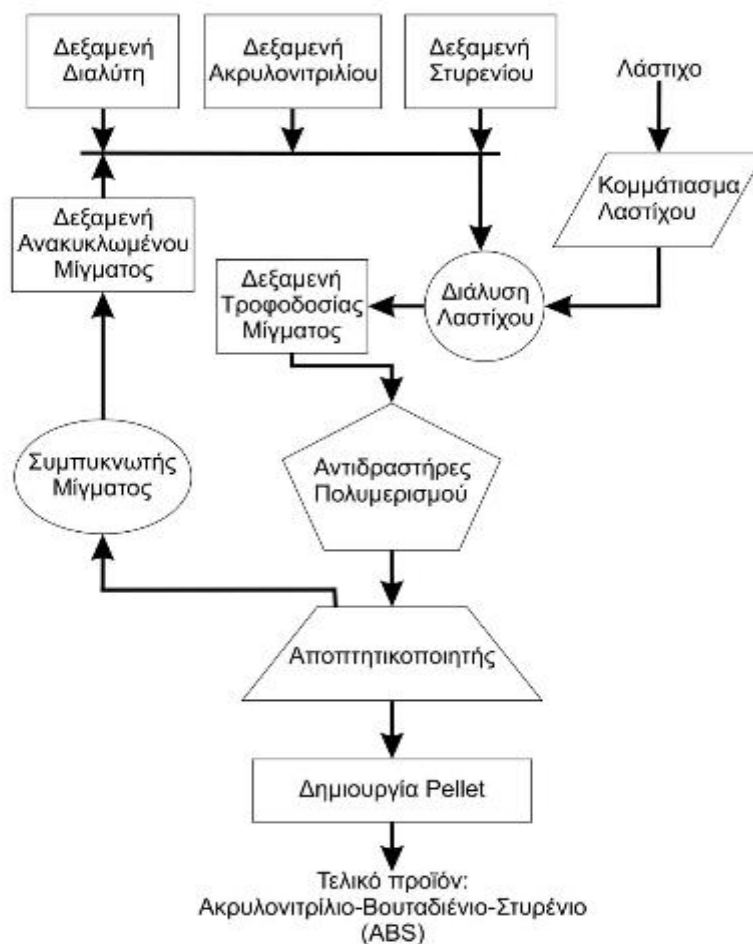
Εικόνα 1.2: Διαδικασία παραγωγής ABS με πολυμερισμό γαλακτώματος.

- Τη **μέθοδο αιωρήματος** όπου η ανάμειξη γίνεται σε μέσο που περιέχει ελαστομερές με στυρένιο-ακρυλονιτρίλιο.



Εικόνα 1.3: Διαδικασία παραγωγής ABS με πολυμερισμό αιωρήματος.

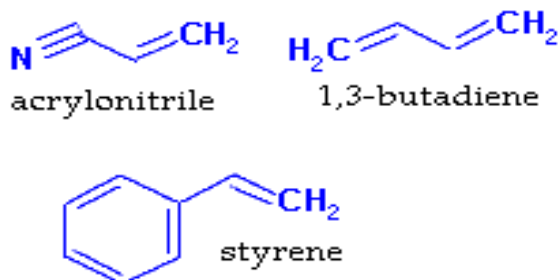
- Τη **μέθοδο συνεχούς μάζας (πολυμερισμός μάζας)** η οποία είναι χαμηλού κόστους αλλά δεν είναι ευέλικτη. Η μέθοδος είναι πιο καθαρή με μικρή ποσότητα ακαθαρσιών στο τελικό προϊόν. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη νερού από τη διαδικασία. Επίσης έχει τη χαμηλότερη ανάγκη σε ενέργεια, κάτι που την κάνει χρηματικά αποδοτική μέθοδο.



Εικόνα 1.4: Διαδικασία παραγωγής ABS με συνεχή πολυμερισμό μάζας.

Η πιο δημοφιλής μέθοδος είναι αυτή της συνεχούς μάζας καθώς η αντίδραση δεν γίνεται σε υδατική φάση. Παράγονται κάποιες ποσότητες αποβλήτων και οι ενεργειακές απαιτήσεις της μεθόδου είναι χαμηλές. Καθώς βελτιώνεται η τεχνολογία παράγεται η ρητίνη ,χρωματισμένη ,επομένως δεν είναι απαραίτητη η επεξεργασία χρωματισμού κατα τις εφαρμογές.

Οι κυριότεροι παρασκευαστές του συμπολυμερούς ακρυλονιτριλίου-βουταδιενίου-στυρενίου (ABS) είναι οι Styron, LG Chem, Chi-Mei και Styrolution. Οι περισσότεροι παραγωγοί ABS χρησιμοποιούν γενικά τεχνολογία πολυμερισμού γαλακτώματος, αλλά η Styron χρησιμοποιεί τεχνολογία συνεχούς πολυμερισμού μάζας.

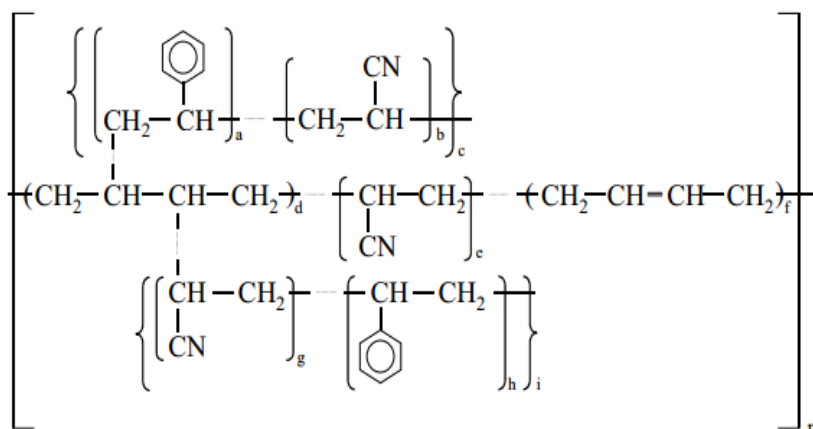


Εικόνα 1.5: Χημικοί μοριακοί τύποι των μονομερών του ABS .

Το στυρένιο κάνει το πλαστικό πιο λαμπερό και του δίνει μια πιο στεγανή επιφάνεια, καθώς ταυτόχρονα βοηθάει στη σύνδεση των άλλων μονομερών κατά τη σύνδεση του ABS .

Το Ακρυλονιτρίλιο έχει την ιδιότητα να προσδίδει χημική αντίσταση και αύξηση της επιφανειακής του σκληρότητας.

Το βουταδένιο καθώς είναι μια ελαστική ουσία παρέχει ανθεκτικότητα και αντοχή στην κρούση ακόμα και στις χαμηλότερες θερμοκρασίες . Οι αναλογίες ποικίλουν απο 15%-35% στο ακυλονιτρίλιο,5%-30% βουταδένιο και 40%-60% στυρένιο.



Εικόνα 1.6: Συντακτικός τύπος του ABS

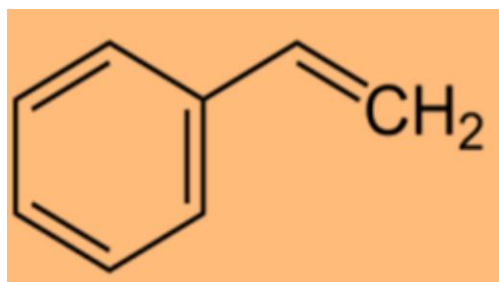
Τα συμπολυμερή ABS αποτελούν ένα διφασικό σύστημα, δηλαδή, μια ελαστομερή φάση που προέρχεται από το βουταδένιο είναι διεσπαρμένη μέσα σε μια συνεχή φάση αποτελούμενη από το συμπολυμερές SAN. Συγκεκριμένα οι μικρές ποσότητες στυρενίου και ακριλονιτριλίου συμπολυμερίζονται και εμβολιάζονται επάνω στα μακρομόρια του πολυβουταδιενίου. Έτσι το δύσκαμπτο SAN και το ελαστομερές πολυβουταδιένιο γίνονται συμβατά.

Η ισχύς του ABS οφείλεται στις πολύ πολικές κυανομάδες που έχουν σαν αποτέλεσμα την συγκράτηση των πολυμερών αλυσίδων δεμένων μεταξύ τους. Η ύπαρξη του πολυβουταδιενίου εξασφαλίζει την απορρόφηση ενέργειας κατά τις συγκρούσεις.

1.2. ΣΤΥΡΕΝΙΟ

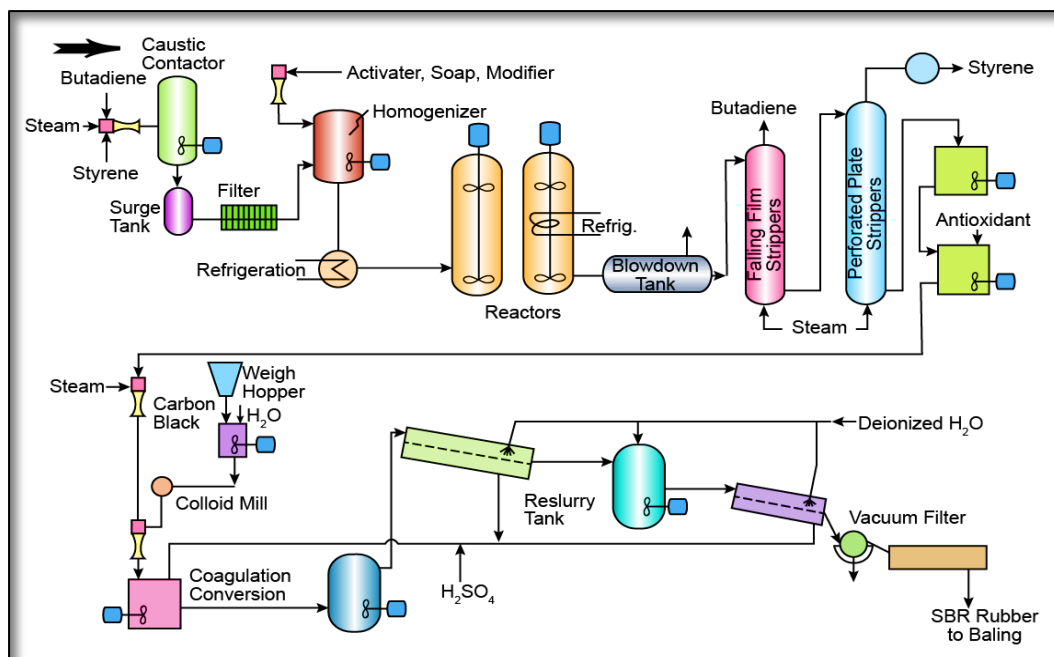
Το στυρένιο είναι άχρωμο, υγρό και έχει χαρακτηριστική οσμή. Συνήθως το βλέπουμε και με άλλες ονομασίες όπως Στυρόλιο, Βινυλοβενζόλιο και Φαινυλαιθένιο. Τα μίγματα που περιέχουν στυρένιο προέρχονται από την πυρόλυση πετρελαίου.

Ο χημικός του τύπος είναι : C_8H_8



Η παραγωγή του γίνεται με διάφορες μεθόδους όπως:

- Καταλυτική αφυδρογόνωση αιθυλοβενζολίου
- Μέθοδος Fitting
- Μέθοδος Grignard
- Μέθοδος Friedel -Crafts
- Προσθήκη βενζολίου σε ακετυλένιο

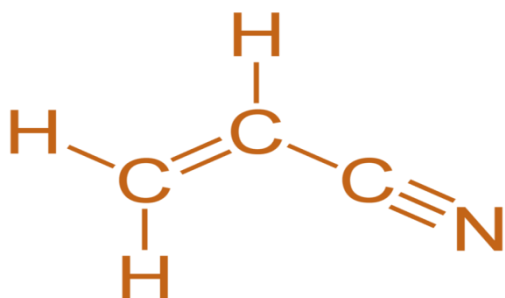


Εικόνα 1.7: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής Στυρενίου.

1.3. ΑΚΡΥΛΟΝΙΤΡΙΛΙΟ

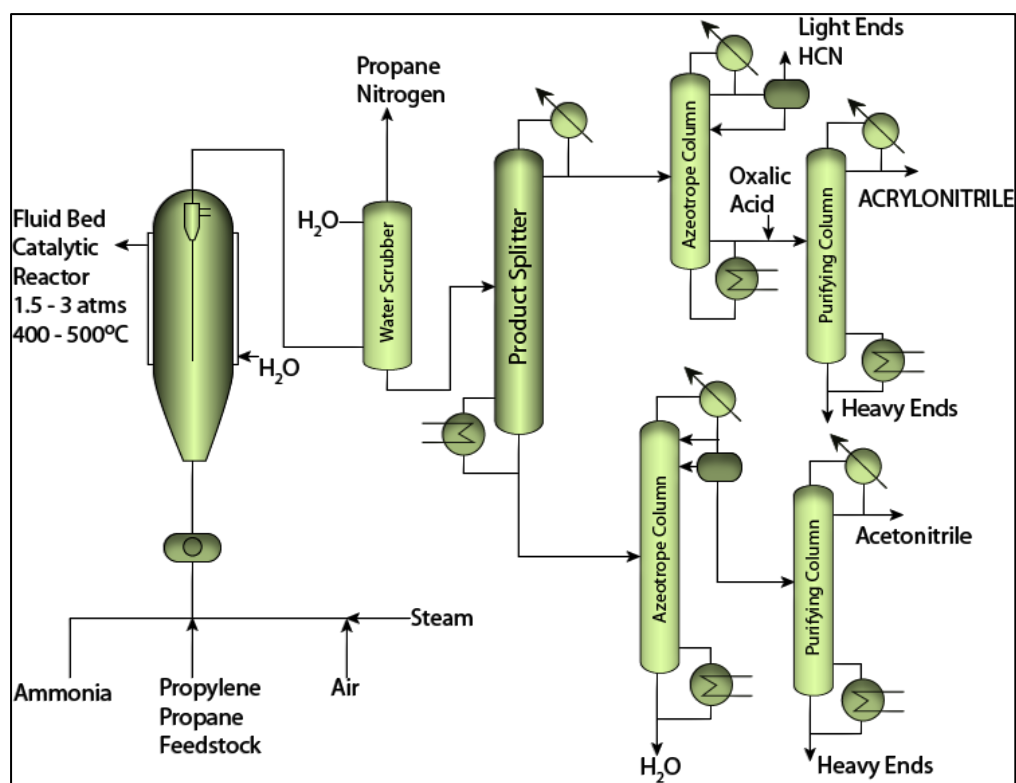
Το ακρυλονιτρίλιο είναι πετρελαιοχημικό προϊόν παράγωγο του προπυλένιου και ανήκει στην κατηγορία των αλκενίων.

Ο χημικός του τύπος είναι: C_3H_3N



Η παραγωγή του γίνεται σε δυλιστήρια πετρελαίου με ρευστή καταλυτική πυρόλυση κλασμάτων του πετρελαίου ή σε χημικές εγκαταστάσεις με διαφορετικό τρόπο παραγωγής.

Η παραγωγή γίνεται με ατμοπυρόλυση των υδρογονανθράκων ή του φυσικού αερίου όπως αιθάνιο και προπάνιο.

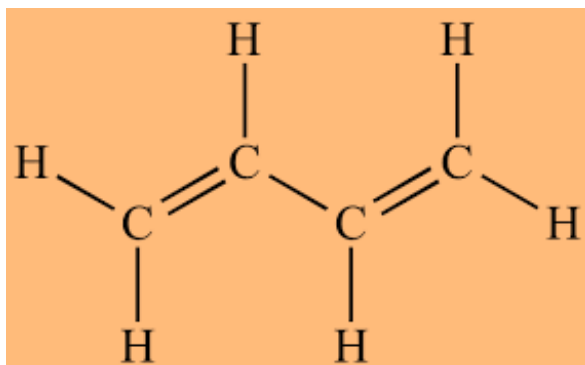


Εικόνα 1.8: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής Ακρυλονιτριλίου.

1.4.ΒΟΥΤΑΔΙΕΝΙΟ

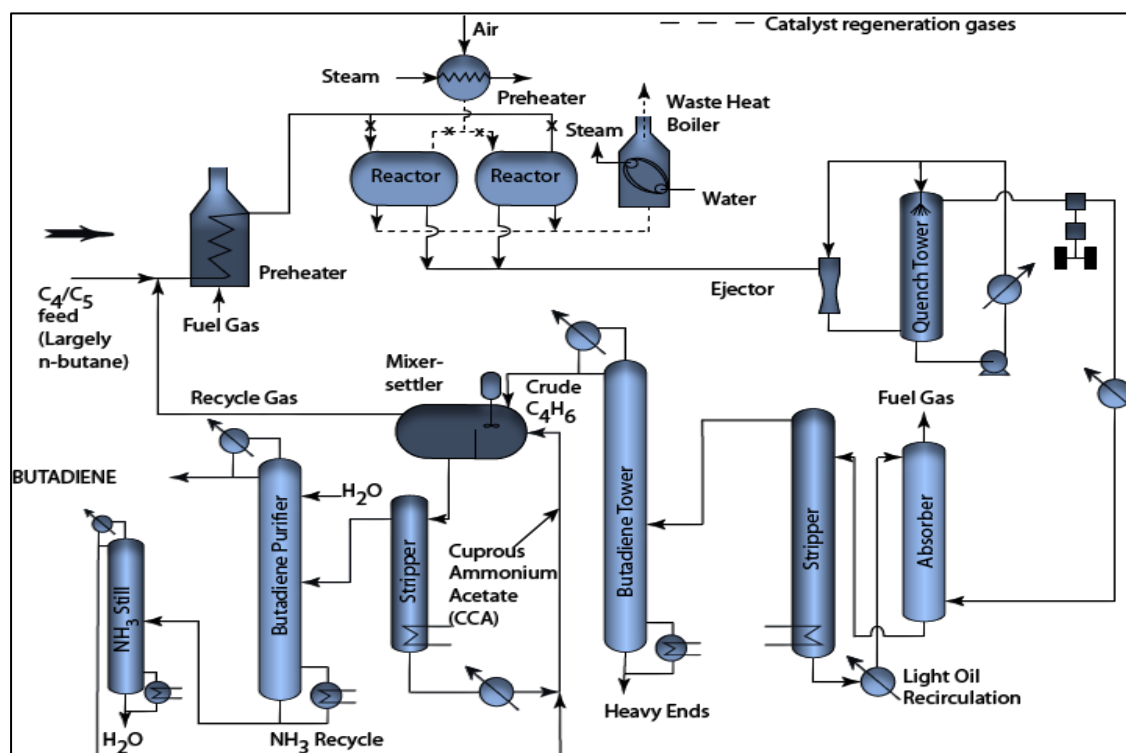
Το βουταδιένιο είναι ένας ακόρεστος υδρογονάνθρακας με δύο διπλούς δεσμούς και ανήκει στην σειρά των αλκαδιενίων. Είναι άχρωμο αέριο το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύνθεση άλλων οργανικών ενώσεων που βοηθούν στο να παραχθεί το πολυβινύλιο καθώς και το συνθετικό καουτσούκ και νάυλον. Λέγεται αλλιώς και διβινύλιο.

Ο χημικός του τύπος είναι: C_4H_6 , $CH_2=CHCH=CH_2$



Η παραγωγή του γίνεται με διάφορες μεθόδους όπως:

- Με πυρόλυση κλασμάτων πετρελαίου με ατμό, όπου θερμαίνονται υδρογονάνθρακες σε υψηλές θερμοκρασίες (>900 βαθμών Κελσίου) για μικρό χρονικό διάστημα. Η ποσότητα που θα παραχθεί εξαρτάται από το αρχικό μίγμα που υπόκειται σε πυρόλυση, έπειτα διαχωρίζεται από το κλάσμα των υδρογονανθράκων μέσω απόσταξης.
- Καταλυτική αφυδρογόνωση βουτανίου
- Μέσω αιθανόλης, κάτι που δεν είναι οικονομικό αλλά βιώσιμο για μικρές μονάδες παραγωγής. Η διαδικασία γίνεται ως εξής: Είτε θερμαίνοντας αιθανόλη στους 400-450°C πάνω από οξειδία μετάλλων που λειτουργούν ως καταλύτες, είτε με τη χρήση της ακεταλδεύδης η οποία αντιδρά με αιθανόλη σε θερμοκρασία 325-350°C πάνω από ταντάλιο και πορώδες πυρίτιο.
- Από πρώτες ύλες με μικρότερη ανθρακική αλυσίδα
- Με αντίδραση
- Με αφυδάτωση
- Με απόσπαση υδραλογόνου
- Με απόσπαση αλογόνου



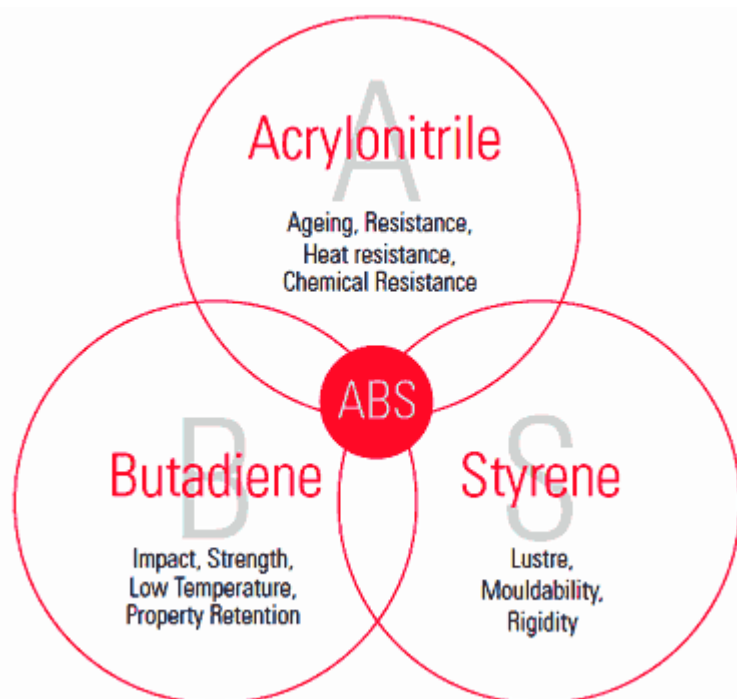
Εικόνα 1.9: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής Βουταδιένιου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ιδιότητες ABS

Οι βασικές ιδιότητες του ABS είναι η ρευστότητα ,η αντοχή στη θερμότητα και η αντοχή σε κρούση. Πιο συγκεκριμένα ,το μονομερές στυρολίου παρέχει καλή επεξεργασιμότητα, το ακρυλονιτρίλιο παρέχει αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες καθώς και χημική αντίσταση ενώ παράλληλα το βουταδένιο κάνει το προϊόν πιο σκληρό και ανθεκτικό ακόμα και σε περιπτώσεις χαμηλών θερμοκρασιών.Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες απο -20 έως 80 βαθμούς Κελσίου. Είναι ανθεκτικό σε υδατικά οξέα ,αλκάλια,αλκοόλες και ζωικά,φυτικά και ορυκτά έλαια ,αντίθετα προσβάλεται απο θειικά και νιτρικά οξέα.

Μπορεί να υποστεί επεξεργασία μέσω χύτευσης με έγχυση ή εξέλαση.



Εικόνα 2.1: Ιδιότητες ABS

Το ABS καθώς είναι πλαστικό υλικό έχει πολλά θετικά και αρνητικά στοιχεία .Τα σημαντικότερα θετικά στοιχεία του όμως είναι ότι έχει μεγάλη αντοχή σε ερπυσμό , κρούση καθώς και μέτριες μηχανικές ιδιότητες.

Γενικότερα πλεονεκτήματα του πλαστικού ABS εμφανίζονται επιγραμματικά παρακάτω :

- Μεγάλη αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Ανακυκλώσιμο υλικό .

- Παρουσιάζει υψηλή αντίσταση στην τριβή.
- Υψηλή ολκιμότητα και αντοχή σε κρούση.
- Υψηλή σκληρότητα.
- Είναι ελαφρύ σαν υλικό.
- Έχει φυσικό χρώμα .
- Παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε χημικά αντιδραστήρια.
- Έχει λεία επιφάνεια.
- Είναι μη τοξικό υλικό και δεν έχει οσμές.

Παρόλα αυτά παρουσιάζονται και κάποια μειονεκτήματα στα ABS υλικά όπως ότι :

- Είναι εύφλεκτα .
- Έχουν χαμηλό σημείο τήξεως .
- Λειτουργούν θετικά στη ρύπανση του περιβάλλοντος.
- Χαμηλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες .

Σημαντικό πρόβλημα για τη χρήση του ABS δημιουργεί η υγρασία . Θα πρέπει να εντοπίζεται η ύπαρξη της σε κάθε χρήση και να προβλέπεται ο περιορισμός της ,όσο είναι δυνατόν.Εάν η υγρασία εισχωρήσει στο υλικό θα έχει ως συνέπεια σημαντικές φθορές και υποβάθμιση της δομής αυτού.

Επίσης , η έκθεση σε UV δημιουργεί πρόβλημα στη σύσταση του,εφόσον διαρκέσει μεγάλο χρονικό διάστημα.Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν χημικά και μηχανικά προβλήματα εφόσον έχει αλλοιωθεί η σύσταση του.

Αναλύοντας τη δομή του ABS ,παρατηρούμε ότι το στυρένιο έχει καλή επεξεργασιμότητα,το ακρυλονιτρίλιο έχει την ιδιότητα να είναι ανθεκτικό στην θερμότητα και να έχει χημική αντίσταση και τέλος το βουταδιένιο έχει την ικανότητα να κάνει το υλικό πιο σκληρό και ανθεκτικό σε χαμηλές θερμοκρασίες. Για την βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων ,την αντοχή τους στην ακαμψία και την επίτευξη καλύτερου συνδυασμού ιδιοτήτων απαιτείται η προσθήκη διαφόρων πρόσθετων ουσιών όπως τα παρακάτω :

- Ενισχυτικά
- Διάφορα άλλα πολυμερή
- Χρωστικές ύλες
- Σταθεροποιητές για την αντιμετώπιση των φθορών
- Λιπαντικά για την βελτιωμένη μορφοποίηση και μείωση του ιξώδους

❖ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι το σημαντικότερο κριτήριο για την επιλογή του ABS ως υλικό κατασκευής για διάφορες εφαρμογές.

❖ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Τα πλαστικά έχουν μεγαλύτερη θερμική διαστολή σε σύγκριση με τα μέταλλα. Επομένως, οι τιμές των θερμικών καταπονήσεων που μπορεί να ασκηθούν σε ένα προϊόν ABS θα πρέπει να συμπεριληφθούν κατά τη σχεδίαση ώστε να μην υπάρχουν τυχόν παραμορφώσεις. Σε θερμοκρασίες κατεργασίας άνω των 280 βαθμών Κελσίου τα ABS χάνουν τη σκληρότητα τους εφόσον δέχονται ζημιά στην ελαστικότητα τους.

Η σημαντικότερη έννοια για το χαρακτηρισμό των θερμικών ιδιοτήτων του ABS είναι η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης (Tg). Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του υλικού αυξηθεί, η αντοχή του σε εφελκυστικά φορτία μειώνεται και ταυτόχρονα ανεβαίνει η σκληρότητα και η ολκιμότητα του.

❖ ΕΥΦΛΕΚΤΟΤΗΤΑ

Τα ABS μπορεί να πάρουν πολύ εύκολα φωτιά μιας και δεν περιέχουν κάποιο μονομερές που θα μπορούσε να τη σταματήσει. Καθώς καίγονται παράγουν μια μεγάλη κίτρινη φωτιά και πολύ καπνό.

❖ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η έκθεση του ABS σε υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στη χημική του σύσταση. Σε περίπτωση που επηρεαστεί η χημική σύσταση του παρουσιάζεται εμφάνιση ενός κίτρινου χρώματος στην επιφάνεια του υλικού αλλά και μικρορωγμές. Για την αποφυγή αυτής της περίπτωσης χρησιμοποιούνται σταθεροποιητές, διάφορες βάφες ακόμα και μεμβράνες.

❖ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Το ABS έχει πολύ καλές ιδιότητες ενάντια στις χημικές ουσίες. Δεν επηρεάζεται από οξέα, άλατα, αλκάλια, και οργανικές ουσίες εκτός εάν οι συνθήκες οι οποίες εκτίθεται είναι ακραίες. Παρόλα αυτά είναι ευάλωτο σε διαλύτες αποτελούμενους από κετόνες.

❖ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ABS ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Εκτυπώνοντας το ABS σε χαμηλή θερμοκρασία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής του σε κρούση καθώς και σε σκληρότητα. Από την άλλη πλευρά αν η εκτύπωση πραγματοποιηθεί σε υψηλότερη θερμοκρασία το υλικό θα έχει μεγαλύτερη αντοχή στη θερμοκρασία. Επομένως, λαμβάνουμε υπόψιν μας ότι η θερμοκρασία την ώρα εκτύπωσης του τεμαχίου έχει σημαντικό ρόλο στις ιδιότητες του καθώς και στη χρήση του.

Property	ASTM Test Method	Units	ABS	ABS FR
Physical				
Specific Gravity	D792		1.04	1.21
Mechanical				
Compressive Strength	D695	psi	-	7,65
Flexural Modulus	D790	psi	340	330
Flexural Strength	D790	psi	10,5	9,5
Hardness-Rockwell	D785		R105	R97
Izod Impact Strength, Notched	D256	ft•lbs/in	2.7	1
Izod Impact Strength, Notched	D256	ft•lbs/in	7.7	4
Tensile Modulus	D638	psi	310	320
Tensile Strength	D638	psi	6,1	5,5
Thermal				
Flammability Rating	UL94		HB	V-0
Flammability Rating	UL94		-	5V-A
Heat Deflection Temperature	D648	°F	214	190
Heat Deflection Temperature	D648	°F	203	162
Electrical				
Dielectric Strength	D149	V/mil	-	400

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΑ ABS

ABS-M30

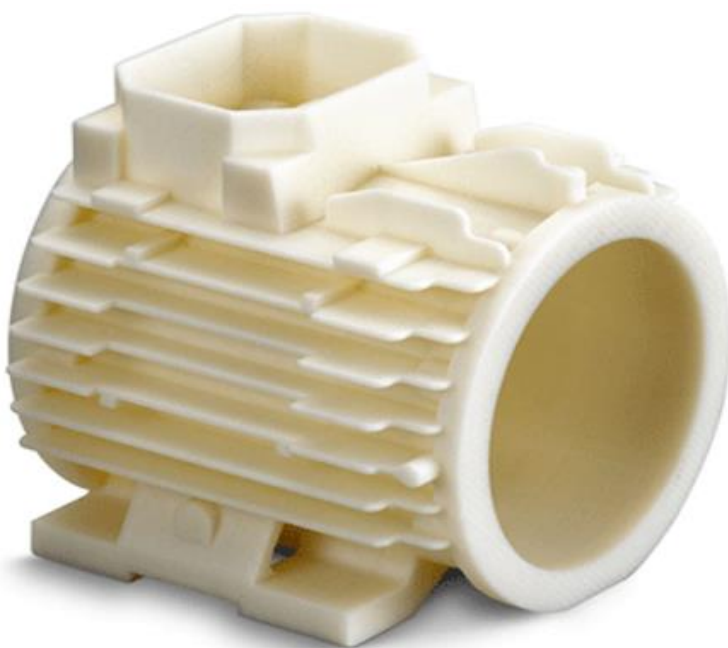
Το ABS-30 είναι 25-70% πιο ισχυρό σε σχέση με το πρότυπο ABS. Είναι ιδανικό μέσο για την κατασκευή πρωτοτύπων ,την επαλήθευση μιας μελέτης και την άμεση ψηφιακή παραγωγή .Έχει μεγαλύτερη αντοχή και μεγαλύτερη δύναμη στην πρόσκρουση και στην κάμψη, μιας και το στρώμα συγκόλλησης είναι ισχυρότερο από αυτό του πρότυπου ABS.



Εικόνα 3.1: Πρότυπο γρανάζι από ABS-M30 σε βασικό χρώμα

Το ABS-M30 είναι ιδανικό για τις παρακάτω εφαρμογές:

- Σχηματισμό πρωτοτύπων ,προσαρμογή και λειτουργία τους
- Λεπτομερή χαρακτηριστικά του δοκιμίου
- Για δοκιμές θραύσης πρωτοτύπων
- Για την ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση του δοκιμίου
- Τη διαδικασία μοντελοποίησης του δοκιμίου
- Αποτελεί βασικό συστατικό για τη χύτευση εν κενό (ταχεία κατασκευή πρωτοτύπων)



Εικόνα 3.2: Πρότυπο μοτέρ γεννήτριας απο θερμοπλαστικό ABS-M30 .

ABS-M30i

Το ABS-30 i είναι ένα υλικό υψηλής αντοχής που χρησιμοποιείται κυρίως στην ιατρική και στη συσκευασία τροφίμων . Συνδυάζεται με το σύστημα FDM της Stratasys mc (εταιρία κατασκευής 3D εκτυπωτών και συστημάτων παραγωγής 3D με βάση την ταχεία προτυποποίηση) όπου μας δίνει βιοσυμβατά πραγματικά μέρη με εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες ,κατάλληλα για την προτυποποίηση και την άμεση ψηφιακή παραγωγή.



Εικόνα 3.3: Πρότυπο ανθρώπινο κρανίο απο ABS-M30i.

Το ABS-M30i είναι ιδανικό για τις παρακάτω εφαρμογές:

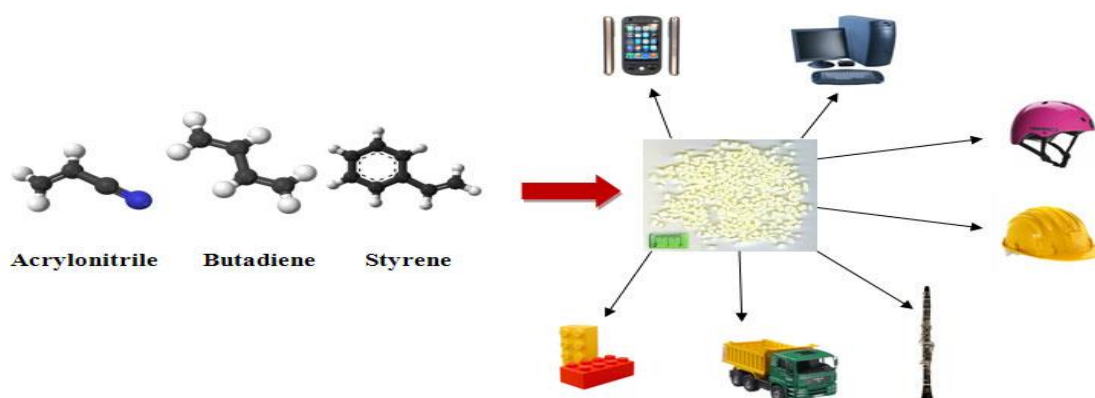
- Κατασκευή ιατρικών κομματιών
- Συσκευασίες τροφίμων
- Σχηματισμό πρωτοτύπων, προσαρμογή και λειτουργία τους
- Χαρακτηριστικά του δοκιμίου
- Δοκιμές θραύσης πρωτοτύπων
- Ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση του δοκιμίου
- Διαδικασία μοντελοποίησης του δοκιμίου
- Αποτελεί βασικό συστατικό για τη χύτευση εν κενό (ταχεία κατασκευή πρωτοτύπων)



Εικόνα 10.4: Διάφορες πρότυπες εφαρμογές από ABS-M30i .

Βάση μελέτης που έγινε σε ευρωπαϊκές χώρες, το ABS εμφανίζεται ως το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο στον τομέα των εξαρτημάτων του αυτοκινήτου . Παρόλα αυτά οι χρήσεις του εκτείνονται σε μεγαλύτερο φάσμα και ποικιλία, όπως :

- Αυτοκίνητα 25%
- Συσκευές 18%
- Ηλεκτρονικό τομέα 18%
- Ψυχαγωγικά αντικείμενα –παιχνίδια 7%
- Έπιπλα 2%
- Σωλήνες και εξαρτήματα 2%
- Διάφορα άλλα 27%



Εικόνα 3.5: Εφαρμογές από ABS γύρω μας .

3.1.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ABS

Το ABS πέρα από τις διάφορες χρήσεις που έχει, χρησιμοποιείται και στον τομέα της ασφάλειας για τη δημιουργία κράνων ασφαλείας αλλά και της αυτοκινητοβιομηχανίας, δηλαδή στο ταμπλό και στο εξωτερικό περίβλημα του καθρέπτη. Μία ακόμα χρήση του είναι σε οικιακές συσκευές όπως η ηλεκτρική σκούπα εξωτερικά αλλά και το εσωτερικό τμήμα διαφόρων συσκευών .

Οι εφαρμογές του ABS χωρίζονται ως εξής:

1. Κατηγορία υψηλής χρήσης (βαλίτσες ,κράνη,έπιπλα,εξαρτήματα αυτοκινήτων κ.α)
2. Κατηγορία μέσης χρήσης (οικιακές συσκευές ,πίνακες ελέγχου κ.α)
3. Ηλεκτρική κατηγορία (κουμπιά τηλεοράσεων/ραδιοφώνων ,εξαρτήματα μπάνιου,καλύμματα τροχών ,τέντες ,όπλα ,φώτα κ.α)
4. Κατηγορία υψηλής χρήσης για περιβλήματα οικιακών συσκευών και εξοπλισμό γραφείων ,κουτιά τηλεοράσεων και κασετόφωνων .
5. Κατηγορία υψηλής αντίστασης στη θερμότητα για εξαρτήματα αυτοκινήτων , καλύμματα για ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες και στεγνωτήρια.
6. Διαφανής κατηγορίες όπου η χρήση τους απαιτεί υψηλή διαφάνεια και καλή αντοχή σε κρούση.
7. Ενισχυμένα με ίνες γυαλιού όπου η χρήση τους απαιτεί πολύ υψηλή καμπτική αντοχή .
8. Κατηγορίες διέλασης όπου έχει χρήση σε επενδύσεις ψυγείων .



Εικόνα 3.6: Διάφορες εφαρμογές απο το θερμοπλαστικό ABS .

Το ABS δεν δέχεται μεγάλες φθορές για αυτό και χρησιμοποιείται και σε μεταφορές τροφίμων και ποτών . Η χρήση του δεν περιορίζεται σε μικροαντικείμενα αλλά εκτείνεται και σε σωληνώσεις μιας και ως θερμοπλαστικό είναι πιστοποιημένο για εφαρμογές σε θερμοκρασίες απο -30 έως 60 βαθμούς κελσίου.



Εικόνα 3.7: Εφαρμογές ABS σε σωληνώσεις και εξαρτήματα τους .



Εικόνα 3.8: Κράνος ασφαλείας απο ABS .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Μέθοδος μορφοποίησης ABS- Rapid Prototype

Το ABS ως θερμοπλαστικό έχει διάφορες **μεθόδους επεξεργασίας** έτσι ώστε να υπάρχει παραγωγή προϊόντων. Οι μέθοδοι αυτοί είναι οι εξής :

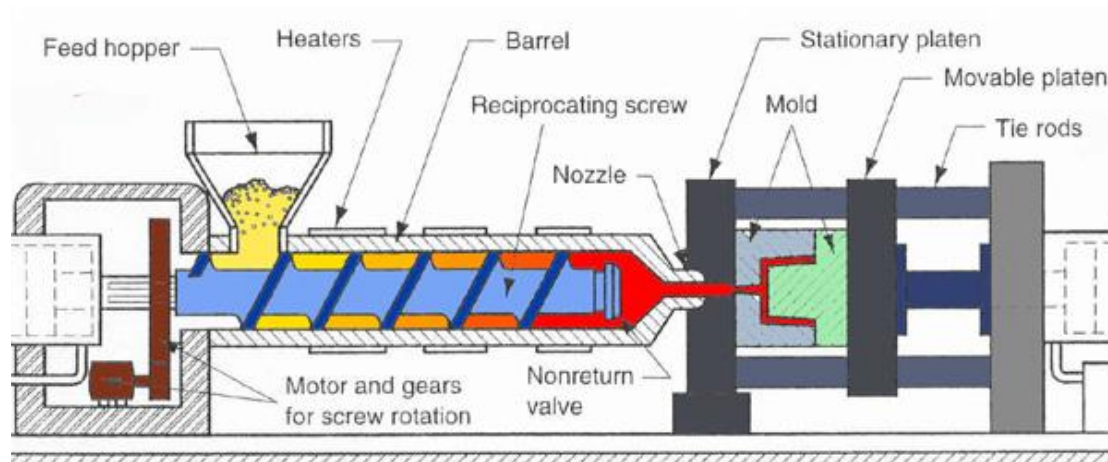
- Χύτευση με έγχυση (Injection molding)
- Εξώθηση (Extrusion)
- Χύτευση με εμφύσηση (Blow molding)
- Χύτευση με συμπίεση (Compression molding)
- Θερμική διαμόρφωση (Thermoforming)

Χύτευση με έγχυση

Στην διαδικασία αυτή μια χοάνη τροφοδοτείται τεμαχισμένο υλικό είτε σε σφαιρίδια είτε σε σκόνη το οποίο οδηγείται σε ένα κύλινδρο μέσω ενός εμβόλου . Έπειτα το υλικό πιέζεται σε ένα θερμαινόμενο θάλαμο όπου και τήκεται μέχρι να μετατραπεί σε παχύρευστο υγρό. Στη συνέχεια, αφού έχει γίνει υγρό μέσω του κοχλία οδηγείται σε ένα καλούπι μέσω ενός ακροφυσίου. Εκεί διατηρείται σταθερή πίεση για να σταθεροποιηθεί το υλικό ενώ παράλληλα ψύχεται. Τέλος ανοίγεται το καλούπι και αφαιρείται το τεμάχιο.

Η ταχύτητα με την οποία παράγονται τα τεμάχια είναι πλεονέκτημα της διαδικασίας. Ένας κύκλος διαρκεί περίπου 10-30 δευτερόλεπτα.

Μετά την τύπωση των τεμαχίων ,αυτά είναι έτοιμα χωρίς κάποια άλλη διαδικασία , για αυτό χρησιμοποιείται σε τεμάχια που δεν χρειάζονται ιδιαίτερη κατεργασία. Μερικά απο αυτά είναι : ταμπλό αυτοκινήτων, πλαστικές καρέκλες, σύριγγες κ.α.

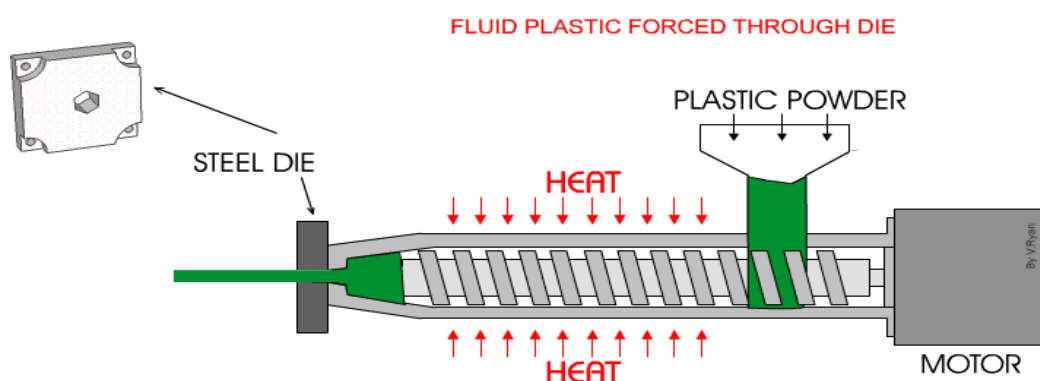


Εικόνα 4.1: Σχηματικό διάγραμμα συσκευής χύτευσης με έγχυση.

Εξώθηση

Στην κατεργασία αυτή μία μήτρα τροφοδοτείται με τεμαχισμένο υλικό το οποίο προωθείται με τη βοήθεια ενός κοχλία σε ένα θάλαμο όπου συμπιέζεται, τήκεται και μορφοποιείται μέσα σε ένα παχύρευστο υγρό. Η εξώθηση πραγματοποιείται όταν το υγρό υλικό ωθείται μέσω του ακροφύσιου. Για να σταθεροποιηθεί, γίνεται έγχυση αέρα ή ψεκάζεται με νερό.

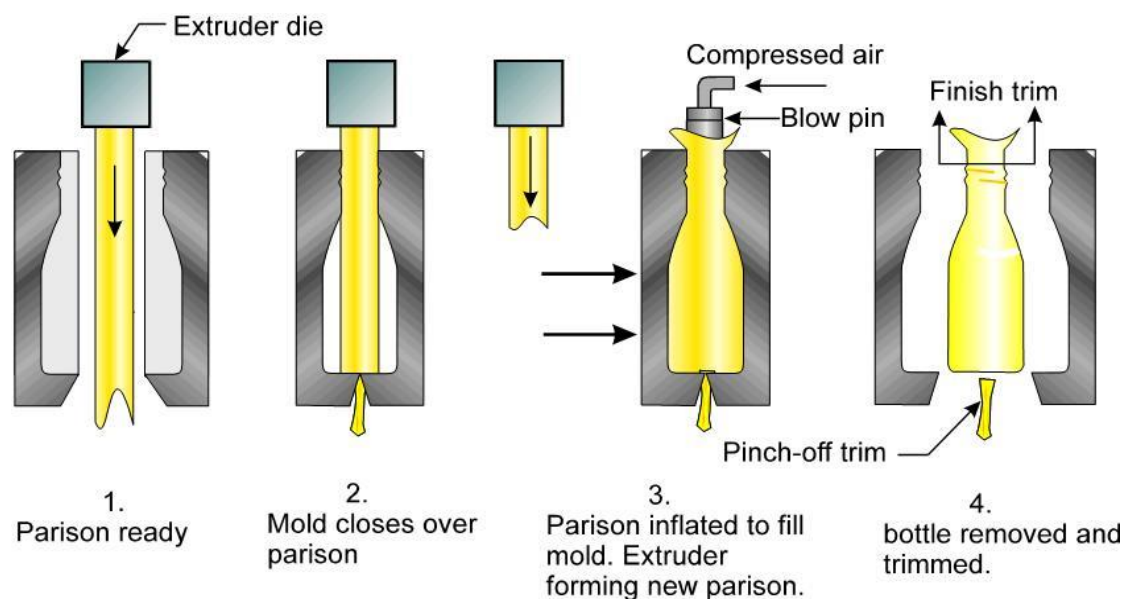
Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι παράγονται συνέχεια συνεχή επιμηκή τεμάχια με ίδια γεωμετρία διατομής, όπως για παράδειγμα : σωλήνες και ράβδοι.



Εικόνα 4.2: Σχηματικό διάγραμμα συσκευής εξώθησης.

Χύτευση με Εμφύσηση

Στη διαδικασία αυτή ένα ακατέργαστο κομμάτι πολυμερούς εξωθείται και όταν βρεθεί σε ημιτηγμένη μορφή τοποθετείται σε ένα καλούπι που έχει το σχήμα που επιθυμείται. Έπειτα, το άδειο δοχείο σχηματίζεται φυσώντας αέρα μέσα στο τεμάχιο, αναγκάζοντας τα τοιχώματα του πολυμερούς να ακολουθήσουν το περίγραμμα του καλουπιού. Πρέπει να δίδεται μεγάλη προσοχή στο ιξώδες και στη θερμοκρασία και να παρακολουθούνται συνεχώς. Η διαδικασία χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή πλαστικών δοχείων όπως διάφορα μπουκάλια, βαρέλια και μπιτόνια.

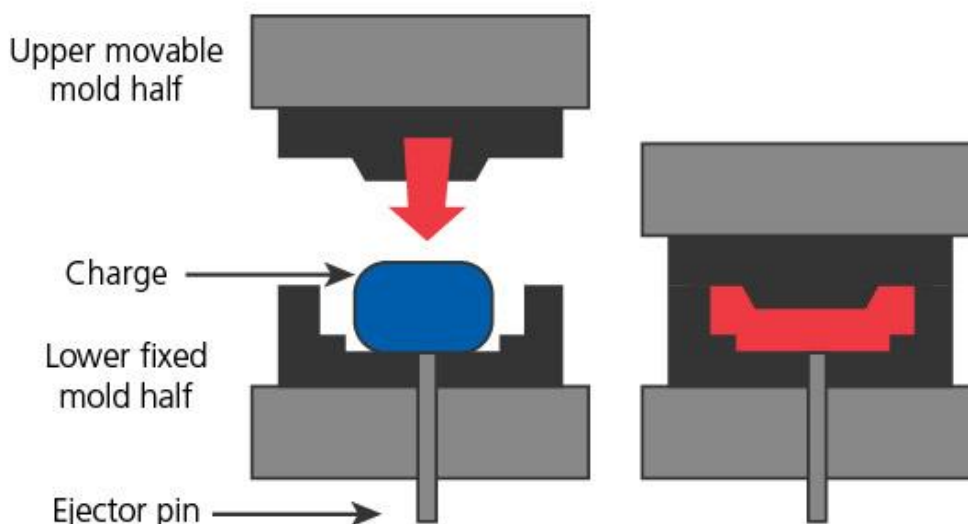


Εικόνα 4.3: Σχηματικό διάγραμμα χύτευσης με εμφύσηση.

Χύτευση με Συμπύεση

Για τη συγκεκριμένη διαδικασία πρέπει να αναμειχθεί πολύ καλά το πολυμερές και να τοποθετηθεί ανάμεσα στο θηλυκό και στο αρσενικό τμήμα ενός καλούπιού. Τα τμήματα του καλούπιού θερμαίνονται αλλά μόνο το ένα μπορεί να κινηθεί. Στη συνέχεια, το καλούπι σφραγίζεται και εφαρμόζεται θερμότητα και πίεση έτσι ώστε το υλικό να λιώσει και να πάρει τη μορφή του καλούπιού.

Η διαδικασία θεωρείται χρονοβόρα και δαπανηρή ταυτόχρονα. Μέσω αυτής παράγονται : προφυλακτήρες αυτοκινήτων, πλαστικά πιάτα κ.α.



Εικόνα 4.4: Σχηματικό διάγραμμα χύτευσης με συμπίεση.

Θερμική διαμόρφωση

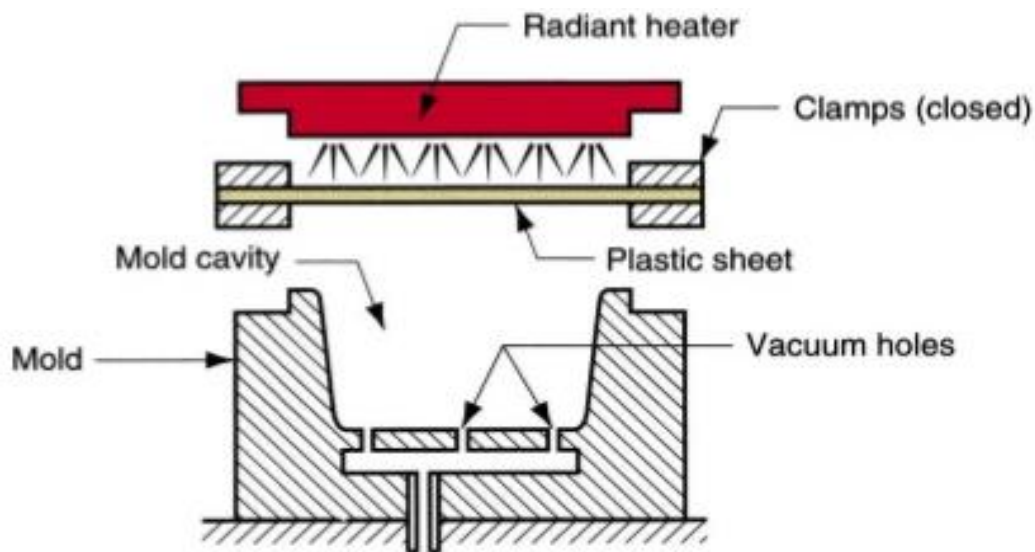
Είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί κατά βάση θερμοπλαστικά σε μορφή φύλλου. Τα φύλλα αυτά συγκρατούνται από κάποιους σφιγκτήρες, θερμαίνονται ώστε να μαλακώσουν και έπειτα παίρνουν τη μορφή ενός καλουπιού με του οποίου τη βοήθεια γίνεται η κατεργασία. Η θερμική διαμόρφωση χωρίζεται σε τρεις βασικές μεθόδους και είναι οι εξής :

1. Θερμική διαμόρφωση σε κενό αέρος
2. Θερμική διαμόρφωση υπο πίεση
3. Μηχανική θερμική διαμόρφωση

Θερμική Διαμόρφωση σε κενό αέρος

Αφού το φύλλο πλαστικού ασφαλιστεί στους σφιγκτήρες, θερμαίνεται και η ατμοσφαιρική πίεση παραμορφώνει το ήδη μαλακό φύλλο. Το φύλλο μετά από κάποια ώρα θα φτάσει στα τοιχώματα του καλουπιού όπου θα σταματήσει για να ψυχθεί. Για να πάρει τη μορφή του καλουπιού όμως θα πρέπει να μην υπάρχει αέρας στο κάτω μέρος του συστήματος, για αυτό υπάρχει μια αντλία κενού που τον αφαιρεί.

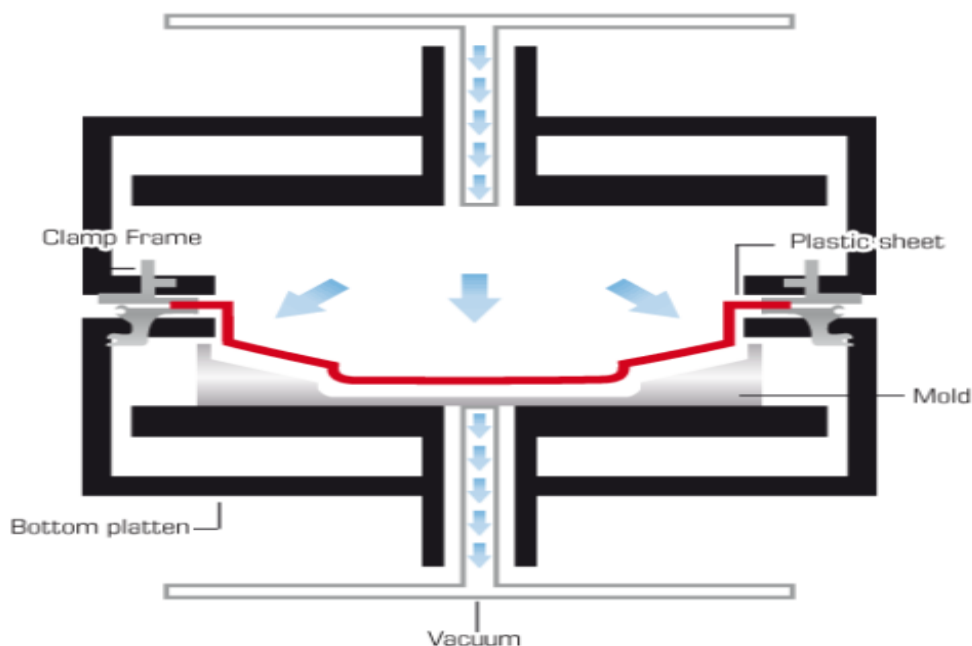
Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για τεμάχια με όγκο και μεγάλη επιφάνεια όπως: μπανιέρες, κουτιά μηχανημάτων και ψυγείων, επιγραφές καταστημάτων κ.α.



Εικόνα 4.5: Σχηματικό διάγραμμα θερμικής διαμόρφωσης σε κενό αέρος.

Θερμική Διαμόρφωση υπο πίεση

Το προθερμασμένο φύλλο τοποθετείται ανάμεσα σε ένα σφραγισμένο θάλαμο όπου στο επάνω μέρος εφαρμόζεται πίεση αέρα ο οποίος σπρώχνει το φύλλο στα τοιχώματα του καλουπιού. Στο κάτω μέρος υπάρχει αντλία κενού η οποία αφαιρεί τον αέρα όπως και στη διαμόρφωση σε κενό αέρος. Με αυτή τη μέθοδο παράγονται αντικείμενα που απαιτούν λεπτομέρειες και καλύτερη αισθητική ως προς τα γράμματα, τις γωνίες, την υφή κ.α.

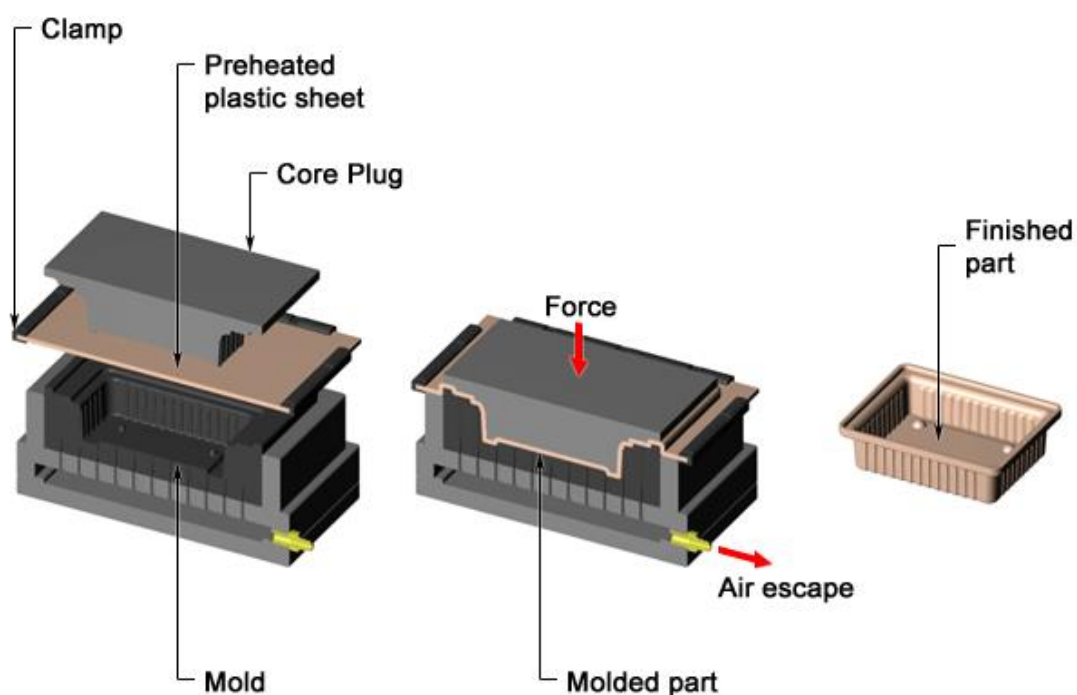


Εικόνα 4.6: Σχηματικό διάγραμμα θερμικής διαμόρφωσης υπο πίεση.

Μηχανική Θερμική Διαμόρφωση

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ένα έμβολο το οποίο ασκεί δύναμη στο προθερμασμένο φύλλο αναγκάζοντας το να γεμίσει το κενό ανάμεσα στα δύο κομμάτια του καλουπιού. Επίσης, υπάρχει και σε αυτή την περίπτωση αντλία κενού για την αφαίρεση του αέρα εσωτερικά.

Με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος των διαστάσεων του τεμαχίου αλλά και η δυνατότητα δημιουργίας ανάγλυφων επιφανειών στην εσωτερική και την εξωτερική επιφάνεια.



Εικόνα 4.7: Σχηματικό διάγραμμα μηχανικής θερμικής διαμόρφωσης.

Rapid Prototype

Η μέθοδος **Rapid Prototype** είναι μια σειρά από τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την γρήγορη κατασκευή ενός μοντέλου ή τη συναρμολόγηση με τη βοήθεια υπολογιστή σχεδιασμού τρισδιάστατων (CAD) δεδομένων. Η κατασκευή του τμήματος ή η συναρμολόγηση γίνεται συνήθως με τη χρήση 3D εκτυπωτή ή την τεχνολογία «πρόσθετης κατασκευής στρώματος (additive layer manufacturing)».

Οι πρώτες μέθοδοι για την Rapid Prototype γνωστοποιήθηκαν στα τέλη του 1980 και αποσκοπούσαν στην επάλειψη των ατελειών και στη δραστική μείωση του χρόνου κατασκευής των πρωτοτύπων διαφόρων προϊόντων. Η κατασκευή προτύπων αποτελεί πάντα μέρος της διαδικασίας σχεδίασης και ανάπτυξης ενός προϊόντος , παίζοντας σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση της λειτουργικότητας του και στην ενσωμάτωση σε αυτό διαφόρων επιθυμητών χαρακτηριστικών.

Παλαιότερα, η διαδικασία της κατασκευής τρισδιάστατων μοντέλων ήταν χρονοβόρα και με υψηλό κόστος από έμπειρους τεχνίτες με τη χρήση εργαλείων χειρός και μηχανών ακριβείας. Εκτός από το χρόνο και το κόστος υπήρχε πάντα η ασάφεια καθώς υπήρχε πάντα κάποια απόκλιση μεταξύ αρχικού σχεδίου και κατασκευαστή του δοκιμίου.

Σήμερα, χρησιμοποιούνται για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξαρτημάτων παραγωγής ποιότητας σε σχετικά μικρές ποσότητες. Ιστορικές έρευνες της RP τεχνολογίας ξεκινούν με συζητήσεις των τεχνικών περί παραγωγής ομοιωμάτων που χρησιμοποιούνταν από γλύπτες του 19ου αιώνα. Μερικοί σύγχρονοι γλύπτες χρησιμοποιούν την τεχνολογία των απογόνων για να δημιουργούν εκθέσεις. Η ικανότητα να αναπαράγουν σχέδια από ένα σύνολο δεδομένων έχει δώσει αφορμή για θέματα δικαιωμάτων.

Ταχεία προτυποποίηση δεν σημαίνει απαραίτητα και στιγμιαία .Συγκεκριμένα τα αντικείμενα που κατασκευάζονται με τις μεθόδους αυτές απαιτούν από 2 έως 72 ώρες ,ανάλογα με το μέγεθος και την πολυπλοκότητα τους . Επίσης , υπάρχουν πολλοί περιορισμοί όσον αφορά το μέγεθος των αντικειμένων που μπορούν να κατασκευαστούν αλλά και τα χρησιμοποιούμενα υλικά.

Όπως γίνεται και με τις αφαιρετικές μεθόδους (CNC), η παραδοσιακή διαδικασία RP ξεκινά με τη δημιουργία των γεωμετρικών στοιχείων, είτε ως 3D στερεό χρησιμοποιώντας ένα σταθμό εργασίας CAD, ή φέτες 2D χρησιμοποιώντας μια συσκευή σάρωσης.

Για την RP αυτά τα δεδομένα πρέπει να αντιπροσωπεύουν ένα έγκυρο γεωμετρικό μοντέλο, δηλαδή, ένα του οποίου οι οριακές επιφάνειες περικλείουν ένα πεπερασμένο όγκο και δεν περιέχουν τρύπες εκθέτοντας το εσωτερικό μέρος του .

Το μοντέλο είναι έγκυρο εάν για κάθε σημείο στο 3D χώρο, ο υπολογιστής μπορεί να προσδιορίσει αν αυτό το σημείο βρίσκεται μέσα, επάνω ή εκτός των ορίων της επιφάνειας του μοντέλου.

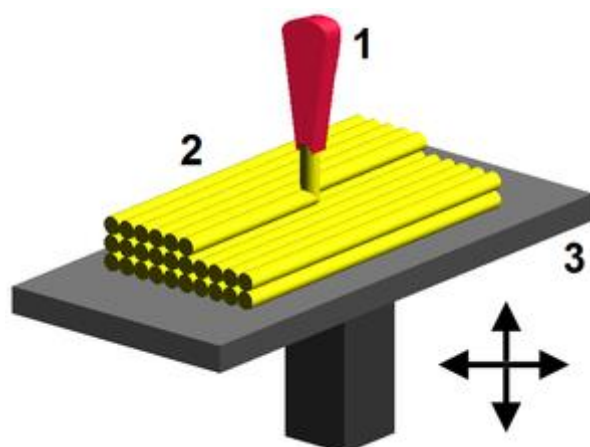
Ο λόγος που χρησιμοποιούμε τη μέθοδο Rapid Prototyping είναι για να μειώσουμε το χρόνο ανάπτυξης ,για να ελαττώσουμε τα δαπανηρά λάθη,να αυξήσουμε την αποτελεσματική επικοινωνία σε ένα περιβάλλον μηχανικής και τέλος για να παρατείνουμε τη διάρκεια ζωής του προϊόντος προσθέτοντας τα απαραίτητα χαρακτηριστικά ή εξαλείφοντας τα περιττά νωρίς στο σχεδιασμό.

Η μέθοδος μειώνει το χρόνο ανάπτυξης , επιτρέποντας διορθώσεις σε ένα προϊόν νωρίτερα στη διαδικασία.Δίνοντας στη μηχανική,στο εμπόριο και στην αγορά μια ματιά στο προϊόν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ,μπορούν να διορθωθούν τυχόν λάθη και να γίνουν αλλαγές παρόλο που είναι ανέξοδη. Οι βιομηχανίες συνεχίζουν να τονίζουν τα εξής:

1. Αύξηση του αριθμού και της ποικιλίας των προϊόντων
2. Αύξηση της πολυπλοκότητας του προϊόντος
3. Μείωση της διάρκειας ζωής του προϊόντος πριν την απαξίωση του.
4. Μείωση του χρόνου παράδοσης

Η **βασική μεθοδολογία** για όλες τις τρέχουσες τεχνικές ταχείας κατασκευής πρωτοτύπων μπορούν να συνοψιστούν ως εξής :

1. Το μοντέλο κατασκευάζεται με τη βοήθεια σχεδιαστικού λογισμικού(CAD) απο ηλεκτρονικό υπολογιστή και στη συνέχεια μετατρέπεται σε μορφή STL.
2. Το μηχάνημα RP επεξεργάζεται το αρχείο .stl δημιουργώντας στρώσεις απο υγρό,σκόνη ή φύλλο υλικού δημιουργώντας ένα φυσικό μοντέλο απο μια σειρά διατομών.
3. Το πρώτο στρώμα του φυσικού μοντέλου δημιουργείται.Το μοντέλο στη συνέχεια μειώνεται κατά το πάχος της επόμενης στρώσης και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι την ολοκλήρωση του μοντέλου.
4. Το μοντέλο και τυχόν στηρίγματα απομακρύνονται.Το μοντέλο στη συνέχεια έχει φτάσει στην τελική μορφή του και είναι έτοιμο να καθαριστεί.



Εικόνα 4.8: Εναπόθεση υλικού στην τεχνολογία FDM.

Η κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου εκτελείται κατά κανόνα με λογισμικό δημιουργίας στερεών μοντέλων όπως το Pro Engineer και όχι με τύπου AutoCad καθώς το πρώτο παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια. Ο σχεδιαστής χρησιμοποιεί ένα αρχείο CAD ή δημιουργεί ένα εξ αρχής για της ανάγκες της προτυποποίησης. Η διαδικασία είναι ίδια για όλες τις τεχνικές ταχείας προτυποποίησης.

Η μετατροπή του μοντέλου CAD σε format STL αποτελεί το δεύτερο στάδιο της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Επειδή τα αρχεία STL χρησιμοποιούν επίπεδα, δεν μπορούν να αναπαραστήσουν καμπύλες επιφάνειες, μόνο κατά προσέγγιση. Μεγάλα και πολύπλοκα αρχεία σημαίνουν μεγαλύτερο χρόνο επεξεργασίας και κατασκευής. Άρα, οι σχεδιαστές θα πρέπει να ισορροπήσουν τις απαιτήσεις ακριβείας με τις ανάγκες ευχρηστίας ώστε να κατασκευαστεί ένα χρήσιμο STL αρχείο.

Το επόμενο βήμα της διαδικασίας απαιτεί το τρέξιμο ενός προγράμματος το οποίο προετοιμάζει την κατασκευή του δοκιμίου που αναπαριστά το αρχείο STL. Το πρόγραμμα αυτό διαιρεί το ψηφιακό μοντέλο σε ένα αριθμό λεπτών διατομών καθώς μπορεί να δημιουργήσει και μια βοηθητική δομή για τη στήριξη του πρωτοτύπου κατά την κατασκευή του. Στην αγορά εμφανίζονται σήμερα διάφορα τέτοια προγράμματα τα οποία επιτρέπουν στον χρήστη να ελέγξει το μέγεθος, τη θέση και τον προσανατολισμό του ψηφιακού μοντέλου.

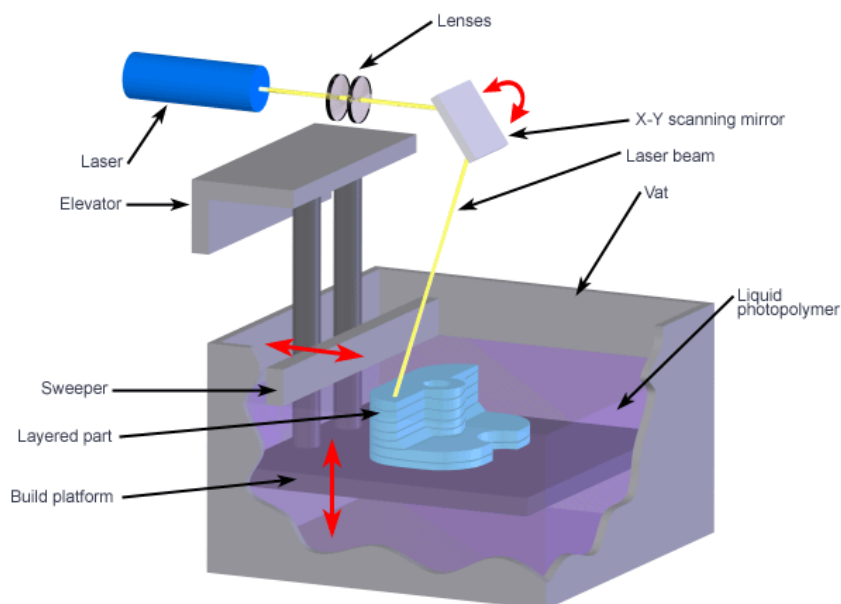
Το τέταρτο βήμα της διαδικασίας είναι η κατασκευή του φυσικού αντικειμένου με τη χρήση των 6 τεχνικών που αναφέρονται παρακάτω σε μηχανές που χρησιμοποιούν διάφορα υλικά όπως πλαστικά, ρητίνες, χαρτί, κεραμικά ή και μέταλλα σε σκόνη. Πέμπτο και τελευταίο βήμα είναι η απομάκρυνση του αντικειμένου από την μηχανή καθώς και διαφόρων στηριγμάτων που μπορεί να έχει. Επίσης, μπορεί να απαιτείται καθαρισμός και φινιρίσμα της επιφάνειας του για καλύτερη εμφάνιση αλλά και αντοχή.

Η ταχεία προτυποποίηση λειτουργεί με μια τυπική διασύνδεση δεδομένων που έχει τη μορφή αρχείου STL και το μεταφέρει από το λογισμικό CAD στο 3D μηχάνημα εκτύπωσης. Το αρχείο stl προσεγγίζει το σχήμα μιας περιοχής χρησιμοποιώντας τριγωνικές πλευρές. Συνήθως, τα συστήματα RP μπορούν να παράγουν 3D μοντέλα μέσα σε ελάχιστες ώρες, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής που χρησιμοποιείται καθώς και το μέγεθος και αριθμό των μοντέλων που παράγονται.

Υπάρχει μια πληθώρα **πειραματικών μεθόδων RP** είτε στον τομέα της ανάπτυξης ή χρησιμοποιούμενες από μικρές ομάδες ατόμων.

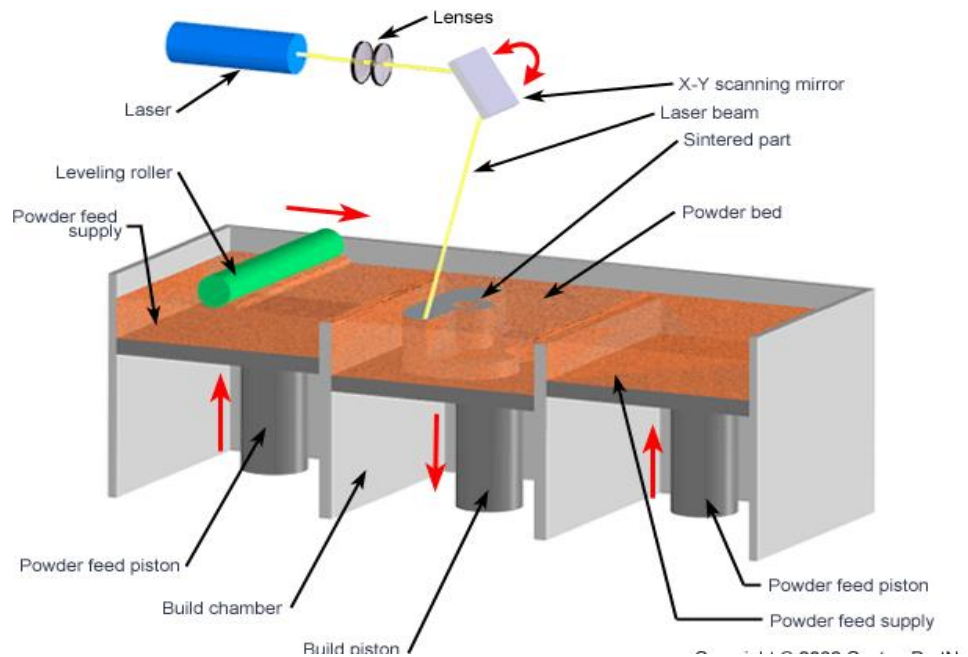
Εκείνες που είναι σήμερα διαθέσιμες στο εμπόριο, είναι οι εξής:

➤ **Stereo-lithography process (στερεολιθογραφία)**



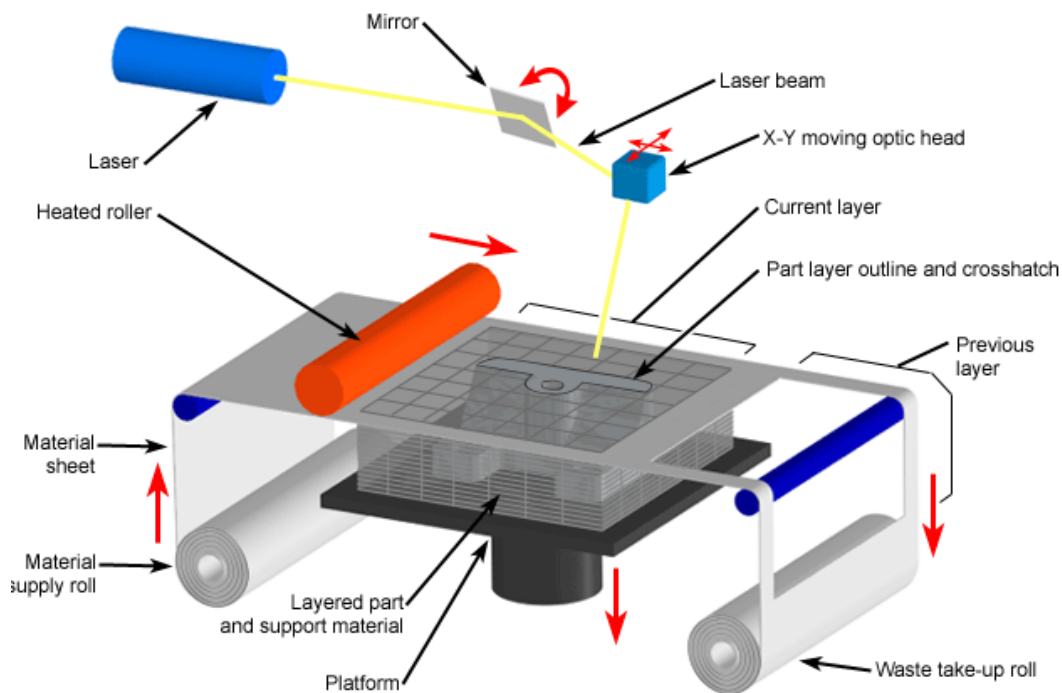
Εικόνα 4.9: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου Stereo-lithography.

- **Selective Laser Sintering(SLS)** (επιλεκτική σύντηξη με τη χρήση ακτίνων λέιζερ)



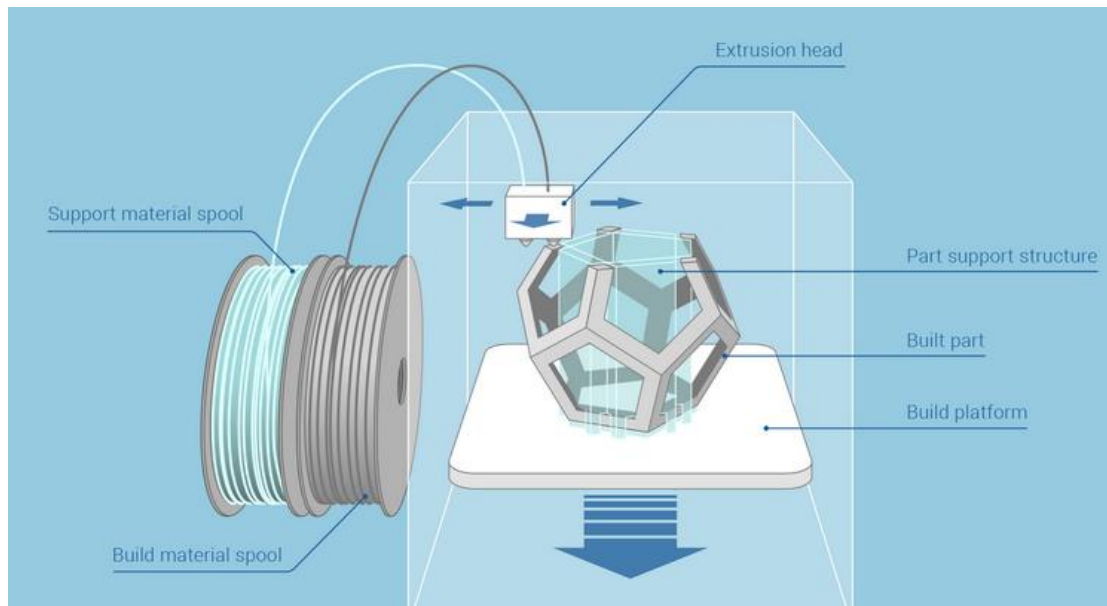
Εικόνα 4.10: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου SLS

- **Laminated Object Manufacturing(LOM)** (παραγωγή αντικειμένων μέσω της συγκόλλησης λεπτών φύλων)



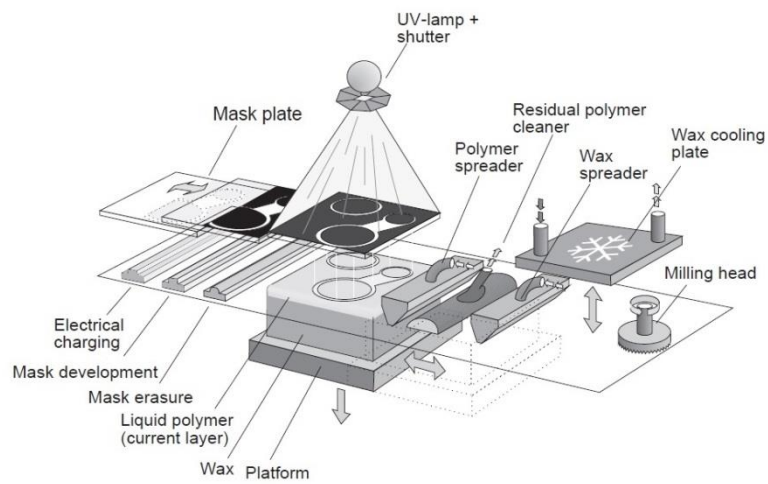
Εικόνα 4.11: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου LOM

- **Fused Deposition Modeling (FDM)**(κατασκευή μοντέλων μέσω εναπόθεσης διαδοχικών στρώσεων)

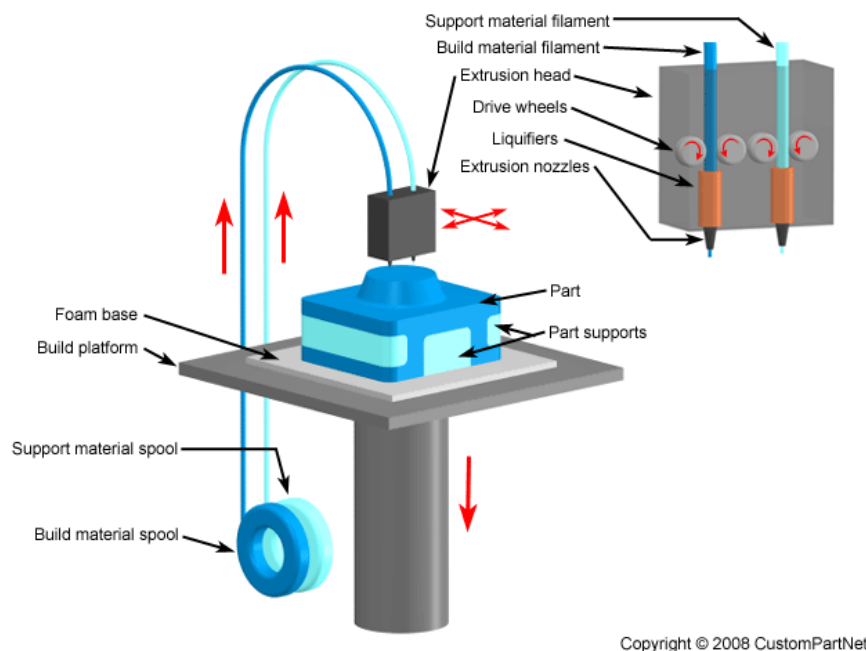


Εικόνα 4.12: Μέθοδος FDM με εναπόθεση υλικού

- **Solid Ground Curing (SGC)** (μια παραλλαγή της στερεολιθογραφίας)



Εικόνα 4.13: Λειτουργικά μέρη της μεθόδου SGC



Εικόνα 4.15: Μέρη λειτουργίας της τεχνολογίας FDM.

Η **FDM** αποτελεί μια εξέχουσα μορφή του rapid prototyping που χρησιμοποιείται κυρίως για την προτυποποίηση και ταχεία κατασκευή. Διευκολύνει τις επαναλαμβανόμενες δοκιμές καθώς έχει σύντομη διαδικασία και είναι μια ανέξοδη λύση.

Επίσης, η μέθοδος FDM χρησιμοποιεί το θερμοπλαστικό ABS, Absi, πολυφαινυλσουλφονη (PPSF), πολυανθρακικό (PC) και Ultem 9085 κ.α., λόγω των ιδιοτήτων τους σε θερμική αντοχή.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ (FDM)

- Κομμάτια από πλαστικό
- Μεγάλη αντοχή κομματιών
- Δυνατότητα συναρμολόγησης κομματιών και ελέγχου δυναμικών χαρακτηριστικών
- Κομμάτια με σχετικά καλή ακρίβεια αλλά ελαφρώς τραχεία επιφάνεια
- Μέσο κόστος κομματιών
- Μικρή δυνατότητα επεξεργασίας επιφανειών
- Κρίσιμη παράμετρος ο έλεγχος της θερμοκρασίας
- Η ταχύτητα κατασκευής επηρεάζεται σημαντικά από το σχήμα του αντικειμένου
- Δυνατότητα χρήσης σε περιβάλλον γραφείου

Κεφαλαίο 5

5.1 Ανακύκλωση υλικών ABS

Η διαδικασία της ανακύκλωσης των υλικών υπήρχε από τα αρχαία χρόνια καθώς αποτελούσε σημαντικό ρόλο στην οικοδομική δραστηριότητα του ανθρώπου. Οι νεότεροι οικισμοί χτίζονταν στη θέση προγενέστερων, αξιοποιώντας έτσι τα ερείπια των παλαιών και κάνοντας ταυτόχρονα εξοικονόμηση πρώτων υλών.

Γενικά η ανακύκλωση είναι ο τρόπος μέσω του οποίου τα απορρίματα επαναχρησιμοποιούνται ή μετατρέπονται σε πηγές ενέργειας και πρώτες ύλες. Ένα μέρος της ανακύκλωσης είναι και η μετατροπή βλαβερών για το περιβάλλον υλικών σε μη βλαβερά. Έτσι γίνεται πιο ομαλά η επανένταξη τους στο φυσικό περιβάλλον.



Στον τομέα της βιομηχανίας υπάρχει μια θετικά αυξανόμενη κίνηση προς την κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης και της επεξεργασίας των πλαστικών για οικονομικούς κυρίως αλλά και περιβαλλοντικούς λόγους. Πολλές εταιρίες έχουν ήδη αναπτύξει τεχνολογίες για το σκοπό αυτό.

Στα πλαστικά η διαδικασία βιοδιάσπασης είναι πολύ αργή, αυτό σημαίνει πως θα είναι ορατά για μήνες ή και χρόνια.

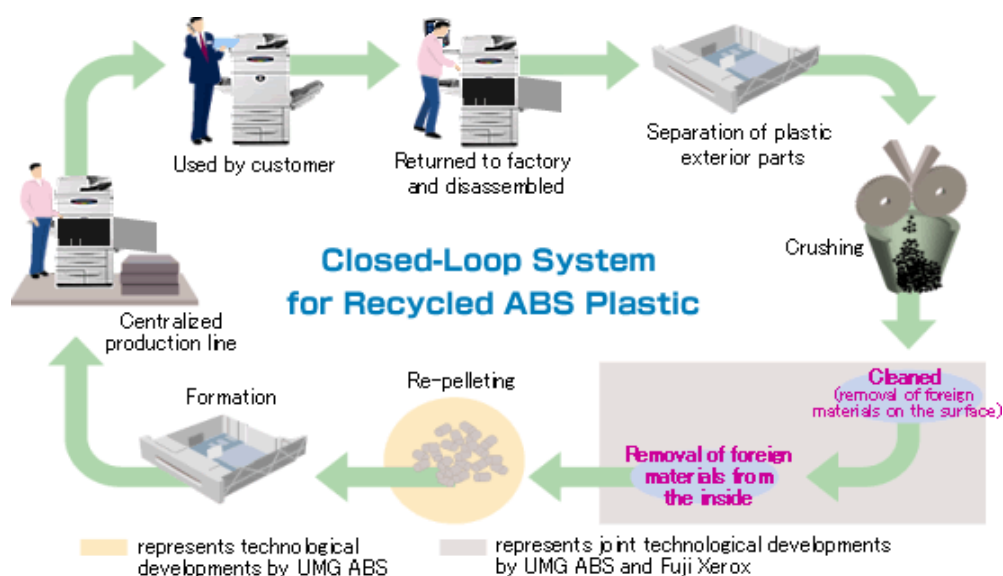
Παρόλο που υπάρχει μια ταχεία ανάπτυξη σε κατανάλωση πλαστικών στον αναπτυσσόμενο κόσμο, η κατανάλωση πλαστικών στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι πολύ χαμηλότερη από τις βιομηχανικές χώρες. Ο λόγος που η ανακύκλωση στις αναπτυσσόμενες χώρες αυξάνεται οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως:

- Χαμηλότερα εργατικά κόστη
- Υπάρχουσα νοοτροπία για ανακύκλωση

- Ελαστικό θεσμικό πλαίσιο
- Χαμηλό κόστος συλλογής και μεταφοράς
- Χαμηλό κόστος των πρώτων υλών

Δεν είναι όλα τα πλαστικά ανακυκλώσιμα .Υπάρχουν 4 κατηγορίες πλαστικών τα οποία συνήθως ανακυκλώνονται:

1. Πολυαιθυλένιο (PE)
2. Πολυπροπυλένιο (PP)
3. Πολυστυρένιο (PS)
4. Χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC)



Εικόνα 5.1: Ολοκληρωμένο σύστημα ανακύκλωσης ABS

Η κατηγορία των πλαστικών ABS με τις προσμίξεις που έχει καθιστά την ανακύκλωση του ιδιαίτερα δύσκολη, ταυτόχρονα όμως και αρκετά προσιπή λόγω χαμηλού κόστους της διαδικασίας .

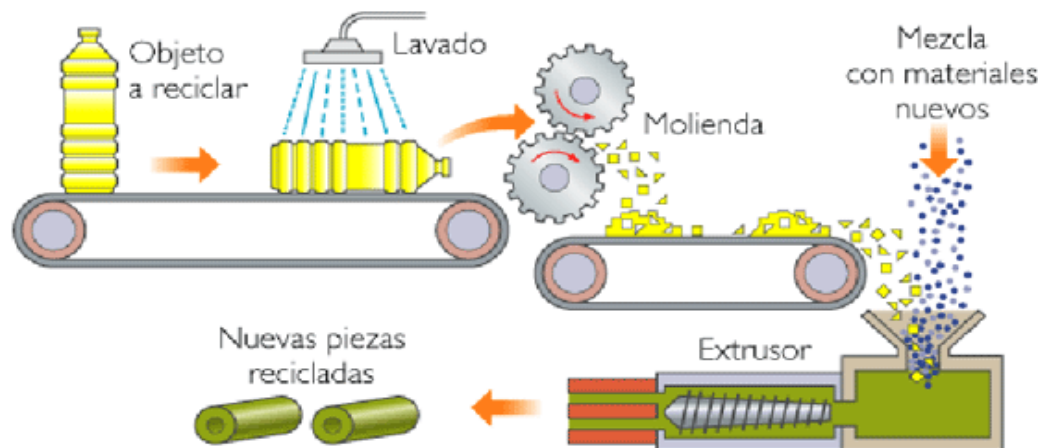
Η διαδικασία με την οποία ανακυκλώνεται το υλικό είναι η εξής :

- Κόβεται το υλικό
- Στη συνέχεια ,διαχωρίζεται
- Αναλύονται τα κομμάτια
- Γίνεται συνδυασμός καθαρού ABS με τα παραπάνω κομμάτια
- Τελική καινούρια μορφή ABS



Εικόνα 5.2: Μηχανή κοκκοποίησης ABS υλικών .

Πιο συγκεκριμένα , τα προϊόντα τεμαχίζονται και απομακρύνονται τα ανεπιθύμητα μέταλλα και πλαστικά ώστε να παραμείνει μόνο το πλαστικό ABS . Για αυτή τη διαδικασία διαχωρισμού χρησιμοποιείται ένα σύστημα νερού με διαφορετικά ρεύματα ταχύτητας . Εφόσον έχει διαχωριστεί το ABS τότε αναμιγνύεται με καθαρό ανόθευτο ABS και έτσι παράγεται το επιθυμητό ανακυκλωμένο πλαστικό.



Εικόνα 5.3: Διαδικασία ανακύκλωσης του υλικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

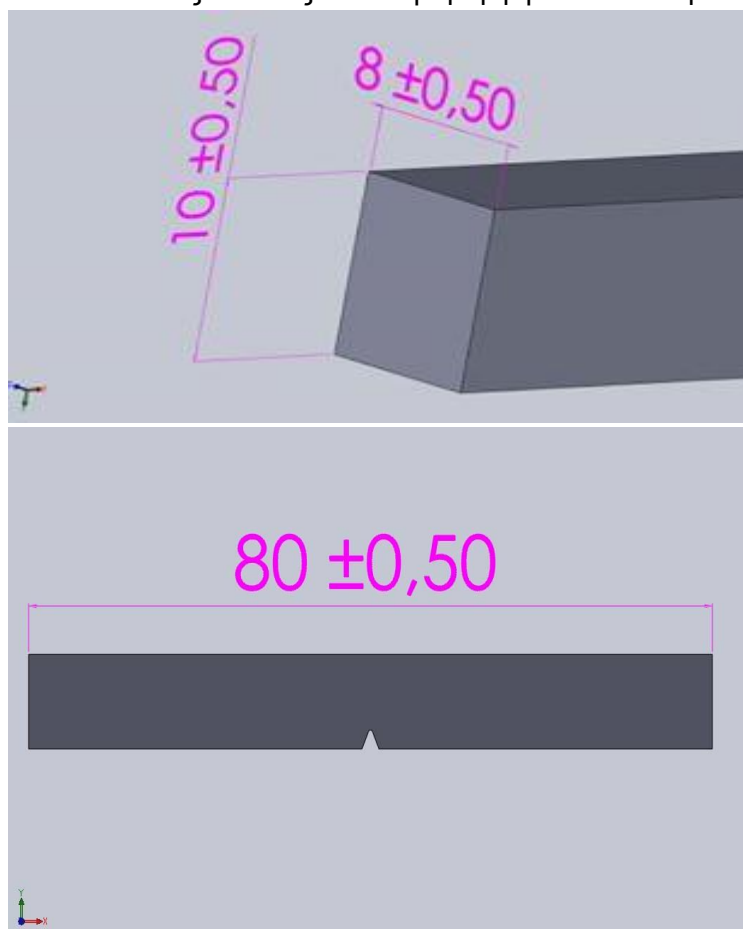
6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στην εργασία αυτή εξετάζω την αντοχή στη ρηγμάτωση των Μηχανολογικών πλαστικών ABS και ABS plus. Το ABS όπως αναφέρθηκε ήδη είναι ένα συμπολυμερές Ακρυλονιτριλίου-Βουταδιενίου-Στυρενίου.

Τα δοκίμια κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο Rapid Prototype (RP) στο εργαστήριο του τμήματος . Πρίν τη συγκεκριμένη διαδικασία όμως σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα σχεδίασης Solid works .Στη συνέχεια , το αρχείο των σχεδίων μετατράπηκε σε αρχείο STL και μεταφέρθηκε στο λογισμικό Catalyst Ex για να γίνει και η εκτύπωση τους.

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι να προσδιοριστεί η αντοχή στη ρηγμάτωση και στη συνέχεια να υπολογισθεί η δυσθραυστότητα των υλικών . Για τον υπολογισμό αυτό πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες κρούσης σύμφωνα με το πρότυπο ASTM D6110.

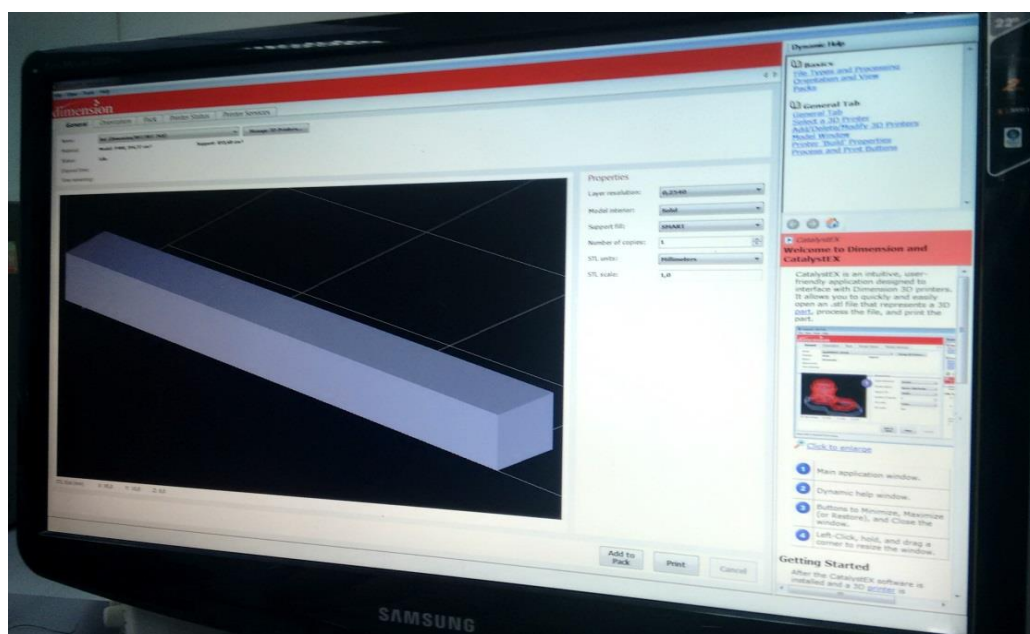
Οι διαστάσεις καθώς και η μορφή των δοκιμίων φαίνονται στο σχήμα :



Εικόνα 6.1: Δοκίμιο στο σχεδιαστικό χώρο του Solid works.

Όσον αφορά τον προσανατολισμό και την τοποθέτηση των δοκιμίων ,θα πρέπει να προσθέσουμε ότι η τοποθέτηση ως προς την πλάκα που εναποθέτεται το υλικό απο την κεφαλή του εκτυπωτή είναι οριζόντια ,με κίνηση της κεφαλής 45 μοίρες προς την ήδη σταθερή πλάκα.

Η δόμηση του κάθε δοκιμίου που κατασκευάστηκε γίνεται απο κάτω προς τα πάνω μέχρι να φτάσει το καθορισμένο πάχος . Το δοκίμιο κτίζεται σταδιακά σε μορφή πλέγματος (χιαστί). Αρχικά ,δημιουργείται μια στρώση με προσανατολισμό 45 μοιρών ως προς τη διεύθυνση εφέλκυσμού και έπειτα τοποθετείται η επόμενη στρώση με τον αντίστοιχο προσανατολισμό. Αυτή η εναλλαγή στρώσεων συνεχίζεται μέχρι το τέλος της διαδικασίας εκτύπωσης του δοκιμίου. Το πάχος των γραμμών του υλικού έχει καθοριστεί απο τους εκτυπωτές (Layer Resolution).



Εικόνα 6.2: Εισαγωγή και τοποθέτηση του δοκιμίου στο πρόγραμμα dimension .

6.2 ΥΛΙΚΑ

Το υλικό εναπόθεσης που χρησιμοποιήθηκε είναι Model & Support και βρίσκεται σε κασέτες . Το Support είναι το υλικό που χρησιμοποιείται σαν βάση ώστε να στερεωθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το Model για την υλοποίηση του κάθε δοκιμίου. Η κάθε κασέτα περιέχει ποσότητα υλικού που αντιστοιχούμενη σε 922 cm³. Στις κασέτες αναγράφονται οι κωδικοί για το κάθε υλικό (p400 για το ABS και p430 για το ABS plus). Τα χρώματα ποικίλουν, στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως αυτά που χρησιμοποιήθηκαν είναι το καφέ για Support για την ELITE μηχανή και αντίστοιχα το ασημί για την BST 768 μηχανή.

Επίσης ,χρησιμοποιήθηκαν 4-5 πλάκες εκτύπωσης απο την αρχή της διαδικασίας.



Εικόνα 6.3 : α) Παρουσιάζεται η κασέτα πριν τοποθετηθεί στον εκτυπωτή
β) Το εσωτερικό μιας κασέτας με το υλικό .



Εικόνα 6.4: Πλάκες εκτύπωσης των δοκιμίων πριν τη χρήση.

6.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Η κατασκευή των δοκιμίων γίνεται με εναπόθεση υλικού με τη Μέθοδο ταχείας προτυποποίησης . Δηλαδή στην τεχνική αυτή ίνες θερμού πλαστικού υλικού εξέρχονται απο την κεφαλή η οποία κινείται σε επίπεδο $x-y$. Η κεφαλή εναποθέτει λεπτές στρώσεις του πλαστικού πάνω σε μια βάση,διαγράφοντας την πρώτη διατομή.Το υλικό σταθεροποιείται γρήγορα εφόσον η βάση βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία . Έπειτα η βάση κατεβαίνει και η κεφαλή εναποθέτει το δεύτερο στρώμα πάνω στο πρώτο. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι και την ολοκλήρωση του αντικειμένου.

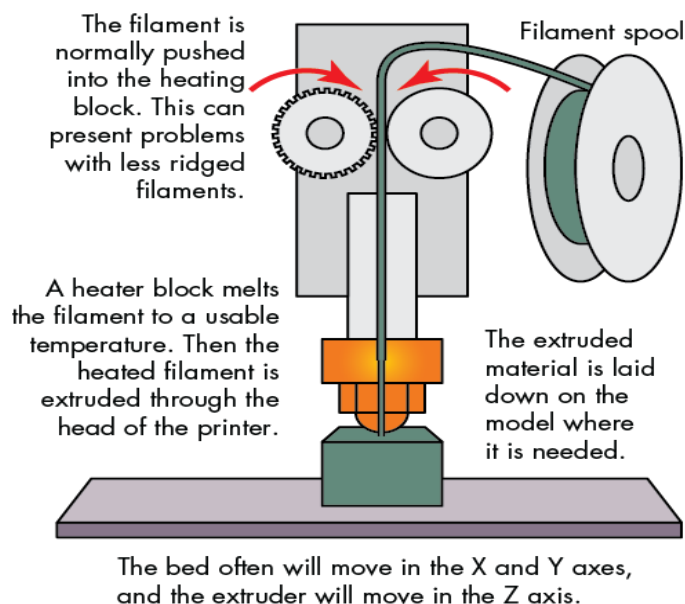
Η μέθοδος δεν έχει κανένα περιορισμό στην μορφή και στην γεωμετρία της

υλοποίησης των αντικειμένων . Έχει την ικανότητα να εκτυπώνει σύνθετα αντικείμενα τα οποία είναι και λειτουργικά ταυτόχρονα.

Παρουσιάζεται σε διάφορους τομείς όσον αφορά την **εφαρμογή** ,όπως :

- Στην διαφήμιση (συσσκευασίες)
- Στην αρχαιολογία (αντίγραφα αρχαιοτήτων)
- Στην αρχιτεκτονική (χρήση μακέτας)
- Στην τέχνη
- Στην μηχανολογία (μοντέλα παρουσίασης-έλεγχου λειτουργικότητας)
- Gaming και animation
- Στον βιομηχανικό σχεδιασμό (πρωτότυπα μοντέλα σε πλαστικό)
- Στην ιατρική (νάρθηκες,ορθοδοντική χρήση)
- Στον μοντελισμό
- Στην ναυπηγική
- Στην επιστήμη και την εκπαίδευση

Η μέθοδος με την οποία λειτουργούν οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η FDM όπου εισέρχεται το υλικό στήριξης και το υλικό εναπόθεσης στην κεφαλή και όταν φτάσει στην κατάλληλη θερμοκρασία τότε γίνεται η εναπόθεση στην βάση του εκτυπωτή.



Εικόνα 6.5: Διαγραμματική απεικόνιση της μεθόδου FDM

Στη συγκεκριμένη μελέτη οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι :

- **Dimension elite (ABS plus)**
- **Dimension BST 768 (ABS)**

Οι εκτυπωτές Dimension λειτουργούν εύκολα, αυτόματα χωρίς επιτήρηση και αθόρυβα εφόσον χρησιμοποιούν το λογισμικό EX . Δεν υπάρχουν αναθυμιάσεις επιβλαβής στον οργανισμό ή χρησιμοποιούμενα τοξικά υλικά που να απαιτούν κάποιο ειδικό χειρισμό.

Αποτελούνται απο την κεντρική οθόνη, οθόνες και πλήκτρα ειδικών επιλογών, το θάλαμο εκτύπωσης, την κασέτα υλικού στήριξης και την κασέτα υλικού εκτύπωσης. Δίπλα βρίσκεται και η συσκευή διάλυσης του υλικού στήριξης (support) και ένας θερμοστάτης



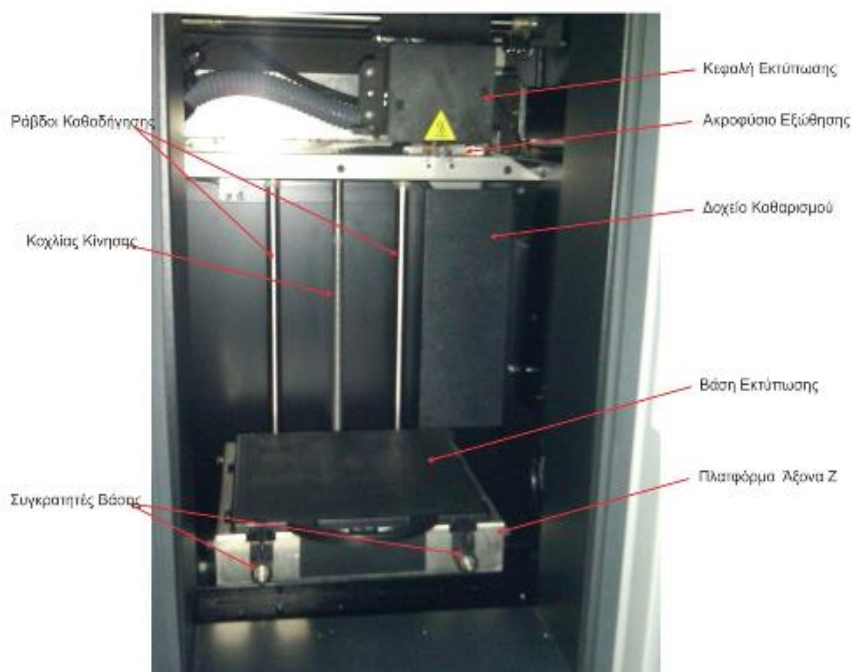
Εικόνα 6.6: Εκτυπωτής Dimension Elite



Εικόνα 6.7: Θάλαμος εκτύπωσης Dimension Elite



Εικόνα 6.8: Εκτυπωτής Dimension BST 768



Εικόνα 6.9: Εσωτερικός θάλαμος εκτύπωσης του Dimension BST 768.

Ο εκτυπωτής **Dimension BST 768** είναι κατάλληλος για περίπλοκα μοντέλα και χρησιμοποιείται συχνά για την παραγωγή ιατρικών συσκευών και ηλεκτρικών ειδών. Εξυπηρετεί τις ανάγκες για δημιουργία μικροσκοπικών κομματιών που απαιτούν προσοχή στη λεπτομέρεια.

Ο εκτυπωτής **Dimension Elite** παρέχει ισχυρότερα λειτουργικά μοντέλα με λεπτομέρεια στα χαρακτηριστικά και βελτιωμένο φινίρισμα επιφάνειας .

Τεχνικά χαρακτηριστικά εκτυπωτών

- Συμβατά υλικά : ABS και ABSplus σε οποιαδήποτε απόχρωση
- Υλικό στηρίγματος : Τεχνολογία υδατοδιαλυτού υλικού στηρίγματος
- Θάλαμος εκτύπωσης : 203 X 203X 305mm
- Πάχος στρώσης υλικού: 0.178 mm ή 0.254mm
- Συμβατότητα εκτυπωτή: Windows Vista
- Συνδεσιμότητα δικτύου: Ethernet TCP/IP 10/100Base-T
- Μέγεθος και βάρος : 686 x 914 x 1041 mm και 136kg
- Ρυθμιστική συμβατότητα: CE/ETL
- Ειδικές απαιτήσεις εγκατάστασης : Καμία
- Λογισμικό : Catalyst
- Βάρος μηχανής : 136 κιλά

Κατηγορίες μηχανικών δοκιμών

Η μηχανική συμπεριφορά των υλικών είναι πολύ σημαντική για την χρήση τους σε μηχανολογικές κατασκευές και όχι μόνο. Οι μηχανικές δοκιμασίες των υλικών έχουν ως σκοπό τον έλεγχο των μηχανικών τους ιδιοτήτων και διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- 1) στις καταστρεπτικές μεθόδους
- 2) στις μη καταστρεπτικές μεθόδους

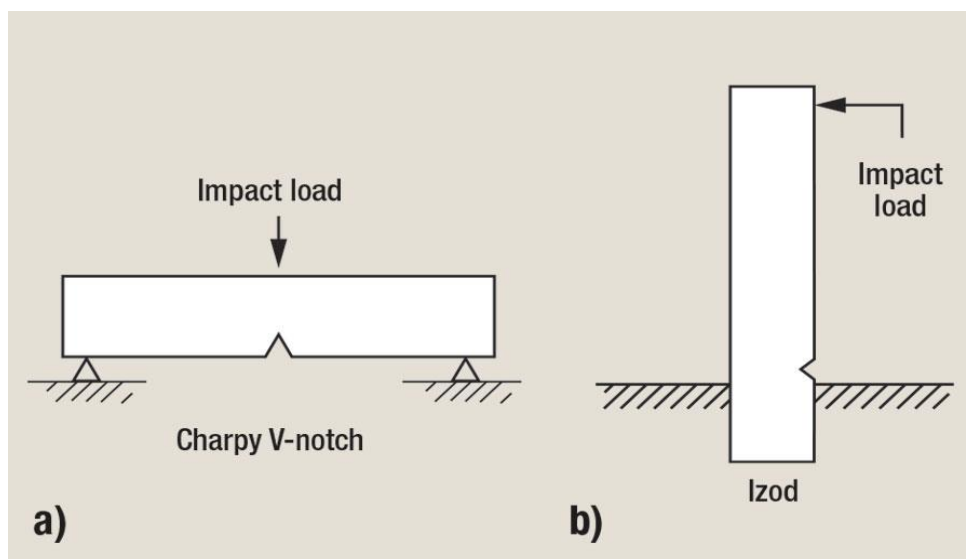
Στις **καταστρεπτικές μεθόδους** ανήκουν βασικά οι μηχανικές δοκιμές ,έχοντας ως σκοπό τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών , όπως :

- 1) δοκιμή εφελκυσμού και θλίψεως
- 2) δοκιμή σκληρότητας
- 3) δοκιμή κρούσης
- 4) δοκιμή κόπωσης
- 5) δοκιμή ερπυσμού

Η δυσθραυστότητα είναι πολύ σημαντική ιδιότητα των υλικών. Ο έλεγχος γίνεται μέσω δοκιμής κρούσης με τη βοήθεια εκκρεμούς σφύρας . Οι μορφές δοκιμής είναι οι εξής :

- **δοκιμή Charpy**
- **δοκιμή Izod**

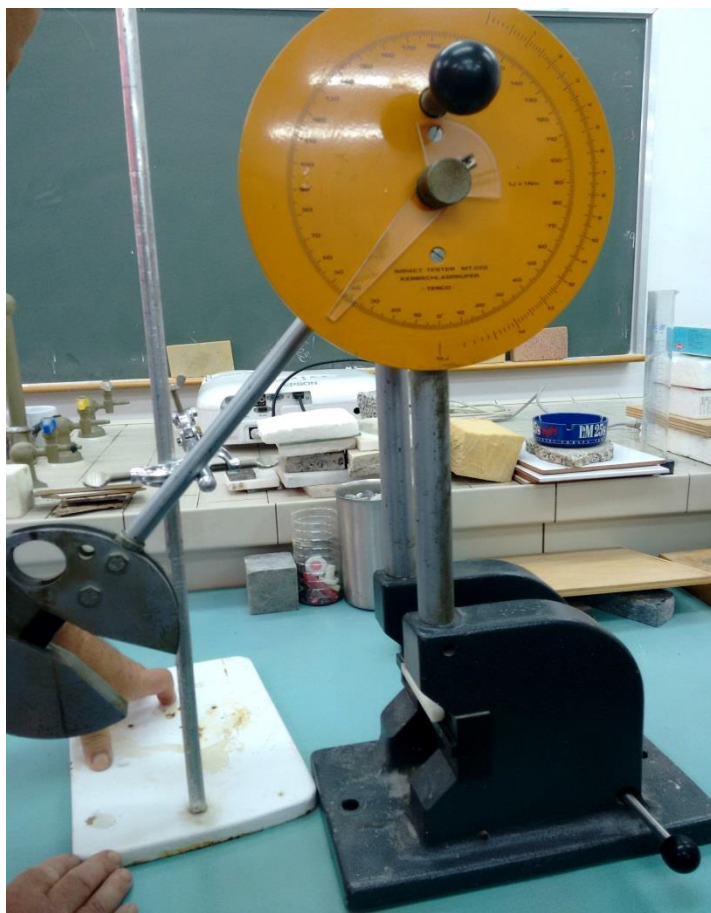
Στην περίπτωση της δοκιμής Izod το δοκίμιο είναι πακτωμένο απο το ένα άκρο στο άλλο ,ενώ στη δοκιμή Charpy το δοκίμιο συγκρατείται στα δύο άκρα του .Η μέθοδος αυτή περιγράφεται λεπτομερώς παρακάτω.



Εικόνα 6.10: Σχηματική απεικόνιση των μεθόδων Charpy και Izod .

Κρούση είναι η φυσική ή όχι συνάντηση δυο σωμάτων με βίαιο και αιφνίδιο τρόπο. Γενικότερα ,τα κρουστικά φορτία είναι φορτία που μεταβάλλονται γρήγορα σε σχέση με το χρόνο. Η μέτρηση γίνεται με κρουσίμετρα,που είναι ειδικά όργανα για καταπόνηση σε κρουστική κάμψη. Η διαφορά της πραγματικότητας με το εργαστήριο είναι ότι η φόρτιση και η ταχύτητα επιβολής διαφέρουν. Δηλαδή, στο περιβάλλον του εργαστηρίου υπάρχει χρονικός ,τοπικός και ποσοτικός περιορισμός του κρουστικού φορτίου.

Για τη δοκιμασία κρούσης χρησιμοποιήθηκε η συσκευή του εργαστηρίου Τεχνολογίας Υλικών η οποία παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 6.11: Συσσκευή εκκρεμούς σφύρας - Charpy testing machine του εργαστηρίου τεχνολογίας υλικών.

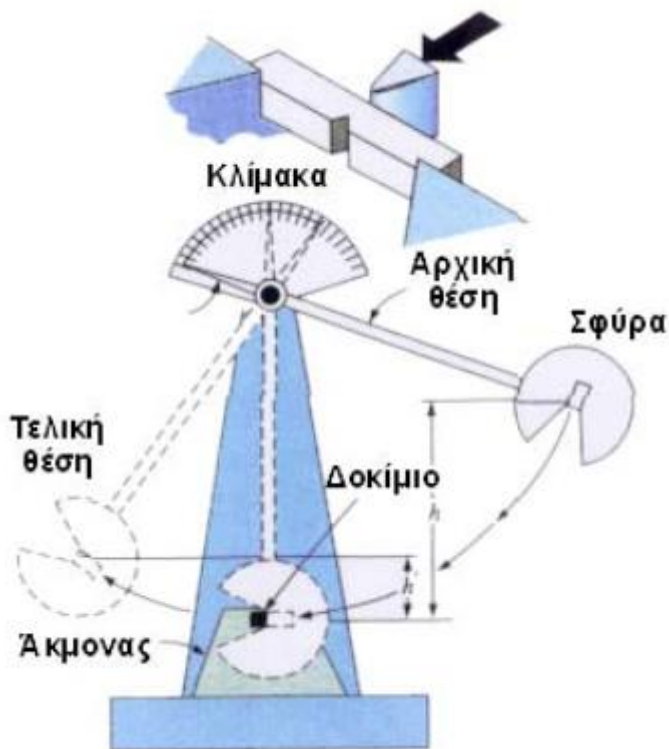
Η εργαστηριακή συσκευή αποτελείται από :

- Τον ορθοστάτη κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο
- Το εκκρεμές που συγκρατείται με κατάλληλο μοχλό στο πάνω μέρος του
- Το άκρο ράβδου εκκρεμούς ,δηλαδή τη σφύρα για την κρούση
- Στο μπροστινό μέρος ,μια κυκλική κλίμακα με το ίδιο κέντρο με τον άξονα του εκκρεμούς (υποδιαιρέσεις 0-10 cm*kg)
- Ο δείκτης μέγιστης εκτροπής που δείχνει και τη θέση μέγιστης ανύψωσης της σφύρας μετά την κρούση

Η αρχή λειτουργίας της συσκευής είναι η εξής :

- Τοποθετείται το δοκίμιο από ABS στην κατάλληλη υποδοχή και στηρίζεται στα δύο άκρα .
- Γίνεται κρούση από αιωρούμενη σφύρα που πέφτει από καθορισμένο ύψος στο μέσο του δοκιμίου.
- Γίνεται η θραύση και το δοκίμιο απορροφά μέρος της κινητικής ενέργειας της

- σφύρας
- Παρόλα αυτά ,η σφύρα συνεχίζει τη διαδρομή της ,αλλά σε μικρότερο ύψος απο το αρχικό
- Συνεχίζεται η ταλάντωση της σφύρας
- Το εκρεμές συμπαρασύρει το δείκτη μέγιστης εκτροπής
- Ακινητοποιείται ο δείκτης μέγιστης εκτροπής πάνω στη βαθμονομημένη κυκλική κλίμακα



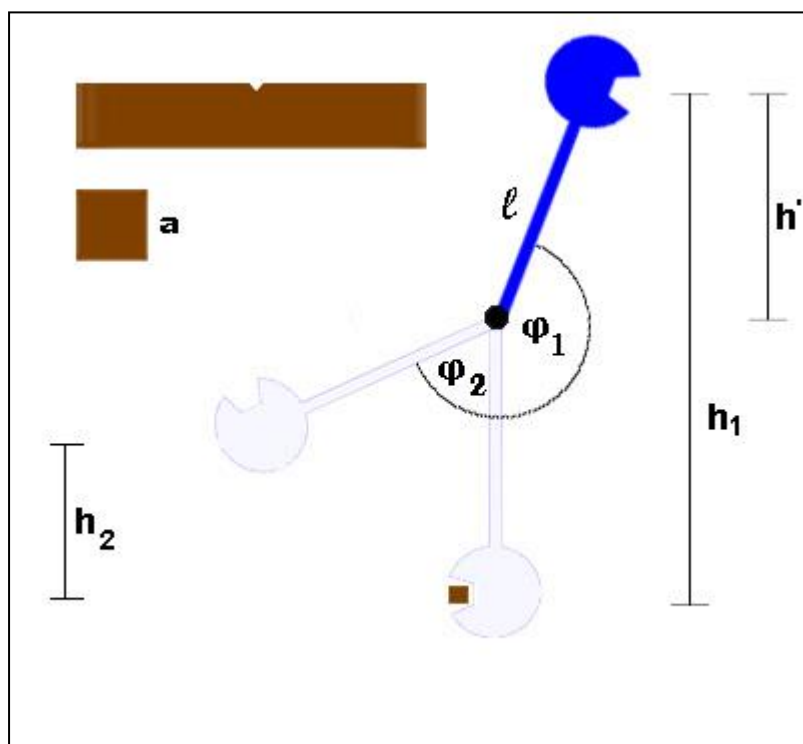
Εικόνα 6.12: Αναπαράσταση της κρούσης .Το δοκίμιο συγκρατείται στα δύο του άκρα ως αμφέρειστος δοκός και το κτύπημα γίνεται στη μέση.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η σφύρα απελευθερωνόταν απο διαφορετικά ύψη για κάθε δοκιμασία . Επίσης, το ύψος πτώσης της σφύρας καθοριζόταν κάθε φορά απο την γωνία της αρχικής θέσης του βραχίωνα της σφύρας ενώ το ύψος ανύψωσης της σφύρας μετά τη θραύση του δοκιμίου απο την αντίστοιχη γωνία . Επιλέχθηκαν αρχικά γωνίες απο 60 μοίρες έως και 20 μοίρες και γινόταν δοκιμασία κάθε 5 μοίρες.

Υπολογισμός του ύψους θέσης της σφύρας πριν την πρόσκρουση και μετά τη θραύση του δοκιμίου.

a	b	S	S	B	B	L
mm	mm	mm ²	m ²	kp	N	m
8	8	64	0,000064	2	19,62	0,39

φ1	φ2	h1	h2	Bh1	Bh2	Bh1-Bh2	Gc
		m	m	Nm(J)	Nm(J)	J	kJ/m ²
40	0	0,091	0,000	1,79	0,00	1,79	28,0



Υπολογισμός της Ταχύτητας Κρούσης

Δυναμική ενέργεια στο ύψος h_1 δίδεται απο τον τύπο :

$$E_{\Delta} = m \cdot g \cdot h_1$$

Κινητική Ενέργεια στο ύψος μηδέν (σημείο κρούσης)

$$E_{\kappa} = 1/2 \cdot m \cdot u^2 \quad E_{\Delta} = E_{\kappa}$$

$$U = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}$$

Όπου

m : το βάρος της σφύρας k_g

U : η ταχύτητα κατά την κρούση m/s

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας που είναι 9,81 m/s²

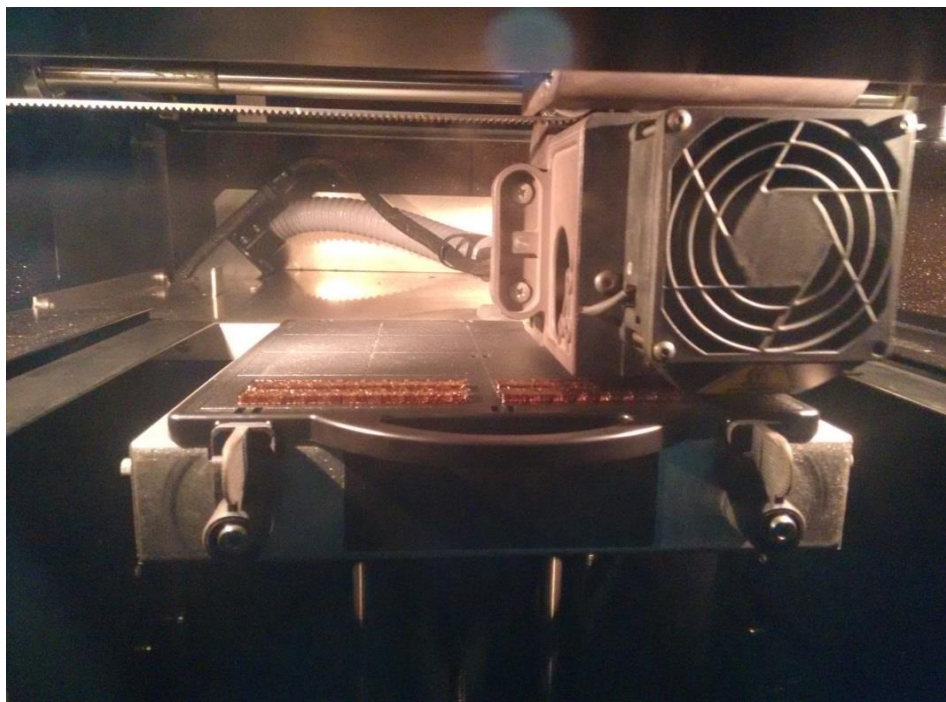
h_1 : αρχικό ύψος πτώσης της σφύρας m

Ενέργεια που απορροφάται απο το υλικό

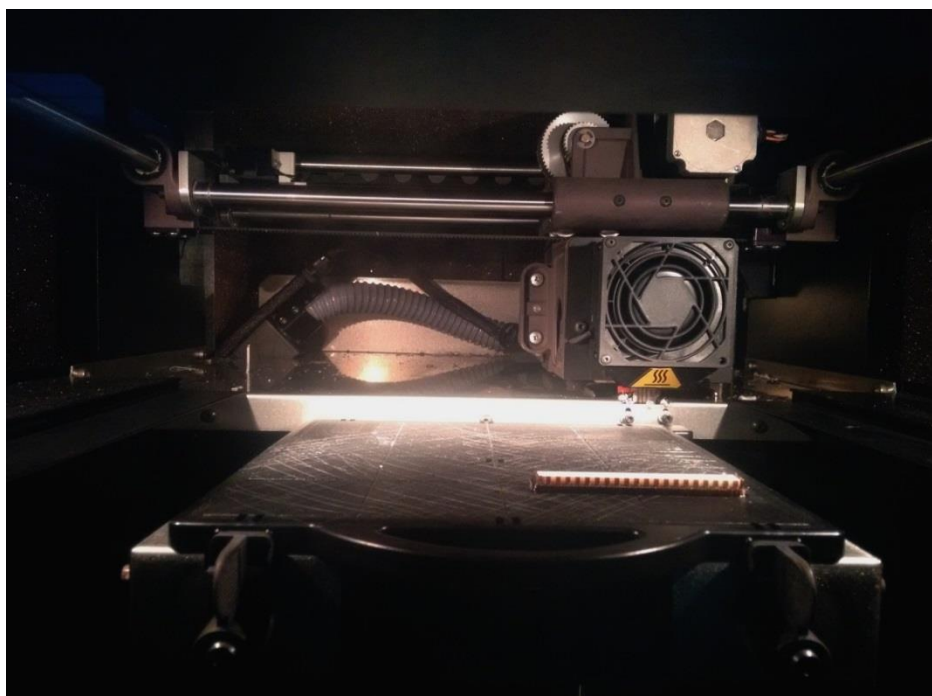
Είναι η διαφορά ενέργειας που έχει η σφύρα στα ύψη h_1 και h_2 .

Η ενέργεια αυτή διαιρούμενη με τη διατομή του δοκιμίου υπολογίζεται η ενέργεια η οποία απορροφάται απο το υλικό και τη θραύση του για ορισμένη ταχύτητα ρούσης (impact velocity) και θερμοκρασία.

6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



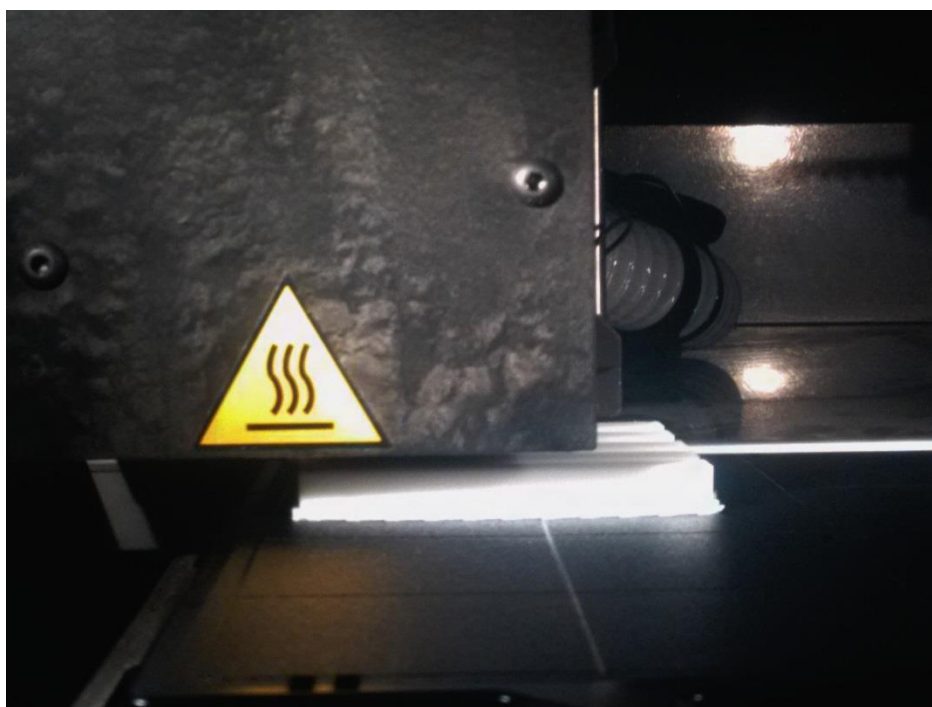
Εικόνα 6.13: Αρχή εκτύπωσης με προσθήκη support υλικού στο Dimension Elite.



Εικόνα 6.14: Τέλος εκτύπωσης στο Dimension Elite και επιστροφή της κεφαλής πίσω. Βλέπουμε επίσης, περιμετρικά τοποθέτηση support υλικού εφόσον χρειάστηκε για καλύτερη στήριξη του δοκιμίου.



Εικόνα 6.15: Εκτύπωση με εναπόθεση ABS υλικού στο Dimension BST 768 εκτυπωτή μετά την τοποθέτηση του γκρί support υλικού.

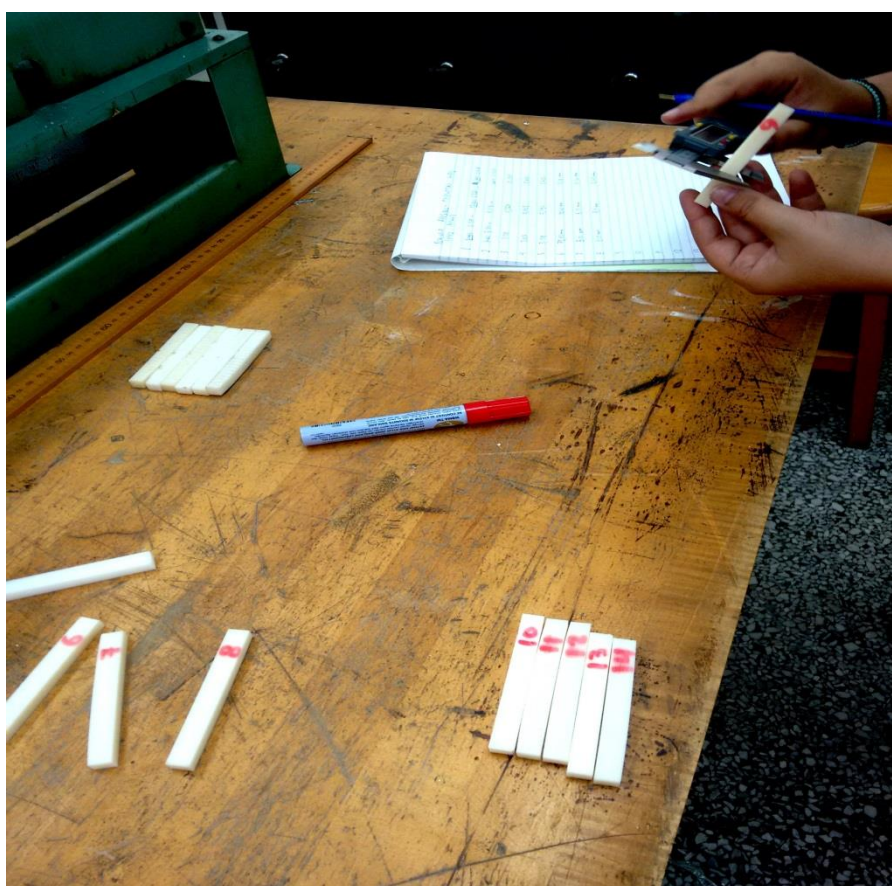


Εικόνα 6.16: Τέλος εκτύπωσης στον Dimension BST 768 εκτυπωτή

Τα δοκίμια εκτυπώθηκαν σε θερμοκρασία 270 βαθμών στην BST και 280 βαθμών στην Elite αντίστοιχα.

Για τις ανάγκες του πειράματος, εκτυπώθηκαν περίπου 40 δοκίμια εκ των οποίων τα 20 με ρωγμή στη μέση και τα υπόλοιπα 20 χωρίς ρωγμή.

Στη συνέχεια, εφόσον τυπωθούν όλα τα δοκίμια ακολουθεί η δοκιμασία της κρούσης στην μηχανή εκκρεμούς σφύρας (Charpy test machine).



Εικόνα 6.17: Μέτρηση δοκιμίων με το παχύμετρο

Αρχικά, έγινε μέτρηση των διαστάσεων όλων των δοκιμίων με το παχύμετρο και έπειτα η δοκιμασία κρούσης και η καταγραφή των αποτελεσμάτων. Για κάθε δοκιμασία, η σφύρα της συσκευής επελευθερωνόταν από διαφορετικά ύψη μέχρις ότου βρεθεί το δοκίμιο που δεν θα σπάσει.

Η διαδικασία έγινε πρώτα για τα δοκίμια ABS (με ρωγμή και χωρίς) και έπειτα για τα ABS plus (με ρωγμή και χωρίς).



Εικόνα 6.18: Δοκίμια χωρίς ρωγμή μετά την δοκιμή τους σε κρούση με τη σφύρα .



Εικόνα 6.19: Δοκίμια με ρωγμή στη μέση μετά τη δοκιμή τους σε κρούση .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας μου ,ήταν να μελετήσω τη συμπεριφορά σε κρούση δοκιμίων τα οποία κατασκευάστηκαν απο τα υλικά ABS και ABS PLUS . Τα συγκεκριμένα υλικά κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4 . Κατασκευάστηκαν δοκίμια με ρωγμή και δοκίμια χωρίς ρωγμή. Οι διαστάσεις φαίνονται στο σχήμα 6.1 του κεφαλαίου 6 που αφορά το πειραματικό μέρος.

Τα δοκίμια κατασκευάστηκαν σύμφωνα με το πρότυπο ASTM D6110 ή το αντίστοιχο του SREN ISO 179.

Στους πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων .Οι τιμές των αρχικών μετρήσεων . Οι τιμές των αρχικών μετρήσεων των γωνιών Φ1 και Φ2 αποτελούν μέσους όρους των τιμών που έδωσαν τα δοκίμια.

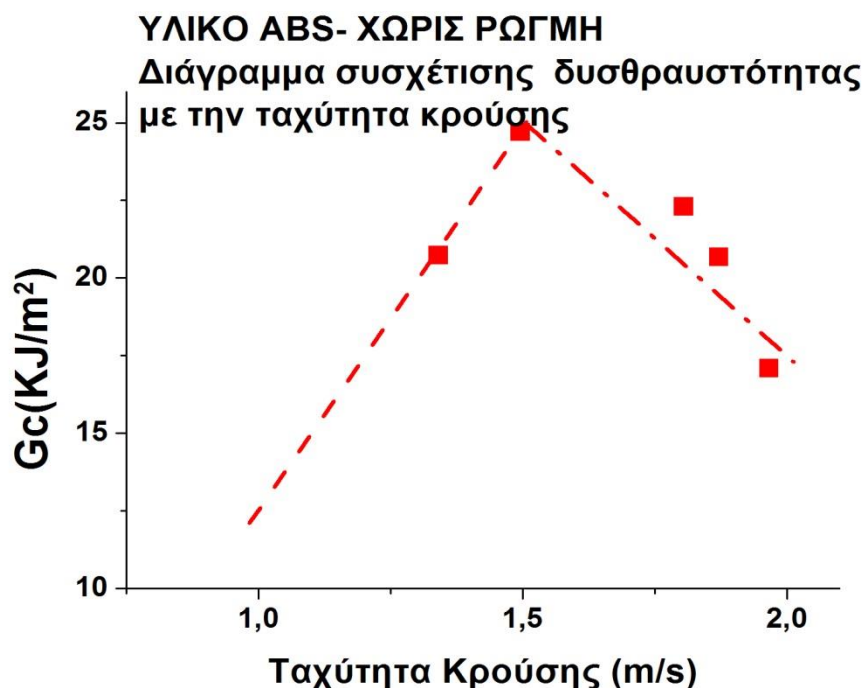
ΠΙΝΑΚΑΣ 1										
ΔΟΚΙΜΙΑ: ABS plus - χωρίς ρωγμή										
φ1 (μοίρες)	φ2 (μοίρες)	Gc (kJ/m2)	h1(m)		u(m/s)	E				Αποτέλεσμα κρούσης
60	44	27,7		0,197	0,109	1,97	3,87	2,14		πλήρης θραύση
55	40,5	22,3		0,195	0,093	1,96	3,83	1,82		πλήρης θραύση
50	30,5	26		0,166	0,054	1,80	3,26	1,06		πλήρης θραύση
45	28,5	20,5		0,114	0,047	1,50	2,24	0,92		πλήρης θραύση
40	22	19,3		0,091	0,028	1,34	1,79	0,55		πλήρης θραύση
35	0			0,071	0	1,18	1,39			χωρίς θραύση
ΔΟΚΙΜΙΑ: ABS plus - με ρωγμή										
φ1 (μοίρες)	φ2 (μοίρες)	Gc(KJ/m2)	h1(m)		u(m/s)	E				Αποτέλεσμα
60	50	22,8		0,197	0,139	1,97	3,87	2,73		πλήρης θραύση
50	39	21,4		0,166	0,087	1,80	3,26	1,71		πλήρης θραύση
45	31	23,9		0,114	0,056	1,50	2,24	1,10		πλήρης θραύση
40	30	15,9		0,091	0,052	1,34	1,79	1,02		πλήρης θραύση
35	23	16,2		0,071	0,031	1,18	1,39	0,61		πλήρης θραύση
30	0			0,052	0	1,01	1,02			χωρίς θραύση

Σχήμα 7.1 : Πίνακας τιμών μετρήσεων και υπολογισμών για το υλικό ABS PLUS.

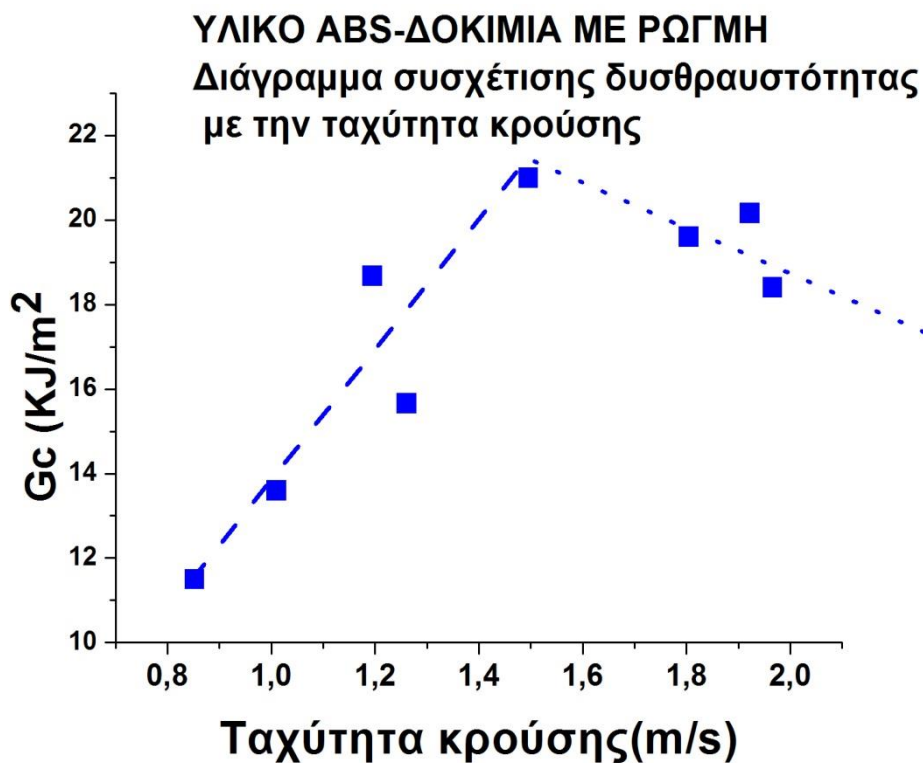
ΠΙΝΑΚΑΣ 2									
ΔΟΚΙΜΙΑ: ABS - χωρίς ρωγμή									
φ1 (μοίρες)	φ2 (μοίρες)	Gc(kJ/m2)	h1(m)		u(m/s)	E			Αποτέλεσμα
60	50	17,1	0,197	0,139	1,97	3,87	2,73		πλήρης θραύση
55	40	23	0,195	0,091	1,96	3,83	1,79		πλήρης θραύση
50	34	22,3	0,166	0,067	1,80	3,26	1,31		πλήρης θραύση
45	24	24,7	0,114	0,034	1,50	2,24	0,67		πλήρης θραύση
40	20	20,8	0,091	0,024	1,34	1,79	0,47		πλήρης θραύση
35	0		0,071	0	1,18	1,39			χωρίς θραύση
ΔΟΚΙΜΙΑ: ABS - με ρωγμή									
φ1 (μοίρες)	φ2 (μοίρες)	Gc(KJ/m2)	h1(m)		u(m/s)	E			Αποτέλεσμα
60	52	18,4	0,197	0,15	1,97	3,87	2,94		πλήρης θραύση
55	45	21,3	0,195	0,114	1,96	3,83	2,24		πλήρης θραύση
50	40	19,6	0,166	0,091	1,80	3,26	1,79		πλήρης θραύση
45	33	21	0,114	0,063	1,50	2,24	1,24		πλήρης θραύση
40	32	13,1	0,091	0,059	1,34	1,79	1,16		πλήρης θραύση
35	20	19,2	0,071	0,024	1,18	1,39	0,47		πλήρης θραύση
30	18	13,6	0,052	0,019	1,01	1,02	0,37		πλήρης θραύση
25	12	11,5	0,037	0,009	0,85	0,73	0,18		πλήρης θραύση
20	0		0,024	0	0,69	0,47			Χωρίς θραύση

Εικόνα 7.2: Πίνακας τιμών μετρήσεων και υπολογισμών για το υλικό ABS .

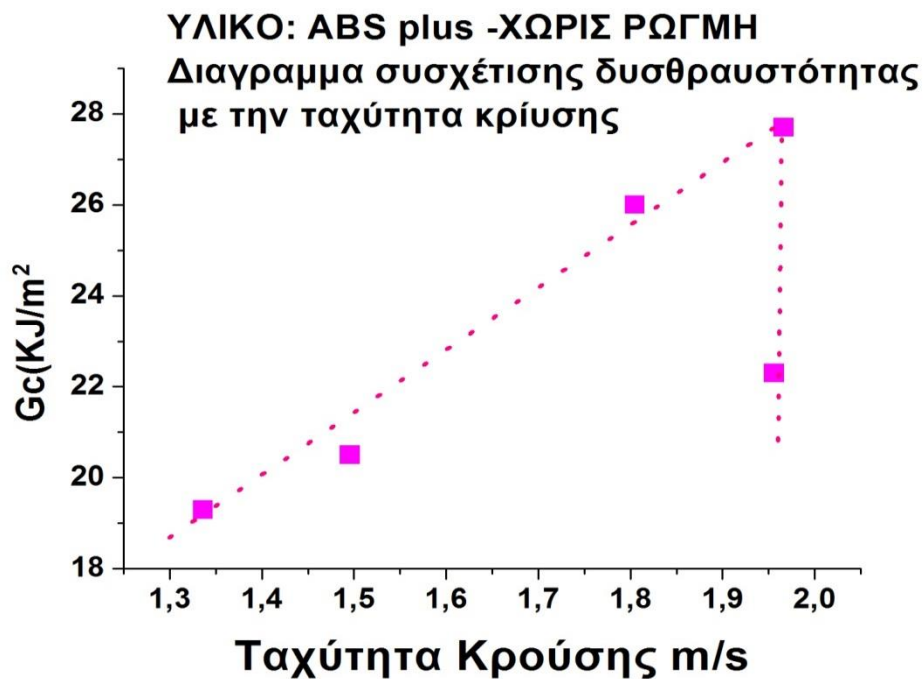
Στα παρακάτω διαγράμματα που θα ακολουθήσουν απεικονίζονται τα αποτελέσματα εξάρτησης της G_c , της ενέργειας δηλαδή που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης ,για τη θραύση του δοκιμίου.



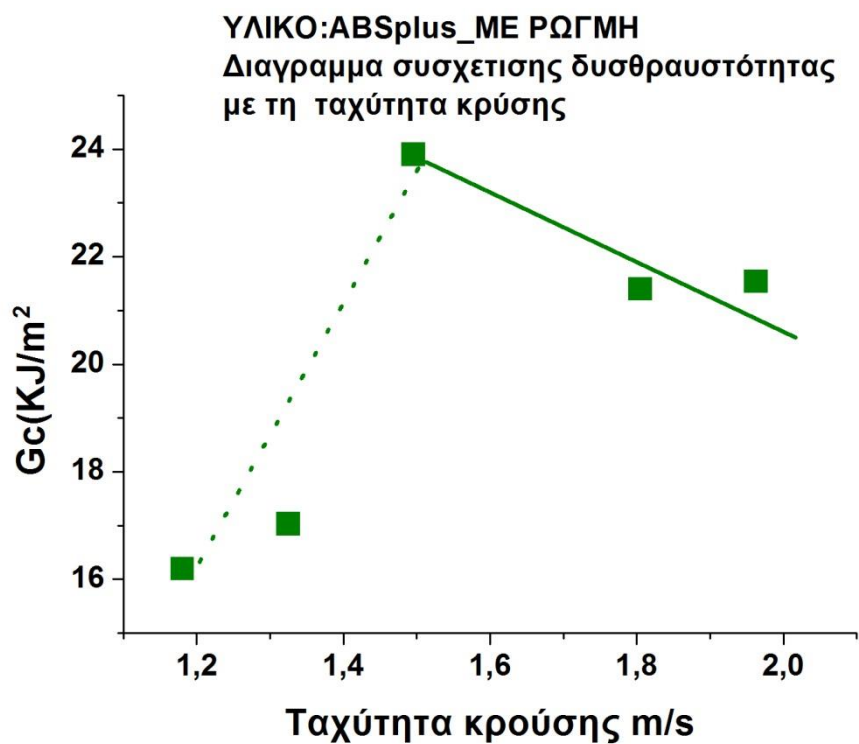
Εικόνα 7.3: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS χωρίς ρωγμή.



Εικόνα 7.4: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS με ρωγή.



Εικόνα 7.5: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS PLUS χωρίς ρωγή.



Εικόνα 7.6: Διάγραμμα ενέργειας που απορροφάται συναρτήσει της ταχύτητας κρούσης για ABS PLUS με ρωγή.

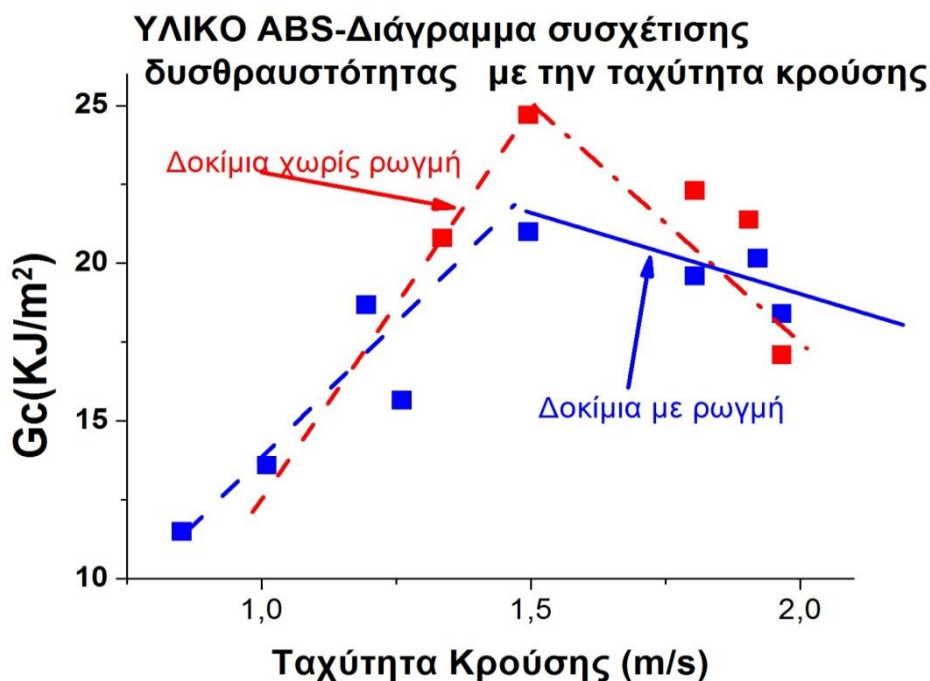
7.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

❖ ΥΛΙΚΟ ABS

Στο σχήμα 7.7 συνοψίζονται τα αποτελέσματα της ενέργειας που απορροφάται (δυσθραυστότητας) συναρτήσει της ταχύτητας κρούσεως για δοκίμια με ρωγμή και χωρίς ρωγμή .

Παρατηρούμε ότι και τα δύο δοκίμια εμφανίζουν μέγιστο σε διάγραμμα ταχύτητας κρούσης 1,5 m/s.

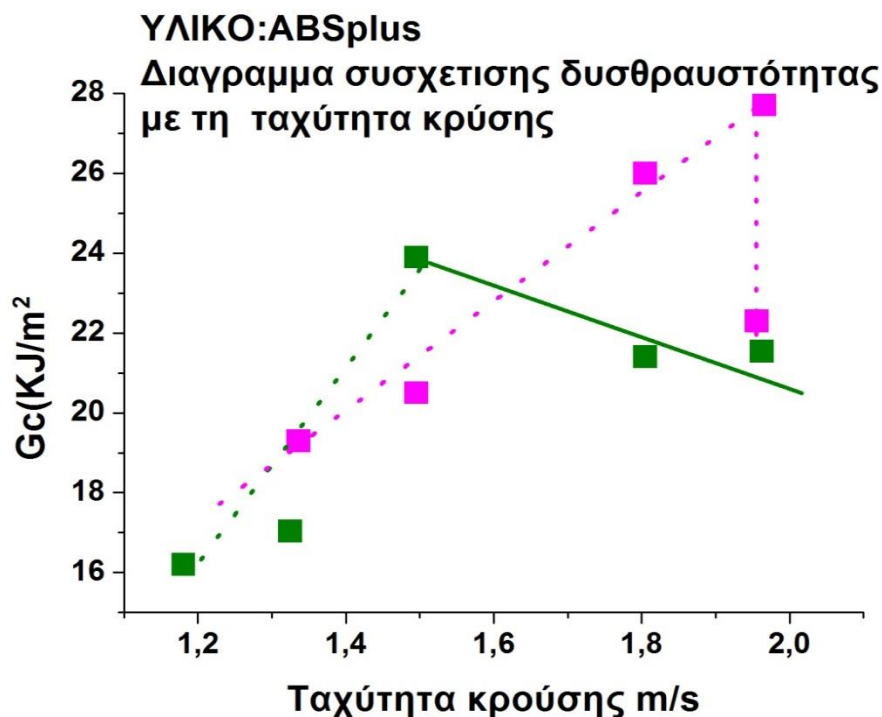
Στα δοκίμια με ρωγμή , η ενέργεια αυτή είναι μικρότερη κατά 17% σε σχέση με τα δοκίμια χωρίς ρωγμή. Η διαφορά αυτή αποδίδεται στη ρηγμάτωση ,η οποία λειτουργεί σαν περιοχή συγκέντρωσης τάσεων με αποτέλεσμα το υλικό με ρωγμή να «σπάει» με απορρόφηση χαμηλότερης ενέργειας . Η ίδια εικόνα διαφοροποίησης εμφανίζεται σε γενικές γραμμές και στις άλλες ταχύτητες κρούσης.



Εικόνα 7.7: Διάγραμμα συσχέτισης δυσθραυστότητας –ταχύτητας κρούσης των δοκιμίων.

❖ Υλικό ABS PLUS

Στο σχήμα 7.8 συνοψίζονται τα αποτελέσματα συσχέτισης της δυσθραυστότητας με την ταχύτητα κρούσης για τα δοκίμια με ρωγμή και χωρίς ρωγμή.



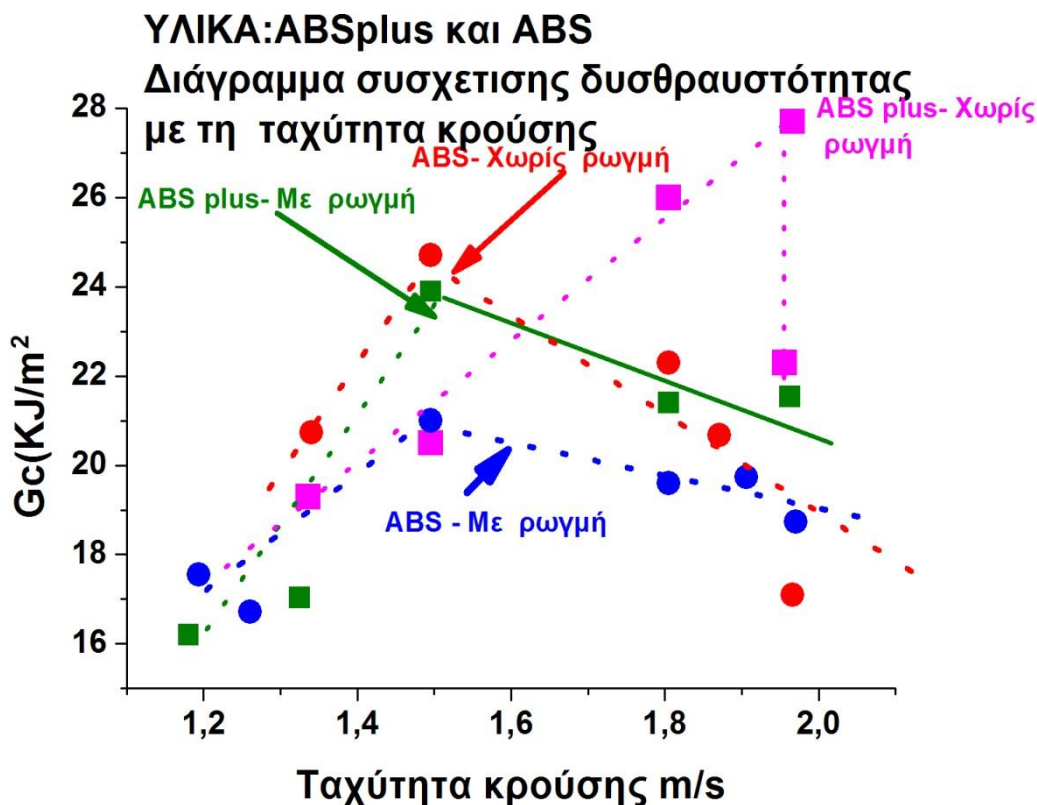
Εικόνα 7.8: Διάγραμμα συσχέτισης ενέργειας που απορροφάται ανα μονάδα επιφάνειας της διατομής με τη ταχύτητα κρούσης .

Παρατηρούμε ότι και στην περίπτωση του ABS plus η ενέργεια που απορροφάται ανα μονάδα επιφάνειας της διατομής (δυσθραυστότητα) εμφανίζει μέγιστο τόσο για τα δοκίμια με ρωγμή όσο και για τα δοκίμια χωρίς ρωγμή . Η διαφοροποίηση σε σχέση με το ABS είναι ότι το μέγιστο στα δοκίμια με ρωγμή είναι στην ίδια ταχύτητα κρούσης με το υλικό ABS (1,5 m/s) , ενώ το μέγιστο για τα δοκίμια χωρίς ρωγμή εμφανίζεται σε μεγαλύτερη ταχύτητα ,αυτή των 2 m/s.

Η διαφορά στη μέγιστη απορροφούμενη ενέργεια ανα μονάδα επιφάνειας της διατομής είναι 12% μεταξύ των δοκιμών με ρωγμή και χωρίς ρωγμή.

7.3 Συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για ABS και ABS plus.

Στο σχήμα 7.9 που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο υλικών ABS και ABS PLUS .



Εικόνα 7.9: Διάγραμμα συσχέτισης δυσθραυστότητας με την ταχύτητα κρούσης.

Παρατηρούμε ότι το ABS plus με ρωγμή έχει ίδια συμπεριφορά με το ABS με ρωγμή. Η διαφορά του ABS plus με ρωγμή και του ABS με ρωγμή είναι της τάξεως του 20%. Ενώ ανάλογη είναι η διαφορά μεταξύ των δύο υλικών χωρίς ρωγμή. Τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά και με την διαφορά σε αντοχή εφελκυσμού και διαρροής που εμφανίζουν τα δύο υλικά (σts 9 και 19 MPa και σy 1,3 και 2,5 MPa αντίστοιχα) .

Η δοκιμή Charpy η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή ,έχει σχεδιαστεί για τη μέτρηση της ενέργειας κρούσης η οποία απορροφάται απο τη διατομή του υλικού για τη θραύση του και η οποία στη βιβλιογραφία αποκαλείται και ως δυσθραυστότητα εγκοπής.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών κρούσεως είναι περισσότερο ποιοτικά και χρησιμοποιούνται για λόγους σύγκρισης παρά για σχεδιασμό εξαρτημάτων . Οι ενέργειες κρούσης γίνονται κυρίως για συγκρίσεις μεταξύ υλικών όπως κάναμε και εμείς στην παρούσα εργασία ,όπου συγκρίναμε τα υλικά ABS και ABS plus. Οι απόλυτες τιμές τους έχουν μικρή σημασία . Σε αντιπαραβολή με την ενέργεια κρούσεως, η αντίστοιχη παράμετρος η οποία χρησιμοποιείται απο την μηχανή θραύσεως και οι τιμές της χρησιμοποιούνται για σχεδιασμό είναι η K_{1c} (κρίσιμος συντελεστής έντασης τάσης σε κατάσταση επίπεδης παραμόρφωσης) . Οι παράμετροι K_{1c} και ενέργεια κρούσης G_c προσδιορίζουν τις ιδιότητες θραύσης του υλικού.

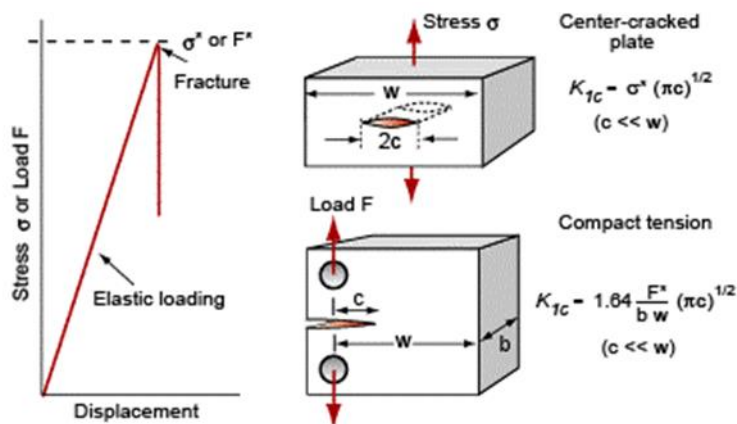
Η παράμετρος έντασης τάσης σε επίπεδη παραμόρφωση K_{1c}(μονάδες μέτρησης : MPa m^{1/2} ή MN / m^{1/2}) μετρά την αντίσταση ενός υλικού στη διάδοση της ρωγμής. Μετριέται με τη εφαρμογή φορτίου σε ένα δόκιμο του υλικού στο οποίο έχει εισαχθεί ρωγμή μήκους 2c ή επιφάνεια μήκους c μήκους (Εικόνα 1). Καταγράφεται η τάση εφελκυσμού σ* ή το φορτίο κάμψης F*στο οποίο αρχίζει να αναπτύσσεται η ρωγμή μέχρι την τελική θραύση του δοκιμίου. Η ποσότητα K_{1c} υπολογίζεται στη συνέχεια, αντίστοιχα, από τους τύπους:

$$K_{1c} = Y_1 \sigma^* \sqrt{\pi c}$$

$$K_{1c} = Y_2 \frac{F^*}{b w} \sqrt{\pi c}$$

όπου Y₁ και Y₂ είναι γεωμετρικοί παράγοντες, κοντά στη μονάδα , οι οποίες εξαρτώνται από τις λεπτομέρειες της γεωμετρίας του δείγματος, E είναι το μέτρο Ελαστικότητας του Υλικού και τα b και w αντίστοιχα είναι το πάχος και το πλάτος του δοκιμίου(σχήμα 6.1).

Η K_{1c} που μετριέται με αυτόν τον τρόπο έχει σαφώς καθορισμένες τιμές για εύθραυστα υλικά (κεραμικά, γυαλιά, και εύθραυστα πολυμερή). Στα όλκιμα υλικά μια πλαστική ζώνη αναπτύσσεται στο άκρο ρωγμής. Αν αυτή είναι μικρή σε σύγκριση με όλες τις διαστάσεις του δείγματος δοκιμής, η μέτρηση παραμένει σε ισχύ, αν όχι, απαιτείται ένα πιο σύνθετη χαρακτηρισμό. Εάν το μέγεθος της ζώνης υπερβαίνει το πάχος του δείγματος η ρωγμή δεν αναπτύσσεται καθόλου και το υλικό παραμορφώνεται πλαστικά πριν θραυτεί.

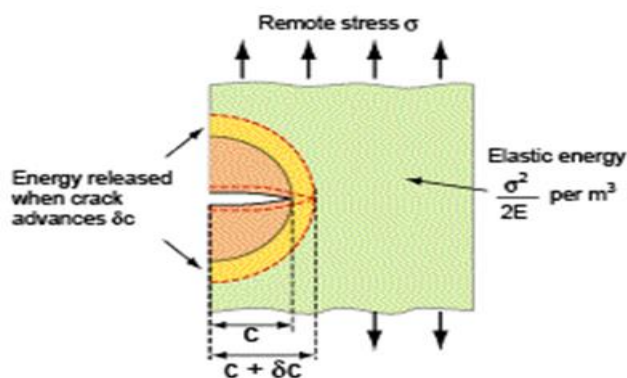


Εικόνα 7.10 : Υπολογισμός του K_{IC}

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της ρωγμής δημιουργείται μια επιφάνεια καθώς διαχωρίζεται στο υλικό. Η ενέργεια δημιουργίας της επιφάνειας αυτής ονομάζεται δυσθραυστότητα και χρησιμοποιείται συχνά στη βιβλιογραφία το σύμβολο G_c^* και εκφράζει την ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας (J/m^2) που απορροφιέται για την ανάπτυξη της ρωγμής μέχρι την τελική θραύση του υλικού.

Η ενέργεια αυτή δεν πρέπει να συγχέεται με την ενέργεια που απορροφιέται από τη διαδικασία κρούσης που εμείς προσδιορίσαμε στην πτυχιακή αυτή. Μεταξύ της K_{IC} του μέτρου ελαστικότητας και της ενέργειας G_c^* αποδεικνύεται ότι υφίσταται η σχέση:

$$\frac{K_{IC}^2}{2E} = G_c$$



Εικόνα 7.11 : Ενέργεια που απορροφάται κατά την ανάπτυξη της ρωγμής

Όπως φαίνεται ο υπολογισμός της K_{Ic} είναι πολύπλοκος κι απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και γίνεται με το πρότυπο ASTM E399-90.

Για το λόγο αυτό έχει επιχειρηθεί με επιτυχία για τα μέταλλα ο συσχετισμός μεταξύ K_{Ic} και ενέργειας θραύσης με κρούση.

Οι εξισώσεις που προτείνονται στη βιβλιογραφία αφορούν κυρίως μέταλλα .

Στην βιβλιογραφία έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες συσχέτισης των δύο αυτών παραμέτρων. Αυτό γίνεται γιατί οι δοκιμές για τον προσδιορισμό της παραμέτρου K_{Ic} και τα δοκίμια έχουν σημαντικά μεγαλύτερο κόστος και δεν είναι απλές , όπως οι δοκιμές κρούσης .

Για τα μεταλλικά υλικά η σχέση η οποία φαίνεται να συσχετίζει με επιτυχία τις παραμέτρους K_{Ic} και G_c είναι η σχέση

$$\left(\frac{K_{Ic}}{\sigma_y}\right)^2 = 5 \left[\frac{G_c}{\sigma_y}\right] - 0.05 \text{ (εξίσωση Rolfe-Novak- Barsom)}$$

Όπου :

σ_y : η αντοχή διαρροής του υλικού σε (ksi)

G_c : η ενέργεια θραύσης

K_{Ic} : κρίσιμος συντελεστής έντασης τάσης (fracture toughness)

Η σχέση αυτή απο τις δοκιμασίες που κάναμε έδωσε αποτελέσματα τα οποία δεν είναι συμβατά με τιμές K_{Ic} αντιστοίχων μηχανολογικών πλαστικών τα οποία εμφανίζονται στη βιβλιογραφία.

Αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω της διαφορετικής δομής μεταξύ των μετάλλων και των μηχανολογικών θερμοπλαστικών. Άλλωστε είναι γνωστό πως η δομή αποτελεί βασικό ρόλο στην ανάπτυξη των μικρορωγμών .

Παρόμοιες Σχέσεις που υπάρχουν στην βιβλιογραφία είναι :

$$\bullet K_{IC} = 8.47(G_c)^{0.63} \quad \text{mPa}\sqrt{m}$$

$$\bullet K_{IC} = 12\sqrt{G_c} \quad \text{mPa}\sqrt{m}$$

$$\bullet K_{IC} = 20 + 139 \left(\frac{196}{U} - 1 \right)^{-0.54} \quad \text{mPa}\sqrt{m}$$

U = απορροφούμενη ενέργεια σε Joule .

7.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα αποτελέσματα μας είναι συμβατά με αυτά που υπάρχουν στη βιβλιογραφία τα οποία για ABS το οποίο παράγεται με την κλασική μέθοδο της χύτευσης (molding process) κυμαίνονται για διάφορους τύπους ABS απο 20-50 KJ/m.
2. Τα δοκίμια ABS και ABS plus χωρίς ρηγμάτωση χρειάστηκαν μεγαλύτερη απορρόφηση ενέργειας για να «σπάσουν» κάτι που ήταν αναμενόμενο γιατί η ρηγμάτωση λειτουργεί σαν περιοχή συγκέντρωσης τάσεων με αποτέλεσμα η εφαρμοζόμενη τάση στην αιχμή της ρωγμής να αυξάνεται – ενισχύεται σημαντικά.
Συνεπώς απαιτείται χαμηλότερη ενέργεια για την ανάπτυξη της ρωγμής στα ρηγματομένα δοκίμια.
3. Τα δοκίμια ABS plus με ρηγμάτωση και χωρίς ρηγμάτωση απορρόφησαν χαμηλότερη ενέργεια για τη θραύση απο τα δοκίμια ABS . Το αποτέλεσμα αυτό είναι συμβατό με τη διαφοροποίηση που παρουσιάζουν οι δύο τύποι υλικού στις μηχανικές ιδιότητες που έχουν μελετηθεί στο εργαστήριο Τεχνολογίας υλικών . Οι ιδιότητες αυτές αφορούν τον εφελκυσμό ,τη θλίψη και την κάμψη τριών σημείων .
4. Η διερεύνηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι η ενέργεια G_c που μετρήθηκε με τη δοκιμασία Charpy παρά τις ποιοτικές πληροφορίες που δίνει για τη ρηγμάτωση των υλικών μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για την ποσοτική εκτίμηση της ρηγμάτωσης μέσω της ποσότητας KIc . Η συσχέτιση αυτή έχει γίνει με επιτυχία ήδη για τους χάλυβες και άλλα μεταλλικά υλικά . Απαιτείται ποιο σύστηματική διερεύνηση για να επιτευχθεί ικανοποιητικός συσχετισμός μεταξύ KIc και G_c για τα υλικά ABS τα οποία παρουσιάζουν εξαιρετικό μηχανολογικό ενδιαφέρον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (REFERENCES)

1. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%84%CF%85%CF%81%CE%AD%CE%BD%CE%B9%CE%BF>
Πληροφορίες για Στυρένιο.
2. <https://el.wikipedia.org/wiki/1,3-%CE%B2%CE%BF%CF%85%CF%84%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%AD%CE%BD%CE%B9%CE%BF>
Πληροφορίες για Βουταδιένιο.
3. <http://www.resinex.gr/typon-polymeroy/abs.html>
Πληροφορίες για ABS
4. <http://www.manufacturingterms.com/Greek/ABS.html>
ABS
5. <http://www.stratasys.com/materials/fdm/abs-m30>
6. http://cdn.intechopen.com/pdfs/20116/InTech-medical_applications_of_rapid_prototyping_a_new_horizon.pdf
Rapid Prototyping
7. http://www.efunda.com/processes/rapid_prototyping/intro.cfm
8. http://www.wtec.org/pdf/rp_vi.pdf
9. https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
3D printing

10. https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_deposition_modeling
FDM μέθοδος
11. <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/types-of-plastics-11148/engineering-plastics/abs.aspx>
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Charpy_impact_test
Charpy test
13. <http://www.designtechsys.com/articles/3d-printing-technologies.php>
3D εκτύπωση και τεχνολογίες
14. <http://www.solid3dprint.com/>
15. <http://www.custompartnet.com/wu/thermoforming>
16. http://en.howtopedia.org/wiki/How_to_Recycle_Plastics
Ανακύκλωση πλαστικών
17. <http://eprints.utm.my/2710/1/71820.pdf>
ABS
18. <http://mydogisdeadli.blogspot.gr/2012/09/optical-fabrication-brief-description.html>
19. <http://www.custompartnet.com/wu/laminated-object-manufacturing>
LOM μέθοδος
20. <https://www.additively.com/en/learn-about/fused-deposition-modeling>
FDM μέθοδος

21. https://en.wikipedia.org/wiki/Solid_Ground_Curing
SGC μέθοδος
22. <http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=thermoforming>
23. <http://www.stratasys.com/3d-printers/design-series/dimension-1200es>

Dimension BST εκτυπωτής

24. C.A Harper, Handbooks of plastic and elastomers, McGraw-Hill Book Company, 1975.
25. William D. Callister, Jr. Επιστήμη και τεχνολογία των υλικών, 5η Εκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2008.
26. Rapid Inexpensive Tests for Determining Fracture Toughness_ Report of the ... - National Research Council (U.S.). Committee on Rapid Inexpensive Tests for Determining Fracture Toughness - Βιβλία Google.html
27. PLANE STRAIN FRACTURE TOUGHNESS (KIC) DATA HANDBOOK FOR METALS
ARMY MATERIALS AND MECHANICS RESEARCH CENTER
AD-773 673
28. C ANALELE UNIVERSITĂȚII
"EFTIMIE MURGU" RESIȚA
ANUL XIX, NR. 1, 2012, ISSN 1453 – 7397
Charpy Impact Test on Polymeric Molded Parts
29. THE CORRELATION OF FRACTURE TOUGHNESS WITH

CHARPY V-NOTCH IMPACT TEST DATA

S. Tauscher

US ARMY ARMAMENT RESEARCH AND DEVELOPMENT
COMMAND

AMCMS No. 3297.06.7588

PRON.No. MI-7-P2913-MIIA

30. CORRELATION BETWEEN FRACTURE
TOUGHNESS,
CHARPY V-NOTCH IMPACT ENERGY, AND
YIELD STRENGTH FOR ASTM A723 STEEL
J. A. KAPP T1
J. IL UNDERWOOD
US ARMY ARMAMENT RESEARCH,
DEVELOPMENT AND ENGINEERING CENTER
WATERVLIET, N.Y. 12189-4050